

Mitt. dtsh. malakozool. Ges.	89	7 – 16	Frankfurt a. M., Oktober 2013
------------------------------	----	--------	-------------------------------

Effekte von Totholz und Kalk auf die Mollusken eines extrem bodensauren Waldes (Naturschutzgebiet Immerkopf, Bergisches Land, Nordrhein-Westfalen)

HEIKE KAPPES

Abstract: Large parts of the predominantly forested nature protection area Immerkopf have highly acidic soils (mean pH at 3.1). However, the area allows direct comparisons between soil types thanks to a small geological peculiarity (further referred to as calcareous lens) with high soil calcium contents and high soil pH. The positive effects of the calcareous lens in terms of species richness protrude into the adjacent acidic areas. Both calcium availability and the proximity to coarse woody debris increase gastropod species richness and abundances, resulting in an overlap of these metrics from samples from woody debris on acidic soils and from controls on calcareous soils. Birds such as blackbirds or song thrush depend on evertebrates with a calcium rich exoskeleton. These birds hardly hold territories and have a low reproductive success in forests on acidic soils. It thus is speculated about options to sustain bird populations using deadwood accumulations that support evertebrates with a calcium rich exoskeleton.

Keywords: biodiversity, checklist, critical load, Devonian sediments, food chain, soil acidification

Zusammenfassung: Das vorwiegend bewaldete Naturschutzgebiet Immerkopf ist weitestgehend extrem bodensaure (mittlerer pH um 3,1). Das Gebiet bietet jedoch dank einer kleinflächigen geologischen Besonderheit (einer sogenannten Kalklinse) direkt angrenzende Vergleichsflächen mit höheren pH-Werten und deutlich höherer Kalziumverfügbarkeit. Die positiven Effekte der Kalklinse strahlen als höhere Artenzahlen in die direkt angrenzenden sauren Gebiete ein. Sowohl Kalziumverfügbarkeit, als auch die Nähe zu liegendem großem Totholz erhöhen Schneckenartenzahl und Abundanzen, so dass beide Charakteristika zwischen Proben von Totholz auf sauren Boden und von Kontrollflächen auf Kalkboden überlappen. Vögel wie Amsel und Singdrossel sind von bodenlebenden Evertebraten mit Kalk-Exoskelett abhängig. In bodensauren Wäldern bilden sie kaum Reviere und weisen nur einen geringen Bruterfolg auf. Daher wird im Ausblick über Möglichkeiten spekuliert, Vogelbestände durch eine Förderung von Evertebraten mit kalkreichem Exoskelett mittels Totholzakkumulationen zu stützen.

1. Einleitung

Mollusken sind bekannterweise besonders empfindlich gegenüber niedrigen pH-Werten und geringer Kalziumverfügbarkeit (u. a. WÄREBORN 1970, 1979, HOTOPP 2004). Das Rheinische Massiv im Südosten von Nordrhein-Westfalen (NRW) ist in weiten Teilen durch kalkarme devonische Ausgangsgesteine geprägt. Der Boden ist entsprechend gering gegenüber sauren Einträgen abgepuffert (GEHRMANN & al. 2003) und weist sehr saure Verhältnisse auf (mittlerer pH des Oberbodens in der Regel $\leq 3,2$; Abb. 1A). Daher erscheinen einige Regionen wie das Süderbergland (naturräumliche Einheiten VIa und VIb; DINTER 2011) in weiten Bereichen auch nicht besonders attraktiv für Studien zum Artenreichtum von Schnecken.

Allerdings können sehr lokal sogenannte Kalklinsen vorkommen. Viele davon sind so klein, dass sie auf geologischen Karten kaum auffallen. Die hier vorgestellten Daten stammen von einer solchen kleinen Kalklinse und ihrem hochgradig bodensauren Umfeld. Die Kalklinse befindet sich im Norden des Naturschutzgebietes (NSG) Immerkopf zwischen den Siedlungen Forst und Weihershagen (Abb. 1 und 3A). Neben direkten Effekten der Kalziumverfügbarkeit werden im Folgenden auch indirekte Effekte durch das walddtypische Strukturelement 'liegendes, mächtiges Totholz' vorgestellt.

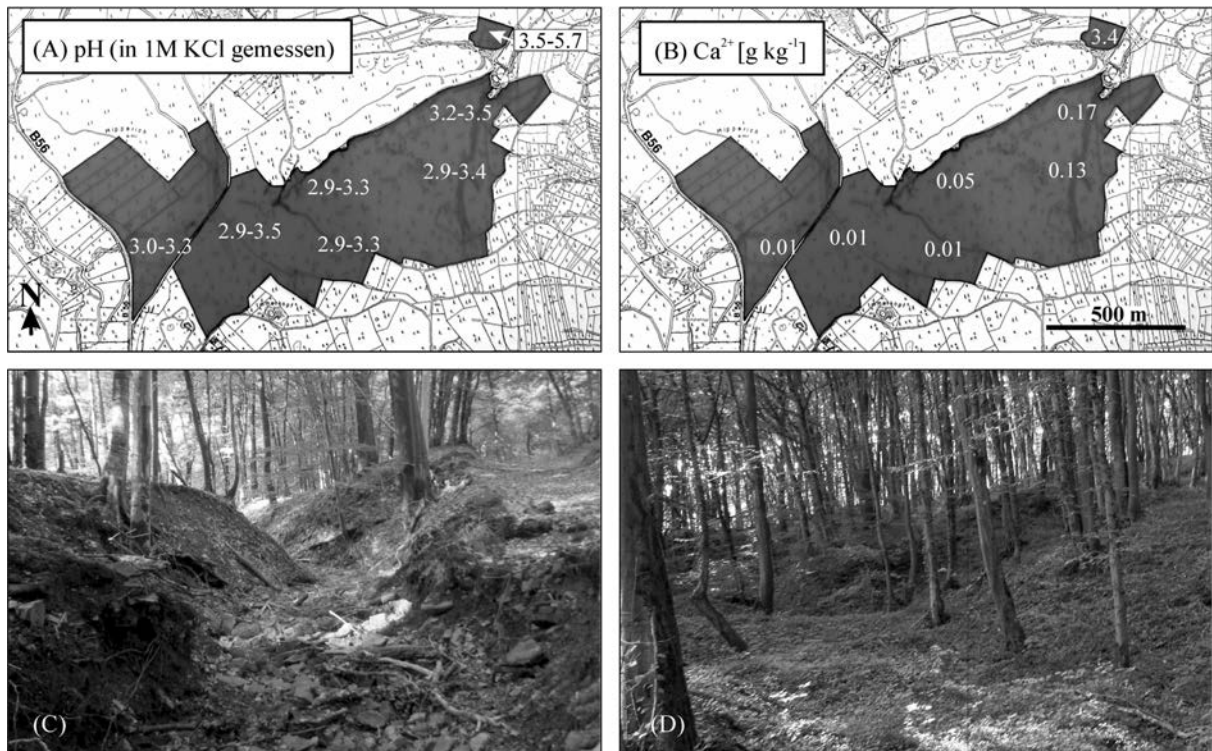


Abb. 1: Aktuelle Gebietsbegrenzung des NSG Immerkopf laut der örtlichen Informationstafel (2013) und (A) Spannweite des pH-Wertes des Oberbodens in den Jahren 2003/2004, (B) Calciumgehalt des Oberbodens (aus Wiederholungsmessungen in den Jahren 2003/2004), (C) Bachschwinde im Unterhang im Osten des NSG, (D) typische Geländestrukturierung in der Kalklinse im NO (Fotos H. KAPPES, von 2013). Die Daten zur Bodenchemie stammen überwiegend aus der Untersuchung von SCHLENDER & al. (2007)

2. Untersuchungsgebiet

Der Untersuchungsbereich ist das Plateau zwischen dem Immerkopf und dem Hipperich mit dem sich anschließenden Nord(Ost)-Hang (Abb. 1). Die Flächen gehören zum Einzugsgebiet der Agger und liegen, nur von einem Höhenrücken mit der Autobahn A4 getrennt, südlich des Aggertals. Auf dem Plateau (ca. 340 m NN), das etwa das westliche Viertel der Fläche ausmacht, fanden sich 2003/04 ein absterbender Eichenbestand, Nadelbaumparzellen und grasbestandene Lichtungen. Nördlich des Waldweges zwischen Immerkopf und Hipperich gibt es ein floristisch bemerkenswertes Hochmoor u. a. mit Gelbblühender Moorlilie, Mittlerem Sonnentau und Schmalblättrigem Wollgras (HERHAUS & al. 2007, HERHAUS 2008). Der sich im Osten anschließende Nord(Ost)-Hang ist mit kleinparzelligem Nadelwald, z. T. auch mit Laubbaumbeständen unterschiedlichen Alters und Zusammensetzung bestockt. Im Zuge von Umbaumaßnahmen wurde ein Teil der Koniferen abgeholzt, so dass kleinere offene Flächen entstanden. Im Gebiet befinden sich zudem quellige Bereiche wie Hangmoore mit *Sphagnum*-Beständen (HERHAUS & al. 2007, HERHAUS 2008).

Aufgrund der Nähe zu erziehbaren Schichtgrenzen wurde auf dem unteren Hang lokal Bergbau betrieben (HERHAUS & al. 2007), von dem z. T. periodisch wassergefüllte Pingen zu erkennen sind. Auch Spuren von Köhlerei und Eisenverhüttung sind zu finden (HERHAUS & al. 2007). Im Schichtgrenzen-Untergrund des Unterhanges scheinen sich Kalkgesteine zu befinden, wie die leicht erhöhte Kalziumverfügbarkeit (Abb. 1B) und eine gut 150 Meter lange Bachschwinde (HERHAUS & al. 2007, Abb. 1C) nahelegen.

Die Besonderheit des Gebietes ist – insbesondere aus malakozoologischer Sicht – ein sich im Nordosten des unteren Hangbereichs (ca. 200 m NN) anschließendes, offenes Kalkvorkommen, das einen niedrigen südwest-exponierten Hang mit kleinen Kalkfelsen formt. Auch hier scheint historisch Bergbau betrieben worden zu sein (vgl. Abb. 1D). Ein im Kalkfelsen befindlicher Hohlraum (Stollen?) wurde aus Gründen des Fledermausschutzes verschlossen. Der Wald erscheint in diesem Bereich jünger, z. T. fanden sich am Rande Hainbuche und Hasel. Im NSG befindet sich folglich eine recht scharfe

bodenchemische Grenze: Der Boden des Plateaus und des Nord(Ost)-Hanges weist einen sehr geringen pH-Wert und minimale Kalziumverfügbarkeit auf, die beide erst in der kleinen Kalklinse ansteigen (Abb. 1A,B).

3. Erfassung

Die Schneckenvorkommen wurden bei zahlreichen Begehungen zwischen 2003 und 2004 erfasst. Die Untersuchungen wurden in Laubbaum-Beständen z. T. quantitativ durchgeführt. Hierfür wurden die Schnecken aus der Laubstreu flächenbezogen ausgewertet. Die Laubstreu-Beprobungen erfolgten in unmittelbarer Nähe von, aber nicht unter mächtigem Totholz und auf dem normalen unstrukturiert erscheinenden Waldboden. Das Totholz hatte einen Mindestdurchmesser von 20 cm und eine Mindestlänge von 200 cm.

Für die Gehäuseschnecken wurden zwei Stellen im Unterhang beprobt (Nr. 3 und 4 in Abb. 3A). Die Quantifizierung erfolgte auf jeder Probestelle an je 8 Stellen in Totholznähe und auf Kontrollflächen ohne Totholz auf jeweils 10 x 30 cm Fläche. Die Aufnahmen wurden viermal zu unterschiedlichen Jahreszeiten wiederholt. Die Auslese der Gehäuseschnecken erfolgte im Labor aus der getrockneten Laubstreu.

Die Quantifizierung der an den Probestellen 1 – 4 (Abb. 3A) auftretenden Nacktschnecken erfolgte je 8-mal auf 1/8 m² in Totholznähe bzw. auf totholzfremden Kontrollstellen. Die Tiere wurden aus der noch feuchten Laubstreu gelesen. Für Gehäuse- und Nacktschnecken gilt, dass Wiederholungsbeprobungen auf der gleichen Fläche bzw. am gleichen Totholzstück vermieden wurden. Die Determination der Schnecken richtet sich nach KERNEY & al. (1983) und PINCEEL & al. (2004).

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Gesamtartenliste

Tab. 1: Gesamtartenliste der 2003 und 2004 im NSG Immerkopf angetroffenen Mollusken.

	Plateau	Hang	Kalklinse
GASTROPODA			
<i>Bythinella dunkeri</i> (FRAUENFELD 1857)		Quelle im N	
<i>Carychium tridentatum</i> (RISSO 1826)		unterster Hang	x
<i>Cochlicopa lubrica</i> (O. F. MÜLLER 1774)			x
<i>Acanthinula aculeata</i> (O. F. MÜLLER 1774)		x	x
<i>Columella aspera</i> WALDÉN 1966		x	
<i>Clausilia bidentata</i> (STRÖM 1765)		unterster Hang	x
<i>Punctum pygmaeum</i> (DRAPARNAUD 1801)		x	x
<i>Discus rotundatus</i> (O. F. MÜLLER 1774)	x	x	x
<i>Euconulus fulvus</i> (O. F. MÜLLER 1774)		x	x
<i>Phenacolimax major</i> (A. FÉRUSSAC 1807)	x	x	x
<i>Vitriina pellucida</i> (O. F. MÜLLER 1774)			x
<i>Aegopinella pura</i> (ALDER 1830)		unterster Hang	x
<i>Aegopinella nitidula</i> (DRAPARNAUD 1805)		unterster Hang	x
<i>Nesovitrea hammonis</i> (STRÖM 1765)	x	x	x
<i>Vitrea crystallina</i> (O. F. MÜLLER 1774)		Pingenbereich	
<i>Vitrea contracta</i> (WESTERLUND 1871)			x
<i>Oxychilus cellarius</i> (O. F. MÜLLER 1774)			x
<i>Daudebardia rufa</i> (DRAPARNAUD 1805)			x
<i>Limax cinereoniger</i> WOLF 1803	x	x	x
<i>Malacolimax tenellus</i> (O. F. MÜLLER 1774)	x	x	x
<i>Lehmannia marginata</i> (O. F. MÜLLER 1774)	x	x	x
<i>Deroceras laeve</i> (O. F. MÜLLER 1774)		x	
<i>Deroceras reticulatum</i> (O. F. MÜLLER 1774)	x		x
<i>Boettgerilla pallens</i> SIMROTH 1912		x	x
<i>Arion rufus</i> (LINNAEUS 1758)	x	x	
<i>Arion lusitanicus</i> auct. non MABILLE	x		x
<i>Arion subfuscus</i> (DRAPARNAUD 1805)	x	x	

	Plateau	Hang	Kalklinse
<i>Arion fuscus</i> (O. F. MÜLLER 1774)	x	x	
<i>Arion silvaticus</i> LOHMANDER 1937	x	x	x
<i>Arion circumscriptus</i> JOHNSTON 1828	x	x	
<i>Arion distinctus</i> J. MABILLE 1868			x
<i>Arion intermedius</i> NORMAND 1852		x	x
<i>Trochulus hispidus</i> (LINNAEUS 1758)		unterster Hang	x
<i>Monachoides incarnatus</i> (O. F. MÜLLER 1744)		unterster Hang	x
<i>Cepaea hortensis</i> (O. F. MÜLLER 1774)		unterster Hang	x
BIVALVIA			
<i>Pisidium obtusale</i> (LAMARCK 1818)		Hangmoorwald	
Summe Arten	13	28	27

Es konnten 36 Arten nachgewiesen werden (Tab. 1). Der niedrige pH-Wert, sowie die zahlreichen Nadelbaumstreifen, wirken sich negativ auf Abundanzen und Artenzahlen aus. Insgesamt gesehen weist das Gebiet zahlreiche Arten auf, die auch in anderen Waldgebieten der (bodensauren) Mittelgebirge anzutreffen sind. Keine der Arten wird auf der Roten Liste von Nordrhein-Westfalen (KOBIALKA & al. 2009) als gefährdet geführt. Aus malakozoologischer Sicht profitiert das Gebiet deutlich von dem historischen Bergbau, der besonders im unteren Drittel des Hanges reichhaltige Strukturen wie Pingens und kleine (Kalkstein-)Schutthalden hinterlassen hat. Des Weiteren wirkt sich die Präsenz der Kalklinse positiv auf das Vorkommen der Gehäuseschnecken aus; viele Arten scheinen von dort aus in den untersten Hangbereich einzustrahlen.

4.2 Gehäuseschnecken

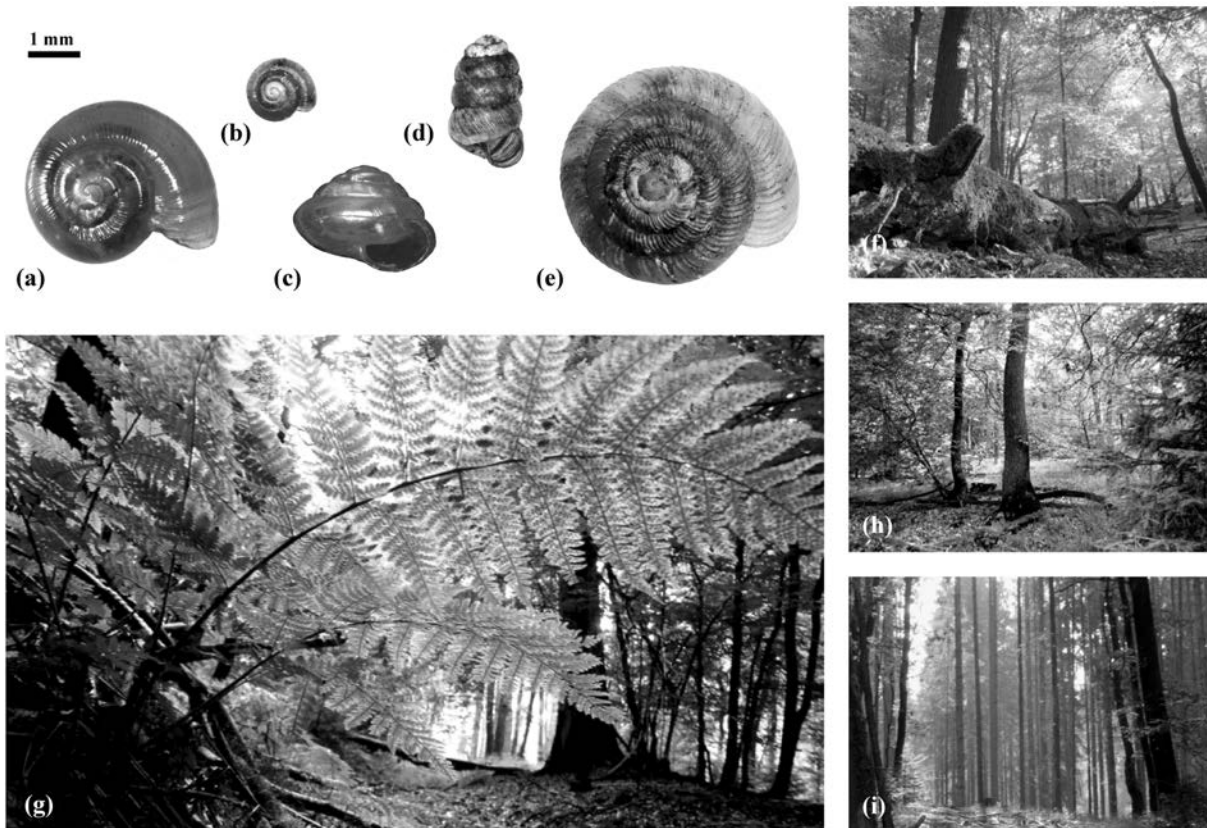


Abb. 2: Die fünf typischen Gehäuseschneckenarten der Laubwälder am Immerkopf (und des Bergischen Landes) sowie charakteristische Habitataufnahmen: (a) *Nesovitrea hammonis*, (b) *Punctum pygmaeum*, (c) *Euconulus fulvus*, (d) *Columella aspera*, (e) *Discus rotundatus*, (f) kleinräumige Strukturierung durch Totholz im Bereich von Probenstelle 3, (g) kleinräumige vertikale Strukturierung durch die Krautschicht (Farn), (h) lichter Laubwald mit grasigem Unterwuchs und Fichten-Naturverjüngung, (i) Fichtenparzelle. Alle Gehäuse im gleichen Maßstab. (Habitatfotos H. KAPPES, von 2013)

Insgesamt wurden im NSG Immerkopf 20 terrestrisch lebende Gehäuseschneckenarten festgestellt. Bis auf *Vitrea crystallina*, die nur im Pingenbereich beobachtet wurde, wurden alle Arten in den Flächen 3 und 4 angetroffen (Tab. 2). Was den sauren Teil des Gebietes betrifft, so profitiert der Unterhang offenbar von der Anwesenheit der nahen Kalklinse. Nur die fünf tendenziell abundanten Arten *Nesovitrea hammonis*, *Punctum pygmaeum*, *Discus rotundatus*, *Euconulus fulvus* und *Columella aspera* (Abb. 2) werden typischerweise auch in anderen großflächig hochgradig bodensauren Wäldern der Region angetroffen. Als atypisch für extrem bodensaure Wälder sind beispielsweise *Acanthinula aculeata*, *Aegopinella nitidula* und *A. pura* anzusprechen.

Auf der Kalklinse fehlen hingegen aufgrund der Nutzungsgeschichte, Kleinräumigkeit und isolierten Lage Schließmundschnecken wie *Cochlodina laminata* sowie Charakterarten wie *Isognomostoma isognomostomos* und *Helicigona lapicida*; diese kommen auf größeren Kalklinsen im Aggertal vor. Dennoch erscheint die kleine Kalklinse u. a. aufgrund des Vorkommens der räuberisch lebenden *Daudebardia rufa* malakozoologisch interessant. Die geringen Dichten von *Carychium tridentatum* und *Euconulus fulvus* weisen hierbei auf eine gewisse edaphische Trockenheit hin. Das Fehlen von *Columella aspera* an dieser Stelle ist ein autökologisches Merkmal der Art: *C. aspera* tritt im Rheinischen Schiefergebirge nur in bodensauren, feuchten (sehr niederschlagsreichen) Stellen auf, wo sie bevorzugt Zwergsträucher bewohnt.

Tab. 2: Gesamtzahlen der Gehäuseschnecken in ca. 1m² Laubstreuproben (8 Parallelproben à 300 cm² x 4 Wiederholungstermine = 9600 cm²), die in den beiden intensiver untersuchten Flächen jeweils in strukturfreien Kontrollflächen (K) und an mächtigem Totholz (T) genommen wurden. Arten, die bei qualitativen Übersichtsbeobachtungen zusätzlich zu den quantitativen Proben nachgewiesen wurden, sind mit 'q' protokolliert. Die Abundanzen beziehen sich nur auf die quantitativen Proben. Zur Lage von Probefläche 3 (pH um 3,1) und 4 (pH ca. 4,0) siehe Abb. 3A.

Art \ Probefläche	3 (Unterhang)		4 (Kalklinse)	
	K	T	K	T
<i>Nesovitrea hammonis</i>	16	56	7	8
<i>Punctum pygmaeum</i>	10	27	15	60
<i>Discus rotundatus</i>	3	32	35	139
<i>Euconulus fulvus</i>	5	16	-	1
<i>Columella aspera</i>	5	13	-	-
<i>Acanthinula aculeata</i>	2	5	63	84
<i>Monachoides incarnatus</i>	3	2	11	11
<i>Aegopinella nitidula</i>	2	1	17	20
<i>Aegopinella pura</i>	-	q	1	17
<i>Carychium tridentatum</i>	1	7	1	13
<i>Daudebardia rufa</i>	-	-	3	11
<i>Phenacolimax major</i>	-	2	-	7
<i>Oxychilus cellarius</i>	-	-	1	3
<i>Vitrea contracta</i>	-	-	-	4
<i>Clausilia bidentata</i>	-	q	-	3
<i>Vitrina pellucida</i>	-	-	-	1
<i>Trochulus hispidus</i>	-	1	q	q
<i>Cepaea hortensis</i>	-	q	q	q
<i>Cochlicopa lubrica</i>	-	-	q	q
Summe Individuen	47	162	154	382
Summe Arten	9	14	13	18

Die detaillierten Untersuchungen zeigten zudem die höheren Dichten und den höheren Artenreichtum in unmittelbarer Nähe von mächtigem liegendem Totholz unabhängig vom Ausgangs-pH-Wert (Tab. 2). Totholz erbrachte sowohl im extrem sauren Bereich, als auch im kalkhaltigeren, mäßig sauren Bereich der Kalklinse, jeweils fünf Arten mehr als die Kontrollflächen. Der Artenreichtum des extrem sauren Bereiches war damit am Totholz höher als auf den Kontrollflächen der Kalklinse. Auch

die Individuendichten waren am Totholz zweieinhalb- bis dreieinhalb mal höher als auf den Kontrollflächen. Diese Effekte von Totholz treten über den gesamten Oberboden-pH-Bereich auf und gelten auch für andere Evertibraten wie Asseln und Tausendfüßer (KAPPES & al. 2007).

Der positive Effekt des Totholzes auf die Schneckenfauna beruht i. d. R. auf einer lokalen Akkumulation von Laubstreu, die ihrerseits zu einer Verbesserung der Feuchtigkeitssituation, aber auch zu einem diversifizierten Nahrungsangebot und sogar zu indirekten kleinräumigen Verbesserungen der Bodenchemie führt (vgl. KAPPES 2005, KAPPES & al. 2006, 2007).

4.3. Nacktschnecken

Vierzehn Arten aus vier Familien gehörten zum morphologischen Erscheinungsbild der Nacktschnecken. Die gestörten und absterbenden Eichenwälder der Kuppe beherbergen sowohl walddtypische Arten (*Lehmannia marginata*, *Limax cinereoniger*, *Malacolimax tenellus*), als auch Arten, die nur gelegentlich in gestörten Wäldern vorkommen und eher das Offenland präferieren (*Deroceras reticulatum*, *Arion lusitanicus*) (Abb. 3). Die Waldwegschnecke *Arion silvaticus* wurde in allen intensiver untersuchten Flächen angetroffen (Tab. 3).

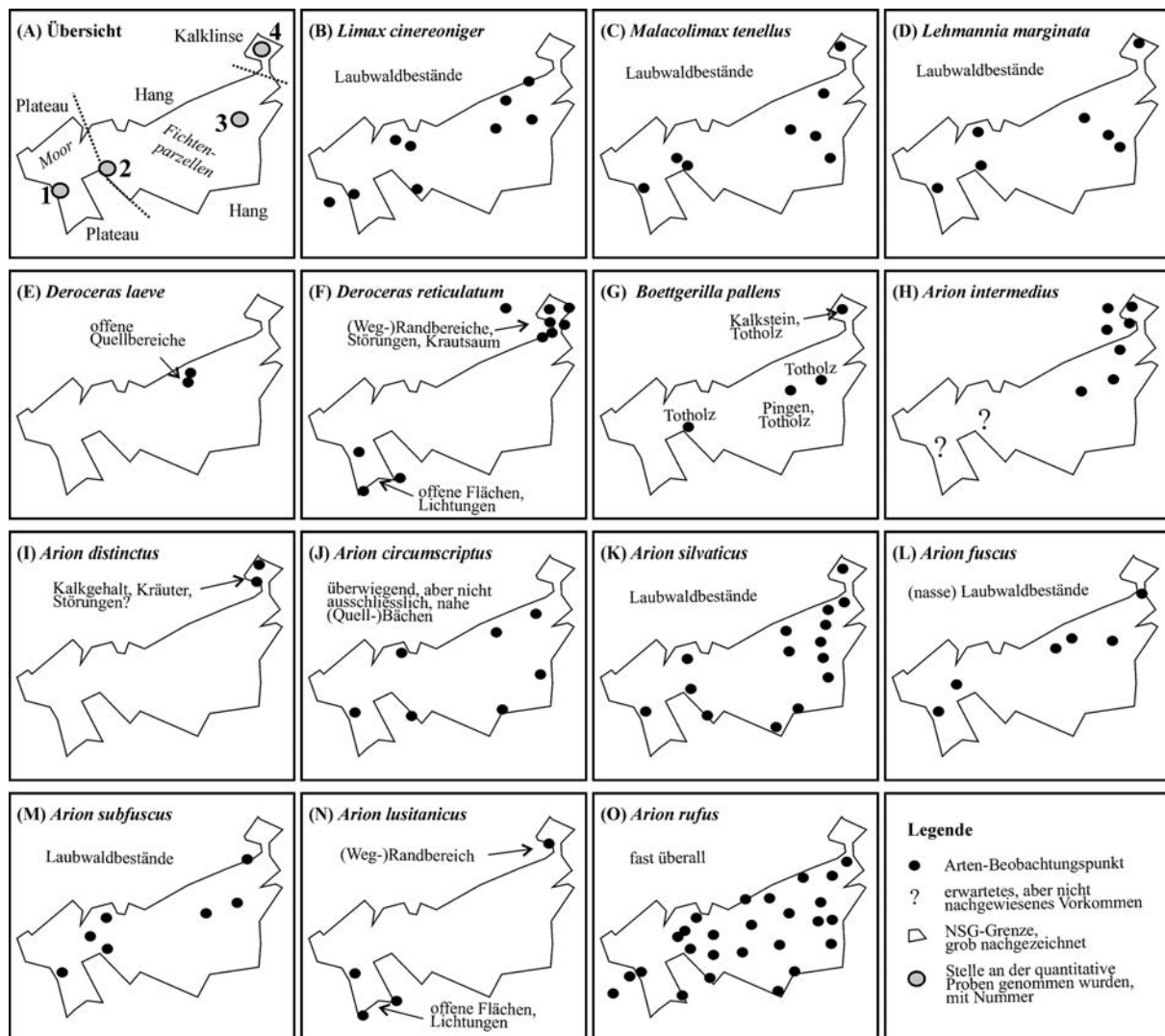


Abb. 3: Übersicht der Untersuchungsflächen (A) im NSG Immerkopf mit Lage der Stellen, an denen die 14 Nacktschneckenarten (B-O) angetroffen wurden. Die Gebietsumgrenzung orientiert sich an derjenigen in der 2003 zur Verfügung gestellten Karte der Biologischen Station Oberberg.

Auffällig ist die Änderung des Artenspektrums von der Kuppe des Immerkopf zur Kalklinse (Abb. 3, Tab. 1 und 3). *Boettgerilla pallens* ist eine vorwiegend subterran lebende Art, die möglicherweise von den geologischen Verhältnissen im Hangbereich profitiert. *Arion lusitanicus* ist als Störungszeiger zu bewerten (KAPPES 2006). Er kommt regelmäßig in Gärten vor und kann mit den gelegentlich verkipperten Gartenabfällen verbracht worden sein. *A. lusitanicus* ist ein in Ausbreitung befindlicher Kulturfolger, der – ursprünglich von Südwesten kommend – in den letzten Jahrzehnten besonders ostwärts verschleppt wurde (u. a. MATZKE 1994, PROSCHWITZ 1997, BAADE 2001). Die Art gilt zudem als sehr mobil (GRIMM 2001, GRIMM & SCHAUMBERGER 2002). Bedenklich erscheint, dass ihr Vordringen vielerorts an das Verschwinden des einheimischen *Arion rufus* gekoppelt ist (WIESE 1985, FALKNER 1990, NOBLE & JONES 1996). Beobachtungen von DREIJERS & al. (2013) zum Paarungsverhalten lassen Hybridisierungen zwischen den beiden Arten möglich erscheinen.

Waldlebende Nacktschnecken reagieren ebenfalls auf Strukturierung und Feuchte (vgl. KAPPES 2006). Die Dichten waren in der totholznahen Laubstreu höher als auf den unstrukturierteren Flächen, und die Dichten nahmen hangabwärts auf den Kontrollflächen zu (Tab. 3). Hier spielt besonders die Geschlossenheit des Baumbestandes eine Rolle. Die Standorte im (Unter-)Hangbereich sind aufgrund von Lage und Vegetationsstruktur gegenüber Verdunstung geschützter als jener auf dem Plateau. Hinzu kommt die Strukturierung des Bodens. So bietet der Boden der Kalklinse stellenweise reichhaltige Rückzugsmöglichkeiten zwischen Steinen und Totholz.

Tab. 3: Nacktschneckendichten (Individuen pro m², Zahlen gerundet) in der Laubstreu in strukturfreien Kontrollflächen (K) und an mächtigem Totholz (T) im Sommer/Herbst 2004; q: bei qualitativen Übersichtsbeobachtungen nachgewiesen, aber nicht auf den quantitativ beprobten Flächen. Die Abundanzen beziehen sich allein auf die quantitativen Proben.

Art \ Probefläche	1 (Plateau)		2 (Oberhang)		3 (Unterhang)		4 (Kalklinse)	
	K	T	K	T	K	T	K	T
<i>Arion circumscriptus</i>	-	< 1	-	1	-	-	-	-
<i>Arion distinctus</i>	-	-	-	-	-	-	1	15
<i>Arion fuscus</i>	-	1	-	-	-	1	-	-
<i>Arion intermedius</i>	-	-	-	-	1	2	3	3
<i>Arion lusitanicus</i>	-	q	-	-	-	-	-	-
<i>Arion rufus</i>	q	q	q	2	q	-	-	-
<i>Arion silvaticus</i>	-	2	3	5	10	14	8	5
<i>Arion subfuscus</i>	-	2	1	2	3	4	-	-
<i>Boettgerilla pallens</i>	-	-	-	q	q	q	5	8
<i>Deroceras reticulatum</i>	-	q	-	-	-	-	q	-
<i>Lehmanna marginata</i>	-	3	-	1	-	-	-	q
<i>Limax cinereoniger</i>	q	q	-	-	q	q	-	-
<i>Malacolimax tenellus</i>	-	2	-	2	-	-	-	q
Summe Individuen	-	10	4	13	14	21	17	31
Summe Arten	2	10	3	7	6	6	5	6

5. Ausblick: Schnecken, Totholz und Vogelschutz

In Kombination mit anderen Untersuchungen lassen sich indirekt Schlüsse zu Ökosystemfunktionen und der trophischen Kaskade ableiten. Beispielsweise sind Schnecken und andere Evertebraten mit kalkreichem Exoskelett insbesondere vor und während der Brutzeit essenzielle Nahrungsbestandteile einiger Vögel. Das kalkreiche Exoskelett liefert Kalk, den die Vögel für die Eischalen des Geleges und das Knochenwachstum der Nestlinge benötigen (z. B. GRAVELAND & VAN DER WAL 1996, TILGAR & al. 1999, BURES & WEIDINGER 2003, TILGAR & al. 2004, REYNOLDS & al. 2004, BANBURA & al. 2010).

Der geologisch zweigeteilte Immerkopf war eine der Flächen im Rahmen einer Untersuchung zum Bruterfolg von Amsel und Singdrossel unter unterschiedlichen Bodenverhältnissen (SCHLENDER & al.

2007). Revierdichten und Bruterfolg beider am Boden nach Futter suchenden Singvogelarten sind im extrem sauren Bereich des oberen Hanges sehr gering (SCHLENDER & al. 2007). Mit zunehmendem pH-Wert des Bodens stehen mehr basisch reagierende Kationen wie Kalzium zur Verfügung, und die Löslichkeit von toxischen Aluminiumverbindungen lässt nach. Daher wird der Quotient der basischen Kationen zu aluminiumhaltigen Ionen größer (GEHRMANN & al. 2003). Damit erhöhen sich die Dichten der potenziellen Beutetiere, namentlich der hartschaligen Schnecken im Falle der Singdrossel und der weicheren Tiere wie Asseln im Falle der Amsel, in der Laubstreu. Parallel steigt auch der Bruterfolg der beiden Vogelarten (Abb. 4).

Totholz erhöht kleinräumig die Dichten von Evertebraten und die Bodenqualität (KAPPES & al. 2007). Eine Zunahme des Totholzanteils in Laubwäldern kann möglicherweise über die Erhöhung der Siedlungsdichten von Evertebraten mit kalkreichem Exoskelett den Bruterfolg von Singdrossel und Amsel fördern (Abb. 4). Hierbei handelt es sich allerdings um einen indirekten, korrelativen Schluss. Es sind weitere gezielte Untersuchungen anzuraten, um diese Hypothese zu erhärten oder nötigenfalls zu verwerfen.

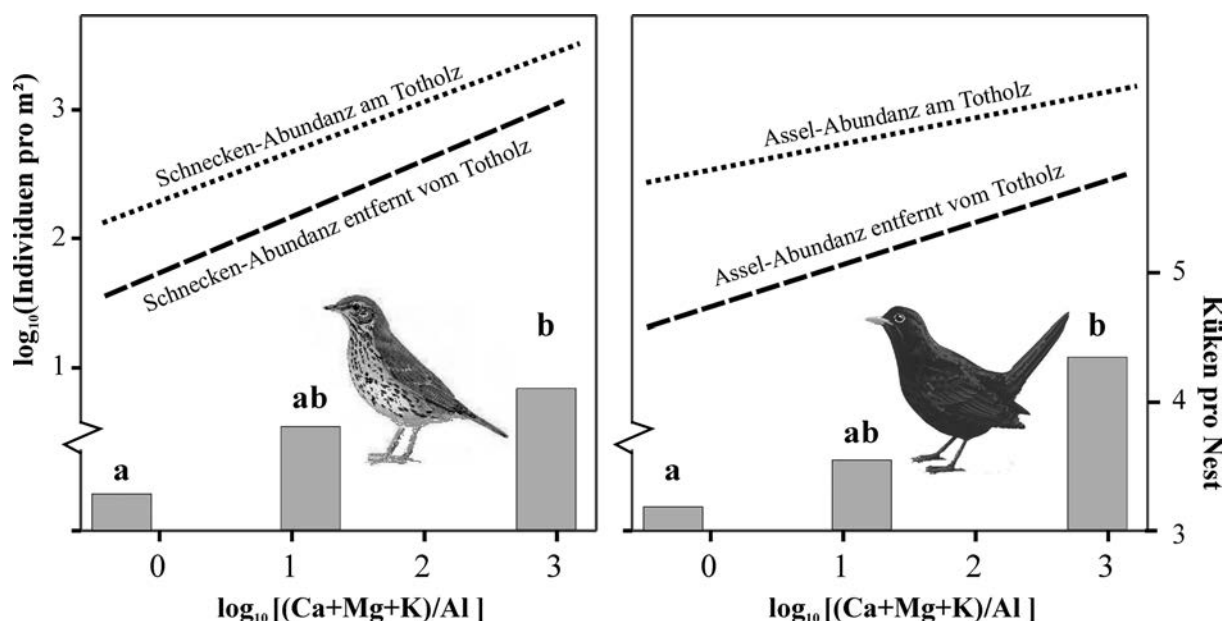


Abb. 4: Abhängigkeit des Bruterfolgs von Singdrossel (links) und Amsel (rechts), sowie der unabhängig davon gemessenen Dichten der tendenziell präferierten kalkhaltigen Beutetiere (Linien: auf Kontrollflächen und in Nähe zu größeren Totholzstücken), vom Bodenversauerungsgrad (Kenngröße: Quotient aus basischen Kationen und gelöstem toxischem Aluminium; Daten aus SCHLENDER & al. 2007 und KAPPES & al. 2007). Gemeinsame Buchstaben bedeuten, dass sich die Bruterfolgsgruppen nicht signifikant unterscheiden; der Unterschied im Bruterfolg zwischen der niedrigsten und der höchsten Verfügbarkeit basischer Kationen im Oberboden ist also signifikant (SCHLENDER & al. 2007).

6. Danksagung

Mein Dank geht an FRANK HERHAUS von der Biologischen Station Oberberg in Nümbrecht für die Genehmigungen und die Kartengrundlage sowie an Herrn Prof. i. R. Dr. WERNER TOPP, in dessen Arbeitsgruppe am Zoologischen Institut der Universität zu Köln damals die Untersuchungen als Teil des Projekts „Improvement of habitat quality in ecologically managed forests“ stattfanden.

7. Literatur

- BAADE, H. (2001): Vorkommen und Ausbreitung von *Arion lusitanicus* (MABILLE, 1868) im Altenburger Land (Ostthüringen) (Gastropoda: Stylommatophora: Arionidae). — Thüringer Faunistische Abhandlungen, **8**: 261-272, Erfurt.
- BANBURA, M., SULIKOWSKA-DROZD, A., KALINSKI, A., SKWARSKA, J., WAWRZYNIAK, J., KRUK, A., ZIELINSKI, P. & BANBURA, J. (2010): Egg Size Variation in Blue Tits *Cyanistes caeruleus* and Great Tits *Parus major* in Relation to Habitat Differences in Snail Abundance. — Acta Ornithologica, **45**: 121-129, Warszawa.
- BURES, S. & WEIDINGER, K. (2003): Sources and timing of calcium intake during reproduction in flycatchers. — Oecologia, **137**: 634-647, Berlin.
- DINTER, W. (2011): Naturräumliche Gliederung. — In: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV): Rote Liste der gefährdeten Pflanzen, Pilze und Tiere in Nordrhein-Westfalen, 4. Fassung, 2011 — LANUV-Fachbericht, **36**: 29–36, Recklinghausen.
- DREIJERS, E., REISE, H. & HUTCHINSON, J. M. C. (2013): Mating of the slugs *Arion lusitanicus* auct. non MABILLE and *A. rufus* (L.): different genitalia and mating behaviours are incomplete barriers to sperm exchange. — Journal of Molluscan Studies, **79**: 51–63, Oxford.
- FALKNER, G. (1990): Binnenmollusken. — In: FECHTER, R. & FALKNER, G.: Weichtiere. Europäische Meeres- und Binnenmollusken. — Steinbachs Naturführer: 112-280, München (Mosaik).
- GEHRMANN, J., BECKER, R. & SPRANGER, T. (2003): Neue Grundlagen für die Berechnung von Critical Loads und deren Überschreitung durch Stoffeinträge. — In: Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen (LÖBF) (Hrsg.): Der Waldzustand 2003 in Nordrhein-Westfalen: 24-28, Recklinghausen (LÖBF).
- GRAVELAND, J. & VAN DER WAL, R. (1996): Decline in snail abundance due to soil acidification causes eggshell defects in forest passerines. — Oecologia, **105**: 351–360, Berlin.
- GRIMM, B. (2001): Life cycle and population density of the pest slug *Arion lusitanicus* MABILLE (Mollusca: Pulmonata) on grassland. — Malacologia, **43**: 25-32, Ann Arbor.
- GRIMM, B. & SCHAUMBERGER, K. (2002): Daily activity of the pest slug *Arion lusitanicus* under laboratory conditions. — Annals of applied Biology, **141**: 35-44, Oxford.
- HERHAUS, F. (2008): Immerkopf : im Reich der Moorlilie. — Naturschutz in NRW, **19 (3)**: 4-6, Düsseldorf.
- HERHAUS, F., KISTENEICH, S. & MATZKE-HAJEK, G. (Hrsg., 2007): Der Immerkopf : im Reich von Moorlilie und Quelljungfer. — 27 S., Dorsten (Förderverein NRW-Stiftung Natur, Heimat, Kultur, Düsseldorf), (www.nrw-stiftung.de/infomaterial/download/immerkopf.pdf).
- HOTOPP, K. P. (2004): Land snails and soil calcium in Central Appalachian Mountain forests. — Southeastern Naturalist, **1**: 27-44, Streuben, ME.
- KAPPES, H. (2005): Influence of coarse woody debris on the gastropod community (Mollusca: Gastropoda) in a managed calcareous beech forest in Western Europe. — Journal of Molluscan Studies, **71**: 85-91, Oxford.
- KAPPES, H. (2006): Relations between forest management and slug assemblages (Gastropoda) of deciduous regrowth forests. — Forest Ecology and Management, **237**: 450-457, Amsterdam.
- KAPPES, H., CATALANO, C. & TOPP, W. (2007): Coarse woody debris ameliorates chemical and biotic soil parameters of acidified broad-leaved forests. — Applied Soil Ecology, **36**: 190-198, Amsterdam.
- KAPPES, H., TOPP, W., ZACH, P. & KULFAN, J. (2006): Coarse woody debris, soil properties, and snails (Mollusca: Gastropoda) in European primeval forests of different climates. — European Journal of Soil Biology, **42**: 139-146, Paris.
- KERNEY, M. P., CAMERON, R. A. D. & JUNGBLUTH, J. H. (1983): Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas. — 384 S., Hamburg (Paul Parey).
- KOBIALKA, H., SCHWER, H. & KAPPES, H. (2009): Rote Liste der gefährdeten Schnecken und Muscheln (Mollusca: Gastropoda et Bivalvia) in Nordrhein-Westfalen, 3. Fassung 2009. — Mitteilungen der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft, **82**: 3-30, Frankfurt a. M.

- MATZKE, M. (1994): Funde von *Arion lusitanicus* (MABILLE) und *Monacha cartusiana* (O. F. MÜLLER) in Halle an der Saale. — Mitteilungen der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft, **53**: 29, Frankfurt a. M.
- NOBLE, L. R. & JONES, C. S. (1996): A molecular and ecological investigation of the large arionid slugs of North-West Europe: the potential for new pests. — In: SYMONDSON, W. O. C. & LIDDELL, J. E. (Eds): The ecology of agricultural pests: 93-131, London (Chapman & Hall).
- PINCEEL, J., JORDAENS, K., VAN HOUTTE, N., DE WINTER, A. J. & BACKELJAU, T. (2004): Molecular and morphological data reveal cryptic taxonomic diversity in the terrestrial slug complex *Arion subfuscus/fuscus* (Mollusca, Pulmonata, Arionidae) in continental north-west Europe. — Biological Journal of the Linnean Society, **83**: 23-38, Oxford.
- PROSCHWITZ, T. VON (1997): Erstnachweis von *Arion lusitanicus* MABILLE in Mecklenburg-Vorpommern. — Schriften zur Malakozoologie, **10**: 21-22, Cismar.
- REYNOLDS, S. J., MÄND, R. & TILGAR, V. (2004): Calcium supplementation of breeding birds: directions for future research. — Ibis, **146**: 601-614, Oxford.
- SCHLENDER, M., SKIBBE, A., KAPPES, H. & TOPP, W. (2007): Complex responses of songbirds to soil acidification of managed beech forests in Central Europe. — Ecosystems, **10**: 579-587, New York.
- TILGAR, V., MÄND, R. & LEIVITS, A. (1999): Effect of calcium availability and habitat quality on reproduction in Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca* and Great Tit *Parus major*. — Journal of Avian Biology, **30**: 383-391, Copenhagen.
- TILGAR, V., MÄND, R., OTS, I., MÄGI, M., KILGAS, P. & REYNOLDS, S. J. (2004): Calcium availability affects bone growth in nestlings of free-living great tits (*Parus major*), as detected by plasma alkaline phosphatase. — Journal of Zoology, **263**: 269-274, London.
- WÄREBORN, I. (1970): Environmental factors influencing the distribution of land molluscs of an oligotrophic area in southern Sweden. — OIKOS, **21**: 285-291, Oxford.
- WÄREBORN, I. (1979): Reproduction of two species of land snails in relation to calcium salts in the foena layer. — Malacologia, **18**: 177-180, Ann Arbor.
- WIESE, V. (1985): Zur Verbreitungssituation der Land-Nacktschnecken in Schleswig-Holstein (Gastropoda: Arionidae, Milacidae, Limacidae, Agriolimacidae, Boettgerillidae). — Faunistisch-Ökologische Mitteilungen, **5**: 305-311, Kiel.

Anschrift der Verfasserin:

Dr. HEIKE KAPPES, Naturalis Biodiversity Center, Postbus 9517, 2300 RA Leiden, Niederlande, und Zoologisches Institut, Abt. Terrestrische Ökologie, Biozentrum Köln, Zülpicher Straße 47b, 50674 Köln, Deutschland, heike.kappes@uni-koeln.de