ARBEITSBERICHTE

Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin

Jan Hachmann, Reinhard Kleßen (Hrsg.):

Studentischer Exkursionsführer
„Physische Geographie der Harzregion“

Heft 189 **Berlin 2016**

Arbeitsberichte
Geographisches Institut
Humboldt-Universität zu Berlin
Heft 189

Jan Hachmann, Reinhard Kleßen (Hrsg.):

Studentischer Exkursionsführer „Physische Geographie der Harzregion“

Berlin 2016
ISSN 0947-0360

Geographisches Institut
Humboldt-Universität zu Berlin
Sitz: Rudower Chaussee 16
Unter den Linden 6
10099 Berlin
(http://www.geographie.hu-berlin.de)

In diesem Arbeitsbericht/Exkursionsführer wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit durchgängig die männliche Sprachform verwendet, dadurch soll niemand verletzt oder diskriminiert werden.

Diese erweiterte digitale PDF-Version des Exkursionsführers (die der Papierausgabe auf CD-ROM beigelegt ist) enthält neben dem ausführlichen tabellarischen Abbildungsverzeichnis ein zusätzliches globales Literaturverzeichnis, das kapitelweise vertiefende Literaturquellen auflistet, sowie zehn Arbeitsblätter (Lehrmaterialien) zu Kapitel 15 und einen weiteren didaktischen studentischen Beitrag in Form eines Kinderbuches (mit zugehörigem Kommentar als Kapitel 16). Viele der größtenteils selbst erstellten Abbildungen sind in der digitalen Version farbig dargestellt.

Titelbild: **Blick zum Brocken, im Vordergrund ein Teil der Rabenklippen**

Foto: Jan Hachmann (während der gemeinsamen Exkursion aufgenommen, März 2016)

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis **8**

Vorwort | *Reinhard Kleßen* **9**

Teil I – Exkursionen im Oberharz (und Hochharz)

1 Granitklippen und Blockmeere | *Heindriken Margarete Dahlmann* **13**

1.1 Exkursionspunkt 1: Die Schnarcherklippen 15

1.2 Exkursionspunkt 2: Die Blockhalden an den Hahnenkleeklippen 20

1.3 Exkursionspunkt 3: Hexenaltar und Teufelskanzel 22

2 Subalpine Flora im Harz – Brocken, Alpengarten und Blockhalden als Lebensraum | *Anna Feßler* **27**

2.1 Exkursionspunkt 1: Vegetation und Klima auf dem Brockenplateau 29

2.2 Exkursionspunkt 2: Blick in den Brockengarten 34

2.3 Exkursionspunkt 3: Blockhalden – Kühlschränke der Natur 38

3 Moornutzung im Harz und der Einfluss auf ihren Stoffhaushalt | *Johannes Graaf* **41**

3.1 Exkursionspunkt 1: Radauer Born / Torfhausmoor 42

3.2 Exkursionspunkt 2: Blumentopfmoor 47

3.3 Exkursionspunkt 3: Ilsemoor 49

4 Das Oberharzer Wasserregal – Wasser und Bergbau | *Yulia Suárez-Bergmann* **55**

4.1 Exkursionspunkt 1: Abbegraben 63

4.2 Exkursionspunkt 2: Sperberhaier Damm 65

4.3 Exkursionspunkt 3: Oberer Hausherzberger Teich 67

Teil II – Exkursionen im Mittelharz

5 Talgenese der Bode im Harz | *Daniel Bartnik* **73**

5.1 Exkursionspunkt 1: Der Oberlaufbereich der Bode 77

5.2 Exkursionspunkt 2: Talmäander bei Treseburg 81

5.3 Exkursionspunkt 3: Durchbruchstal bei Neinstedt 85

6 (Klamm-)Täler im Vergleich | *Doreen Johann* **89**

6.1 Exkursionspunkt 1: Bodetalschlucht 93

6.2 Exkursionspunkt 2: Drachenschlucht 99

6.3 Exkursionspunkt 3: Breitachklamm 104

7 Die Ilse und ihr Flusstal | *Stefanie Lüdicke* **109**

7.1 Exkursionspunkt 1: Vom Quellgebiet bis nach Ilsenburg und weiter 111

7.2 Exkursionspunkt 2: Pegel Ilsenburg 117

7.3 Exkursionspunkt 3: Verlaufsänderung der Ilse im Quartär 123

8 Das Rappbode-Talsperren-System | *Victoria Große* **129**

8.1 Exkursionspunkt 1: Die Rappbode-Talsperre 134

8.2 Exkursionspunkt 2: Das Hochwasserschutzbecken Kalte Bode 138

8.3 Exkursionspunkt 3: Die Trinkwasseraufbereitungsanlage Wienrode 142

9 Waldgesellschaften und der anthropogene Einfluss | *Hannah Langmaack* **147**

9.1 Exkursionspunkt 1: Aussichtskanzel am Steilhang des Barenberges 148

9.2 Exkursionspunkt 2: Wurmberg 152

9.3 Exkursionspunkt 3: Naturschutzgebiet *Pferdekopf* im Südharz 158

10 Ökosystemarer Zusammenhang zwischen Boden, Wald & Tierwelt | *David Zauner* **163**

10.1 Exkursionspunkt 1: Bockberg 164

10.2 Exkursionspunkt 2: Elendstal 171

10.3 Exkursionspunkt 3: Luchs-Schaugehege an der Rabenklippe 175

Teil III – Exkursionen im südlichen Vorland

11 Sulfatkarstlandschaft Südharz | *Moritz Graf* **187**

11.1 Exkursionspunkt 1: Westliche Mooskammer 189

11.2 Exkursionspunkt 2: Episodischer See bei Agnesdorf 192

11.3 Exkursionspunkt 3: Rhumequelle 195

12 Das Zechsteingebiet des Kyffhäusers (Südhang) | *Tim Schmalisch* **199**

12.1 Exkursionspunkt 1: Die Barbarossahöhle 202

12.2 Exkursionspunkt 2: Am Fundament der Zechsteinsedimente 207

12.3 Exkursionspunkt 3: Die Kannibalenhöhle am Kosackenberg 210

Teil IV – Exkursionen im nördlichen Vorland

13 Spuren des Pleistozäns im nördlichen Harzvorland | *Mathias Pechhold* **215**

13.1 Exkursionspunkt 1: Gletschertöpfe im Huy 226

13.2 Exkursionspunkt 2: Kameterrassen bei Sargstedt (Huy) 228

13.3 Exkursionspunkt 3: Großes Bruch 230

14 Moore und Braunkohle in der Harzregion | *Claudia Jözwiak* **235**

14.1 Exkursionspunkt 1: Das Goethemoor 237

14.2 Exkursionspunkt 2: Das Niederkalkmoor im Helsunger Bruch 241

14.3 Thematische Vertiefung: Vegetation des Goethemoores und des Niederkalkmoores im Helsunger Bruch 244

14.4 Exkursionspunkt 3: Wienroder Becken 250

Teil V – Fachdidaktische Exkursionen

15 Burgen im Harz | *Tim-Christopher Stutz* **257**

15.1 Fachdidaktische Ziele 263

15.2 Exkursionspunkt: Burg Hohnstein 265

15.3 Gestaltung der Exkursion (Arbeitsaufträge) 266

15.4 Karte und Liste der Burganlagen im Harz 270

16 Naturraum mystischer Harz – Kommentar zum Kinderbuch | *Lea Sophie Meyer* **277**

Anhänge

A Arbeitsaufträge zu Kapitel 15 (Lehrmaterialien) **281**

B Kinderbuch: Naturraum mystischer Harz **291**

C Abbildungsverzeichnis **311**

D Weiterführende Literatur zu den einzelnen Kapiteln **321**

Übersicht der Hefte 175 bis 188 der Reihe „Arbeitsberichte“ **341**

Abkürzungsverzeichnis

BS-Wert	Der Basensättigungsgrad (früher: V-Wert) gibt den Prozentanteil der Austauschplätze gemäß KAK an, die mit den Kationen (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}) belegt sind. Calcium (Ca), Magnesium (Mg) und Kalium (K) sind wichtige Bodennährstoffe; in Mineralböden sind BS-Werte > 80 % optimal in Bezug auf die Bodenfruchtbarkeit.
FFH	FFH-Gebiete sind spezielle europäische Schutzgebiete in Natur- und Landschaftsschutz, die nach der Fauna-Flora-Habitat-EU-Richtlinie ausgewiesen wurden und dem Schutz von Pflanzen (Flora), Tieren (Fauna) und Habitaten (Lebensraumtypen) dienen; in Deutschland sind mehr als 4.500 FFH-Gebiete ausgewiesen worden
GPS	Global Positioning System; offiziell NAVSTAR GPS, ist ein globales Navigationssatellitensystem zur Positionsbestimmung auf der Erdoberfläche; seit den 1970er Jahren aufgebaut, wurde GPS am 17. Juli 1995 in Betrieb genommen und ist das weltweit wichtigste Ortungsverfahren, das in Navigationsgeräten eingesetzt wird
HWW	Harzwasserwerke GmbH, das größte Wasserversorgungsunternehmen Niedersachsens (1996 privatisiert), betreibt u.a. auch Talsperren-Wasserkraftwerke im Harz
i.V.m.(d.)	„in Verbindung mit (dem)“; bei verbundenen Gesetzen/Verordnungen verwendet
IUCN	International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, deutsch auch „Weltnaturschutzunion“, ist eine internationale Nichtregierungsorganisation und erstellt u.a. die *Rote Liste gefährdeter Arten* und kategorisiert Schutzgebiete mittels der *World Commission on Protected Areas*
KAK	Kationenaustauschkapazität; wichtiger Boden-Kennwert
Kfz	Kraftfahrzeug
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen – das LBEG ist die *Bergbehörde* für Niedersachsen, Bremen, Schleswig-Holstein und Hamburg sowie *Geologischer Dienst* für Niedersachsen
LVWA	Landesverwaltungsamt; in Kapitel 5: LVWA Sachsen-Anhalt
N	Stickstoff (lateinisch *Nitrogenium*), chemisches Element mit der Ordnungszahl 7
NHN	Normalhöhennull, aktuelle Bezeichnung der Bezugsfläche für das Nullniveau von (amtlichen) Höhenangaben in Meter über dem Meeresspiegel (Amsterdamer Pegel)
NSG	Naturschutzgebiet; ist eine Schutzkategorie des gebietsbezogenen Naturschutzes nach dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)
o.J.	ohne Jahr (bei Literaturangaben)
P	Phosphor, chemisches Element mit der Ordnungszahl 15
UNESCO	*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*, eine der 17 rechtlich selbstständigen Sonderorganisation der Vereinten Nationen (UN)
YSI	Markenname der US-amerikanischen Firma *Xylem Inc.*, die in der Wasserwirtschaft tätig ist und u.a. Messsonden herstellt

Vorwort

Reinhard Kleßen

Für die ausgeschriebene Zielstellung des Projektseminares „Physische Geographie der Harzregion aufbereitet als Exkursionsführer“ im Wintersemester 2015/2016 haben sich ursprünglich 21 Studierende interessiert. Letztlich haben 16 einen Beitrag geliefert, für dessen Thematik alle Beteiligten viel fachliches Eigeninteresse und selbstbestimmte Schwerpunktsetzungen einbringen konnten. Es sollte bewusst von vornherein kein inhaltliches Gliederungsschema vorgegeben sein, sondern die inhaltliche Motivation und Gestaltungskraft der einzelnen Beteiligten sollte das Profil der, bei entsprechender Qualität, in Aussicht gestellten Publikation im Rahmen der Institutsreihe (Arbeitsberichte) prägen.

Vorgegeben waren nur folgende Prämissen: Es sollte ein spezielles physisch-geographisches Thema eigener Wahl in Exkursionsführerform für Geographie-Studierende präsentiert werden, wobei mindestens drei selbsterstellte kreative Abbildungen gefordert waren. Zudem war das gewählte Thema auf 10 bis 12 Textseiten inhaltlich mit fachlichem Tiefgang (neue Publikationen auswerten; Theorie-Entwicklung thematisieren), anschaulich und verständlich mit einem einführenden Teil und drei Exkursionspunkten darzustellen. Für Studierende überwiegend des dritten Fachsemesters war diese Forderung adäquat und sollte zusammen mit der notwendigen Vertiefungsleistung bisher erworbener Grundkenntnisse die Fähigkeiten zur Erstellung einer Publikation schulen. Dies ist aus meiner Sicht überraschend gut und sehr gut gelungen, je nach individueller und intellektueller Verarbeitungsleistung und stilistischem Darstellungsvermögen aber durchaus unterschiedlich.

Das vorgegebene Exkursionsgebiet Harz und Umland bietet infolge seiner Vielgestaltigkeit viele Auswahlmöglichkeiten, um attraktive Exkursionspunkte zu finden. Das Ergebnis von 16 Beiträgen liefert insgesamt 45 einzelne Exkursionspunkte, die zu vier Exkursionsräumen zusammengefasst wurden (vgl. Abbildung 0.1). Ein schulgeographisch aufbereiteter Beitrag und ein Kinderbuch mit Handzeichnungen setzen interessante und belebende Akzente.

Für das eingebrachte Engagement bedanke ich mich bei allen Beteiligten. Insbesondere aber gilt mein Dank Jan Hachmann, der schon im Planungsvorfeld wertvolle Hinweise gab, die mühselige orthographische Vereinheitlichung der Texte, Durchsicht der Quellenangaben und zeitaufwändige Erstellung der finalen Druckfahne professionell bewerkstelligte. Ebenso bedanken wir uns herzlich für die Anfertigung der folgenden Übersichtskarte bei unserem Kartographen Gerd Schilling.

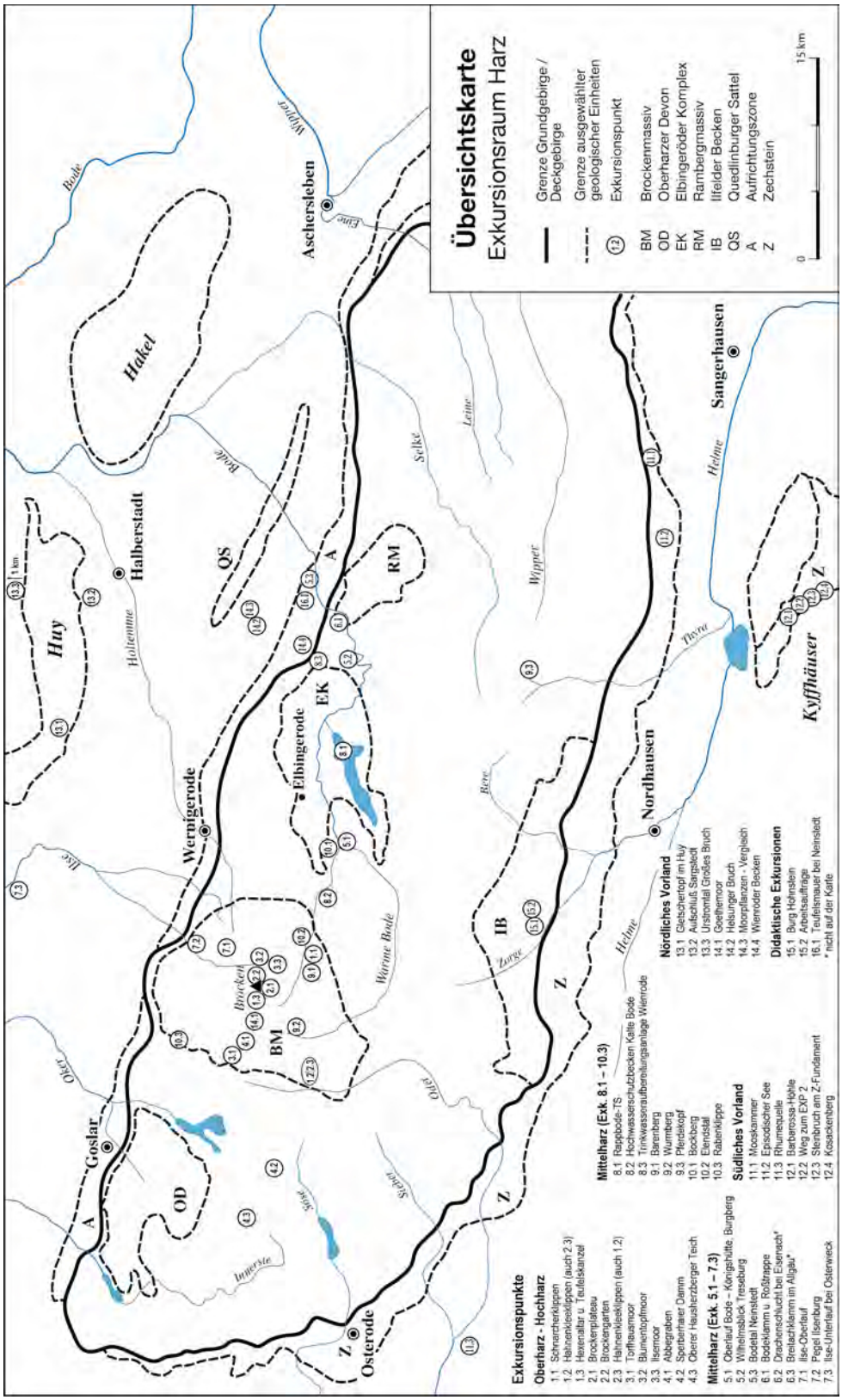


Abbildung 0.1 **Exkursionsraum Harzregion**
Übersichtskarte mit Exkursionspunkten, Gestaltung: Gerd Schilling

Teil I

Exkursionen im Oberharz (und Hochharz)

1 Granitklippen und Blockmeere

Heindriken Margarete Dahlmann

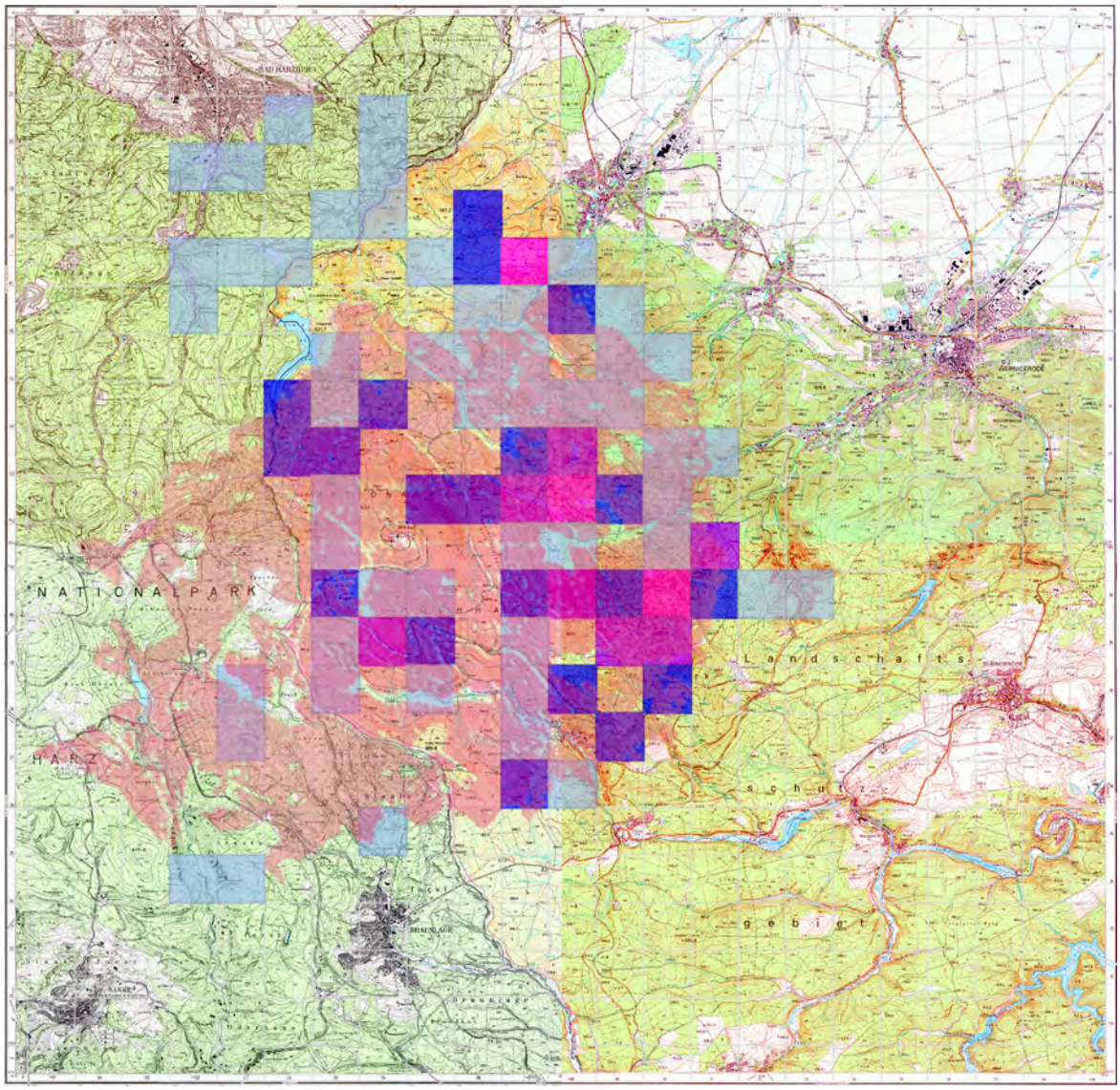
Hohe Klippen, von Blöcken übersäte Bergflanken und Meere aus Stein: Der reiche Formenschatz des Granits ist schon immer ein beliebtes Ziel von Wissenschaftlern, doch auch Künstlern und Schriftstellern gewesen. Die komplexen Formen bieten nicht nur einen einzigartigen Anblick, sondern sind vor allem eines: Zeugen unserer jüngeren Erdgeschichte. Das Thema rund um die Verwitterung des Granits im Harz wurde für diesen Exkursionsführer gewählt, um einen Einblick in die Entstehungsgeschichte dieser Formengruppe zu geben.

Einführung ins Thema

Klippen im Allgemeinen werden von Herbert Wilhelmy als „*frei über ihre Umgebung aufragende Felsgruppen aus großen, oft kantengerundeten Quadern*“ (1974: 109) definiert. Dieser Beitrag bezieht sich ausschließlich auf die Klippen, welche aus dem Granit hervorgegangen sind. Im Harz gibt es drei verschiedene Granitvorkommen: Brocken-, Ramberg- und Okergranit, wobei folgend ersterer genauer betrachtet werden soll. Anhand der Schnarcherklippen wird ein allgemeiner Überblick über die Verwitterung des Granits gegeben, am Beispiel der Blockhalden in Hahnenklee ein Einblick in das Spezialthema Blockströme/-meere und im letzten Schritt wird der Wandel in der Anschauung zur Formengenese beispielhaft anhand einiger ausgewählter Autoren aufgezeigt. Granitklippen kommen in verschiedenen Höhen und Mächtigkeiten vor. Abbildung 1.1 zeigt das Verteilungsmuster der Klippen im Brockenbereich des Harzes, eingezeichnet ist ebenso der anstehende Brockengranit.

Es wird schnell sichtbar, welch große Dichte die Granitklippen im Hochharz aufweisen. In einem einzelnen Quadratkilometer konnten bis zu 14 verschiedene Klippen ausgezählt werden. Jedoch ist dieser Relieftyp nicht nur im Harz auftretend, es gibt ihn in vielen deutschen Mittelgebirgen sowie weit über Deutschlands Landesgrenzen hinaus.

Da die Klippen und Blockmeere einen so einzigartigen Einblick in die jüngere Geschichte unserer Erde geben und sie für den Besucher erlebbar machen, sind sie unter anderem ein Spezialgebiet des Geoparks Harz. Anhand dieses Kapitels des Exkursionsführers sollen ein Einblick in die Thematik gegeben und die großen Granitgebiete des Harzes, vor allem auf den Spuren Goethes, durchwandert werden.



Legende
0 Klippen
1-2 Klippen
3-5 Klippen
6-10 Klippen
Mehr als 10 Klippen
Brockengranit

Datenquelle: Topographische Karte 1:25.000
Hier: 1 Kästchen entspricht in etwa 1km² in der Natur

Abbildung 1.1 **Klippendichte im Brockengebiet**
Darstellung: Heindriken Margarete Dahlmann (Kartengrundlage: TK25)

1.1 Exkursionspunkt 1: Die Schnarcherklippen

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 44' 42" N λ = 10° 41' 15" O h = 671 m ü. NHN	Die Schnarcherklippen befinden sich zwischen Schierke und Elend. Erreichbar durch das Elendstal entlang der Kalten Bode und über einen Aufstieg am Hang des Barenbergs.

„*Seh die Bäume hinter Bäumen, wie sie schnell vorüberrücken, und die Klippen, die sich bücken, und die langen Felsennasen, wie sie schnarchen, wie sie blasen!*“ (Goethe 2007: 378) Im September 1784, auf seiner dritten Harzreise, besuchte Goethe die Schnarcherklippen. Die beiden 25 m und 28 m hohen Felsformationen beeindruckten den Schriftsteller so nachhaltig, dass sie sich durch ihn sogar den Eingang in die Weltliteratur sicherten und sowohl in *Faust 1* als auch *Faust 2* Erwähnung finden.

Abbildung 1.2 **Schnarcherklippen**
Foto: Heindriken Margarete Dahlmann 2016

Die Klippen bestehen aus zwei Granitblockgruppen, liegen 671 m ü. NHN und befinden sich auf der oberen Nordwestflanke des Barenberges zwischen den Ortschaften Schierke und Elend im Hochharz. Ihren Namen verdanken sie den Geräuschen, welche sie bei Südostwind erzeugen und die sie wie große schlafende Riesen erscheinen lassen. In dichter Umgebung der Schnarcherklippen befinden sich ebenso die Mäuseklippe und die Scherstorklippen, jedoch besitzt dieser Exkursionspunkt im Gegensatz zu anderen Felsgruppen die Besonderheit, dass Magnetitvorkommen im Gestein die Kompassnadel abweichen lassen.

Die Schnarcherklippen, wie Granitklippen im Allgemeinen, sind außergewöhnliche Erscheinungen: Die Felsformationen bestehen aus übereinander liegenden Quadern, oft nur durch eine tellergroße Fläche miteinander verbunden, welche an Umfang abnimmt, je weiter oben sie liegt. Die Ecken der Blöcke sind kantengerundet und oft sehr glatt. Dem Beobachter fällt sofort ein System aus dreidimensionalen Klüften auf, welche die Klippe in einzelne Blöcke einteilen. Es erscheint, als wären diese Blockstapel einfach an Ort und Stelle gesetzt worden, verlagert durch exogene Vorgänge oder aufgetürmt durch den Eifer von mythischen Riesen. Jedoch entstanden sie einst aus eben jenen Rumpfflächen, auf denen sie sich auch heute befinden und mit denen sie noch immer verbunden sind.

Die Genese von Granitklippen ist bis heute unter Geomorphologen umstritten. Im Folgenden soll mittels der sich anschließenden Abbildung 1.3 versucht werden, einen einfachen schematischen Überblick zur Entstehung zu geben, welcher am Ende die Problematik des Themenkomplexes widerspiegeln wird.

Hierfür ist es zu Beginn wichtig, die Entwicklung des Brockengranitplutons genauer zu betrachten, um die Entstehung der heutigen Formengruppe verstehen zu können. Das Granitgestein entstand gegen Ende der Variszischen Gebirgsbildung im Oberkarbon in der Erdkruste, nach neuesten Datierungen sogar erst im Unterperm. Zunächst drangen basische Schmelzen in obere Krustenbereiche auf und erstarrten zu Tiefengesteinen wie Gabbro oder Diorit. Danach und darüber fand nun die Granitbildung durch das Aufsteigen kieselsäurereicher Schmelzen beziehungsweise das Einschmelzen anderer Gesteine durch aufsteigende Wärmeströme und der damit einhergehenden Umkristallisierung statt (vgl. Wagenbreth/Steiner 1985: 64). Grob- und feinkörnige Granitvarietäten entstanden, während der Schmelzfluss abkühlte und erstarrte. Dabei bildete sich neben den schon bestehenden tektonischen Klüften ein für Intrusivgesteine typisches orthogonales Kluftsystem aus.

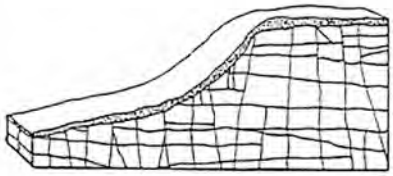
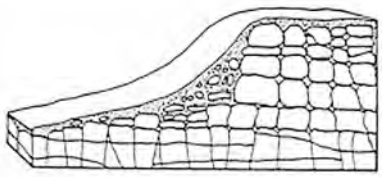
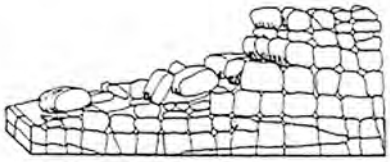
Prozesse	Formenschatz	Zeitliche Einteilung
Vorbedingungen: Ablagerung von Molassen und mesozoischen marinen Schichten Heraushebung und Aufschiebung auf nördliches Vorland	Rumpfflächenbildung Herausbildung Pultschollengebirge (saxonische Tektonik)	Permokarbon Trias Jura bis Tertiär (Hauptphasen: Oberkreide und Tertiär)
Hydrolytische Verwitterung entlang der Klüfte Grusdecke aufgebaut (Prinzip der doppelten Einebnung), in Breitmuldentälern weggespült		Alt- und Mitteltertiär
Kantenabrundung durch Wollsackverwitterung Grusbildung durch Kaolinisierung Talbildungsprozess beginnt (Vorfluter)		Jungtertiär (Miozän → Pliozän)
Die Grusdecke zum 2. Mal weggespült → Freilegung der Blöcke = Reliefschaffung Kurzzeitige Begrenzung der Prozesse (Dauerfrost)		Unter periglazialen Bedingungen Elster-Vereisung
Frostsprengung: Biotit → Hydrobiotit Verlagerung der Blöcke durch Solifluktion und/oder gravitative Prozesse		Glaziale Interglaziale und Holozän

Abbildung 1.3 **Entstehung von Granitklippen und Blockmeeren durch Wollsack-verwitterung und Abtragungsprozesse**
Darstellung: Heindriken Margarete Dahlmann
(nach Wagenbreth/Steiner 1985: 74)

Der Grund hierfür liegt in den entstehenden Volumenunterschieden bei der Abkühlung und Schrumpfung der Granitschmelze. Es entstanden Querklüfte (Q), welche senkrecht, und Längsklüfte (S), welche parallel zur Fließrichtung der Schmelze ausgerichtet sind (vgl. Müller/Franzke 2014: 100). Ebenso entstanden flach geneigte Lagerklüfte (L), welche etwa parallel zur Abkühlungsfläche liegen und somit die Bankung des Granits bedingen.

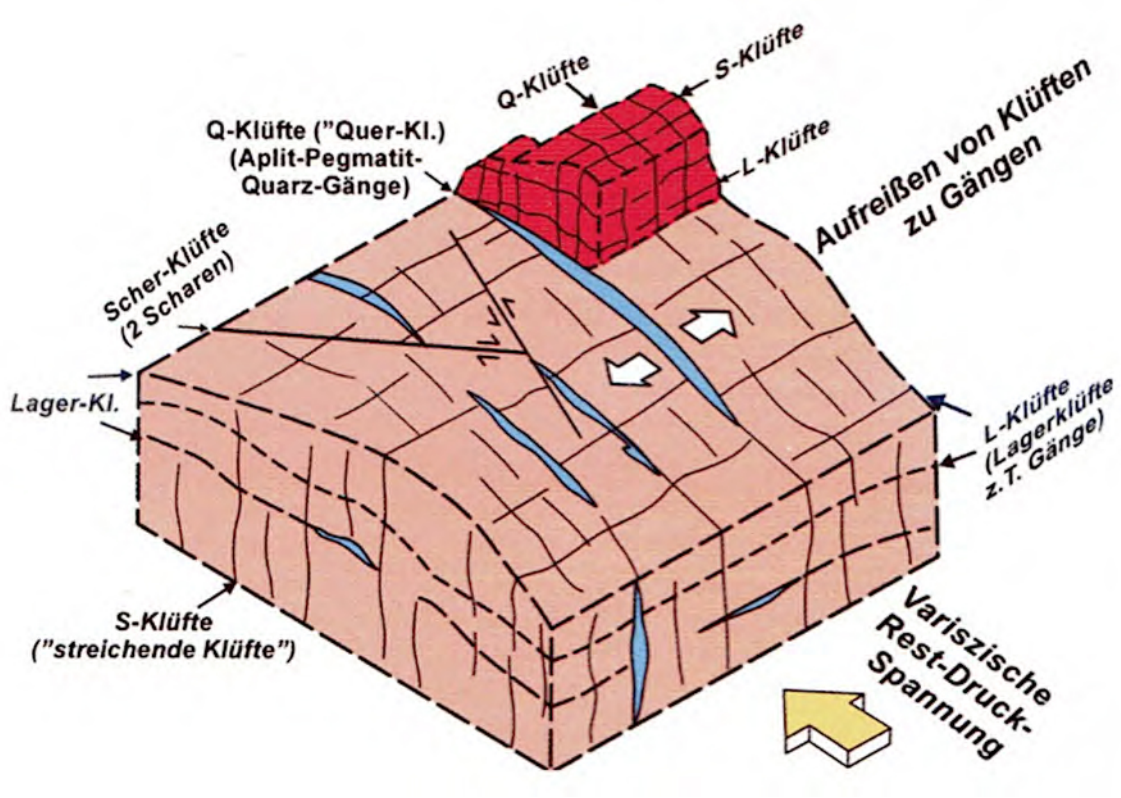


Abbildung 1.4 **Das Kluftsystem**
Quelle: Müller/Franzke 2014: 100

Die Vorbedingungen für die spätere Entstehung der Granit-Felsformationen sind durch die Ablagerung von Molasse-Sedimenten und der damit einhergehenden permokarbonen Rumpfflächenbildung sowie der nachfolgenden Überlagerung mit marinen mesozoischen Sedimenten gegeben. Erst durch die saxonische Heraushebung der Gebirgsscholle und die Aufschiebung auf das nördliche Vorland zur Zeit der oberen Kreide wurde das heutige Pultschollengebirge herausgebildet. Dabei wurden die ehemals über dem Brockenpluton lagernden mesozoischen und paläozoischen Sedimente durch Abtragungsprozesse abgeräumt und dadurch die Granitoberfläche für exogene Formungsprozesse exponiert.

Im Tertiär, als der heutige Harz noch näher am Äquator in einem subtropischen Klimaraum lag, setzte die Genese der Granitklippen ein: Entlang der vorhandenen tektonischen Klüfte sowie der Druckentlastungsklüfte fanden hydrolytische Verwitterungsprozesse statt. Des Weiteren begann der Aufbau einer Grusdecke durch das Prinzip der doppelten Einebnung. Jene Decke wurde folgend in den Breitmuldentälern weggespült. Während des Übergangs vom Miozän zum Pliozän setzte sich die Verwitterung vorrangig entlang der Klüfte fort: Die Feldspäte des Granits wurden zu Kaolin umgewandelt und die Kanten der einzelnen Elemente abgerundet. Diese Art der Verwitterung wird als Wollsackverwitterung bezeichnet, da die entstehenden Blöcke die Form von Wollsäcken annehmen, je stärker sie von den Lösungen angegriffen werden. Wichtig zu beachten ist, dass bis zu diesem Zeitpunkt eine Verschiebung vom einstigen Prozess der tertiären Rumpfflächenbildung hin zum Prozess der quartären Talbildung erfolgte. Die entstandene Grusdecke wurde unter periglazialen Bedingungen wiederum weggespült, wobei feines Material schneller transportiert werden konnte als grobes. Das Ergebnis war, dass nun erstmals die unter der Oberfläche entstandenen Blöcke freigelegt und somit das heutige Relief geschaffen wurde. Diese Prozesse wurden während der Elster-Vereisung jedoch zeitlich begrenzt, da durch die Nähe des Inlandeises Dauerfrostverhältnisse herrschten. Während der folgenden Glaziale und Interglaziale wechselten sich die Verwitterungsprozesse ab. Einerseits kam es in den Hochglazialen, zum Beispiel aufgrund der Umwandlung von Biotit zu Hydrobiotit, zur Frostsprengung, andererseits verlagerten sich die Blöcke während der Früh- und Spätglazialzeiten durch Solifluktion und in den Warmzeiten durch gravitative Prozesse. Die Blockmeere und -ströme, auf welche im nächsten Exkursionspunkt genauer eingegangen werden soll, entstanden durch diese Abtragungsdynamik.

Die hier dargestellte zeitliche Reihenfolge und Dominanz der stattfindenden Prozesse gibt nur einen groben Einblick in den komplexen Verwitterungs- und Abtragungsprozess und ist zudem zum Teil umstritten. Ob das Einsetzen der Vergrusung wirklich generell auf das Tertiär zurückzuführen ist oder ob es sich vielleicht doch um einen quartären oder subrezenten Blockbildungsprozess handelt, wird sowohl in älterer als auch jüngerer Literatur kontrovers diskutiert. Man kann jedoch sagen, dass über die letzten Jahrzehnte ein Wandel in der Anschauung zur Formengenese stattfand, welcher beim letzten Exkursionspunkt genauer betrachtet wird.

1.2 Exkursionspunkt 2: Die Blockhalden an den Hahnenkleeklippen

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 44' 15" N λ = 10° 33' 56" O h = 750 m ü. NHN	An der Ostflanke des Odertals, südwestlich des Braunlager Ortsteils Königskrug gelegen. Von Braunlage oder Königskrug aus erwanderbar.

In vielerlei Literatur zum Harz kann man lesen, dass sich der Brockenaufstieg für die meisten Wanderer vor 100 Jahren als sehr schwierig herausstellte. Die Hänge waren kaum passierbar, da von Blöcken übersät, die fast jeden Schritt erschwerten. Blockmeere und -ströme gehören neben den Klippen zum umfangreichen Formenschatz des Granits. Jedoch lassen sich diese typischen Felsformationen nicht nur im Harz finden. Das Felsenmeer im Odenwald besteht aus Quarzdiorit, welcher dem hier betrachteten Granit sehr ähnlich ist und auch ein Kluftsystem aufweist, welches Verwitterungsprozessen eine Angriffsfläche bietet. Ebenso die Blockhalden in der Rhön, welche jedoch aus Basalt aufgebaut sind. Odenwald, Rhön, Schwarzwald, Eifel: Blockmeere und -ströme sind weit verbreitet.

Carl Schott (1932) ging davon aus, dass es sich bei den Blockansammlungen um gesteinsbedingte Gegenwartsbildungen handle. Heutzutage nimmt man an, dass die Entstehung überwiegend in den Eiszeiten erfolgte und die Formationen daher mindestens 10.000 Jahre alt sind (vgl. Look/Feldmann 2006: 41). Dort kam es, wie schon in Abbildung 1.3 dargestellt, während der sommerlichen Auftauphasen zu Solifluktionsprozessen, welche den Grus wegschwemmten und die Blöcke verlagerten. Die Wollsackverwitterung, welche die gerundeten Blöcke erst herausbildete, und die Genese von Blockhalden sind also stark miteinander verknüpft. Jedoch gibt es nach Look/Feldmann auch andere Entstehungsmöglichkeiten und in diese Kategorie fallen ebenso die nun betrachteten Blockhalden in Hahnenklee. Jene entwickelten sich ebenso während der Eiszeit, jedoch aufgrund von eindringendem Wasser, welches die Blöcke während der Frostphasen sprengte. Hierbei entstanden keine kantengerundeten Wollsäcke, sondern eckige und scharfkantige Felsbrocken. Auf dem nach wie vor entstehenden Grus konnten die Blöcke später der Schwerkraft folgend heruntergleiten. Die heutige Forschung geht jedoch außerdem davon aus, dass in den Hahnenkleehalden ebenso Moränenmaterial enthalten ist. (vgl. Gude 2003: 2)

Für die Ansammlung von Blöcken findet man in der Literatur eine ganze Reihe von bezeichnenden Begriffen: Blockmeer, Blockstrom, Blockhalde. Eine genaue Differenzierung muss jedoch je nach Autor getroffen werden, da jeder die jeweiligen Begriffe auf eine andere Art und Weise definiert. Oft werden Blockströme und Blockmeere voneinander unterschieden, wie etwa bei Wilhelmy: Er differenziert zwischen Strömen als „*solifluidale Blockagglomerationen*“ (1958: 61), welche nach tiefgründiger Verwitterung, der Schwerkraft folgend, auf dem entstandenen Zersatzgrus ihre Lage verändern, und Blockmeeren, welche seiner Meinung nach nur sehr wenig bewegt, wenn nicht sogar *in situ* herauspräpariert wurden. Sie stellen die typischen weiträumigen Blockdecken dar.

Die in diesem Kapitel verwendete Literatur bezieht sich vor allem auf Gude (2003). Jener unterscheidet zwischen echten und unechten Blockhalden: Erstere definieren sich dem Autor nach durch tertiäre oder periglaziale Blockbildung und einer anschließenden Lageveränderung durch gravitative sowie Rutsch- und Fließprozesse. Hierbei kommt es zu einem hohen Grad an Materialsortierung und besonders kleinen Hohlräumen zwischen den einzelnen Blöcken aufgrund der großen Lagerungsdichte. Unechte Blockhalden entstehen jedoch durch „*In-situ-Verwitterung des Anstehenden*“ (Gude 2003: 2). Hier wurde der Grus ausgewaschen, was jedoch zu kaum vorhandenen Differenzen zwischen den Korngrößen des Haldenkopfes und -fußes führt und außerdem größere Hohlräume schafft.

Blockhalden sind heutzutage ein sehr beliebtes Untersuchungsobjekt, ebenso jene in Hahnenklee, denn sie besitzen ein eigenes Mikroklima und stellen somit Primärbiotope dar. Diese Besonderheit ist Folge einer intensiven Luftzirkulation aufgrund der offenporigen Blockschicht, welche Energietransporte begünstigt (vgl. Gude 2003: 4). Größtenteils unabhängig von Material und Genese lässt sich verallgemeinernd sagen, dass die Bedingungen im Kopfbereich eine winterliche Temperaturerhöhung zulassen, während die Fußbereiche, mit mittleren Temperaturen von 0 °C bis 3 °C, ein periglaziales Klima aufweisen. Somit stellen die Fußbereiche eine Art Relikt-Lebensraum für boreo-alpine Fauna und Flora dar, beispielsweise konnte nachgewiesen werden, dass sich dort lebende Käferpopulationen seit der letzten postglazialen Klimaerwärmung isoliert von äußeren Einflüssen in den Blockhalden weiter entwickeln. Diesem für die Wissenschaft höchst spannenden Thema widmet sich unter anderem das zweite Kapitel zur subalpinen Flora in diesem Exkursionsführer ausführlicher.

1.3 Exkursionspunkt 3: Hexenaltar und Teufelskanzel

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 47' 57" N λ = 10° 36' 56" O h = 1.141 m ü. NHN	Liegen auf dem Brocken und sind somit problemlos über den südwestlichen Teilbereich des Brockenrundweges erreichbar.

Der letzte Exkursionspunkt befindet sich an den vielleicht berühmtesten Granitformationen im Harz: dem Hexenaltar und der Teufelskanzel auf dem Brocken. Wiederum war es Goethe, der diese Ausblickspunkte in seinem *Faust 1* mit der Walpurgisnacht-Szene festhielt und sie somit zu einem noch interessanteren Ziel für jeden Harz-Besucher machte. Viele Sagen und Mythen kreisen um den Brocken, vor allem sollen sich an diesem Ort in der Nacht zum 1. Mai alljährlich die Hexen versammeln. Dieser Teil des Beitrages widmet sich dem zum Teil nicht weniger mystischen Wandel in den Anschauungen zur Formengenese des Granits.

Das methodische Problem der Granitverwitterung liegt darin begründet, dass sich viele Autoren über bestimmte Abläufe durchaus einig sind, ihre Ansichten sich jedoch immer wieder, wenn auch nur im Detail, unterscheiden. Somit ist es kaum möglich, von *der* Genese der Granitklippen und Blockmeere/-ströme zu sprechen, da auch die heutige Literatur verschiedene Schwerpunkte setzt. Um die stattfindenden Prozesse zu erklären, wird also im Folgenden versucht eine Theorieentwicklung der letzten 100 Jahre an einigen ausgewählten Autoren zu skizzieren.

Bedeutend für den Anschauungswandel der Geomorphologen war der generelle Übergang von der tektonischen zur klimatischen Morphologie. Letzter prominenter Vertreter der ersteren war Walther Penck: Seiner Meinung nach spielte das Klima beim Zustandekommen von Massebewegungen keine Rolle, die Formen entstünden nur unterschiedlich schnell in verschiedenen Klimazonen: „*Es besteht daher keine Möglichkeit, dass in verschiedenen Klimaten verschiedene Abtragungsformen entstehen, deren Entwicklung verschiedenen Verlauf nähme, wenn nur die endogenen Voraussetzungen die gleichen sind.*“ (Penck 1924: 59) Seiner Meinung nach war die hier im Granit stattfindende Blockbildung also gesteinsbedingt und die Granitklippen „*ruinöse Reste von felsigen Steilformen*“ (ebd.: 113), welche infolge der Piedmontflächenentwicklung entstanden. Zu ähnlicher Schlussfolgerung gelangte auch Carl Schott, er war der Ansicht, dass die Formationen an harte Gesteinszonen gebunden seien und sich herauspräparierten, da sie sich als widerständiger gegen die Abtragung erwiesen als das sie umgebende Material (vgl. 1932: 70). Zudem ging er davon aus, dass es sich bei Klippen und Blockmeeren/-strömen um Gegenwartsbildungen handelte.

Jedoch wandelten sich diese Auffassungen grundlegend mit der Überlegung, ob das Klima eine Wirkung auf die Formenbildung zeigt. Ein bedeutender Vertreter der somit entstehenden klimatischen Morphologie war Herbert Wilhelmy. Er beobachtete, dass die Klüftung des Granits, die Gesteinsstruktur, die mineralische Zusammensetzung, aber auch das Klima einen erheblichen Einfluss auf die Verwitterung ausübten. Nach Wilhelmy (1924: 63) bildeten sich die Granitklippen durch die schon beschriebene tertiäre Wollsackverwitterung: Das warme, wechselfeuchte Klima zu tertiärer Zeit ist Ausgangspunkt der Tiefenverwitterung im Untergrund, welche dem Prinzip der doppelten Einebnung folgt. Dieser Vorgang kann laut Wilhelmy nicht erst in den Interglazialen geschehen sein, da dort keine, für die chemische Verwitterung wichtigen, tropischen Temperaturen herrschten. Während des nivalen Klimas des Pleistozäns blieb die entstandene Verwitterungsdecke gut erhalten aufgrund der Konservation durch Dauerfrost. Erst im „*Periglazialklima der pleistozänen Kaltzeiten*“ (ebd.) kam es durch ständigen Wechsel von Frieren und Auftauen des Bodens zu Massentransporten durch Solifluktion, welche auch die Hangfußblöcke bewegten. In der gemäßigtfeuchten Postglazialzeit wurde der Solifluktionsschutt ausgespült und die Blockmeere/-ströme freigelegt. Heute findet an ihnen dem Autor zufolge weiterhin oberflächliche Verwitterung, vor allem bedingt durch Hydratation, statt.

Zu dem Schluss, dass die Granitverwitterung im Tertiär, genauer im Jungpliozän, einsetzte, kam auch Franz Meinecke (1958). Er war ebenfalls von dem Einfluss des Klimas auf die Vorgänge der Verwitterung überzeugt, verfolgte am Beispiel des Granits jedoch einen anderen Ansatz: Seiner Meinung nach ist jede Granitklippe – er verwendet hierfür den Begriff Felsenburg – so alt wie das Niveau, auf dem sie steht (vgl. Meinecke 1958: 493). Da die Niveaus nun verschieden alt sind, würde dies bedeuten, auch die Klippen sind nicht zur gleichen Zeit entstanden. Das sich für ihn ergebende Problem ist jedoch, dass die Felsformationen, obwohl sie sich so ähneln, in verschiedenen Höhen vorkommen.

Dass diese Feststellung durchaus ihre Berechtigung in Meineckes Theorieentwicklung hat, lässt sich sehr einfach belegen. Überprüft man beispielsweise die Höhe von verschiedenen Klippen in einem bestimmten Gebiet, so sieht man schnell, dass sie in sehr verschiedenen Höhenlagen vorkommen. Solch eine Untersuchung wurde im Gebiet *Schierke/Drei Annen Hohne* durchgeführt und bestätigt die Vermutung, wie in Abbildung 1.5 zu sehen ist. Allein in diesem recht begrenzten Gebiet, kommen Granitklippen in 300 m Höhenunterschied vor, die höchste ist hierbei mit 910 m die Kapelleklippe.

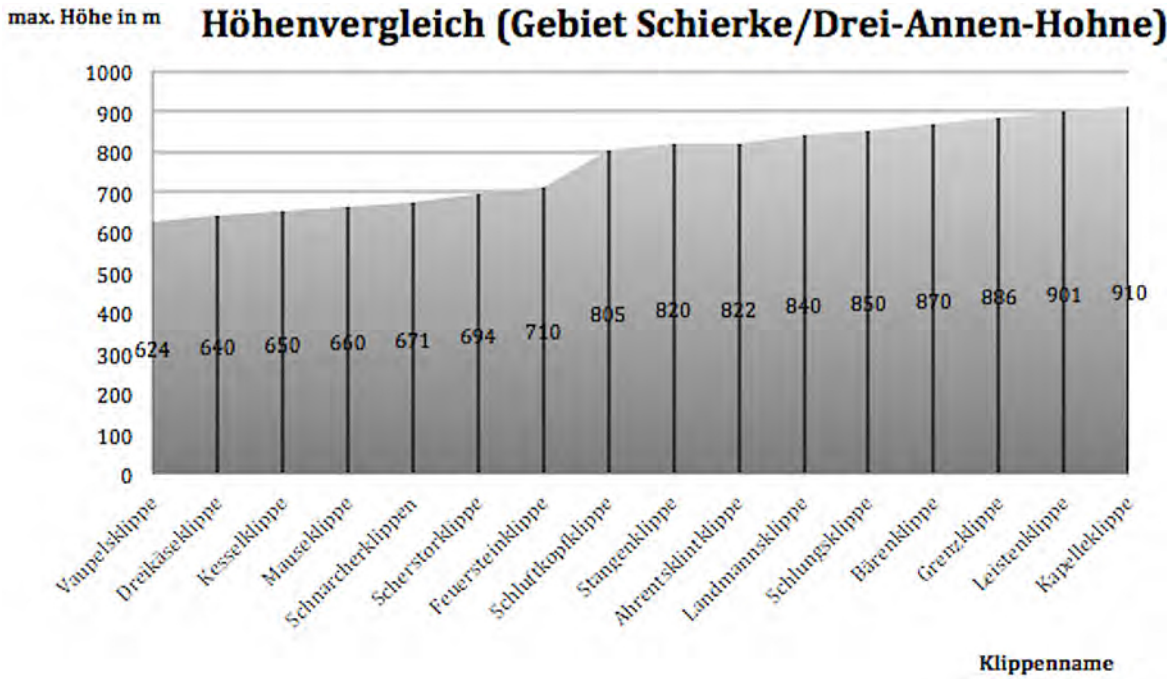


Abbildung 1.5 **Vergleich der Klippen-Höhenlagen**
Darstellung: Heindriken Margarete Dahlmann
(Datenquellen: Topographische Karten 1 : 10.000)

Laut Meinecke können jedoch nun aufgrund der Größe des Entstehungszeitraumes der verschieden hohen Klippen kaum gleiche Klimabedingungen zu allen Zeiten geherrscht haben, zumal vor allem im Tertiär das Klima häufig wechselte. Die daraus abzuleitende Schlussfolgerung würde mit sich bringen, dass die Klippen gleich alt sind. Meinecke zog nun den räumlichen Vergleich mit der Iberischen Halbinsel, denn dort lassen sich sehr viele Formen der Granitverwitterung finden. Er nahm an, dass demnach zur Zeit der Verwitterung in den deutschen Mittelgebirgen ein deutlich wärmeres Klima als heute geherrscht haben muss. Aufgrund des ständigen Wechsels zwischen Warm- und Kaltzeiten schloss er Holozän und Pleistozän aus, außerdem bemerkte er, dass sowohl im Brocken- als auch im Ramberggebiet die Vergrusung nur in hochgelegenen Verebnungen zu beobachten war, also verbunden mit Rumpfflächen, die noch ins Tertiär hineinreichten. Die Verwitterung begann nach Meinecke im Jungpliozän, die Abtragung der Grushülle im Oberpliozän, welche sich dann besonders stark in den Eiszeiten fortsetzte.

Auch Jürgen Hövermann (1950) verlegte den Schwerpunkt der chemischen Verwitterung in das Tertiär. Er untersuchte den entstandenen Grus, welcher einen starken Anteil an rotem Ton aufwies, wie er sich nur unter tropisch-subtropischem Klima bilden kann.

Diese sich größtenteils ergänzenden Annahmen wurden jedoch durch die Untersuchungen von B. Bocht und H. Piller am Sankt Andreasberg, sowie zum Teil auch vorher, in Frage gestellt. Bocht (1940/41) führte verschiedenste chemische Analysen durch, um das Alter des sich dort befindenden

Gruses zu bestimmen. Seine „*Analysen des Granitzersatzes ergaben nur eine geringe SiO_2-Abnahme, nahezu keine Veränderung des Gehaltes an Al_2O_3, des Eisens, Kalis und Natrons, eine Vermehrung der Magnesia und Fortfuhr von Kalk.*“ (Wilhelmy 1958: 47) Die Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Gruses war also zu gering, als dass es sich um eine tiefgreifende chemische Verwitterung handeln könnte, daher hielt Bocht die Vergrusung für einen rezenten Vorgang. Ebenso gilt dies für Piller (1951): Aufgrund von Korngrößenanalysen und mikroskopischen Untersuchungen handelt es sich für ihn schlichtweg um mechanischen Zerfall.

Auch Josef Birkenhauer verwirft Wilhelmys Mehr-Phasen-These. Seine Begründung liegt im Fichtelgebirge, wo in der Nähe einer großen Felsenburg zwar eine fortgeschrittene Vergrusung festgestellt werden konnte, „*die Gruskörner und selbst die kleinsten Glimmerplättchen [aber] nicht zersetzt [sind], sondern gut erhalten. Er gibt keinerlei Anzeichen einer Vertonung, d.h. die Vergrusung muss nicht im Tertiär stattgefunden haben*“ (Birkenhauer 1980: 489). Seiner Meinung nach ist vor allem der Vorgang der Hydratation in unserem und im periglazialen Klima von Bedeutung: Die Blöcke entstehen aufgrund von Wasser, welches in das schon vorhandene Kluftsystem des Granits eindringt und zur Frostsprengung führt. Die zerkleinerten Blöcke zerfrieren nun immer weiter und gleiten später auf dem entstandenen Feinmaterial hangabwärts.

Erwin Mücke (1968) bezieht sich in seiner Untersuchung ebenfalls auf Bocht, Piller und Wilhelmy. Er stellt genau wie sie fest, dass der Granit des Brockens tiefe Vergrusungsschichten aufweist, jedoch schließt er deren Entstehung durch kalteiszeitlich-mechanische Verwitterung aus. Er nimmt an, dass die Vergrusung im Oberpliozän einsetzte und es sich daher um einen warmzeitlichen Prozess handelt. Seiner Meinung nach spricht „*die geringfügige oder fehlende chemische Veränderung des Zersatzes [...] nicht gegen eine Entstehung unter subtropischen Bedingungen*“ (Mücke 1968: 8).

In der neueren Forschung, etwa bei Müller und Franzke (2014) wiederum spielt vor allem eindringendes Wasser eine wichtige Rolle. Für sie sind zwei Prozesse bei der Vergrusung von Bedeutung: Einmal die subtropisch-tropischen Klimabedingungen, welche die Feldspäte im Granit zu Kaolin umwandeln, wodurch der Kornsummenzusammenhalt gestört wird, und auf der anderen Seite die im Quartär stattfindenden Prozesse. Dort sickert ihrer Meinung nach benanntes Wasser in die Risse ein und wandelt Biotit in Hydrobiotit um, was aufgrund der entstehenden Volumenvergrößerung zu einem Sprengeffekt führt.

Man könnte nun den Versuch einer Schlussfolgerung wagen: Es gibt verschiedene Formen von Blöcken, welche durchaus unterschieden werden müssen. Es existieren grobe, eckige Blockablagerungen, welche aufgrund von Frostsprengung im Periglazial entstanden sind. Ebenso gibt es abge-

rundete Granitblöcke, die zwei unterschiedliche Formungsprozesse aufweisen. Einmal eine rezente durch Hydratation und eine ältere auf Tiefenverwitterung begründete, welche im Tertiär einsetzte. Sichtbar wird auf jeden Fall, dass in der neueren Forschung den periglazialen Prozessen deutlich mehr Gewicht gegeben wird, doch sollte die im Tertiär einsetzende Wollsackverwitterung nicht vernachlässigt werden. Beide Prozesse bedingen einander stark.

Auch Goethe befasste sich in seinem Aufsatz „*Über den Granit*“ (verfasst 1784) mit dessen Entstehung und Formen. Seine Geologie, mag sie auch nicht den Ergebnissen neuerer Forschung entsprechen, lebt vor allem durch die Anschauungskraft, mit welcher er seine Umwelt betrachtet: „*Mit diesen Gesinnungen nähere ich mich euch, ihr ältesten, würdigsten Denkmäler der Zeit. Auf einem hohen nackten Gipfel sitzend und eine weite Gegend überschauend, kann ich mir sagen: Hier ruhst du unmittelbar auf einem Grunde, der bis zu den tiefsten Orten der Erde hinreicht [...], diese Gipfel haben nichts Lebendiges gezeugt und nichts Lebendiges verschlungen, sie sind vor allem Leben und über alles Leben*“ (Goethe 1966: 254).

Es ist kaum verwunderlich, dass besonders der Granit in seinen mannigfaltigen Formationen Goethes Interesse und Bewunderung weckte. Bizarre Klippen, weite Blockmeere, schroff und kahl, aufgetürmt wie von Geisterhand – das sind die Formen dieses Gesteins, welches noch vieler weiterer Untersuchungen und Forschungen bedarf.

Verwendete Hauptquellen

Birkenhauer, Josef (1980): *Rezente Bodenerosion und periglaziale Vorgänge*. In: Geographische Rundschau, Jg. 32, Braunschweig: Westermann, ISSN: 0016-7460. S. 488-496

Gude, Martin (2003): *Blockhalden an den Hahnenkleeklippen im Odertal*. Beitrag zur Exkursion des AK – VMFZ vom 23./24.05.2003, Jena: Institut für Geographie der Friedrich-Schiller-Universität

Meinecke, Franz (1958): *Granitverwitterung, Entstehung und Alter der Granitklippen*. In: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Jg. 109, Stuttgart: Schweizerbart, ISSN: 0012-0189. S. 483-498

Wagenbreth, Otfried/Steiner, Walter (Hrsg.) (1985): *Geologische Streifzüge – Landschaft und Erdgeschichte zwischen Kap Arkona und Fichtelberg*. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie

Wilhelmy, Herbert (1958): *Klimamorphologie der Massengesteine*. Braunschweig: Westermann

2 Subalpine Flora im Harz – Brocken, Alpengarten und Blockhalden als Lebensraum

Anna Feßler

Auf genau 1.141 Meter über NHN befindet sich der höchste Punkt des Brocken-Plateaus. Klimatisch gesehen müsste man den höchsten Gipfel des nördlichsten Mittelgebirges Deutschlands jedoch eher auf etwa 1.700 bis 2.000 Meter über NHN in den Alpen verorten. Temperaturen, Niederschlag und auch Luftströmungen ähneln vielmehr den Gegebenheiten in Hochgebirgen. Auf der höchsten Erhebung in Norddeutschland herrscht ein ausgesprochen raues Klima. Und dies hat seit jeher Botaniker und Wissenschaftler fasziniert und interessiert. Denn das raue Klima ist nicht nur für den Menschen spürbar, sondern in gewisser Weise auch sichtbar, etwa in Form der besonderen subalpinen Vegetation, die auf dem Brocken einen Lebensraum gefunden hat. So ist es sicherlich kein Zufall, dass der erste Alpengarten im Jahr 1911 auf dem Brocken eröffnet wurde. Ein Beitrag über die subalpine Flora auf dem Brocken und die klimatischen und anderweitigen Bedingungen und Besonderheiten, die einen Lebensraum für diese Pflanzen schaffen, sollte daher in einem Exkursionsführer über den Harz nicht fehlen und ist auch die persönliche Motivation der Autorin für diesen Beitrag (vgl. Ebel et al. 1999).

Einführung ins Thema

Ob mehr atlantisch, aufgrund der Nähe zur Nordsee und zum Nordatlantik, oder mehr kontinental – die Grenze liegt nicht genau fest und verschiebt sich im Laufe des Jahres: Subtropische und subarktische Luftmassen treffen im Harz aufeinander. Folgenreich sind diese klimatischen Besonderheiten unter anderem für die Vegetation, die sich auf dem Brocken findet. Alpine und subalpine Flora ist dort heimisch – Pflanzen, die sich sonst erst auf Höhen zwischen 1.700 und 2.000 Meter ansiedeln. Die besondere klimatische Situation stellt die Vegetation auf dem Brocken vor einige Herausforderungen und nicht alle Pflanzen können dort leben und überleben. Die Vegetationszeit ist sehr kurz, die Jahresdurchschnittstemperatur liegt im langjährigen Mittel lediglich bei 3,5 °C und die Niederschlagsmengen, auch in Form von Schnee, sind enorm. Botaniker, Wissenschaftler und Pflanzenkundler haben sich seit jeher für das außergewöhnliche Klima auf dem Brocken interessiert und auch die Vorteile zu nutzen gewusst. Hier ist es möglich, auf gerade einmal rund 1.100 Meter über NHN Blütenpflanzen, Moose oder Sträucher zu beobachten, zu untersuchen und zu kultivieren, die sonst nur in meist unzugänglichen Höhenlagen heimisch sind. So befindet sich der älteste Alpengarten Deutschlands auf dem Brockenplateau. Dieser Exkursionspunkt bietet die Möglichkeit – je nach Jahreszeit – typische subalpine Flora zu sehen oder zumindest einen guten, spür-

baren Eindruck des rauen Klimas zu bekommen. (vgl. Glässer 1994: 95f., 222; Karste 1994: 52; Nationalparkplan 2011: 21)

Nicht nur bodengeographische und klimatische, auch anthropogene Einflüsse wirkten und wirken sich auf die Vegetation des Brockens aus. Dies wird deutlich, wenn man einen Blick auf seine höchst wechselvolle Geschichte wirft. Rund 30 Jahre lang war das Plateau als militärische Sperrzone ausgewiesen, eine 3,5 Meter hohe Mauer umgab die Fläche, der Großteil des Untergrunds war bebaut und versiegelt. Als die russischen Streitkräfte Anfang der 1990er Jahre abzogen, wurden sukzessive die alten Gebäude abgerissen, die Flächen renaturiert und der Brockengarten neu bepflanzt. Dort, wo jahrelang eine hohe Mauer den Besuchern und Wanderern den Zutritt verwehrte, führt heute ein Rundwanderweg um das Plateau. Für diesen Exkursionspunkt soll der Rundwanderweg als Leitlinie dienen, um die subalpine Flora und die Voraussetzungen, die dafür entscheidend sind, klimatisch wie anthropogen, näher zu betrachten. (vgl. Karste 1994: 52f.)

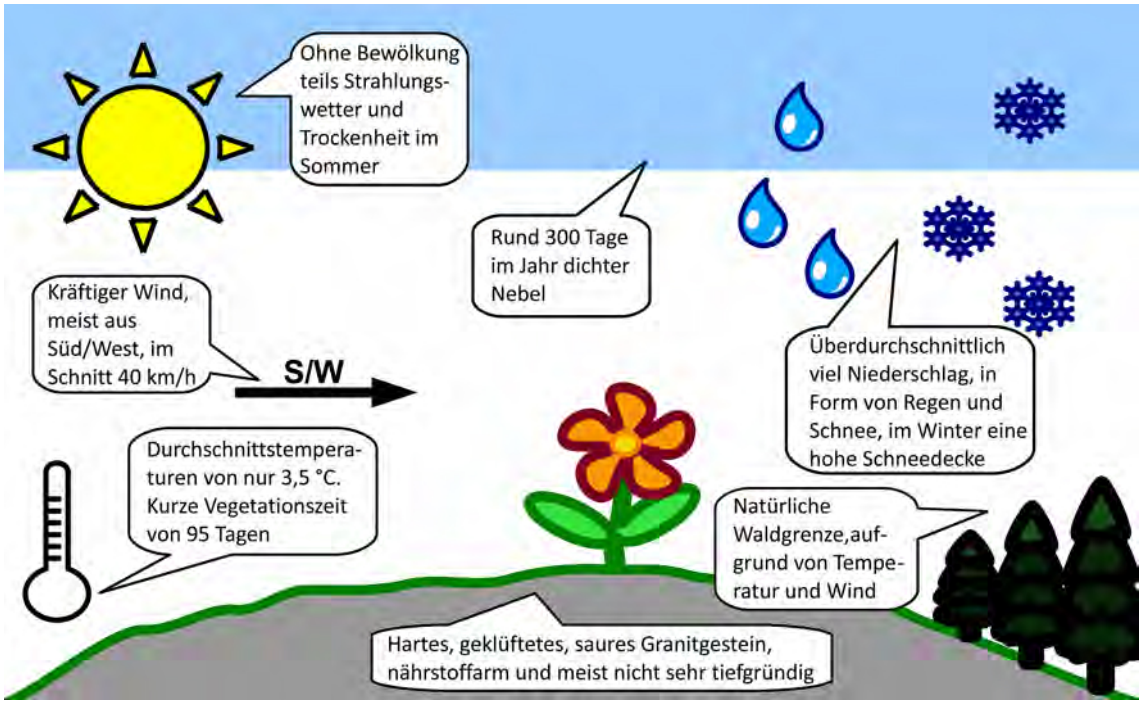


Abbildung 2.1 **Einflüsse auf die Vegetation auf dem Brocken**
Darstellung: Anna Feßler
(Datenquelle: Ebel et al. 1999, Piktogramme: www.openclipart.org)

2.1 Exkursionspunkt 1: Vegetation und Klima auf dem Brockenplateau

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 47' 57" N λ = 10° 36' 56" O h = 1.141 m ü. NHN	Wanderweg über Schierke, Ilsenburg, Torfhaus oder Bad Harzburg. Fahrt mit der Brockenbahn, etwa von Wernigerode.

Steht man auf dem Brocken-Plateau und blickt bei nebelfreiem Wetter in unterschiedliche Richtungen, gerade nach Westen oder Süd-Westen, sieht man eine leicht hügelige Landschaft, überwiegend bedeckt mit Wald und dazwischen ein paar Wiesen. Große Erhebungen sucht das Auge vergeblich. Tatsächlich ist der Brocken der höchste Berg weit und breit, viel weiter als das Auge reicht. Neben dem Blick in die Weite, ist dies vor allem spürbar in Form der Luftbewegungen, die auf dem windreichsten Punkt Deutschlands herrschen. Das Jahresmittel auf dem Brocken beträgt etwa 40 km/h und die dortige Wetterstation misst im Jahr etwa 200 Sturm- und 60 Orkantage. Die Wetterwarte des Brockens wird vom Deutschen Wetterdienst betrieben und ist als Klimareferenzstation ausgewiesen. Seit 1836 werden Wetterdaten wie Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Niederschlag auf dem höchsten Berg Norddeutschlands erfasst, ab 1895 begannen Messungen zu Windgeschwindigkeiten. Nahezu ungebremst fegen die Luftmassen von der Nordsee und dem Atlantik kommend über das nördlichste Mittelgebirge am Rande der Norddeutschen Tiefebene. Auf dem Brocken herrscht daher ein ozeanisch geprägtes kühles Klima. (vgl. Glässer 1994: 94f.; Kinkeldey 2015: 38, 85)

Dass auf dem Brocken ein derart raues Klima herrscht, ist maßgeblich auf den Wind zurückzuführen. Er weht das ganze Jahr kräftig, vor allem in den Wintermonaten. Der stärkste Orkan fegte im November 1994 über das Brockenplateau mit Spitzenwerten von 263 km/h. Die Lage des Harzes – NW-SO-Längsstreckung – ist ein Grund dafür, dass der Hochharz häufig unter Staueinfluss steht und es dort vermehrt zu Wolkenbildung kommt. Da die mittlere Kondensationshöhe temperaturabhängig ist, werden im Winter die größten und im Sommer die geringsten Nebelhäufigkeiten erreicht. Aufliegende Wolken bei Schlechtwetter oder starke Feuchtanreicherung in Verbindung mit Wind sind häufig die Ursache für den Bergnebel am Brocken. Was aussieht wie eine dichte, weiße Masse, besteht bei genauerer Betrachtung aus zahlreichen winzig kleinen Wassertropfen. Im Winter lagern sich die Wassertröpfchen als Eispartikel an Bäumen, Felsen, Wegweisern oder Gebäuden ab. Sie wachsen dem Wind entgegen und bilden vielfältige, skurrile Formen. Stark vereiste Fichten werden im Harz auch als Brockengeister bezeichnet. Nach wochenlangen Nebelphasen ist von den Bäumen kaum etwas oder nichts mehr zu sehen, außer einer Silhouette aus Eiskristallen. (vgl. Glässer 1994: 127f.; Kinkeldey 2015: 37)

Abbildung 2.2 **Verschneiter Brockengipfel im November**
Foto: Anna Feßler 2015

Im Winter als Schnee und im Sommer, Frühling und Herbst meist als Regen – im Hochharz und auf dem Brocken fällt im Vergleich zum Umland überdurchschnittlich viel Niederschlag. Die mittleren Jahresniederschläge für den Brocken liegen bei rund 1.800 l/m². Im Vergleich dazu sind es etwa in Halle lediglich rund 500 l/m². Im Winter führt starker Schneefall zu hohen Schneedecken. Durchschnittlich 108 Tage, an denen Schnee fällt, zählt man auf dem Brocken. Die mittleren monatlichen Schneehöhen auf dem Plateau liegen im Januar bei 85, im Februar bei 108 und im März bei 99 Zentimeter. Die ersten langjährigen Temperatur-Jahresmittel (Messungen über einen Zeitraum von 30 Jahren) lagen bei 2,4 °C, inzwischen sind es 3,5 °C (1981-2010). Dezember, Januar und Februar (zwischen -3 °C und -4 °C) sind die kältesten, Juli und August die wärmsten Monate. Nur in diesen beiden Sommermonaten wird die Zehn-Grad-Marke im Monatsmittel geknackt. Für die Pflanzen bedeutet dies eine sehr kurze Vegetationszeit. Im Schnitt geht man davon aus, dass ein Tagesmittel von acht bis zehn Grad für das Wachstum der Pflanzen und Entfaltung des Laubes notwendig ist. (vgl. Kinkeldey 2015: 36-39; Glässer 1994: 261-304)

Auf dem Brocken bleiben der Vegetation so lediglich rund 95 Tage Zeit, während Pflanzen am Nordharzrand etwa 185 Tage für ihren Vegetationszyklus zur Verfügung stehen. Heftige Stürme und niedrige Temperaturen wirken sich darüber hinaus in vielerlei Weise auf die Vegetation des Brockenplateaus aus. So sorgen die permanente Windbelastung und die hohen Eisablagerungen für eine natürliche Waldgrenze am Rande des Brockenplateaus. „*Dies kann kein anderes deutsches Mittelgebirge aufweisen*.“ (Kinkeldey 2015: 36). Die Berge und Erhebungen rund um den Brocken

liegen rund 200 Höhenmeter tiefer. Blickt man auf den Harz aus der Vogelperspektive, lässt sich die Hauptwindrichtung anhand der Bäume erahnen. So kann man auf der Nordwest, Nord- und Ostseite noch Fichten und Ebereschen bis etwa 1.100 Meter über NHN erkennen, während auf der Südwestseite schon in tieferen Höhenlagen nur noch vereinzelt Bäume stehen. Wirft man einen Blick auf die Fichtenbestände am Rande des Brockenplateaus, fällt die geringe Größe der Bäume auf. Auch die ältesten Exemplare mit rund 150 Jahren messen gerade einmal vier Meter. Grund hierfür ist auch der nahezu permanente, oft orkanartige Wind, gepaart mit sehr niedrigen Temperaturen. Diese beiden Faktoren wirken gemeinsam wie kleine scharfe Messer, welche die zarten Triebe der Fichten abrasieren. Der Übergang zwischen dem Fichtenwald und der auf dem Plateau vorherrschenden Zwergstrauchheiden-Vegetation wird *Kampfzone* genannt. Dieser Ausdruck macht deutlich, dass die klimatischen Verhältnisse auf dem Brocken, gerade die ständige Windbelastung und die niedrigen Temperaturen, den begrenzenden Wachstumsfaktor für die Bäume darstellen. Das raue Klima, die ständigen Winde und die exponierte Lage des Plateaus verhindern, dass auf dieser Fläche ein geschlossener Wald entstehen kann. (vgl. Ebel et al. 1991: 6f.; Kinkeldey 2015: 36)

Die Vegetationsstufen lassen sich je nach Höhe in fünf Kategorien einteilen: Bis zur Waldgrenze spricht man von der (hoch-)montaner Höhenstufe, es folgen subalpin, alpin, subnival und nival. Zwischen den Stufen subalpin und alpin liegt etwa die Baumgrenze. Die subalpine Stufe vereinigt montane und alpine Lebensbedingungen. Aus diesem Grund findet man dort auch Pflanzenarten und -gesellschaften aus beiden Bereichen. Vergleichbare Bedingungen finden sich in den Alpen bei rund 1.800 bis 2.500 Meter über NHN, in Südnorwegen und Mittelschweden bei 700 bis 800 Meter über NHN. Auch in Bezug auf die Vegetation nimmt der Harz eine Mittelstellung zwischen den Alpen und den skandinavischen Gebirgen ein. „*Der waldfreie Plateaubereich der Brockenkuppe wird von einem Mosaik unterschiedlicher Vegetationsstrukturen, wie den Bergheiden, Borstgrasrasen, kleinflächigen Mooren, Fichten-Ebereschengebüschen, flechtenreichen Blockfeldern, Hochstaudenfluren und Reitgras-Rasenschmielen-Dominanzbeständen besiedelt*“ (Karste 2010: 106). Gerade lichtbedürftige Arten fühlen sich auf dem Brocken wohl. Zu nennen wäre da etwa das Alpen-Habichtskraut (*Hieracium alpinum*) oder die Brocken-Anemone (*Pulsatilla alba*). Aufgrund vegetationskundlicher Befunde gehen Experten heute von einer natürlichen Waldgrenze auf dem Brocken aus. Viele Jahre waren Überlegungen verbreitet, dass dies anthropogen verursacht sei. Ein Indiz dafür, dass der Brocken seit der letzten Eiszeit waldfrei ist, sind die eben erwähnten lichtbedürftigen Pflanzenarten, die sich auf dem Plateau niedergelassen haben. Mehr zu einzelnen, auf dem Brockengipfel heimischen, subalpinen Pflanzenarten folgt im zweiten Punkt zum Brockengarten. (vgl. Ellenberg 2010: 684; Karste 2010: 106; Karste 1994: 15f.; Kinkeldey 2015: 35-39)

Das Gestein ist ein weiterer Faktor, der darüber entscheidet, ob bestimmte Pflanzenarten in einem bestimmten Lebensraum heimisch werden. Die Brockenkuppe besteht aus Dachgranit, dem obersten Teil des Brockengranits. Seine Entstehung geht auf die variszische Gebirgsbildung im Oberkarbon und Perm zurück. Ursprünglich war der Granitpluton überlagert von einer Hornfelsumhüllung, die im Laufe der Zeit erodiert wurde. Der Granitpluton verwittert aufgrund seiner Körnigkeit und des Kluftgefüges leicht. Das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung ist jedoch sehr nährstoffarm. Das ständig feuchte Klima und das klüftige Granitgestein sorgen für ganz spezielle Verwitterungsformen, etwa Wollsackverwitterungen. Durch physikalische und chemische Verwitterungen werden etwa durch Frostsprengungen die Spalten größer und die leichte Säure, die in Form von Regen in das Gestein eingebracht wird, sorgen für eine Vertiefung der Spalten. Es entstehen so wollsackartige Formen. Auf der Brockenkuppe bilden diese verwitterten Gesteinsblöcke große Blockfelder. Durch die zahlreichen Spalten im Boden ist dieser auch auf kleinstem Raum unterschiedlich tiefgründig, was zur Folge hat, dass sich so auch die Vegetationsverhältnisse ändern. Viele Standorte sind relativ flachgründig und trocknen im Sommer häufig aus. Die Bodenverhältnisse fördern die Ansiedlung von Pflanzengesellschaften, die auf relativ nährstoffarmen Standorten zurechtkommen. Gerade Zwergstauchheiden fühlen sich auf nährstoffarmen und sauren Böden wohl. Gleiches gilt für die Brocken-Anemone (*Pulsatilla alba*): Ihr gelingt es etwa, mit ihren Pfahlwurzeln in die Granitspalten einzudringen, um so in größeren Tiefen an Wasser zu gelangen. Die Tatsache, dass auf dem Brockenplateau heute subalpine und alpine Arten heimisch sind, geht auf die letzte Eiszeit zurück. Die Arten überstanden diese Zeit in nicht vergletscherten Rückzugsorten. Als das Eis schmolz und die Temperaturen anstiegen, zogen sie sich in höhere Lagen zurück. Man spricht in diesem Zusammenhang von Pflanzenwanderungen. Diese Pflanzengruppen – sie werden allgemein Glazialrelikte genannt – besiedelten so vom Eis freigewordene Hochflächen, wie etwa den Brocken und Teile des Hochharzes. (vgl. Ebel et al. 1999: 7, 82; Hünig et al. 2008: 202; Kison et al. 1994: 13; Zepp 2014: 85-102)

Die Betrachtung der rein natürlichen Gegebenheiten zeigt nur einen Teil der tatsächlichen Verhältnisse und Ursachen für die Vegetation und Vegetationsansiedlung. Der Nationalpark Harz wird von den Verantwortlichen in drei Bereiche eingeteilt: die Naturdynamikzone, die Naturentwicklungszone und die Nutzungszone. Der Brocken lässt sich dem letzten Bereich zuordnen, da er in vielerlei Hinsicht stark anthropogen geprägt war und ist. Da wäre zum einen die Zeit, als der gesamte Bereich als militärische Sperrzone ausgewiesen war, großräumig bebaut und vielfach versiegelt. Zum anderen beeinflusst auch heute der Mensch den Brockengipfel und seine Vegetation stark. Rund zwei Millionen Besucher verzeichnet der höchste Berg des nördlichsten Mittelgebirges jährlich. Darüber hinaus wird durch Pflegemaßnahmen in speziellen Bereichen die Erhaltung bestimmter

Pflanzenarten gefördert. Es ist daher nur eingeschränkt möglich, von einer natürlichen Vegetation auf dem Brocken zu sprechen. Zwischen 1961 und 1989 war der Brocken als militärisches Sperrgebiet ausgewiesen. Das Plateau zu betreten, war für die Zivilbevölkerung verboten. Während dieser Zeit wurde ein Großteil der Vegetation auf dem Brocken vernichtet. Viele Bereiche wurden versiegelt, etwa durch den Bau von Gebäuden. Kalkschotter und Beton wurden dazu in großen Mengen auf das Plateau gebracht. Auch der Brockengarten wurde in dieser Zeit stark in Mitleidenschaft gezogen, da er völlig ohne gärtnerische Pflege sich selbst überlassen werden musste (siehe Punkt zum Brockengarten). (vgl. Hünig et al. 2008: 202; http://www.harz-sehenswuerdigkeiten.de)

Im Jahr 1990 wurde der Nationalpark Hochharz gegründet, der das Brockengebiet mit einschließt, und so die Möglichkeit geschaffen, die nicht mehr benötigten Militärgebäude und versiegelten Flächen zu beseitigen. Um wieder einen möglichst naturnahen Zustand auf dem Plateau zu erreichen, wurden dort großflächig Granitgrus und Granitfelsen ausgebracht. Zwischen 1993 und 2013 untersuchten Botaniker, wie sich die Vegetation innerhalb der ehemaligen Brockenmauer entwickelt. Besonders im Fokus stand bei den Experten die Vegetationsentwicklung der ehemals versiegelten und später renaturierten Flächen. Auf verschiedenen Versuchsflächen wurden so Granitgrus, Granitgrus mit Erde oder die beiden Substanzen mit Aussaat (Brocken-Anemone und Heidekraut) ausgebracht. Alle Flächen entwickelten sich gut, schon nach fünf Jahren war 80 Prozent der Fläche mit Vegetation bedeckt. Die Vergrasung war bei den Flächen mit Aussaat geringer. Durch regelmäßige Mahd wurde versucht, auf bestimmten Flächen Gräser einzudämmen, um so dem Heidekraut mehr Raum zu geben. Nach 15 Jahren zeigten sich in diesem Bereich deutliche Ergebnisse: Die Gräser wurden sukzessive zurückgedrängt. Auf anderen Flächen wurde die oberste, dicht bewurzelte Bodenschicht abgetragen, sprich abgeplaggt. All diese Maßnahmen hatten unter anderem das Ziel, brockentypische Vegetation zu fördern oder wieder anzusiedeln. So zählten Botaniker nach der Öffnung der Brockenmauer noch 980 Blüten der Brocken-Anemone, aufgrund der unterschiedlichen Maßnahmen erhöhte sich die Zahl im Jahr 2005 auf 2.000 Blüten. Die Untersuchungen zeigten, dass sich die natürliche Vegetation am besten dort entwickelte, wo nur Granitgrus ausgebracht wurde, was den natürlichen Bodenbedingungen am nächsten kommt. Ziel der Renaturierung war es von Anfang an, auf dem Plateau eine Art Pflanzen-Mosaik zu schaffen, um so der ursprünglichen Vegetation so nahe wie möglich zu kommen. Die Maßnahmen wurden auf 25 Prozent der Flächen durchgeführt. Das Ergebnis der Fachleute: Die Arbeit der Botaniker zeigte Erfolge, es gelang gefährdete Arten wieder zu etablieren. Die Pflegemaßnahmen sind jedoch weiterhin notwendig, um die gefährdeten Arten wie etwa die Brocken-Anemone zu fördern, so das Resümee der Wissenschaftler. (vgl. Hünig et al. 2008: 202-216)

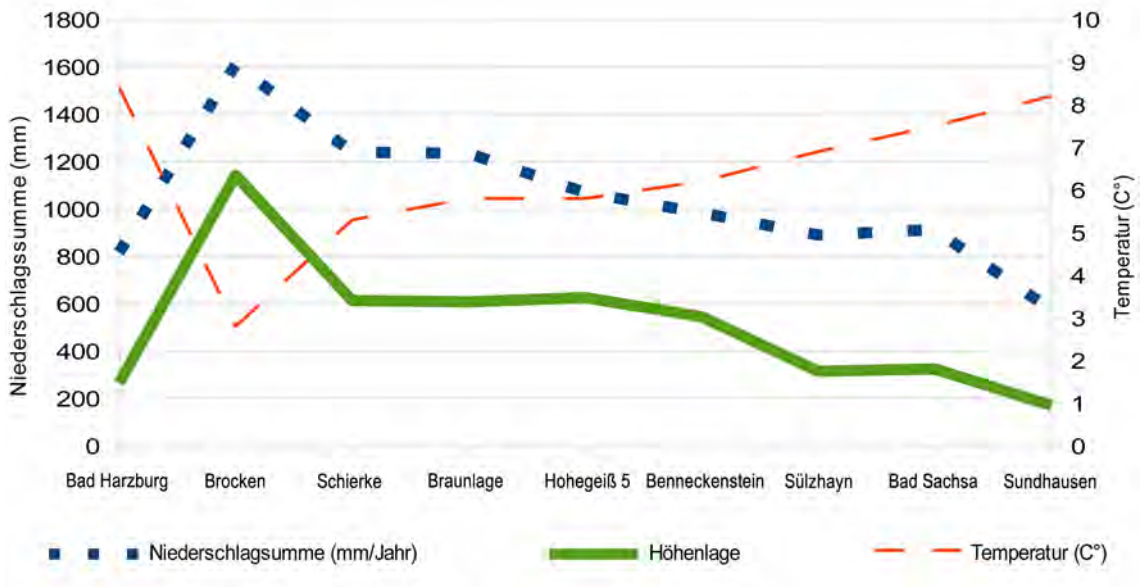


Abbildung 2.3 **Höhenprofil Harz mit Brocken – Niederschlag und Temperaturkurve**
Darstellung: Anna Feßler (Quelle: Glässer 1994)

2.2 Exkursionspunkt 2: Blick in den Brockengarten

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 47' 57" N λ = 10° 36' 56" O h = 1.141 m ü. NHN	Wanderweg über Schierke, Ilsenburg, Torfhaus oder Bad Harzburg. Fahrt mit der Brockenbahn, etwa von Wernigerode. Garteneingang an der Wetterwarte.

Es war das Jahr 1890 als ein Göttinger Professor Vegetationsgeschichte schrieb: Prof. Dr. Albert Peter, der Direktor des Botanischen Gartens der Universität Göttingen, gründete auf 1.141 Meter Höhe den ersten Alpengarten Deutschlands. Auf einer Fläche von rund 4.600 Quadratmeter wollte er gefährdeten Brockenpflanzen einen Raum geben und die Entwicklungen, das Wuchsverhalten und die Besonderheiten von Hochgebirgspflanzen aus aller Welt wissenschaftlich untersuchen. Außerdem sollten Besucher die Möglichkeit bekommen, die Formenvielfalt der Hochgebirgsflora mit eigenen Augen zu sehen. Peter hatte erkannt, dass Hochgebirgspflanzen auf dem Brockenplateau viel besser gedeihen als im Botanischen Garten in Göttingen. Denn auch wenn der Gipfel des nördlichsten Mittelgebirges Deutschlands nur etwas mehr als 1.000 Meter über NHN misst, herrscht hier ein mit dem Alpenraum auf 2.000 Meter über NHN vergleichbares Klima. (vgl. Ebel et al. 1999: 8-10)

Konzeptionell betrachtet gliedert sich der Alpengarten in zwei Teile: einen Schau- und einen Versuchsgarten. Dies hat sich bis heute nicht geändert. Peter und sein Team legten über 30 Beete an, dazu Steinhügel und setzten Hochgebirgspflanzen aus mehreren Kontinenten ein. Im Eröffnungsjahr 1911 kamen über 2.410 Besucher. Was verheißungsvoll begann, offenbarte eine sehr wechselhafte Geschichte und musste im Laufe der Zeit mit einigen Rückschlägen kämpfen. Dass Besucher heute wie damals durch den Garten aus Steinbeeten streifen und seltene Pflanzenarten aus vielen Kontinenten bestaunen können, war viele Jahre undenkbar. Während der beiden Weltkriege war der erste Alpenblumengarten Deutschlands die meiste Zeit völlig sich selbst überlassen. Gleiches gilt für die Zeit zwischen 1961 und 1989 als das gesamte Brockenplateau von einer hohen Mauer umgeben und als militärische Sperrzone ausgewiesen war. Der von Peter angelegte Garten verwahrloste, Gräser überwucherten die Beete und viele der subalpinen Pflanzen aus aller Welt sowie einige heimischen Arten überstanden diese Zeit ohne Pflege nicht. Als Botaniker das Gebiet nach der Öffnung des Brocken in Augenschein nahmen, konnten sie von den ursprünglich 1.400 Pflanzenarten nur noch 90 auffinden. (vgl. Karste 1994: 52)

Einigen Pflanzen gelang es jedoch, sich in dieser Zeit zu behaupten. „*Es handelt sich hierbei einerseits um Arten von gärtnerischen Sonderstandorten, andererseits um solche von beachtlicher Konkurrenzkraft*“ (Ebel et al. 1999: 8). Dies bedeutet, dass sich etwa einige kalkliebende Sippen auf die wenigen gekalkten Beete zurückzogen und sich so einen Standortvorteil gegenüber den ansonsten auf dem Brockenplateau verbreiteten säureliebenden Pflanzenarten verschafften. Als Beispiel zu nennen wären hier etwa die Silberwurz (*Dryas octopetala*), die Zwergglockenblume (*Campanula cochleariifolia*) oder das Gemeine Alpenglöckchen (*Soldanella alpina*). Auf der anderen Seite gelang es sehr konkurrenzstarken Arten sich in diesen Jahren auf dem Brockenplateau auszubreiten. So setzen etwa der Gelbe Enzian (*Genitana lutea*), die Verschiedenblättrige Kratzdistel (*Cirsium helenioides*) oder der Alpen-Ampfer (*Rumex alpinus*) ihre großen Blätter, kräftigen Rübenwurzeln oder weitreichenden Ausläufer beziehungsweise Rhizome ein, um sich ihren Platz zu schaffen. Nach mehr als zwei Jahrzehnten Arbeit, gerade von Experten der Universitäten Göttingen und Halle-Wittenberg, können Besucher heute wieder eine breite und außergewöhnliche Pflanzenvielfalt von etwa 1.800 Arten im Brockengarten betrachten. (vgl. Ebel et al. 1999: 8; Kinkeldey 2015: 36)

Viel Niederschlag, eine oft meterhohe Schneedecke in den Wintermonaten, ständige Winde, eine kurze Vegetationszeit, saure Böden über hartem Granitgestein – die Pflanzen auf dem Brockenplateau und auch im Brockengarten müssen mit zahlreichen unterschiedlichen klimatischen Herausforderungen und speziellen Böden zurecht kommen. So haben Hochgebirgspflanzen meist einen gedrungenen Wuchs. Vorherrschend sind etwa Flechten und Moose, niedrige Stauden oder Zwerg-

und Spaliersträucher. Auf diese Art und Weise gelingt es ihnen, kräftige Stürme zu überstehen, und den Winter verbringen sie in der Regel geschützt unter einer dicken Schneedecke. Solche Ausprägungen lassen sich bei Pflanzenarten feststellen, die aus ganz unterschiedlichen Verwandtschaftskreisen stammen. In diesem Fall, wenn sich ähnliche Formen an denselben Orten entwickeln, spricht man von Konvergenzen. So lässt sich dies nicht nur an der Wuchsform beobachten, sondern auch an speziellen Ausprägungen der Blätter. Verschiedene Faktoren entziehen gerade der Vegetation im Hochgebirge Feuchtigkeit. Zu nennen wären da Strahlungswetter, trockene Fels- und Schuttböden oder auch Wind. Im Laufe der Zeit entwickelten Pflanzen in diesen Regionen Mechanismen, um die Verdunstung zu verringern oder zu unterbinden. Häufig findet man bei Hochgebirgsvegetation Blätter mit Kalk-, Wachs- oder Haarüberzug oder auch Blattsukkulenz. Dies bedeutet, die Blätter wurden umgewandelt in Speicherorgane für Wasser. Als Beispiel zu nennen wären hier etwa Zwergstrauchheiden, sie bestehen überwiegend aus Erikagewächsen wie etwa der Behaarten oder Rostblättrigen Alpenrose (*Rhododendron hirsutum* und *Rhododendron ferrugineum*). (vgl. Ebel et al. 1999: 13-15; Kück et al. 2009: 37)

Eine andere Pflanze, die die Zeit auf dem Brockenplateau gut überstanden hat, ist die Schweizer Weide (*Salix helvetica*). Das Laubgehölz hat sich in all den Jahren mit und ohne gärtnerische Pflege auf dem Brocken behauptet. Wie der Name schon vermuten lässt, ist diese Gehölzart vor allem in den Schweizer Höhenlagen zwischen 1.700 und 2.600 Meter über NHN verbreitet. Mit sehr weichen, biegbaren Ästen trotzt sie der Schneelast und es gelingt ihr darüber hinaus, sprossbürtig zu wurzeln und sich so auf der Fläche auszubreiten. Der Grund dafür, dass sich die Weide auf dem Brocken so gut zurechtfindet, lässt sich wohl auf ähnliche Standortbedingungen zurückführen. Die schon mehrmals erwähnte Brocken-Anemone (*Pulsatilla alba*) ist die wohl bekannteste Blütenpflanze im Harz und gilt als Leitpflanze für den Brocken. In Deutschland ist sie nur auf dem Brockengipfel heimisch, daher der Name. Außerhalb Deutschlands ist sie in den Vogesen, im Iser- und Riesengebirge sowie den Karpaten zu finden und wird Kleine Kuh- bzw. Küchenschelle genannt. Es handelt sich dabei nicht – wie der Name vermuten lassen würde – um eine Anemone, sondern eben um eine Kuh- bzw. eine Küchenschelle. Sie gehört zur Familie der Hahnenfußgewächse (*Ranunculaceae*). Sie wird als Frühlingsbote bezeichnet, da sich ihre weißen Blüten als eine der ersten bereits Mitte Mai auf dem Brocken entfalten. Sie wächst auf nährstoffarmen Böden, kann mit ihren Pfahlwurzeln auch in die geklüfteten Granitfelsspalten eindringen und benötigt einen Standort mit viel Licht. (vgl. Ebel et al. 1999: 14, 81f.)

Die einzelnen Beete im Brockengarten sind zum Großteil nach Kontinenten aufgeteilt. Die restlichen bieten für die Pflanzen spezielle Böden, die sie für ihr Wachstum benötigen. So findet man

Beete mit der Kennzeichnung *Europa*, *Kaukasus*, *Neuseeland* oder *Asien* sowie ein Kalkbeet oder ein Moorbeet. Im Kalkbeet befindet sich etwa die Herzblättrige Kugelblume (*Globularia cordifolia*), die vor allem auf Fels- und Schotterfluren wächst. Ihre Sprossachsen sind verholzt, wurzeln sprossbürtig und können so weite Bereiche am Boden abdecken. Aus Süd-Europa, genauer gesagt aus den Pyrenäen, stammt die Felsspaltenpflanze Pyrenäen-Mannsschild (*Androsace hirtella*). Durch ihre kompakte Wuchsform kann sie auch an Extremstandorten ansiedeln. Die Zwergnelke (*Dianthus microlepis*) ist eigentlich in den Hochgebirgen Bulgariens zuhause. Sie zählt wohl zu den kleinsten hochalpinen Nelken überhaupt. Ebenfalls die kleinste ihrer Art ist die etwa nur zwei Zentimeter große Kriechende Primel (*Primula reptans*) aus Asien. Ihr gelingt es im Himalaya Höhenlagen von rund 3.500 bis 5.500 Meter über NHN zu erklimmen. (vgl. Ebel et al. 1999)

Die einzelnen Beete sind abgesehen von vier Ausnahmen kaum vom Boden angehoben. Dies sorgt für einen guten Schutz der Pflanzen vor dem kräftigen Wind auf dem Plateau und schafft ein der Vegetation zuträgliches Mikroklima. Zudem verteilt sich die Schneedecke in den Wintermonaten gleichmäßig über die Beete. Lediglich bei den exponierten Standorten bläst der Wind den Schnee häufig fort, so dass die Pflanzen dort, sowohl im Sommer als auch im Winter, mit Trockenheit zurechtkommen müssen. Um Austrocknung zu entgehen, sind manche Pflanzen in der Lage, ihre Stomata an den Blättern, sprich die Spaltöffnungen, zu schließen und so Transpiration zu vermeiden. Des Weiteren hemmen Pflanzen in Trockengebieten oft ihr Sprosswachstum, bilden auf der anderen Seite jedoch ein umfangreicheres Wurzelwerk aus, um an Wasser in größeren Tiefen zu gelangen. Sinken die Temperaturen, besteht für Pflanzen die Gefahr, dass die Flüssigkeit in ihren Zellen gefriert und diese platzen. Um dem zu entgehen, verfügen diese Pflanzen teils über eine erhöhte Konzentration an osmotisch wirksamen Substanzen in ihrem Zellsaft, der dies verhindert. Ein anderer Trick, um Wasser am Gefrieren zu hindern, besteht darin, keine geeigneten Keime für die Kristallisation zu bieten. (vgl. Ebel et al. 1999: 18f.; Schopfer et al. 2010: 590-595)

1890 Professor Albert Peter, Direktor des Botanischen Gartens der Universität Göttingen, gründet den Brockengarten.

1911 Der Brockengarten wird eröffnet. Im ersten Jahr kommen rund 2.400 Besucher.

1914-1918 Der Zustand des Gartens wird während des ersten Weltkriegs und in den Folgejahren immer schlechter. Es fehlt an personeller und finanzieller Unterstützung.

1934 Ein Oberstudienrat aus Göttingen setzt sich für den Garten ein und führt ihn zu einer neuen Blütezeit.

1939-1950 In den Kriegsjahren übernimmt das Forstbotanische Institut die Pflege des Gartens. Danach ist der Garten erneut sich selbst überlassen.

1951 Der Ministerpräsident von Sachsen-Anhalt setzt sich dafür ein, dass der Brockengarten wieder betreut wird.

1961 Der Bereich des Brockens wird militärisches Sperrgebiet, der Alpenblumengarten wird für Besucher geschlossen und kann nur noch unregelmäßig gepflegt werden.

1971-1989 Die gärtnerische Pflege muss komplett eingestellt werden. Der Alpenblumengarten auf dem Brocken vergrast völlig.

1989 Botaniker der Universitäten Göttingen und Halle-Wittenberg beginnen rasch mit der Wiederbelebung des Gartens.

1990 Der Nationalpark Hochharz wird gegründet und damit auch das gesamte Brockenplateau unter Schutz gestellt. Die Arbeit am Brockengarten wird wieder aufgenommen.

Heute Rund 1.800 Gebirgspflanzen aus aller Welt wachsen.

Abbildung 2.4 **Geschichte des Brockengartens**
Tabelle: Anna Feßler (Datenquellen: Ebel et al. 1999; Karste 1994)

2.3 Exkursionspunkt 3: Blockhalden – Kühlschränke der Natur

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 44' 07" N λ = 10° 33' 47" O h = 478 m ü. NHN	Hahnenkleeklippen im Odertal: 1,5 Kilometer südwestlich des Braunlager Ortsteils Königskrug.

Nicht nur in Höhen von mehr als 1.000 Meter über dem Meeresspiegel findet man im Harz subalpine Flora. Zwar ist dies der bevorzugte Lebensraum, doch auch in tieferen Lagen kann man auf diese Art der Vegetation stoßen. Blockhalden etwa erzeugen ein Mikroklima, das dem Klima auf dem Brocken oder anderen höheren Lagen ähnelt, und bieten so einen Rückzugsraum für subalpine und alpine Flora und Fauna. Umgangssprachlich werden die Blockhalden passenderweise auch als „Kühlschränke der Natur“ bezeichnet. Als Beispiel zu nennen wären hier etwa die Hahnenkleeklippen im Odertal (rund 750 m ü. NHN). (vgl. Nagel 2006: 1; Gude et al. 2003: 72f.)

Blockhalden entstanden meist während der Eiszeiten, ihre genaue Bildung ist jedoch nach wie vor nur teilweise geklärt. Blockhalden setzen sich in der Regel aus mindestens faustgroßen Gesteinsbrocken zusammen. Feinmaterial sucht man auf diesen Flächen oft vergeblich. Es wird davon ausgegangen, dass diese Halden durch Stürze aus Felswänden entstanden sind. Doch auch Rutsch- und Fließprozesse haben dabei vermutlich eine Rolle gespielt. Dies zeigen zumindest relikte Fließstrukturen in der Blockmasse. In Kaltzeiten, etwa im Laufe der letzten Eiszeit vor etwa 20.000 bis 10.000 Jahren, sorgte mechanische Verwitterung – etwa Frostsprengung – dafür, dass Felsbrocken aus dem Gestein herausbrachen. Dabei drang Wasser in die Felsspalten, dehnte sich beim Gefrierprozess aus und sorgte so für eine Ausdehnung der Spalten oder ein Abplatzen einzelner Gesteinsbrocken. Das feinkörnige Verwitterungsmaterial wurde ausgewaschen und es entstanden große, offene Porenräume zwischen den einzelnen Steinen.

Die heutigen klimatischen Bedingungen, im Vergleich zur letzten Eiszeit feucht und gemäßigt, verhindern eine Weiterentwicklung der Blockhalden im größeren Stil, da die Bedingungen für eine mechanische Verwitterung der Gesteine nicht gegeben sind. Während in den Mittelgebirgen auf diesen Höhen typischerweise ein geschlossener Wald mit Feinboden vorherrscht, sind die Blockmeere und Schutthalden charakterisiert durch waldfreie Hänge und offenen Porenraum im und am Boden. Die Vegetation beschränkt sich auf einzelne Bäume und Sträucher sowie Moose und Flechten. Dies hat zur Folge, dass die Luft viel intensiver und tiefer zirkulieren kann, zwischen die Blöcke dringt und dort für ein periglaziales Klima sorgt. Man spricht in diesem Zusammenhang von einem Inselökosystem und einem Mikroklima. Blockhalden finden sich überwiegend in außeralpinen

Mittelgebirgen unter 1.000 Meter über NHN. Zwischen den Felsen sinkt die Temperatur viel stärker ab als am Waldboden und es bilden sich teils dicke Eisschichten zwischen den Steinen, die auch bis in die Sommermonate hinein überdauern. In den wärmeren Monaten strömt daher kontinuierlich kalte Luft aus den Poren heraus und kühlt auf diese Weise die Umgebung rund um die Blockhalden ab und sorgt so für ein kühleres Klima. Temperaturmessungen in Bodennähe von Blockhalden im Vergleich zu Werten in der Luft zeigen deutliche Unterschiede. So beträgt etwa die Jahresmitteltemperatur am Boden der Hahnenkleeklippen im Odertal 1,6 °C und in der Luft 6,2 °C. Ein genauer Blick auf den Jahreszyklus des Klimas an Blockhalden mit der Berücksichtigung der Eiskörpermächtigkeit zwischen den Felsen und den Luftströmungen zeigt anschaulich die Entstehung des periglazialen Mikroklimas. Im Frühjahr befinden sich mächtige Eisschichten zwischen den Felsbrocken. Der Temperaturgradient zwischen der umliegenden Atmosphäre und dem Haldenkörper unterbindet Luftzirkulationen, Strömungen und einen Wärmeaustausch. Man spricht von Stagnation. Im Sommer erhöht sich der Temperaturgradient deutlich und verursacht so eine starke Strömung zwischen Atmosphäre und Haldenkörper. Die Sublimation sorgt beim Abbau des Eises für eine weitere Abkühlung und verstärkt so den Temperaturgradienten. Schmilzt das Eis, wird Wärme aus der Umgebung entzogen, da dieser Prozess Energie erfordert. Im Herbst kommt es dann erneut zu einer Stagnation der Zirkulation, da die Temperatur der umliegenden Atmosphäre absinkt. Der Eiskörper hat sich während des Sommers stark zurückgebildet und ist häufig nur noch minimal vorhanden. Die Temperatur sinkt weiter ab und der Gradient zwischen Blockhalde und Umgebung nimmt wieder zu, in diesem Fall ist es in der Blockhalde jedoch wärmer als in der Umgebung. Starke Strömungen entstehen, die durch die Erwärmung aufgrund der Kondensation beim Aufbau des Eises noch verstärkt werden. Der Eiskörper wächst in diesen Monaten kräftig an. (vgl. Gude et al. 2003: 72f.; Gude 2003: 5; Zepp 2014: 88f.)

Das periglaziale Mikroklima am Fuße der Blockhalden schafft so einen Lebensraum für alpine und subalpine Flora und Fauna. In diesen Bereichen wachsen etwa Gebirgsrosen (*Rosa pendulina*), die sich ansonsten erst ab Höhen von etwa 2.000 bis 2.500 Meter über NHN niederlassen. Diese Blütenpflanzen finden sich etwa in den Alpen, den Pyrenäen oder den Karpaten. Nicht nur subalpine Flora haben Forscher in dem periglazialen Mikroklima gefunden, sondern auch typische Fauna. Sie stießen so etwa auf flügellose Käfer. Man geht davon aus, dass diese Tiere seit der letzten Eiszeit hier leben, da es aufgrund der wärmeren Temperaturen um die Blockhalden herum unmöglich für die Käfer ist und war, an andere Standorte zu wandern. (vgl. Gude et al. 2003: 72f. sowie online: http://www.iucnredlist.org)

Verwendete Hauptquellen

Ebel, Friedrich/Karste, Gunter/Kümmel, Fritz/Richter, Wolfram/Strumpf, Wolfgang (1999): *Der Brockengarten im Harz – ein Versuchs- und Schaugarten*. Veröffentlicht durch die Martin-Luther-Universität Halle, Georg-August-Universität Göttingen und dem Nationalparkforstamt Hochharz. Goslar: Studio Volker Schadach

Glässer, Rüdiger (1994): *Das Klima des Harzes*. Hamburg: Dr. Kovač

Gude, Martin/Molenda, Roland (2003): *Blockhalden in deutschen Mittelgebirgen – Relikte der Eiszeiten*. In: Institut für Länderkunde (Hrsg.): Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland, Band Relief, Boden und Wasser. S. 72f.

Hünig, Christina/Tischew, Sabine/Karste, Gunter (2008): *Erfolgskontrollen der Renaturierungsmaßnahmen auf der Brockenkuppe im Nationalpark Harz*. In: Hercynia – Beiträge zur Erforschung und Pflege der natürlichen Ressourcen, Neue Folge, Jg. 41, Halle: Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, ISSN: 0018-0637. S. 201-217

Kinkeldey, Marc (2015): *Das Klima auf dem Brocken*. In: 120 Jahre Wetterbeobachtung auf dem Brocken (Harz) – Eine Chronik der Wetterwarte und des Observatoriums. Offenbach: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes. S. 34-38

3 Moornutzung im Harz und der Einfluss auf ihren Stoffhaushalt

Johannes Graaf

Die andere Exkursion zum Goethemoor und zum Helsunger Bruch zeigt, dass die Harzer Moore eine einzigartige ökologische Nische darstellen. Hier findet man nicht nur seltene Anpassungsformen von Pflanzen, sondern kann auch eiszeitliche Relikte wie die Moorbirke entdecken. Dem aufmerksamen Betrachter mag bei einer Wanderung über die Harzer Moore jedoch noch eine andere Besonderheit aufgefallen sein und zwar tiefe, künstlich angelegte Wasserrinnen im Moorboden, die durch Holzbauwerke blockiert sind. Wie kommen diese tiefen Gräben zustande und warum wurden sie gestaut? Genau diese Frage habe ich mir bei meiner ersten Moorwanderung im Harz gestellt. Bei meiner Recherche bin ich auf die Geschichte der Moornutzung im Harz gestoßen und auf die Folgen, die die menschlichen Eingriffe auf die Funktion der Moore hatten. Dies war der Anhaltspunkt für die Entwicklung der folgenden Exkursion. Sie soll zeigen: Die Harzer Moore sind nicht nur ein Ort für interessierte Botaniker, sondern auch ein ideales Anschauungsobjekt, um die vielfältige, aber auch sensible Funktionsweise von Mooren zu verdeutlichen.

Einführung ins Thema

„*O schaurig ist's übers Moor zu gehn, wenn es wimmelt vom Heiderauche*“, so beginnt die bekannte Ballade *Der Knabe im Moor*. Sie erzählt von einem Jungen, der durchs Moor eilt und vor den hier lauernden Geistergestalten in Panik gerät. Anne von Droste Hülshoff vermittelt in diesem Gedicht eine düstere Stimmung, mit der viele Menschen im Laufe der Geschichte Moore verbunden haben. Über Jahrhunderte hinweg galten sie als öde, unbrauchbare Landschaften, die mit ihren sauren und nährstoffarmen Böden, nur schwer ackerbaulich zu bewirtschaften waren (vgl. Schopp-Guth 1999: 8). Der häufig über der Oberfläche schwebende Nebel und der sumpfige Grund gaben den Mooren einen unheimlichen Ruf. Erst im 17. Jahrhundert änderte sich das gesellschaftliche Bild gegenüber diesen Orten. Steigender Bedarf an landwirtschaftlicher Produktionsfläche und die zunehmende Technisierung der Agrarwirtschaft machten die Trockenlegung und landwirtschaftliche Nutzbarmachung vieler Moore möglich und notwendig (vgl. Succow/Jeschke 1986: 15). Aus Mangel an Heizmaterial begann man zudem die mächtigen Torfschichten der Moore abzubauen und zu verbrennen. So eine wichtige Rolle die Moornutzung für die Energieerzeugung und industrielle Entwicklung damals spielte, so nachteilig hat sie sich auf das Ökosystem der Moore ausgewirkt. 99 % aller Moore in Deutschland sind mittlerweile entweder entwässert oder abgebaut und noch immer werden viele von ihnen landwirtschaftlich bzw. forstwirtschaftlich genutzt. Infolgedessen sind sie in ihrem Wasserhaushalt und Stoffhaushalt teils so gestört, dass sich die Vegetation

und die mikrobiologischen Aktivitäten innerhalb der Moore verändert haben und die Torfschichten stagnieren oder schrumpfen (vgl. Joosten 2006: 35-44).

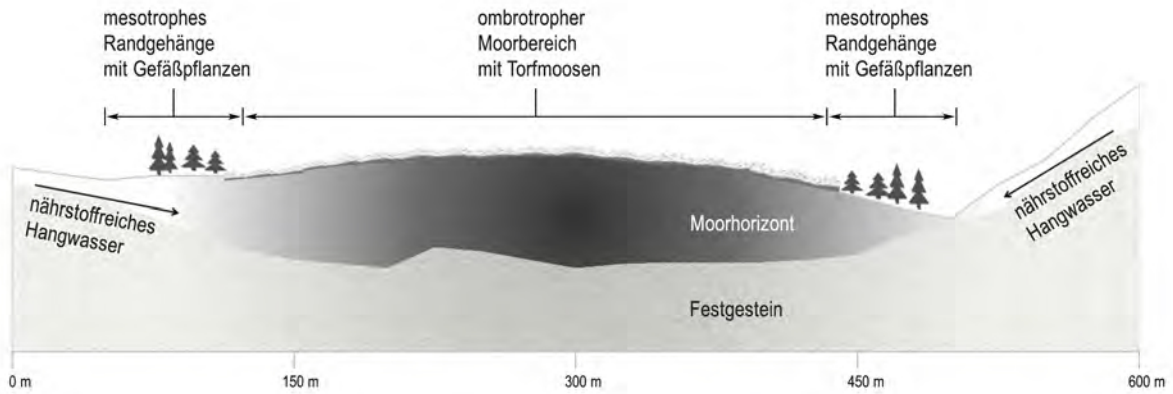
Von dieser Entwicklung ist der Harz als eine der wenigen Landschaften in Europa zunächst verschont geblieben. Widrige Umwelt- und Transportbedingungen haben die Nutzbarmachung der Moore hier lange Zeit eingeschränkt (vgl. Beug 1999: 26). So findet man im Nationalpark Harz noch immer etwa 1.400 ha vielfach unberührter Moorfläche (vgl. Jensen 1987: 69). Insbesondere die Hochmoorbereiche sind in ihrer Formenvielfalt im Vergleich zu anderen zentraleuropäischen Mittelgebirgen einzigartig. Nicht zuletzt deshalb stehen sie seit Gründung des Nationalparks Harz unter besonderem Schutz. Um Trittschäden auf der sensiblen Vegetation zu vermeiden, sind daher nur wenige Moore im Harz für Wanderer zugänglich. Ortsbegehungen sind nur lokal auf speziell angefertigten Bohlenwegen oder zu Forschungszwecken in Begleitung von Förstern des Nationalparks erlaubt. Zwischen 1995 und 2009 wurde im Zuge des Moorschutzes zudem ein umfangreiches Renaturierungsprojekt umgesetzt, um durch gezielte Eingriffe in das hydrologische Regime, anthropogen beeinträchtigte Moore wieder in einen naturnahen Zustand zurückzubringen (vgl. Nationalparkverwaltung Harz 2011: 35). Denn auch wenn sich die Moore vergleichsweise in einem natürlichen Zustand befinden, sind auch diejenigen im Harz nicht ungestört. Die jahrhundertelangen Bergbauaktivitäten sowie zunehmende atmosphärische Stickstoffemissionen haben auch im Harz das ökologische Wirkungsgefüge der Moore verändert. Insbesondere die natürliche Funktion von Mooren als Kohlenstoff- und Stickstoffsenken wurde dadurch beeinträchtigt. Wie diese Kohlenstoff- und Stickstoffumsetzungsprozesse im Moorboden ablaufen und wie sie sich durch anthropogene Eingriffe verändern können, soll auf dieser Exkursion näher erläutert werden. Im Blickpunkt stehen dabei nicht nur die ökologischen Folgen hydrochemischer Veränderungen, sondern auch neue Forschungs- und Lösungsansätze, wie man anthropogen beeinträchtigte Moore wieder in einen natürlichen Zustand zurückbringen kann.

3.1 Exkursionspunkt 1: Radauer Born / Torfhausmoor

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 48' 11" N λ = 10° 32' 17" O h = 750 m ü. NHN	Das Radauer Born befindet sich unweit des Besucherzentrums *TorfHaus*. Von hier aus kann man das Radauer Born auf den östlich des Moores verlaufenden Bohlenwegen passieren. Ein weiterer Blick auf die freie Hochmoorfläche ist vom südlich verlaufenden Goetheweg aus möglich.

Der erste Exkursionspunkt führt an das Moor *Radauer Born*. Es befindet sich nur wenige hundert Meter östlich vom Ort Torfhaus und wird deshalb auch *Großes Torfhausmoor* genannt. Das Radau-

er Born ist ein Sattelmoor, d.h. es ist ursprünglich aus einer Versumpfung am Übergang zwischen zwei Berghöhen entstanden (vgl. Jensen 1990: 55). Das bei Niederschlägen von den Berghängen kommende Wasser speist dieses Moor. Jedoch kann das nährstoffreiche Hangwasser nicht bis in die unteren Bereiche des Moores durchsickern. So sind nur die Bodenschichten an den Flanken des Moores im Süden und Norden soligen, also durch Hangwasser beeinflusst, während das Zentrum des Moores allein durch Regenwasser „ernährt" wird (vgl. Abbildung 3.1). Da Regenwasser einen sehr geringen Nährstoffgehalt (Trophie) besitzt, können hier nur speziell an oligotrophe, also nährstoffarme Verhältnisse angepasste Torfmoose wachsen. Diese Moose besitzen spezielle Gefäße, sogenannte Hyalinzellen, mit denen sie das 30-fache ihres Trockengewichtes an Wasser aufnehmen und sich bei ausreichender Vegetationsperiode so aufwölben können, dass das Moor eine konvexe Form einnimmt und sich über den Grundwasserspiegel anhebt (vgl. Eigner/Schmatzler 1991: 17). Man spricht dann von einem Hochmoor. Wenn man über das Radauer Born schaut, kann man auch hier eine leicht uhrglasförmige Form erkennen, wo fast nur Moose wachsen.



Die graduelle Färbung stellt schematisch dar, inwieweit der Moorboden durch nährstoffreiches Hangwasser beeinflusst wird. Das Zentrum des Moores wird nur noch von nährstoffarmem Regenwasser erreicht.

Abbildung 3.1 **Längsprofil des Torfhausmoors**
Darstellung: Johannes Graaf (nach Jensen 1990: 56)

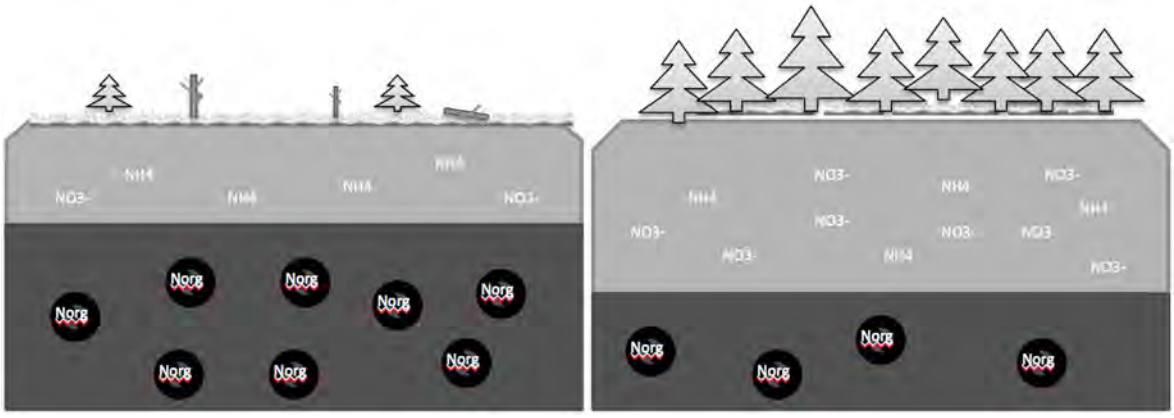
Wie der Name Torfhausmoor vielleicht schon verrät, wurde im Radauer Born zwischen 1704 und 1735 sowie im darauffolgenden Jahrhundert zwischen 1816 und 1860 Torf gestochen (vgl. Jensen 1990: 58). Der Energiebedarf des Harzer Bergbaus und Hüttenwesens sorgte in diesen Zeiten für einen großen Mangel an Heizmaterial. Um die Abholzung der Wälder zu entlasten, ordnete man den Torfabbau in einigen großen Mooren im Harz an und gründete u.a. die Siedlung Torfhaus. Hohe Transportkosten des Torfes und erhebliche Schwierigkeiten bei der Trocknung, angesichts der vielen Niederschlags- und Nebeltage, minderten die Rentabilität des Torfabbaus im Harz. Die Umstellung auf Steinkohle in Deutschland sorgte deshalb dafür, dass Ende des 19. Jahrhunderts der

Torfabbau im Radauer Born aufgegeben wurde (vgl. Beug 1999: 26). Obwohl großflächige Nutzung im Radauer Born also schon mehr als 150 Jahre zurückliegt, kann man bei einem Fußmarsch über die Bohlenwege immer noch große Torfstichwände erkennen, die sich am westlichen Moorrand entlangziehen. In der östlichen Moorzunge findet man außerdem mehrere mittlerweile verwachsene Gräben. Sie dienten der Entwässerung und Trockenlegung des Moores und waren eine wichtige Voraussetzung für den Torfabbau. Jedoch nicht nur optisch hat der Torfabbau Spuren hinterlassen. Jahrzehntelange Entwässerung und Trockenlegung haben auch die Stoffumsetzungsprozesse im Inneren des Moorbodens beeinflusst. Im Torfhausmoor waren diese hydrochemischen Veränderungen im Gegensatz zu anderen Harzer Mooren (siehe Exkursionspunkt 3.2) nur auf wenige lokale Stellen nahe den Torfstichen begrenzt. In welchem Ausmaß die Trockenlegung von Moorbereichen jedoch den Stoffhaushalt verändern kann und welche Folgen dies nach sich zieht, soll nun überblicksartig erläutert werden.

Moore sind in natürlicher Form Lebensräume mit positiver Stoffbilanz, d.h. die Bildung organischer Substanz im Ergebnis der Photosynthese ist größer als ihre Zersetzung und damit ihr Aufbrauch (vgl. Succow/Jeschke 1986: 20). So eine positive Bilanz kann nur an Orten entstehen, wo in der unteren Bodenschicht (Katotelm) ständig Wasserüberschuss herrscht, der die Sauerstoffzufuhr für darin lebende Mikroorganismen begrenzt. Die Bakterien können unter anaeroben Bedingungen das organische Material nicht mehr vollständig abbauen. Die abgestorbenen Pflanzenreste akkumulieren sich und bilden die sogenannten Torfe, die beim Radauer Born eine Dicke von etwa 5 m erreichen. Konstante wassergesättigte Bedingungen führen somit langfristig dazu, dass den globalen Stoffkreisläufen Kohlenstoffverbindungen entzogen werden (vgl. Koppisch 2001: 19). Die Akkumulation von Kohlenstoff im Torfhorizont ist von der Vegetation und den Standortbedingungen eines Moores abhängig und ein sehr langsamer Prozess. Untersuchungen von Seggentorfen in Skandinavien gehen von einer mittleren Kohlenstoffakkumulation von 95 kg pro Hektar pro Jahr aus (vgl. Tolonen et al. 1992: 277-280). Im Laufe der Erdgeschichte haben sich so jedoch weltweit gewaltige Kohlenstoffmengen angelagert. Die Menge des in den Torfschichten der Moore festgelegten Kohlenstoffs beträgt etwa $300 \cdot 10^9$ t, das entspricht beinahe der Hälfte des als Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre vorhandenen Kohlenstoffs (vgl. Succow/Jeschke 1986: 22). Moore wirken also in natürlicher Form als Kohlenstoffsenken dem Treibhauseffekt entgegen. Sinkt jedoch der Wasserstand eines Moores kann es dazu führen, dass der im Boden gespeicherte Kohlenstoff wieder in die Atmosphäre gelangt. Wird ein Moor wie beim Radauer Born für den Torfabbau durch Gräben entwässert, dann vergrößert sich die aerobe Zone (Akrotelm) im Boden und die stillgelegten Stoffkreisläufe werden durch die zunehmende Belüftung mobilisiert. Organische Substanz wird nun durch aerobe Bakterien abgebaut, Kohlenstoffdioxid wird emittiert und der Torfkörper verschwin-

det. Man spricht von oxidativem Torfverzehr (vgl. Koppisch 2001: 19). Bei starker Moorentwässerung wird so aus einer Kohlenstoffsenke eine Kohlenstoffquelle.

Entwässerungsmaßnahmen können jedoch nicht nur den Kohlenstoff-, sondern auch den Stickstoffhaushalt eines Moores verändern (vgl. Succow/Jeschke 1986: 23). Stickstoff wird in Hochmooren primär über Niederschläge eingetragen. Als wichtigster Pflanzennährstoff und vierthäufigstes Element in pflanzlichen Geweben beeinflusst er in erheblichem Maße die Vegetation im Moor (vgl. Koppisch 2001: 20). Damit er für Gefäßpflanzen verfügbar ist, muss der Stickstoff in mineralischer Form also als Ammonium bzw. Nitrat vorliegen. In molekularer, organischer Form ist Stickstoff für Pflanzen nicht nutzbar. Das Verhältnis von molekularem und mineralischem Stickstoff im Moorboden ist von der Sauerstoffzufuhr in der Bodenschicht abhängig. Je nachdem ob aerobe oder anaerobe Bedingungen überwiegen, ist der eingetragene Stickstoff unterschiedlichen Umsetzungsprozessen ausgesetzt. In natürlichen wassergesättigten Mooren überwiegt der Vorgang der Denitrifikation (vgl. Abbildung 3.2a). Dabei wandeln anaerobe Bakterien Nitrat und Ammonium zu molekularem Stickstoff um. Der Anteil von molekularem Stickstoff im Moorboden ist gegenüber Nitrat und Ammonium erhöht (vgl. Koppisch 2001: 22). Aufgrund des niedrigen mineralischen Stickstoffgehaltes ist das Wachstum von Gefäßpflanzen reduziert. Der molekulare, für Pflanzen nicht nutzbare Stickstoff bleibt im Moorhorizont und wird aus dem Stoffkreislauf entfernt. Ein Moor wirkt damit in natürlicher Form nicht nur als Kohlenstoff-, sondern auch als Stickstoffsenke (vgl. Koppisch 2001: 20-22). Führen Entwässerungsmaßnahmen jedoch zu einer erhöhten Sauerstoffversorgung, findet ein umgekehrter Vorgang statt (siehe Abbildung 3.2b). Nitrifizierende, aerobe



a) Wassergesättigtes Moor (links): Die aerobe Zone (Akrotelm) ist reduziert. Der eingetragene Stickstoff verlagert sich ins Katotelm, wird dort von anaeroben Denitrifizierern immobilisiert. Die geringe Nitratverfügbarkeit limitiert das Wachstum der Gefäßpflanzen. Nur Moose können hier wachsen.

b) Entwässertes Moor (rechts): Das Akrotelm (aerober Bereich) vergrößert sich. ***Organischer Stickstoff*** (oben: **Norg**) wird durch Bakterien zu ***Ammonium*** (NH_4^+) und schließlich zu ***Nitrat*** (NO_3^-) umgewandelt, welches Gefäßpflanzen wie z.B. Kiefern aufnehmen können.

Abbildung 3.2 **Stickstoffverhältnisse im Moorboden**
Darstellung: Johannes Graaf (nach Koppisch 2001: 20-22)

Bakterien beginnen molekularen Stickstoff in Ammonium und anschließend Nitrat umzusetzen (vgl. Succow/Jeschke 1986: 23). Nun überwiegt der Nitratanteil im Moorboden. Dies führt zu einem verstärkten Wachstum von Gefäßpflanzen im Moor, was auch im Torfhausmoor zu beobachten ist. Wenn man vom Torfmoorweg in Richtung Südosten über das Moor blickt, dann sieht man bei genauem Hinsehen direkt über den alten Torfstichen einen kleinen ca. 20 m langen Streifen, der sich von der übrigen Vegetation unterscheidet (vgl. Baumann 2009: 28). Hier führten Stickstoffmineralisierungsprozesse wohl dazu, dass nährstoffanspruchsvollere Gräser wie u.a. Pfeifengräser (*Molinia caerulea*), Schnabelseggen (*Carex rostrata*) sowie Wollgräser (*Eriophorum angusifolium*) die Moose verdrängen konnten.

Eine Artenverschiebung der Flora kann weitere Folgen für die Funktion der Harzer Hochmoore nach sich ziehen. Moose tragen mit ihrer Fähigkeit, Wasserstoffionen an die Umgebung abzugeben, maßgeblich zu einem niedrigen pH-Wert im Moor bei. Dieses saure Milieu ist nicht nur Brutplatz für Insekten wie z.B. die Arktische Smaragdlibelle, sondern hat auch konservierende Wirkung (vgl. Eigner/Schmatzler 1991: 30-41). So können in Hochmooren jahrtausendealte Fossilien überdauern und als Zeugen vergangener Zeiten im Harz dienen. Alte Blütenpollen ermöglichen z.B. paläoklimatische Rekonstruktionen, im Moor geborgene, alte Werkzeuge dienen als kulturhistorische Quellen alter Siedlungsstrukturen im Harz. Mit einer Verdrängung der Torfmoosarten geht also indirekt ein Verlust als ökologische Nische und Geschichtsarchiv einher.

An diesem ersten Exkursionspunkt wurden nun überblicksartig die ökologischen Funktionen der Hochmoore im Harz dargestellt und erklärt, wie menschliche Nutzung die Funktionsweise beeinträchtigen kann. Wie schon erwähnt, ist das Radauer Born nur an verhältnismäßig wenigen Stellen nachhaltig beeinträchtigt worden. Zwar deuten die Gefäßpflanzen im Bereich der Torfstiche auf Mineralisierungsprozesse hin, allerdings konnte sich das Torfhausmoor im überwiegenden Teil (ca. 13,11 ha) seit Gründung der Nationalparks selber regenerieren (vgl. Baumann 2009: 26). Moore verfügen nämlich über Autoregulationsmechanismen, mit denen sie kleinflächige Eingriffe mit der Zeit kompensieren können. Moose überwucherten am Torfhausmoor viele alte Entwässerungsgräben und wirkten dann wieder als Barriere für die Luft- und Nährstoffzufuhr in die unteren Bodenschichten. Dies führte wiederum zu geringeren Nährstoffmineralisierungsraten (vgl. Eigner/ Schmatzler 1991: 17). Eine Autoregeneration, wie sie am Torfhausmoor in den letzten Jahrzehnten stattgefunden hat, ist jedoch nur in schwach beeinträchtigten Mooren mit immer noch hohen Wasserständen möglich. Beim nächsten Exkursionspunkt, dem Blumentopfmoor, war die drainierende Wirkung der menschlichen Nutzung so stark, dass durch aktive Maßnahmen „nachgeholfen“ werden musste.

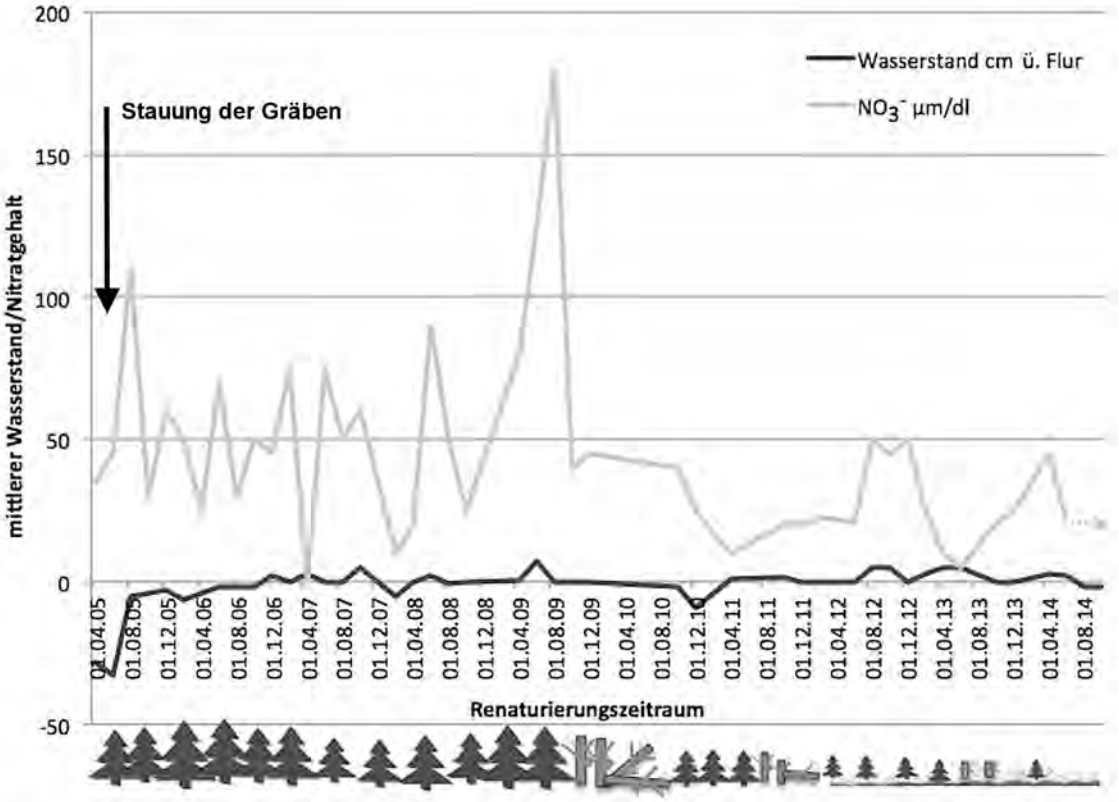
3.2 Exkursionspunkt 2: Blumentopfmoor

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 47' 54" N λ = 10° 39' 39,6" O h = 660 m ü. NHN	Das Blumentopfmoor liegt in der Nähe der Ortschaft Drei Annen Hohne, am östlichen Fuß des Renneckenbergs. Während das Torfhausmoor über Bohlenwege für Fußgänger frei zugängig ist, kann man das Blumentopfmoor nur aus der Ferne vom westlichen Wanderweg aus betrachten.

Das Blumentopfmoor ist in den letzten Jahrhunderten durch anthropogene Einwirkungen deutlich nachhaltiger gestört worden als das Torfhausmoor. Nutzungsschwerpunkt war hier nicht der Torfabbau (die Torfdicken waren hierfür zu gering), sondern die Forstwirtschaft (vgl. Baumann 2009: 226). So wurden hier, mit Ausnahme einer kleinen, 700 qm großen Restfläche südwestlich des Wanderwegs, in großem Maße Fichten angepflanzt. Diese wurden dann in regelmäßigem Abstand gerodet und ebenfalls als Heizmaterial für den Bergbau genutzt. Dafür mussten tiefe Entwässerungsgräben angelegt und Forstwege für den Abtransport des Holzes gebaut werden. Auch wenn die Aktivitäten im Zuge der Nationalparkgründung aus Naturschutzgründen gestoppt wurden, haben die früheren Eingriffe das Wasserregime des Moores nachhaltig verändert (vgl. ebd.). Die Entwässerungswirkung war hier so stark und großflächig, dass die Wasserstände auf der gesamten Moorfläche 2005 im Mittel 28 cm unter Flur lagen (vgl. Osterloh et al. 2012: 45). Die damit verbundene erhöhte Sauerstoffzufuhr für die Bodenschichten beeinflusste die Hydrochemie des Moores, was Messungen der Universität Halle-Wittenberg bestätigten. So wurde im Torfhorizont ein hoher Zersetzungsgrad festgestellt: ein Hinweis auf zunehmende aerobe Torfmineralisierungsprozesse im Moorboden. Außerdem wurden deutlich erhöhte Stickstoff-, insbesondere Nitratgehalte im Moorboden gemessen. Die erhöhte Nitratverfügbarkeit zeigte sich auch deutlich in der Vegetation. Im Gegensatz zum Torfhausmoor, wo man noch viele zusammenhängende Moosdecken erkennen kann, sind hier die nährstofftoleranteren Gefäßpflanzen (Fichten, Pfeifengräser etc.) offenkundig in der Überzahl (vgl. Osterloh et al. 2012: 40-52).

Um die Funktion des Moores als Stoffsenke wiederherzustellen und eine komplette Verdrängung der Torfmoosarten zu verhindern, wurden am Blumentopfmoor von einer Forschungsgruppe der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Renaturierungsmaßnahmen durchgeführt. Schwerpunkt war hierbei die Wiederherstellung wassergesättigter Verhältnisse, um dadurch die mikrobiellen Umsetzungsprozesse im Moorboden umzukehren und langfristig wieder hochmoortypische, oligotrophe Verhältnisse zu regenerieren. Dafür wurden im Mai 2005 im westlichen Moorbereich die alten Entwässerungsgräben mit Querbauwerken aus Lärchenholz künstlich angestaut. Im östlichen Part wurde vier Jahre später im August 2009 ein Quellzufluss künstlich in das Blumentopf-

moor eingeleitet. Die Maßnahmen hatten den erwarteten Einfluss auf die Hydrologie des Moores (siehe Abbildung 3.3) (vgl. Osterloh et al. 2013: 169-174). So zeigten Wasserstandsmessungen nach Abschluss der Eingriffe wieder über Flur stehende Wasserstände an. Mit einer kurzen zeitlichen Verzögerung gingen auch die Nitratwerte im Moorwasser zurück. Auf die reduzierte Nährstoffzufuhr schien auch die Vegetation zu reagieren. So konnte man bei Luftbildvergleichen einen Vitalitätsverlust der Fichten beobachten (vgl. ebd.). Die bisherigen Forschungsergebnisse am Blumentopfmoor deuten daraufhin, dass durch gezielte Wiedervernässungsmaßnahmen Stoffumsetzungsprozesse und Vegetationsveränderungen in stark gestörten Mooren umkehrbar sind (vgl. Bernsdorf et al. 2008: 49). Es bleibt jedoch abzuwarten, wie sich das ökologische Regime des Moores in der Zukunft weiter entwickelt. Trotz schon jetzt messbarer Effekte, können Renaturierungsmaßnahmen nur den Anstoß bzw. die Voraussetzungen für eine Revitalisierung liefern. Die tatsächliche Regeneration von einem gestörten Moor hin zu einem torfakkumulierenden Hochmoor mit Moosvegetation ist ein tausendjähriger Prozess, den letztendlich nur die Natur selber bewirken kann (vgl. Eigner 2003: 23-26).



Hier sind die schrittweisen Veränderungen nach der Wiedervernässung im westlichen Moorbereich dargestellt. Man erkennt eine (wenn auch zeitlich verzögerte) abnehmende Tendenz der Nitratwerte, mit der ein Vegetationswechsel einhergeht. Bleiben die Wasserstände konstant, sind in Zukunft beständig niedrige Nitratwerte sowie verstärktes Torfmooswachstum zu erwarten.

Abbildung 3.3 **Vegetations- und Stoffdynamik des wiedervernässten Blumentopfmoores**
Darstellung: Johannes Graaf (nach Osterloh 2012: 40-52; Rupp et al. 2011: 1-4)

Moorschutzprojekte wie im Blumentopfmoor sorgen in der Nationalparkverwaltung des Harzes für Optimismus, dass durch gezielte Eingriffe die Spuren und ökologischen Folgen der alten Moornutzung im Harz beseitigt werden können (vgl. Nationalparkverwaltung Harz 2011: 35). Jedoch fällt die Bilanz nicht durchweg positiv aus. So wurde in den letzten 20 Jahren trotz der intensiven Naturschutzbemühungen in 73 % der untersuchten niedersächsischen Harzmoore eine Zunahme von Fichten und in 23 % eine Zunahme an Moorbirken festgestellt. In Sachsen-Anhalt waren ähnliche Ergebnisse beobachtbar (vgl. Baumann 2009: 234-237). Wie kommt es zu einer Ausbreitung dieser Pflanzen, wo doch in den letzten 25 Jahren versucht wurde, durch Entwässerungsmaßnahmen die Stickstoffverfügbarkeit wieder zu verringern? Die Forschung zeigt sich bislang uneins. Eine Ursache könnte die globale Erwärmung sein, welche die Verdunstung erhöht und somit für niedrigere Wasserstände und höhere Sauerstoffzufuhr im Boden sorgt. Nachweise gibt es hierzu allerdings noch nicht. Auch ein geringerer Verbissdruck durch Wildbestandsregulierungen im Park könnte höhere Vitalitätsraten von Gehölzen hervorrufen (vgl. Baumann 2009: 235). Forschungen aus den Niederlanden und Skandinavien schließen die Entwicklung jedoch vielmehr auf zunehmende Eutrophierung durch atmosphärischen Nährstoffeintrag zurück. Insbesondere hohe Stickstoffemissionen aus der Luft sollen mit der Ausbreitung von Gehölzen in Verbindung stehen (vgl. z.B. Tomassen et al. 2004: 139-150). Zahlreiche Studien zeigen einen starken Anstieg der atmosphärischen Stickstoffdepositionen in Europa seit den 1950er Jahren (vgl. Pitcairn et al. 1995: 195). Hauptverursacher sind mineralische Düngemittel sowie der Kfz-Verkehr (vgl. Bobbink et al. 2010: 30). Der Harz weist als Stau- und Auftriebsgebiet nicht nur hohe Niederschlagswerte, sondern auch hohe Stickstoffemissionen auf. Dies zeigen auch Wolkenwasseruntersuchungen auf der Brockenkuppe (vgl. Möller et al. 1996: 117-133). Inwiefern also externe atmosphärische Stickstoffeinträge auf ein Moor wirken können, soll am dritten Exkursionspunkt dem Ilsemoor erläutert werden, wo zum ersten Mal der Stickstoffhaushalt eines Harzer Moores vollständig bilanziert wurde.

3.3 Exkursionspunkt 3: Ilsemoor

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 47' 25" N λ = 10° 38' 24" O h = 843-860 m ü. NHN	Das Ilsemoor befindet sich im Ilse-Quellgebiet östlich der Brockenkuppe nahe des Forstweges K 1356. Es liegt geschützt in einer kerbförmigen Hangrinne.

In den Jahren 2002 und 2003 wurden der Ein- und Austrag von Stickstoff sowie die Dynamik und Stoffumsetzungsprozesse innerhalb des Ilsemoores quantifiziert (vgl. Böhlmann 2004). Stickstoff wird in ein Hangmoor über verschiedene Wege eingetragen: durch Hangwasser, trockene Deposition (Partikel und Gase in der Luft), nasse Deposition (Nebel) und durch Niederschläge (vgl. ebd.: 19-22). Die Bestandsdeposition, d.h. der Stickstoffeintrag über vegetationsbedeckter Moorfläche,

ist deutlich höher als über der Freifläche. Bäume können nämlich mithilfe von Akzeptoren Gaspartikel wie Stickstoff herausfiltern. Insbesondere bei Nebel ist die Aufnahme erhöht, weil die Nebeltropfen lange mit den Blattoberflächen in Kontakt stehen. Die Höhe des Stickstoffeintrags wird also durch die Vegetation und durch die Witterungsverhältnisse beeinflusst, weshalb am Ilsemoor die Einträge getrennt erfasst wurden. Dabei ergaben die Messungen im hydrologischen Jahr 2002 bei einer Niederschlagsmenge von 2.016 mm Stickstoffeinträge von 7,7 kg $N \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ über dem Hangwasser, 31 kg $N \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ über der Freifläche und 53 kg $N \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ über dem Bestand. Im darauffolgenden Jahr betrugen bei einer Niederschlagsmenge von 1.373 mm die Hangwasser- und die Freiflächendeposition jeweils 9,6 kg $N \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ und die Bestandsdeposition 63 kg $N \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ (vgl. ebd.: 62-85). Die gemessenen Werte sind im Vergleich zu anderen Stickstoffeintragsraten in Europa überdurchschnittlich hoch. Dies ist teilweise methodisch bedingt. So beziehen sich in der Literatur die Gesamt-N-Depositionsraten in der Regel nur auf die Summe von Nitrat und Ammonium, während im Ilsemoor auch der organische Stickstoffeintrag mit erfasst wurde. Wenn man diesen aus der Rechnung ausklammert, ergibt sich beim Ilsemoor jedoch immer noch ein N-Eintrag von 11 kg $N \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$, der über dem üblichen maximalen Richtwert von 5-10 kg $N \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ liegt (vgl. Bobbink/Hettelingh 2010: 66). Trotz der hohen atmosphärischen Stickstoffeinträge wirkte das Ilsemoor in den Jahren 2002 und 2003 immer noch als Stickstoffsenke. Stickstoffmessungen des Moorwasserabflusses (16,8 kg $N \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ über Evapotranspiration und Oberflächenwasser) zeigten, dass das Ilsemoor im Jahr noch etwa 70 % des eingetragenen Stickstoffes zurückhielt.

Ob diese Retentionsfunktion bei anhaltend hohen N-Einträgen jedoch erhalten bleibt, ist ungewiss. Unklar ist insbesondere, wie die Torfmoose auf die atmosphärischen Stickstoffeinträge reagieren. (vgl. Bernsdorf et al. 2008: 50) Torfmoose können normalerweise die Nährstoffe aus dem Regenwasser herausfiltern und sogar überschüssigen Stickstoff in ihren Zellen lagern (vgl. Abbildung 3.4). Damit fangen sie die Stickstoffeinträge ab, bevor sie in die Rhizosphäre gelangen und tragen somit zur Retention des Stickstoffs im Moor bei. Diese Barriere bzw. Pufferfunktion ist allerdings begrenzt. Wenn die Stickstoffeinträge zu hoch sind, dann können die Moose die Nährstoffe nicht mehr filtern und der Stickstoff wird in der Rhizosphäre für Gefäßpflanzen verfügbar. Ähnlich wie bei erhöhten Stickstoffmineralisierungsprozessen im Inneren des Moorbodens, können also auch gestiegene atmosphärische Stickstoffeinträge zu einer Artenverschiebung innerhalb der Vegetation führen (vgl. Berendse et al. 2001). Dieser Effekt konnte mit In-vitro-Experimenten in einigen europäischen Mooren 2001 erstmals wissenschaftlich nachgewiesen werden. Dabei wurden in den Niederlanden, Schweden, Finnland und der Schweiz ca. 1 m breite Torfkerne über drei Vegetationsperioden mit zusätzlich gelöstem Stickstoff gedüngt. Sowohl Messungen des Trockengewichtes als auch des Bewuchses zeigten einen Rückgang der Torfmoose (vgl. Hejmans et al. 2001: 268-279).

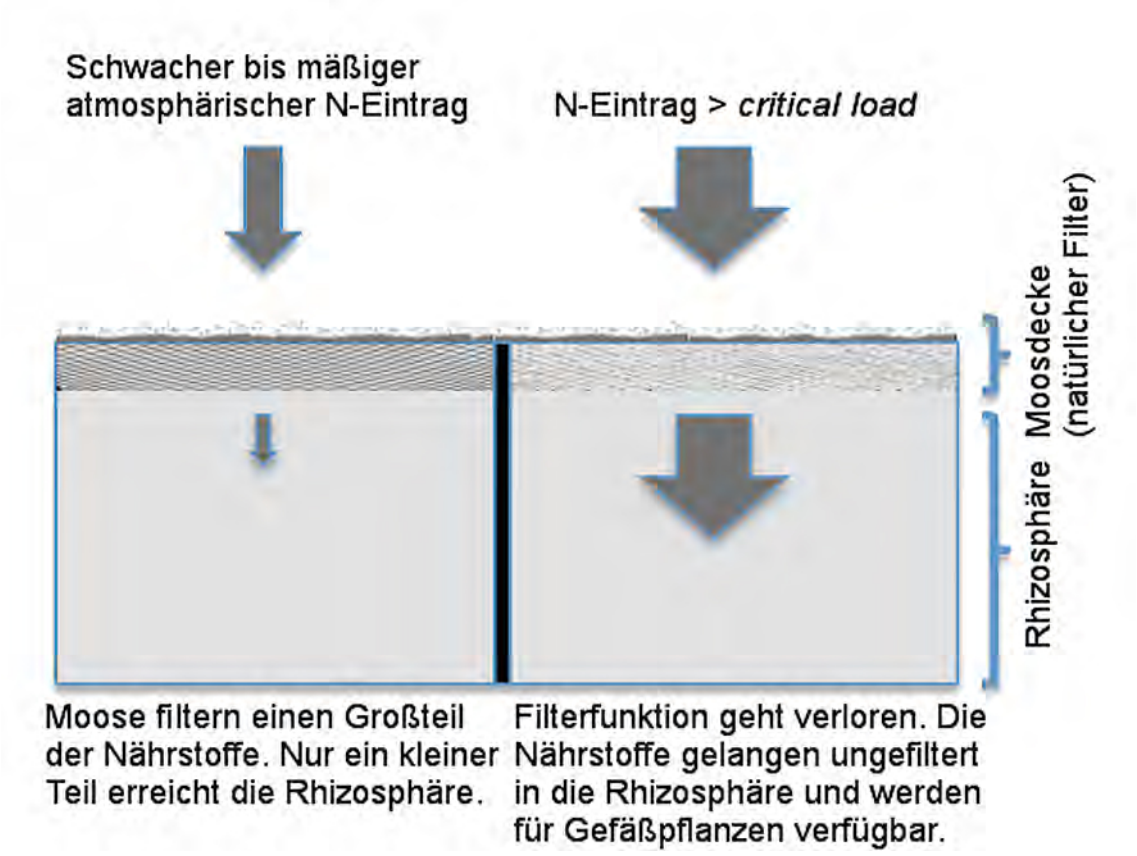


Abbildung 3.4 **Mögliches Szenario bei erhöhter N-Deposition**
Darstellung: Johannes Graaf (nach Böhlmann 2004)

Ab welcher Höhe Stickstoffeinträge sichtbar das Wachstum von Torfmoosen einschränken, ist in der Literatur umstritten. Unterschiedliche Faktoren, wie der Wasserstand sowie die Torfmoosart, beeinflussen den Effekt (vgl. Böhlmann 2004: 112). Untersuchungen zeigen außerdem eine gewisse Anpassungsfähigkeit der Torfmoose. In Finnland, wo die Stickstoffeinträge relativ niedrig sind, zeigten Untersuchungen an Torfböden schon bei geringen zusätzlichen N-Einträgen eine negative Reaktion der Torfmoose. In stärker stickstoffbelasteten, niederländischen Mooren schienen die Moose gegenüber zusätzlichem Stickstoff toleranter (vgl. Heijmans et al. 2001: 268-279). Ferner gilt es zu beachten, dass auch die Phosphorverfügbarkeit im Moorboden eine Rolle spielt. Düngeexperimente an Torfmonolithen aus dem Blumentopfmoor zeigten ein enges P/N-Verhältnis an. Dies könnte dafür sprechen, dass selbst bei steigenden atmosphärischen Stickstoffeinträgen der prognostizierte Gefäßpflanzenzuwachs durch fehlende Phosphorverfügbarkeit unterbunden werden würde (vgl. Bernsdorf 2013: 1-4).

Fazit

Die Exkursion hat zunächst gezeigt, dass Moore in einem ständigen Wechselverhältnis zu ihrer Umwelt stehen. Als permanent wassergesättigte Standorte reduzieren sie die Sauerstoffzufuhr in die Bodenschichten und somit die aerobe Mobilisierung von Kohlenstoff und Stickstoff durch Bakterien. Damit schaffen sie nicht nur einen besonderen Lebensraum für an saure und nährstoffarme Verhältnisse gebundene Tiere und Pflanzen im Harz, sondern wirken global als Kohlenstoff- und Stickstoffsenken. So vielfältig Moore jedoch auf ihre Natur wirken, so sensibel sind sie für unnatürliche Eingriffe von außen und so schnell kann ihre ökologische Funktion aus dem Gleichgewicht geraten, ob wie beim Radauer Born durch Torfabbau, beim Blumentopfmoor durch intensive Forstwirtschaft oder wie im Ilsemoor durch zunehmende atmosphärische Stickstoffemissionen. An allen drei Standorten führten die Eingriffe zu chemischen Dynamiken, welche wiederum Veränderungen im gesamten Ökosystem des Harzes nach sich ziehen können. Anstatt Kohlenstoff zu binden, besteht die Möglichkeit, dass die Moore den über Jahrhunderte im Torf gespeicherten Kohlenstoff in die Atmosphäre emittieren. Anstatt Stickstoff zu immobilisieren, kann Stickstoff für Pflanzen verfügbar werden. Hochspezialisierte Pflanzenarten verlieren dadurch ihren Lebensraum. Zu guter Letzt ist auch die Bedeutung der Hochmoore als Naturarchiv in Gefahr. All dies macht deutlich: Die Harzer Hochmoore übernehmen sowohl global als auch auf kleinräumiger Ebene für den Harz vielseitige ökologische Funktionen. Der Erhalt bzw. die Wiederherstellung dieser Funktionen spielt im Moorschutz des Harzes daher eine wichtige Rolle. Dass eine Regeneration von anthropogen beeinträchtigten Mooren möglich ist, haben Forschungen im Harz gezeigt. Beim nur kleinräumig beeinträchtigten Torfhausmoor überwucherte die Natur selbst mit der Zeit die alten Torfstiche und Gräben. Beim stärker entwässerten Blumentopfmoor konnte durch künstliche Stau- und Zuleitungsmaßnahmen der Moorhaushalt wieder reguliert werden. Inwieweit die erhöhten Stickstoffemissionen die Harzer Moore nachhaltig verändern können, ist noch nicht ausreichend wissenschaftlich untersucht. Es bleibt zu hoffen, dass sie nicht großflächig den Moorhaushalt aus dem Gleichgewicht bringen werden, damit die Harzer Moorlandschaft als Stoffsenke, ökologische Nische, Naturarchiv und touristisches Wanderziel erhalten bleibt.

Verwendete Hauptquellen

Baumann, Katrin (2009): *Entwicklung der Moorvegetation im Nationalpark Harz*. In: Nationalparkverwaltung Harz (Hrsg.): Schriftenreihe aus dem Nationalpark Harz, Nr. 4/2009, Wernigerode, ISSN: 2199-0182. S. 7-244

Böhlmann, Nadia (2004): *Wasser- und Stickstoffhaushalt eines soligenen Hangmoores im Hochharz am Beispiel des Ilsemoores*. In: UFZ-Bericht, Nr. 21/2004, Leipzig: UFZ Leipzig-Halle, ISSN: 0948-9452; auch: Dissertation, Martin-Luther-Universität Wittenberg. S. 1-252

Koppisch, D. (2001): *Stoffumsetzungsprozesse*. In: Succow, Michael/Joosten, Hans (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde, 2. Auflage, Stuttgart: Schweizerbart. S. 18-26

Osterloh, Katja (2012): *Erste Ergebnisse der Moorrenaturierung im 'Blumentopfmoor' (Holtemmequellgebiet)*. In: Nationalparkverwaltung Harz (Hrsg.): Zur Situation der Gewässer im Nationalpark Harz, Schriftenreihe aus dem Nationalpark Harz, Nr. 10/2012, Wernigerode: Selbstverlag, ISSN: 2199-0182. S. 40-55

Succow, Michael/Jeschke, Lebrecht (1986): *Moore in der Landschaft. Entstehung, Haushalt, Lebewelt, Verbreitung, Nutzung und Erhaltung der Moore*. Jena/Berlin: Harri Deutsch. S. 10-26

4 Das Oberharzer Wasserregal – Wasser und Bergbau

Yulia Suárez-Bergmann

„Alles ist aus dem Wasser entsprungen! Alles wird durch das Wasser erhalten!“
Johann Wolfgang von Goethe

So wie bereits Goethe es formulierte, weiß jedes kleine Kind, dass Wasser existenziell ist. Zwar ist damit meistens das Wasser als Trinkwasser und somit als Grundlage allen Lebens gemeint, doch auch die Oberharzer Bergmänner der frühen Neuzeit haben erkannt, welche Kraft das Wasser hat, und sich mittels seiner Nutzung eine finanzielle Lebensgrundlage geschaffen. Der Bergbau war zur damaligen Zeit der wichtigste Wirtschaftszweig des Oberharzes und nur durch Wasserkraft möglich. So wurde in dieser Region schon vor 400 Jahren eine Vielzahl von Anlagen, wie Gräben oder Teiche, installiert, die in ihrer Gesamtheit ein großes Wasserkraftwerk, das sogenannte „Oberharzer Wasserregal“ darstellen. Heute ist es Weltkulturerbe und nicht mehr in Betrieb. Dennoch kann man die verbliebenen Anlagen überall im Oberharz heute begutachten, da der einstige Urwald des Harzes so zur Kulturlandschaft umfunktioniert wurde. Im folgenden Kapitel ist die Begehung eben dieser Anlagen als Exkursion aufbereitet. Als hydrogeographisches Thema muss auch das „Wasserregal“ in einem physisch-geographischen Exkursionsführer des Harzers näher betrachtet werden.

Einführung ins Thema

Zunächst soll die historische Entwicklung für den Bau eines solchen Kraftwerkes hergeleitet werden. Dazu muss ein Überblick über die Bergbaugeschichte der Region gegeben werden.

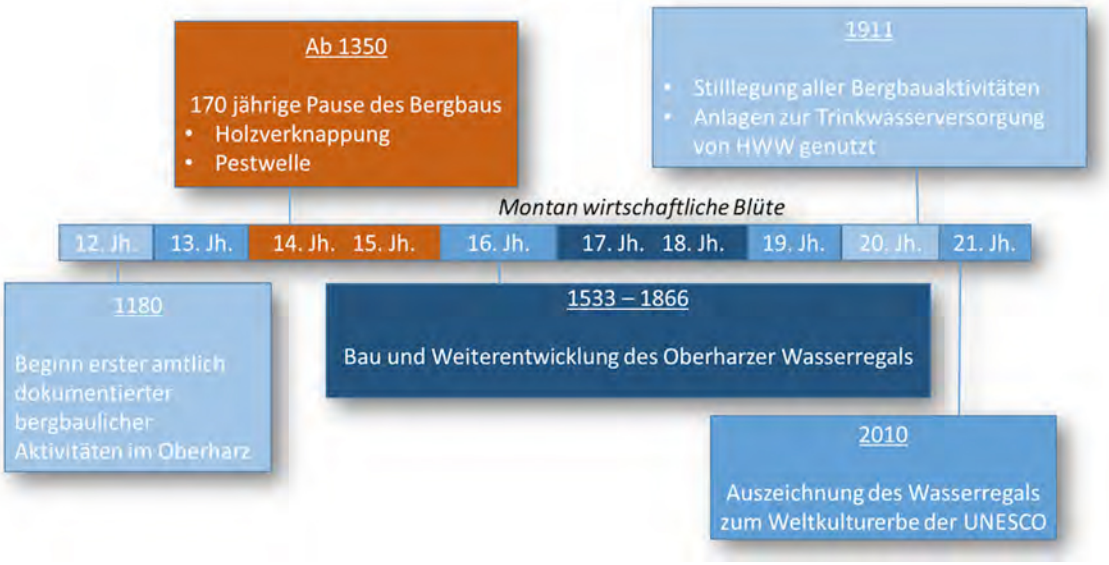


Abbildung 4.1 **Zeitstrahl zur Entwicklung des Bergbaus im Oberharz sowie die Entstehung und Nutzung des Oberharzer Wasserregals**
Darstellung: Yulia Suárez-Bergmann (Datengrundlage: Schmidt 2000: 12)

Dank großer Silber-, Blei- und Zinkvorkommen galt der Oberharz im 17. und 18. Jahrhundert als eines der größten Bergbau- und Industriegebiete Europas. Amtlich dokumentiert wurden die bergbaulichen Aktivitäten bereits im Jahr 1180. Zu diesem Zeitpunkt hatte man etwa 15 bis 20 Schächte aufgefahren. Im 14. Jahrhundert jedoch wurden sämtliche Aktivitäten eingestellt und es kam zu einer 170-jährigen Pause. Grund hierfür waren zum einen der Einzug der Pest, aber auch eine massive Holzverknappung schränkte den Bergbau ein. Die Bergleute nutzten das Holz zum Schachtausbau, als Holzkohle zur Erzschmelze, beim typischen Fachwerkbau der Wohnhäuser im Harz und zu vielen anderen Zwecken, sodass der Wald schlichtweg überfordert wurde. (vgl. Schmidt 2000: 11)

Als der Bergbau schließlich wiederaufgenommen wurde, war den Bergmännern bewusst, dass die Nutzung von Holz reduziert werden musste. Eine weitere, weitaus größere Hürde ergab sich aus dem einsickernden Grundwasser, welches die Gruben zulaufen ließ. Der Abbau der Erze in den Minen wurde dadurch äußerst erschwert bzw. war gar nicht erst möglich. Je tiefer die Gruben in den Berg führten, desto mehr Wasser sammelte sich an. Zunächst wurde das Wasser von Wasserknechten mithilfe von Ledereimern geschöpft und Übertage gebracht. Auf langen Leitern standen diese in Abständen von einem Meter untereinander und reichten sich die Schöpfgefäße bis zum Grubenausgang. Der Kostenaufwand sowie der Einsatz von so vielen Arbeitskräften war im regenreichen Ober- und Hochharz, wo ständig neues Regenwasser nachsickerte, unglaublich hoch. Insbesondere wenn man berücksichtigt, dass eine kontinuierliche Leistung der Wasserknechte notwendig war. Weder durfte einer in der Kette ausfallen, noch konnte es freie Tage geben. Bald wurde deutlich, dass neue, effizientere Techniken zum Entwässern entwickelt werden mussten. Mittels der Nutzung von Wasserkraft galt es nun, die Bergbauprodukte zu fördern. Die Leitparole der Bergmänner lautete „Wasser hebt Wasser“. Und man begann mit dem Ausbau eines riesigen Wasserkraftwerkes, dessen Gesamtheit an Anlagen heute als das *Oberharzer Wasserregal* zusammengefasst werden. Die Erbauung der Anlagen begann 1536 und endete 1866. Wobei dazu gesagt werden muss, dass das System in seinem Umfang nicht von vornherein geplant war. Je nach Bedarf wurden alte Anlagen stillgelegt oder es fand ein Ausbau statt, so wurden beispielsweise die Dammgräben der Teiche erhöht oder Gräben stillgelegt (vgl. Schmidt 2000: 10-13).

Der Name „Wasserregal“ bzw. „-Regal“ leitet sich aus dem Lateinischen ab, hierbei hat der damalige Regent über die Rechte zur Nutzung des Wassers verfügt und diese den Bergbau-Akteuren verliehen (vgl. Döring 2011: 137). Dadurch hatten diese die Nutzungsrechte für Bäche und Gräben inne, wodurch es zunächst zu einer Konkurrenz mit dem Flößereigewerbe kam, die sich später jedoch legte, da das Holz ohnehin für den Bergbau benötigt wurde. Sogar gegenüber der Trinkwassergewinnung hatte die Wassernutzung für den Bergbau Priorität. Dabei durfte dies nur so lange genutzt werden, wie es tatsächlich zum Abbau der Rohstoffe genutzt wurde. Mit der Erfindung und

Weiterentwicklung von Dampfmaschinen und Elektrizität ging die Nutzung der Wasserkraft immer mehr zurück. Letztlich betrieb die Preussag Gmbh bis 1991 einen Teil der Anlagen zur Erzeugung von elektrischer Energie. Danach gingen die Besitzrechte an die Harzwasserwerke (HWW) über (vgl. Schmidt 1991: 18-20).

Wie nun konkret das Wasser aufgefangen und schließlich mittels eigens dafür erbauter Einrichtungen zu den Bergwerken geführt wurde, wird im folgenden Abschnitt näher beschrieben. Zuvor veranschaulicht Abbildung 4.2 die Gesamtlänge und Lage der Gräben des Oberharzer Wasserregals.

Abbildung 4.2 **Gesamtlänge und Lage der Gräben des Oberharzer Wasserregals**
Darstellung: Yulia Suárez-Bergmann (Datengrundlage: Google Maps)

Wie bereits erwähnt, galt es, die Kraft des Wassers zu nutzen, um sich vom Wasser zu befreien. Im niederschlagsreichen Oberharz war das Wasser somit Fluch und Segen zugleich. Im Gegensatz zum Rammelsberg, wo man die Bodenschätze in einem Kompaktlager abbaute, befanden sich die Erze im Oberharz in einzelnen Gangzügen, sodass ein Gangerzbau betrieben wurde (vgl. Welke 2003: 305). Zunächst legten die Bergmänner möglichst kurze Wasserlösungsstollen an, welche nahezu horizontal verliefen. Sie dienten einerseits der Entwässerung der Gruben, da die Schächte miteinander verbunden wurden und das Wasser hierdurch ins Tal abfließen konnte. Andererseits gelangte durch die Abflusslöcher auch frische Atemluft in die Gruben. Der Bau dieser Stollen war äußerst beschwerlich und zog sich über Jahre hin. In zweierlei Hinsicht waren die Wasserlösungsstollen von großer Wichtigkeit. Zum Einen waren sie zum Abpumpen bzw. Abfließen des Grubenwassers von Nöten und zum Anderen konnte das aus den Gruben herangeführte Aufschlagwasser bei einem geringen Höhenverlust wiederverwendet werden. Den zweiten technisch bedeutenden Fortschritt machten die Bergleute durch das Einsetzen des Wasserrades. Nach der Devise „Wasser hebt

Wasser“ wurde das Wasser dank der Wasserräder in Kübeln mechanisch an die Erdoberfläche gebracht. Bald nutzte man die Wasserkraft auch für die Verrichtung sämtlicher anderer mechanischer Arbeiten. Nennen lässt sich hier zusätzlich zur Entwässerung der Personenverkehr und die Erzverarbeitung, welche den Antrieb von Pochwerken sowie das Gebläse an Schmelzhütten beinhaltet. Gerade für die Nutzung der Wasserräder war die ständige Zufuhr von Wasser notwendig. So wurde für jede Erzader ein eigenes Wasserver- und -entsorgungssystem angelegt, dass sich in fünf Abschnitte untergliedern lässt.

1.) Gräben

Der gesamte Oberharz ist von künstlich angelegten Gräben durchzogen, die Teil des Oberharzer Wasserregals sind. Sie dienten dem Transport des Wassers von den angelegten Teichen bis hin zum Wasserrad. Wichtig war es, das Wasser so lange wie möglich hoch zu halten, um die Kraft mehrfach nutzen zu können. So verlaufen die Gräben parallel der Höhenlinien mit einem leichten Gefälle. (Manchmal verläuft ein Graben hin und her am Hang.) Zur Dichtung der Gräben setzte man Rasensoden oder später auch Trockenmauerwerk ein. Aus heutiger Sicht wäre das Anlegen von Rohrleitungen sicher sinnvoller gewesen, allerdings existierten zu diesem Zeitpunkt noch keine stabilen Rohre mit einem ausreichend großen Durchmesser, um derartige Wassermassen zu transportieren. Die erste Rohrleitung wurde 1834 gebaut.

2.) (hölzerne) Rinnen („Gefluder“)

Vor allem in schwierigem Gelände erwies sich das Anlegen von Gräben als problematisch. Schließlich baute man Holzrinnen. Aufgrund des Holzmangels verzichtete man später jedoch darauf.

3.) Stollen („Wasserläufe“)

Mit der Zeit und den Erfahrungen, die die Bergleute machten, wurden die Anlagen auch stets optimiert. So legte man unterirdische Gräben bzw. Wasserläufe an, um im Winter ein Einfrieren des Wassers zu vermeiden. Auch zur Abkürzung der Grabentouren oder der Unterfahrung von Wasserscheiden wurden solche Stollen angelegt. Im Gelände sind lediglich die Mundlöcher sichtbar. Der Ausbau eines Wasserlaufs erwies sich jedoch als äußerst mühselige Arbeit. So konnten immer nur ein bis zwei Bergmänner zeitgleich darin arbeiten und in einer achtstündigen Schicht konnte man mit Hammer und Meißel nur einen Zentimeter weiter in den Berg vordringen. Die Nutzung von Sprengstoff (ab dem 17. Jh.) hat diese Arbeit deutlich vereinfacht.

4.) Teiche

Die künstlich angelegten Teiche im Oberharz hatten die Funktion von Speicherbecken, welche das hydrologische System ganzjährig mit Wasser versorgen sollten. Als besonders problematisch erwiesen sich trockene Monate sowie Frost. Denn wenn das Wasser ausblieb, konnten die Kraftwerke nicht betrieben werden. Die Teiche wurden teilweise kaskadenförmig untereinander angelegt und je nach Bedarf vergrößert. Beim Bau der Teiche war die Vorgehensweise stets dieselbe. Es wurden Dämme aufgeschüttet, sodass große Speicherbecken entstanden. Zur Dichtung der Dämme nutzte man ebenfalls Rasensoden. Mittels einer hölzernen Striegelanlage konnte das Wasser kontrolliert entnommen werden.

5.) Radstuben

Die Radstuben betrieben sowohl die über-, wie auch die untertägigen Wasserräder und waren somit die „Motoren“ der Kraftwerke. Die Kraftübertragung fand mittels sogenannter „Stangenkünste“ statt. Diese trieben Pumpsätze an, die sowohl das Wasser aus der Tiefe förderten als auch die schweren Erze hoben. Zum Entwässern der Gruben wurden auch Saugpumpen angetrieben. (vgl. Schmidt 2000: 14-18)

Kam es schließlich doch zu einem besonders kalten Winter oder zu einer besonders lang anhaltenden Trockenzeit, hatte das fatale Folgen für die Bergleute und ihre Familien. Der Bergbau musste, wenn kein Wasser zur Verfügung stand, schlichtweg stillgelegt werden. Damit es aber nicht so weit kommen musste, entwickelte man stets Methoden, durch die eine solch katastrophale Zeitspanne überbrückt werden konnte. Die Gräben wurden zunächst im Winter mit Fichtenreisig abgedeckt. Kleine Steinbögen über den Gräben erleichterten dies. Später entschied man sich, wie bereits erwähnt, bestimmte Grabenabschnitte unterirdisch verlaufen zu lassen. Es galt also immer das Wasser „warm“ zu halten. Aber auch Trockenzeiten führten zum Stillstand des Bergbaus. In diesen Zeiten wurde der Notstand ausgerufen. Die Bergleute bauten zusätzlich Speicherteiche und Sammelgräben, um sich in Zukunft vor solch einer Situation zu schützen. (vgl. Schmidt 1991: 11f.)

Betrachtet man den heutigen Stand der Anlagen, ist sichtbar, dass ein Großteil von ihnen gut erhalten ist, wobei sie bis zu 90 % von der Vegetation überdeckt sind. Sie werden, da sie unter Denkmalschutz stehen, auch gepflegt. Dennoch waren es einst deutlich mehr Anlagen, die Tabelle listet ihren Gesamtumfang ehemals wie heute auf:

Merkmal	ehemals	heute
Anzahl der Teiche:	120	66
Gesamtlänge der Gräben:	600 km	69,7 km
Gesamtlänge der Wasserläufe:	30 km	19,8 km

Abbildung 4.3 **Gesamtumfang der Anlagen**
Tabelle: Yulia Suárez-Bergmann (Datenquelle: Schmidt 2000: 14)

Verantwortlich für die Instandhaltung sowie die Nutzung der Anlagen sind heute in Niedersachsen die Harzwasserwerke. Bei der Erhaltung unterscheidet man in passiven und aktiven Schutz. Wird eine Anlage aktiv geschützt, soll sie weiterhin funktionstüchtig bleiben. Beim passiven Schutz hingegen muss nur der bestehende Zustand erhalten bleiben. Änderungen können nur mithilfe der Zustimmung der Denkmalbehörde vorgenommen werden. Die heutige Nutzung lässt sich in verschiedene Bereiche einteilen. Alle Anlagen sind Teil eines Kulturdenkmals und stehen unter Denkmalschutz. Seit 2010 wurde das Oberharzer Wasserregal sogar von der UNESCO zum Weltkulturerbe ernannt (vgl. Döring 2011: 135). Somit eignet sich der Komplex gut für eine touristische Nutzung. Unter dem Begriff *Freilichtmuseum* haben die Wasserwerke 22 sogenannte „WasserWanderWege“ entlang der Gräben und Seen einrichten lassen, auf denen mittels Hinweistafeln über das Wasserregal informiert wird. Zu beachten ist hierbei, dass weder ein einzelner Teich noch ein Wasserlauf den kulturellen Wert des Denkmals darstellt. Von Bedeutung sind vielmehr die Komplexität und der systematische Aufbau dieses großen Wasserkraftwerks, zumal die damaligen technischen Mittel noch sehr beschränkt waren. Des Weiteren sind die Teiche und Gräben auch beliebte Wander- und Badeziele.

Obwohl alle Gräben künstlich angelegt wurden, dienen sie zum Teil auch dem Arten- und Naturschutz. Ansonsten werden beispielsweise sechs der Teiche zur regionalen Trinkwasserversorgung genutzt und weitere 16 Teiche schützen direkt vor Hochwasser bzw. sollen alle Teiche Hochwasser reduzieren. (vgl. Schmidt 1991: 19)

Betrachtet wird in diesem Beitrag das Dammgrabensystem. Als Teilsystem des Wasserregals war es für die Wasserversorgung der Gruben zuständig und umfasst weitere Anlagen wie Gräben, Teiche und Wasserläufe. Einzelne Anlagen wurden als Exkursionspunkte gewählt, um anhand von Beispielen die Komplexität des Bauwerkes zu veranschaulichen.

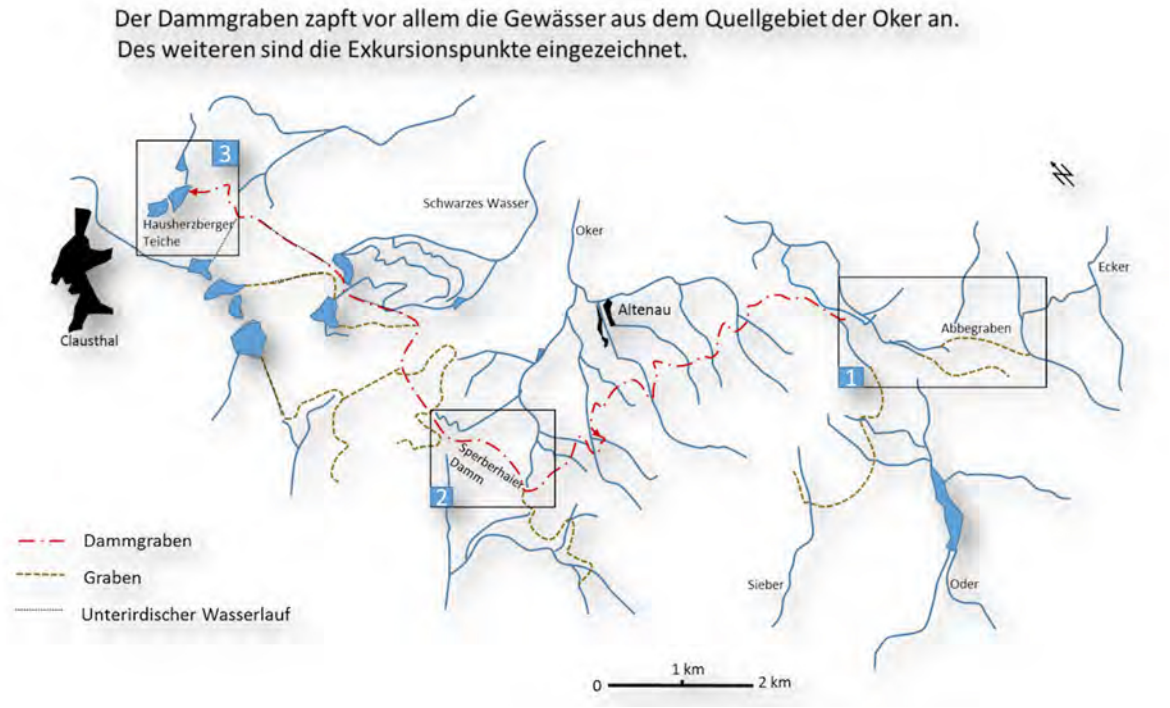


Abbildung 4.4 **Dammgrabensystem mit Exkursionspunkten**
Darstellung: Yulia Suárez-Bergmann (Quelle: Geographie heute 97/1992: 34)

Das Dammgrabensystem ist mit einer Gesamtlänge von etwa 15 km die größte und wasserreichste Wasserkraftanlage des Oberharzes und wird somit auch zurecht als „Lebensader“ des Wasserregals bezeichnet. Es beginnt westlich der Torfhaussiedlung an der Fassung der Blochschleife und mündet im Nordosten von Clausthal-Zellerfeld unter dem Wasserspiegel durch das Ausgangsmundloch des Mönchstaler Wasserlaufs in den Oberen Hausherzberger Teich. Es umfasst eine Vielzahl von weiteren kleineren Gräben und Wasserläufen, sodass das gesamte System einer Länge von 47 km entspricht. Der Bau des Grabens begann 1732, nachdem es etwa 80 Jahre zuvor zu einem Wasserversorgungsproblem aufgrund einer großen Trockenheit kam (vgl. Schmidt 2000: 69). Den Bergleuten wurde klar, dass mehr Wasser nötig war, um die Kraftanlage *Wilhelm II.* in Clausthal-Zellerfeld zu betreiben. Das Ziel war die Anzapfung des Brockenfeldes und des Bruchberges, einer niederschlagsreichen Region weiter östlich. Zunächst wurden kleine Flussläufe und Bäche angezapft, bis man 1827 schließlich das angestrebte Gebiet erreichte und Wasser aus den Quellgebieten von Radau und Ecker gesammelt wurde. Im Osten und Südosten wurde mittels des Flörichshaier Grabens und des Clausthaler Flutgrabens das Wasser aus den Einzugsgebieten der Oder und Sieber abgefangen und dem Dammgraben zugeführt. An der Südwestseite konnten dank des Morgenbrodstaler Grabens zahlreiche Quellbäche des Sösegebiets angezapft und somit für das System genutzt werden. Der östlichste Zipfel des Dammgrabensystems war der Abbegraben. Dieser zapfte die Abbe und somit auch das Brockenfeld an. (vgl. Ließmann 2010: 200-203)

Die drei Exkursionspunkte sind alle Teil des Dammgrabensystems. Sie lassen sich von Osten nach Westen, dem Wasserlauf folgend, erschließen. Beginnend mit dem ersten Exkursionspunkt soll der Abbegraben exemplarisch für den Bau aller Gräben später näher betrachtet werden. Folgt man dem Lauf des Dammgrabens Richtung Clausthal-Zellerfeld, gelangt man zu einer Einmuldung zwischen dem niederschlagsreichen Hochharz und der Clausthaler Ebene am Sperberhai. An dieser Stelle musste das Wasser einen tiefer liegenden Geländeabschnitt überqueren ohne dabei an Höhe zu verlieren. Durch das Aufschütten des Sperberhaier Dammes, eines 953 m langen Aquäduktes, gelang den Bergleuten dieses Vorhaben. Als Kernstück der Dammgräben bildet der Sperberhaier Damm somit den zweiten Exkursionspunkt. Bei Clausthal-Zellerfeld mündet der Graben schließlich in den Oberen Hausherzberger Teich, dem dritten Exkursionspunkt des Beitrags.

Element des Dammgrabensystems	**Höhenangabe**
Ableitung Blochschleifer (Oker)	632 m ü. NHN
Ableitung Abbegraben (Ecker)	806 m ü. NHN
Ableitung Clausthaler Flutgraben (Sieber und Oder)	822 m ü. NHN
Ableitung Nabetaler Graben	670 m ü. NHN
Wiege des Dammgrabens	629 m ü. NHN
Sperberhaier Damm	573 m ü. NHN
Oberer Hausherzberger Teich	596 m ü. NHN

Abbildung 4.5 **Höhenübersicht zum Dammgrabensystem**
Tabelle: Yulia Suárez-Bergmann (Datenquelle: Schmidt 2000: 77)

Die Höhenübersicht des Dammgrabensystems zeigt nochmals auf, dass der Höhenunterschied der Wassergräben relativ gering ist, sodass es seine potenzielle Energie bis zu seiner Nutzung durch die Wasserräder größtenteils beibehält.

4.1 Exkursionspunkt 1: Abbegraben

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 47' 47" N λ = 10° 33' 21" O h = 814 m ü. NHN	Der Abbegraben befindet sich 0,5 km südlich von Torfhaus und verläuft parallel zum Wanderweg (Goetheweg) bis zum Westhang des Brockens.

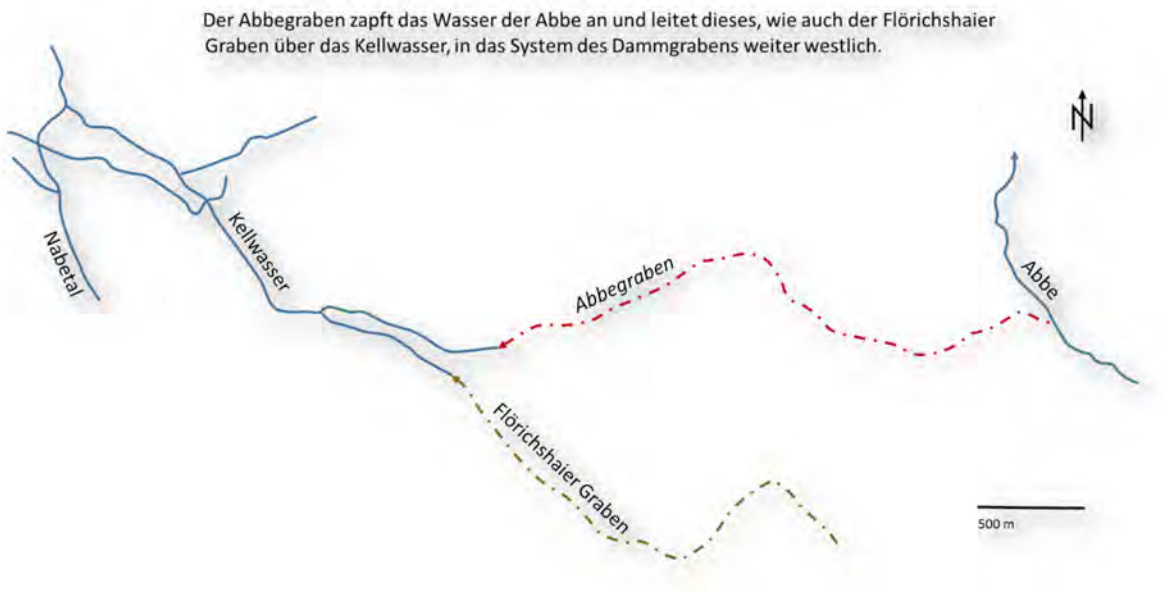


Abbildung 4.6 **Abbegraben**
Darstellung: Yulia Suárez-Bergmann (Datenquelle: Google Maps)

Der Abbegraben ist der östlichste Zipfel des Dammgrabensystems. Über eine Strecke von etwa 1,6 km leitet er das Wasser der Abbe, einem Nebenbach der Ecker, über das Kellwasser und speist dadurch den Dammgraben. Somit konnte auch das Wasser des Brockenfeldes, welches eine jährliche Niederschlagsmenge von 1.640 mm aufweist, in das Wasserwirtschaftssystem des Bergbaus geführt werden. Aufgrund seiner unmittelbaren Nähe zum Torfmoor des Brockenfeldes war der Abbegraben stets ein großes, natürliches Wasserreservoir. Das Moor war in der Lage, viel Wasser zu speichern und es schließlich über einen langen Zeitraum langsam abzugeben, sodass selbst in einer Trockenperiode der Graben nicht trocken fiel (vgl. Klose 2013: 167). Aus dem Huminsäuregehalt des Moores resultiert auch die bräunliche Verfärbung des Wassers. Zum Schutz des Moores gilt heutzutage ein Wege-Gebot entlang eines Grabenabschnitts, da dieser durch den Nationalpark fließt. Des Weiteren ist der Abbegraben einer der touristisch erschlossenen Wasserwanderwege, sodass hier Hinweistafeln des Freilichtmuseums vorzufinden sind. Zu jedem Graben des Oberharzer Wasserregals gehörten eine Vielzahl kleinerer Anlagen, die zum Teil bis heute erhalten sind. Pegel-

anlagen registrieren mittels einer Schreibvorrichtung den Wasserstand und die Wassermenge. In Zeiten des Bergbaus führte der Abbegraben rund eine Million m³ Wasser im Jahr und hatte ein Wasserführungsvermögen von 160 l/s. Heute wird mit 63 l/s weniger als die Hälfte des Wassers geführt (vgl. Welke 2012: 110). Die Gräben mussten stets gepflegt und instandgesetzt werden. Eigens dafür gab es den Beruf des Grabenwärters, der für die Pflege verantwortlich war und regelmäßig Kontrollgänge machte. Ein stark verschmutzter Graben verlor an Leistungs- bzw. Wasserführungsvermögen, sodass Absetzbecken eingerichtet wurden. Diese mussten in bestimmten Zeitabständen geleert und gesäubert werden, denn hier sammelten sich Schmutz, Schotter und Sand an, welche vor allem bei Starkregen in die Abbe und ihre querenden Rinnsale gespült wurden. Zusätzlich konnte eine starke Verschmutzung zum Einsturz des Grabenmauerwerks führen. Der Abbegraben wurde mit Granit ausgekleidet, welcher vor Ort abgebaut wurde. Meistens befanden sich in unmittelbarer Nähe der Gräben kleinere Steinbrüche, da die Materialien aufgrund der schlechten damaligen Verkehrsverhältnisse zum größten Teil vor Ort gewonnen wurden. Weitere Teile sind mit Trockenmauerwerk ausgekleidet. Eine hölzerne Abdeckung an den Seiten schützte den Graben vor Schnee. Heute sichtbar sind zudem die senkrecht einmündenden Stichgräben, die längs des Wasserlaufs einerseits zur Entwässerung bei zu viel Wasser und andererseits zur Wachstumsförderung des Fichtenbestands angelegt wurden. Der Bau der Gräben war damals eine besondere technische Herausforderung, wenn man berücksichtigt, dass die Bergleute keine modernen Messgeräte hatten. Um eine ebene Grabensohle zu erhalten, steckte der Markscheider, der überwiegend für Vermessungsaufgaben Untertage verantwortlich war, den Graben zunächst mit Pflöcken ab. Mit der Unterstützung von zwei Gehilfen, die ein langes Seil spannten, wurde in der Seilmitte ein halbkreisförmiger Winkelmesser mit einem Lot befestigt. So wurde Pflock für Pflock entgegen der Fließrichtung abgesteckt, sodass eine gleichmäßig ansteigende Grabensohle entstand. Dies war äußerst wichtig, damit das Wasser die Gräben gleichmäßig durchfloss. Anschließend wurden die Gräben mit Keilhaue und Schaufel ausgehoben und zum Teil mit Rasensoden abgedichtet. (vgl. Schmidt 2000: 23)

Der Bau des Abbegrabens erwies sich aus dem Grund als schwierig, dass der schwach geneigte Hang, auf dem der Graben angelegt wurde, mit Granitblöcken übersät war. Auch hier hatte der Markscheider die Aufgabe, den Graben abzustecken und ein gleichmäßiges Gefälle zu erzeugen. Wie bereits erwähnt, führt der Graben heute deutlich weniger Wasser als zur Zeit der montanen Blüte im Oberharz. Obwohl die Gräben im Rahmen des Denkmalschutzes noch gepflegt werden, gibt es Störungen in der Grabensohle, sodass das Gefälle nicht mehr konstant ist. Sowohl die Grabenprofile wie auch die Grabenwände sind aufgrund von Wurzelwerk in schlechtem Zustand. (vgl. Welke 2012: 110)

4.2 Exkursionspunkt 2: Sperberhaier Damm

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 46' 59" N λ = 10° 25' 00" O h = 562 m ü. NHN	Der Sperberhaier Damm ist etwa 6 km südöstlich von Clausthal-Zellerfeld errichtet worden. Erreichbar ist dieser direkt über die Bundesstraße B 242.

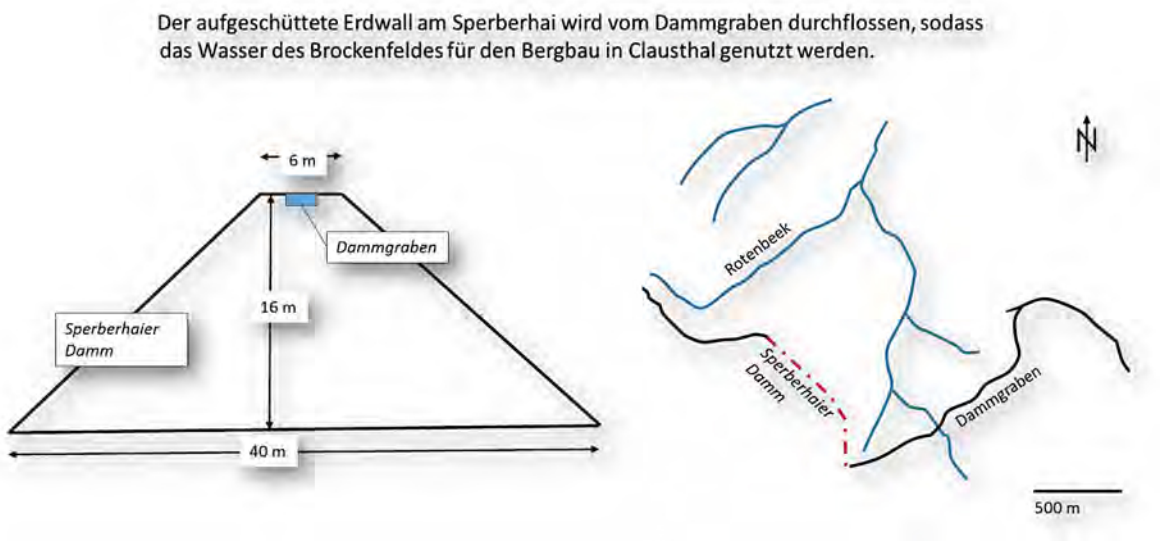


Abbildung 4.7 **Sperberhaier Damm**
Darstellung: Yulia Suárez-Bergmann (Quellen: Klose 2013, Google Maps)

Das Kernstück des Dammgrabensystems bildet der Sperberhaier Damm. Erst mit dem Bau dieses Grabenabschnitts war es möglich, die Bergwerke um Clausthal-Zellerfeld mit dem Wasser aus dem Osten zu versorgen. Die Idee des Dammbaus kam erstmals 1673 nach wiederkehrenden Trockenperioden auf. Es schien die einfachste Lösung, das Wasser aus dem regenreichen östlichen Oberharz heranzuführen. Problematisch war hierbei jedoch die Zellerfelder Senke. Die Wasserscheide des Einzugsgebietes der Oker und der Söse liegt so tief, dass es dieses Gelände zu überbrücken galt. Hierfür war der Bau eines Dammes notwendig. Es entstanden Pläne für einen rund 2 km langen und 24 m hohen Damm, um die Senke am Sperberhai zu überwinden. Aufgrund der hohen Kosten, die auf 90.000 Gulden geschätzt wurden, verwarf man die Idee. Zusätzlich wurden Unmengen von Schuttmaterial für den Bau eines solchen Dammes benötigt. Mit der gleichen Menge konnte man 30 bis 60 Teichdämme aufschütten. (vgl. Schmidt 1991: 16f.)

Im Jahr 1714 stießen die Bergleute jedoch auf vielversprechende Erzadern in den Gruben *Dorothea* und *Carolina* bei Clausthal-Zellerfeld. Um die Erzfunde hier zu fördern, musste mehr Wasser hergeleitet werden, da die Erzförderung ansonsten hätte eingestellt werden müssen. Und wieder stan-

den die Bergleute vor dem Problem der Einmuldung am Sperberhai. Einzig sinnvoll war hier der Bau eines Aquädukts. Nicht etwa eine Wasserleitung aus Stein, wie die Römer sie erbauten, sondern das Aufschütten eines Dammes, welchen der Dammgraben durchfließen sollte, war hier die Lösung. Zunächst wurde diskutiert, welche Baumaterialien verwendet werden sollten. Aufgrund der Witterungsverhältnisse im Oberharz, sah man von der Verlegung einer Eisenrohrleitung oder dem Bau einer Holzbrücke ab. Im Jahr 1733 wurde schließlich mit dem Bau des Dammes begonnen. Die Bauzeit umfasste 2,5 Bausommer und beschäftigte bis zu 600 Arbeiter. Die Bergmänner wurden sogar von der Arbeit in den Gruben freigestellt, damit der Bau des Dammes schneller voranging. Das Resultat war ein 953 m langer und 16 m hoher Damm, wobei die Basis 40 m und die Krone 6 m breit ist. Obenauf ist ein Zementgraben ausgehoben, der Dammgraben, der ein Fassungsvermögen von 10 Rad bzw. 50 m³ pro Minute hat. (vgl. Klose 2013: 169)

Gerade die Planung dieses Dammes war eine Meisterleistung der Markscheider. Ohne technische Hilfsmittel gelangen hier Vermessungen, auf deren Grundlage die Grabensohlen der bereits vorhandenen Gräben auf der Clausthaler und der Altenauer Seite angepasst wurden. Auch für die Bauarbeiten gab es zu diesem Zeitpunkt noch keine ausgeklügelte Technik. So schütteten die Bergleute allein mit Hilfe von Schubkarren, Hacken und Schaufeln etwa 180.000 m³ Erde und Steine auf. Das Material für den Bau des Dammes trugen sie links und rechts im Gelände ab. Bis heute sind die Steinbrüche in unmittelbarer Nähe noch zu sehen. (vgl. Schmidt 2000: 29)

Wie alle Anlagen des Oberharzer Wasserregals führt auch der Dammgraben auf dem Sperberhaier Damm deutlich weniger Wasser als zur Hochzeit des Bergbaus. Auf dem Damm ist ein Wanderweg eingerichtet. Der Grabenwärter muss auch hier stets zusehen, dass der Graben nicht verstopft, damit es nicht wie 1974 zu einem Grabenbruch kommt. Aufgrund der zu großen Schnee- und Eismassen verstopfte der Graben, sodass der Damm brach. (vgl. Böttcher 1997: 112f.)

Folgt man dem Dammgraben weiterhin Richtung Westen, sind große Abschnitte nicht sichtbar, da sie im Zuge des Winterschutzes unterirdisch verlaufen. Im Laufe der Zeit wurde der Dammgraben stets optimiert und den Bedürfnissen angepasst. So wurde er im 19. Jahrhundert westlich des Sperberhais mittels des Ausbaus von Wasserläufen auf eine Strecke von 5,5 km verkürzt (vgl. Welke 2012: 134). Während der Graben zuvor höhenlinienparallel natürliche Erhebungen umfahren musste, konnte das Wasser durch Rotenberger, Coventshaier, Dietrichsberger, Bielenwieser und letztlich dem Mönchstaler Wasserlauf über 3,2 km unterirdisch geführt werden (vgl. ebd.: 100). Dies hatte zwar zur Folge, dass die zuvor angelegten Flächen nicht mehr entwässert wurden, doch waren die aus dem Osten herangeführten Wassermassen groß genug, um dies zu kompensieren. Bereits zu Zeiten des Bergbaus sind somit einige Gräben trocken gefallen. Sie werden als „alter Dammgra-

ben“ bezeichnet. Der letzte Wasserlauf, also der Mönchstaler Wasserlauf mündet schließlich in den Oberen Hausherzberger Teich. Hier endet der Dammgraben.

4.3 Exkursionspunkt 3: Oberer Hausherzberger Teich

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 48' 40" N λ = 10° 21' 27" O h = 590 m ü. NHN	Der Obere Hausherzberger Teich ist Teil der Clausthaler Teiche und am nördlichen Stadtrand von Clausthal-Zellerfeld gelegen.

Der Obere Hausherzberger Teich ist schließlich der dritte und letzte Exkursionspunkt. In der Regel galt beim Anlegen der Bergbauteiche, diese kaskadenförmig untereinander zu reihen. So befindet sich unmittelbar am Fuße des Oberen Hausherzberger Teiches der Untere Hausherzberger Teich. Begründet war dies durch die ungenauen Prognosen bezüglich der Erzfunde. Stießen die Bergleute nun auf eine Erzader, die größer als erwartet war, wurde auch mehr Wasser zum Antreiben der Kraftwerke und Entwässern der Gruben benötigt. Die Wasserreservoire bildeten dabei die Teiche. So wurde entweder der Damm eines Teiches erhöht und somit das Wasserfassungsvolumen vergrößert oder es wurden weitere Teiche mit direktem Zufluss in unmittelbarer Nähe angelegt. Aufgrund des überdurchschnittlich hohen Jahresniederschlags, der im Westharz rund 1.370 mm im Jahr beträgt, was in etwa 173 Regentagen entspricht, wie auch wegen des günstigen Geländes, fingen die Bergleute das Wasser in Sammelbecken auf. Da der Wasserabfluss durch die Gebirgsbäche rasch vonstattenging, konnte das Wasser nach Bedarf für den Betrieb der Kraftwerke in den Gruben genutzt und gespeichert werden. Von 1540 bis 1810 wurden allein für den Bergbau über 115 künstliche Teiche im Oberharz gebaut. Diese, wie auch der Bau weiterer Teiche anderer Bestimmung haben die heutige Kulturlandschaft des Oberharzes geprägt. Neben den Bergbauteichen sind auch Teiche für Mühlen, für die Fischerei, zu Feuerlöschzwecken und auch viele kleinere „Drecksümpfe“, die bereits erwähnten Ausgleichsbecken entlang der Gräben, die deren Leistungsfähigkeit gewährleisteten, vorzufinden. (vgl. Klose 2013: 165f.)

In ihrem Aufbau gleichen sich alle Bergbauteiche. Stets wurde ein Erddamm aufgeschüttet, sodass der Teich durch die Dammkrone und die Seitendossierung begrenzt wurde. Beim Bau der Dämme gab es zwei verschiedene Bauweisen, wobei sich die ab 1715 eingeführte „neue Bauart“ bewährte und somit ihren Vorgänger ablöste. Das Material für die Erddämme wurde aus den zukünftigen Staubecken gewonnen. Dabei wurde auf der Wasserseite des Dammes ein Rasenhaupt errichtet. Mit Hilfe von Rasensoden und Dammerde stellten die Bergmänner eine ziegelmauerartige Wand her, welche es sorgfältig zu verdichten galt. Auf der anderen Seite hingegen wurde Geröll aufge-

schüttet. Zur kontrollierten Wasserentnahme wurden hölzerne Striegelgerüste in den Teichen aufgestellt, welche über einen Steg vom Damm aus zugänglich waren. Mithilfe der Striegelgerüste wurde der Abfluss des Wassers gesteuert, da von hier aus das unterirdisch verlaufende Striegelgerenne geöffnet und geschlossen wurde. (vgl. Schmidt 1988: 9-18) Bei dieser Art der Teichanlage war das Rasenhaupt jedoch ungeschützt, sodass die Dämme unter Wellenschlag, Frost und Mäuselöchern litten und es wiederholt zu Dammbrüchen kam. Auch musste im Winter ständig das Striegelgerüst vom Frost befreit werden. Denn fror das Gerüst oder gar der ganze Teich ein, konnte kein Wasser mehr den Kraftwerken zugeführt werden, und es kam zum Notstand in den Gruben. Der Bergbau stand still. So entwickelte man die besagte „neue Bauweise“ der Teiche. Hierbei befanden sich sowohl Rasenhaupt als auch Striegelschacht in der Mitte des Dammes, wodurch sie besser geschützt waren. Der einzige Nachteil bestand darin, dass deutlich mehr Dammerde aufgebracht werden musste, um das Rasenhaupt beiderseits zu schützen. Dennoch wurde von 1715 an stets die neue Bauart vorgezogen. (vgl. ebd.: 46-49)

Im Oberen Hausherzberger Teich lässt sich heute noch solch ein altes, im Teich stehendes Striegelgerüst besichtigen. Mit einem Wasserfassungsvermögen von 183.000 m³ war er für die Versorgung des Kraftwerkes *Wilhelm II.* mitverantwortlich. Der Damm hat heute eine Höhe von 7,2 m und eine Länge von 215 m. Im Laufe der Bergbaugeschichte wurde er zwischenzeitlich mehrmals erhöht. Der Besucher findet ein Waldseebad an der nördlichen Seite vor.

An dieser Stelle endet die hydrogeographische Exkursion. Wie bereits anfangs erwähnt, sollen die einzelnen Exkursionspunkte nur exemplarisch für die Anlagen des Oberharzer Wasserregals beschrieben werden. Denn kein Graben, kein Teich und kein einzelner Damm haben das Wasserregal zum Weltkulturerbe gemacht. Es ist das gesamte System, welches mit einer unglaublichen Präzision, ohne die Hilfe technischer Messgeräte oder Werkzeuge im Oberharzer Mittelalter geschaffen wurde. Deshalb kann gesagt werden, dass dieses System zurecht ein Weltkulturerbe ist und unter Denkmalschutz gestellt wurde. Auf der anderen Seite jedoch äußern sich immer wieder kritische Stimmen, die eine Nutzung zur Energiegewinnung mithilfe des Kraftwerkes fordern. „*Die tatsächliche Funktionstüchtigkeit des noch vor wenigen Jahrzehnten nahezu vollständig intakten Systems wurde zugunsten einer rein optischen Präsenz aufgegeben. Dabei bleibt das noch heute dem System innewohnende Potential der Energiegewinnung weitgehend unberücksichtigt.*“ (Welke 2003: 310) Da die Anlagen bereits vorhanden sind, könnte sich das Wasserregal durch die Erlöse der Elektrizitätserzeugung selbst finanzieren und wäre nicht wie andere Denkmäler von Geldern und Spenden abhängig. Gerade in der heutigen Zeit, wo ein Umdenken hin zur regenerativen Energieerzeugung stattfindet, sollte das Potenzial dieser enormen Anlage genutzt werden. (vgl. ebd.: 310f.)

Verwendete Hauptquellen

Ließmann, Wilfried (2010): *Historischer Bergbau im Harz*. *Kurzführer*. 3. Auflage, Berlin: Springer

Schmidt, Martin (1988): *Die Oberharzer Bergbauteiche. Sonderdruck*. Stuttgart: Konrad Wittwer

Schmidt, Martin (1991): *Das Kulturdenkmal Oberharzer Wasserregal – Eines der größten Zeugnisse des europäischen Bergbaus vor unserer Tür*. Hildesheim: Harzwasserwerke

Schmidt, Martin (2000): *WasserWanderWege. Ein Führer durch das Freilichtmuseum Kulturdenkmal Oberharzer Wasserregal*. Unter Mitarbeit von Helmut Kessler. Clausthal-Zellerfeld: Piepersche Druckerei und Verlag

Welke, Peter (2003): *Die Wasserwirtschaft des Oberharzer Erzbergbaus – Ihre Entwicklung und Möglichkeiten der zukünftigen Nutzung*. In: Siedlungsforschung. Archäologie – Geschichte – Geographie, Jg. 21, Bonn: Selbstverlag Arkum, ISSN: 0175-0046. S. 303-312

Teil II
Exkursionen im Mittelharz

5 Talgenese der Bode im Harz

Daniel Bartnik

„*Ströme rauschen herab dir in das finstre Tal,*
Brechen zwischen den Lasten sich
Welche spielende Flut von dem Gebürge riß
Und des eilenden Sturmes Grimm.
Oft umringen dich auch Blitz und des Donners Hall,
Schrecken unten das tiefre Tal
Doch mit heiterer Stirn lachst du des Ungestüms,
Träufst nur fruchtbare Flut herab“

So schrieb der deutsche Schriftsteller und Lyriker *Novalis* Ende des 18. Jahrhunderts über die gewaltige Kraft der im Harz fließenden Flüsse. Man erkennt die Vielseitigkeit, Schönheit und zugleich Bedrohlichkeit, die von vielen der Fließgewässer im Harz ausgeht. Einer der größten Flüsse des Harzes ist die Bode. Über die Jahrmillionen hinweg schnitt sie sich in das Gestein und schuf beeindruckende Vollformen, Täler und Lebensräume. Sie ermöglicht jedoch nicht nur viele schöne Anblicke entlang des Bodetals, sondern dient aufgrund der Menge an getragenem Wasser auch vielerorts als Stromerzeuger und Trinkwasserspender. Somit ist die Bode sowohl ökologisch als auch ökonomisch enorm wichtig für den Mittelharzraum. Aufgrund ihrer äußerst interessanten Begehungspunkte im Mittelharz verdient die Talgenese der Bode daher auch einen Beitrag in diesem Exkursionsführer. Fluviale Abtragungs- und Akkumulationsformen in einem Gebirge zu verstehen und die Flussgeschichte nachvollziehen zu können, macht die folgenden Exkursionspunkte sogar erst recht zu einem einmaligen Erlebnis. Man kommt bei einem Besuch im Harz, meiner Meinung nach, um die von der Bode geprägten und beeinflussten Gebiete einfach nicht herum.

Einführung ins Thema

Der Harz ist ein sehr wasserreiches Gebiet mit unzähligen Bächen und Flüssen. Mit einer Gesamtlänge von rund 169 Kilometern gehört die Bode zu den größten Flüssen, die dem Harz entspringen (vgl. Abbildung 5.1). Auf ihrem Weg über die Stufen der Rumpfflächentreppe (nach Nicke 1995) hinweg, kommt es im Einzugsgebiet von ca. 800 km² zu zahlreichen Zuflüssen anderer Gewässer. Aus dem Hochharz kommend durchquert die Bode zunächst den Mittelharz. Nach weiterem Verlauf durch das Blankenburger Harzvorland fließt sie schließlich durch das nordöstliche Harzvorland und mündet zuletzt bei Nienburg in die Saale. Am Ende wird dabei aus einem kleinen Gebirgsbach ein mittelgroßer Fluss.

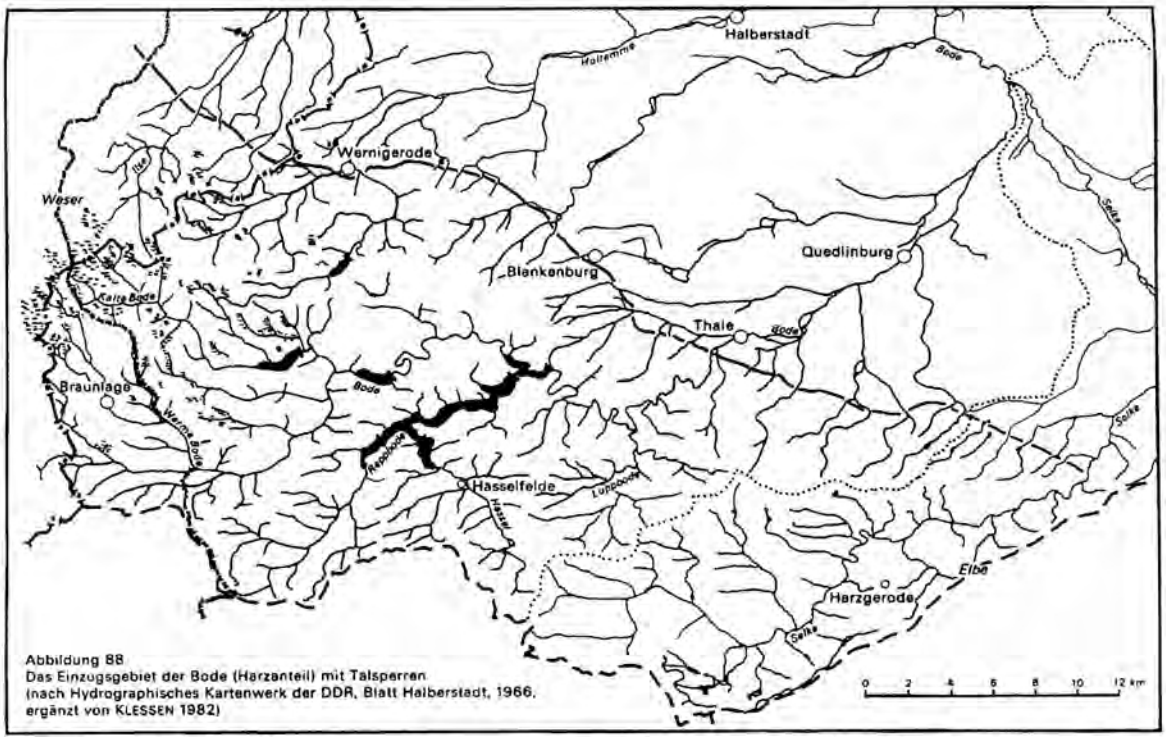


Abbildung 5.1 **Das Einzugsgebiet der Bode**
Quelle: Kleßen 1982

Ich werde mich in meiner Arbeit zur Talgenese der Bode hauptsächlich auf die im Quartär gebildeten Formen konzentrieren. Denn die Problematik, von der Bode geprägte, fossile Reliefformen auszumachen, liegt in zahlreichen endogenen wie auch exogenen Prozessen seit dem Paläozoikum begründet. Um jedoch zu verstehen, warum der Harz heute so aussieht, wie er aussieht, muss man zunächst einmal die Entwicklung des Harzes zum Mitteleuropäischen Gebirge betrachten. Die Wurzeln des Harzes, wie auch die vieler anderer Mittelgebirge, liegen in der Variskischen Orogenese. Zur Zeit des Devons lagerten sich unter dem Meer mächtige tonig-sandige Sedimente ab, die in Falten gelegt und gehoben wurden. Bis zum Ende des Paläozoikums wurde dieses Gebirge dann wieder abgetragen und es lagerten sich Schichten aus Zechstein und der Trias ab. Später, während der Jura und Kreidezeit, kam es erneut zu einem Hebungsimpuls, bei dem sich die Harzbruchscholle auf das nördliche Vorland aufschob und eine seiger liegende Aufrichtungszone entstehen ließ (vgl. Wagenbreth/Steiner 1990). Während des Tertiärs, zur Zeit der saxonischen Orogenese, in der das heutige Mitteleuropa von den Rand- in die Subtropen driftete, unterlag das Tafeldeckgebirge über der Harzscholle flächenhaften vollständigen Abtragungsprozessen. Zuletzt wurde es dann im Oligozän, vor mindestens 30 Millionen Jahren, nochmals angehoben. Hinweise darauf bieten Ablagerungen nördlich von Hüttenrode am Hartenberg, die vergleichbar sind mit Ablagerungen, die bei Wienrode gefunden wurden. Zu diesen Ablagerungen gehören Pollen, Sporen, also Rückstände damaliger Flora und quarz- und glimmerreiche Sande, die zusammen auf eine marine Beeinflus-

sung während der Ablagerungsphase schließen lassen. Diese Sedimente wurden im Rupelium (spätes Oligozän) gebildet und gehörten in dieser Zeit zu einem einheitlichen Flächenniveau. Da heute die Fundorte im Harz und Harzvorland 300 Höhenmeter auseinanderliegen, muss der Harz vor ca. 25 Millionen Jahren erneut gehoben worden sein (vgl. König/Blumenstengel 2005).

Bei diesen immer wieder auftretenden Hebungen entstanden Brüche und Verwerfungszonen wie die markante Harznordrandstörung. Im Harz selbst verkompliziert sich das geotektonische Bild infolge der Durchdringung von zwei verschiedenen Hauptstreichrichtungen, der variskischen (Nordost-Südwest) und der herzynischen (Nordwest-Südost) Streichrichtung. Erstere, versinnbildlicht durch die 65°-Bruchlinienscharen, entstanden bei der variskischen Hebungsphase, während letztere, die um 125° geneigten Bruchlinienscharen, bei den Hebungen im Tertiär und Pleistozän entstanden (vgl. Franzke 1987). Dort konnten sich Verwitterungs- und Abtragungsprozesse aufgrund von Unterschieden in Härte und Zusammensetzung des Gesteins selektiv beschleunigen. Zur Zeit des Pleistozäns spricht Liedtke (1981) von einer Eisbedeckung des Hochharzes. Diese verhinderte, dass sich die Bode dort in den Oberläufen der Quellflüsse tief ins Relief einschneiden konnte. Somit sind dort fossile Terrassen der Flüsse nur schwer auszumachen und von tertiären Rumpfflächen zu unterscheiden. Die teilweise doch eher untypischen Eintiefungen der Warmen und Kalten Bode im Brockengranit lassen auf verstärkte Erosionskraft nach Abschmelzen des Gletschers schließen.

Zwischen den Quellen und der Mündung der Bode liegen ca. 800 Höhenmeter und ein Weg durch die verschiedensten Gesteine (vgl. Abbildung 5.2). Im Allgemeinen gab es nach Büdel (1979) insgesamt vier prägende Reliefgenerationen in Mitteleuropa. Die erste und längste dauerte von der Kreidezeit bis ins Tertiär und war tropischen Typs. Hier dominierte die tropoide Rumpfflächenbildung durch das Prinzip der doppelten Einebnung. Die zweite Reliefgeneration während des Tertiärs, die einer Terrassenbildung entspricht, teilt sich in eine ältere und eine jüngere. Die ältere Terrassenfolge wurde bis ins Pliozän gebildet und findet sich hauptsächlich an großen Flüssen wie der Mosel. Die jüngeren Breitterrassen Mitteleuropas sind dem Oberpliozän bis kaltzeitlichen Jungpleistozän zuzuordnen und betragen mehrere Kilometer Breite. Die dritte Generation sind die vollpleistozänen Täler der Warmzeit-/Kaltzeitwechsel. Die vierte und letzte Generation ist die holozäne Talbildung, die durch postglaziale Klimaschwankungen und anthropogene Eingriffe des Menschen geprägt wurde. (vgl. Büdel 1979)

Mein Hauptaugenmerk wird nun also auf der exzessiven Talbildung des Quartärs liegen, in der die Bode sich mal mehr, mal weniger in den Untergrund grub und tiefe Schluchten mit steilen Klippen, mäandrierenden Flussschlingen und hochgelegenen Aussichtspunkten formte. Doch auch im Hinblick auf diesen Zeitraum treten Faktoren auf, die die flussgeschichtliche Forschung an der Bode erschwerten. Zum einen mangelt es den Bodetälern, im Vergleich zum Rheinischen Schiefer-

gebirge beispielsweise, an Flussterrassen der ehemaligen Flussbetten. Zum anderen gibt es nur wenige Vorfluter, die einen Bezug und eine Korrelation von den Terrassen der Nebentäler zu denen der Täler der Hauptflüsse erkennen lassen könnten (vgl. Nicke 1995). Doch genau dies macht das Bode-Flusssystem so außergewöhnlich und unvergleichbar.

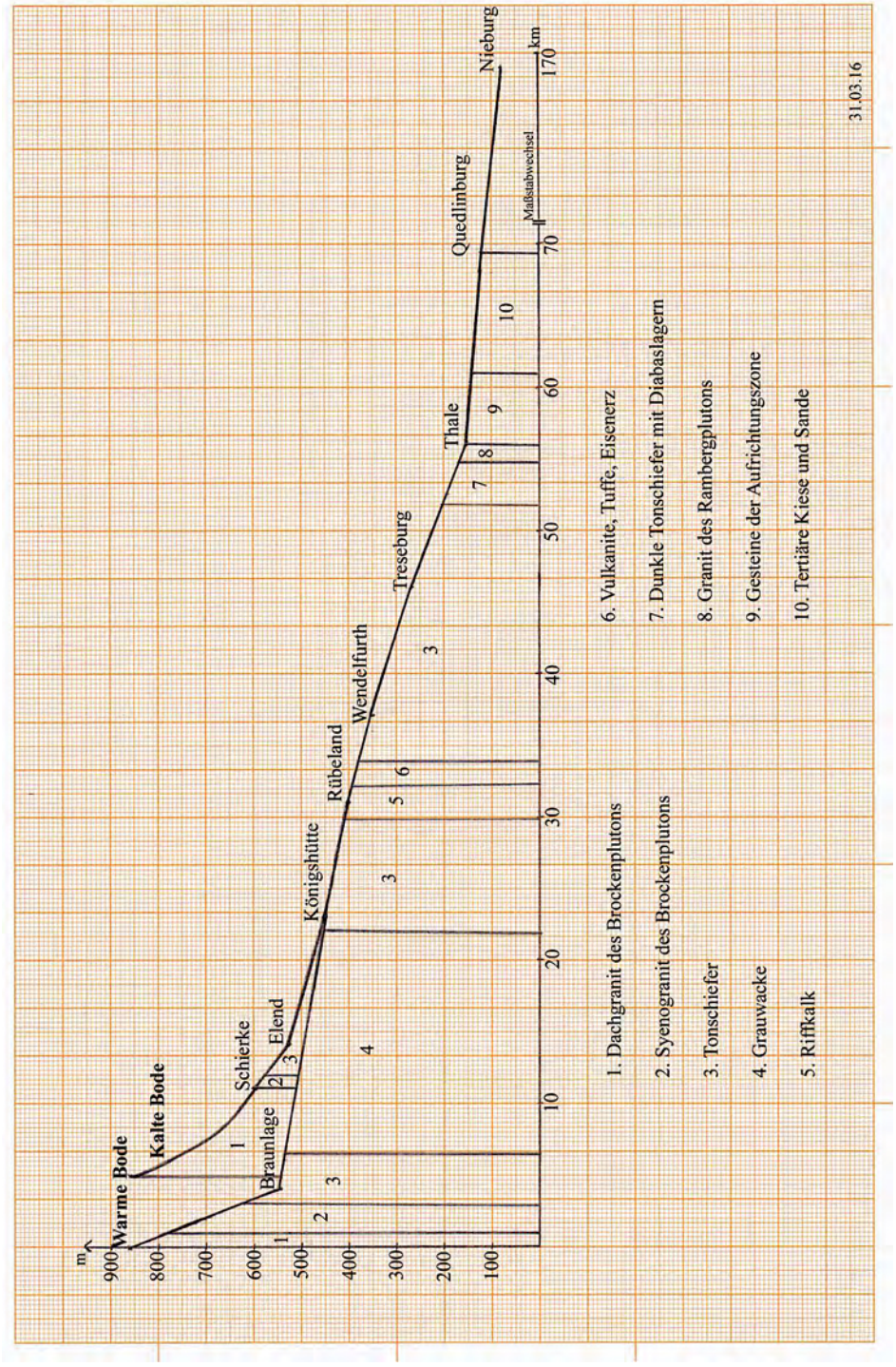


Abbildung 5.2 **Bode-Höhenprofil mit Angaben zur Geologie, Quellgebiet bis Nienburg/Saale**
Darstellung: Daniel Bartnik

5.1 Exkursionspunkt 1: Der Oberlaufbereich der Bode

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 45' 58" N λ = 10° 48' 21" O h = 470 m ü. NHN	Einen wunderbaren Ausblick auf die von der Bode zerteilte Schichtflächenlandschaft des oberen Einzugsgebietes hat man vom Burgberg in Königshütte. Von hier aus in westlicher Richtung erstreckt sich die mehrgipfelige und flächige Brocken-Silhouette. Nach NO schaut man auf die Elbingeröder Hochfläche (als Teil der Bode-Rumpffläche).

Ihren Ursprung hat die Bode in zwei Hauptquellen, die dem Oberharz entspringen. Diese Quellen liegen auf circa 860 m ü. NHN im Dachgranit des Brockenmassivs mit wenigen Metern Höhenunterschied und gehören zum Nationalparkgebiet des Hochharzes. Dabei hat der weiter nördlich lokalisierte Quellfluss der Bode, Kalte Bode genannt, ihre Quelle ungefähr drei Kilometer südwestlich des Brockengipfels. Anfangs ist sie nur ein wilder Gebirgsbach, der sich südlich des Brockens in Richtung Schierke bewegt. Doch hier fällt bereits am westlich exponierten Talhang eine Terrasse mit leichtem Quergefälle auf, die von einem ehemaligen Flussbett zeugt. Terrassen sind Verflachungen in einem Talquerprofil, die die gleichmäßig ansteigende Böschung eines Hangs unterbricht. Zumeist treten diese in Gleithängen auf, da sie dort im Laufe der Zeit nicht durch den Fluss aufgezehrt werden, wie es im Bereich des Prallhangs der Fall ist. Diese können aus akkumulierten Schottern bestehen und einen Aufschüttungskörper darstellen oder aus einer Erosionsterrasse, die ins Gestein gearbeitet wurde. Terrassen können zum einen klimatisch, durch den Wechsel von Kalt- und Warmzeiten entstehen. In Kaltzeiten, durch verringerte Wasserführung in den Flüssen und erschwerte Erodierbarkeit hervorgerufen, akkumulieren in Mittellaufgebieten eines Flusses Schotterkörper. Der Fluss fließt nun in deutlich kleinerem Bett. Durch eine eustatische Meeresspiegelabsenkung verstärkt sich dabei die Tiefenerosion in den Unterlaufgebieten. In Warmzeiten dreht sich dieses Verhältnis um und es herrscht in Mittellaufgebieten durch vermehrte Wasserführung erhöhte Tiefenerosion, während in den Unterlaufgebieten durch die Meerestransgression zunehmend sedimentiert wird. Höhere Terrassen sind dabei immer älter als die darunterliegenden. (vgl. Wilhelmy 1990)

Die Kalte Bode schneidet sich bereits nach wenigen Kilometern zwischen Eckernloch und Winterberg ca. 200 Meter tief ins Granitgestein des Brockenmassivs ein und bildet ein Sohlenkerbtal heraus, welches sich bis nach Elend erstreckt. Sohlenkerbtäler sind meist durch Schotterkörper aufgefüllte, ehemalige Kerbtäler, die von einem Wechsel von Kalt- zu Warmzeit zeugen. Hier kam es nach den vorangegangenen Eiszeiten durch den damit verbundenen Meeresspiegelanstieg zur Talbodenauffüllung (vgl. Wilhelmy 1990). Kurz darauf passiert die Bode Schierke in südöstlicher

Richtung, wo sich das Relief verflacht. Östlich des Barenbergs durchquert die Kalte Bode nun zuerst den Randgranit des Brockenplutons, bis sie im Südteil des Tals Kiesel- und Quarzitschiefer durchläuft (vgl. LVWA 1997). Nach Durchqueren des Elendstals lässt sich am nördlichen Talhang bei Elend ein etwas größerer Terrassensporn mit starkem Quergefälle entdecken (vgl. Nicke 1995). Kurz darauf wird die Kalte Bode in der Talsperre Mandelholz zum Schutze vor Hochwasser erstmals gestaut.

Im weiteren Verlauf in östlicher Richtung trifft die Kalte Bode bei Königshütte dann auf den zweiten Quellfluss, die Warme Bode. Dieser Oberlauf der Bode entspringt einen Kilometer südlich der Quelle der Kalten Bode im Bodebruch, östlich von Oderbrück auf ca. 840 m ü. NHN. In südlicher Richtung an Braunlage vorbei bahnt sie sich ihren Weg im weiten Bogen in südöstlicher Richtung durch die Grauwacken der Tanner Zone. Doch auch die Warme Bode schneidet sich nur unerheblich ins Relief des Oberharzes. Am südlichsten Punkt ändert die Warme Bode ihre Richtung wieder gen Norden und durchquert dabei den Tonschiefer der Blankenburger Faltenzone. Zwischen Sorge auf 498 m ü. NHN und ihrer Mündung in die Kalte Bode durchfließt sie ein breites Muldental innerhalb der 500-m-Hochfläche (vgl. ebd.). Muldentäler kennzeichnen sich durch eine konkave Form der Hänge und einen Aufschüttungskörper am Talboden. Am oberen Talabschnitt treten steilere Böschungen auf, die sich nach unten hin verflachen (vgl. Wilhelmy 1990). Nach insgesamt 23 Kilometern und in Höhe von ca. 440 m ü. NHN erreicht auch sie Königshütte.

Ein größerer Zufluss der Bode ist die Rappbode. Dieser Bach entspringt zur rechten Seite der Bode in der grauwackenreichen Harzgeröder Faltenzone des Unterharzes. Sie besitzt ihre Quelle drei Kilometer südwestlich von Benneckenstein in einer Höhe von 570 m ü. NHN. Die Rappbode bahnt sich ihren Weg nordöstlich durch die Tonschiefer der Blankenburger Faltenzone und teilt mit ihren Quellflüssen die Rumpfflächenstufe auf 500 m ü. NHN in einzelne Flächenrelikte. Zwischen Benneckenstein (520 m ü. NHN) und Trautenstein (460 m ü. NHN) treten ebenfalls kastenförmige Täler innerhalb der Hochfläche auf (vgl. Nicke 1995). Im weiteren Verlauf wird sie südwestlich von Wendefurth durch die Rappbodetalsperre im großen Rappbodebecken angestaut. Hinter dieser Talsperre mündet die Rappbode dann ebenfalls in die Bode bzw. die Wendefurther Talsperre.

Bereits nach Betrachten der Oberläufe fällt auf, dass sich die Quellflüsse im Durchschnitt nur unwesentlich ins Gestein gearbeitet haben. Im Vergleich zu den Laufabschnitten der im Harznordrandbereich fließenden Harz-Flüsse, die meist tiefe Kerb- bzw. Schluchttäler entwickelten, sind auf den Hochflächen nur Kasten- und Muldentäler vorzufinden. Dazu noch später mehr.

Nachdem sich Kalte und Warme Bode nun in Königshütte vereint haben und das Gebiet größten Gefälles überwunden ist, setzt die Bode südlich des Bockberges (496 m ü. NHN) ihren Weg auf ca. 430 m ü. NHN innerhalb der Bode-Hochfläche fort. Die Bode-Hochfläche (460 m bis 520 m ü. NHN) ist genau wie die zuvor durchschrittenen Hochflächen, so die auf 850 m bis 880 m ü. NHN, der die Bode entspringt, jene auf 750 m und 700 m ü. NHN, die auf 650 m ü. NHN sowie die Hauptrumpffläche nach Hövermann (1949), einst eine Rumpffläche gewesen. Nach Nicke (1995) soll es insgesamt 16 solcher Flächentreppen geben, die sich in sechs große Flächensysteme gliedern. Die Flächen des zentralen Berglandes laufen konzentrisch um den Brockenpluton herum und sind horizontalkonstant. Sie entstanden von der Oberkreide bis ins Tertiär durch das Prinzip der „doppelten Einebnung". Zu dieser Zeit muss das Gebiet im tropischen Raum gelegen haben und dessen Verwitterungs- und Abtragungsprozessen unterworfen gewesen sein. Während im Untergrund durch tiefreichende Verwitterung Festgestein zersetzt wird, das die darüberliegende Lockermaterialdecke nährt, findet auf der Oberfläche flächenhafte Spüldenudation statt. So entsteht ein Gleichgewicht, welches mit der Zeit zur Tieferlegung des Reliefs führt (vgl. Büdel 1979). Zu der stockwerkartigen Form des Harzes kam es dann durch die Hebung der Scholle als sogenanntes Großfaltengewölbe in verschiedenen Abschnitten des Tertiärs. Durch die Hebung hervorgerufen, vergrößert sich der Raum jedoch nicht nur vertikal, sondern auch horizontal nach außen. Dort auf Höhe der Erosionsbasis beginnt auch die Abtragung zuerst einzusetzen, die langsam bergeinwärts verläuft. Flüsse erodieren den Untergrund im Bergland und spülen Material aus, wobei die darunterliegende Rumpffläche auf Kosten der darüberliegenden wächst. Dies geschieht in der Theorie so lange, bis die darüberliegende Stufe des Berglandes aufgebraucht ist. Die Erodiervorgänge des Holozäns tragen jedoch nicht zum weiteren Wachstum dieser Flächen bei, sondern nur zum vollständigen Abtrag der Flächentreppe (vgl. Wilhelmy 1990). In Gebieten des Granits im Harz markieren Granitklippen das Ende der einen und den Beginn einer darunterliegenden Fläche und zeugen von einer einst wesentlich größeren Ausdehnung.

Im weiteren Verlauf in östlicher Richtung durch die Überleitungssperre Königshütte, den Tonschiefer und die Quarzitblöcke der Blankenburger Faltenzone fließt die Bode mit mäßigem Gefälle in Richtung Rübeland (398 m ü. NHN). Auch hier schuf die Bode ein Muldental. Südlich von Elbingerode, im Bereich des Kalksteins, wird bereits eine Bewegung entlang Bruchlinienscharen, die durch eine letzte Hebung im Tertiär und Pleistozän entstanden sein sollen, auffällig (vgl. Chrobok 1980). Die Bode folgt hier aufgelockertem Material an den Hauptstörungszonen erst nordöstlich, ab Rübeland südöstlich und ab Treseburg wieder nordöstlich in Richtung Thale (siehe Abbildung 5.3).

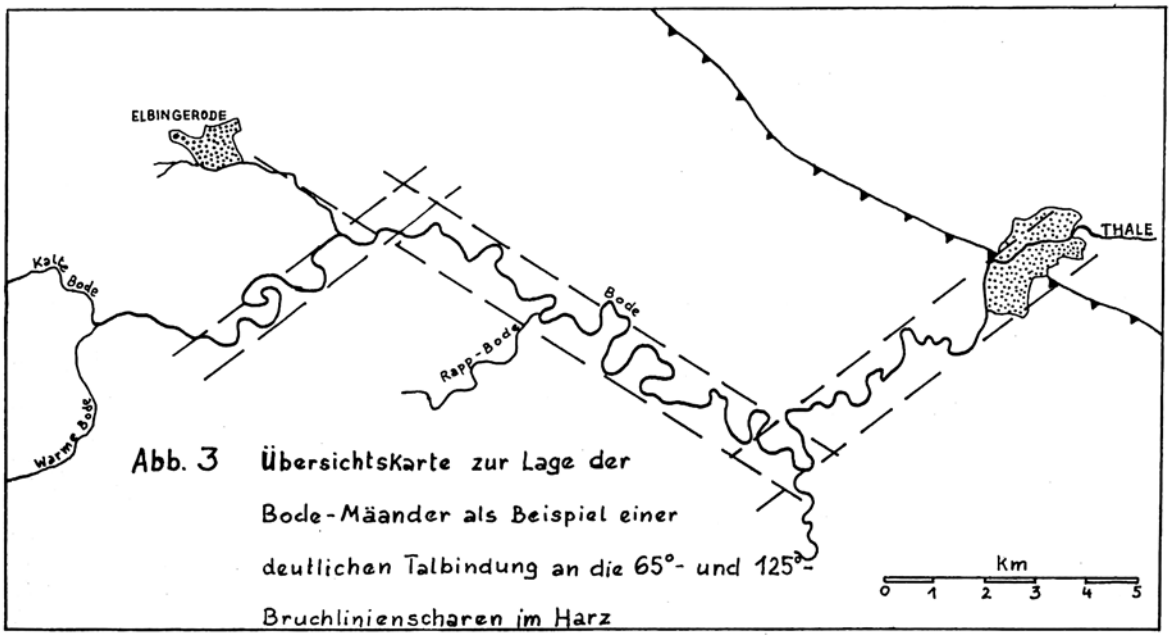


Abbildung 5.3 **Übersichtskarte zur Lage der Bode-Mäander**
Quelle: Chrobok 1980

Zusätzlich erkennt man einen zunehmend mäandrierenden Charakter der Bode. Flussmäander sind starke Windungen eines Flusses in Form von Flussschlingen. Dabei werden sie jedoch erst Mäander genannt, wenn der Fluss innerhalb einer Flussschlinge streckenweise entgegen seiner eigentlichen Richtung fließt. Diese entstehen durch Pendelschwingungen des Stromstrichs, also dem Teil des Flusses mit der meisten Energie und Geschwindigkeit. Auf gerader Strecke liegt er mittig, unmittelbar unter der Wasseroberfläche. Wenn ein Fluss nun eine Biegung macht, verlagert sich der Stromstrich an die konvexe Seite der Biegung und erhöht dort die Seitenerosion. Diesen in der Regel steilen Teil des Mäanderufers nennt man auch Prallhang. Gegenüber liegt der Gleithang. Auf diesem wird aufgrund der verhältnismäßig geringen Transportenergie des Flusses konstant Material abgelagert und er ist daher flach. Bei geringer Fließgeschwindigkeit aber zugleich großer Flusstiefe wird der Prozess der Mäanderbildung weiter verstärkt. Aber auch leichte Abtragbarkeit und Transportfähigkeit des anstehenden Materials begünstigen den Prozess. (vgl. Wilhelmy 1990)

Nach Durchqueren des Talmäanders bei Susenburg schneidet die Bode den Riffkalkstein aus dem Oberdevon am östlichen Rand bei Rübeland. Ab hier beginnt die Bode sich tiefer ins Gestein einzuarbeiten und ein mäandrierendes Sohlenkerbtal zu entwickeln. In diesem Gebiet befinden sich zahlreiche trockene Karsthöhlen und Flusshöhlen, die in jüngerer Vergangenheit durch die Lösungsarbeit der Ur-Bode entstanden sind. Sie fließt ein Stück nordöstlich in der Hüttenroder Mulde und macht dann eine Biegung in südöstlicher Richtung durch den Neuwerker Sattel, bis sie Altenbrak passiert.

5.2 Exkursionspunkt 2: Talmäander bei Treseburg

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 43' 24" N λ = 10° 57' 57" O h = 314 m ü. NHN	Eine Straße führt von Treseburg nach Norden zum Wilhelmstunnel. Von dort aus nach links befindet sich nach wenigen Höhenmetern der Aussichtspunkt „Wilhelmsblick“.

Die Hänge der Bode werden zunehmend steiler und der Bodetalverlauf verformt sich zu einem Talmäander. Talmäander sind mäandrierende Flüsse, die sich in ein Bergland eingeschnitten und Täler herausgebildet haben. Sie unterscheiden sich darin von herkömmlichen „freien“ Flussmäandern, indem sie wesentlich gesteinsabhängiger sind und oft durch tektonisch gehobene Mittelgebirgsschollen hervorgerufen werden. Ein die Ur-Bode stauendes und deshalb Mäander bewirkendes „Hindernis“ scheint der naheliegende „Ramberg-Härtling“ mit seiner Hornfelszone gewesen zu sein. Der Ramberg-Granitpluton befindet sich nordöstlich von Treseburg und ist ein ehemals aus der tertiären Rumpffläche ragender Inselberg. Die ursprüngliche Windung des Flusses wird im Zuge der tektonischen Hebung der Harzscholle gleichzeitig mit dem Einschneiden ins Gestein festgelegt. Hebungsbetrag und Erosionsleistung der Ur-Bode müssen dabei im Gleichgewicht gewesen sein. Dabei verminderten die sehr widerständigen Gesteine der Hornfelszone die Tiefenerosion, aber der sehr gefällereiche und energiereiche Flussabschnitt am Harznordrand bewirkte eine kräftige rückschreitende Erosion. (vgl. Wilhelmy 1990)

In Treseburg auf ungefähr 270 m ü. NHN angekommen, sieht man an den Talhängen sowohl überwiegend devonische Tonschiefer und Quarzite mit Diabaskörpern. Aber auch Hornfelse findet man an den stark geneigten Hängen (vgl. LVWA 1937). Einen Überblick über den Zwangsmäander findet man auf dem natürlichen Aussichtspunkt „Wilhelmsblick“ (vgl. Abbildung 5.4 – West-Ost-Profil vom Osterberg zum Hagedornsberg). Dieser Blickpunkt befindet sich nur wenige hundert Meter nördlich von Treseburg auf dem Hals des Mäanders. Er ist ein Fast-Umlaufberg, denn hier schneidet sich die Bode von beiden Seiten ins Gestein, hat das Zwischen-Relief jedoch noch nicht durchbrochen. Umlaufberge entstehen bei stark mäandrierenden Flüssen, wenn ein Fluss sich an einer Stelle von jeweils der Vorder- und Hinterseite ins Gestein arbeitet. Wenn diese aneinanderliegenden Prallhänge durchbrochen sind und der Fluss nun im neuen Bett durch eben diesen zerschnittenen Prallhang fließt, ist ein Umlaufberg entstanden. Er wird von der einen Seite durch das ehemalige und auf der anderen Seite durch das neuentstandene Flussbett begrenzt.

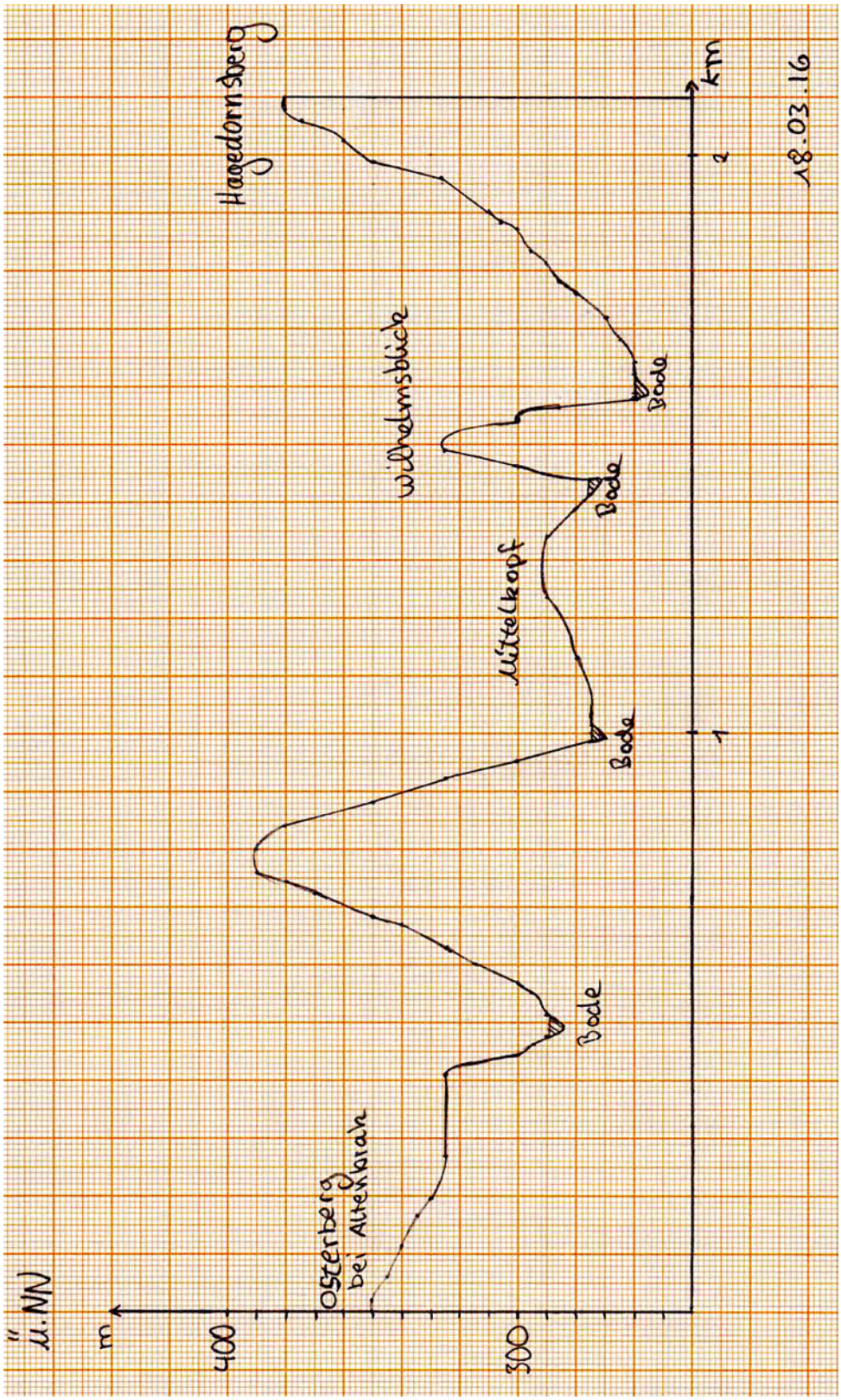


Abbildung 5.4 **West-Ost-Profil vom Osterberg zum Hagedornsberg nördlich Treseburg**
Darstellung: Daniel Bartnik

Im weiteren Verlauf der Bode im Naturschutzgebiet *Bodetal* verengen sich die Hänge und das Talquerprofil nimmt schluchtartige Strukturen an. Je weiter man Richtung Thale nach Nordosten kommt, desto steiler werden die Talwände, bis sie eine z.T. senkrechte Position besitzen. Der Fluss nimmt nun die volle Breite der schmalen Talsohle ein und bildet im Granit und Hornfels- bzw. Knotenschiefer des Rambergmassivs abschnittsweise sehr enge Klamm-Querprofile bzw. Schluchtprofile heraus. Auf der westlichen Bode-Seite befindet sich der Roßtrappefelsen (403 m ü. NHN) und auf der östlichen Seite der klammartigen Bodeschlucht befindet sich der Hexentanzplatz (454 m ü. NHN). Dass sich die Bode hier so tief in das Gestein grub, lässt sich auf zeitgleiches Einschneiden der Bode in den Ramberg-Pluton mit der Hebung des Gebietes zurückführen. Der Flussverlauf muss bereits vor der Hebung existiert haben. Nach Wilhelmy (1995) ist es üblich, dass sich eine „klammartige Engtalstrecke" herausbildet, wenn – wie hier am nordöstlichen Rande des Harzes – „*sich Gebirgsränder schneller heben als die zentrale, vom Fluss gequerte Scholle*". Wenn man das Ramberg-Gebiet nun differenziert betrachtet und von einer kleinräumigen Erhebung ausgeht, könnte es sich lokal betrachtet bei der Bode-Klammstrecke um ein antezedentes Durchbruchstal handeln. Es besteht allerdings ebenfalls die hohe Wahrscheinlichkeit, dass die Bode ihren Weg durch den Rambergpluton führte, da sich exakt an dieser Stelle die 125°-Bruchlinienschar befindet. Die Bode scheint hier einen Weg durch Hauptstörungen mit gelockertem Gestein gefunden zu haben wie nach der sogenannten „Klafftal- und Spaltentheorie". Diese besagt, dass durch endogene Prozesse verursachte Spalten und Schwächezonen in einem Gebirge Flüssen den Weg gewiesen haben sollen. (vgl. Wilhelmy 1990)

Nachdem die Bode nun fast 50 Kilometer zurückgelegt und nach ungefähr 700 Höhenmetern die untere Randterrasse des Harzes erreicht hat, fallen einige Dinge auf: Zum einen ist der Gegensatz zwischen den kaum eingeschnittenen Bode-Quellflüssen des Oberharzes und den tiefen Kerb- bis klammartigen Talabschnitten des Unterharzes erheblich. Man erkennt eine Entwicklung der Taleigenschaften von den Bode-Oberlauf- bis zu den Bode-Mittellauf-Bereichen: Im oberen Abschnitt zwischen Elend und Rübeland bewegt die Bode sich zumeist in Muldentälern, wobei das Sohlenkerbtal Elendstal den tiefsten Abschnitt darstellt. Zwischen Rübeland und Treseburg versteilt sich das mittlere Talquerprofil zum Kerbtal, bis es sich schließlich zwischen Treseburg und Thale sogar zu einer Talschlucht mit z.T. Klammcharakter herausbildet.

Es fällt auf, dass es im Hochflächenrelief kein Wechselbild zwischen Eintiefung und Aufschotterung gibt wie für mitteleuropäische Flüsse in der Regel so typisch. Nach Nicke (1995) soll es dort nur zwei Eintiefungsphasen der Bode gegeben haben. Erstens eine Talbodenfüllung und zweitens eine Terrasse mit durchschnittlich fünf bis 15 Meter relativer Höhe. Beispiele dafür finden sich bei

Tanne an der Warmen Bode und zwischen Schierke und dem Elendstal. Dieser unwesentliche Einschnitt ins Gestein geht auf die pleistozäne Eisbedeckung westlich des Brockens zurück. Hier muss das zentrale Bergland während der Saale- und Weichsel-Eiszeit über eine längere Periode hinweg durch Eis blockiert gewesen sein, sodass keine Tiefenerosion stattfinden konnte (vgl. Abbildung 5.5). Dies unterscheidet den Harz stark von anderen mitteleuropäischen Gebirgen, die eine Abfolge von mehreren Flussterrassen zeigen.

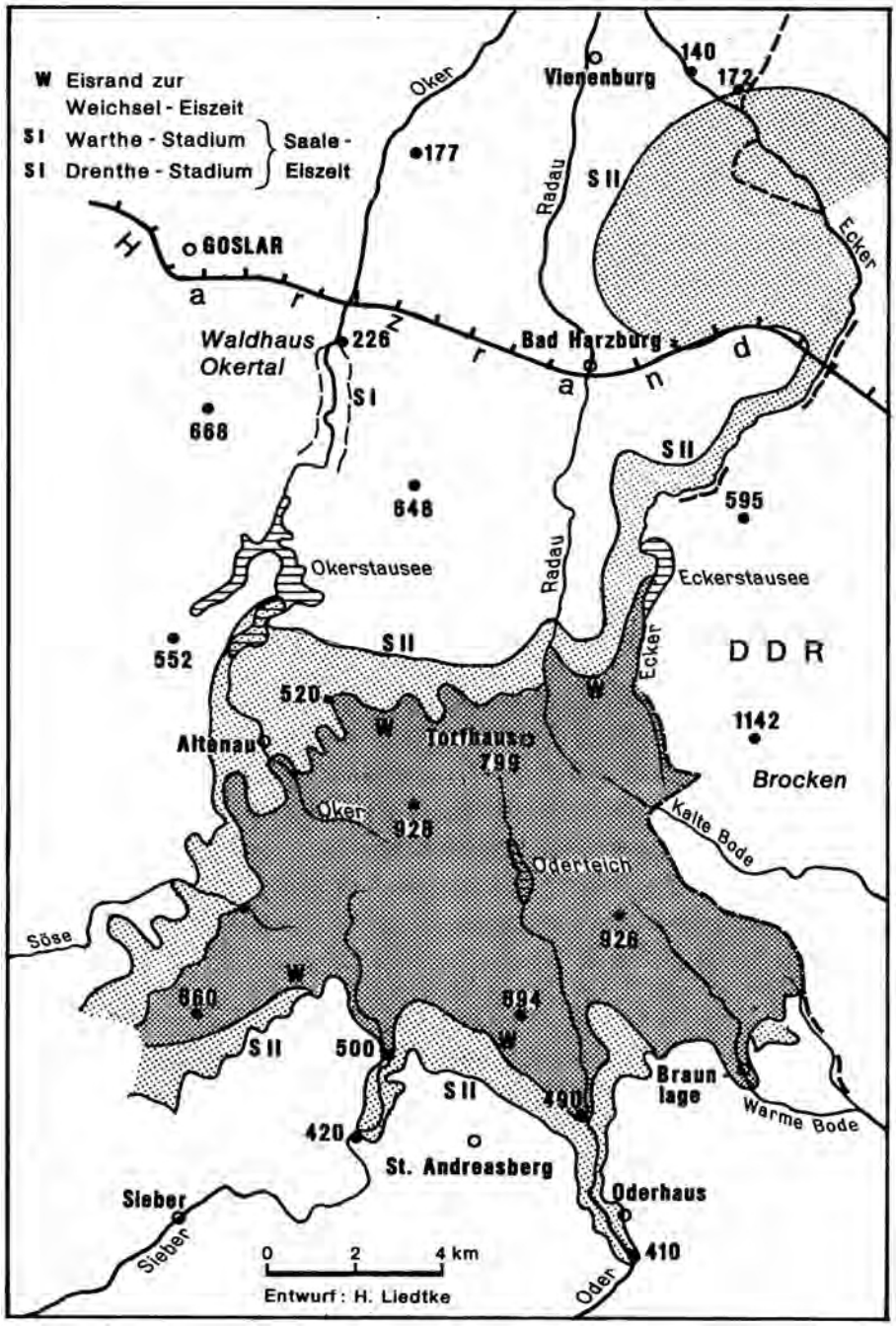


Abbildung 5.5 **Die Harzvergletscherung nach Hövermann 1973/74**
Quelle: Nicke 1995, Entwurf: Liedtke

5.3 Exkursionspunkt 3: Durchbruchstal bei Neinstedt

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 45' 00" N λ = 11° 05' 00" O h = 139 m ü. NHN	Neinstedt ist ein Ortsteil der Stadt Thale. Am besten erreicht man die *Teufelsmauer* von einem Parkplatz, der westlich vor Neinstedt direkt an der Bode liegt. Bis zur Teufelsmauer sind es von hier ca. 10 min zu Fuß.

Nach Durchqueren des tiefsten Punkts im Bodetal unterhalb des Roßtrappefelsens, mit bis zu 230 m hohen Steilhängen, hebt sich die Relief-Energie völlig auf. Hier erreicht die Bode die Stadt Thale auf 156 m ü. NHN. Der Grund für diesen abrupten Wechsel liegt in der Tektonikgeschichte des Harzes. Denn an dieser Stelle des Nordharzes, wo die Bode die Stadt Thale durchquert, zieht sich die Harznordrandverwerfungszone in nordwestlicher Richtung. An dieser Stelle trennt die Bruchlinie das Gebirge im Süden vom subherzynen Becken im Norden. Hier befindet sich ebenfalls die ca. 2 km breite Aufrichtungszone der Tafeldeckgebirgsgesteine. Dieser Bereich wurde durch die Hebungsimpulse der Harzscholle in der Jura- und Kreidezeit hervorgerufen, als das Gebiet noch weitestgehend vom Meer bedeckt war. Die Aufrichtungszone entstand, als die Harzscholle die ehemals horizontal gelagerten Schichten des Harzvorlandes langsam anhob und aufrecht stellte. Dabei überschob die Scholle sich sogar teilweise, sodass einige vertikal gestellte Schichten überkippten. So kommt es, dass von Thale nach Norden hin die Gesteine immer jünger werden. Die seiger gelagerten Schichten reichen vom Zechstein im Süden, über Buntsandstein und Muschelkalk bis hin zu kreidezeitlichen Sand-, Kalk- und Tonablagerungen in der Blankenburger Mulde. Als das Meer sich dann im späten Mesozoikum zurückzog, wurde auch das anstehende Gestein allmählich abgetragen. Gebiete, deren Untergrund aus Zechstein, oberem Buntsandstein und Keuper bestanden, wurden erheblich schneller erodiert als widerstandsfähigeres Gestein. Diese Gebiete, deren Untergrund aus leicht erodierbarem Gestein besteht, bilden heute die Mulden im Harzvorland. Zwischen diesen Senken wie der Blankenburger Mulde und Halberstädter Mulde erstrecken sich Sättel (wie der Quedlinburger Sattel oder der Huy). Sie bestehen aus verwitterungswiderständigerem Gestein wie Unterer Buntsandstein (Rogensteinbank) oder Muschelkalk. Diese Sättel entstanden, als das Zechsteinsalz im Untergrund des Subherzynen Beckens durch die von Süden her drückende Harzscholle Salzkissen bildete. Da Zechstein-Salz unter hohem Druck viskos wird, konnte es sich im Untergrund formen und aufwölben, was wiederum das anstehende Gestein in tektonischen Schwächezonen nach oben drückte. Auch der vor ca. 100 Millionen Jahren entstandene, feinkörnige marine Kreidesandstein in der Blankenburger Mulde ist im südlichen Teil ein Relikt der damals diskordant gestellten Schichten. Er stellt heute die Teufelsmauer dar, die sich zwischen Neinstedt und Blankenburg erstreckt.

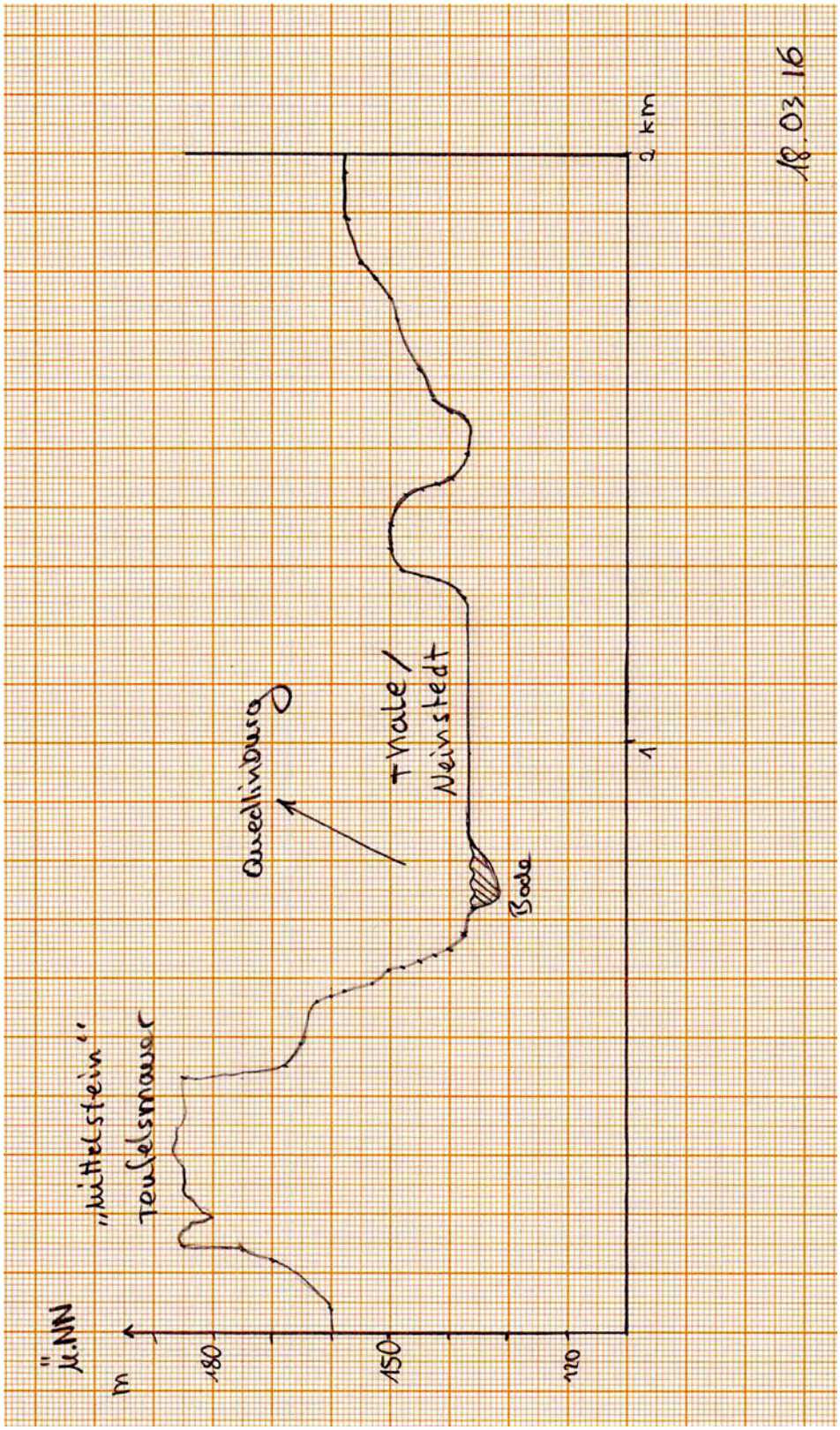


Abbildung 5.6 **Bode-Querprofil an der Teufelsmauer bei Neinstedt**
Darstellung: Daniel Bartnik

Dieser Teufelsmauer-Schichtkamm – auch als Schichtrippe bezeichnet – befindet sich westlich des weiteren Verlaufs der Bode an der Ortslage Neinstedt. Er wird auch „Mittelstein“ aufgrund seiner Position im Verlauf der Schichtrippe genannt. Sie „überlebte“ die Maximalvorstöße der elster- und drenthezeitlichen Inlandeise mithilfe der vor dem Gletscher abgelagerten Vorschüttsande sowie -kiese. Diese bedeckten vermutlich die Nordflanke des „mauerartigen“ Höhenbereichs. Die vorgeschütteten Sedimente dienten wohl als eine Art Rampe, die die Teufelsmauer vor der Glazialerosion schützten.

Durch Weddersleben und weiter anstehende Mergel- und Kalksandsteine der Blankenburger Mulde hindurch fließt die Bode nun nach Nordosten einer alten tektonischen Leitlinie folgend in Richtung Quedlinburg. Sie folgt hier auch alttertiären Entwässerungslinien, die nach Nordwesten in die Ur-Saale führten. Diese mündete nur wenige Kilometer hinter dem heutigen Braunschweig in das damalige Meeresbecken.

Im Stadtbereich von Quedlinburg durchfließt die Bode den gleichnamigen Sattel, der sich mehrere Kilometer links der Bode und zur rechten Seite noch wenige Kilometer weiter erstreckt. Er ist im zentralen, höchsten Teil im Laufe der jüngeren Entwicklung abgetragen und ausgeräumt worden (Reliefumkehr), so dass es heute eine reliefstarke Süd- und Nordflanke des Sattels gibt. Wie das den Sattel querende Bodetal einst entstanden ist, lässt sich heute nur noch erahnen. Aus der Blankenburger Mulde kommend, muss sich der Fluss hier bereits vor dem Quartär durch die anstehenden Gesteine des Sattels im Bereich einer tektonischen Zerrüttungszone gearbeitet haben, um den heutigen Verlauf in Richtung Nordosten durch die Halberstädter Kreidemulde zu finden. Es besteht wohl die Wahrscheinlichkeit, dass es sich zumindest seit Ende des Pleistozäns um ein epigenetisches Durchbruchstal handelt. Epigenetische Durchflusstäler entstehen durch das Freilegen älterer Gebirgsreliefs, welche unter später abgesetzten Ablagerungen verschüttet waren. Durch Herauspräparierung eines fossilen Talstücks nimmt der Fluss wieder den alten Flusslauf ein und schneidet sich fortan dort weiter ins Relief (vgl. Wilhelmy 1990). Wahrscheinlich ist es, dass nachdem die Inlandeisvorstöße der Elster und Saale das Gebiet mit Vorschüttsanden und Moränenkörpern überschüttet hatten, dieses durch glazifluviale Schmelzwasser wieder epigenetisch freigelegt wurde. Dadurch fand die Bode in ihren alten Verlauf zurück.

Im weiteren Verlauf durch die subherzyne Mulde fließt die Bode östlich am Huy vorbei, bis sie bei Oschersleben einen starken Knick macht und weiter nach Osten verläuft. Nach insgesamt ca. 169 km mündet die Bode dann bei Nienburg in die Saale. Abschließend lässt sich sagen, dass die Bode im Laufe der Zeit der wohl vielfältigste und beeindruckendste fluviale Formengeber des Harzes geworden ist und einen großen Beitrag zur heutigen Form des Harzreliefs geleistet hat.

Verwendete Hauptquellen

Büdel, Julius (1979): *Reliefgenerationen und Klimageschichte in Mitteleuropa*. Würzburg: Borntraeger

Hövermann, Jürgen (1949): *Morphologische Untersuchungen im Mittelharz*. In: Göttinger Geographische Abhandlungen, Jg. 2, Göttingen: Goltze, ISSN: 0341-3780

Nicke, Herbert (1995): *Reliefgenese des Harzes*. Reihe: Naturwissenschaftliche Arbeiten, Regionale Darstellung und Schriften, Band 1, Wiehl: Martina Galunder

Wagenbreth, Otfried/Steiner, Walter (1990): *Geologische Streifzüge*. 4. Auflage, Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie

Wilhelmy, Herbert (1990): *Exogene Morphodynamik.* Reihe: Geomorphologie in Stichworten, Band II, 5. Auflage, überarbeitet von Berthold Bauer und Hans Fischer, Unterägeri: Ferdinand Hirt. S. 85-151

6 (Klamm-)Täler im Vergleich

Doreen Johann

Im Rahmen einer Mehrtagesexkursion im Oktober vergangenen Jahres besuchte ich Teile des Thüringer Beckens und des Thüringer Waldes. Eine unserer zahlreichen Stationen stellte die Drachenschlucht südlich von Eisenach dar. Ihre eindrucksvolle Form blieb mir in Erinnerung und ließ mich auf die Idee kommen, in meinem Exkursionsführerbeitrag eine vergleichende Darstellung dreier verschiedenartiger (Klamm-)Täler innerhalb Deutschlands einzubringen.

Einführung ins Thema

Im Folgenden werden drei Täler diskutiert, bei welchen es sich um die *Drachenschlucht* bei Eisenach am Rande des Thüringer Waldes, um die *Bodetalschlucht* zwischen Thale und Treseburg im sachsen-anhaltischen Harz und um die *Breitachklamm* bei Oberstdorf in den Allgäuer Alpen handelt. Zu Beginn eines jeden Kapitels gibt es eine geographische Einordnung der jeweiligen Region, gefolgt von einem zusammengefassten Überblick der erdgeschichtlichen Entwicklung und einer anschließenden detaillierten Betrachtung des Beispielstals.

Bei den drei ausgewählten Tälern handelt es sich in zwei Fällen um Klammen. Die Bodetalschlucht grenzt sich in diesem Zusammenhang aufgrund ihres Formenschatzes von den anderen Tälern ab. Die Drachenschlucht wird fälschlicherweise als „Schlucht“ beschrieben, dieser Irrtum wird zu einem späteren Zeitpunkt in diesem Kapitel allerdings nochmals genauer diskutiert.

Um die im weiteren Verlauf beschriebenen Prozesse nachvollziehen zu können, bedarf es zunächst einmal einer Erläuterung der allgemeinen Genese eines Tals: „*Ein* Tal *ist eine langgestreckte, nach einer Seite hin offene Hohlform gleichsinnigen Gefälles, welche von einem Fluss geschaffen und durchflossen ist und eine Leitlinie der Erosion […] darstellt.*“ (Freie Universität Berlin o.J.) Es gibt zahlreiche Faktoren, welche den Grad einer Talausbildung beeinflussen. An erster Stelle steht der Fluss selbst, welcher das Tal determinierend gestaltet. Der Flusslauf, die Wasserführung, das Gefälle des Flusses, die transportierte Flussfracht sind Beispielelemente, die bezüglich der Talgenese eine Rolle spielen. Ein weiterer, maßgeblicher Faktor sind die vor Ort herrschenden geologischen Gegebenheiten. Unterschiedliche Widerständigkeiten der Gesteine ermöglichen beziehungsweise verhindern eine mehr oder weniger intensive Einschneidung des Flusses. Ferner stellen Klima und Vegetation weitere Bestimmungsgrößen dar.

Abbildung 6.1 **Verortung und Impressionen der drei Beispieltäler**
Darstellung: Doreen Johann (verwendete Fotos online, Abruf 20.03.2016:
[Drachenschlucht] http://beiemil.de/wp-content/uploads/2014/11/Drachen schlucht-@-Eisenach- 07909_small.jpg
[Bodetalschlucht] http://www.tubetime.de/2013/09/02/bodetal
[Breitachklamm] http://www.breitachklamm.com/impressionen.html)

Oftmals werden Klammtäler und Schluchten in der Literatur nahezu synonym verwendet. Die Talprofile der beiden Talformen sind miteinander vergleichbar, jedoch nicht identisch und unterscheiden sich in wenigen, wesentlichen Faktoren. Eine Klamm ist ein tief eingeschnittenes Tal, dessen Wände sich durch eine senkrechte oder überhängende Gestalt auszeichnen (vgl. Brunotte et al.

2002, zit. in: Freie Universität Berlin o.J.). Ihr schmaler Talquerschnitt entspricht dem Querschnitt des sie durchfließenden Gewässers. Während eine sehr intensive Tiefenerosion vorzufinden ist, spielt die Hangdenudation bei dieser Talform eine untergeordnete Rolle. In ihrem Ideal-Querprofil kennzeichnet sie sich durch steile und unregelmäßige Wände. Klammtäler können nur in widerständigem, standfestem Gestein bestehen. Ihre potenzielle Tiefe wird durch die „*kritische Höhe ihrer Felswände*" (Ahnert 2009: 221) bestimmt und begrenzt. Kommt es zu einer Überschreitung dieses Richtwertes, folgen zwangsläufig Felsstürze und Rutschungen (vgl. ebd.). Bei diesem Vorgang verliert die Klamm, die für sie charakteristischen Besonderheiten und nimmt jene Merkmale einer Schlucht an. Eine Schlucht zeichnet sich durch vergleichbare Charakteristika aus, jedoch sind ihre Hänge weniger steil und in abgeschwächter Form vorzufinden. Neben der ausgiebigen Tiefenerosion trägt zudem die Hangdenudation, wenn auch nur in geringem Maße, zur Formengestalt des Tals bei.

Ein Tal stellt laut oben angeführter Definition eine Leitlinie der Erosion dar. Dabei gilt es zwischen Tiefenerosion und Hangdenudation zu unterscheiden. Beide Abtragungsprozesse führen letztlich zur finalen Gestalt des Tals. Während die Tiefenerosion zu einer Tieferlegung des Flussbettes führt (vgl. Ahnert 2009: 151), wirkt sich die Hangdenudation auf die Gestaltung der Talhänge aus und bewirkt aufgrund von Abtragungsvorgängen eine mögliche Rückverlegung.

Klammen und Schluchten gelten als beliebte touristische Destinationen. Sie bieten neben dem imposanten Naturerlebnis zahlreiche weitere attraktive Angebote wie beispielsweise Sportaktivitäten und locken jährlich mehrere tausend Besucher an. Ein Großteil der sich in Deutschland befindenden Klamm- und Schluchttäler sind touristisch gut erschlossen. Vor Ort findet man einwandfrei ausgebaute und gekennzeichnete Wanderwege vor, welche ein sicheres Passieren der Klamm ermöglichen. Falls die Klammform dies auf natürlichem Wege nicht erlaubt, wird dies mithilfe von Brücken, Stegen, Treppen und anderen Hilfestellungen gewährleistet. Oftmals ist der Klammabschnitt in eine großzügigere Wanderroute eingebaut, wodurch der Besuch von weiteren lokalen Sehenswürdigkeiten sichergestellt wird. Verantwortlich für die Instandhaltung der Klammen sind lokale Touristenbüros, welche ebenfalls die Möglichkeit der Informationsbeschaffung eröffnen. Darüber hinaus unterrichten Infotafeln, welche sich häufig am Wegesrand befinden, über Themen wie beispielsweise Geologie, Flora und Fauna und die Historie der Klamm. Die Öffnungszeiten der Klammen variieren stark. Teilweise sind Täler 365 Tage im Jahr begehbar und zu keiner Tageszeit geschlossen. Andere hingegen sind nur zu bestimmten Jahresabschnitten geöffnet. In allen Fällen ist das Begehen der Klamm selbstverständlich auf eigene Gefahr. Im Idealfall sollte man sich im Vorhinein vor jedem Besuch über die gegenwärtige Lage der Klamm informieren, da es des Öfte-

ren vorkommt, dass ein Tal aufgrund von Wetterverhältnissen oder anderen Umständen geschlossen ist.

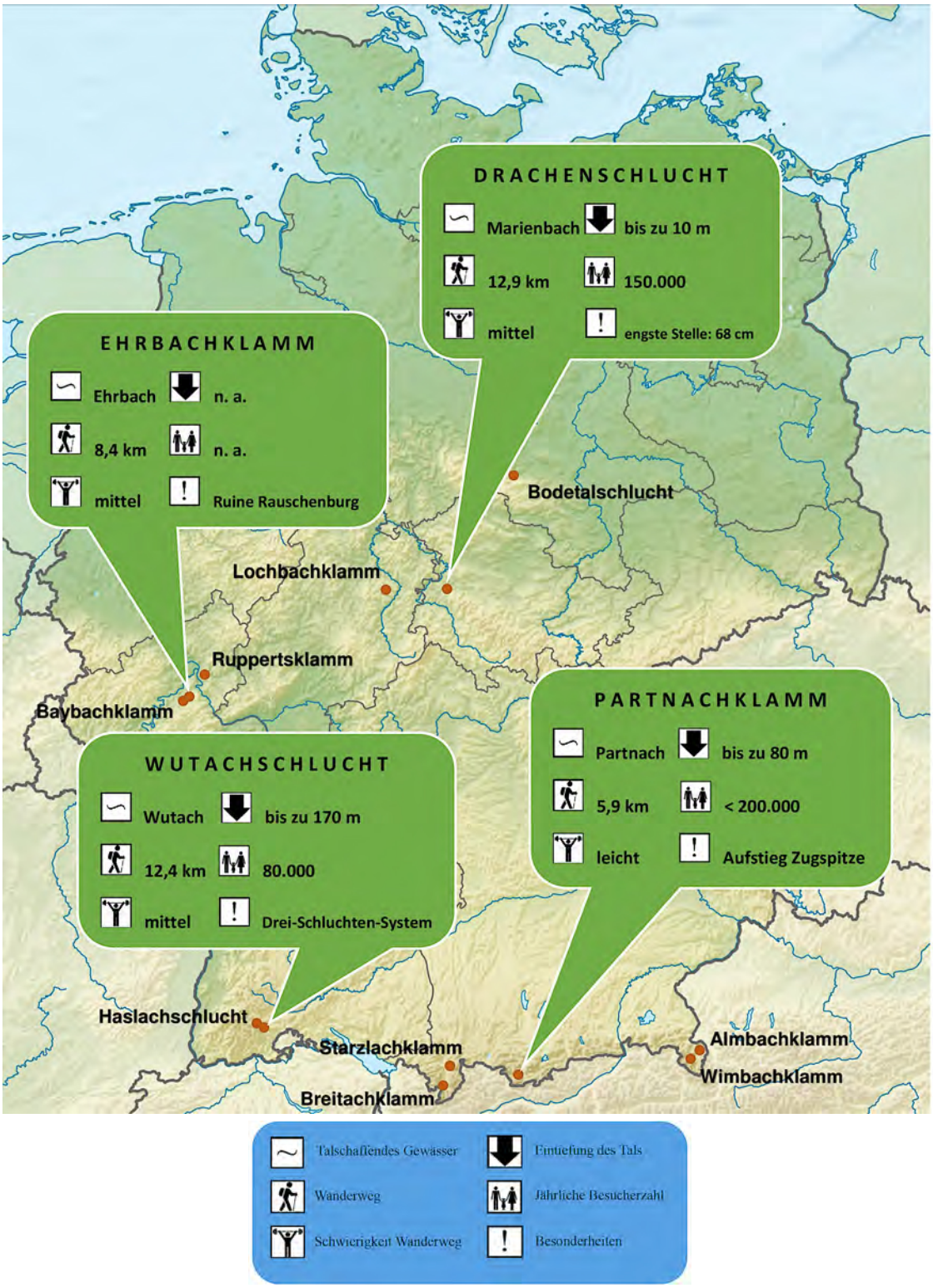


Abbildung 6.2 **Übersichtskarte touristisch erschlossener Klamm- bzw. Schluchttäler in Deutschland (Auswahl)**
Darstellung: Doreen Johann

Die vorstehende Karte verortet eine Auswahl an touristisch erschlossenen Klamm- und Schluchttälern in der Bundesrepublik Deutschland. Ausgewählte, geographisch unterschiedliche Täler werden mithilfe eines kleinen Infokastens detaillierter vorgestellt. Dieser gibt Informationen über den Fluss, welcher das Tal eingeschnitten hat oder nach wie vor einschneidet, über die Tiefe der Einschneidung, über die jährliche Besucherzahl und charakteristische Besonderheiten, welche dem Besucher vor Ort begegnen werden. Die in den Infokästen vorzufindenden Wanderwege, wurden nach den Kategorien „Beliebtheit“ und „Beste Bewertung“ auf einer Outdoor-Plattform ausgewählt, welche zur Tourensuche und Routenplanung dient. Die Informationen bezüglich Länge und Schwierigkeitsgrad basieren auf deren Angaben. Zahlreiche Klammen sind kostenfrei zugänglich und es bedarf keines Passierens einer Kasse oder ähnlicher Einrichtungen, an denen statistische Daten erfasst werden. Aus diesem Grund gibt es zum Teil keine registrierten Besucherzahlen. Wenn dies der Fall ist, werden entweder Hochrechnungen durchgeführt oder es existieren schlichtweg keine Angaben. In den Infokästen wird dies mit „n. a.“ (= nicht angegeben) vermerkt.

6.1 Exkursionspunkt 1: Bodetalschlucht

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 44' 03,4" N λ = 11° 01' 03,1" O h = 235 m ü. NHN	Die Roßtrappe ist ein 403 m hoher Granitfels, der eine eindrucksvolle Aussicht über das Bodetal bietet. Von dort aus führt ein gekennzeichneter Pfad hinab ins besagte Tal. Vor Ort befindet sich ein gebührenfreier Parkplatz, welcher von Thale aus erreichbar ist.

Um auf die Genese des Bodetals eingehen zu können und diese vollständig zu verstehen, muss zunächst einmal die erdgeschichtliche Entwicklung des Harzes näher erläutert werden. Der Harz stellt das am nördlichsten gelegene Mittelgebirge dar und erstreckt sich anteilig über die Bundesländer Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und Thüringen. Das Bodetal ist dem Mittelharz zugehörig und der betrachtete Talschlucht-Bereich befindet sich zwischen den Ortschaften Treseburg und Thale.

Die äußere Kontur des Harzes verläuft von Nordwesten nach Südosten und ist der herzynischen Streichrichtung zuzuordnen. Gegensätzlich dazu verläuft die innere Struktur des Gebirges von Nordosten nach Südwesten und wird als erzgebirgische bzw. variszische Streichrichtung bezeichnet. Der Terminus *variszisch* beschreibt eine Gebirgsbildungsphase, das Variszikum im mittleren und späten Paläozoikum, in welcher der Harz seine heutige Form und Gestalt erhalten hat. (vgl. Möbus 1966: 10)

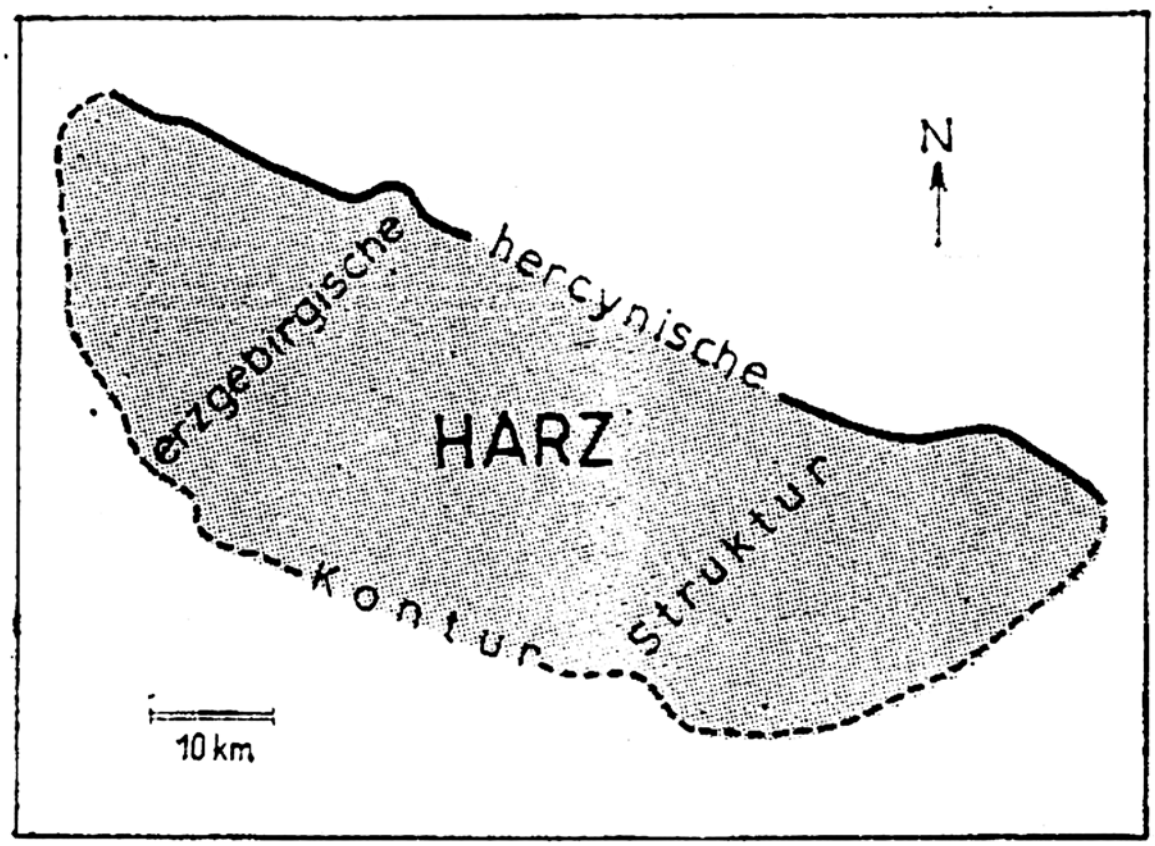


Abbildung 6.3 **Struktur und Kontur des Harzes, Nordost-Südwest (erzgebirgisch) verlaufende Struktur, Nordwest-Südost (herzynisch) verlaufende Kontur**
Quelle: Möbus 1966: 10

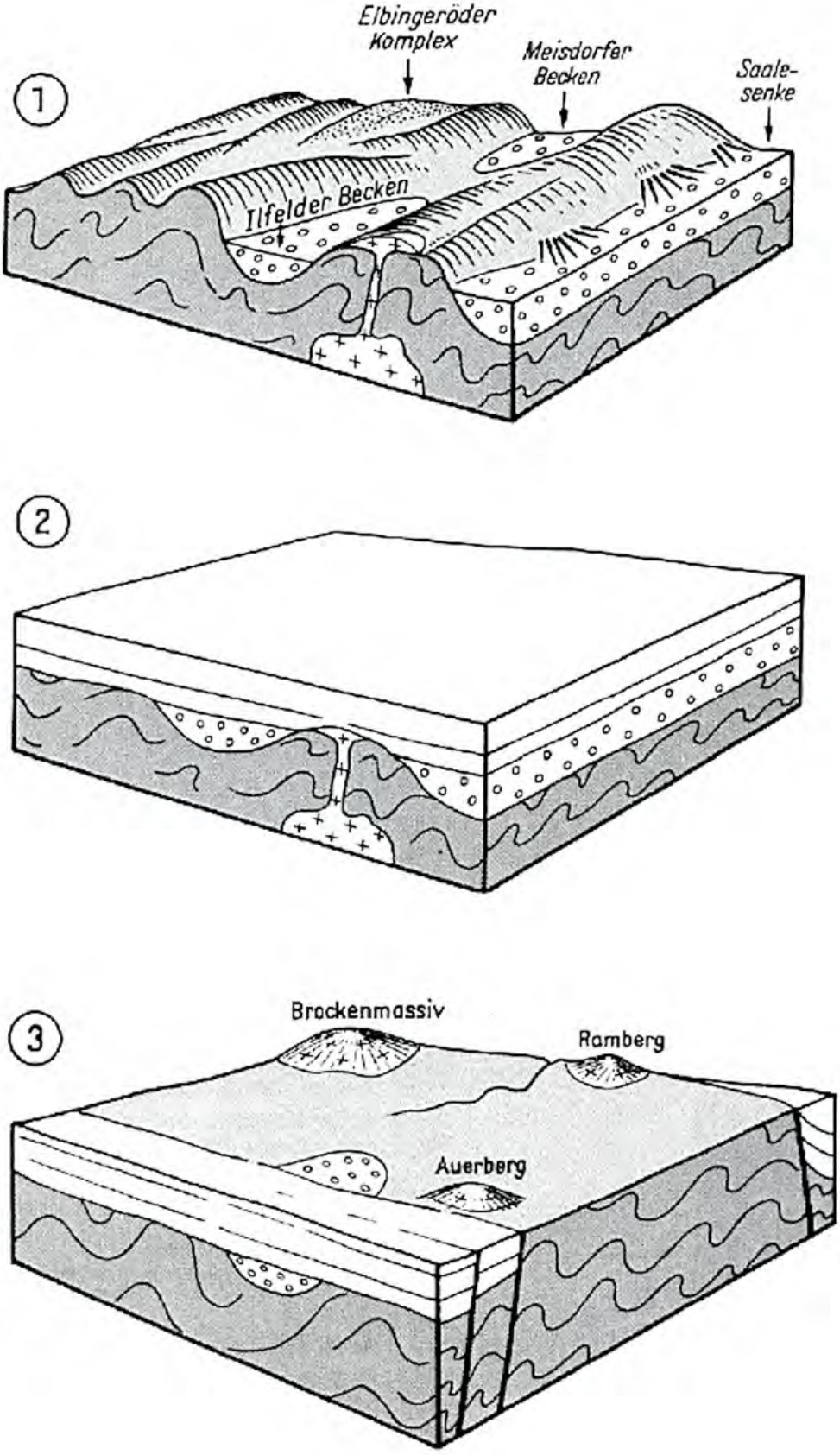
Die Harzscholle verfügt über eine Länge von 110 Kilometer und variiert in ihrer Breite zwischen 30 und 40 Kilometer (vgl. Meynen 1957). Ihr markanter Nordrand hebt sich im Hochharzbereich mit über 900 Meter vom nördlichen Vorland ab. Der Südrand der Pultscholle ist weniger auffällig und läuft in der Goldenen Aue aus. (vgl. Wagenbreth 1990: 65) Der Harz lässt sich in drei geologische Großbereiche untergliedern, welche sich durch markante Störungen voneinander abgrenzen: Unterharz, Mittelharz und Oberharz (vgl. Möbus 1966: 12).

Während des Paläozoikums – im Ordovizium, Silur, Devon und Unterkarbon – haben sich „*tonige, sandige und kalkige Sedimente*“ (Wagenbreth 1990: 64) mit einer Mächtigkeit von mehreren tausend Meter im Bereich des heutigen Harzes abgelagert. Während der Wende vom Unter- zum Oberkarbon vollzog sich die Hauptphase der variszischen Orogenese. Im Zuge dessen faltete sich das Gebiet und es entstanden zahlreiche, stark ausgeprägte Sättel (Antiklinalen) und Mulden (Synklinalen). Gegen Ende der Faltungsvorgänge ereignete sich noch etwas sehr Ausschlaggebendes für den sich später entwickelnden Formenschatz des Mittelharzes: In die Unterkruste der gefalteten Schichten intrudierte aufsteigendes Magma, welches allmählich auskühlte und zu Tiefengesteinen

erstarrte. Auf diese Weise bildete sich beispielsweise der Ramberggranit (vgl. Ließmann 2010: 10). Ferner ist die Umgestaltung von Schiefergesteinen zu Hornfelsen auf genanntes Geschehnis zurückzuführen. Die während des Variszikums entstandenen Höhenzüge des Faltengebirges wurden anschließend durch Abtragungsvorgänge zerstört. Die abgetragenen Sedimente lagerten sich in den Mulden des Faltengebirges ab und führten zu einer fast vollständigen Einebnung des Gebirges. Im darauffolgenden mitteleuropäischen Dyas, dem jüngsten geologischen Zeitabschnitt des Paläozoikums, erfolgte eine weitere Phase der Sedimentation. In der Jura- und Kreidezeit hob sich die saxonische Harzscholle und schob sich auf das nördliche Vorland auf. Dies führte zur Formung einer Aufrichtungszone, welche sich wiederum in der Entstehung einer Schichtrippenlandschaft äußerte. Ein bekanntes Beispiel einer solchen geomorphologischen Erscheinung ist die Felsformation der Teufelsmauer im nördlichen Harzvorland. Die Heraushebung des Harzes stellte eine Fernwirkung der saxonischen Bruchschollentektonik dar. Hervorgerufen wurde diese durch die Nord-Drift der Afrikanischen Platte gegen die Eurasische Platte. Aufgrund dieses Ereignisses setzte in der frühen Kreidezeit die alpidische Orogenese ein. In weiten Teilen Mitteleuropas führte dies zu Schollenbewegungen. Die Hebung des Harzes ist ein exemplarisches Beispiel für eine solche Schollenbewegung.

Zu Beginn des Tertiärs folgte eine erneute Abtragung der Deckschichten und Einebnung des Gebirges. Resultat dessen war das Freilegen des alten paläozoischen Grundgebirges mit Gesteinen aus dem Ordovizium bis zum Unteren Perm (Rotliegendes) und die Bildung flachwelliger Rumpfflächen. Oberhalb dieser Grundgebirgsrumpfflächen befanden sich vereinzelte Bergkuppen, welche gegenüber der Verwitterung und Abtragung widerstandsfähig waren, sogenannte Härtlinge. Der Brocken, der Ramberg und der Auerberg stellen Beispiele für solche Härtlinge dar. Im weiteren Verlauf des Tertiärs wurde die Pultscholle erneut um mehrere hundert Meter herausgehoben und der Harz erhielt seine heutige Mittelgebirgsform (vgl. Wagenbreth 1990: 64-66; Dillmann 2000: 1).

Die Bode setzt sich aus zwei Quellflüssen zusammen, der Kalten und der Warmen Bode, welche sich bei Königshütte vereinen. Die Warme Bode entsteht wiederum aus einem Zusammenfluss der Kleinen und der Großen Bode. Kalte und Große Bode entspringen unweit voneinander am Fuße des Brockens im Oberharz, die Kleine Bode hat ihren Ursprung am Fuße der Achtermannshöhe, dem vierthöchsten Berg des Harzes. Das Bodetal im engeren Sinne beschreibt einen Talabschnitt zwischen Treseburg und Thale, an welchem die Bode aus dem Harzgebirge austritt. Dieses Gebiet steht seit 1937 unter Naturschutz. (vgl. Oelsner 1988: 1)


1
Elbingeröder Komplex
Meisdorfer Becken
Saale-senke
Ilfelder Becken
2
3
Brockenmassiv
Ramberg
Auerberg

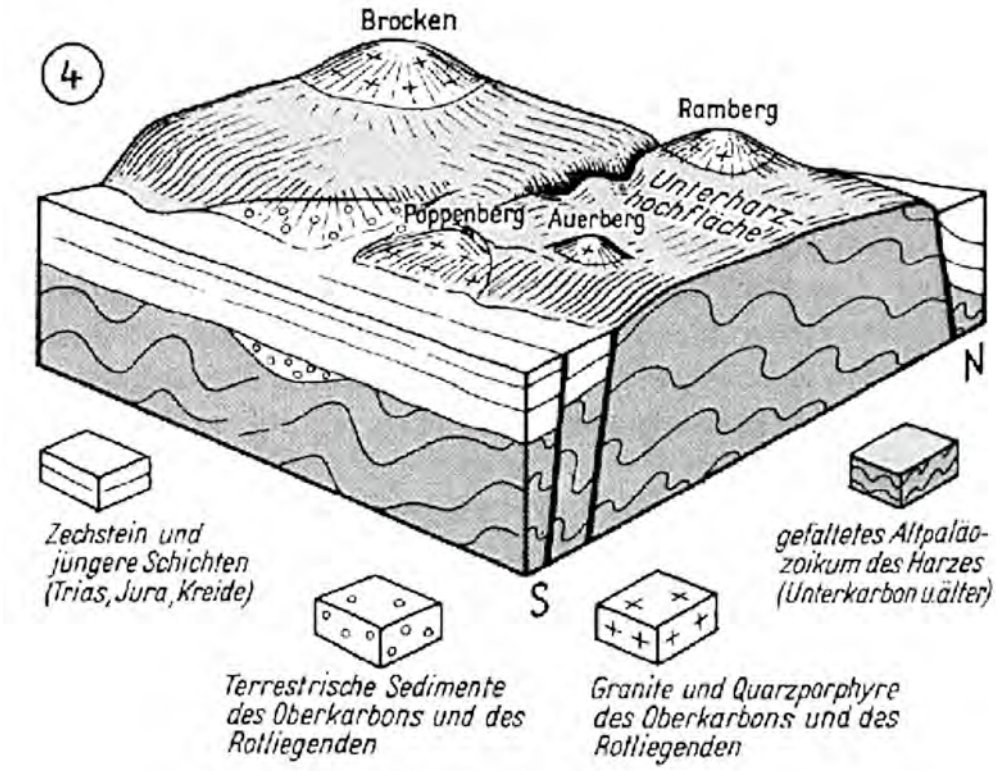


Abbildung 6.4 **Der erdgeschichtliche Werdegang des Harzes**

① Zur Zeit des Rotliegenden: Das Variszische Gebirge wird abgetragen, Gesteinsschutt sammelt sich in den Niederungen;

② Bis Ende der Trias: Über das abgetragene und eingeebnete Variszische Gebirge legen sich diskordant Schichten des Zechsteins und der Trias;

③ Zur Zeit des Tertiärs: Die in der Kreidezeit gehobene Harzscholle wurde abgetragen und ist zu einer Fastebene eingeebnet. Nur einzelne Härtlinge überragen diese;

④ Gegenwart: Die Harzscholle wurde im Jungtertiär/Altpleistozän nochmals gehoben (im Westen stärker als im Osten). Die Zertalung der Fastebene schuf die heutige Mittelgebirgslandschaft.

Quelle: Wagenbreth 1990: 64

Bereits zu Beginn des Tertiärs besaß die Bode ihren Flusslauf auf dem eingeebneten Grundgebirgstiefland in der Form, wie er auch gegenwärtig vorzufinden ist. Während der Hebung der Pultscholle verließ der Fluss sein Tal nicht, sondern war gezwungen, sich in dieses mithilfe von Tiefenerosion einzuschneiden. Die geologischen Gegebenheiten vor Ort verliehen der Bode einen vielförmigen Flusslauf mit facettenreichen Talprofilen. Im Talabschnitt zwischen Treseburg und Thale windet sie sich durch das schluchtartige Tal, welches bei Treseburg etwa 140 Meter Tiefe erreicht und bei Thale rund 280 Meter eingeschnitten ist. Diese imposante, steilwandige Schlucht ist auf den widerständigen Granit und Hornfels des Rambergs zurückzuführen, welcher während des

Prozesses der Einschneidung bestehen blieb und die gegenwärtige Bodetalschlucht als Resultat formte. Beliebte angrenzende und gut erschlossene Aussichtspunkte über das Tal und Abstiegspunkte hinab ins Tal sind der Hexentanzplatz und die Roßtrappe, beides Granitfelsen des Rambergranits. Der besagte Granit ist vor Ort durch seine helle Färbung, gut gerundete Form und zahlreichen Klüftungen aufgrund der sogenannten Wollsackverwitterung leicht erkennbar (vgl. Look 2006: 39). Konträr dazu hat sich die Bode in Talabschnitten, in welchen die Schiefergesteine dominieren, nur sehr flach und sanft eingeschnitten (vgl. Abbildung 6.5). Demzufolge ist das Tal das Ergebnis der Tiefenerosion der Bode und der Heraushebung der Harzscholle, welches durch die Beschaffenheit des umliegenden Gesteins beeinflusst wurde (vgl. Wagenbreth 1990: 71). Bei Thale verlässt die Bode das Harzgebirge und durchquert das Harzvorland, bis sie schließlich bei Nienburg in die Saale mündet.

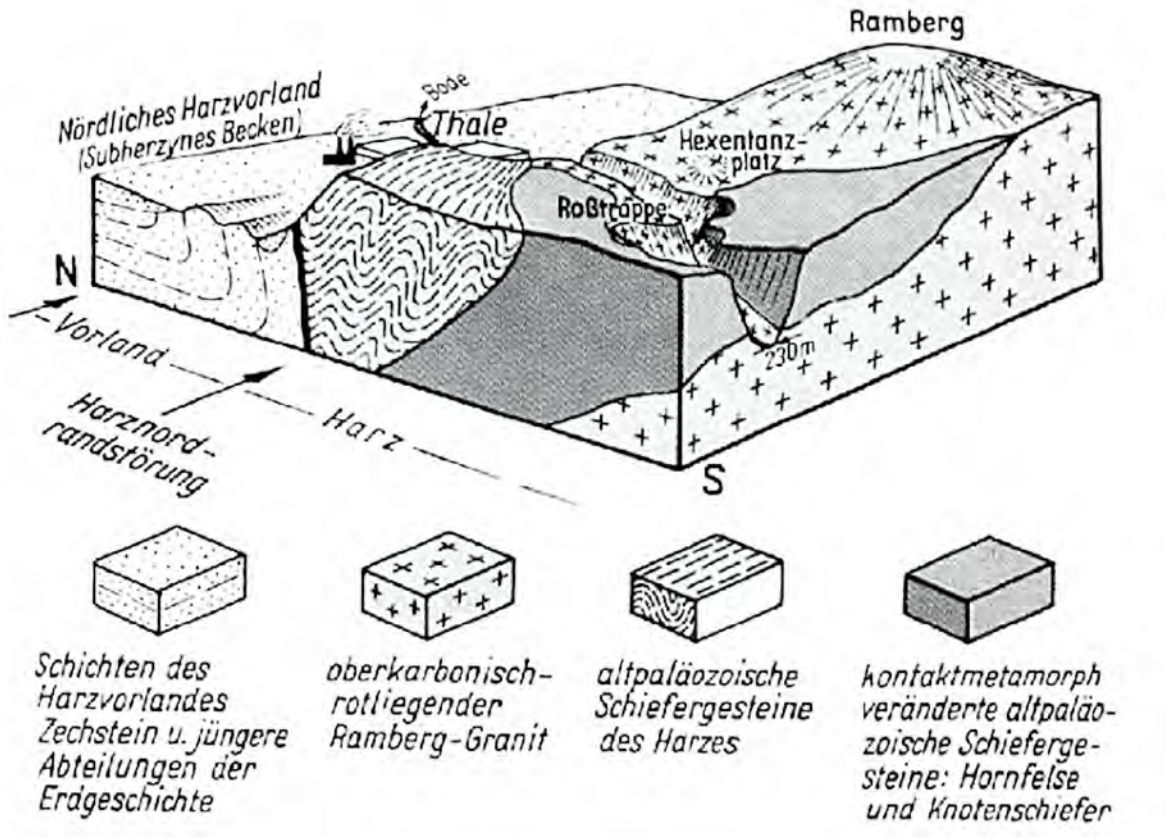


Abbildung 6.5 **Abschnitt des Bodetals zwischen Treseburg und Thale – zu sehen sind sowohl Ramberg (Härtling) als auch Hexentanzplatz und Roßtrappe**
Quelle: Wagenbreth 1990: 71

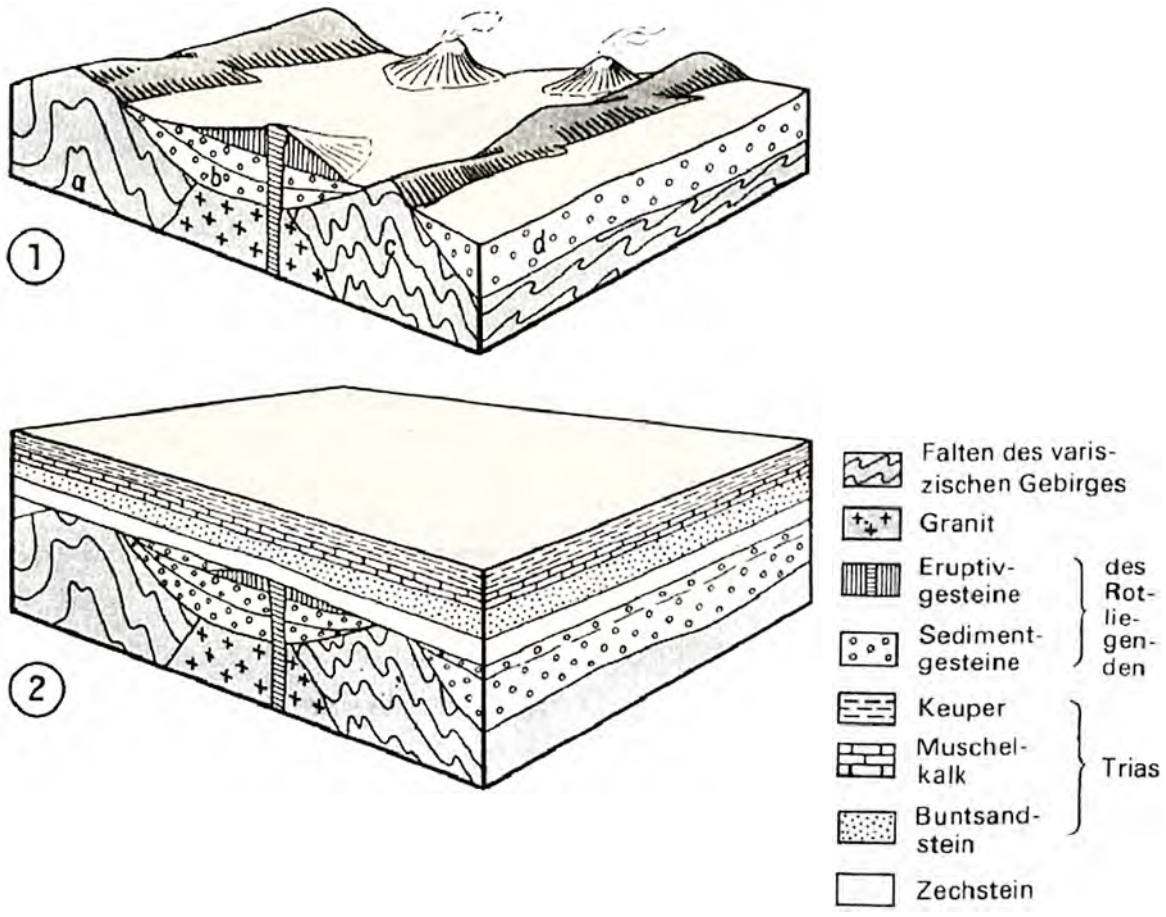
6.2 Exkursionspunkt 2: Drachenschlucht

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 50° 56' 41,5" N λ = 10° 18' 27,2" O h = 325 m ü. NHN	Reichliche Parkmöglichkeiten befinden sich an beiden Zugängen der Schlucht, im Norden am Mariental, im Süden an der Hohen Sonne. Die Buslinien 10, 11 und 31 verkehren vom Hauptbahnhof Eisenach zu den genannten Zugängen.

Die Drachenschlucht ist rund 20 Kilometer südlich von Eisenach im nördlichen Thüringer Wald gelegen, welcher im Norden an das flache Thüringer Becken grenzt. Der Thüringer Wald und das Thüringer Schiefergebirge bilden einen zusammenhängenden Teilgebirgszug des deutschen Mittelgebirges, der sich von Nordwesten nach Südosten zieht (vgl. Hanle 1992: 7).

Die ältesten Gesteine der Region lassen sich bereits auf das Erdzeitalter des Präkambriums zurückführen, das mehr als 600 Millionen Jahre zurückliegt. Zu dieser Zeit lagerten sich vorwiegend Sedimente marinen Ursprungs ab, vereinzelt auch magmatische Gesteine. Als sich während des Karbons die variszische Orogenese vollzog, wurde Mitteleuropa gefaltet und legte sich in zahlreiche Sättel und Mulden. In Thüringen sind diese von Nordwesten nach Südosten wie folgt zu betiteln: Eisenacher Mulde, Ruhlaer Sattel, Oberhöfer Mulde und Schwarzburger Sattel. Auf erstere, die Eisenacher Mulde, wird im späteren Verlauf noch genauer eingegangen, da sich dort die Drachenschlucht befindet. Im Laufe der Gebirgsbildung und der damit einhergehenden tektonisch aktiven Zeit wandelten sich Sedimentgesteine aufgrund von hohem Druck und Temperaturen zu metamorphen Gesteinen um. Im Anschluss an diese Phase hoher tektonischer Aktivität, begann sich das variszische Gebirge zu heben. Zeitgleich kam es zu Abtragungsvorgängen. Die Molasse, abgetragene Sedimente eines Faltengebirges, lagerte sich in den Mulden ab und führte dort zu einer Aufschüttung der Hohlformen. Das Resultat dieses Prozesses ist die fast vollständige Einebnung des Gebirges und die Formung einer Flachlandschaft. Zu Beginn der Zechsteinzeit senkte sich das abgetragene Gebirge epirogenetisch mitsamt des nördlichen Variszikums. Darauf folgte eine erneute Ablagerungsphase, welche durch die Transgression des Zechsteinmeeres hervorgerufen wurde. (vgl. Hanle 1992: 7f.). Dieses hinterließ eine ungefaltete Deckschicht, die sich aus Abfolgen von Kalken, Dolomiten, Tonsteinen, Evaporiten, Anhydriten, Steinsalzen und Kalisalzen zusammensetzte (vgl. Krähahn 1991: 11). Weiterführend folgte die dreigeteilte Germanische Trias, welche die festländische Ablagerung des Buntsandsteins, die Überschwemmung aufgrund des Vorrückens des Muschelkalkmeeres und letztlich eine weitere terrestrische Ablagerungsphase, den Keuper, umfasst. Jeder dieser Teilabschnitte hinterließ eine mehrere 100 Meter mächtige Schichtenfolge. Gegen Ende des Mesozoikums kam es zu einer Bruchbewegung, die sowohl den variszischen Unter-

grund als auch die permisch-mesozoischen Deckschichten in diverse, Nordwest-Südost-verlaufende Schollen zerteilte. (vgl. ebd.) Im Zeitabschnitt der Oberkreide wurde eine dieser Schollen emporgehoben und formte den heutigen Thüringer Wald. Wie bereits in Abschnitt 6.1 erläutert, stellt auch die Heraushebung des Thüringer Waldes eine Fernwirkung der saxonischen Bruchschollentektonik dar, die sich in Form einer Kollision der Afrikanischen mit der Eurasischen Platte äußerte und schließlich ab der frühen Kreidezeit die alpidische Orogenese verursachte. Während der Emporhebung setzten starke Abtragungsvorgänge an den Deckschichten ein, sodass der Thüringer Wald heute ein kleines freigelegtes Stück des alten Variszischen Gebirges zum Vorschein bringt. Die tektonische Aktivität hielt noch bis zum Ende des Tertiärs an und verstummte schließlich. (vgl. ebd.) Ein weiterer Zeitabschnitt, der für die heutige Formengestalt des Thüringer Waldes ausschlaggebend war, ist das Quartär. Zu dieser Zeit, insbesondere im Pleistozän, wandelte sich das Klima und wurde von alternierenden Kalt- und Warmzeiten geprägt. Dies führte zu einer verstärkten Eintiefung der Flüsse und einer daraus resultierenden Zerschneidung der Flächen und Flachformen. Das darauffolgende Holozän brachte keine wesentlichen geologischen und geomorphologischen Veränderungen mit sich. Somit entspricht die augenblickliche Gestalt des Thüringer Waldes jener der letzten Eiszeit. (vgl. Krähahn 1991: 11-13)



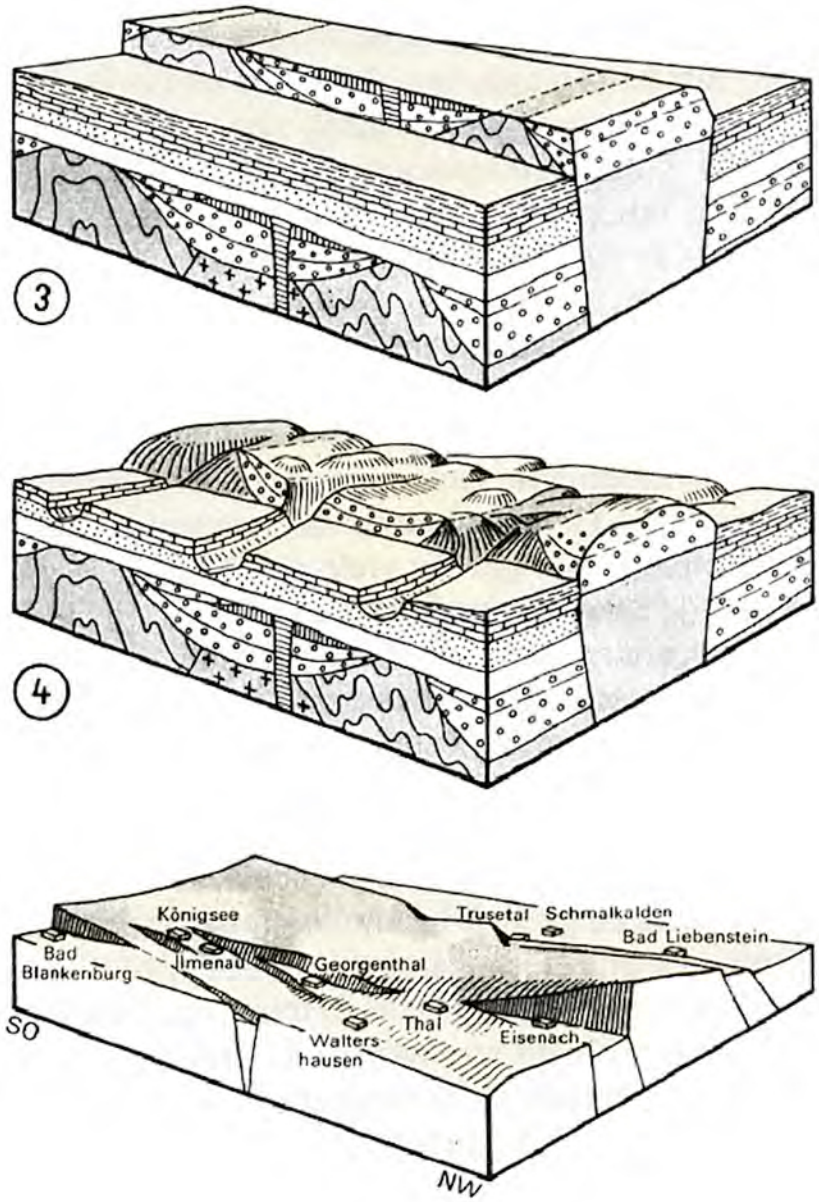


Abbildung 6.6 **Der erdgeschichtliche Werdegang des Thüringer Waldes**

① Zur Zeit des Variszischen Gebirges: a) Schwarzburger Sattel; b) Oberhöfer Mulde; c) Ruhlaer Sattel; d) Eisenacher Mulde

② Am Ende der Trias: Das Gebirge ist abgetragen und von jüngeren Schichten überlagert

③ In der Kreidezeit und Tertiär: Der Thüringer Wald ist als Horstscholle emporgehoben; auf dieser sind die jüngeren Schichten abgetragen

④ In der Gegenwart: Der Thüringer Wald und sein von Tälern zerschnittenes Vorland

Quelle: Krähahn 1991: 10 (nach Wagenbreth/Steiner 1990)

Seit 1977 gilt die Drachenschlucht als Naturdenkmal und ist Teil des Naturschutzgebietes *Wartburg – Hohe Sonne*, welches wiederum im Jahre 1961 unter Schutz gestellt wurde (vgl. Stadt-

verwaltung Eisenach 2004). Erschlossen wurde sie 1832 und zählt laut Angaben aus dem Jahre 1985 jährlich etwa 150.000 Besucher (vgl. Forstamt Marksuhl). Der besagte Talabschnitt ist maximal zehn Meter tief eingeschnitten, misst in seiner Länge 198 Meter und beeindruckt mit seiner engsten Stelle, an welcher er lediglich 68 Zentimeter breit ist (vgl. Weigel 1993: 32). Fälschlicherweise wird die Drachenschlucht als „Schlucht" betitelt. Betrachtet man die geomorphologischen Gegebenheiten jedoch genauer (siehe Abschnitt 6.1), lässt sich feststellen, dass es sich in ihrem Fall um eine Klamm handelt. Das widerständige Wartburg-Konglomerat ist für ihre durch Tiefenerosion entstandene Form verantwortlich. Ihre Wände zeichnen sich durch eine senkrechte, teils überhängende Gestalt aus und ihr bedeutendstes Charakteristikum, der extrem schmale Talquerschnitt, wird gänzlich vom Marienbach durchflossen.

Die Eisenacher Mulde verfüllte sich mit Molasse, den abgetragenen Sedimenten des Gebirges. Diese Aufschüttung wird als Eisenach-Formation betitelt und ist stratigraphisch dem Oberrotliegend zuzuordnen. Die besagte Formation ist eine vulkanitfreie Rotsediment-Abfolge, welche sich aus Tonschiefern und Konglomeraten zusammensetzt und eine Gesamtmächtigkeit von 200 bis 600 Metern erreicht (vgl. Lützner 1981, zit. in: Heubeck 2009: 41). Das Zusammenspiel der unterschiedlich widerständigen Gesteine spiegelt sich in der Formengestalt des Talquerprofils wider. Während sich der Marienbach in die weicheren, weniger widerständigen Tone nur sehr sanft einschnitt und flache Talhänge gestaltete, formten sich schmale, tiefe Einschnitte im Bereich der harten Konglomerate.

Das Rotliegend ist von zahlreichen Klüften verschiedenster Richtungen durchzogen, Abbildung 6.7 verdeutlicht dies anschaulich. Aufgrund von dort einsickerndem Regenwasser, welches das anstehende Gestein angriff und verwittern ließ, weiteten und entwickelten sich diese zu Furchen. Dort konnte das Wasser abermals besser ansetzen, sodass ein selbstverstärkender Prozess entstand. Der Bach suchte sich seinen Weg entlang der zahllosen Klüfte. Da sich diese häufig kreuzten, schlug der Marienbach wiederholt abrupte Richtungsänderungen ein. Dies lässt sich bei einem Besuch in der Drachenschlucht leicht beobachten. Achtet man bei einer solchen Richtungsänderung auf die Klammwände, sind verschieden ausgerichtete Klüfte gut ersichtlich. Eine weitere Auffälligkeit vor Ort sind die reichlich vorhandenen Eintiefungen in den senkrechten Wänden, welche man auf allen Höhen der Klamm wahrnehmen kann. Diese stellen Strudelnischen dar und lassen sich auf die erodierende Kraft des turbulenten Wassers zurückführen. Mitgeführte Materialien haben den Aushöhlungsprozess verstärkt. Die unterschiedlichen Höhen geben Aufschluss über die sich verändernden Wasserniveaus, die einst in der Klamm geherrscht haben. (vgl. Hanle 1992: 100)

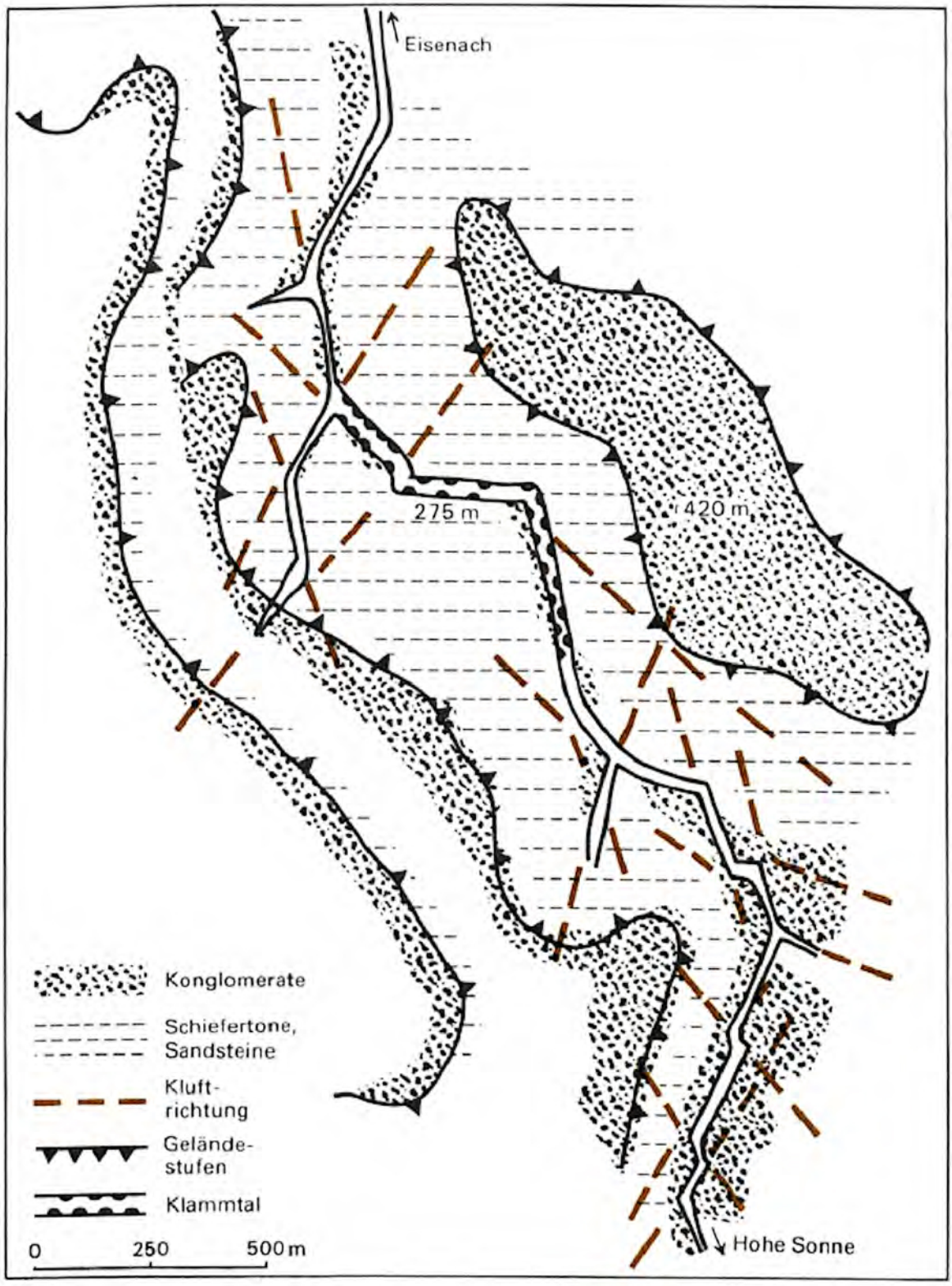


Abbildung 6.7 **Verlauf der Drachenschlucht**
Quelle: Krähahn 1991: 37 (nach Wagenbreth/Steiner 1990, ergänzt)

Die Drachenschlucht zeichnet sich nicht bloß durch ihre bemerkenswerte Geologie und Geomorphologie aus. Auch hinsichtlich Flora und Fauna sind vor Ort besondere Gegebenheiten anzutreffen. Aufgrund ihrer enormen Enge herrscht sowohl im Winter als auch im Sommer ein ständig schattiges, „*kühles und feuchtes Lokalklima*“ (Hanle 1992: 100), welches sich deutlich von den umliegenden klimatischen Bedingungen abgrenzt. Dies äußert sich in einer „*eigentümlichen Pflanzen- und Tierwelt*“ (ebd.), welche verschiedenste Moose, Farne und Kräuter, aber auch beispielsweise Feuersalamander und Ruderfußkrebse beheimatet. (vgl. ebd.)

6.3 Exkursionspunkt 3: Breitachklamm

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 47° 23' 39,2" N λ = 10° 13' 58,8" O h = 900 m ü. NHN	Es bestehen Busverbindungen vom Bahnhof Oberstdorf sowohl zum oberen (Buslinie Walsertal) als auch zum unteren Eingang (Buslinie Tiefenbach) der Breitachklamm.

Die Breitachklamm befindet sich in den nördlichen Kalkalpen, die sich mit einer Länge von rund 500 Kilometer vom Rheintal bis zum Wienerwald erstrecken (vgl. Froitzheim o.J.: 25) und einen beispielhaften Falten- und Überschiebungsgürtel darstellen (vgl. ebd.: 32).

Zunächst einmal konzentrieren wir uns auf die tektonische Entstehung der Nördlichen Kalkalpen. Zwischen dem Erdaltertum Paläozoikum und dem Erdmittelalter Mesozoikum befand sich zwischen dem heutigen Europa und Afrika das Urmeer Tethys. An seinem Westende nahm es die Gestalt eines breiten, flachen Schelfmeeres an. Auf dem Schelfbereich des Meeres wurden jene Sedimente abgelagert, welche die heutigen Alpen formen. Auch der Schrattenkalk, der in den Nördlichen Kalkalpen vorzufinden und maßgebend für den Formenschatz des Breitachtals ist, lässt sich auf die genannten Ablagerungsvorgänge zurückführen. Er bildete sich aus kalkigen Überresten diverser Lebewesen wie beispielsweise aus Schalen- und Skelettteilen von Muscheln, Korallen und Schwämmen und verkittete sich anschließend zu mächtigen Kalksteinlagen. Der Schrattenkalk lässt sich dem Deckensystems (siehe Erläuterung im weiteren Textverlauf) des Helvetikums zuordnen. Während des Juras kam es zu einem Zerbrechen der Schelfzone, was sich in der Formung eines Bruchsystems und der Bildung eines Bruchschollenreliefs äußerte. In der anschließenden Kreidezeit bewegte sich die Afrikanische Platte allmählich nordwärts gegen die Europäische Platte und deutete somit die ersten Vorzeichen der alpidischen Orogenese an. Aufgrund der Bewegungsvorgänge wurden abgelagerte Gesteine eingeengt, gefaltet und angehoben, sodass das nun entstandene Gebirge oberhalb des Meeres zum Vorschein kam. Neben Faltungen und Hebungen kam es auch zu Übereinanderlagerungen von Schichten. Aus dem Faltengebirge stammende Gesteinskörper, wel-

che sich aufgrund der Schubbewegungen übereinander lagern, bezeichnet man als (tektonische) Decken. Stratigraphisch gesehen gehören die Decken der Nördlichen Kalkalpen den Zeitabschnitten Perm bis Eozän an, das Überschieben der Decken vollzog sich hingegen vorwiegend in der Kreidezeit bis zum Turon (vgl. ebd.: 25). Mithilfe der Deckenüberschiebungen lässt sich auch die Tatsache, dass sich gegenwärtig ältere Schichten über jüngeren Schichten befinden, erklären. Im Tertiär kam es schließlich zur Kollision der sich angenäherten Platten. Die bereits gefalteten Schichten wurden erneut zusammengeschoben, in Falten gelegt, gehoben und letztlich von ihrem Untergrund separiert. Das abgetrennte Gebilde schob sich im Folgenden gen Norden und kam an seinem heutigen Platz zum Erliegen. Im Zuge der Gebirgsanhebung kam es zeitgleich zu intensiven Abtragungsvorgängen. (vgl. Nasemann 2015: 14f.)

Das heutige Breitachtal entstand im Zuge des Quartären Eiszeitalters unter dem Einfluss von Gletscher- und Flusserosion. Während des jüngsten Glazials wurde das Tal von einem etwa 700 Meter mächtigen Gletscher überdeckt, der schlussendlich abschmolz und ein glazial geformtes Trogtal hinterließ (vgl. Bayerisches Landesamt für Umwelt 2005). Während des Würmspätglazials kam die Erosionskraft der Breitach zum Wirken (vgl. Völk 2004: 12). Aufgrund des starken Gefälles gelang ihr eine sehr tiefgreifende Einschneidung. Ihr Flusslauf wurde von tektonischen Bruchlinien determiniert, entlang derer sie sich ihren Weg bahnte. Die vorherrschende Verlaufsrichtung zielt nach Nord-Nordost (vgl. ebd.: 56). Im Talabschnitt, in dem der Schrattenkalk vorherrscht, bildete sich ein Tal mit Klammcharakter aus. Dieses Teilstück zieht sich insgesamt über etwa 1,3 Kilometer Länge (vgl. ebd.: 58). Der beträchtlichste und eindrucksvollste Klammabschnitt misst fast 90 Meter in der Tiefe und lediglich zwei Meter in der Breite und wird im Volksmund als „der Zwing“ bezeichnet. In den angrenzenden Talabschnitten, sowohl oberhalb als auch unterhalb der Klamm, entstanden aufgrund von geringer widerständigen und leicht erodierbaren Gesteinen wie beispielsweise Mergel- und Sandsteinen „Schluchten bzw. schluchtartige Klammen“ (vgl. ebd.: 59). Innerhalb der Klamm gibt es einige freiliegende Stellen, an welchen man einen Eindruck sowohl von den endogenen als auch von den exogenen Kräften bekommt, welche die Breitachklamm maßgeblich gestaltet haben. Mit ein wenig Aufmerksamkeit lässt sich die Struktur des Sattels, der sich im Zuge der Faltung herausbildete, während des Passierens der Klamm gut erkennen. Vor allem sind der Sattelscheitel – das ist der höchste Punkt des Sattels – und die Stelle, an der die Schichten eine Richtungsänderung erfahren, gut ersichtlich. Darüber hinaus stellen Strudeltöpfe im Bachbett und Kolkmarken in den Wänden Zeugnisse der jahrelangen Schleifwirkungen des Wassers dar (vgl. Bayerisches Landesamt für Umwelt 2005).

Seit dem Jahre 1905 ist die Breitachklamm begehbar und zählt jährlich über 300.000 Besucher.

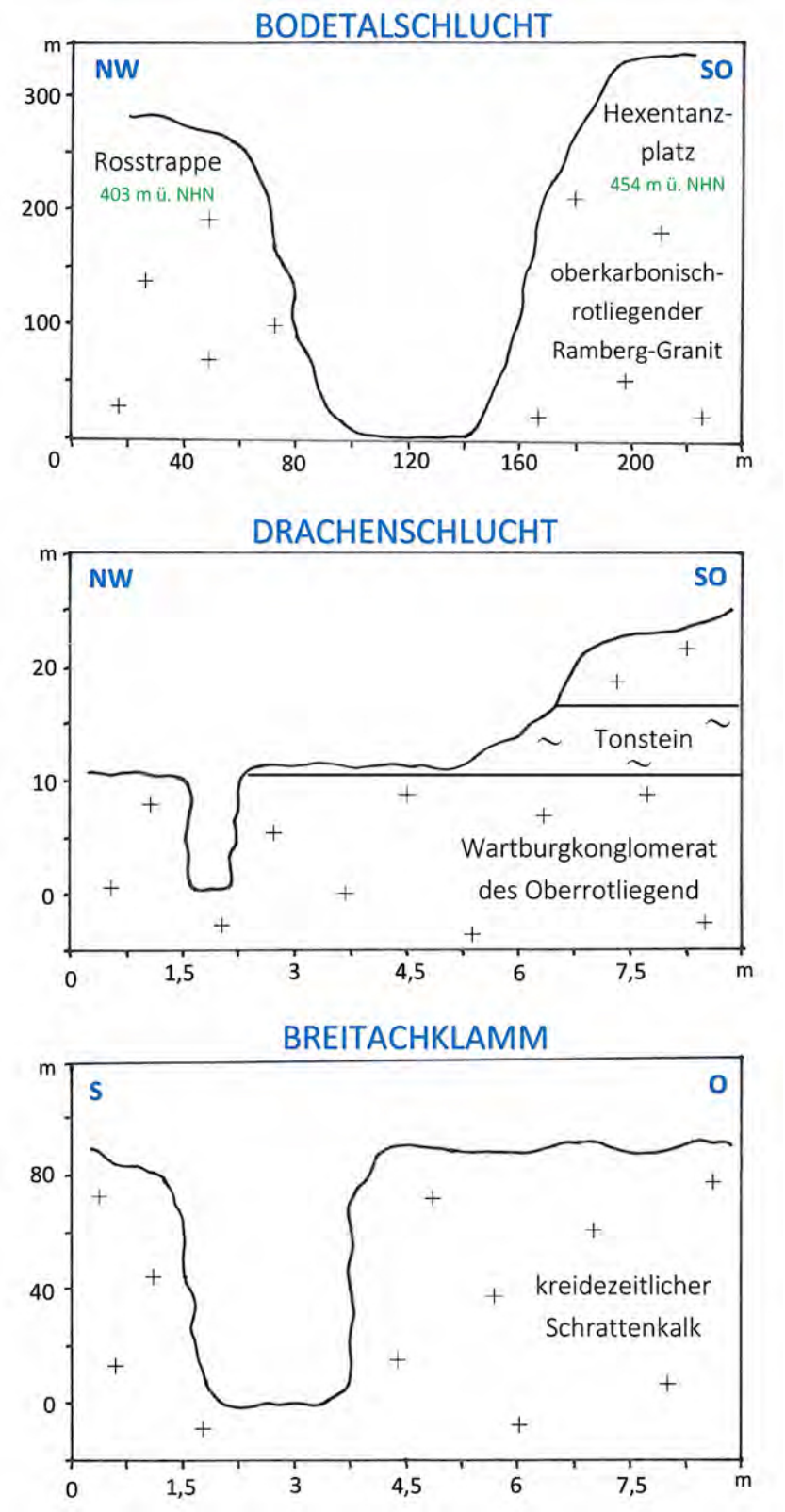


Abbildung 6.8 **Gegenüberstellung der drei Beispieltäler (Skizze)**
Darstellung: Doreen Johann (Drachenschlucht: nach Weber 1926)

In Abbildung 6.8 werden die erläuterten Täler nochmals vergleichend dargestellt. Die Abbildung vermittelt einen sehr anschaulichen Eindruck über die Verschiedenartigkeit und Variationsbreite von Talformen. Ferner bietet sie einen Überblick über die jeweils vor Ort anzutreffenden geologischen Gegebenheiten. Man beachte die Skalierung der jeweiligen Skizzen.

Verwendete Hauptquellen

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2005): *Breitachklamm*. Online: http://www.lfu.bayern.de/geologie/geotope_schoensten/31/index.htm (Abruf: 29.03.2016)

Hanle, A. (1992): *Thüringer Wald und Schiefergebirge*. In: Geographisch-Kartographisches Institut Meyer (Hrsg.): Meyers Naturführer, Mannheim: Bibliographisches Institut

Krähahn, G. et. al. (1991): *Thüringer Wald und nördliches Vorland*. Gotha: Haack

Wagenbreth, Otfried/Steiner, Walter (Hrsg.) (1990): *Geologische Streifzüge – Landschaft und Erdgeschichte zwischen Kap Arkona und Fichtelberg*. 4. Auflage. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie

7 Die Ilse und ihr Flusstal

Stefanie Lüdicke

Sie ist eine von vielen, jedoch bei genauerer Betrachtung einzigartig, wechselhaft und nicht ohne Grund für einige inspirierend. Heinrich Heine machte sie in einem Gedicht zur Prinzessin, sie diente als Vorlage für die Oper *Hänsel und Gretel* und wird oft als wildromantisches Ausflugsziel beschrieben. Was macht sie aber aus physisch-geografischer Sicht zur Prinzessin und einen Blick mehr wert?

Einführung ins Thema

In Abbildung 7.1 sind das Einzugsgebiet und der Verlauf der Ilse dargestellt. Das Gebiet, das sie beeinflusst und auf das sie selbst Einfluss hat, umfasst ca. 290 km². Ihr Quellgebiet befindet sich südöstlich des Brockengipfels, im Hochharz gelegen, am Osthang der Heinrichshöhe (1.039,5 m ü. NHN) auf einer Höhe von etwa 950 m ü. NHN.

Die Beschaffenheit des Untergrundes als weitgehend wasserundurchlässige Schicht, Unterschiede im Relief, hohe Niederschläge und Luftfeuchtigkeit konnten hier ein soligenes Hangmoor entstehen lassen. Dieses sensible Ökosystem hat Einfluss auf die Wasserführung der Ilse. Aber welchen? – Untersuchungen haben gezeigt, dass die Erosionsrinnen des Ilsemoores „*[…] einen raschen Abfluss von Hangwasser und Niederschlag bedingen*“ (Böhlmann 2004: 5). Dies führt zu einer Verzögerung des Abflusses von ca. 2 Stunden. (vgl. ebd.). Weitere hydrologische Betrachtungen werden am Pegel Ilsenburg (siehe Exkursionspunkt 7.2) dargelegt, um der Thematik Flussgebiet etwas näher zu kommen.

Das zeigt aber auch, wie wichtig die Betrachtung des Untergrundes und des Reliefs ist, da diese zwangsläufig die Gegebenheiten der Ilse beeinflussen. Vom Quellgebiet bis nach Ilsenburg existieren einige Besonderheiten, die durch den Exkursionspunkt 7.1 berücksichtigt werden.

Nach Einteilung der Oberflächengewässerverordnung ist die Ilse ein kleines Fließgewässer des Typs 5, ein grobmaterialreicher silikatischer Mittelgebirgsbach (vgl. Anlage 1 zu § 3 OGewV). Zu dieser Typisierung werden Ausgangsgestein, Strömungsbild, Sohlsubstrate, Talbodengefälle, Wasserbeschaffenheit, aber auch die Fischregion herangezogen. In ihrem Fall ist das Ausgangsgestein vom Granit des Brockens bestimmt. Ihr Strömungsbild gehört zu den turbulent und schnell fließenden, mit einem charakteristischen Wechsel von flach überströmten Schnellen und tieferen ruhigeren Stillen. Ihr Sohlsubstrat besteht aus Schotter, Steinen aber auch feinkörnigen Substraten, lokal sind Blöcke dominierend. Dieser Wildbach-Charakter ist von der Quelle bis nach Ilsenburg durch-

gehend vorhanden und macht sie zu diesem oben erwähnten romantischen Flusslauf, der morphologisch Einiges zu bieten hat.

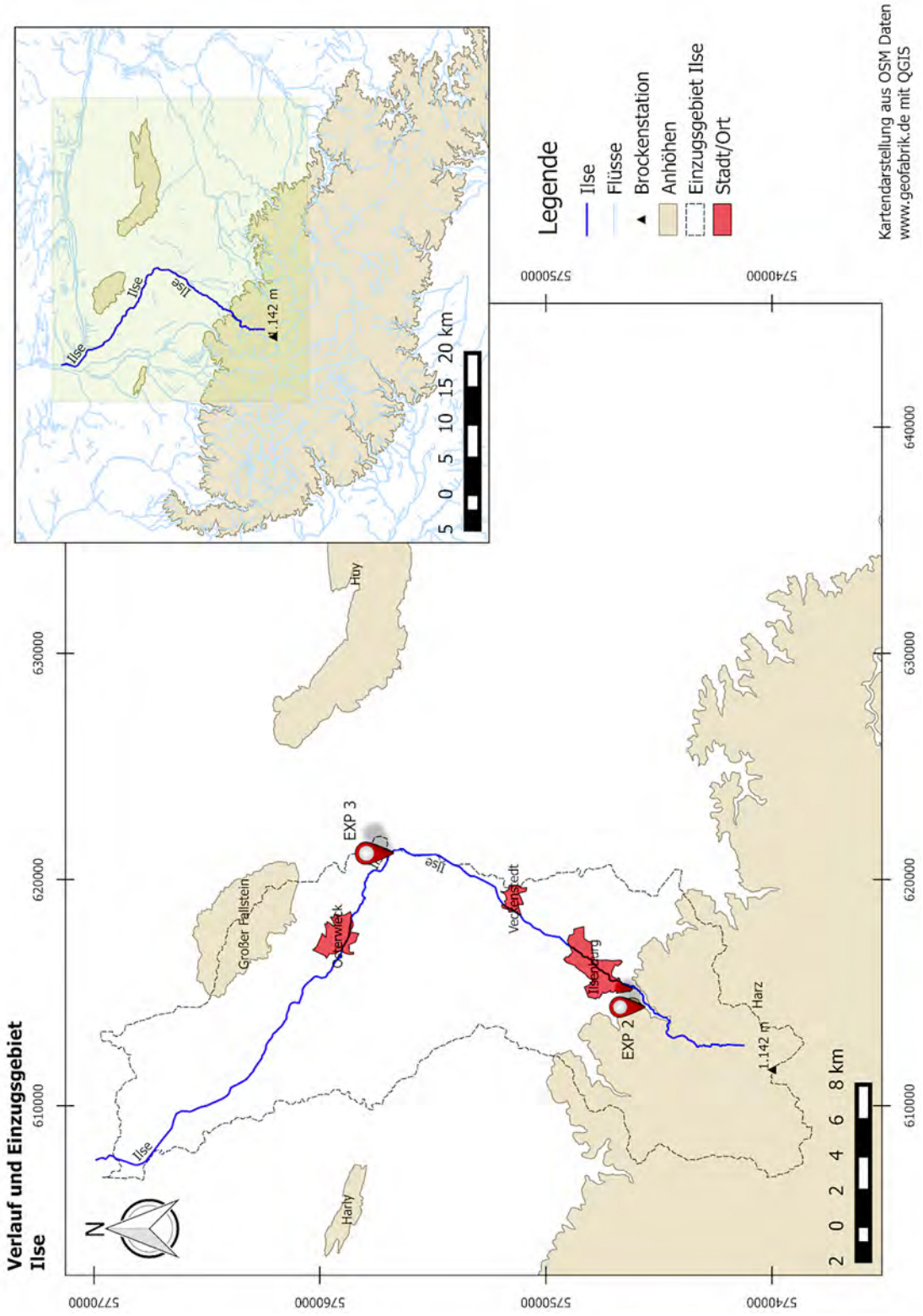


Abbildung 7.1 **Verlauf und Einzugsgebiet der Ilse**
Darstellung: Stefanie Lüdicke

Bei nochmaligem Blick auf die Karte ist die Richtungsänderung im Verlauf der Ilse am Großen Fallstein auffallend. Was hat diese Änderung hervorgerufen? Und mit welchen geografischen Methoden wurde dieses Phänomen erklärt? Dies soll Inhalt des Exkursionspunktes 7.3 sein.

Rechtlich gesehen gehört die Ilse zu einem Gewässer 2. Ordnung. Das ist insofern von Bedeutung, weil hierdurch bestimmt wird, wer zur Unterhaltung des Gewässers verpflichtet ist. Für die Gewässer 1. Ordnung sind der Bund und das jeweilige Bundesland zuständig. Nur wichtige Abschnitte, die z.B. als Gewässerstraßen dienen, werden vom Land getragen, alle anderen Abschnitte eines Gewässers 2. Ordnung werden durch die Gemeinden oder Städte unterhalten. Die Gewässer, die der 3. Ordnung angehören, liegen in der Verantwortung des Eigentümers von Grund und Boden. Dieser Hintergrund der Bewirtschaftung ist wichtig, da hier etwaige finanzielle Ressourcen und damit auch Möglichkeiten der Renaturalisierung und Qualität des Gewässers bestimmt werden. Da das Flusssystem nicht an der Eigentumsgrenze stoppt, ist es sicherlich für alle Bevölkerungsanteile von Bedeutung, wer wofür zuständig ist. Für die Betrachtung der physisch-geografischen Besonderheiten hat die anthropogene Beeinflussung in jedem Fall eine wichtige Stellung und darf bei der genaueren Analyse eines Gebietes nicht vergessen werden.

7.1 Exkursionspunkt 1: Vom Quellgebiet bis nach Ilsenburg und weiter

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 35' 45" N λ = 10° 36' 08" O h = 950 m ü. NHN	Fußweg von 13 km Länge mit einem Unterschied von ca. 700 Höhenmeter, ein Wanderweg ist vorhanden.

Das Gesteinsinventar des Einzugsgebietes der Ilse berührt unterschiedlichste geologische Zeitalter, die ihren Verlauf prägen. Die Abbildung 7.2 zeigt eine Skizze der Ilse im Profil von ihrem Quellgebiet bis zur Mündung. Sie hat eine Länge von 42,9 km.

Im Oberlauf handelt es sich bei den Gesteinen um Granite, die zur Zeit des Oberkarbons entstanden sind. Zu dieser Zeit lag der Harz noch auf der Südhalbkugel unseres Planeten. Durch den Kompressionsdruck der gegenläufigen Afrikanischen und Eurasischen Platte kam es zur variszischen Orogenese. Unter der Erdoberfläche stieg Magma auf und bildete hier unter anderem den Brockenpluton, ein überwiegend basenarmes, festes Gestein, das einen besonders hohen Nutzen im Abbau haben könnte, aber durch seine Höhenlage und das umliegende Schutzgebiet auch in Zukunft nicht zum großräumigen Abbau herangezogen werden kann. (vgl. Lange/Steiner 1973: 181f.)

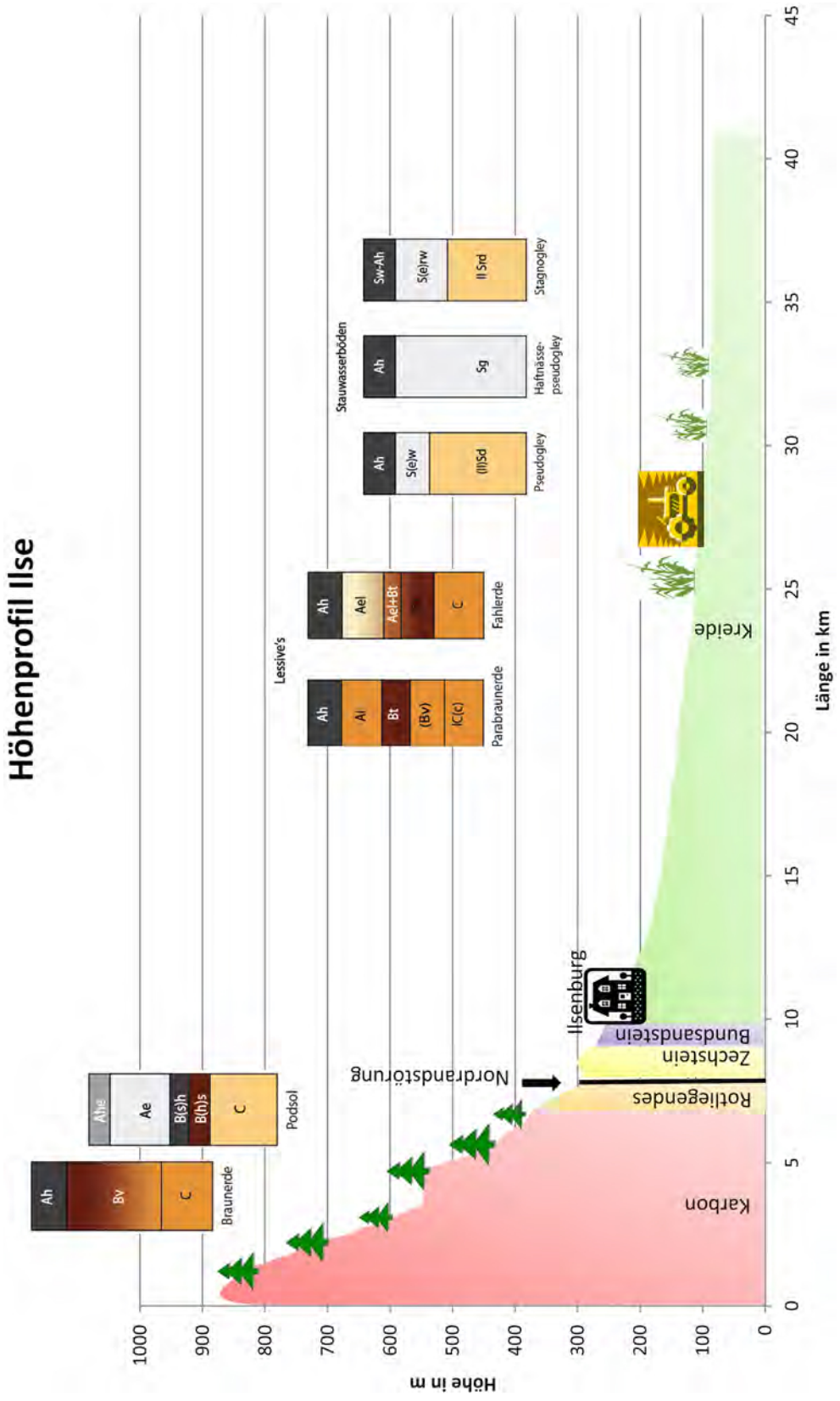


Abbildung 7.2 **Höhenprofil der Ilse**
Darstellung: Stefanie Lüdicke

Dieses feste Gestein und die hohe Fließgeschwindigkeit im Oberlauf bedingen, dass die Ilse nicht großflächig mäandrieren kann. Sie ist eher gestreckt bis leicht gewunden mit einem unverzweigten Lauftyp. Die Betrachtung des Lauftyps könnte Anhaltspunkte für einen Wandel in der Umgebung oder im Profil geben. „*Kleinräumige Bank- und Inselbildungen weisen auf Verengungen und Erweiterungen des Abflussquerschnitts hin*“ (Barsch et al. 2000: 213). Bereits anhand von Kartenmaterial kann überprüft werden, wie weit der naturräumliche Wirkungsbereich des Flusses reicht, eine Begehung zur Überprüfung sollte aber nicht ausgeschlossen werden. „*Wird die Linienführung verändert, ändern sich die Erosions-, Transport- und Akkumulationsprozesse des Gewässers und damit der gesamte Feststoffhaushalt*“ (ebd.). Beispielsweise ist die Erosionsfähigkeit eines mäandrierenden Flusses mehr von Seitenerosion bestimmt als von Tiefenerosion. Wobei wiederum ein gestreckt und schnell abfließender Fluss im Oberlauf zu Tiefenerosion neigt (vgl. ebd.) – so auch im Fall der Ilse, die im Oberlauf durch Tiefenerosion einige Kerbtäler in den Granit geformt hat. Aber nicht nur der oberkarbone Granit prägt die Morphologie des Flusses. Im Oberlauf gibt es eine Besonderheit im Aussehen der Ilse. Nach ihrem Quellbereich bei Kilometer 2 verschwindet sie unter großen Felsblöcken für ca. 1,5 km und wird als „verdeckte Ilse“ bezeichnet. Was hat diese Erscheinung hervorgerufen? – Hier gibt es immer noch keine einheitliche Erklärung. Es wäre aber möglich, dass es sich hierbei um eine Solifluktionserscheinung handelt. „*[A]uf dem oberflächlich aufgetauten Dauerfrostboden der Eiszeit begannen diese Blöcke zu rutschen. Dafür reichen Hangneigungen von 1° aus*“ (Knolle et al. 1997: 102). Die Blöcke rutschten zur Taltiefenlinie und füllten sie voll aus, sodass der Wasserlauf nicht sichtbar ist.

Granit gehört zu den Tiefengesteinen, die Ausbildung von größeren Kristallen, macht sie anfälliger für physikalische Verwitterung. „*Die verschiedenen Minerale eines Gesteins dehnen sich bei Erwärmung unterschiedlich stark aus. Das führt zu Spannungen zwischen den Mineralen, die umso stärker sind, je größer die Minerale sind*“ (Scheffer/Schachtschabel 2010: 274). Sie sind silikatreich und ihre Verwitterung bewirkt eine Verlehmung und Verbraunung, die zur Ausbildung von Braunerde führt (vgl. ebd.: 321). Verbraunung wird durch die Verwitterung von eisenhaltigen Mineralien hervorgerufen. Durch Oxidation entstehen unter anderem Goethite, die den Boden bräunlich einfärben. Mit der Verbraunungserscheinung geht häufig Verlehmung des Bodens einher, da sich Tonminerale als Verwitterungsprodukt ausbilden. (vgl. ebd.: 283) Es kann davon ausgegangen werden, dass sich diese Böden während der Kaltzeiten in Europa gebildet haben. Das quarzreiche Gestein und das vorherrschende niederschlagsreiche Klima des Harzes sowie die Nadelhölzer sorgten für eine Weiterentwicklung der Braunerde zu Podsolen. (vgl. ebd.: 325) Der saure, nährstoffarme Untergrund führt zur Hemmung des mikrobiellen Abbaus und dann zur Umlagerung der organischen Substanz nach unten, sodass ein aschfarbener Bleichhorizont entsteht (vgl. ebd.: 289). Che-

mische Verwitterung verursacht in humiden Klimaten im Allgemeinen die Auswaschung, Entbasung und Versauerung, da hier die Minerale der Gesteine bzw. des Bodens teilweise oder aber auch komplett aufgelöst werden können (vgl. ebd.: 282).

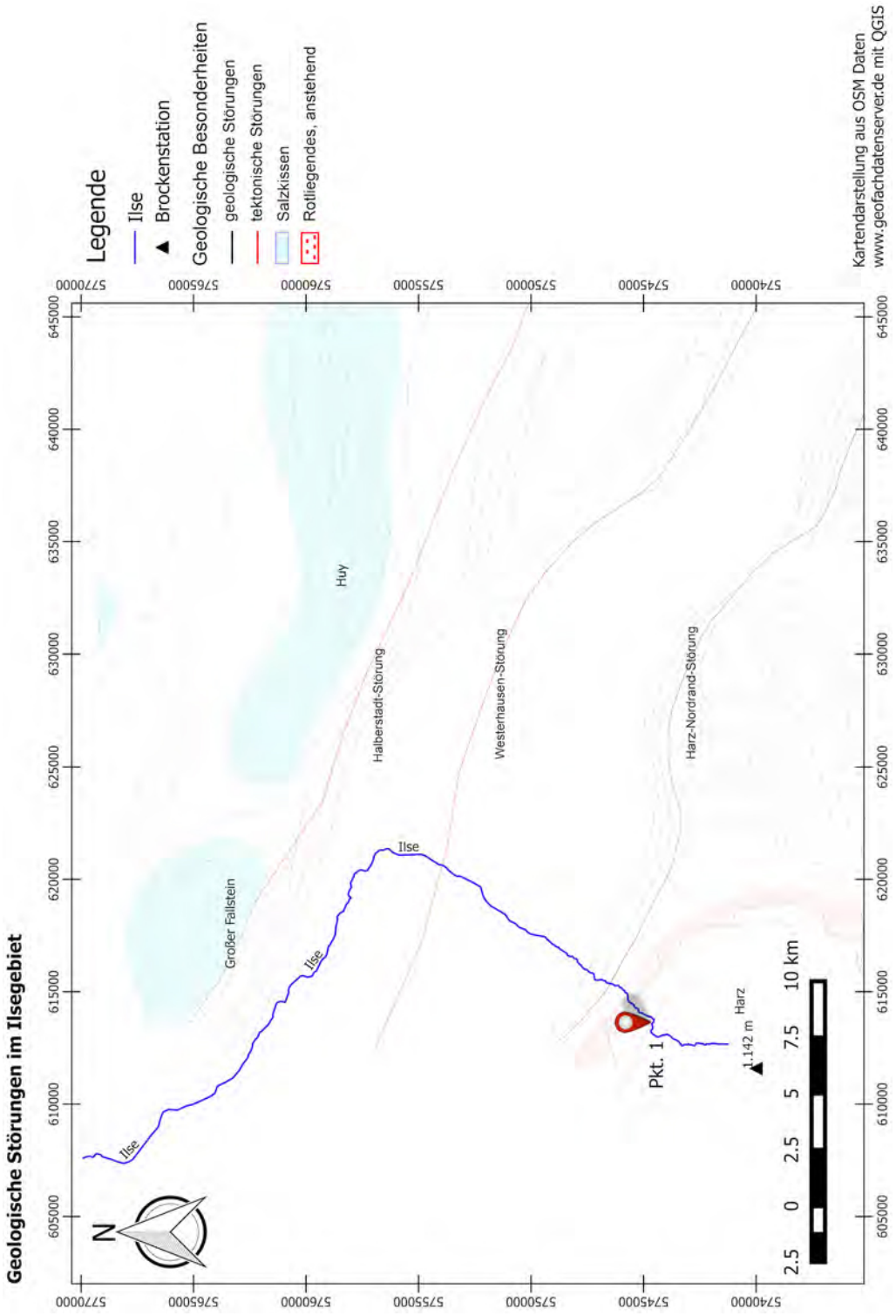


Abbildung 7.3 **Geologische Störungen im Ilsegebiet**
Darstellung: Stefanie Lüdicke

Aus Abbildung 7.3 sind die geologischen Störungen zu entnehmen. Durch das Herausheben des Harzblockes entstanden einige geologische Störungen, die auch den Lauf der Ilse beeinflussten. Während sie bis zum Rohnberg in nördliche Richtung fließt, ergibt sich hier eine Richtungsänderung nach Nord-Nordost, die durch den „Pkt. 1“ auf der Abbildung gekennzeichnet ist. An dieser Stelle ist die vorhandene Störung durch die Erweiterung des Acker-Bruchberg-Zuges bedingt, der hier wieder zum Vorschein kommt und zeitweilig durch den Brockenpluton unterbrochen wurde. Der Acker-Bruchberg-Zug gehört zum Rhenoherzynikum. Dies war der südöstliche Kontinentalrand von Laurussia. Weiter durchfließt die Ilse vor Ilsenburg das Rotliegende, den Zechstein und den Buntsandstein, die durch die Heraushebung der Harzscholle als anstehendes Gestein nach oben transportiert d.h. steil gestellt wurden. Das anstehende rotliegende Gestein ist durch Ablagerung von Ton und Sand in einem stehenden Gewässer mit subtropischen Klimabedingungen entstanden. Durch den hohen Tonanteil ist dieser schmale Streifen nährstoff- und mineralreich. Im Zechstein kam es in dem Gewässer zu mehrmaliger Austrocknung und Überschwemmung, sodass sich Salzablagerungen bilden konnten. Am Harzrand kommt diesem Zechsteinband eine besondere Stellung bei der Bildung des Reliefs zu. Durch Auslaugung können vermehrt Senkungen und Erdfälle entstehen. (vgl. Patzelt 2003: 90) Im Bereich der Ilse ist dieses Erscheinungsbild nicht vordergründig, da der Bereich des Zechsteinbands von geringerer Breite ist als in anderen Bereichen des Harzes. Durch weitere Sedimentablagerungen entstand danach die Buntsandsteinfolge und die Kreide. Von der Quelle bis zur Mündung verjüngt sich demnach die Ilse, zumindest nach dem Alter der Gesteinsabfolge, die sie durchfließt. Durch diverse Unterschiede im Gestein, vor allem den Wechsel verschiedener Granite, und den Prozess der rückschreitenden Erosion hat die Talsohle ein abgestuftes Profil. Dies führte im Bereich vor Ilsenburg auf einer Strecke von mindestens einem Kilometer zur Ausprägung der sogenannten Ilsefälle. Sie erreichen eine maximale Höhe von 3 Meter im blockreichen Flusslauf.

Unterhalb Ilsenburgs im Subherzynen Becken, das stark landwirtschaftlich genutzt wird und in dem die Ilse ihren Wildbachcharakter verliert, sind die Ablagerungen der Kreidezeit prägend, die aber durch pleistozäne Sedimente überdeckt wurden. Die Böden der Parabraunerde und Fahlerde sind für die landwirtschaftliche Nutzung gut geeignet, führen aber auch zu deren Belastung. „*So fördert insbesondere ackerbauliche Nutzung die Erosion durch Wasser oder Wind und das Befahren mit schweren Maschinen ihre Verdichtung. […] Da den zur Biomasseerzeugung genutzten Böden mit der Abfuhr der Ernteprodukte (z.B. Getreide, Gemüse, Milch, Fleisch, Holz, Kraftstoffe) Nährelemente entzogen werden, müssen die Böden gedüngt werden, um eine Degradierung zu vermeiden. Mit einer Bodendegradierung geht dabei in der Regel eine Abnahme der Bodenbiodiversität einher*“ (Scheffer/Schachtschabel 2010: 5). Im Bereich des Flusslaufes sind die Böden grundwassergeprägte Gleye und Auenböden, die eine intensive landwirtschaftliche Nutzung erschweren.

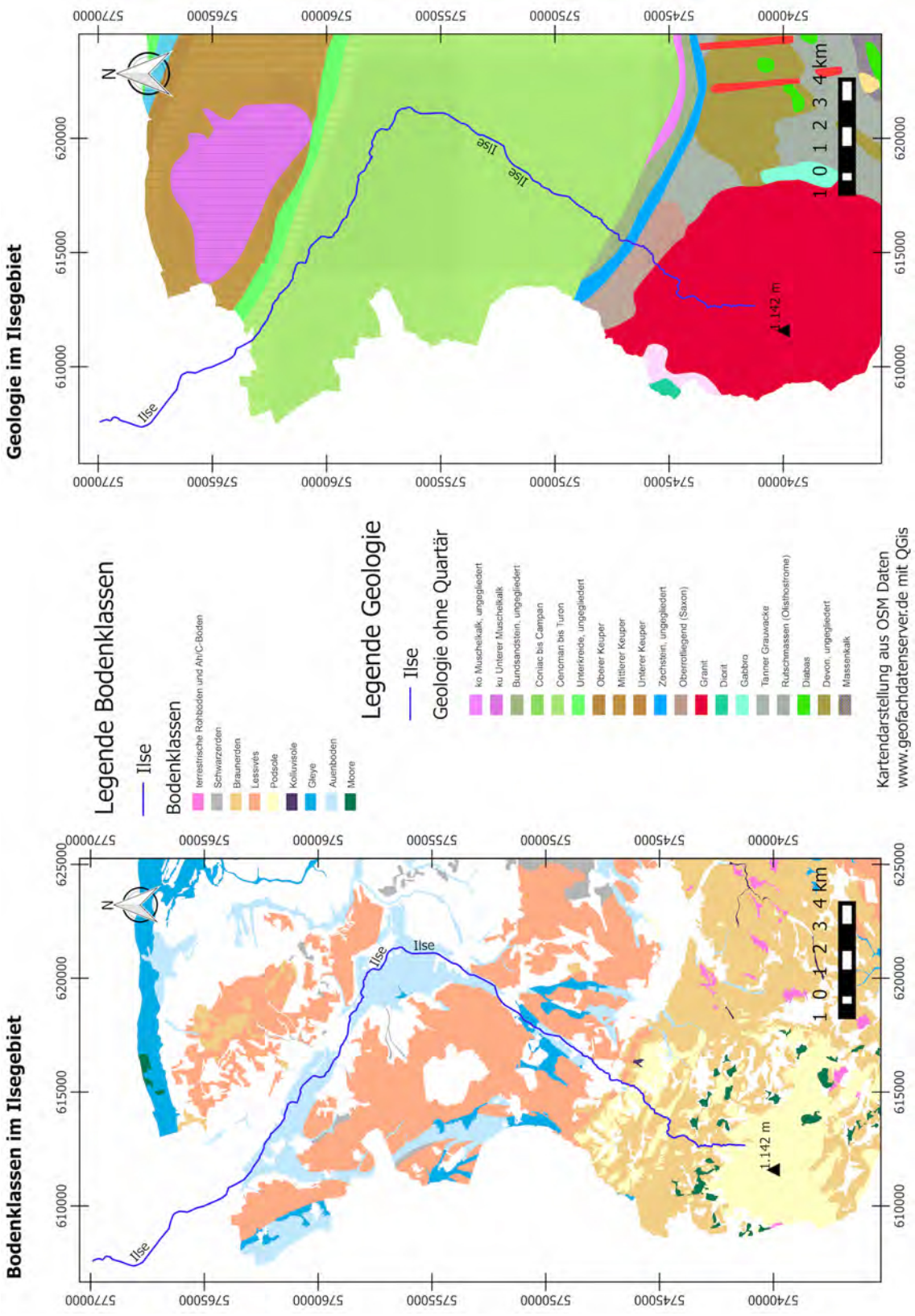


Abbildung 7.4 **Bodenklassen und Geologie im Ilsegebiet**
Darstellung: Stefanie Lüdicke

Obwohl Auen sehr fruchtbare Böden sind, ist überschwemmungsbedingt eher eine Grünlandnutzung möglich. Auen sind besonders leitfähige Böden und besitzen wichtige Funktionen wie Hochwasserschutz, Artenreichtum und sind bedeutsam für den Abbau der Nährstofffrachten der Flüsse. (vgl. ebd.: 333) Der Abbau der Nährstofffrachten ist aufgrund der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung und der immer noch starken Belastung der Flüsse durch den Bergbau im Harz eine zentrale Funktion der Auengebiete. Durch die Mikroorganismen in Flussauen können Nitrate, die durch die Landwirtschaft in die Flüsse gelangen, sehr gut verstoffwechselt werden, dies wird als Denitrifikation bezeichnet. Auch für den Phosphorrückhalt durch Sedimentation bei der Neuschaffung von Überflutungsgebieten sind Auen besonders effektiv. „*Phosphor ist ein für alle Lebewesen unentbehrliches Hauptnährelement, das in der Nahrungskette von Böden und Pflanzen zu Tieren und Menschen transferiert […] wird*“ (ebd.: 412). Land- und Holzwirtschaft sorgen für Verarmung der Böden, sodass Phosphor nachgedüngt werden muss. Der Austrag und eine Überversorgung bewirken Einträge in die Gewässer und sind wesentliche Ursachen für Eutrophierung. Demnach ist diese Rückhalteeigenschaft von Auenlandschaften eine beträchtliche Ökosystemleistung. In Abbildung 7.4 sind die Bodenklassen sowie der geologische Untergrund im Ilsegebiet noch einmal als Überblick gesondert aufgeführt.

7.2 Exkursionspunkt 2: Pegel Ilsenburg

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 50° 39' 36" N λ = 10° 39' 19" O h = 351 m ü. NHN	Am rechten Ufer der Ilse im bewaldeten Gebiet, verkehrsgünstig mit ausgebauter Wegstrecke.

Hier am Pegel von Ilsenburg sollen einige grundlegende Hinweise zur Betrachtung von Fließgewässern gegeben werden. Es bedarf einiger Umstände, damit sich ein Fließgewässer bilden kann. Die allseits bekannte Wasserhaushaltsgleichung ($N = V + A + \Delta S$) kann einfach nach A umgestellt werden. Dann heißt es: Der Abfluss (A) ist gleich dem Niederschlag (N) abzüglich der Verdunstung (V) und der Veränderung des Wasservorrats (ΔS). Das bedeutet im Grunde, dass sich ein Fließgewässer nur ausbilden kann, wenn sich der Niederschlag nicht durch Verdunstung und Infiltration aufzehrt. In einem 290 km² großen Einzugsgebiet existieren viele Möglichkeiten, um Niederschlagswasser aufzubrauchen. Eine Fließgewässerbildung ist abhängig von dem Relief, der Vegetation, den Bodenverhältnissen, dem Gestein und der Einstrahlung, um nur einige Faktoren zu nennen. Nicht zu vergessen sind mögliche Quellen, damit ein dauerhaftes Fließgewässer entstehen kann. „*Quellen sind örtlich begrenzte natürliche Grundwasseraustritte, die jedoch häufig in Rei-*

hen liegen (Quellhorizonte). Das Grundwasser sammelt sich auf und zwischen wasserundurchlässigen Schichten im Untergrund der hydrogeologischen Einzugsgebiete." (Brehm/Meijering 1996: 10)

Was treibt das Wasser aber an zu fließen? – „*Treibende Kraft des Fließvorgangs in den Fließgewässern ist die Schwerkraft, zumal die Gewässerrinnen mehr oder weniger geneigt verlaufen. […] Mit wachsendem Gefälle nimmt die Strömungsgeschwindigkeit zu, damit auch die Erosionswirkung und das Transportvermögen für Geröll und Trübstoffe (Sinkstoffe)*" (ebd.). Jeder einzelne Tropfen, der hier an diesem Pegel ankommt, hat bereits einen langen Weg hinter sich und ist etwas Besonderes und für uns von immenser Bedeutung. Hier wird das Wasservolumen pro Zeiteinheit gezählt. Eine weitere Zählanlage befindet sich bei Hoppenstedt im Unterlaufbereich der Ilse. Warum ist es aber wichtig, den Abfluss eines Gewässers zu bestimmen? – „*Die Wasserführung (Abfluss) der oberirdischen Fließgewässer ändert sich im Laufe eines Jahres zum Teil erheblich, und zwar periodisch in Abhängigkeit vom Großwitterungsablauf und episodisch in Abhängigkeit vom augenblicklichen Witterungsgeschehen.*" (ebd.: 9)

Dieser Abfluss eines Fließgewässers kann auf unterschiedlichste Weise gemessen werden. Zum einen könnte der Abfluss anhand eines hydrologischen Messflügels, mit dem die Fließgeschwindigkeit bestimmt wird und dann mittels der Geschwindigkeitsfläche errechnet werden oder aber auch durch Überfallmessung. „*Oft tragen Überfälle auch den Namen der Personen die sich ihre Konstruktion ausgedacht und diese untersucht haben, wie z. B. das Thomson-Wehr (Dreiecküberfall, meist 90°), das Sutro-Wehr (Proportionalüberfall) oder das Cipoletti-Wehr (Trapez-Überfall)*" (Aigner 2008: 162). Hierbei wird das freifließende Wasser, das nicht zurückgestaut wird, durch Unterwasserbewegungen und -stauungen über ein Wehr geleitet. Durch Berechnung von Dreiecken, Trapezen etc. wird der Überfall des Wassers ermittelt, der abhängig ist von der Abflussmenge. Bei einem Pegel wie Ilsenburg wird der Durchfluss an einer bestimmten Stelle bestimmt. Dieser Durchfluss wird für den Abfluss des Einzugsgebietes der Messstelle verwendet. Sobald ein Fließgewässer einen Pegel besitzt, kann das Einzugsgebiet des Flusses in kleinere Einzugsgebiete unterteilt werden. Der Durchfluss wird durch eine Wasserstandsbeobachtung bestimmt. Für den Querschnitt an diesem Punkt wird eine individuelle Eichkurve oder Abflusskurve bestimmt, die eine Beziehung zwischen Durchfluss und Wasserstand zu einem bestimmten Zeitpunkt ist. Für jedes Pegelhaus existieren fein abgestimmte Eichkurven, die sich ändern, sobald am Bereich der Messstelle eine Veränderung eintritt, die Auswirkung auf die hydraulische Gegebenheit hat. Daneben ist die Möglichkeit der Messung des Abflusses mittels Einsatz von Markierungsstoffen, Ultraschallmessung oder auch Salzmischverfahren, die den Markierungsstoffen ähneln.

Noch einige begriffliche Erklärungen: In der Hydrologie ist der Abfluss das Wasservolumen, das in einer bestimmten Zeiteinheit einen genau definierten Fließquerschnitt durchströmt. (vgl. Baumgartner/Liebscher 1996: 474ff.) Damit mehrere Einzugsgebiete verglichen werden können, wird anhand des Quotienten des Abflusses (Q) und der Fläche des Einzugsgebietes die Abflussspende (q) errechnet. Das Verhältnis (Q) zum Niederschlag ergibt den Anteil des Niederschlags, der dem Abfluss zugeführt wird. In der Abbildung 7.5 sind die Niederschläge in mm vom 01.03.2015 bis 15.02.2016 für den Brocken und Wernigerode abgebildet.

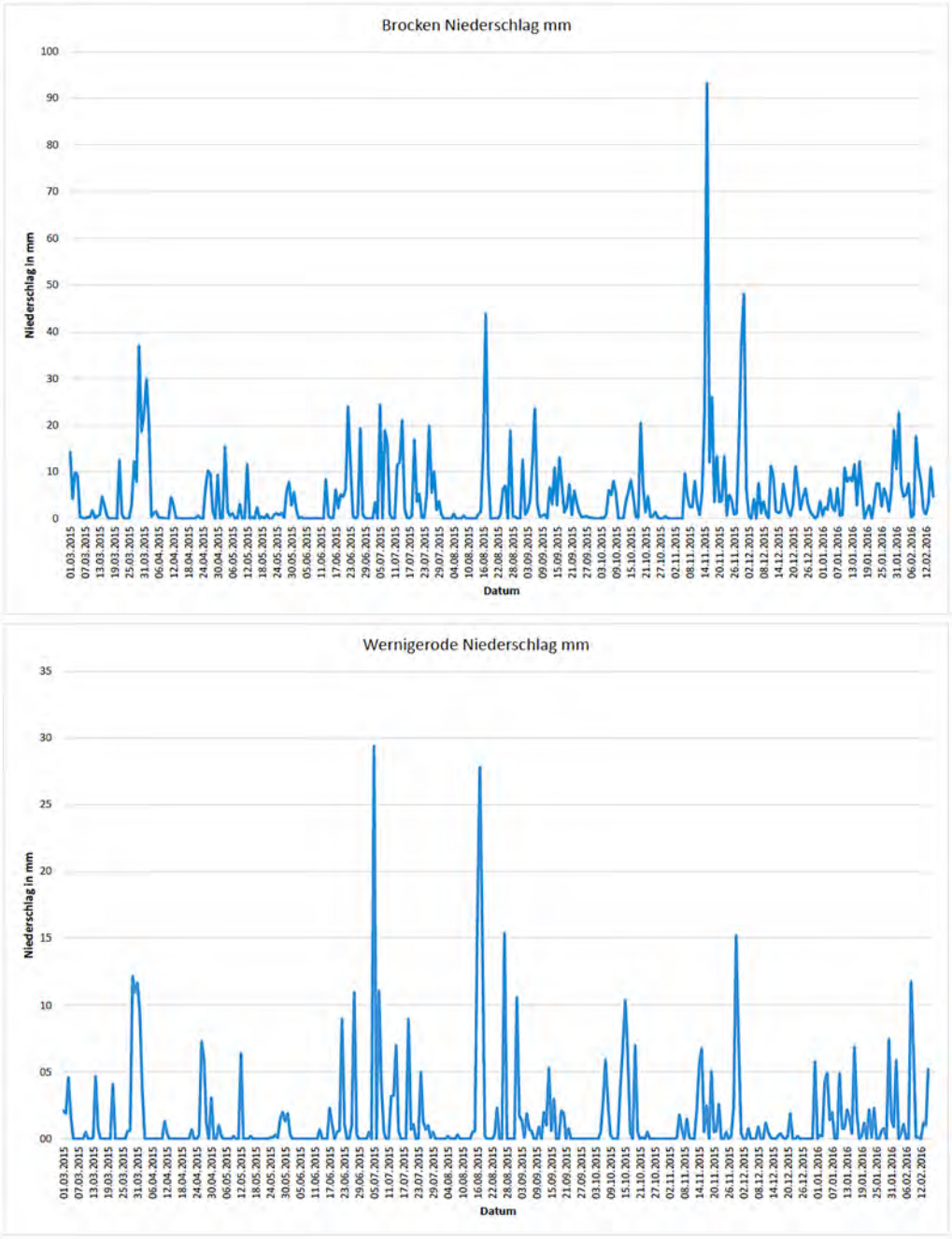


Abbildung 7.5 **Niederschläge in mm (Messstellen: Brockenstation, Wernigerode)**
Darstellung: Stefanie Lüdicke (Daten vom Deutschen Wetterdienst DWD)

Normalerweise müssten sämtliche Stationen im und in der Nähe des Einzugsgebietes interpoliert werden, ein mögliches Hilfsmittel wäre hier das Thiessen-Polygon. „*Grundgedanke dieser Methode ist, dass jede Messstelle die Fläche repräsentiert, die durch das Polygon aus den Mittelsenkrechten auf die Verbindung zu den Nachbarstationen abgegrenzt wird*“ (Herrmann 1977: 53). Aber um sich erst einmal einen Überblick zu verschaffen, handelt es sich bei den Abbildungen um einfache Darstellungen der Werte. Es ist gut zu erkennen, dass die Niederschlagskurven Ähnlichkeiten aufweisen. Die erste Spitze im Abflussdiagramm in Abbildung 7.6 korreliert mit den Niederschlägen aus dieser Zeit, aber ist nicht ganz in ihrer Höhe und dem langen Ausschlag nachvollziehbar. In diesem Zeitraum könnte dafür jedoch das Einsetzen der Schneeschmelze sprechen, die bewirkt, dass sich die Abflusswerte erhöhen.

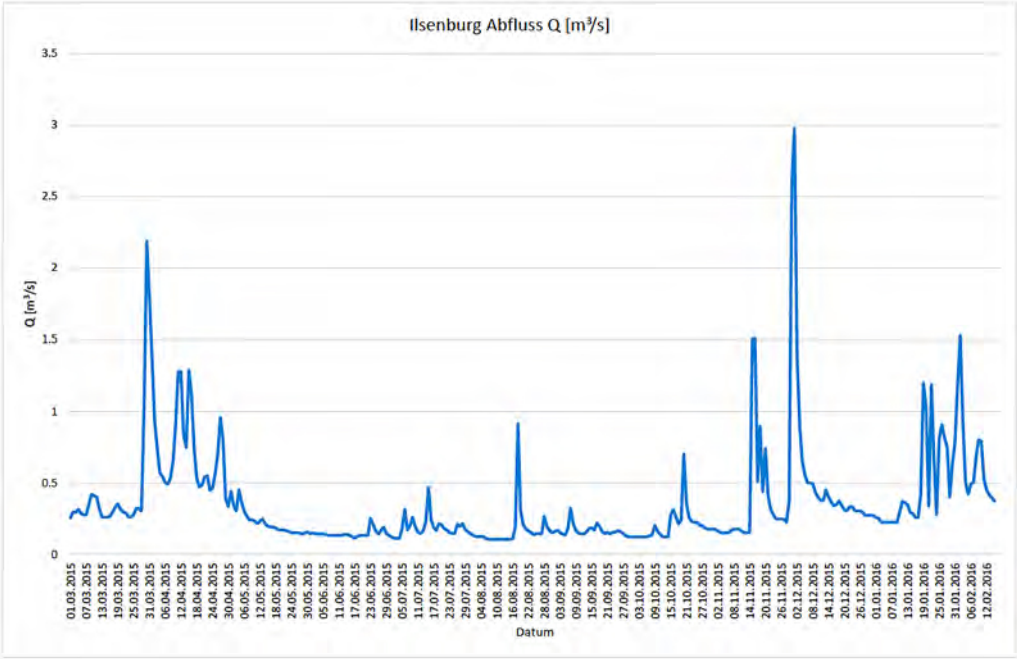


Abbildung 7.6 **Abflusswerte am Pegel Ilsenburg**
Darstellung: Stefanie Lüdicke

Die Berücksichtigung der Schneeschmelze ist auch der Grund dafür, dass ein hydrologisches Jahr sich von einem Kalenderjahr unterscheidet. Es beginnt in Deutschland am 1. November und endet am 31. Oktober. Dadurch wird gewährleistet, dass gespeicherter Niederschlag in Form von Eis und Schnee, deren Wirksamwerden erst im folgenden Kalenderjahr stattfindet, auch in der hydrologischen Auswertung besser erfasst werden kann. Interessanterweise hat die Abflusskurve in der Mitte des Jahres nicht die entsprechenden Auswirkungen, obwohl hohe Niederschläge vorhanden waren. Nach den Ausführungen von oben müsste der Niederschlag durch Versickerung, Verdunstung oder vielleicht auch durch menschlichen Verbrauch irgendwo anders zur Verwendung gekommen sein.

Hilfreich wäre es, sich noch weitere Faktoren näher anzusehen, die dieses Phänomen erklären. Beispielsweise lag die mittlere Sonnenscheindauer im Zeitraum Juni bis September bei 6,7 h und das Mittel der Tagesmitteltemperatur für diesen Zeitraum bei 17,3 °C. Dies spricht schon für eine höhere Verdunstung in der Zeit, aber es könnten noch viele weitere Faktoren betrachtet werden, um zu einem aussagekräftigen Urteil zu gelangen. Wie war zum Beispiel die Zeit davor? War der Boden sehr stark wasserungesättigt wegen fehlender Niederschläge? Oder gab es Messfehler? Sind alle Daten vorhanden? Was wäre aber, hätte sich im Sommer der Niederschlag in sehr hohen Abflusswerten ausgedrückt? Gerade da die menschliche Besiedelung zu großen Teilen in der Nähe von verfügbaren Wasseransammlungen stattfindet, ist es ein wichtiger Punkt. Doch „*Hochwasser sind Bestandteile des natürlichen Wasserkreislaufs und daher nicht zu vermeiden*“ (Patt/Bechteler 2001: 1). Hochwasserereignisse finden statt, wenn alle natürlichen Rückhaltemöglichkeiten erschöpft sind, und haben eine entscheidende Bedeutung. „*Die meisten naturbelassenen Fließgewässertypen ufern mit steigenden Abflüssen aus. Dadurch vergrößern sich die Abflussquerschnitte und die Fließgeschwindigkeiten nehmen ab. Die damit verbundene Abflussverzögerung führt zu einem zeitweisen Rückhalt von Wasser, sodass die Wasserstände in den nachfolgenden Gewässerabschnitten geringer sind.*“ (ebd.). Zu den natürlichen Rückhaltemöglichkeiten gehört die Speicherfähigkeit von Wasser durch den Boden, Bewuchs und die Form des Geländes. Bei den Böden sind die Auen nicht zu vernachlässigen, die eine wichtige Funktion im weiteren Ablauf haben. „*Im Flachland und bei ausgedehnten Überflutungsauen ist die Speicherwirkung des Gewässernetzes am größten. Sie ist umso wirkungsvoller, je früher das Gewässer in die Aue ausufert. Mit dem Abklingen des Hochwassers läuft der Gewässerspeicher wieder leer. Dieses Speichermedium beeinflusst die Höhe und vor allem die Laufzeit des Hochwasserscheitels und damit das Zusammentreffen der Hochwasserwellen aus Haupt- und Nebenflüssen.*“ (ebd.: 20) In Abbildung 7.7 sind die Auenböden hellblau gekennzeichnet und ein Teil des Überschwemmungsgebiets (schraffiert) der Ilse, das immer wieder von Hochwässern betroffen ist.

Die Auenböden sind in den Überschwemmungsgebieten stärker ausgeprägt. Die Richtungsänderung der Ilse im Subherzynen Becken mit der größeren Ansammlung von Auenböden ist auffällig mit gleichzeitig geringeren Hochwasserständen. An dieser Stelle zeigt sich der Einfluss von Auen auf das Hochwasser sehr deutlich. Größere Auenanteile führen zu weniger Überschwemmungen. Hochwasserereignisse können durch die Auen gut gepuffert werden und sind weniger ausufernd als in Gebieten, in denen die Auen fast fehlen. Auenböden sind meist junge nacheiszeitliche Böden. Nicht nur Böden sind ausschlaggebend für mögliche Abflussdämpfungen. Auch die Vegetation im Einzugsgebiet ist von Bedeutung. Aufgrund von Höhenlagen verringern sich Vegetationszeiten.

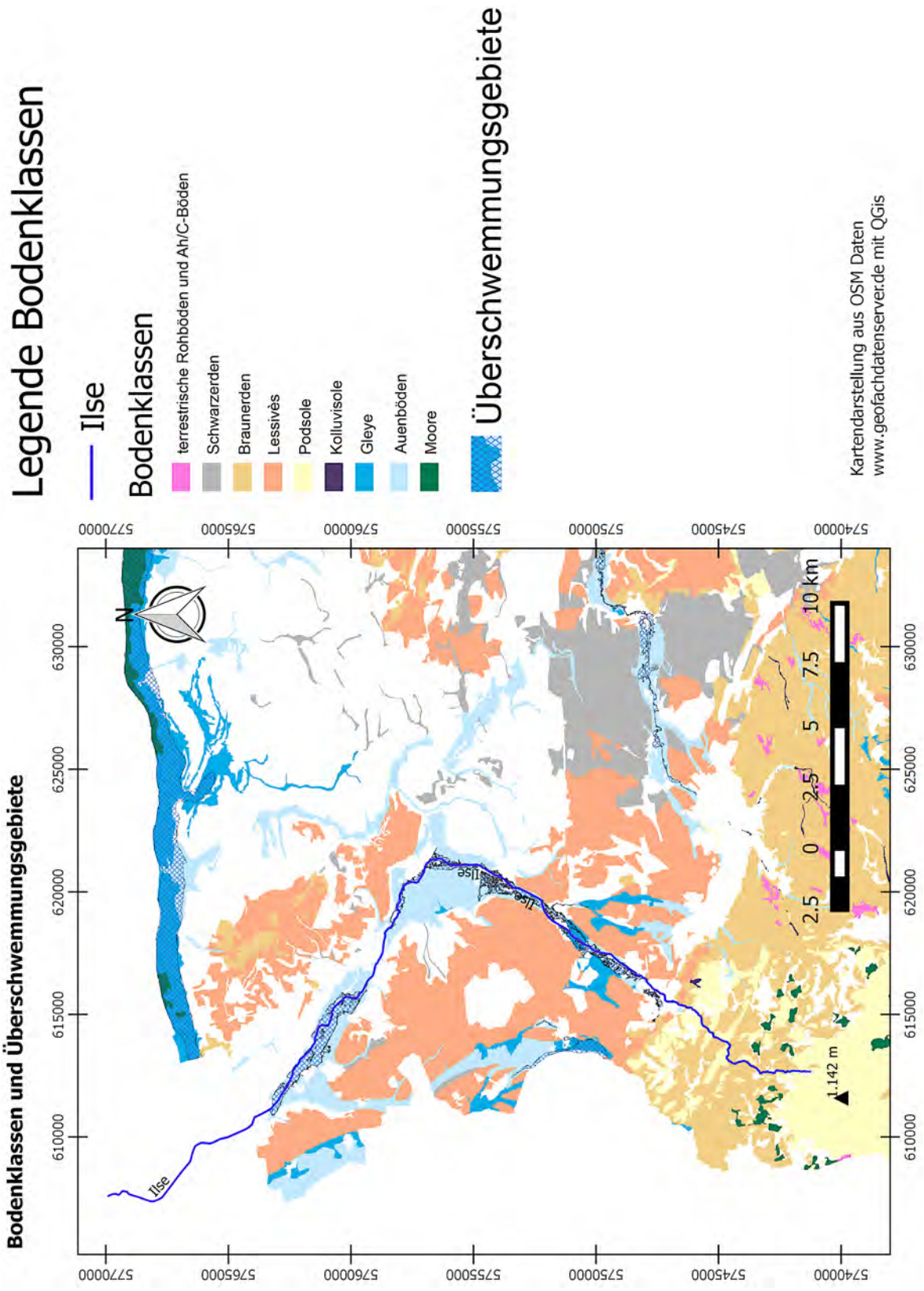


Abbildung 7.7 **Bodenklassen und Überschwemmungsflächen im Ilsegebiet**
Darstellung: Stefanie Lüdicke (Quelle: GeoFachDatenServer Sachsen-Anhalt)

Laubwälder in höheren Lagen haben eine geringere Vegetationszeit als in tieferen Lagen. Kürzere Vegetationszeiten bedingen weniger Verdunstung und die Möglichkeit des Speicherns durch Interzeption. Es gibt noch weitere Faktoren, die ein Fließgewässer beeinflussen, verändern und formen. Auch die Kombinationen dieser Faktoren führen zu anderen Ergebnissen und hängen wiederum von Bedingungen ab, die bei der Untersuchung von Fließgewässern beachtet werden müssen. Die Masse an Informationen zu diesem Thema ist umfangreich. Dazu zählen auch die unterschiedlichsten Klassifikationen, die die Literatur hergibt und die je nach Untersuchungsschwerpunkt andere Grundsätze beinhalten.

7.3 Exkursionspunkt 3: Verlaufsänderung der Ilse im Quartär

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 56' 33" N λ = 10° 45' 40" O h = 125 m ü. NHN	Richtungsänderung der Ilse in der Nähe des Ortes Osterwieck im Subherzynen Becken. Gut mit dem Auto erreichbar (K 1331 oder L 87).

Der letzte Exkursionspunkt betrifft die Richtungsänderung der Ilse im Subherzynen Becken. Da sie sich ungewöhnlich darstellt, soll dies genauer betrachtet werden. Zuerst ist zu klären, wie die Fließgewässer im Harz und Harzvorland überhaupt entstanden sind. „*Das Flusssystem wurde, teilweise mit vom heutigen abweichenden Verlauf, vorelsterzeitlich angelegt*“ (Patzelt 2003: 87). Genauer gesagt hat sich das Flussnetz „*[…] in den Grundzügen am Ende des Tertiärs, also vor etwa 10 Millionen Jahren herausgebildet und ist in den Einzelheiten im Laufe des Pleistozäns und Holozäns geformt worden*“ (Wagenbreth/Steiner 2015: 20). „*Bei mehrfachem Wechsel von Abtragung (Talerosion) und Hebungen des Gebietes bilden sich in den Tälern Terrassen […]*“ (ebd.: 19). Diese Terrassen sind in Restbeständen vorhanden, miteinander korrelierbar und mit bestimmten Zeiten in Verbindung zu bringen. Im Quartär, das durch den Wechsel von Kalt- und Warmzeiten geprägt ist, wurden aufgrund der unterschiedlichen klimatischen Bedingungen auch unterschiedliche Prozesse der Erosion und Sedimentation bewirkt, die durch die jeweils anderen Abflussmengen bestimmt wurden. (vgl. ebd.: 20) Dadurch konnte ermittelt werden, dass die Ilse an dieser Stelle einen anderen Verlauf besaß. Sie verlief ohne Richtungsänderung, weiter in NNE-Richtung, auf der östlichen Seite des Großen Fallsteins. Aber warum? – Der Große Fallstein, an dem die Ilse ihre starke Verlaufsänderung hat, ist ein Muschelkalkrücken, der durch Salztektonik am Ende der Kreidezeit emporgehoben wurde. (vgl. ebd.: 58f.) Das heißt, dass der große Fallstein bereits angelegt war und daher keine Verlaufsänderung bewirkte. Das Großereignis des Quartärs war die Eiszeit mit ihren Inlandeismassen, die die Oberfläche bis in den Harz formte. Hier liegt auch die Verlaufsänderung der Ilse begründet. Die maximale Ausbreitung des Inlandeises lag in dem Gebiet der Ilse direkt an der

Aufrichtungszone am Harznordrand. „*Zu Beginn der Kaltzeiten des Pleistozäns kam es zu umfangreichen Aufschotterungen. Elster- und saalezeitliche Schotter liegen in der Nähe des Harzrandes […]*“ (Patzelt 2003: 87). „*Zwischen Wernigerode und der niedersächsischen Grenze haben sich nahe dem Harzrand Reste einer 'Oberterrasse' erhalten, […] und nach dem Maximum der Elstervereisung aufgeschüttet sein sollen*“ (ebd.: 60). Die Eismassen bildeten eine Barriere für die bestehenden Flüsse des Harzvorlandes. „*Während im Tiefland ein Netz aus Urstromtälern des westgerichteten Abfluss der enormen Wassermassen belegen, ist deren Abfluss bzw. Verbleib mit Erreichen des Berglandes weitgehend ungeklärt*“ (Reinicke 2006: 73). Durch gefundene Bändertone im Harzvorland wurde die Ansammlung des Wassers in Eisstauseen belegt. Diese Stauseen hatten wahrscheinlich eine Seespiegelhöhe, die fast die komplette Höhe der Eisfront einnahmen, wenn

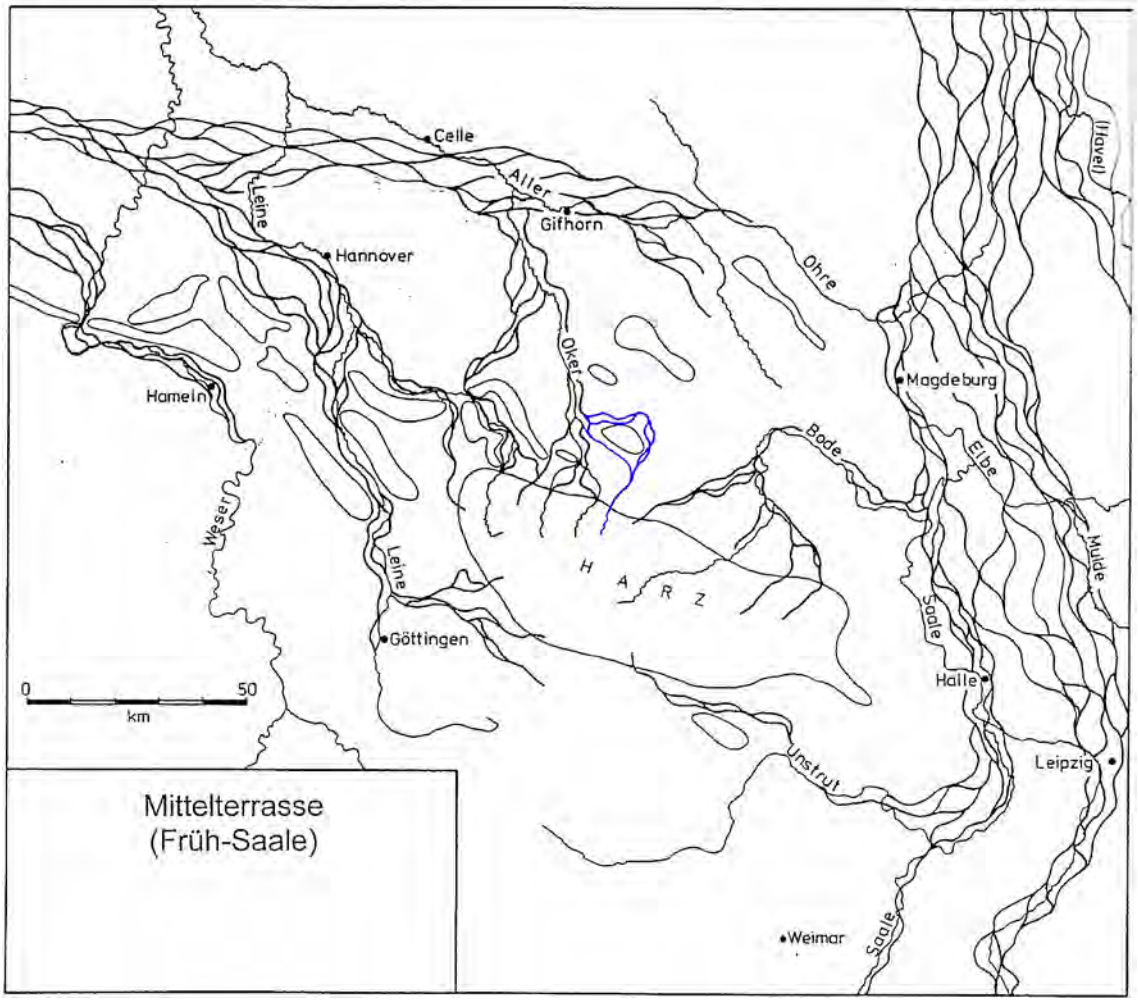


Abbildung 7.8 **Ilse-Verlauf alt und neu**
Quelle: Feldmann 2002: 126 (Abb. 67: Harz und Harzvorland während der Mittelterrassenzeit Früh-Saale)

nicht andere Faktoren, wie Erreichen eines Gebirgspasses, den See zum Überlaufen brachte. (vgl. ebd.: 74) „*Über die Lage der Eisfront und Abfluss der sich aufstauenden Wassermassen liegen für das Ilsetal keine weiteren Kenntnisse vor*“ (ebd.: 76). Am Ende der Elsterkaltzeit und zu Beginn der Saale-Kaltzeit wurden die Mittelterrassen des Gebietes aufgeschüttet (vgl. Knoth 1995), die große Flächen im Harzvorland einnehmen. „*Insbesondere zwischen Harzrand und Großem Bruch sind an Oker, Ilse, Holtemme, Bode und Selke Mittelterrassen in großer Ausdehnung erhalten*“ (Feldmann 2002: 44). „*Im Drenthe-Stadium kam es zu zwei bedeutenden Eisvorstößen, von denen der ältere (Haupt-Drenthe-Vorstoß) den Harzrand erreichte. Vor diesem Vorstoß wurden von den Flüssen der Mittelterrassen-Kies aufgeschüttet*“ (ebd.). In dieser Zeit bildeten sich wieder Eisstauseen, die beim Rückschmelzen des Eises zu plötzlichen Entleerungen der Seen führten, wodurch am Harznordrand Schotterstürze folgten (vgl. Franzke/Schwab 2011: 6). Während dieser Mittelterrassenzeit, in der das Inlandeis immer wieder kleinere Vorstöße hatte, bildete sich der Verlauf der Ilse um. In der Abbildung 7.8 sind der alte Verlauf östlich vom Großen Fallstein und der neue Verlauf südlich und westlich vom Großen Fallstein erkennbar.

Beide Verläufe bestanden wahrscheinlich gleichzeitig für eine gewisse Zeit, bis in der Rehburger-Phase (vgl. Abbildung 7.9) nur noch der Verlauf vor dem Großen Fallstein seine Richtung änderte. Es wird vermutet, dass es in der Mittelterrassenzeit zur salztektonischen Hebung des Großen Fallsteins kam, da sich an seinen Hängen bedeutende Unterschiede in der Höhenlage der Mittelterrassen ergeben haben. (vgl. Feldmann 2002: 54) Der neuerliche Verlauf ist wahrscheinlich dadurch begründet, dass sich durch den Rückgang des Inlandeises mächtige Schmelzwassersedimente ablagerten und den Weg zwischen Großem Fallstein und Huy versperrten, sodass der Lauf der Ilse umgeleitet wurde.

„*Hieraus ergab sich für das Ilse-Rammelsbachsystem zur Oker eine Laufverkürzung von etwa 11 km. Diese Laufverkürzung erzeugte für das Flusssystem ein stärkeres Gefälle und somit eine stärkere Erosion im neuen Flusslauf*“ (Weymann 2003: 65f.). Das würde eine mögliche Erklärung dafür sein, da auch an der Ecker, Mittelterrassen in unterschiedlichen Höhenlagen entdeckt wurden, aber anhand der Geröllanalyse ergaben, dass sie miteinander in Verbindung stehen (vgl. ebd.). Die Methodik, die hier zur Verwendung kam, um herauszufinden, wie mögliche frühere Flussverläufe aussahen, sind die Terrassenstratigrafie und Geröllanalysen. Hierbei wurden die Gerölle nach ihrem Herkunftsgebiet bestimmt. Da im Harz mehrere lokale geologische Besonderheiten vorhanden sind, kann anhand des transportierten Gerölls die Herkunft bestimmt werden. „*Die Ilse führt […] beim Verlassen des Harzes neben Ilsesteingranit hauptsächlich Quarzit. Flussabwärts besitzt die Ilse […] höhere Kieselschiefer-Anteile. Dies ist durch Zufluss des Rammelsbaches erklärbar.*“ (ebd.: 39). Der Ilsesteingranit ist räumlich auf einen kleinen Teil im Einzugsgebiet beschränkt.

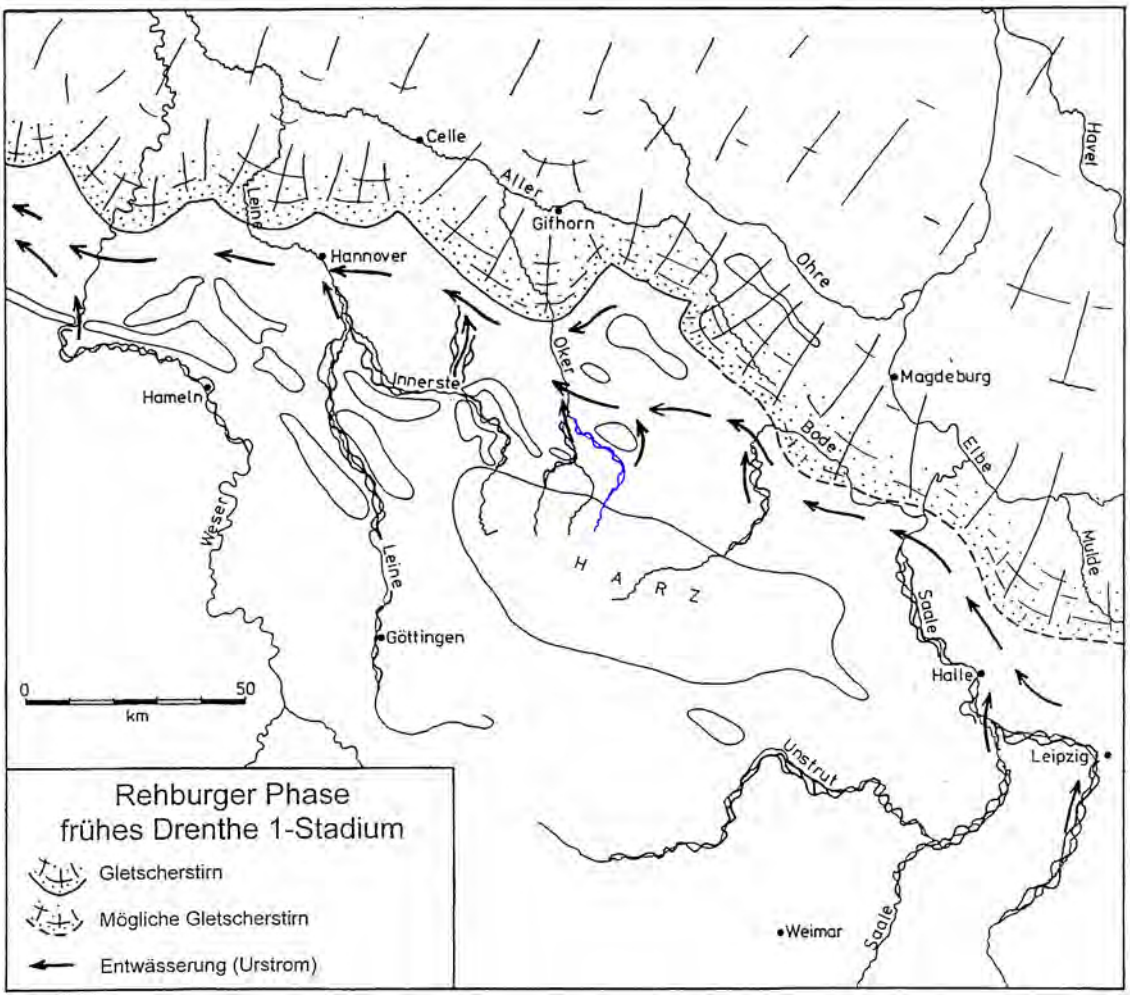


Abbildung 7.9 **Neuer Verlauf der Ilse**
Quelle: Feldmann 2002: 127 (Abb. 68: Harz und Harzvorland während der Rehburger Phase beim Aufbau des Eises im frühen Drenthe-1-Stadium)

Die Bäche, die dieses Gebiet durchfließen, entwässern vollständig in die Ilse. Daher kann davon ausgegangen werden, dass nur sie die Ilsesteingranitgerölle auch weiter ins Vorland des Harzes transportiert hat. Dadurch ist eine gute Zuordnung möglich. „*Er ist gekennzeichnet durch eine auffallend rötliche Färbung. Sie wird durch die fleischfarbenen Kalifeldspäte hervorgerufen. Der Ilsesteingranit ist ein sehr drusenreiches Gestein. In den Drusen haben sich Minerale wie Bergkristall, Epidot, Flußspat, Turmalin, Chlorite u.a. auskristallisiert*“ (Knolle et al. 1997: 102). Durch Auszählen der unterschiedlichen Gerölle ist eine Korrelation mit dem Herkunftsgebiet durchführbar. Um einen Ansatz für die Altersbestimmung der Gerölle zu erhalten, kann aufgrund von Verwitterungserscheinungen auf dem Gestein eine mögliche Einordnung bestimmt werden.

Verwendete Hauptquellen

Brehm, Jörg/Meijering, Meertinus P. D. (1996): *Fließgewässerkunde – Einführung in die Ökologie der Quellen, Bäche und Flüsse*. 3., überarbeitete Auflage, Biologische Arbeitsbücher 36, Wiesbaden: Quelle & Meyer

Herrmann, Reimer (1977): *Einführung in die Hydrologie*. Teubner-Studienbücher Geographie, Stuttgart: Teubner

Lange, Peter/Steiner, Walter (1973): *Zur gesteinstechnischen Beurteilung einiger Festgesteine des Harzes*. In: Vorstand der Gesellschaft für Geologische Wissenschaften der DDR (Hrsg.): Zeitschrift für geologische Wissenschaften, Themenheft 1, Berlin: Akademie-Verlag, ISSN: 0303-4534. S. 179-186

Patzelt, Gerhard (2003): *Nördliches Harzvorland (Subherzyn), östlicher Teil*. In: Sammlung geologischer Führer, Nr. 96. Berlin: Borntraeger, ISSN: 0343-737X

Weymann, Hans-Jürgen (2003): *Die mittelpleistozäne Flußentwicklung im nordöstlichen Harzvorland*. Universität Hannover, Fachbereich Geowissenschaften und Geographie. Dissertation

8 Das Rappbode-Talsperren-System

Victoria Große

Die Rappbode-Talsperre hat die höchste Staumauer Deutschlands. Aufgrund der architektonischen und statischen Besonderheiten ist sie ein sehenswerter Anziehungspunkt und erfüllt viele Aufgaben für die regionale und überregionale Wirtschaft und Bevölkerung. Es ist ein ökologisches System, das über viele Jahre hinweg mit den von der Natur gegebenen Ressourcen und den modernen, technischen Standards gekoppelt und betrieben wird. Ich bin im Nachbarbundesland Thüringen aufgewachsen, wo es ebenfalls zahlreiche Talsperren gibt. Einige davon habe ich in früheren Jahren kennengelernt und Interesse für diese besonderen Bauwerke entwickelt. Aus diesen Gründen möchte ich in dem folgenden Beitrag auf die Rolle der Talsperren im Bode-Flusssystem näher eingehen.

Einführung ins Thema

Das Landschaftsbild im Harz wird von 31 Talsperren geprägt. Diese versorgen 1,6 Mio. Menschen in Mitteldeutschland mit Rohwasser (vgl. Gorges 2005: 5-22). Im Westharz befinden sich die Innerste -, Grane-, Oker-, Söse-, Oder- und Ecker-Talsperre. Im Mittelharz liegen die Zillierbach-, Nordhäuser - und die Rappbode-Talsperre und im Ostharz ist unter anderem die Wipper-Talsperre zu finden. Die Abbildung 8.1 gibt einen Überblick über die Lage einiger Talsperren im Harz.

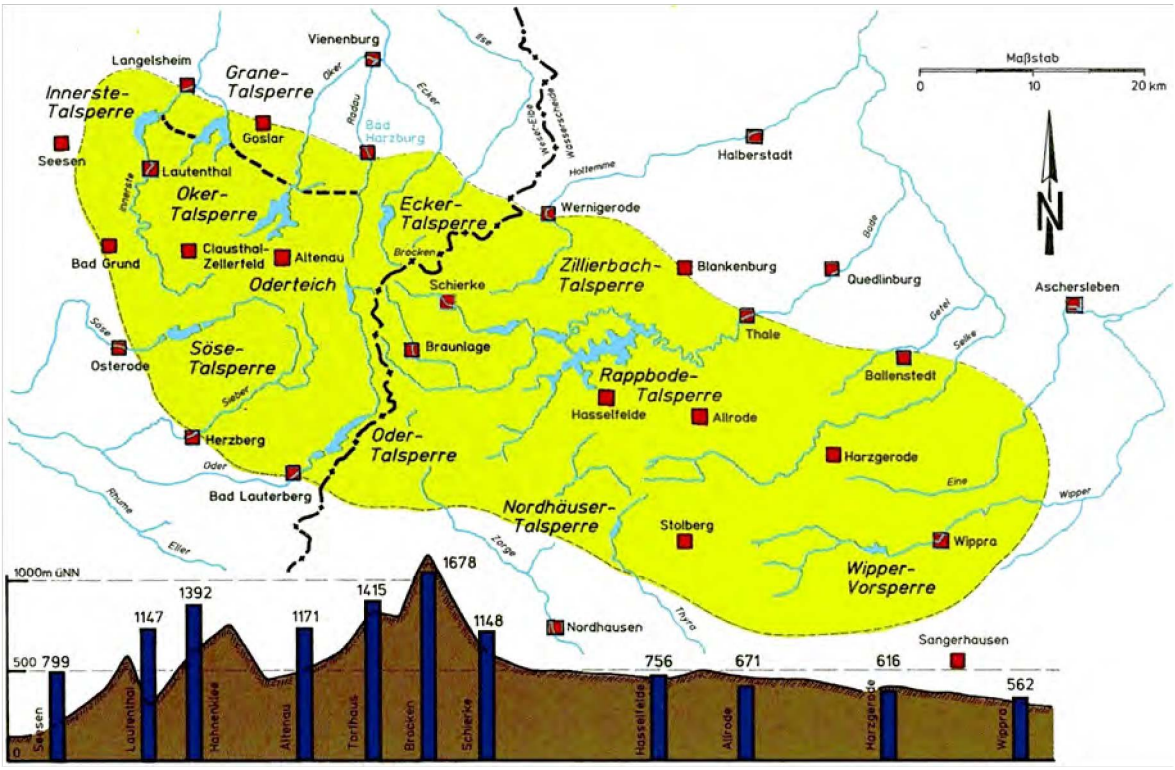


Abbildung 8.1 **Übersichtskarte der Talsperren im Harz**
Quelle: Schmidt 2005

a) Die geographische Lage des Rappbode-Talsperren-Systems

Um eine Vorstellung zu bekommen, welche Flüsse in das System einfließen und wo diese entspringen, werden zuerst einmal die geographischen Daten genannt. Das Rappbode-Talsperren-System ist ein Verbund von Talsperren, die zusammen wirken, dazu zählen die Rappbode-Talsperre, die Vorsperre Rappbode, die Vorsperre Hassel, die Überleitungssperre Königshütte, das Hochwasserschutzbecken Kalte Bode und die Talsperre Wendefurth. Gespeist werden die Talsperren durch die Flüsse der Kalten und Warmen Bode, der Rappbode, der Hassel und der Bode. Die 17 km lange Kalte Bode entspringt im Brocken-Massiv bei Schierke und verläuft über Elend bis zur Überleitungssperre Königshütte in das dortige Hochwasserrückhaltebecken. Die Wassertemperatur ist im Mittel zwei Grad kälter als bei anderen Bodezuflüssen. Die 23 km lange Warme Bode entspringt im Hochmoor des Brockens und fließt von Braunlage über Tanne zur Überleitungssperre Königshütte. Dort vereinigen sich beide Flüsse zur Bode, welche weiter zur Talsperre Wendefurth fließt. Die Rappbode entspringt im Bereich der Blankenburger Faltenzone und verläuft über Benneckenstein und Trautenstein zur Vorsperre Rappbode. Die Hassel hat ihren Ursprung in der Südharz-Mulde bei Stiege und fließt über Hasselfelde zur Vorsperre Hassel und vereinigt sich mit der Rappbode im Stausee der Rappbode-Talsperre. Das gesamte Einzugsgebiet der genannten Flüsse erstreckt sich in Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und Thüringen. Das Rappbode-Talsperren-System liegt im Naturpark Harz in Sachsen Anhalt. (vgl. ebd.) Weitere hydrologische Themen – wie das Oberharzer Wasserregal, die Talgenese der Bode und das Ilsetal – werden in diesem Exkursionsführer in anderen Beiträgen beschrieben.

b) Die Chronik des Talsperren-Baus im Harz

Im folgenden Abschnitt werden die historischen Hintergründe des Talsperrenbaus im Harz beschrieben, um die Entwicklungen über einen langen Zeitraum nachzuvollziehen. Anfang des 16. Jahrhunderts wurde das Leben im Harz durch den Bergbau und die Erzverhüttung geprägt. Von großer Bedeutung für die Forst- und Landwirtschaft waren die Wasservorkommen und -speicher. Die Bäche und Flüsse waren Voraussetzungen für den Bergbau, da Wasser als Energiequelle zur Krafterzeugung diente. Zu diesen Zeiten wurden viele bewirtschaftete Teiche angelegt, die heute nach den Bestimmungen des Niedersächsischen Wassergesetzes als Talsperren zählen. Ein historisches Wasserhaltungs- und Transportsystem ist das Oberharzer Wasserregal. Um einen Ausgleich zwischen Hochwasser- und Trockenzeiten zu schaffen und einen Wasservorrat anzusammeln, wurden künstliche Speicherbecken angelegt. (vgl. Schmidt 2005: 12-20) Ende des 18. Jahrhunderts gab es erste Pläne zum Talsperrenbau an der Bode. Da das Harzer Vorland von Hochwasser bedroht war, wurden 1928 die Harzwasserwerke gegründet und somit konnte die geregelte Wasserversorgung sichergestellt werden.

1936 wurde mit dem Bau der Rappbode-Talsperre begonnen, jedoch konnte die 106 m hohe Staumauer wegen Bauverzögerungen durch den Zweiten Weltkrieg erst 1959 fertiggestellt und eingeweiht werden (vgl. Gorges 2005: 5-8). Heute können in den Talsperren der Norddeutschen Tiefebene 400 Mio. m³ Wasser gespeichert werden. Die Fernwasserleitungen des Oberharzes reichen unter anderem bis nach Bremen. Der folgende Zeitstrahl (vgl. Abbildung 8.2) gibt einen Überblick der Bauzeit und Inbetriebnahmen für die einzelnen Talsperren und Wasserkraftwerke von 1943 bis 2011.

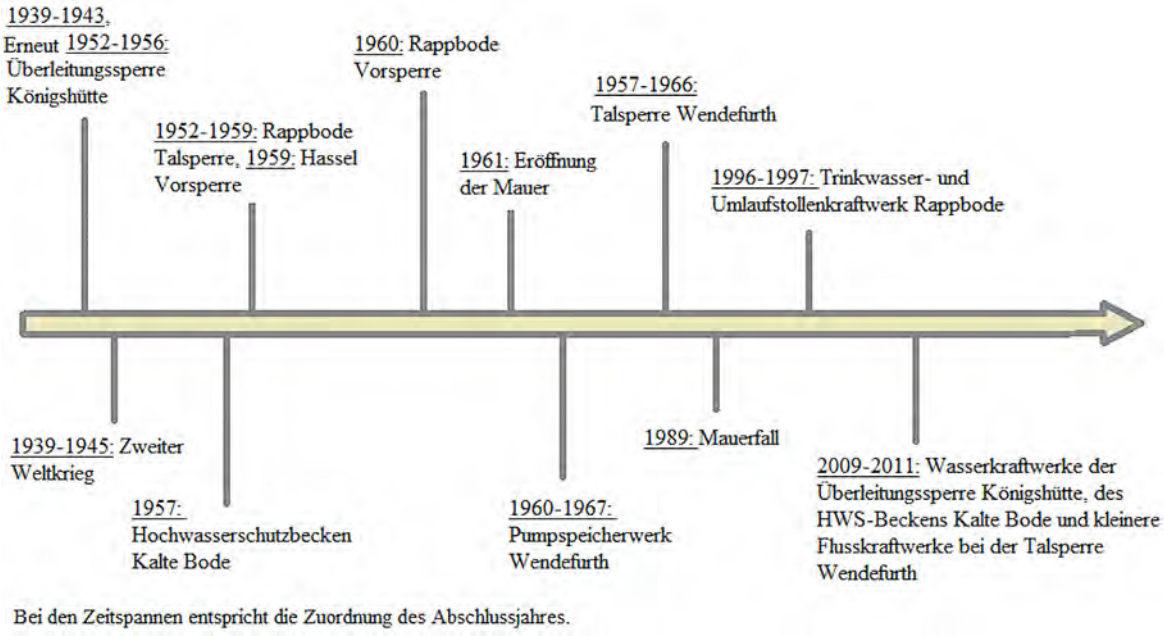


Abbildung 8.2 **Bauzeiten und Inbetriebnahme der Talsperren im Rappbode-Talsperrensystem**
Darstellung: Victoria Große (Datenquelle: Schmidt 2005: 119)

c) Die Funktionen des Rappbode-Talsperren-Systems

Das Talsperrensystem ist von hohem Nutzen für die angesiedelte Bevölkerung und Industrie und erfüllt zentrale Aufgaben. Es ist das wichtigste Hochwasserschutzsystem im Mittel- und Ostharz. Die sechs Anlagen können 132 Mio. m³ Wasser speichern, dabei nimmt die Rappbode-Talsperre den größten Anteil mit 113 Mio. m³ ein. Neben der Energieerzeugung aus Wasserkraft stellt die Rohwasserbereitstellung zur Trinkwasseraufbereitung eine wichtige Aufgabe dar. Durch die natürliche und künstlich gesteuerte Entwässerung des Oberflächenwasser-Überschusses werden 80 Mio. m³ Rohwasser pro Jahr für die Trinkwasserversorgung bereitgestellt. (vgl. Gorges 2014: 4) Bei starken Niederschlägen wird das überschüssige, abfließende Wasser in den Speicherbecken der Talsperren aufgefangen und für die Trockenperioden zur Niedrigwasser-Aufhöhung genutzt. Das

Freizeitangebot am Bodewerk ist vielfältig und deshalb Anziehungspunkt für Touristen, die in dem Naturschutzgebiet Erholung und Informationen suchen. Das Einzugsgebiet des Rappbode-Talsperren-Systems ist zu 75 % mit Wald bedeckt, 15 % sind Grünland und die restlichen 10 % bestehen aus Siedlungen, Ackerfläche und Gewässern. (vgl. Schöpfer 2007: 439) In der folgenden Abbildung 8.3 wird verdeutlicht, welche Funktion jede der Talsperren erfüllt.

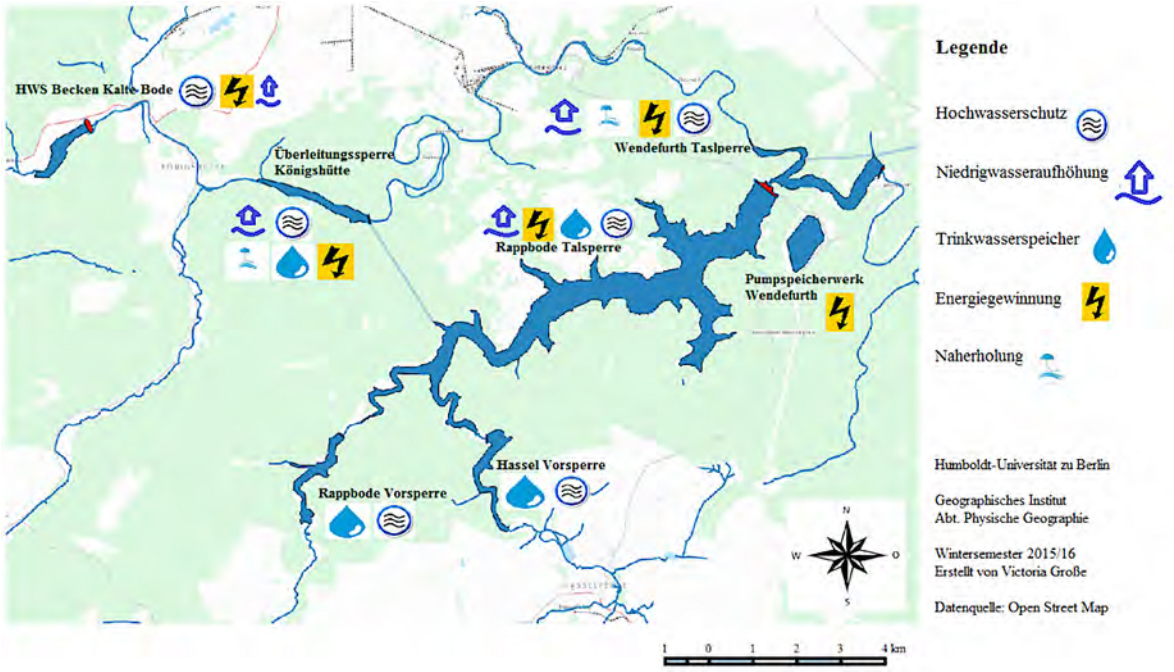


Abbildung 8.3 **Die Nutzungen der Talsperren**
Darstellung: Victoria Große (Kartengrundlage: Open Street Map)

d) Warum ist der Harz so wasserreich?

Der Harz hat eine exponierte Lage und viele klimatische Besonderheiten. Er liegt im Übergangsbereich von ozeanischem zu kontinental beeinflusstem Gebiet (vgl. Schmidt 2005: 30). Entscheidend sind das vorherrschende Relief, die Höhenlagen, die Windrichtungen, die hohe Luftfeuchtigkeit und die West-Ost-Erstreckung.

Das Umland liegt im flachen Norden auf 200 m ü. NHN und im Süden herrscht ein hügliges, weniger steil abfallendes Relief zwischen 200 und 400 m ü. NHN vor. Dagegen steigt im Westen das Gelände von Norden kommend abrupt zum Oberharz steil auf 500 bis 1.141 m ü. NHN an. (vgl. Lübker 2004: 1) Auf letzterer Höhe befindet sich der Brockengipfel. Es kommen viele regenreiche atlantische Luftmassen aus westlicher Richtung zum Harz geweht. Durch seine Insellage ist der Harz ein Hindernis für diese Luftmassen, welche zum Aufstieg gezwungen werden, sich abkühlen und Staubewölkungsniederschläge bilden. Auf der Westseite kommt es dadurch zu starken und

häufigen Niederschlägen, welche im Vergleich zum Ostharz doppelt so häufig auftreten. (vgl. Schmidt 2005: 30) Diese einzelnen Vorgänge sind Prozesse des natürlichen Wasserkreislaufes auf der Erde. Der Brocken hat eine Jahresniederschlagssumme von 1.422 mm und zählt damit zu den niederschlagsreichsten Regionen in Deutschland. Im Ostharz ist die Höhenlage bei nur rund 400 m ü. NHN und somit nimmt auch die Jahresniederschlagssumme ab. Diese beträgt 600 mm und im Ostharzer Vorland 400 mm. (vgl. Rockstedt 2006: 163) Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt im Harzer Vorland bei 7,7 °C und auf dem Brocken bei 2,9 °C (vgl. Lübker 2004: 1). Es gibt 120 bis 150 Schnee- und Frosttage in den Hochlagen (vgl. Rockstedt 2006: 163). Während der Trockenperioden gibt es wenig natürlichen Wasserabfluss in den Flüssen. Der Grund dafür sind die Boden- und die Gesteinsbeschaffenheit, welche nur eine geringe Speicherung des Wassers im Untergrund zulassen (vgl. Schmidt 2005: 30). So sickert weniger Wasser aus dem Boden in die Bäche und es kann zu Trinkwasserproblemen kommen, da die Grundwasserversorgung nicht ausreicht.

e) Das hydrologische Kontrollsystem im Bereich des Bodewerks

Das Kontrollsystem dient zur Überwachung von hydrologischen Parametern im Bereich der Talsperren im Bodewerk. Es gibt vier automatische Pegelmessstationen, die auch Zulaufstationen genannt werden. Diese befinden sich an der Warmen und Kalten Bode, in Trautenstein an der Rappbode-Vorsperre und in Hasselfelde an der Hassel-Vorsperre. Ausgestattet sind sie mit einer Pegelsonde zur Messung des Wasserstandes, einer YSI-Sonde zur Registrierung von Temperatur und Leitfähigkeit, einer TRIOS-ProPS-Sonde zur Messung des spektralen Absorptionskoeffizienten und ein automatischer Wassersammler mit 24 Ein-Liter-Flaschen für die Wasserprobenahme im 15-Minuten-Takt. Weiterhin gibt es vier Auslaufstationen. Eine Station am Stolleneinlauf des Rohwassers der Talsperre Königshütte zur Hauptsperre, an der Rappbode- und Hassel-Vorsperre. Gemessen werden ebenfalls im 15-Minuten-Takt mit einer YSI-Sonde die Temperatur und die Leitfähigkeit und mit einer TRIOS-ProPS-Sonde die spektralen Absorptionskoeffizienten und Nitrate. Die Meteoboje auf der Rappbode-Talsperre misst mit Hilfe von verschiedenen Sensoren Wasserstand, Globalstrahlung, Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Windgeschwindigkeit und Windrichtung. (vgl. Richter 2016: 1)

8.1 Exkursionspunkt 1: Die Rappbode-Talsperre

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 43' 50" N λ = 10° 52' 38" O h = 427 m ü. NHN	Von Wernigerode erreicht man die Rappbode-Talsperre mit dem Auto über Elbingerode und Rübeland. Es gibt vor dem Straßentunnel in der Nähe der Talsperre einen Parkplatz und von dort gelangt man zu dem nahegelegenen Aussichtspunkt oder zur Staumauer. Ein weiterer Anfahrtsweg verläuft über Blankenburg durch den Ort Wendefurth zur Talsperre. Es gibt unter anderem von Rübeland einen geeigneten Wanderpfad.

Diese Talsperre ist das Kernstück des Rappbode-Talsperren-Systems und wurde von 1952 bis 1959 erbaut. Sie dient der Energiegewinnung, der Trinkwasserspeicherung, dem Hochwasserschutz und der Niedrigwasser-Aufhöhung. In den Trinkwasserstausee mit einer maximalen Wasserfläche von 3,9 km² und einer Tiefe von 90 m fließen die Bode, Rappbode und Hassel. Jeder der drei Flüsse wird durch einen Vordamm gestaut. (vgl. Schmidt 2005: 88-94) Die Hauptsperrmauer ist eine Gewichtsstaumauer, die aus 860.000 m³ Beton besteht und eine Kronenlänge von 415 m aufweist. Sie garantiert die Standfestigkeit gegen den Druck des angestauten Wassers. Zur Kontrolle der Standfestigkeit des gesamten Betonkörpers wurde ein System von begehbaren Schächten und Gängen eingebaut. Aufgeteilt ist die Betonmauer in 30 Blöcke, die 10 bis 16 m breit sind. Dazwischen befinden sich mehrere Arbeitsfugen, die als 2 m breite Hohlräume dienen. Dort befinden sich 2,4 km lange Mess- und Kontrolleinrichtungen, die als Schächte und Gänge von der Mauerkrone bis zum unteren Kontrollgang über fünf Etagen und 562 Treppenstufen verbunden sind. Die Sparfugen sind durch Kupferbleche abgedichtet und verhindern Rissbildungen des Betons. Das Wasser für die Trinkwasserversorgung wird im Entnahmeturm über zwei Entnahmeschächte aus sechs verschiedenen Entnahmehöhen je nach Jahreszeit und Wasserstand entnommen und in ein Rohrsystem, welches jeweils einen Durchmesser von 1,20 m hat, durch die Staumauer der Talsperre zu dem Trinkwasserkraftwerk geleitet. Das Wasser wird über Turbinen mit einem Generator in 80 m³/s abgegeben, zur Energieerzeugung genutzt und weiter zu der Trinkwasseraufbereitungsanlage Wienrode transportiert. (vgl. Beuschold/Pape/Wagner 1981: 21) Zusammen mit dem Umlaufstollenkraftwerk am Ufer der Talsperre Wendefurth erbringen beide Kraftwerke eine Jahresenergieleistung von rund 15 Mio. kWh und sind damit Schwerpunkt der Energiegewinnung im ganzen System (vgl. Gorges 2014: 4-7). Das Umlaufstollenkraftwerk hat eine Jahresleistung von 6,2 Mio. kWh und das Trinkwasserkraftwerk von 4,5 Mio. kWh. Die Rappbode-Talsperre dient dem Hochwasserschutz und filtert über den Damm Sedimente und Nährstoffe. (vgl. ebd.: 20) Die Hochwasserentlastung erfolgt bei einer Überströmhöhe von 1,10 m in 120 m³/s durch den freien Mauerkronenüberlauf im Mittelteil der Staumauer. Dieser ist 64 m lang und durch acht Zwischenpfeiler in neun Felder aufgeteilt.

Die Hauptsperrmauer weist eine Gründungstiefe von 15 m und eine Sohlenbreite von 80 m auf. Die Kronenbreite beträgt 12,50 m. Über die Staumauer führt eine 12 m breite befahrene Straße einschließlich Fußgängerweg. Die Rappbode-Talsperre befindet sich im Landschaftsschutzgebiet *Harz und Vorländer*. (vgl. Grupp/Baral 2004: 1) 1995 bis 2009 erfolgten Sanierungsmaßnahmen und Rekonstruktionen an der Anlage. Es wurden unter anderem die Mauerkrone und die Entnahmeeinrichtungen für das Rohwasser erneuert, außerdem erfolgten Betonsanierungsarbeiten und die messtechnischen Bauwerksüberwachungen wurden automatisiert und erneuert. (vgl. Burkhard 2013: 1) In dem umliegenden Gebiet des Rappbode-Talsperren-Systems gibt es viele interessante geologische und geschichtsträchtige Sehenswürdigkeiten, für die sich ein Besuch lohnt. Abbildung 8.4 zeigt eine Übersicht dieser Orte.

Abbildung 8.4 **Geographisch Sehenswertes im Bereich der Talsperren**
Darstellung: Victoria Große (Kartengrundlage: Open Street Map)

Die weiteren Anlagen des Rappbode-Talsperren-Systems

Die weiteren Anlagen erfüllen im ganzen System wichtige Aufgaben. Deshalb wird auf diese in den folgenden Abschnitten näher eingegangen.

I Rappbode-Vorsperre

Die Aufgabe der Vorsperre besteht darin, das Wasser der Rappbode von mitgeführten Stoffen wie Laub, Geröll und Schlamm mechanisch und biologisch zu klären, bevor es über den Staumauerüberlauf in die Hauptsperre übergeht und zu Trinkwasser aufbereitet wird. Das Staubecken hat einen Stauraum für 1,66 Mio. m³ Wasser und ist immer gefüllt, damit der Stausee nicht trocken fällt. (vgl. Köngeter 2013: 388) Es werden Hochwasserwellen aufgefangen und kontrolliert abgeleitet.

Die Staumauer ist eine 134 m lange und 25 m hohe Gewichtsstaumauer aus Beton (vgl. Schmidt 2005: 94). 2013 erfolgten Sanierung, Modernisierung und Instandsetzungsmaßnahmen an der Anlage. Die Tragfähigkeit der Brücke wurde von 12 t auf 60 t erweitert. (vgl. Burkhard 2013: 2)

II Hassel-Vorsperre

Die Aufgaben der Hassel-Vorsperre sind die gleichen wie die der Rappbode-Vorsperre. Auch hier ist der 1,7 km lange und 200 m breite Stausee immer gefüllt. Er kann bis zu 1,47 Mio. m³ Wasser speichern. Die Gewichtsstaumauer aus Beton ist 141,3 m lang und 21,5 m hoch. 2007 wurden die Tragfähigkeit der Brücke von 12 t auf 30 t erhöht und die Nutzbarkeit der Mauerkrone erweitert. 2014 erfolgte eine Sanierung und Modernisierung des Staubauwerkes. (vgl. Mikolajczyk 1999: 1)

III Überleitungssperre Königshütte

Der Talsperrenbau mit dem Überleitungsstollen erfolgte von 1939 bis 1943 und wurde durch den Zweiten Weltkrieg unterbrochen. Vollendet wurde der Bau von 1952 bis 1956. Die Gewichtsstaumauer der Überleitungssperre ist 18 m hoch und 108 m lang. Das Betonvolumen beträgt 13.500 m³. Das Wasser aus dem Einzugsgebiet der Kalten und Warmen Bode kann mit bis zu 12 m³/s abfließen und wird in dem 32 ha großen Stausee gestaut, welcher einen Beckeninhalt von 1,2 Mio. m³ hat. Die Überleitungssperre regelt die Verteilung des Wassers durch das Einlaufbauwerk von der Talsperre mit dem 1,7 km langen Überlaufstollen in das Hauptbecken der Rappbode-Talsperre. (vgl. Schäfers 2015: 1) Überschüssiges Wasser wird im Tosbecken gesammelt, fließt in die Bode zurück und 15 km weiter bis in die Talsperre Wendefurth, wo es sich mit dem Wasser aus der Rappbode-Talsperre vereinigt. Die Abgabe des Wassers aus der Kalten Bode wird gesteuert, so dass die Überleitungssperre gefüllt ist und das Wasser zur Stromerzeugung im Kraftwerk genutzt werden kann.

2009 ging die Wasserkraftanlage in Betrieb und erzeugt 753.000 kWh Energie pro Jahr (vgl. Strobel 2013: 1). Die Überleitungssperre dient dem Hochwasserschutz und zählt zu den beanspruchtesten Einrichtungen im Bodesystem, weil besonders viele Wassermassen durch die starken Niederschläge im Oberharz oder bei Tauwetter auf sie einwirken.

Als Besonderheit hat die Staumauer in ihrem Segment eine Fischbauchklappe, die zur Hochwasserentlastung um 1,5 m abgesenkt werden kann (vgl. Schäfers 2015: 1). Weiterhin dient sie der Niedrigwasser-Aufhöhung. 2006 erfolgten die Instandsetzungs- und Betonarbeiten an der Mauerkrone sowie der Abbruch und die Erneuerung der Brücke über die Hochwasserentlastung. Die Entwässerung der Brücken wurde erneuert. Die Ziele waren, den planmäßigen Sollzustand der Talsperre herzustellen, Mängel zu beseitigen und die Anpassung an den neuesten Technikstand. (vgl. Schachtbau Nordhausen 2006: 1)

IV Talsperre Wendefurth und Pumpspeicherwerk

Die Talsperre Wendefurth wurde von 1957 bis 1966 erbaut und dient dem Hochwasserschutz (vgl. Köngeter 2013: 290f.). Sobald die Rappbode-Talsperre bei Hochwasser voll ist, werden die zusätzlichen Wassermengen über die Talsperre Wendefurth aufgefangen und danach wieder kontrolliert abgeleitet. Sie dient somit als Ausgleichsbecken und Überleitungssperre für die Rappbode-Talsperre und ist ein zusätzlicher Speicher neben dem Hauptspeicher im Rappbodetal.

Da ihr Wasser nicht für die Trinkwasseraufbereitung verwendet wird, ist Wassersport mit Sportbooten auf dem Stausee erlaubt. Eine Forellenzucht mit Mastanlage wird betrieben und produziert 150 t Forellen im Jahr. (vgl. Beuschold/Pape/Wagner 1981: 13) Die 230 m lange und 43 m hohe Gewichtsstaumauer hat ein Volumen von 15.000 m³ und beinhaltet in ihrem Inneren Kontrollgänge und Schächte. Der 3,5 km lange und 78 ha große Stausee wurde 1967 angelegt und dient als Unterbecken für das einzige Pumpspeicherwerk in Sachsen-Anhalt. Das Spitzenkraftwerk ist 102 m lang, 48 m breit und liegt am Ufer des Wendefurth-Stausees. Es besteht aus einem Oberbecken, welches oberhalb der Talsperre Wendefurth liegt, aus zwei Rohrleitungen und dem eigentlichen Kraftwerk.

Durch den Wasserstau aus der Rappbode-Talsperre wird Elektroenergie im Kraftwerk erzeugt, denn nachts wird aus dem Unterbecken der Talsperre Wendefurth durch billigen Nachtstrom über zwei 383 m lange Rohrleitungen das 120 m hoch gelegene Oberbecken Kohlberg durch elektrische Pumpen mit Wasser gefüllt. Am Tag dagegen werden aus dem Oberbecken im freien Fall Turbinen im Maschinenraum des Spitzenkraftwerks angetrieben. Bei einer Durchflussmenge von 39 m³/s wird ein Spitzenstrom von 80 MW Elektroenergie erzeugt. Die beiden Rohrleitungen haben einen Durchmesser von 3,4 m. Das Oberbecken hat ein Speichervermögen von 2 Mio. m³ und ist 1,49 km

lang. (vgl. Schmidt 2005: 97-100) Pro Jahr werden mehr als 3,8 Mio. kWh Strom erzeugt. Die Bauzeit verlief von 1960 bis 1967, und 2012 bis 2014 wurde es modernisiert. (vgl. Gorges 2014: 20)

Im Gebiet der Anlagen gibt es einige Aussichtspunkte, die einen Blick auf die umliegende Landschaft und ihre Bauwerke ermöglichen. Die folgende Abbildung 8.5 stellt einige dieser Punkte dar.

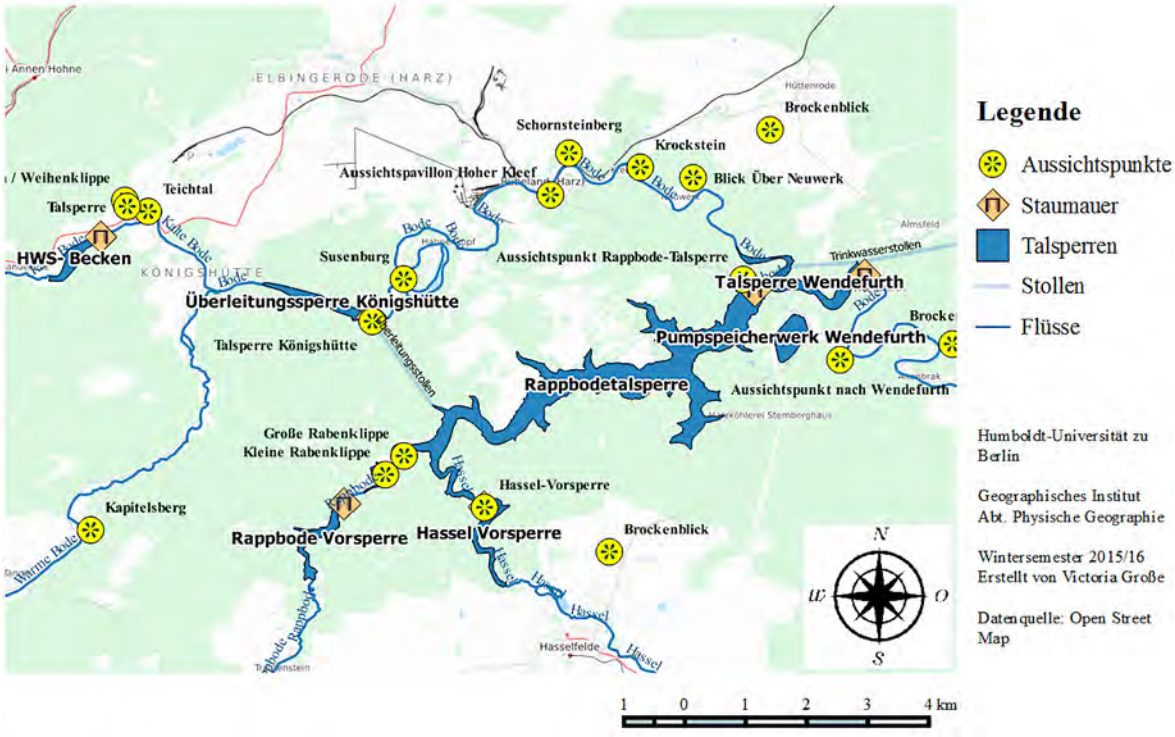


Abbildung 8.5 **Aussichtspunkte im Bereich des Rappbode-Talsperrensystems**
Darstellung: Victoria Große (Kartengrundlage: Open Street Map)

8.2 Exkursionspunkt 2: Das Hochwasserschutzbecken Kalte Bode

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 44' 44" N λ = 10° 44' 11" O h = 430 m ü. NHN	Das Hochwasserschutzbecken Kalte Bode liegt in westlicher Richtung von Königshütte an der B 27 Richtung Elend und Schierke, an der sich mehrere Parkmöglichkeiten befinden. Entlang des Stausees bietet sich die Möglichkeit zur Umwanderung an.

Das Hochwasserschutzbecken Kalte Bode ist eine besondere Stauanlage. Es besitzt einen 28 m hohen Erddamm als Absperrbauwerk, welcher Hochwasserwellen aus dem Brockenbereich auffängt und damit dem Hochwasserschutz für Königshütte dient. Die Abflussmengen der Kalten Bode werden bei Hochwasser durch die Speicherkapazität des Hochwasserschutzbeckens (4,5 Mio. m³) regu-

liert und der Wasserscheitel wird zum Normbereich abgesenkt. Die Wassermengen fließen über den Überlauf in das Speicherbecken und werden nach dem Hochwasser wieder entleert, damit es für das nächste Hochwasser bereitsteht. Das Wasser wird nach Bedarf zur Talsperre Königshütte geleitet, um über den Überleitungsstollen der Rappbode-Talsperre zur Verfügung zu stehen. (vgl. Schmidt 2005: 95f.) 2010 wurde ein Wasserkraftwerk zur Energiegewinnung an der Anlage in Betrieb genommen (vgl. Köngeter 2013: 382).

a) Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Bode

Eines der Hochwasserentstehungsgebiete der Fließgewässer Weser und Elbe befindet sich im exponierten Harz. Der Hochwasserschutz verfolgt das Ziel, mithilfe von Talsperren große Wassermengen nach der Frühjahrsschneeschmelze oder nach intensiven Niederschlägen zurückzuhalten und für Trockenperioden zu speichern. Die Talsperren erzielen somit eine Ausgleichswirkung zur natürlichen und künstlich gesteuerten Entwässerung des Oberflächenwasserüberschusses. Der Gewässerabfluss an Hochwassertagen kann das 2.000-fache des Abflusses der Trockenzeit betragen, und die Abflüsse pro Flächeneinheit können bis 14-fach größer in den Hochlagen als im Vorland sein. Der Ober- und Hochharz hat einen großen natürlich vorkommenden Wasserreichtum und ist dadurch ein Wasserüberschussgebiet. Dagegen ist vor allem das östliche Vorland ein Wassermangelgebiet und wird von den Hochwasserwellen aus dem Harzer Hochland bedroht. (vgl. Schmidt 2005: 33-35) Begünstigt werden die starken oberflächlichen Abflüsse durch den felsigen Untergrund, die stark schwankende Wasserführung der Flüsse und die steile Geländeneigung. Im Sommer und Herbst kommt es durch Gewitter und Wolkenbrüche zu kürzeren und höheren Spitzenwerten des Wasserabflusses mit einem geringeren Wasservolumen, auch diese werden von den Talsperren aufgefangen. (vgl. Beuschold/Pape/Wagner 1981: 5) Das Hochwasserschutzbecken erreicht im Normalfall nie die volle Kapazität, ein Hochwasserschutzraum wird stets für temporäre Hochwasserspitzenwerte freigehalten. Sollte dieser gefüllt sein, wird es bis zum Normalinhalt entleert und steht für das nächste Hochwasser wieder aufnahmefähig bereit. (vgl. Schmidt 2005: 33-35) Zum Beispiel stehen in der Rappbode-Talsperre im Winter 23,5 Mio. m³ und im Sommer 11,8 Mio. m³ Stauraum zur Hochwasserentlastung zur Verfügung. Die Rappbode-Talsperre ist ein Überjahresspeicher, ihr Speichervermögen ist größer als die Summe der mittleren jährlichen Zuflüsse. Sie braucht länger als ein Jahr, um sich zu füllen. Das Hochwasserschutzbecken Kalte Bode dagegen ist ein Unterjahresspeicher. Bei Hochwasser werden die Talsperren und Rückhaltebecken im Verbund gesteuert, um bei einem Einstau den Hochwasserscheitel zu mindern. Dadurch können Sicherungs- und Gefahrenmaßnahmen im Flussunterlauf ermöglicht werden (vgl. Gorges 2014: 4-16). 95 % des Hochwassers werden durch das große Speichervolumen der Talsperren zurückgehalten und bewahren das Harzer Vorland vor Hochwasserschäden (vgl. Schmidt 2005: 33-35). Eine

weitere wichtige Aufgabe einiger Talsperren im Rappbode-Talsperren-System ist die Niedrigwasser-Aufhöhung. In den Trockenzeiten, zumeist im Sommer, werden die geringen natürlichen Abflüsse der Gewässer durch das angesammelte überschüssige Wasser während der Hochwassertage aus den Staubecken der Talsperren im Harz um das 5- bis 10-fache erhöht. Dadurch werden die Abflussschwankungen der Gewässer ausgeglichen und genügend Wasser steht für den täglichen Bedarf der Industrie und Wirtschaft zur Verfügung. (vgl. ebd.: 36)

Das dargestellte Kreisdiagramm (vgl. Abbildung 8.6) veranschaulicht den Anteil von Wasser der einzelnen Talsperren am gesamten Stauraum. Es zeigt die herausragende Stellung der Rappbode-Talsperre. Sie kann mit ganzen 109 Mio. m³ den größten Wasseranteil speichern. Die übrigen fünf Anlagen sind mit jeweils bis zu 8,53 Mio. m³ weitaus kleiner.

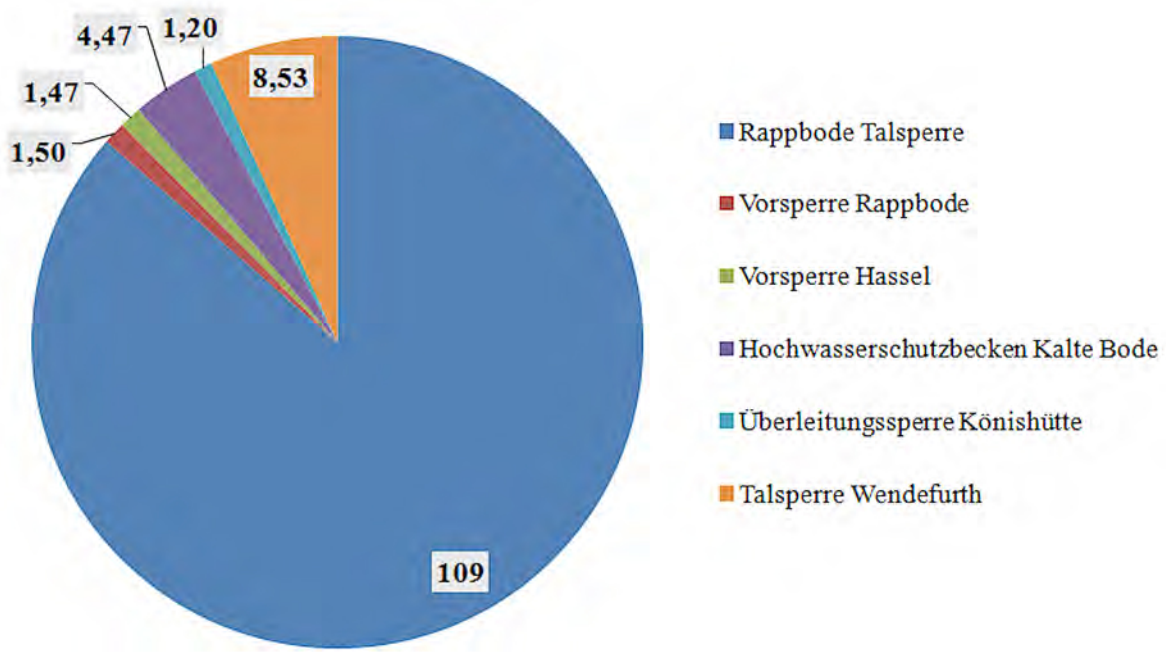


Abbildung 8.6 **Der Gesamtstauraum der Talsperren (in Mio. m³)**
Diagramm: Victoria Große (Datenquelle: Schmidt 2005: 119)

b) Historische Hochwasserereignisse

Historische Hochwasserereignisse im Harz gab es in den letzten Jahrzehnten viele. Einige von ihnen werden kurz dargestellt. Über den Jahreswechsel 1925 auf 1926 gab es durch starke Schneefälle und Warmlufteinbrüche 74 l/qm Niederschlag und Tauwetter ein Silvesterhochwasser im Einzugsgebiet der Kalten und Warmen Bode sowie der Rappbode. 130 cm Schnee und Regenwasser

brachten 350 m³/s Abfluss im Ort Wendefurth und verursachten viele Gebäudeschäden. (vgl. Sternal 2010: 1) Eine nachfolgende Typhus-Epidemie (fieberähnliche Infektion über Bakterien im verschmutzten Trinkwasser) brachte 260 Todesopfer mit sich (vgl. Schmidt 2005: 38).

An der Überleitungssperre Königshütte gab es 1955 starken Niederschlag, die Bode stieg an und der Stausee füllte sich schnell. Im März 1956 folgte während der Bauzeit der Rappbode-Talsperre ein Eishochwasser und wenig später ein Sommerhochwasser. Danach traten weitere Hochwasserereignisse auf, die durch Talsperren gemindert wurden und somit die Schäden im Bode-Gebiet begrenzten. (vgl. Tischler 1999: 1) Am 23. April 1970 lief die Rappbode-Talsperre über und die zusätzlichen Wassermengen wurden durch die Talsperre Wendefurth aufgenommen. Das letzte Hochwasserereignis an der Bode mit Schäden bis in das mittlere Elbegebiet gab es im April 1994. Ausgelöst wurde es durch eine Schneeschmelze, eine hohe Sättigung der Bodenfeuchte und den Abfluss von extremen Niederschlagsmengen. Der 24 Mio. m³ große Hochwasser-Rückhalteraum des Rappbode-Talsperren-Systems konnte die Abflussspitze von 195 m³/s auf 86 m³/s senken. Dies war ein Beitrag zur Minimierung von Hochwasserschäden im Oberlauf der Bode. Die Niederschlagssumme belief sich auf bis zu 143 mm im Hochharz und 69 mm im Vorland. Die Wendefurther Talsperre erlangte einen Vollstau. Es kam aufgrund der fünfzigfachen abfließenden Wassermassen über die Nebenflüsse Selke und Wipper an den unterhalb der Talsperre liegenden Pegeln zu enormen Höchstwasserständen. (vgl. Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt 2015: 33-84) Daraus ergab sich eine Schadensbilanz von 36 Mio. Euro. In den Jahren 1952 bis 2003 gab es einen Niederschlagsanstieg auf der Brocken-Station von 50 %. (vgl. Schöpfer 2007: 2) Der dargestellte Zeitstrahl (vgl. Abbildung 8.7) gibt einen Überblick über die folgenschwersten Hochwasserereignisse, die von 1925 bis 1994 stattgefunden haben.

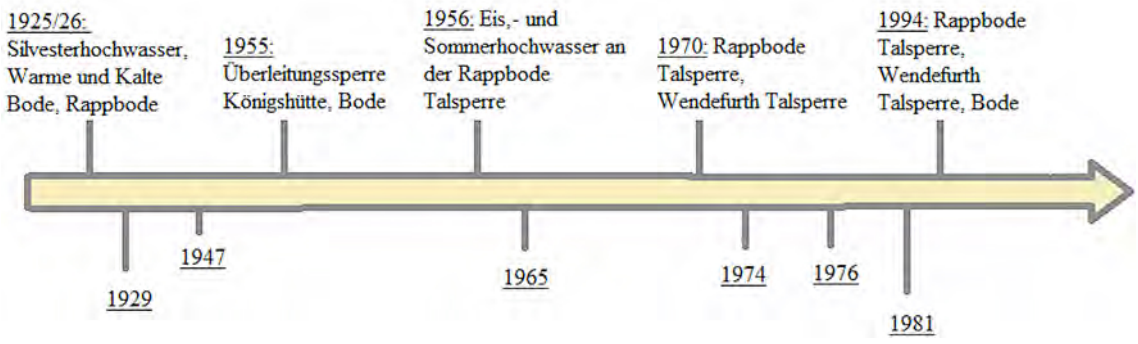


Abbildung 8.7 **Ausgewählte historische Hochwasserereignisse im Bereich der Talsperren**
Darstellung: Victoria Große (Datenquellen: Sternal 2010: 1; Tischler 1999: 1; Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt 2015: 33-84; Schöpfer 2007: 2)

8.3 Exkursionspunkt 3: Die Trinkwasseraufbereitungsanlage Wienrode

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 45' 58" N λ = 10° 58' 25" O h = 233 m ü. NHN	Fährt man 3,4 km südlich von Wienrode entlang der B 81 in Richtung Hasselfelde, erreicht man auf der linken Seite der Straße die Trinkwasseranlage Wienrode.

Wie wird aus dem Talsperren-Rohwasser nach den Verordnungsrichtlinien Trinkwasser gewonnen? – Diese Frage hat sich der eine oder andere vielleicht schon einmal gestellt. Die Abbildung 8.8 zeigt das Verfahrensschema der Trinkwasseranlage Wienrode mit allen wichtigen Prozessen.

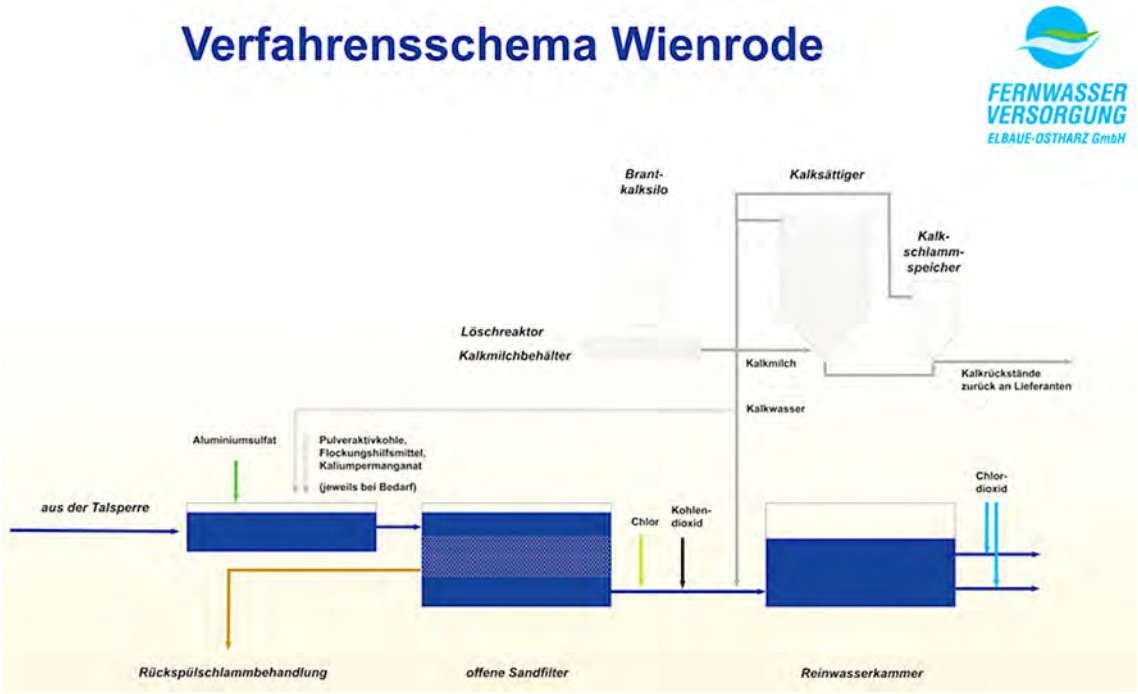


Abbildung 8.8 **Verfahrensschema der Trinkwasseraufbereitungsanlage Wienrode**
Quelle: Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH (2016): Verfahrensschema Wienrode. Online: http://www.fwv-torgau.de/files/inhalte/Trinkwasser/Aufbereitung/VerfahrensschemaWienrodeWeb.jpg (Abruf: 28.03.2016)

Das Niederschlagswasser nimmt im Boden- und Gesteinskontakt unerwünschte Stoffe auf und hat noch keine Trinkwasserqualität. 120.000 m³ Rohwasser werden der Rappbode pro Tag aus sechs verschiedenen Wassertiefen des Entnahmeturms der Staumauer entnommen. Über den 3,2 km langen Stollen und das Leitungssystem wird das Rohwasser durch ein Kraftwerk, wo es eine Turbine antreibt und Energie erzeugt, zur Trinkwasseraufbereitungsanlage Wienrode geleitet. In der Turbomischanlage erfolgt eine Kalkwasserzugabe mit Kalkhydrat und Aluminiumsalzen. Durch eine Mischung werden dem Rohwasser gelöste und organische Stoffe entzogen wie Kohlensäure, Eisen-

und Manganverbindungen. Das Reinigungsprinzip der Flockungsfiltration und die Sedimentation der Inhaltsstoffe erfolgt im Absatzbecken. Viele mit Protonen gesättigte Flocken entstehen und ziehen die mit Elektronen gesättigten Schmutzteilchen, Bakterien und Algen an. In der Filteranlage mit seinen 48 Becken werden die Flocken mit den angelagerten Verunreinigungen vom Wasser getrennt. Dies geschieht durch den Sandfilter, die Flocken bleiben darin hängen und das Wasser wird gereinigt. Das flockige und schlammige zurückbleibende Spülwasser wird im Klärbecken aufgefangen. Im nächsten Schritt findet in der Aufbereitungsanlage eine Teilaufhärtung des Wassers durch Kohlendioxid und Kalkwasser statt, es wird desinfiziert und der Gleichgewichts-pH-Wert stellt sich ein. Um hygienisch einwandfreie Verhältnisse zu sichern, werden Chlor, Chlordioxid und Ammoniak zur Entkeimung dazugegeben. Nach der Desinfizierung sind die möglichen mikrobiologischen Gefahrenstoffe durch die hochwirksame Oxidation unschädlich gemacht und im Wasser nicht mehr wahrnehmbar. Die Steuerung und Überwachung der Vorgänge in der Anlage erfolgt an einem Labor-Computer. Das Trinkwasser wird aus Hochbehältern und über drei Fernleitungen zu den Abnehmern im mittleren und südlichen Sachsen-Anhalt geleitet. Der Bau der Trinkwasseranlage Wienrode dauerte von 1958 bis 1965 und 1992 wurde die Anlage erneuert. (vgl. Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz 1996: 3-20) Der Betreiber des Wasserwerks Wienrode ist die Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH.

a) Trinkwasserqualität

Die hohe biologische Selbstreinigungskraft des Bodesystems, die Schutzfunktion der Vorsperren und die Natur- und Wasserschutzgebiete gewährleisten eine gute Rohwasserbeschaffenheit. Um dies zu erhalten, müssen die Umwelt und die Rohwasserressourcen geschützt werden. Um Verunreinigungen im Einzugsgebiet der Talsperren vorzubeugen und die Rohwasserqualität zu schützen, sind die Wasserschutzgebiete um die Talsperren in Schutzzone 1, 2 und 3 eingeteilt und in jeder Zone gelten unterschiedliche Nutzungsauflagen. Da das Wasser aus den Stauseen im Harz nicht in intensiven Kontakt mit kalkhaltigen Gesteinen kommt und keinen Härtebildner (Calcium oder Magnesium) löst, besteht die Besonderheit, dass es im Vergleich sehr weiches und salzarmes Wasser ist. Es hat eine niedrige Nitratkonzentration und eine geringe Wassertemperatur. Der Kalkanteil liegt mit weniger als 1,5 mmol/l Kalk unter dem bundesdeutschen Durchschnitt. Die Überwachung der Trinkwasserqualität bezüglich aller wichtigen Güteparameter erfolgt unter strengen bakteriologischen, physikalischen und chemischen Kontrollen mit modernen mikroskopischen Analysetechniken im Zentrallabor der Harzwasserwerke GmbH, in Wasserwerken, im Fernleitungsnetz und durch Gesundheitsbehörden. (vgl. Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz 1996: 3-19) Um die Rohwasserqualität des Rappbode-Talsperren-Systems zu sichern, müssen das Gewässersystem und die Anlagen der Talsperren über eine chemisch-physikalische Gewässergüteklasse durch hydrologische

Messungen und Experten über Jahre überprüft werden. Es werden dafür täglich Roh- und Trinkwasserproben aus den Wasserwerken, Fernleitungen und Zuflussgebieten im Labor Wienrode untersucht. Alle relevanten Parameter werden zur Qualitätssicherung fernübertragen und computergestützt durch automatische Qualitätsmesstechniken und manuelle Kontrollen des Fachpersonals überprüft, aufgezeichnet und bewertet. Die Dokumentation der Unterhaltung, Prüfung und Sicherheit der Anlagen erfolgt in einem entsprechenden Talsperrenbuch. Die Bewirtschaftung der Rappbodetal-Sperre strebt ein sehr gutes ökologisches Potenzial an, welches bisher nicht erreicht wurde, dennoch ist es ein multifunktionales, nachhaltiges und stabiles System. In der Trinkwasserverordnung von 2001 sind gesetzliche Grenzwerte über die Konzentration von Inhaltsstoffen im Trinkwasser festgelegt und sie regelt die Qualitätsüberwachung. Die Kalte und Warme Bode und die Rappbode haben eine geringe Nährstoffbelastung. Die Hassel hat eine mäßige Nährstoffbelastung. Sie zeigt im Winter eine große Schwankung der Nitrat-Konzentration aufgrund von Störfaktoren. In den 1990er Jahren waren die Gewässer nach der Trinkwasserverordnung nährstoffübersättigt, zum Beispiel durch Kohlenstoff, Stickstoff oder Phosphat. Gelöste organische Kohlenstoffe sind ungefährliche und natürliche Pflanzenabbauprodukte. Sie färben das Wasser braun und ab einer bestimmten Konzentration sind sie schwer abbaubar. Sie stören die Flockungsfiltration in der Trinkwasseraufbereitung und während der Chlor-Desinfektion entstehen Desinfektionsnebenprodukte, so genannte chlorierte Kohlenwasserstoffe, die gesundheitlich als bedenklich gelten. Ursachen dafür waren Verunreinigungen der Flüsse durch Düngemittel, Abwässer, Tiergülle, starke Niederschläge und Grundwasser, die mehr organische Stoffe in die Oberflächengewässer spülen und die Selbstverunreinigung durch Plankton. Die Wasserqualität nahm ab und die Trinkwasseraufbereitung in den Wasserwerken benötigte eine intensivere Aufwendung, die dazu noch teuer ist. Diese Konzentrationen konnten in den letzten Jahren durch Schutzmaßnahmen wie Kläranlagen und abwassertechnische Sanierungen der Einzugsgebiete an den betroffenen Flüssen reduziert werden und ermöglichten eine Verbesserung der chemischen Gewässergüte in den Talsperren. (vgl. Gorges 2014: 3-13)

b) Die Nachhaltigkeit der Talsperren

In Zukunft könnte sich die Bedeutung der Talsperren durch den Klimawandel erhöhen. Es werden große Energiespeicher notwendig sein, da erneuerbare Energieerzeugung durch ihre Diskontinuität nicht ausreicht. Ein Ausgleich könnte durch den Bau von Pumpspeicherwerken und großvolumigen Speicherbecken ermöglicht werden. Es wird in Zukunft durch die Auswirkungen des Klimawandels mit höheren Niederschlagsmengen, mit größeren Wasserangeboten und häufigeren, extremen Hochwasserereignissen gerechnet. (vgl. Schöpfer 2007: 437) Deshalb werden weitere Hochwasserrückhaltebecken erforderlich.

Seit dem Bestehen der Rappbode-Talsperre wurde die Bereitstellung von Rohwasser in ausreichender Menge und Güte erfüllt und sie wird in ihren Funktionen für nachfolgende Generationen weiter zur Verfügung stehen, weil es eine moderne und flexible Anlage ist (vgl. Schöpfer 2007: 436-441). Das Projekt TALKO, welches sich mit den Folgen des Klimawandels auf das Rappbode-Talsperren-System befasst und Langzeitmessungen der Wasserqualität vornimmt, wird durch das Observatorium der Rappbode-Talsperre der Helmholtz-Gemeinschaft geleitet. Gemeinsam mit der Talsperrenverwaltung, der Wasserversorgung und den Behörden wird dieses Forschungsziel verfolgt. Dabei werden die Wechselwirkungen zwischen Einzugsgebiet und dem Oberflächengewässer untersucht. Auch der Frage nach der erhöhten gelösten Kohlenstoffkonzentration in den Trinkwasserspeichern wird nachgegangen. (vgl. Kamjunke 2016: 1) Bis heute beschäftigen sich Forschungsprojekte mit allen Gegebenheiten rund um die Talsperren, um Vorteile für eine Verbesserung der Ökosysteme zu ermöglichen und die Gewinnung nachhaltiger Energien zu verbessern.

In der nachfolgenden Tabelle sind abschließend einige wichtige Hauptdaten der Talsperren zur Übersicht dargestellt:

Talsperren	Dammkrone m ü NN	Stauziel m ü NN	max. Höhe m ü. Gelände	max. Wasserfläche ha	Beckeninhalt Mio m³	mittlerer Zufluß m³/s	natürl. Einzugsgebiet, km² mit Beteiligungen	Art des Bauwerks	Kronenlänge m	max. Höhe Staumauer m ü. Gründungssohle	Breite der Staumauer m
Rappbode Talsperre	427	424	89	390	109,00	1,49	114,8/269	Gewichtsstaumauer aus Beton	415	106	**13**
Vorsperre Rappbode	441	439	20	24	1,50	0,68	48	Betonmauer	118	25	**4**
Vorsperre Hassel	435	433	18	25	1,47	0,53	45	gerade Gewichtsstaumauer aus Beton	141	22	**2**
Hochwasserschutzbecken Kalte Bode	469	467	24	59	4,47	0,89	35	Erddamm	224	28	**3**
Überleitungssperre Könishütte	426	423	13	32	1,20	3,08	154	gekrümmte Gewichtsstaumauer aus Beton	108	17	7
Talsperre Wendefurth	355	352	33	78	8,53	5,02	40	gekrümmte Gewichtsstaumauer aus Beton	230	43	7

Abbildung 8.9 **Die Übersicht der Hauptdaten der Talsperren**
Tabelle: Victoria Große (Datenquellen: Schmidt 2005: 119; Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt 2016: 1; Henning 2013: 1; Janberge 2014: 1)

Verwendete Hauptquellen

Beuschold, Erhard/Pape, Helmut/Wagner, Georg (1981): *Ostharztalsperren – Gigant der Wasserwirtschaft*. Leipzig: Urania-Verlag

Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH (1995/1996): *Trinkwasseraufbereitung Wienrode*. Torgau: Smuda Werbung und Druck

Gorges, Sabrina (2014): *Das Bodesystem – Multifunktional. Nachhaltig. Stabil*. Online: http://www.talsperren-lsa.de/tsb/service/file.php?id=TSB-SA-Broschuere-Potenzialstudie-Bodesystem.pdf&loc=1 (Abruf: 28.03.2016)

Köngeter, Jürgen/Heimerl, Stephan/Kohler, Beate/Ebert, Marco/Libisch, Christoph (2013): *Talsperren in Deutschland*. Wiesbaden: Springer Vieweg

Schmidt, Martin (2005): *Talsperren im Harz – Ost- und Westharz*. Clausthal-Zellerfeld: Piepersche Druckerei und Verlag GmbH

9 Waldgesellschaften und der anthropogene Einfluss

Hannah Langmaack

Die Motivation für den vegetationsgeographischen Teil des Exkursionsführers rührt vor allem von der Besonderheit des Harzes als Vegetationsstandort. Die klimatischen Extreme zusammen mit der orographischen Differenziertheit und das wechselnde Ausgangsgestein für die Bodenbildung lassen hier stark angepasste Pflanzengesellschaften entstehen. Gleichzeitig verdeutlichen die aktuellen Waldstrukturen jedoch auch die immensen anthropogenen Eingriffe und zeigen, wie stark die früheren Waldnutzungen auch heute noch nachwirken.

Einführung ins Thema

Der Harz ist ein besonderer Vegetationsstandort: Die Bodenverhältnisse wechseln in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein sehr kleinräumig und erwirken zusammen mit den extremen klimatischen Bedingungen lokale Standorttypen mit stark angepassten Pflanzengesellschaften (vgl. Kison et al. 1994: 17). Als nördlichstes Mittelgebirge Deutschlands bewirken die Westwinde ein montan-ozeanisches Klima, unter dessen Einfluss die Höhenstufen der Vegetation sehr dicht aufeinander folgen, dichter als bei den südlicher gelegenen Mittelgebirgen oder den Alpen. Dadurch entstehen ein ausgeprägtes Mosaik sowie eine enge Verzahnung natürlicher Florenelemente. (vgl. ebd.: 16) Die Vegetationszonierung des Harzes umfasst sechs Höhenstufen, die in der folgenden Tabelle (siehe Abbildung 9.1) dargestellt sind:

Kolline Stufe	<300m	Mischwälder aus Buche und Eiche. Kalk-Buchenwald mit Anteilen von Esche, Ahorn und Linde.
Submontane Stufe	300-525m	Perlgras-Buchenwald, Hainsimsen-Buchenwald
Montane Stufe	525-750m	Kalk-Buchenwald, Zahnwurz-Buchenwald, Hainsimsen-Buchenwald mit Traubeneiche und Kiefer. Beimischung der Fichte auf Grund- und Stauwasserböden.
Obermontane Stufe	750-850m	Buchen-Fichtenwald, Mischbestände mit abnehmendem Buchenvorkommen
Hochmontane Stufe	850-1000m	Wollreitgras-Fichtenwald, Fichte nahezu Hauptbaumart. Vereinzelt Nebenbaumarten: Eberesche, Bergahorn, Birke
Subalpine Stufe	>1000m	Zwergsträucher; Baumgrenze

Abbildung 9.1 **Höhenzonale Einordnung der natürlichen Waldgesellschaften im Harz**
Tabelle: Hannah Langmaack (Datenquelle: Schaper 1995)

Über alle Höhenstufen ist der Harz seiner Landschaftsstruktur nach ein Waldgebirge, welches sich durch den jahrhundertelangen Einfluss des wirtschaftenden Menschen in großen Bereichen weit vom ursprünglichen Zustand entfernt hat. Vor allem Bergbau und Hüttenwesen führten zu einem Strukturwandel der Hauptbaumarten: Die ehemals dominierenden Buchenwälder und Buchen-Fichten-Mischwälder sind im Harz großflächig durch Fichtenwälder und Fichtenforste ersetzt und verdrängt worden, die nun das Landschaftsbild prägen. Jedoch sind trotz des starken anthropogenen Einflusses im Harz einige naturnahe Wälder erhalten geblieben. (vgl. Hlawatsch/Wegener 1994: 45)

Die folgenden Exkursionspunkte sollen die Charakteristika der vorherrschenden Harzer Waldgesellschaften verdeutlichen sowie den Unterschied zwischen anthropogener Überprägung und naturnahen Waldbeständen darstellen.

9.1 Exkursionspunkt 1: Aussichtskanzel am Steilhang des Barenberges

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 45' 06,1" N λ = 10° 40' 23,5" O h = 665 m ü. NHN	Der Barenberg kann sowohl von Schierke als auch von Elend aus erreicht werden. Die Wanderung kann jeweils von einem Parkplatz aus begonnen werden und beträgt von Schierke bzw. Elend etwa 1-2 km auf gut ausgebauten Wanderwegen.

Der Exkursionspunkt am SW-orientierten Steilhang des Barenbergs schließt sich nördlich an den Ort Elend im Naturpark Harz/Sachsen-Anhalt an. Der Punkt befindet sich im Naturschutzgebiet *Elendstal* welches 73,69 ha umfasst und das in nord-südlicher Richtung verlaufende Kerbsohlental der Kalten Bode zwischen Elend und Schierke einnimmt.

Von der Aussichtskanzel am Barenberg blickt man in das Naturschutzgebiet *Elendstal*, in dem einige für den Harz ursprünglich typische Mischwaldbestände zu finden sind, die in vielen anderen Gebieten großflächig durch die Fichte verdrängt wurden. Eine Besonderheit des Gebietes bilden dabei die recht hoch gelegenen naturnahen Buchenbestände auf über 600 m Höhe (vgl. Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt o.J.a). Die Buchenbestände im Naturschutzgebiet, welches seit 1961 unter Schutz steht, sind durch den Einfluss der Fichte sowie den hohen Wildbestand in allen Verjüngungsflächen gefährdet. Daher ist ein Totalreservat von 10 ha der ungestörten natürlichen Entwicklung ohne jeglichen menschlichen Einfluss und der Beobachtung der natürlichen Bewaldung vorbehalten. Im Nordwesten des Reservats befindet sich eine Fläche, die ehemals mit Fichten aufgeforstet wurde, welche sich an dieser Stelle nun weiter ausbreiten. Die Verjüngung der Buche wird hier

durch Lichtungshiebe, Mischwuchsregelung und Zäune für den Wildbestand gefördert (vgl. Hentschel et al. 1983: 66). Das vorrangige Schutzziel in diesem Gebiet umfasst den Schutz und Erhaltung der höchstgelegenen Buchenbestände des Harzes (vgl. Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt o.J.a). Die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) erreicht hier bestandsbildend ihre Höhengrenze, dabei sind überwiegend Rotbuchen von bis zu 120 Jahren zu finden. An den kühleren und feuchteren Nordosthängen und Talbereichen der Kalten Bode ist zudem Mischwald mit der Gemeinen Fichte (*Picea abies*) entstanden (vgl. Hentschel et al. 1983: 65). Ab etwa 650 m werden die vorhandenen reinen Buchenwälder von hochmontanen Fichten-Buchen-Wäldern abgelöst. Die Oberhänge des Barenbergs tragen montane artenarme Buchenwälder wie beispielsweise den Hainsimsen-Buchenwald mit Harzlabkraut (*Luzulo luzuloides-fagetum*). (vgl. Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt o.J.a)

Diese hier vorkommenden reinen Buchenwälder gelten als typische natürliche Vegetation im größten Teil der Tiefländer West- und Mitteleuropas, wobei der deutsche Anteil des potenziellen natürlichen Areals etwa ein Viertel ausmacht (vgl. Panek 2011: 17). Die Rotbuche erlangte ihre Dominanz als Waldbaumart erst in einer späteren Phase der Wiederbewaldung nach der letzten Eiszeit mit den damit einhergehenden höheren Temperaturen und wächst heute unter atlantischen bis subkontinentalen Klimabedingungen mit hohen Ansprüchen an Feuchtigkeit: Sie benötigt über 650 mm Niederschlag im Jahr und bildet Lücken auf trockenen Standorten und Stauwasserböden. Bevorzugte Standorte sind für die Rotbuche basen- und nährstoffreiche sowie schwach saure Böden. Auf Mooren oder Klippen ist sie selten zu finden (vgl. NLWKN 2010). Mit ihrer natürlichen Dominanz zwischen 200 m und 700 m liegt die Obergrenze der Buchenverbreitung im Harz recht hoch. In der Literatur variiert die ursprüngliche Obergrenze der Buchenverbreitung allerdings stark, die einzelnen Angaben reichen von 700 m bis 1.000 m ü. NHN (vgl. Beug et al. 1999: 90). Sicher ist jedoch, dass der Harz vor der anthropogenen Einflussnahme von Buchenwäldern bedeckt war und die Fichte höchstens ein Viertel des Gebietes einnahm. Bestandsbildend war die Fichte dabei lediglich auf Moorgebieten, in kühleren Talschluchten sowie untergeordnet in Buchenmischwäldern, auf dem Brocken und Königsberg zu finden, während der Oberharz bis etwa 1.000 n. Chr. bis in Höhen von 1.000 m von der Buche beherrscht wurde (vgl. Firbas et al. 1939: 436). Dies belegen Firbas et al. in *Untersuchungen der jüngeren Vegetationsgeschichte im Oberharz* von 1939 durch Baumpollenproben von fünf Moorgebieten zwischen 800 m und 1.095 m, in denen die Anteile von *Picea* und *Fagus* ermittelt wurden. Das Verhältnis beider Arten in vier verschiedenen Zeiträumen ist in der nachstehenden Abbildung 9.2 als Mittelwerte dargestellt und sie zeigt neben dem Vorkommen der Buche in Gebieten über 800 m auch deutlich die einsetzende Verdrängung der Buche durch die Fichte.

Abbildung 9.2 **Anteile von Rotbuche (*Fagus sylvatica*) und Gemeine Fichte (*Picea abies*) in verschiedenen Zeitphasen**
Darstellung: Hannah Langmaack (Datenquelle: Firbas et al. 1939)

Die Rotbuchenwälder gliedern sich ihren Standortbedingungen nach generell in drei Haupttypen, von denen alle im Harz vertreten sind. Je nach Standortbedingungen und Zusammensetzung der Strauch- und Krautschicht existieren dabei verschiedene Untertypen. Grundsätzlich unterscheiden sich die Haupttypen durch basenreiche und bodensaure Standorte. Auf nährstoffarmen, bodensauren Standorten dominieren die Hainsimsen-Buchenwälder (*Luzulo-Fagenion*). Auf nährstoffreichen und kalk- bzw. basenreichen Standorten sind die Waldmeister-Buchenwälder (*Galio odorati-Fagenion*) zu finden, zu denen auch die im Harz vorkommenden Ausprägungen der Perlgras-Buchenwälder und Zahnwurz-Buchenwälder gehören. Der dritte Haupttyp umfasst die auf flachgründigen und trockenen Kalkstandorten stockenden Orchideen-Buchenwälder (*Cephalanthero-Fagenion*). (vgl. Panek 2011: 18)

Der typische Hainsimsen-Buchenwald, welcher am Exkursionspunkt Barenberg mit dem dominierenden Harzlabkraut in der Krautschicht auftritt, wächst in den mittleren und höheren Lagen des Harzes natürlicherweise bis 700 m sowie in den Hügelländern auf basen- und nährstoffarmen Silikatgesteinen und bevorzugt dabei ebene bis flachwellige oder mäßig steile Hänge. Der Hainsimsen-Buchenwald tritt vor allem als Buchenhallenwald mit weithin fehlender Strauchschicht und anspruchslosen Gräsern auf. Der im Harz vorkommende Zahnwurz-Buchenwald sowie der Perlgras-Buchenwald stellen höhenstufenbedingte Formen des Waldmeister-Buchenwaldes dar. Beide Ausprägungen bevorzugen basenreiche Standorte, jedoch ist der Zahnwurz-Buchenwald in submontanen bis montanen Hochlagen des Unterharzes über 500 m verbreitet, während der Perlgras-Buchenwald eine planar-kolline Tieflandform darstellt. Der Perlgras- sowie der Zahnwurz-Buchenwald

Basenarme Buchenwälder				
Buchenwaldtyp	**Standorteigenschaften**	**Baumschicht**	**Strauch-, Krautschicht**	**Vorkommen und Häufigkeit im Harz**
Typischer Hainsimsen Buchenwald (*Luzulo-Fagetum*)	- Kolline bis montane Stufe, etwa bis 700m. Auf ebenen bis flachwelligen Geschiebeplatten, Plateaulagen und mäßig steilen Hängen. - Basen- und nährstoffarme Silikat Gesteine - Bevorzugt subatlantische Klimabedingungen	Rotbuche dominant mit Beteiligung von Traubeneiche, Eberesche.	Strauchschicht: Sträucher weithin fehlend Krautschicht: Weiße Hainsimse vorherrschend (*Luzula luzuloides*), daneben Bodenvegetation aus anspruchslosen Gräsern.	Mittlere und höhere Lagen des Harzes sowie in den Hügelländern. In höheren Lagen des Harzes großflächig durch Fichtenwirtschaft bedroht und bereits häufig durch Fichtenforste ersetzt.
Wollreitgras-Fichten-Buchenwald	- Montane bis hochmontane Höhenstufe ab 700-850m - Basenarme bis leicht saure Standorte	Fichte und Buche mit meist ausgeglichenen Anteilen	Krautschicht: Wolliges Reitgras nimmt große Flächen ein; geringe Anteile von Buchenwaldarten wie Quirlige Weißwurz, Schmalblättrige Hainsimse und Purpur-Hasenlattich Strauchschicht: Schwach entwickelt	Nur im Hochharz und an den Randzonen des Oberharzes in Fragmenten erhalten (700-850m aufwärts). Heute meist in Fichtenforste umgewandelt
Basen- und Kalkreiche Buchenwälder				
Typischer **Waldmeister Buchenwald** (*Asperulo-Fagetum*)	- Kolline bis submontane Stufe bis etwa 500m. Wächst auf ebenen bis flach welligen Kuppen und Rücken sowie bis in mäßig geneigte Hanglagen - Kalkreiche und basenreiche Standorte - Bevorzugt subatlantische bis subkontinentale Bedingungen	Dominante Rotbuche sowie geringere Anteile Trauben-Eiche und selten Hainbuche. Andere Baumarten wie Berg-Ahorn, Esche, Stieleiche nur Stammweise.	Krautschicht: sehr artenreich und gut ausgebildet mit vielen Frühjahrsgeophyten. Typische Pflanzenarten: Waldmeister, Einblütiges Perlgras, Wald-Bingelkraut, Bärlauch oder Frühlings-Platterbse. Strauchschicht: Schwach entwickelt, vereinzelt Roter Holunder und Gemeine Hasel	Großflächige naturnahe Waldmeister-Buchenwälder sind selten erhalten. Besondere Bedeutung als typische Leitgesellschaft haben die naturnahen Buchen-Altbestände
Zahnwurz-Buchenwald	- Montane Höhenstufe, vereinzelt submontan - Ton- und basenreicher Schiefer, Kalkgestein	Gutwüchsige Buchenhallenwälder mit dominanter Rotbuche und vereinzelt Ahorn.	Krautschicht: Reiche Bodenvegetation mit Frühjahrsgeophyten Strauchschicht: Auffällige, gut entwickelt mit z.B. wärmeliebender Liguster	In den Hochlagen des Unterharzes über 500m. Vereinzelt größer flächige naturnahe Wälder mit bemerkenswerter ökologischer Bedeutung.
Mitteleuropäischer Orchideen-Kalk-Buchenwald (*Cephalanthero-Fagion*)	- Auf kalkhaltigem Gestein und trocken-warmen Standorten zu finden - Beschränkt auf lokalklimatisch bogünstigte Standorte	Kein typischer Buchenhallenwald. Rotbuche ist dominant, daneben Traubeneiche, Mehlbeere, Elsbeere, Eibe und Feldahorn.	Orchideenarten sind prägend. Z.B. Weißes und Rotes Waldvöglein, Frauenschuh und Nestwurz	Besiedelt Hänge der Gips- und Kalkgebiete des Unterharzes, der Harzvorländer und des Südharzrandes. Die Orchideen-Kalk-Buchenwälder kommen kleinflächig vor und sind sehr selten.

Abbildung 9.3 **Vorkommende Buchenwaldtypen im Harz und ihre Eigenschaften**
Tabelle: Hannah Langmaack (nach diversen Autoren)

bestehen wie die meisten Ausprägungen des Waldmeister-Buchenwaldes aus meist gutwüchsigen Buchenhallenwäldern mit einer schwachen Strauchschicht und reicher Bodenvegetation. (vgl. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt 2000: 154). Mit wachsendem Anspruch an nährstoffreichen Boden und wärmeres Klima wird die Krautschicht von Hainsimsen-Buchenwald über Waldmeister-Buchenwald und Orchideen-Buchenwald immer reicher. In Abbildung 9.3 sind die Hauptarten der Buchenwaldgesellschaften, ihr Vorkommen sowie Eigenschaften der Strauch- und Krautschicht dargestellt.

9.2 Exkursionspunkt 2: Wurmberg

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 45' 25" N λ = 10° 37' 00" O h = 942 m ü. NHN	Die Wanderung zum Aussichtspunkt auf dem Wurmberg kann am besten über den Parkplatz *Hexenritt* in Braunlage erreicht werden.

Der Exkursionspunkt befindet sich im etwa 183 ha großen Naturschutzgebiet *Wurmberg*, welches die nordwestlichen bis südwestlichen Hanglagen des Wurmbergs umfasst. Das Gebiet befindet sich rund 3,3 km nördlich von Braunlage im Naturraum Oberharz. Hier erhebt sich der Wurmberg bis auf eine Höhe von 971 m. Das Schutzgebiet befindet sich in der montanen Höhenstufe und erstreckt sich über Lagen von 600 m bis 835 m ü. NHN.

Der Exkursionspunkt Wurmberg veranschaulicht neben den Standortbedingungen natürlicher Fichtenwälder ab einer Höhe von 850 m auch die strukturarmen Fichtenbestände, welche gegenwärtig die natürlichen Laub- und Mischwaldstandorte unterhalb von 800 m einnehmen. Auch sind hier besonders prägende Landschaftselemente wie Felsen, Felskomplexe und natürliche Block- und Geröllhalden mit ihrer charakteristischen Vegetation aus Flechten, Zwergsträuchern wie Heidelbeere, Heidekraut und Drahtschmiele zu finden (vgl. NLWKN 2005: 1). Da der geologische Untergrund vom Granitpluton des Brockenmassivs gebildet wird, bestehen die Böden hauptsächlich aus dessen basenarmen Verwitterungsmaterial. Darüber hinaus kennzeichnen das Gebiet sehr hohe Niederschläge, hohe Luftfeuchtigkeit, viele Nebeltage und raue Temperaturen. (vgl. ebd.) Die Bedingungen sind hier für die Fichte ideal: Sie bevorzugt feuchte Standorte mit geringer bis mäßiger Nährstoffversorgung.

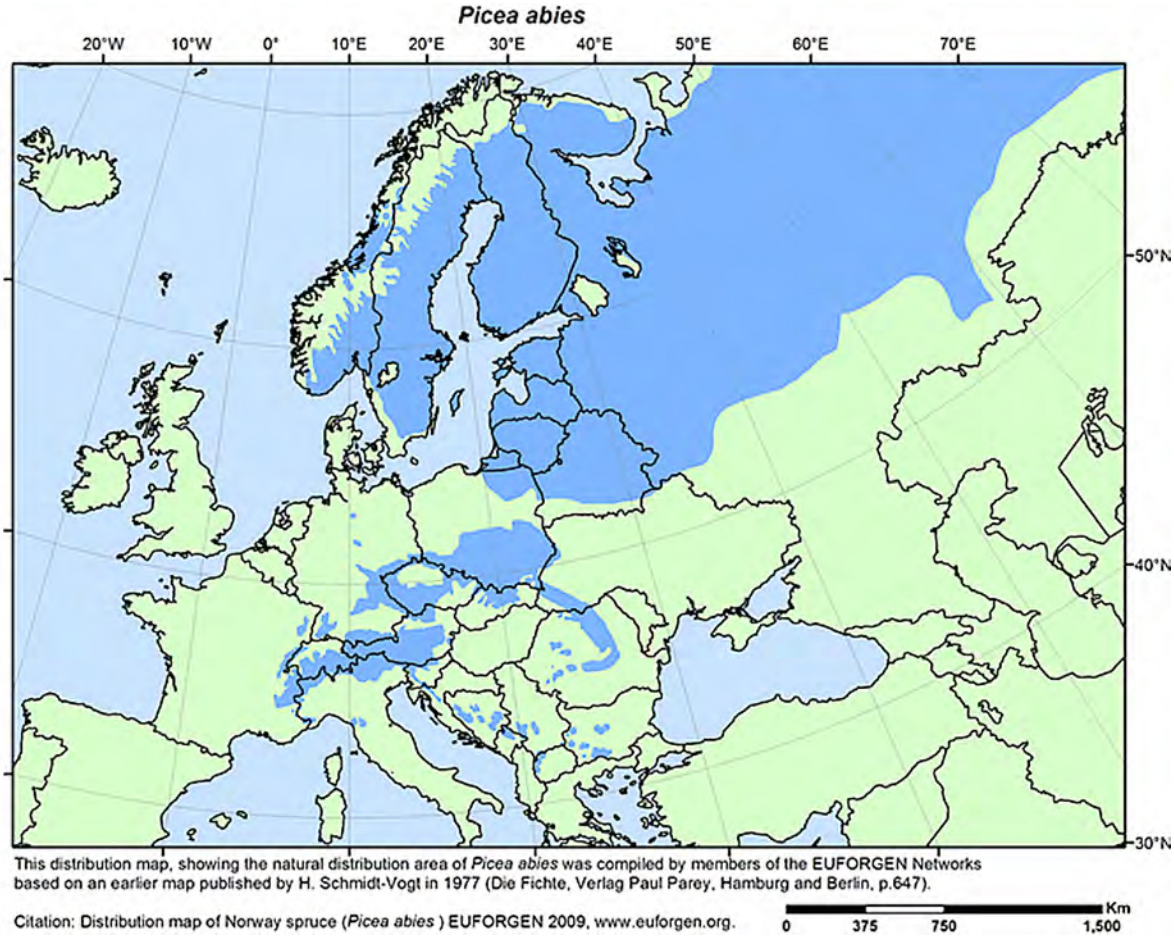


Abbildung 9.4 **Potenzielle natürliche Verbreitung der Gemeinen Fichte (*Picea abies*) in Europa**
Quelle: EUFORGEN 2009

Wie in Abbildung 9.4 zu erkennen, wäre die Gemeine Fichte von Natur aus nur zu geringen Teilen an der Bestockung in Deutschland beteiligt. Ihr natürlicher Verbreitungsschwerpunkt liegt in höheren Lagen, im Norden Europas sowie in den Mittelgebirgen. Auch in den Hochlagen des Harzes bilden Fichtenwälder mit der Gemeinen Fichte (*Picea abies*) als dominierende Hauptbaumart die potenzielle natürliche Vegetation (vgl. NLWKN 2010: 2). Im Gegensatz zur Rotbuche tritt die Fichte jedoch überall im Harz auf, auch dort, wo sie natürlicherweise nicht vorkommen würde (vgl. Karste et al. 2014: 76). Die Hauptvorkommen befinden sich dabei neben dem Wurmberg vor allem im Bereich von Acker, Bruchberg und Brocken. Eine obere Wuchsgrenze besteht im Harz nur durch die Baumgrenze auf der Brockenkuppe und ihren extremen klimatischen Verhältnissen. Angenommen wird, dass die natürliche Grenze der Fichtenwälder und fichtendominierten Mischwälder zwischen 700 m und 800 m liegt, wobei diese je nach Klima- und Nährstoffbedingungen sowie der Feuchte bzw. Vernässung der Standorte etwas nach oben und erheblich nach unten variieren kann.

In tieferen Lagen etwa zwischen 700 m und 600 m bilden die Fichtenwälder im NSG Wurmberg Komplexe mit bodensauren Buchenwäldern und bilden so Fichten-Buchenwälder (vgl. NLWKN 2010: 2). Allerdings sind in der obermontanen Lage überwiegend bewirtschaftete Fichtenforste zu finden. Das Naturschutzgebiet *Wurmberg* soll daher für die an diese Lebensräume gebundenen Pflanzen- und Tierarten sowie deren Lebensgemeinschaften durch geeignete Maßnahmen auf Dauer erhalten und entwickelt werden. (vgl. ebd.) Ein besonderer Schutzzweck des Naturschutzgebietes ist die Erhaltung und Entwicklung der harztypischen obermontanen Waldvorkommen sowie die Voraussetzungen für die natürliche Entwicklung zu gewährleisten (vgl. NLWKN 2005: 2). Der wesentliche Unterschied in der Vegetation zwischen dem Hochharz, zu dem auch der Wurmberg gehört, und dem Unter- und Mittelharz ist die Dominanz der Fichte (vgl. Kison et al. 1994: 14). Dabei bilden annähernd natürliche Fichtenwälder einen Anteil von etwa 16 % und Fichtenforste einen Anteil von etwa 55 % (vgl. Karste et al. 2014: 86). Da Fichtenwälder und Fichtenforste meist unvermittelt ineinander übergehen, bleibt die Unterscheidung zwischen angepflanzten und autochthonen Beständen schwierig (vgl. Kison et al. 1994: 20).

Die hier sichtbare fast vollständige Verdrängung der Buche durch die Fichte ist vorrangig durch den massiven Eingriff des Menschen zu erklären. Neben dem häuslichen Bedarf für Brenn- und Bauzwecke wurde seit dem Mittelalter auch Holz für Bauzwecke und als Energieträger für den Bergbau benötigt. Für den Bedarf bei der Verhüttung von Erz wurde im Harz in großem Maßstab Holzkohle mit dem Holz der Rotbuche und anderer Laubbäume erzeugt und dazu große Waldflächen nahezu kahlgeschlagen (vgl. Schaper 1995: 115). Die Fichte wurde dafür zunächst nicht genutzt, sodass das natürliche Gleichgewicht zugunsten der Fichte verschoben und die Konkurrenz um die Standorte gestört wurde (vgl. Beug et al. 1999: 50-52). Während dieser Zeit verkleinerten sich nicht nur allgemein die bewaldeten Gebiete erheblich, es wurden auch bestimmte Baumarten, darunter vorrangig die Rotbuche, bevorzugt herausgeschlagen. Vor allem in den höheren Lagen wandelten sich die seit mehr als 2.000 Jahre vorherrschenden Rotbuchenwälder in die Fichtenwälder um, die der Harz heute trägt (vgl. ebd.). Um das heutige Bild der Waldtypen und die anthropogene Einflussnahme in einen Kontext setzen zu können, ist ein Blick in die Vegetationsentwicklung nach der letzten Eiszeit erforderlich. Dazu stellt die folgende Tabelle (siehe Abbildung 9.5) die nacheiszeitliche Entwicklung der dominierenden Baumarten und Waldgesellschaften in der Harzregion dar. Diese verdeutlicht die gestaffelte Einwanderung der bestimmenden Baumarten ausgelöst durch den Klimawechsel der letzten zehntausend Jahre.

Zeit		Stadium	Hauptarten
800 – 1900 n.Chr.	Subatlanti-kum	Siedlungszeit	Fichtenforste, Rotbuche, Eiche
600 v.Chr. – 800 n.Chr.		Buchenzeit	Rotbuche
2500 – 600 v.Chr.	Subboreal	Fichten-Eichen-Misch-wald-Buchenzeit	Fichte, Eichen-Mischwald, Rotbuche
4000 – 2500 v.Chr.		Eichen-Mischwald, Fich-tenzeit	Fichte, Eiche, Linde, Ulme
5500 – 4000 v.Chr.	Atlantikum	Eichen-Mischwald	Ulme, Linde, Eiche
6800 – 5000 v.Chr.	Boreal	Haselzeit	Hasel, Kiefer, Birke
8300 – 6800 v.Chr.	Präboreal	Birken – Kiefernzeit	Birke, Kiefer, Moosfarn

Abbildung 9.5 **Nacheiszeitliche Vegetationsentwicklung der Harzregion**
Tabelle: Hannah Langmaack (nach Kison 1994)

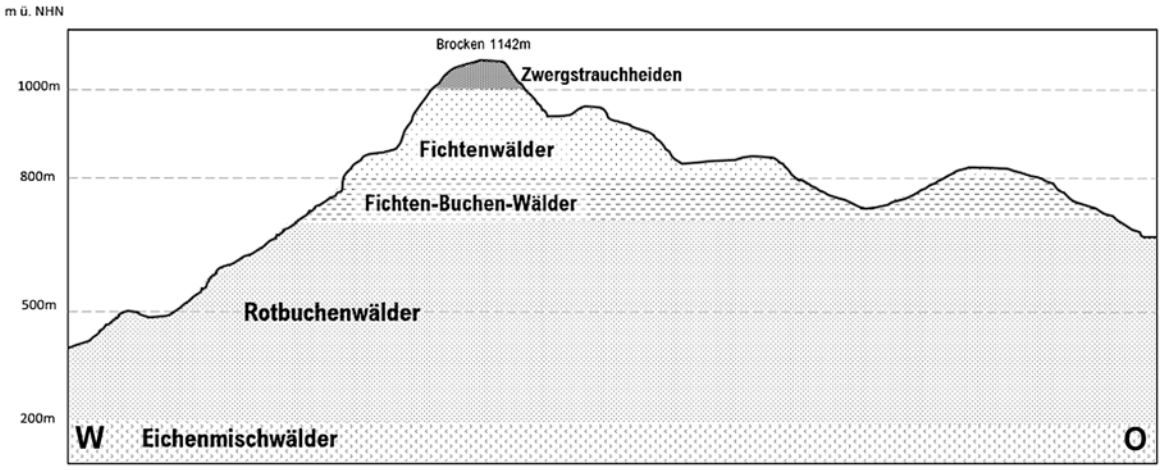
Während der Birken-Kiefernzeit (Präboreal) herrschte eine nicht ganz geschlossene Walddecke mit Birken und Kiefern als dominierenden Baumarten vor. Zudem breitete sich der Haselstrauch rasch aus, welcher im Boreal die dominierende Art bildete. Birke und Kiefer wurden währenddessen von Eichenmischwald zurückgedrängt. Dieser setzte sich vorwiegend aus Eiche, Linde, Ulme, Esche und Ahorn zusammen und auch die Fichte begann sich vereinzelt in den Mittelgebirgen anzusiedeln. Während der Eichen-Mischwald-Zeit im Atlantikum dominierten zunächst Ulme und Eiche. Die Haselnuss und die Linde spielten ebenfalls eine Rolle. Die Kiefer konnte sich zwischen dem nun beherrschenden Eichen-Mischwald kaum mehr behaupten, dagegen breitete sich die Fichte aus und nahm Hochlagen ein. Die obere Grenze der Eichenmischwälder lag damals mit etwa 1.000 m ü. NHN im Oberharz deutlich über ihrer heutigen Grenze. Hieran schloss sich eine reine Fichtenstufe an. Gegen Ende dieser Phase wurden Eiche, Esche und Erle anteilig stärker und die Rotbuche sowie die Hainbuche gewannen an Boden (vgl. Beug et al.1999: 45-48). Vor Beginn der Massenausbreitung der Rotbuche erreicht die Fichte nun ihre größte Bedeutung. Ihr tatsächlicher Anteil muss während dieser Zeit erheblich gewesen sein, da die Werte der Fichten-Kurve in der Pollenanalyse teilweise die des Eichenmischwaldes überschreiten (vgl. Beug et al. 1999: 47). Die Rotbuche breitete sich anschließend auf Kosten der Eiche aus, der Haselstrauch ging stark zurück. Während der Fichten-Eichenmischwald-Buchen-Zeit gelangte die Rotbuche aus zuvor geringen Beständen zur Vorherrschaft in den Wäldern. In diesem Zeitraum, welcher etwa 930 Jahre andauerte, ging auch die Fichte durch die Ausbreitung der Rotbuche zurück. Diese beherrschte das Waldbild in der daran anknüpfenden Buchenzeit. Neben ihr traten auch Hainbuche und Birke in den Vordergrund (vgl. Beug et al. 1999: 48f.).

Wie bereits beschrieben, ist der Hauptgrund für den Wandel der Waldzusammensetzung seit der Buchenzeit der anthropogene Einfluss durch den Bergbau und dem damit einhergehenden hohen Holzbedarf sowie Rodungen für Weideland (vgl. Schaper 1995: 117). Die Abholzung der Rotbuche zusammen mit der späteren Bevorzugung der Fichte für den Bergbau und deren leichte Nachzucht und schnelles Wachstum trug wesentlich zu diesem Strukturwandel bei. Die Ausbreitung der Fichte begann dabei schon im 12. und 13. Jahrhundert. Nach vorübergehenden Wiederausbreitungen der Buche durch ruhenden Bergbau, führte die verstärkte Ausbreitung der Fichte durch Aufforstungen Ende des 15. und seit dem 16. Jahrhundert schließlich zu ihrer heutigen Alleinherrschaft (vgl. Firbas et al. 1939: 455). Die folgende Abbildung 9.6 stellt eine Zeitskala wichtiger anthropogener Eingriffe und die daraus resultierende Baumartenzusammensetzung seit etwa 1.000 Jahren dar.

Abbildung 9.6 **Anthropogene Einflussnahme auf die Harzer Waldgebiete der letzten 1.000 Jahre**
Darstellung: Hannah Langmaack (nach Schaper 1995)

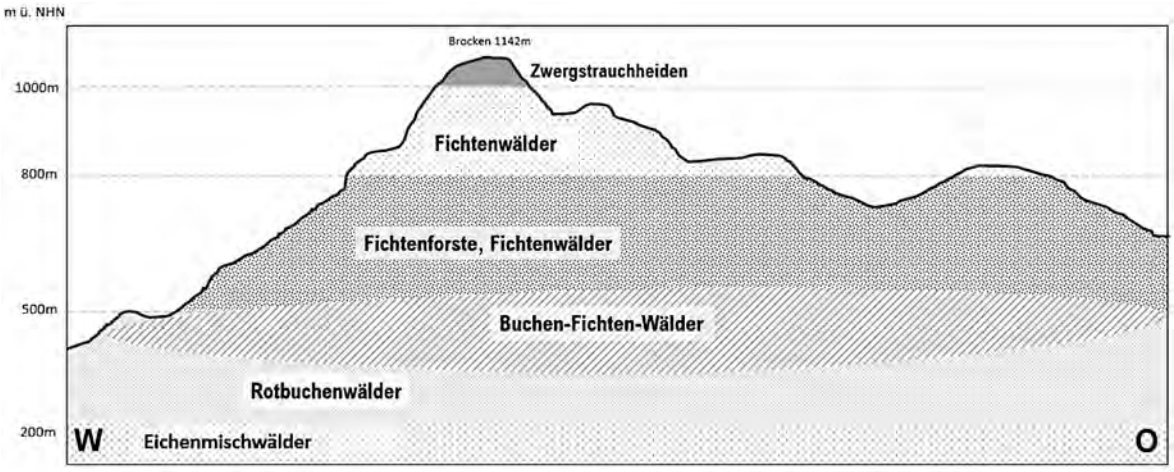
Da auch ursprüngliche Areale von Buchenwäldern nach ihrem Kahlschlag überwiegend mit Fichte bepflanzt wurden, ist die Grenze zwischen standortgemäßen Fichtenwäldern und Fichtenforsten auf

Buchenwald-Standorten kaum noch nachvollziehbar. Auch, da der Fichtenanbau zu einer tiefgreifenden Standortveränderung durch die Nadelstreu führte (vgl. NLWKN 2010: 3). Der Ersatz der montanen Buchen-Mischwälder durch Fichtenforste in Monokultur führte allerdings zu einer gravierenden Destabilisierung der Ökosysteme, sodass heutzutage mehr und mehr Bemühungen für eine naturnahe Erhaltung und Renaturierung der Harzer Waldgebiete unternommen werden. Die



Schematischer Schnitt von West nach Ost durch den Harz, von Süden aus gesehen. Die Vegetationsstufen entsprechen vereinfacht den potenziellen Waldtypen.

Abbildung 9.7 **Vereinfachte Darstellung der *potenziellen* natürlichen Vegetation im Harz nach ihren Höhenstufen**
Darstellung: Hannah Langmaack (nach Straka 1970)



Schematischer Schnitt von West nach Ost durch den Harz, von Süden aus gesehen. Die Vegetationsstufen entsprechen vereinfacht den tatsächlichen Waldtypen.

Abbildung 9.8 **Vereinfachte Darstellung der *tasächlichen* Vegetation im Harz nach ihren Höhenstufen**
Darstellung: Hannah Langmaack (nach Straka 1970)

Fichtenwälder sind heute vor allem in den tieferen Randlagen stark forstlich überprägt und gegenüber denen vergleichbarer Mittelgebirge floristisch verarmt (vgl. Kison et al. 1994: 14). Zudem wurden im Zuge von Aufforstungen Fichtenarten aus tieferen Lagen eingeführt, die dem rauen Klima nicht angepasst sind und nun durch die extremen Temperaturverhältnisse Schäden wie z.B. Schnee- oder Eisbruch erleiden.

Die beiden vorstehenden Abbildungen stellen schematisch den Baumartenwandel der letzten 1.000 Jahre durch den anthropogenen Einfluss dar. Die höhenbedingten Abgrenzungen der Wuchsgebiete sind dabei fließend zu verstehen. Der Begriff der *potenziellen* natürlichen Vegetation beschreibt dabei die Vegetation, die ohne Einfluss des Menschen unter den aktuellen ökologischen Bedingungen anzutreffen wäre. Entwickelt wurde der Begriff 1956 durch Reinhold von Tüxen.

9.3 Exkursionspunkt 3: Naturschutzgebiet *Pferdekopf* im Südharz

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 34' 44" N λ = 10° 57' 40" O h = 443 m ü. NHN	Der Exkursionspunkt *Pferdekopf* ist über den Ort Stolberg erreichbar. Der Wanderweg liegt links vom Zechental und führt dann nach 200 m links weiter hoch zum Pferdekopf.

Der Exkursionspunkt *Pferdekopf* liegt auf einem Hang im gleichnamigen Naturschutzgebiet, welches sich etwa 100 m nördlich von Stolberg befindet und eine Fläche von 9,71 ha umfasst. Das Gebiet ist Teil des FFH-Gebietes *Buchenwälder um Stolberg* und steht seit 1961 unter Schutz. Vom Landschaftsschutzgebiet *Harz und Vorländer* umgeben, liegt das NSG am wärmebegünstigten Rand des Südharzes. Der Hang des Pferdekopfs liegt auf 360 m bis 450 m Höhe und ist in seinem oberen Hang mäßig geneigt während er nach unten in einen von Hangschutt bedeckten Steilhang übergeht.

Das Naturschutzgebiet *Pferdekopf* dient vorrangig der Erhaltung der für den südlichen Unterharz charakteristischen Vegetations- und Standortkomplexe, die insbesondere ein naturnahes Buchenmosaik sowie die Höhendifferenz hervorragend widerspiegeln (vgl. Hentschel et al. 1983: 217). Das südliche Unterharzgebiet, in dem sich der Exkursionspunkt befindet, kennzeichnet eine völlig anders geartete Geologie, Morphologie und Hydrologie, welche zur Ausbildung anderer Bodentypen und somit anderer Vegetation als im Mittel- oder Hochharz führt. Hier herrschen basen- bzw. kalkreiche Standorte sowie geringere Niederschläge und mildere Temperaturen vor. (vgl. Landesamt für Umweltschutz 2000: 187)

Das Naturschutzgebiet *Pferdekopf* ist vollständig bewaldet und umfasst einen Teil der im Harz vorkommenden Buchenwaldgesellschaften auf mittleren bis reichen Standorten. Die Südexposition der Hänge und die klimatisch günstige Lage am Rand des Südharzes erlaubt es kollinen Florenelementen wie Wald-Labkraut, Echte Sternmiere, Wald-Erdbeere u.a. bis in die submontanen Buchenwaldgesellschaften einzudringen und sich mit sporadisch vorkommenden montanen Elementen zu vergesellschaften. Diese montanen Arten sind im Harz nur auf reichen und damit wenigen Standorten anzutreffen. Der Waldmeister-Buchenwald tritt hier als Hallenbuchenwald auf und nimmt in der Ausbildung mit dem Einblütigen Perlgras als Perlgras-Buchenwald die Oberhänge ein (vgl. Hentschel et al. 1983: 215-217). Der hier auftretende typische Waldmeister-Buchenwald ist im Harz großflächig verbreitet und vor allem im Harzvorland bis auf 500 m zu finden. Er wächst auf ebenen bis flach welligen Kuppen und Rücken sowie bis in mäßig geneigte Hanglagen und bevorzugt eine mittlere Nährstoffversorgung. Auf mäßig bodensauren Standorten gibt es Übergänge und Wechsel mit Hainsimsen-Waldmeister-Buchenwald. In den steileren, luftfeuchteren häufig nordexponierten Harztälern gibt es Übergänge zum Farn-Waldmeister-Buchenwald, welcher einen hohen Anteil an Farnen in der Bodenvegetation aufweist. Die Baumschicht wird vorherrschend von der Rotbuche und mit geringeren Anteilen der Traubeneiche und selten Hainbuche eingenommen. Andere Baumarten sind nur stammweise vorzufinden und die Strauchschicht ist unregelmäßig und spärlich (vgl. Hentschel et al. 2000: 215f.; Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt o.J.b). Wie in Abbildung 9.3 tabellarisch beschrieben, sind großflächige naturnahe Waldmeister-Buchenwälder selten erhalten. Daher haben die hier vorkommenden naturnahen Buchen-Altbestände eine besondere Bedeutung als typische Leitgesellschaft. Wie bereits beim ersten Exkursionspunkt wird auch hier der Bestockungsaufbau der Wälder durch das Vorherrschen der Rotbuche charakterisiert. Sie bildet im Mittel- und Nordteil reine Bestände und ist in den Unterhanglagen mit Traubeneiche und Hainbuche vergesellschaftet. Die Vegetation gliedert sich in einen Zahnwurz-Buchenwald in den höchsten Lagen, Traubeneichen-Buchenwäldern in den mittleren und in einen schmalen Streifen submontaner Eichen-Hainbuchenwälder. Dieser befindet sich am Südrand des Naturschutzgebietes an etwas steileren, bodenfeuchten Hängen. Hier herrschen neben der Rotbuche die Traubeneiche und die Hainbuche vor. Vereinzelt werden Feldahorn und Esche gefunden. (vgl. Hentschel et al. 1983: 215f.). Über die Hälfte des Gebietes wird von Zahnwurz-Buchenwald eingenommen, wobei das hier vorkommende Einblütige Perlgras die typische Ausprägung des Zahnwurz-Buchenwaldes verschiebt. In dieser Ausbildungsform ist der Zahnwurz-Buchenwald repräsentativ für große Teile des südlichen Unterharzes. Die Buche weist an diesem Standort eine gute Wuchsleistung auf. Zwischen dem Zahnwurz-Buchenwald und dem Traubeneichen-Buchenwald existiert eine Übergangszone, die durch die im Harz relativ selten zu findende Ausbildungsform des Waldschwingels in beiden Pflanzengesellschaften gekennzeichnet ist. (vgl. Hentschel et al. 1983: 215)

Im Vergleich zur potenziellen Verbreitung der Fichte (Abbildung 9.9) verdeutlicht die folgende Karte die großflächige potenzielle natürliche Verbreitung der Rotbuche in Europa. Die Rotbuche kommt in ganz Deutschland vor und weist lediglich in küstennahen Gebieten Norddeutschlands sowie in den Trockengebieten Brandenburgs Lücken auf. Der größte Teil Deutschlands wäre also unter den heutigen Klimabedingungen von Natur aus mit Buchenwäldern bedeckt (vgl. Knapp et al. 2008: 16).

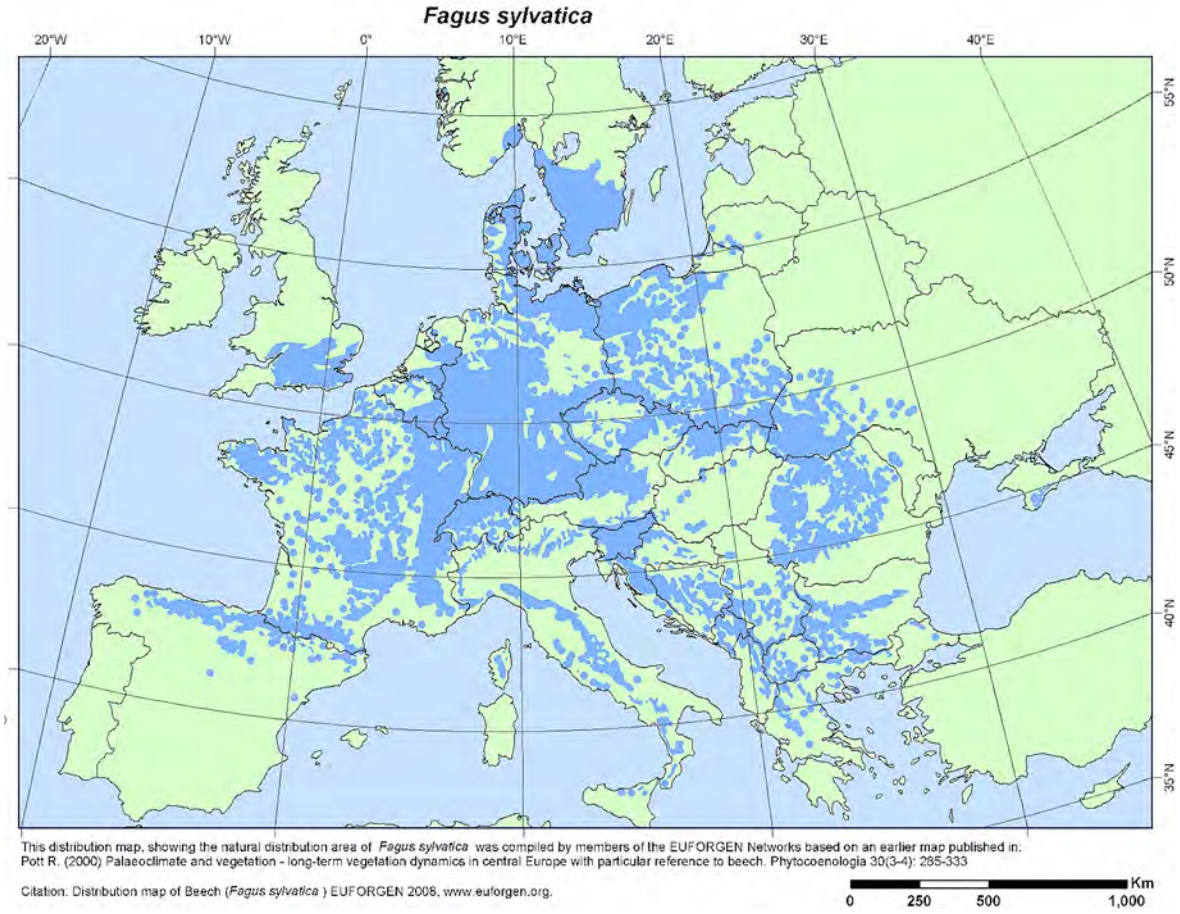


Abbildung 9.9 **Potenzielle Verbreitung der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) im europäischen Raum**
Quelle: EUFORGEN 2008

Als Deutschlands häufigster Laubbaum macht die Rotbuche etwa 15 % des Baumartenanteils der gesamten Bestockung aus. Dabei läge ihre potenzielle natürliche Bestockung bei etwa 90 % (vgl. Knapp et al. 2008: 16). Dieser Rückgang verdeutlicht den Umstand, dass natürliche bzw. naturnahe Rotbuchenwälder in Europa extrem selten geworden sind. Heute gelten sie daher als unersetzliches Naturerbe und wertvoller Naturschatz. Vor diesem Hintergrund sollte nicht übersehen werden, dass in kaum einem anderen deutschen Mittelgebirge so hohe Anteile an Buchenwäldern erhalten sind

wie im Harz. Die Zusammensetzung der Baumarten im Harz wird dabei heute etwa zu 65 % von der Fichte und zu 28 % von der Buche bestimmt (vgl. Karste et al. 2014: 76). Um die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes wiederherzustellen, die ungestörte Entwicklung der Tier- und Pflanzenpopulationen zu fördern sowie das Landschaftsbild zu pflegen und zu beleben, wird in den vielfach anthropogen überprägten Harzer Waldgebieten auf verschiedene Weise Naturschutz betrieben. Das Ziel der Harzer Nationalparkverwaltung ist dabei, die internationale Anerkennung der IUCN als Nationalpark zu erlangen. Dafür müssen bis 2022 mindestens 75 % der Nationalparkfläche in Naturdynamikzonen überführt werden, in denen keine menschlichen Eingriffe mehr stattfinden (vgl. Karste et al. 2014: 74). Mit derzeit etwa 52 % des Areals als Naturdynamik- und 47 % Naturentwicklungszone gilt der Nationalpark Harz als Entwicklungsnationalpark (vgl. Nationalparkverwaltung Harz 2016). In den Naturentwicklungszonen sollen die gestörte Baumartenzusammensetzung, die Strukturarmut sowie gleichaltrige großflächige Reinbestände mit verschlechterten Standortverhältnissen wieder in naturnahe Standorte entwickelt werden. Zu den dort ansetzenden Maßnahmen zählen die Erhöhung der Strukturvielfalt sowie der ökologischen Stabilität und die Förderung von Laubbäumen und deren Naturverjüngung durch Pflanzungen von Buchen und Mischbaumarten. In den Naturdynamikzonen finden keine menschlichen Eingriffe mit Ausnahme der Verkehrssicherung, Borkenkäfermaßnahmen sowie Wildbestandsregulierungen statt. Wirtschaftliche Ziele werden dabei nicht verfolgt.

Verwendete Hauptquellen

Beug, Hans-Jürgen/Henrion, Irmtraud/Schmüser, Anneke (1999): *Landschaftsgeschichte im Hochharz – Die Entwicklung der Wälder und Moore seit dem Ende der letzten Eiszeit*. Clausthal-Zellerfeld: Papierflieger

Firbas, Franz/Losert, Hubert/Broihan, F. R. (1939): *Untersuchungen zur jüngeren Vegetationsgeschichte im Oberharz*. Aus den botanischen Anstalten der Universität Göttingen und dem Botanischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim. In: Planta – Archiv für wissenschaftliche Botanik, Band 30(3), Berlin: Springer, ISSN: 0032-0935. S. 422-456

Hentschel, Peter/Reichhoff, Lutz/Reuter, B./Rossel, B. (1983): *Handbuch der Naturschutzgebiete der Deutschen Demokratischen Republik – Die Naturschutzgebiete der Bezirke Magdeburg und Halle/S.* Band 3, 2., erweiterte Auflage, Institut für Landschaftsforschung und Naturschutz Halle/Saale, Leipzig: Urania. S. 64-66, 215-17

Karste, Gunter/Wegener, Uwe/Kison, Hans-Ulrich (2014): *Die Vegetationskarte des Nationalparks Harz (Niedersachsen, Sachsen-Anhalt) und einige Auswertungsmöglichkeiten*. In: Tuexenia – Mitteilungen der Floristisch-Soziologischen Arbeitsgemeinschaft, Jg. 34, Göttingen, ISSN: 0722-494X. S. 71-88

Kison, Hans-Ulrich/Karste, Gunter/Wegener, Uwe (1994): *Die Pflanzenwelt*. In: Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Abteilung Naturschutz (Hrsg.): Der Nationalpark Hochharz – Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt, Sonderheft. ISSN: 0940-6638. S. 14-20

10 Ökosystemarer Zusammenhang zwischen Boden, Wald & Tierwelt

David Zauner

Die drei hier vorgestellten Exkursionspunkte entspringen unterschiedlichen Forschungsbereichen der Physischen Geographie. Der erste Exkursionspunkt ist der Bodengeographie und die anderen beiden der Biogeographie zuzuordnen, wobei der zweite der Vegetations- und der dritte der Tiergeographie zugehörig ist. Doch auch ohne demselben Forschungsbereich anzugehören, gibt es komplexe Wechselbeziehungen, die Flora und Fauna sowie auch den Boden eines Gebietes miteinander verbinden und voneinander abhängig machen. Gerade diese Zusammenhänge zu verstehen, macht es möglich ein Ökosystem im Ganzen nachzuvollziehen. Die Tiergeographie wird in Exkursionsführern oft ausgespart, obwohl es weder an ihrer Bedeutung für ein Ökosystem noch an dem Interesse des Lesers mangelt. Aus diesen Gründen ist der letzte Exkursionspunkt dieses Beitrags diesem Themenkreis gewidmet und auch die Bedeutung der Fauna für die ersten beiden Punkte bleibt nicht unerwähnt. Neben der Fauna ist der Boden ein wichtiger Bestandteil aller terrestrischen Ökosysteme und doch bleiben seine spannenden Prozesse und Wirkungen auf insbesondere die Vegetation und umgekehrt, oft unerwähnt und unverstanden. Ein Verständnis für Bodengeographie und Bodenkunde soll durch den ersten Exkursionspunkt vermittelt werden. Meine Faszination für diese Interdisziplinarität hängt an der Überzeugung, dass nur unter Einbeziehung aller ökosystemaren Komponenten ein holistisches Bild auf ein Ökosystem möglich ist. Die Exkursionspunkte sind im Mittelharz lokalisiert, obwohl die dazugehörigen Rahmenthemen auch im Ober- und Unterharz von einer gewissen Relevanz sind.

Einführung ins Thema

Der ökosystemare Zusammenhang zwischen Flora, Fauna und Boden ist natürlich sehr komplex und vielschichtig. Jeder dieser drei Exkursionspunkte soll also immer wieder zu diesem Zusammenhang hinführen, allerdings auch als eigenständiger Punkt betrachtet werden. Als kurzer Einblick in die vielfältigen Zusammenhänge sollen die folgenden Zeilen gelten, bevor dann die einzelnen Exkursionspunkte vertieft behandelt werden. Angefangen mit dem Boden als Lebensraum sei gesagt, dass Bodenart sowie der Nährstoff- und Basengehalt des Bodens wichtige Bestandteile der Wuchsbedingungen darstellen. Allerdings haben auch die Flora und Fauna einen permanenten Einfluss auf die Bodenentwicklung und werden zu den bodenbildenden Prozessen gezählt. Nach ihrem Absterben werden sie von Bodentieren, dem Edaphon, und Mikroorganismen abgebaut, also mineralisiert oder humifiziert. Die humifizierten Endprodukte (Huminstoffe) wirken sich dabei im mineralischen Oberboden auf die Wasserhaltefähigkeit, auf die KAK (Kationenaustauschkapazität) so-

wie diverse andere Bodeneigenschaften aus. Zu beachten ist, dass sich die Streu je nach Pflanzengesellschaft jedoch stark unterscheiden kann. Ein weiterer, vom Edaphon ausgehender Bodenprozess ist die Bioturbation, bei der die Bodensubstanzen innerhalb des Bodenprofils durchmischt werden. Rein physikalisch wirkt die Vegetationsdecke wie ein Schutzmantel vor der erodierenden Wirkung von Wind und Niederschlag. Der Boden ist also nicht nur Lebensraum von vielen Lebewesen und ein wichtiger Bestandteil von Stoffkreisläufen, sondern wird auch von den Lebewesen durch komplexe Wechselbeziehungen geprägt und verändert. Auch die reziproke Beziehung von Flora und Fauna leuchtet schnell ein, wenn man sie an ein paar Beispielen verdeutlicht. So gibt es spezielle Tierarten, die zwingend von einer Pflanzengesellschaft oder sogar Pflanzenart abhängig sind (Mutualismus: Eichelhäher/Eiche). Das kann so weit führen, dass sich Pflanzen und Tiere evolutionär einander anpassen, wie es bei der sogenannten Co-Evolution der Fall ist (z.B. bei *madagaskar star orchid* und *giant haw moth*). Genauso gibt es mannigfaltige Beispiele für Pflanzenarten, deren Bestehen untrennbar mit der Existenz von bestimmten Tierarten verbunden ist. So stellt das Vorkommen von Bienen für viele Pflanzen einen den Verbreitungsraum limitierenden Faktor dar.

10.1 Exkursionspunkt 1: Bockberg

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 45' 02.1" N λ = 10° 45' 35.9" O h = 496 m ü. NHN	Das Naturschutzgebiet *Bockberg* liegt nordöstlich des Ortes Königshütte.

Der erste Exkursionspunkt ist ein bodengeographischer. Nachdem in den folgenden Zeilen zunächst ein theoretisches Verständnis für den vorgestellten Bodentyp geschaffen werden soll, wird die Funktion des Bodens als Lebensraum anschließend durch den Exkursionspunkt veranschaulicht. Da sich dieser Exkursionsführer nicht anmaßen möchte, bei jedem interessierten Leser die Bereitschaft vorauszusetzen, ein Bodenprofil zu graben, kann zwar der Boden selbst nicht besichtigt werden, allerdings die darauf wachsende Vegetation. An dieser soll schließlich der Zusammenhang zwischen Boden und Vegetation verdeutlicht werden. Der vorgestellte Bodentyp ist die Braunerde. Die Braunerde ist der am weitesten verbreitete Bodentyp des Harzgebirges. Neben der Braunerde treten lediglich an Standorten, an denen durch eine Muldenlage und oberflächennahe Aquifuge der Boden temporär oder permanent von Stauwasser beeinflusst wird, Pseudogleye auf. Außerdem bilden sich über sehr nährstoffarmem Ausgangssubstrat Podsole aus. Wobei echte Podsole selten voll ausgebildet vorkommen, häufiger sind es mehr oder weniger stark podsolierte Übergangsstadien von Braunerde zu Podsol. Im Harzvorland wird die Braunerde dann schließlich

von Schwarzerde-Vorkommen abgelöst. Im Mittelharz sind die mit Abstand häufigsten Ausgangssubstrate, auf denen sich die Braunerde entwickelt hat, die weitflächigen, basenarmen Grauwacken- und Schiefertonvorkommen. Seltener bilden auch basenreichere Silikatgesteine wie Diabas oder auch Kalkstein das Ausgangssubstrat (vgl. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung 2005: 1). Grauwacke ist ein Sedimentgestein und besteht zu großen Teilen aus den Mineralien Quarz und Feldspat, außerdem beinhaltet er verschiedene Gesteinsfragmente, die in einer tonigen oder schluffigen Matrix eingebettet sind. Das relativ harte Gestein kann je nach Zusammensetzung dunkelgrün, grau oder schwarz reflektieren. Der die Grauwacken definierende, hohe Quarz- und Feldspatanteil führt zu einem geringen Vorkommen an Nährstoffen. Schiefertone sind kleinkörnige, aus Tonflocken und Schluffpartikeln bestehende Sedimentgesteine, die wie die Grauwacken einen großen Anteil an Quarz- und Feldspatmineralien, allerdings auch Glimmer beinhalten. Sie sind somit ähnlich nährstoffarm einzuschätzen. Im Gegensatz dazu stehen die geringen Vorkommen an Diabas und Kalkstein im Harzgebirge (vgl. Putnam 1969: 123f.). Die für die Pedogenese relevanteste Diskrepanz dieser beiden Gesteine, verglichen mit Grauwacken und dem Schieferton, ist die wesentlich nährstoffreichere und basenreichere Mineralienzusammensetzung. Wie das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung (2005: 1) erklärt: „*Bodentypologisch ist zwischen den basenarmen (z.B. aus Tonschiefer, Sandstein, Grauwacken, Quarzit, Granit) und den basenreicheren (z.B. aus Diabas) Braunerden kein Unterschied feststellbar*“, so ist trotzdem: „*die Nährstofflieferung […] auf den basenreicheren Gesteinen etwas besser*“. Wegen der typologischen Übereinstimmung ist offensichtlich ein getrenntes Eingehen auf die Pedogenese, abhängig von dem Ausgangsgestein, entbehrlich. Somit soll im Folgenden nun die typische Entwicklung der Braunerde erläutert werden, mit den charakteristischen Prozessen sowie weiterführend dem Prozess der Podsolierung, der zwar nicht charakteristisch für die Braunerde im Allgemeinen, allerdings für die Braunerde-Vorkommen des Harzgebirges ist.

a) Pedogenese und Prozesse

Die Braunerde entwickelt sich aus den Ah/C-Böden Ranker, Regosol und Pararendzina. Bei diesen Bodentypen liegt der humose Oberboden (Ah-Horizont) über einem weitestgehend unverwitterten C-Horizont, also dem Ausgangssubstrat. In der fortlaufenden Pedogenese hin zur Braunerde ist für die Ausbildung der Horizontabfolge Ah/Bv/C besonders die Entwicklung eines Bv-Horizonts charakteristisch. Allerdings sind auch ein mächtigerer Ah-Horizont sowie eine Verwitterungstiefe von 25 bis 150 cm eindeutige Unterscheidungsmerkmale zu den vorhergegangenen Bodentypen (vgl. Scheffer/Schachtschabel 1998: 425). In Abbildung 10.1 ist die typische Horizontfolge an einem Bodenprofil einer Braunerde veranschaulicht.

Abbildung 10.1 **Braunerde**
Foto und Darstellung: David Zauner

Der diagnostische Bv-Horizont bildet sich aus dem humusfreien oberen C-Horizont durch die sich zeitlich überlagernden Transformationsprozesse Verbraunung und Verlehmung. Voraussetzung für das Einsetzen dieser Prozesse ist das Absinken des pH-Werts unter 7, wobei die Verlehmung in höherem Maße erst ab einem pH-Wert unter 6,5 stattfindet. Demnach ist die Verlehmung pedogenetisch chronologisch der Verbraunung nachgeschaltet. Das Absinken des pH-Werts ist von der bei humidem Klima ablaufenden Entkalkung abhängig, findet also nur bei ausreichend Niederschlag und folgendem Sickerwasserfluss im Boden statt. Bei der Verbraunung werden durch die Verwitterung eisenhaltiger Minerale (Olivin, Pyroxen, Biotit) Eisenionen freigesetzt. Durch die darauffolgend einsetzenden Oxidationsprozesse bilden sich braungefärbte Eisenoxide oder -hydroxide. In gemäßigten Klimaten ist Goethit das vorherrschende Eisenoxid. Diese Eisenoxide lagern sich anschließend an der Oberfläche der Textur an und führen zu der bräunlichen Färbung des Bv-Horizonts. Der zweite Prozess, die Verlehmung, bezeichnet die Bildung von Tonmineralen. Bei der

Verwitterung der eisenhaltigen Minerale werden neben den Eisenionen andere Bestandteile, nämlich Kieselsäure, Aluminiumhydroxide und leichtlösliche Ionen freigesetzt (vgl. Scheffer/Schachtschabel 1998: 382f.). Ein Teil der Kieselsäure reagiert mit den Aluminiumhydroxiden zu Tonmineralen und ein Teil der leichtlöslichen Ionen wird ausgewaschen. In Abbildung 10.2 sind diese beiden Bodenprozesse schematisch dargestellt.

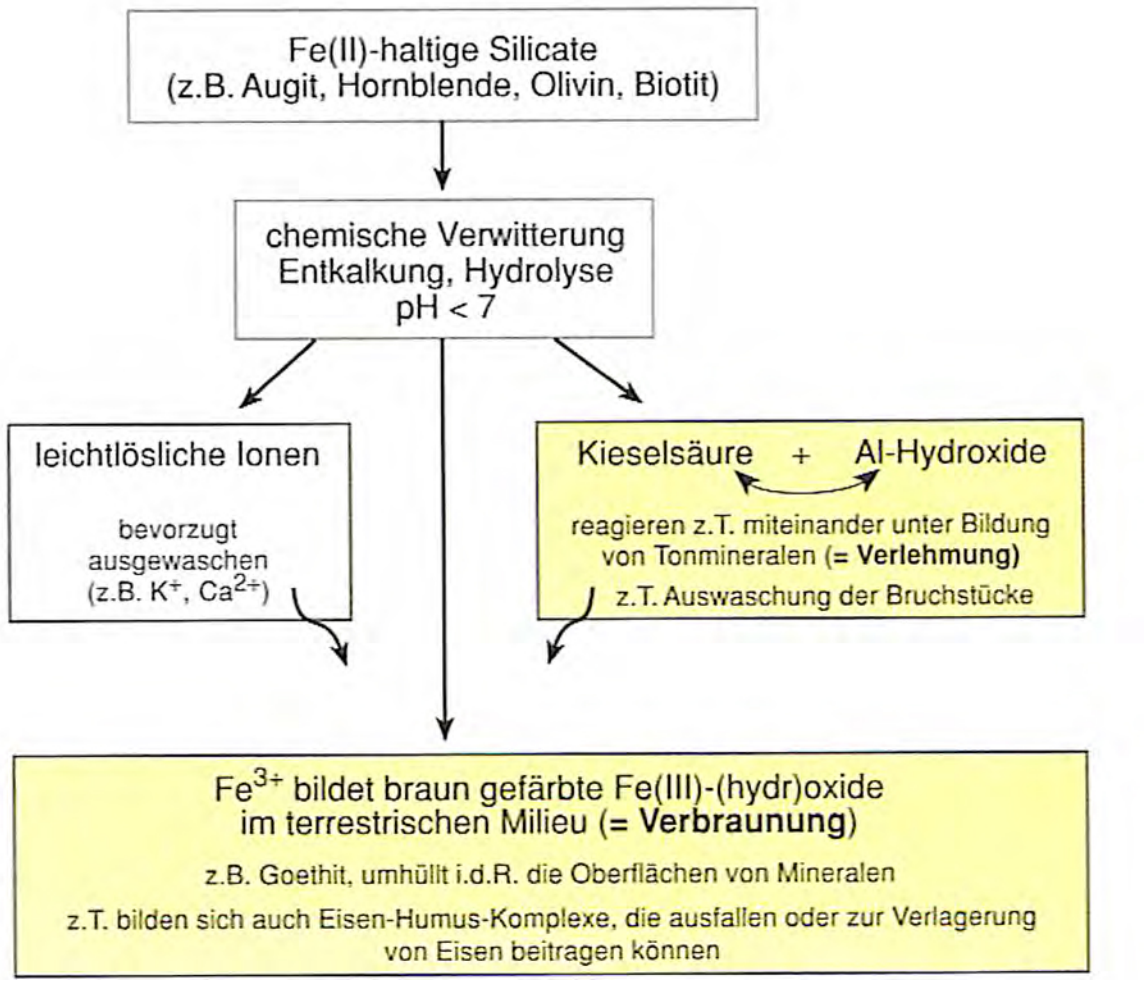


Abbildung 10.2 **Verbraunung und Verlehmung**
Quelle: Zech/Hintermaier-Erhard 2014

Die durch das vorherrschende basenarme Ausgangssubstrat sowie durch die relativ zu den deutschen Durchschnittswerten hohen Niederschlagsereignisse an vielen Stellen stark ausgeprägte Podsolierung vollzieht sich erst nach einem weiteren Absinken des pH-Werts (pH < 4). Es handelt sich bei der Podsolierung sowohl um einen Transformations- als auch um einen Translokationsprozess. Niedermolekulare organische Säuren, niedermolekulare Huminstoffe und durch Silikatverwitterung entstandene Aluminium- und Eisenionen, zum Teil auch unter Bildung von metallorganischen Komplexen, wandern mit dem Sickerwasserstrom im Bodenprofil nach unten. Dabei entsteht ein

sauergebleichter Eluvialhorizont (Ae), auch Auswaschungshorizont genannt. Im Unterboden bildet sich durch die Anreicherung dieser metallorganischen Komplexe ein Illuvialhorizont, der als Bs-(sesquioxi-angereichert)- oder Bh-(humus-angereichert)-Horizont vorliegen kann. Es können auch beide Horizonte vorliegen, wobei dann in der Regel der Bh-Horizont über dem Bs-Horizont liegt, da die organischen Stoffe etwas früher ausgefällt werden. Die folgenden Abbildungen stellen die Stoffverlagerung der Podsolierung (10.3) sowie die Horizontierung eines Podsols (10.4) dar.

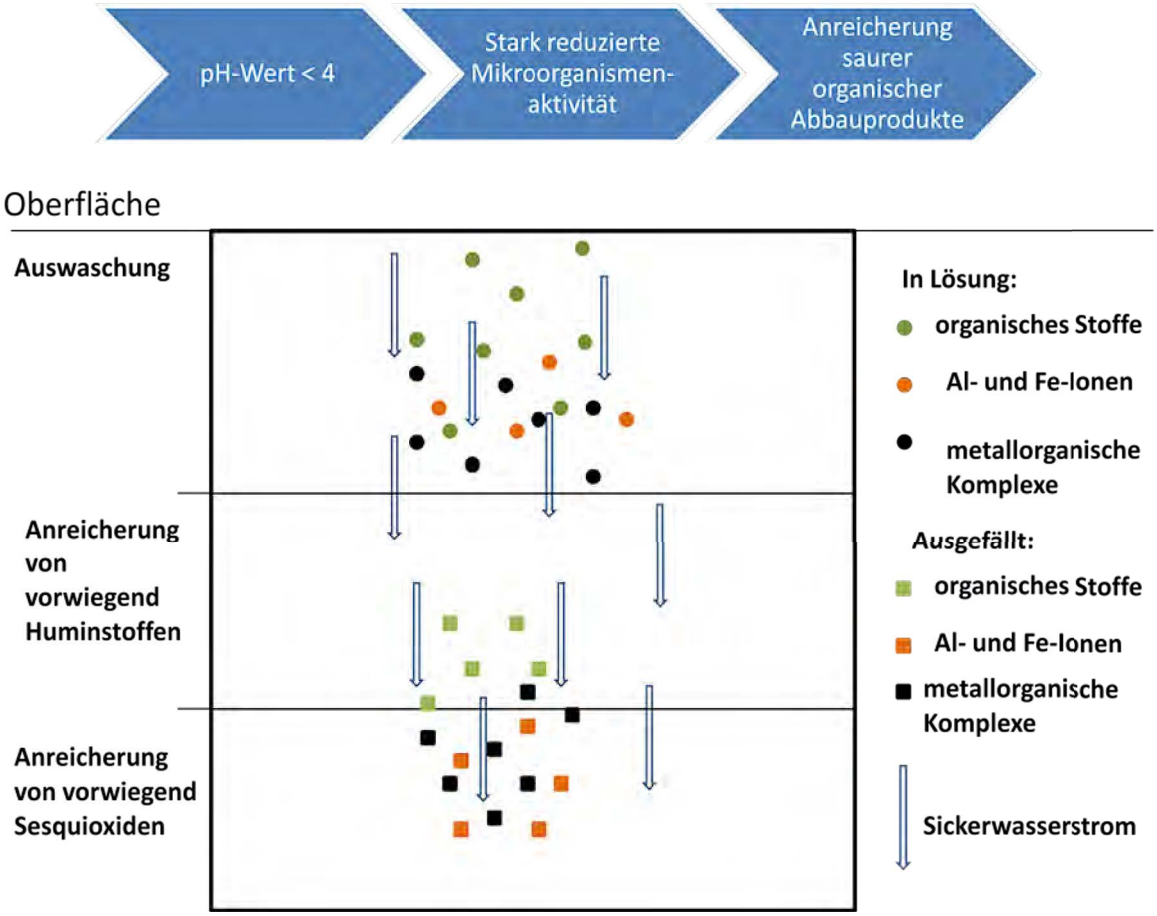


Abbildung 10.3 **Podsolierung (Bodenprozess)**
Darstellung: David Zauner

Die Ausfällung der Stoffe hat verschiedene Gründe, die Scheffer/Schachtschabel in ihrem Lehrbuch der Bodenkunde wie folgt erläutern: „*Die metallorganischen Komplexe können ausflocken, wenn bei der Wanderung weitere Al- oder Fe-Ionen gebunden werden, weil die Löslichkeit mit steigendem Metall:Kohlenstoff-Verhältnis abnimmt. Ein wesentlicher Faktor scheint – wenigstens im Initialstadium der Podsolierung – ein höherer pH-Wert und damit auch eine höhere Ca-Sättigung im Unterboden zu sein, weil das (a) den Zerfall der metallorganischen Komplexe begünstigen könnte, (b) zu einer Flockung der metallorganischen Komplexe führen könnte und/oder (c) eine*

Polymerisation der niedermolekularen organischen Säuren begünstigen könnte, womit ihre Löslichkeit sinken würde“ (ebd. 1998: 389). Das Ausmaß der Podsolierung hat aufgrund der durch sie bedingten fortschreitenden Bodenversauerung und Nährstoffarmut selbstredend eine starke Auswirkung auf die ökologischen Eigenschaften des Bodentyps. So kann nach dem Grad der Podsolierung die Braunerde auf dem Entwicklungspfad hin zum echten Podsol in Subtypen unterteilt werden – wie zum Beispiel als Braunpodsol, der auch im Harz zu finden ist. (vgl. Haase et al. 1985)

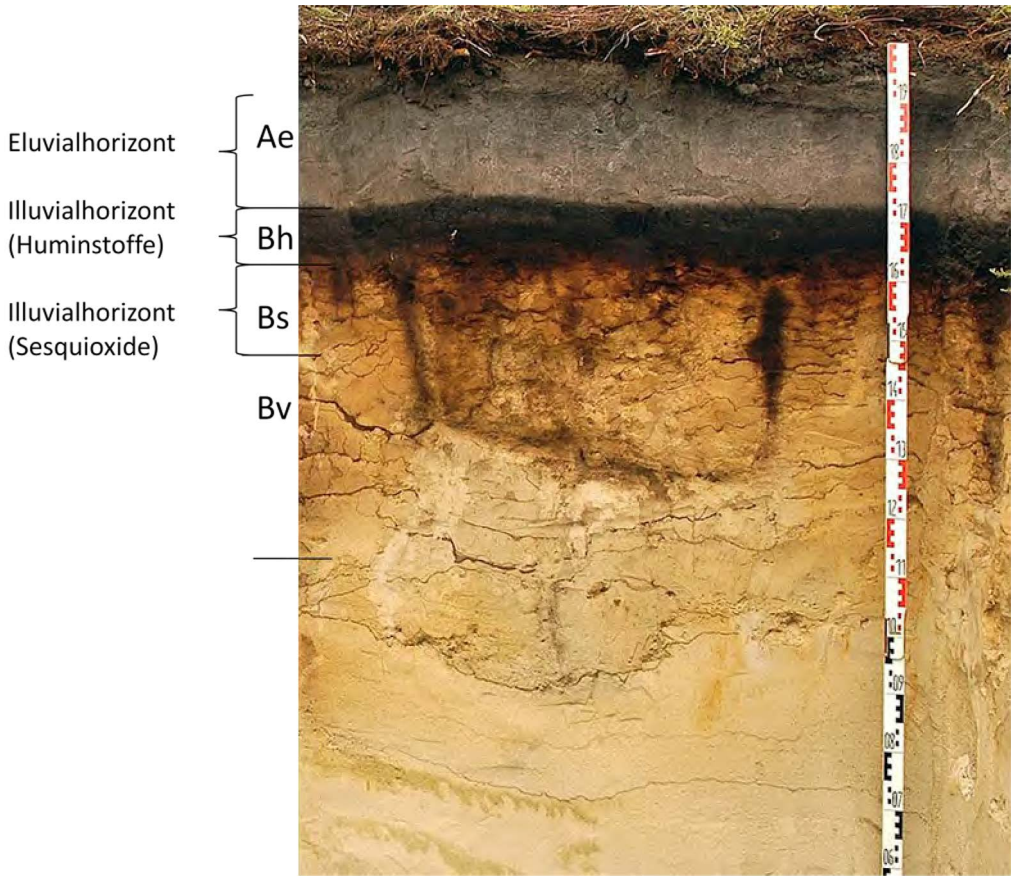


Abbildung 10.4 **Podsol (Bodentyp)**
Darstellung: David Zauner

b) Ökologische Eigenschaften und Nutzung

Die bei der Verbraunung entstandenen Metalloxide verleihen dem Bv-Horizont die braune Färbung und führen zu einem sehr stabilen Kitt-Gefüge. Da die Körnung der Braunerde zu variierenden Anteilen aus Sand, Schluff und Ton besteht, ist das Porenvolumen und demzufolge das davon abhängige Wasserhaltevermögen, sowie z.B. die Werte der Kationenkapazität sehr unterschiedlich. Allgemein kann die Braunerde mit einer Bodenzahl von zwischen 25 und 70 belegt werden (vgl. Kuntze et al. 1994: 265). Also auch hier wird deutlich, dass die ackerbauliche Nutzung sehr stark von

dem Ausgangsgestein sowie weiteren bodenbildenden Faktoren abhängt. Obwohl aus Platzgründen nicht dezidiert auf die Eigenschaften der mannigfaltigen Subtypen eingegangen wird, kann doch die Braunerde nach ihrem BS-Wert, also dem Basensättigungsgrad, in die eutrophen Braunerden (BS-Wert > 50 %), mesotrophen Braunerden (BS-Wert 20 % bis 50 %) und dystrophen Braunerden (BS-Wert < 20 %) unterteilt werden (vgl. Scheffer/Schachtschabel 1998: 426). Die im Harz am häufigsten vorkommenden dystrophen Braunerden über Ca- und Mg-armen Substraten neigen, aufgrund des geringen Ca-Puffers, zu einer relativ schnellen Versauerung und besitzen eine niedrige KAK. Es dominieren die Humusformen Moder oder bei fortschreitender Entwicklung zum Podsol auch Rohhumus. Die eutrophen Braunerden sind meistens von einer relativ hohen KAK geprägt, wegen der hohen Nährstoffanteile ihrer Ausgangsgesteine sowie der hohen Basensättigung. Als die im Basensättigungsgrad dazwischen liegenden mesotrophen Braunerden sind oft ehemalige eutrophe Braunerden zu finden, die unter Wald, der als Säurequelle fungiert, entbast wurden. (vgl. ebd.)

c) Vegetation über der Braunerde im Naturschutzgebiet *Bockberg*

Die angegebenen geographischen Koordinaten geben lediglich die Lage eines Punktes innerhalb des Naturschutzgebietes an, welches eine Fläche von 24,8 ha besitzt. Aufgrund des relativ hohen Ca-Anteils der dort vorkommenden Ausgangsgesteine dominieren die im Harz eher spärlich verteilten eutrophen Braunerden. Auf den basenreichen Braunerden des Bockbergs existieren flächenhafte Wiesengesellschaften. Die wichtigsten Wiesengesellschaften dieses Gebietes sind die Goldhaferwiese und der Halbtrockenrasen. Die Übergänge der beiden Gesellschaften sind oft fließend. Bemerkenswert ist, dass sich die montanen Arten, wie zum Beispiel Arnika und Trollblume und eben der Goldhafer, immer wieder mit typischen Arten der kollinen Stufe, also des Halbtrockenrasens, wie Fieder-Zwencke, Wundklee und Hügelmeier, den Bockberg teilen. In anderen Teilen des Harzes kommen die Arten des Halbtrockenrasens bereits bei weit weniger Höhenmetern nicht mehr vor. In Abbildung 10.5 sind für die Goldhaferwiese sowie für den Halbtrockenrasen je zwei der prägendsten Vertreter ausgeführt.

Warum diese Arten in für ihren typischen Verbreitungsraum sehr hohe Gebiete vordringen, ist mit den guten Temperaturbedingungen auf der Sonnenseite des Bockbergs, aber auch mit dem sehr hohen Carbonatgehalt des Bodens zu erklären. Auf Ca-armen, also dystrophen Braunerden sind in solchen Höhen Halbtrockenrasen wesentlich seltener anzutreffen (vgl. Hentschel et al. 1983: 67). Doch auch das Vorkommen der Goldhaferwiesen weist auf den hohen Ca-Gehalt der Böden, da basenreiche Mittelgebirgsstandorte für diese Wiesengesellschaft typisch sind (vgl. Pott 1995: 312).

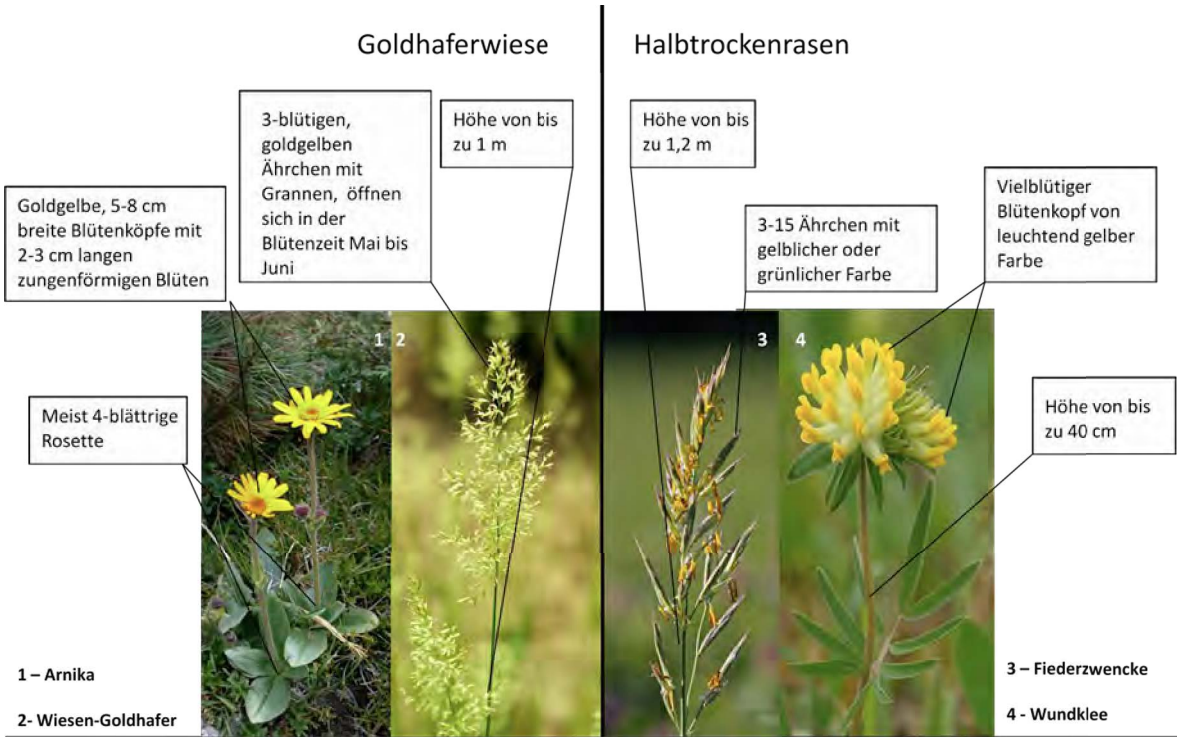


Abbildung 10.5 **Typische Vertreter der Goldhaferwiese und des Halbtrockenrasens**
Darstellung: David Zauner

10.2 Exkursionspunkt 2: Elendstal

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 45' 01" N λ = 10° 40' 39" O h = 583 m ü. NHN	Nördlich des Ortes Elend. Die Straße L 99 führt an dem Naturschutzgebiet vorbei.

Da es sich auch bei dem Elendstal um ein 73,69 ha großes Naturschutzgebiet handelt, sind die geographischen Koordinaten nur als Richtungsweiser zu verstehen. Die Koordinaten liegen auf der das Elendstal durchfließenden Kalten Bode. Das Gebiet wird von Granit, Tonschiefer und Grauwacken dominiert, über welchen sich hauptsächlich Podsol und Übergangsstadien von Braunerde zu Podsol befinden (vgl. Hentschel 1983: 65). Doch soll dieser Exkursionspunkt besonders hinsichtlich seiner Vegetationsbeschaffenheit betrachtet werden. Bevor allerdings die prägenden Pflanzengesellschaften sowie der reliefbedingte Unterschied in der Baumartenzusammensetzung beschrieben werden, bildet eine kurze vegetationsgeographische Einordnung des Harzes die Einleitung.

a) Vegetationsgeographische Einordnung des Harzes

Die oberen Bergwälder zwischen 750 und 1.000 m ü. NHN werden nahezu vollständig von der Gemeinen Fichte dominiert. Unter dem dichten Nadelwerk teilen sich Zwergsträucher und eine dichte Moosdecke den Boden (vgl. Drude 1902: 494, 501). Darunter schließt sich die Übergangszone von dem bis etwa 600 Höhenmeter vorherrschenden Buchenwald zu den oberen Fichtenwäldern an. Die Übergangszone wird weitflächig von der Rotbuche bestimmt, allerdings ist auch der Berg-Ahorn stark vertreten, besonders an feuchteren Standorten. Mit zunehmender Höhe gewinnt schließlich die Fichte immer deutlicher die Vorherrschaft. Die Buchenwälder des Harzes weisen eine üppige Bodenvegetation auf und beherbergen unter anderem Eschen- und Lindenvorkommen. Besonders in Schluchtenwäldern auf wasserführenden Hängen büßt die Rotbuche ihre ausgeprägte Konkurrenzfähigkeit zu Gunsten von nässeverträglicheren Arten wie Erlen und Eschen ein (vgl. Nationalpark Harz 2016). Auch manche baumfreien Bergwiesen, auf welche früher die Harzkuh zum Weiden geführt wurde, bestechen durch eine reichhaltige Blütenpracht. Schon ab dem Frühjahr kann man bunte Wiesen bewundern (vgl. Eckhardt 1992: 20f.). Die Transitzone zum Vorland bildet ein Laubwald mit bestandsbildendem Traubeneichenvorkommen. Abbildung 10.6 kann die Höhenfolge des Waldes im Harz sowie von weiteren deutschen Mittelgebirgen entnommen werden.

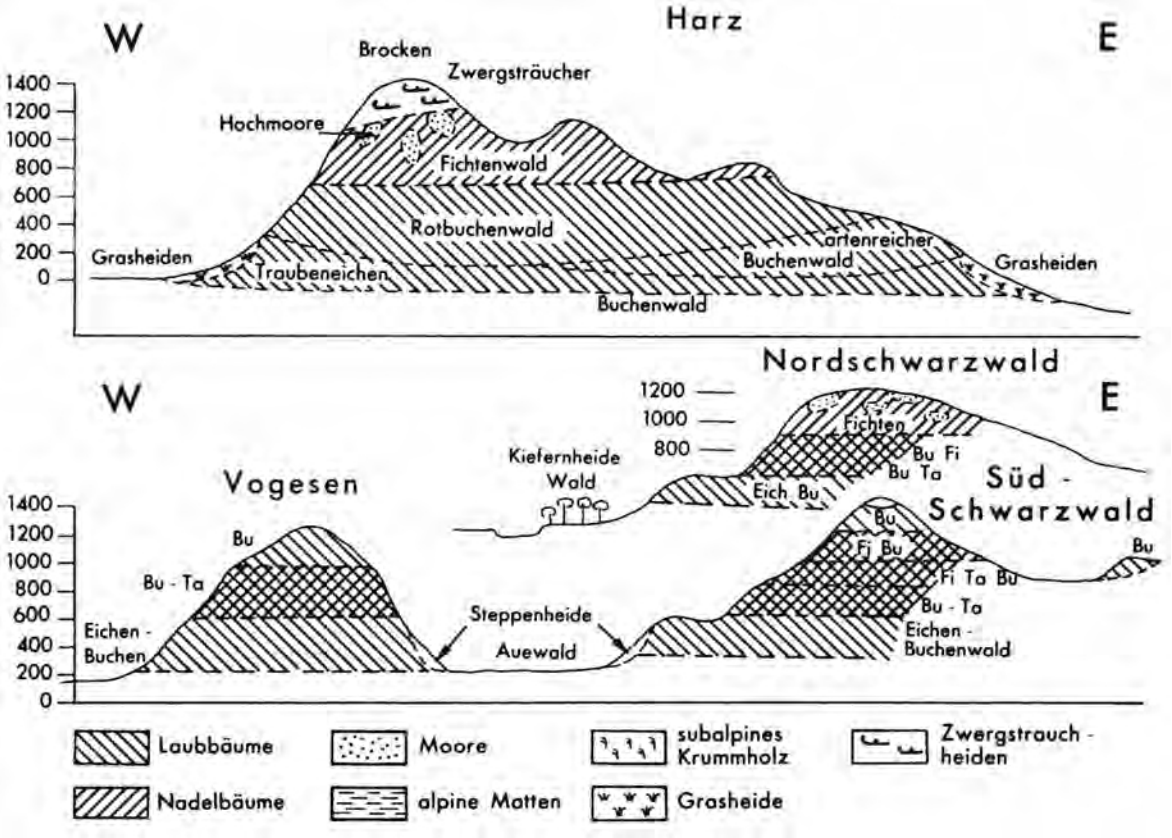


Abbildung 10.6 **Waldstufen ausgewählter Mittelgebirge**
Quelle: Endlicher 1991 (nach Weischet unveröffentlicht, Ausschnitt)

Die extrem fruchtbaren Schwarzerde-Vorkommen des Vorlandes sind zum größten Teil landwirtschaftliche Nutzflächen. Zu erwähnen bleiben noch die Hochmoorgebiete und der baumfreie Gipfelbereich des Brockens. Beide Gebiete gestalten sich insbesondere vegetationsgeographisch sehr interessant, gesonderte Exkursionspunkte mit Erläuterung sind im Exkursionsführer zu finden.

b) Vegetation des Elendstals

Das Naturschutzgebiet reicht von 495 bis auf 696 Höhenmeter und zeichnet sich an vielen Stellen durch ein steiles Relief aus. Auf den Oberhängen gedeihen artenarme Buchenwälder, wobei die dominante Rotbuche hier an ihre Höhengrenze stößt. Es ist der „*höchstgelegene in Teilen noch naturnahe Laubmischwald im Harz*“ (Eckhardt 1992: 20). Die abnehmende Vegetationsperiode sowie die durch den Temperaturgradienten mit zunehmender Höhe abnehmende Lufttemperatur sind einige der Faktoren, die die ökologischen Höhenstufen bedingen. Der Temperaturgradient kann, solange die Luftfeuchtigkeit nicht über 100 % steigt und es somit zu keiner Kondensation bzw. Wolkenbildung kommt, als trockenadiabatisch angenommen werden und beträgt somit etwas über 0,9 °C pro 100 m. Selbst innerhalb dieses Naturschutzgebietes besteht, wenn man nur den Temperaturgradienten betrachtet, ein Unterschied von beinahe 2 °C. Aufgrund lokalklimatischer Gegebenheiten ist der Temperaturverlauf natürlich selten so einheitlich. Die Gemeine Fichte ist durch ihren biologischen Frostschutz gegen kältere Temperaturen wesentlich besser ausgestattet als die Rotbuche. Klimatische Untersuchungen in dem Hauptareal der Fichtenwälder am Brocken und in Schierke, bewiesen eine mittlere Dauer der frostfreien Zeit von 110 bis 160 Tagen und bereits im November ein weit verbreitetes Absinken der Temperaturen unter 0° C (vgl. Stöcker 1967: 63). Diese Untersuchungen verdeutlichen die extreme Anpassung der Gemeinen Fichte an die sehr hohen Lagen der Gebirge. Doch auch bereits in den Wäldern des Elendstals ist die Gemeine Fichte bestandsbildend. Der Buchenwald auf den südwestlich ausgerichteten Hängen wird durch eine azidophile Bodenvegetation, u.a. Harzlabkraut und Siebenstern, geprägt. Aufgrund des Harzlabkrautvorkommens wird diese Waldgesellschaft auch als Harzlabkraut-Buchenwald bezeichnet. „*An den Nordosthängen und auf der Talsohle tritt zu Rotbuche (Fagus sylvatica) in der Baumschicht die Gemeine Fichte (Picea abies) hinzu*“ (Hentschel 1983: 65). Wir befinden uns also in einer Höhenlage, in der sich weder die in den oberen Lagen dominante Gemeine Fichte noch die die mittleren Lagen bestimmende Rotbuche eindeutig durchzusetzen vermag. Auf den wasserführenden steilen Gebietsabschnitten kommt es zu schluchtenwaldähnlichen Buchen-Ahornwäldern, obgleich auch hier die Gemeine Fichte nicht fehlt. Besonders montane Arten wie der Alpen-Milchlattich (siehe Abbildung 10.7) sind über reicheren Böden an Steilhängen, oft überschattet von der eben beschriebenen Waldgesellschaft, zu finden. Auch die Saumgesellschaft der Kalten Bode beherbergt unter anderem den Alpen-Milchlattich, der namensgebend für die Alpenmilchlattich-Hochstaudenflur-Gesellschaft ist.

Abbildung 10.7 **Alpen-Milchlattich (*Cicerbita alpina*)**
Foto: Sabine Hodges, Korbblütengewächse – Rote Liste regional – Alpen-Milchlattich, online: http://www.natur-um-huettenfeld.de/assets/images/autogen/Alpen-Milchlattich--Cicerbita-alpina--9.7.jpg (Abruf: 18.03.2016)

Auch Weiße Pestwurz, Waldstorchschnabel und Große Hainsimse finden sich in dieser Gesellschaft, um nur einige zu nennen, die eine Erwähnung wert wären. Streckenweise treten, wenn auch keine natürlichen, reine Fichtenbestände auf. Aufgrund der versauernden Wirkung der Nadelstreu, bilden sich aus Braunerde-Podsol-Übergangstypen echte Podsole (vgl. Hentschel 1983: 64f.). Abschließend bleibt zu erwähnen, dass lediglich anhand der Rotbuchenbestände kaum eine Aussage über den darunter liegenden Boden zu machen wäre, da die Rotbuche sich sowohl auf nährstoffarmen, dystrophen Böden gegen andere Baumarten durchzusetzen vermag als auch auf sehr basenreichen Standorten über zum Beispiel Kalkstein.

c) Vorkommende Tierarten

Die ornithologisch interessierten Wanderer erhalten auf ihrem Weg in höhere Gebirgsregionen die letzte Möglichkeit Grünspecht und Hohltaube bei ihrem täglichen Treiben zu beobachten. Neben der Rotbuche gelangen nämlich auch diese beiden Vogelarten in diesem Naturschutzgebiet an ihre Höhengrenze (vgl. Hentschel 1983: 66). Auch die scheue Wildkatze ist wie überall im Harz auch

im Elendstal vertreten, genauso wie der Eurasische Luchs, der etwas größere, auch zu der Familie der Katzen gehörige Verwandte. Zwar gehört eine große Portion Glück dazu, eines dieser Tiere in freier Wildbahn anzutreffen, aber zumindest bei der Spurensuche und Weiterem kann der nächste dem Harzer Luchsprojekt gewidmete Exkursionspunkt behilflich sein.

10.3 Exkursionspunkt 3: Luchs-Schaugehege an der Rabenklippe

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 51' 53" N λ = 10° 38' 18" O h = 525 m ü. NHN	Von Bad Harzburg sind es etwa 4 Kilometer bis zu den Schaugehegen. Im Dokument unter *http://www.luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/10_veroeffentlichungen/downloads/Wanderflyer_UnterwegszudenLuchsen_2013.pdf* werden verschiedene Anfahrtsmöglichkeiten aufgeführt.

Das Luchsschaugehege an der Rabenklippe gehört zum Luchsprojekt des Nationalparks Harz. Dieses Luchsprojekt initiierte die Wiederansiedlung der seit 1818 im Harz ausgestorbenen Wildkatze im Jahre 2000. Das Gehege setzt sich aus zwei Teilen zusammen, wobei der erste Teil von der Luchsin Pamina und drei erst 2013 geborenen Luchsen bewohnt wird und das zweite Gehege von den männlichen Luchsen Tamino und Silver. Neben dem Schaugehege führt das Luchsprojekt diverse Untersuchungen bezüglich des Verhaltens und der Ausbreitung des Luchses durch. Doch bevor die Methoden und Ergebnisse sowie weitere Details zum Luchsprojekt erläutert werden, wird in den folgenden Zeilen zunächst auf ein paar Rahmendaten zum Luchs allgemein eingegangen.

a) Rahmendaten

Die Gattung *Lynx* umfasst nach heutiger Auffassung vier Arten: den Kanadischen Luchs, den Rot-Luchs, den Pardell-Luchs, eine der am stärksten bedrohten Katzenarten der Welt, und den im Harz vorkommenden Eurasischen Luchs. Die Gattung des Luchses existiert seit etwa dem Anfang des Quartärs, wobei sehr nah verwandte Katzentiere auch bereits im Pliozän vorgekommen sein sollen (vgl. Matjuschkin 1979: 31). Der Eurasische Luchs, auf den sich im Folgenden beschränkt wird, ist mit einer Schulterhöhe von 50 cm bis 70 cm der drittgrößte Beutegreifer Europas, obwohl er mit im Durchschnitt 20-25 kg eher ein Leichtgewicht relativ zu seiner Größe ist. Auffallende Merkmale sind insbesondere seine an Pinsel erinnernden Haarbüschel an den Ohrspitzen, sein auffallend kurzer Schwanz sowie die langen Beine, wobei die Vorderbeine nur 80 % der Länge der Hinterbeine erreichen. Damit ist auch seine hohe Sprungkraft und Höchstgeschwindigkeit von bis zu 70 km/h zu erklären. Hilfreich für luchsinteressierte Wanderer durch mögliche Luchsterritorien wie dem Harz ist die Kenntnis von Spuren, die Aufschluss über das Vorkommen eines Luchses geben können. Zum einen hat der Luchs ein relativ leicht zu bestimmendes Trittsiegel, wie Abbildung 10.8

zeigt. Die annähernd gleiche Größe erreicht zwar auch das Trittsiegel eines größeren Hundes oder Wolfs (der jedoch im Harz nicht vorkommt), allerdings sind bei den zwei Genannten immer die Krallen zu sehen, die sich beim Luchs, durch seine Fähigkeit sie einzuziehen, nicht abbilden (vgl. Hofrichter et al. 2004: 87-90).

Abbildung 10.8 **Trittsiegel (Eurasischer Luchs)**
Quelle: Nationalpark Harz (Hrsg.): Die Besonderheiten der Luchsspuren. Foto: *Das rundliche Trittsiegel eines Luchses*. Online: http://www.luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/4_der_luchs/spuren.php?we_objectID=27&bdid=557&refDID=558 (Abruf: 18.03.2016)

Eine weitere Spur, die der Luchs hinterlässt, ist sein Kot. Dieser besteht aus mehreren länglich angeordneten Ballen, ist dunkel gefärbt und beinhaltet in der Regel auch einen gewissen Haaranteil des Beutetiers. In Abbildung 10.9 ist mit der 2-Euro-Münze ein Größenvergleich gegeben und die dunkle Farbe des Kots wird deutlich, sie ist durch die rein fleischliche Ernährung des Luchses zu erklären.

Luchse jagen einzeln und in für Raubkatzen typischen Mustern. Er schleicht sich an seine Beute heran oder lauert in einem Versteck, bis der Abstand kurz genug für einen Sprung- oder Sprintangriff ist. Das Beutetierspektrum ist weitgefächert und reicht vom Hasen über Schalenwild (insbesondere dem Reh) und Huftierarten bis zu kleineren Waldbewohnern wie der Maus. Allerdings ist „*in weiten Teilen Mitteleuropas das Reh mit deutlich über 50 % im Nahrungsspektrum vertreten*“

(Nationalpark Harz 2016b). Im Gegensatz zu Fuchs und Wolf weisen die Risse wenig äußere Verletzung auf, lediglich kleinere Wunden am Halsbereich und manchmal Krallenspuren. Auch nimmt der Luchs nie einen Körperteil der Beute mit, sondern kehrt selbst mehrmals zu seiner Beute zurück, die er zuvor bis zu mehrere hundert Meter weit transportiert haben kann. Zum Ende der Einführung soll noch die Fortpflanzung des Eurasischen Luchses Erwähnung finden. Die Luchsin ist ab dem zweiten, der Kuder ab dem dritten Lebensjahr geschlechtsreif. Bei einem Wurf können zwischen einem und fünf Jungtiere geboren werden. Der Nachwuchs wird allein von der Mutter aufgezogen, bis die Jungen mit 10 bis 11 Monaten selbstständig werden (vgl. Hofrichter et al. 2004: 18f.).

Abbildung 10.9 **Luchskot im Größenvergleich**
Quelle: Nationalpark Harz (Hrsg.): Die Besonderheiten der Luchsspuren. Foto: *Luchskot ist etwa so dick wie ein Zweieurostück*. Online: http://www.luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/4_der_luchs/spuren.php?we_objectID=27&bdid=698&refDID=558 (Abruf: 29.03.2016)

b) Veränderung des Verbreitungsraumes des Eurasischen Luchses in Europa

Bevor der Verbreitungsraum des Luchses durch anthropogene Beeinflussung – sprich Landwirtschaft und Bejagung – immer weiter zurückging, bis er schließlich zwischen 1930 und 1940 seinen Negativrekord erreichte, war der Luchs in beinahe ganz Europa flächendeckend verbreitet. Sukzes-

sive wurden die Flachlandareale dezimiert, die Gebirgsvorkommen isoliert und sogar das skandinavische Areal schrumpfte auf einen Bruchteil zusammen (vgl. Matjuschkin 1979: 44f.). Erst seit Mitte des 20. Jahrhunderts hat sich, resultierend aus beschlossenen Schutzmaßnahmen, der Trend umgekehrt. Mittlerweile bestehen „*in Norwegen, Schweden, Finnland, Polen, in der Slowakei, in Ungarn (nur wenige Tiere), Rumänien, Albanien, Griechenland (nur wenige Tiere) sowie in der Türkei (im äußersten Osten; unsicher)*“ (Hofrichter et al. 2004: 62) isolierte Luchsvorkommen, wobei zu beachten ist, dass die Angaben von 2004 stammen und wie auch in Abbildung 10.10 deutlich wird, die Grenzen der Verbreitungsräume keineswegs statisch sind.

Abbildung 10.10 **Verbreitung des Luchses in Europa (2012)**
Quelle: Naturpark Bayerischer Wald e.V., Info-Zentrum 3, Luchsprojekt Bayern (Hrsg.): Verbreitung in Europa – *Karte von LCIE und BayLfU, verändert*. Online: http://www.luchsprojekt.de/03_verbreitung/popup_karte.html (Abruf: 29.03.2016)

Neben den genannten natürlichen Vorkommen gibt es seit 1970 in Mittel- und Westeuropa Wiederansiedlungsversuche, eines davon ist das Luchsprojekt im Harz (vgl. Hofrichter et al. 2004: 60). Die Methoden um verifizierbare Daten über die Populationsgröße der wiederangesiedelten Bestände und deren Entwicklung zu erhalten, sind sehr aufwändig, wie nachfolgend am Beispiel des Harzer Luchsprojekts gezeigt werden soll. Neben dem Harz gibt es ähnliche Projekte im Bayerischen Wald, dem Schwarzwald und dem Pfälzer Wald.

c) Wiederansiedlung im Harz

Seit 1972 wurden vom Institut für Wildbiologie der Universität Göttingen Versuche unternommen, den einstmals heimischen Luchs wieder anzusiedeln. Jedoch konnte aufgrund von Widerständen erst im Sommer 2000 eine tatsächliche Ansiedlung stattfinden, nachdem das Projekt von der Landesregierung in Hannover genehmigt wurde und sich Harzer Umweltverbände, insbesondere der Nationalpark Harz, dafür einsetzten. Zwischen Sommer 2000 und Herbst 2006 wurden schließlich in verschiedenen Etappen 24 Luchse ausgewildert, alle aus Gehege-Anzuchten (siehe Abbildung 10.11). Zur Eingewöhnung wurden die Luchse zuvor in einem für Besucher unzugänglichen und mittlerweile zurückgebauten Auswilderungsgehege an die Umgebung gewöhnt. (vgl. Nationalpark Harz 2016c)

Projektjahr	**Anzahl der ausgewilderten Tiere (m | w)**	**Projektjahr**	**Anzahl der ausgewilderten Tiere (m | w)**
2000	2 | 1	2006	0 | 2
2001	2 | 7	2007	(+ 2)[#]
2002	0 | 0	2008	0 | 0
2003	4 | 1	2009	0 | 0
2004	1 | 2	2010	0 | 0
2005	0 | 2		

Gesamt: 9 | 15 (+ 2)[#]

[#] Ende 2007 entkamen zwei Jungluchse aus dem städtischen Wildpark Christianental in Wernigerode

Abbildung 10.11 **Auswilderungen im Luchsprojekt Harz**
Tabelle: Jan Hachmann, Datenquelle: Nationalpark Harz (Hrsg.): *Luchsbilanz 2000-2010*. Online: http://www.luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/5_wiederansiedlung/?we_objectID=27&bdid=7500&refDID=440 (Abruf: 29.03.2016)

Der erstmals 2002 bewiesene Nachwuchs in der freien Wildbahn machte seit 2006 weitere Auswilderungen überflüssig. Durch seine dichten naturnahen Wälder repräsentiert der Harz ein typisches Habitat für den Eurasischen Luchs. Zwar scheut der Luchs auf seinen Wanderungen auch unbewaldete Flächen nicht, verweilt dort allerdings nur zeitweilig, bis er sich wieder in einem Waldgebiet ansiedelt. Es lässt sich keine Spezifizierung auf bestimmte Waldformationen oder gar Baumarten erkennen, doch zieht der Luchs ein dichtes Unterholz vor und laut Matjuschkin „*sind verschiedene Fichten- und Tannenarten noch am charakteristischsten für die Luchshabitate*“ (Matjuschkin 1979: 72). Dieser deutliche Unterschied zum Wolf, der sehr ausgedehnte und dichte Waldareale eher meidet, ist wohl unter anderem mit dem unterschiedlichen Jagdverhalten zu erklären, wobei eine dichte Vegetation für das Jagdverhalten des Luchses verständlicherweise elementar ist. So bildet also der Fichtenwald der höheren Lagen ein typisches Habitat für den Luchs, aber auch die üppigen Laubwälder bieten sehr gute Voraussetzungen. Nach der erfolgreichen Auswilderung befasst sich das Luchsprojekt mit der Erfassung und Dokumentation der Entwicklung der Luchspopulation.

d) Forschungsprojekt

Sowohl die Erfassung der Populationsgröße sowie die des Verbreitungsgebietes sind bei Luchsen sehr umständlich. Die großräumigen Streifgebiete des Luchses machen die bei anderen Arten üblichen Zählungen unmöglich. Um sich dem realen Verbreitungsgebiet anzunähern, ist das Luchsprojekt auf die langzeitige Sammlung von Hinweisen von Privatpersonen angewiesen, die anschließend ausgewertet werden. Nicht nur die Sichtung eines Luchses kann hierbei hilfreich sein, sondern auch Hinweise auf Luchsspuren sowie Kot oder Risse. Seit 2003 wurden alle ausgewilderten Luchse mit einer rundlichen Plastikohrmarke versehen, männliche Tiere tragen sie links und weibliche rechts. Jede Farbe wurde bei den beiden Geschlechtern nur einmal vergeben. Bei der Sichtung eines Luchses würde es sich also empfehlen auf die Ohrmarke zu achten, damit der Luchs von den Sachverständigen identifiziert werden kann (vgl. Nationalpark Harz 2016d). Für die Aufnahme solcher Hinweise sind diverse Jägerschaften als Luchsbeauftragte zuständig, deren Kontaktdaten sich auf der Internetseite des Luchsprojekts Harz finden lassen (online: *http://www.luchsprojektharz.de/de/luchsprojekt/6_dem_luchs_auf_der_spur/luchsbeauftragte.php*). Die zwischen 2012 und 2013 ausgewerteten Hinweise sind auf Abbildung 10.12 veranschaulicht und je nach ihrer Verifikation farblich markiert. Schon bei den Hinweisen von diesen lediglich zwei Jahren lässt sich erkennen, dass die Streifgebiete des Luchses bereits weit über die Grenzen des Harzes hinausreichen.

Der Populationsgröße kann sich hingegen nur mit Fotofallen angenähert werden. Durch die einzigartigen Fellmuster jedes Individuums lässt sich mit genügend Fotomaterial die Populationsgröße und -dichte in etwa bestimmen. Von September bis Dezember 2014 wurde auf einer Fläche von

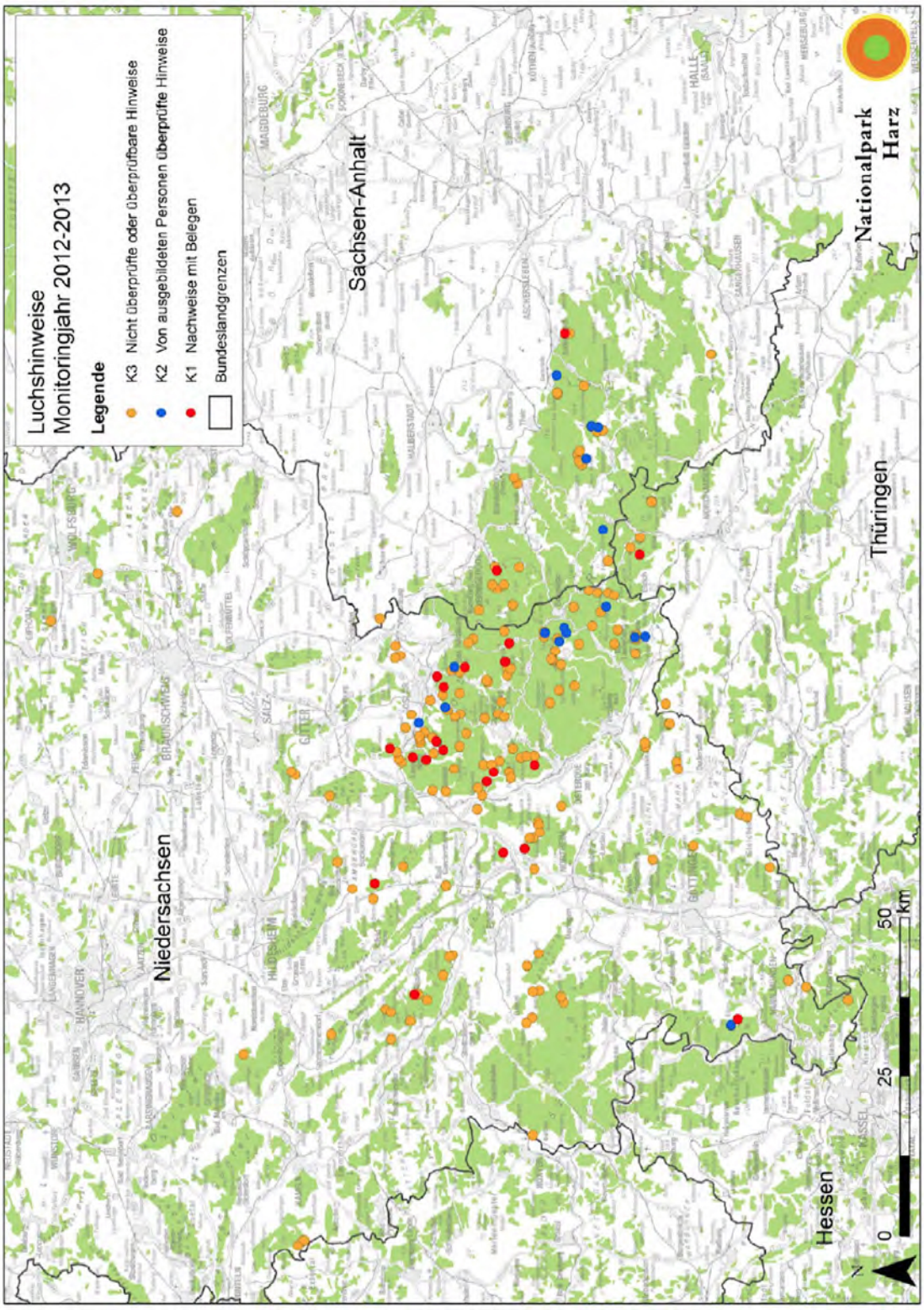


Abbildung 10.12 **Luchshinweise von 2012 bis 2013**
Quelle: Nationalpark Harz (Hrsg.): Luchsmeldungen. Karte: *Luchsmeldungen aus den Monitoringjahren 2012-2013*. Online: http://www.luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/6_dem_luchs_auf_der_spur/luchsmeldungen.php?we_objectID=27&bdid=8467&refDID=582 (Abruf: 29.03.2016)

746 Quadratkilometer, die hauptsächlich im niedersächsischen Harzgebiet verortet ist, eine 100-tägige Fotofallenuntersuchung durchgeführt und statistisch ausgewertet. In diesem Referenzgebiet wurden insgesamt 16 selbstständige Luchse und 12 Jungtiere erfasst. Dieses Ergebnis beschreibt eine Dichte von etwa 2,1 selbstständigen Luchsen pro 100 Quadratkilometer. Das Referenzgebiet umfasst etwa ein Drittel des Harzes. Würde man also diese Stichprobe hochrechnen, müsste man von einer Gesamtpopulation von 84 Individuen inklusive der Jungtiere ausgehen. Ob allerdings aufgrund unterschiedlicher Umweltbedingungen, wie ein sich unterscheidendes Relief und eine wechselnde Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung, die Dichtewerte übertragen werden können, ist umstritten (vgl. Middelhoff et al. 2015: 12-14). Das Forschungsprojekt ist allerdings nicht nur an der Luchspopulation, sondern auch an dem Verhalten der Einzeltiere interessiert. Darum gibt es Untersuchungen über das Verhalten von bestimmten Individuen, wie ihrem Streifverhalten. Seit 2008 wurden mittlerweile drei erwachsene Luchse mit Senderhalsbändern ausgestattet und anhand von zwei verschiedenen Radiotelemetrieverfahren begleitet. Bei der VHF-Telemetrie sendet das Halsband ein Funksignal ab, welches von einem Empfängergerät hörbar gemacht werden kann. An verschiedenen Standpunkten muss dann überprüft werden, aus welcher Richtung das Signal am stärksten ist, um schließlich den Standpunkt einschätzen zu können. Die GPS-Telemetrie ist eine Weiterentwicklung der VHF-Telemetrie und führt die Verortung selbstständig durch. Sie fungiert also als Navigationsgerät, das in bestimmten Abständen die Standortdaten den Zuständigen direkt an den Computer schickt (vgl. Nationalpark Harz 2016e). Das Männchen M8 wurde am 22.10.2014 nahe Fürstenhagen mit einem GPS-Senderhalsband ausgestattet. Das Halsband ermittelt zweimal täglich die Position, benötigt allerdings ein ausreichendes Mobilfunknetz, um die Daten auch versenden zu können, was in manchen Teilen des Harzes zu Informationslücken führt. Der zu Anfang der Beobachtung ca. 17 Monate alte Kuder legte in den folgenden Monaten weite Entfernungen, wahrscheinlich auf der Suche nach einem festen Territorium, zurück. Bis Januar 2015 wanderte der Luchs weit nach Norden bis kurz vor Springe (in der Nähe von Hannover), bevor er sich wieder etwas weiter Richtung Süden begab. (vgl. Nationalpark Harz 2016f) Die kompletten zwischen Oktober 2014 bis Januar 2015 aufgenommenen Standorte sind in Abbildung 10.13 dargestellt.

Desweiteren wurden das Männchen M7 und das Weibchen F2 mit Senderhalsbändern versehen. Die Daten des Luchses M7 lassen darauf schließen, dass er ein territoriales Männchen ist, und geben Aufschluss über die Größe des Streifgebiets (ca. 120 km²) und seine Bewegungen innerhalb seines Territoriums. Weitere Untersuchungsergebnisse lassen sich auf der Internetseite (online: *http://www.luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/7_forschungsprojekt/*) in Erfahrung bringen.

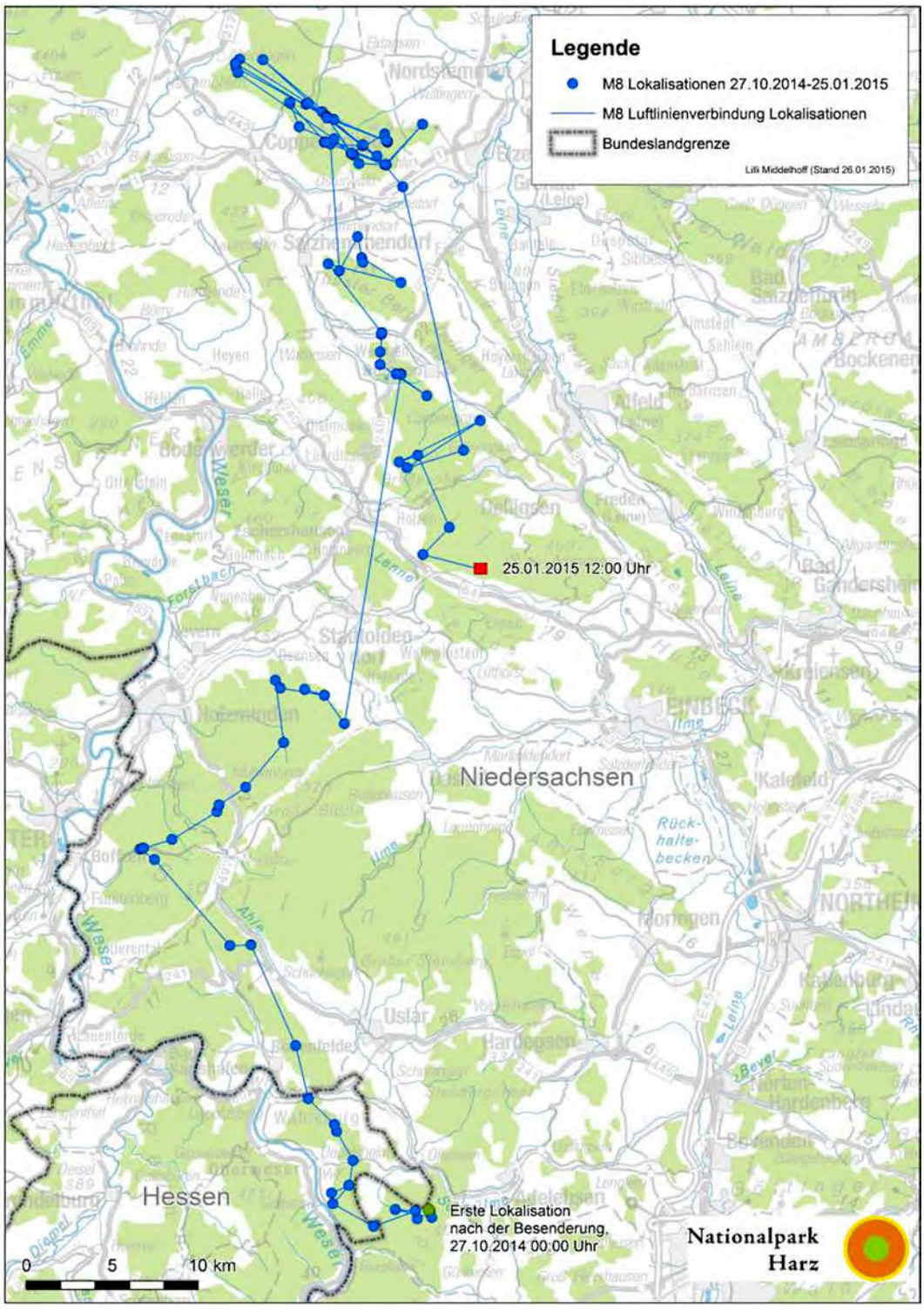


Abbildung 10.13 **Wanderung von Luchs M8**
Quelle: Nationalpark Harz (Hrsg.): Ergebnisse des Luchses M8 – Die Wanderung geht weiter. Karte: *Die Wanderung des Luchses M8 vom 27.10.2014-25.01.2015*. Online: http://www.luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/7_forschungsprojekt/ergebnisse_m8.php?we_objectID=27&bdid=9403&refDID=9288 (Abruf: 29.03.2016)

Schlusswort

Das Luchsprojekt ist ein wichtiger Schritt in Richtung eines naturnahen Harzgebirges. Wenn die Entwicklung der Luchspopulation weiterhin so erfolgreich verläuft, darf man auf einen Zusammenschluss bis heute noch isolierter Luchspopulationen hoffen. Gegen Ende dieses Beitrags hat der Leser hoffentlich eine Vorstellung von den Zusammenhängen der drei Forschungsbereiche erhalten. Vielleicht kann der Eine oder Andere bei der Besichtigung der Exkursionspunkte sogar manche im Text theoretisch beschriebenen Sachverhalte in der Natur beobachten und sich nun auch erklären.

Verwendete Hauptquellen

Drude, Oscar (1902): *Der hercynische Florenbezirk – Grundzüge der Pflanzenverbreitung im mitteldeutschen Berg- und Hügellande vom Harz bis zur Rhön, bis zur Lausitz und dem Böhmer Walde.* Reihe: Engler, Adolf/Drude, Oscar (Hrsg.): Die Vegetation der Erde – Sammlung pflanzengeographischer Monographien, Band VI, Leipzig: Wilhelm Engelmann

Hentschel, Peter/Reichhoff, Lutz/Reuter, B./Rossel, B. (1983): *Die Naturschutzgebiete der Bezirke Magdeburg und Halle/Saale*. 2., überarbeitete Auflage, Handbuch der Naturschutzgebiete der Deutschen Demokratischen Republik, Band 3, Leipzig: Urania-Verlag

Nationalpark Harz (2016): *Luchsprojekt Harz*. Online: http://www.luchsprojekt-harz.de/ (Abruf: 29.03.2016)

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (1997): *Böden in Niedersachsen – Teil I, Kapitel 6.6: Bodeneigenschaften, Bodennutzung und Bodenschutz*. Online: http://www.nlfb.de/boden/downloads (Abruf: 01.12.2015)

Scheffer, Fritz/Schachtschabel, Paul (1998): *Lehrbuch der Bodenkunde*. 14. Auflage von Schachtschabel, P./Blume, H. P./Brümmer, G./Hartge, K. H./Schwertmann, U., Stuttgart: Enke

Teil III
Exkursionen im südlichen Vorland

11 Sulfatkarstlandschaft Südharz

Moritz Graf

Schon in der Einführung in die physische Geographie faszinierte mich das Phänomen des Karsts. Dieser strahlt etwas Mysteriöses. Er ist auf gewisse Weise unberechenbar. Sein „Leben“ spielt sich „unsichtbar“ im Untergrund ab. Dort bildet er verzweigte Tunnelsysteme und Höhlen. Trotzdem ist der Karst auch oberirdisch oft landschaftsprägend. Immer wieder finden sich auf der Oberfläche Hinweise auf sein Bestehen. Erst mit der Belegung dieses Studienprojektes zur Erarbeitung des Exkursionsführers im Harz, erfuhr ich von dem bedeutenden Sulfatkarstgebiet am Südharz. Durch Recherche stieß ich schnell auf interessante Karsterscheinungen, die, wie beim Karst üblich, oft hydrologische Aspekte beinhalten.

Der ganze Südharz ist durch Karstfördervereine gut erforscht. Um diese außergewöhnliche Region auch für Fachfremde den interessierten Laien zu erschließen, wurde der 230 Kilometer lange Karstwanderweg entlang des Südharzes konzipiert. Dieser führt durch die Karstlandschaft: vorbei an vielen interessanten Orten wie Höhlen, Quellen oder Höhenzügen. Auch meine Exkursion führt entlang dieses Fernwanderweges von Ost nach West. Der erste Exkursionspunkt gibt einen großräumigen Überblick über die Karstlandschaft und deren Erscheinungsformen. Die beiden folgenden Exkursionspunkte beschäftigen sich mit hydrologischen Karstthemen. Dies wäre zum einen das Thema des Wassereintritts und zum anderen des Wasseraustritts aus den unterirdischen Gesteinsschichten.

Einführung ins Thema: Grundlagen der Entstehung einer Sulfatkarstlandschaft

Bedeutend für das Verständnis von Prozessen und der Genese im Südharz sind die geologischen Bedingungen, insbesondere die des Oberperms. Nach der variszischen Gebirgsbildungsphase im Oberkarbon, in der sich das Grundgebirge des Harzes herausbildete, begann im Oberperm die Senkung des Gebietes des nördlichen Mitteleuropas. Starke Schwankungen des Meeresspiegels führten zur Überflutung dieses gesenkten, flachen Beckens vom Ozean im Nordwesten. Als erste Schicht setzte sich durch diesen Vorgang, genannt Transgression, das sogenannte „Zechsteinkonglomerat“ ab (vgl. Meschede 2015: 118). Dieses markiert sozusagen den Anfang, die Basis der Zechsteinschichten, wie die Ton- und Evaporitschichtungen dieser Zeit in Deutschland genannt werden. Danach folgt der Kupferschiefer, ein toniges, dunkel-organisches Sedimentgestein, welches mit Kupfer-, Silber- und vielen anderen Erzmineralen versetzt ist. Im damals trocken-warmen Klima des Oberperms (der Harz befand sich damals noch weitaus näher am Äquator als heute) verdampfte das Wasser schnell. Es setzten sich gemäß ihrer Löslichkeit die verschiedenen Sedimentschichten am

Boden ab. So kam es zur Schichtung von Carbonaten (Kalk und Dolomit), dann von Sulfaten und Salzen. Zuletzt bedeckte eine Salztonschicht die Evaporite, die diese vor erneuter Auflösung schützt (vgl. Pfeffer 2010: 40). Der Vorgang der Überschwemmung des Beckens wiederholte sich immer wieder, sodass es zu einer zyklischen Ablagerung der Tone und Evaporite kam. Das unterschiedliche Ausmaß der überschwemmten Gebiete führte zu entsprechend regionalen Unterschieden in der Ausprägung einzelner Ablagerungen. Insgesamt kam es zu sieben solcher Ablagerungsfolgen, wobei der Zechstein im Zentrum des damaligen Meeres über 2.000 m mächtig wurde (vgl. Meschede 2015: 118). Darüber lagerten sich später die Schichten der Untertrias (Buntsandstein) ab.

Dieses Zechstein-Schichtpaket, hauptsächlich die mächtigen Calciumsulfat-Ablagerungen, ist der wichtige anstehende Gesteinskörper für die Ausbildung von Karstformen am Südrand der Harzscholle. Calciumsulfat kommt in tiefen Schichten als fester Anhydrit vor ($CaSO_4$). Gelangt es in Oberflächennähe und in verkarstungsfähigen Gebieten damit in Wasserkontakt, hydratisiert Anhydrit sehr langsam zu Gips ($CaSO_4 \cdot H_2O$). Gips ist weiß, hat eine weiche, bröckelnde Konsistenz und lässt sich durch Korrosion schnell (viel schneller als z.B. Kalk) lösen. Dieser Prozess wird Laugung genannt. Auch Anhydrit lässt sich durch Wasser lösen, doch dauert der Vorgang bedeutend länger. Umgekehrt kann Gips zum Beispiel durch Auflastungsdruck, wie durch die darauffolgenden Schichten der Zechsteinfolgen, entwässert werden. Er dehydratisiert damit zu Anhydrit (vgl. Pfeffer 2010: 48).

Damit es zur Verkarstung kommt, also zur Entwicklung von Hohlformen an der Oberfläche oder im Untergrund durch unterirdische Entwässerung, braucht es bestimmte Voraussetzungen. Neben dem oben schon erwähnten wasserlöslichen Gestein (das können neben Sulfaten auch Karbonate und Salze sein), müssen große Mengen an abwärts fließendem Wasser vorhanden sein (z.B. durch südlich einfallende Schichten am Harzrand). Wasser ist nur bis zu einem gewissen Grad mit Gips sättigungsfähig. Sättigung besteht bei ungefähr 2 g pro Liter Wasser (vgl. Völker 1997: 4). Die Sättigung kann bei niedriger Durchflussgeschwindigkeit und kleinem Wasservolumen sehr schnell erreicht werden und bringt schon nach kurzer Distanz die Auslaugung zum Erliegen. Eine richtige Verkarstung im Gestein kann nicht einsetzen. Bei schnellen Geschwindigkeiten aber wird die Auslaugung weiter ins Innere verlagert und die Karstsysteme erweitern sich schnell zu Flusshöhlen (vgl. Pfeffer 2010: 130). Die Wasserwegsamkeit des zu verkarstenden Gesteins ist enorm wichtig für die Bildung von Auslaugungen. Sie wird durch Poren und tektonische Verwerfungen (Klüfte) gewährleistet (vgl. Zepp 2014: 239). Poren ergeben sich unter anderem auch durch die Hydratisierung zu Gips, bei der es zu einer starken Volumenvergrößerung von 1 cm^3 zu ca. 1,577 cm^3 kommt (vgl. Pfeffer 2010: 48).

Insgesamt sind Sulfatkarst-Erscheinungen nach geologischer Zeitrechnung relativ „kurzlebig“. Die starken Lösungsraten im Sulfatgestein des Harzes liegen bei 0,44 mm/Jahr (vgl. Pfeffer 2010: 52).

11.1 Exkursionspunkt 1: Westliche Mooskammer

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 30' 21" N λ = 11° 13' 35" O h = 301 m ü. NHN	Erhöhter Punkt am südlichen Rand des Auslaugungstals in einem schon bewaldeten Stück. Erreichbar über die L 231 beim Dorf Morungen.

Am Südharzrand erstreckt sich ein circa 100 Kilometer langer Gürtel aus Zechsteinablagerungen, der in der Breite zwischen mehreren hundert Metern bis einigen Kilometern schwankt (vgl. Viete 1954: 1). Das Gebiet reicht von Osterode im Nordwesten bis nach Sangerhausen im Südosten und verbindet somit die drei Bundesländer Niedersachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt. Geteilt wird das Sulfatkarstgebiet durch die Eichsfeldschwelle in einen westlichen und einen östlichen Teil. Die Eichsfeldschwelle ist eine Untiefe, die auch zu Zeiten des Zechsteinmeeres wenig bis nicht wasserbedeckt war und somit fast keine Sulfatausfällungen aufzeigt. Dagegen befinden sich an deren Schwellenhängen große Sulfatanhäufungen, damit auch zahlreiche Karsterscheinungen (vgl. Herrmann 1981: 136).

„*Während sich am Nordrand der variszische Harzkern als eine Bergmauer mehrere hundert Meter über sein Vorland erhebt, geht die Harzhochfläche nach Südwesten ganz allmählich in eine Abdachungsfläche über, die ihrerseits nahezu ungestört unter die Schichtstufen des mit nur geringer Neigung diskordant auflagernden Zechsteins und Unteren Buntsandsteins taucht.*“ (Herrmann 1981: 135) All diese Schichten haben herzynische Streichrichtung und sind südwärts um 10-25 ° einfallend (vgl. Viete 1953: 22). Von der Harzabdachung kommend, haben fluviale und glazifluviale Prozesse seit dem Tertiär fast das gesamte verkarstungsfähige Material der anstehenden Zechsteinschichten in Richtung Süden fortschreitend gelöst. Dies führte zur Bildung des sogenannten „Auslaugungstals“ entlang der anstehenden Zechsteinschichten. Auf der heutigen südlichen Schwelle befindet sich Exkursionspunkt 11.1. An dieser Schwelle befindet sich eine Auslaugungsfront, an der noch oberflächliche Sulfatkarstprozesse stattfinden. Einige Meter weiter südlich verschwinden die Sulfatschichten aber schon unter den Buntsandsteinschichten (vgl. Völker 1994: 10). Nur gelegentlich gibt es noch größere anstehende Gipslinsen (vgl. Henningsen 1997: 110).

Blickt man vom Exkursionspunkt in Richtung Norden, lässt sich an diesem Punkt das sehr schmale, sich ost-westlich erstreckende Morunger Auslaugungstal gut erkennen. Auch ist der Auslaugungswall zur Mooskammer vom Exkursionspunkt gut sichtbar. Das geologische Profil des Auslau-

gungstals besteht heute oberflächlich weitestgehend aus Schottern und anderen Sedimenten, die bei nachlassender Transfortfähigkeit der vom Harz kommenden Flüsse hier im Auslaugungstal akkumuliert wurden. Außerdem finden sich hier Rückstände der ausgelösten Salinargesteine (Letten) (vgl. Henningsen 1997: 110). Verkarstungsprozesse sind weiterhin im bedeckten, untergründigen Sulfatgestein unter den Flussschottern im Auslaugungstal oder unter den Buntsandsteinschichten aktiv. Sichtbar werden sie durch gelegentliche Erdfälle und Subrosionssenken (vgl. Völker 1997: 14).

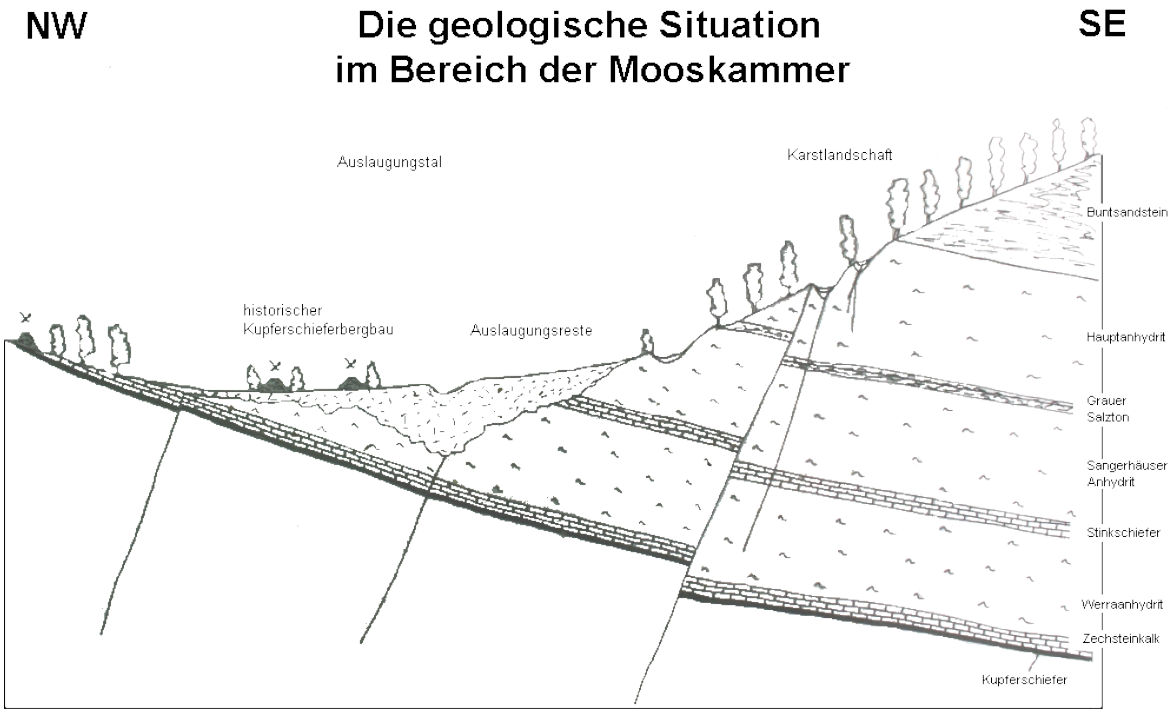


Abbildung 11.1 **Standort westliche Mooskammer**
Quelle: Karstwanderweg – Kreis Mansfeld-Südharz – Standort westliche Mooskammer, online: http://www.karstwanderweg.de/kws030a.htm

Das Wasser bewegt sich gerne auf den karbonatischen Zwischenschichten des Zechsteins, da diese, im Gegensatz zu den Sulfatgesteinen, wasserleitend sind. Es wird zu den Kontaktflächen mit dem Sulfatgestein gebracht, wo es seine Laugungsvorgänge vollziehen kann (vgl. Völker 1997: 10). Weiter östlich bildet sich aus dem einfachen Auslaugungstal sogar eine Sulfatkarst-Schichtstufenlandschaft (vgl. ebd.: 12). Die aus dem Harz kommenden Flüsse versickern entweder in den Flussschottern des Auslaugungstals oder verschwinden in den Ponoren an den Auslaugungsfronten (siehe Exkursionspunkt 2). Bei ausreichender Erosionskraft des Flusses haben es einige geschafft, die südliche Begrenzung dieser Täler zu durchbrechen (vgl. Viete 1953: 22). Dieses Phänomen nennt man „Durchbruchstäler“. Südwestlich unseres Standpunktes kann man bei der Ortschaft Großleinungen ein solches Durchbruchstal des heute noch durchfließenden Flusses Leine erkennen. Weite-

re Durchbrüche stellen das Thyratal, das Nassetal oder das Gonnatal dar. Durch weitere Eintiefungen des Auslaugungstales entstanden teilweise Trockentäler, wodurch dort heute kein oberflächiger Abfluss mehr erfolgt. (vgl. Völker 1997: 15)

Neben den großflächigen Erscheinungen des Auslaugungstals und der Durchbruchtäler sind auch kleinflächigere ober- und unterirdische Karstformen in der Gegend vertreten. Durch den unterirdischen Formenschatz des Karsts in der Umgebung entstanden entlang größerer Verwerfungen Höhlen und Schlotten. Sie waren zugleich wichtige und gefährliche Aspekte des Kupferschieferbergbaus der Region. Einerseits fürchtete man durch die Anbohrung wassergefüllter Schlotten Wassereinbruch in den Stollen, andererseits nutzte man die neu entdeckten Hohlräume, um das Grubenwasser dorthin umzuleiten (vgl. Webseite Karstwanderweg 2).

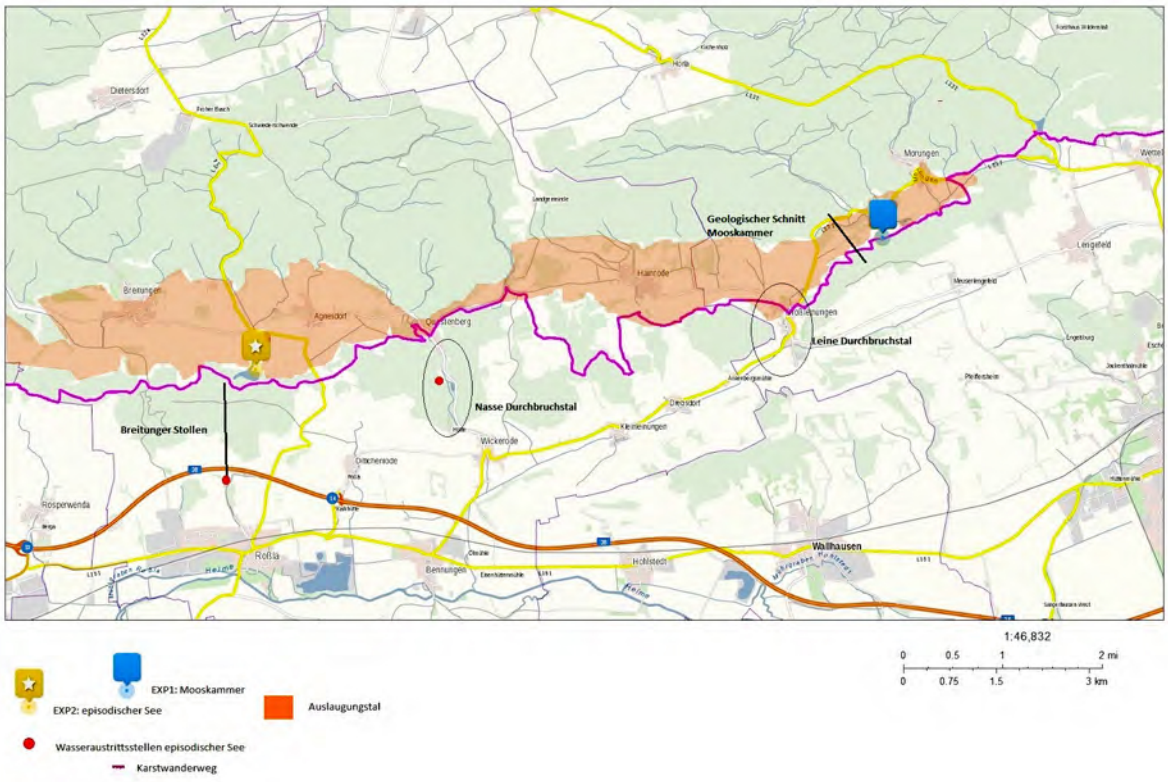


Abbildung 11.2 **Übersichtskarte Sangerhauser Auslaugungstal**
Darstellung: Moritz Graf (nach Viete 1953b; Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt)

Blickt man ein weiteres Mal nach Norden in Richtung Morunger Auslaugungstal, entdeckt man überall kleine Hügel, bedeckt mit Bäumen und Büschen. Hier befinden sich Eingänge zu ehemaligen Schachtanlagen des Kupferschieferbergbaus (vgl. Webseite Karstwanderweg 1). Oberirdisch gehören Erdfälle und Dolinen zu den häufigsten Erscheinungsformen, die durch ihre trichter-/kraterförmigen Hohlformen gekennzeichnet sind. Erdfälle und Einsturzdolinen entstehen durch das

Zusammenbrechen der Deckschicht von ausgelaugten Hohlräumen im Untergrund. Ist die Deckschicht dabei nicht verkarstungsfähig, spricht man von einem Erdfall, ist sie es schon, von einer Einsturzdoline. Bei einer Lösungsdoline löst sich die Hohlform oberflächlich durch einsickerndes Wasser. (vgl. Völker 1987: 15-17) Diese kraterförmigen Hohlformen an Dolinen und Erdfällen entdecken wir auch von unserem Exkursionspunkt aus an der Schwelle der Mooskammer.

11.2 Exkursionspunkt 2: Episodischer See bei Agnesdorf

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 29' 21" N λ = 11° 04' 48" O h = 245 m ü. NHN	Über die L 234 bis zum Parkplatz zwischen Agnesdorf und Roßla und von dort aus per Fuß an dem Waldstück entlang Richtung Westen. Infotafel über den Geotop-Punkt *Episodischer See* vorhanden.

Der Episodische See, auch „Bauerngraben“ genannt, war lange Zeit ein rätselhafter Ort für die Bewohner der umliegenden Dörfer. Ein Phänomen, was auf die spezielle geologische Situation des Sulfatkarstes zurückzuführen ist. Der See füllt und leert sich ohne eine Regelmäßigkeit aufzuzeigen und wird deshalb *Episodischer See* genannt. Schon der Geologe Behrens beschäftigte sich 1703 intensiv mit dem See und dokumentierte die Füllungszustände, um Erkenntnisse über die Funktionsweise zu erhalten (vgl. Völker 1983: 8). Später legte der Geologe Viete u.a. eine Tabelle über die Füllungsstände über drei Jahrzehnte an, um einen guten Überblick von der Unregelmäßigkeit der Wasserstände zu bekommen (vgl. Viete 1953: 26).

Grundlegend stellt der Bauerngraben ein oder mehrere Ponore (Bachschwinden) am Ende einer Polje dar (vgl. Viete 1954: 197). Es ist die Öffnung vom oberirdischen zum unterirdischen Abfluss hinein ins Karstkluft- und Flusssystem. An der Stelle einer gut ausgebildeten Kluft fing das ungesättigte Wasser oberflächlich an mit seinen Laugungsprozessen, bevor es in der Kluft unterirdisch versickert. Durch kontinuierliche Lösungsarbeit entsteht hierbei eine trichterförmige Lösungsdoline mit Ponor (vgl. Völker 1988: 16). Aufgrund ständiger Korrosionsarbeit an einer Seite des Trichters kann dort der Hohlraum erweitert werden, sodass auf der anderen Seite sich eine Steilwand bildet (vgl. Völker 1997: 24). Solch eine „Wandschwinde“ bildet auch der Bauerngraben. Am Südrand des Beckens zeigt sich diese Steilwand durch eine 80 bis 100 Meter hohe steile Gipswand. Durch die starke Laugung im Bereich des ganzen Beckens, wie auch durch das Vorhandensein mehrerer Ponore, spricht man hier schon von einer Polje (vgl. Viete 1954: 197). Durch die Unterlaugung der Gipswand entstehen Risse im Gesteinsver-band, sogenannte Abrissspalten. Bei weiterem Wachstum können diese letztendlich als Bergsturz ins Tal (an den Südrand des Sees) fallen (vgl. Völker 1997: 29; Völker 1983: 14).

Allgemein erstreckt sich der Bauerngraben 350 Meter in Ost-West-Richtung und 100 Meter in Süd-Nord-Richtung. Bei kompletter Füllung fasst der See circa 200.000 m³ auf einer Fläche von 3,4 Hektar (vgl. Viete 1953a: 4). Karsthydrologisch sind drei Aspekte des Bauerngrabens von besonderem Interesse: Wo kommt das Wasser her, wann und wieso fließt es (nicht) ab und wo fließt es hin?

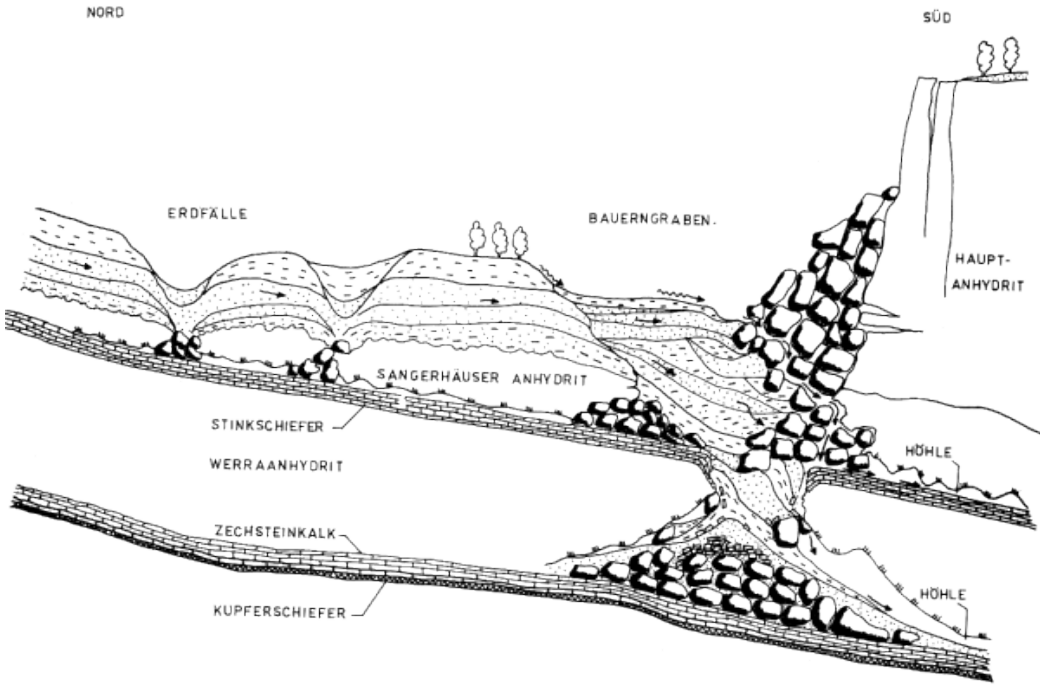


Abbildung 11.3 **Wasserbewegungen des Grund- und Oberflächenwassers bei offenen Abzugsbahnen**
Quelle: Völker/Völker 1983: 32

Oberflächlich betrachtet wird der See durch den kleinen Zufluss „Glasebach“ gespeist. Der weitaus größere Teil des Wassers kommt aber durch das Grundwasser. Dieses tritt jedoch „verdeckt“ in der Schutthalde aus, die sich durch die Bergstürze der Abrissspalten sowie durch die vom Glasebach akkumulierten Sedimente gebildet hat (siehe Abbildung 11.3). Insgesamt gibt es ein großes Wasserangebot durch das Grundwasser, da der Bauerngraben den tiefsten Punkt dieses Auslaugungstal-Abschnittes darstellt (vgl. Völker 1983: 35). Jahreszeitenbedingt verstärken sich im Frühling und Herbst die Zuflussmengen. Sind die Zuflüsse nun größer als die Menge, die durch die Ponore abfließen kann, staut sich das Wasser und der See füllt sich. Ein weiterer Staugrund können Schlämmstoffe sein, welche die Ponore bzw. die Zuflussspalten in den Schutthalden verstopfen. Sie fungieren sozusagen als „Pfropfen“ für das Becken, so dass das Wasser nicht abfließen kann und erst langsam durch Korrosion sich einen neuen Weg durch das Gestein bahnen muss (vgl. Völker 1983: 35). Auch durch Verbruch in den Ponorschlotten und Abflussbahnen kann sich Wasser stauen. So ergeben sich die verschiedenen Möglichkeiten der Füllung und Verstopfung. Monokau-

sal oder in Kombination sind sie Erklärungsmodelle für die unvorhersagbaren Füllungszustände des Bauerngrabens und damit dessen Phänomen.

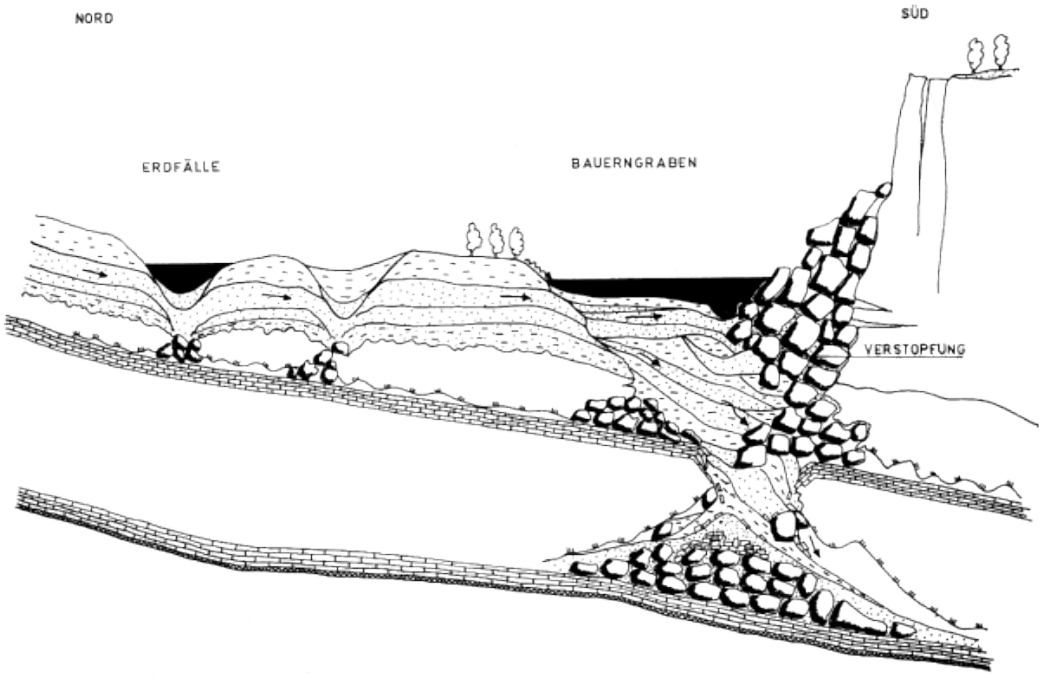


Abbildung 11.4 **Verstopfte Abzugsbahnen führen zum Rückstau und zur Füllung des Sees**
Quelle: Völker/Völker 1983: 33

Diese Erklärungsmodelle widerlegen auch die früheren Annahmen, dass es sich bei dem Hauptponor am Südwestrand um einen Wechselschlund (*Estavella*) handelt (vgl. Viete 1953: 27). Gelegentlich stieg das Wasser nämlich aus der Schutthalde in den offenen Seebereich vom Ponor aus auf, ohne das oberflächiger Zufluss durch den Glasebach stattfand, sodass man zu dieser Annahme kam. Fließt das Grundwasser aber erst „verdeckt" in der Verbruchhalde in den See und ist zudem der Ponor verstopft, so kommt es zum Rückstau des einfließenden Grundwassers und zur Füllung des Sees (vgl. Völker 1983: 35) (siehe Abbildung 11.4).

Ein spannender Aspekt der Karsthydrologie stellt sich durch die Frage, wohin das Wasser fließt, wenn es in einem Schluckloch verschwindet und der weitere Verlauf nicht nachverfolgt werden kann. In Bezug auf die Ponore des Bauerngrabens wurde diese Frage durch Viete weitestgehend erforscht. Dieser führte einen Färbungsversuch des Wassers im Bauerngraben durch (vgl. Viete 1953b: 60-62). Nach zwei Tagen zeigt sich, dass ein Großteil des verschwundenen Seewassers des Hauptponors südlich entlang der rheinischen Störungslinie fließt, die auch oberflächlich durch Karsterscheinungen geprägt ist (Indiz für die Fließwege des Wassers) und dann unterirdisch auf den Breitunger Erbstollen trifft, ein sich Nord-Süd erstreckender Stollen der zum Kupferschiefer-

abbau errichtet wurde (vgl. Viete 1954: 202). Diesem widerstandslosen Weg folgt das Wasser und tritt dann am Ende des Stollens, dem „Zollbachbrunnen“, wieder an die Oberfläche (vgl. ebd.: 201). Teilweise versickert das Wasser auch oder geht unerforschbare Wege. Bei spezieller Färbung des Wassers der Ostponore dokumentierte Viete einen ostwärts gerichteten, dem Harzrand parallelen Abfluss, der dann am Westhang des Nassetals zutage tritt (Abbildung 11.2). (vgl. Viete 1954: 201)

11.3 Exkursionspunkt 3: Rhumequelle

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 35' 27" N λ = 10° 18' 36" O h = 165 m ü. NHN	Nördliches Ende des Ortes Rhumespringe im Landkreis Göttingen, entlang der Hertzbergstraße (L 530) bis zum ausgeschilderten Parkplatz. Von dort wenige Meter in Richtung Südosten.

Haben wir uns am vorherigen Exkursionspunkt mit dem spannenden Wassereintrittspunkt in den Untergrund beschäftigt, wollen wir nun einen Austrittspunkt des unterirdisch abfließenden Wassers betrachten, eine sogenannte *Karstquelle*. Die hier vorliegende Rhumequelle stellt eine der größten Karstquellen Mitteleuropas dar. Sie besteht wesentlich aus einem trichterförmigen Hauptquelltopf mit einem Durchmesser von 30 Metern und 9 Metern Tiefe. Die Quelle wird durch zwei Spalten (vgl. Hartwig 1989: 15) und über 350 Nebenquellen (vgl. Herrmann 1969: 108) gespeist.

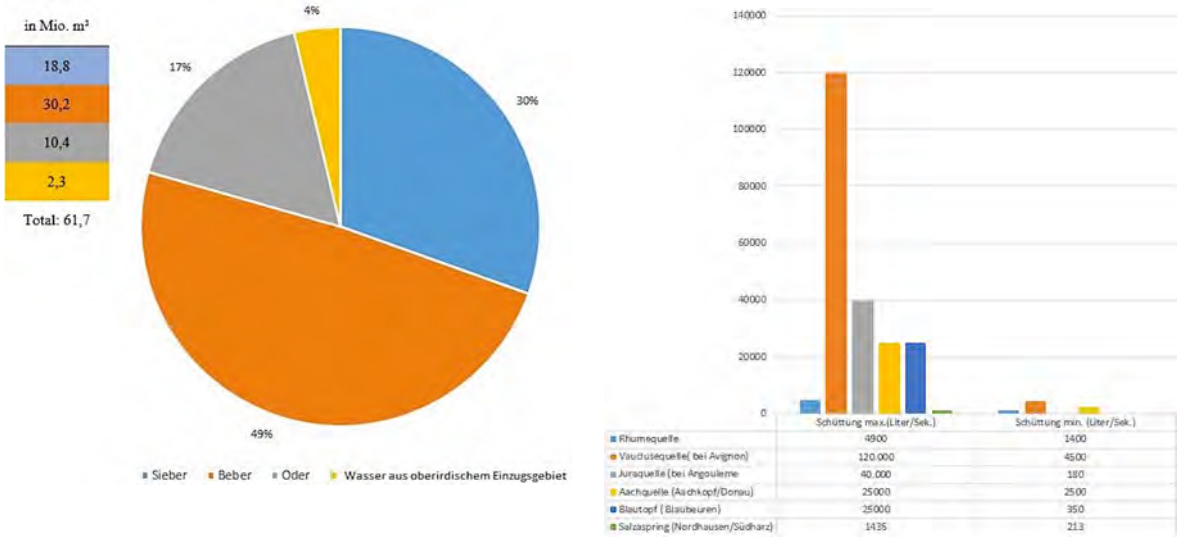


Abbildung 11.5 **a** (links) **Mittlerer Jahreszufluss zur Rhumequelle**
Diagramm: Moritz Graf (nach Hartwig 1991: 39)

b (rechts) **Karstquellen Europas im Vergleich**
Diagramm: Moritz Graf (nach Tauchmann 1997: 29f.)

Besondere tektonisch-geologische Begebenheiten erklären den Standort und die Größe der Rhumequelle. Geologisch gesehen liegt die Quelle in einer anstehenden Dolomitschicht der zweiten Zechsteinabfolge (Stassfurt-Folge), die von Hügeln des unteren Buntsandsteins umgeben ist. Auf unterirdisch verkarsteten Abflussbahnen gelangt das Wasser bis zum Quelltopf des Rhumesprings. Diese gehört zum Typ der Verwerfungsquelle. Dabei steigt das Wasser an einer Nordwest-Südost verlaufenden tektonischen Verwerfung zwischen der wasserdurchlässigen (zerklüfteten) Dolomitschicht und der wasserundurchlässigen, tonhaltigen unteren Buntsandsteinschicht durch hydrostatischen Druck auf. Die an dem Quelltopf angrenzende Scholle ist nämlich um ca. 120 Meter vertikal nach unten gesunken (vgl. Herrmann 1969: 110-112). Auch die nördliche Scholle, die im Quelltopf liegt, hat eine Biegung der Schichten erhalten, sodass nur genau an der Verwerfung der wasserleitende Dolomitstein anstehend ist und das Wasser an die Oberfläche austreten kann (siehe Abbildung 11.7). Diese Biegung wird aber nicht durch eine tektonische Verwerfung hervorgerufen, sondern durch die starken Lösungserscheinungen im Quellbereich.

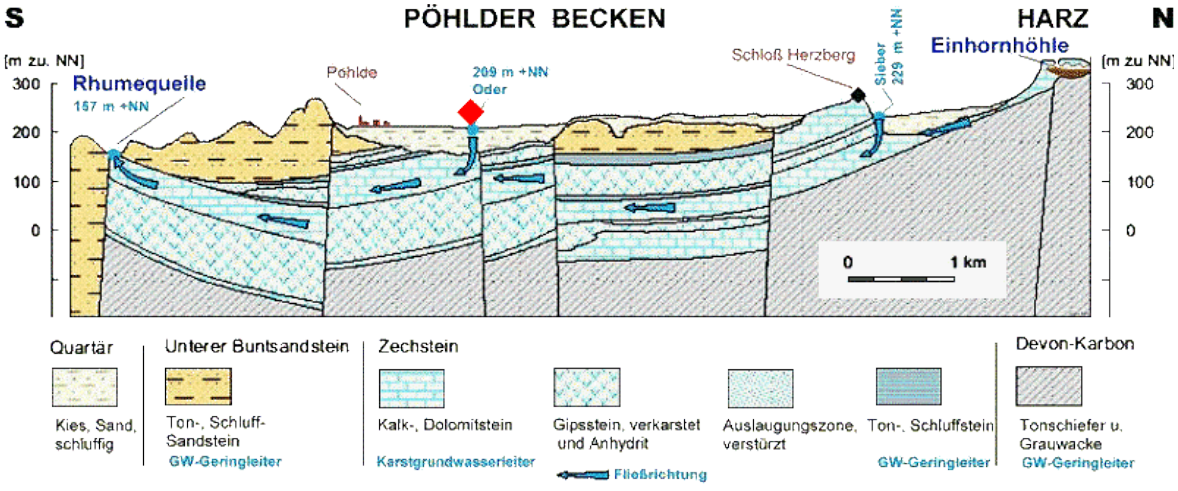


Abbildung 11.6 **Pöhlder Becken**
Quelle: Röhling 2003: 350

Die Schüttungsmengen sind, wie bei Karstquellen üblich, direkt abhängig von den Niederschlagswerten und damit stark schwankend (siehe Abbildung 11.5). Trotzdem weist die Rhumequelle mit durchschnittlich ca. 2.200 Liter pro Sekunde eine ungewöhnlich hohe Schüttung auf (vgl. Lebküchner 2002). Diese hohen Schüttungsmengen lassen sich nur bedingt durch das Niederschlagssickerwasser des nördlich der Quelle liegenden Auslaugungstals (Pöhlder Becken) erklären. Durch Färbeversuche konnte festgestellt werden, dass der Großteil der Schüttung der Rhumequelle von den örtlichen Flüssen Oder, Sieber oder Beber stammen. (siehe Abbildung 11.5) Diese verschwanden vor dem menschlichem Eingriff in die Flusssysteme im Sommer meist gänzlich in den Ponoren ent-

lang der Flussbetten und tauchten erst wieder in der Rhumequelle auf. Dadurch ergibt sich ein 350 km² großes Wassereinzugsgebiet der Rhumequelle. Dazu gehört nicht nur das Pöhlder Becken, sondern auch die Flussläufe der Oder und Sieber, die teilweise auf der Harzabdachung liegen. Das ermöglicht der Karstquelle ein Einzugsgebiet, welches über dem Vorkommen von verkarstungsfähigem Gestein liegt und dessen hohe Schüttungsmengen begründet (vgl. Hermann 1969: 110). Wegen der relativ guten Wasserqualität und ausreichend großen Schüttungsmenge wird die Rhumequelle auch zur Trinkwasserversorgung von ca. 15.000 Haushalten genutzt. Dafür entnehmen die Wasserwerke ca. 1 % ihrer täglichen Schüttung. Zur Trinkwassernutzung hat das aus der Quelle austretende Wasser aber noch zu hohe Sulfat- und Salzlösungsfrachtanteile (gelöst aus den Karstsystemen des Zechsteins). Mittels einer Umkehr-Osmose-Anlage wird dem Wasser ein Teil dieser gelösten Stoffe entzogen, sodass es trinkbar wird (vgl. Lebküchner 2002).

Verwendete Hauptquellen

Herrmann, Axel (1969): *Die geologische und hydrologische Situation der Rhumequelle am Südharz*. In: Verband der Deutschen Höhlen- und Karstforscher (Hrsg.): Jahreshefte für Karst- und Höhlenkunde, Nr. 9, München/Blaubeuren: Mangold, ISSN: 0075-2894. S. 107-112

Meschede, Martin (2015): *Geologie Deutschlands – Ein prozessorientierter Ansatz*. Berlin: Springer Spektrum

Pfeffer, Karl-Heinz (2010): *Karst – Entstehung, Phänomene, Nutzung*. Stuttgart: Borntraeger

Völker, Reinhard et al. (1997): *Gipskarst im Landkreis Sangerhausen*. Uftrungen: Förderverein Gipskarst Südharz e.V.

Völker, Reinhard/Völker, Christel (1983): *Der Bauerngraben*. In: Mitteilungen des Karstmuseums Heimkehle, Nr. 5, Uftrungen: Förderverein Gipskarst Südharz e.V.

12 Das Zechsteingebiet des Kyffhäusers (Südhang)

Tim Schmalisch

Der Exkursionsbericht ist für mich die Gelegenheit, meine persönlichen Studienschwerpunkte auf die eigene Heimatregion anzuwenden und somit die Region auch aus wissenschaftlicher Perspektive kennenzulernen.

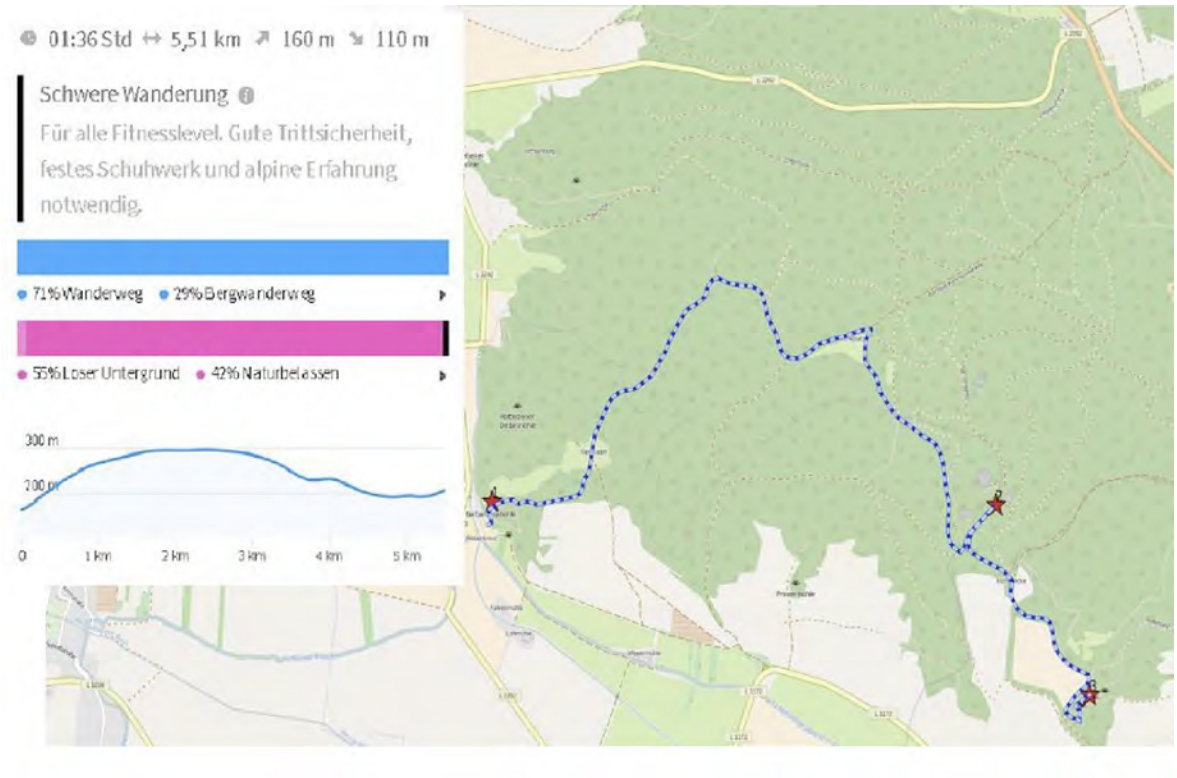


Abbildung 12.1 **Bewertung der Exkursionsroute durch die App *komoot***
Darstellung: Tim Schmalisch (Quelle: komoot GmbH, Kartengrundlage: OSM)

Einführung ins Thema

Auf der Exkursion am Südhang des Kyffhäusers soll der Zusammenhang zwischen den geologischen Eigenschaften und der Oberflächengestalt der Landschaft herausgearbeitet werden. Die Analyse der geologischen Bedingungen des Untergrundes und von deren Einfluss auf die morphologische Entwicklung der Landschaft sollen auch einen Einblick in den erdgeschichtlichen Wandel geben, hin zu dem heutigen Relief der Landoberfläche. Die Entwicklung dieser Landschaft ist im Gesamtzusammenhang mit der Tektogenese des gesamten Thüringer Raumes und darüber hinaus zu betrachten. Großräumige als auch lokale Faltungs- sowie damit einhergehende Hebungs- und Senkungsvorgänge hatten Einfluss auf die Lagerungsbedingungen innerhalb des Kyffhäuser-Erdkrusten-

abschnittes. Zusätzlich sind Meerestransgressionen und die daraus resultierenden Evaporite bedeutsam für die morphologische Entwicklung des Kyffhäusers. An der Erdoberfläche haben selektive Verwitterungsprozesse, Transportvorgänge sowie Sedimentation zu einer weiteren Umformung der Landschaft beigetragen. Neben der Landschaftsanalyse sollen aber auch archäologische Befunde thematisiert werden, die einen Einblick in die Besiedlungs- und Kulturgeschichte dieser Region bieten. Zunächst wird der Kyffhäuser insgesamt in der Großlandschaft verortet. Bevor anschließend der Exkursionsteil beginnt, soll die Darstellung der erdgeschichtlichen Entwicklung zum besseren Verständnis beitragen.

a) Eingrenzung des Untersuchungsgebietes

Am Nord-Ost-Rand des Thüringer-Beckens, südlich des Harzes gelegen, befindet sich das kleinste Mittelgebirge Deutschlands: das Kyffhäusergebirge. Auf einer Fläche von ca. 75 km² erhebt sich die rhombenförmige Bruchscholle des Kyffhäusers empor (vgl. Wunderlich 2005: 7). Im Norden wird das Gebirge zum Harz hin begrenzt durch die „Goldene Aue“ und dem Flusslauf der Helme. Im Süden befindet sich die „Diamantene Aue“ mit der Frankenhäuser Wipper, die den Kyffhäuser von der weiter im Süden angrenzenden Hainleite trennt.

b) Die geologische Entwicklung im Verlauf der Erdgeschichte

Nachfolgend soll ein Gesamtüberblick darstellen, wie die heute vorzufindende Konfiguration der Gesteine unterschiedlichen Alters zustande gekommen ist. Anschließend wird die Exkursionsroute vorgestellt, wobei drei Exkursionspunkte konkret vorgestellt und im Kontext der gesamten Landschaftsentwicklung erläutert werden.

Entwicklung der Varisziden hin zur Permischen Rumpffläche

Zunächst soll das variskische Grundgebirge und dessen Gliederung als Ausgangsstadium der landschaftlichen Entwicklung betrachtet werden. Dabei handelt es sich um eine Landschaft vor ca. 358-296 Mio. Jahren, die durch Sättel und Mulden gekennzeichnet ist. Selektive Verwitterungsprozesse, bei denen erhöhte Reliefelemente bevorzugt abgetragen werden, haben zur Folge, dass die Sattelstrukturen eingeebnet und die Mulden aufgefüllt werden (vgl. Liebe/Zimmermann 1930: 23). Die Kyffhäuser-Region lag im nordwestlichen Randbereich der Saale-Senke, einem intramontanen Becken, welches in 7 bis 10 Sedimentationszyklen mit einer 600 m bis 620 m mächtigen Molasseschicht aufgefüllt wurde (vgl. Wunderlich 2005: 8). Dabei handelt es sich vorwiegend um rot gefärbte Konglomerate, also feinem Verwitterungsmaterial, welches mit größeren abgerundeten Kieseln durchsetzt ist. Die Konglomerate aber auch mittelkörnige Arkosen sowie Ton-Schluffsteine im

oberen Bereich lagern dem Grundgebirge auf und erstrecken sich über den Mittelteil des Gebirges bis unter die Zechsteinsedimente im Süden (vgl. Wunderlich 2005: 8). Durch die Akkumulation von Material in den Hohlformen des damaligen Reliefs ist eine Rumpffläche aus Rotliegenden-Sedimenten entstanden. Nur wenige höher gelegene Bereiche ragen zu dieser Zeit noch über die Oberfläche.

Die Zechsteintransgression

Im weiteren Verlauf der Erdgeschichte führten die isostatischen Ausgleichsbewegungen der Erdkruste zu epirogenetischen, also weiträumigen Absenkungs- und Hebungsvorgängen. Im Oberperm ist die Erdkruste im Nordwesten des heutigen Mitteleuropas abgesunken, wodurch das Gebiet im Südosten angehoben wurde. Das Zechstein-Meer konnte somit gegen das Festland vordringen und es entstand ein flaches Epikontinentalmeer. Dieser Prozess wird als Transgression bezeichnet. Mehrere Zyklen von Transgression und einer darauffolgenden Regression haben zur Herausbildung der Zechsteinsedimente geführt (vgl. Wagenbreth/Steiner 1989: 133). Bei den Sedimentgesteinen aus der Zeit des Zechsteins handelt es sich um Evaporite, die entsprechend der Eindampfungsabfolge räumlich verteilt sind. Die vorzufindenden Gesteine bestehen vorwiegend aus Mineralen wie Calcit ($CaCO_3$) und Anhydrit ($CaSO_4$), die bei Eindampfungsprozessen sehr früh, d.h. schon bei relativ geringer Anreicherung im Meerwasser kristallisieren, ausfallen und somit abgelagert werden. Halitablagerungen (NaCl) würde man demnach bevorzugt in einem zentralen Bereich der einstigen intramontanen Becken vorfinden, vorausgesetzt die Sedimente wurden aufgrund ihrer geringen Widerständigkeit nicht bereits erodiert. Generell lassen sich die Zechsteinsedimente in unteren, mittleren und oberen Zechstein untergliedern, wobei der untere Zechstein vor allem durch den vorhandenen Kupferschiefer gekennzeichnet ist, der mittlere durch dolomitische Rauchwacken und der obere durch das Vorhandensein von sandigem Material, Gips und Plattendolomit. Durch die Oszillation des Zechsteinmeeres kommt es zu räumlich unterschiedlichen Sedimentationsbedingungen in Abhängigkeit von der mineralischen Zusammensetzung des Meerwassers, Mächtigkeit der Wassersäule und dem Klima. Demnach kann man 7 bis 8 verschiedene Sedimentationszyklen innerhalb der Zechsteinsedimente unterscheiden. Im Kyffhäuser sind nur die ersten beiden Zyklen, Werra und Stassfurt ausgebildet (vgl. Raban 2007). Nachdem sich das Meer endgültig zurückgezogen hatte, war das Festland wieder freigelegt worden. Flüsse und Seebecken prägten zu dieser Zeit das Landschaftsbild. Deren akkumuliertes Material hat zur Diagenese des anschließend entstandenen Buntsandsteins beigetragen. Die Buntsandsteinschichten, ebenso wie die Ablagerungen aus dem Erdzeitalter des Muschelkalkes (eine weitere marine Phase in der Erdgeschichte) sind im Bereich des Süd-Kyffhäusers der vollständigen Erosion unterlegen und somit nicht an der Oberfläche aufgeschlossen. (vgl. Wagenbreth/Steiner 1989: 132f.)

12.1 Exkursionspunkt 1: Die Barbarossahöhle

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 44° 33' 00" N λ = 10° 55' 00" O h = 200 m ü. NHN	Die Barbarossahöhle liegt 1,5 km nordwestlich von Rottleben und ist über die Landstraße L 2292 gut erreichbar.

Bei der Barbarossahöhle handelt es sich um eine Karsthöhle im Anhydrit, die am 23. Dezember 1865 bei der Suche nach Kupferschiefer entdeckt wurde (vgl. Kugler 1957: 111). Zunächst eine Erläuterung der Bezeichnung *Karst*: Der Begriff ist vom slowenischen „Kras“ abgeleitet und war ursprünglich ein Eigenname einer Gebirgslandschaft, nordöstlich von Triest (vgl. Kupetz 2005: 12). Heute wird der Begriff Karst auch als Landschaftstypenbegriff angewendet (z.B. Karstlandschaft des Kyffhäusers), für Gebiete, die infolge von Subrosion und Lösungsverwitterung eine unterirdische Entwässerung aufweisen. Dies äußert sich in einer spezifischen Morphologie der Karstgebiete mit einem vielfältigen Formenschatz. Höhlen sind sicherlich die eindrucksvollsten Gebilde einer Karstlandschaft, die sich allerdings im Vergleich zu anderen Karsterscheinungen nicht in der Morphologie der Oberfläche widerspiegeln. Niederschläge in Form von Regen und Schnee dringen in die Klüfte des Gesteins ein. In Verbindung mit CO_2 aus der Luft wird Kohlensäure gebildet, die das umliegende Gestein auflöst. Dabei handelt es sich um einen sehr langsam ablaufenden Prozess, bei dem zunächst Anhydrit ($CaSO_4$) in Gipsgestein ($CaSO_4 \cdot 2\,H_2O$) umgewandelt wird (vgl. Kupetz 2005: 12; Kugler 1957: 110).

Die jährlichen Lösungsraten des Sulfatgesteins können 1 mm bis 30 cm pro Jahr erreichen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2010). Im konkreten Fall der Barbarossahöhle ist festzustellen, welche Ausmaße dieser chemische Verwitterungsprozess erreichen kann. Der Höhlenbereich erstreckt sich über eine Fläche von 24.000 m^2. Damit ist die Barbarossahöhle die größte Anhydrithöhle in Mitteleuropa. Mit einer ganzjährig konstanten Temperatur von 9 °C ist es relativ kühl und außerdem sehr feucht bei einer Luftfeuchte von 98 % bis 100 % (vgl. Eberhardt et. al. 1976: 131). Eine weitere Besonderheit ist, dass in der Barbarossahöhle der einzig vollständige Aufschluss des Werra-Anhydrits zugänglich ist. Hierbei handelt es sich um den ersten von mehreren Sedimentationszyklen zur Zeit der Zechsteintransgression. Das gegen das Festland heranströmende Meereswasser hat die permische Rumpffläche bestehend aus rotliegenden Sedimenten und Grundgebirgsresten aufgearbeitet. Somit ist an der Basis eine wenige Dezimeter mächtige Schicht aus Konglomeraten entstanden. Auf dieses folgt der Kupferschiefer mit einer Ausprägung von 0,3 m bis 0,6 m und die Beckenfazies der Zechsteinkalke mit 4 m bis 6 m. Entsprechend der Eindampfungsabfolge lagern sich anschließend die Sulfate in Form des Anhydrits ab. Man unterscheidet zwischen unterem

Werra-Anhydrit mit 30 m bis 35 m Mächtigkeit und oberem Werra-Anhydrit mit einer Mächtigkeit von 20 m bis 25 m. Die oberen ca. 10 m der Werra-Folge werden durch Steinsalz gebildet. Die sich daran anschließende Fazies ist die Stassfurt-Folge. (vgl. Kupetz/Brust 2005: 8, 42)

Anhand der Abbildung 12.2 soll der Entstehungsprozess näher erläutert werden:

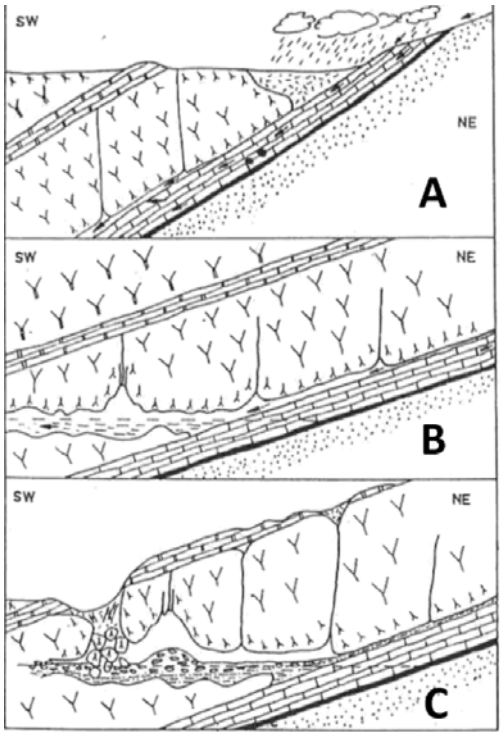


Abbildung 12.2 **Schema der Bildungsprozesse der Barbarossa-Höhle**
Quelle: Kupetz/Mucke 1989: 14 (Abb. 5)

Skizze A: Niederschläge in Form von Regen und Schnee versickern in dem Kluftsystem der Zechsteinkalke. In dieser Schicht bildet sich somit ein Grundwasserleiter (siehe Pfeil). An der Schichtgrenze zwischen Anhydrit (Y-Signatur) und Kalkstein findet der Verkarstungsprozess statt.

Skizze B: In Höhe des Vorfluterniveaus stellt sich ein horizontaler Wasserstrom ein, der zur Entstehung einer Laughöhle führt.

Skizze C: Durch die Einwirkung des Wassers (Hydratation) wird Anhydrit in Gips umgewandelt, was eine Volumenzunahme des Gesteins zur Folge hat. Es entstehen Gipslappen mit einer Stärke von 2 cm bis 4 cm, die häufig eine Größe von über einem Quadratmeter erreichen. Die zunehmende Volumenerweiterung des Materials führt letztendlich zur Ablösung der Gipslappen von der Gesteinsoberfläche. Der Prozess führt somit nach und nach zu einer Vergrößerung des Höhlenraumes. (vgl. Kupetz 2005: 14)

In Folge des zuvor beschriebenen Prozessablaufes haben sich nicht nur unterirdische Hohlräume, sondern auch zahlreiche kleine Höhlenseen gebildet. Die Wassertemperatur beträgt 8,6 °C (vgl. Eberhardt et. al. 1976: 131). Die Seen sind miteinander verbunden und ihr Pegel ist abhängig vom Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels. Mit zunehmender Tiefe der Seen nimmt die Lösungskraft des Wassers aufgrund des steigenden Sättigungsgrades mit Kalzium-Ionen ab. Aus diesem Grund fallen die Ufer schräg zum Seeboden hin ein. Dort, wo das Seewasser in Kontakt mit den Seitenwänden steht, unterschneidet es die Felswände, wodurch sich die Höhle weiter verbreitert. Die Höhle ist flach gewölbt und weist nur eine geringe Höhe auf. Man kann zwei Bereiche in ihrem Entwicklungsstadium unterscheiden. Der Raum vom Felsenmeer bis hin zum Tanzsaal und vom Wolkenhimmel bis zur Schweizer Landschaft stellen jeweils einen etwa 200 m langen Raum dar, der sich noch immer im Stadium der Weiterentwicklung befindet (Evolution). Der Bereich des Olymps sowie der Bereich des Doms sind kuppelförmig und bereits im Verfallsstadium (Inkasion). Dabei ist festzustellen, dass der Olymp den Rest eines Hohlraums darstellt im Flankenbereich eines Erdfalls. Dieser wird als *Teufelsgrube* bezeichnet und kann im Anschluss besichtigt werden (Kupetz/Brust 2005: 41).

Auf dem Weg zum Exkursionspunkt 12.2:

Abschnitt 1

Abbildung 12.3 **Routenabschnitt 1 mit Fotos**
Darstellung: Tim Schmalisch (Quelle: komoot GmbH, Kartengrundlage: OSM)

Wie in Abbildung 12.3 gezeigt, führt die Route weiter in Richtung Norden. Die Wanderung beginnt etwa 50 m bis 70 m über der Höhle. Dies entspricht der Schichtmächtigkeit über dem zentra-

len Höhlenbereich. (vgl. ebd.) Auf dem Weg zum zweiten Exkursionspunkt ist das Relief zu beobachten. Dabei gilt es zu analysieren, welche Strukturen die Oberfläche aufweist und wie diese in ihrer Entstehung zu erklären sind. Die Route führt zunächst die relativ steil einfallenden Schichten des Zechsteins hinauf. Rechter Hand ist eine trichterförmige Hohlform zu erkennen. Hierbei handelt es sich um die *Teufelsgrube*, einen Erdfall, wie es sie sehr häufig am Südhang des Kyffhäusers gibt. Erdfälle entstehen dort, wo im Untergrund durch fließendes Wasser Material ausgelöst wird (Subrosion) und somit zunächst ein Hohlraum entsteht. Wenn die Decke unter der Materiallast einbricht, entsteht eine Hohlform in der Art, wie sie an der benannten Stelle vorzufinden ist. Der Weg führt weiter bis auf eine Lichtung. Hier ist an zwei Stellen eine Aufwölbung der Gipsschicht zu erkennen (siehe Abbildung 12.3). Hierbei handelt es sich um Quellungserscheinungen der Schichten, bei der Umwandlung von Anhydrit zu Gips. Die Volumenzunahme kann bis zu 60 % betragen, wodurch sich die Schichten voneinander lösen (vgl. Eberhardt et. al. 1976: 131). Im hier vorliegenden ersten Beispiel ist die obere Schicht bereits eingebrochen, wodurch eine kegelförmige Mulde entstanden ist. Im Beispiel 2 weiter nördlich auf der Route ist die obere Schicht noch intakt, wodurch ein Hohlraum im Untergrund entsteht.

Abschnitt 2

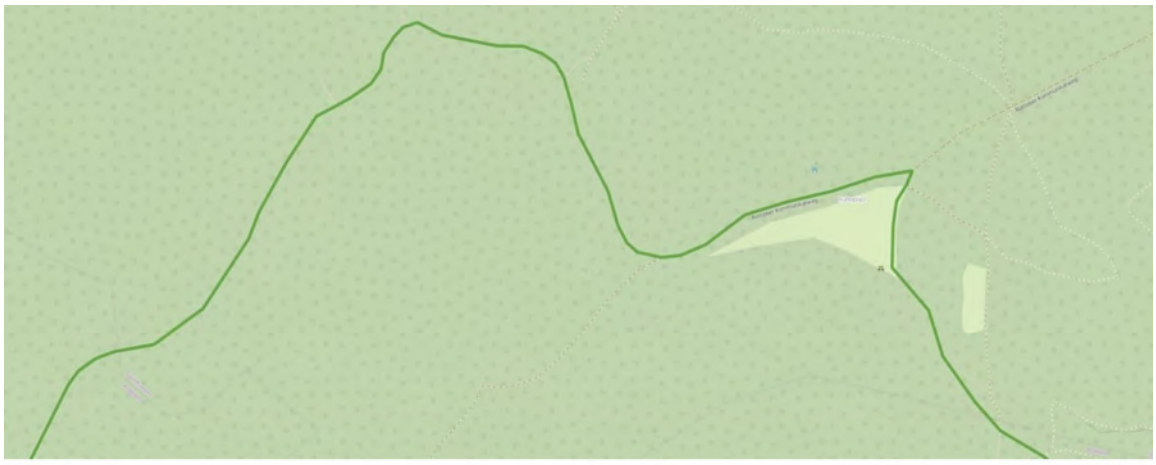


Abbildung 12.4 **Routenabschnitt 2**
Darstellung: Tim Schmalisch (Quelle: komoot GmbH, Kartengrundlage: OSM)

Die Exkursionsroute führt von der Lichtung zurück in den Wald (siehe Abbildung 12.4). Beobachtet man die Morphologie stellt man zahlreiche Hügelkuppen fest. Hierbei handelt es sich um Gipskuppen, die in ihrer Genese zu unterscheiden sind von den Quellungserscheinungen durch Volumenzunahme. Ausschlaggebend für die Herausbildung der Gipskuppen-Landschaft ist eine irreguläre Auslaugung. Die höheren Reliefelemente bleiben also zwischen Erosionsmulden erhalten. Es

handelt sich demnach um Härtlinge, die als Erosionsreste der Abtragung widerstanden haben, häufig bedingt durch die Überlagerung von widerständigeren Schichten. Im konkreten Fall handelt es sich um Stinkschiefer der Stassfurt-Folge, der den Werra-Anhydrit überlagert und somit vor der Erosion schützt.

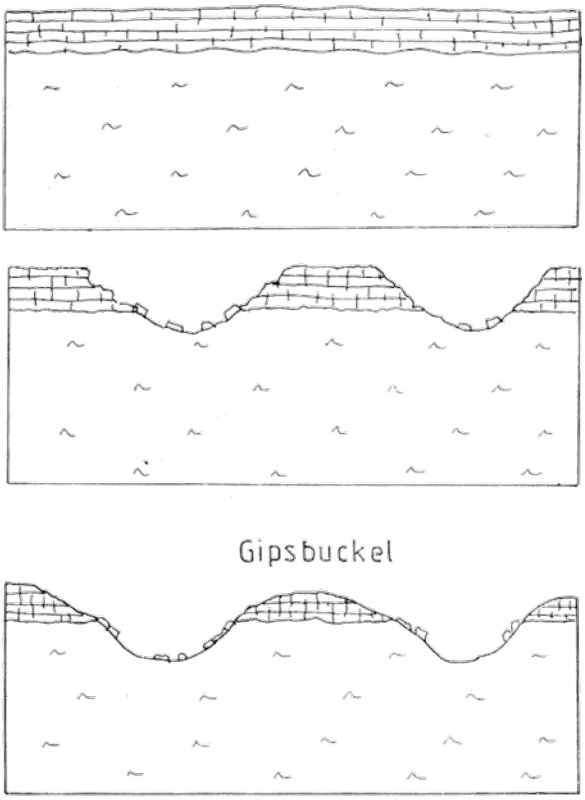


Abbildung 12.5 **Gipskuppen und Gipsbuckel, Genese-Schema**
Quelle: Völker/Völker 1997 (Abb. 3)

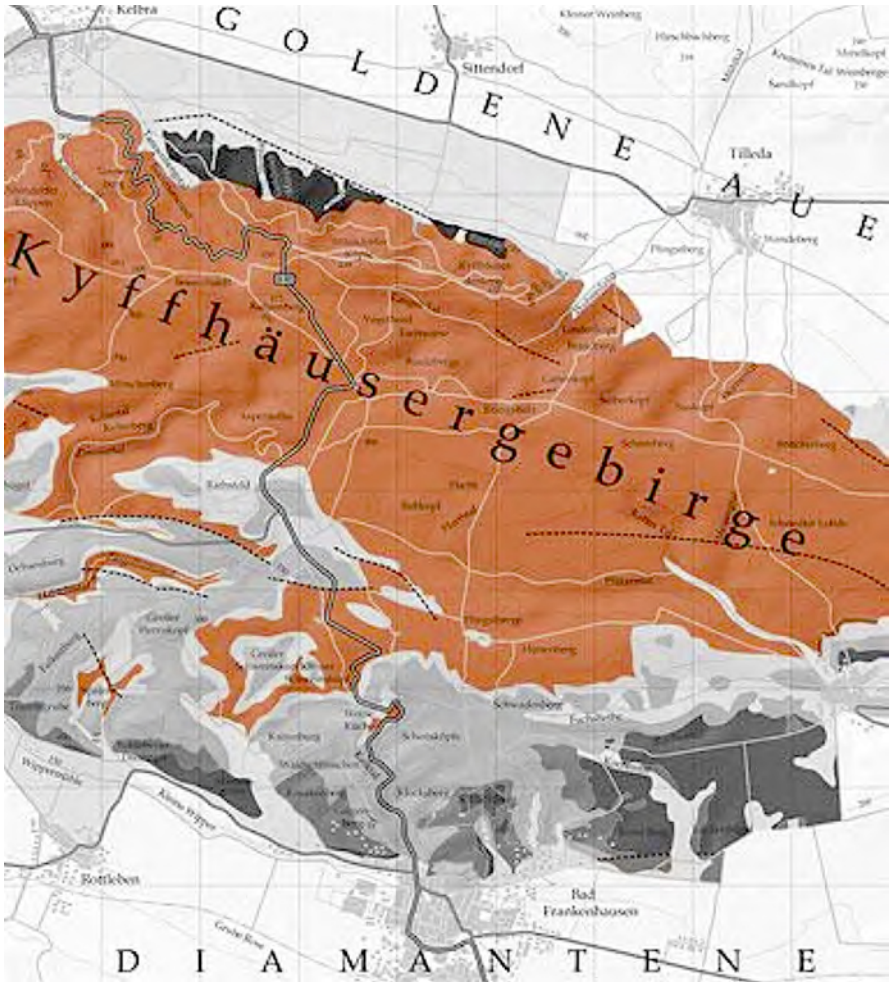
Die Form der Gipsbuckel ist äußerst variabel, wie man erkennen kann. Sie ist abhängig von der Reinheit des Gipsmaterials, woraus sich die Löslichkeit des Gesteins ergibt, aber auch das Einfallen der Schichten sowie die Morphologie der Umgebung haben Einfluss. Im Kyffhäuser finden wir eine flach nach Süden geneigte Fläche vor, die von tiefen Tälern durchschnitten ist und wo sich vor allem im älteren Gips recht mächtige Buckel (von etwa 6 m Höhe) herausgebildet haben (vgl. Völker/Völker 1997). Die soeben beschriebene Morphologie ist links und rechts des Weges zu beobachten. Nach dem die Route links abgebogen ist, kommen wir auf eine weitere Lichtung, die es zu überqueren gilt. Nun führt der Weg langsam bergab und wir befinden uns in einem Tal, welches sich von Nord nach Süd erstreckt. Die Route führt anschließend Tal aufwärts zu einem alten Steinbruch.

12.2 Exkursionspunkt 2: Am Fundament der Zechsteinsedimente

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 45' 00" N λ = 10° 55' 00" O h = 233 m ü. NHN	Der ehemalige Steinbruch ist über den auf der Karte eingezeichneten Weg ausschließlich zu Fuß erreichbar.

Abbildung 12.6 **Routenabschnitt 3**
Darstellung: Tim Schmalisch (Quelle: komoot GmbH, Kartengrundlage: OSM)

Der in Exkursionspunkt 12.2 zu betrachtende Aufschluss soll einen Eindruck vermitteln, wie die Gesteine unter dem Zechsteinpaket beschaffen sind. Die hier vorzufindenden Gesteine stammen aus dem Permokarbon. Dabei handelt es sich um Gesteine, die in der Zeit des Oberkarbons und unteren Perms entstanden sind. Diese sind besonderer Bedeutung, da sie im Kyffhäusergebirge die größte Fläche des an der Erdoberfläche anstehendenden Gesteins ausmachen, wie in Abbildung 12.4 zu sehen ist. An dem Aufschluss sind Sandsteine, Konglomerate, Schluff- und Tonsteine zu sehen, die als Mansfelder Schichten bezeichnet werden und in die Zeit um ca. 305 bis 300 Mio. Jahre vor heute einzuordnen sind. Es handelt sich bei dem Material um die Molasse der variskischen Gebirgsbildung. Höhere Reliefelemente wurden bevorzugt erodiert, wobei der Abtragungsschutt in Flüssen oder durch Schichtfluten transportiert wurde. Das Geröll akkumulierte anschließend in den Senken der Landschaft, in Form von Schwemmfächern oder in Seen.



Rotliegend (Perm)

Abbildung 12.7 **Geologische Übersichtskarte des Kyffhäusers**
Quelle: Raban 2007

Schwache Kornrundungen und relativ grobe Komponenten weisen auf einen kurzen Transport hin. Feinklastische Sedimente sind das Ergebnis einer langsamen Sedimentation beispielsweise in Seen (vgl. Raban 2007). Ebenso steht die Korngröße mit der Strömungsgeschwindigkeit im Zusammenhang. Dabei gilt, je höher die Strömungsgeschwindigkeit, desto grobklastischer sind die Komponenten, die sich ablagern können. Bei mäßig starken Strömungsgeschwindigkeiten von 20 cm/s bis 50 cm/s lagern sich vor allem Sandschichten ab. Schwache Strömungen mit Geschwindigkeiten von weniger als 20 cm/s transportieren lediglich Silt und Ton (vgl. Press/Sievers 2008: 121f.). Je nachdem, welche Verwitterungs- und Sedimentationsbedingungen vorgeherrscht haben, ist Material unterschiedlicher Beschaffenheit sedimentiert worden. Diese Unterschiede spiegeln sich heute in den verschiedenen Gesteinen wider, die übereinander durch den Prozess der Diagenese entstanden sind. Zum einen finden sich Sandsteine, die rot bis hellgrau erscheinen. Wie in Abbildung 12.8 zu erkennen, sind sie bodennah gebleicht und sehr stark angewittert. Man sieht sehr gut, dass einzelne Schichten vorliegen, die wiederum zu Schichtpaketen (Bänken) zusammengefasst werden können.

Auf das Schichtpaket einer Sandstein-Bank folgt ein sehr feinklastisches Material, welches durch die Oxidation mit Hämatit (einem Eisenoxid) überzogen ist. Hierbei handelt es sich um Schluff-Tonstein. Das Material ist deutlich feinkörniger. Die Korngröße beträgt etwa 0,1 mm (vgl. Raban 2007). Man kann innerhalb der Bankung dünne Schichten erkennen, die in Blättchen zerbrechen und eine weichere Textur aufweisen. Nachdem also das gröbere Material der Sandsteine abgelagert wurde, haben sich die feineren Komponenten im Rahmen eines ruhigen Ablagerungsmilieus abgesetzt. Kommt es anschließend zu einer verstärkten Akkumulation in einem energiereicheren Abflussmilieu, entsteht wiederum eine weitere Schicht gröberen Gesteins. Man kann also schlussfolgern, dass die Bankung jeweils eine Periode konstanter Akkumulationsbedingungen repräsentiert. Wie man im Aufschluss erkennen kann, hat es einen häufigen Wechsel der Ablagerungsbedingungen gegeben und es ist eine Wechsellagerung der beschriebenen Gesteine entstanden.

Abbildung 12.8 **Wechsellagerung und Bankung**
Foto und Darstellung: Tim Schmalisch

Die Exkursionsroute führt nun den Talweg wieder zurück und entsprechend Abbildung 12.6 weiter bis zum Exkursionspunkt 12.3, wo die Exkursion ihr Ende findet.

12.3 Exkursionspunkt 3: Die Kannibalenhöhle am Kosackenberg

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 45' 00" N λ = 10° 55' 00" O h = 208 m ü. NHN	Außer über den auf der Karte eingezeichneten Weg kann man den Kosackenberg auch über einen befahrbaren Weg von der Landstraße L 1172 aus erreichen.

Abbildung 12.9 **Routenabschnitt 4**
Darstellung: Tim Schmalisch (Quelle: komoot GmbH, Kartengrundlage: OSM)

Der Weg führt uns am Fuße des Kosackenberges entlang. Am Ende des Wegs, an einer Wegkreuzung, führt die Route hangaufwärts zu einem Ort, der bereits in der Jungsteinzeit vor 6.000 Jahren von Menschen aufgesucht wurde. Von 1951-1957 arbeitete der renommierte Weimarer Forscher für Ur- und Frühgeschichte, Behm-Blancke, an diesem Höhlenkomplex und auf dem darüber liegenden Plateau. Es wurden Funde aus verschiedenen Perioden der Menschheitsgeschichte gemacht (vgl. Behm-Blancke 1958: 8). Die Höhlen sind demnach nicht nur im 5. Jahrtausend v.Chr. aufgesucht worden, sondern auch im 20. bis 9. sowie im 8./7. Jahrhundert v.Chr. haben Menschen Spuren hinterlassen. Bei den Artefakten aus dem Neolithikum handelt es sich vorwiegend um Gefäße, die der späten Linien- und Stichbandkeramik sowie der frühen Rössener Kultur zuzuordnen sind (vgl. Mädel/Walter 2010). Die meisten dieser Hinterlassenschaften stammen allerdings aus der Bronze- und frühen Eisenzeit. Es hat sich dabei vorwiegend um Tonscherben gehandelt, aber auch

um Relikte ehemaliger Feuerstellen, Werkzeuge in Form eines Steinbeils und Tierknochen. Bei den erstaunlichsten Funden handelt es sich allerdings um Menschenknochen (Behm-Blancke 1958: 54-56, 69). Die Knochen wurden sorgfältig aus den Sehnen geschnitten und somit aus dem Skelettverband gelöst. Anschließend hat man die Knochen aufgebrochen, um an das Mark heranzukommen (vgl. ebd.: 123). Auch Schnitt- und Brandspuren sowie Hinweise auf eine gewaltsame Tötung konnten nachgewiesen werden. Insgesamt handelt es sich um rund 15.000 Menschenknochen, die sich 130 Individuen zuordnen lassen (vgl. Mädel/Walter 2010). Der Zustand der Knochenfunde lässt vermuten, dass es sich bei den damaligen Menschen um Kannibalen gehandelt hat.

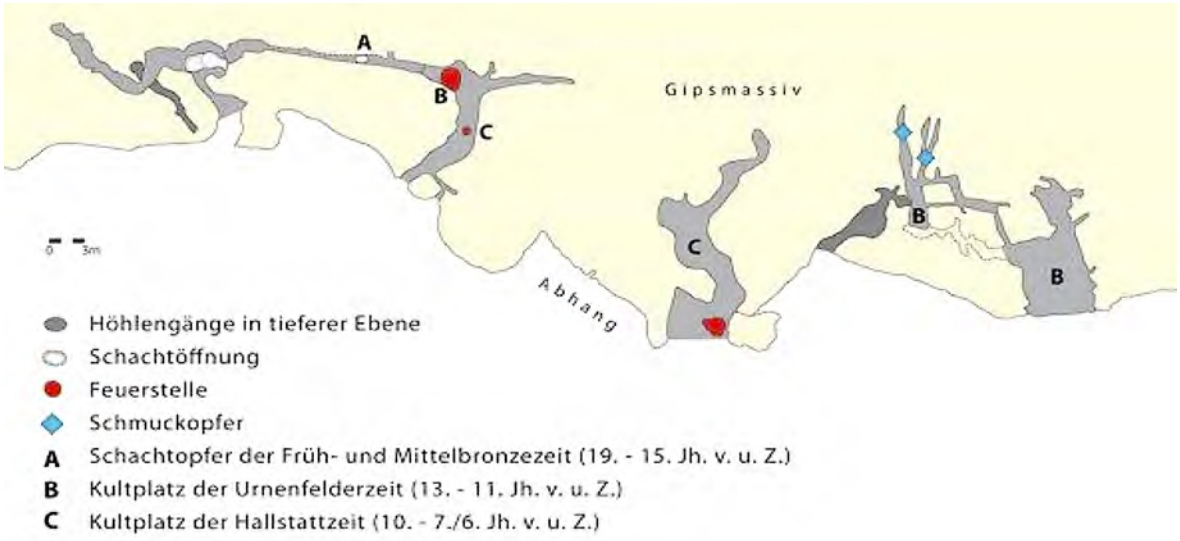


Abbildung 12.10 **Kultstätten am südlichen Kyffhäuserrand**
Quelle: Mädel/Walter 2010

Bereits 1872 wurden in Deutschland derartige Knochen gefunden und als Reste kannibalischer Praktiken erkannt. Ähnliche Funde hat es in der Schweiz, in Italien, Frankreich und am Golf von Genua gegeben. An allen Fundorten handelt es sich zumeist um Knochen von Kindern, Frauen und allgemein eher jüngeren Personen. Zunächst hat es Zweifel an der Kannibalismus-Theorie gegeben, die wohl meist mit einer religiösen Befangenheit zu begründen sind. Heute steht fest, dass bereits in der Altsteinzeit kannibalische Bräuche üblich gewesen sind (vgl. Behm-Blancke 1958: 78, 80). Es ist allerdings fragwürdig, warum Menschen geopfert und anschließend verzehrt wurden. Zunächst liegt die Vermutung nahe, dass Hungersnöte zu derartigen Handlungen geführt haben. Die Funde von Tierknochen sowie die Feststellung, dass nahezu alle Knochen als Mahlzeitenreste anzusehen sind, lässt bereits frühere Autoren zu dem Schluss kommen, dass es sich wohl auch um Kannibalismus aus reinem Genuss heraus handeln kann. Weiterhin gibt es den Zusammenhang von Kannibalismus und religiösem Ritus, aber auch Trauerrituale werden mit ihm in Verbindung gebracht. Wie Behm-Blancke anhand von Geländebegehungen feststellen konnte, haben die Kanniba-

len des Kosackenberges wohl in einer Siedlung im Tal gelebt und den Höhlenkomplex nur zu ihren kannibalischen Praktiken aufgesucht. Die Siedlung auf dem Plateau oberhalb des Höhlenkomplexes wurde wohl zu einem besonderen Zweck angelegt, da der Wassermangel eine dauerhafte Besiedlung verhinderte (vgl. Behm-Blancke 1958: 87, 90). Dass die Funde in der Region kein Einzelfall sind, zeigen die Funde der Lichtensteinhöhle bei Osterode. In der 1972 entdeckten Höhle fand man – ebenso wie am Kosackenberg – Menschenknochen, die der Bronzezeit zuzuordnen sind. Es stellt sich auch hier wieder die Frage, wie die Funde zu deuten sind. Es ist anzunehmen, dass die Lebensbedingung sowie die Glaubenswelt der damaligen Menschen übereingestimmt haben. Im Vergleich zu den Knochenfunden am Kyffhäuser konnte jedoch keine Gewalteinwirkung festgestellt werden, sodass auch eine Nutzung als Begräbnisstätte in Frage kommt. Trotz der Anwendung moderner Analysetechnik in Form von DNA-Tests konnte man noch nicht zweifellos eine Nutzungsform als Kult- oder Begräbnisstätte bestätigen (vgl. Flint et al. 2001: 62, 77, 83). Die Forschung auf diesem Gebiet ist somit noch nicht abgeschlossen und neue Verfahrenstechniken bieten immer neue Möglichkeiten, die einstigen Zusammenhänge verstehen zu können.

Verwendete Hauptquellen

Behm-Blancke, Günter (1958): *Höhlen – Heiligtümer – Kannibalen*. Leipzig: Dingsda-Verlag

Kupetz, Manfred/Brust, Michael K. (2005): *Karst und Altbergbau am Kyffhäuser*. In: Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften e.V. (DGG) (Hrsg.): Geowissenschaftliche Exkursionsführer und Mitteilungen, Nr. 225, Berlin/Hannover: DGG (auch: Duderstadt: Mecke)

Raban, Martin (2007): *GeoFeld*. Online: http://www.cms.fu-berlin.de/geo/fb/e-learning/geofeld/autoren/index.html (Abruf: 14.03.2016)

Völker, Christel/Völker, Reinhard (1997): *Gipskuppen und Gipsbuckel – Elemente der Sulfatkarstlandschaft*. In: Mitteilungen des Karstmuseums, Heft 19, Uftrungen, online: http://www.karstwanderweg.de/publika/mit_heim/19/index.htm (Abruf: 14.03.2016)

Wagenbreth, Otfried/Steiner, Walter (1989): *Geologische Streifzüge – Landschaft und Erdgeschichte zwischen Kap Arkona und Fichtelberg*. 3. Auflage, Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie

Teil IV
Exkursionen im nördlichen Vorland

13 Spuren des Pleistozäns im nördlichen Harzvorland

Mathias Pechhold

Um den Einfluss der nordischen Inlandeismassen im Harzraum nicht nur theoretisch zu behandeln, sondern im Gelände sichtbar zu machen, stellt sich die Frage, welche Spuren damaliger Prozesse heute noch sichtbar sind. Anhand der ausgesuchten Beispiele und der dazu gehörigen Theorie soll ein Verständnis für die pleistozäne Landschaftsgenese im Raum des nördlichen Harzvorlandes erzeugt werden. Hauptaugenmerk soll dabei auf der Rekonstruktion des Landschaftsbildes während der Entstehung eines Gletschertopfes im Huy liegen. Die damit verbundene Theorie soll mit Hilfe eigens erstellter Abbildungen nachvollzogen und veranschaulicht werden. Im Mittelpunkt der Ausarbeitung steht die Gegenüberstellung der Ergebnisse der Promotionen von Feldmann (2002) und Reinecke (2006) zum Untersuchungsgebiet. Die Einleitung ist grundlegend für das Verständnis relevanter Prozesse, die wiederum in Verbindung mit den Arbeiten von Feldmann (2002) und Reinecke (2006) Voraussetzung für das Entwickeln eigener Abbildungen ist. Dabei soll dies lediglich als ein Versuch gewertet werden, welcher sich über die Literaturrecherche hinaus verschiedener visueller Mittel bedient und weitere Denkanstöße geben kann.

Einführung ins Thema

Das nördliche Harzvorland

Nördlich des Mittelgebirges schließt sich das nördliche Harzvorland an, das von Feldmann als „*nach Norden abfallende, flachwellige Ebene, die von [...] Vollformen überragt wird*“ bezeichnet wird (vgl. Abbildung 13.1). Diese Vollformen erheben sich bis zu 300 m ü. NHN. Im Verhältnis zu der umgebenden Ebene, deren Geschiebelehme und Lössdecken von 50 m ü. NHN (bei Allertal) bis zu 200 m ü. NHN am Harzrand reichen, ergibt sich eine relative Höhe von bis zu 250 m (vgl. Feldmann 2002: 3). „*Es handelt sich dabei um den Elm, die Asse, den Großen Fallstein, Huy und Hackel östlich der Oker, den Oderwald, Harly, Salzgitterer Höhenzug, Hainberg, Lutterer Sattel, Hildesheimer Wald, Sackwald, Rhüdener Sattel und im Westen Hils und Ith westlich der Oker. Im Süden begleitet die Aufrichtungszone den nördlichen Harzrand. Sie hebt sich über weite Strecken auch morphologisch heraus*“ (ebd.). Von Wagenbreth und Steiner werden für das nördliche Harzvorland exemplarisch folgende drei Sattel benannt: „*Südlich [...] erheben sich drei große, weitgespannte Muschelkalkrücken, die als Breitsättel im Sinne der Salztektonik aufzufassen sind. Das sind der Hakel (240 m) [...], der Huywald (307 m) nordwestlich von Halberstadt und der Große Fallstein (288 m) [...]. Alle drei liegen hintereinander in OSO-WNW-Richtung dem nördlichen Harzrand parallel*“. „*Anders geformt sind die breiten Sättel von Hakel, Huy und Fallstein. Sie wirken auch in ihrer äußeren Gestalt (morphologisch) als breite Auswölbungen*“ (Hartmann 1971: 31).

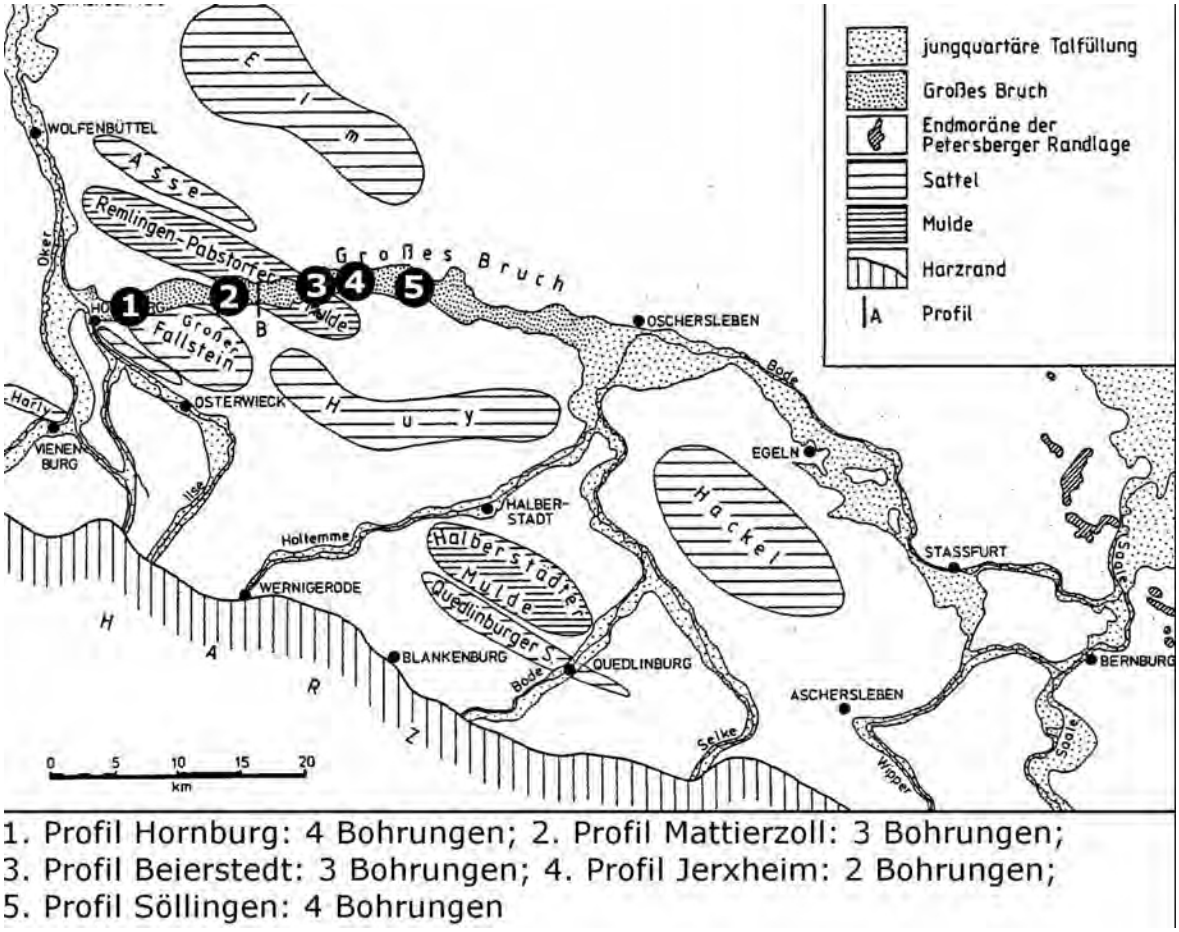


Abbildung 13.1 **Übersicht über das nördliche Harzvorland nach Feldmann (2002) und Koch (2015)**
Darstellung: Mathias Pechhold

Der Huy

Für diesen Beitrag ist das Gebiet um den Huy herauszuheben. Dieser gilt als „*langgestreckter Breitsattel mit einer Störungszone auf einem Scheitel*“ (Wagenbreth/Steiner 1985: 58). Wie in Abbildung 13.2 zu sehen, ist der Huy – je nachdem, in welchem Bereich man sich befindet – in Abhängigkeit von der Stellung der anliegenden Schichten als Schmal- oder Breitsattel zu bezeichnen. „*Im Zentrum der Scheitelzone des Huy sind die Schichten so emporgepresst, dass die Abtragung den Buntsandstein freigelegt hat. [...] Die Störungszone im Scheitel des Huy ist an seinem Ostende als Grabenbruch ausgebildet, dem in der Landschaft auch eine Senke entspricht*“ (ebd.). Durch diese geologische Formation ist das Gebiet des Huy als Abbaugebiet für den anstehenden Muschelkalk geeignet, der für die Zementindustrie von Relevanz ist.

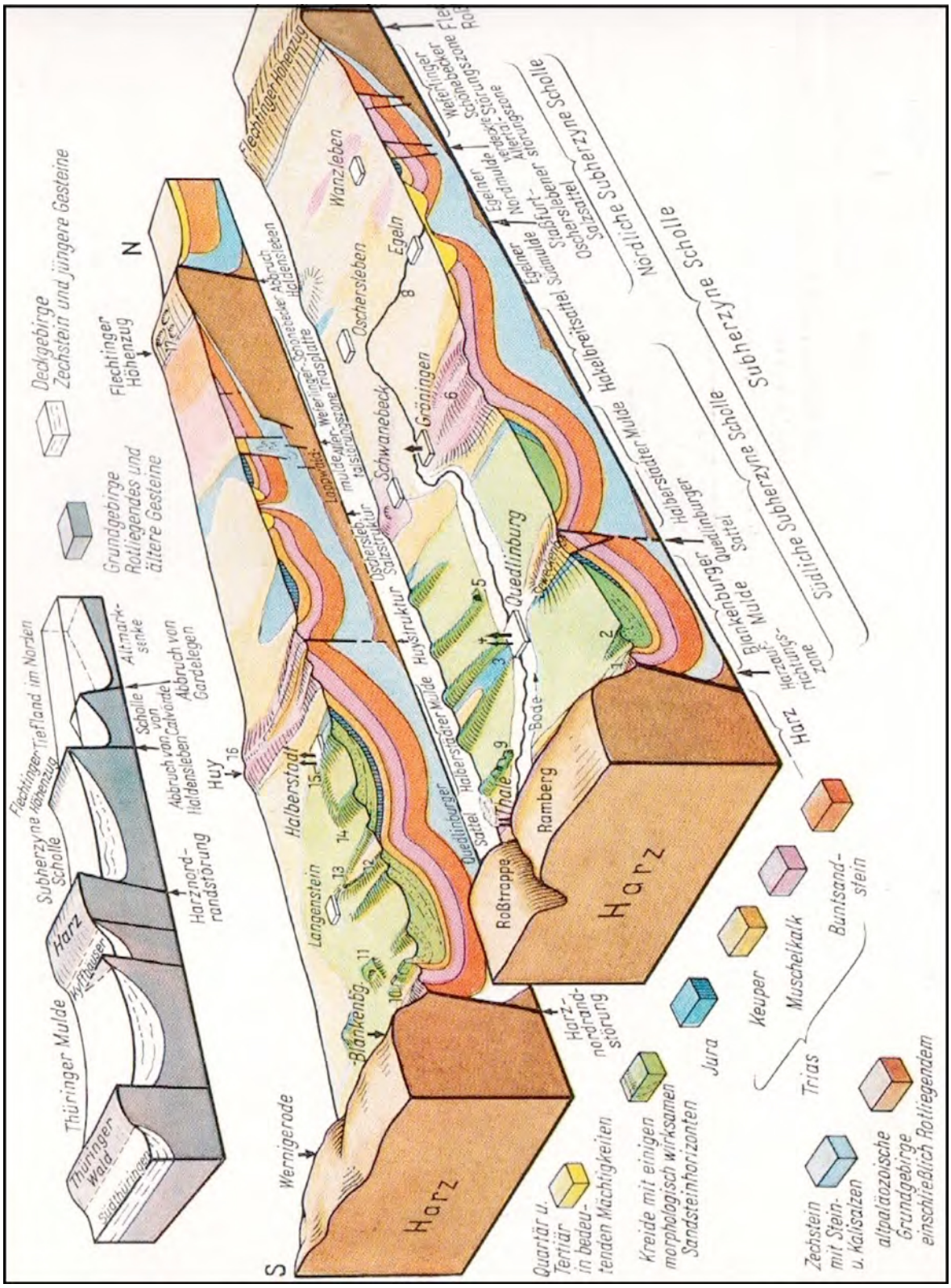


Abbildung 13.2 **Die subherzyne Scholle und ihre Einordnung in den geologischen Bau Mitteleuropas**
Quelle: Wagenbreth/Steiner 1985: 54

Geologie und Geotektonik

Grundlage für das Erscheinungsbild des nördlichen Harzvorlandes sind strukturelle Veränderungen im Deckgebirge durch salztektonische Prozesse. Fließbewegungen der Salze unterlagen in diesem Bereich verschiedenen Einflüssen und bildeten so die typischen Sattel- und Muldenstrukturen aus. Wie auf Abbildung 13.2 zu sehen ist, kommt es durch diese Aufwölbung dazu, dass ältere Gesteine an der Oberfläche anliegen (vgl. *http://www.geopark-harz.de/2-landmarken/lm14.htm*). „*Während im Huywalde die Salzschichten des oberen Zechsteins bergmännisch gewonnen werden (Gewerkschaft Wilhelmshall bei Anderbeck), sind sie am nördlichen Harzrande abgequetscht (Abb. 61), da Salz unter Druck sehr plastisch wird und bis zu großen Tiefen ausgelaugt, wie auch der Anhydrit durch Wasseraufnahme in Gips verwandelt ist. Nur wenige Salzquellen deuten noch auf die Salzlager in kaum erreichbarer Tiefe am Harzrande hin*“ (Behme 1911: 76 f.).

Wellenkalk-Folge (Jena-Formation)

Wie Abbildung 13.2 zeigt, liegt der Bereich des westlichen Huy, der zum Hauptuntersuchungsgebiet gehört, im Unteren Muschelkalk, auch *Wellenkalk* genannt. Dieser lässt sich wie folgt aufgliedern. „*Die Wellenkalk-Folge kann, ebenso wie in den Nachbargebieten, in den Unteren Wellenkalk, den Bereich der Oolithbänke, den Mittleren Wellenkalk, den Bereich der Terebratelbänke, den Oberen Wellenkalk und den Bereich der Schaumkalkbänke gegliedert werden*“ (Patzelt 2003: 21).

Das Pleistozän im Harz und seinen Vorländern

Nachdem die grundlegenden geomorphologischen sowie geologischen Verhältnisse geklärt wurden, soll der folgende Abschnitt einen Überblick über Ausmaß, Einfluss und Nachweise vergangener Vereisungsphasen geben. Zuerst muss die Frage der zeitlichen Einordnung geklärt werden. Welche Eismassen haben den Harz erreicht bzw. können für die Entstehung des Gletschertopfes im Huy ausgeschlossen werden? Die Verknüpfung der heutigen Gegebenheiten mit der Rekonstruktion der pleistozänen Oberflächengestalt soll als Grundlage für die Forschungsfrage und damit für die Erstellung eigener Abbildungen dienen. In Abbildung 13.3 (Reinecke 2006) sind die Eisrandlagen für das Untersuchungsgebiet dargestellt.

Elster-Kaltzeit

„*Die älteste Vergletscherung, die im gesamten nordeuropäischen Vereisungsgebiet flächenhaft nachgewiesen werden konnte, ist die Elster-Vereisung. Ihre Ablagerungen sind vor allem im Raum südlich von Halle weit verbreitet und gut aufgeschlossen*“ (Ehlers 1994: 171). „*Präglaziale quartäre Ablagerungen, also Sedimente, die vor der Elstervereisung abgelagert wurden, sind im Harz-*

vorland selten [...]. Ursache ist die [große] erosive Wirkung des Elstereises. Außerhalb des ehemals vergletscherten Gebiets sind entsprechende Ablagerungen häufiger. Eine Rekonstruktion der Landschaft ist deshalb nur in groben Zügen möglich. Typisch für grobklastische Sedimente aus dieser Zeit ist das vollständige Fehlen von nordischen Geröllen" (Feldmann 2002: 14). „Der Ablauf des Elsterglazials ist in dem Untersuchungsraum nahezu unbekannt. Ursache ist die weitflächige Zerstörung der Ablagerungen zur Mittelterrassenzeit und durch das Drenthe-Eis. In Ostdeutschland lassen sich zwei elsterzeitliche Vorstöße (Zwickauer und Markranstädter Phase) durch Bändertone und Grundmoränen differenzieren. [...] Zwischen beiden Eisvorstößen [...] war Norddeutschland möglicherweise eisfrei. Allgemein war der erste Eisvorstoß der weiteste und stellt damit die maximale Verbreitung der nordischen Eismassen östlich des Untersuchungsgebietes dar.

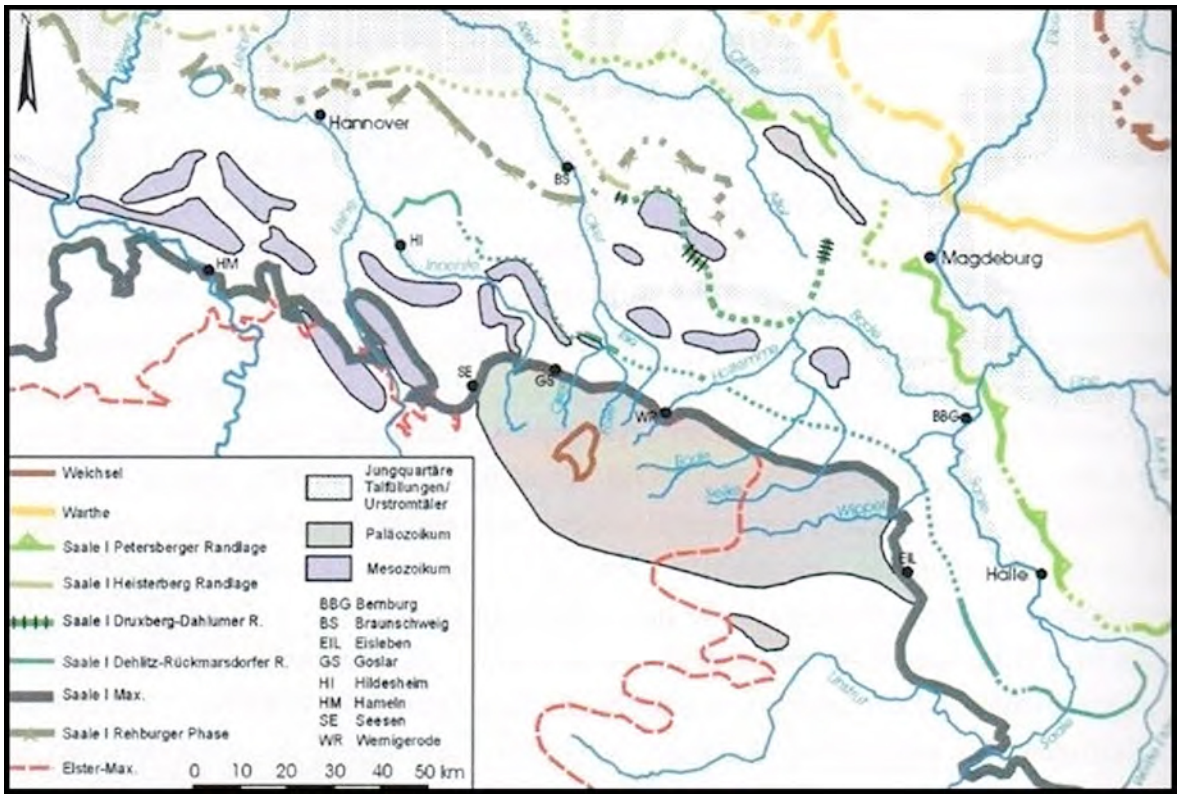


Abbildung 13.3 **Eisrandlagen zwischen Harz und Aller**
Quelle: Feldmann 1997 (zusammengestellt nach verschiedenen Autoren)

[...] Damit erreichte das Elster-Eis den Harzrand, überschritt den Ostharz und erfüllte das Becken von Nordhausen. Die Eisgrenze wird in diesem Raum durch die Feuersteinlinie nachgezeichnet. Am westlichen Harzrand [...] kommt [es] aufgrund morphologischer Untersuchungen zu einer zweifachen elsterzeitlichen Vergletscherung des westlichen Harzvorlandes, wobei zwischenzeitlich der Eisrand bis nördlich der Innerste abgeschmolzen gewesen sein soll. Das Drenthe-Eis soll den

Harzrand nicht mehr erreicht haben“ (Feldmann 2002: 19f.). Diese Erkenntnisse basierten zu großen Teilen auf Arbeiten von Lüttig aus den 1950er Jahren. In der Folge wurden einige seiner Aussagen relativiert bzw. korrigiert und weitere Untersuchungen angestellt, die nahelegen, dass der Harzrand durch die nordischen Inlandeismassen erreicht wurde. Letztendlich ist die Frage nach der elsterzeitlichen Vergletscherung des Westharzes aber nicht eindeutig zu beantworten. „*Da somit die elsterzeitliche Vergletscherung des Unterharzes nachgewiesen und die des westlichen Harzvorlandes sehr wahrscheinlich ist, ist auch für das nördliche Harzvorland eine Eisbedeckung bis an den Harzrand sehr wahrscheinlich, auch wenn ein direkter Beleg hierfür fehlt*“ (ebd.: 20). „*Das Ausmaß der Elster-Vereisung ist in manchen Gebieten noch nicht völlig geklärt*“ (Ehlers 1994: 171).

Saale-Kaltzeit bzw. drenthezeitliche Vergletscherung

„*Die Saale-Kaltzeit wird in Norddeutschland in zwei große Eisvorstoßphasen untergliedert, den Drenthe- und den Warthe-Vorstoß*“ (Ehlers 1994: 184). Für die Frage nach den Eismächtigkeiten sowie den maximalen Vorstößen bezieht sich Feldmann im Kontext der Saale-Kaltzeit bei seinen Herleitungen meist auf drenthezeitliche Erscheinungen und grenzt dadurch den Entstehungszeitraum der Gletschertöpfe im Huy dahingehend ein. „*Der Aufbau und Vorstoß des Drenthe-Eises sind relativ unbekannt. Im Gegensatz zu den anderen Vergletscherungen ist mit der Rehburger Staffel allerdings eine bedeutende Geländemarke der Vorrückzeit erhalten geblieben*“ (Feldmann 2002: 55). Diese Randlage (siehe Abbildung 13.3) wird von Feldmann als echte Randlage bezeichnet. Anhand von Warvenanalysen weist er ein Oszillieren der Eisfront von wenigen hundert Metern nach, was an einigen Stellen wahrscheinlich auch zum Überfahren der Randlage durch vereinzelte, kleinere Vorstöße geführt haben kann (vgl. ebd.: 62f.). „*Die auffälligste Stauchmoräne der Älteren Saale-Vereisung ist die Rehburger Endmoräne. Dieser Endmoränenzug, der früher als eine Rückzugsbildung der Saale-Vereisung galt (Rehburger Phase), muss heute als vom Eis überfahren angesehen werden*“ (Ehlers 1994: 185). „*Am nördlichen Harzrand sind glazigene oder glazifluviatile Ablagerungen äußerst selten. Es ist jedoch an verschiedenen Stellen gezeigt worden, daß der Saale-Gletscher wenigstens bis 300 m NN den nördlichen Gebirgsrand bedeckt hat*“ (Feldmann 2002: 68). „*Das Drenthe-Eis hat den Unterharz nachweislich nicht mehr überschritten, obwohl es am Westharzrand stellenweise die gleiche Höhe hatte wie in der Elster-Eiszeit. Die Eisoberfläche muß somit je nach Eisnachlieferung und Strömung Höhenunterschiede mehrerer 10er bis 150 m gehabt haben*“ (Feldmann 2002: 69).

Weichsel-Kaltzeit und Warthe-Stadium

„*Während in Westdeutschland die Gletscher der Weichsel-Vereisung nur einen schmalen Streifen im Ostsee-Küstengebiet bedeckten, drang das Eis in Ostdeutschland über 200 km weit landeinwärts vor*“ (Ehlers 1994: 201). Das Untersuchungsgebiet liegt jedoch etwa 400 km südlich der heutigen Küstenlinie der Ostsee. Somit kann ausgeschlossen werden, dass die Gletschertöpfe im Huy durch die Einwirkung des weichselzeitlichen Inlandeises entstanden sind. Gleiches ist für den Maximalvorstoß des Warthe-Stadiums anzunehmen. Das Inlandeis erreichte das Aller-Tal und somit auch das Untersuchungsgebiet nicht mehr (siehe Abbildung 13.3). Deshalb bedarf es an dieser Stelle keiner genaueren Beleuchtung der weichselzeitlichen Verhältnisse und deren heutiger Zeugnisse.

Maximalmächtigkeiten der Inlandeismassen

Auf folgende Werte beruft sich Feldmann bei seiner Zusammenfassung zu den Gletschermächtigkeiten des saalezeitlichen Inlandeises. Aus Gründen der Übersichtlichkeit seien an dieser Stelle nur die Daten aufgelistet, die direkt zum Erstellen der Abbildungen herangezogen wurden. Weiterhin verwendete Autoren und Methoden sowie die vollständigen Daten, auf die sich Feldmann bezieht, sind an entsprechender Stelle (Feldmann 2002: 71f.) nachzuvollziehen.

Standort	**Eismächtigkeiten**
Skandinavien östlich des Gebirgsscheitels	2.000 m
südliche Ostsee	1.000 m bis 1.500 m
bei Hamburg	350 m
bei Halle und Leipzig	200 m
bei Hannover und Braunschweig	um 200 m
in 15 km Entfernung zum Harzrand (Huy)	über 500 m
in 10 km Entfernung	über 160 m bis 180 m
am Harzrand	50 m bis 70 m

Abbildung 13.4 **Eismächtigkeiten nach Feldmann (2002)**
Tabelle: Mathias Pechhold

„*Da es sich um eine Inlandsvereisung handelte, die von Skandinavien aus bis an den Mittelgebirgsrand in Mitteleuropa die Landschaft vollkommen mit Eis bedeckte, können hier keine Geländemarken wie Schliffgrenzen oder Höhenlagen von Erratika, wie zum Beispiel bei Gebirgsvergletscherungen, genutzt werden*“ (Feldmann 2002: 71) Feldmann sieht diese Werte als teilweise zu

gering an und korrigiert diese wie folgt: Durch entsprechende Terrassenformationen leitet er für den Raum zwischen Seesen und Eckertal (beide Orte liegen grob auf Ost-West-Achse mit Huy-Neinstedt) am Ende der Eismassen eine Mächtigkeit zwischen 50 m und 70 m her. Weiterhin soll das Eis in 10 km Entfernung vom Harzrand bei Vienenburg zwischen 160 m und 180 m Mächtigkeit erreicht haben. Abschließend nimmt Feldmann für die eisrandnahen Bereiche des saalezeitlichen Eises entsprechende Werte an, die ebenfalls in Abbildung 13.4 nachzulesen sind. „*Zum anderen läßt sich die Mächtigkeit am Huy (rund 15 km nördlich der Vereisungsgrenze) abschätzen. Am Südkamm dieser langgestreckten Vollform sind 1910 beim Abbau von Kalkgesteinen des Unteren Muschelkalks zwei Gletschertöpfe freigelegt worden [...]. Einer dieser Töpfe ist heute noch erhalten und steht unter Naturschutz [...]. Die [Muschelkalk-]Felsoberfläche bei den Töpfen liegt bei 300 m ü. NN, unmittelbar östlich anschließend bei 304,3 m ü. NN bzw. im höchsten Huy-Gipfel bei 314,8 m ü. NN. Diese Höhen muß das Eis demnach erreicht haben. Südlich des Huy sind drenthezeitliche Grundmoränen-Vorkommen erhalten, die Höhen von 160 bis 200 m ü. NN erreichen. Damit muß das Eis in 15 km Entfernung vom Eisrand eine Mächtigkeit von über 115 bis 155 m gehabt haben. Wie mächtig die noch zu addierende Eisschicht über den Gletschertöpfen gewesen ist, läßt sich nicht ermitteln. Es dürften aber noch einige zehner Meter gewesen sein, so daß Eismächtigkeiten in einer Größenordnung von 150 bis 200 m realistisch erscheinen. Unklar ist allerdings das Alter der Gletschertöpfe. Sie können sowohl im Drenthe-Stadium als auch in der Elster-Eiszeit entstanden sein*“ (ebd.: 72).

Im Widerspruch dazu steht die durch Reinecke vorgenommene zeitliche Einordnung. „*Der Huy mit einer Höhe von maximal 316 m ü. NN im Bereich des Hauptkammes (mu) ragte teilweise als Nunataker aus dem drenthezeitlichen Inlandeis heraus. Drenthezeitliche glaziäre Sedimente sind am Nord-Huy bis maximal 255 m ü. NN nachgewiesen [...]. Ob das Eis den Huy im Bereich eines Passes zwischen Neinstedt und Athenstedt in einer Höhe von 260 m ü. NN während der Drenthe-Vereisung überfloss, bleibt unklar, muss aber bei einer Eisrandlage am Harzrand in rund 255 m ü. NN angenommen werden*“ (Reinecke 2006: 54f.). Wiederum konträr zu den Angaben Feldmanns und Reineckes zur Eingrenzung des Alters der Gletschertöpfe steht die Behauptung des Geoparks Harz: „*Ihre Entstehung geht auf die Saale-Kaltzeit vor mehr als 200.000 Jahren zurück*“ (online: *http://www.geopark-harz.de/2-landmarken/lm14.htm*). Diese Aussage wird jedoch nicht mit Quellen belegt und ist deshalb mit Vorsicht zu genießen.

Fließverhalten von Gletschern

In Abbildung 13.5 stellt Ehlers das Fließverhalten eines Talgletschers dar. Für ihn ist eine Mindestmächtigkeit von ca. 60 m maßgebend für eine Fließbewegung des Eises. Dabei kommt es zu internen Verformungen. Im Weiteren geht Ehlers auf die Wichtigkeit basaler Schmelzwasserströme für

die Dynamik eines Talgletschers ein. Jahreszeitliche Schwankungen bzw. länger andauernde Kälteperioden führen zu Schwankungen in der Verfügbarkeit der Schmelzwässer und somit auch zu unterschiedlichen Bewegungsraten (vgl. Ehlers 1994: 8). „*Das horizontale Fließverhalten des Gletschers [...] ist nicht ganz gleichmäßig, sondern wird durch die Massebilanz und die Gestalt des Untergrundes bestimmt*“ (ebd.). Ehlers beschreibt hier also korrekterweise eine weitestgehend horizontale Fließbewegung des Talgletschers. Diese Annahme ist jedoch nicht direkt übertragbar auf die Fragestellung nach dem Fließverhalten der Eismassen, die zur Entstehung des Gletschertopfes im Huy führten.

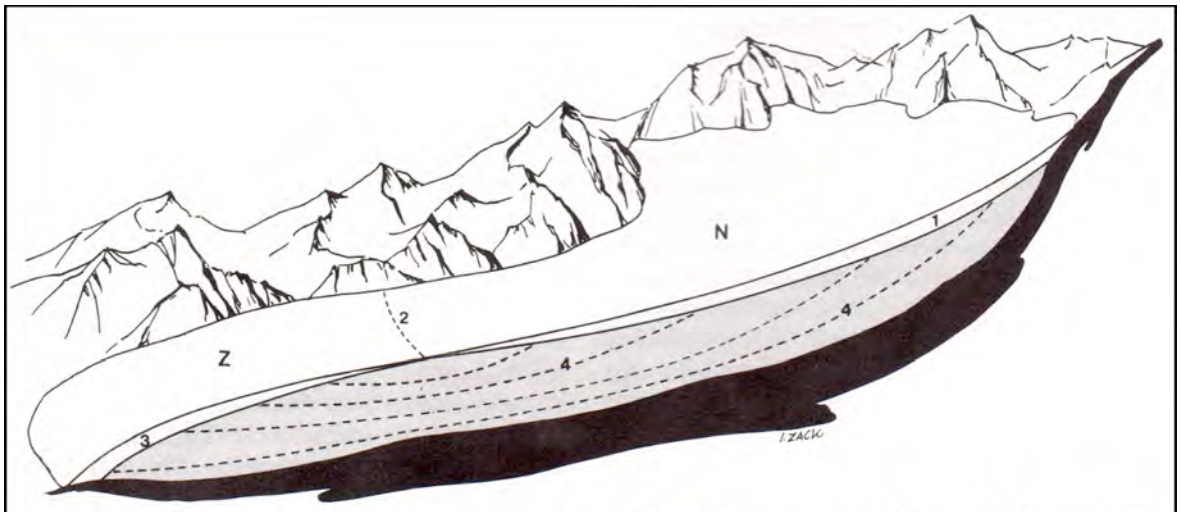


Abb. 1 Längsschnitt durch einen Talgletscher. Im oberen Teil des Eisstromes, dem Nährgebiet (N), wird in den obersten Bereichen (1) Eis gebildet, das dem Gefälle folgend ins Tal abfließt. Dabei bewegt sich das im obersten Talbereich gebildete Eis nahe der Gletschersohle (Eisflußlinien 4), da die Eismassen laminar strömen und keine Durchmischung (wie in einem turbulent fließenden Fluß) eintritt. Die Eisbildung nimmt bis zur Gleichgewichtslinie (2) kontinuierlich ab. Hangabwärts schließt sich das Zehrgebiet (Z) an. Hier nimmt das Abschmelzen kontinuierlich zu (3) (aus VAN HUSEN 1987).

Abbildung 13.5 **Längsschnitt durch einen Talgletscher**
Quelle: Ehlers 1994: 8

„*Was wir aber tatsächlich z.B. in Grönland beobachten, ist folgendes: im größten Teil des Inneren so gut wie keine horizontale Bewegung, im Randgebiet rapide Bewegungen einzelner Auslassgletscher. Während also im eigentlichen Inneren von Grönland eine horizontale Bewegung nicht festgestellt werden kann, ist andererseits eine merkliche vertikale Bewegung vorhanden. [...] An der Unterfläche des Inlandeises dagegen haben wir horizontale Bewegungen, die vom Zentrum ausgehen und in ihrer Intensität nach außen zunehmen*“ (Woldstedt 1952: 268f.). Wenn also über da Fließverhalten der nordischen Eismassen gesprochen wird, das über den Huy hinweggegangen sein muss, dann müssen diese theoretischen Fließbewegungen als Grundlage angenommen werden (siehe Abbildung 13.6). Entscheidend ist dabei die Lage des Huy unter den Eismassen. Das von Woldstedt beschriebene „*Auspressungsfließen*“ (1952: 270) führt also in den Randbereichen des Inland-

eises zu horizontalen Bewegungen mit hohen Bewegungsraten. Ähnliche Bedingungen sind für die Eismassen über dem Huy anzunehmen. „*Die Entstehung von Gletschertöpfen ist primär an das Vorhandensein von Gletscherspalten gebunden. Gletscherspalten entstehen immer dort, wo durch Hindernisse im Untergrund oder andere durch das Relief bedingte Änderungen in der Fließgeschwindigkeit des Gletschers Spannungen im Eis entstehen*“ (Schifferli-Amrein 1973: 67). Betrachtet man die Landschaft des nördlichen Harzvorlandes, sind dort diverse Sattelstrukturen wie der Huy zu finden, die als solche ein Hindernis für die aus Norden vordringenden Eismassen aufgetreten und für Spannungen im Eis verantwortlich sein könnten. Die vorhandenen Gletschertöpfe können als mögliches Indiz für durch diese Spannungen entstandene Gletscherspalten gedeutet werden.

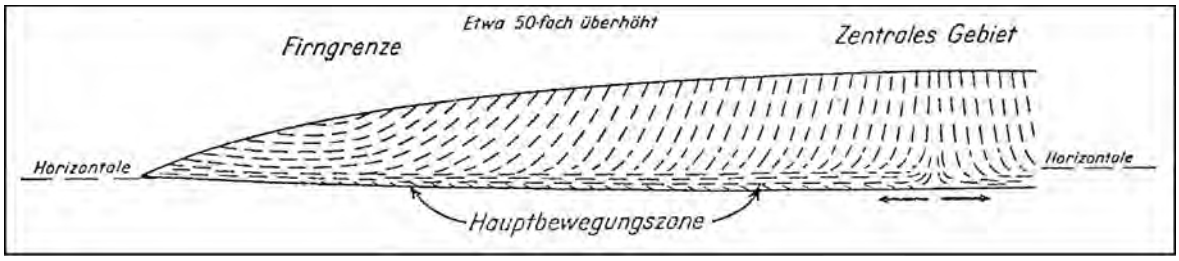


Abbildung 13.6 **Schematischer Schnitt durch das Nordeuropäische Inlandeis während der Elstervereisung, der Bewegung im Inlandeis verdeutlicht**
Quelle: Woldstedt 1952

Gletschermühlen

Die Bildung und Ausbildung ist ein komplexes Phänomen, das bis heute intensiv erforscht wird, um Prozesse zu untersuchen und Gesetzmäßigkeiten daraus abzuleiten. In diesem Fall sind die Eismassen nicht mehr vorhanden und dies könnte zu ausgedehnten Mutmaßungen führen. An dieser Stelle soll nur kurz das oft als Grundlage für Gletschertöpfe angenommene Element der Gletschermühle angesprochen werden (siehe Abbildung 13.7). „*Ein wesentlicher Teil der abwärts gerichteten Entwässerung von der Gletscheroberfläche zur Gletscherbasis erfolgt somit über Gletschermühlen, in denen das Wasser zunächst im freien Fall in die Tiefe stürzt. Gletschermühlen bilden sich in der Regel im oberen Randbereich einer Zone mit Gletscherspalten, und es kann davon ausgegangen werden, dass Risse im Eis Ausgangspunkt für Mühlenbildung sind*“ (Ehlers 2011: 75).

Zu der Form ergänzt Goudie, dass es sich bei einer „Moulin“ (Bezeichnung aus dem Englischen) um einen vertikalen, zylinderförmigen Schacht handelt, durch den entsprechend der Schwerkraft Oberflächenschmelzwässer in den Gletscher eindringen. Laut Goudie (1994: 343) messen diese Schächte zwischen 0,5 m und 1,0 m im Durchmesser und erreichen Tiefen zwischen 25 m und 30 m.

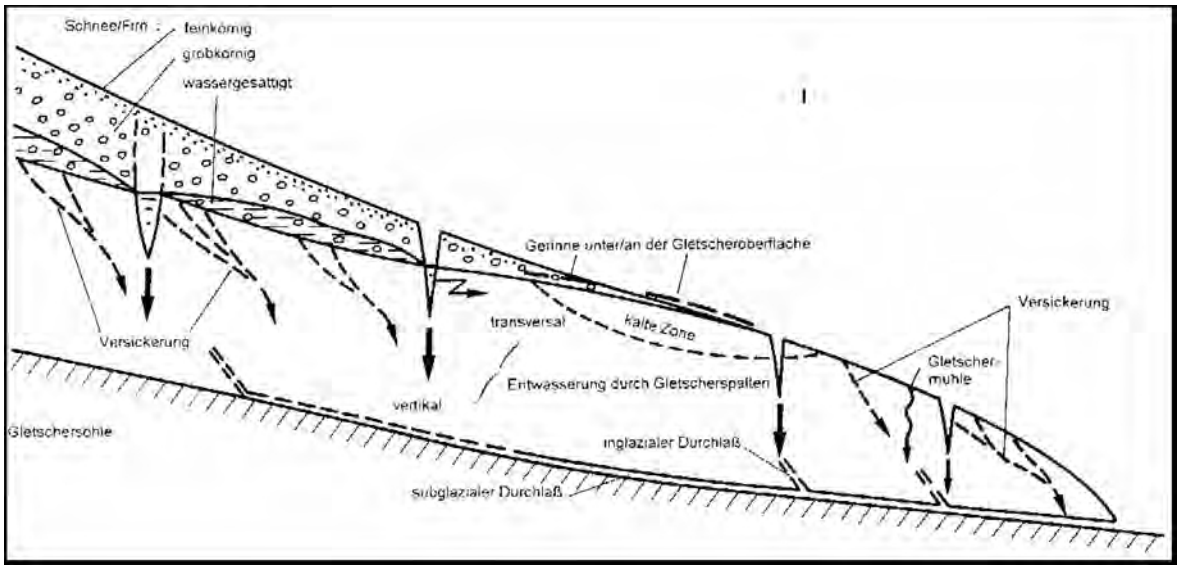


Abbildung 13.7 **Schematische Darstellung des Schmelzwasserabflusses eines Gletschers durch supraglazialen, inglazialen und subglazialen Abfluss**
Quelle: Ehlers 2011

Entstehung und Bedeutung von Gletschertöpfen

„*Zu den ersten Indizien, dass auch die europäischen Mittelgebirge einst vergletschert gewesen sein können, gehören die Riesentöpfe. Sie entstehen dort, wo Schmelzwasser von der Geländeoberfläche in einer Gletschermühle bis zur Sohle des Gletschers durchdringt und in einem Wirbel von Wasser und Geröll tiefe Löcher im Gestein erzeugt*“ (Ehlers 2011: 111). Gletschertöpfe müssen innerhalb sehr kurzer Zeit entstehen. Durch die Dynamik der Eismassen ist von wenig stationären Bedingungen auszugehen, was die Bildung solcher Hohlformen erschwert (vgl. Feldmann u. Groetzner et al. 1998: 79). Gletschertöpfe sind im Feld auf den ersten Blick oft schwer von herkömmlichen Auskolkungen durch fluviatile Prozesse zu unterscheiden. So schlussfolgerte Ortlam (1994) fälschlicherweise einen Eisrand, der sich von anderen Annahmen stark unterschied. „*Indiz hierfür sollen kleine Hohlformen im Festgestein, sogenannte 'Gipfel-Dachgletschertöpfe', [...] in 880 m ü. NN sowie erratische (nordische) Gerölle und Grundmoräne sein [...]. Die subglaziale Natur der Hohlformen ist allerdings nicht nachweisbar. Vergleichbare Formen gibt es auch in nachweislich niemals vergletscherten Gebieten [...]*“ (Feldmann 2002: 69). Feldmann ergänzt seine Verneinung der „Gipfel-Dachgletschertöpfe“ durch folgende Ansätze zur Entstehung dieser Hohlformen: „*Ebenso ist für die Hohlformen im Harz eine andere Entstehung als durch Schmelzwasser des nordischen Eises anzunehmen. Wenn es sich tatsächlich um Gletschertöpfe handeln sollte, so liegen diese innerhalb der Verbreitung der harzeigenen Vergletscherung [...]. Nach Hövermann (1978) lag über den heutigen Luisenklippe[n] mehrere zehner Meter mächtiges Eis, das sich langsam nach Norden Richtung Eckertal bewegte. Dabei bildeten die Klippen subglaziale Härtlinge, in de-*

nen sich entsprechende Gletschertöpfe hätten bilden können. Aber auch subaerische Entstehung ist nicht auszuschließen. So kann es sich um ein normales Kolkloch handeln, um außergewöhnliche Wollsackstrukturen oder um Lösungsformen infolge lokal verstärkter chemischer Verwitterung" (Feldmann 2002: 69). „*Die Lage der [...] Gletschertöpfe ist bezeichnenderweise ausnahmslos an Stellen gebunden, wo ein fließendes Gewässer ohne Benützung des Gletschers kaum hingelangen konnte. Diese Lagebezeichnung ist oft das einzige Merkmal, um die Gletschertöpfe von normalen Flusskolken zu unterscheiden*" (Schifferli-Amrein 1973: 67). „*Dennoch ist Vorsicht angebracht: Vergleichbare Formen können auch im Bereich von Wasserfällen oder sogar an einer felsigen Küste entstehen, wenn entsprechendes Geröll zur Verfügung steht, das den Prozess der Mühlenbildung in Gang setzt*" (Ehlers 2011: 111).

13.1 Exkursionspunkt 1: Gletschertöpfe im Huy

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 57' 26" N λ = 10° 54' 50" O h = 300 m ü. NHN	Folgt man der L 84 südlich von Huy-Neinstedt, dann gelangt man nach knapp einem Kilometer zu einer Parkbucht, in deren Nähe sich ein Hinweisschild für die als Geotop ausgewiesenen Gletschertöpfe befindet.

Von dort führt ein Waldweg zum ehemaligen Steinbruch am Hardelsberg, in dem die Gletschertöpfe 1910 während der Abbauarbeiten des anliegenden Wellenkalks freigelegt wurden. Zum Schutz vor Verwitterung der Kalkgesteine wurden Sicherungsmaßnahmen getroffen, weshalb der größere der beiden Töpfe heute unter einer Holzüberdachung zu finden ist (siehe Abbildung 13.8). Für interessierte Besucher wurden vor Ort Schautafeln installiert, die auf Entstehung und Bedeutung dieser zylindrischen Hohlform hinweisen. „*Die zylindrisch geformten Kessel enthielten Schutt und rundgeschliffene, charakteristische Steine*" (online: *http://www.braunschweig-touren.de*). Genauer handelt es sich hierbei um „*nordisch und einheimisch-mesozoisch[e] Gerölle*" sowie Schluff, Sand und Kies (vgl. Feldmann/Groetzner 1998: 79). Dieses gerundete Material wurde entnommen und in die Zaunpfeiler rund um den großen Gletschertopf eingemauert (siehe Abbildung 13.8). Die Gletschertöpfe gelten als Indiz für die Anwesenheit der skandinavischen Inlandseismassen und haben deshalb als Geotop überregionale Bedeutung.

„*Die Kolke, die durch ortsständige Strudel am Grund von Gletscherspalten entstanden, haben sich da, wo sie in gebankte und relativ kompakte Schichten eingetieft sind, gut erhalten. Frühere Aufschlussverhältnisse ließen erkennen, dass die Gletschertöpfe in den Grund einer 18 m breiten und 6 m tiefen, mit Glacialschutt gefüllten Schlucht eingetieft waren (Mueller 1958)*" (Patzelt 2003: 113). Auf Abbildung 13.9 ist zu erkennen, dass große Teile des Gletschertopfes bereits abgetragen

wurden, sodass heute noch ca. 2,5 m [vertikal] erhalten sind. Es scheint logisch, dass dieser Topf seinen Anfang an der ursprünglichen Geländekante nahm. Aus den Angaben von Feldmann (2002: 72) lässt sich eine maximale Tiefe von rund 15 m herleiten. Der Durchmesser wird auf durchgängig etwa 2 m geschätzt.

Abbildung 13.8 **Überdachter Gletschertopf im Steinbruch am Hardelsberg im westlichen Huy**
Foto: Mathias Pechhold

Nur wenige Meter entfernt vom großen, durch das Holzdach geschützten Gletschertopf, befindet sich eine zweite, wesentlich unauffälligere Hohlform im Boden, die ebenfalls als gletschertopfartiger Kolk identifiziert werden kann. Dieser ist nur wenige Zentimeter tief und einige Dezimeter breit und deshalb nur schwer als Gletschertopfbasis zu erkennen. Der ursprüngliche Topf wurde hier bis knapp über seine Basis abgetragen und wird seinen Beginn vermutlich ebenfalls an der ursprünglichen Geländeoberfläche gehabt haben. Die Basis beider Gletschertöpfe unterscheidet sich in der relativen Höhe um etwa 3 m, wodurch dieser zweite Topf wahrscheinlich um die 12 m tief und entsprechend der heutigen Überreste wesentlich kleiner im Durchmesser gewesen sein muss.

Abbildung 13.9 **Erhaltungsmaßnahmen an den Überresten des durch Tagebauarbeiten abgetragenen Gletschertopfes**
Foto: Mathias Pechhold

13.2 Exkursionspunkt 2: Kameterrassen bei Sargstedt (Huy)

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 56' 43" N λ = 10° 59' 06" O h = 240 m ü. NHN	Nördlich der Gemeinde Sargstedt ist ein Aufschluss zu finden, an dem die Kameterrassenstrukturen gut zu erkennen sind.

Entstehung von Kames

„*Kames sind im Eis oder am Eisrand aufgeschüttete Oberflächenformen aus Schmelzwassersedimenten, bei deren Entstehung das Eis nur eine passive Rolle gespielt hat. [...] Wo es z.B. Schmelzwasser durch eine Gletschermühle in die Tiefe stürzt, kommt es an der Gletschersohle zu Akkumulation*“ (Ehlers 2011: 125). Ehlers spricht von weiteren Entstehungsmöglichkeiten wie: „*[...] Seen, Teiche, aufwärtsgerichtete Tunnelstrecken oder Gesteinsschuttreiche Bänder von Eis [...]*“ (ebd.). Als wichtigste Voraussetzung für das Entstehen von Kames ist laut Ehlers (2011: 125f.) das Abschmelzen von Eismassen, bei dem große Mengen an Sediment freigesetzt werden.

Entstehung von Kameterrassen

„*Als Kameterassen werden Ablagerungen bezeichnet, die im Zwischenraum zwischen dem Gletscher und dem benachbarten Talhang entstanden sind. [...] Die meisten Kameterrassen sind glaziofluvial entstanden; glaziolakustrine Formen kommen vor, wenn zum Beispiel in dem Tal ein Eisstausee ausgebildet war. Kameterrassen kommen in erster Linie am Rande von Talgletschern vor, untergeordnet auch am Rande von größeren Eismassen*“ (Ehlers 2011: 130f.).

Eisrandstauseen

„*Durch das vorrückende Inlandeis der großen Vereisungen wurde der Abfluss zahlreicher Flüsse blockiert, so dass vor dem Eisrand ausgedehnte Stauseen entstanden. [...] Von den Schmelzwasserflüssen wurden erhebliche Sedimentmengen in die Eisstauseen transportiert. [...] Die Stillwassersedimente im Beckeninneren weisen häufig eine rhythmische Feinschichtung auf. Man spricht in diesem Fall von Bändertonen oder -schluffen (Rhythmiten). Oft handelt es sich bei diesen Schichten um Jahresschichten, sogenannte* Warven“ (Ehlers 1994: 83).

„*Beim Vorstoß des Eises und bei der maximalen Ausdehnung sind an verschiedenen Stellen Eisstauseen entstanden, deren Sedimente in Form von Beckenschluffen erhalten geblieben sind. Pilger (1991: 17, 147-150) gibt eine Übersicht über sieben Stellen am nördlichen und westlichen Harzrand, wo solche Sedimente erhalten sind. [...] Zu den Stauseen, die bei der maximalen Gletscherausdehnung unmittelbar am Harzrand gebildet wurden, gehört der [...] See südlich von Seesen am westlichen Harzrand. Von diesem Stausee sind über 4 m mächtige Beckenschluffe und -tone erhalten, die sich teilweise mit Mittelterrassenkiesen verzahnen. Sie grenzen im Norden an einen flachen Moränenwall, [...]. Die Verzahnung mit Mittelterrassen-Kies belegt eine fluviatile Aufschüttung bis zur maximalen Eisausdehnung*“ (Feldmann 2002: 63).

Kameterrasse bei Sargstedt (Huy)

„*Am Südhang des Huy befinden sich zwei Ketten aus perlschnuratig aufgereihten, sich morphologisch stark von der flach geneigten Umgebung absetzenden Vollformen [...]. Es handelt sich bei diesen glazifluvialen Ablagerungen um Kameterrassenreste und Oser*“ (Reinecke 2006: 57). Bei diesen Vollformen handelt es sich um bis zu 25 m hohe Erhebungen, die aus nordischem Geschiebe und dem am Hauptkamm des Huy anstehenden Muschelkalk bestehen. An den Südhängen der Vollformen ist die innere Struktur durch Rutschung gekennzeichnet. Zu diesen Rutschungen kommt es, wenn das Eis, gegen das sich solche glazifluvialen Ablagerungen aufstellen, abschmilzt und als Widerlager verschwindet (siehe Abbildung 13.11). Es handelt sich also um eine Kameterrasse, die zwischen anstehendem Eis auf der Südseite und dem nach Norden ansteigenden Huy ge-

bildet wurde (vgl. Reinecke 2006: 57). Durch die Analyse der Kameterrassen erlangt Reinecke wichtige Erkenntnisse zur Landschaftsgenese während der Drenthe-Kaltzeit und damit zum Entstehungszeitraum der Gletschertöpfe im Huy. „*Die Kameterrasse am Südhang des Huy markiert eine Randlage des saalezeitlichen Inlandseises, die nicht überfahren wurde. Damit markiert sie die maximale drenthezeitliche Eisausdehnung am Huy. [...] An der Nordseite brandete das Inlandeis empor und erreichte hier mindestens 255 m ü. NN und schob sich vermutlich als schmale Zunge durch den Pass zwischen Huy und Neinstedt*“ (Reinecke 2006: 58). Durch die Kameterrassen gekennzeichnet hat das Eis südlich des Huy weitere 10 km zurückgelegt, wo es seine Randlage in Form der glazifluvialen Ablagerungen ausbildete. Weiter westlich auf der Höhe zwischen Fallstein und Huy drang das Eis weitere 5 km bis an den Harzrand vor, wo es seine maximale drenthezeitliche Ausdehnung erreichte (vgl. Reinecke 2006: 58).

13.3 Exkursionspunkt 3: Großes Bruch

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 52° 02' 07" N λ = 11° 06' 54" O h = 478 m ü. NHN	Am besten ist das *Große Bruch* von Oschersleben oder Hornburg zu erlaufen. Es beschreibt für einige Kilometer die Grenze zwischen Niedersachen und Sachsen-Anhalt und ist zudem von den Bundesstraßen B 79, B 244 und B 245 erreichbar.

Wie in Abbildung 13.1 zu erkennen, befindet sich etwa 14 km nördlich des Huy das Große Bruch. Bei einer durchschnittlichen Breite von 1 km bis 2 km erstreckt es sich von West nach Ost über etwa 65 km. Es handelt sich hierbei um eine Talniederung, deren Entstehung bis heute noch nicht abschließend geklärt werden konnte und deshalb aktuell immer noch Forschungsgegenstand der Reliefrekonstruktion während des Pleistozäns ist (vgl. Feldmann/Groetzner 1998: 81f.). Im Westen wird das Große Bruch von der Oker und im Osten durch das Bodetal begrenzt. Aufgrund seiner geringen Neigung wird das Tal zu großen Teilen künstlich Richtung Osten in die Bode, teilweise auch nach Westen über die Ilse in die Oker, entwässert (vgl. Koch 2015: 93). Koch stellt in seiner Arbeit zu geologischen Kartierbohrungen im Großen Bruch zwei Interpretationsansätze gegenüber. „*Das Große Bruch ist eine markante Nord-West gerichtete Rinne bzw. Talung im nördlichen Harzvorland, die von FELDMANN et al. (2001) als z.T. subglaziäre Abflussrinne der Drenthe-Vereisung und von WOLDSTEDT (1950) als 'Oscherslebener Urstromtal' gedeutet wird*“ (Koch 2015: 93). Die von Koch besprochenen 16 Drillbohrungen (siehe Abbildung 13.1) wurden im Rahmen einer Bohrkampagne durch das LBEG durchgeführt und sollten Erkenntnisse über die Füllung der Rinne und die entsprechende Landschaftsgenese bringen. Dabei bezieht er sich auf eine durch Feldmann getroffene zeitliche Einordnung der Rinne. „*Die Große Bruch-Rinne ist jünger als benachbarte Mit-*

telterrassensedimente und wird daher der Drenthe-Kaltzeit zugeordnet (FELDMANN et al. 2001, FELDMANN 2002)“ (ebd.). Auf die genauen Schichtfolgen der einzelnen Bohrungen soll hier nicht eingegangen werden. Interessant für die Frage nach der Landschaftsgenese und die zeitliche Einordnung der Rinnenstruktur sei an dieser Stelle zunächst das Fazit, welches Koch aus den Bohrungen zieht. „*Die Entstehung der Rinne ist bisher noch nicht zweifelsfrei geklärt (FELDMANN 2002). Die Daten aus der LBEG-Bohrkampagne konnten hierzu bisher keine neuen Erkenntnisse liefern. Wegen der nicht übereinstimmenden Richtung [...] scheint ein Zusammenhang mit den Salzstrukturen im Untergrund unwahrscheinlich. Daher wird von einer rein erosiven Entstehung des Großen Bruchs ausgegangen. Wegen mehrerer Übertiefungen gehen FELDMANN et al. (2001) von einer, zumindest teilweise, subglazialen Entstehung des Großen Bruchs aus. In älteren Arbeiten [...] wird die Rinne als Urstromtal gedeutet*“ (vgl. Koch 2015: 94f.).

Zusammenführung der Ergebnisse

Der erste Profilschnitt wurde so angelegt, damit die von Woldstedt (1952) beschriebene Theorie zu den Fließbewegungen konkret auf den Untersuchungsraum angewendet wird. Diese Übertragung ist grundlegend für das Verständnis der Dynamiken innerhalb der Eismasse, die zur Bildung einer Gletschermühle über dem Huy geführt haben könnten. Nach Woldstedts Modell ist für den Bereich des Huy eine horizontale Bewegung des Eises mit einer hohen Dynamik anzunehmen (siehe Abbildung 13.10). Der Huy liegt orthogonal zur Ausbreitungsrichtung des Inlandeises und könnte die

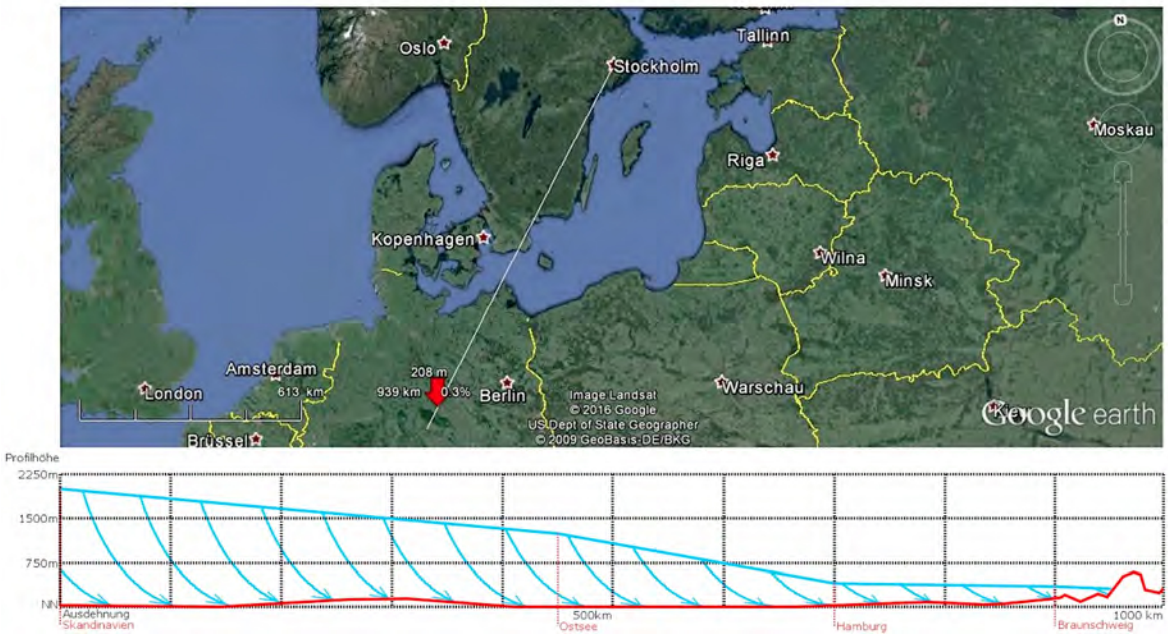


Abbildung 13.10 **Profilschnitt von Südskandinavien bis zum Südlichen Harzvorland**
Andeutung der Fließbewegungen der skandinavischen Inlandeismassen in Anlehnung an Woldstedt (1952)
Darstellung: Mathias Pechhold (Kartengrundlage: Google Earth)

Fließbewegung gestört haben, was das Entstehen von Gletscherspalten bzw. Gletschermühlen in Frage kommen lässt.

Bei näherer Betrachtung lässt sich beim zweiten Profilschnitt die Lage einer potenziellen Gletschermühle in Relation zu den Vereisungen nahe in und um den Harz darstellen. Zudem ist die nachgewiesene Ausbreitung der Eismassen im südlichen Harzvorland angedeutet (siehe Abbildung 13.11).

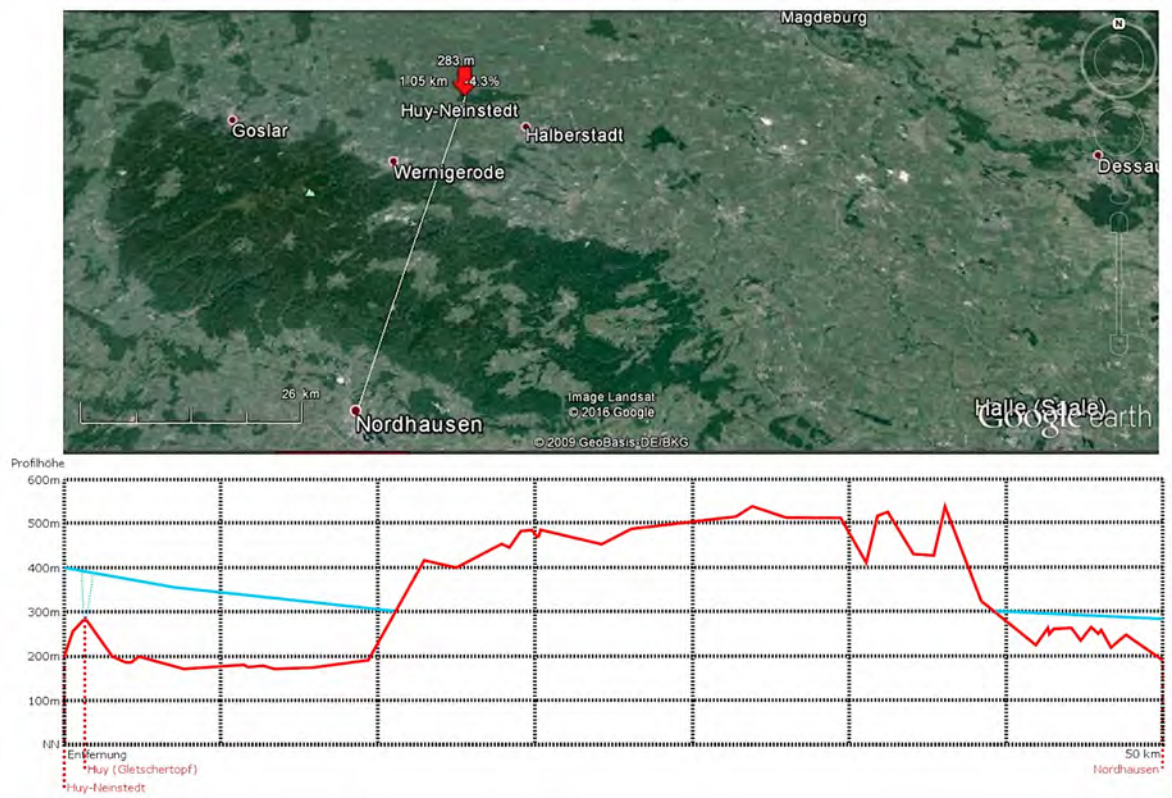


Abbildung 13.11 **Profilschnitt von der Nordseite des Huy bis in das südliche Harzvorland**
Angedeutete Lage einer potenziellen Gletschermühle, die zur Bildung des Gletschertopfes im Huy geführt haben könnte
Darstellung: Mathias Pechhold (Kartengrundlage: Google Earth)

Der dritte Profilschnitt überquert lediglich den Huy an seiner westlichen Flanke, wo er direkt durch den ehemaligen Steinbruch am Hardelsberg und den größeren der beiden Gletschertöpfe geht. Im Höhenprofil dargestellt ist der als abgetragene Hohlform erkennbare Steinbruch, sowie die Verortung der Gletschertöpfe entsprechend an der Südseite der Grube. Geht man vom Entstehen der Gletschertöpfe durch eine Gletschermühle und entsprechende Eismassen aus, dann sei mit Abbildung 13.12 genauer verortet.

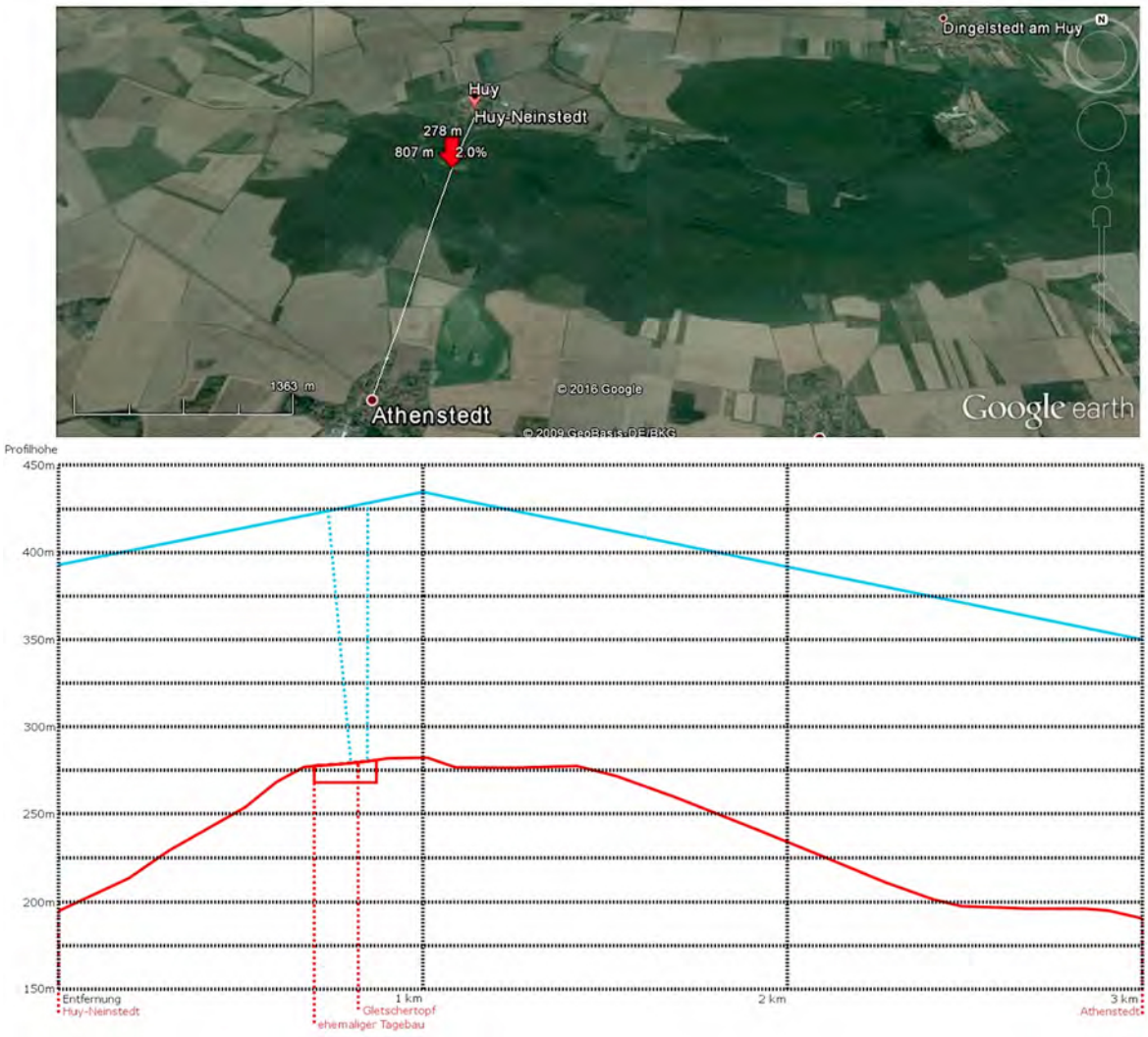


Abbildung 13.12 **Profilschnitt über den West-Huy mit erkennbarem Verlauf durch den ehemaligen Tagebau am Hardelsbruch**
Andeutung der vermutlichen Lage einer Gletschermühle in Kontakt mit der ursprünglichen Geländeoberfläche
Darstellung: Mathias Pechhold (Kartengrundlage: Google Earth)

Bisher werden die Gletschertöpfe in den diskutierten Arbeiten von Feldmann und Reinecke als Indiz für eine mehrere Dezimeter mächtige Eisdecke gedeutet, deren Entstehung auf eine bzw. mehrere Gletschermühlen mit vertikalen Wassermassenbewegungen zurückgeführt wird. Jedoch lässt sich bei Betrachtung der morphologischen Verhältnisse die Frage nach einer Entstehung der Auskolkungen durch horizontale Fließbewegungen stellen. Der vierte Profilschnitt wurde in der Flucht der beiden Gletschertöpfe gelegt, was der Exposition der den Huy Richtung WNW verlassenden Tiefenlinie entspricht. Deutet man diese als Abflussrinne glazialer Schmelzwässer, so kommt eine angesprochene horizontale Auskolkung als Ursache für die Gletschertöpfe infrage. In Abbildung 13.13 ist zu der Gletschermühle eine subglaziale Abflussbahn angedeutet, welche sich entlang des Gefälles der Tiefenlinie bewegt haben könnte.

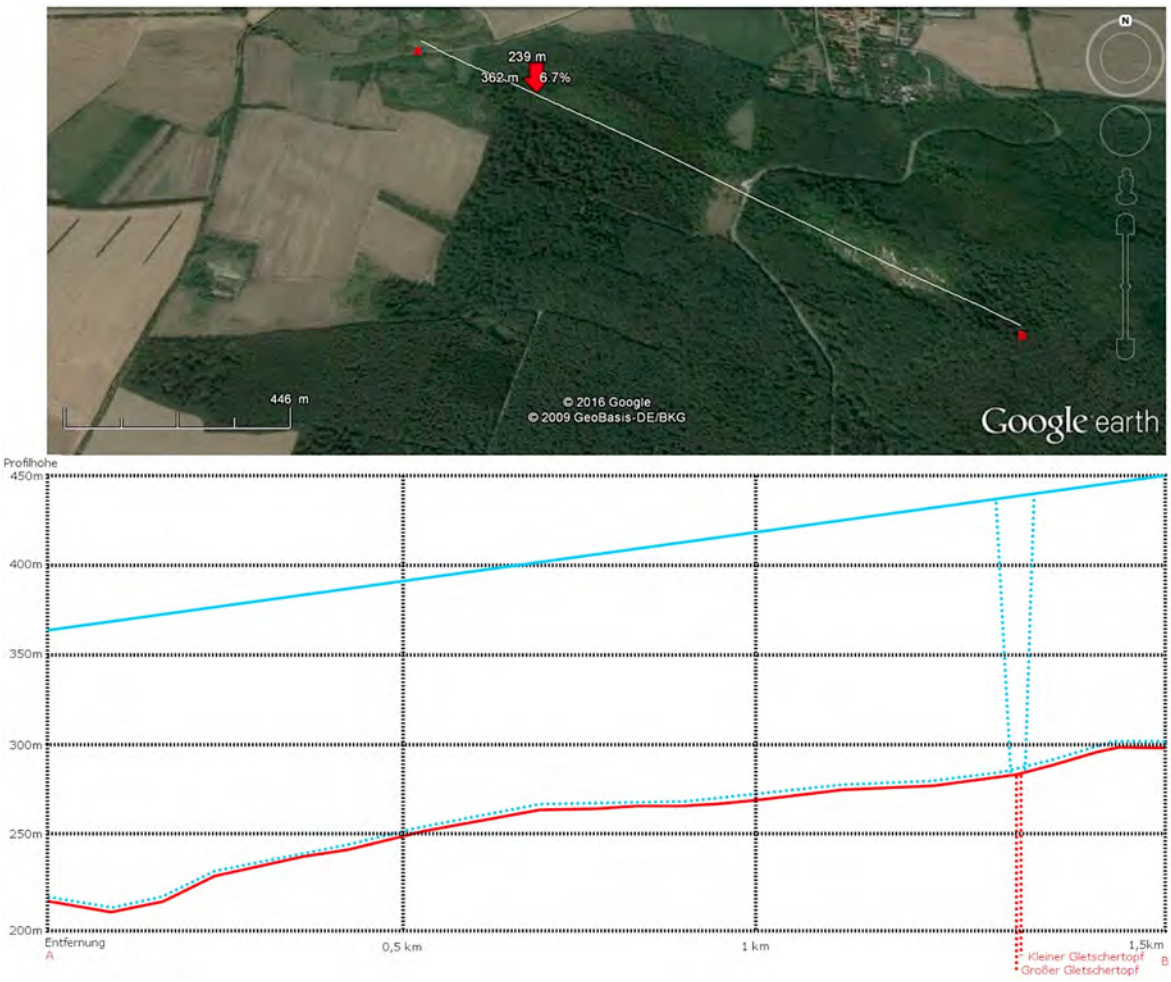


Abbildung 13.13 **Profilschnitt durch den ehemaligen Tagebau am Hardelsbruch und die beiden dort befindlichen Gletschertöpfe**
Erkennbar ist die Position beider Töpfe, die entlang gleichermaßen exponierten Tiefenlinie
Darstellung: Mathias Pechhold (Kartengrundlage: Google Earth)

Verwendete Hauptquellen

Feldmann, Ludger (2002): *Das Quartär zwischen Harz und Allertal – mit einem Beitrag zur Landschaftsgeschichte im Tertiär*. Clausthal-Zellerfeld: Clausthaler Geowissenschaften, Band 1. S. 1-131

Reinecke, Volker (2006): *Untersuchungen zur jungpleistozänen Reliefentwicklung und Morphodynamik im nördlichen Harzvorland*. Aachen: Geographisches Institut der RWTH Aachen, Selbstverlag. S. 21-58

14 Moore und Braunkohle in der Harzregion

Claudia Jözwiak

Moore sind einzigartige und faszinierende Ökosysteme, die eine ursprüngliche, wilde Natur verkörpern. Sie unterscheiden sich grundlegend von anderen Ökosystemen und bieten in ihrer Ursprünglichkeit einen Lebensraum für hochspezialisierte und angepasste Tier- und Pflanzenarten. Moore nehmen eine wichtige Funktion für den Landschaftshaushalt ein und sind gleichzeitig stark gefährdete Landschaftstypen. Ich habe ich mich für dieses Thema entschieden, um eben diese Vielfältigkeit und Einzigartigkeit der Moore aufzuzeigen. Im Rahmen dieses Exkursionsführers gibt es einen weiteren Moorbericht mit dem Schwerpunkt Renaturierung. Ich hingegen möchte die Besonderheiten der Moorentwicklung und -zusammensetzung und deren typische Vegetation herausarbeiten. Dazu werde ich das Goethemoor im Hochharz und das Niederkalkmoor im Helsunger Bruch vorstellen. Im letzten Abschnitt meines Berichtes werde ich auf die Inkohlungsprozesse eingehen, die im Wienroder Becken am nördlichen Harzrand zur Entstehung von Braunkohle geführt haben.

Einführung ins Thema

Die Landschaft des Hochharzes, ein Gebiet von rund 116 km², wird von großflächigen waldfreien Hochmooren, kleineren Niedermooren und ausgedehnten Fichten-Moorwäldern geprägt. Es gibt hier 54 offene Vermoorungen, die einen Anteil von rund 500 ha einnehmen. Hinzu kommt allein im Niedersächsischen Westharz eine beachtliche Fläche von 937 ha vermoorten Fichtenwäldern. Die Moore im Harz sind fast ausschließlich Hangmoore, da sie sich auf geneigtem Untergrund befinden. Nur ein kleiner Teil der Moore ist auf ebenem oder fast ebenem Untergrund entstanden. (vgl. Beug 1999: 8, 91)

Das Moorwachstum begann unmittelbar nach der letzten Eiszeit vor rund 10.000 Jahren. Während der jüngsten, sogenannten weichselzeitlichen Vereisung lag eine isolierte Eiskappe mit einer Mächtigkeit des Eiskörpers von bis zu 200 m im Hochharz, u.a. waren Rehberg, Sonnenberg, Wurmberg und Königsberg am Brocken vergletschert. Im Weichsel-Spätglazial löste sich der Gletscher vermutlich ganz auf und ließ auf dem fast undurchlässigen Granituntergrund mit vielen Senken und Klüften und aufgrund der feuchtkühlen Bedingungen vernässte Bereiche entstehen (vgl. ebd.: 18). Es konnte sich über einen langen Zeitraum mehr Wasser in den Senken und Klüften ansammeln, als durch Verdunstung und Abfluss verlorenging. Dies ist die erste wichtige Voraussetzung für eine Moorbildung. Durch das anaerobe Milieu werden nun abgestorbene Pflanzen nicht bzw. nur teilweise durch Pilze und Mikroorganismen zersetzt. Diese Pflanzenreste lagern sich schichtweise auf dem Granituntergrund ab und es entstehen sedentäre Sedimente, kurzum Torf (vgl. Luthardt/Zeitz

2014: 13). Moore haben daher eine positive Stoffbilanz, d.h. es werden mehr organische Substanzen gebildet als zersetzt. Mit dieser selbstwachsenden Kraft und der positiven Stoffbilanz unterscheiden sich Moore von allen anderen Ökosystemen auf der Erde und sind damit einzigartig (vgl. Succow 1986: 20f.). Die Frage, wann man im bodenkundlichen Sinn von einem Moor spricht, ist einfach zu beantworten: Es müssen Torfmächtigkeiten von mehr als 3 dm erreicht werden. Die abgelagerten organischen und anorganischen Substrate sind sehr porös und saisonale Wasserstandsschwankungen bedingen ein Schrumpfen und Quellen. Daraus resultieren Schwankungen in den Höhen der Mooroberflächen, was als Oszillation bezeichnet wird (vgl. Luthardt/Zeitz 2014: 13f.). Durch die Unterbrechung des Kohlenstoff- und Stickstoffkreislaufes stellen Torflagen gewaltige Kohlenstoff- und Stickstoffvorräte dar und sind somit sehr kostbar. Wachsende Moore haben zudem eine ganz außerordentliche Eigenschaft: Sie haben ein unglaubliches Festhaltevermögen für Wasser aufgrund der fossilisierten pflanzlichen Strukturen und können bis zu 95 % aus Wasser bestehen (vgl. Succow 1986: 21). Dies hat für den Landschaftswasserhaushalt des Harzes eine wichtige ökologische Bedeutung, denn Moore stellen natürliche Wasserspeicher, Hochwasserretentionsräume und Grundwasserernährungsgebiete dar. Die Hochmoore im Harz fangen beispielsweise große Niederschlagsmengen ab und verhindern so Sturzflüsse aus den höheren Gebirgslagen. Das Wasser wird von den Mooren nach und nach abgegeben und formiert sich zu Bachläufen, wie z.B. zum Königsbach und der Ilse. Eine weitere wichtige Funktion für die Umgebung von Mooren ist der Oaseneffekt. Treten Hitzeperioden auf, so haben Moore eine sehr hohe Verdunstungsrate. Wasser wird dann ganz langsam in Form von Wasserdampf an die Umgebung abgegeben, was einen erheblichen Kühlungseffekt bewirkt. Dadurch wird der Stress für die nähere Umgebung in der Trockenzeit abgemindert. Somit erschaffen Moore ihr eigenes Mikroklima. Sie können zudem in tieferen Schichten sogenannte Wasserkissen bilden, die in Trockenzeiten einen Wasservorrat darstellen (vgl. Luthardt/Zeitz 2014: 15).

Der Hochharz ist im Vergleich zum Umland mit einem jährlichen mittleren Niederschlag von rund 1.500 mm ein Niederschlags-Überschussgebiet und liefert damit ideale Wachstumsbedingungen für Moore (vgl. Glässer 1994: 243). Die Höhe der Niederschläge im Harz zeigt eine deutliche Abhängigkeit vom Relief und von der Hauptwindrichtung Südwest bis West. Die mittlere jährliche Niederschlagssumme nimmt infolge dessen von Westen nach Osten ab (vgl. Baumann 2009: 8). Daher ist es auch nicht verwunderlich, dass sich die Moore hauptsächlich an der Regenseite des Harzes, also westlich des Brockens und in höheren Lagen gebildet haben. Im Harz entstanden vor allem durch die Ansiedlung von Torfmoosen, die das Wasser wie ein Schwamm aufsaugen, bis über 7 m mächtige Moorkörper (vgl. Nationalpark Harz 2010).

Es gibt viele mögliche Einteilungen von Mooren, die auf den ersten Blick sehr kompliziert erscheinen können. Daher beginne ich zunächst mit der Hauptgliederung der Moore in Niedermoore (minerotroph), Übergangsmoore (ombro-minerotroph) und Hochmoore (ombrotroph). Die Bezeichnungen *hoch* und *nieder* hängen allerdings nicht mit der Höhenlage zusammen, sondern mit der Entstehungsweise und dem Aufbau der Moore. Eben diese Unterschiede sowie die typische Vegetation dieser Moortypen werde ich in den nachfolgenden Abschnitten erläutern.

14.1 Exkursionspunkt 1: Das Goethemoor

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 47' 42" N λ = 10° 36' 36" O h = 1.000 m ü. NHN	Das Moor befindet sich zwischen Königsberg und Brocken. Es ist über den Goetheweg – welcher am Nationalpark-Besucherzentrum *TorfHaus* beginnt, am Großen Torfhausmoor und am Brockenfeld vorbeiführt – oder von der parallel zur Bahnlinie verlaufenden Brockenstraße zu erreichen.

Zunächst bildeten sich im Harz über dem Mineralboden mit seinem nährstoffreichen Grund- und Oberflächenwasser Niedermoore. Die Pflanzen sterben ab und werden als sedentäre Sedimente abgelagert, bis die Torflager so hochwachsen, dass der Kontakt zur Nährstoffversorgung aus dem Mineralboden oder die Versorgung mit dem von den Hängen abfließenden Oberflächenwasser abbricht (vgl. Beug 1999: 40f.). Es entstehen Hochmoore, die man nun an ihrer besonderen Oberflächenform erkennt. Sie können mehrere Meter über der Mineralbodenfläche aufgewölbt sein, was den Namen *Hoch*moor bedingt (vgl. Abbildung 14.1). Da die Basis der Harzer Hochmoore Niedermoortorfe sind, handelt es sich um nicht wurzelechte Hochmoore (vgl. Beug 1999: 91). Hochmoore sind ombrotroph, d.h., sie werden allein vom Niederschlag gespeist und sind daher sehr nährstoffarm und haben einen niedrigen pH-Wert. Sie haben ein autonomes Wasserregime und sind völlig unabhängig von Quellen, Grund- oder stehendem Wasser. Hochmoore können aus diesem Grund nur in Niederschlags-Überschussgebieten vorkommen, in denen die Verdunstung und der Abfluss jährlich durchgehend geringer sind, als die Niederschlagssummen. Der Hochharz stellt solch ein ideales Gebiet für Hochmoore dar. (vgl. Göttlich 1990: 7)

Der Exkursionspunkt Goethemoor besteht aus mehreren Vermoorungen zwischen Königsberg (1.035 m ü. NHN) und Brocken (1.140 m ü. NHN). Die Längsachse des Moores verläuft vom Brocken im NO nach SW zum Königsberg. Es bedeckt eine Fläche von insgesamt 46,06 ha über nährstoffarmen Granitgestein, wovon lediglich 11,61 ha offene Moorflächen einnehmen (vgl. Baumann 2009: 181). Das Goethemoor im engeren Sinn, auch als „Brockenmoor“ bezeichnet, befindet sich auf dem Sattel zwischen Königsberg und Brocken (990 bis 1.000 m ü. NHN) und besitzt diverse

Hangmoore. Daher wird es als Sattel-Hang-Moor-Typ eingestuft und gehört aufgrund dessen auch zu den Komplexmooren. Das Goethemoor wird durch die Brockenbahn durchschnitten und erscheint dadurch dreigeteilt. Nördlich der Bahn befindet sich ein Drittel des Moores mit geringen offenen Flächen. Südwestlich der Brockenbahn befindet sich ein großer offener Hangmooranteil auf 990 bis 1.010 m ü. NHN auf dem Königsberg, das „Hangmoor am Königsberg". Es werden außerdem kleinere soligene Hangmoore am Nordhang des Königsberges (980 bis 1.005 m ü. NHN) sowie die großflächigen Vermoorungen am Süd- und Südwesthang des Brockens (950 bis 1.060 m ü. NHN) hinzugezählt (vgl. Beug 1999: 331). Die ineinander übergehenden Sattel- und Hangmooranteile unterscheiden sich hydrologisch sehr deutlich voneinander und besitzen unterschiedliche, eigene Wachstumskomplexe (vgl. Baumann 2009: 181).

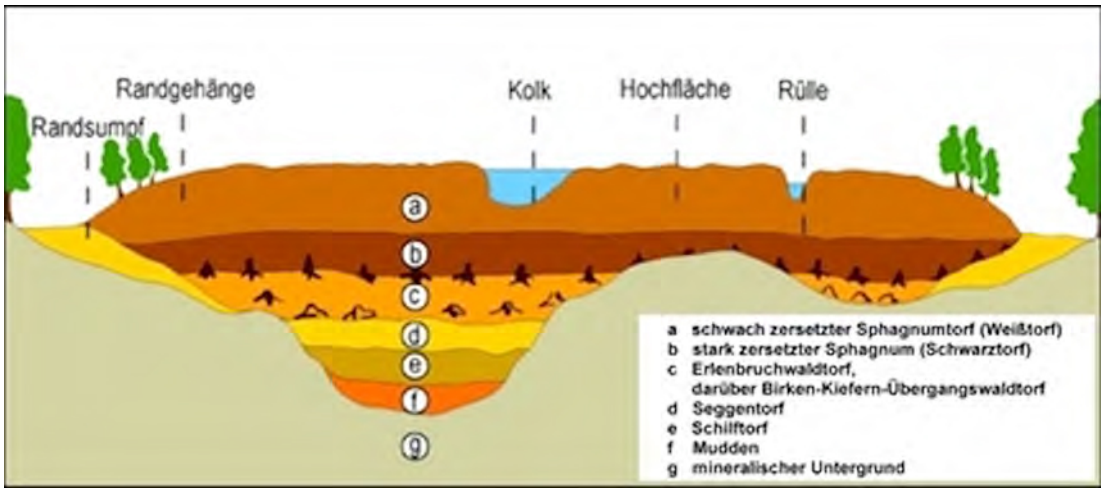


Abbildung 14.1 **Typischer Schichtaufbau eines Hochmoores**
Darstellung: Claudia Jözwiak (verändert nach Overbeck 1975;
Quelle: NLWKN)

Vor ca. 9.800 bis 10.480 Jahren begann die Vermoorung des heutigen Goethemoores kleinflächig direkt über dem mineralischen Untergrund mit sogenannten Moorkernen. „*Das Goethemoor ist aus sieben an fünf Hangmoore gebundenen Moorkernen sowie weiteren drei aktiven und fünf inaktiven Moorkernen entstanden*" (Baumann 2009: 181). Moorkerne sind dauerhaft durchnässte Bereiche, die ihre unmittelbare Umgebung durchfeuchten. Dadurch vergrößerten sich die Moorkerne zu Kleinmooren und bildeten durch das Zusammenwachsen mit anderen Moorkernen größere Moore (vgl. Beug 1999: 8). Die Moorkernbildung setzte zunächst an Bachläufen auf beiden Sattelflanken ein. Die Vermoorung der Sattelhöhe selbst ging nur von der südöstlichen Sattelflanke aus. Dort begann das Wachstum von zwei Hangmooren parallel nebeneinander über die Sattelhöhe hinweg, die

sich so miteinander verbanden. Dies bewirkte eine Ausdehnung des Moores auch auf die nordwestliche Sattelflanke. Die größten Vermoorungen endeten vor 2.780 bis 3.710 Jahren. Auf der nordwestlichen Sattelflanke gibt es aber auch kleinflächige Vermoorungen, die erst in den letzten 500 Jahren entstanden sind (vgl. Baumann 2009: 182).

Die offenen Moorflächen des Goethemoores sind ein ombrogenes Hochmoor, d.h. sie werden allein durch Regenwasser gespeist und sind dadurch oligotroph, also nährstoffarm. Sie nehmen eine Fläche von 2,65 ha ein. Das Hochmoor ist durch seine aufgewölbte Fläche mit bloßem Auge gut zu erkennen. Die abgestorbenen Pflanzenreste lagern sich schichtweise auf dem Granituntergrund ab, dies bewirkt das Hochwachsen des Moores. An den Moorrändern befinden sich schmale Niedermoore. Die meisten Moorabschnitte sind jedoch soligene Hangmoore mit einem minerotrophen Charakter. Dies liegt an den zahlreichen kleinen Bächen, die von den Hängen und Sattelflanken des Brockens und des Königsberges herabfließen. Die größte Wassermenge fließt in Bächen, aber auch unterirdisch vom Brocken hinab. Die Entwässerung vom Königsberg findet ebenfalls größtenteils unterirdisch statt (vgl. Beug 1999: 334). Das soligene Hangwasser tritt breitflächig in das Moor ein oder es kann auch in Bahnen und Bächen durchfließen. Tritt das Mineralbodenwasser in das Moor ein, so staut sich zunächst das Wasser auf dem Granitboden. Durch den entstehenden Wasserrückstau kommt es zum hangaufwärtsgerichteten Moorwachstum. Dies bedeutet, dass bei kleinen Einzugsgebieten das Wachstum von Hangmooren schnell erschöpft sein kann und die Torftiefen geringmächtig unter einem Meter bleiben (vgl. Succow 1986: 37). Beide Sattelhänge sind stärker vermoort als die Sattelflanken. An den schwächer geneigten Hängen, an denen der Abfluss langsamer und die Erosionskraft des Wassers relativ gering ist, wachsen die Torflager in stärkerem Maß in die Höhe. Daraus resultiert ein abnehmender Einfluss des Mineralbodenwassers und die Vegetation wird allein durch Regenwasser gespeist. Aus den soligenen Hangmooren entstehen soli-ombrogene Hanghochmoore. Aufgrund der hangabwärts verschobenen und dort stark aufwachsenden ombrogenen Anteile werden diese Hanghochmoore auch als exzentrische Hochmoore bezeichnet (vgl. Beug 1999: 93). Das Goethemoor besteht aus einem Mosaik aus ebensolchen soligenen und soli-ombrogenen Hangmooren. Soli-ombrogene Moore haben einen mesotrophen Charakter, d.h. sie sind mäßig nährstoffarm und der pH-Wert liegt unterhalb von 4,8. Gemäß der ökologischen Einteilung der Moore nach Succow (1986) werden die soligenen und soli-ombrogenen Vermoorungen des Goethemoores dem Sauer-Zwischenmoor zugeordnet. Die reinen ombrotrophen Moore werden dem ökologischen Typ des (Sauer)-Armmoores zugeordnet (siehe Abbildung 14.2). (vgl. Succow 1986: 28-30)

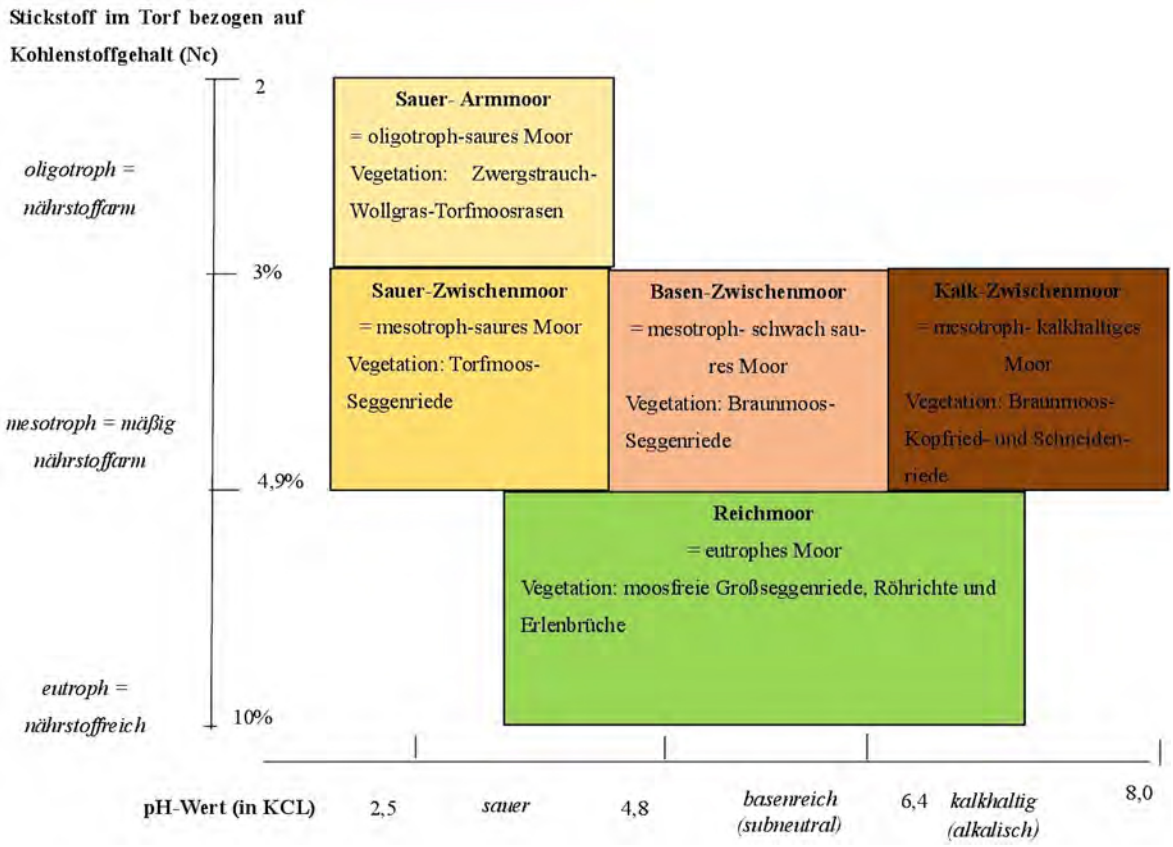


Abbildung 14.2 **Ökologische Moortypen Mitteleuropas nach Succow**
Darstellung: Claudia Jözwiak (nach Succow 1986, verändert)

Das Goethemoor hat generell ein relativ geringes Torflager mit einer asymmetrischen Verteilung im Längsprofil mit deutlichem Schwerpunkt auf dem flacheren nordöstlichen Sattelhang, wo die größten Torftiefen liegen. Lediglich 41,8 % durchgeführter Bohrungen ergaben eine Torftiefe von mehr als 1 m. Südlich der Bahntrasse konnte ein Maximum der Torfmächtigkeit mit 3,80 m ermittelt werden (vgl. Beug 1999: 333). Weite Bereiche der zentralen Moorfläche haben Torfmächtigkeiten von mindestens 3 m (vgl. Baumann 2009: 181). Dass das Goethemoor so ein hohes Alter hat und dennoch so geringe Torfmächtigkeiten aufweist, hängt wahrscheinlich mit dem zu starken Gefälle und der daraus resultierenden hohen Erosionskraft des Wassers und der jungen Störung des Moores durch die Brockenbahn zusammen.

Über den Sattel zwischen Königsberg und Brocken verläuft die Hauptwasserscheide zwischen Weser und Elbe. Dadurch erfolgt die Entwässerung des Goethemoores, teilweise unterirdisch, in nordwestlicher Richtung über Königsbach und Ecker zur Weser und in südöstlicher Richtung über Schwarzes Schluftwasser und Kalte Bode zur Elbe hin. In den Mooranteilen, die allein durch soligenes Hangwasser gespeist werden, gibt es nur vereinzelte schlenkenartige Gewässer, die aufgrund unterirdisch fließender Wasserläufe entstehen. (vgl. Baumann 2009: 183)

Wie auch in vielen anderen Mooren des Harzes wurde in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts im Goethemoor versucht Torf zu stechen. Es gibt mehrere größere Torfstiche direkt nördlich und südlich der Bahntrasse. Aufgrund des nassrauen Brockenklimas trockneten jedoch die Torfsoden auch in eigens errichteten Trockenhäusern nicht bzw. schlecht. Daher wurde das Torfstechen 1786 wieder eingestellt. Bis heute konnten sich die Torfstiche regenerieren und tragen eine nieder- bis übergangsmoorartige Vegetation. Die Moorabschnitte, in denen Torfabbau betrieben wurde, sind heute durch ausgedehnte Schlenken gegliedert, die in niederschlagsarmen sommerlichen Monaten trockenfallen. In den Bereichen der Fundamente der ehemaligen Torfhäuser haben sich sehr nasse, nicht betretbare Torfmoosrasen mit stellenweisen, kleinen offenen Wasserflächen entwickelt. (vgl. ebd.)

Das Goethemoor selbst ist aus Naturschutzgründen nicht begehbar. Die einzige Möglichkeit, um so nah wie möglich an das Goethemoor zu kommen, ist die Wanderung auf dem Goetheweg zum Brocken hinauf. An einigen Abschnitten, wo die Brockenbahn parallel zum Goetheweg verläuft, liegt an Abbruchkanten Hochmoortorf frei. Dies ist für jeden frei zugänglich. Eine Alternative, um allgemein mehr über Moore zu erfahren, sind spezielle Moorführungen. Die Wanderung erfolgt dabei immer über Bohlenwege, um die Moore nicht zu schädigen. Zudem gibt es im Besucherzentrum *TorfHaus* eine Ausstellung über Moore.

14.2 Exkursionspunkt 2: Das Niederkalkmoor im Helsunger Bruch

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 47' 09,6" N λ = 11° 00' 54" O h = 153 m ü. NHN	Das Helsunger Bruch befindet sich zwischen Blankenburg (4 km), Westerhausen (2,5 km) und Timmenrode (2 km). Von Timmenrode aus ist das Bruch über die Westerhäuser Straße und dann nach Süden Richtung K 1348 zu erreichen.

Minerotrophe Niedermoore entstehen bei der Verlandung nährstoffreicher Gewässer oder kommen in der Umgebung sehr nährstoffreicher Böden vor. Das Grund- oder Seewasser enthält viel Sauerstoff, wodurch eine schnelle Zersetzung abgestorbener Pflanzen ermöglicht wird. Die Pflanzenreste lagern sich auch hier sedentär am Boden ab, wobei die Torfmächtigkeiten aufgrund der starken Zersetzung der Pflanzen eher gering bleiben. Der Torf der Niedermoore ist im Vergleich zu Hochmooren sehr nährstoffreich (eutroph) und ermöglicht eine vielfältige Vegetation. In unkultivierten Niedermooren ist der Torf jedoch sehr nass. Dort können nur gut angepasste Pflanzen wachsen. Da Niedermoore nicht vom Niederschlag abhängig sind, kommen sie auch in niederschlagsarmen, mooruntypischen Gebieten vor. Sie werden in Versumpfungs-, Verlandungs- und Hang- oder Quellniedermoore unterschieden. (vgl. Göttlich 1990: 7)

Das Helsunger Bruch befindet sich ca. 4 km südöstlich von Blankenburg und ist der Aufrichtungszone des Nordharzrandes und der Teufelsmauer bei Timmenrode vorgelagert. Es liegt in der geologischen Blankenburger Teilmulde der großen subherzynischen Kreidemulde auf oberkretazischen Sandsteinen (vgl. Weinitschke 1983: 145). Es handelt sich beim Helsunger Bruch um ein flaches Feuchtgebiet mit mehreren Seen und dem Naturschutzgebiet *Hammelwiese*, welches eine Fläche von 5,84 ha hat (vgl. Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt). Die Seen sind wahrscheinlich durch Toteis der Weichsel-Kaltzeit entstanden. Das Bruch selbst entstand ebenfalls im Pleistozän oder Holozän, wobei der südliche Teil relativ stark abgesenkt ist und der nördliche Bereich eher den Charakter einer flachen Mulde oder Senke hat (vgl. Chlod 1998: 48). Die Abgrenzung des Bruchs ist für Besucher deutlich zu erkennen. Im Norden wird es durch die Randstufen des Quedlinburger Sattels und im Süden durch die schroff aufragende Quadersandstein-Schichtrippe der Teufelsmauer abgeschlossen (vgl. Weinitschke 1983: 145). Den Untergrund des Beckens bilden Sandsteine der Heidelberger-Folge, sandig-tonige Abschlämm-Massen, kalkige Torfe und Mudden. Das Niederkalkmoor im Helsunger Bruch ist in seiner Art einzigartig, denn es ist das letzte kalkhaltige mesotrophe Verlandungsmoor mit einem zeitweiligen Durchströmungsmoorcharakter in Sachsen-Anhalt (vgl. Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt). Der Kalkgehalt nimmt mit der Tiefe des Moores zu. In 10 cm Tiefe beträgt der Kalkgehalt 30 % und erhöht sich in 30 cm Tiefe bereits auf 54 % (vgl. Weinitschke 1983: 145). 1964 wurden 278 ha Moor standörtlich kartiert und untersucht, wovon 239 ha als Grünland, 35 ha als Ackerland und 4 ha als Wald genutzt werden (vgl. Gutachten Westerhäuser Bruch 1965).

Das Niederkalkmoor ist durch Sedimentation der im stehenden Gewässer befindlichen organischen und anorganischen Bestandteile entstanden. Die abgelagerten organischen oder mit organischer Substanz durchsetzten Sedimente in einem See heißen Mudden (vgl. Abbildung 14.3). Die Mudden haben eine Mächtigkeit von mehreren Dezimetern und sind in der Mitte eines Gewässers besonders mächtig. Die Ufervegetation wächst in das Gewässer hinein und unter dem sogenannten Schwingrasen lagern sich Torfe ab, in diesem Moor vor allem Schilftorfe. Daher ist die Mächtigkeit der Torfe am Gewässerrand besonders hoch. In diesem Niedermoor konnten diese Eigenschaften durch Bohrungen nachgewiesen werden, die den Prozess der Verlandung nahelegen. Die Zusammensetzung der Mudden und Torfe kann je nach Chemismus des Wassers und je nach Trophie und pH-Wert sehr unterschiedlich sein. In diesem Niedermoor herrschen über dem mineralischen Untergrund vor allem Tonmudden mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 3 dm bis 10 dm vor. Im südlichen Bereich des Bruchs treten vor allem dezimeterstarke Kalkmudden auf. Kalkmudden lagern sich in nährstoffarmen kalkhaltigen Gewässern ab, was darauf schließen lässt, dass im südlichen Teil des Bruchs über längere Zeit ein See vorhanden war, was wiederum auf den Verlan-

dungsprozess hinweist. Die Moormächtigkeiten sind im Vergleich zum Goethemoor sehr hoch. Im zentralen südlichen Teil des Moores gibt es maximale Moormächtigkeiten mit über 65 dm, ansonsten nehmen 57 % des Moores Mächtigkeiten zwischen 12 dm und 30 dm ein, 25 % der Moorflächen weisen weniger als 12 dm und 18 % mehr als 30 dm auf. Die Standorte mit großen Moormächtigkeiten zeichnen sich durch Mischprofile aus. Mudden und Torfe wechseln sich im stratigrafischen Aufbau in unterschiedlichen Mächtigkeiten ab. Kennzeichnend für dieses Moor ist ein sehr hoher Anteil von sandigen bis lehmigen Mineralbodenauflagen von mehr als 6 dm. (vgl. Chlod 1998: 49f.)

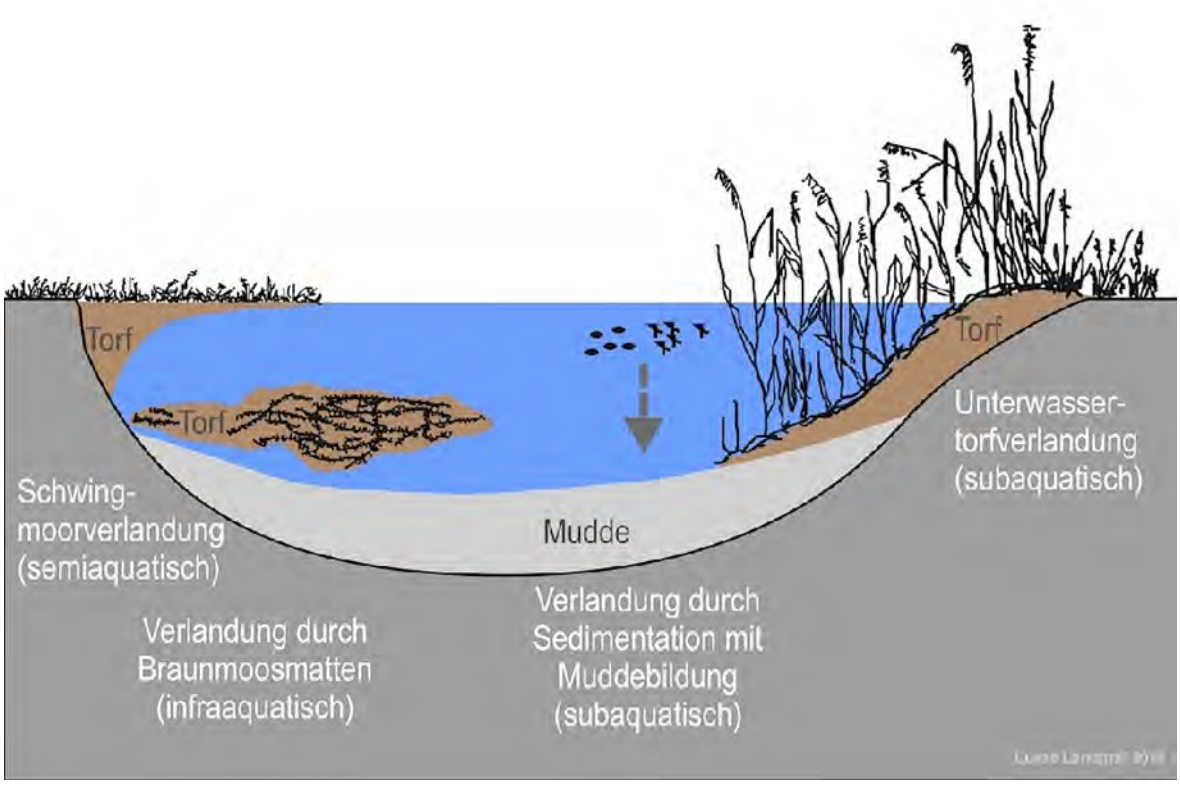


Abbildung 14.3 **Schwingmoorverlandung**
Quelle: Landgraf 2015

Das Helsunger Bruch ist ein niederschlagsarmes, abflussschwaches Gebiet. Das Moor wird hauptsächlich durch zahlreiche Schichtquellen, die aus dem Kreidesandstein entspringen, gewässert. Das weist auf ein Durchströmungsmoor hin. Heute werden nur noch wenige Teile des Bruches ausreichend mit Wasser durchströmt und das Moor hat den Charakter eines Hangquellmoores mit ungleichmäßigem Torfwachstum bekommen. (vgl. Chlod 1998: 50) Hangquellmoore werden durch kleinflächig austretendes Quellwasser gespeist. Die Moorkörper, die noch permanent mit Wasser durchströmt werden, weisen besonders hohe, gering zersetzte und locker gelagerte Torflagen und Kalkmudden auf (vgl. Luthardt/Zeit 2014: 46). Oberhalb der Kalkmuddeschicht gibt es einen homogenen Torfkörper aus Schilfgewächsen, der vereinzelt durch Kalkmuddelinsen geprägt ist.

Die oberflächennahen Torfschichten sind durch einen hohen Grad an Sauerstoff sehr stark zersetzt. Die ungleichmäßige Schichtung und unterschiedlich strukturierte Zusammensetzung der Mudden und Torfe zeugen von sich abwechselnden Durchströmungs- und Verlandungsprozessen. Der pH-Wert dieses alkalischen Niedermoores liegt zwischen 6 und 8. (vgl. Chlod 1998: 51) Dieses Niederkalkmoor wird gemäß der ökologischen Einteilung der Moore nach Succow (1986) dem Kalk-Zwischenmoor zugeordnet (vgl. Abbildung 14.2).

Durch den Torfabbau seit dem 18. Jahrhundert, einer intensiven landwirtschaftlichen Nutzung, Trockenlegung und starker Silikatbelastung weist dieses Moor große Devastierungsschäden auf. Durch ein Grabensystem wurde der größte Teil des Moores stark entwässert. Dies führt zur Moorsackung. Durch den Wasserentzug kommt es zu einer Kompression der Torfe und Mudden. Die Torfe in den obersten Schichten schrumpfen aufgrund der Austrocknung und die Höhe der Moormächtigkeiten nimmt ab. (vgl. ebd.) Heute besitzen nur noch kleine Teile des Bruchs Niedermoorcharakter und die Reste des Niederkalkmoores sollen mit seinen zahlreichen gefährdeten Pflanzen- und Tierarten geschützt werden.

14.3 Thematische Vertiefung: Vegetation des Goethemoores und des Niederkalkmoores im Helsunger Bruch

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit: *siehe Exkursionspunkte 14.1 und 14.2*

Jeder einzelne Moortyp ist durch für ihn typische Pflanzengesellschaften geprägt. Das sind charakteristische Arten von Moorpflanzen, die in ähnlicher Kombination immer wieder in bestimmten Moortypen vorkommen. Jede Pflanzenart hat dabei ihren festen Platz. Dabei werden die Pflanzengesellschaften nach Wuchshöhe und Lebensform der Arten in Baum-, Strauch-, Kraut- und Moosschicht gegliedert, die wiederum verschiedene Formationen bilden können (vgl. Göttlich 1990: 12).

Die Vegetation von Mooren stellt man sich relativ einfach und karg vor. Das dies nicht so ist, werde ich in diesem Abschnitt aufzeigen. Die Pflanzen die in Mooren wachsen, haben nämlich unglaubliche Fähigkeiten erworben, um sich diese Gebiete zu eigen zu machen. Die Ökologie eines Hochmoores ist durch einen geringen Stofftransport gekennzeichnet. Die typische Armmoor-Vegetation besteht hauptsächlich aus Zwergstrauch-Wollgras-Torfmoosrasen und Torfmoosen (*Sphagnum*). Gerade wachsende Hochmoore werden von Milliarden von Torfmoosen beherrscht, die ganz dicht nebeneinanderstehen. Torfmoose haben die Besonderheit, dass sie das 15- bis 30-fache oder sogar mehr ihres Trockengewichts an Wasser aufnehmen können und es nur sehr langsam wieder abgeben. Sie wirken wie ein Schwamm. Die Torfmoose wachsen nur einige Millimeter pro Jahr in

die Höhe und sterben nach unten hin durch Lichtabschluss ab und vertorfen (vgl. Göttlich 1990: 18).

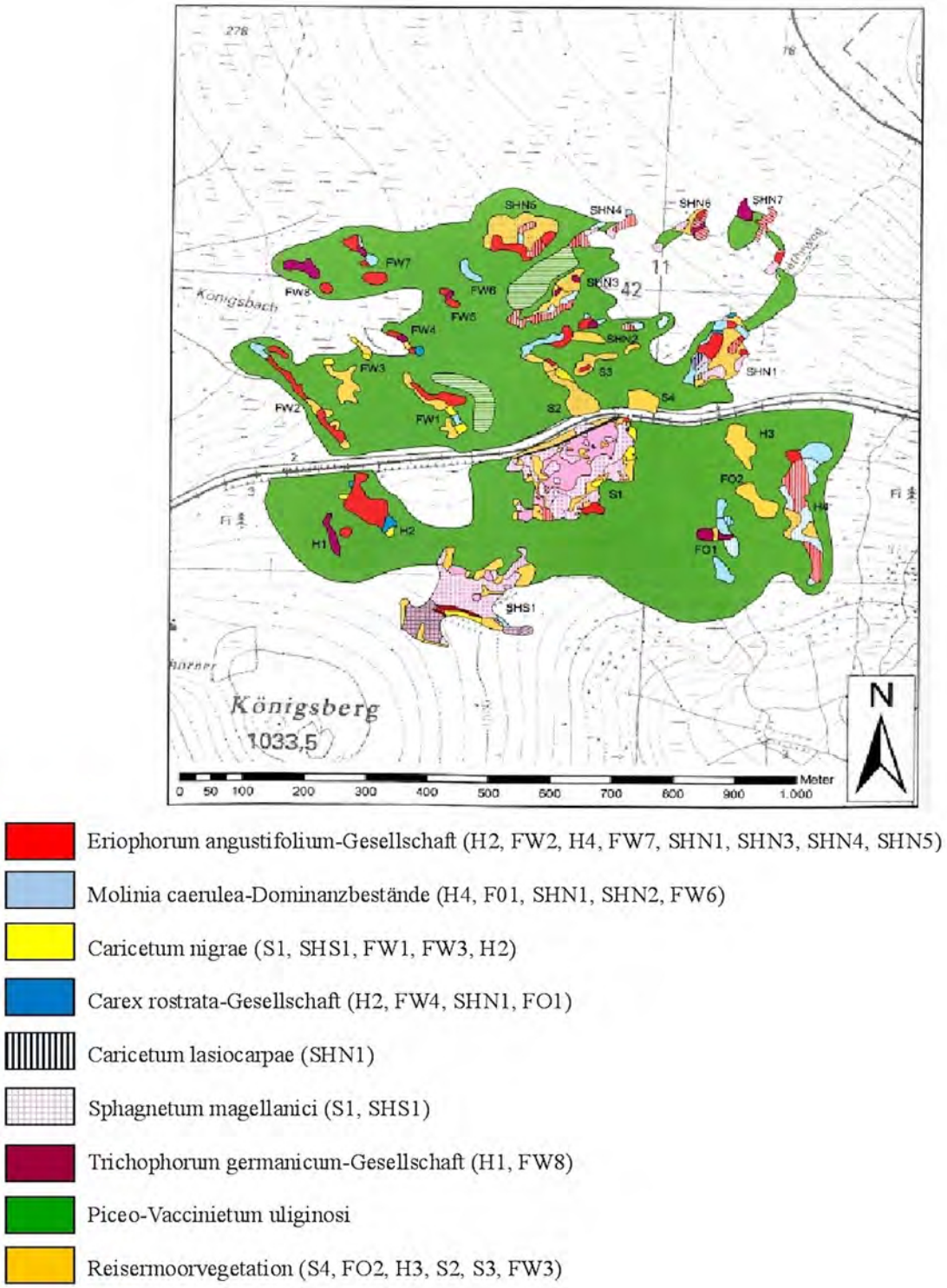


Abbildung 14.4 **Wichtige Vegetationskomplexe im Goethemoor**
Darstellung: Claudia Jözwiak (Kartengrundlage: Karte der Vegetation des Goethemoores Maßstab 1 : 7.000)

Die Vegetation des Goethemoores ist aufgrund der unterschiedlichen Moortypen sehr vielfältig. Es kommt sowohl eine typische Hochmoor- als auch Niedermoorvegetation vor. Die mit Abstand größte Ausdehnung der Niedermoorvegetation hat die *Eriophorum angustifolium*-Gesellschaft mit 2,64 ha (siehe Abbildungen 14.4 und 14.5). (vgl. Baumann 2009: 183) In diesem Niedermoor-Stufenkomplex dominiert das namensgebende *Eriophorum angustifolium* (Schmalblättriges Wollgras). Dabei handelt es sich um eine mehrjährige, krautige Pflanze, die bis zu 90 cm hoch werden kann und zur Familie der Sauergrasgewächse gehört. Das Schmalblättrige Wollgras ist ein Geophyt und Helophyt, es bildet Rhizome und lange Ausläufer. Das Wollgras ist durch seine langen, blendend weißen Wollhaare sehr leicht zu erkennen. Es wächst auf nassen, nährstoffarmen und mäßig sauren Torfböden. (vgl. Wendelberger 1986: 173) Zu dieser Gesellschaft gehören die Torfmoose *Sphagnum recurvum* (1,48 ha), *Sphagnum papillosum* (0,84 ha) und *Sphagnum auriculatum* (0,14 ha) (vgl. Baumann 2009: 184). Die Blätter der Torfmoose bestehen aus langgestreckten, chlorophyllhaltigen, lebenden Zellen und großen rhombischen Räumen, die zahlreiche runde Öffnungen aufweisen, durch die sie das Wasser aufnehmen. Torfmoose sind an die extremen Bedingungen der Hochmoore hervorragend angepasst. Sie nehmen selbst in geringsten Konzentrationen vorkommende Nährstoffe auf und binden die Mineral-Ionen aus dem Wasser selektiv an seine Zellwände und geben im Gegenzug Wasserstoffionen an die Umgebung ab, wodurch sie ein saures Milieu schaffen.

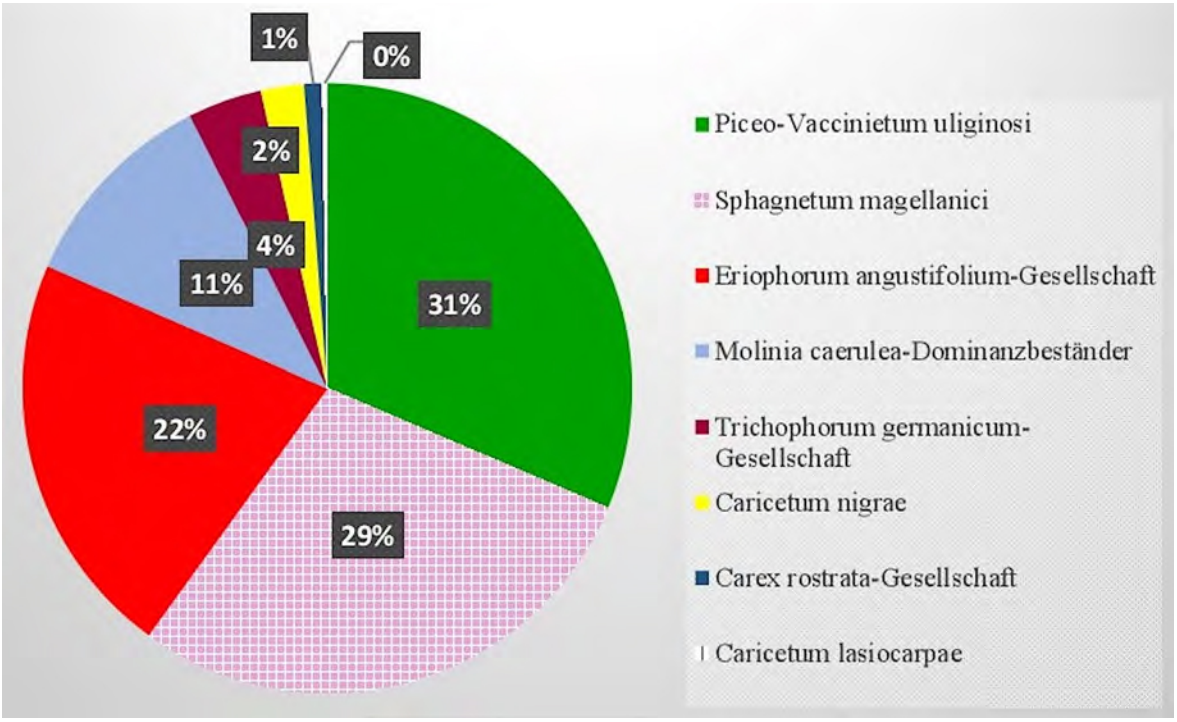


Abbildung 14.5 **Verteilung der wichtigsten Pflanzengesellschaften im Goethemoor**
Diagramm: Claudia Jözwiak

Dies verhindert das Wachstum von Konkurrenten, denn nur wenige Pflanzen können in einer sauerstoff- und nährstoffarmen und zeitgleich sauren Umgebung wachsen. Torfmoose nehmen selbst im abgestorbenen Zustand mit ihren Wasserzellen in den Blättern und den Wassersäcken im Stängel das Wasser auf. In Trockenzeiten verdunstet das kapillar gebundene Wasser und die Pflanze trocknet vollständig aus. Die toten Wasserspeicherzellen bleiben dank ihrer spiraligen Versteifung stabil und füllen sich mit Luft. Dadurch wechselt die Farbe vom satten Grün, Gelbgrün oder Rotbraun zu Weißlichgrün bis Blaßrotbraun. Dieser Vorgang des Verbleichens gab der Gattung den Namen „Bleichmoos“ oder „Weißmoos“. Werden die Torfmoose erneut befeuchtet, beginnen sie wieder zu grünen und zu wachsen (vgl. Wendelberger 1986: 160f.).

Die *Eriophorum angustifolium*-Gesellschaft mit ihren Torfmoosen kommt vor allem auf den soligenen Hangmooren H2 und FW2, aber auch auf dem Goethemoor im engeren Sinn vor (vgl. Abbildung 14.4; Baumann 2009: 184f.). Die zweitgrößte Ausdehnung hat die *Molinia caerulea*-Gesellschaft (Blaues Pfeifengras) mit 1,26 ha auf den soligenen Hangmooren H4, FO1, SHN1, SHN2 (vgl. Abbildungen 14.4 und 14.5). Dies sind ausdauernde, horstbildende Gräser mit einer Wuchshöhe von 10 cm bis 90 cm aus der Gattung der Pfeifengräser innerhalb der Familie der Süßgräser (vgl. Wendelberger 1986: 100). Es wächst vor allem in den ehemaligen Torfstichen. Dort wechseln sich Übergangs-, *Eriophorum angustifolium*- und *Molinia caerulea*-Niedermoor-Stufenkomplexe mosaikartig ab (vgl. Baumann 2009: 185). In den regenerierten Torfstichen S1 und in stärker beschatteten Bereichen soligener Hangmoore wachsen *Caricetum nigrae* (0,26 ha) (Schwarzsegge), die zur Klasse der *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* (Braunseggen) gehört (vgl. Abbildung 14.4). An sehr nassen Stellen wächst die *Carex rostrata*-Gesellschaft (0,11 ha) (Schnabelsegge) aus der Gattung der Seggen innerhalb der Familie der Sauergrasgewächse (vgl. Abbildungen 14.4 und 14.5). Dies ist eine ausdauernde krautige Pflanze mit einer Wuchshöhe von 25 cm bis 100 cm. Eine Besonderheit des Goethemoores ist das *Caricetum lasiocarpae*, das nur in einem nordöstlichen Hangmoor vorkommt und nur 275 m² bedeckt. Dies entspricht weniger als ein Prozent der Goethemoor-Fläche (vgl. ebd.). Dies ist ein Fadenseggenmoor mit der vorherrschenden Gefäßpflanze Faden-Segge. Diesem Bestand ist auch *Molinia caerulea* beigemischt (vgl. Baumann 2009: 184).

Die Hochmoorvegetation der Klasse *Oxycocco-Sphagnetea* (Hochmoorbult- und Heidemoorgesellschaft) nimmt mit 7,3 ha eine größere Fläche ein als die Niedermoorvegetation. Dem Goethemoor im engeren Sinn, auch als „Brockenmoor“ bezeichnet, gehört hauptsächlich ein Hochmoor-Regenerationskomplex an, der weitestgehend der *Sphagnum rubellum*-Subassoziation (Rötliches Torfmoos – 0,76 ha) des *Sphagnetum magellanici* (Magellans Torfmoos – 3,26 ha) entspricht (vgl. Abbildungen 14.4 und 14.5). Beide sind durch ihre rötliche Färbung gut erkennbar. Eine weitere Hochmoorvegetation ist die *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*-Gesellschaft bildende *Trichophorum germa-*

nicum-Gesellschaft, die vor allem Teilflächen der Hangmoore H1 und FW8 vollständig bedeckt (vgl. Abbildung 14.4). Der Hochmoor-Regenerationskomplex, ein Mosaik aus wachsenden und nicht wachsenden Bereichen, wird von Hochmoor-Stillstandskomplexen ringförmig umgeben. Hochmoor-Stillstandskomplexe werden von Bulten und Schlenken gegliedert, die im Sommer trockenfallen können. Torfmoose können hier keine geschlossene Decke bilden. Zu diesem Komplex gehören die Subassoziationsgruppe *Sphagnum nemoreum*, *S. tenellum* und *Cladonia arbuscula*. Diese werden von Hochmoor-Erosionskomplexen an Torfstichkanten abgelöst. Erosionskomplexe sind stärker geneigte Bereiche von Stillstandsflächen, in denen Wasser tiefe Erosionsrinnen gebildet haben. Diese haben eine drainierende Wirkung, wodurch benachbarte Torfe austrocknen. Hier können nur an Wasserstress angepasste Pflanzen, wie *Calluna vulgaris* (Besenheide) und Flechten wachsen (vgl. Jensen 1987: 14). Gut zu erkennen ist, dass das Hangmoor am Königsberg durch eine steile Abbruchkante in einen größeren hangunteren und einen kleineren hangoberen Teil abgegrenzt wird. Direkt am Fuße der Abbruchkante befindet sich eine großflächige Suhle. Auf dem unteren Hangabschnitt sind vor allem Stillstands- und Erosionskomplexe vorzufinden. Die Vegetationsdecke ist lückenhaft und es gibt eine große Anzahl von jungen Fichten, die kleiner als 50 cm sind. Abseits der alten Torfstiche gibt es starke vernässte Bereiche, wo Regenerationskomplexe mit dichten Torfmoosdecken vorhanden sind. Der obere Hangteil ist viel stärker bewachsen und zeigt durch seinen dominierenden Stillstandskomplex mit seinen zahlreichen Fichten einen Übergang zum Reisermoor. Das *Piceo-Vaccinietum uliginosi* ist mit 3,59 ha die am weitesten verbreitete Gesellschaft (vgl. Abbildungen 14.4 und 14.5). Auf einer Fläche von 1,54 ha bedecken Fichten 25 % bis 50 % der Fläche, so dass hier ein deutlicher Übergang zu den Moor-Fichtenwäldern gegeben ist (vgl. Baumann 2009: 184f.).

Das Goethemoor hat nun die Besonderheit, dass die Brockenbahn, 1899 eröffnet, hindurch fährt und damit das Moor in einen nördlichen und südlichen Teil trennt. Dies führt zu einer starken Entwässerung des Moores und damit zu einer erheblichen Störung des Ökosystems. Dies bedeutet, dass die stillgelegten Stoffkreisläufe durch Abführung des Wassers aktiviert werden. Die organischen Substanzen bauen sich nun oxidativ und biochemisch ab, Stickstoff wird durch Nitrifizierung freigesetzt (vgl. Succow 1986: 23). Die offene Hochmoorfläche verringerte sich dadurch seit 1928 bereits um etwa $^2/_3$ von 19,7 ha auf 6,4 ha. Auf dem nördlich der Bahn liegenden Teil wachsen heute fast vollständig Fichten. Vereinzelt gibt es aber auch offene Flächen mit einer gutwüchsigen Hochmoorvegetation. Die zwei südlich der Bahn liegenden größeren offenen Flächen sind ein ombro-soligenes Hochmoor mit einem kleinen Wachstumskomplex und mit einer Reisermoorvegetation. Zwischen beiden Flächen steht ein aufgelockerter Moor-Fichtenwald. Auf der offenen Moorfläche am Königsberg besteht der größte Teil aus Stillstands- oder Erosionskomplexen. Vor-

herrschend ist die Rasenbinse (*Trichophorum cespitosum*) zu finden. Auf einer Fläche von 4,12 ha hat sich die Niedermoorvegetation der Klasse *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* entwickelt. Dies sind Kleinseggengesellschaften, aus Kleinseggen, Binsen und Wollgräsern aufgebaute, oft moosreiche Gesellschaften. Ihr Boden wird von Grund-, Quell- oder Sickerwasser ständig durchtränkt und trocknet nur oberflächlich ab. Sie gelten als Glazialrelikte und sind damit einzigartig (vgl. Baumann 2009: 183-185). Das Goethemoor verfügt also über eine vielfältige Vegetation, die sich diesen rauen Bedingungen perfekt angepasst hat.

Das Niederkalkmoor im Helsunger Bruch weist ebenfalls eine abwechslungsreiche Vegetation auf, auch wenn einige Pflanzenarten bereits stark gefährdet sind. Prinzipiell haben Niedermoore eine höhere Artenvielfalt als Hochmoore. Im Wesentlichen ist das Bruch gehölzfrei. Durch beträchtliche Grundwasserabsenkung im Helsunger Bruch wurde die Bebuschung begünstigt. An den Entwässerungsgräben sind daher vor allem die Kriechweide (*Salix repens*) und der Faulbaum (*Frangula alnus*) vorzufinden. Am Südrand ist kleinflächig die Kohlkratzdistel-Untergesellschaft der Glatthaferwiese ausgebildet. Über größere Flächen schließt sich daran die Engelwurz-Kohlkratzdistelwiese (*Angelico-Cirsietum*) an (vgl. Weinitschke 1983: 146f.). Im gemähten Zustand ist diese reich an konkurrenzschwachen Kräutern wie Breitblättriges Knabenkraut (*Dacthylorhiza majalis*), Scharfer Hahnenfuß (*Ranunculus acris*) und Sumpf-Pippau (*Crepis paludosa*) (vgl. Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt). Floristisch von großer Bedeutung sind die nassen Standorte mit der Stumpfblütigen Binse (*Juncus subnodulosus*) der Kalkbinsenwiese. Auf eben dieser Wiese gibt es sehr viele kalkliebende Pflanzenarten. Dazu gehören u.a. das Echte Fettkraut (*Pinguicula vulgaris*), Sumpfherzblatt (*Pamassia palustris*), Herbstzeitlose (*Colchicum autumnalis*), Steifblättriges Knabenkraut (*Dactylorhiza incamata*), Echtes Mädesüß (*Filipendula ulmaria*) und Schwarzes Kopfried (*Schoenus nigricans*). Durch die Grundwasserabsenkung und das fehlende Mähen hat sich neben der Bebuschung eine üppige Staudenfazies aus Kohlkratzdistel (*Cirsium oleraceum*), Echtem Mädesüß (*Filipendula ulmaria*) und Gemeinem Gilbweiderich (*Lysimachia vulgaris*) entwickelt. Diese Pflanzen stellen eine Bedrohung für die heimischen Pflanzenarten dar. Vom Sumpfknabenkraut (*Orchis palustris*), welches auch auf der Kalkbinsenwiese wächst, gibt es nur noch wenige Individuen. An besonders feuchten Standorten kommt die Schlank- (*Carex acuta*) bzw. Sumpf-Segge (*Carex acutiformis*) vor. Im Westen des Niederkalkmoores kommt aufgrund von Beeinträchtigungen die Kohldistelwiese im Degradationsstadium mit Rasen-Schmiele (*Deschampsia cespitosa*) vor (vgl. Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt). Die starken Devastierungsschäden des Niederkalkmoores führten immer mehr zur Uniformierung der Vegetation und zum Verlust vieler seltener Arten (vgl. Weinitschke 1983: 146f.).

14.4 Exkursionspunkt 3: Wienroder Becken

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 45' 54" N λ = 10° 58' 12" O h = 230 m ü. NHN	Das Wienroder Becken befindet sich zwischen Blankenburg und Thale. Die Städte Wienrode, Cattenstedt und Timmenrode befinden sich in diesem Becken.

Im Harz und im Harzumland gibt es einige kleine und große Braunkohle- und Steinkohlelagerstätten (vgl. Abbildung 14.6). In der Region um Aschersleben, vor allem zwischen Nachterstedt und Schadeleben, befand sich der größte Tagebau dieser Region und mit 70 m auch einer der tiefsten Deutschlands. Zwischen 1856 und 1991 wurde dort Braunkohle abgebaut. Der Tagebau brachte der Region einen wirtschaftlichen Aufschwung, aber es ereigneten sich auch Unglücksfälle während und nach dem Abbau. Unter anderem dürfte Einigen das Unglück von Nachterstedt noch bekannt sein. 2009 kamen dort bei einem Erdrutsch drei Menschen ums Leben. Als Ursache wird das Aufweichen der Böschung durch Grundwasser vermutet. Nach der Einstellung der Kohleförderung wurde der Tagebau geflutet und es entstand der Concordia-See. So ist der Tagebau bis heute in gewisser Weise an der Landschaftsgestaltung beteiligt (vgl. MZ 2010).

Abbildung 14.6 **Die Verbreitung der Kohlelagerstätten im Harz und an seinen Rändern**
Darstellung: Claudia Jözwiak

Im Harz gibt es aber auch kleine Bereiche, wo Kohle entstanden ist. So zum Beispiel im Wienroder Becken, welches sich zwischen den Städten Thale und Blankenburg befindet (vgl. Abbildung 14.6). Im Norden wird das Becken durch den „Sandsteinwall“ der Teufelsmauer mit ca. 330 m ü. NHN, im Westen und Süden mit der Harzhochfläche bei ca. 400 m ü. NHN klar abgegrenzt. Im Osten hingegen dominiert ein Gefälle der Landoberfläche ausgehend von Wienrode bei ca. 230 m ü. NHN bis hin zum Bereich der Bodeaue bei Thale auf ca. 160 m ü. NHN. Im Tertiär kam es zu starken schollentektonischen Bewegungen im Harz. Wann genau diese Hebungen stattfanden, konnte noch nicht genau geklärt werden. Thiel (1999: 31) berichtet 1999 im Exkursionsführer Wienroder Becken, dass die Hebung im Pliozän begann. Laut einer neueren Quelle (König/Blumenstengel 2005: 125) besteht die Annahme, dass es bereits im Postrupelium eine Aktivitätsphase der Nordharzrandstörung mit Hebungsbeträgen von bis zu 300 m gab. Der Mittelharz bildete also mit dem Harzvorland im Oligozän noch ein einheitliches Niveau. Die tektonischen Bewegungen führten dann zur Hebung der Harzscholle, wobei der Oberharz einer größeren Hebung und Wölbung unterliegt als der Mittel- und Unterharz (vgl. Thiel 1999: 31). Der Harzrand ist normalerweise relativ steil. Daher stellt die Einbuchtung des Beckens von Wienrode ein einmaliges Phänomen dar, dessen Entstehung ebenfalls noch nicht vollständig geklärt ist. Das Becken besteht im Süden aus paläozoischen Gesteinen der Harzscholle und im Norden aus jüngeren mesozoischen Gesteinen der Aufrichtungszone am Harzrand. Beide Gesteinsbereiche wurden durch die Harznordrandstörung getrennt, die sich von Nordwesten von Blankenburg bis nach Thale im Südosten zieht (vgl. Jerosch 1999: 6). Wie aus dem Exkursionsführer Wienroder Becken von Thiel entnommen, konnten sich durch die Hebung der Harz-Scholle Zechstein-Sedimente aus der Perm-Zeit aufrichten (vgl. ebd.: 31). Neueste Untersuchungen ergaben jedoch, dass das Zechsteinpaket bereits in der Kreidezeit steilgestellt wurde und nicht erst im Pliozän. Durch Subrosion entstanden dann abflusslose Hohlformen, in denen die tertiäre Moorbildung einsetzte (vgl. Kriebel et al. 2002: 26-31). Im Tertiär herrschte zudem ein subtropisches Klima mit Trocken- und Regenzeiten. Diese warm-feuchten Bedingungen waren ideale Voraussetzungen für das Entstehen und Wachsen von Mooren (vgl. Erxleben/Großmann 1999: 110). Außerdem führte das Anheben der Harzscholle zu einer Vergrößerung des Gefälles zum Vorfluter, wodurch sich die Flüsse noch tiefer in die Täler einschnitten. Die Flüsse, wie z.B. die Ur-Bode, verfrachteten nun große Teile des tertiären Verwitterungsmaterials ins Vorland. An den Gleithängen der Mäander wurden Kiese und Sande abgelagert und wenn es zur Abschnürung eines Mäanderarmes kam, konnten sich dort Tone absetzen. In diesen stehenden Gewässern entstanden durch Verlandungsprozesse ebenfalls Moore. Es konnten sich nun Torfe ablagern, aus denen durch den Prozess der Inkohlung Braunkohle entstanden ist (vgl. Thiel 1999: 33). Beim Alter der Braunkohle ergeben sich ebenfalls Widersprüche. Laut Thiel begann die Bildung von Braunkohle im Unter- bis Mitteleozän. Bohrungen ergaben jedoch, dass die Braunkohle ein

oligozänes Alter hat und damit etwas jünger ist als angenommen (vgl. Kriebel et al. 2002: 26). In der Endphase der Moorbildung erfolgte eine marine Beeinflussung durch das Ansteigen des Meeresspiegels im Postrupel. Dies konnte durch marines Plankton in den oberen 7 m eines Bohrprofils nachgewiesen werden. Die Meerestransgression im Rupelium reichte wahrscheinlich bis zur Harzhochfläche bei Elbingrode. Das konnte durch Rupel-Sedimente in Karsthohlformen in Wienrode und am Hartenberg festgestellt werden (vgl. König/Blumenstengel 2005: 120).

Der Prozess der Inkohlung beginnt zunächst mit einer biochemischen Phase, der Vertorfung. Die abgestorbenen Pflanzen werden zunächst von tierischen Organismen, wie Ameisen und Regenwürmern zerkleinert und durch aerobe, später durch anaerobe Bakterien und niedere Pilze zersetzt. Dabei werden Zellulose und Lignin in Huminstoffe umgewandelt (vgl. Lexikon der Geowissenschaften 2000). Die Pflanzenreste sinken im Moor immer weiter ab, wodurch durch den zunehmenden Sauerstoffausschluss und ansteigender Temperaturen ein komplett anaerobes Milieu geschaffen wird. Nun beginnt die geochemische Phase. Durch die sedentäre Sedimentation steigt der Druck auf die untersten Torfschichten, wodurch es zur Verringerung des Porenvolumens und damit zur Druckentwässerung kommt. Der Torf hat anfänglich noch einen Wassergehalt von 80 % bis 90 % und durch den zunehmenden Druck kommt es zu einem Wasserverlust von bis zu 40 %. In diesem ersten Inkohlungsgrad ist Weichbraunkohle entstanden. Durch den Verlust von Wasser, Kohlendioxid, Methan und anderen verschiedenen sauerstoffhaltigen funktionellen Gruppen kommt es zur relativen Anreicherung von Kohlenstoff und damit zur Erhöhung des Brennwertes der Kohle (vgl. Lexikon der Geowissenschaften 2000). Für die weiteren Inkohlungsprozesse ist vor allem die mit der Tiefe zunehmende Erdwärme von großer Bedeutung. Durch die zunehmende Temperatur wird die Weichbraunkohle in Hartbraunkohle und nach langer Zeit in Steinkohle umgewandelt. Durch weiter ansteigende Temperaturen und weiteres Absinken der Schichten kann Anthrazit gebildet werden und bei extremen Temperaturen eventuell sogar Grafit. Beim Inkohlungsprozess verflüchtigen sich die Anteile von Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, so dass der Kohlenstoffgehalt zunimmt und im Stadium des Grafits auf 100 % ansteigt (vgl. Thiel 1999: 32). In Torfen, Braun- und Steinkohle können noch Gefügebestandteile nachgewiesen werden. Je höher jedoch der Inkohlungsgrad ist, desto mehr gleichen sich die Eigenschaften der Gefügebestandteile chemisch an (vgl. Göttlich 1990: 117).

Das Braunkohleband im Wienroder Becken erstreckt sich mit seinen einzelnen Kohlefeldern über 2 km bis 2,5 km Länge zwischen Wienrode und Thale (vgl. Erxleben/Großmann 1999: 108). Ein 12 m mächtiges Braunkohleflöz, welches an den Ausstrich des Zechsteinsalinars gebunden ist, weist auf ein Kohleflöz des Salzauslaugungstyps hin. Die Kohle weist durch tektonische Einwirkungen eine mittel- bis kleinstückige Beschaffenheit und einen hohen Inkohlungsgrad mit 45 %

Sättigungswassergehalt auf (vgl. Thiel 1999: 33). Seit 1895 wurde Braunkohle im Wienroder Becken durch eine Schachtanlage abgebaut. Der Schacht der Grube *Hercynia*, ihre Fläche beträgt 1.800.720 m², hatte eine maximale Tiefe von 37 m (vgl. Erxleben/Großmann 1999: 109). Der Aufwand zur Kohleförderung war extrem hoch und letztendlich rentierte sich der Tagebau nicht. Zum einen musste während der Kohlegewinnung das Grundwasser ständig abgepumpt werden. Zum anderen war die Braunkohle nur von geringer Qualität und zerfiel bereits beim Abbau. Daher wurde sie auch Rieselkohle genannt. Aufgrund von Deformationen starker mechanischer Druckbewegungen und Drehverschiebungen, die auf die Kohlelagerstätten einwirkten, ist die Braunkohle so brüchig. Aus diesen Gründen und weil sich die Kohlelagerstätten langsam erschöpften, wurde der Kohleabbau nach dem 2. Weltkrieg eingestellt. Befindet man sich heute auf dem Gebiet des ehemaligen Tagebaus, so sind noch drei Löcher mit 2 m Tiefe und einem Durchmesser von 4 m östlich von Wienrode zu erkennen. Sie dienten zur Lokalisierung der Lage der Braunkohleflöze. Weiterhin sind noch anthropogene Terrassenformen und ein wassergefüllter Schachtteich der ehemaligen Grube *Wilhelm* vorzufinden (vgl. Erxleben und Großmann 1999: 108-110).

Verwendete Hauptquellen

Baumann, Kathrin (2009): *Entwicklung der Moorvegetation im Nationalpark*. In: Nationalparkverwaltung Harz (Hrsg.): Schriftenreihe aus dem Nationalpark Harz, Band 4, Wernigerode: Selbstverlag, ISSN: 2199-0182

Beug, Hans-Jürgen/Henrion, Irmtraud/Schmüser, Anneke (1999): *Landschaftsgeschichte im Hochharz – Die Entwicklung der Wälder und Moore seit dem Ende der letzten Eiszeit*. Clausthal-Zellerfeld: Papierflieger

Göttlich, Karlhans (1990): *Moor- und Torfkunde*. 3., vollständig überarbeitete, ergänzte, erweiterte Auflage, Stuttgart: E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung

Luthardt, Vera/Zeitz, Jutta (2014): *Moore in Brandenburg und Berlin*. Rangsdorf: Natur+Text

Succow, Michael (1986): *Moore in der Landschaft – Entstehung, Haushalt, Lebewelt, Verbreitung, Nutzung und Erhaltung der Moore*. Leipzig/Jena/Berlin: Urania

Teil V
Fachdidaktische Exkursionen

15 Burgen im Harz

Tim-Christopher Stutz

Burgen gelten neben Kathedralen historisch und kulturell als symbolträchtigste Bauwerke des Mittelalters, doch auch für Geographen sind die alten Wehrbauten interessant. In den Burgen des Mittelalters lassen sich die Wechselwirkungen zwischen dem Menschen und dem ihn umgebenden Raum aufzeigen und ablesen. Warum haben die Baumeister gerade diesen Bauplatz ausgewählt? Welche Funktion hatte die Burg? Wie hat sie den Raum geprägt und welcher Nutzungswandel ist dem Bauwerk im Laufe der Zeit widerfahren? Gerade diese Bezüge machen eine Burg zu einem spannenden Exkursionsfeld, um Schülern geschichtliche und geographische Zusammenhänge näherzubringen. Um den im Berliner Rahmenlehrplan geforderten fächerübergreifenden Unterricht praktisch umsetzen zu können, ist die folgende Exkursion zur Burg Hohnstein als fachdidaktische Exkursion für Studenten und Lehrkräfte der Fächer Geographie und Geschichte entwickelt worden.

Einführung ins Thema

Burgenkunde

Im Mittelalter gab es, je nach Quelle, auf dem Gebiet der heutigen Bundesrepublik Deutschland ca. 19.000 bis 25.000 Burgen (vgl. Mosebach 1993: 9). Da viele Burgen nur noch archäologisch nachweisbar sind oder in Urkunden erwähnt werden, ist davon auszugehen, dass es sich tatsächlich eher um 25.000 Anlagen handelte. Durch die hohe Anzahl an Bauwerken und die Tatsache, dass vor der Moderne viele Gebiete Deutschlands noch von einem Urwald überwuchert waren, ergibt sich somit der Schluss, dass die Burg somit das raumdominierende Bauwerk im Mittelalter gewesen ist.

Das Wort Burg entstammt dem Indoeuropäischen und bezeichnet im heutigen Sinne einen in sich geschlossenen, bewohnten Wehrbau. Die Vorläufer der mittelalterlichen Burg sind schon in der Antike zu finden. So bauten die Römer zur Grenzbefestigung Kastelle – man denke hier an den *Limes* oder den *Hadrianswall* – zur Unterbringung ihrer Legionen (vgl. Piper 1995: 1-3). Das heutige Bild einer Burg ist größtenteils von der Romantik geprägt. Bauten des 19. Jahrhundert wie das Schloss Neuschwanstein oder die Burg Hohenzollern gelten landläufig als die typische *Ritterburg*. Gerade aber im Frühmittelalter unterschieden sich die Burgen stark von diesen Bauwerken. Im 9. und 10. Jahrhundert war der Burgenbau noch Privileg des Hochadels. Es wurden vor allem Wallburgen mit Holzzaun und steinernem Wehrturm zur Sicherung gegen die Ungarneinfälle im Osten des Heiligen Römischen Reiches gebaut. Weiterhin war der Bau der Burgen zur Ausübung der königlichen Macht notwendig, da es aufgrund fehlender Infrastrukturen notwendig war, dass der Kö-

nig seine Präsenz im Reich zeigte. Zur Sicherung ihrer Macht bauten die Könige Pfalzburgen in ihren Gebieten und zogen von Burg zu Burg, was sich auch an den vielen Pfalzburgen aus dem 10. Jahrhundert im Harz-Raum widerspiegelt. (vgl. Mosebach 1993: 7-9) Im 11. Jahrhundert sorgte die Schwächung des Königtums durch den Streit mit dem Papsttum dafür, dass immer mehr Adelige ihre eigenen Burgen bauten, um dadurch ihre eigenen Machtgebiete zu sichern und um sich zusätzlich von der normalen Bevölkerung zu distanzieren (vgl. Losse 2011: 21). Begünstigt durch eine Klimaerwärmung um ein Grad, die längere und wärmere Sommer mit sich brachte, wurden nun mehr Burgen aus Stein gebaut. Zu dieser Zeit wurde aus dem Wehrturm, dem Bergfried, ein Wohnturm, der als Kern der Burg als letzte Verteidigungsposition diente. Durch den Staufisch-Welfischen Thronstreit im 12. Jahrhundert, der einen weiteren Zerfall der Macht des Zentralkönigtums mit sich brachte, strebte eine neue gesellschaftliche Schicht nach oben. Aus den Niederadeligen und Verwaltungsbeamten (Ministerialen) entwickelte sich der Ritterstand, der seinerseits den neuen Status und dazugehörige Machträume durch den Bau von Burgen absicherte. (vgl. Losse 2011: 21) Durch diese Zersplitterung der Herrschaft im Heiligen Römischen Reich ist der Burgenbau-Boom im 12./13. Jahrhundert begründet, was auch die hohe Anzahl an Burgen im Harzer Raum erklärt.

Burgen unterscheiden sich in zwei große Gruppen, die Höhen- und Niederburgen. Die Niederburgen sind Wehranlagen, die in Niederungen gebaut wurden. Die Niederburgen wurden durch umgebende Seen oder Wassergräben geschützt (Wasserburg) oder zum Schutz in der Nähe von Sumpfgebieten errichtet (Sumpfburg). Die Höhenburgen nutzen die topographischen Gegebenheiten der Höhenzüge wie den Harz aus. Die am meisten gebräuchlichen Bauformen waren hier die Gipfelburg (Bau auf einer Bergkuppe), die Felsburg (unzugänglicher Fels), die Hangburg (im Hang gebaut), die Kammburg (auf einem Bergrücken) und als häufigster Vertreter die Spornburg. Bei Letzterer wurde ein Gelände ausgewählt, welches von drei Seiten abschüssig und nur von einer Seite zugänglich ist. Dadurch war die Burg gut geschützt, aber dennoch zu erreichen.

Beim Bau wurde neben der topographischen Lage darauf Wert gelegt, dass sich das entsprechende Baumaterial in der Nähe befand. Im Harz waren 73 % des untersuchten Burgenbaumaterials deckungsgleich mit dem Bauuntergrund. Für den Aufbau einer Burg und den Ausbau der Decken war Holz ein wichtiges Baumaterial. Dementsprechend wurde meist darauf geachtet, dass sich ein Waldgebiet in der Nähe befand. Weiterhin erfolgte auch ein Teil der Nahrungsbeschaffung über den Wald, da im Mittelalter dem Adel das alleinige Recht zur Jagd unterlag. Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt war die Wasserversorgung. Dazu mussten bei Höhenburgen oft Brunnen bis zur Talsohle gebohrt werden, um an das lebensnotwendige Wasser zu kommen. Häufig wurden die Wasservorräte durch Zisternen ergänzt, die das Regenwasser sammelten. Dennoch war Wasser auf den Burgen meist Mangelware und wurde nur zur Essenzubereitung genutzt. Die Planierung des Unter-

grundes im felsigen Gelände erfolge über die Sprengung des Felsens mittels Wasser. Dazu wurden Holzkeile in Spalten gesteckt, die man anschließend mit Wasser tränkte. Durch das Aufquellen des Holzes wurde der umgebende Fels weggesprengt. Grundsätzlich passte man die Burgenform der vorhandenen Topographie an. Wie bei der Burg Hohnstein schlängelten sich die einzelnen Teile der Burg um den Berg herum und endeten beim Burgfried, der den höchsten Platz in der Raumkonstruktion einnahm. Für den Bau einer Burg wurden Fachleute und die Bauern aus der Umgebung hinzugezogen. Da der Bau von mittleren bis großen Burgen wie der Hohnburg ca. 3-4 Jahre dauerte, wurden die Bauern zur Erntezeit wieder zurück auf die Felder geschickt, um die Burgherren auch weiterhin mit Lebensmitteln versorgen zu können. Laut dem Historiker Zeune (1996: 165) lagen die Baukosten nach heutigen Maßstäben je nach Größe zwischen 2 und 5 Millionen Euro und sind somit dem Bau einer heutigen Villa gleichzusetzen.

Das Leben auf einer mittelalterlichen Burg ist nach heutigen Maßstäben eher als beschwerlich zu bezeichnen. Je nach Größe einer Burg unterschieden sich die Platzverhältnisse. Da man aber mit dem Vieh und den Bediensteten zusammenlebte, war zumeist wenig Platz vorhanden und der Lautstärkepegel recht hoch. Nur wenige Zimmer (Kematen) waren mit Kaminen ausgestattet und die dicken Mauern ließen sich kaum aufheizen. Dementsprechend versammelten sich die Burgbewohner abends vor dem Kamin und versuchten ein wenig Wärme abzubekommen. Einige Burgen besaßen schon Kachelöfen, die sich aber heute in den meisten Ruinen nicht mehr nachweisen lassen. Fensterscheiben wurden erst im Laufe des Spätmittelalters erschwinglich und so versuchte man sich mit Tierhäuten oder Holzläden, vor die Fenster angebracht, vor der Kälte zu schützen. Bei geschlossenen Fenstern versuchte man mit Kienspänen ein wenig Licht ins Dunkle zu bringen. Es ist anzunehmen, dass durch das Abbrennen des Kiefernharzes die meisten Wände schwarzgefärbt waren und es somit im Winter nicht nur kalt, sondern auch recht stickig in den Zimmern war. Die Räume waren oft mit Kalk verputzt und die Bewohner verschönerten sich die Räume durch Ritzzeichnungen, die vielfach Rittergeschichten darstellten. Nur höhere Adelige hatten die finanziellen Mittel sich Teppiche zu leisten, die man zu Feiertagen an die Wände hing. (vgl. Zeune 1996: 158-169) Das Mobiliar einer Burg war im Vergleich zum heutigen Wohnkomfort eher spärlich. Meist gab es nur Tische und Holzbänke, die mit einem Klappmechanismus versehen waren, um sie bei Nichtbenutzung zur Seite stellen zu können. Feste Stühle waren nur dem Adel vorbehalten. Bei weniger begüterten Burgbesitzern wurden auch Truhen als Sitzgelegenheit genutzt. (vgl. Zeune 1996: 170-181)

Mit dem Aufkommen des Schwarzpulvers im Spätmittelalter und der damit zusammenhängenden Entwicklung von Kanonen waren die meisten Burgen militärtechnisch überholt. Viele Burgen, wie auch die Hohnburg, wurden mit dickeren Mauern und Kanonentürmen zur besseren Verteidigung versehen. Ab dem 13. Jahrhundert setzten sich größere Adelsdynastien in den stetigen Macht-

kämpfen immer mehr durch und konsolidierten damit die eigenen Machtgebiete. Dementsprechend wurden weniger Burgen benötigt und die Zahl der Neuburgen nahm im Laufe der Zeit immer weiter ab. Im Spätmittelalter hatte sich das Klima auch wieder so abgekühlt, dass die vorhandenen Burgen oftmals zu repräsentativen Schlössern mit mehr Wohnkomfort, wie das Schloss Wernigerode, umgebaut wurden. Durch das Aufkommen von großen bezahlbaren Fensterscheiben war man jetzt in der Lage, das Licht- und Wärmeproblem der Bauwerke lösen zu können. (vgl. Losse 2011: 25f.)

Viele Burgen wurden in der Renaissance aufgegeben oder im Bauernkrieg 1525 und im 30-jährigen Krieg geschliffen. Danach dominierten Burgruinen das Landschaftsbild in deutschen Landen. Erst in der Romantik wurden die Burgen von Künstlern und Denkern wiederentdeckt, die damit eine Faszination für die alten Wehrbauten legten, die bis heute in der touristischen Nutzung widerhallt. (vgl. Sternal 2010: 179f.)

Burgen im Harz

Das Harzgebiet besitzt die höchste Burgendichte innerhalb Europas. Hier befanden sich rund 240 Anlagen, die sich heute noch nachweisen lassen. Allein innerhalb des Harzes und seinen direkten Randgebieten standen knapp über 100 Anlagen. Darin spiegelt sich die Bedeutung des Harzes als alte Kulturlandschaft wider und auch die Geschichte des deutschen Mittelalters lässt sich am Burgenbau im Harz ablesen.

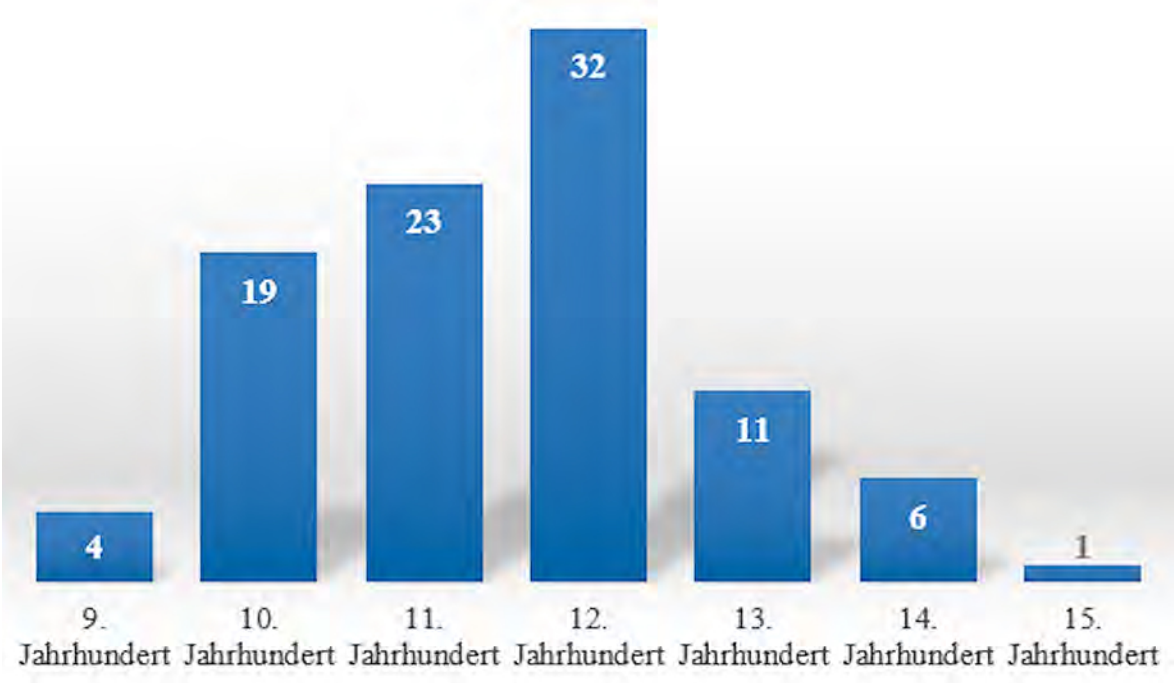


Abbildung 15.1 **Burgenbau im Harz**
Diagramm: Tim-C. Stutz (Datenquellen: Stolberg 1983; Sternal 2010-2014)

Wie in Abbildung 15.1 zu erkennen, wurden im 9. Jahrhundert wenige Anlagen im Harz erbaut. Mit der Wahl von Otto I. zum deutschen König im 10. Jahrhundert rückte der Harz erst als Grenzgebiet zu den heidnischen Slawen und später als Kernland des Heiligen Römischen Reichs und als Gebiet der sächsischen Hausmacht in den Fokus der damaligen Politik. (vgl. Frey 1992: 25) Mit dem Zerfall der königlichen Zentralmacht im 11. Jahrhundert und dem Aufkommen neuer adeliger Schichten im 12. Jahrhundert nahm auch der Burgenbau im Harz zu. Hierbei lässt sich sehr gut die Zersplitterung des Reichs sowie des Harzgebietes in regionale Machtgebiete erkennen. Zudem bot der Harz mit seinen reichhaltigen Erzvorkommen wirtschaftliche Gründe, die jeweiligen Machtbereiche abzusichern. Ab dem 13. Jahrhundert nahm der Burgenbau durch die Konsolidierung der Machtgebiete und spätestens mit dem Aufkommen neuer Militärtechnik auch im Harz stark ab. (vgl. Frey 1992: 26; Abbildung 15.1) Innerhalb der Hochzeit des Burgenbaus im 11./12. Jahrhundert dominierten die Spornburg mit 36 % und die Gipfelburg mit 27 % als verwendete Bautypen. (vgl. Abbildung 15.2)

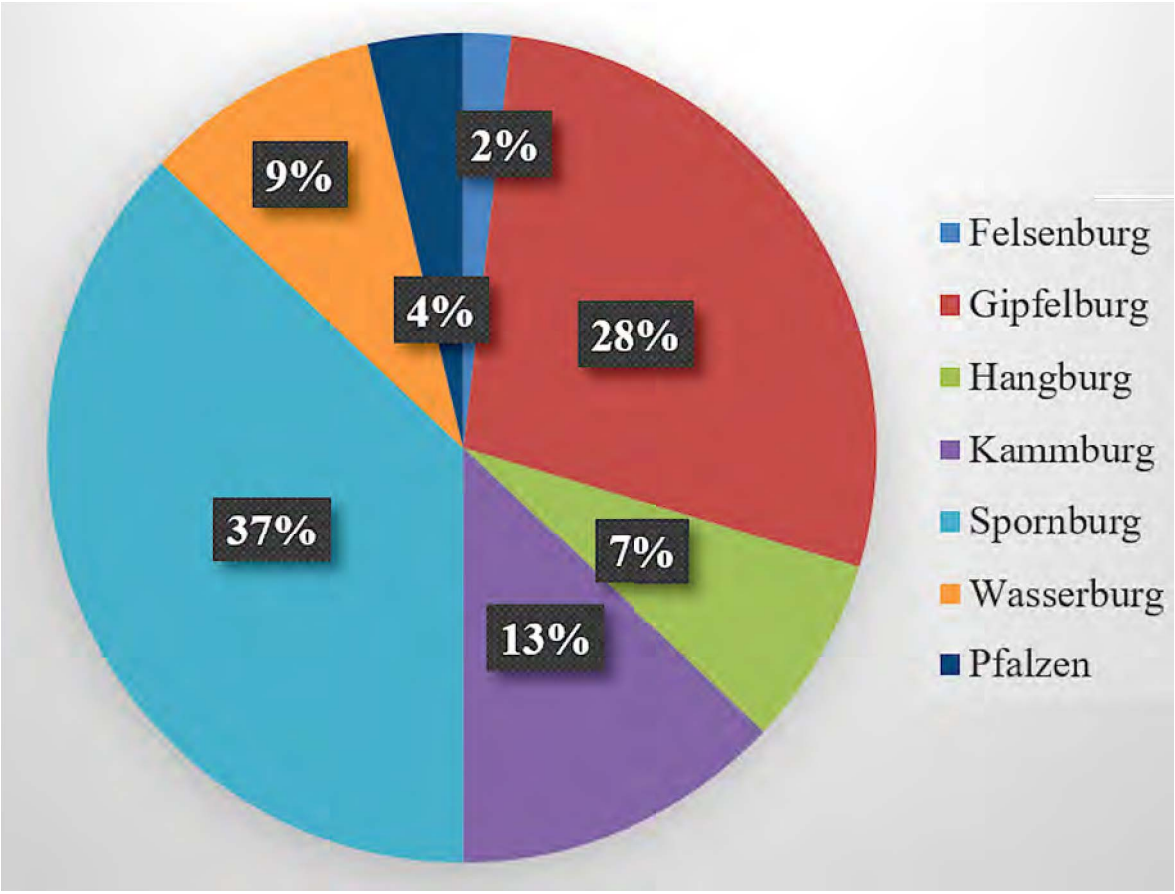


Abbildung 15.2 **Burgentypen im Harz im 11./12. Jahrhundert**
Diagramm: Tim-C. Stutz (Datenquellen: Stolberg 1983; Sternal 2010-2014)

Hierbei werden sicherlich die topographischen Gegebenheiten im Harz als Mittelgebirge eine Rolle bei der Bauform gespielt haben. Besonders auffällig ist dies bei den Gipfelburgen. Bei den 30 Gipfelburgen, die im Harz gebaut wurden, sind 73 % über 300 m ü. NHN und weiterhin 56 % mehr als 400 m ü. NHN gelegen. Die häufigsten Untergründe bei der Bauplatzwahl waren Schiefer (26 %) und Sandstein (18 %) (vgl. Abbildung 15.3), was der geologischen Struktur geschuldet ist.

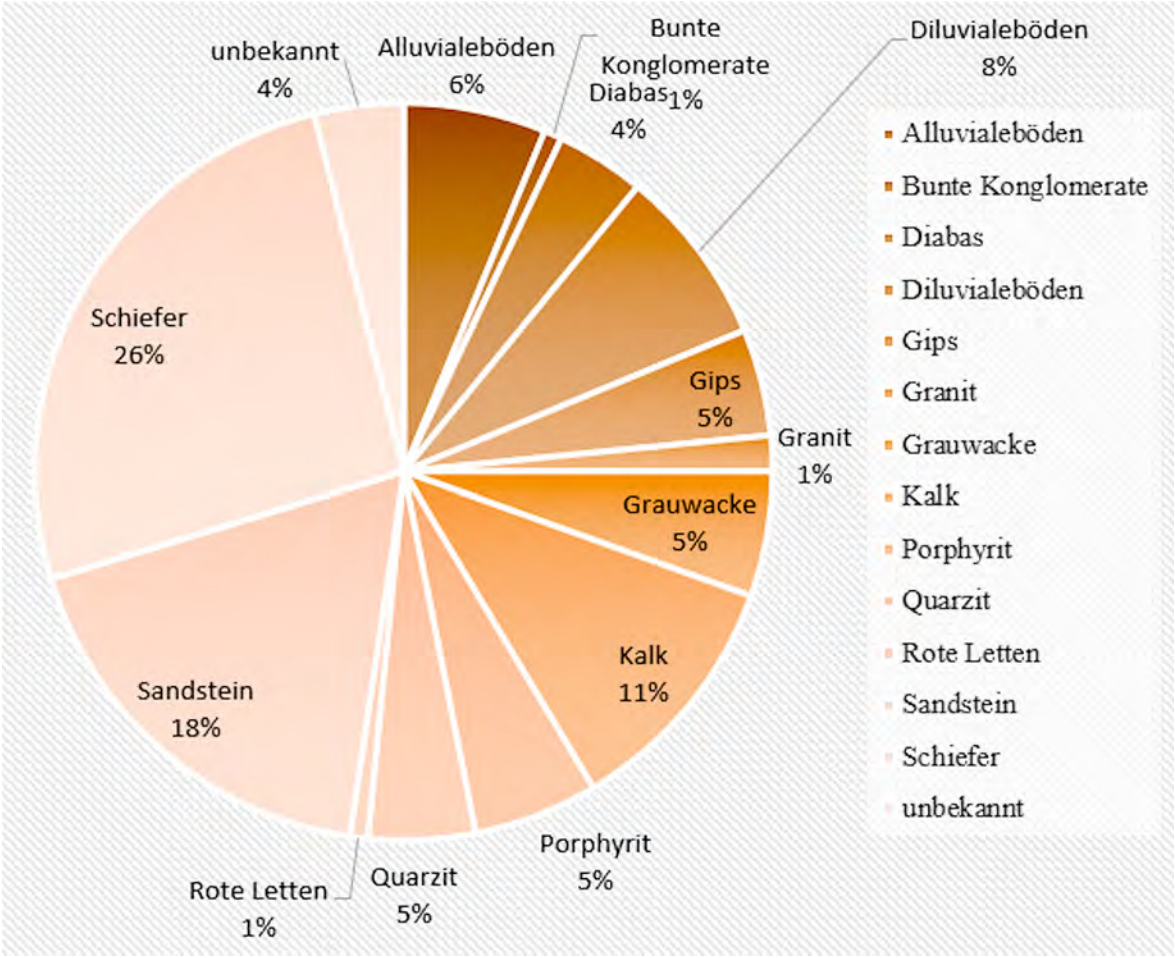


Abbildung 15.3 **Bauuntergründe der Burgen im Harz in Prozent**
Diagramm: Tim-C. Stutz (Datenquelle: Stolberg 1983)

Der Fakt, dass im Mittelalter zumeist Baumaterialien aus der Umgebung verwendet wurden, unterstreicht auch die Analyse des Burgenbaumaterials im Harz. Aufgrund von fehlenden Daten ließen sich noch 86 der Burgen bezüglich des Baumaterials und dem vorhandenen Bauuntergrund vergleichen. Mit 63 Burgen, die aus dem gleichen Material wie dem ihres Untergrundes gebaut wurden, ergibt das eine Schnittmenge von 73 %. Eine der größten Auffälligkeiten bei der Betrachtung der Karte (Abbildung 15.4) ist die Anhäufung der Anlagen um die Flüsse des Harzes. Vorstellbar für den Bau einer Burg in der Nähe eines Flusslaufes war die Kontrollierbarkeit der Wasserwege und

die Wasserversorgung der umliegenden Bauernhöfe, welche wiederum lebensnotwendig für die Versorgung der Burg waren.

Die erhobenen Daten beruhen auf dem Standardwerk von Friedrich Stolberg „*Befestigungsanlagen im Harz und am Harz von der Frühgeschichte bis zur Neuzeit*“ und der fünfbändigen Abhandlung „*Burgen und Schlösser der Harzregion*“ von Bernd Sternal. Es wurden nur Burgen des Mittelalters verwendet, aus Gründen der Übersichtlichkeit sind auf der Karte die Bodenbezeichnungen gekürzt. Eine Liste mit allen Burgen, Namen und Daten befindet sich in Abschnitt 15.5.

15.1 Fachdidaktische Ziele

Geographische Exkursionen sollen der Erkenntnisgewinnung im Gelände dienen. Der Berliner Rahmenlehrplan fordert daher, innerhalb von Exkursionen und im Rahmen von Projekten außerschulische Lernorte aufzusuchen. Hierbei sollen eigene Handlungserfahrungen und deren Verarbeitung im Vordergrund stehen. (vgl. Berliner Rahmenlehrplan 2006: 10) Wie im Curriculum des Landes Berlin gefordert (vgl. Rahmenlehrplan 2017: 21), soll mit der Exkursion die Burg Hohnstein als gemeinsames Themenfeld der Fächer Geographie und Geschichte erforscht werden. Als eines der sinnbildenden Bauwerke des Mittelalters bietet sich die Burg als Exkursionsziel an, um fächerübergreifend den Lernenden empirisch gestützte, geschichtliche und geographische Raumbezüge aufzuzeigen. Die Exkursion zur Burg Hohnstein ist als ca. 2-stündige Arbeitsexkursion für die Jahrgangsstufen 10/11 konzipiert, bei jüngeren Jahrgangsstufen besteht die Gefahr, dass aufgrund des fehlenden Wissens die Bezüge zwischen den Fächern nicht geschlossen werden und die Schüler mit den Arbeitsanweisungen überfordert sind. Im Feld steht die Metareflexion des Erkenntnisgewinnungsprozesses der Lernenden im Vordergrund. Durch Beobachten, Kartieren und Befragen werden räumliche Besonderheiten in einen historischen Kontext gesetzt und damit fächerübergreifend Kompetenzen gestärkt. Dazu zählen die Analyse und die Bewertung komplexer regionaler Beziehungsmuster wie Auswahl des Baugeländes, das Erkennen von Raumkonzepten und das rationale Urteilen über die Vergangenheit und deren Interpretationen. An der Burg Hohnstein lassen sich auch unterschiedliche Raumnutzungskonzepte (Machtsymbol, touristische Nutzung), die im Laufe der Zeit entstanden sind und den Raum prägen, erkennen und analysieren. Weitergehend kann durch den Einsatz von GPS-Geräten die Orientierung im Raum geübt werden. Mit dem Eintragen der ermittelten Lagekoordinaten in eine Burgskizze wird somit auch die Kartenkompetenz gefördert. Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt ist die Bildung von Arbeitsgruppen mit unterschiedlichen Themen. Durch das selbstständige Erforschen des Raumes, das anhand von Arbeitsaufträgen erfolgt, werden das soziale Lernen und das kooperative Arbeiten gefördert. Die anschließende Präsentation der Ergebnisse vor dem Klassenverband übt den Vortragsstil und die freie Rede.

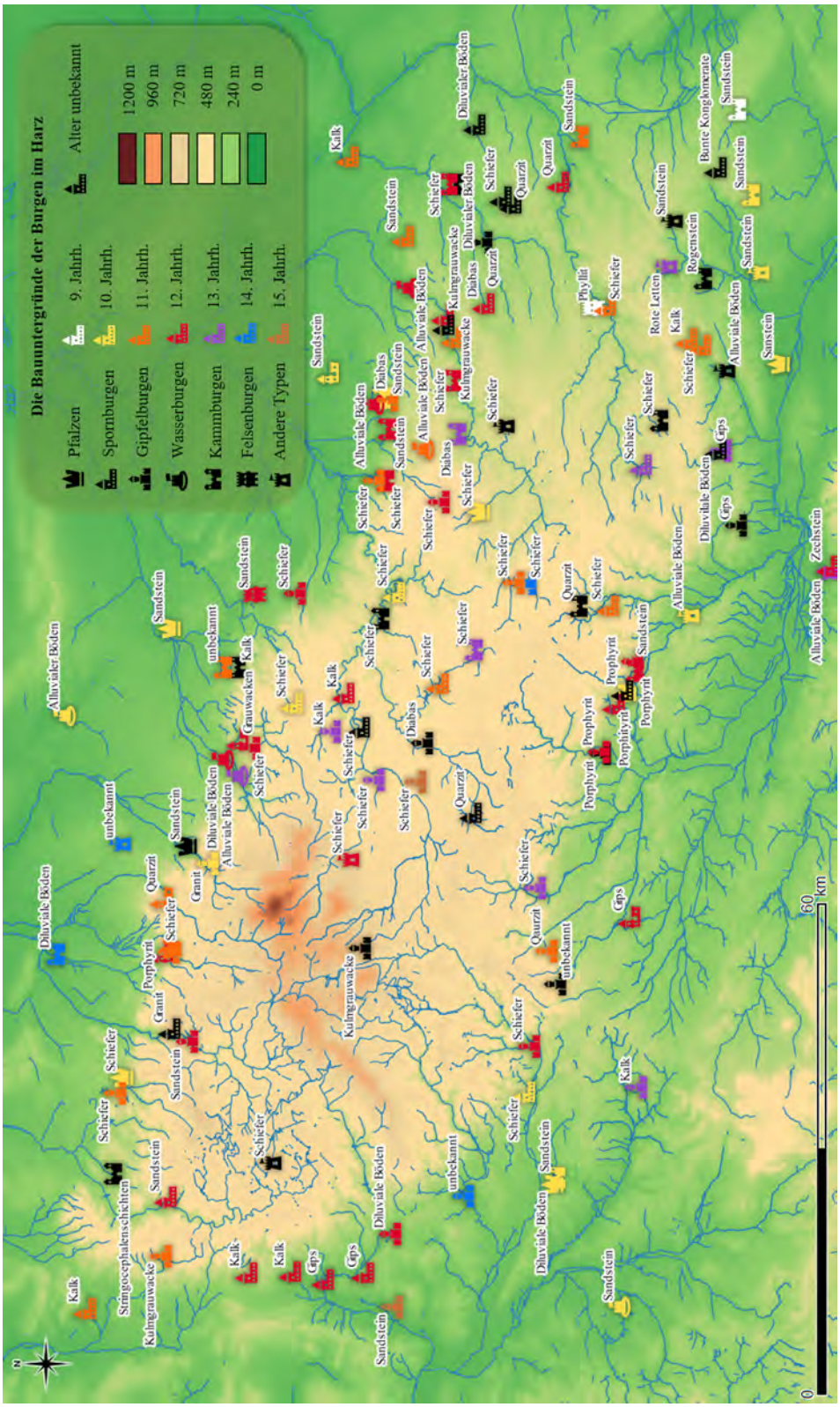


Abbildung 15.4 **Die Bauuntergründe der Burgen im Harz**
Kartendarstellung: Tim-C. Stutz
(Datenquellen: Stolberg 1983; Sternal 2010-2014)

Insgesamt soll die Exkursion ein besseres Raumverständnis der Schüler fördern und aufzeigen, wie der Mensch in einem wechselseitigen Verhältnis über Jahrhunderte den Raum prägen kann.

15.2 Exkursionspunkt: Burg Hohnstein

Geographische Lage	Angaben zur Erreichbarkeit
φ = 51° 45' 00" N λ = 10° 50' 15" O h = 408 m ü. NHN	Die Burg kann fußläufig oder per Auto von der Ortschaft Neustadt/Harz erreicht werden. Ein Parkplatz unterhalb der Burg ist vorhanden.

Die Burg Hohnstein war eine der größten Burganlagen im Harzgebiet und ist heutzutage ein beliebtes Ausflugsziel im Südharz. Die Ruine liegt auf einem 403 m hoch gelegenen Bergsporn und bietet eine hervorragende Sicht auf das Harzvorland. Bei gutem Wetter sind u.a. Nordhausen, der Kyffhäuser sowie die Goldenen Aue zu sehen. Die ca. 200 m lange und 70 m breite Anlage fügt sich in die vorhandene Topographie ein. Beginnend mit dem vorgelagerten Bollwerk auf 380 m ü. NHN, schlängeln sich die einzelnen Bestandteile der Burg in Höhenstufen von jeweils 5 m bis 10 m mit Vorburg, Mittelburg und Oberburg bis zum Bergfried auf 408 m ü. NHN herauf. Das Verteidigungskonzept der Burg sah vor, dass jeder Burgteil mit einem eigenen Zwinger durch den oberliegenden Teil der Burg gut zu verteidigen war. Bei den Baumaterialien wurde, typisch für das Mittelalter, auf solches aus der Umgebung zurückgegriffen. Der Bauuntergrund der Burg Hohnstein besteht aus Porphyrit des Rotliegenden, welches im Perm entstanden ist. Der Baustoff wurde in Quader geschnitten oder als Brauchstein in das Mauerwerk eingearbeitet und mit Mörtel befestigt. Das genaue Baudatum der Burg ist unbekannt, die erste urkundliche Erwähnung erfolgte im Jahre 1202. Konrad von Sangerhausen hatte sich den Porphyritkegel Anfang des 12. Jahrhunderts als Standort für seine neue Herrschaftsburg ausgesucht und nannte sich anschließend Konrad von Hohnstein. Damit fällt der Bau der Burg in den staufisch-welfischen Erbfolgestreit und ist somit Ausdruck der Zeit, in der die königliche Zentralmacht zerfiel und sich viele regionale Machtzentren im Heiligen Römischen Reich ausbildeten. Konrad stirbt 1145 ohne Erben und die Burg fällt nun durch verwandtschaftliche Beziehungen an Elger II. von Ilfeld. Elger steht in der Lehnsherrschaft von Heinrich dem Löwen und übernimmt die Burg Hohnstein als neue Stammburg, deren Namen er anschließend übernimmt. Elger zog 1172 im Gefolge des Löwen in den II. Kreuzzug und wurde zum Dank 1180 zum Reichsgrafen ernannt. Im 12. Jahrhundert beginnt die große Blütezeit derer von Hohnstein. Die Grafschaft erstreckt sich mit den Ortschaften Sondershausen, Lauterberg, Wippra bis hin ins Mansfelder Land über große Teile des Südharzes. Ab 1315 erleidet das Hohnfelder Geschlecht das gleiche Schicksal wie viele Adelsdynastien im Mittelalter. Durch Erbteilungen werden

die Ländereien zersplittert, zusätzlich verliert das Geschlecht der Hohnsteiner durch Fehden und Streitigkeiten immer mehr an Macht in der Region. Im Jahr 1315 wird die Burg durch den Markgrafen von Meißen das erste Mal erobert. 1415 wird die Burg ein zweites Mal durch Friedrich von Heldrungen erobert und 1417 sehen sich die Hohnsteiner gezwungen, die Burg und das Herrschaftsgebiet an das nächste große Adelsgeschlecht im Südharz, den Grafen von Stolberg, zu verkaufen. Um den Wohnkomfort zu verbessern, wird in den nächsten Jahren die Burg zum wehrhaften Renaissance-Schloss umgebaut. Mit dem neuen Bollwerk und Kanonenturm wird der neuen Militärtechnik Rechnung getragen. Damit ist die Burg eine der größten Wehranlagen im Harz. Dennoch wird die Burg im Bauernkrieg 1525 nochmals erobert. Mit dem Tode des letzten Hohnsteiners Ernst VII. im Jahre 1593 erlischt die Harz-Dynastie und auch ihre alte Stammburg sollte das Adelsgeschlecht nicht lange überdauern. Der 30-jährige Krieg wurde der alten Festung zum Verhängnis. Am Weihnachtsabend 1525 plünderten und brandschatzten die kursächsischen Truppen unter Oberstleutnant Vitzum von Eckstedt die Burg. Die ausgebrannte Ruine zerfiel in den nächsten Jahrzehnten und Jahrhunderten, wurde aber gleichzeitig zu einem beliebten Ausflugsziel für Einheimische und Gäste. Im Jahr 1908 wurde ein Gasthaus am Fuß der Burgruine gebaut. Nach 1990 wurden die Burgreste restauriert und befestigt. Die Beliebtheit der Burg lässt sich an den verschiedenen Festen wie der Walpurgisnacht oder dem Burg- und Lichterfest sehen, die über das Jahr verteilt auf der 900 Jahre alten Festung veranstaltet werden.

15.3 Gestaltung der Exkursion (Arbeitsaufträge)

Die nachfolgende fachdidaktische Exkursion wurde im März 2016 von Studenten der Humboldt-Universität zu Berlin durchgeführt und evaluiert. Zur Durchführung wird empfohlen vier Klemmbretter für die Arbeitsgruppen, Stifte, ein GPS-Gerät oder eine GPS-App sowie ein DIN-A2-Plakat zur späteren Sicherung des Erarbeiteten mitzunehmen. Alle Arbeitsaufträge befinden sich im Anhang der digitalen Fassung und können selbstverständlich verwendet werden.

Die Burg Hohnstein ist von der Ortschaft Neustein/Harz aus gut beschildert und leicht zu finden. Unterhalb der Burg befindet sich ein Parkplatz, von dem ca. 15 Minuten fußläufig ein Weg durch einen Wald hinauf zur Burg geht. Der Burgeingang bietet sich perfekt an, um das Wissen der Schüler mit einem kurzen Vortrag über die Entwicklung der Burgen im Mittelalter aufzufrischen. Damit sollen die Grundlagen für die gestellten Aufgaben gelegt und sichergestellt werden, sodass die Lernenden die Aufgaben im Feld lösen können. Je nach vorhergehendem Unterricht lässt sich der Vortrag variieren oder auch komplett einsparen. Anschließend sollten nun vier Arbeitsgruppen gebildet werden. Die Arbeitsaufträge unterscheiden sich grob thematisch in Raumerkundung, Aufbau der

Burg, Leben im Mittelalter, Tourismus. Für die Erarbeitung im Feld sind etwa 60 Minuten einzuplanen. Es bietet sich an, als Treffpunkt die Burggaststätte Hohnstein (online: *http://www.burghohnstein.de*) zu wählen und hier vorab Plätze zu reservieren. In der Gaststätte können die einzelnen Arbeitsgruppen ihre Ergebnisse wetterunabhängig vorstellen und diese auf einem Arbeitsplakat fixieren. Durch die verschiedenen Themenbereiche, die auf dem Plakat zusammengetragen werden, erschließt sich die Burg als Ganzes. Mit einem anschließenden Vortrag des Lehrenden zur Burg Hohnstein lässt sich überprüfen, ob die Ergebnisse der Arbeitsgruppen mit der Wissenschaft deckungsgleich sind. Ferner können einzelne Punkte oder Probleme vor Ort bzw. im Feld geklärt werden.

Arbeitsgruppe 1 – Raumerkundung (vgl. Arbeitsaufträge, S. 281-283 im Anhang)

Die erste Arbeitsgruppe soll den umliegenden Raum der Burg erkunden und damit den Zusammenhang zwischen vorhandener Topographie, dem Bautyp und der Bauplatzwahl erkennen. Dazu wird gefragt, um welchen Burgentyp es sich handelt. Die Begründung, warum es sich um eine Spornburg handelt, kann mit einer Skizze in das Arbeitsblatt eingetragen werden. Darauf aufbauend soll die Gruppe nun reflektieren, warum die Spornburg eine bevorzugte Bauform im Mittelalter war. Das Gelände vor Ort zeigt anschaulich, dass damit die Burg von drei Seiten geschützt war. Bei der Bestimmung des Baumaterials wird physisch-geographisches Wissen abgefragt, auf den digitalen Arbeitsblättern wurden Granit, Porphyrit und Sandstein vorgestellt, um den Schülern die Bestimmung der Gesteine zu erleichtern. Wichtig ist hier, dass die Schüler erkennen, dass der Bauuntergrund aus Porphyrit besteht und somit deckungsgleich mit dem Baumaterial ist. Resultierend daraus ist die Erkenntnis, dass im Mittelalter das Baumaterial einer Burg meistens in der Nähe erstellt wurde. Als weitere Transferleistung kann hier noch nachgefragt werden, was Porphyrit, als Ergussgestein, über die Landschaft im Rotliegenden Dyas aussagt.

Arbeitsgruppe 2 – Aufbau der Burg (vgl. Arbeitsaufträge, S. 284-285 im Anhang)

Die zweite Gruppe soll den Aufbau der Burg erarbeiten. Dazu werden die Lernenden mit GPS ausgestattet, wahlweise kann hier auch eine Smartphone-App benutzt werden. Auf dem Arbeitsblatt befindet sich dazu eine Zeichnung der Burg Hohnstein um 1600 (vgl. Anhang Arbeitsaufträge, S. 4). Die Gruppe soll die Lagekoordinaten, die Höhenstufen der Zwinger und des Bergfriedes eintragen. Dadurch wird der Umgang mit GPS und Lagedaten geübt, zudem arbeiten die Lernenden an ihrer Kartenkompetenz und lernen, sich im Raum zu orientieren. Als Transferleistung soll zudem

erkannt werden, dass man das Verteidigungskonzept der Burg den natürlichen Gegebenheiten anpasste. Die Zwinger liegen in Höhenstufen von jeweils 5 m bis 10 m auseinander und können jeweils von dem höher gelegenen Teil der Burg aus verteidigt werden. Der Bergfried der auf rund 408 m ü. NHN liegt, stellt als höchster Punkt die letzte Verteidigungsbastion dar. Als weitere Aufgabe, um auch die sich in dem Aufbau der Burg widerspiegelnden Veränderungen des Mittelalter zu erfassen, soll auch das vorgelagerte Bollwerk untersucht werden. Hier ist zu erkennen, dass die Burgmauern im Gegensatz zu der Oberburg breiter sind und sich innerhalb der Mauer runde Löcher befinden. Im geschichtlichen Kontext kann daraus geschlossen werden, dass es sich um einen Anbau aus dem Spätmittelalter handeln muss. Die breiteren Mauern sollten dem Kanonenfeuer standhalten und auch die Burg wurde mit Kanonen ausgestattet.

Arbeitsgruppe 3 – Leben im Mittelalter (vgl. Arbeitsaufträge, S. 286-288 im Anhang)

Burgen hatten im Mittelalter verschiedene Funktionen. Die Lernenden sollen verschiedene Burgenfunktion gegenüberstellen und überlegen, auf welcher Art von Burg sie sich befinden. Eine Hilfestellung vor Ort wäre das Ausschlussverfahren. So ist z.B. klar ersichtlich, dass es sich aufgrund des fehlenden Flusses nicht um eine Zollburg handeln kann. Die Erkenntnis, dass es sich um eine Herrschaftsburg handelte, soll nun in der nächsten Aufgabe benutzt werden, um sich in die Lage des Burgbesitzers zu versetzen. Bei einem Rundblick vom Bergfried über das Harzvorland sollen die Lernenden die umgebenden Dörfer zählen und dabei nachempfinden, wie sich der Blick im Mittelalter angefühlt haben könnte. Durch einen Perspektivwechsel wird nun die Position des Bauern in den Dörfern eingenommen. Ziel ist es, dass die Schüler erfahren, dass diese Bauwerke die Landschaft prägen und auch Machtsymbole darstellen. Durch das Fremdverstehen und das Hineinversetzen in andere Personen wird zudem auch ein Verständnis für fremde Denkweisen und Kulturen geübt. Ein weiterer und wichtigerer Aspekt für das Leben auf einer Burg ist die Wasserversorgung. Die Gruppe untersucht dazu den Brunnen. Der Sachverhalt, dass man bis zur Talsohle bohren musste, um an Wasser zu gelangen, zeigt, wie sehr geographische Bedingungen das Leben geprägt haben und es auch heute noch tun. Die Lernenden sollen hierbei reflektieren, dass durch den schwierigen Zugang Wasser zu einem kostbaren Gut wird und dadurch die Hygiene auf einer Burg zu leiden hatte. Bei der Erforschung der Wohnräume ist zu erkennen, dass die Fenstergröße sich von den restlichen Fenstern unterscheidet. Hierbei handelt es um die Wohnräume, die beim Umbau der Burg zum wehrhaften Renaissance-Schloss gebaut worden sind. Die Schüler sollen hier reflektieren, wie die Lebensbedingungen vor den Ausbaumaßnahmen auf der Burg waren und dass es erst in der Renaissance gelang, mehr Licht und Wärme in die Wohnräume zu bringen.

Arbeitsgruppe 4 – Tourismus (vgl. Arbeitsaufträge, S. 289-290 im Anhang)

Bei dieser Gruppe steht vor allem die Raumnutzung im Wandel der Zeit im Fokus. Die Schüler erkunden im Feld empirisch die touristische Nutzung. Dabei stehen die Fragen im Vordergrund, woran die touristische Nutzung von Burgen zu erkennen ist, wer die Gäste sind und welche wirtschaftliche Bedeutung regional den Burgen zukommt. So deuten die vielen Informationsschilder an der Burg Hohnstein, die über das Gelände verteilt sind, und der Burggasthof auf die heutige Nutzung als Naherholungsgebiet hin. Der seit 1908 bestehende Gasthof bietet die Möglichkeit, Gäste und Mitarbeiter zu interviewen, um dadurch mehr über die heutige Nutzung der Burg zu erfahren. Welche Gäste werden bewirtet, wo kommen diese her, an welchen Jahreszeiten ist die Burg am meisten frequentiert oder gibt es gar Ruhezeiten? Dass die ehemalige Stammburg der Hohnsteiner heutzutage eine wirtschaftliche Bedeutung für die Gemeinde Neustadt/Harz besitzt, lässt sich an diversen Veranstaltungen wie der „Walpurgisnacht auf Burg Hohnstein“ oder dem „Lichterfest“ ablesen, die über das Jahr verteilt stattfinden. Von der Funktion als Herrschersymbol im Mittelalter zu einem Steinbruch in der neueren Geschichte bis zur Wiederentdeckung als Projektionsfläche der Romantik im 19. Jahrhundert und zum Wandel zu einem touristischen Ziel im 20. Jahrhundert lässt sich an der Burg Hohnstein der Funktionswandel von Räumen im Laufe der Zeit aufzeigen. Mit Überlegungen, welche Funktionen in der Burg in den verschiedenen historischen Epochen auftraten, soll die Gruppe die unterschiedlichen Nutzungskonzepte des Raums innerhalb der Zeit aufdecken und damit das historische und geographische Raumverständnis der Schüler gefördert werden. Hilfreich hierbei sind Hilfestellungen des Lehrenden und eine gute Vorbereitung der Lernenden, die auch kunsthistorische und kulturelle Themen beinhaltet.

15.4 Karte und Liste der Burganlagen im Harz

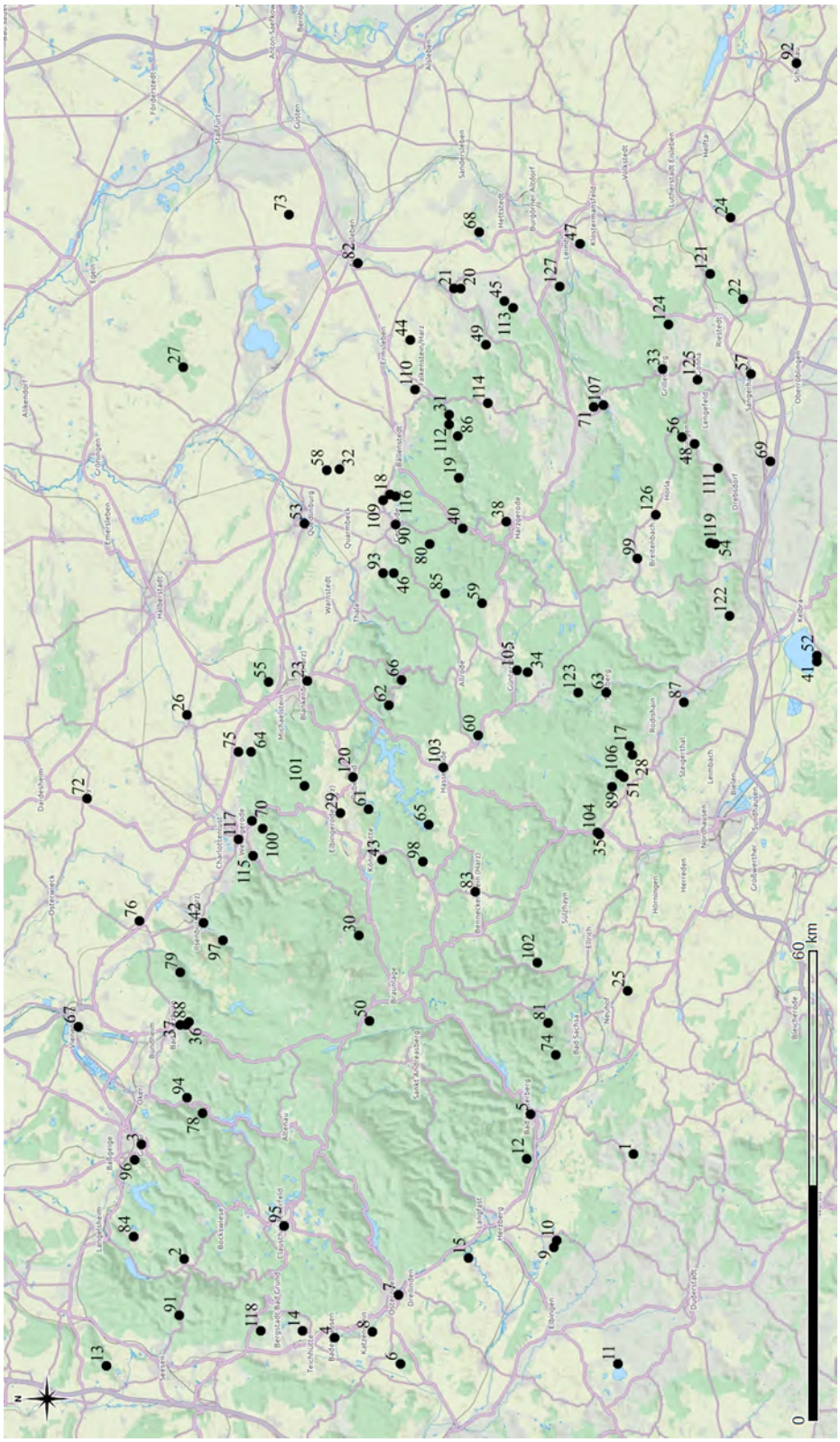


Abbildung 15.5 **Burgen im Harz**
Karte: Tim-C. Stutz (Datenquellen: Stolberg 1983; Sternal 2010-2014)

Nr.	Name	Baujahr	Typ	Höhe	Bauuntergrund	Baumaterial
1	Ruine Allerburg	u.e. 1266	Gipfelburg	322 m	Oberer und Unterer Wellenkalk	Muschelkalk
2	Bielstein	1155	Spornburg	400 m	Spiriferensandstein	Spiriferensandstein
3	Kaiserpfalz Goslar	1005	Kaiserpfalz	285 m	Wissenbacher Schiefer des Mittleren Devons	Sandstein
4	Hindenburg	1152	Spornburg	205 m	Älterer Zechsteingips	Gips-Bruchstein
5	Lauterberg	1183	Gipfelburg	422 m	Kieselschiefer neben Grauwackensandstein	Grauwackensandstein
6	Lichtenstein	u.e. 1404	Gipfelburg	261 m	Unterer Buntsandstein	Sandstein
7	Schloss Osterode	u.e. 1130	Gipfelburg	240 m	Diluviale Schotterterrasse	Quarzittrümmer in Gipsmörtel
8	Pipinsburg	1134	Spornburg	200 m	Älterer Zechsteingips	Plattendolomit, Buntsandstein
9	Pfalz Pöhlde	924	Königspfalz	207 m	Auelehm über diluvialem Schotter	Unterer Buntsandstein
10	König Heinrich Vogelherd	10. Jh.	Kammburg	263 m	Unterer Buntsandstein	Sandstein
11	Seeburg	900	Wasserburg	110 m	Unterer Buntsandstein	Sandstein
12	Burg Scharzfels	950	Spornburg	390 m	Zechstein über Wissenbacher Schiefer	Dolomit, Schiefer
13	Stauffenburg	1050	Spornburg	346 m	Unterer Muschelkalk	Muschelkalk, Buntsandstein
14	Burg Windhausen	1134	Spornburg	230 m	Mittlerer Zechsteinkalk	Dolomit Bruchstein
15	Kalkburg	1337	Gipfelburg	ub.	ub.	ub.
16	Schloss Allstedt	900	Kaiserpfalz	180 m	Unterer Buntsandstein	Sandstein
17	Hohe Allzunah	u.e. 1247	Gipfelburg	473 m	Roter Sandstein über Glimmermelaphyr	Sandstein
18	Alteburg bei Rieder	ub.	Kammburg	325 m	Diabas	ub.
19	Burg Anhalt Ruine Hausberg	1123	Kammburg	398 m	Kieselschiefer des Oberen Devons	Kieselschiefer
20	Arnstein	ub.	Kammburg	190 m	Diluvialer Löß	ub.
21	Arnstein mit Schalksburg	1135	Kammburg	240 m	Wiedaer Schiefer	Rotsandstein
22	Beyernaumburg	10. Jh.	Kammburg	270 m	Unterer Buntsandstein	Sandstein
23	Schloss Blankenburg	1123	Gipfelburg	305 m	Devonkalkeinlagerungen in Wissenbacher Schiefer	Kalk, Rogenstein
24	Schlossberg Bornstedt	880	Kammburg	248 m	Sandstein Oberrotliegend	Sandstein
25	Burg Clettenberg	um 1100	Hangburg	265 m	Jünger Zechsteingips	Gips, Dolomit als Bruchstein
26	Derenburg	937	Königspfalz	180 m	Sandstein Obere Kreide	Sandstein
27	Domburg	u.e. 1310	Kammburg	240 m	Muschelkalk	Muschelkalk
28	Ebersburg	u.e. 1216	Kammburg	410 m	Porphyrit des Unteren Rotliegenden	Porphyrit
29	Elbingerode	1194	Gipfelburg	468 m	Stringocephalenkalk des Devon	Stringocephalenkalk
30	Elendsburg	12. Jh.	Schutzburg	545 m	Tonschiefer des Unteren Oberdevon	Granit

Nr.	Name	Baujahr	Typ	Höhe	Bauuntergrund	Baumaterial
31	Burg Falkenstein	1120	Spornburg	334 m	Kulmgrauwacke	Grauwacke, Sandstein
32	Gersdorfer Burg	961	Hangburg	145 m	Sandstein Untere Kreide	Sandstein
33	Grillenburg	um 1200	ub.	300 m	Rote Letten	Sand- und Backstein
34	Burg Güntersberge	1326	Gipfelburg	340 m	Tonschiefer des Unteren Unterdevon	Schiefer
35	Harzburg bei Ilfeld	u.e. 1242	Gipfelburg	412 m	Porphyrit Rotliegendes	ub.
36	Harzburg, Gr. Burgberg	1065	Gipfelburg	412 m	Porphyrit Rotliegendes	ub.
37	Harzburg, Kl. Burgberg	1180	Hangburg	400 m	Porphyrit Rotliegendes	ub.
38	Schloss Harzgerode	u.e. 1326	Stadtbefest.	387 m	Tonschiefer und Grauwacken des Unterkoblenz	Schiefer-Grauwacken-Bruchstein
39	Burg Hausneindorf	1130	Wasserburg	116 m	Diluvialer Kies	Muschelkalk
40	Heinrichsburg	1210	Kammburg	349 m	Diabas	Granit
41	Heringen	1320	Stadtbefest.	166 m	Alluvialer Talboden	Sandstein
42	Ilsenburg	u.e. 995	Königspfalz	280 m	Unterer Buntsandstein mit Rogensteinzone	ub.
43	Ruine Königsburg	1250	Gipfelburg	460 m	Tonschiefer des Unteren Oberdevons	Tonschiefer
44	Konradsburg	1040	Spornburg	223 m	Sandstein des Unteren Rotliegenden	Sandstein
45	Kleine Kuppenburg	ub.	Spornburg	280 m	Grauwackenschiefer	ub.
46	Große Lauenburg	1164	Kammburg	342 m	Wissenbacher Schiefer des Unteren Mitteldevons	Grobkörniger Ramberggranit
47	Burg & Schloss Mansfeld	11. Jh.	Kammburg	255 m	Sandstein Oberrotliegend	Sandstein
48	Morungen	1030	Spornburg	325 m	Grünschiefer Algonkium	Kleinsplitteriger Grünschiefer
49	Moseburg	u.e. 1073	Gipfelburg	279 m	Hauptquarzit über Wiedaer Schiefer	ub.
50	Königskrug	ub.	Gipfelburg	755 m	Kulmgrauwacke n. granitporphyrischen Granit	Buntsandstein
51	Heinrichsburg	10. Jh.	Königspfalz	210 m	Diluvialer Harzschotter	ub.
52	Numburg	1116	Spornburg	277 m	Zechstein-Hauptdolomit ü. Älterem Zechsteingips	Gips und Dolomit
53	Quedlinburg Stiftsburg	922	Kaiserpfalz	152 m	Sandstein der Unteren Kreide	Sandstein
54	Questenburg	um 1200	Gipfelburg	270 m	Jüngerer Zechsteingips	Gips, Dolomitkalk
55	Regenstein	1186	Felsenburg	295 m	Sandstein Obere Kreide	Sandstein, Rogenstein
56	Sachsenburg	11. Jh.	Spornburg	254 m	Unterer Muschelkalk, Terebratelzone	Muschelkalk
57	Altes Schloss Sangerhausen	990	Stadtbefest.	185 m	Mittlerer Buntsandstein	Sandstein
58	Seweckenwarte	14. Jh.	Kammburg	210 m	Mittlerer Muschelkalk (Dolomit)	Muschelkalk
59	Siptenfelde	923	Kaiserpfalz	405 m	Plattenschiefer Oberdevon, Tanner Grauwacken	Grauwacken, Granit
60	Schloss Stiege	1200	Kammburg	510 m	Diabas, Kulmtonschiefer	Tonschiefer

Nr.	Name	Baujahr	Typ	Höhe	Bauuntergrund	Baumaterial
61	Susenburg	ub.	Spornburg	479 m	Bandschiefer Oberdevon	ub.
62	Schöneburg	ub.	Kammburg	441 m	Diabasporhphyrit zwischen Wissenbacher Schiefer	ub.
63	Schloss Stolberg	11. Jh.	Spornburg	375 m	Tonschiefer Oberdevon	Rotsandstein
64	Struvenburg	ub.	Kammburg	289 m	Unterer Muschelkalk	ub.
65	Trageburg	ub.	Gipfelburg	460 m	Diabas	Ziegelbrocken
66	Treseburg	923	Spornburg	324 m	Diabas und Wissenbacher Schiefer	Tonschiefer
67	Vienenburg	1300	Kammburg	165 m	Diluviale Harzschotter	Buntsandstein
68	Burg Walbeck	ub.	Spornburg	200 m	Diluvialer Löss über Wiedaer Schiefer	ub.
69	Pfalz Wallhausen	9. Jh.	Kaiserpfalz	230 m	Unterer Buntsandstein	ub.
70	Schloss Wernigerode	12. Jh.	Hangburg	360 m	Grauwacken über Tonschiefer	Grauwacken, Sandstein
71	Schlossberg Wippra	9. Jh.	Felsenburg	310 m	Phyllit mit Kalkeinlagen	Backstein
72	Burg Zilly	944	Wasserburg	140 m	Toniger alluvialer Feinsand	Muschelkalk
73	Blaue Warte	11. Jh.	Gipfelburg	140 m	Alluviale Schwarzwerde mit Oberem Buntsandstein	Sandstein
74	Katzenstein	ub.	Gipfelburg	ub.	ub.	ub.
75	Schlichtenburg	1015	Kammburg	ub.	ub.	ub.
76	Stapelburg	1306	ub.	ub.	ub.	ub.
77	Wöbelsburg	1150	Spornburg	ub.	ub.	ub.
78	Birkenburg	12. Jh.	Gipfelburg	400 m	Spiriferensandstein	Spiriferensandstein
79	Hasselburg	1017	Hangburg	320 m	Quarzit mit eingelagertem Zechsteinsdolomit	Quarzit
80	Bad Suderode	1081	Wasserburg	121 m	Alluvialer Feinsand, Kies	ub.
81	Moseberg	11. Jh.	Gipfelburg	270 m	Hauptquarzit über Wiedaer Schiefer	ub.
82	Alte Burg Aschersleben	11. Jh.	Spornburg	160 m	Muschelkalk	Sandstein
83	Benneckenstein	u.e. 1319	Spornburg	520 m	Hauptquarzit Oberkoblenz	ub.
84	Burghagen	ub.	Kammburg	300 m	Stringocephalenschichten des Mitteldevons	Kalk
85	Erichsburg	12. Jh.	Gipfelburg	480 m	Wissenbacher Schiefer des Unteren Mitteldevons	Granit, Schiefer
86	Alter Falkenstein	11. Jh.	Spornburg	335 m	Kulmgrauwacke	Kulmgrauwacke
87	Grasburg	10. Jh.	Fluchtburg	230 m	Alluviale Flussschotter	ub.
88	Harzburg bei Bad Harzburg	1065	Kaiserpfalz	390 m	Kulmtonschiefer, Grauwacke	Grauwacken-Bruchstein
89	Hohnstein	1120	Spornburg	390 m	Porphyrit Rotliegendes	Porphyrit
90	Quedlinburg-Altenburg	1163	Kammburg	198 m	Sandstein Obere Kreide	ub.
91	Schildberg	11. Jh.	Gipfelburg	413 m	Kulmgrauwacke	Grauwacke, Sandstein
92	Alte Burg Schraplau	9. Jh.	Spornburg	160 m	Muschelkalk	Muschelkalk
93	Stecklenburg	1050	Gipfelburg	250 m	Wissenbacher Schiefer	Kalk, Rogenstein

Nr.	Name	Baujahr	Typ	Höhe	Bauuntergrund	Baumaterial
94	Treppenstein	ub.	Spornburg	470 m	Okergranit	Granit, Schiefer
95	Zellerfeld	u.e. 1208	ub.	570 m	Kulm-Tonschiefer	ub.
96	Goslar-Steinberg	1073	Gipfelburg	471 m	Wissenbacher Schiefer, Diabas	ub.
97	Ilsenstein	10. Jh.	Gipfelburg	473 m	Granit	Granit
98	Kapitelsberg	1413	Gipfelburg	454 m	Culm-Kieselschiefer des Unterkarbons	ub.
99	Wolfsberg	13. Jh.	Spornburg	380 m	Tonschiefer Oberdevon	ub.
100	Harburg	12. Jh.	Gipfelburg	435 m	Silurische dunkle und schwarze Kiefer	Sandstein
101	Bodfeld	10. Jh.	Spornburg	492 m	Tonschiefer des Kulm, Kulmgrauwacken	Grauwacken-Bruchstein
102	Stauffenburg bei Zorge	1243	Gipfelburg	420 m	Dunkle Tonschiefer des Unterkarbons	Schiefer
103	Jagdhof Hasselfelde	1043	Spornburg	455 m	Graptolithenschiefer des Obersilurs	ub.
104	Illburg	1150	Gipfelburg	312 m	Porphyrit Rotliegendes	Porphyrit
105	Kohlberg bei Güntersberge	11. Jh.	Gipfelburg	450 m	Tonschiefer Devon, Diabas	Schiefer
106	Heinrichsburg bei Neustadt	ub.	Spornburg	355 m	Porphyrit Rotliegendes	Prophrit
107	Altenburg bei Wippra	11. Jh.	Spornburg	346 m	Schiefer Ober-Unterdevon	ub.
108	Veltheim	966	Spornburg	103 m	Diluvialer Löss	ub.
109	Rieder	1155	Wasserburg	190 m	Alluvialer Kies	Sandstein
110	Meisdorf	12. Jh.	Wasserburg	180 m	Alluvialer Aue-Lehm, Mergel über Kies	Sandstein
111	Großleinungen	u.e. 1253	ub.	220 m	Alluvialer Talboden	Sandstein
112	Ackeburg	u.e. 1216	Spornburg	334 m	Kulmgrauwacke	ub.
113	Große Kuppenburg	ub.	Spornburg	262 m	Hauptquarzit	ub.
114	Klusberg	12. Jh.	Spornburg	290 m	Diabas des Obersilurs	ub.
115	Hasserode	13. Jh.	Wasserburg	275 m	Alluvialer Talschotter der Holtemme	ub.
116	Heimburg	1073	Gipfelburg	250 m	Kalk-Sandstein obere Kreide	Sandstein
117	Schnakenburg	1103	Wasserburg	242 m	Diluviale Schotterterasse	ub.
118	Windhausen	12. Jh.	Spornburg	230 m	Mittlerer Zechsteinkalk ü. Unterem Zechsteinkalk	Dolomit Bruchstein
119	Klauskopf	ub.	Spornburg	280 m	Diluvilaler Schotter über Zechsteinletten	ub.
120	Birkenfeld	1134	Spornburg	450 m	Ilberger Kalk des Devon	Ilberger Kalk
121	Blankenheim	ub.	Spornburg	280 m	Bunte Konglomerate	Sandstein
122	Thierburg	u.e. 1341	Gipfelburg	300 m	Jüngerer Zechsteingips	Gips als Bruchstein
123	Klosterköpfchen	ub.	Kammburg	395 m	Hauptquarzit des Devons	ub.
124	Annaröder Schlößchen	u.e. 1347	ub.	330 m	Sandstein Oberkarbon	Sandstein
125	Bäumelburg	ub.	Kammburg	302 m	Rogenstein über Unterem Buntsandstein	ub.

Nr.	Name	Baujahr	Typ	Höhe	Bauuntergrund	Baumaterial
126	Käkelsburg	ub.	Kammburg	427 m	Tonschiefer des Oberen Unterdevons	ub.
127	Altenburg bei Biesenrode	1145	Spornburg	306 m	Hauptquarzit des Grapto-lithenschiefers	ub.

u.e. = urkundlich erwähnt ub. = unbekannt Jh. = Jahrhundert

Abbildung 15.6 **Liste der Burgen im Harz**
Tabelle: Tim-C. Stutz (Datenquellen: Stolberg 1983; Sternal 2010-2014)

Verwendete Hauptquellen

Losse, Michael (2011): *Kleine Burgenkunde*. Euskirchen: Regionalia

Mosebach, Uwe (1993): *Wo einst die Grafen von Hohnstein lebten – Über die Geschichte der Grafschaft und der Burgruine Hohnstein*. Clausthal-Zellerfeld: Pieperische Duckerei

Sternal, Bernd (2010-2014): *Burgen und Schlösser der Harzregion – Band 1-5*. Norderstedt: Books on Demand

Stolberg, Friedrich (1983): *Befestigungsanlagen im Harz und am Harz von der Frühgeschichte bis zur Neuzeit*. Hildesheim: August Lax

Zeune, Joachim (1996): *Burgen Symbole der Macht – Ein neues Bild der mittelalterlichen Burg*. Regensburg: Friedrich Pustet

16 Naturraum mystischer Harz – Kommentar zum Kinderbuch

Lea Sophie Meyer

Der folgende Beitrag ist im Rahmen eines Exkursionsführers etwas unkonventionell. Er richtet sich zwar an ein fachinteressiertes Publikum, aber noch viel eher an diejenigen, die noch nicht Teil dessen sind, aber irgendwann zu diesem Kreis gehören sollen. Es ist ein per Hand illustriertes, in sich selbstständiges Buch, das auf 20 Seiten Kindern und Jugendlichen im Alter von 6 bis 12 Jahren den Naturraum Harz näher bringen soll. Ziel ist es dabei, Naturphänomene verständlich und auch in der Landschaft wiedererkennbar zu machen. Eingängliches Faktenwissen und spannende Mythenkontexte sollen dies untermalen. So werden beispielsweise die Entstehung des Harzes verbildlicht, Tiere und Pflanzen des Harzes vorgestellt und Rätsel um Einhorn, Teufel und Zwerg gelöst. Der Leser erhält zudem Einblicke in das Klima und Instrumente der Wetterbeobachtung auf dem Brocken, in die Betrachtung des Reliefs und wichtiger Gesteine des Harzes.

Vereinfachte Darstellungen sollen Kindern allein oder auch mit elterlicher Unterstützung den Zugang zu Feldern der Geographie ermöglichen. Das Buch funktioniert eigenständig und erfordert kein weiteres Hintergrundwissen. Es soll sowohl für einen Ausflug vor Ort verwendet als auch aus der Ferne, wie dem Kinderzimmer, ein Erleben möglich machen. Auf das Wesentliche heruntergebrochen soll es Anreiz zur weiteren Beschäftigung und Erkundung des Harzes bieten und die Neugier für verschiedene Facetten der geographischen Betrachtung wecken. Aus didaktischer Sicht steht die spielerische Schulung der Wahrnehmung und die durch Bild und Text vorangetriebene Aktivierung zum selbstständigen Erschließen der geographischen Themen im Vordergrund. Dies lässt sich als Medienkompetenzförderung zusammenfassen. Zusätzlich werden auch Grundsteine für die Sachkompetenz gelegt, indem gängige geographische Fachbegriffe eingeführt und naturräumliche Phänomene beschrieben werden. Die Leser werden für die Komplexität der Mensch-Umwelt-Beziehungen und deren Probleme sensibilisiert. So soll eine Achtung des Naturraums und der Schutz dessen erreicht werden. Das große Anliegen dieses Buches liegt vor allem in der Förderung der Freude am Erkunden und der Neugier auf den Naturraum Harz.

Das Kinderbuch befindet sich im Anhang der digitalen Version des Exkursionsführers und somit auch auf der dem Druckexemplar beigelegten CD-ROM.

Vier ausgewählte Seiten aus dem im digitalen Anhang befindlichen Kinderbuch:

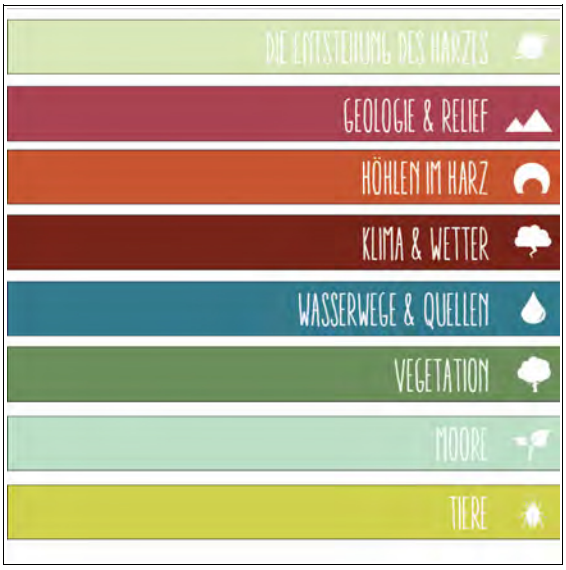


Abbildung 16.1 **Vier Abbildungen aus dem Kinderbuch „Naturraum mystischer Harz“**
Entwurf und Gestaltung: Lea Sophie Meyer

Anhänge

Anhänge der digitalen Version

A Arbeitsaufträge zu Kapitel 15 (Lehrmaterialien)

B Kinderbuch: Naturraum mystischer Harz

C Abbildungsverzeichnis

D Weiterführende Quellenangaben

Burg Hohnstein

Arbeitsgruppe 1

1. Aufgabe

Burg Hohnstein gehört zur Gattung der Höhenburgen, diese unterteilen sich in Gipfelburgen, Kammburgen, Spornburgen und Hangburgen. Zur welcher Subgattung gehört die Burg Hohnstein? Zeichnet eine Skizze von der Lage der Burg und begründet damit Eure Entscheidung.

Burgentypen

- Gipfelburg - eine auf einem Berggipfel errichtete Höhenburg
- Kammburg - eine auf einem Bergkamm oder auf einem Bergrücken liegende Burganlage
- Spornburg - Burganlage auf einem Bergsporn (nach zwei Seiten steil abfallenden Geländeformation unterhalb einer Bergkuppe)
- Hangburg - eine am Hang liegende Burganlage unterhalb eines Gipfels

Skizze

Burg Hohnstein

Arbeitsgruppe 1

2. Aufgabe

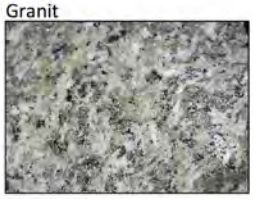
Warum hat sich der Burgherr wahrscheinlich für diesen Bautyp entschieden, was ist der Vorteil an diesem Burgentyp?

3. Aufgabe

Als Baumaterial zum Burgenbau im Mittelalter wurden je nach Region verschiedene Materialen verwendet. Im Harz waren das unteren anderen Granit, Porphyrit und Sandstein. Untersucht die Burg und versucht herauszufinden aus welchen Materialien die Burg sowie der Bauuntergrund bestehen. Falls die beiden Materialen gleich sind, was sagt das über die Baustoffgewinnung im Mittelalter aus?

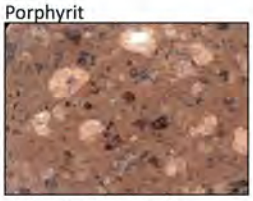
Gesteinstypen

Granit



Plutonit, Tiefengestein

Porphyrit



Vulkanit, Ergussstein

Sandstein

Sedimentgestein

Arbeitsgruppe 1

4. Aufgabe

Das Untergrundmaterial ist im Perm entstanden, was sagt das Material über die Landschaft zu der Zeit aus?

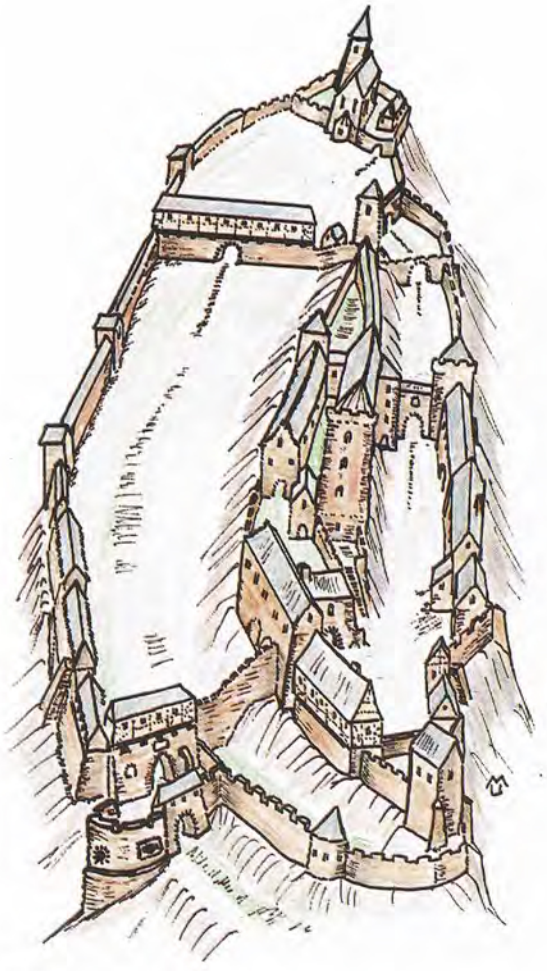
Burg Hohnstein

Arbeitsgruppe 2

1. Aufgabe

In der Abbildung seht ihr die Hohnburg um 1600. Bestimmt mit dem GPS-Gerät die Lage der Burg und tragt die Ergebnisse in die Zeichnung ein. Dazu gehören die Lagekoordinaten, die verschiedenen Höhenstufen der Burganlage und das Einnorden der Skizze.

Abbildung



Burg Hohnstein um 1600
Quelle: Wo einst die Grafen von Hohnstein lebten

Burg Hohnstein

Arbeitsgruppe 2

2. Aufgabe

Ein Zwinger ist ein zwischen zwei Wehrmauern gelegenes, offenes Areal innerhalb einer mittelalterlichen Befestigungsanlage. Bestimmt die verschiedenen Zwinger der Burg Hohnstein und tragt diese mit den jeweiligen Höhenstufen in Skizze ein. Wozu könnte ein Zwinger gedient haben und was sagt das über die Raumkonstruktion der Anlage aus?

3. Aufgabe

Bestimmt den Bergfried innerhalb der Burganlage und tragt diesen inklusive der Höhenmeter in die Abbildung ein. Warum haben die Erbauer diese Stelle für den Bergfried ausgewählt und was sagt das über die Funktion eines Bergfrieds aus?

4. Aufgabe

Schaut euch das Bollwerk (die runde Mauer im Eingangsbereich) genau an, warum sind dessen Mauern dicker als die restlichen Mauern und welchen Funktionen hatten die großen Öffnungen? Begründet historisch und denkt dabei an den Vortrag über Burgen und deren Wandel in der Zeit. Tragt die Lage des Bollwerks in die Abbildung ein.

Burg Hohnstein

Arbeitsgruppe 3

1. Aufgabe

Burgen hatten unterschiedliche Funktionen im Mittelalter, welche Funktion hatte die Burg Hohnstein? Schaut euch die Gegebenheiten an und begründet damit eure Entscheidung.

Funktionen

- Herrschaftsburg - Stützpunkt dynastischer Gebietspolitik und Zentrum politisch-militärischer Herrschaftsausübung
- Fluchtburg - Wehranlagen in Nähe von Besiedlung, meist aus Holz
- Zollburg - Burg für die Überwachung von Pässen oder Flüssen
- Trutzburg - Belagerungs- oder Gegenburg, zum Zweck der Eroberung eines Gebietes

2. Aufgabe

Erklimmt den Bergfried und schaut euch die Landschaft an, wie viele Ortschaften sind zu sehen? Versetzt euch in die Lage des Burgbesitzers, wie könnte sich der Ausblick für ihn angefühlt haben? Nehmt nun einen Perspektivwechsel vor. Wie könnte die Burg auf die Einwohner der umliegenden Ortschaften gewirkt haben?

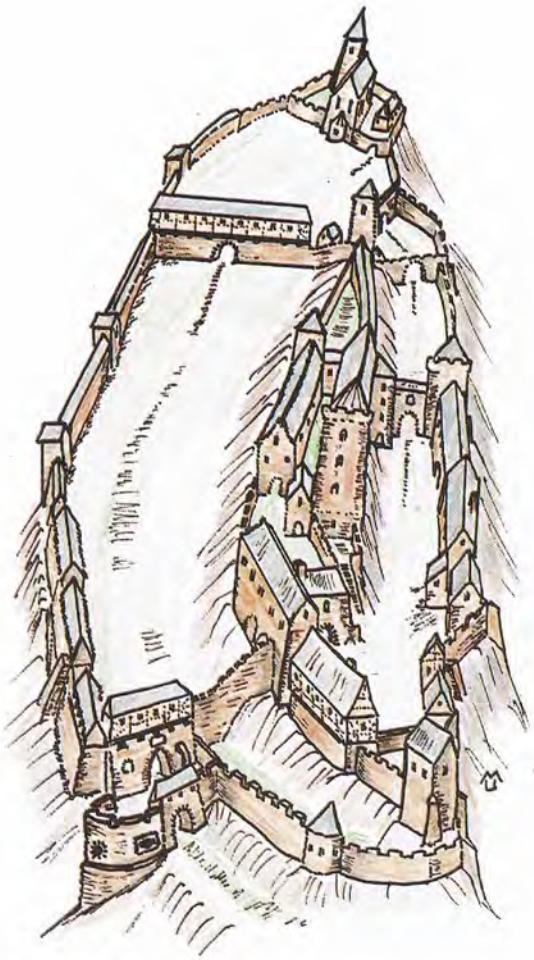
Burg Hohnstein

Arbeitsgruppe 3

3. Aufgabe

Die Wasserversorgung war entscheidend die für Aufrechterhaltung der Vereidigungsfunktion einer Burg. Wie erfolgte die Wasserversorgung auf Burg Hohnstein? Wo kam das Wasser her? Begründe geographisch! Was bedeutet die Art der Wasserversorgung für das Leben auf der Burg im Mittelalter? Tragt die Lage der Wasserung in die Abbildung ein.

Abbildung



Burg Hohnstein um 1600
Quelle: Wo einst die Grafen von Hohnstein lebten

Burg Hohnstein

Arbeitsgruppe 3

4. Aufgabe

Die Burg wurde im Laufe der Zeit einige Male umgebaut. An welchen Stelle der Wohnunterkünfte ist dies zu erkennen? Tragt die Stelle in die Abbildung ein und begründet eure Entscheidung. Was sagt der Umbau über die Lebensverhältnisse auf einer Burg aus?

Burg Hohnstein

Arbeitsgruppe 4

1. Aufgabe

Viele Burgen werden heute touristisch genutzt. Schaut euch das Gelände genau an und schreibt auf woran die touristische Nutzung zu erkennen ist. Denk daran, eventuelle Informationstafeln auszuwerten!

2. Aufgabe

Auf dem Gelände befindet sich ein Gasthof. Findet heraus wie lange der Raum schon touristisch genutzt wird! Schaut Euch dort um und versucht auch anhand von Interviews folgende Frage zu klären.

Fragen

- Welche Angebote sind im Gasthof zu finden? (z.B. Andenkenläden und Speiseangebot)
- Welche Gäste besuchen die Burg und woher kommen sie?
- In welchen Jahreszeiten ist die Burg besonders frequentiert?
- Gibt es besondere Feierlichkeiten an der Burg?
- Wem gehört die Burg?

Arbeitsgruppe 4

3. Aufgabe

Die Burg Hohnstein wurde 1627 zerstört und verfiel, wie viele andere Burgen, im Laufe der Zeit. Wie sind Burgen bis zur ihrer touristischen Wiederentdeckung genutzt worden? Begründe kultur- und kunsthistorisch!

NATURRAUM mystischer Harz

EIN KINDERBUCH – ÜBER DIE PHYSISCHE GEOGRAPHIE DES HARZES

NATURRAUM mystischer harz

EIN KINDERBUCH ÜBER DIE PHYSISCHE GEOGRAPHIE DES HARZES

VON LEA SOPHIE MEYER

ENTSTANDEN IM RAHMEN DES PROJEKTSEMINARS:
PHYSISCHE GEOGRAPHIE DER HARZREGION
BEI DR. REINHARD KLEBEN
MÄRZ 2016

Einlei-tung

In diesem Buch werdet ihr von windigen Bergen, tiefen Tälern, wilden Flüssen und Wasserfällen erfahren. Ihr werdet es mit düsteren Höhlen, Urgesteinen, einer 1000 Jahre alten Eiche und zahmen Luchsen zu tun bekommen. Nebenbei werdet ihr auch Bekanntschaft mit Riesen, Zwergen und Hexen machen.

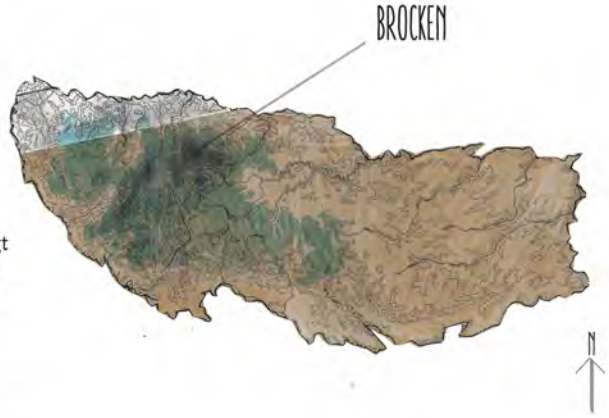
Nebelumwoben, wild und geheimnisvoll -
Willkommen im mystischen Harz!

DIE ENTSTEHUNG DES HARZES
GEOLOGIE & RELIEF
HÖHLEN IM HARZ
KLIMA & WETTER
WASSERWEGE & QUELLEN
VEGETATION
MOORE
TIERE

Die Entstehung des Harzes

WARUM HEIßT DER HARZ HARZ?

Der Name stammt aus einer Zeit, als in der Harz-Region noch sehr wenige Menschen lebten. Zu der Zeit hieß das kleine Gebirge, das mit seinem dichten Wald für die Bewohner nur schwer zu durchdringen war, einfach nur Hard, was in der altdeutschen Sprache Waldgebirge bedeutet.
Aus dem Namen Hard wurde über die Jahrhunderte der Harz.



WO IST DER HARZ?

Der Harz ist ein deutsches Mittelgebirge und liegt auch fast genau in der Mitte Deutschlands. Dort hebt er sich aus dem Norddeutschen Flachland empor.
Der Westteil des Harzes liegt im Bundesland Niedersachsen und ein kleiner Teil im Süden in Thüringen. Der größte Teil des Harzes gehört jedoch zum Bundesland Sachsen-Anhalt.

DIE DIMENSION DES HARZES

Der Harz erstreckt sich von Nordwest nach Südost und ist etwa 110 km lang und zwischen 30 und 40 km breit.
Er bedeckt eine Fläche von 2 226 km², was in etwa der Größe des Landes Luxemburg entspricht.

WIE IST DER HARZ ENTSTANDEN?

Der Harz hat eine sehr lange Geschichte.
Er ist vor vielen Millionen Jahren entstanden.
Hier kannst du sehen wie das in etwa passiert ist.

01. OZEAN

An der Stelle, wo der Harz heute steht, war vor langer, langer Zeit ein riesiger Ozean.

02. BECKEN

Durch Hebung und Senkung des Meeresbodens entstanden Becken und Schwellen. In den Becken sammelte sich herangespültes Material, was man Sediment nennt.

Das Meer war sehr warm und an einigen Stellen des Meeresbodens entstanden Rissen, so dass heiße Magma aufstieg.

03. FALTUNG

Viele, viele Jahre später wurde der Boden gefaltet und all die Gesteinsschichten, die bis dahin entstanden waren, dazu.

04. WÜSTE

Es stieg immer weiter heißes Gestein aus dem Erdinneren auf und verband sich mit dem bereits existierenden Gestein. Es bildeten sich Vulkane und vorübergehend war es hier trocken wie in einer Wüste.

05. MEER

Ewigkeiten später wurde das Gebiet dann wieder überflutet und es lagerten sich neue Salz- und Sedimentschichten ab.

06. HEBUNG

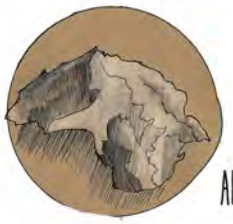
Wieder viele, viele Jahre später wurde das ganze Gebiet, in dem sich heute der Harz befindet, angehoben und die obersten Schichten wurden von Wind und Wetter abgetragen, so dass an vielen Stellen sehr altes Gestein wieder zum Vorschein kam. Bis der Harz ungefähr so aussah, wie er heute aussieht.

Geologie & Relief

GESTEINE DES HARZES

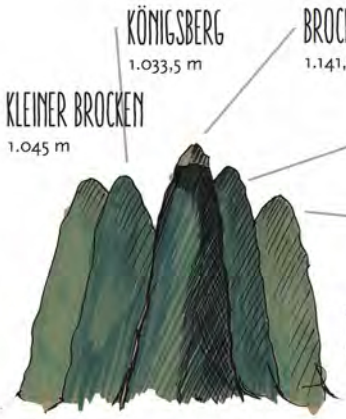
GABBRO

GRANIT



ALABASTER

Der Harz ist geologisch einmalig. Das heißt, dass hier viele Gesteine gleichzeitig vorkommen, die sonst in der Kombination nicht üblich sind.
Weil man hier kostbare Erze gefunden hat, wurde auch lange Bergbau betrieben.

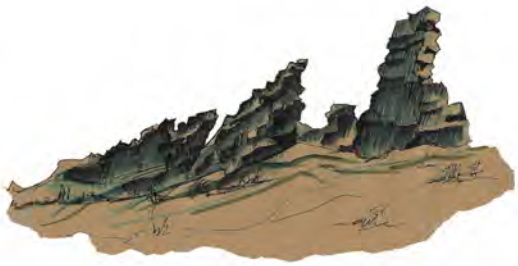


DIE HÖCHSTEN BERGE

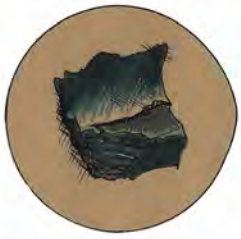
DER BROCKEN

Der nordwestliche Teil des Harzes ist höher und wird Hochharz genannt. Der südöstliche Teil wird als Unterharz bezeichnet. Der Brocken ist der höchste Berg im Harz.
Sein Name kommt von dem nordischen Wort Brok, was etwa soviel heißt wie umwölkt oder benebelt. Vielleicht kommt es durch diese mystische Atmosphäre auch zu den vielen Legenden, die sich um diesen Ort ranken.
So soll der Brocken zum Beispiel jedes Jahr zur Walpurgisnacht der Treffpunkt für Hexen aus aller Welt sein. Unter Hexen hat der Brocken noch einen anderen Namen: Blocksberg.
Wenn das Wetter gut ist, hat man von der kahlen Kuppe aber eine fantastische Sicht auf das gesamte Umland.

DIE TEUFELSMAUER



Der Legende nach entstand diese zerklüftete Mauer, weil der Teufel mit Gott um ein Stück Land wettete. Gott sagte: „Du kannst alles Land haben, was du in einer Nacht umzäunen kannst." Der Teufel lachte sich ins Fäustchen und dachte er hätte ein leichtes Spiel. Er bestellte die Trolle und Zwerge zu sich und befahl eine Mauer zu bauen. Sie machten einen Höllenlärm.
Eine Bäuerin, die einen Hahn zum Markt bringen wollte, kam des Weges. Sie schrie, als sie das Getose hörte, und ihr Hahn erschrak so sehr, dass er vor Angst krähte.
Der Teufel hörte dies und dachte, die Nacht sei bereits vorbei und seine Wette verloren. Aus Wut darüber, dass er verloren hatte, zerstörte er die Mauer.
Was fest steht, ist, dass die Mauer eine Sandsteinformation ist, die vor etwa 100 Millionen Jahren entstand.
Nur ein kleiner Teil ist überhaupt zu sehen, da das Meiste davon unter der Erde liegt.



STINKSCHIEFER

Ein wegen seiner stinkenden Eigenschaft besonders auffälliges Gestein im Harz ist der Stinkschiefer. Er gehört zu den Stinksteinen. Das sind Steine, die einen Stoff namens Bitumen enthalten. Dieser sorgt dafür, dass es stark riecht, wenn man die Steine aneinanderreibt oder zerschlägt.

DIE ROßTRAPPE

Der Harz ist ein Gebiet voller Burgen. Die Prinzessin Brunhilde war auf dem Weg zu einer dieser Burgen, als sie von einem ihrer Verehrer, dem Riesen Bodo, verfolgt wurde. Auf ihrer Flucht sprang die Prinzessin auf ihrem Pferd von Fels zu Fels, während der Riese sie hartnäckig verfolgte. Er hatte sie fast eingeholt, als ihr Pferd einen besonders weiten Sprung wagte. Dabei hinterließ ihr Pferd einen Hufabdruck, den man angeblich heute noch betrachten kann. Brunhilde schaffte es zum nächsten Fels, doch der schwerere Riese Bodo stürzte ins Tal. Seitdem heißt der Fluss in dem Tal „Bode" und der Fels, von dem die Prinzessin und ihr Pferd sprangen, „Roßtrappe".

Höhlen im Harz

Ein großer Teil des Harzes ist auf den ersten Blick gar nicht zu erkennen. Denn unter der Erde tut sich noch eine ganz andere Welt auf: Die Welt der Höhlen und Tunnelsysteme. Im Harz gibt es viele davon, auch wenn nicht alle für Touristen zu besichtigen sind.

WO IST DAS EINHORN IN DER EINHORNHÖHLE?

Als man diese Höhle erkundete, fand man viele alte Knochen von denen man glaubte, dass sie dem legendären Einhorn gehörten. Diese Sage gab der Höhle ihren Namen.
Heute weiß man, dass die Knochen unter anderem von Tieren stammen, die es heutzutage gar nicht mehr gibt. Ein Einhorn ist hier jedoch nie gewesen.

ZWERGENLÖCHER

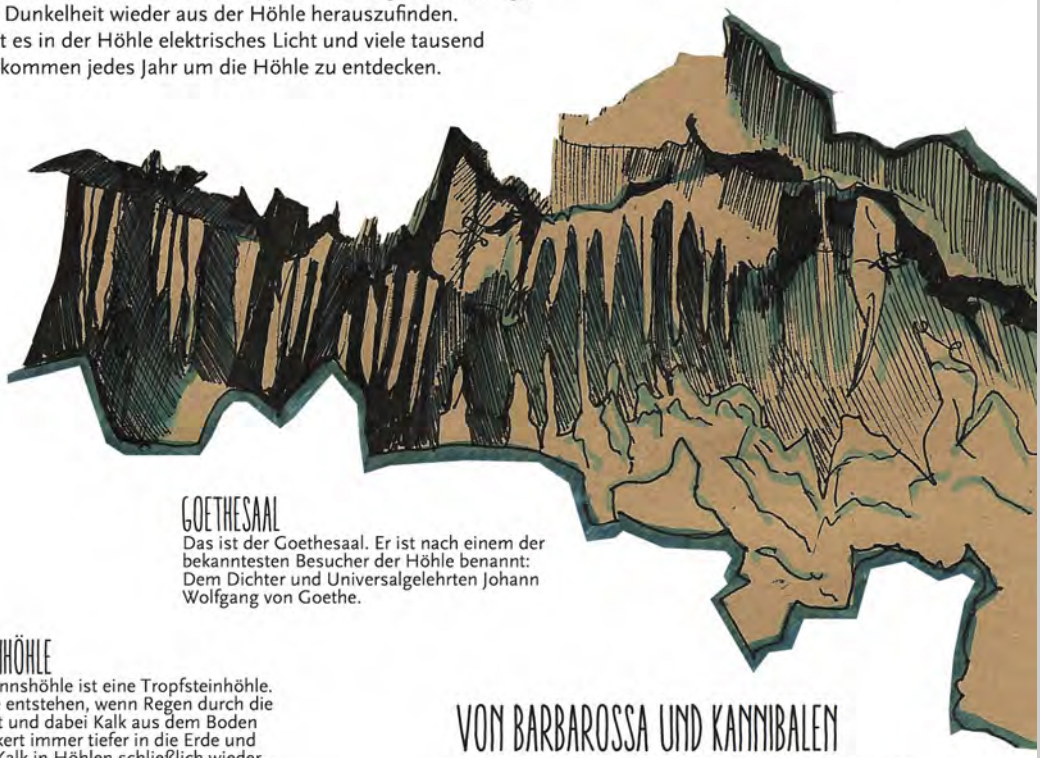
Im Harz gibt es ganz besondere Höhlen, die es nur sehr selten auf der Welt gibt. Weil die Höhlen so aussehen, als ob hier Zwerge hausen könnten, nannten fantasieliebende Menschen sie Zwergenlöcher. Forscher nennen sie hingegen Quellungshöhlen. Sie entstehen, wenn sich ein Mineral namens Anhydrit in Gips umwandelt, dadurch aufquillt und einen blasenartigen Hohlraum bildet. Wenn ein Teil dieses Hohlraums nun einbricht, kann man von außen hineinsehen und es sieht aus, als ob ein Zwerg geradeso darin Platz hätte.

BAUMANNSHÖHLE

Die Baumannshöhle ist die älteste Schauhöhle Deutschlands.
Die Legende sagt, dass die Höhle im 16. Jahrhundert von einem Bergmann namens Baumann entdeckt wurde.
Er verlief sich bei der Arbeit, weil sein Grubenlicht ausging.
So entdeckte er die Höhle. Er brauchte jedoch auch ganze drei Tage, um in der Dunkelheit wieder aus der Höhle herauszufinden.
Heute gibt es in der Höhle elektrisches Licht und viele tausend Besucher kommen jedes Jahr um die Höhle zu entdecken.

DIMENSIONEN DER HÖHLE

Die Baumannshöhle ist insgesamt 1950 Meter lang, wobei normale Besucher nur etwa 600 Meter davon besichtigen können.



GOETHESAAL

Das ist der Goethesaal. Er ist nach einem der bekanntesten Besucher der Höhle benannt: Dem Dichter und Universalgelehrten Johann Wolfgang von Goethe.

TROPFSTEINHÖHLE

Die Baumannshöhle ist eine Tropfsteinhöhle. Tropfsteine entstehen, wenn Regen durch die Erde sickert und dabei Kalk aus dem Boden löst. Es sickert immer tiefer in die Erde und lagert den Kalk in Höhlen schließlich wieder ab.
Dieser Prozess dauert jedoch sehr lange, sodass Tropfsteine sehr langsam wachsen. Die Tropfsteine, die du heute siehst, sind meist mehrere tausend Jahre alt.

VON BARBAROSSA UND KANNIBALEN

Im Umland des Harzes gibt es noch viel mehr Höhlen. Zum Beispiel die Barbarossa- und die Kannibalenhöhle. Aber das ist eine andere Geschichte.

Klima & Wetter

DAS BROCKENGESPENST

Das Brockengespenst ist eine optische Illusion. Sie entsteht, wenn an nebeligen Tagen ein Schatten auf die Nebelwand fällt. Der Schatten wabert genau wie der Nebel, sodass leicht der Eindruck entsteht, dass sich ein mystisches Gespenst durch das Gebirge bewegt.

DAS KLIMA IM HARZ

Im Vergleich zu seiner Umgebung ist es im Harz etwas kälter und es regnet mehr. Vom Atlantischen Ozean
treffen Winde im Westen auf den Harz, die sehr viel Regen mit sich bringen. Er regnet über dem Harz ab, sodass es im Osten des Harzes wieder weniger Niederschlag gibt.

WETTERBEOBACHTUNG IM HARZ – DAS BROCKENOBSERVATORIUM

Auf dem Brocken, der übrigens der windigste Ort Deutschlands ist, wird seit über 120 Jahren das Wetter beobachtet und dokumentiert.
Dafür nutzen die Forscher viele Messinstrumente, die du hier ansehen kannst.

VOGELFLUG
Auf dem Brocken werden Vogelschwärme genaustens beobachtet, was zum Beispiel für den Flugverkehr wichtig ist.

WOLKENBEOBACHTUNG

MESSINSTRUMENTE
WINDMESSUNG
NIEDERSCHLAGSMESSUNG
In dieser Wanne wird Regen aufgefangen. Wenn man es ausleert, weiß man, wie viel es an einem Tag geregnet hat.
C
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
THERMOMETER
Mit einem Thermometer wird die Temperatur gemessen.
SONNENSCHEINMESSUNG
Wie lange scheint jeden Tag die Sonne? Mit diesen Geräten kann man diese Frage beantworten.
BAROMETER
Hiermit kann der Luftdruck gemessen werden. Die Werte werden digital an die Forscher übertragen.
SCHNEEPEGEL
Hiermit wird die Schneehöhe gemessen. Auf dem Brocken gibt es 11 dieser Schneepegel. Die Forscher müssen, wenn viel Schnee liegt, mit Skiern zu den Pegeln fahren, um die Höhe abzulesen.

Wasser-wege Quellen

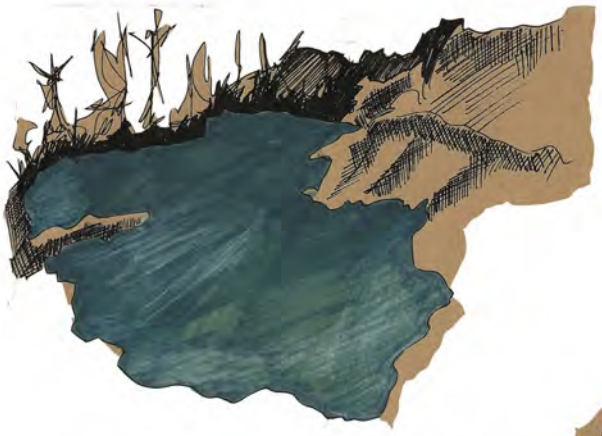
Viele kleine Bäche und Flüsse fließen aus den Höhen des Harzes hinunter in die Ebenen des Harzvorlandes. Auf seinem Weg durch das Gebirge hat das Wasser in den letzten Jahrtausenden tiefe Täler in das Felsgestein eingeschnitten.
Heute werden die Gebirgsbäche fast alle durch den Menschen auf ihrem Weg immer wieder aufgehalten (zum Beispiel in Talsperren).
Um viele der Harzer Wasserwege ranken sich Legenden aus alter Zeit.

WASSERWEGE IM HARZ

Über 20 Flüsse entspringen im Harz. Hier sind zwei wichtige:

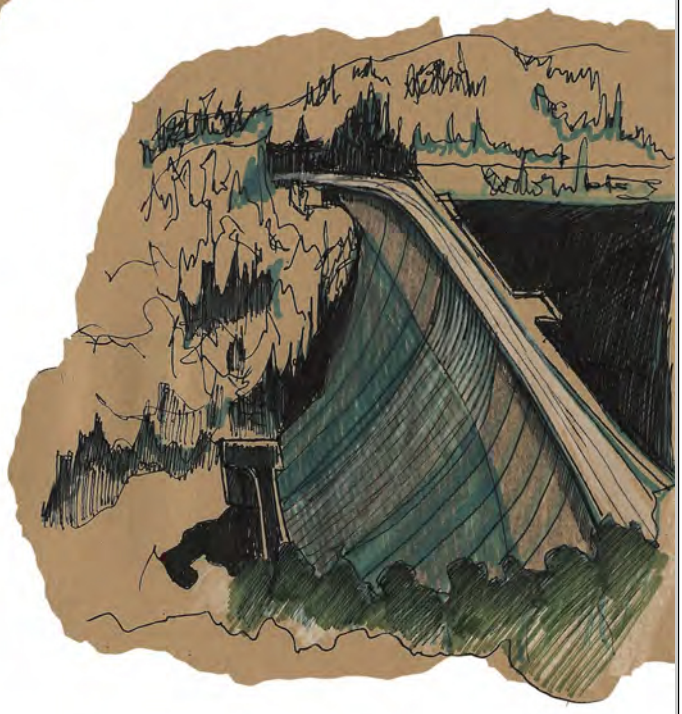
VON DER QUELLE ZUR FLASCHE

Der Harz ist Quelle gleich mehrerer Flüsse und versorgt das gesamte Umland mit Trinkwasser. Viel Quellwasser landet aber auch abgepackt im Supermarkt.



WARUM IST DER BLAUE SEE SO BLAU?

Der Blaue See nahe Rübeland wurde künstlich angelegt. Eigentlich wurde hier früher in einem Steinbruch Kalkstein abgebaut. Das Calcium der Kalksteine sorgt dafür, dass alles was normalerweise im See oben schwimmt, eingeschlossen wird und zum Boden des Sees sinkt. Der See sieht dadurch besonders sauber aus und erstrahlt im Frühling leuchtend blau.



WAS IST EINE TALSPERRE?

Eine Talsperre ist ein Bauwerk, das das Wasser eines Flusses, der aus den Bergen kommt, am fließen hindert und es zu einem See aufstauen lässt.
Das Wasser wird nur ganz kontrolliert weiter gelassen. Das macht man, weil mit der Kraft des Wassers Strom gewonnen werden kann.
In Zeiten von besonders viel Wasser, zum Beispiel im Frühling, wenn der Schnee in den Bergen schmilzt und den Berg hinunter fließt, schützt die Talsperre auch vor Hochwasser.
Im Harz gibt es besonders viele Talsperren, 25 insgesamt. Eine der bekanntesten ist die Rappbodetalsperre.

Vegetation

Seit der letzten Eiszeit hat sich im Harz eine ganz eigene Pflanzenwelt entwickelt, die sich stark von anderen in Mitteleuropa unterscheidet.
Aufgrund des rauhen Klimas und ganz unterschiedlicher Gesteinsuntergründe wurde dies möglich.
Die Vegetation wurde aber auch durch Landwirtschaft, Wasserwirtschaft und Bergbau der Menschen stark verändert.
Heute stehen jedoch weite Teile des Harzes unter Naturschutz.

DER BROCKENGARTEN

Mitten auf der Kuppe des Brockens gibt es seit 1890 einen botanischen Garten. Hier werden über 1500 verschiedene Pflanzenarten aus Bergregionen der ganzen Welt gepflegt. Viele dieser Pflanzen sind vom Aussterben bedroht und werden hier erhalten und geschützt.

BROCKENANEMONE

DIE HUNRODEICHE

Diese über 1000 Jahre alte Eiche steht am Silberfluss in der Nähe von Hainfeld im Harz. Man braucht sechs ausgewachsene Menschen um den Stamm der Eiche zu umfassen.

Moore im Harz

SMARAGDLIBELLE

SONNENTAU

Die Harzer Moore entstanden nach der letzten Eiszeit. Im Harz war es besonders feucht und kühl, das Wasser konnte auf dem undurchlässigen Boden nicht absickern, der darum nicht austrocknete. Die Pflanzen vergammelten. So entstand eine über 7 Meter dicke Moordecke. Heute leben hier viele vom Aussterben bedrohte Tiere und Pflanzen, die an anderen Orten auf dieser Erde nur noch schwer zu finden sind. Die Moore sind daher auch unter Naturschutz gestellt.

ROSMARINHEIDE

TORF

In Mooren entsteht ein Stoff namens Torf.
Er wird gebildet, wenn Torfmoos über viele Jahre nur teilweise zersetzt wird. Erst wenn Torf getrocknet wird, ist er brennbar.
Auf der Suche nach Brennmaterial für Feuer wurden auf diese Weise viele Moore dieser Erde von Menschen zerstört.
Früher wurde auch versucht in den Mooren des Harzes Torf abzubauen. Man brauchte es als Brennmaterial für den Bergbau.
Versuche, den Torf im Harz zu stechen, schlugen jedoch fehl: Sein Abbau bereitete im rauhen Harz zum Glück zu viele Schwierigkeiten.

BEWEGEN AUF STEGEN

Moore sind gefährliche Orte: Man kann sehr leicht in dem tiefen Matsch untergehen. Daher läuft man hier auf Stegen, die einen über das Moor führen.

MOORLEICHEN

Moore funktionieren ähnlich wie Konservengläser. Sie sorgen dafür, dass bestimmte Materialien über Jahrhunderte eingeschlossen im Moor erhalten bleiben können. So wurden im Harzer Moor häufig Tierleichen gefunden, die viele tausend Jahre alt sind.

Tiere im Harz

EISVOGEL

FEUERSALAMANDER

WILDSCHWEIN

WER LEBT IM HARZ?

Im Harz leben über 5500 verschiedene Tiere. Die meisten davon sind ziemliche Spezialisten und haben sich den Bedingungen im Harz perfekt angepasst.

ROTHIRSCH

AUERHUHN

UND FRÜHER?

Es gab eine Zeit, da lebten im Harz auch Bären. Leider gibt es in ganz Deutschland aber schon lange keine Bären mehr in freier Wildbahn.

DER LUCHS

Der Harz ist die Heimat des Lynx Lynx oder auch Eurasischer Wildluchs.
Für über 200 Jahre war der Luchs aus dem Harz verschwunden.
Im Jahr 2000 haben Forscher jedoch angefangen Luchse im Harz auszuwildern, sodass der Luchs nun in den Harz zurückgekehrt ist.

AUSSEHEN

Besonders typisch für Luchse sind die Pinselohren mit ihren schwarzen Spizen und ein kurzer Schwanz.

KÖRPERMABE

Ein Luchs hat eine Länge von etwa 85 - 110 cm und eine Schulterhöhe von 50 - 75 cm.

NAHRUNG

Luchse sind Fleischfresser. Sie jagen vor allem kleine Tiere, aber auch Rehe. Menschen greifen die scheuen Tiere jedoch nicht an.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung *Seitenzahl*	Titel *mit Quellenangabe*
Titelbild *1*	**Blick zum Brocken, im Vordergrund ein Teil der Rabenklippen** *Foto: Jan Hachmann 2016 (während der gemeinsamen Exkursion aufgenommen)*
0.1 *10*	**Exkursionsraum Harzregion** *Übersichtskarte mit Exkursionspunkten, Gestaltung: Gerd Schilling*
1.1 *14*	**Klippendichte im Brockengebiet** *Darstellung: Heindriken M. Dahlmann (Kartengrundlage: Topographische Karte 1 : 25.000)*
1.2 *15*	**Schnarcherklippen** *Foto: Heindriken Margarete Dahlmann 2016*
1.3 *17*	**Entstehung von Granitklippen und Blockmeeren durch Wollsackverwitterung und Abtragungsprozesse** *Darstellung: Heindriken M. Dahlmann (nach Wagenbreth/Steiner 1985: 74)*
1.4 *18*	**Das Kluftsystem** *Quelle: Müller/Franzke 2014: 100*
1.5 *24*	**Vergleich der Klippen-Höhenlagen** *Darstellung: Heindriken M. Dahlmann (Datenquellen: Topographische Karten 1 : 10.000)*
2.1 *28*	**Einflüsse auf die Vegetation auf dem Brocken** *Darstellung: Anna Feßler (Datenquelle: Ebel et al. 1999; Piktogramme: www.openclipart.org)*
2.2 *30*	**Verschneiter Brockengipfel im November** *Foto: Anna Feßler 2015*
2.3 *34*	**Höhenprofil Harz mit Brocken – Niederschlag und Temperaturverteilung** *Darstellung: Anna Feßler (Quelle: Glässer 1994)*
2.4 *37*	**Geschichte des Brockengartens** *Tabelle: Anna Feßler (Datenquellen: Ebel et al. 1999; Karste 1994)*
3.1 *43*	**Längsprofil des Torfhausmoors** *Darstellung: Johannes Graaf (nach Jensen 1990: 56)*
3.2 *45*	**Stickstoffverhältnisse im Moorboden** *Darstellung: Johannes Graaf (nach Koppisch 2001: 20-22)*
3.3 *48*	**Vegetations- und Stoffdynamik des wiedervernässten Blumentopfmoores** *Darstellung: Johannes Graaf (nach Osterloh 2012: 40-52; Rupp et al. 2011: 1-4)*

Abbildung **Titel**
Seitenzahl *mit Quellenangabe*

3.4 **Mögliches Szenario bei erhöhter N-Deposition**
51 *Darstellung: Johannes Graaf (nach Böhlmann 2004)*

4.1 **Zeitstrahl zur Entwicklung des Bergbaus im Oberharz sowie die Entstehung**
55 **und Nutzung des Oberharzer Wasserregals**
Darstellung: Yulia Suárez-Bergmann (Quelle: Schmidt 2000: 12)

4.2 **Gesamtlänge und Lage der Gräben des Oberharzer Wasserregals**
57 *Darstellung: Yulia Suárez-Bergmann (Datenquelle: Google Maps)*

4.3 **Gesamtumfang der Anlagen**
60 *Tabelle: Yulia Suárez-Bergmann (Datenquelle: Schmidt 2000: 14)*

4.4 **Dammgrabensystem mit Exkursionspunkten**
61 *Darstellung: Yulia Suárez-Bergmann (Quelle: Geographie heute 97/1992: 34)*

4.5 **Höhenübersicht zum Dammgrabensystem**
62 *Tabelle: Yulia Suárez-Bergmann (Datenquelle: Schmidt 2000: 77)*

4.6 **Abbegraben**
63 *Darstellung: Yulia Suárez-Bergmann (Datenquelle: Google Maps)*

4.7 **Sperberhaier Damm**
65 *Darstellung: Yulia Suárez-Bergmann (Quellen: Klose 2013: 169; Google Maps)*

5.1 **Das Einzugsgebiet der Bode**
74 *Quelle: Kleßen 1982*

5.2 **Bode-Höhenprofil mit Angaben zur Geologie, Quellgebiet bis Nienburg/Saale**
76 *Darstellung: Daniel Bartnik*

5.3 **Übersichtskarte zur Lage der Bode-Mäander als Beispiel einer deutlichen**
80 **Talbindung an die 65°- und 125°-Bruchlinienscharen im Harz**
Quelle: Chrobok 1980

5.4 **West-Ost-Profil vom Osterberg zum Hagedornsberg nördlich von Treseburg**
82 *Darstellung: Daniel Bartnik*

5.5 **Die Harzvergletscherung nach Hövermann 1973/74**
84 *Quelle: Nicke 1995, Entwurf: Liedtke*

5.6 **Bode-Querprofil an der Teufelsmauer bei Neinstedt**
86 *Darstellung: Daniel Bartnik*

6.1 **Verortung und Impressionen der drei Beispieltäler**
90 *Darstellung: Doreen Johann; verwendete Fotos online (Abruf 20.03.2016):*
(Drachenschlucht) http://beiemil.de/wp-content/uploads/2014/11/Drachenschlucht-@-Eisenach-07909_small.jpg
(Bodetalschlucht) http://www.tubetime.de/2013/09/02/bodetal
(Breitachklamm) http://www.breitachklamm.com/impressionen.html

Abbildung **Titel**
Seitenzahl *mit Quellenangabe*

6.2 **Übersichtskarte touristisch erschlossener Klamm- bzw. Schluchttäler in**
92 **Deutschland (Auswahl)**
Darstellung: Doreen Johann

6.3 **Struktur und Kontur des Harzes – Nordost-Südwest (erzgebirgisch) verlau-**
94 **fende Struktur, Nordwest-Südost (herzynisch) verlaufende Kontur**
Quelle: Möbus 1966: 10

6.4 **Der erdgeschichtliche Werdegang des Harzes**
96/97 *Quelle: Wagenbreth 1990: 64*

6.5 **Abschnitt des Bodetals zwischen Treseburg und Thale – zu sehen sind sowohl**
98 **der Ramberg (Härtling) als auch der Hexentanzplatz und die Roßtrappe**
Quelle: Wagenbreth 1990: 71

6.6 **Der erdgeschichtliche Werdegang des Thüringer Waldes**
100/101 *Quelle: Krähahn 1991: 10 (nach Wagenbreth/Steiner 1990)*

6.7 **Verlauf der Drachenschlucht**
103 *Quelle: Krähahn 1991: 37 (nach Wagenbreth/Steiner 1990, ergänzt)*

6.8 **Gegenüberstellung der drei Beispieltäler (Skizze)**
106 *Darstellung: Doreen Johann (Drachenschlucht: Ausarbeitung nach Weber 1926)*

7.1 **Verlauf und Einzugsgebiet der Ilse**
110 *Kartendarstellung: Stefanie Lüdicke (Datenquelle: OSM-Daten www.geofabrik.de, online: http://download.geofabrik.de/europe/germany.html, Abruf: 20.02.2016)*

7.2 **Höhenprofil der Ilse**
112 *Kartendarstellung: Stefanie Lüdicke (Datenquellen: wie bei Abbildung 7.1 i.V.m. Bodenhorizontschema, online: http://www.ahabc.de/typen-co/klasse-typen-oder-bodensystematische-einheiten, Abruf: 20.02.2016)*

7.3 **Geologische Störungen im Ilsegebiet**
114 *Kartendarstellung: Stefanie Lüdicke (Datenquellen: wie bei Abbildung 7.1 i.V.m. GeoFachDatenServer Sachsen-Anhalt, online: http://www.geofachdatenserver.de /de/geodienste.html, Abruf: 20.02.2016)*

7.4 **Bodenklassen und Geologie im Ilsegebiet**
116 *Kartendarstellung: Stefanie Lüdicke (Datenquellen: wie bei Abbildung 7.3)*

7.5 **Niederschläge in mm (Messstellen: Brockenstation, Wernigerode)**
119 *Darstellung: Stefanie Lüdicke (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst DWD über WesteXL, online: http://www.dwd.de/DE/Home/home_node.html, Abruf: 20.02.2016)*

7.6 **Abflusswerte am Pegel Ilsenburg**
120 *Darstellung: Stefanie Lüdicke (Datenquelle online: http://www.hochwasservorher sage.sachsen-anhalt.de/wiskiwebpublic/stat_1024005507.htm, Abruf: 20.02.2016)*

Abbildung **Titel**
Seitenzahl *mit Quellenangabe*

7.7 **Bodenklassen und Überschwemmungsflächen im Ilsegebiet**
122 *Kartendarstellung: Stefanie Lüdicke (Datenquelle: GeoFachDatenServer Sachsen-Anhalt, online: http://www.geofachdatenserver.de/de/geodienste.html, Abruf: 20.02.2016)*

7.8 **Ilse-Verlauf alt und neu**
124 *Quelle: Feldmann 2002: 126 (Abbildung 67: Harz und Harzvorland während der Mittelterrassenzeit Früh-Saale)*

7.9 **Neuer Verlauf der Ilse**
126 *Quelle: Feldmann 2002: 127 (Abbildung 68: Harz und Harzvorland während der Rehburger Phase beim Aufbau des Eises im frühen Drenthe-1-Stadium)*

8.1 **Übersichtskarte der Talsperren im Harz**
129 *Quelle: Schmidt 2005*

8.2 **Bauzeiten und Inbetriebnahme der Talsperren im Rappbode-Talsperrensystem**
131 *Darstellung: Victoria Große (Datenquelle: Schmidt 2005: 119)*

8.3 **Die Nutzungen der Talsperren**
132 *Kartendarstellung: Victoria Große (Kartengrundlage: Open Street Map)*

8.4 **Geographisch Sehenswertes im Bereich der Talsperren**
135 *Kartendarstellung: Victoria Große (Kartengrundlage: Open Street Map)*

8.5 **Aussichtspunkte im Bereich des Rappbode-Talsperrensystems**
138 *Kartendarstellung: Victoria Große (Kartengrundlage: Open Street Map)*

8.6 **Der Gesamtstauraum der Talsperren des Bodewerkes (in Mio. m³)**
140 *Diagramm: Victoria Große (Datenquelle: Schmidt 2005: 119)*

8.7 **Ausgewählte historische Hochwasserereignisse im Bereich der Talsperren**
141 *Darstellung: Victoria Große (Datenquellen: Sternal 2010: 1; Tischler 1999: 1; Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt 2015: 33-84; Schöpfer 2007: 2)*

8.8 **Verfahrensschema der Trinkwasseraufbereitungsanlage Wienrode**
142 *Quelle: Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH (2016): Verfahrensschema Wienrode. Online: http://www.fwv-torgau.de/files/inhalte/Trinkwasser/Aufbereitung/VerfahrensschemaWienrodeWeb.jpg (Abruf: 28.03.2016)*

8.9 **Die Übersicht der Hauptdaten der Talsperren**
145 *Tabelle: Victoria Große (Datenquellen: Schmidt 2005: 119; Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt 2016: 1; Henning 2013: 1; Janberge 2014: 1)*

9.1 **Höhenzonale Einordnung der natürlichen Waldgesellschaften im Harz**
147 *Tabelle: Hannah Langmaack (Datenquelle: Schaper 1995)*

Abbildung **Titel**
Seitenzahl *mit Quellenangabe*

9.2 **Anteile von Rotbuche (*Fagus sylvatica*) und Gemeine Fichte (*Picea abies*) in**
150 **verschiedenen Zeitphasen**
Diagramm: Hannah Langmaack (Datenquelle: Firbas et al. 1939)

9.3 **Vorkommende Buchenwaldtypen im Harz und ihre Eigenschaften**
151 *Tabelle: Hannah Langmaack (Datenquelle: verschiedene Autoren)*

9.4 **Potenzielle natürliche Verbreitung der Gemeinen Fichte (*Picea abies*) in Europa**
153 *Quelle: EUFORGEN 2009*

9.5 **Nacheiszeitliche Vegetationsentwicklung der Harzregion**
155 *Tabelle: Hannah Langmaack (Datenquelle: Kison 1994)*

9.6 **Anthropogene Einflussnahme auf die Harzer Waldgebiete der letzten 1.000**
156 **Jahre**
Darstellung: Hannah Langmaack (nach Schaper 1995)

9.7 **Vereinfachte Darstellung der *potenziellen* natürlichen Vegetation nach ihren**
157 **Höhenstufen im Harz**
Darstellung: Hannah Langmaack (nach Straka 1970)

9.8 **Schematische Darstellung der *tatsächlichen* Vegetation nach ihren Höhen-**
157 **stufen im Harz**
Darstellung: Hannah Langmaack (nach Straka 1970)

9.9 **Potenzielle Verbreitung der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) im europäischen Raum**
160 *Quelle: EUFORGEN 2008*

10.1 **Braunerde**
166 *Foto und Darstellung: David Zauner*

10.2 **Verbraunung und Verlehmung**
167 *Quelle: Zech/Hintermaier-Erhard 2014*

10.3 **Podsolierung (Bodenprozess)**
168 *Darstellung: David Zauner*

10.4 **Podsol (Bodentyp)**
169 *Darstellung: David Zauner*

10.5 **Typische Vertreter der Goldhaferwiese und des Halbtrockenrasens**
171 *Darstellung: David Zauner*

10.6 **Waldstufen ausgewählter Mittelgebirge**
172 *Quelle: Endlicher, Wilfried (1991): Klima, Wasserhaushalt, Vegetation – Grundlagen der Physischen Geographie II. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft*

10.7 **Alpen-Milchlattich (*Cicerbita alpina*)**
174 *Foto: Sabine Hodges, Korbblütengewächse, online: http://www.natur-um-huettenfeld.de/assets/images/autogen/Alpen-Milchlattich--Cicerbita-alpina--9.7.jpg (Abruf: 18.03.2016)*

Abbildung **Titel**
Seitenzahl *mit Quellenangabe*

10.8 **Trittsiegel (Eurasischer Luchs)**
176 *Quelle: Nationalpark Harz (Hrsg.): Die Besonderheiten der Luchsspuren. Foto: Das rundliche Trittsiegel eines Luchses. Online: http://www.luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/4_der_luchs/spuren.php?we_objectID=27&bdid=557&refDID=558 (Abruf: 18.03.2016)*

10.9 **Luchskot im Größenvergleich**
177 *Quelle: Nationalpark Harz (Hrsg.): Die Besonderheiten der Luchsspuren. Foto: Luchskot ist etwa so dick wie ein Zweieurostück. Online: http://www.luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/4_der_luchs/spuren.php?we_objectID=27&bdid=698&refDID=558 (Abruf: 29.03.2016)*

10.10 **Verbreitung des Luchses in Europa 2012**
178 *Thematische Karte, Quelle: Naturpark Bayerischer Wald e.V., Info-Zentrum 3, Luchsprojekt Bayern (Hrsg.): Verbreitung in Europa – Karte von LCIE und BayLfU, verändert. Online: http://www.luchsprojekt.de/03_verbreitung/popup_karte.html (Abruf: 29.03.2016)*

10.11 **Auswilderungen im Luchsprojekt Harz**
179 *Tabelle: Jan Hachmann (Datenquelle: Nationalpark Harz (Hrsg.): Luchsbilanz 2000-2010. Online: http://www.luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/5_wiederansiedlung/?we_objectID=27&bdid=7500&refDID=440, Abruf: 29.03.2016)*

10.12 **Luchshinweise von 2012 bis 2013**
181 *Quelle: Nationalpark Harz (Hrsg.): Luchsmeldungen. Karte: Luchsmeldungen aus den Monitoringjahren 2012-2013. Online: http://www.luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/6_dem_luchs_auf_der_spur/luchsmeldungen.php?we_objectID=27&bdid=8467&refDID=582 (Abruf: 29.03.2016)*

10.13 **Wanderung von Luchs M8**
183 *Quelle: Nationalpark Harz: Ergebnisse des Luchses M8 – Die Wanderung geht weiter. Karte: Die Wanderung des Luchses M8 vom 27.10.2014-25.01.2015. Online: http://www.luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/7_forschungsprojekt/ergebnisse_m8.php?we_objectID=27&bdid=9403&refDID=9288 (Abruf: 29.03.2016)*

11.1 **Die geologische Situation im Bereich der Mooskammer**
190 *Quelle: Karstwanderweg – Kreis Mansfeld-Südharz – Standort westliche Mooskammer, online: http://www.karstwanderweg.de/kws030a.htm (Abruf: 31.03.2016)*

11.2 **Übersichtskarte Sangerhauser Auslaugungstal**
191 *Darstellung: Moritz Graf (Datengrundlagen: Viete 1953b; Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt)*

11.3 **Wasserbewegungen des Grund- und Oberflächenwassers bei offenen Abzugsbahnen**
193 *Quelle: Völker/Völker 1983: 32*

11.4 **Verstopfte Abzugsbahnen führen zum Rückstau und zur Füllung des Sees**
194 *Quelle: Völker/Völker 1983: 33*

Abbildung **Titel**
Seitenzahl *mit Quellenangabe*

11.5 **a** (links): **Mittlerer Jahreszufluss zur Rhumequelle** *(nach Hartwig 1991: 39)*
195 **b** (rechts): **Karstquellen Europas im Vergleich** *(nach Tauchmann 1997: 29f.)*
Diagramme: Moritz Graf

11.6 **Pöhlder Becken**
196 *Quelle: Röhling 2003: 350*

12.1 **Bewertung der Exkursionsroute durch die App *komoot***
199 *Darstellung: Tim Schmalisch (Quelle: komoot GmbH, Kartengrundlage: OSM)*

12.2 **Schema der Bildungsprozesse der Barbarossa-Höhle**
203 *Quelle: Kupetz/Mucke 1989: 14 (Abb. 5)*

12.3 **Routenabschnitt 1 mit Fotos**
204 *Darstellung: Tim Schmalisch (Quelle: komoot GmbH, Kartengrundlage: OSM)*

12.4 **Routenabschnitt 2**
205 *Darstellung: Tim Schmalisch (Quelle: komoot GmbH, Kartengrundlage: OSM)*

12.5 **Gipskuppen und Gipsbuckel, Genese-Schema**
206 *Quelle: Völker/Völker 1997 (Abb. 3)*

12.6 **Routenabschnitt 3**
207 *Darstellung: Tim Schmalisch (Quelle: komoot GmbH, Kartengrundlage: OSM)*

12.7 **Geologische Übersichtskarte des Kyffhäusers**
208 *Quelle: Raban 2007*

12.8 **Wechsellagerung und Bankung**
209 *Foto und Darstellung: Tim Schmalisch*

12.9 **Routenabschnitt 4**
210 *Darstellung: Tim Schmalisch (Quelle: komoot GmbH, Kartengrundlage: OSM)*

12.10 **Kultstätten am südlichen Kyffhäuserrand**
211 *Quelle: Mädel/Walter 2010*

13.1 **Übersicht über das nördliche Harzvorland nach Feldmann (2002), Koch (2015)**
216 *Darstellung: Mathias Pechhold*

13.2 **Die subherzyne Scholle und ihre Einordnung in den geologischen Bau Mitteleuropas**
217 *Quelle: Wagenbreth/Steiner 1985: 54*

13.3 **Eisrandlagen zwischen Harz und Aller**
219 *Quelle: Feldmann 1997 (zusammengestellt nach verschiedenen Autoren)*

13.4 **Eismächtigkeiten nach Feldmann (2002)**
221 *Tabelle: Mathias Pechhold*

Abbildung **Titel**
Seitenzahl *mit Quellenangabe*

13.5 **Längsschnitt durch einen Talgletscher**
223 *Quelle: Ehlers 1994: 8*

13.6 **Schematischer Schnitt durch das Nordeuropäische Inlandeis während der**
224 **Elstervereisung, der Bewegung im Inlandeis verdeutlicht**
Quelle: Woldstedt 1952

13.7 **Schematische Darstellung des Schmelzwasserabflusses eines Gletschers durch**
225 **supraglazialen, inglazialen und subglazialen Abfluss**
Quelle: Ehlers 2011

13.8 **Überdachter Gletschertopf im Steinbruch am Hardelsberg im westlichen Huy**
227 *Foto: Mathias Pechhold*

13.9 **Erhaltungsmaßnahmen an den Überresten des durch Tagebauarbeiten abge-**
228 **tragenen Gletschertopfes**
Foto: Mathias Pechhold

13.10 **Profilschnitt von Südskandinavien bis zum Südlichen Harzvorland**
231 Andeutung der Fließbewegungen der skandinavischen Inlandeismassen in Anlehnung an Woldstedt (1952)
Darstellung: Mathias Pechhold (Kartengrundlage: Google Earth)

13.11 **Profilschnitt von der Nordseite des Huy bis in das südliche Harzvorland** An-
232 gedeutete Lage einer potenziellen Gletschermühle, die zur Bildung des Gletschertopfes im Huy geführt haben könnte
Darstellung: Mathias Pechhold (Kartengrundlage: Google Earth)

13.12 **Profilschnitt über den West-Huy mit erkennbarem Verlauf durch den ehema-**
233 **ligen Tagebau am Hardelsbruch**
Andeutung der vermutlichen Lage einer Gletschermühle in Kontakt mit der ursprünglichen Geländeoberfläche
Darstellung: Mathias Pechhold (Kartengrundlage: Google Earth)

13.13 **Profilschnitt durch den ehemaligen Tagebau am Hardelsbruch und die beiden**
234 **dort befindlichen Gletschertöpfe**
Erkennbar ist die Position beider Töpfe, die entlang gleichermaßen exponierten Tiefenlinie
Darstellung: Mathias Pechhold (Kartengrundlage: Google Earth)

14.1 **Typischer Schichtaufbau eines Hochmoores**
238 *Darstellung: Claudia Jözwiak (verändert nach Overbeck 1975; Quelle: NLWKN)*

14.2 **Ökologische Moortypen Mitteleuropas nach Succow**
240 *Darstellung: Claudia Jözwiak (nach Succow 1986, verändert)*

14.3 **Schwingmoorverlandung**
243 *Quelle: Landgraf 2015*

Abbildung **Titel**
Seitenzahl *mit Quellenangabe*

14.4 **Wichtige Vegetationskomplexe im Goethemoor**
245 *Darstellung: Claudia Jözwiak (Kartengrundlage: Karte der Vegetation des Goethemoores Maßstab 1 : 7.000)*

14.5 **Verteilung der wichtigsten Pflanzengesellschaften im Goethemoor**
246 *Diagramm: Claudia Jözwiak*

14.6 **Die Verbreitung der Kohlelagerstätten im Harz und an seinen Rändern**
250 *Darstellung: Claudia Jözwiak*

15.1 **Burgenbau im Harz**
260 *Diagramm: Tim-C. Stutz (Datenquellen: Stolberg 1983; Sternal 2010-2014)*

15.2 **Burgentypen im Harz im 11./12. Jahrhundert**
261 *Diagramm: Tim-C. Stutz (Datenquellen: Stolberg 1983; Sternal 2010-2014)*

15.3 **Bauuntergründe der Burgen im Harz in Prozent**
262 *Diagramm: Tim-C. Stutz (Datenquelle: Stolberg 1983)*

15.4 **Die Bauuntergründe der Burgen im Harz**
264 *Kartendarstellung: Tim-C. Stutz (Datenquellen: Stolberg 1983; Sternal 2010-2014)*

15.5 **Burgen im Harz**
270 *Kartendarstellung: Tim-C. Stutz (Datenquellen: Stolberg 1983; Sternal 2010-2014)*

15.6 **Liste der Burgen im Harz**
271-275 *Tabelle: Tim-C. Stutz (Datenquellen: Stolberg 1983; Sternal 2010-2014)*

16.1 **Vier Abbildungen aus dem Kinderbuch „Naturraum mystischer Harz“**
278 *Entwurf und Gestaltung: Lea Sophie Meyer*

Anh. A **Burg Hohnstein um 1600**
284, 287 *Quelle: Mosebach 1993*

Anh. B **Kinderbuch: „Naturraum mystischer Harz“ (20 Seiten)**
291-310 *Entwurf und Gestaltung sämtlicher Abbildungen: Lea Sophie Meyer*

Weiterführende Literatur zu den einzelnen Kapiteln

Kapitel 1

Bocht, Berend (1941): *Über rezente und fossile Granitverwitterung im Gebiet des Harzes*. In: Chemie der Erde, Jg. 12, Jena: Fischer (jetzt: Elsevier), ISSN: 0009-2819. S. 104-134

Goethe, Johann Wolfgang von (1966): *Über den Granit*. Goethes Werke Bd. XIII, Hamburg: Chr. Wegener. S. 253-258

Goethe, Johann Wolfgang von (2007): *Faust*. Collection Folio Bilingue, Saint-Amand

Hövermann, Jürgen (1950): *Zur Altersdatierung der Granitvergrusung*. In: Wissenschaftliche Gesellschaft zum Studium Niedersachsens e.V. (Hrsg.): Neues Archiv für Niedersachsen – Zeitschrift für Stadt-, Regional- und Landesentwicklung, Jg. 4, Heft 18, Bremen-Horn: Dorn, ISSN: 0342-1511. S. 489-491

Hövermann, Jürgen (1951): *Warum liegen die höchsten Erhebungen des Harzes im Brockenmassiv?* In: Deutsche Geographische Blätter, Jg. 46, Bremen: Trüjen, ISSN: 0070-4024. S. 29-32

Leser, Hartmut (2009): *Geomorphologie*. 9. Auflage, Neubearbeitung, Reihe: Das Geographische Seminar, Band 32, Braunschweig: Westermann

Look, Ernst-Rüdiger/Feldmann, Ludger (2006): *Die Harzer Blockhalden – Faszination Geologie.* Reihe: Die bedeutendsten Geotope Deutschlands

Mohr, Kurt (1984): *Harz – Westlicher Teil*. Reihe: Sammlung geologischer Führer, Band 58, Stuttgart

Mortensen, Hans (1932): *Blockmeere und Felsburgen in den deutschen Mittelgebirgen*. In: Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, Jg. 67, Berlin: Mittler, ISSN: 1614-2055. S. 279-286

Mücke, Erwin (1968): *Granitverwitterung und Periglazialformen im östlichen Brockengebiet*. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe, Jg. 17, Heft 1, ISSN: 0138-1504.

Müller, Rainer/Franzke, Hans Joachim (2014): *Oberharz – Tiefe Gruben und hohe Rücken*. Reihe: Streifzüge durch die Erdgeschichte, Wiebelsheim: Quelle & Meyer

Niemann, Hans (1958): *Chemische Analysen und Dünnschliffausmessungen am Granit vom Wurmberg und Königskopf im Harz*. In: Beiträge zur Mineralogie und Petrographie, Band 6, Heidelberg: Springer, ISSN: 0366-1369. S. 96-99

Penck, Walther (1924): *Die morphologische Analyse – ein Kapitel der physikalischen Geologie*. In: Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin, Geographisches Institut (Hrsg.): Geographische Abhandlungen, Stuttgart: Engelhorn. S. 1-283

Piller, Horst (1951): *Über Verwitterungsbildungen des Brockengranits nördlich St. Andreasberg*. In: Heidelberger Beiträge zur Mineralogie und Petrographie, Band 2, Berlin: Springer, ISSN: 0367-5769. S. 498-522

Scheffler, Horst (1981): *Die Blockmeere im Harzer Granit*. Reihe: Der Harz – eine Landschaft stellt sich vor, Schriftenreihe des Harzmuseums, Nr. 4, Wernigerode: Harzbücherei

Schott, Carl (1932): *Die Blockmeere in den deutschen Mittelgebirgen*. Reihe: Zentralausschuß für Deutsche Landeskunde (Hrsg.): Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde, Jg. 29, Heft 1, Stuttgart: Engelhorn. 78 S.

Weber, Hans (1951): *Entstehung des Granits*. In: Heidelberger Beiträge zur Mineralogie und Petrographie, Band 2, Berlin: Springer, ISSN: 0367-5769

Wilhelmy, Herbert (1974): *Zur Genese der Blockmeere, Blockströme und Felsburgen in den deutschen Mittelgebirgen*. Reihe: Institut für Landeskunde – Zentralarchiv für Landeskunde von Deutschland (Hrsg.): Berichte zur deutschen Landeskunde, Band 48, Bonn (Bad Godesberg): Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Selbstverlag

Verwendete Karten

Geologische Karte Harz 1 : 100.000; Nachdruck TK 1 : 100.000; Nummer: LVD/1/215/94

Topographische Karte 1 : 25.000, Blatt 4129 Bad Harzburg

Topographische Karte 1 : 25.000, Blatt 4130 Wernigerode

Topographische Karte 1 : 25.000, Blatt 4229 Braunlage

Topographische Karte 1 : 25.000, Blatt 4230 Elbingerode (Harz)

Kapitel 2

Ellenberg, Heinz/Leuschner, Christoph (2010): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen – in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. Paderborn: Ferdinand Schöningh, UTB

Gude, Martin (2003): *Blockhalden an den Hahnenkleeklippen im Odertal*. Beitrag zur Exkursion des AK – VMFZ vom 23./24.05.2003, Jena: Institut für Geographie, Friedrich-Schiller-Universität

Karste, Gunter (1994): *Der Brockengarten*. In: Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt, Nr. 31, Sonderheft, Frankfurt am Main: Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg. S. 52f.

Karste, Gunter (2010): *Wanderung 12 – Brockengebiet*. In: Regionalverband Harz e.V. (Hrsg.): Unterwegs im Natur- und Geopark – Harzer Pflanzenwelt erleben, Quedlinburg. S. 102-108

Karste, Gunter (2014): *Die Entwicklung der Vegetation auf dem Brocken innerhalb der ehemaligen Brockenmauer von 1993 bis 2013*. In: Botanischer Verein Sachsen-Anhalt e.V. (Hrsg.): Mitteilungen zur floristischen Kartierung in Sachsen-Anhalt, Band 19, Halle/Saale: Ampyx, ISSN: 1432-8038. S. 11-17

Kison, Hans-Ulrich/Karste, Gunter/Wegener, Uwe (1994): *Die Pflanzenwelt*. In: Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt, Nr. 31, Sonderheft, Frankfurt am Main: Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg. S. 14-20

Kück, Ulrich/Wolff, Gabriele (2009): *Botanisches Grundpraktikum*. Berlin, Heidelberg: Springer

Nagel, Peter (2006): *Zur Erinnerung an Roland Molanda*. In: Contributions to natural history – scientific papers from the Natural History Museum Bern, Nr. 9, ISSN: 1660-9972. S. 15-29

Nationalparkverwaltung Harz (Hrsg.) (2011): *Nationalparkplan für den Nationalpark Harz 2011-2020*. Wernigerode, online: http://www.nationalpark-harz.de/de/downloads/gesetzliche_grundlagen/Nationalparkplan2011_Internet_Karten.pdf (Abruf: 31.03.2016)

Schopfer, Peter/Brennicke, Axel (2010): *Pflanzenphysiologie*. Heidelberg: Spektrum

Zepp, Harald (2014): *Geomorphologie*. Paderborn: Ferdinand Schöningh, UTB

Weitere Online-Quellen

GIS: *Die "Kühlschränke" der Natur*. Online: http://www.onetz.de/deutschland-und-die-welt-r/lokales/ausstellung-blockhalden-im-fichtelgebirge-im-freilandmuseum-grassemann-eroeffnet-die-kuehlschraenke-der-natur-d865692.html (Abruf: 11.03.2016)

Khela, S. (2013): *Rosa pendulina.* The IUCN Red List of Threatened Species: e.T203449A2765725. Online: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T203449A2765725.en (Abruf: 11.03.2016)

Kapitel 3

Bernsdorf, Sabine/Böhlmann, Nadine (2008): *Einfluss atmosphärischer N-Einträge auf die Entwicklung der Moore im Hochharz*. In: Nationalparkverwaltung Harz (Hrsg.): Tun und Lassen im Naturschutz. Tagungsbericht zur 7. wissenschaftlichen Tagung im Nationalpark Harz. Schriftenreihe aus dem Nationalpark Harz, Nr. 2, Wernigerode: Selbstverlag, ISSN: 2199-0182. S. 45-52

Bernsdorf, Sabine/Osterloh, Katja/Tauchnitz, Nadine/Meißner, Ralph (2013): *Nährstoffgehalte im Torf und ausgewählten Moorpflanzen unter dem Einfluss erhöhter N- und P-Verfügbarkeit – Ergebnisse eines 3-jährigen Düngungsexperiments*. In: Tagungsbeitrag Kommission 1 der DGB, Böden – Lebensgrundlage und Verantwortung, Rostock. S. 1-4

Beug, Hans-Jürgen/Henrion, Irmtraud/Schmüser, Anneke (1999): *Landschaftsgeschichte im Hochharz – Die Entwicklung der Wälder und Moore seit dem Ende der letzten Eiszeit*. Clausthal-Zellerfeld: Papierflieger. S. 1-27

Bobbink, Roland et al. (2010): *Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity—a synthesis*. In: Ecological Society of America (Hrsg.): Ecological Applications, Jg. 20, Heft 1, Washington D.C.: Selbstverlag, ISSN: 1051-0761. S. 30-33

Bobbink, Roland/Hettelingh, Jean-Paul (2010): *Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships*. In: Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout. S. 66-75

Eigner, Jürgen/Schmatzler, Eckhard (1991): *Handbuch des Hochmoorschutzes. Bedeutung, Pflege, Entwicklung*. 2. Auflage, Greven: Kilda. S. 10-30

Eigner, Jürgen (2003): *Möglichkeiten und Grenzen der Renaturierung von Hochmooren*. In: Bayerische Akademie Naturschutz und Landschaftspflege (Hrsg.): Laufener Seminarbeiträge, Nr. 1/2003, Laufen/Salzach, ISSN: 0175-0852. S. 23-36

Heijmans, M. et al. (2001): *Effects of elevated carbon dioxide and increased nitrogen deposition on bog vegetation in the Netherlands*. In: British Ecological Society (Hrsg.): Journal of Ecology, Jg. 89, Oxford: Blackwell, ISSN: 0022-0477. S. 268-279

Jensen, Uwe (1987): *Die Moore des Hochharzes – Allgemeiner Teil*. In: Niedersächsisches Landesamt für Naturschutz (Hrsg.): Naturschutz und Landschaftspflege Niedersachsens, Nr. 15, Hannover. S. 69

Jensen, Uwe (1990): *Die Moore des Hochharzes – Spezieller Teil*. In: Niedersächsisches Landesamt für Naturschutz (Hrsg.): Naturschutz und Landschaftspflege Niedersachsens, Nr. 23, Hannover. S. 1-116

Joosten, Hans (2006): *Moorschutz in Europa – Restauration und Klimarelevanz*. In: Moore in der Regionalentwicklung – Europäisches Symposium, Veranstaltung zur Feier „25 Jahre Niedersächsisches Moorschutzprogramm“, Wagenfeld/Ströhen. S. 35-44

Möller, Detlev/Acker, Karin/Marquardt, Wolfgang/Brüggemann, Erika (1996): *Precipitation and cloud chemistry in the Neue Bundesländer of Germany in the background of changing emissions*. In: Quarterly Journal of Hungarian Meteorological Service, Jg. 100, Budapest, ISSN: 0367-7443. S. 117-133

Nationalparkverwaltung Harz (Hrsg.) (2011): *Nationalparkplan für den Nationalpark Harz 2011-2020*. Wernigerode, online: http://www.nationalpark-harz.de/de/downloads/gesetzliche_grundlagen/Nationalparkplan2011_Internet_Karten.pdf (Abruf: 31.03.2016). S. 35

Osterloh, Katja/Bernsdorf, Sabine/Meißner, Ralph (2013): *Einfluss von Wiedervernässungsmaßnahmen auf den Wasser- und Stoffhaushalt eines Moores im Nationalpark Harz*. In: Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft (Hrsg.): 15. Gumpensteiner Lysimetertagung, Raumberg-Gumpenstein. S. 169-174

Pitcairn, Carole/Fowler, David (1995): *Deposition of fixed atmospheric nitrogen and foliar nitrogen content of bryophytes and calluna vulgaris*. In: Environmental Pollution – an international journal, Heft 88, New York: Elsevier, ISSN: 0013-9327. S. 193-205

Rupp, Holger/Osterloh, Katja/Tauchnitz, Nadine/Bernsdorf, Sabine/Meißner, Ralph (2011): *Erste Ergebnisse zum Wasser- und Stoffhaushalt eines wiedervernässten Moores im Nationalpark Harz*. In: Berichte der DGB (Hrsg.): Tagungsbeitrag zu Kommission 1 der DGB. Böden verstehen, Böden nutzen, Böden fit machen. Berlin/Potsdam. S. 1-4

Schopp-Guth, Armin (1999): *Renaturierung von Moorlandschaften – Naturschutzfachliche Anforderungen aus bundesweiter Sicht*. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Nr. 57, Bonn (Bad Godesberg). S. 8-12

Tolonen, Kimmo/Vasander, Harri/Damman, Antoni W. H./Clymo, R. S. (1992): *Preliminary estimate of long-term carbon accumulation and loss in boreal peatlands*. In: Suo, Jg. 43, Heft 4-5, Helsinki, ISSN: 0039-5471. S. 277-280

Tomassen, H. B. M./Smolders, A. J. P./Limpens, J./Lamers, L. P. M./Roelofs, J. G. M. (2004): *Expansion of invasive species on ombrotrophic bogs – Desiccation or high N deposition?* In: Journal of Applied Ecology, Heft 4, Oxford: Blackwell, ISSN: 0021-8901. S. 139-150

Kapitel 4

Böttcher, Horst (1997): *Der Sperberhaier-Damm und sein Bruch 1974*. In: Unser Harz – Geschichte und Geschichten, Kultur und Natur aus dem gesamten Harz, Heft 6, Bad Harzburg: Harzklub, ISSN: 2193-7125. S. 112f.

Döring, Mathias (2011): *Wasserräder, Wassersäulenmaschinen und Turbinen – Oberharzer Wasserwirtschaft wurde Weltkulturerbe*. In: Dresdener Wasserbauliche Mitteilungen, Jg. 34, Selbstverlag der Technischen Universität Dresden, ISSN: 0949-5061. S. 135-147

Klose, L. (2013): *Das Berg- und Hüttenwesen des Oberharzes*. Stuttgart: von Ferdinand Enke

Ließmann, Wilfried/Lampe, Wolfgang (2001): *Kupfererzbergbau und Wasserwirtschaft. Zur Montangeschichte von Bad Lauterberg, Südwestharz*. Duderstadt: Mecke

Teicke, Justus/Tonn, Rainer (2006): *Dichtungssanierungen an historischen Erddämmen*. In: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (Hrsg.): Wasserwirtschaft – Hydrologie, Wasserbau, Boden, Ökologie, Jg. 96, Heft 7-8, Wiesbaden: Vieweg (Springer), ISSN: 0043-0978. S. 38-41

Tönsmann, Frank (1996): *Geschichte der Wasserkraftnutzung*. Gesamthochschule Kassel, Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft

Welke, Peter (2012): *Das 500 Jahre alte Wasserwirtschaftssytem im Oberharz als prägendes Element der Kulturlandschaft und sein Potential in Zeiten der Energiewende*. In: Forschungen zur deutschen Landeskunde, Band 260, Flensburg/Trier: Deutsche Akademie für Landeskunde, Selbstverlag, ISSN: 0375-6343

Kapitel 5

Franzke, Hans-Joachim (1987): *Tektonische Skizze aus Knappe*. In: Tröger, H. und K.-A. (1988): *Die Geschichte von den neun Meeren – Ursprung des nördlichen Harzvorlandes*. Reihe: Der Harz – eine Landschaft stellt sich vor, Schriftenreihe des Harzmuseums, Nr. 19/20, Wernigerode: Harzbücherei. S. 47

König, Wolfram/Blumenstengel, Horst (2005): *Die Oligozänvorkommen am Hartenberg und bei Hüttenrode im Mittelharz und ihre Bedeutung für die känozoische Harzentwicklung*. In: Verband der deutschen Höhlen- und Karstforscher e.V. München (Hrsg.): München 31.10.2005, Clausthal-Zellerfeld: Oberharzer Druckerei Fischer & Thielbar

Liedtke, Herbert (1981): *Die Nordischen Vereisungen in Mitteleuropa*. In: Forschungen zur deutschen Landeskunde, Band 204, 2., erweiterte Auflage, Flensburg/Trier: Deutsche Akademie für Landeskunde, Selbstverlag, ISSN: 0375-6343

LVWA/Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt (1997): *Naturschutzgebiet Elendstal*. Online: http://www.lvwa-natur.sachsen-anhalt.de/wernige/nsg0020.html (Abruf: 13.03.2016)

LVWA/Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt (1997): *Naturschutzgebiet Bodetal*. Online: http://www.lvwa-natur.sachsen-anhalt.de/doppel/nsg0022.html (Abruf: 15.03.2016)

Kapitel 6

Ahnert, F. (2009): *Einführung in die Geomorphologie*. Stuttgart: Ulmer

Dillmann, Olaf Otto (2000): *Geologie und Paläontologie des Harzes – Arbeitsunterlagen zur Geowissenschaftlichen Exkursion in den Harz*. Wegberg: Geo-Dienst Dr. Olaf Otto Dillmann

Forstamt Marksuhl (o.J.): *Drachenschlucht in neuem Gewand*.

Freie Universität Berlin (o.J.): *Talformen und ihre Entwicklung*. Online: http://www.geo.fu-berlin.de/v/pg-net/geomorphologie/fluvialmorphologie/flussnetze_talformen/talformen/ (Abruf: 29.03.2016)

Froitzheim N. (o.J.): *Geologie der Alpen – Teil 1: „Allgemeines und Ostalpin“*. Manuskript einer Vorlesung an der Universität Bonn

Heubeck, C. (2009): *Geröllführende sedimentäre Gänge der Eisenach-Formation (Oberrotliegend) – modifizierte artesische Injektionen am Fuß alluvialer Fächer?* In: Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Band 160, Heft 1, Stuttgart: E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, ISSN: 1860-1804. S. 41-56

Ließmann, W. (2010): *Historischer Bergbau im Harz – Kurzführer*. Berlin: Springer

Meynen, E. (1957): *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*. 5. Lieferung, Bad Godesberg: Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung

Möbus, G. (1966): *Abriss der Geologie des Harzes*. Leipzig: B. G. Teubner Verlagsgesellschaft

Nasemann, P. (2015): *GEOpfad Pfronten – Vils – Grän: Spannende Wege durch die Erdgeschichte*. Stöttwang: Bauer

Oelsner, M. (1988): *Bodetal*. 4. Auflage, Leipzig: VEB Tourist Verlag Berlin

Stadtverwaltung Eisenach, Untere Naturschutzbehörde (Hrsg.) (2004): *Eisenacher Lebensräume – Landgrafen- und Drachenschlucht*. Eisenach: Publikation im Bereich Umwelt

Völk, H. et. al. (2004): *Geomorphologie des unteren Breitachtales bei Oberstdorf. Mit einer Spezialbetrachtung zur Breitachklamm-Entstehung*. In: Vorarlberger Naturschau, Nr. 14, Dornbirn. S. 9-66

Kapitel 7

Aigner, Detlef (2008): *Überfälle*. In: Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik der TU Dresden (Hrsg.): Wasserbauliche Mitteilungen – Aktuelle Forschungen im Wasserbau 1993-2008, Heft 36, Selbstverlag der Technischen Universität Dresden, ISSN: 0949-5061

Barsch, Heiner et al. (2000): *Arbeitsmethoden in Physiogeographie und Geoökologie*. Gotha/Stuttgart: Klett-Perthes. S. 209-229

Baumgartner, Albert/Liebscher, Hans-J. (1996): *Allgemeine Hydrologie – Quantitative Hydrologie*. In: Lehrbuch der Hydrologie, Band 1, 2. Auflage, Berlin/Stuttgart: Borntraeger

Bechteler, Wilhelm/Nujic, Marinko/Patt, Heinz/Vogel, Günter (2001): *Hydraulische und wasserbauliche Grundlagen.* In: Patt, Heinz/Bechteler, Wilhelm (Hrsg.): Hochwasser-Handbuch – Auswirkungen und Schutz. Berlin: Springer. S. 59-168

Böhlmann, Nadine (2004): *Wasser- und Stickstoffhaushalt eines soligenen Hangmoores*. Dissertation im Fachbereich Landwirtschaft am Institut für Agrartechnik und Landeskultur, Halle-Wittenberg: Martin-Luther-Universität. S. 5

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2011): *Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV)*. Fassung vom 20.07.2011 i.V.m.d. Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG), Fassung vom 31.07.2009, Bundesgesetzblatt Nr. 37/2011, Berlin: Bundesanzeiger

Chifflard, Peter (2006): *Der Einfluss des Reliefs, der Hangsedimente und der Bodenvorfeuchte auf die Abflussbildung im Mittelgebirge. Experimentelle Prozess-Studien im Sauerland*. Ruhr-Universität Bochum, Geographisches Institut. Dissertation

Feldmann, Ludger (2002): *Das Quartär zwischen Harz und Allertal – Mit einem Beitrag zur Landschaftsgeschichte im Tertiär*. Clausthaler Geowissenschaften 1, Clausthal-Zellerfeld: Technische Universität Clausthal, Institut für Geologie und Paläontologie

Franke, Dietrich (2015): *Regionale Geologie von Ostdeutschland. Ein Wörterbuch*. Glienicke/ Nordbahn

Franzke, Hans Joachim/Schwab, Max (2011): *Harz, östlicher Teil – Mit Kyffhäuser-Kristallin*. Sammlung geologischer Führer 104, Berlin/Stuttgart: Borntraeger

Geller, Walter/Punčochář, Pavel/Bornhöft, Dirk/Bouček, Jan/Feldmann, Hildegard/Guhr, Helmut et al. (1998): *Gewässerschutz im Einzugsgebiet der Elbe. 8. Magdeburger Gewässerschutzseminar*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner (UFZ – Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle)

Hanle, Adolf/Geographisch-Kartographisches Institut Meyer (1992): *Harz*. Mannheim: Meyers Lexikonverlag (Meyers Naturführer)

Hentschel, Gerhard (1953): *Das Föhngebiet des Harzes. Abhandlungen des meteorologischen und hydrologischen Dienstes der Deutschen Demokratischen Republik, Nr. 23, Band III*. Berlin: Akademie-Verlag. Universität Leipzig, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät. Dissertation

Knolle, Friedhart et al. (1997): *Der Harz – Geologische Exkursionen*. Gotha: Klett-Perthes

Knoth, W. (1995): *Sachsen-Anhalt*. In: Das Quartär Deutschlands, Berlin: Borntraeger. S. 148-170

Lotz, Ben (2004): *Neubewertung des rezenten Wärmestroms im Nordostdeutschen Becken*. Berlin: Freie Universität, Fachbereich Geowissenschaften. Dissertation

Patt, Heinz/Bechteler, Wilhelm (2001): *Hochwasser-Handbuch – Auswirkungen und Schutz*. Berlin: Springer

Pilger, Andreas (1991): *Die nordischen Gletscher am nordwestlichen Harzrand und ihre Stauseen*. In: Geologisches Institut der Technischen Universität Clausthal (Hrsg.): Clausthaler geologische Abhandlungen, Band 48, Köln: Sven von Loga, ISSN: 0009-8523

Reinecke, Volker (2006): *Untersuchungen zur mittel- und jungpleistozänen Reliefentwicklung und Morphodynamik im nördlichen Harzvorland*. Sonderdruck: Aachener geographische Arbeiten, Band 43. Aachen: Geographisches Institut der RWTH. Dissertation der Universität Göttingen

Rother, Karl-Heinz (2001): *Hydrologische Grundlagen*. In: Patt, Heinz/Bechteler, Wilhelm (Hrsg.): Hochwasser-Handbuch – Auswirkungen und Schutz, Berlin: Springer. S. 11-57

Scheffer, Fritz/Schachtschabel, Paul (2010): *Lehrbuch der Bodenkunde*. 16. Auflage. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag

Schmidt, Martin (2005): *Talsperren im Harz – Ost- und Westharz*. 8., durchgesehene Auflage, Clausthal-Zellerfeld: Pieper

Schnütgen, Achim/Anton, Karl (2010): *Wandern im Harz*. 5., aktualisierte und neu gestaltete Auflage, Ostfildern: DuMont (DuMont aktiv)

Wagenbreth, Otfried/Steiner, Walter (2015): *Geologische Streifzüge. Landschaft und Erdgeschichte zwischen Kap Arkona und Fichtelberg*. 4. Auflage, Nachdruck, Berlin: Springer

Weymann, Hans-Jürgen/Feldmann, Ludger/Bombien, Henning (2005): *Das Pleistozän des nördlichen Harzvorlands – Eine Zusammenfassung*. In: Deutsche Quartärvereinigung e.V. (Hrsg.): Eiszeitalter und Gegenwart, Jg. 55, Stuttgart : Schweizerbart, ISSN: 0424-7116. S. 43-63

Kapitel 8

Grupp, Erika/Baral, Peter (2004): *Rappbode-Talsperre – allgemein*. Online: http://www.medienwerkstatt-online.de/lws_wissen/vorlagen/showcard.php?id=29210 (Abruf: 25.03.2016)

Henning, Burkhard (2013): *Rappbode-Talsperre – höchste Talsperre Deutschlands/Aktuelles/Presse*. Online: http://www.talsperren-lsa.de/tsb/presse/index.php (Abruf: 30.03.2016)

Janberg, Nicolas (2014): *Rappbode-Talsperre*. Online: http://structurae.de/bauwerke/rappbodetalsperre (Abruf: 29.03.2016)

Kamjunke, Norbert (2016): *DOC-Projekt (TALKO)*. Online: http://www.ufz.de/index.php?de=39991 (Abruf: 30.03.2016)

Lübker, Dirk (2004): *Das Klima im Großraum Harz*. Online: http://www.harz-seite.de/klima.htm (Abruf: 28.03.2016)

Mikolajczyk, Frank (1999): *Die Hassel-Vorsperre*. Online: http://www.harzlife.de/extra/hasselvorsperre.html (Abruf: 29.03.2016)

Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt (2015): *Hochwasserschutzkonzept des Landes Sachsen-Anhalt bis 2020*. Online: http://www.mlu.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/MLU/aThemen/Wasser/Hochwasserschutz/Hochwasserschutz/Konzeption_2020/Endfassung.pdf (Abruf: 30.03.2016)

Richter, Jürgen (2016): *Beschreibung der Messstationen*. Online: http://www.ufz.de/index.php?de=39939 (Abruf: 29.03.2016)

Rockstedt, Gerhard (2006): *Unsere Bode und ihr Talsperrensystem einmal aus der Nähe betrachtet*. In: Unser Harz – Geschichte und Geschichten, Kultur und Natur aus dem gesamten Harz, Nr. 54, Rieder am Harz, Clausthal-Zellerfeld: Oberharzer Dr. und Verlag Fischer & Thielbar, ISSN: 2193-7125. S. 163-167

Schachtbau Nordhausen (2006): *Talsperre Königshütte Instandsetzung Mauerkrone, technische Ausrüstung und Erneuerung Brücke über die HWE*. Online: http://www.schachtbau.de/export/sites/www.schachtbau.de/pdf/projektblaetter_bau/B_SI_2006_REF_Koenigshuette.pdf (Abruf: 30.03.2016)

Schäfers, Jan-Philipp (2015): *Talsperre Königshütte*. Online: http://www.linkfang.de/de/wiki/Talsperre_K%C3%B6nigsh%C3%BCtte (Abruf: 28.03.2016)

Schöpfer, Christoph/Björnsen, Gerhard/Dietze, Maren/Schimrosczyk, Joachim (2007): *Nachhaltige Bewirtschaftung des Rappbode-Talsperren-Systems im Ostharz*. Online: http://www.germannatcom-icold.de/pdf/talsperrensymposium_2007/68_Schoepfer.pdf (Abruf: 29.03.2016)

Sternal, Bernd (2010): *Die Geschichte des Bode-Talsperren-Systems*. Online: http://www.ausflugsziele-harz.de/ausflugsziele-sehenswertes/seen-talsperren/geschichte-bodetalsperrensystem.htm (Abruf: 29.03.2016)

Strobel, Michael (2013): *Anlagen der Talsperren – Wasserkraft Sachsen – Anhalt GmbH – Talsperre Königshütte*. Online: http://www.talsperren-lsa.de/tsw/wasserkraftanlagen/index.php (Abruf: 29.03.2016)

Tischler, Helmut (1999): *Die Entstehungsgeschichte des Systems der „Bode-Talsperren“*. Online: http://www.harzkaleidoskop.de/htsp/tsp.htm (Abruf: 28.03.2016)

Kapitel 9

EUFORGEN – European Forest Genetic Resources Programme (2008): *Distribution map – fagus sylvatica*. Online: http://www.euforgen.org/fileadmin/templates/euforgen.org/upload/Documents/Maps/PDF/Fagus_sylvatica.pdf (Abruf: 29.03.2016)

EUFORGEN – European Forest Genetic Resources Programme (2009): *Distribution map – picea abies*. Online: http://www.euforgen.org/fileadmin/templates/euforgen.org/upload/Documents/Maps/PDF/Picea_abies.pdf (Abruf: 29.03.2016)

Hlawatsch, H./Wegner, U. (1994): *Wald- und Forstentwicklung*. In: Nationalpark Hochharz (Hrsg.): Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt. S. 45-51

Knapp, H. D./Emde, F.-A./Engels, B./Lehrke, S./Hendriscke, O./Klein, M./Kluttig, H./Krug, A./Schäfer, H.-J./Scherfose, V./Schröder, E./Schweppe-Kraft, B. (2008): *Naturerbe Buchenwälder – Situationsanalyse und Handlungserfordernisse*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Naturschutz Bonn (2000): *Karte der Potentiellen Natürlichen Vegetation von Sachsen-Anhalt. Erläuterungen zur Naturschutz-Fachkarte M 1 : 200.000*. Sonderheft 1/2000

Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt (o.J.)a: *Naturschutzgebiete in Sachsen-Anhalt – Naturschutzgebiet Elendstal*. Online: http://www.lvwa-natur.sachsen-anhalt.de/wernige/nsg0020.htm (Abruf: 05.02.2016)

Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt (o.J.)b: *Naturschutzgebiete in Sachsen-Anhalt – Naturschutzgebiet Pferdekopf*. Online: http://www.lvwa-natur.sachsen-anhalt.de/sanger/nsg0103.htm (Abruf: 05.02.2016)

NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2016): *Naturschutzgebiet „Wurmberg“*. Online: http://www.naturschutzgebiete.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=8062&article_id=43197&_psmand=26 (Abruf: 05.02.2016)

NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2005): *Verordnung über das Naturschutzgebiet „Wurmberg“*. Hannover

NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.) (2010): *Vollzugshinweise zum Schutz der FFH-Lebensraumtypen sowie weiterer Biotoptypen mit landesweiter Bedeutung in Niedersachsen*. Teil 3, Hannover, unveröffentlicht

Panek, N. (2011): *Deutschlands internationale Verantwortung – Rotbuchenwälder im Verbund schützen*. Gutachten im Auftrag von Greenpeace e.V.

Schaper, C. (1995): *Die Waldentwicklung im Harz – Teil I-III*. In: Unser Harz – Geschichte und Geschichten, Kultur und Natur aus dem gesamten Harz, Heft 05/1995, Clausthal-Zellerfeld: Oberharzer Dr. und Verlag Fischer & Thielbar, ISSN: 2193-7125

Straka, H. (1970): *Pollenanalyse und Vegetationsgeschichte*. Wittenberg: Neue Brehm-Bücherei

Kapitel 10

Eckhardt, H. (1992): *Der Harz*. Radebeul: Neumann

Haase, G./Schmidt, R. (1985): *Böden im Atlas DDR*. Gotha

Hofrichter, R./Berger, E. (2004): *Der Luchs – Rückkehr auf leisen Pfoten*. Graz/Stuttgart: Stocker

Kuntze, H./Roeschmann, G./Schwerdtfeger, G. (1994): *Bodenkunde*. 4. Auflage. Stuttgart: Ulmer

Matjuschkin, E.N. (1978): *Der Luchs*. Lutherstadt Wittenberg: Ziemsen

Middelhoff, L./Anders, O. (2015): *Abundanz und Dichte des Luchses im westlichen Harz – Fotofallenmonitoring 2014/15*. Wernigerode

Nationalpark Harz (2016a): *Die Wälder des Nationalparks – Eine Wanderung durch den Nationalpark führt durch viele verschiedene Waldgesellschaften*. Online: http://www.nationalpark harz.de/de/naturschuetzen/waelder/#intNavBreadcrumb (Abruf: 29.03.2016)

Nationalpark Harz (2016b): *Nahrung – Der Luchs ist ein Pirsch- und Überraschungsjäger*. Online: http://www.luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/4_der_luchs/nahrung.php (Abruf: 29.03.2016)

Nationalpark Harz (2016c): *Wiederansiedlung – Die Rückkehr des Luchses*. Online: http://www. luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/5_wiederansiedlung/ (Abruf: 29.03.2016)

Nationalpark Harz (2016d): *Ohrmarken – Die Ohrmarken der Luchse*. Online: http://www.luchs projekt-harz.de/de/luchsprojekt/6_dem_luchs_auf_der_spur/ohrmarken.php (Abruf: 28.02.2016)

Nationalpark Harz (2016e): *Die Technik – Von VHF bis GPS*. Online: http://www.luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/7_forschungsprojekt/die_technik.php (Abruf: 28.02.2016)

Nationalpark Harz (2016f): *Ergebnisse des Luchses M8 – Die Wanderung geht weiter*. Online: http://www.luchsprojekt-harz.de/de/luchsprojekt/7_forschungsprojekt/ergebnisse_m8.php (Abruf: 28.02.2016)

Pott, R. (1995): *Die Pflanzengesellschaften Deutschlands*. 2. Auflage. Stuttgart: Ulmer

Putnam, W.C. (1969): *Geologie – Einführung in ihre Grundlagen*. Berlin: Walter de Gruyter

Stöcker, G. (1967): *Der Karpatenbirken-Fichtenwald des Hochharzes – Eine vegetationskundlich-ökologische Studie*. Reihe: Pflanzensoziologie, Band 15, Halle: Fischer

Zech, Wolfgang/Schad, Peter/Hintermaier-Erhard, Gerd (2014): *Böden der Welt – Ein Bildatlas*. Berlin: Springer

Kapitel 11

Hermann, Axel (1981): *Zum Gipskarst am südwestlichen und südlichen Harzrand*. In: Berichte naturhistorische Gesellschaft Hannover, Nr. 124, Hannover. S. 35-45

Viete, Günter (1953a): *Der periodische See von Roßla – ein Beispiel für Wasserbewegungen im Zechstein Europas*. In: Freiberger Forschungshefte, Nr. 5, Freiberg. S. 22-38

Viete, Günter (1953b): *Geologische und hydrologische Untersuchungen im Gipskarst des östlichen Südharzrandes*. In: Freiberger Forschungshefte, Nr. 9, Freiberg. S. 46-79

Viete, Günter (1954): *Über hydrologische Untersuchungen im Gebiet des Periodischen Sees bei Roßla*. In: Geologie, Jg. 3, Nr. 2, Berlin. S. 197-203

Völker, Christel/Völker, Reinhard (1987): *Dolinen und Erdfälle im Sulfatkarst des Südharzes*. In: Mitteilungen des Karstmuseums Heimkehle, Nr. 15, Uftrungen: Förderverein Gipskarst Südharz e.V. S. 1-60

Völker, Christel/Völker, Reinhard (1988): *Ponore des Südharzes*. In: Mitteilungen des Karstmuseums Heimkehle, Nr. 18, Uftrungen: Förderverein Gipskarst Südharz e.V. S. 1-67

Zepp, Harald (2014): *Geomorphologie*. Paderborn: Ferdinand Schöningh

Weitere Online-Quellen

Lebküchner, Hartmund (2002): *Rhumequelle, die größte Karstquelle Niedersachens*. Online: http://www.karstwanderweg.de/publika/geotope/rhumeque/index.htm (Abruf: 30.03.2016)

Vladi, Firouz/Tront, Detlef (2007): *Standort westliche Mooskammer*. Online: http://www.karstwanderweg.de/kws030a.htm (Abruf: 29.03.2016)

Vladi, Firouz/Tront, Detlef (2007): *Die Karstlandschaft des Landkreises Mansfeld-Südharz*. Online: http://www.karstwanderweg.de/kws_land.htm (Abruf: 29.03.2016)

Kapitel 12

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2010): *Karst*. Augsburg, Online: https://www.lfu.bayern.de/geologie/massenbewegungen/definition_massenbewegungen/doc/karst.pdf (Abruf: 13.04.2016)

Eberhardt, Hans et al. (1976): *Der Kyffhäuser und seine Umgebung*. Berlin: Akademie-Verlag

Flindt, Stefan et al. (2001): *Höhlen im Westharz und Kyffhäuser – Geologie Speläologie, Archäologie*. Holzminden: Jörg Mitzkat

Kugler, Hans (1979): *Kyffhäuser, Bad Frankenhausen*. Berlin/Leipzig: VEB Tourist Verlag

Kupetz, Manfred (2005): *Gipskarst am Kyffhäuser und die Genese der Barbarossahöhle*. In: Kupetz, Manfred/Brust, Michael (Hrsg.): Karst und Altbergbau am Kyffhäuser, Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften e.V., Geowissenschaftlicher Exkursionsführer und Mitteilungen, Nr. 225, Berlin/Hannover. S. 12-17

Liebe, K. Th./Zimmermann, E. (1930): *Erläuterungen zur Geologischen Karte „Preußen und benachbarte deutsche Länder", Blatt Gera Nr. 3002*. 3. Auflage, herausgegeben von der Preußisch-geologische Landesanstalt, Berlin

Mädel, Marvin/Walter, Dieter (2010): *Die Kulthöhlen am Kosackenberg bei Bad Frankenhausen, Kyffhäuserkreis*. Online: http://www.karstwanderweg.de/publika/vdhk/56/4/116-118/index.htm (Abruf: 14.03.2016)

Press, Frank/Sievers, Raymond (2008): *Allgemeine Geologie*. 5. Auflage, Berlin/Heidelberg: Springer

Wunderlich, Jürgen (2005): *Abriss der Geologie des Kyffhäusers*. In: Kupetz, Manfred/Brust, Michael (Hrsg.): Karst und Altbergbau am Kyffhäuser, Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften e.V., Geowissenschaftlicher Exkursionsführer und Mitteilungen, Nr. 225, Berlin/Hannover. S. 7-11

Kapitel 13

Behme, Friedrich (1911): *Geologischer Führer durch die Umgebung der Stadt Blankenburg am Harz*. Hannover/Leipzig

Ehlers, Jürgen (1994): *Allgemeine und historische Quartärgeologie*. Stuttgart: Ferdinand Enke

Ehlers, Jürgen (2011): *Das Eiszeitalter*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag

Feldmann, Ludger/Groetzner, Johann-Peter (1998): *Exkursion B – Leinebergland und nördliches Harzvorland*. In: Feldmann, L./Meyer, K.-D. (Hrsg.): DEUQUA-Exkursionsführer Quartär in Niedersachsen, Hannover, S. 37-88

Goudie, Andrew (1994): *The encyclopedic dictionary of physical geography*. Oxford: Blackwell

Hartmann, Hans et al. (1971): *Brockhaus-Reisehandbuch – Der Harz*. Leipzig: VEB F.A. Brockhaus

Koch, Rüdiger (2015): *Ergebnisse von geologischen Kartierbohrungen der LBEG im Großen Bruch (nördliches Harzvorland)*. LUNG-Heft 1/2015, 79. Tagung norddeutscher Geologen

Patzelt, Gerald (2003): *Nördliches Harzvorland, östlicher Teil*. Sammlung geologischer Führer, Band 96, Berlin/Stuttgart: Gebrüder Borntraeger

Pilger, Andreas (1991): *Die nordischen Gletscher am nordwestlichen Harzrand und ihre Stauseen*. In: Geologisches Institut der Technischen Universität Clausthal (Hrsg.): Clausthaler geologische Abhandlungen, Band 48, Köln: S. von Loga, ISSN: 0009-8523

Schifferli-Amrein, Magrit (1973): *Die Gletschertöpfe im Gletschergarten Luzern*. In: Geographisch-ethnographische Gesellschaft Zürich (Hrsg.): Geographica Helvetica, Jg. 28, Bern: Geographischer Verlag, Kümmerly & Frey, ISSN: 0016-7312

Wagenbreth, Otfried/Steiner, Walter (1985): *Geologische Streifzüge – Landschaft und Erdgeschichte zwischen Kap Arkona und Fichtelgebirge*. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie

Woldstedt, Paul (1952): *Der Bewegungsvorgang beim Inlandeis*. Bonn/Gotha: Petermanns Geographische Mitteilungen, Heft 96

Woldstedt, Paul (1962-1965): *Das Eiszeitalter – Grundlinien einer Geologie des Quartärs*. Bände 1-3, Stuttgart

Kapitel 14

Chlod, Thomas (1998): *Das Moorgebiet „Helsunger Bruch" – seine Entwicklung und Nutzung*. In: Kleßen, Reinhard (Hrsg.): Exkursionsführer für das nördliche Harzvorland insbesondere für das Helsunger Bruch. Berlin: Arbeitsberichte Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin, Heft 27

Erxleben, Grischa/Großmann, Rico/Jerosch, Kerstin/Thiel, Gordon (1999): In: Exkursionsführer Wienroder Becken. Berlin: Arbeitsberichte Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin, Heft 39

Glässer, Rüdiger (1994): *Das Klima des Harzes*. Hamburg: Dr. Kovac

Institut für Grünland und Moorforschung (1965): *Gutachten Westerhäuser Bruch*.

Jensen, Uwe (1987): *Die Moore des Hochharzes – Allgemeiner Teil*. In: Naturschutz und Landschaftspflege, Hannover. S. 1-91

König, Wolfram/Blumenstengel, Horst (2005): *Die Oligozänvorkommen am Hartenberg und bei Hüttenrode im Mittelharz und ihre Bedeutung für die känozoische Harzentwicklung*. In: Mitteilungen des Verbandes Deutscher Höhlen- und Karstforscher, Jg. 51, Heft 4, München

Kriebel, Ulrich/Radtke, Peter/Rappsilber, Ivo (2002): *Ergebnisse geowissenschaftlicher Untersuchungen im Becken von Wienrode (Harz)*. In: Hallesches Jahrbuch Geowissenschaften, Band 24, Halle

Landesamt für Umwelt Land Brandenburg: Online: http://www.lugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.392493.de (Abruf: 28.02.2016)

Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt: *Hammelwiese*. Online: http://www.lvwa-natur.sachsen-anhalt.de/doppel/nsg0063.htm (Abruf: 10.02.2016)

Lexikon der Geowissenschaften: *Inkohlung*. Online: http://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/inkohlung/7515 (Abruf: 15.02.2016)

Möbus, Günter (1966): *Abriß der Geologie des Harzes*. Leipzig

MZ (2010): *Bergbau Nachterstedt – Von der Braunkohle zum Tourismus*. Online: http://www.mz-web.de/aschersleben/bergbau-nachterstedt--von-der-braunkohle-zum-tourismus-7229146 (Abruf: 04.03.2016)

Nationalpark Harz (2010): *Kostbar: Die Harzer Moore*. Online: http://www.nationalpark-harz.de/de/naturschuetzen/moore/#intNavBreadcrumb (Abruf: 10.02.2016)

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN): *Lebensraum Hochmoor*. Online: http://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/naturschutz/foerderprogramme/life/hannoversche_moorgeest/life_projekt/lebensraum_hochmoor/lebensraum-hochmoor-113682.html (Abruf: 28.02.2016)

Weinitschke, Hugo (1983): *Hammelwiese*. In: Handbuch der Naturschutzgebiete der Deutschen Demokratischen Republik – Die Naturschutzgebiete der Bezirke Magdeburg und Halle, Band 3, 2. Auflage, Leipzig: Urania. S. 145-147

Kapitel 15

Falk, Gregor C. (2015): *Exkursionen*. In: Geographie unterrichten lernen – Die Didaktik der Geographie, Berlin: Cornelsen

Fry, Alexander (1992): *Harz*. München: Artemis

Piper, Otto (1995): *Burgenkunde – Bauwesen und Geschichte der Burgen*. Würzburg: Weltbild

ARBEITSBERICHTE
Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin
ISSN 0947-0360

Heft 175	Peter **Dannenberg**, T. **Göttert**, G. **Nduru**, U. **Zeller** (Hrsg.)	Land Use and Nature Conservation – Proceedings of the 2nd International Workshop of the Quality Network Biodiversity in Sub-Sahara Africa 2012, Berlin 2013
Heft 176-1	Karin **Wessel** (Hrsg.)	Der Biolebensmittelmarkt in der Region Berlin. Berlin 2012
Heft 176-2	Henning **Nuissl**, Felix **Czarnetzki**, Anne **Akuété**, Kathrin **Drogosch**, Julian **Jerlich**, Janko **Vollmer**, David **Westenberg**, Jan-Niklas **Willing** (Hrsg.)	Teilräumliche Entwicklungstendenzen in urbanen Landschaften – zwei exemplarische Analysen an Berliner Fallbeispielen. Berlin 2013
Heft 177	Madeleine **Waniek**, Hilmar **Schröder** (Hrsg.)	Böden und ihre Nutzung im semi-ariden Raum am Beispiel des zentralen und östlichen Jabel al-Arab, Syrien. Bericht zum Projektseminar, Berlin 2013
Heft 178	Peter **Dannenberg**, Elmar **Kulke**, Neil **Reid** (Hrsg.)	Dynamics in Food and Agriculture based Supply Chains – Abstracts of the IGU Mini-conference in Berlin 2013, Berlin 2013
Heft 179	Elmar **Kulke**, Wilfried **Endlicher**, Lech **Suwala** (Hrsg.)	Bericht zur Hauptexkursion Kuba 2013. Berlin 2013
Heft 180	Wilfried **Endlicher**, Katrin **Burkart**, Reinhard **Kleßen**, Marcel **Langner** (Hrsg.)	Geländeklimatologisches Studienprojekt: Klein Walsertal – Konzeptionen und Ergebnisse. Berlin 2013
Heft 181	Maria **Velte**, Tilman **Versch** (Hrsg.)	Hostels und Ferienwohnungen in Berlin-Kreuzberg. Eine kartographische und statistische Analyse. Berlin 2014
Heft 182	Holger **Wilcke**	Transnationale Träume. Wie Bilder aus Europa Migrationsprozesse aus Ghana beeinflussen. Berlin 2014
Heft 183	Takashi **Kasagami**, Charles **Vacher**, Elmar **Kulke**, Lech **Suwala** (Hrsg.)	Japan – Bericht zur Hauptexkursion 2013. Berlin 2014
Heft 184	Lech **Suwala**, Elmar **Kulke** (Hrsg.)	Bolivien – Bericht zur Hauptexkursion 2014. Berlin 2014
Heft 185	Hilmar **Schröder**, Philipp **Schmeling** (Hrsg.)	Tansania/Malawi – Bericht zur Hauptexkursion 2015. Berlin 2015
Heft 186	Madlen **Krone**, Gilbert M. **Nduru**, Maria C. **Velte** (Hrsg.)	Horticulture in the Mt. Kenya Region – Dynamics and Challenges in the Context of Globalization. Experiences of an Intercultural Study Project, Berlin 2016
Heft 187	Eva **Fraedrich**, Rita **Cyganski**, Ingo **Wolf**, Barbara **Lenz** (Hrsg.)	User Perspectives on Autonomous Driving – A Use-Case-Study in Germany, Berlin 2016
Heft 188	Ilse **Helbrecht**, Ulrike **Mackrodt**, Sebastian **Schlüter**	Nutzungskonflikte im öffentlichen Raum und planerische Mediationsverfahren in Berlin Friedrichshain-Kreuzberg. Wissenschaftliche Begleitforschung zum Projekt *local leben – Netzwerk für Standortlösungen.* Berlin 2016