

Kleine Luxemburger Schweiz

Luxembourg's Little Switzerland

Simone Schneider, Yves Krippel, Florian Hans, Thierry Helminger,
Christian Ries & Alain Faber

*Exkursionsleitung: Yves Krippel, Simone Schneider, Florian Hans,
Thierry Helminger & Alain Faber*

Zusammenfassung

Die Nachexkursion führt in die „Kleine Luxemburger Schweiz“. Die Gegend um das „Müllerthal“ mit ihren bizarren Felsformationen, den steil überhängenden Felswänden und den engen Schluchten ist ein sehr beliebtes Wander- und Tourismusgebiet und wegen ihrer floristischen Highlights auch unter den Botanikern bestens bekannt. Im Fokus stehen die Vorkommen der Hautfarne *Hymenophyllum tunbrigense* und *Trichomanes speciosum* sowie zahlreiche weitere Farn- und Moosarten. Beeindruckend sind auch die Buchenwälder mit Vorkommen von *Ilex aquifolium* sowie die kleinräumig ausgebildeten Schluchtwälder.

Schlagwörter: Sandsteinfelsen, Schluchten, Verwitterungsformen, Buchenwälder, Schluchtwälder, Farn- und Moosvielfalt, *Ilex aquifolium*, *Hymenophyllum tunbrigense*, *Trichomanes speciosum*, *Plagiochila punctata*, *Dicranum viride*

Abstract

The last excursion leads to Luxembourg's Little Switzerland. The area around the "Müllerthal" with its bizarre rock formations, the steeply overhanging rock faces and the narrow gorges is a very popular hiking and tourism destination and is well known among botanists for its floristic highlights. The focus is on the occurrence of the filmy-ferns *Hymenophyllum tunbrigense* and *Trichomanes speciosum* as well as numerous other fern and moss species. In addition, the beech forests with *Ilex aquifolium* and the small patches of ravine forests are impressive.

Key words: sandstone rocks, gorges, weathering forms, beech forests, ravine forests, fern and moss diversity, *Ilex aquifolium*, *Hymenophyllum tunbrigense*, *Trichomanes speciosum*, *Plagiochila punctata*, *Dicranum viride*

1. Exkursionsgebiete in der Übersicht

Die Nachexkursion führt in zwei Exkursionsgebiete der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ bei Berdorf sowie eins bei Echternach. Das erste liegt nordwestlich von Berdorf, gleich am Ortsrand im Gebiet zwischen der „Siweschlëff“ und der „Ruelzbech“ und das zweite am Nachmittag liegt südöstlich von Berdorf in den Tälern der „Haalsbaach“ und der „Äsbech“. *Dicranum viride* wird in einem dritten Gebiet „Haard“ bei Echternach vorgestellt. Abbildung 1 zeigt die Lage der Gebiete.

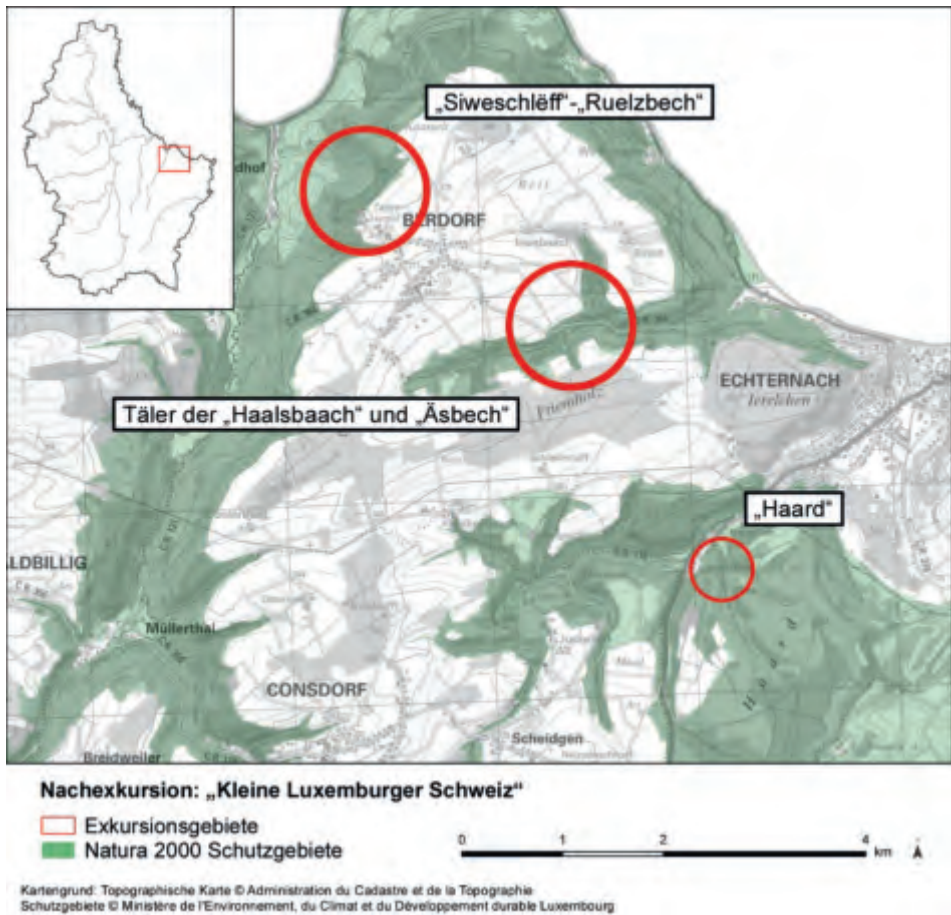


Abb. 1. Die Exkursionsgebiete im Überblick.

Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen richtet sich nach LAMBINON & VERLOOVE (2015) – mit Ausnahme einiger im Gelände schwer unterscheidbaren Arten, die als Aggregate aufgeführt werden sowie der Vertreter aus dem *Dryopteris affinis* agg., bei denen nach FRASER-JENKINS (2007) verfahren wird –, die der Moose nach WERNER (2011) und die der Flechten nach DIEDERICH et al. (2018).

2. Lage und Ausstattung der „Kleinen Luxemburger Schweiz“

2.1 Naturraum

Die spektakulären Felsformationen, tiefen Schluchten und Panorama-Aussichten von den Hochplateaus sowie die ausgedehnten Wälder kennzeichnen das sogenannte „Müllerthal“. Die Jahrtausende währende Erosion hat die beeindruckenden Felsformationen geformt und zu einer der faszinierendsten Landschaften Luxemburgs gemacht (Abb. 2). Die eindrucksvollen Felsformationen des Luxemburger Sandsteins (Lias) brachten der Region den Namen



Abb. 2. Beeindruckende Felsenlandschaft in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ (Foto: S. Schneider, 24.10.2018).

„Kleine Luxemburgische Schweiz“ oder auch „Kleine Luxemburger Schweiz“ ein – in Anlehnung u. a. an die „Sächsische Schweiz“. Der charakteristische gelbe, oft kalkhaltige und harte Sandstein hat typische Verwitterungsformen ausgebildet.

Oft wird der Begriff „Kleine Luxemburger Schweiz“ mit dem „Müllerthal“ gleichgesetzt. Das „Müllerthal“ umfasst die gesamte Region zwischen Echternach, Berdorf, Beaufort, Consdorf und Waldbillig inklusive der Hochflächen und nicht bewaldeten Hänge über Luxemburger Sandstein. Eindeutig ist die Abgrenzung des Gebiets bislang noch nicht geklärt. Die „Kleine Luxemburger Schweiz“ umfasst den nordöstlichen Bereich des Verbreitungsgebietes des Liassandsteines in Luxemburg und ist etwa 170 km² groß und umfasst damit größere Teile als das „Müllerthal“. Die „Kleine Luxemburger Schweiz“ liegt geographisch betrachtet zwischen den Flüssen Sauer und Alzette. Damit ist also die Felsenlandschaft beiderseits der Schwarzen und Weißen Ernz gemeint (KRIPPEL 2005a). Eine pflanzengeographische Abgrenzung folgt dem luxemburgischen Areal der atlantischen Europäischen Stechpalme, *Ilex aquifolium* (REICHLING 1954a). Das Landschaftsbild der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ wird von den Sandsteinfelsen geprägt.

Die Gebiete haben im Laufe der Zeit Veränderungen in ihrer Abgrenzung erlebt. Um 1879 gab es bereits in der Tourismusbranche einen holländischen Artikel, der den Vergleich zur „Sächsischen Schweiz“ machte. Der Name festigte sich dann als touristische Bezeichnung. Der Begriff ist aber umstritten; Kritiker räumen ein, dass die Gegend z. B. nichts mit den Schweizer Alpen zu tun habe. Mit der Entdeckung des Englischen Hautfarns (*Hymenophyllum tunbrigense*) 1823 durch den belgischen Naturforscher Charles Barthélemy Dumortier (1797–1878) begann die systematische botanische Erkundung des Gebietes. Botanische Raritäten wurden bereits Ende des 19. Jahrhunderts in Reiseführern erwähnt (MASSARD 2005, KIEFFER & KRIPPEL 2005).

Das Hauptfließgewässer der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ ist die Schwarze Ern. Sie hat sich in das Plateau des Luxemburger Sandsteins tief eingeschnitten und die heute für die Region typischen Felsformationen geschaffen. Daneben gibt es mehrere kleine Bäche, die an den Randzonen des Sandsteinplateaus entspringen und dabei enge Felsschluchten durchfließen. Sie münden in die Schwarze Ern oder in die Sauer. Zwei Bachtäler und deren Felschluchten, die „Äsbech“ und die „Haalsbaach“, werden im Rahmen der Exkursion besucht. Die Fließgewässer sind klar, auch im Sommer kaum über 18 °C warm und besitzen aufgrund des starken Gefälles eine hohe Fließgeschwindigkeit. Durch die Felsblöcke im Bachbett und das starke Gefälle haben sich viele Kaskaden und kleinere Tümpel gebildet. Der bekannteste – wenn auch künstlich angelegte – Wasserfall ist der Schießentümpel oberhalb der Ortschaft Müllerthal (PROESS 2005).

Naturräumlich liegt die Region im Schooffelser und Müllerthaler Gutland (ADMINISTRATION DES EAUX ET FORÊTS 1995). Die sandigen, stark wasserdurchlässigen und sehr nährstoffarmen z. T. podsoligen Böden des Sandsteinplateaus sind bewaldet. Es finden sich große zusammenhängende Waldgebiete, vor allem in den Schluchten und Bachtälern. Im Süden schließen an den Sandstein Liaskalke und -mergel sowie (überlagernde) Lößlehme an. Die ton- und lehmhaltigen Böden sind hingegen fruchtbarer und werden hauptsächlich ackerbaulich und nur zu einem geringen Anteil als Grünland genutzt.

Das Klima der Region ist mild mit einer mittleren Jahrestemperatur von 8,5–9 °C und einem mittleren Jahresniederschlag von 750–800 mm. Sie gehört damit zu den etwas trockeneren und wärmeren Regionen Luxemburgs (PFISTER et al. 2005). In der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ herrschen jedoch Unterschiede zu den umgebenden Plateaulagen, bedingt durch das Relief. Die Tallagen, die sehr engen Täler und die Schluchten erreicht wenig Sonneneinstrahlung; daher sind die Temperaturen deutlich niedriger und es herrschen feuchtere Verhältnisse. Die Luftfeuchte ist vor allem in den engen Schluchten konstant hoch und sowohl die tageszeitlichen als auch jahreszeitlichen Temperaturschwankungen sind vergleichsweise gering. Die lokalklimatischen Bedingungen sind folglich von einem sehr ausgeglichenen Luftfeuchte- und Temperaturhaushalt gekennzeichnet (SCHWENNINGER 2001, COLLING et al. 2005). Es gibt zudem sehr kleinräumig mikroklimatische Unterschiede, die sich z. B. im Vergleich zwischen den engen und tiefen Schluchten und exponierten Felskuppen mit starker Sonneneinstrahlung im Sommer und starker Abkühlung im Winter zeigen (HANS 1998).

Neben den Wäldern, Felsen und Schluchten auf Luxemburger Sandstein, die die „Kleine Luxemburger Schweiz“ prägen, sind die Offenlandschaften in den Plateaulagen sowie die Fließgewässer Teil des „Müllerthals“. Auf den Plateaulagen um Berdorf und Beaufort stehen schwere, tonige Böden auf den „Mergeln und Kalken von Strassen“ an, stellenweise auch sandig-lehmige Lößlehm Böden. Auf den lehmig-tonigen Böden herrscht Grünland vor, während die leichten Sandböden ackerbaulich genutzt werden. Vielerorts ist der Maisanbau dominant, was bei Starkregenereignissen zu großen und gravierenden Erosionen und Überflutungen führen kann. Aufgrund der verheerenden Unwetter-Ereignisse im Juni 2018 mussten die zu Beginn der Planungen zur Jahrestagung der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft festgelegten Exkursionsrouten verlegt werden, da einige Wege nicht mehr existierten oder kaum noch begehbar waren. Auch der mit dem intensiven Maisanbau verbundene hohe Einsatz von Dünger und Pestiziden stellt im Luxemburger Sandsteingebiet als dem wichtigsten Grundwasserträger Luxemburgs bedenkliche Probleme dar.

Heute verschwunden sind die Heiden der Umgebung von Beaufort, wo es um Ende des 18. Jahrhunderts noch ausgedehnte Bestände gab. Sie wurden im Anfang des 20. Jahrhunderts aufgeforstet. Die landwirtschaftlich genutzten Plateauflächen sind insgesamt relativ

ausgeräumt, nur wenige Hecken bereichern das Landschaftsbild. Einige ältere und ökologisch wertvolle Streuobstwiesen gibt es z. B. in der Gegend um Berdorf und Beaufort (COLLING 2005b). Die Wälder der Hochflächen sind auf den schweren Tonböden als kalkreiche Eichen-Hainbuchenwälder ausgebildet. Eine üppige Kraut- und Strauchschicht herrscht vor, Seidelbast (*Daphne mezereum*) findet sich vielerorts. Typisch für die feuchten Eichen-Hainbuchenwälder sind die Mardellen – meist rundliche, trichterartige Vertiefungen, deren Entstehung durch Auswaschungen im Untergrund sowie anschließendem Einbruch der darüberliegenden Bodenschichten zu erklären ist. Die flachen Vertiefungen werden von Regenwasser gespeist, je nach Witterung trocknen sie im Sommer aus. Sie sind in der Regel nicht besonders artenreich; zu den häufigeren Arten gehören *Sphagnum palustre*, *S. squarrosum*, *Carex remota*, *C. elongata* und *Glyceria fluitans*. Wegen der Durchlässigkeit des Sandsteins sind Feuchtwälder eher die Ausnahme. Einzigartig ist daher ein Birkenbruchwald bei Beaufort, das „Elteschmuer“ mit *Betula pubescens*, *Molinia caerulea*, *Blechnum spicant*, *Carex rostrata*, *C. demissa*, *C. echinata* und den Torfmoos-Arten *Sphagnum auriculatum*, *S. fallax*, *S. fimbriatum*, *S. flexuosum*, *S. inundatum*, *S. squarrosum* und *S. palustre*. Hier fanden sich auch die letzten Vorkommen von *Drosera rotundifolia*, *Rhynchospora alba*, *Lycopodiella inundata* und *Juncus squarrosus* (KRIPPEL 2005c).

2.2 Geologie der „Kleinen Luxemburger Schweiz“

Die folgenden Ausführungen geben einen kurzen Überblick über die Geologie der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ und die Eigenschaften des Luxemburger Sandsteins; sie basieren weitestgehend auf WEBER & FABER (2005) sowie COLBACH (2005).

2.2.1 Die Schichtenfolge in der Region

Bezeichnend für die „Kleine Luxemburger Schweiz“ ist die Sandsteinformation (Abb. 3). Mit einer Mächtigkeit von 60 bis 100 m bildet sie ein Plateau, das durch einige tiefe Täler eingeschnitten wurde. So trennt die Schwarze Ernz das Berdorfer vom Beforter Plateau, die Prüm das Ferschweiler Plateau von der Wolfsfelder Anhöhe (D) und die Sauer das Bitburger Gutland (D) von der „Kleinen Luxemburger Schweiz“. Beidseitig des Grenzflusses Sauer ist die Landschaftsform auf denselben geologischen Aufbau und auf dieselbe Abtragungsgeschichte zurückzuführen.

In der Region reicht die geologische Schichtenfolge (Abb. 4) vom Oberen Muschelkalk (mo, entspricht der dt. Hauptmuschelkalk-Folge) im Sauertal bis hinauf zu der Strassen-Formation (li3, die Mergel und Kalke von Strassen entsprechen dem dt. Gryphäenkalk) auf dem Plateau. Die reliefbildende Sandsteinschicht, Luxemburg-Formation, wird in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ stratigraphisch der Hettange-Stufe (Unterlias) zugeordnet. Die größeren Wasserläufe wie die Schwarze Ernz haben sich durch den Luxemburger Sandstein (li2), die Elvange-Formation (li1), das Rhät (ko) bis in den Keuper (km, Steinmergelkeuper) gegraben. Kleine Bäche wie „Äsbech“, „Haalsbaach“ oder „Consdorferbaach“ erreichen nur selten die Mergel (li1) direkt unter dem Sandstein.

Die mesozoischen Schichten (Trias, Lias, ...) fallen allgemein leicht (< 5°) nach Südwesten hin zum Pariser Becken. Lokal können die Schichten durch die Tektonik geneigt (Mulde) oder versetzt (Verwerfungen) sein. Über den Trias- und Lias-Schichten liegen stellenweise dünnsschichtige Ablagerungen wie pleistozäne Flussterrassen, holozäne Talböden sowie Hangschutt und Rutschmassen.

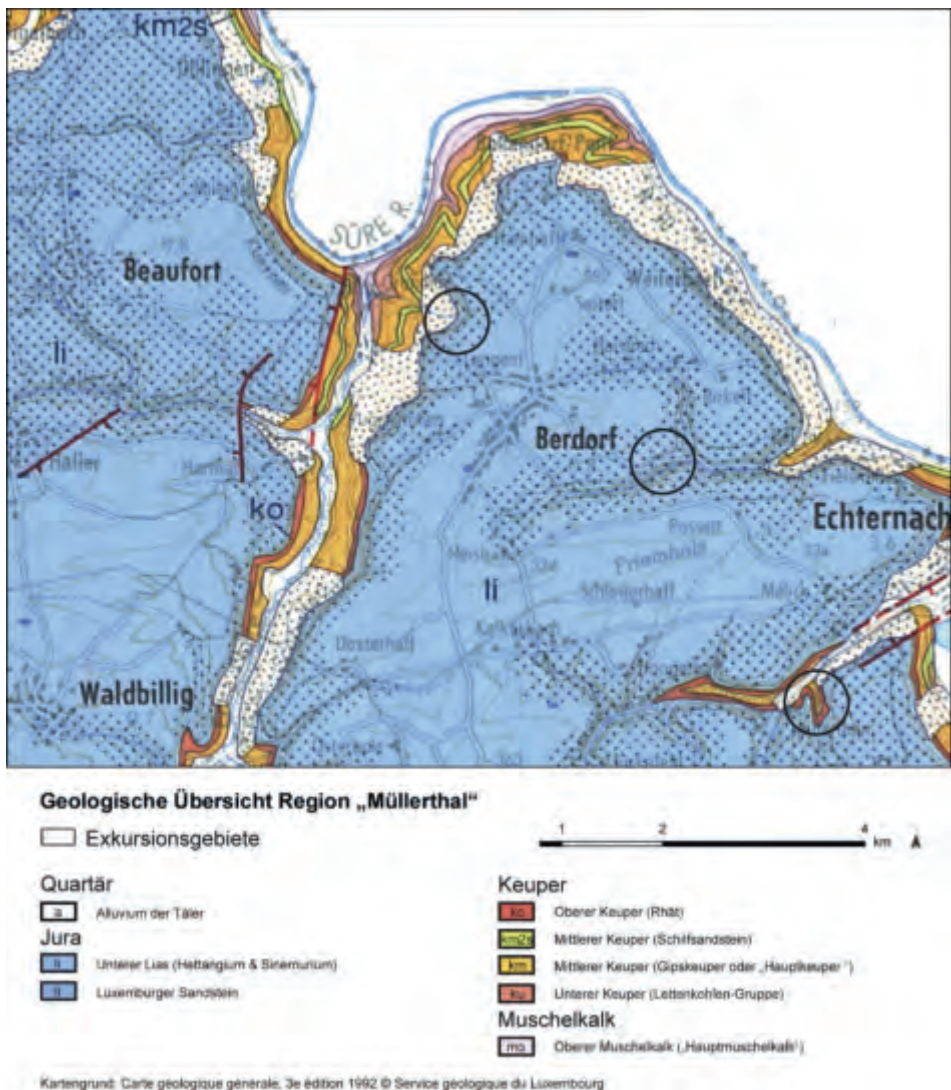


Abb. 3. Geologische Karte der Region „Müllerthal“ mit der Lage der Exkursionsgebiete.

2.2.2 Die Entstehung des Ablagerungsgesteins

Zur Unterliaszeit (vor 201 bis 191 Millionen Jahren) lag das Gutland – das Bitburger und das Luxemburger – mit samt der „Kleinen Luxemburger Schweiz“, im nordöstlichen Ausläufer des Pariser Beckens. Hier lagerten sich in einem Flachmeerbereich überwiegend grau-blaue Mergel- und Kalksteine ab. Im Sedimentationsbecken der Luxemburg-Trierer Bucht, schaltete sich hingegen eine sandige Ablagerung ein: Im nordöstlichen Teil der Bucht, also auch in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“, geschieht dies schon ab dem Unter- bis das Oberhettangium und nach Westen hin progressiv später, an der belgischen Grenze ab dem Sinemurium. Die unsortierte, tonige bis geröllführende Sedimentfracht gelang vom Festland hauptsächlich durch einen Mündungsbereich ins Meer (Abb. 5).

Jura	Lias	Toarcium		
		Pliensbachium		
		Sinemurium	li ₃	Strassen-Formation
		Hettangium	li ₂	Luxemburg-Formation
	Trias		li ₁	Elvange-Formation
		ko Rhät	ko	Mortinsart-Formation
		km Mittlerer Keuper	km ₃	Steinmergel
			km ₂	Schilfsandstein
			km ₁	Pseudomorphosenkeuper
		ku Unterer Keuper		
	Muschelkalk (m)	mo Oberer Muschelkalk		
		mm Mittlerer Muschelkalk		
		mu Unterer Muschelkalk		

Abb. 4. Auszug aus der stratigraphischen Tabelle mit der regional bezogenen Gliederung. Verändert nach WEBER & FABER (2005).

Die eingeschwemmten Sande wurden im Meeresbereich sortiert und abgelagert. Der nördliche Bereich der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ lag näher am Festland und somit auch an der Flussmündung, die unter anderem die Sandmassen in die Luxemburg-Trierer Bucht einbrachte. Die proximale Ablagerung erkennt man anhand der größeren Korngröße, der schlechteren Sortierung und kräftigeren Strömungsmerkmalen. Außerhalb des Küstenbereiches wurde der Sand von Meeresströmungen aufgewirbelt und weitertransportiert; dabei sortiert, angehäuft, wieder umgelagert und als marine Sandbarren endgültig abgelagert, falls die Bedingungen unter Wasser es erlaubten. Die Sandbarren bauen sich im tieferen Bereich (-10 m und mehr) auf mit Schichten aus feineren Sanden, gehen dann über in Schichten mit Schrägschichtung und schließen meist ab in geringer Wassertiefe (weniger als 10 m) als Sandbank mit mittelgroßen Sanden und mehr Bioklasten. Die Schüttungsrichtung ist im nördlichen Bereich nach Süden gerichtet und schwenkt weiter südlich nach Südwest und dann nach West um.

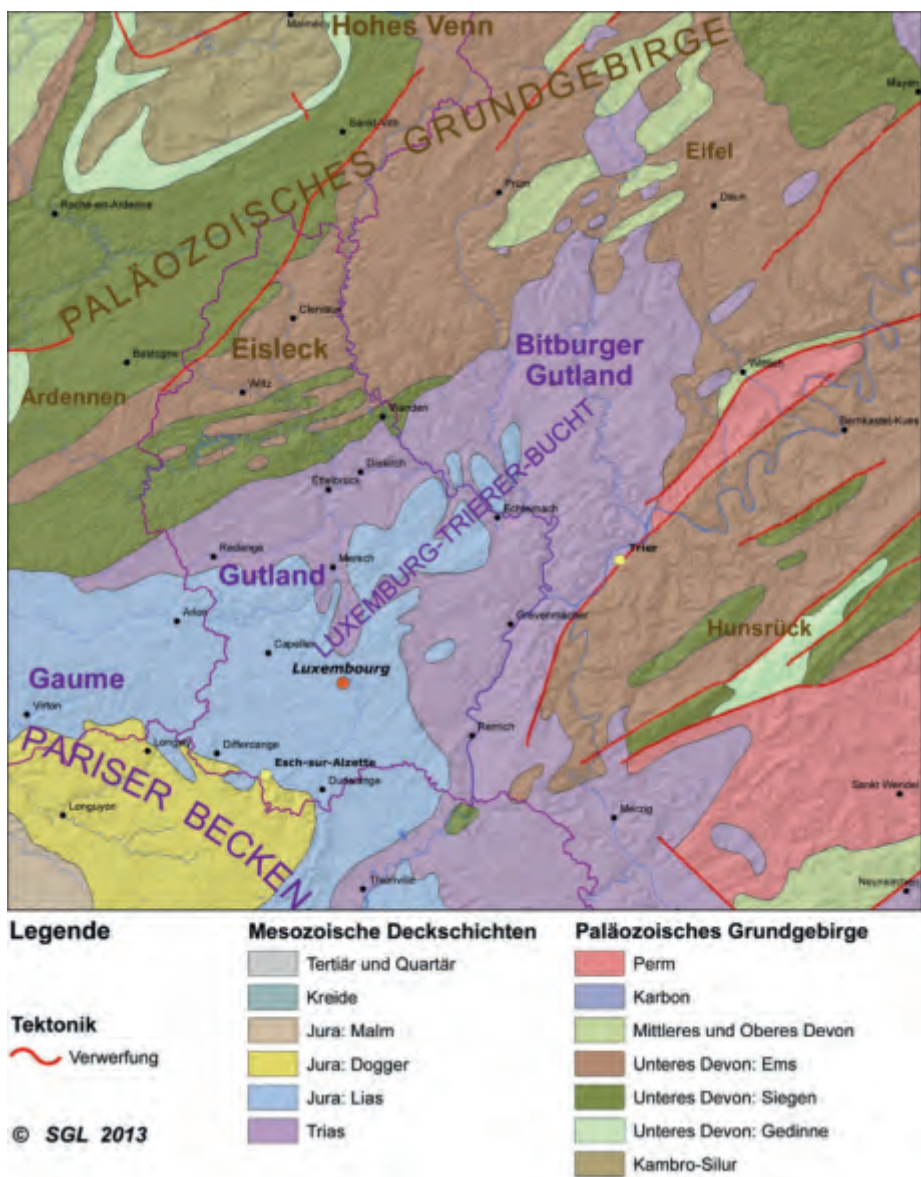


Abb. 5. Geologische Übersichtskarte mit der Eifel, den Ardennen, dem Ösling (Devon in braun und grün) und der nordöstliche Ausläufer des Pariser Beckens mit der Luxemburg-Trierer Bucht, dem Luxemburger und Bitburger Gutland und dem Müllerthal (Trias in violett und Lias in blau). Überarbeitet nach Service Géologique de l'Administration des Ponts et Chaussées, 2018.

Nach der mesozoischen Ablagerungsgeschichte zog sich das Meer ins Innere des Pariser Beckens zurück und überschwemmte nur noch sporadisch die Gegend bis ins Tertiär (Paläogen). Nach der letzten Meerestransgression blieb eine Ebene zurück. Diese hob sich (im Paläozän) und auf ihr baute sich das aktuelle Flusssystem auf. Im Pleistozän – besonders während der Eiszeiten – entstand weitgehend das aktuelle Landschaftsbild mit den Schichtstufen und Tälern des Gutlandes.

2.2.3 Tektonische Einflüsse

Die „Kleine Luxemburger Schweiz“ bildete sich dank einer tektonischen Begebenheit. Die mesozoischen Schichten des Gutlandes bogen sich zu seichten Mulden und wölbten sich zu flachen Sätteln auf. Maßgeblich hierfür waren Bewegungen im damaligen geologischen Untergrund (herzynische Faltungen), die schon die Ablagerung beeinflussten und zu leichten Falten führten. Die Faltungsachse der Weilerbacher Mulde (Müllerthal-Südeifel Mulde) verläuft mittig durch die „Kleine Luxemburger Schweiz“ von Weilerbach an der Sauer (Deutschland) in Richtung Capellen westlich von Luxemburg-Stadt. Zusätzlich entstanden einige Verwerfungen, die den Übergang der Mulde zum Sattel von Born durch Versetzungen mitgestalteten. Die größeren dieser Verwerfungen waren schon früh aktiv und grenzten den Ablagerungsraum nach Osten ab. Wegen der Faltung und Verwerfungen liegen die jüngeren Schichten (Lias) etwas tiefer gegenüber den Triasschichten beidseitig der Mulde. Sie wurden deshalb noch nicht abgetragen und blieben uns bis heute hier erhalten (Abb. 6).

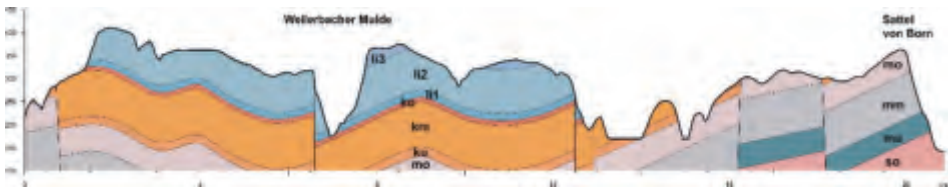


Abb. 6. Querprofil durch die mesozoischen Schichten der Weilerbacher Mulde und des Borner Sattels, von Westnordwest (Reisdorf) bis Ostsüdost (Borner Mühle). Verändert nach NATUR- & GEOPARK MÖLLERDALL (2017).

2.2.4 Das Landschaftsbild

Nach dem Tertiär schnitt sich das aktuelle Flusssystem nach und nach in die von der letzten Meerestransgression hinterlassene Ebene ein. Tektonische Elemente wie Klüfte oder Mulden erleichtern das Voranschreiten der Talbildung in den härteren Gesteinsschichten.

Erreicht der Wasserlauf die unterliegenden Mergel (li1) und Tone (ko), werden sie ausgewaschen und rutschig. Die Sandstein-Formation ist von Klüften durchzogen, die fast quer zueinander stehen. Am Rande des Plateaus kann sich eine Felswand abspalten und über die rutschigen Mergel wegdriften. Gerät der hohe Felssporn aus dem Gleichgewicht, dann kippt er entweder zum Plateau oder zum Tal hin. Im ersten Fall kann eine Spalthöhle entstehen, falls der Felssporn nicht auseinanderbricht (Abb. 7a).

Kippt der lose Felssporn zum Tale hin, dann bricht er zusammen und bildet eine Geröllhalde, die von weiterem Hangschutt teilweise zugedeckt wird. Das Grundwasser, die Bäche, das Fehlen von Sonneneinstrahlung und die Geborgenheit des Waldes tragen dazu bei, dass diese Täler und Schluchten sehr feucht sind und dies besonders im unteren Bereich bleiben. Am Plateaurand, wo die Felsnasen ans Sonnenlicht herausragen, ist der obere Teil des Sandsteines meist trocken und der Kalk teilweise ausgewaschen, so dass die Bodenverhältnisse relativ dünn-schichtig, sauer und nährstoffarm sind. In den kleineren Tälern oder zu mindestens vom Fuße der Felsen an bis hin zum Saum des Plateaus steht der härtere Sandstein an und ist bewaldet. Auch auf Rutschungen und im Hangschutt stehen meist nicht bewirtschaftete Wälder.



Abb. 7. a) Abspaltung der Felswände und Abrutschen zum Tal bei der „Siweschlëff“ (Foto: A. Faber, 24.02.2019); b) Felswand mit einer Abfolge mit Schrägschichtung von sandigen und kalkreichen Sandsteinbänken am „Perekop“ (Foto: A. Faber, 24.02.2019); c) Wabenverwitterung im Tal der „Äsbech“ mit ausgewaschenen Hohlräumen und wulstigen ringförmigen Kalkablagerungen. (Foto: T. Helminger, 12.10.2018); d) Hohlräume entstehen auch durch die Verwitterung im Sandstein entlang der „Haalsbaach“ (Foto: A. Faber, 24.02.2019).

2.2.5 Die Zusammensetzung des Sandsteines

Der Sandstein besteht meist aus feinen bis mittelgroßen Körnern. Die Korngröße kann variieren zwischen 100 und 500 μm (1/10 bis 1/2 mm). Nahe der Mündung des Flusses, der den Sand vom Festland in die Luxemburg-Trierer Bucht einschwemmt, kann der Sandstein grobkörniger bis geröllführend sein, seltener konglomeratisch ausfallen. Der Top einer Sandbarre kann mehr Bioklasten beinhalten und sogar einzelne Schilllagen. Die eingebrachten Körner werden von einem Calcium-karbonatischen Bindemittel, das sich aus dem Meeres-

wasser absetzt, verkittet. Abhängig von der Ablagerung und zusätzlich vom Auswaschen bei ausgesetzten Schichten ändert der CaCO_3 -Gehalt: Er liegt bei 10 bis 20 % in den weicheren, gelb-ocker gefärbten Bänken und bei 30 bis 60 % in den härteren, hellgrau-beigen Bänken. Die kalkreichen Schichten sind meist geklüftet und stehen aus den Wänden heraus; die kalkarmen Bänke sind porös und nehmen reichlich Wasser auf (Abb. 7b).

Der unterschiedlich hohe Kalkgehalt erklärt sich sowohl bei der Ablagerung durch weniger Kalkbildung bei raschem Anhäufen von Sanden als auch beim Erosionsprozess durch eine mehr oder weniger schnelle Auflösung. Beim Durchsickern des Sandsteins löst sich das kalkige Bindemittel teilweise auf, erhöht das Porenvolumen und die Zirkulation im Stein. Das Auswaschen über Stauhorizonten ist intensiver und lässt hier auch bevorzugt Hohlräume entstehen, in denen sich dann z. B. Leuchtmoos (*Schistostega pennata*) und Prächtiger Dünnpfarn (*Trichomanes speciosum*) finden lassen.

Stellenweise ist der Kalkgehalt im Wasser so hoch, dass dieser sich beim Quellaustritt sofort wieder absetzt und Kalksinter bildet. Dieser wurde an einigen Tuffquellen für Mauerwerk abgebaut.

Der Luxemburger Sandstein ist ein wichtiger Grundwasserspeicher und -leiter. Er filtert, speichert und leitet Grundwasser über zahlreiche Quellen ab. Das Trinkwasser einiger Gemeinden z. B. Berdorf und Fischbach stammt ausschließlich aus Quellen. Andere Gemeinden haben einen Mix aus Grund- und Oberflächenwasser für ihre Trinkwasserversorgung. Das Grundwasser sickert durch den porösen Sandstein durch und wird dabei gefiltert. Es zirkuliert hingegen schneller durch die Klüfte und Spalten der kalkreichen Bänke. Die Quellschichten liegen meist am Fuß des Luxemburger Sandsteins, aber auch über tonigen oder mergeligen Zwischenschichten.

2.2.6 Die Abtragung der Schichten

Da die Schichten im Luxemburger und Bitburger Gutland generell leicht nach Südwesten hin zum Pariser Becken einfallen und da Festgestein sowie weichere Schichten aufeinander folgen, hat die Erosion eine Reihe von Stufenhängen freigelegt von der Schichtstufe des Oberen Buntsandstein im Norden bis hin zur Doggerstufe im Süden. In der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ ist der Sandstein der Stufenbildner; die überlagernden Mergel (li3) machen die Schichtfläche aus und die unterlagernden Mergel (Keuper) das Vorland. Der Stufenfirst des Luxemburger Sandsteins liegt mindestens 60 m über den Triasschichten des Vorlandes; so liegt z. B. die Beforter Heide (li2, 395 m) 100 m über Eppeldorf (km, 293 m).

Wie die Verwitterung am Sandstein nagt, sieht man auch im kleineren Maßstab an zahlreichen Erosionsformen wie ausgewaschenen Klüften oder eine schnellere Abtragung der porösen gegenüber den herausstehenden kalkreichen Sandsteinbänken. Häufig treten auch die Wabenverwitterung und andere Hohlformen auf (Abb. 7c). Bei der Wabenverwitterung spielen gleich zwei unterschiedliche Prozesse eine Rolle: das Auswaschen von losen Sandkörnern und das Absetzen von Kalk. Durch das Sickerwasser im porösen Sandstein wird das kalkige Bindemittel aufgelöst und der lose Sand rieselt zu Boden. Gleichzeitig tropft nebenan kalkhaltiges Wasser aus dem Stein, Tropfen kollern an der Oberfläche nach unten. Bleiben die Wassertropfen hängen und verdunsten, dann setzt sich dort Kalk ab. Dieser verfestigt den Sandstein und bildet ringförmige Wülste, die nach und nach anwachsen und so die Waben vertiefen. Die Zentimeter bis Dezimeter großen Waben bilden sich meist großflächig an den Kluftwänden ganz regelmäßig oder auch den Ablagerungsstrukturen folgend.

Andere Hohlräume (Abb. 7d) entstehen präferentiell gerade oberhalb weniger durchlässiger Schichten, wo das Auflösen wegen horizontal abfließendem Sickerwasser zügiger

fortschreitet und so tunnelähnliche oder auch brotlaib-förmige Hohlräume auswäscht. In diesen Hohlräumen kann die Mitte, wegen ihrer kalkigeren oder tonigeren Zusammensetzung, in einer abgerundeten Restform erhalten bleiben. Eine Wanderung entlang der „Äsbech“ und der Felsen beim „Adlerhorst“ geben einen beeindruckenden Einblick in die Erdgeschichte, die zu einem besonderen geologischen Erbe der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ beiträgt.

2.3 Tuffquellen

Aus dem Bereich der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ sind 348 Quellen bekannt, von denen sich die meisten in Wäldern befinden. Nur 21 dieser Quellen weisen aktuell Tuffbildung auf. Diese Tuffformationen wurden von WERNER & ARENDT (2016) hinsichtlich ihrer bryofloristischen Ausstattung untersucht. Ein Drittel der Tuffe befindet sich in einem schlechten Erhaltungszustand. Haupttuffbildner ist das Moos *Palustriella commutata* nach dem die Gesellschaft des *Cratoneuretum commutati* (Gams 1927) Walther 1942 benannt ist. Eine neue Subassoziaton des *Cratoneuretum commutati*, mit *Fissidens adianthoides*, wird in dieser Untersuchung erstmals beschrieben. Die beeindruckendste Tuffquelle befindet sich an der Schwarzen Ernzt (Abb. 8a).

2.4 Prähistorie

Die „Kleine Luxemburger Schweiz“ ist nicht nur reich an floristischen Kostbarkeiten, sondern auch aus kulturhistorischer Sicht besonders interessant (KRIPPEL 2005a). Der Aufenthalt mittelsteinzeitlicher Menschen in Luxemburg, die dem Cro-Magnonmenschen zugeordnet werden, ist im Bereich der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ durch mehrere Funde belegt. Die Bedingungen waren für die Frühmenschen vergleichsweise gut, weil sie in den Höhlen sowie Felsspalten und -vorsprünge Unterschlupf fanden und die Wälder wildreich waren. In der Nähe des „Loschbur“ im Tal der Schwarzen Ernzt bei Heffingen, wurde 1935 unter einem Felsabri ein Grab mit einem vollständigen menschlichen Skelett gefunden; dazu fand man auch Knochen von Mammut, Rentier und Wildpferd (HEUERTZ 1950). Das Alter des im Jahre 1935 vom Lehrer und Hobbyarchäologen Nic Thill entdeckten männlichen Skeletts wurde nach der C14-Radiokarbonmethode auf das Jahr 5190 +/- 50 v. u. Z. datiert (DELSATE et al. 2009 in LAZARIDIS et al. 2014). Die Überreste einer Feuerstelle von derselben Ausgrabung von 1935 sind während fast 60 Jahren in den Museumsarchiven des Nationalmuseums für Geschichte und Kunst in Vergessenheit geraten. In den 1990er Jahren wurden sie „wiederentdeckt“ und es wurden weibliche Knochenüberreste aus einer Feuerbestattung gefunden, die auf das Jahr 7000 v. u. Z. datiert wurden (TOUSSAINT et al. 2009). Beide Skelette sind in die archäologische Fachliteratur als „Loschbur-Mann“ respektiv „Loschbur-Frau“ eingegangen. Das Skelett des Loschbur-Manns samt den Grabbeigaben ist im Luxemburger Nationalmuseum für Naturgeschichte zu besichtigen, wo zudem eine lebensgroße Rekonstruktion die Museumsbesucher im Eingangsbereich empfängt.

Neben weiteren Funden von Skeletten, Werkzeugen, Silexfragmenten und Rillen, Dellen und sonstigen Felsgravierungen im Luxemburger Sandstein aus dem 19. und 20. Jahrhundert häufen sich seit den 1960er Jahren Funde aus Feldbegehungen auf den sandigen Böden der Sandsteinplateaus. Aus den zahlreichen gefundenen Artefakten entstanden prähistorische Sammlungen von großem dokumentarischem Wert. Diese Hobbyarchäologen gründeten 1979 die Prähistorische Gesellschaft Luxemburgs (Société préhistorique luxembourgeoise, SPL) (LEBRUN-RICALES & RIPPERT 2005).



Abb. 8. a) Bemerkenswerte Tuffbildung im Tal der Schwarzen Ernztal (Foto: S. Schneider, 14.06.2018); **b)** Spuren vergangener Zeiten wie diese Gleitrillen sind regelmäßig im Gebiet zu entdecken (Foto: S. Schneider, 19.08.2017).

2.5 Bedeutung, Gefährdung und Schutzstatus

Teile der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ und des „Müllerthals“ gehören zum bereits 1964 gegründeten deutsch-luxemburgischen Naturpark. Schon damals wurde ein Staatsvertrag zwischen dem Großherzogtum Luxemburg und dem Land Rheinland-Pfalz über die Errichtung des ersten bilateralen europäischen Naturparks abgeschlossen. Darin eingeschlossen sind die Landschaften beiderseits der Our und der Sauer, Teile der Landschaft des Luxemburger Sandsteins inbegriffen. Der erste grenzüberschreitende Naturpark Westeuropas war gegründet: eine sehr begrüßenswerte Initiative! Leider wurde dies aber über die Jahrzehnte nicht konsequent genug weiterentwickelt (KIEFFER & KRIPPEL 2005). Er umfasst heute den Naturpark Südeifel, der bereits 1958 gegründet wurde, südliche Teile des Naturpark Nordeifel und die beiden Naturparke auf luxemburgischer Seite Naturpark Our und Möllerdall (Müllerthal). Der im Jahr 2016 gegründete Natur- und Geopark Möllerdall umfasst elf Gemeinden mit einer Fläche von 256 km². Ziel ist eine Regionalförderung mit einer Begünstigung der wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Entwicklung.

Die „Kleine Luxemburger Schweiz“ beherbergt zwei größere Natura 2000-Gebiete. Das östlich gelegene „Vallée de l'Ernz noire / Beaufort / Berdorf“ (LU0001011) hat eine Größe von 4195 ha. Unter den vorherrschenden Lebensraumtypen sind folgende Waldbiotoptypen: Waldmeister-Buchenwälder (LRT 9130, 1340 ha), Hainsimsen-Buchenwälder (LRT 9110, 437 ha), Schlucht- und Hangmischwälder (LRT 9180, 27 ha), Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwälder (LRT 9160, 12 ha), Erlen- und Eschenwälder und Weichholzaunenwälder an Fließgewässern (LRT 91E0, 23 ha) sowie Moorwälder (LRT 91D0, 2 ha). Als weitere bedeutende Lebensraumtypen sind die Silikatfelsen (LRT 8220, 131 ha) erfasst sowie sechs nicht touristisch erschlossene Höhlen (LRT 8310), 22 Quellen und 17 Kalktuff-Quellen (LRT 7220) sowie einige Magere Flachlandmähwiesen (LRT 6510, 32 ha) (MDDI & ANF 2017a). Das zweite Natura 2000-Gebiet in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“, das „Vallée de l'Ernz blanche“ (LU0001015, 2014 ha), schließt sich westlich im Gebiet des Luxemburger

Sandsteins bei Larochette und Nommern an. Den größten Anteil haben hier die Waldmeister-Buchenwälder (LRT 9130, 500 ha) und die Hainsimsen-Buchenwälder (LRT 9110, 214 ha) mit den typischen Felsen (LRT 8220) (MDDI & ANF 2017b).

Neben den Pflanzen ist die „Kleine Luxemburger Schweiz“ für sehr viele Tierarten ein wichtiger Lebensraum. Im Gebiet sind besonders an Alt- und Totholz gebundene Tierarten charakteristisch. Es kommen zahlreiche FFH-Arten vor, von denen hier nur einige genannt werden können: Uhu, Schwarzstorch, Mittel- und Schwarzspecht, Wanderfalke, Wespenbus-sard, Schwarz- und Rotmilan, Europäische Wildkatze, Großes Mausohr, Bechsteinfledermaus, Große und Kleine Bartfledermaus, Fransenfledermaus, Wimperfledermaus, Große Hufeisen-nase, Kammmolch, u. a. (MDDI & ANF 2017a, b). Neben einigen Fischarten, die Region ist wegen der Vorkommen der Bachforelle und der Groppe bekannt, kommen eine große An-zahl weiterer interessanter Wassertiere vor. Die Insektenfauna im Bereich der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ ist ebenfalls artenreich. Infolge des hohen Totholz- und Altholzan-teils der vorwiegend extensiv bewirtschafteten Wälder ist der Anteil Totholz besiedelnder Arten sehr hoch (MEYER & CARRIÈRES 2007). Der Feuersalamander und dessen Larven können regelmäßig im Tal der Weißen und der Schwarzen Ernz beobachtet werden; die Gestreifte Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata*) hat eines ihrer wenigen Vorkommen an der Schwarzen Ernz. Auch die Wasseramsel und der Eisvogel sind zu erwähnen (PROESS 2005).

Die „Kleine Luxemburger Schweiz“ beherbergt eine außergewöhnlich hohe Anzahl an Naturschätzen. Der einmalige Reichtum dieser Region wird repräsentiert mit über 100 selte-nen und/oder bedrohten Pflanzenarten, rund 85 % der in Luxemburg bekannten Farn-gewächse, über 400 Moosarten (2/3 aller in Luxemburg vorkommenden Arten), einer großen Flechtenvielfalt – darunter mehrere seltene und gefährdete Arten – einer hohen Dichte an sehr alten Bäumen (> 200–300 Jahre), seltene einheimische Kiefernbestände als Relikte der letzten Eiszeit, 80 % aller in Luxemburg vorkommenden Vogelarten, zwei Drittel aller in Luxemburg beobachteten Fledermausarten, 80 % der im Land vorkommenden Amphibienar-ten und 85 % aller Säugetiere in Luxemburg. Die ersten beiden Exkursionsgebiete befinden sich im Untersuchungsraum der Studie, die 1992 im geplanten Naturschutzgebiet zwischen Berdorf, Consdorf und Echternach durchgeführt wurde (ECAU-EFOR & SCHWENNINGER 1992, KIEFFER & KRIPPEL 2005). Das geplante Naturschutzgebiet „Mullerthal“ wurde bis-lang leider noch nicht ausgewiesen.

Eine weitere Erfassung der Biodiversität fand in den Jahren 1997 bis 2000 im Waldge-biet und im 2017 ausgewiesenen Naturschutzgebiet „Schnellert“ (Gemeinde Berdorf) statt. Eine Vielzahl von Organismengruppen wurde untersucht, u. a.: Pilze, Moose, Farn- und Blütenpflanzen, Bodenfauna, Mollusken, Wenigborster, Bärtierchen, Bodenmilben, Stum-melfüßer, Tausendfüßer, Spinnen, Asseln, Wanzen, Staubläuse, Käfer, Zweiflügler, Wespen, Schmetterlinge, Netzflügler, Ameisen, Vögel, Fledermäuse und andere Säuger (MEYER & CARRIÈRES 2007).

Neben der floristischen und faunistischen Bedeutung, die das Gebiet trägt, sind insbe-sondere die Felsformationen selbst hervorzuheben. Auf einer Fläche von 1500 ha konnten mehr als 40 geologische Standorte von besonderem Interesse kartiert werden. Dies sind z. B. Spalten, Klüfte, Schluchten, Felsüberhänge, unterirdische Grotten und Höhlen mit Kalkkon-kretionen. Hinzu kommen die vielfältigen hydrologischen Formationen wie Quellen, Tuff-quellen, Tümpel und Kaskaden. Nicht vergessen werden darf die archäologische und kultu-relle Bedeutung der „Kleinen Luxemburger Schweiz“.

Die Region ist eines der frühesten nacheiszeitlichen Siedlungsgebiete von Luxemburg; erste Besiedlungsspuren gehen auf die Altsteinzeit vor 50.000 Jahren zurück. Mehr als 160 Stätten von archäologischer und historischer Bedeutung von der Steinzeit über die Kelten und Römer bis ins heutige Zeitalter wurden auf 1500 ha gefunden. Dies sind z. B. Felsüberhänge, die von Urmenschen zum Schutz genutzt wurden, Felsmalereien, Gleitrillen (Abb. 8b), Fliehburgen, keltische Hohlwege und alte Römerwege (ECAU-EFOR & SCHWENNINGER 1992, KIEFFER & KRIPPEL 2005). Die Exkursion führt an einigen Spuren vorbei, u. a. begehen wir auf dem Weg zur „Zickzack-Schlucht“ eine ehemalige Römerstraße.

Die „Kleine Luxemburger Schweiz“ ist eine der bedeutendsten Tourismusattraktionen der Saar-Lor-Lux-Großregion (KIEFFER & KRIPPEL 2005). Es ist ein ideales Wandergebiet mit zahlreichen Wanderwegen auf vielen hundert Kilometer Länge. Der Mullerthal-Trail hat mit 112 km ein ausgesprochen abwechslungsreiches Wegenetz, vorbei an vielen Attraktionen. Auch Strecken zum Mountainbiken sind ausgewiesen. An einigen Felsen bei Berdorf darf Klettersport betrieben werden. Die spektakulären Felsformationen tragen oft lokale Namen, die an ihre Form erinnern, z. B. „Priedegstull“ (Predigtstuhl), „Raiberhiel“ (Räuberhöhle), „Wollefsschlucht“ (Wolfsschlucht), „Huel Lee“ (Hohllay, hohler Felsen). Sie werden für Wanderungen und Besichtigungen besonders empfohlen und sind daher besonders im Sommer stark frequentiert. Die meist schmalen Wanderwege gehen an vielen Stellen an Felsdurchlässen, Klüften und Spalten hindurch, und sind daher sehr beliebt. Der Begriff Müllerthal ist heute in der Tourismusbranche wieder stärker im Gebrauch als die „Kleine Luxemburger Schweiz“, wobei unterschiedliche Schreibweisen – Müllertal/Mullerthal – hinzukommen.

Es gibt ein vielfältiges Angebot, das fast das ganze Jahr über große Gästezahlen anlockt. Damit verbunden ist aber auch eine starke Frequentierung der Wandergebiete durch Besucher, die sich besonders in den Sommermonaten durch Übernutzung auszeichnet. Das Wegwerfen von Müll, Betreten von empfindlichen Teilflächen, Abpflücken von Pflanzen, Störung durch Lärm sind nur einige der Beeinträchtigungen des äußerst wertvollen Gebietes durch die vielen Gäste. Bereits in den 1960er Jahren bei der Gründung des grenzüberschreitenden Naturparks wurde auf Nutzungskonflikte zwischen Tourismus und Landschafts- und Naturschutz hingewiesen. Die touristisch attraktivsten Standorte sind oft auch die kulturhistorisch und naturschutzfachlich wertvollsten Teilgebiete (KIEFFER & KRIPPEL 2005).

Um die Freizeitgestaltungen etwas einzuschränken, wurden in den vergangenen Jahren einige Schutzmaßnahmen ergriffen. Durch Verordnungen wurden die Felsen, die zum Sportklettern genutzt werden dürfen, klar abgegrenzt und das Klettern ist nur noch unter bestimmten Bedingungen erlaubt (MÉMORIAL 2002, MÉMORIAL 2016).

Für den sanften und nachhaltigen Tourismus gibt es heute in einigen Bereichen eine stärkere Besucherlenkung, um dem Erhalt der natürlichen und kulturellen Gegebenheiten mehr Rechnung zu tragen. In den Ortschaften gibt es kleinere Informationszentren, wo sich Touristen informieren können. Auch der kürzlich gegründete Natur- und Geopark Mëllerdall soll dem Qualitätstourismus und gleichermaßen dem Schutz der Natur- und Kulturgüter stärker Rechnung tragen.

Eine naturnahe Waldbewirtschaftung ist in großen Teilen sichergestellt. Zwei der größten naturnahen Waldgebiete sind bereits als Naturwaldreservate („Réserves forestières intégrales“) ausgewiesen (Schutzgebiete „Schnellert“ südwestlich von Berdorf und „Saueruecht“ östlich von Beaufort). Darüber hinaus wurden eine ganze Reihe von Altholzinseln und Biotopbäumen ausgewiesen (D. Murat mündl. Mitt. 2019). Im Rahmen der Waldbiotopkartierung

in der Gemeinde Berdorf konnten 12 unterschiedliche FFH-Lebensraumtypen sowie sechs verschiedene national geschützte Biotoptypen erfasst werden. Die meisten befinden sich in einem guten bis sehr guten Erhaltungszustand (MDDI & ANF 2015).

3. Die Exkursionsgebiete

3.1 Vegetation der Sandsteinfelsen und Buchenwälder bei Berdorf – Exkursionsgebiet „Siweschlëff“ - „Ruelzbech“

Am Vormittag wandern wir nordwestlich von Berdorf – im Gebiet zwischen der „Siweschlëff“ und der „Ruelzbech“ (Abb. 9) – durch Buchenwälder, vorbei an den unterschiedlichsten Felsformationen. An zahlreichen Stellen gibt es zum Teil große Bestände der Stechpalme (*Ilex aquifolium*), der atlantischen Charakterart der „Kleinen Luxemburger Schweiz“.



Abb. 9. Die Exkursionsroute zwischen der „Siweschlëff“ und der „Ruelzbech“, nordwestlich von Berdorf.

Besonderes Augenmerk wird auf die im Gebiet sehr zahlreich vertretenen Farne gelegt; genauso vielfältig sind die Moose im Exkursionsgebiet. Eine botanische Kuriosität ist das Leuchtmoos (*Schistostega pennata*), dessen lichtreflektierende Protonemata wir in einigen, fast lichtlosen Felsnischen beobachten können.

Das „Juwel des Luxemburger Sandsteins“ (KLEIN 1916, 1926), der Englische Hautfarn (*Hymenophyllum tunbrigense*) wurde bereits 1823 bei Berdorf entdeckt. Wir haben die einmalige Gelegenheit ein Haupt-Vorkommen dieses seltenen, atlantisch geprägten Farns, der hier an der Ostgrenze seines Areals vorkommt, zu besichtigen. Ein weiteres Highlight ist die Anhang II-Art der europäischen FFH-Richtlinie, der Prächtige Dünnfarn (*Trichomanes speciosum*), der erst 1993 im Gebiet entdeckt wurde und hier nur als Gametophyt vorkommt. Unsere Wanderung führt uns schließlich zur „Teufelsinsel“ und den markanten „Ruelzbechschlëff“, einer besonderen Felsformation mit zahlreichen interessanten Flechten.

3.1.1 Buchenwälder und Felsgemeinschaften

Die steilen, etwas kalkreicheren Hänge des Luxemburger Sandsteins sind gänzlich bewaldet und werden von ausgedehnten Buchenwäldern bedeckt. In engen Schluchten haben sich kleinräumig Schluchtwälder ausgebildet. Anklänge an Schluchtwälder werden im zweiten Exkursionsgebiet betrachtet. Auf der Exkursionsroute am Vormittag sind insbesondere am Oberhang Felsen mit typischer Felsspaltenvegetation (LRT 8220) ausgebildet.

Die natürlichen Buchenbestände weisen im Durchschnitt ein Alter von 150–170 Jahren auf. Es gibt aber auch durchaus ältere Bestände oder Einzelbäume (200–300 Jahre). Historisch wurden die Wälder vor allem zur Produktion von Holzkohle genutzt. Heute werden die Buchenwälder allgemein naturnah bewirtschaftet; zur natürlichen Verjüngung der Bestände kommt der Femelschlag zum Einsatz. Plenterbetrieb führt durch die einzelstammweise Entnahme zu vielfältigen und altersheterogenen Wäldern. Eine Vielzahl der Buchenwälder kommen an steilen Hängen vor, die wegen ihrer Hanglage meist nicht bewirtschaftet werden können oder nur mit erheblichem Aufwand. Sie werden oft als Naturwaldparzellen ihrer natürlichen Entwicklung überlassen und sind in ihrer Entwicklung kaum vom Menschen beeinflusst. So blieb der naturnahe Charakter über einen historisch langen Zeitraum erhalten (KRIPPEL 2005b, KIEFFER & KRIPPEL 2005).

Die mesophilen und bodensauren Buchenwälder werden von der bestandsbildenden Rotbuche (*Fagus sylvatica*) charakterisiert (Abb. 10a). Hinzutreten gelegentlich als Nebenbaumart *Acer pseudoplatanus* und *Quercus robur*, noch seltener finden sich *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Betula pendula*, *Ulmus glabra* sowie Nadelgehölze (*Picea abies*, *Abies alba*, *Larix decidua*, *Pinus sylvestris*). Die Buchenwälder sind in weiten Teilen naturnah und können je nach Relief, Exposition, Kleinklima, kleinräumig wechselnden Bodenverhältnissen in unterschiedliche Gesellschaften gegliedert werden. Sie verzahnen eng miteinander.

Der Waldmeister-Buchenwald (*Galio odorati-Fagetum* Sougnez et Thill 1959 nom. conserv. propos, *Fagion sylvaticae* Luquet 1926) ist die häufigste und prägendste Waldgesellschaft in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“. Sie nimmt die Mittelstellung zwischen den nährstoffreichen Waldgersten- und den nährstoffarmen Hainsimsen-Buchenwäldern ein (NIEMEYER et al. 2010), die ebenfalls im Gebiet vorkommen. Die Rotbuche bildet meist einen typischen Hallenwald-Charakter. Der Gesellschaft fehlen eigene Charakterarten, sodass es sich um die Zentralassoziation des Verbandes *Fagion* handelt (NIEMEYER et al. 2010). Sowohl die Strauchschicht als auch die Krautschicht sind meist schwach ausgebildet,



Abb. 10. a) Naturnahe Buchenwälder bedecken die steilen Felshänge des Luxemburger Sandsteins (Foto: T. Helminger, 24.10.2013). **b)** Die Charakterart der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ *Ilex aquifolium* bildet u. a. bei Berdorf große Bestände (Foto: T. Helminger, 30.03.2019).

da die Rotbuche einen dichten Kronenschluss macht. Zu den steten *Fagion*-Kennarten gehören *Melica uniflora*, *Festuca altissima* und *Galium odoratum*. Gerne gesellen sich *Lamium galeobdolon*, *Phyteuma nigrum*, *Circaea lutetiana* und *Arum maculatum* dazu. Stellenweise zeichnen sich die Bestände durch die Dominanz des Wald-Schwingels aus; hinzu treten oft *Ribes alpinum*, *Carex sylvatica* und *Oxalis acetosella*. Hier kommen auch besonders viele Farnarten vor, häufig sind *Dryopteris filix-mas*, *D. carthusiana* und auf vielen Felsblöcken *Polypodium vulgare*. Der Waldmeister-Buchenwald (LRT 9130) kommt in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ auf den nährstoffreicheren, neutral bis mäßig basenreichen Böden, oft in Mulden und an den Unterhängen vor. Er ist die prägende Waldgesellschaft in dem begangenen Abschnitt der Exkursion. Nach der Wald-Biotopkartierung sind die Bestände in diesem Abschnitt in einem guten Erhaltungszustand mit allen Waldentwicklungsphasen – vom Jungwald bis hin zu Altbeständen (MDDI & ANF 2015).

Für Luxemburg sind drei Subassoziationen des Waldmeister-Buchenwaldes ausgewiesen: Das *Galio-Fagetum polytrichetosum* (*Melico-Fagetum luzuletosum*) ist die häufigste Subassoziation. Sie kommt auf bereits stärker versauerten Böden vor und vermittelt mit den Arten *Luzula luzuloides*, *Deschampsia flexuosa* und *Polytrichastrum formosum* zum *Luzulo-Fagetum* auf stark sauren Böden. Ebenfalls weit verbreitet ist das *Galio-Fagetum circaetosum* (*Melico-Fagetum festucetosum*) mit *Circaea lutetiana*, *Ranunculus ficaria* und *Impatiens parviflora* als bezeichnende Arten sowie das *Galio-Fagetum typicum* (*Melico-Fagetum typicum*) auf mäßig basenreich und mäßig frisch bis trockenen Standorten (NIEMEYER et al. 2010).

Das recht artenarme *Luzulo-Fagetum* Meusel 1937 (*Luzulo-Fagion* Lohmeyer et Tx. in Tx. 1954) stockt in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ auf trockeneren und ärmeren Standorten wie Rücken, oberen Hanglagen, Süd- und Westhängen. Die Krautschicht des Hainsimsen-Buchenwaldes (LRT 9110) wird vor allem von folgenden Arten geprägt: *Luzula luzuloides*, *Deschampsia flexuosa*, *Oxalis acetosella*, *Luzula sylvatica* und *Festuca altissima*. Durch das Fehlen von basenzeigenden Arten können die bodensaurer Hainsimsen-Buchenwälder gut von den Buchenwäldern des *Fagion sylvaticae* abgegrenzt werden. Sie ist die häufigste Waldgesellschaft in Luxemburg (NIEMEYER et al. 2010). Für Luxemburg können auch hier drei Subassoziationen unterschieden werden: *Luzulo-Fagetum milietosum* mit *Milium effusum*, *Dryopteris filix-mas* und *Carex sylvatica* als Differentialarten, das *Luzulo-Fagetum typicum* auf stärker basenarmen und sauren Standorten sowie das *Luzulo-Fagetum leucobryetosum* mit *Leucobryum glaucum*, *Dicranum scoparium* und *Calluna vulgaris* als bezeichnende Arten (NIEMEYER et al. 2010).

In der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ kommen diese Waldgesellschaften eng nebeneinander vor und sie verzahnen sehr kleinräumig miteinander. Ein Grund ist der kleinräumig variierende Basengehalt aufgrund von Auswaschungen aus dem Luxemburger Sandstein. Demnach kommen Säure- und Basenzeiger gelegentlich nebeneinander vor, was eine floristisch wie standortökologische Besonderheit darstellt.

Die Buchenwälder, denen wir im Rahmen der Exkursion begegnen werden, weisen neben den kennzeichnenden Arten, die oben aufgeführt sind, noch vereinzelt weitere Arten auf. Insgesamt sind sie recht artenarm und einheitlich aufgebaut. An Geophyten kommen u. a. vor: *Anemone nemorosa*, *Ranunculus ficaria*, *Convallaria majalis* und *Viola reichenbachiana*. Weitere sporadisch auftretende Arten in der Krautschicht sind: *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *Poa nemoralis*, *Geum urbanum*, *Dryopteris dilatata*, *D. carthusianorum*, *D. filix-mas*, *Pteridium aquilinum*, *Rubus* spec. In der lichten Strauchschicht finden sich vereinzelt *Sorbus aucuparia*, *S. aria*, *Sambucus nigra*, *Prunus avium*, *Frangula alnus*, *Betula pendula*, *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus* u. a. *Hedera helix*, *Clematis vitalba* und *Lonicera periclymenum* treten als Lianen dazu. Auf den Felsen, die immer wieder an den Hängen hervortreten, wachsen z. B. *Mycelis muralis*, *Geranium robertianum* und *Polypodium vulgare*.

Ein Atlantiker unter den Arten in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ ist die Europäische Stechpalme (*Ilex aquifolium*, Abb. 10b). Dieser immergrüne Strauch kommt stellenweise vereinzelt, zum Teil aber auch sehr dominant vor. Das zentrale Vorkommen der Europäischen Stechpalme ist weitgehend auf die Nordost-Region des Luxemburger Sandsteins beschränkt, sodass sie als Charakterart der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ gilt. Auf der Exkursion werden im Bereich der „Siweschlëff“ (nordwestlich von Berdorf) größere *Ilex*-Bestände durchwandert. Dort kann auch der Blattdimorphismus sowie die Zweihäusigkeit der Art beobachtet werden. Die Stechpalme findet hier ideale Bedingungen aufgrund der milden Winter und einer relativ hohen Luftfeuchtigkeit. Die Art gilt nicht als gefährdet, steht jedoch unter Naturschutz (MÉMORIAL 2010).

Die flachgründigen, nährstoffarmen Böden unmittelbar auf den Sandsteinhochflächen werden von Kiefernwäldern eingenommen. Hier treten gerne Säure- und Basenzeiger vereinzelt gemeinsam auf (*Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *Deschampsia flexuosa*, *Galium odoratum*, *Cardaminopsis arenosa*). Die Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) war nach der letzten Eiszeit weit verbreitet, wurde aber unter dem Konkurrenzdruck der Buche zurückgedrängt. Ab Mitte des 18. Jahrhunderts wurde sie wieder eingeführt (DIEDERICH & SCHWENNINGER 1990). Beeindruckend ist, dass an den äußersten und sonnenexponierten Felsvorsprüngen bei

Berdorf noch als einheimisch geltende (autochthone) Waldkiefern wachsen (Abb. 11a). Dies zeigen Pollenanalysen, genetische Untersuchungen sowie das Vorkommen einer spezifischen Flechtenart (*Imshaugia aleurites*, Abb. 11b) an Stämmen der Kiefern (DIEDERICH & SCHWENNINGER 1990). *Imshaugia aleurites* besiedelt fast ausschließlich die Stämme älterer autochthoner Kiefern. Im Herbar des Nationalmuseums für Naturgeschichte befinden sich von François Auguste Tinant gesammelte Belege dieser Flechte aus der Zeit um 1840. Erste forstliche Pflanzungen von Kiefern (vermutlich Aussaaten) gab es nachweislich erst nach 1830. Somit ist die Verbreitung von *I. aleurites* ein starkes Indiz dafür, dass es sich bei den Kiefern, die auf den exponierten Felsnasen wachsen um Relikte autochthoner Kiefern handelt, die seit der letzten Eiszeit an diesen Standorten überdauern konnten (DIEDERICH & SCHWENNINGER 1990).

Die Wanderung endet auf der sogenannten „Teufelsinsel“ und den markanten „Ruelzbechschléff“, einer besonderen Felsformation mit zahlreichen interessanten Flechten. Auf den herausragenden Felsinseln ist der Kalk an der Oberfläche der Felsen sehr stark ausgewaschen, so dass sich dort einige kalkmeidende Flechtenarten entwickeln können. *Xanthoparmelia mougeotii*, eine felsenbewohnende Art mit atlantischer Verbreitung, kommt außerhalb der Ardennen nur in Berdorf vor, außerdem in der bei dieser Art sehr seltenen fertilen Form. Daneben finden sich die sehr seltene *Umbilicaria polyphylla* und *Lasallia pustulata*. Diese Flechtengemeinschaften sind, wie auch die Fragmente von *Calluna*-Heide mit *Cladonia*-Arten, stark durch Trittschäden gefährdet (LAMBINON & SERUSIAUX 1985). Auf den Felsen um Berdorf kommen vier der fünf aus Luxemburg bekannten *Cladonia*-Arten vor: *Cladonia arbuscula*, *C. ciliata*, *C. portentosa* und *C. rangiferina* (CEZANNE et al. 2016).



Abb. 11. a) Die Flechte *Imshaugia aleurites* besiedelt nur die Stämme reliktsicher Waldkiefern (Foto: T. Helminger, 24.10.2013). **b)** Die autochthone *Pinus sylvestris* wächst nur noch auf einigen exponierten Sandsteinfelsen wie hier bei Berdorf (Foto: T. Helminger, 30.03.2019).

Eine weitere Besonderheit in den Wäldern um Berdorf ist das Vorkommen der von DIEDERICH & SCHEIDEGGER (1996) ursprünglich als flechtenbesiedelnder Pilz beschriebenen Flechte *Reichlingia leopoldii*, deren Gattungs- und Artnamen dem äußerst verdienstvollen Luxemburger Botaniker und Entomologen Leopold Reichling (1921–2009) zu Ehren gewählt wurden. Sie wächst an trockenen Felsüberhängen auf Sandstein- oder Silikاتفelsen, gelegentlich auch an Buchen oder Eichen (DIEDERICH et al. 2018).

An den Stellen, wo sich etwas Feinerde angesammelt hat, findet sich eine spärliche Vegetation mit z. B. *Aira praecox*, *Poa annua*, *P. compressa*, *Deschampsia flexuosa*, *Agrostis capillaris*, *Calluna vulgaris*, *Capsella bursa-pastoris* und *Juncus bufonius*.

Auf den Felsen und in den Wäldern der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ kommen neben *Hymenophyllum tunbrigense* und *Trichomanes speciosum* sowie den zahlreichen seltenen Moosen weitere floristische Besonderheiten vor, die jedoch auf der Exkursion nicht gezeigt werden können. *Circaea alpina* (Alpen-Hexenkraut) kommt nur an einem kleinen Bach bei Beaufort vor und ist eines der wenigen Vorkommen in der Benelux-Region (VAN DER MEIJDEN 2016). Die Art gilt in Luxemburg als vom Aussterben bedroht (COLLING 2005a). Bis vor einigen Jahren fand sich in der Nähe von Berdorf noch ein sehr kleines Reliktvorkommen des Tannen-Bärlapps (*Huperzia selago*); dieses einzige Vorkommen in Luxemburg wurde jedoch 2004 zerstört (Schwenninger pers. Mitt).

Die im Exkursionsgebiet vorkommenden Gefäßpflanzen können der Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1. Blüten- und Farnpflanzen der beiden Exkursionsgebiete „Buchenwälder nordöstlich von Berdorf („Siweschlëff“ - „Ruelzbech“)“ sowie der Täler der „Haalsbaach“ und der „Äsbech“. Die Nomenklatur richtet sich nach LAMBINON & VERLOOVE (2015), mit Ausnahme der Vertreter aus dem *Dryopteris affinis* agg., bei denen nach FRASER-JENKINS (2007) verfahren wird. Der Rote Liste-Status ist angegeben nach COLLING (2005a): CR = critically endangered (vom Aussterben bedroht), EN = endangered (stark gefährdet), VU = vulnerable (gefährdet), NT = near threatened (Vorwarnliste), R = extremely rare. Die mit „*“ gekennzeichneten Arten sind gesetzlich geschützt (MÉMORIAL 2010). Datengrundlage: Erfassungen durch Y. Krippel, T. Helminger, S. Schneider, J.-P. Wolff, P. Kirsch, N. Valmorbidia, A. Schopp-Guth, O. Weber, C. Ries, T. Frankenberg in 2018.

Exkursionsgebiet	„Siweschlëff“ bis „Ruelzbech“	„Haalsbaach“ und „Äsbech“
<i>Abies alba</i>	x	
<i>Acer platanoides</i>		x
<i>Acer pseudoplatanus</i>	x	x
<i>Agrostis capillaris</i>	x	
<i>Aira praecox</i> (VU)	x	
<i>Alliaria petiolata</i>		x
<i>Alnus glutinosa</i>		x
<i>Anemone nemorosa</i>	x	
<i>Arum maculatum</i>	x	
<i>Asplenium ruta-muraria</i>	x	x
<i>Asplenium scolopendrium</i> * (NT)		x
<i>Asplenium trichomanes</i> subsp. <i>pachyrachis</i>	x	x
<i>Asplenium trichomanes</i> subsp. <i>quadrivalens</i>	x	x
<i>Asplenium trichomanes</i> nothosubsp. <i>staufferi</i> (R)		x
<i>Athyrium filix-femina</i>	x	x
<i>Betula pendula</i>	x	
<i>Calluna vulgaris</i>	x	x
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	x	

Exkursionsgebiet	„Siweschlëff“ bis „Ruelzbech“	„Haalsbaach“ und „Äsbech“
<i>Cardamine flexuosa</i>		x
<i>Cardamine impatiens</i>		x
<i>Cardamine pratense</i>		x
<i>Cardaminopsis arenosa</i>	x	
<i>Carex pendula</i>		x
<i>Carex remota</i>		x
<i>Carex sylvatica</i>	x	x
<i>Carpinus betulus</i>	x	x
<i>Cerastium glomeratum</i>	x	
<i>Cerastium fontanum</i> subsp. <i>vulgare</i>	x	x
<i>Chelidonium majus</i>		x
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>		x
<i>Chrysosplenium oppositifolium</i>		x
<i>Circaea intermedia</i> (VU)		x
<i>Circaea lutetiana</i>	x	x
<i>Clematis vitalba</i>	x	
<i>Convallaria majalis</i> * (NT)	x	
<i>Corylus avellana</i>		x
<i>Cystopteris fragilis</i>	x	x
<i>Cytisus scoparius</i>		x
<i>Deschampsia cespitosa</i>		x
<i>Deschampsia flexuosa</i>	x	x
<i>Dryopteris affinis</i> * (R)		x
<i>Dryopteris borreii</i> * (VU)		x
<i>Dryopteris carthusiana</i>	x	x
<i>Dryopteris dilatata</i>	x	x
<i>Dryopteris filix-mas</i>	x	x
<i>Epilobium angustifolium</i>		x
<i>Epilobium hirsutum</i>	x	
<i>Epilobium montanum</i>		x
<i>Equisetum arvense</i>		x
<i>Fagus sylvatica</i>	x	x
<i>Festuca altissima</i>	x	x
<i>Fragaria vesca</i>		x
<i>Frangula alnus</i>	x	x
<i>Fraxinus excelsior</i>	x	x
<i>Galium odoratum</i>	x	x
<i>Galium sylvaticum</i>		x
<i>Geranium robertianum</i>	x	x
<i>Geum urbanum</i>	x	x
<i>Gnaphalium uliginosum</i>		x
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>		x
<i>Hedera helix</i>	x	x
<i>Hieracium murorum</i>		x
<i>Hymenophyllum tunbrigense</i> * (EN)	x	
<i>Ilex aquifolium</i> *	x	x
<i>Impatiens noli-tangere</i>		x
<i>Impatiens parviflora</i>	x	x
<i>Juncus bufonius</i>	x	
<i>Juncus effusus</i>		x
<i>Lamium galeobdolon</i>	x	x
<i>Larix decidua</i>	x	
<i>Lonicera periclymenum</i>	x	x
<i>Luzula luzuloides</i>	x	x

Exkursionsgebiet	„Siweschlëff“ bis „Ruelzbech“	„Haalsbaach“ und „Äsbech“
<i>Luzula sylvatica</i>	x	x
<i>Lysimachia nemorum</i>		x
<i>Maianthemum bifolium</i>		x
<i>Melica uniflora</i>	x	x
<i>Mercurialis perennis</i>		x
<i>Milium effusum</i>	x	x
<i>Mycelis muralis</i>	x	x
<i>Oxalis acetosella</i>	x	x
<i>Phegopteris connectilis</i>		x
<i>Phyteuma nigrum</i>	x	
<i>Picea abies</i>	x	x
<i>Pinus sylvestris*</i> (CR)	x	x
<i>Plantago major</i>		x
<i>Poa annua</i>	x	
<i>Poa compressa</i>	x	
<i>Poa nemoralis</i>	x	x
<i>Polygonatum multiflorum</i>		x
<i>Polypodium interjectum</i>	x	x
<i>Polypodium vulgare</i>	x	x
<i>Polypodium ×mantoniae</i> (R)		x
<i>Polystichum aculeatum*</i> (NT)		x
<i>Prunus avium</i>	x	x
<i>Pteridium aquilinum</i>	x	x
<i>Quercus petraea</i>		x
<i>Quercus robur</i>	x	x
<i>Quercus ×rosacea</i>	x	
<i>Ranunculus ficaria</i>	x	x
<i>Ranunculus repens</i>		x
<i>Ribes alpinum</i>	x	x
<i>Ribes rubrum</i>		x
<i>Ribes uva-crispa</i>		x
<i>Rosa arvensis</i>		x
<i>Rubus caesius</i>	x	
<i>Rubus ideaus</i>	x	x
<i>Rubus macrophyllus</i>	x	
<i>Rubus pedemontanus</i>	x	x
<i>Rubus rudis</i>		x
<i>Rubus sprengei</i>	x	x
<i>Rubus vestitus</i>		x
<i>Sorbus aria</i>	x	
<i>Sorbus aucuparia</i>	x	x
<i>Stachys sylvatica</i>		x
<i>Stellaria holostea</i>	x	
<i>Stellaria nemorum</i>		x
<i>Taraxacum spec.</i>		x
<i>Tilia cordata</i>		x
<i>Tilia platyphyllos</i>		x
<i>Trichomanes speciosum*</i>	x	x
<i>Ulmus glabra</i>	x	x
<i>Urtica dioica</i>		x
<i>Vaccinium myrtillus</i>	x	x
<i>Veronica montana</i>		x
<i>Vicia sepium</i>		x
<i>Viola reichenbachiana</i>	x	x

3.1.2 Farnpflanzen

Die „Kleine Luxemburger Schweiz“ ist ein Hotspot für Farne und Farnverwandte. So kommen in der Region über 85 % aller in Luxemburg wachsenden Pteridophyten vor. Zählt man die verschollenen und ausgestorbenen Arten hinzu, so steigt dieser Prozentsatz gar auf 95 %, ein erstaunlicher Wert für ein so kleines Areal – 170 km² gegen 2586 km² für das gesamte Land (KRIPPEL 2013). Eine abwechslungsreiche Landschaft und die darin vorkommenden unterschiedlichsten Lebensräume, u. a. ausgedehnte alte Buchenwälder, beschattete Felswände, Felsschluchten sowie besonnte Felsvorsprünge des Luxemburger Sandsteins, Hangschuttflächen, enge und feuchte Täler sowie weite Hochflächen – mit deren speziellen mikroklimatischen Bedingungen – tragen zu der großen Artenvielfalt bei.

Bedauerlicherweise wurden einige Arten in den letzten Jahrzehnten nicht mehr beobachtet und können als ausgestorben angesehen werden. An dieser Stelle sei bemerkt, dass alle Farne wie auch die Flechten und Moose, die in den Gemeinden des Sandsteingebietes unmittelbar auf dem Luxemburger Sandstein wachsen, per Gesetz geschützt sind (MÉMORIAL 2010); eine Maßnahme, die u. a. auf das Bestreben von Jean Werner und der Expertenkommission für den Erhalt der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ zurückzuführen ist.

Die prominentesten Vertreter sind natürlich die Hautfarne *Hymenophyllum tunbrigense* und *Trichomanes speciosum*. Letzter kann auf unterschiedlichen geologischen Substraten wachsen, *H. tunbrigense* und andere Arten sind strikt auf das Sandsteingebiet begrenzt und besitzen ein enges Verbreitungsareal.

Typische Pteridophyten auf Luxemburger Sandstein sind zum Beispiel: Winter-Schachtelhalm (*Equisetum hyemale*, Abb. 12a), Zerbrechlicher Streifenfarn (*Asplenium trichomanes* subsp. *pachyrachis*, Abb. 13a), Spreuschuppiger Wurmfarne (*Dryopteris affinis*) und Borrer-Schuppenfarn (*D. borrieri*), Borstiger Schildfarn (*Polystichum setiferum*) mit der Hybride *Polystichum ×bicknellii* und Bergfarn (*Oreopteris limbosperma*). In der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ können einige Arten (insbesondere *Equisetum hyemale*, *E. telmateia* (Abb. 12b, c) und *Asplenium scolopendrium*) ausgedehnte Populationen bilden. Andere Arten sind leider über die letzten Jahrzehnte verschwunden, so z. B. der Tannen-Bärlapp (*Huperzia selago*), der Lanzettblättrige Streifenfarn (*Asplenium obovatum* subsp. *billotii*) und der Grüne Streifenfarn (*A. viride*). Gleiches gilt für *Polystichum lonchitis* und *Osmunda regalis*, die heute im „Müllerthal“ verschwunden sind, jedoch noch außerhalb des Sandsteingebietes vorkommen.

Allgegenwärtig – vor allem in den bodensauren Wäldern – ist der Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*). Weitere häufige Arten sind *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *D. carthusiana*, *D. dilatata* und *Polypodium vulgare*. *Cystopteris fragilis*, *Phegopteris connectilis* und *Gymnocarpium dryopteris* kommen zerstreut in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ vor. Eine vollständige Liste der Farnpflanzen (Pteridophyta) der Region findet sich bei REICHLING (2005).

3.1.2.1 Der Englische Hautfarn

Das Großherzogtum Luxemburg ist über seine Grenzen hinaus für seine Vorkommen des Englischen Hautfarns (*Hymenophyllum tunbrigense*, Abb. 14) bekannt, und zahlreiche Botaniker besuchten schon die „Kleine Luxemburger Schweiz“ um diesen kleinen, in unseren Gegenden so seltenen, Farn zu sehen. *Hymenophyllum tunbrigense* wurde erstmals in Luxemburg im Jahre 1823 von B.C. Dumortier und P. Michel bei Berdorf gefunden (MASSARD 2001). Dies war die erste Entdeckung dieser atlantisch verbreiteten Art im Innern des Kontinentes,



Abb. 12. a) Der Winter-Schachtelhalm (*Equisetum hyemale*) bildet im Sandsteingebiet in einigen Talauen ausgedehnte Bestände (Foto: Y. Krippel, 25.05.2014). **b)** Riesen-Schachtelhalm (*Equisetum telmateia*) bei Echternach – fertile Triebe (Foto: L. Reichling, 19.03.1999) und **c)** sterile Triebe (Foto: L. Reichling, 23.05.1999).



Abb. 13. a) Der Zerbrechliche Streifenfarn (*Asplenium trichomanes* subsp. *pachyrachis*) bevorzugt die kalkreicheren Sandsteinfelsen (Foto: Y. Krippel, 17.09.2001). **b)** Selten findet sich die Hybride *A. trichomanes* nothosubsp. *staufferi* (Foto: Y. Krippel, 27.06.2001).

eine Entdeckung, die sogleich von A.L.S. Lejeune in seiner „Revue de la Flore des environs de Spa“ (LEJEUNE 1824) veröffentlicht wurde. Der bemerkenswerteste Farn Luxemburgs war somit auch der erste, der bekannt war. Damals war aber keiner so richtig von dieser Entdeckung beeindruckt und ein halbes Jahrhundert verging, ehe J.-P.J. Koltz im Jahre 1873 den Englischen Hautfarn im „Roitzbachtal“ bei Berdorf wiederfand (KOLTZ 1873). Die genaue Lokalisierung der verschiedenen Populationen blieb aber bis Anfang des 20. Jahrhunderts und den Bemühungen von KLEIN (1916, 1926) vage.

In der Zwischenzeit wurde die Art um 1845 bei Laroche/Nisramont in den benachbarten belgischen Ardennen durch Herrn Tosquinet entdeckt; ebenso in Deutschland, wo im Jahre 1847 R.W. Papperitz – durch puren Zufall – *H. tunbrigense* im Elbsandsteingebirge, genauer gesagt beim Felsentor im Uttewalder Grund entdeckte (LUERSEN 1889, SCHWENNINGER 2001). 1916 entdeckt schließlich G. Hanschke den kleinen Farn bei Allarmont in den französischen Vogesen (PARENT 1997); mittlerweile sind in den Vogesen eine Reihe von Stationen bekannt. Die langersehnte Entdeckung auf der deutschen Seite des Luxemburger Sandsteingebietes gelang erst 1963, als das Ehepaar Nieschalk die Art im Sauertal bei Bollendorf aufspürt (NIESCHALK & NIESCHALK 1964).

Interessant ist die Tatsache, dass der tropische und in Europa atlantisch verbreitete Hautfarn bei uns durch die speziellen mikroklimatischen Bedingungen, welche in verschiedenen engen Felsspalten und Diaklasen des Luxemburger Sandsteins vorherrschen (SCHWENNINGER 2001, COLLING et al. 2005) – er besiedelt hier dank seiner bewurzelten, verzweigten Kriechstängel die schräg nach oben gerichteten (also dem Regen ausgesetzten und deshalb entkalkten) Felswände der „Schlöff“ (HEUERTZ 1933, REICHLING 2005) – überleben kann. Leider sind eine Reihe der Luxemburger Vorkommen – nicht zuletzt auch durch die zunehmende touristische Nutzung der Region – verschwunden; isolierte Populationen sind zudem

durch ihre geringe Größe extrem gefährdet (SCHWENNINGER 2001). Gleiches gilt für andere Teile Europas, wo historische Stationen heute nicht mehr existieren, darunter die aus dem Elbsandsteingebirge (JALAS & SUOMINEN 1972, BENNERT 1999); andere, wie die bei Bollendorf, sich noch knapp krampfhaft halten (HAND et al. 2016).

Was die Luxemburger Populationen betrifft, so zeigte ein erstes gezieltes Monitoring aus dem Jahre 1988 die Existenz von 240 Patches von *H. tunbrigense*, verstreut über 27 Standorte. Insgesamt wurden 20.849 Fieder gezählt – von denen 40 % in gutem Zustand waren – mit einer geschätzten Gesamtfläche von 11,88 m² (SCHWENNINGER 1988). Eine erneute Untersuchung aus den Jahren 2000 und 2001 zeigte, dass die Anzahl an Hautfarn-Patches auf 360 gestiegen war, die bedeckte Fläche wurde auf 12,38 m² geschätzt; sie bestand aus 74.700 Fiedern, von denen 74 % als „in gutem Zustand“ bezeichnet werden konnten (SCHWENNINGER 2001, SCHWENNINGER & KRIPPEL 2002, KRIPPEL 2005d). Global gesehen ist die Anzahl der Standorte jedoch rückläufig. Die trockenen Sommer der letzten Jahre haben dem Hautfarn zudem stark zugesetzt, so dass ein erneutes Monitoring wohl keine erfreuliche Evolution zeigen würde.

Neben dem Klimawandel sind vor allem das Sammeln von Belegexemplaren, unerwünschte forstwirtschaftliche Eingriffe in der Vergangenheit, Tourismusaktivitäten und Sportklettern die Hauptgefährdungen für die *Hymenophyllum*-Populationen. Es war deshalb auch nicht verwunderlich, dass das Unterschutzstellen einiger Standorte durch die Installation von Gittern im Jahre 1993 – und dem damit verbundenen Ausschluss der Menschenmengen – zu einem Ausbreiten einiger Populationen führte. Neben den Gittern und einigen punktuellen



Abb. 14. Der Englische Hautfarn (*Hymenophyllum tunbrigense*), eins der Highlights in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ (Foto: Y. Krippel, 24.03.2006).

Maßnahmen ist auch die neue Reglementierung des Klettersports zu erwähnen (MÉMORIAL 2002, 2016). Leider fehlt es derzeit immer noch an konkreten Schutzmaßnahmen für die Hautfarnstandorte. Auch die Ausweisung von Naturschutzgebieten, die teilweise schon seit fast 40 Jahren vorgesehen sind – siehe Absichtserklärung der Regierung (Déclaration d'intention générale) aus dem Jahre 1981 (MÉMORIAL 1981) – geht nur schleppend voran.

3.1.2.2 Der Prächtige Dünnfarn

Ein weiterer Vertreter aus der Familie der Hautfarne ist der Prächtige Dünnfarn (*Trichomanes speciosum*, Syn.: *Vandenboschia speciosa* (Willd.) G. Kunkel). Der Sporophyt dieses sehr seltenen Farns zeichnet sich durch eine extrem ozeanische Verbreitung aus (JALAS & SUOMINEN 1972, PAGE 1997). Der Gametophyt (Abb. 15a) von *T. speciosum*, der unabhängig vom Sporophyten vorkommen kann, ist in Europa jedoch relativ verbreitet (RUMSEY et al. 1999) und besiedelt Gebiete, in denen der eigentliche Farn schon längst ausgestorben ist. Im nicht litoralen bzw. zentralen Europa wurde dieser „unabhängige Gametophyt“ – mit vegetativer Reproduktion und Verbreitung mittels Gemmen – das erste Mal im Jahre 1993 entdeckt (Jermý & Viane pers. Mitt., RASBACH et al. 1993), und zwar in Luxemburg, genauer gesagt im „Müllerthal“.

Nach den ersten Entdeckungen dieses „geheimnisvollen blinden Passagiers“ (REICHLING 1997) in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“, wie auch in anderen Regionen Luxemburgs (KRIPPEL 2001), wurde der Gametophyt von *T. speciosum* auch noch an vielen anderen Orten innerhalb des Kontinents gefunden, so in Deutschland, in Frankreich, in Belgien, in der Tschechischen Republik, in Polen, ... (VOGEL et al. 1993, BENNERT et al. 1994, BUJNOCH & KOTTKE 1994, JÉRÔME et al. 1994, KIRSCH & BENNERT 1996, HORN & ELSNER 1997, KOTTKE 1999, RASBACH et al. 1999, BIZOT 2000, KRUKOWSKI & ŚWIERKOSZ 2004, TUROŇOVÁ 2005). In all diesen nicht litoralen Regionen wurde im Prinzip nur die gametophytische Generation beobachtet. Der Gametophyt von *T. speciosum* präsentiert sich in Form von Flocken, Kissen oder Matten aus sehr feinen, rechtwinklig angeordneten Filamenten mit zahlreichen Chloroplasten und transversalen Zelltrennungen. Das Prothallium ist zudem durch das Vorhandensein von Rhizoiden und Gemmen charakterisiert (RUMSEY et al. 1990, 1998, RUMSEY & JERMÝ 1998). Junge Sporophyten sind – in unseren Gegenden – extrem selten, sie wurden bislang u. a. in den Vogesen (RASBACH et al. 1995, Holveck pers. Mitt.) und in der Pfalz (STARK 2002) gefunden.

Trichomanes speciosum steht in Anhang I der Berner Konvention (COUNCIL OF EUROPE 1979) sowie in Anhang II und IV der Europäischen FFH-Richtlinie (JOCE 1992), der Prächtige Dünnfarn ist in Luxemburg per Gesetz geschützt (MÉMORIAL 2010).

Was das Luxemburger Land betrifft, so wurden durch die systematischen Investigationen im Laufe der Jahre viele Populationen gefunden, dies nicht nur in der Sandsteinregion, sondern auch auf devonischem Schiefer im Ösling, den luxemburgischen Ardennen (KRIPPEL 2001, 2005, 2009, 2019).

Am 31.12.2018 waren in Luxemburg mehr als 150 Fundorte in 95 verschiedenen Quadratkilometern bekannt. Die Verbreitungskarte (Abb. 15b) zeigt, dass der Gametophyt von *T. speciosum* in der Sandsteinregion der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ gut vertreten ist, mit zwei Verbreitungsschwerpunkten: der erste in der Region der Schwarzen Ernz zwischen Echternach, Berdorf, Beaufort, Waldbillig, Christnach sowie Consdorf und der zweite zwischen der Weißen Ernz und dem Alzettetal. Ein drittes Hauptverbreitungsgebiet befindet sich im Ösling, hauptsächlich an der Obersauer.

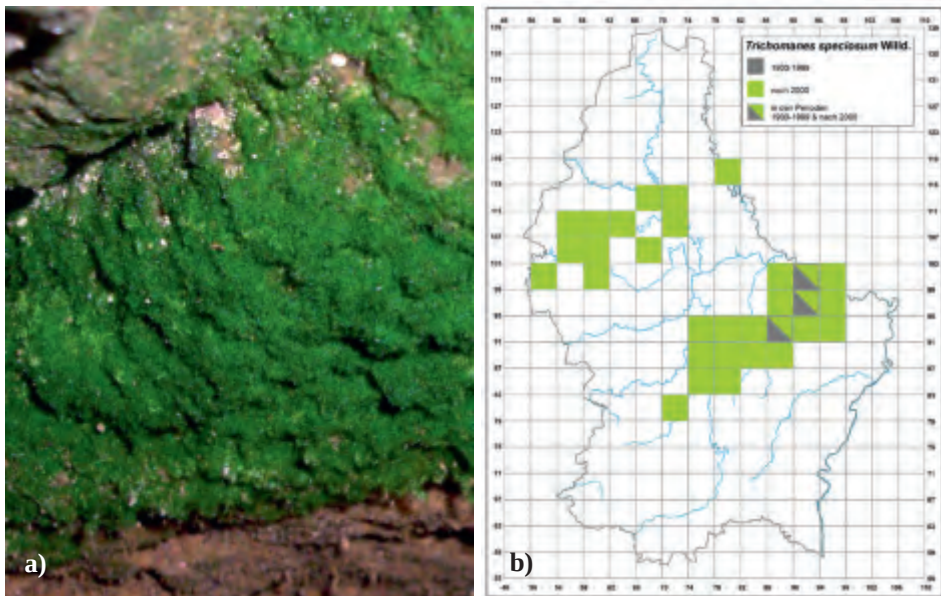


Abb. 15. a) Gametophyt von *Trichomanes speciosum* in einer Erosionshöhle im Luxemburger Sandstein (Foto: Y. Krippel, 26.11.2010); **b)** Verbreitungskarte des Gametophyten von *Trichomanes speciosum* in Luxemburg, auf der Basis des Gauss-Luxemburg Rasters; Stand 31.12.2018. Datengrundlagen: KRIPPEL (2019).

In Luxemburg wird *T. speciosum* – Gametophyt selbstverständlich – auf Grund seiner weiten Verbreitung und u. a. auch seiner versteckten Lebensweise als nicht gefährdet (LC = least concern) eingestuft (COLLING 2005a, KRIPPEL 2019). Dieses Statut – wohl auch für die Nachbarregionen zutreffend – dürfte sich nicht ändern, solange keine größeren Beeinträchtigungen der Vorkommen mit drastischen Änderungen des Mikroklimas eintreffen. So kann der Erhaltungszustand des Prächtigen Dünnfarns – trotz der Zerstörung der einen oder anderen Population und trotz waldbaulicher Eingriffe mit Änderung der Beschattung der Felsen – im Großherzogtum als „FV - favorable“ eingestuft werden (MÉMOIRAL 2018).

3.1.2.3 Die Streifenfarbe

Die „Kleine Luxemburger Schweiz“ zeichnet sich auch durch die Vielfalt an Streifenfarngewächsen (*Aspleniaceae*) aus, so dass ein kleiner Exkurs an dieser Stelle durchaus berechtigt ist.

Der Schuppenfarn (*Ceterach officinarum*), eine Art der Kalkfelsen und Mauerfugen, soll – laut KOLTZ (1880) – früher bei Echternach („Felsmühl“) vorgekommen sein. Die Hirschkrautfarne (*Asplenium scolopendrium*), eine kalkliebende Art der Schluchtwälder, vornehmlich an Nordhängen, kommt im Gebiet immer wieder vor und bildet mancherorts große Populationen aus, wie unterhalb der Wolfsschlucht zwischen Echternach und Berdorf. Die Mauerrautenfarn (*Asplenium ruta-muraria*) ist wohl die häufigste Art der Mauerfugen und vor allem in den Ortschaften allgegenwärtig. Auch der Schwarzstielige oder Braune Streifenfarn (*Asplenium trichomanes*) ist eine häufige Fels- und Mauerspaltenspflanze, kommt allerdings im Exkursionsraum in mehreren Unterarten oder auch Kreuzungen vor. Die seltenste Unterart ist die diploide subsp. *trichomanes*, die von HAFFNER & WACHTER (1994) von „Leiwertelt“ gemeldet

det wurde. Die weitaus häufigere tetraploide subsp. *quadrivalens* ist dagegen allgegenwärtig. Interessant ist die Tatsache, dass gerade in der Sandsteinregion eine dritte, ebenfalls tetraploide Unterart – *A. t. subsp. pachyrachis* – lokal sehr verbreitet ist und hier sogar die häufigste beobachtete Subspezies ist.

Der Zerbrechliche – oder Dickstielige Braune – Streifenfarn (*Asplenium trichomanes* subsp. *pachyrachis*, Abb. 13a), welcher in Europa zerstreut vorkommt und an dem seesternartigen Habitus leicht zu erkennen ist, ist in Luxemburg seit Anfang der 1990er Jahre bekannt (HAFFNER & WACHTER 1994, PARENT et al. 1996). Bis 2001 waren nur einige wenige Stationen im Land bekannt und dies fast ausschließlich im Bereich der „Kleinen Luxemburger Schweiz“. Eine Bestandsaufnahme natürlicher Felsvorkommen, Sandsteinmauern, ... hat jedoch gezeigt, dass *A. t. subsp. pachyrachis* im Sandsteingebiet recht verbreitet ist und hier auf meist vertikalen Felswänden, in Felsspalten wie auch auf Sandsteinmauern vorkommt (KRIPPEL 2003, 2019). Auch im Bereich der Burgen und Schlösser und den darunterliegenden Felsen ist diese calciphile Unterart – auf Grund der Verwendung von Kalkmörtel und dessen Auswaschung – gut vertreten. *Asplenium trichomanes* subsp. *pachyrachis* bildet einen Hybriden mit *A. t. subsp. quadrivalens*. Es handelt sich dabei um eine kräftige Pflanze mit aufrechterem Wuchs als subsp. *pachyrachis* und mit Charakteristiken, welche deutlich zwischen denen der Eltern liegen. Die recht seltene *A. t. nothosubsp. staufferi* (Abb. 13b) ist im Exkursionsraum zerstreut anzutreffen (KRIPPEL 2003, 2019).

Der Grüne Streifenfarn (*Asplenium viride*) war in Luxemburg sehr selten. KOLTZ (1880) nennt für die „Kleine Luxemburger Schweiz“ Aalbach bei Berdorf, LAWALRÉE (1951) außerdem Echternach („Aesbach“). Dort hat L. Reichling 1950 noch ein Exemplar beobachtet, ein weiteres 1957 unweit der Ernzerer Mühle (REICHLING 2005). Heute gilt die Art in Luxemburg als ausgestorben (COLLING 2005a, KRIPPEL 2019). Das Gleiche gilt für den Lanzett-Streifenfarn (*Asplenium obovatum* subsp. *billotii*). Diese westmediterran-atlantische Felsspaltenpflanze, auch noch unter dem Synonym *Asplenium billotii* bekannt, wurde 1951 an Felsen des „Kalekapp“ bei Berdorf von A. Biermann entdeckt (LAWALRÉE & LAWALRÉE 1952, REICHLING 1953). Der Standort wies nur einige Exemplare auf; diese sind mittlerweile – vermutlich infolge übermäßiger Beschattung durch dichten Baumwuchs – verschwunden (REICHLING 2005). Der Schwarze Streifenfarn (*Asplenium adiantum-nigrum*), ein wärmeliebender Felsbewohner auf allerlei Gesteinsarten kann dagegen in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ an mehreren Standorten beobachtet werden. Der in der Literatur oft zitierte Spitze Streifenfarn (*Asplenium onopteris*), ein mediterran-atlantischer Felsenfarn, der angeblich 1952 westlich von Berdorf gefunden wurde (REICHLING 1954b), war schon immer fraglich und hat sich definitiv als sehr spitz geschnittener Schwarzer Streifenfarn herausgestellt (Vianne pers. Mitt., LAMBINON & VERLOOVE 2015).

3.1.2.4 Die Schachtelhalme

Was die Schachtelhalme (*Equisetaceae*) betrifft, so sind neben den Allerweltsarten wie Acker-Schachtelhalm (*Equisetum arvense*) und Sumpf-Schachtelhalm (*E. palustre*) noch Wald-Schachtelhalm (*E. sylvaticum*), Winter-Schachtelhalm (*E. hyemale*) und Riesen-Schachtelhalm (*E. telmateia*) zu erwähnen. Die drei letzteren Arten sind in Luxemburg mehr oder weniger selten und stehen unter Naturschutz (MÉMORIAL 2010); bilden aber im Bereich der Sandsteinplatte stellenweise größere Bestände. *Equisetum hyemale* – an seinen unverzweigten, dunkelgrünen Stängeln leicht zu erkennen – kommt vor allem in den Talauen vor, wo die wintergrüne Art auf schattigen, nährstoffreichen und sickernassen Böden stellenweise ausgedehnte Kolonien bilden kann. *Equisetum telmateia* dagegen ist meist in Hanglage an

lichtreichen bis halbschattigen, sickernassen und eher kalkreichen Standorten – z. T. mit Tuffbildung – anzutreffen; größere Bestände befinden sich z. B. im unteren Teil des „Äsbech“-Tals und im Bereich des „Schnellert“ bei Berdorf.

Während den Exkursionsvorbereitungen wurde im unteren Tal der „Äsbech“ die seltene Hybride *Equisetum × litorale* (= *E. arvense* × *E. fluviatile*) gefunden. Dieser wohl übersehene Schachtelhalm – erstmals in Luxemburg im Jahr 2003 entdeckt – war bis vor kurzem nur im südwestlichen Ösling bekannt (KRIPPEL & COLLING 2004, 2006, 2008). Das Vorkommen des Ufer-Schachtelhalmes in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ ist umso beachtlicher, da einer der Elter (*E. fluviatile*) in der Region quasi abwesend ist. Interessant ist die Tatsache, dass GOFFART (1934) für das Äsbachtal den Wiesen-Schachtelhalm (*E. pratense*) angibt, eine Meldung, die auf einer Fehlbestimmung zu beruhen scheint. Sollte es sich damals auch schon um *E. × litorale* gehandelt haben?!

3.1.2.5 Farne der Exkursionsroute „Siweschlëff“ - „Ruelzbech“

Im Gegensatz zur Nachmittagsroute, wo die Arten der Schluchtwälder dominieren, sind am Vormittag nordwestlich von Berdorf vor allen die eigentlichen Felsbewohner auf der Tagesordnung.

Als Highlights gelten natürlich die Vorkommen von *Hymenophyllum tunbrigense*, dem KLEIN (1916) nicht umsonst den Namen „Juwel des Luxemburger Sandsteins“ gegeben hat. Neben dem sehr seltenen und streng geschützten Englischen Hautfarn kann noch ein weiterer Vertreter aus der Familie der *Hymenophyllaceae* beobachtet werden. Der Prächtige Dünnfarn (*Trichomanes speciosum*) zeigt die Besonderheit auf, dass er bei uns bislang nur als Prothallium (Abb. 15a) gefunden wurde. Dieses kann nur mit Hilfe einer Taschenlampe in Felshöhlen und -spalten aufgespürt werden.

Andere Felsenarten wie *Asplenium trichomanes* und *Cystopteris fragilis* sind eher banal. Die Tüpfelfarne (*Polypodium vulgare* und *P. interjectum*) sind allgegenwärtig und kommen auf unterschiedlichen Substraten vor. Besonders auffallend ist auf den Plateaus, am Rande der Sandsteinplatte und im Bereich einiger trockeneren bodensauren Standorte (z. B. Kieferforste) auch der Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*), der hier dichte ausgedehnte Klone bilden kann.

In den Buchenwäldern am Fuße der Felsen sowie auf Hangschutt dominiert entlang der Exkursionsroute eindeutig der Breitblättrige Dornfarn (*Dryopteris dilatata*), andere Arten aus der Gattung der *Dryopteris* sind nur verstreut zu finden.

Die entlang der Exkursionsroute „Siweschlëff“ - „Ruelzbech“ erfassten Farngewächse sind in der Tabelle 1 aufgeführt.

3.1.3 Moose

Die allgemeinen Beschreibungen zur Moosflora der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ sind weitestgehend HANS (1998) entnommen. Die Liste der im Bereich der Exkursionsrouten vorkommenden Moosarten findet sich am Ende des Kapitels.

3.1.3.1 Moosflora der „Kleinen Luxemburger Schweiz“

Die „Kleine Luxemburger Schweiz“ zählt zu den bryologisch wertvollsten Gebieten Mitteleuropas. Die hohe Luftfeuchtigkeit in den teils sehr engen, tief eingeschnittenen Tälern und Schluchten sowie das Nebeneinander von kalkhaltigem und saurem Sandstein bilden

ideale Voraussetzungen für den außergewöhnlich hohen Artenreichtum an Moosen (WERNER & HANS 1990). Das subatlantisch geprägte Klima Luxemburgs begünstigt darüber hinaus die Ansiedlung eueatlantischer und subatlantischer Arten. So finden sich auf Herbarbelegen des vom belgischen Botaniker Dumortier 1823 erstmals für Luxemburg entdeckten Hautfarns epiphyll Überzüge des atlantischen Lebermooses *Aphanolejeunea microscopica*. Zu den oft besuchten Teilbereichen des Gebietes gehören hauptsächlich die „Zickzackschlëff“ und das „Äsbech“-Tal bei Berdorf sowie das Tal der Schwarzen Ernz und das Hallerbachtal bei Beaufort.

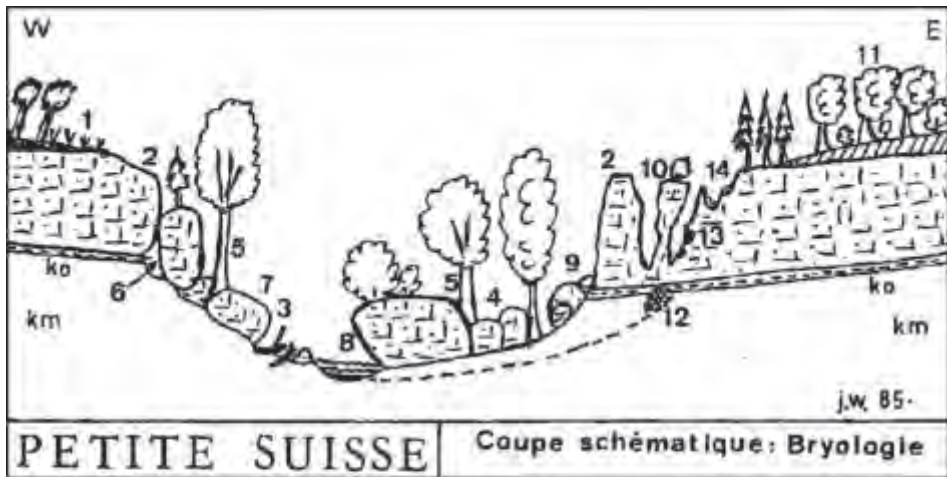
Das besondere bryologische Interesse an der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ fand seinen Höhepunkt in dem – unter Federführung des luxemburgischen Moosforschers Jean Werner (1941–2017) – getätigten Aufrufs von 30 internationalen Bryologen im Jahr 1988 an die damalige Regierung, die Schluchtbiopte besser unter Schutz zu stellen. Seither wurde der Klettertourismus reguliert und die „Zickzackschlëff“ für die Öffentlichkeit unzugänglich gemacht.

Eine in der Folge ebenfalls durch Jean Werner initiierte, systematische Rasterkartierung der Moosflora der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ (HANS 1998), ergab 329 Moosarten, darunter die sehr hohe Zahl von 89 Lebermoosen. Das sind deutlich mehr als die Hälfte aller in Luxemburg bislang nachgewiesenen Arten. Viele Arten besitzen auch heute noch ihren einzigen Nachweis innerhalb Luxemburgs im Bereich der „Kleinen Luxemburger Schweiz“.

Die Moosflora im Gebiet wird insbesondere durch die Moosflora der eigentlichen Felswände bestimmt. Felsen stellen in jedem Fall Sonderbiotope für Moose dar, da Moose hier fast konkurrenzlos sind und darüber hinaus in Abhängigkeit von Wasserhaushalt, Beschattung, Kalkgehalt und Exposition zahlreiche ökologische Nischen vorfinden, an die sich spezielle Artengemeinschaften haben anpassen können. Die „Kleine Luxemburger Schweiz“ ist sehr heterogen mit Felsbiotopen ausgestattet, worin der eigentliche Grund für den Artenreichtum des Gebietes liegt (Abb. 16, 17).

Moose der schattig-trockenen Felsen

Die mit Abstand häufigsten Felsmoosstandorte stellen die relativ trockenen vertikalen Felsbänder innerhalb der Waldflächen dar. Aufgrund des fehlenden Einflusses von Wasser, das durch Fugen und Risse im Gestein an anderen Stellen zum Gedeihen einer speziellen Moosflora führt, sind die hier angesprochen trockeneren Felspartien ausschließlich durch Niederschlagswasser und Tauwasser beeinflusst. Dementsprechend ist die Moosflora an den trocken-schattigen Felspartien nicht sehr artenreich entwickelt. Die mit Abstand häufigsten Arten an den sauren Standorten sind *Mnium hornum*, *Tetraphis pellucida*, *Dicranella heteromalla* und *Diplophyllum albicans*. Sie bilden oft, insbesondere unter zeitweiliger Beeinflussung durch kapillares Porenwasser, mehrere Quadratmeter große Mischbestände aus. An kalkhaltigen trockenen Felspartien wachsen *Neckera crispa*, *N. complanata*, *Fissidens cristatus*, *Homalothecium sericeum*, *Tortula muralis*, *Metzgeria furcata*, *Ctenidium molluscum*, *Didymodon insulanus* sowie *Brachythecium glareosum*, seltener auch *Homalia trichomanoides*, *Cirriphyllum crassinervium*, *Porella platyphylla* und *P. arboris-vitae*.



- | | |
|----------------------------|----------------------------------|
| 1. Heidestandorte | 8. Bäche mit z. T. felsigem Ufer |
| 2. Besonnte Felskuppen | 9. Vertikale Felswände |
| 3. Faulendes Holz | 10. Tiefe Felsschluchten |
| 4. Schattig-feuchte Blöcke | 11. Waldboden |
| 5. Epiphytenstandorte | 12. Quellen |
| 6. Felshöhlen | 13. Sickerfeuchte Felspartien |
| 7. Trockene Felsblöcke | 14. Rohhumusauflagen |

Abb. 16. Schematische Darstellung der wichtigsten Moosstandorte in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ (aus HANS 1998, leicht verändert nach WERNER 1985).

Moose der wasserbeeinflussten kalkhaltigen Felsstandorte

Zu den bryologisch interessanteren Felsstandorten zählen die wasserbeeinflussten Kalkfelspartien in schattigen Lagen. Aus meist horizontalen Rissen und Klüften tritt zwar nur geringfügig Sickerwasser aus, doch reicht es aus, um das Gedeihen einer ganzen Reihe von hygrophileren Arten zu ermöglichen. Zu diesen hygrophilen Arten zählen vor allem die Kalklebermoose *Jungermannia atrovirens*, *Pedinophyllum interruptum*, *Lophozia badensis* und *L. collaris*. Besonders häufig ist das thallöse Lebermoos *Conocephalum conicum*, das sehr oft lange horizontale Bänder entlang feuchter kalkhaltiger Felsspalten bildet. An Laubmoosen sind *Amphidium mougeotii*, *Oxystegus tenuirostris*, *Tortella tortuosa*, *Thamnobryum alopecurum*, *Mnium stellare*, *Encalypta streptocarpa*, *Eucladium verticillatum*, *Gymnostomum calcareum*, *Rhynchostegiella tenella*, *Oxyrrhynchium schleicheri*, *Anomodon viticulosus* und *Fissidens gracilifolius* mit die am häufigsten vertretenen Arten an schattig-feuchten Felsen.

Einige der bemerkenswerteren, da auch überregional sehr seltenen Kalkmoose des Untersuchungsgebietes wachsen in versinterten sehr feuchten Felsvertiefungen entlang horizontaler Makrofugen: *Amblystegium compactum*, *Orthothecium intricatum* und *Didymodon glaucus*; letztere auch an sehr dunklen Stellen.



Abb. 17. Die „Kleine Luxemburger Schweiz“ ist ein Hotspot was Moose und Farne angeht (Foto: S. Schneider, 27.08.2016).

Moose der sicker- und porenwasserbeeinflussten sauren Sandsteinfelsen

Die dauerfeuchten durch Poren- und Sickerwasser beeinflussten Sandsteinfelsen besitzen innerhalb der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ den größten Artenreichtum, insbesondere an zum Teil sehr bemerkenswerten Lebermoosen. *Anastrophyllum hellerianum*, *A. minutum*, *Barbilophozia attenuata*, *Calypogeia azurea*, *C. fissa*, *C. neesiana*, *C. muelleriana*, *C. integristipula*, *Cephalozia lunulifolia*, *Geocalyx graveolens*, *Harpanthus scutatus*, *Lophozia bicrenata*, *L. excisa*, *L. incisa*, *L. ventricosa*, *Odontoschisma denudatum*, *Scapania nemorea*, *Tritomaria exsectiformis*, *T. exesecta* und andere sind innerhalb des Gebietes auf Kleinstandorte an diese dauerfeuchte saure Sandsteinfelsen angewiesen. Während einige Arten (z. B. die *Anastrophyllum*- und *Tritomaria*-Arten) den nackten Felsen bewachsen, bevorzugen andere den verwitterten Lockersand, der sich in Felsnischen angesammelt hat (z. B. die *Calypogeia*-Arten). Von Jean Werner wurden über die Jahrzehnte hinweg bryosoziologische Aufnahmen u. a. der sauren und durchnässten Sandsteinfelsen aus dem Gebiet der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ erhoben, die nach seinem Tod veröffentlicht wurden (WERNER 2018).

Die Laubmoosflora der sauren feuchten Felspartien ist bei weitem weniger reich an seltenen Arten als die Lebermoosflora. Sie setzt sich quantitativ vor allem aus Arten zusammen, die bereits von den trockenen sauren Sandsteinfelsen bekannt sind. Das Artenspektrum beinhaltet besonders viele Vertreter aus der Familie der *Dicranaceae*, darunter *Leucobryum glaucum* und *L. juniperoideum*, *Dicranodontium denudatum*, *Dicranum scoparium*, *D. montanum*, *D. fulvum*, *D. fuscescens*, *Rhabdoweisia fugax*, *Dicranella heteromalla* und *Dicranum*

flagellare. *Tetradontium brownianum* und *Schistostega pennata* sind typische Höhlenmoose, die mit sehr wenig Licht auskommen und oft neben Algen und dem Gametophyten von *Trichomanes speciosum* die einzige Vegetation in den größeren Sandsteinhöhlen darstellen.

Moose der Gesteinsblöcke

Der Übergang zwischen den eigentlichen Felswänden des Luxemburger Sandsteins zu den Talsohlen wird oft durch bewaldete Steilhänge mit Vorkommen von Felstrümmern und Einzelfelsblöcken geprägt. Über diesen Felsblöcken hat sich infolge vermodernder Laubstreu oft eine Humusschicht ausgebildet. Sie ist in der Lage die Feuchtigkeit zu halten und bietet daher für eine ganze Reihe von Moosen eine geeignete Unterlage. Häufig kommen hier die pleurokarpen Arten wie *Rhytidiadelphus loreus*, *Hylocomium brevirostre*, *Brachythecium rutabulum*, *Eurhynchium striatum*, *E. angustirete* und *Thuidium tamariscinum* sowie die Lebermoose *Plagiochila porelloides*, *P. asplenioides*, *Lophocolea bidentata* und *L. heterophylla* vor. Die humusfreien Stellen werden dagegen in Abhängigkeit des Basengehaltes der Blöcke entweder von acidophilen oder basiphilen Felsmoosen bewachsen. Unter den acidophilen Arten treten nicht selten *Paraleucobryum longifolium*, *Dicranum fulvum*, *D. montanum*, *D. scoparium*, *Scapania nemorea*, *Cephaloziella divaricata*, *Jamesoniella autumnalis*, *Lepidozia reptans*, *Blepharostoma trichophyllum* u. a. auf. Die offensichtlich kalkhaltigen Blöcke weisen indessen häufiger die Arten *Tortella tortuosa*, *Oxystegus tenuirostris*, *Fissidens gracilifolius*, *Jungermannia leiantha* und *Didymodon insulanus* auf. In enger Abhängigkeit der Entfernung der Einzelblöcke zum unteren Talboden und damit in Abhängigkeit vom Luftfeuchteinfluss steht die Besiedlung der Felsblöcke mit hygrophilen Arten. Viele der kleineren petrischen Lebermoosarten kommen daher ausschließlich an Felsen oder Felsblöcken in Bachnähe vor. Zu nennen sind unter den basiphilen Arten insbesondere *Jungermannia atrovirens*, *Lejeunea cavifolia*, *Lophozia badensis* und *L. collaris*, unter den acidophilen Arten *Blepharostoma trichophyllum*, *Geocalyx graveolens*, *Lophozia incisa*, *Harpanthus scutatus*, *Tritomaria exsecta*, *Barbilophozia attenuata*, *Anastrophyllum minutum*, *A. hellerianum* sowie *Bazzania flaccida*.

Moose auf grobrissiger, nährstoffreicher Borke

Eine ganze Reihe von epiphytischen und fakultativ epiphytischen Moosen wächst in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ vorrangig auf Bäumen mit grobrissiger nährstoffreicher Borke. Vor allem in den Ritzen der Borke alter Eichen, Ahornarten und Eschen und zum Teil auch von Buchen mit vermorschender Borke kann sich basenreicher kalkhaltiger Flugstaub sammeln.

Nährstoffliebenden Arten wird somit eine geeignete Wachstumsunterlage geboten. Häufig hier zusammen vorkommende Moose sind *Isothecium myosuroides*, *I. alopecuroides*, *Frullania tamarisci*, *Neckera crispa*, *N. complanata*, *Bryum moravicum*, *B. capillare*, *Porella platyphylla*, *Homalia trichomanoides*, *Orthotrichum lyellii*, *Zygodon rupestris*, *Hypnum cupressiforme* var. *filiforme*, *Metzgeria furcata* und *Frullania dilatata*. Seltener kommen *Porella arboris-vitae*, *Antitrichia curtipendula*, *Neckera pumila*, *Orthotrichum stramineum* und *Leucodon sciurioides* vor. Insbesondere in den luftfeuchteren unteren Talbereichen sind an entsprechend alten dicken Eichen, Ahornbäumen und Eschen äußerst artenreiche Moosteppiche mit Vorkommen von bis zu fünfzehn Moosarten entwickelt. Typisch für diese luftfeuchten Talbereiche sind vor allem die Moose *Neckera pumila* und *Radula complanata*, die schwerpunkthaft in den Haupttalbereichen des Gebietes vorkommen. Im Gegensatz zu

den Edellaubholzarten weisen die glattrindigen Buchen ein saureres Substratmilieu und infolge fehlender Borkenrisse wohl auch schlechtere Ansiedlungsmöglichkeiten für zahlreiche Moosarten auf. Auch sie werden von charakteristischen Artengemeinschaften besiedelt, darunter vor allem den Dicranaceen *Dicranum montanum*, *D. scoparium*, *D. tauricum*, *D. viride*, *Dicranoweisia cirrata* und nicht selten auch von *Paraleucobryum longifolium*. Daneben treten sehr häufig *Mnium hornum*, *Hypnum cupressiforme*, *Isothecium myosuroides*, *Lophocolea heterophylla* und Kleinformen von *Metzgeria furcata* auf. Sehr viel seltener sind die Lebermoose *Ptilidium pulcherrimum*, *Frullania fragilifolia*, *Metzgeria fruticulosa*, *M. temperata* und *Microlejeunea ulicina* auf diesen Bäumen zu beobachten. Sie sind auf sehr luftfeuchte und kalte Talbereiche beschränkt.

Aquatische und semiaquatische Moose

Die Fließgewässer und ständig wasserführenden Quellen sowie die Sumpfquellen der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ besitzen eine eigenständige Moosflora, die sich durch das Vorkommen von einigen Arten auszeichnet, die entweder submers im Wasser leben oder auf den Einfluß von Spritzwasser angewiesen sind. An Unterwassermoosen kommen in den Hauptbächen *Fissidens crassipes*, *Platyhypnidium riparioides* und *Hygrohypnum luridum* als aspektbestimmende aquatische Moose vor. *Fontinalis antipyretica* wurde nur an drei Stellen beobachtet. Die Art ist im Gebiet wegen Wasserverschmutzung im Rückgang. Im Spritzwasserbereich auf Bachsteinen wachsen häufig *Didymodon spadiceus*, *Dichodontium flavescens*, *Fissidens pusillus* und *Brachythecium rivulare*. Flankieren Felsen die Bachabschnitte, so sind oberhalb der Mittelwasserlinie die thallösen Lebermoose *Pellia endiviifolia* und *Conocephalum conicum* sowie das Laubmoos *Thamnobryum alopecurum* vertreten. Frei austretende kalkhaltige Sturzquellen liefern an mehreren Stellen im Gebiet genügend Wasser, um ein Austrocknen im Sommer zu verhindern. Die typische Artenzusammensetzung dieser Quellen besteht aus den Arten *Palustriella commutata*, *Cratoneuron filicinum*, *Platyhypnidium riparioides*, *Conocephalum conicum* und *Pellia endiviifolia*. Diese Moose tragen zur Bildung von Kalktuff bei, welcher mit der Zeit zu größeren Tufffelsen heranwachsen kann, die ihrerseits ein Ausgangssubstrat für andere Kalkmoose darstellen können.

Waldbodenmoose und Moose der sauren Erdraine

Der Besiedlung des Waldbodens mit Moosen sind vor allem durch die Bedeckung des Bodens mit Laubstreu Grenzen gesetzt. Nur an Stellen, wo das Laub infolge größerer Hangneigung oder häufiger Windeinströmung nicht liegen bleibt, bilden sich Moospolster und Moosrasen aus. Bodenmoose sind daher vor allem im Ökoton Waldrand im Bereich der Waldwege und an Böschungen entlang der Waldwege häufiger vertreten als im Wald selbst. Häufige Waldbodenmoose sind *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichastrum formosum*, *Dicranella heteromalla*, *Mnium hornum*, *Atrichum undulatum*, *Eurhynchium striatum*, *Rhytidiadelphus loreus* und *R. triquetrus*. An Waldwegböschungen treten vor allem Verhagerungszeiger auf, da der Basenanteil des Bodens bereits ausgewaschen ist. Häufig sind *Dicranella heteromalla*, *Pogonatum aloides*, *Plagiothecium nemorale*, *Pseudotaxiphyllum elegans*, *Campylopus pyriformis*, *C. flexuosus*, *Hypnum jutlandicum*, *Diplophyllum albicans* und *Lepidozia reptans*. Weniger häufig sind *Fissidens bryoides*, *F. taxifolius*, *Pohlia melanodon*, *P. wahlenbergii* oder gar manche nur sehr selten oder einmal im Gebiet nachgewiesene Art wie *Buxbaumia aphylla*, *Jungermannia gracillima*, *Nardia scalaris* und *Pleuridium acuminatum*.

Tabelle 2. Moose des Exkursionsgebietes „Siweschlëff“ - „Ruelzbech“. Die Nomenklatur richtet sich nach WERNER (2011). Der Rote Liste-Status ist angegeben nach WERNER (2011): CR = critically endangered (vom Aussterben bedroht), VU = vulnerable (gefährdet). Die mit „*“ gekennzeichneten Arten sind gesetzlich geschützt (MÉMORIAL 2010). Datengrundlage: Erfassungen durch F. Hans in 2018.

Abschnitte der Exkursionsroute	„Siweschlëff“- „Adlerhorst“	„Adlerhorst“- „Ruelzbech“
<i>Atrichum undulatum</i>	x	
<i>Blepharostoma trichophyllum</i>	x	
<i>Brachytheciastrum velutinum</i>	x	
<i>Brachythecium rutabulum</i>	x	x
<i>Bryum capillare</i>		x
<i>Calypogeia azurea</i>	x	
<i>Campylopus introflexus</i>		x
<i>Cephalozia lunulifolia</i>	x	
<i>Conocephalum conicum</i>	x	
<i>Dicranella heteromalla</i>	x	x
<i>Dicranodontium denudatum</i>		x
<i>Dicranum majus*</i> (CR)		x
<i>Dicranum montanum</i>	x	
<i>Dicranum scoparium</i>	x	x
<i>Dicranum tauricum</i>	x	
<i>Diplophyllum albicans</i>	x	x
<i>Eurhynchium striatum</i>	x	
<i>Fissidens dubius</i>		x
<i>Fissidens pusillus</i>	x	
<i>Frullania dilatata</i>	x	x
<i>Harpanthus scutatus</i>	x	
<i>Heterocladium heteropterum</i>	x	
<i>Hypnum cupressiforme</i>	x	x
<i>Isoetecium myosuroides</i>	x	x
<i>Kindbergia praelonga</i>	x	
<i>Lepidozia reptans</i>	x	x
<i>Leucobryum glaucum</i>		x
<i>Metzgeria furcata</i>	x	x
<i>Mnium hornum</i>	x	x
<i>Neckera complanata</i>		x
<i>Orthotrichum stramineum</i>	x	
<i>Pellia epiphylla</i>	x	
<i>Pellia neesiana</i> (VU)		x
<i>Plagiochila porelloides</i>	x	x
<i>Polytrichastrum formosum</i>	x	x
<i>Pseudotaxiphyllum elegans</i>		x
<i>Racomitrium heterostichum</i>		x
<i>Radula complanata</i>		x
<i>Rhabdoweisia fugax</i>	x	x
<i>Rhizomnium punctatum</i>	x	x
<i>Scapania nemorea</i>		x
<i>Schistostega pennata</i> (VU)		x
<i>Tetraphis pellucida</i>	x	x
<i>Thamnobryum alopecurum</i>		x
<i>Tritomaria exsecta</i>	x	
<i>Weissia controversa</i>	x	

3.1.3.2 Moose der Exkursionsroute im Gebiet zwischen der „Siweschlëff“ und der „Ruelzbech“

Felsflanken unterhalb des „Adlerhorstes“ bis zur „Zickzackschlëff“

Der Sandstein ist in diesem Bereich sehr sauer ausgeprägt und nur an wenigen Stellen dauerhaft durchnässt und daher relativ artenarm. Die häufigsten Moose an den trockeneren Felsen sind *Mnium hornum*, *Tetraphis pelluida*, *Isoetecium myosuroides*, *Diplophyllum albicans*, *Dicranella heteromalla*, *Dicranum scoparium*, *Pseudotaxiphyllum elegans* und *Polytrichastrum formosum*. An durchnästen Stellen wachsen die zierlichen Lebermoose *Lepidozia reptans*, *Blepharostoma trichophyllum*, *Cephalozia lunulifolia*, *Calypogeia azurea*, *Harpantus scutatus*, *Tritomaria exsecta* sowie die Laubmoose *Rhabdoweisia fugax*, *Weissia controversa* und *Heterocladium heteropterum*. Auf Erde wachsen *Atrichum undulatum*, *Leucobryum glaucum*, *Hypnum cupressiforme*, *Brachythecium rutabulum*, *Plagiochila porrelloides*, *Eurhynchium striatum*, *Kindbergia praelonga* und *Rhizomnium punctatum*. An wenigen exponierten lichtreichen Stellen finden sich *Racomitrium heterostichum* und *Campylopus introflexus*.

Die Epiphytenflora ist infolge des sauren Milieus verarmt. Kennzeichnende Arten sind *Dicranum montanum*, *D. tauricum*, *Brachythecium velutinum*, *Metzgeria furcata* und *Frullania dilatata*. An einer Stelle wuchs *Orthotrichum stramineum* an einer alten Buche.

Wir begegnen an einer Stelle in einer kleinen Felsspalte dem Leuchtmoos *Schistostega pennata*, dessen Protonema das Licht reflektiert.

In der tiefen „Zickzackschlëff“ mit eigenem Mikroklima gedeiht der Englische Hautfarn auf einer Fläche von mehreren Quadratmetern. Auf dem Hautfarn wurden epiphyll Überzüge einiger äußerst seltener eu-atlanischer Moosarten wie *Aphanolejeunea microscopica*, *Plagiochila spinulosa* und *P. punctata*, letztere noch rezent (WERNER et al. 2007), gefunden.

Im Exkursionsgebiet wurden insgesamt 61 Moosarten nachgewiesen (Tabelle 2).

3.2 Buchenwälder mit Schluchtwaldcharakter in den Tälern der „Haalsbaach“ und der „Äsbech“

Das zweite Exkursionsgebiet führt uns durch die kühl-feuchten Täler der „Haalsbaach“ und der „Äsbech“ (Abb. 18). Das enge „Haalsbaach“-Tal ist geprägt durch Buchenwälder mit den Schluchtwaldarten *Acer pseudoplatanus*, *Tilia cordata*, *T. platanooides*, *Ulmus glabra* und *Fraxinus excelsior*. In der Krautschicht dominieren neben Blütenpflanzen wie *Chrysosplenium alternifolium* vor allem zahlreiche Farne, z. B. *Dryopteris filix-mas*, *D. dilatata*, *Polystichum aculeatum*, *Asplenium scolopendrium* sowie Vertreter aus dem *Dryopteris affinis* agg. und zahlreiche Moosarten. Die Felsen und mikroklimatischen Gegebenheiten bieten ideale Bedingungen für ein üppiges Wachstum vieler Moose, darunter einige eng spezialisierte ozeanische und boreale Arten. Auch die Tüpfelfarne (*Polypodium vulgare*, *P. interjectum*), die Streifenfarne (*Asplenium trichomanes* subsp. *quadrivalens* und *A.* subsp. *pachyrachis*) und der Gametophyt des Prächtigen Dünnfarns sind hier gut vertreten. Das Tal der „Äsbech“ ist weniger eng, trägt jedoch noch immer typische Schluchtwaldarten, teilweise finden sich auch kleinräumig Auwälder. Interessant im Tal der „Äsbech“ ist die Wabenverwitterung – eine typische Verwitterungsform des Sandsteins. Endpunkt ist das Gebiet um die „Hohllay“ mit ihren spektakulären vom Menschen geschaffenen Fels-Höhlen.

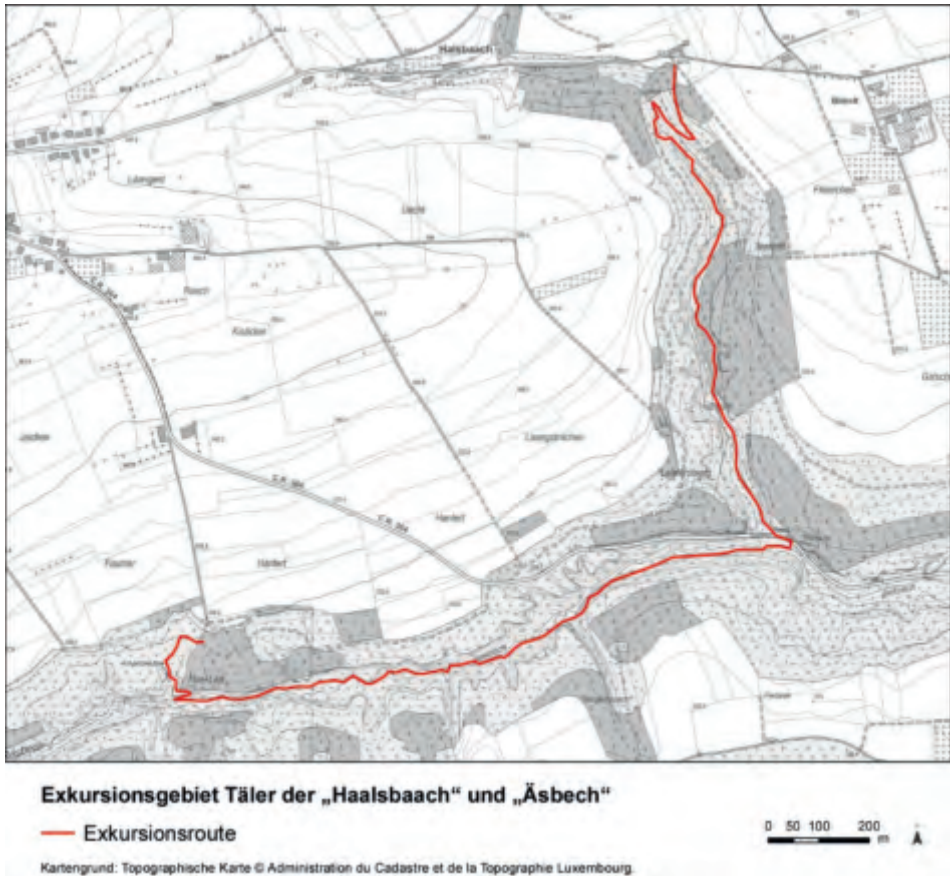


Abb. 18. Die Exkursionsroute durch die Täler der „Haalsbaach“ und der „Äsbech“.

3.2.1 Vegetation der Wälder und Schluchten

Im Gegensatz zum Vormittag werden am Nachmittag Schluchtwaldarten und Anklänge an Schluchtwälder vorgestellt. Schluchtwälder sind in Luxemburg vor allem an nährstoff- und basenreichen Hangfüßen und Blockschutthängen mit schattenseitiger Nordexposition ausgebildet (NIEMEYER et al. 2010). Hier herrschen eine gute Wasserversorgung, hohe Luftfeuchte und kühle Lufttemperaturen vor. Ausgedehnte Bestände gibt es z. B. in der Nähe des Exkursionsgebietes gelegenen „Wollefsschlucht“ bei Echternach sowie östlich von Beaufort in der „Saueruecht“ (KRIPPEL 2005b).

Im „Haalsbaach“-Tal finden sich nährstoffreiche Buchenwälder, die Schluchtwaldcharakter haben oder sehr kleinräumig als Schluchtwälder angesprochen werden können (Abb. 19). In den engeren, kühlen, luftfeuchten Abschnitten der „Haalsbaach“ findet sich der Schluchtwald an einigen Stellen in Bachnähe schwach ausgebildet. Der größte Teil des Tals wird aber von Waldmeister-Buchenwäldern (FFH 9130) eingenommen. Bestandsbildend sind *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea* und *Q. robur*, die in der Krautschicht von Arten wie *Melica uniflora*, *Milium effusum*, *Galium odoratum*, *Lamium galeobdolon*, *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Hedera helix* und *Rubus spec.* begleitet werden. Die Felsen



Abb. 19. In kleinen Tälern wie der „Haalsbaach“ finden sich nährstoffreiche Buchenwälder mit kleinräumig Anklängen an Schluchtwälder (Foto: T. Helminger, 03.11.2017).

sind hier mit einer typischen Felsspaltenvegetation ausgestattet, insbesondere mit vielen Farnen (s. Kap. 3.2.2). Die Felsen und die mikroklimatischen Gegebenheiten bieten zudem ideale Bedingungen für ein üppiges Wachstum vieler Moose, darunter einige eng spezialisierte ozeanische und boreale Arten (s. Kap. 3.2.3).

Die „Haalsbaach“ selbst ist ein kleines Fließgewässer mit flachen bis mäßig steilen Ufern, die je nach Wasserzufuhr stark variieren können. Der naturbelassene Bach schlängelt sich mäandrierend durchs Tal und wird während der Wanderung mehrfach überquert.

Die Schluchtwälder in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ werden aufgrund der schwer zugänglichen Standorte meist nicht genutzt und sind als natürlich anzusehen (NIEMEYER et al. 2010). Sie zeichnen sich daher durch einen hohen Anteil an Alt- und Totholz aus. Damit verbunden ist die hohe Anzahl an Pflanzen- und Tierarten, die auf Holzstrukturen angepasst sind (KRIPPEL 2005b). Für die sehr engen und kühlen Täler ist der Eschen-Bergahorn-Wald (*Fraxino-Aceretum* W. Koch ex. Tx. 1937) charakteristisch. Er zeichnet sich durch einen sehr hohen Reichtum an Moosen und Farnen aus und gehört zu den seltensten Waldtypen in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“. Charakteristische Baumarten sind Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*), Esche (*Fraxinus excelsior*), Sommer-Linde (*Tilia platyphyllos*) und Berg-Ulme (*Ulmus glabra*). Am Bestandsaufbau sind des Weiteren *Tilia cordata* und *Acer platanoides* beteiligt. Viele der Baumarten zeigen einen bemerkenswerten Wuchs, bedingt u. a. durch die mechanische Belastung durch Steinschlag. Diese typischen Schluchtwaldarten kommen allesamt im Tal der „Haalsbaach“ vor. Die Bestände sind aber nicht geschlossen, sondern verzahnen sich mit der doch meist dominierenden Rotbuche, sodass sie nur fragmentarisch und sehr kleinräumig dem Eschen-Bergahorn-Wald zugeordnet werden können. Auffallend ist auch, dass meist nur junge Berg-Ulmen anzutreffen sind. Dies lässt sich auf das durch den Pilz *Ceratomyces ulmi* verursachte massive Ulmensterben vor einigen

Jahrzehnten zurückführen (KRIPPEL 2005b). In der lockeren Strauchschicht finden sich neben Baumjungwuchs der kennzeichnenden Arten als weitere Arten z. B. *Ribes uva-crispa*, *R. alpinum*, *Prunus avium*, *Rosa arvensis*, *Hedera helix*, *Sambucus nigra*, *Lonicera periclymenum*, *Corylus avellana*, *Sorbus aucuparia* und *Ilex aquifolium*. In der relativ üppigen Krautschicht kommen zahlreiche Blütenpflanzen vor, die hohe Ansprüche an die Basen- und Stickstoffversorgung haben, wie *Chrysosplenium alternifolium*, *Cardamine impatiens* und *Mercurialis perennis*. Vor allem die zahlreichen Farne, z. B. *Polystichum aculeatum*, *Asplenium scolopendrium* und Moosarten prägen die Schluchtwälder. Die im Tal der „Haalsbaach“ vorkommenden Gefäßpflanzen können der Tabelle 1 entnommen werden.

Die Spitzahorn-Sommerlinden-Wälder (*Aceri-Tiliatum platyphylli* Faber 1936. nom. conserv. propos.) gehören zudem in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ zu den vorkommenden Edellaubwäldern. Sie besiedeln meist wärmebegünstigte Südhänge, kommen aber auch auf Schatthängen vor (NIEMEYER et al. 2010). Sehr kleinräumig auf den stärker versauerten Böden finden sich Anklänge an das *Quercus petraea*-*Tiliatum platyphylli* Rühl 1967, den Drahtschmielen-Sommerlinden-Wäldern. *Tilia platyphyllos*, *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior* und *Quercus petraea* sind bestandsbestimmend; Säurezeiger treten verstärkt auf: *Luzula luzuloides*, *Deschampsia flexuosa* und *Polypodium vulgare* (NIEMEYER et al. 2010).

In unmittelbarer Bachnähe der „Haalsbaach“ finden sich kleinflächig Auwälder (Erlen-Eschen-Ulmenwälder) und Buchenwälder mit Auwaldanklängen, meist nur auf einem schmalen Streifen im Überflutungsbereich (KRIPPEL 2005b). Diese Bestände werden durch den ständigen Wechsel von Sedimentation und Erosion beeinflusst. Es treten eine Vielzahl an Feuchtezeigern auf, wie *Chrysosplenium alternifolium*, *Ranunculus repens*, *Juncus effusus*, *Stellaria nemorum* und *Stachys sylvatica* (NIEMEYER et al. 2010).

Das naturbelassene Tal der „Äsbech“ ist weniger eng als das der „Haalsbaach“, trägt jedoch auch typische Schluchtwaldarten, die vor allem in Bachnähe und unmittelbar am Ufer dominant sind. Vorherrschend sind Waldmeister-Buchenwälder, die Anklänge an Schluchtwälder zeigen. Nördlich an den Mündungsbereich der „Haalsbaach“ angrenzend ist der Schluchtwaldcharakter besonders gut ausgeprägt mit viel Blockschutt. Dominant ist *Fagus sylvatica*, hinzutreten *Carpinus betulus*, *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia platyphyllos* und *Ulmus glabra*, an den oberen Felspartien auch *Pinus sylvestris*. Ahorn, Esche, Buche und Eiche sind an der „Äsbech“ gewässerbegleitend (MDDI & ANF 2015). In der Strauchschicht kommen z. B. diese Arten locker verbreitet vor: *Corylus avellana*, *Prunus avium*, *Sambucus nigra*, *Sorbus aucuparia*, *Ribes alpinum*, *Frangula alnus*, *Ilex aquifolium* und *Hedera helix*. Die Krautschicht wird von einer Fülle an Basenzeigern und auch Säurezeigern gebildet: *Galium sylvaticum*, *G. odoratum*, *Geranium robertianum*, *Oxalis acetosella*, *Circaea lutetiana*, *Lamium galeobdolon*, *Mycelis muralis*, *Geum urbanum*, *Festuca altissima*, *Melica uniflora*, *Milium effusum*, *Vaccinium myrtillus*, *Deschampsia flexuosa*, *Calluna vulgaris*, *Vicia sepium*, *Carex sylvatica*, *Veronica montana*, *Epilobium montanum*, *Maianthemum bifolium*, *Dryopteris filix-mas*, *Athyrium filix-femina* u. a.

Hainsimsen-Buchenwälder sind vor allem am westlichen Hang des Tales ausgebildet (MDDI & ANF 2015). Die Krautschicht wird durch typische Säurezeiger wie *Luzula luzuloides*, *Milium effusum*, *Deschampsia flexuosa* und *Oxalis acetosella* gebildet.

In der Bachaue treten Feuchte- und Nährstoffzeiger hinzu, die dort zu den Auwaldgesellschaften vermitteln: *Chrysosplenium alternifolium*, *C. oppositifolium*, *Ranunculus repens*, *Stellaria nemorum*, *Urtica dioica*, *Scrophularia nodosa*, *Impatiens noli-tangere* und *I. parviflora*.



Abb. 20. Die „Hohllay“ – nur eine der Sehenswürdigkeiten – ist ein in den Felsen gegrabener Steinbruch für Mühlsteine (Foto: T. Helminger, 24.10.2013).

An quelligen Hängen sowie kleinen schnell fließenden Bächen ist das *Carici remotae-Fraxinetum* W. Koch 1926 ex Faber 1937 ausgebildet. Es ist charakterisiert durch das Vorkommen von *Carex pendula*, *C. remota*, *C. sylvatica*, *Chrysosplenium alternifolium*, *C. oppositifolium*, *Lysimachia nemorum*, *Ranunculus ficaria* und besonderen Arten wie *Carex pendula*, *Equisetum hyemale* (Winter-Schachtelhalm) und *E. telmateia* (Riesen-Schachtelhalm) (KRIPPEL 2005b, NIEMEYER et al. 2010). Die Winkelseggen-Erlen-Eschenwälder haben einen Verbreitungsschwerpunkt an sickerfrischen Hängen der Schwarzen Ernz (NIEMEYER et al. 2010). Die markanten Kalktuffe im unteren Teil des „Äsbech“-Tales mit u. a. *E. telmateia* waren zur Zeit der Vorbereitung der Exkursion im Sommer und Herbst 2018 infolge starker Hochwasserschäden leider unzugänglich. Daher konnten sie nicht in das Exkursionsprogramm aufgenommen werden. Erlen- und Eschenwälder sowie Weichholzauenwälder an Fließgewässern sind im Natura 2000-Gebiet LU0001011 mit 23 ha vertreten.

In der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ finden sich vereinzelt in den Feuchtwäldern natürliche Vorkommen von *Ribes rubrum* (Rote Johannisbeere) sowie der atlantisch verbreiteten *Carex strigosa* (Schlanke Segge) (KRIPPEL 2005b).

Als weiterer Waldtyp in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ am Uferbereich schnell fließender Gewässer tritt gelegentlich der Hainmieren-Erlenwald (*Stellario nemorum-Alnetum glutinosae* Lohmeyer 1957) mit der kennzeichnenden Baumart *Alnus glutinosa* sowie den Nebenbaumarten *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur* und *Acer pseudoplatanus* hinzu (KRIPPEL 2005b). Neben den Buchen-, Schlucht- und Feuchtwäldern (wie auch noch Erlen-Bruchwälder und Erlen-Auwälder) gibt es vereinzelt noch standortfremde Nadelholzwälder wie Fichten-, Douglasien-, Weißtannen- und Lärchenforste (KRIPPEL 2005b).

Interessant im Tal der „Äsbech“ ist die Wabenverwitterung, eine typische chemische Verwitterungsform des Sandsteins (Abb. 7c). Endpunkt der Exkursionsroute ist die spektakuläre „Hohllay“-Höhle (Abb. 20). Es handelt sich um einen in den Felsen gegrabenen

Steinbruch für Mühlsteine. Die äußere Form der 25 bis 35 cm dicken Steine mit einem Durchmesser von 113–152 cm, die hier herausgearbeitet wurden, ist noch häufig an den Wänden erkennbar. Im Mittelalter waren die Mühlen des „Müllerthals“ zum Teil sogar verpflichtet, die Mühlsteine aus der „Hohlhay“ zu verwenden. Die Nutzung des Steinbruchs endete vor 1850. Obwohl die Höhle manchmal auch als „Römerhöhle“ bezeichnet wird, ist eine Nutzung durch die Römer jedoch unwahrscheinlich (ERNZER 1982, LARHRA 2006-).

3.2.2 Farnpflanzen an „Haalsbaach“ und „Äsbech“

Die Täler von „Haalsbaach“ und „Äsbech“ zeichnen sich durch einen gewissen Schluchtwaldcharakter aus. So wird auch die Farnvegetation in diesen zumeist engen, bewaldeten Tälern mit Felswänden, Blockschutt-Hängen und nährstoff- und basenreichen Hangfüßen durch die gute Wasserversorgung und hohe Luftfeuchte begünstigt. Neben den schon bekannten und teilweise häufigen Felsspalten- und Höhlenbesiedlern wie dem Braunen Streifenfarn (*Asplenium trichomanes* subsp. *quadrivalens*), dem Zerbrechlichen Streifenfarn (*A. t.* subsp. *pachyrachis*, Abb. 13a) – inklusive der Hybride *A. t.* nothosubsp. *staufferi* (Abb. 13b) –, dem Gewöhnlichen und dem Gesägten Tüpfelfarn (*Polypodium vulgare* und *P. interjectum*), findet man in den Sandsteinfelsen hier auch immer wieder den Zerbrechlichen Blasenfarn (*Cystopteris fragilis*) und den Gametophyten von *Trichomanes speciosum*.

Auf den modrig humosen Waldböden und auf Felsschutt ist der Breitblättrige Dornfarn (*Dryopteris dilatata*) allgegenwärtig, oft zusammen mit dem Männlichen Wurmfarne (*D. filix-mas*) sowie auf feuchteren Böden dem Wald-Frauenfarn (*Athyrium filix-femina*). An einigen Stellen fallen die Vertreter aus dem *Dryopteris affinis* agg. auf, sowohl der triploide Borrer Wurmfarne (*D. borrieri*) als auch der diploide Spreuschuppige Wurmfarne (*D. affinis*).

Als typische Art des Schluchtwaldes ist der Gelappte Schildfarn (*Polystichum aculeatum*) zu nennen, die calciphilere Hirschzunge (*Asplenium scolopendrium*) kommt im Tal der „Haalsbaach“ und im oberem „Äsbech“-Tal nur vereinzelt vor, bildet aber weiter talabwärts (untere „Äsbech“) ausgedehnte Bestände. Dort kann auch, insbesondere im Bereich der Quellhorizonte am Fuße der Sandsteinplatte, der Riesen-Schachtelhalm (*Equisetum telmateia*, Abb. 12b, c) beobachtet werden.

Stellenweise finden sich entlang der Exkursionsroute auch der so charakteristische Buchenfarn (*Phegopteris connectilis*, Abb. 21) und der filigrane Eichenfarn (*Gymnocarpium dryopteris*); der ausgesprochen calciphile Ruprechtsfarn (*G. robertianum*) ist in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ sehr selten, kommt jedoch weiter unten im „Äsbech“-Tal vor. Auffallend ist, dass auf Grund der hohen Luftfeuchte einige Arten hier auch als Epiphyten vorkommen, vor allem *Polypodium interjectum* oder noch *P. vulgare*.

Die im Exkursionsgebiet „Haalsbaach“ und „Äsbech“ erfassten Pteridophyten sind in der Tabelle 1 der Gefäßpflanzen aufgeführt.

3.2.3 Moose an „Haalsbaach“ und „Äsbech“

Das Tal der „Haalsbaach“ und das obere Tal der „Äsbech“ weisen neben den sauren Felsen auch zahlreiche Bereiche mit kalkreichen Felsen auf und sind entsprechend artenreicher. Neben vielen, der bereits am Standort „Adlerhorst“ genannten säureliebenden Arten kommen zusätzlich *Cephalozia catenulata*, *Aulacomnium androgynum*, *Paraleucobryum longifolium*, *Bazzania trilobata* und *Plagiothecium undulatum* als Säurezeiger vor. Die beiden letzteren bilden ausgedehnte Teppiche über den Blöcken in Bachnähe. Hier wachsen auch



Abb. 21. Der Buchenfarn (*Phegopteris connectilis*) bevorzugt frische, kalkarme Waldhumusböden, besonders in Buchenwäldern und ist an zahlreichen Stellen in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ zu finden (Foto: Y. Krippel, 24.05.2015).

Eurhynchium striatum und *Rhytidiadelphus loreus*. Auf einem Felsblock im oberen „Äsbech“-Tal wächst *Dicranum majus*, ein in Luxemburg bislang nur an wenigen Stellen gefundenes sehr großes Gabelzahnmoos.

An Steinen im und am Bach selbst wachsen *Brachythecium rivulare*, *Dichodontium pelucidum*, *Fissidens pusillus* und *Didymodon sinuosus*. An kalkhaltigen Felsen bilden *Neckera crispa*, *N. complanata*, *Homalia trichomanoides*, *Anomodon viticulosus*, *Conocephalum conicum*, *Tortella tortuosa* und das Bäumchenmoos *Thamnobryum alopecurum* ausgedehnte Moosteppeiche. An weiteren basiphilen und kalkliebenden Arten sind *Ctenidium molluscum*, *Eucladium verticillatum* und *Fissidens dubius* zu nennen.

Die Täler von „Äsbech“ und „Haalsbaach“ besitzen eine sehr hohe Luftfeuchtigkeit. An einer Stelle wachsen an einer jungen Buche die atlantischen Moose *Microlejeunea ulicina*, *Metzgeria fruticulosa* und *Zygodon conoideus*. Weiterhin sind *Frullania tamarisci* und *Lejeunea cavifolia* als epiphytische Besonderheiten zu nennen. Im Rahmen der Vorexkursion konnte auch das epiphytische Moos *Ulota intermedia* erstmals für Luxemburg nachgewiesen werden.

Die in den Tälern der „Haalsbaach“ und der „Äsbech“ erfassten Moosarten sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3. Moose des Exkursionsgebietes „Haalsbaach und Äsbech“. Die Nomenklatur richtet sich nach WERNER (2011). Der Rote Liste-Status ist angegeben nach WERNER (2011): CR = critically endangered (vom Aussterben bedroht), VU = vulnerable (gefährdet). Die mit „*“ gekennzeichneten Arten sind gesetzlich geschützt (MÉMORIAL 2010). Datengrundlage: Erfassungen durch F. Hans in 2018.

Abschnitte der Exkursionsroute	„Haalsbaach“	„Äsbech“
<i>Amblystegium serpens</i>	x	
<i>Anomodon viticulosus</i>	x	x
<i>Atrichum undulatum</i>	x	
<i>Aulacomnium androgynum</i>		x
<i>Bazzania trilobata</i>		x
<i>Brachythecium rivulare</i>	x	
<i>Brachythecium rutabulum</i>	x	x
<i>Bryum capillare</i>	x	x
<i>Calypogeia azurea</i>	x	x
<i>Calypogeia neesiana</i>	x	
<i>Cephalozia catenulata*</i> (VU)		x
<i>Cephalozia lunulifolia</i>	x	
<i>Conocephalum conicum</i>	x	x
<i>Ctenidium molluscum</i>	x	x
<i>Dichodontium pellucidum</i>	x	x
<i>Dicranella heteromalla</i>	x	x
<i>Dicranum majus*</i> (CR)		x
<i>Dicranum scoparium</i>	x	x
<i>Didymodon sinuosus</i>	x	
<i>Diplophyllum albicans</i>	x	x
<i>Eucladium verticillatum</i>	x	
<i>Eurhynchium striatum</i>	x	x
<i>Fissidens dubius</i>	x	
<i>Fissidens pusillus</i>	x	x
<i>Frullania dilatata</i>		x
<i>Frullania tamarisci</i>		x
<i>Herzogiella seligeri</i>	x	
<i>Heterocladium heteropterum</i>	x	x
<i>Homalia trichomanoides</i>	x	x
<i>Homalothecium sericeum</i>	x	x
<i>Hypnum andoi</i>	x	
<i>Hypnum cupressiforme</i>	x	x
<i>Isoetecium alopecuroides</i>	x	x
<i>Isoetecium myosuroides</i>	x	x
<i>Kindbergia praelonga</i>	x	x
<i>Lejeunea cavifolia</i>		x
<i>Lepidozia reptans</i>		x
<i>Leucobryum glaucum*</i>	x	x
<i>Lophocolea bidentata</i>	x	
<i>Lophocolea heterophylla</i>	x	
<i>Metzgeria conjugata</i>	x	x
<i>Metzgeria fruticulosa</i>	x	
<i>Metzgeria furcata</i>	x	x
<i>Microlejeunea ulicina</i> (VU)	x	
<i>Mnium hornum</i>	x	x
<i>Neckera complanata</i>	x	x
<i>Neckera crispa</i>	x	x
<i>Neckera pumila</i>	x	
<i>Orthotrichum affine</i>	x	

Abschnitte der Exkursionsroute	„Haalsbaach“	„Äsbech“
<i>Oxyrrhynchium hians</i>	x	
<i>Paraleucobryum longifolium</i>	x	x
<i>Pellia epiphylla</i>	x	x
<i>Plagiochila asplenioides</i>	x	x
<i>Plagiomnium elatum</i>	x	
<i>Plagiomnium undulatum</i>	x	x
<i>Plagiothecium nemorale</i>	x	x
<i>Platygyrium repens</i>	x	
<i>Pogonatum aloides</i>	x	x
<i>Polytrichastrum formosum</i>	x	x
<i>Pseudotaxiphyllum elegans</i>	x	x
<i>Radula complanata</i>	x	x
<i>Rhabdoweisia fugax</i>	x	
<i>Rhizomnium punctatum</i>	x	x
<i>Rhytidiadelphus loreus</i>	x	x
<i>Scapania nemorea</i>	x	
<i>Tetraphis pellucida</i>		x
<i>Thamnobryum alopecurum</i>	x	x
<i>Thuidium tamariscinum</i>	x	x
<i>Tortella tortuosa</i>	x	
<i>Ulota bruchii</i>	x	x
<i>Ulota intermedia</i> (Erstnachweis für Luxemburg)	x	
<i>Zygodon conoideus</i> (VU)	x	
<i>Zygodon rupestris</i>	x	
<i>Zygodon viridissimus</i>		x

3.3 Exkursionsgebiet „Haard“ bei Echternach – Vorkommen von *Dicranum viride*

Das auf Anhang-II der FFH-Richtlinie (JOCE 1992) stehende Grüne Besenmoos (*Dicranum viride*) hat in der Region ein zentrales Vorkommen. Das Grüne Besenmoos ist in Luxemburg geschützt (MÉMORIAL 2010) und als potenziell gefährdet („Vorwarnliste“) auf der Roten Liste der Bryophyten Luxemburgs eingestuft (WERNER 2003). Im Rahmen der Exkursion wird ein großes Vorkommen im nördlichen Teil des Waldgebietes „Haard“ südwestlich von Echternach gezeigt (Abb. 22).

Das Waldgebiet „Haard“ liegt am Ostrand der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ und ist Bestandteil des Natura 2000-Gebietes „Herborn - Bois de Herborn/Echternach - Haard“ (LU0001016). Die Vorkommen von *D. viride* wurden dort im Rahmen einer Rasterkartierung untersucht (HANS 2018). Als Grundlage wurde ein Rasternetz mit einer Kantenlänge von 200 m verwendet. Nach der Karte der Baumbestände und Altersklassen in den Forstrevieren Echternach und Herborn (T. Kozlik schriftl. Mitt.) ergaben sich für Laubholz-Altholzbestände ca. 180 Raster bei einer Fläche von ca. 640 ha. *Dicranum viride* wurde in 60 Rastern – also in jedem dritten untersuchten Raster – nachgewiesen.

Insgesamt wurde die Art an 139 Bäumen, darunter je einmal an einer Baumscheibe einer gefällten Buche und einmal an einer vom Sturm umgefallenen Buche gefunden.

Dicranum viride ist im Waldgebiet „Haard“ an Buchenaltholzbeständen gebunden und kommt dort fast flächendeckend vor. Ein Hot-Spot liegt an der ostexponierten Hangkante westlich von „Frombourg“, ein weiterer Hot-Spot im mittleren östlichen Teil zwischen „Eelkapp“ und „Deckeboesch“. Das Exkursionsziel, der Hot-Spot im Nordteil im Bereich „Lauterbour“, liegt an einem Steilhang im *Galio odorati-Fagetum* und ist fußläufig leicht zu

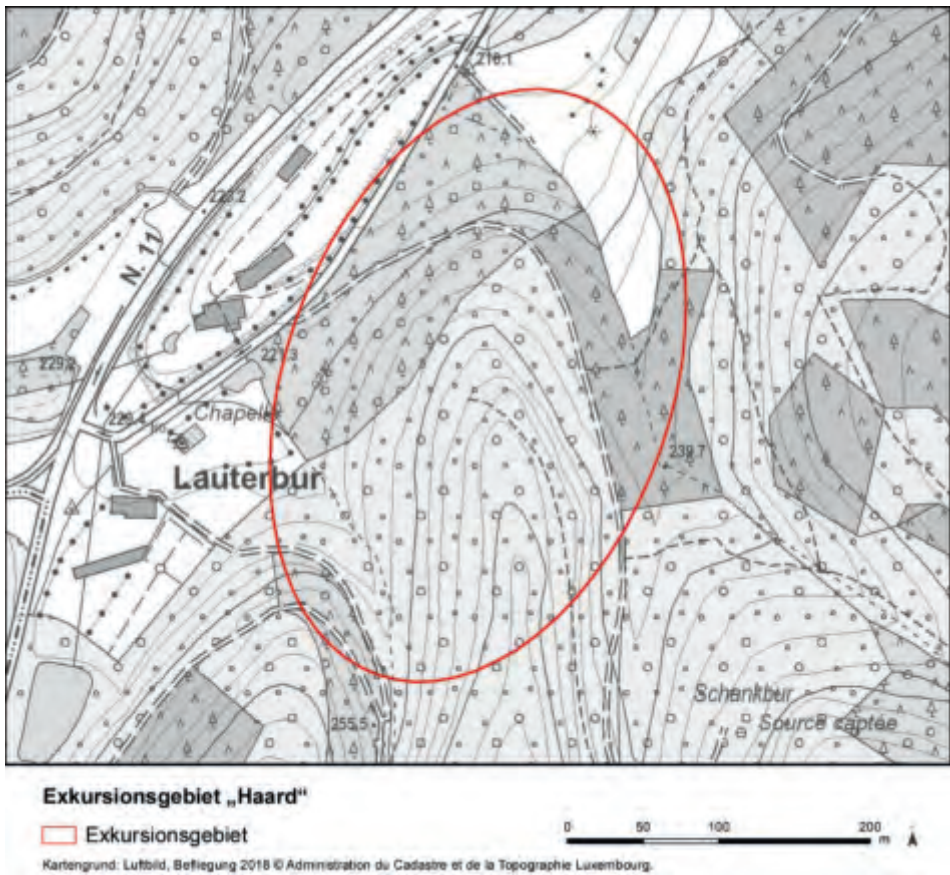


Abb. 22. Lage des Exkursionsgebietes in der „Haard“ bei Echternach.

erreichen. Als weitere Moosarten finden sich häufig *Dicranum scoparium*, *Frullania dilatata*, *Hypnum cupressiforme*, *Isoetecium alopecuroides*, *I. myosuroides*, *Metzgeria furcata*, *Mnium hornum*, *Radula complanata* und *Ulota bruchii* (HANS 2018).

3.3.1 Morphologie und Biotopansprüche des Grünen Besenmooses

Dicranum viride ist ein Laubmoos mit dichten, gelblich- bis dunkelgrünen, nicht glänzenden, rasig wachsenden Polstern (Abb. 23a). Die Stämmchen sind bis zu 2 cm, selten bis 4 cm lang und besitzen einen rostroten wurzelartigen Filz (= Rhizoidfilz) im unteren Stämmchenbereich. In Europa ist *D. viride* nur steril zu finden. Die letzten Funde mit Sporenkapseln sind aus dem 19. Jahrhundert bekannt. Die Vermehrung erfolgt vegetativ durch Bruchblätter. Verwechslungsmöglichkeiten im Gelände bestehen bisweilen mit kräftigeren Formen von *D. tauricum* und vor allem mit *D. fulvum*, die wie *D. viride* ebenfalls Bruchblätter besitzen.

Dicranum viride unterscheidet sich durch die im trockenen Zustand nur verbogenen und nicht gekräuselten Blätter und durch die im feuchten Zustand geraden und nicht verbogenen Blätter von *D. fulvum*. *Dicranum tauricum* ist im feuchten Zustand aufgrund der ebenfalls aufrechten Blätter mit *D. viride* verwechselbar, im Wuchs aber zierlicher und gedrungener.

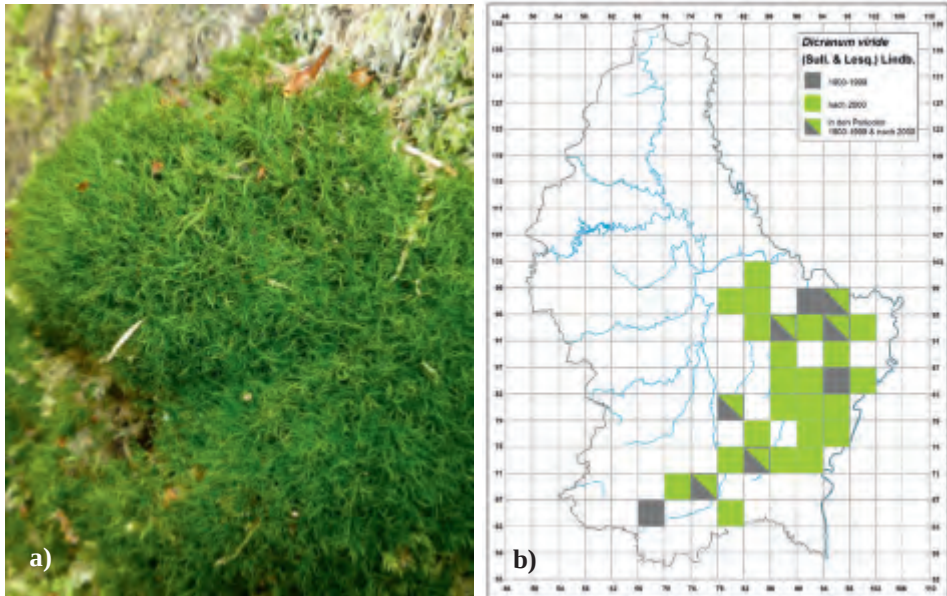


Abb. 23. a) *Dicranum viride* (Foto: F. Hans, 11.05.2012); **b)** Verbreitung von *Dicranum viride* in Luxemburg. Datengrundlage: HANS (2012-) sowie MNHNL (2000-).

Eindeutigen Aufschluss ermöglicht in Zweifelsfällen die mikroskopische Betrachtung des Blattquerschnittes im unteren Bereich der Lamina. *Dicranum viride* unterscheidet sich durch das Vorkommen von jeweils zwei Stereiden-Zellbändern, die oberhalb und unterhalb der zentralen Deuterzellen der Rippe liegen.

Dicranum viride wächst in Mitteleuropa fast ausschließlich in grund- und luftfeuchten Wäldern (*Stellario-Carpinetum* Oberd. 1957, *Aceri-Fraxinetum* R. Tx. 1937, Buchenwäldern mit reliefbedingt hoher Luftfeuchtigkeit) auf der Borke von Laubbäumen und morschem Holz, seltener auch auf Silikat- oder Vulkanitgestein oder Humus. Als Epiphyt kommt das Moos vor allem in den unteren, bodennahen und in schräggewachsenen Stammabschnitten von *Fagus sylvatica* und anderen Baumarten vor (MANZKE & WENTZEL 2004).

Der bevorzugte Trägerbaum in Luxemburg ist mit Abstand die Rotbuche. Ihr folgt die Hainbuche, Elsbeere und beide Eichenarten, selten auch die Kirsche. In vitalen Beständen mit viel *D. viride* werden neben alten Bäumen auch regelmäßig jüngere Bäume besiedelt.

Die eher azidophytische Art bevorzugt Borke mit etwas höheren pH-Werten (mit pH-Werten zwischen 4,5 und 5,4) sowie höheren Basen- und Nährstoffgehalten und ist daher vor allem in Kalkgebieten verbreitet. Besonders die Borke von *Fagus sylvatica* scheint in diesen Gebieten durch Stäube höhere pH-Werte und Basengehalte aufzuweisen (NEBEL & PHILIPPI 2000).

3.3.2 Verbreitung des Grünen Besenmooses

Die holarktische Art kommt außerhalb Europas noch in Südwest-, Nordost- und Ostasien sowie in Nordamerika vor. In Europa ist die Art subkontinental-montan verbreitet mit Verbreitungsschwerpunkt in Mitteleuropa (ECCB 1995); genaue Angaben zur Verbreitung in Deutschland geben MEINUNGER & SCHRÖDER (2007). *Dicranum viride* ist aus folgenden europäischen Staaten bekannt: Belgien, Bulgarien, Estland, Finnland, Frankreich, Irland,

Italien, dem ehemaligen Jugoslawien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Tschechien, Ungarn sowie der ehemaligen UdSSR. In Europa ist *D. viride* durchweg selten. Die meisten Vorkommen in Europa finden sich in Südwestdeutschland (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2012) und Luxemburg. Die luxemburgischen Vorkommen sind daher für den Fortbestand von *D. viride* in Europa von großer Bedeutung, nicht zuletzt auch wegen der Größe der Populationen.

In Luxemburg ist *D. viride* nur im östlichen Gutland verbreitet und besitzt zwei Schwerpunktvorkommen (Abb. 23b), die zum einen in luftfeuchten Buchenwäldern im Bereich der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ und zum anderen in substratfeuchten Wäldern über Mergelkeuper liegen. Es reicht aber nördlich fast bis an die Sauer bei Moestroff.

Die Bestände in Luxemburg wurden bis zum Beginn der systematischen Kartierung der Art ab dem Jahr 2012 – initiiert durch das luxemburgische Monitoringprogramm (MDDI & CRP – GABRIEL LIPPMANN 2009) – als klein eingeschätzt. Im Rahmen des Monitorings der Art sowie zusätzlicher, detaillierter artspezifischer Erhebungen in Natura 2000-Waldgebieten, wiesen sich die Bestände in einigen Fällen als sehr groß heraus (Abb. 24), mit z. T. mehreren hundert Bäumen pro Untersuchungsfläche (HANS 2018).

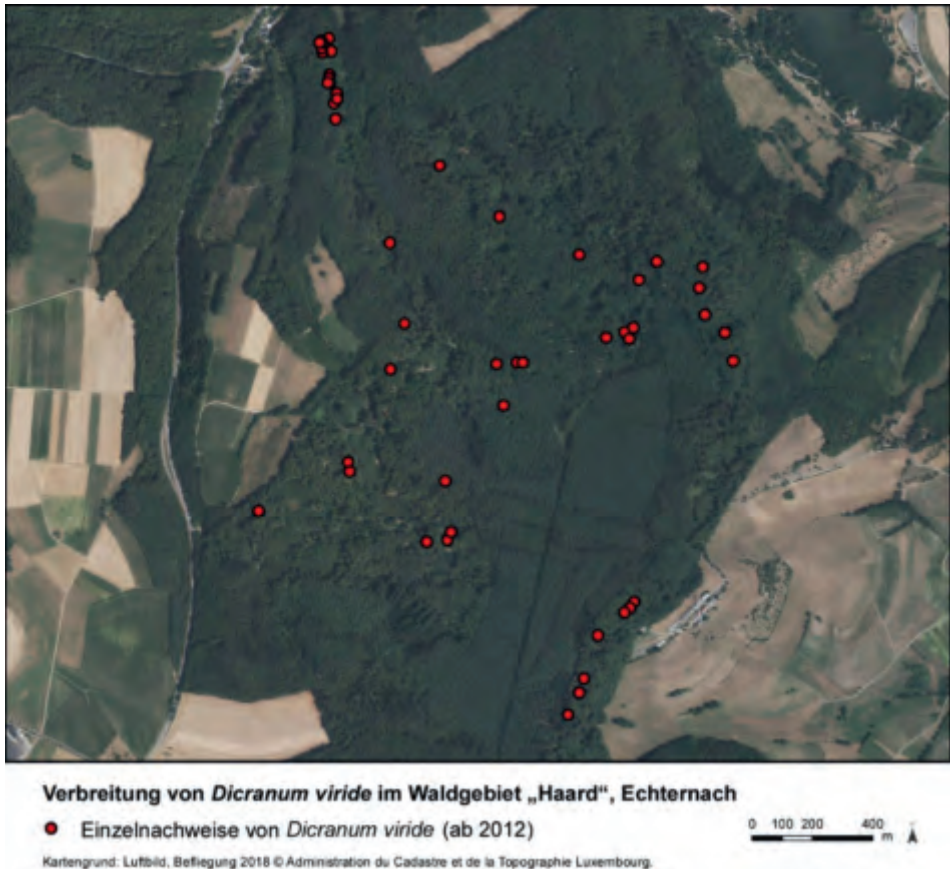


Abb. 24. Vorkommen von *Dicranum viride* im Gebiet „Haard“ bei Echternach. Datengrundlage: HANS (2018).

Danksagung

Unser Dank gilt den Botaniker-Kollegen der Botanischen Arbeitsgruppe der Naturforschenden Gesellschaft Luxemburgs (SNL), die bei den zahlreichen Vorexkursionen beteiligt waren. Daniele Murat danken wir für die Bereitstellung der Daten der Waldbiotop-Kartierung der Gemeinde Berdorf. Jean-Paul Wolff danken wir für die Zusammenstellung der Artenlisten. Für die Erstellung der Karten danken wir herzlichst Liza Glesener. Arnaud Bizot und Pascal Holweck sei für die Nachbestimmung der Vertreter aus dem *Dryopteris affinis* agg. gedankt, Markus Lubienski für die Überprüfung des *E. ×litorale* Beleges; Steffen Caspari danken wir für die Bestätigung von *Ulota intermedia*. Für Informationen zum Ursprung der „Hohllay“ danken wir Laurent Brou und André Schoellen. Wir danken dem Ministerium für Umwelt, Klima und nachhaltiger Entwicklung für die Erlaubnis zur Veröffentlichung der *Dicranum viride*-Fundorte im Gebiet „Haard“ sowie der Naturverwaltung für die Unterstützung bei der Erfassung des Grünen Besenmooses. Erwin Schneider sei herzlich für die Durchsicht des Manuskriptes gedankt.

Literatur

- ADMINISTRATION DES EAUX ET FORÊTS (Hrsg.) (1995): Naturräumliche Gliederung Luxemburgs. Ausweisung ökologischer Regionen für den Waldbau mit Karte der Wuchsgebiete und Wuchsbezirke. – Bearbeitet vom Studienbüro EFOR ingénieurs-conseils, Service central des imprimés de l'état, Luxembourg: 71 pp.
- BENNERT, H.W. (collab. HORN, K., BENEMANN, J. & HEISER, T.) (1999): Die seltenen und gefährdeten Farnpflanzen Deutschlands. Biologie, Verbreitung, Schutz. – Bundesamt für Naturschutz, Bonn Bad-Godesberg: 381 pp.
- BENNERT, H.W., JAGER, W., LEONHARDS, W., RASBACH, H. & RASBACH, K. (1994): Prothallien des Hautfarns *Trichomanes speciosum* (Hymenophyllaceae) auch in Nordrhein-Westfalen. – Flor. Rundbr. 28: 80.
- BIZOT, A. (2000): Découverte de 3 nouveaux taxons de Ptéridophytes dans les Ardennes: *Trichomanes speciosum* (gamétophytes) Willd., *Lycopodium annotinum* L. et *Equisetum x litorale* Kuhlew. ex Rupr. – Bull. Soc. Hist. Nat. Ard. 90: 67–74.
- BUJNOCH, W. & KOTTKE, U. (1994): Der Gametophyt von *Trichomanes speciosum* Willd. im Regierungsbezirk Trier. – Dendrocopos 21: 225–230.
- CEZANNE, R., EICHLER, M., MESTDAGH, X., TITEUX, N. & DIEDERICH, P. (2016): Zur Bestandssituation der Rentierflechten (*Cladonia*-Arten der *Cladina*-Gruppe) in Luxemburg. – Bull. Soc. Nat. luxemb. 118: 53–68.
- COLLING, G. (2005a): Red List of the Vascular Plants of Luxembourg. – Ferrantia 42: 1–77.
- COLLING, G. (2005b): Offenlandschaft auf den Hochflächen. – In: KRIPPEL, Y. (Hrsg.): Die Kleine Luxemburger Schweiz: Geheimnisvolle Felsenlandschaft im Wandel der Zeit: 56–165. Société des naturalistes luxembourgeois, Musée national d'histoire naturelle & Administration des eaux et forêts, Luxembourg.
- COLLING, G., HELMINGER, T. & MEISCH, J. (2005): Microclimatic conditions in a sandstone gorge with *Hymenophyllum tunbrigense*. – In: RIES, C. & KRIPPEL, Y. (Eds.): Sandstone Landscapes in Europe - Past, Present and Future. – Proceedings of the 2nd International Conference on Sandstone Landscapes. Vianden (Luxembourg) 25.-28.05.2005. – Ferrantia 44: 205–207.
- COLBACH, R. (2005): Overview of the geology of the Luxembourg Sandstone(s). – In: RIES, C. & KRIPPEL, Y. (Eds.): Sandstone Landscapes in Europe. – Proceedings of the 2nd International Conference on Sandstone Landscapes. Vianden (Luxembourg) 25.-28.05.2005. – Ferrantia 44: 155–160.
- COUNCIL OF EUROPE (1979): Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats [Bern Convention]. Appendix I - Strictly protected flora species. – European Treaty Series - No. 104. Bern/Berne, 19.09.1979: 24 pp.
- DELSATE, D., GUINET, J.M. & SAVERWYNS, S. (2009): De l'ocre sur le crâne mésolithique (haplogroupe U5a) de Reuland-Loschbour (Grand-Duché de Luxembourg)? – Bull. Soc. Préhist. Luxembourg 31: 7–30.

- DIEDERICH, P., ERTZ, D., STAPPER, N., SÉRUSIAUX, E., VAN DEN BROECK, D., VAN DEN BOOM, P. & RIES, C. (2018): The lichens and lichenicolous fungi of Belgium, Luxembourg and northern France. – URL: <http://www.lichenology.info> [Zugriff am 07.12.2018].
- DIEDERICH, P. & SCHEIDEGGER, C. (1996): *Reichlingia leopoldii* gen. et sp. nov., a new lichenicolous hyphomycete from Central Europe. – Bull. Soc.Nat. luxemb. 97: 3–8.
- DIEDERICH, P. & SCHWENNINGER, J.-L. (1990): Les peuplements relictuels de *Pinus sylvestris* L. au Luxembourg. – Bull. Soc. Nat. luxemb. 90: 143–152.
- ECAU-EFOR & SCHWENNINGER, J.-L. (1992): Dossier de classement: Réserve naturelle Berdorf-Consdorf-Echternach, RN RF 05, version abrégée. – Ministère de l'Environnement, Adm. des Eaux et Forêts: 98 pp.
- ECCB (EUROPEAN COMMITTEE FOR CONSERVATION OF BRYOPHYTES) (1995): Red Data Book of European Bryophytes. – Trondheim, ECCB: 291 pp.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2012): Report under the Article 17 of the Habitats Directive Period 2007–2012. *Dicranum viride*: 8 pp. – URL: <https://forum.eionet.europa.eu/habitat-art17report/library/2007-2012-reporting/factsheets/species/non-vascular-plants/dicranum-viride> [Zugriff am 01.04.2019].
- ERNZER, P. (1982): Berdorf 1982. Livre d'Or édité à l'occasion du 150^e anniversaire de la construction de l'église paroissiale, du 100^e anniversaire de la fondation du Corps des Sapeurs-Pompiers, du 75^e anniversaire de l'Harmonie de Berdorf: 312–318.
- FRASER-JENKINS, C.R. (2007): The species and subspecies in the *Dryopteris affinis* group. – Fern Gaz. 18 (1): 1–26.
- GOFFART, J. (1934): Nouveau manuel de la flore de Belgique et des régions limitrophes. – Desoer, Liège: 481 pp.
- HAFFNER, P. & WACHTER, H. (1994): Die Unterarten und Hybriden des Braunen Streifenfarns *Asplenium trichomanes* im Nordwestsaarland und in angrenzenden Gebieten. – Delattinia 21: 59–106.
- HAND, R., REICHERT, H., BUJNOCH, W., KOTTKE, U. & CASPARI, S. (2016): *Hymenophyllaceae* – Haufanggewächse. – In: Flora der Region Trier. Band 1: 121–123. Verlag Michael Weyand, Trier.
- HANS, F. (1998): Die Moosflora der Kleinen Luxemburger Schweiz (Müllertal). Eine systematische Rasterkartierung als Basis für den Mooschutz. – Travaux Scientifiques de Musée d'histoire naturelle Luxembourg 28: 1–178.
- HANS, F. (2012-): Erfassungen von *Dicranum viride* in Luxemburg im Rahmen des laufenden nationalen Biomonitorings – Unveröffentl. Daten im Auftrag des Ministère du Développement durable et des Infrastructures und des Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST).
- HANS, F. (2018): Ergebnisse der Untersuchungen zur Verbreitung von *Dicranum viride* im Natura 2000-Gebiet „Herborn - Bois de Herborn/Echternach - Haard“ (LU0001016). – Unveröffentl. Gutachten im Auftrag des Ministère du Développement Durable et des Infrastructures und der Administration de la nature et des forêts: 4 pp.
- HEUERTZ, M. (1933): A propos des conditions de milieu de la station luxembourgeoise d'*Hymenophyllum tunbridgense* (L.) Sm. – Bull. Soc. Nat. luxemb. 43: 69–74. + 2 fig.
- HEUERTZ, M. (1950): Le gisement préhistorique n° 1 (Loschbour) de la vallée de l'Ernz-Noire (G.-D. de Luxembourg). – Archives de l'Institut grand-ducal de Luxembourg, Section des sciences naturelles, physiques et mathématiques, T. XIX, n.s.: 409–441.
- HORN, K. & ELSNER, O. (1997): Neufunde von Gametophyten des Hautfarns *Trichomanes speciosum* Willd. (*Hymenophyllaceae*) in Unter- und Oberfranken. – Ber. Naturf. Ges. Bamberg 71: 53–68.
- JALAS, J. & SUOMINEN, J. (Ed.) (1972): Atlas Florae Europae. Distribution of vascular plants in Europe. Vol. 1: *Pteridophyta* (*Psilotaceae* to *Azollaceae*). – The Committee for Mapping the Flora of Europe and Societas Biologica Fennica Vanamo, Helsinki: 121 pp.
- JÉRÔME, C., RASBACH, H. & RASBACH, K. (1994): Découverte de la fougère *Trichomanes speciosum* (*Hymenophyllaceae*) dans le massif vosgien. – Le Monde des Plantes 450: 25–27.
- JOCE (1992): Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. – JOCE L 206 du 22.7.1992: 7–50.
- KIEFFER, J.-C. & KRIPPEL, Y. (2005): Welche Zukunft für das Müllertal? Potentiale, Gefährdungen und Schutzmaßnahmen - Zukunftsvision. – In: KRIPPEL, Y. (Hrsg.): Die Kleine Luxemburger Schweiz: Geheimnisvolle Felsenlandschaft im Wandel der Zeit: 214–239. Société des naturalistes luxembourgeois, Musée national d'histoire naturelle & Administration des eaux et forêts, Luxembourg.

- KIRSCH, H. & BENNERT, H.W. (1996): Erstnachweis von Gametophyten des Hautfarns *Trichomanes speciosum* Willd. (Hymenophyllaceae) in Bayern. – Nachr. naturwiss. Mus. Aschaffenburg 103: 119–133.
- KLEIN, E.J. (1916): *Hymenophyllum tunbridgense* (L.) Sm. Das Juwel des Luxemburger Sandsteins. Ein Beitrag zur Pflanzengeographie des Großherzogtums. – Bull. Soc. Nat. luxemb. 26: 150–168, 190–192 & 204–210.
- KLEIN, E.J. (1926): *Hymenophyllum tunbridgense* (L.) Sm. Das Juwel des Luxemburger Sandsteins. Ein neuer Beitrag zur Pflanzengeographie des Großherzogtums. – Cahier luxembourgeois. 1926 (I et II): 3–33, 97–125.
- KOLTZ, J.-P.J. (1873): *Hymenophyllum tunbridgense* Sm. – Bull. Soc. roy. Bot. Belg. XII: 449–453.
- KOLTZ, J.-P.J. (1880): Prodrome de la Flore du Grand-Duché de Luxembourg. Seconde partie. Plantes cryptogames ou acotylédonnées. – Recueil des Mémoires et des Travaux publiés par la Société Botanique du Grand-Duché de Luxembourg 4–5: 175–426.
- KOTTKE, U. (1999): Neue Gametophytenstandorte von *Trichomanes speciosum* Willd. (Hymenophyllaceae) im Regierungsbezirk Trier und die Bedeutung der vegetativen Vermehrung für die Verbreitung der Art in Mitteleuropa. – Dendrocos 26: 365–386.
- KRIPPEL, Y. (2001): Aire de répartition et statut de *Trichomanes speciosum* Willd. (Hymenophyllaceae) au Grand-Duché de Luxembourg. – Bull. Soc. Nat. luxemb. 102: 3–13.
- KRIPPEL, Y. (2003): Aire de répartition et statut d'*Asplenium trichomanes* L. subsp. *pachyrachis* (Christ) Lovis & Reichstein (Aspleniaceae, Pteridophyta) au Luxembourg. – Bull. Soc. Nat. Luxemb. 104: 3–12.
- KRIPPEL, Y. (Hrsg.) (2005a): Die Kleine Luxemburger Schweiz: Geheimnisvolle Felsenlandschaft im Wandel der Zeit. – Société des naturalistes luxembourgeois, Musée national d'histoire naturelle & Administration des eaux et forêts, Luxembourg: 251 pp.
- KRIPPEL, Y. (2005b): Die Wälder auf Luxemburger Sandstein. – In: KRIPPEL, Y. (Hrsg.): Die Kleine Luxemburger Schweiz: Geheimnisvolle Felsenlandschaft im Wandel der Zeit: 132–155. Société des naturalistes luxembourgeois, Musée national d'histoire naturelle & Administration des eaux et forêts, Luxembourg.
- KRIPPEL, Y. (2005c): Die Wälder der Hochflächen. – In: KRIPPEL, Y. (Hrsg.): Die Kleine Luxemburger Schweiz: Geheimnisvolle Felsenlandschaft im Wandel der Zeit: 164–165. Société des naturalistes luxembourgeois, Musée national d'histoire naturelle & Administration des eaux et forêts, Luxembourg.
- KRIPPEL, Y. (2005d): The Hymenophyllaceae (Pteridophyta) in Luxembourg - Past, present and future. – In: RIES, C. & KRIPPEL, Y. (Eds.): Sandstone Landscapes in Europe - Past, Present and Future. – Proceedings of the 2nd International Conference on Sandstone Landscapes. Vianden (Luxembourg) 25.–28.05.2005. – Ferrantia 44: 209–214.
- KRIPPEL, Y. (2009): *Trichomanes speciosum* Willd. (Hymenophyllaceae) au G.-D. de Luxembourg, en Belgique et dans les régions avoisinantes. – Adoxa 61: 9–13.
- KRIPPEL, Y. (2013): The pteridophytes of the Luxembourg Petite-Suisse sandstone area – Past, present and future. – In: MIGOŃ, P. & KASPRZAK, M. (Eds.): Sandstone Landscapes. Diversity, Ecology and Conservation: 90–96. Proceedings of the 3rd International Conference on Sandstone Landscapes. Kudowa-Zdrój (Poland), 25–28 April 2012.
- KRIPPEL, Y. (2019): Online atlas of the pteridophytes of Luxembourg. – URL: <https://pteridophytes.lu/> [Zugriff am 13.02.2019].
- KRIPPEL, Y. & COLLING, G. (2004): Notes floristiques. Observations faites au Luxembourg (2002–2003 et observations antérieures). – Bull. Soc. Nat. luxemb. 105: 27–56.
- KRIPPEL, Y. & COLLING, G. (2006): Notes floristiques. Observations faites au Luxembourg (2004–2005). – Bull. Soc. Nat. luxemb. 107: 89–103.
- KRIPPEL, Y. & COLLING, G. (2008): Notes floristiques. Observations faites au Luxembourg (2006–2007). – Bull. Soc. Nat. luxemb. 109: 59–76.
- KRUKOWSKI, M. & ŚWIERKOSZ, K. (2004): Discovery of the gametophytes of *Trichomanes speciosum* (Hymenophyllaceae: Pteridophyta) in Poland and its biogeographical importance. – Fern Gaz. 17 (2): 79–84.
- LAMBINON, J. & SERUSIAUX, E. (1985): Le genre *Xanthoparmelia* (Vainio) Hale (Lichens) en Belgique et dans les régions voisines. – Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 118: 205–211.

- LAMBINON, J. & VERLOOVE, F. (collab. DELVOSALLE, L., TOUSSAINT, B., GEERINCK, D., HOSTE, I., VAN ROSSUM, F., CORNIER, B., SCHUMACKER, R., VANDERPOORTEN, A. & VANNEROM, H.) (2015): Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines. (*Ptéridophytes* et *Spermatophytes*), 6^e éd., 2^e tirage, avec corrections – Jardin botanique national de Belgique, Meise: CXXXIX + 1195 pp.
- LARHRA (2006-): Datenbank Millstonequarries.eu - Atlas des meulrières de France et d'Europe. – URL: <http://meuliere.ish-lyon.cnrs.fr/php/bdd.php> [Zugriff am 1.4.2019].
- LAWALRÉE, A. (1951): Les ptéridophytes du Grand-Duché de Luxembourg. – Bull. Soc. roy. Bot. Belg. 83: 225–240.
- LAWALRÉE, A.-M. & LAWALRÉE, A. (1952): Du nouveau sur les Ptéridophytes du Grand-Duché de Luxembourg en 1951. – Bull. Soc. Nat. luxemb. 56: 60–66.
- LAZARIDIS, J., PATTERSON, N., MITTNIK, A. et al. (2014): Ancient human genomes suggest three ancestral populations for present-day Europeans. – Nature 513: 409–413.
- LEBRUN-RICALES, F. & RIPPET, J. (2005): Prähistorische Forschung im Müllerthal. – In: KRIPPEL, Y. (Hrsg.): Die Kleine Luxemburger Schweiz: Geheimnisvolle Felsenlandschaft im Wandel der Zeit: 83–91. Société des naturalistes luxembourgeois, Musée national d'histoire naturelle & Administration des eaux et forêts, Luxembourg.
- LEJEUNE, A.L.S. (1824): Revue de la flore des environs de Spa. – Imprimerie de Ve. Duvivier, Liège: 264 pp.
- LUERSEN, C. (1889): Die Farnpflanzen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. – In: Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz, 2. Aufl., 3. Band. – Verlag von Eduard Kummer, Leipzig: 906 pp.
- MANZKE, W. & WENTZEL, M. (2004): Zur Ökologie des Grünen Gabelzahnmooses *Dicranum viride* am Beispiel des Jägersburger Waldes und anderer Waldgebiete der niederschlagsarmen Rhein- und Mainebene. – Limprichtia 24: 237–282.
- MASSARD, J.A. (2001): Aspects historiques de l'histoire naturelle du Mullerthal et de ses environs. – Annuaire de la Ville d'Echernach 2001: 31–55.
- MASSARD, J.A. (2005): Müllerthal und Kleine Luxemburger Schweiz. – In: KRIPPEL, Y. (Hrsg.): Die Kleine Luxemburger Schweiz: Geheimnisvolle Felsenlandschaft im Wandel der Zeit: 12–33. Société des naturalistes luxembourgeois, Musée national d'histoire naturelle & Administration des eaux et forêts, Luxembourg.
- MDDI & ANF (2015): Erfassung der geschützten Biotope im Wald. Biotope in der Gemeinde Berdorf. – Unveröffentl. Daten, Ministère du Développement durable et des Infrastructures & Administration de la nature et de forêts, Luxembourg.
- MDDI & ANF (2017a): Plan de Gestion NATURA 2000 „Vallée de l'Ernz noire / Beaufort / Berdorf“ (LU0001011). – Ministère du Développement durable et des Infrastructures & Administration de la nature et de forêts, Luxembourg. – URL: <https://environnement.public.lu/dam-assets/documents/natur/natura2000/lu0001011.pdf> [Zugriff am 06.01.2019].
- MDDI & ANF (2017b): Plan de Gestion NATURA 2000 „Vallée de l'Ernz blanche“ (LU0001015). – Ministère du Développement durable et des Infrastructures & Administration de la nature et de forêts, Luxembourg. – URL: <http://data.legilux.public.lu/eli/etat/adm/amin/2018/10/11/b3535/jo/fr/pdf> [Zugriff am 30.03.2019].
- MDDI & CRP GABRIEL-LIPPMANN (2009): Élaboration d'un programme de surveillance et de monitoring de la biodiversité au Luxembourg. – Ministère du Développement durable et des Infrastructures & Centre de Recherche Public Gabriel-Lippmann: 355 pp.
- MEINUNGER, L. & SCHRÖDER, W. (2007): Verbreitungsatlas der Moose Deutschlands. Bd. 2. – Regensburg: 699 pp.
- MÉMORIAL (1981): Décision du Gouvernement en Conseil du 24 avril 1981 relative au plan d'aménagement partiel concernant l'environnement naturel et ayant trait à sa première partie intitulée « Déclaration d'intention générale ». – Mémorial B, Recueil administratif et économique du Journal officiel du Grand-Duché de Luxembourg – N° 69 du 30.11.1981: 1272–1295.
- MÉMORIAL (2002): Règlement grand-ducal du 14 mars 2002 concernant la pratique de l'escalade en milieu naturel. – Mémorial A, Journal officiel du Grand-Duché de Luxembourg, N° 34 du 3 avril 2002: 561–562.

- MÉMORIAL (2010): Règlement grand-ducal du 8 janvier 2010 concernant la protection intégrale et partielle de certaines espèces de la flore sauvage. – Mémorial A, Journal officiel du Grand-Duché de Luxembourg, N° 14 du 1^{er} février 2010: 210–226.
- MÉMORIAL (2016): Règlement grand-ducal du 5 avril 2016 réglant la pratique de l'escalade en milieu naturel. – Mémorial A, Journal officiel du Grand-Duché de Luxembourg, N° 58 du 11 avril 2016: 1016–1019.
- MÉMORIAL (2018): Règlement grand-ducal du 1^{er} août 2018 établissant l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire et des espèces d'intérêt communautaire. – Mémorial A, Journal officiel du Grand-Duché de Luxembourg, N° 775 du 5 septembre 2018: 1–13.
- MEYER, M. & CARRIÈRES, E. (Hrsg.) (2007): Inventaire de la biodiversité dans la forêt "Schnellert" (Commune de Berdorf) - Erfassung der Biodiversität im Waldgebiet „Schnellert“ (Gemeinde Berdorf). – Ferrantia 50: 1–384.
- MNHNL (2000-): Recorder-Lux, Datenbank über das Naturerbe des Großherzogtums Luxemburg. Nationalmuseum für Naturgeschichte, Luxemburg. – URL: <https://mdata.mnhn.lu> [Zugriff am 27.03.2019].
- NATUR- & GEOPARK MÖLLERDALL (Hrsg.) (2017): Natur- & Geopark Möllerdall, section B, Geological Heritage – Unveröffentlichter Bericht, Natur- & Geopark Möllerdall: 21 pp.
- NEBEL, M., & PHILIPPI, G. (Hrsg.) (2000): Die Moose Baden-Württembergs. – Bd. 1: Allgemeiner Teil. Spezieller Teil (*Bryophytina* I, *Andreaeales* bis *Funariales*). – Ulmer, Stuttgart: 512 pp.
- NIEMEYER, T., RIES, C. & HÄRDTLE, W. (2010): Die Waldgesellschaften Luxemburgs - Vegetation, Standort, Vorkommen und Gefährdung. – Ferrantia 57: 1–122.
- NIESCHALK, A. & NIESCHALK, C. (1964): *Hymenophyllum tunbrigense* (L.) Sm. (Englischer Hautfarn) im westlichen Deutschland. – Decheniana 117, 1/2: 151–152.
- PAGE, C.N. (1997): *Trichomanes speciosum* Willd. – In: The ferns of Britain and Ireland, 2^d ed.: 375–380. Cambridge University Press.
- PARENT, G.H. (1997): Atlas des Ptéridophytes des régions lorraines et vosgiennes, avec les territoires adjacents. – Trav. Scientif. Mus. Hist. Nat. Lux. 25: 1–304.
- PARENT, G.H., JÉRÔME, C. & THORN, R. (1996): Données nouvelles sur la répartition d'*Asplenium trichomanes* L. subsp. *pachyrachis* (Christ) Lovis & Reichstein (*Aspleniaceae*, *Pteridophyta*) en Belgique, au Grand-Duché de Luxembourg, en Allemagne et dans le Nord-Est de la France. – Le Monde des Plantes 457: 29–30.
- PFISTER, L., WAGNER, C., VANSUYPEENE, E., DROGUE, G. & HOFFMANN, L. (Hrsg.) (2005): Atlas climatique du grand-duché de Luxembourg. – Musée national d'histoire naturelle, Société des naturalistes luxembourgeois, Centre de recherche public Gabriel-Lippmann, Administration des services techniques de l'agriculture, Luxembourg, 79 pp.
- PROESS, R. (2005): Quellen und Fließgewässer. – In: KRIPPEL, Y. (Hrsg.): Die Kleine Luxemburger Schweiz: Geheimnisvolle Felsenlandschaft im Wandel der Zeit: 166–175. Société des naturalistes luxembourgeois, Musée national d'histoire naturelle & Administration des eaux et forêts, Luxembourg.
- RASBACH H., RASBACH K. & JÉRÔME C. (1993): Über das Vorkommen des Hautfarns *Trichomanes speciosum* (*Hymenophyllaceae*) in den Vogesen (Frankreich) und dem benachbarten Deutschland. – Caroleinea 51: 51–52.
- RASBACH, H., RASBACH, K. & JÉRÔME, C. (1995): Weitere Beobachtungen über das Vorkommen des Hautfarns *Trichomanes speciosum* Willd. in den Vogesen und dem benachbarten Deutschland. – Caroleinea 53: 21–32.
- RASBACH, H., RASBACH, K., JÉRÔME, C. & SCHROPP, G. (1999): Die Verbreitung von *Trichomanes speciosum* Willd. (*Pteridophyta*) in Südwestdeutschland und in den Vogesen. – Caroleinea 57: 27–42.
- REICHLING, L. (1953): Herborisations faites dans le Grand-Duché de Luxembourg en 1952. – Bull. Soc. Nat. luxemb. 57: 155–182.
- REICHLING, L. (1954a): L'élément atlantique dans la végétation de la vallée inférieure de l'Ernz Noire (Grand-Duché de Luxembourg). – Archives de l'Institut grand-ducal, section des sciences naturelles, physiques et mathématiques, Nouvelle Série XXI: 99–114.
- REICHLING, L. (1954b): Herborisations faites dans le Grand-Duché de Luxembourg en 1953. – Bull. Soc. Nat. luxemb. 58: 76–134.

- REICHLING, L. (coll. THORN, R.) (1997): *Trichomanes speciosum* Willd., un mystérieux passager clandestin. – *Adoxa* 15/16: 1–4.
- REICHLING, L. (coll. KRIPPEL, Y.) (2005): Die Farnpflanzen (*Pteridophyta*) des Müllerthalgebietes. – In: KRIPPEL, Y. (Hrsg.): Die Kleine Luxemburger Schweiz - Geheimnisvolle Felsenlandschaft im Wandel der Zeit: 193–211. Luxembourg. Société des naturalistes luxembourgeois, Musée national d'histoire naturelle, Administration des eaux & forêts, Luxembourg.
- RUMSEY, F.J. & JERMY, A.C. (1998): *Trichomanes speciosum* gametophytes. – In: RICH, T.C.G. & JERMY, A.C.: Plant Crib 1998: 16–17. – BSBI.
- RUMSEY, F.J., JERMY, A.C. & SHEFFIELD, E. (1998): The independent gametophytic stage of *Trichomanes speciosum* Willd. (*Hymenophyllaceae*), the Killarney Fern and its distribution in the British Isles. – *Watsonia* 22: 1–19.
- RUMSEY, F.J., SHEFFIELD, E. & FARRAR, D.R. (1990): British Filmy Fern gametophytes. – *Pteridologist* 2: 40–42.
- RUMSEY, F.J., VOGEL, J.C., RUSSEL, S.J., BARRET, J.A. & GIBBY, M. (1999): Population structure and conservation biology of the endangered fern *Trichomanes speciosum* Willd. (*Hymenophyllaceae*) at its northern distributional limit. – *Biol. J. Linn. Soc.* 66: 333–344.
- SCHWENNINGER, J.-L. (1988): *Hymenophyllum tunbrigense* (L.) Sm. - Rapport d'étude sur l'écologie et la conservation de l'espèce. – Unveröffentl. Bericht, Ministère de l'Environnement, Administration des Eaux et Forêts: 107 pp. + Anhang.
- SCHWENNINGER, J.-L. (2001): Inventaire phytosanitaire et conservation des populations relictuelles de *Hymenophyllum tunbrigense* (L.) Smith (*Hymenophyllaceae* : *Pteridophyta*) au Grand-Duché de Luxembourg. – Unveröffentl. Bericht, Ministère de l'Environnement, Administration des Eaux et Forêts: 152 pp.
- SCHWENNINGER, J.-L. & KRIPPEL, Y. (2002): Population survey and conservation of Tunbridge Filmy-Fern in the Grand-Duchy of Luxembourg. – *Fern Gaz.* 16 (6, 7 & 8): 453.
- STARK, C. (2002): *Trichomanes speciosum* Willd. (*Hymenophyllaceae*, *Pteridophyta*), ein tropischer Hautfarn als neue Pflanzenart für den Pfälzer Wald und die Sickinger Höhe. – *Mitt. Pollichia* 89: 197–249.
- TOUSSAINT, M., BROU, L., LE BRUN-RICALES, F. & SPIER, F. (2009): The Mesolithic site of Heffingen-Loschbour (Grand Duchy of Luxembourg), A yet Undescribed Human Cremation Possibly from the Rhine-Meuse-Schelde Culture: Anthropological, Radiometric and Archaeological Implications. – In: CROMBÉ, P., VAN STRYDONK, M., SERGANT, J., BOUDIN, M. & MARCHTELD, B. (Eds): Chronology and Evolution of the Mesolithic in Northwest-Europe: 239–260. Proceedings of an international Meeting, Brussels, May 30th – June 1st 2007, Cambridge Scholars Publishing, Cambridge.
- TUROŇOVÁ, D. (2005): Mapping and monitoring of Killarney Fern (*Trichomanes speciosum*) in the Czech Republic. – In: RIES, C. & KRIPPEL, Y. (Eds.): Sandstone Landscapes in Europe - Past, Present and Future. – Proceedings of the 2nd International Conference on Sandstone Landscapes. Vianen (Luxembourg) 25.–28.05.2005. – *Ferrantia* 44: 233–236.
- VAN DER MEIJDEN, R., STRACK VAN SCHIJNDEL, M. & VAN ROSSUM, F. (2016): Guide des plantes sauvages du Benelux. – Editions du Jardin botanique Meise: 520 pp.
- VOGEL, J.C., JESSEN, S., GIBBY, M., JERMY, A.C. & ELLIS, L. (1993): Gametophytes of *Trichomanes speciosum* (*Hymenophyllaceae*: *Pteridophyta*) in Central Europe. – *Fern Gaz.* (6) 14: 227–232.
- WEBER, H. & FABER, A. (2005): Vom Müllerthal zum Ferschweiler Plateau: Eine Landschaft im Luxemburger Sandstein – In: KRIPPEL, Y. (Hrsg.): Die Kleine Luxemburger Schweiz: Geheimnisvolle Felsenlandschaft im Wandel der Zeit: 36–79. Société des naturalistes luxembourgeois, Musée national d'histoire naturelle & Administration des eaux et forêts, Luxembourg.
- WERNER, J. (1985): Schematische Darstellung der wichtigsten Moosstandorte in der „Kleinen Luxemburger Schweiz“ – Unveröffentlichte Grafik.
- WERNER, J. (2003): Liste rouge des bryophytes du Luxembourg. Mesures de conservation et perspectives. – *Ferrantia* 35: 1–71.
- WERNER, J. (2011): Les bryophytes du Luxembourg - Liste annotée et atlas. – *Ferrantia* 65: 1–144.
- WERNER, J. (2018): Quelques associations de bryophytes sur rochers de grès acides et bois pourrissant au Luxembourg. – *Ferrantia* 80: 1–54.
- WERNER, J. & ARENDT, A. (2016): Les sources de la région gréseuse du Luxembourg. Sociologie de la bryoflore et conservation. – *Ferrantia* 74: 1–37.

- WERNER, J. & HANS, F. (1990): Bemerkenswerte Moose aus der Kleinen Luxemburger Schweiz. – Bull. Soc. Nat. luxemb. 90: 137–142.
- WERNER, J., HANS, F. & MAHÉVAS, T. (2007): *Encalypta ciliata*, *Orthotrichum scanicum*, *Plagiochila punctata*, *Riccia warnstorffii*, *Schistidium confertum* et autres bryophytes remarquables du Luxembourg (21^e série d'observations: 2006). – Bull. Soc. Nat. luxemb. 108: 35–42.