

Die Hauptwuchsgebiete Luxemburgs mit ihren
charakteristischen Pflanzengesellschaften im näheren
Umfeld einiger Schulzentren

Hiermit versichere ich, Corinne Nähren,
die vorliegende Arbeit selbstständig
verfasst und keine anderen als die
angegebenen Hilfsmittel benutzt zu haben.
Die Stellen der Arbeit, die anderen Werken
entnommen sind, sind unter Angabe
der Quelle als Entlehnung kenntlich
gemacht worden.

Luxemburg, den 1. Mai 2010

NÄHREN Corinne

Candidate dans la carrière de professeur de sciences
nominée au Lycée Technique pour Professions de Santé

Die Hauptwuchsgebiete Luxemburgs mit ihren
charakteristischen Pflanzengesellschaften im näheren
Umfeld einiger Schulzentren
(Luxemburg Stadt, Diekirch,
Echternach, Grevenmacher)

Vorschläge für Freilandexkursionen mit ausgearbeiteten
Arbeitsblättern für die Klassen:
3^e, 2^e

Luxemburg 2010

Zusammenfassung

Ziel meines „Travail de candidature“ ist die Erstellung eines Projekts, das Lehrern ermöglicht sorgfältig ausgewählte Standorte mit ihren Schülern zu erkunden, kennen zu lernen und zu interpretieren. Die Standorte können entweder per Wanderweg, öffentlichem Transport oder im Rahmen eines Tagesausflugs aufgesucht werden.

Mit Hilfe einfach aufgebauter Arbeitsblätter und praktischen Anwendungen wie Vegetationsaufnahme, Bodenanalyse, Analyse der Lichtverhältnisse usw. können die Merkmale der verschiedenen Standorte bezüglich der Geologie, der Standortfaktoren und der Vegetation, mit den Schülern erarbeitet werden.

Neben einem „Basis-Block“ an Arbeitsblättern, die an allen Standorten angewendet werden können, habe ich auch einige standortspezifische Arbeitsblätter ausgearbeitet, die eventuelle Besonderheiten eines Standortes aufgreifen.

Ich habe Standorte gewählt, die sich im näheren Umfeld einer Schule befinden, um den Zeitaufwand des Transports zu verringern, diese befinden sich in Berdorf, Bertrange, Diekirch, Echternach, Mamer und Manternach. Angaben zu den Zufahrtsmöglichkeiten schließen sich der Beschreibung des Standortes an.

Bei der Wahl der Stationen habe ich vor allem darauf geachtet, dass die wirkenden Standortfaktoren relativ leicht und zweifelsfrei zu bestimmen sind. Zudem ermöglichen Zeigerpflanzen den Schülern, die wichtigsten Parameter in den jeweiligen Klimaxgesellschaften zu erkennen und Rückschlüsse auf das Zusammenspiel zwischen den verschiedenen Standortfaktoren zu ziehen.

Der Ausflug mit einer 2^e in Manternach und Berdorf hat gezeigt, dass sich die Schüler durchaus für die Natur interessieren können. Mit Hilfe der Arbeitsblätter und den praktischen Anwendungen konnten die Schüler mehr über das Ökosystem Wald in Erfahrung bringen. Allerdings ist eine Nachbereitung im Klassenzimmer unerlässlich, damit auch wirklich jeder Schüler die Resultate der Analysen und Messungen mit den Beobachtungen vor Ort verknüpfen kann.

Ich erhoffe mir, mit dieser Arbeit, den Schülern die Natur in ihrer Komplexität und Vielfalt ein Stückchen näher zu bringen und den Lehrern die Planung einer Freilandexkursion zu erleichtern.

Danksagungen

Durch das alleinige Studieren von Fachbüchern wäre die Fertigstellung meiner Arbeit nicht möglich gewesen, da ich mich in Gebiete wie Geologie, Pedologie und Pflanzensoziologie erst einarbeiten musste.

Ich möchte allen Personen die mich unterstützt haben meine tiefe Anerkennung aussprechen und mich an dieser Stelle bei ihnen bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Roger SCHAULS, der meine Arbeit mit sehr viel Engagement betreut hat, stets für mich ansprechbar war und mir durch sein großes Fachwissen sehr geholfen hat.

Besonderen Dank schulde ich auch Herrn Josy HUBERTY für die Unterstützung durch sein geologisches Fachwissen.

Des Weiteren danke ich Frau Marie-Rose FABER und Frau Christiane REIFFERS für ihr Interesse beim Entstehen dieser Arbeit und für ihre Denkanstöße.

Ich danke Herrn Robert COLBACH für wertvolle Hinweise und Internetadressen.

Nicht zuletzt danke ich meiner Familie für ihre Geduld, ihre Unterstützung und ihr Interesse an meiner Arbeit.

INHALT

Einleitung	9
1. Hauptwuchsgebiete Luxemburgs	11
1.1 Wuchsgebiete Luxemburgs	11
1.2 Wuchsgebiet Ösling.....	11
1.3 Wuchsgebiet Gutland	12
1.4 Wuchsgebiet Mosel.....	13
1.5 Wuchsgebiet Minette	14
2. Pflanzengesellschaften	15
2.1 Entwicklung der ursprünglichen Waldvegetation	16
2.2 Überblick über die Waldgesellschaften Luxemburgs	16
2.2.1 Allgemeines zu den Rotbuchenwäldern	17
2.2.2 Allgemeines zu den Eichenwäldern.....	19
2.2.3 Allgemeines zu den Schluchtwäldern	20
2.2.4 Gewässerbegleitende Wälder	20
2.2.5 Allgemeines zu den Kiefernwäldern	21
2.2.6 Bestimmungsschlüssel für die Waldgesellschaften	22
3. Zeigerpflanzen	23
4. Allgemeines zur Geologie	29
4.1 Begriffserklärung	29
4.2 Gesteine	29
4.3 Gesteinsarten	31
4.4 Entstehung der Gesteine.....	31
4.4.1 Absatzgesteine (= Sedimentite).....	31
4.4.2 Umwandlungsgesteine (= Metamorphite)	33
4.5 Die Geologie Luxemburgs.....	34
4.5.1 Geologische Karte	34
5. Allgemeines zur Pedologie.....	37
5.1 Begriffserklärung	37
5.2 Bestandteile des Bodens	37
5.3 Bodenbildung.....	38

5.4 Humusbildung.....	38
5.5 Bodenarten	40
5.6 Bodenprofile.....	42
5.7 Kalkgehalt und pH-Wert des Bodens	43
5.8 Bodenklima.....	44
6. Ausgewählte Waldmassive in Schulsnähe	47
6.1 Luxemburg Stadt (Bertrange und Mamer)	48
6.1.1 Bertrange (<i>Enneschte Bäsch</i>)	48
6.1.2 Mamer (<i>Thillsmillen</i>)	58
6.2 Diekirch	68
6.2.1 Reste des Schluchtwaldes hinter der Turnhalle vom <i>Nordstadlycée</i>	68
6.2.2 <i>Leembierg</i>	72
6.3 Echternach	76
6.3.1 Ferschweiler- <i>Plateau</i>	76
6.3.2 Echternach Wolfsschlucht	86
6.3.3 Berdorf.....	95
6.4 Manternach	104
7. Anwendung im Unterricht	117
7.1 Theoretische Grundlagen	117
7.1.1 Außerschulische Lernorte und außerschulischer Unterricht	117
7.1.2 Natur- und Umweltpädagogik	119
7.2 Arbeitsblätter	120
7.3 Allgemeines zum Ablauf der Freilandexkursion	120
8. Analyse und Bewertung	123
9. Schlussfolgerung.....	125
Literaturverzeichnis	127
Anhang	131

Einleitung

Die Aufgabe des Biologieunterrichts ist nicht nur Fachwissen zu vermitteln, sondern er soll auch bei den Schülern ein Bewusstsein und Interesse für die Natur erwecken. Praktische Arbeiten außerhalb der Schule sind im Gegensatz zur Schulbuchbiologie sehr schülerzentriert und fördern im großen Maße die Autonomie und soziale Kompetenzen der Jugendlichen. So kann im Besonderen der Respekt der Schüler gegenüber der Natur gefördert werden, was schlussendlich die Einsicht zum Naturschutz stärken soll.

Für die Schüler ist es selbstverständlich, dass unter dem Boden Steine zu finden sind und dass auf dem Boden Pflanzen wachsen, aber was ist Boden? Wie entsteht er und in welchem Zusammenhang stehen Geologie, Klima und Lebewesen zueinander? Welchen Einfluss hat der Mensch auf das Ökosystem Wald? Dies sind alles Fragen, auf welche die Schüler im Laufe der Freilandexkursion(en) Antworten finden sollen und die sie für den Umweltschutz und ein nachhaltiges Handeln sensibilisieren sollen.

In meiner Arbeit habe ich versucht Arbeitsblätter und Informationsblätter auszuarbeiten, welche den Schülern helfen sollen Informationen zu den Themen Standort (Lage, Lichteinstrahlung, ...), Boden (Humustyp, Bodenart, Muttergestein, ...) und Vegetation (Vegetationsaufnahme, Zeigerpflanzen, ...) zu sammeln. Die Informationen zu jeder Station werden in einen Erfassungsbogen eingetragen. Idealerweise unterscheiden sich die Stationen nur in einem Faktor (z.B. Nordhang/Südhang oder Lehm Boden/Sandboden), so dass die Schüler schnell erkennen können, wo die Ursachen für die unterschiedliche Vegetation liegen.

Zu jedem der gewählten Standorte (Berdorf, Bertrange, Diekirch, Echternach, Mamer und Manternach) habe ich Hintergrundinformationen (geographische Lage, Geologie, Pedologie, Morphologie und Standortbedingungen, Vegetation, Wissenswertes und Zufahrtsmöglichkeiten) für den Lehrer zusammengefasst.

1. Hauptwuchsgebiete Luxemburgs¹

1.1 Wuchsgebiete Luxemburgs

Unter Wuchsgebiet versteht man eine Großlandschaft, die sich aufgrund ihres geologischen Aufbaus, ihrer Gestalt, ihres charakteristischen Klimas oder ihrer Landschaftsgeschichte von anderen unterscheidet. Luxemburg wird in vier Wuchsgebiete unterteilt:

- Das Wuchsgebiet Gutland umfasst rund 62% der Landesfläche,
- das Wuchsgebiet Ösling rund 32%,
- das Wuchsgebiet Minette knapp 5%,
- und das Wuchsgebiet Mosel 1%.

1.2 Wuchsgebiet Ösling

Topographisch hebt sich das Ösling stark von den anderen Wuchsgebieten ab, da es höher liegt als die anderen Wuchsgebiete und von tiefen, steilen Bach- und Flusstälern durchschnitten ist (Abb.1.1).

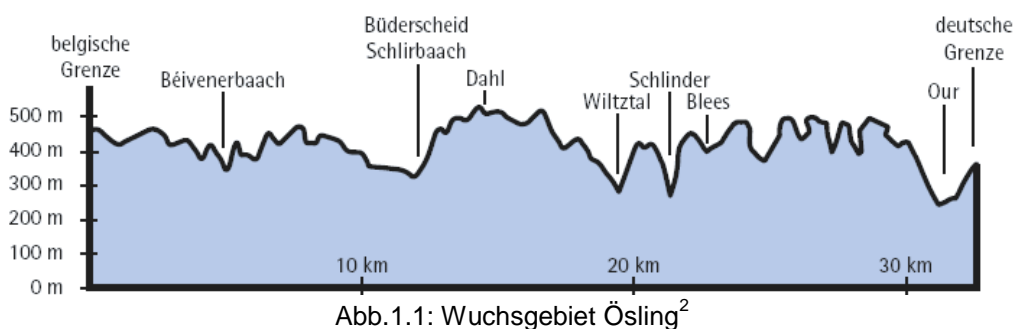


Abb.1.1: Wuchsgebiet Ösling²

Was das Klima betrifft, werden im Ösling hohe Niederschläge verzeichnet. Die Jahrestemperaturen sind niedrig und die Anzahl der Frosttage hoch.

Das ganze Ösling besteht geologisch aus Devon (Schiefergesteine und Quarzite) (siehe Anhang 1). Die Böden sind von steinig-lehmiger Natur, nicht oder nur mäßig vernässt und mehr oder weniger flachgründig. Die Nährstoffgehalte sind gering, es handelt sich um saure Böden.

¹ EFOR, ingénieurs-conseils, *Naturräumliche Gliederung Luxemburgs*, Administration des Eaux et Forêts du Grand-Duché de Luxembourg - Service de l'Aménagement des Bois et de l'Economie Forestière, Luxembourg, 1995.

² EFOR, ingénieurs-conseils, *Naturräumliche Gliederung Luxemburgs*, Administration des Eaux et Forêts du Grand-Duché de Luxembourg - Service de l'Aménagement des Bois et de l'Economie Forestière, Luxembourg, 1995. S. 18.

Die Böden eignen sich nur bedingt für die Landwirtschaft, so dass die forstliche Nutzung im Vordergrund steht. Somit ist das Ösling die walddreichste Gegend des Landes (55% der Waldfläche Luxemburgs). Allerdings ist der Anteil von mehr oder weniger naturnahen Laubwäldern bescheiden gegenüber den standortfremden Nadelforsten.

1.3 Wuchsgebiet Gutland

Das Gutland zeichnet sich durch den Wechsel von harten widerstandsfähigen und weicheren erosionssträchtigen Schichten aus. Das Resultat dieses geologischen Aufbaus ist eine wellige Hügellandschaft (Cuesta-Landschaft Abb.1.2).

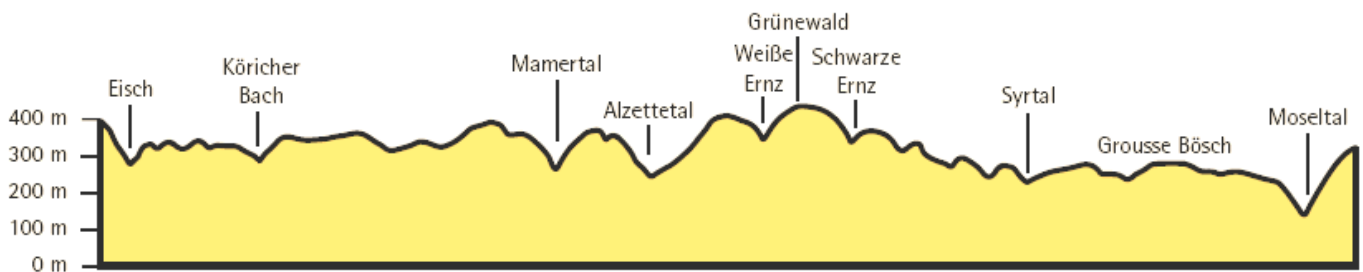


Abb.1.2: Wuchsgebiet Gutland³

Das Klima ist weitaus milder und trockener als im Ösling. Die Temperaturen liegen um 2-3°C höher, während die jährlichen Niederschläge um rund 200 mm niedriger sind.

Das Wuchsgebiet Gutland ist vor allem durch unterschiedliche Böden geprägt. Sie entstanden aus Trias- und Liasformationen, deren verschiedenartige Ausprägungen das Landschaftsbild bestimmen.

Die Triasformation setzt sich aus dem Buntsandstein, dem Muschelkalk und dem Keuper zusammen (siehe Anhang 1). Diese geologischen Schichten finden sich hauptsächlich im zentralen sowie östlichen Teil des Gutlandes und liefern die verschiedensten Bodentypen.

Das Bild der Triaslandschaft wird vor allem durch den Wechsel von Ackerböden und Dauergrünland (70% der Flächennutzung) bestimmt. Die Wälder stocken vor allem auf den für die Landwirtschaft weniger interessanten Böden, wie es zum Beispiel in

³ EFOR, ingénieurs-conseils, *Naturräumliche Gliederung Luxemburgs*, Administration des Eaux et Forêts du Grand-Duché de Luxembourg - Service de l'Aménagement des Bois et de l'Economie Forestière, Luxembourg, 1995. S. 28.

Hanglagen der Fall ist. Die Schichten des unteren und oberen Muschelkalks sind härter, deshalb sind die Hänge hier auch allgemein steiler und können nur schlecht mit Maschinen bearbeitet werden, zudem ist der Boden ärmer.

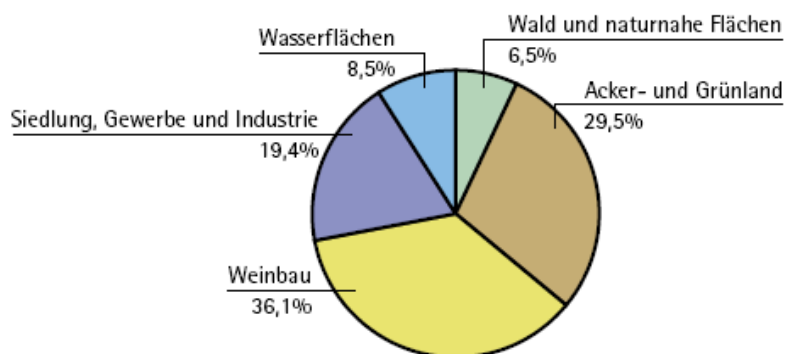
Die Liasformation (30% der Landesfläche) besteht zur Hälfte aus dem Luxemburger Sandstein. Infolge der vorwiegend sandigen, wasserdurchlässigen und wenig fruchtbaren Böden macht die Waldbedeckung der Liasformationen über 50% aus.

Zudem bildet der Luxemburger Sandstein oftmals ein Landschaftsbild, das durch enge Täler und steil abfallende Felswände geprägt ist. Auf diesen Böden kann keine Landwirtschaft betrieben werden.

1.4 Wuchsgebiet Mosel

Das Wuchsgebiet Mosel ist vor allem durch sein wärmeres und trockeneres Klima im Vergleich zu den anderen Wuchsgebieten gekennzeichnet. Die Vegetationsperiode ist mit über 190 Tagen länger als bei den anderen Wuchsgebieten (150-160 Tage im Ösling, 160-190 Tage im Gutland).

Die Böden sind fruchtbare, warme Kalk- und Mergelböden, welche aus den Kalk- und Dolomitgesteinen des Muschelkalks hervorgegangen sind (siehe Anhang 1). Die günstigen Klima- und Bodenverhältnisse ergeben gute Bedingungen für den Weinbau, der den größten Teil (36%) der Landschaft einnimmt. Die Anhöhen werden als Acker und Grünland genutzt (Anteil 30%), während auf nicht genutzten Flächen Wälder zu finden sind (6%) (siehe Graphik: Landnutzung in % der Fläche des Wuchsgebiets Mosel).



Graphik: Landnutzung in % der Fläche (Wuchsgebiet Mosel)⁴

⁴ EFOR, ingénieurs-conseils, *Naturräumliche Gliederung Luxemburgs*, Administration des Eaux et Forêts du Grand-Duché de Luxembourg - Service de l'Aménagement des Bois et de l'Economie Forestière, Luxembourg, 1995. S. 21.

1.5 Wuchsgebiet Minette

Das Wuchsgebiet Minette ist gekennzeichnet durch vereinzelt auftretende Erhebungen über 400 m. Das Landschaftsbild ist von Industrien und Tagebaugebieten aus der Zeit der Erzgewinnung geprägt. Letztere werden heute nicht mehr genutzt, so dass diese Felslandschaften durch natürliche Sukzession von Moosen und Flechten, über Gräser, Krautschichtarten und Pioniergehölzen schließlich wieder von den Waldpflanzen zurückerobert werden.

Das Wuchsgebiet Minette gehört zu den regenreichsten Gegenden Luxemburgs. Die Temperaturen sind mit denen des Gutlandes zu vergleichen.

Die Eigenschaften der Böden des Erzbeckens, welche aus Mergelschichten und Kalksteinen hervorgegangen sind, bestimmen die Bodennutzung in der Minette. Die hohen Tongehalte der Liasmergel und des Doggers führten zur Ausbildung von wasserstauenden Horizonten im Boden. Die Folge ist ein Wechsel von zeitweiliger Vernässung mit starker Austrocknung und Verhärtung des Bodens vor allem an den sonnenexponierten Hängen.

Die Ebenen des Minettebeckens sind somit ein ausgesprochenes Grünlandgebiet, während die Erhebungen fast vollständig von Wald bedeckt sind. Die Waldgesellschaften werden vor allem vom kalkliebenden Buchenwald mit Orchideen bestimmt, begleitet von einer Vielzahl an Laubbäumen (Ahorn, Winter-Linde, Vogel-Kirsche, Elsbeere, Traubeneiche und Hainbuche, ...) sowie einer üppigen Strauch- und Krautschicht. In den Höhenlagen erfolgt ein Übergang zum Eichen-Mischwald.

2. Pflanzengesellschaften

Jemand, der sich regelmäßig in Wäldern aufhält, wird feststellen, dass bestimmte Pflanzenarten häufig zusammen auftreten und dass sich die Artenzusammensetzung mit den Standortbedingungen verändert.

„Pflanzengesellschaften sind gesetzmäßige, standortabhängige und konkurrenzbedingte Kombinationen von Pflanzenindividuen, die sich mit ihrer Umwelt in einem dynamischen Gleichgewicht befinden“.⁵

Die Pflanzengesellschaft eines bestimmten Standortes ermöglicht es also, Rückschlüsse auf die Standortbedingungen zu ziehen.

Um die Pflanzenarten einer Fläche zu erfassen, ist es sinnvoll eine Vegetationsaufnahme durchzuführen, das heißt eine Liste der anzutreffenden Arten zu erstellen (siehe Anhang 2). Die günstigste Zeit hierfür ist die Periode in der möglichst alle Arten anzutreffen sind (Ende April bis Anfang Juni).

Für die Charakterisierung einer Pflanzenbestandes ist es wichtig zu vermerken, wie die Pflanzengesellschaft zusammengesetzt ist, wie häufig die verschiedenen Arten auftreten und wie hoch ihr Deckungsgrad ist, das heißt wie viel Prozent der untersuchten Fläche durch eine Art bedeckt werden. Ebenfalls sollte man die Höhe der verschiedenen Arten beachten, da sie auch Auskunft über die Eigenschaften eines Standortes liefern kann.

Allgemeine Bemerkung:

Da die Phytosoziologie schwer zu vermitteln ist und es zudem eine große Vielfalt an Waldgesellschaften gibt, werde ich mich zwecks Vereinfachung auf die wichtigsten und die in Luxemburg am meist vertretenen Waldgesellschaften beschränken.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit ist nicht die Vegetationskunde, Ziel ist es den Schülern auf vereinfachte Art und Weise einen Einblick in die Zusammenhänge von Geologie, Klima und Vegetation zu gewähren, deshalb wäre es nicht sinnvoll sie mit den verschiedenen Pflanzengesellschaften oder Pflanzenarten zu überfordern.

Aus diesem Grund habe ich mich auch bei den Zeigerpflanzen auf eine kleine Auswahl der wichtigsten Arten beschränkt.

⁵ HOFMEISTER, H., *Lebensraum Wald*, Verlag Dr. Kessel, Remagen-Oberwinter, 2004. S. 132.

2.1 Entwicklung der ursprünglichen Waldvegetation⁶

Seit der letzten Eiszeit vor ungefähr 12000 Jahren lässt sich die Waldgeschichte mit Hilfe der Pollenanalyse (=Analyse von Blütenstaub, der in Mooren, Lehm, usw. unter Luftabschluss erhalten geblieben ist) rekonstruieren. Da die einzelnen Gebiete Mitteleuropas nicht gleichzeitig eisfrei wurden, ist die Ausbreitungsfolge der einzelnen Baumarten von Gebiet zu Gebiet verschieden. Drei deutliche Abschnitte der Waldentwicklung lassen sich unterscheiden:

1. Birken-Kiefernwälder, die mit dem Anstieg der Temperaturen den bis dahin waldfreien Raum eroberten und solange das Vegetationsbild bestimmten, wie die Juli-Temperaturen zwischen 10 und 14 °C lagen.

2. Eichenmischwälder verdrängten bei zunehmender Trockenheit und Juli-Temperaturen von 17-19 °C insbesondere die Kiefer. Neben Eichen fanden vor allem Ulmen, Linden, Ahorn, Erlen und Eschen in diesen Laubmischwäldern günstige Lebensmöglichkeiten.

3. Buchenwälder fanden bei wieder absinkenden Temperaturen und Zunahme der Niederschläge geeignete Wuchsbedingungen. Die Buchen drangen in die Eichenmischwälder und die fichtenreichen Bergwälder vor und wandelten diese allmählich in Buchenwälder um. Man geht davon aus, dass dieser Prozess noch nicht abgeschlossen war, als der Mensch anfang in die Waldgeschichte einzugreifen.

2.2 Überblick über die Waldgesellschaften Luxemburgs⁷

In Luxemburg sind Buchenwälder sehr verbreitet. Sie kommen auf allen Böden mit mittleren Standortansprüchen vor. Bei größerer Bodenfeuchtigkeit durch schlechte Wasserführung werden sie von Eichen-Hainbuchenwäldern, unter trockenen Standortbedingungen durch wärmeliebende Eichen-Mischwälder ersetzt, (siehe Abb. 2.1).

⁶ HOFMEISTER, H., NOTTBOHM, G., *Ökologie der Wälder*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart; Jena; New York, 1995. S. 58.

⁷ SCHAULS, R., Arbeitsblatt.

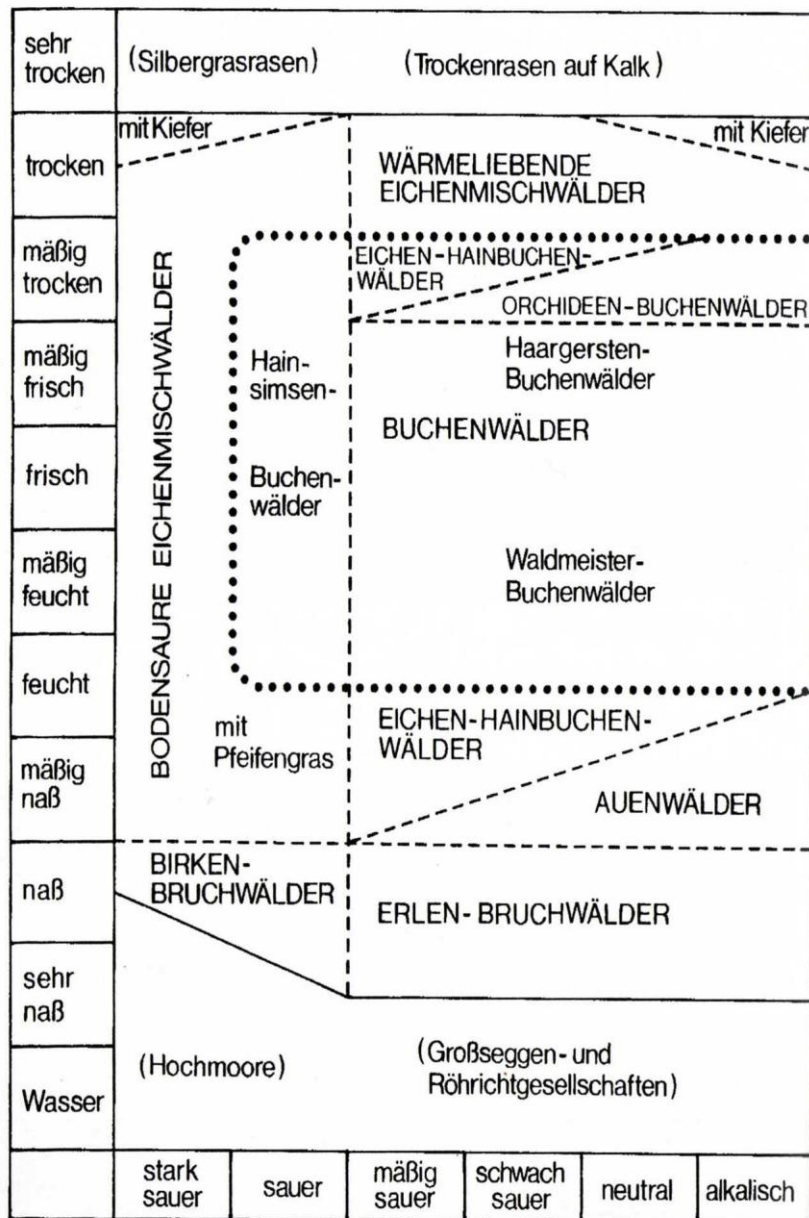


Abb.2.1: Standortansprüche Mitteleuropäischer Laubwaldgesellschaften (nach Ellenberg 1982)⁸

2.2.1 Allgemeines zu den Rotbuchenwäldern

Buchenwälder brauchen hohe, über das ganze Jahr hindurch relativ gleichmäßig verteilte Niederschläge, mit relativ kühlen Sommertemperaturen.

Was den Boden betrifft, brauchen Rotbuchen (*Fagus sylvatica* L.) gute Sauerstoffversorgung im Wurzelbereich, dementsprechend kommen sie hauptsächlich auf Sandböden vor.

Schwere lehmige Böden scheiden aus, da die hier periodisch auftretende Staunässe zu Sauerstoffarmut führt. Die Buche verträgt kein längeres Trockenfallen und ihre Ansprüche an die Nährstoffversorgung des Bodens sind gering.

⁸ HOFMEISTER, H., *Lebensraum Wald*, Verlag Dr. Kessel, Remagen-Oberwinter, 2004. S. 154.

sehr trocken	(Silbergrasrasen)	(Trockenrasen auf Kalk)				
trocken	mit Kiefer	mit Kiefer				
mäßig trocken	BODENSAURE EICHENMISCHWÄLDER	WÄRMELIEBENDE EICHENMISCHWÄLDER				
mäßig frisch		EICHEN-HAINBUCHENWÄLDER				
frisch		ORCHIDEEN-BUCHENWÄLDER				
mäßig feucht		Haargersten-Buchenwälder				
feucht		BUCHENWÄLDER				
mäßig naß	mit Pfeifengras	EICHEN-HAINBUCHENWÄLDER				
naß	BIRKEN-BRUCHWÄLDER	AUFENWÄLDER				
sehr naß		ERLEN-BRUCHWÄLDER				
Wasser	(Hochmoore)	(Großseggen- und Röhrichtgesellschaften)				
	stark sauer	sauer	mäßig sauer	schwach sauer	neutral	alkalisch

a) Hainsimsen-Buchenwälder

Die Hainsimsen-Buchenwälder sind auf armen trockenen Standorten mit Humustyp Moder zu finden, also auf Hangkanten oder auf nach Süd-Südwest ausgerichteten Hanglagen im Gutland und Ösling.

In der Krautschicht befinden sich Armutszeiger wie Weißliche Hainsimse (*Luzula luzoloides* (LAM.) DANDY et WILMOTT) und Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa* (L.) TRIN.).

b) Waldschwingel-Buchenwälder

Der Waldschwingel-Buchenwald kommt an Standorten mit hoher Luftfeuchtigkeit, vor allem in Nord-Nordost ausgerichteten Hanglagen und Humustyp Mull vor.

Diese Waldgesellschaft tritt vor allem auf den etwas saureren, ärmeren Standorten auf und wird deshalb als eine Untergesellschaft der Hainsimsen-Buchenwälder angesehen.

c) Waldmeister-Buchenwälder

Die Waldmeister-Buchenwälder bevorzugen nährstoffreichere Standorte, mit Humustyp Mull, wie sie im Gutland, in Mulden, Hängen und Tallagen zu finden sind.

Die vorherrschenden Arten in der Krautschicht sind Waldmeister (*Galium odoratum* (L.) SCOP.) und Einblütiges Perlgras (*Melica uniflora* RETZ.).

d) Haargersten-Buchenwälder⁹

Der Haargerstenbuchenwald ist auf den mehr oder weniger frischen kalkhaltigen Böden des Hügellandes anzutreffen und unterscheidet sich vom Waldmeister-Buchenwald durch das regelmäßige Vorkommen von Wald-Haargerste (*Hordelymus europaeus* (L.) JESSEN ex HARZ), Wald-Bingelkraut (*Mercurialis perennis* L.), Nesselblättrige Glockenblume (*Campanula trachelium* L.), Gefleckter Aronstab (*Arum maculatum* L.). In der Baumschicht kommen neben der vorherrschenden Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) auch Edellaubhölzer vor.

e) Kalkbuchenwälder

Die trockene Variante, der Orchideen-Buchenwald ist vor allem auf Muschelkalk mit wärmeliebenden Arten zu finden.

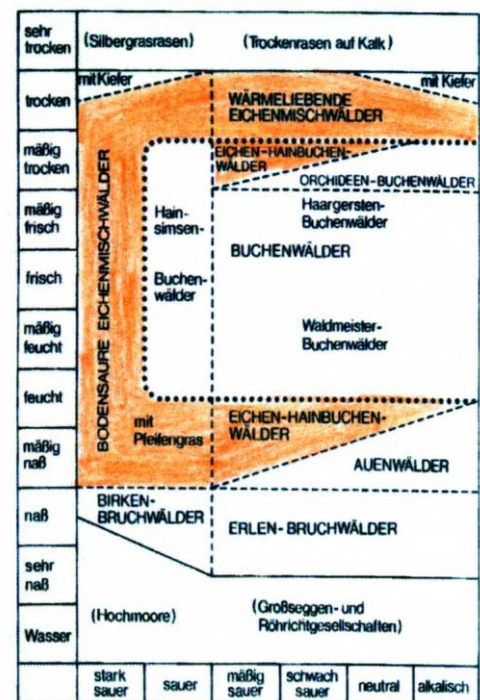
Die feuchtere Variante hat Ähnlichkeiten zum Waldmeister-Buchenwald, es treten jedoch vermehrt Kalkzeiger auf.

2.2.2 Allgemeines zu den Eichenwäldern

Eichenwälder stellen geringere Ansprüche an die jährliche Niederschlagsmenge und vertragen längere Trockenperioden.

Was den Boden betrifft, stellen sie hohe Ansprüche an den Nährstoffgehalt mit einer Vorliebe für lehmige, tonige Böden und sie vertragen längere Staunässe.

Traubeneichenwälder stocken auf eher trockenen und armen Böden im Gegensatz zu den Stieleichenwäldern, die eher auf nährstoffreichen, feuchten bis frischen Böden zu finden sind



a) Eichen-Hainbuchenwälder

Die Eichenhainbuchenwälder sind auf frischen, nährstoffreichen, tonigen und pH-neutralen Böden zu finden.

⁹ HOFMEISTER, H., *Lebensraum Wald*, Verlag Dr. Kessel, Remagen-Oberwinter, 2004. S. 163.

b) Glockenblumen-Traubeneichenwälder

Die Glockenblumen-Traubeneichenwälder sind im Ösling auf Schiefer anzutreffen, auf leicht sauren bis sauren Böden.

c) Wärmeliebende Eichenwälder

Der Duftprimel-Eichenwald ist in trockenen, warmen Süd-Südwestlagen und an Hangkanten auf schweren, kalkreichen Böden des Muschelkalks oder des Keupers zu finden. Verschärfen sich die Bedingungen in Punkto Wasserversorgung, stellt sich der Buchsbaum-Eichenwald ein (*Pällemberg*, Ahn).

d) Eichen-Birkenwälder

Die Eichen-Birkenwälder sind auf sehr armen, sehr trockenen und sauren Böden zu finden. In Luxemburg sind sie nur sehr kleinflächig vertreten. Verschärfen sich die Bedingungen in Bezug auf Wasserversorgung und Wärme, stellt sich die Waldkiefer ein (siehe 2.2.5 Kiefernwälder).

2.2.3 Allgemeines zu den Schluchtwäldern

Diese Wälder sind sehr anspruchsvoll in Bezug auf Klima, Wasser- und Nährstoffversorgung und auf Grund dessen relativ selten.

a) Schluchtwälder

Schluchtwälder kommen in Nord-Nordost ausgerichteten steilen Hanglagen mit hoher Luftfeuchtigkeit vor. Sie benötigen eine gute Wasser- und Nährstoffversorgung des Bodens durch Hangflusswasser.

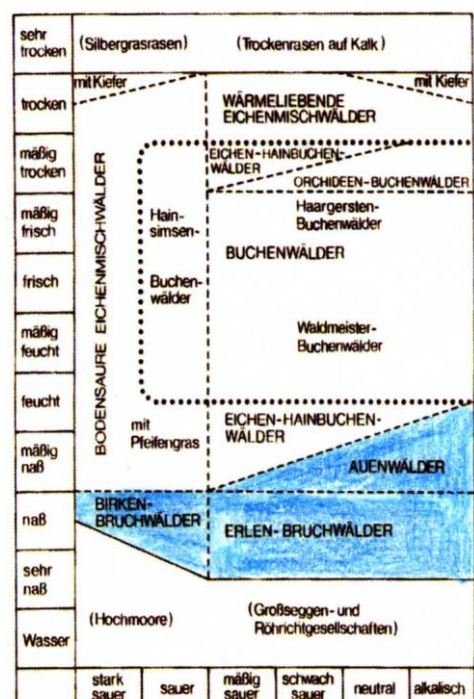
2.2.4 Gewässerbegleitende Wälder

a) Bacheschenwälder

Bacheschenwälder benötigen eine gute Sauerstoffversorgung des Bodens und wachsen entlang schnell fließender Gewässer.

b) Auenwälder

Auenwälder besiedeln die Überschwemmungszone entlang der größeren Bäche und Flüsse. Das Erscheinungsbild wird von Weiden, Erlen, Eschen



und anderen Baumarten geprägt. In Luxemburg findet man nur noch Reststreifen entlang der Syr, der Sauer, der Mamer da die in diesen Lagen sehr nährstoffreichen Böden meistens in landwirtschaftliche Nutzflächen umgewandelt wurden.

Man unterscheidet Hartholz- und Weichholzaue:

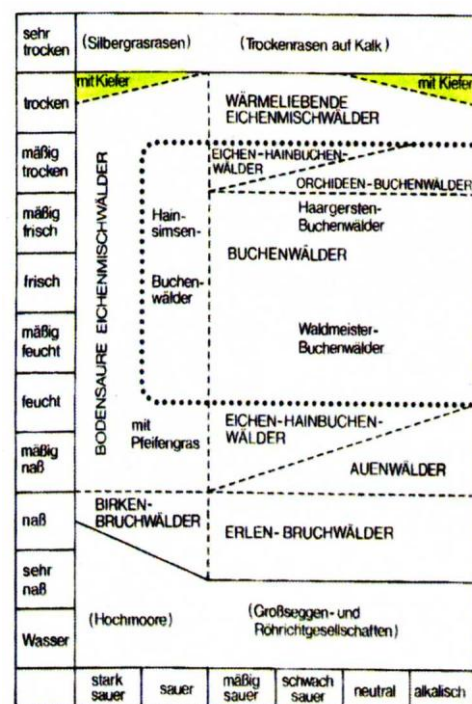
- Die Hartholzaue ist auf Böden mit regelmäßigen Überschwemmungen, hohem Nährstoffeintrag und genügend Sauerstoff zu finden.
- Die Weichholzaue besteht aus schnellwüchsigen Arten wie der Weide und ist geprägt durch die Erosionskraft des Flusses, welche diese Waldgesellschaft immer wieder abhobelt, so dass sie nie über die Pioniergesellschaft hinwegkommt, es kommt zu Ablagerungen von Kies und Steinen, Feinmaterial lagert sich kaum ab.

c) Bruchwälder

Bruchwälder kommen auf staunassen Böden vor. Dies führt zu mehr oder weniger langen Perioden mit Sauerstoffarmut im Wurzelbereich. Hinzu kommt, dass sich viel Feinmaterial ablagert, dessen Abbau zu einer Verschärfung der Sauerstoffengpässe im Boden führt. Die Schwarzerle (*Alnus glutinosa* (L.) GAERTN.) ist als einzige, einheimische Baumart in der Lage diese Bedingungen zu ertragen. Man spricht deshalb von Bruchwald, da dieser Wald, auf Grund der sehr niedrigen Lebenszeit der Erlen, aus einem hohen Anteil an toten und absterbenden Bäumen besteht.

2.2.5 Allgemeines zu den Kiefernwäldern

Kiefern kamen ursprünglich in Luxemburg nur kleinflächig, auf den sehr trockenen und armen, nach Süden exponierten Sandsteinkuppen rund um Berdorf vor. Mittlerweile sind sie sehr verbreitet, weil sie als Ersatzgesellschaften von ursprünglichen Laubmischwäldern angepflanzt wurden (Hervorragende Eignung als Pionierart an durch Kahlschlag verarmten Süd- und Südwestexpositionen).



2.2.6 Bestimmungsschlüssel für die Waldgesellschaften¹⁰

Die Waldgesellschaften lassen sich mit dem anschließenden Bestimmungsschlüssel ermitteln. Die Beschreibung der Vegetation erfolgt jeweils über zwei Aussagen, welche durch ein Zahlenpaar (1 und 1+) gekennzeichnet sind. Der Beobachter entscheidet sich für das in seinem Fall zutreffende Merkmal. Die Zahl hinter dem entsprechenden Text zeigt an, bei welchem Zahlenpaar die Beobachtungen fortzusetzen sind.

1 Laubwald oder Mischwald	2
1+ reiner Nadelwald	12
<hr/>	
2 Wald mit vorherrschender Rotbuche	3
2+ Wald ohne vorherrschende Rotbuche; die Rotbuche kann aber an der Zusammensetzung der Baumschicht beteiligt sein	7
<hr/>	
3 Säure- und Armutszeiger (Drahtschmiele - Hainsimse Heidelbeere) häufig vertreten	Hainsimsen-Rotbuchenwald
3+ kaum Säure- oder Armutszeiger vorhanden	4
<hr/>	
4 Frische- und Feuchtigkeitszeiger (wie Perlgras, Waldmeister Buschwindröschen)	5
4+ Feldahorn, Weißdornarten	6
<hr/>	
5 Waldschwingel	Waldschwingel-Buchenwald
5+ kein Waldschwingel	Waldmeister-(Perlgras)-Buchenwald
<hr/>	
6 Schattenlagen (Nord- u. Ostlagen) mit vermehrt auftretenden Frische- und Feuchtigkeitszeiger	Waldgersten-Buchenwald
6+ Sonnige Lagen (wie Süd- und Westlagen) mit Wärme- und Trockenheitszeiger	Orchideen-Buchenwald
<hr/>	
7 Eichen und Hainbuche vorherrschend	8
7+ andere Arten vorherrschend	10

8 Rotbuche noch gut vertreten, Frische- und Nährstoffzeiger	Waldmeister-Eichen-Hainbuchenwald
8+ kaum Rotbuchen	9
<hr/>	
9 Feuchtigkeitszeiger	Stieleichen-Hainbuchenwald
9+ Elsbeere, Mehlbeere Wärme- und Trockenheitszeiger	Duftprimel-Eichenwald
<hr/>	
10 Schwarzerle als vorherrschende Baumart, Nässezeiger	Erlen-Bruchwald
10+ andere Arten vorherrschend	11
<hr/>	
11 Ahorn- Eschen- Ulmenmischwald an luftfeuchten Nord- oder Nordosthängen	Schluchtwald
11+ Eschenmischwald entlang Fließwasser	Bacheschenwald
<hr/>	
12 Fichten vorherrschend	Fichtenwald
12+ Kiefer vorherrschend	Kiefernwald



¹⁰ BECHET, G., JACOBS, J., MEYER, M., SCHAULS R., *Eise Bësch*, Mouvement Ecologique, Natura, Luxembourg, 1993. S. 34, 35.

3. Zeigerpflanzen¹¹

Jedes Lebewesen kann längerfristig nur an den Standorten überleben, wo alle seine Bedürfnisse an die Umwelt erfüllt werden.

Lichtintensität, Kalk- und Feuchtigkeitsgehalt der Böden, Temperatur, ... sind einige der maßgeblichen Faktoren, welche das Überleben der Pflanzen bestimmen. Manche Arten vertragen auch stärkere Abweichungen von den optimalen Standortbedingungen, andere sind nur in einem sehr genau definierten Bereich überlebensfähig. Manchmal ist es nur ein einziger Standortfaktor, welcher über das Vorkommen dieser Organismen entscheidet. Letztere bezeichnet man als Bioindikatoren, da sie durch ihre Präsenz an einem bestimmten Ort, Rückschlüsse über die entsprechenden Bedingungen erlauben.

Um den Schülern auf vereinfachte Art und Weise einen Einblick in die verschiedenen Gruppen der Zeigerpflanzen zu gewähren, habe ich mich auf die wichtigsten Zeigerpflanzen beschränkt.

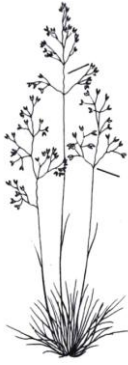
1. Säurezeiger → auf stark sauren und trockenen Böden ¹²	
Heidekraut (<i>Calluna vulgaris</i> (L.) HULL)	Salbeigamander (<i>Teucrium scorodonia</i> L.)
	

¹¹ BECHET, G., JACOBS, J., MEYER, M., SCHAULS R., *Eise Bësch*, Mouvement Ecologique, Natura, Luxembourg, 1993. S. 24-29.

¹² Bilder aus BECHET, G., JACOBS, J., MEYER, M., SCHAULS R., *Eise Bësch*, Mouvement Ecologique, Natura, Luxembourg, 1993.

2. Armutszeiger → auf sauren, trockenen bis frischen Böden

Draht-Schmiele
(*Deschampsia flexuosa* (L.) TRIN.)



Heidelbeere oder Blaubeere
(*Vaccinium myrtillus* L.)



Adlerfarn
(*Pteridium aquilinum* (L.) KUHN)



Wiesen-Wachtelweizen
(*Melampyrum pratense* L.)



Besenginster
(*Cystis scoparius* (L.) LINK)



Weißliche Hainsimse
(*Luzula luzoloides* (LAM.) DANDY et WILMOTT)



3. Frischezeiger → auf nährstoffreichen, frischen, neutralen Böden

Einblütiges Perlgras
(*Melica uniflora* RETZ.)



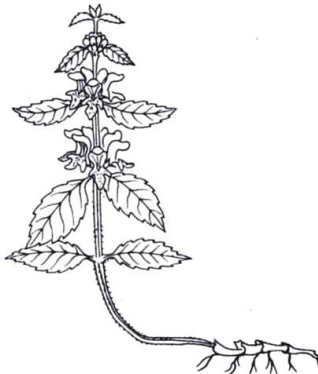
Frauenfarn
(*Athirium filix-femina* (L.) ROTH)



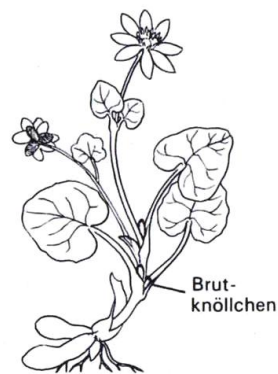
Waldmeister
(*Galium odoratum* (L.) SCOP.)



Goldnessel
(*Lamium galeobdolon* (L.) L.)

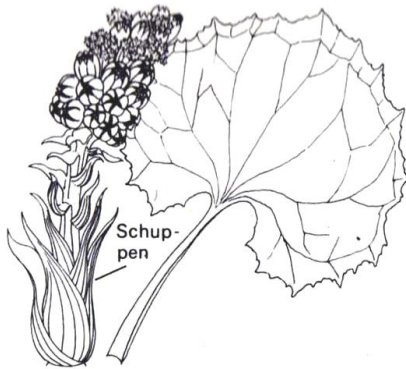


Scharbockskraut
(*Ranunculus ficaria* L.)

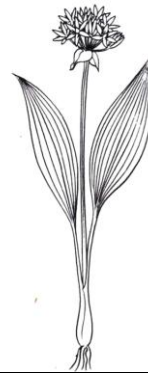


4. Nässezeiger → auf nassen versumpften Böden

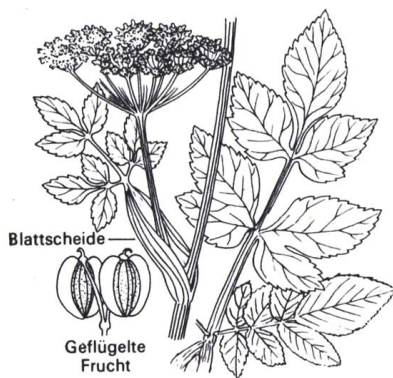
Gewöhnliche Pestwurz (*Petasites hybridus* (L.) P. GAERTN.)



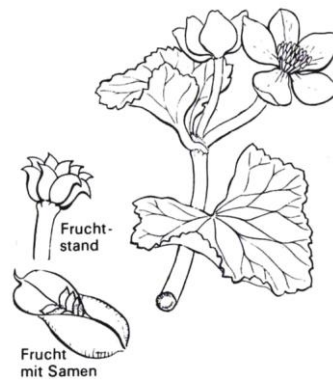
Bärlauch (*Allium ursinum* L.)



Wald-Engelwurz (*Angelica sylvestris* L.)

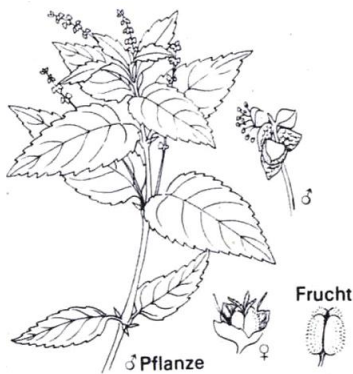


Sumpf-Dotterblume (*Caltha palustris* L.)

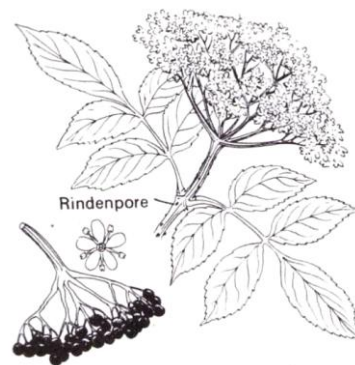


5. Stickstoffzeiger → auf frischen bis feuchten, leicht sauren bis kalkreichen Böden

Wald-Bingelkraut (*Mercurialis perennis* L.)



Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra* L.)



Große Brennnessel (*Urtica dioica* L.)



Geißfuß (*Aegopodium podagraria* L.)



6. Wärme und Trockenzeiger auf kalkreichen Böden

Gemeine Akelei (*Aquilegia vulgaris* L.)



Waldvögelein (*Cephalanthera* sp.)



Wiesen-Schlüsselblume (*Primula veris* L.)



Pfirsichblättrige Glockenblume (*Campanula persicifolia* L.)



7. Auf trockenen warmen, leicht sauren bis kalkhaltigen Böden

Echte Mehlbeere (*Sorbus aria* (L.) CRANTZ)

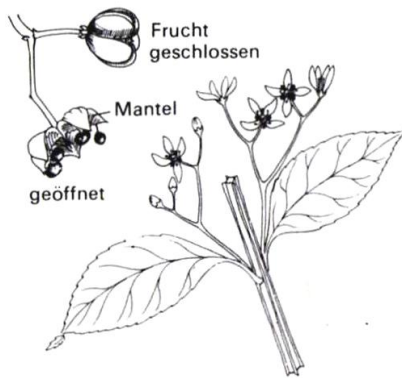


Elsbeere (*Sorbus torminalis* (L.) CRANTZ)



8. Sträucher mit Vorliebe für lehmige und kalkhaltige Böden

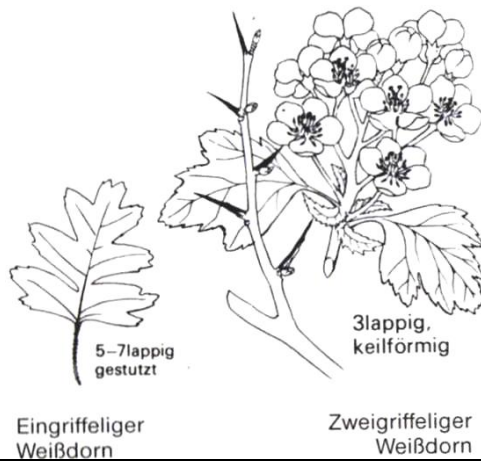
Pfaffenhütchen (*Eonymus europaeus* L.)



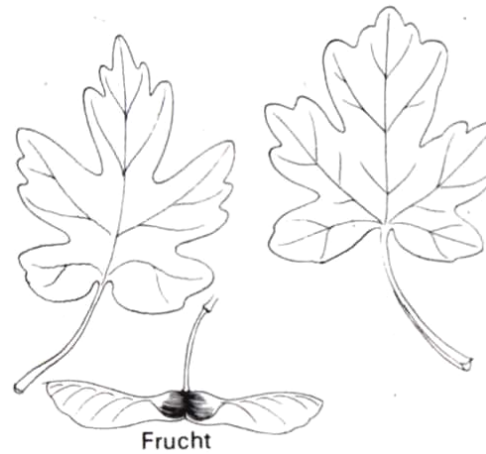
Liguster (*Ligustrum vulgare* L.)

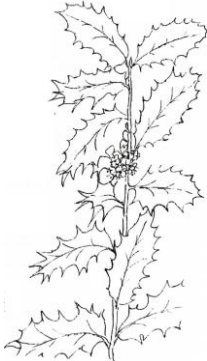



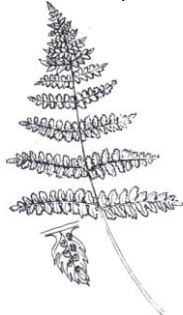



Weißdorn (*Crataegus monogyna* JACQ.),
(*Crataegus laevigata* (POIRET) DC.)



Feldahorn oder Maßholder (*Acer campestre* L.)



9. Anzeiger für hohe Luftfeuchtigkeit/Luftfeuchtigkeitszeiger	
a) auf sauren, kalkarmen, frischen Böden	
Stechpalme (<i>Ilex aquifolium</i> L.) 	
b) auf leicht sauren, frischen Böden	
Wald-Sauerklee (<i>Oxalis acetosella</i> L.) 	Wald-Schwingel (<i>Festuca altissima</i> ALL.) (Horstpflanze, 50-120 cm) 
Gemeiner Wurmfarne (<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) SCHOTT) 	Schmalblättriger Dornfarne (<i>Dryopteris carthusiana</i> (VILL.) H.P. FUCHS) und Breitblättriger Dornfarne (<i>Dryopteris dilatata</i> (HOFFMANN) A. GRAY) 
c) auf kalkhaltigen, frischen Böden	
Hirschzunge (<i>Asplenium scolopendrium</i> L.) 	

4. Allgemeines zur Geologie

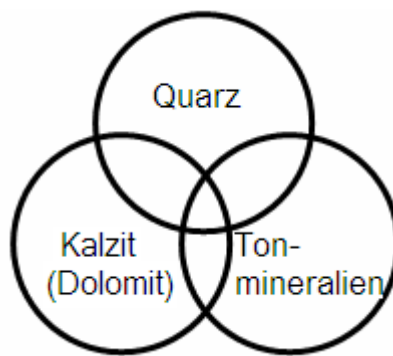
4.1 Begriffserklärung

Geologie ist die Wissenschaft vom Aufbau, von der Zusammensetzung und Struktur der Erde, ihren physikalischen Eigenschaften und ihrer Entwicklungsgeschichte, sowie der Prozesse, die sie formten und auch heute noch formen. Sie ist also im weitesten Sinne die Wissenschaft der Gesteine.

4.2 Gesteine

Ein Gestein ist ein Gemenge von **Mineralien**. Bekannte Mineralien sind z.B. Kochsalz (NaCl), Quarz (SiO_2), Kalzit (CaCO_3), Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Feldspat, Glimmer, ...

Die **luxemburgischen Gesteinsarten** setzen sich aus folgenden Hauptmineralien zusammen:



In der Minette finden wir zusätzlich Eisenoxide (FeO , Fe_2O_3 , $\text{FeO}(\text{OH})$, ...).

Bemerkungen:

- Kalzit und Dolomit sind **Karbonate**: Kalzit = CaCO_3 , Dolomit = $(\text{Ca}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$.
- Sandkörner bestehen meistens aus dem Mineral **Quarz** (SiO_2). Quarz ist ein Silikat.
- **Tonmineralien** sind schichtförmig (blättrig) aufgebaute Silikate.

Zusätzliche Erklärung zu den Silikaten¹³:

Grundbaustein aller silikatischen Gesteine ist das Silikation (SiO_4^{4-}), in dem das Siliciumion (Si^{4+}) von 4 Sauerstoffionen (O^{2-}) umgeben ist (Abb. 4.1).

¹³ PRESS, F., SIEVER, R., *Allgemeine Geologie*, Elsevier Gmbh, München, 2003. S. 46.

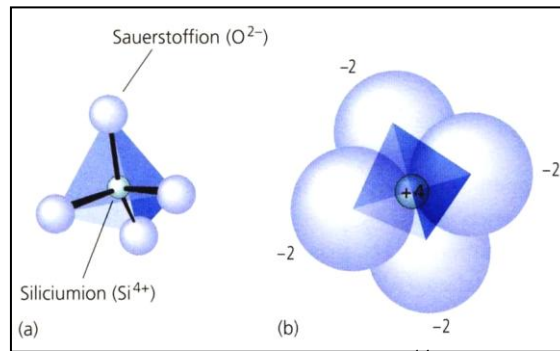


Abb. 4.1: Silikation¹⁴

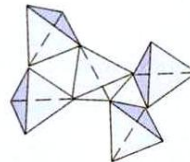
Aus dieser Anordnung ergibt sich ein Tetraeder (vierseitige Pyramide). Die 4 negativen Ladungen des Ions müssen durch 4 positive Ladungen ausgeglichen werden:

- durch Bindung von Kationen (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+}),
- durch Teilen der Sauerstoff-Ionen mit anderen Silicat-Tetraedern.

Die SiO_4 -Tetraeder können unterschiedliche Verknüpfungen aufzeigen.

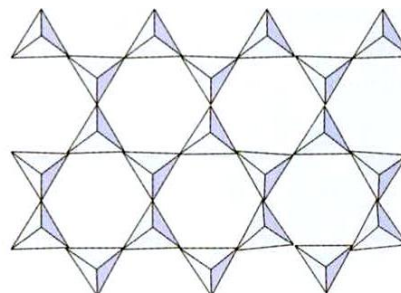
Quarz¹⁵

Gerüstsilicate: Jeder Tetraeder ist über vier Sauerstoffbrücken mit anderen SiO_4 -Tetraedern verknüpft.



Tonmineralien¹⁶

Schichtsilicate: Jeder SiO_4 -Tetraeder ist über drei Brückensauerstoffe mit den benachbarten Tetraedern verknüpft zu zweidimensionalen Schichten. Diese Schichten wiederum sind durch Kationen verbunden.



¹⁴ PRESS, F., SIEVER, R., *Allgemeine Geologie*, Elsevier GmbH, München, 2003. S. 47.

¹⁵ PRESS, F., SIEVER, R., *Allgemeine Geologie*, Elsevier GmbH, München, 2003. S. 48.

¹⁶ PRESS, F., SIEVER, R., *Allgemeine Geologie*, Elsevier GmbH, München, 2003. S. 48.

Warum sind Tonkörner viel feiner als Sandkörner?

Die Spaltbarkeit des Tons (Abb. 4.2) ist wegen den schwachen Bindungskräften zwischen den SiO_4 -Tetraeder und den dazwischenliegenden Kationenschichten sehr hoch → viele kleine Blättchen.

Quarz hat eine viel stabilere Struktur, deshalb sind die Sandkörner größer und resistenter.

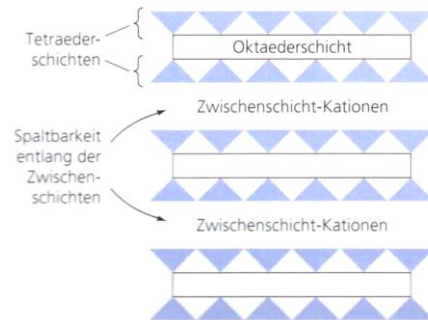


Abb.4.2: Spaltbarkeit des Tons¹⁷

4.3 Gesteinsarten

Ein Gestein das nur aus Kalzit besteht ist ein **Kalk**.

Ein Gestein das nur aus Quarz(körnern) besteht, nennt man **Quarzsandstein**.

Ein Gestein das aus Quarzkörnern und Kalzit besteht nennt man **Kalksandstein**.

Ein Gestein das aus Kalzit und Tonmineralien besteht ist ein Mergel oder **Kalkmergel**.

Ein Gestein das aus Tonmineralien und Dolomit besteht ist ein **Dolomitmergel**.

Ein Gestein aus Quarz, Kalzit und Tonmineralien ist ein **sandiger Mergel**.

...

4.4 Entstehung der Gesteine

4.4.1 Absatzgesteine (= Sedimentite)

Die meisten Gesteinsarten des Gutlands sind Ablagerungs- oder Sedimentgesteine.

Sedimente entstehen in verschiedenen Etappen (Abb. 4.3):

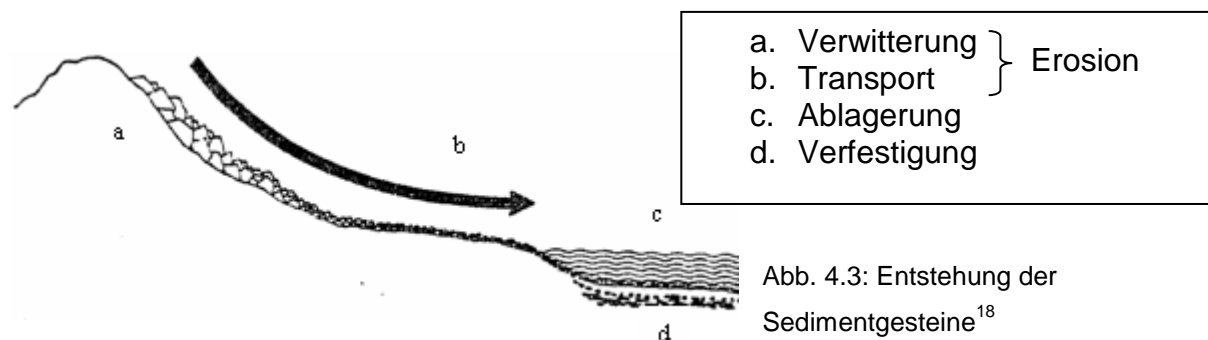


Abb. 4.3: Entstehung der Sedimentgesteine¹⁸

Bsp.: Sandstein, Kalkstein, Dolomitstein, Minette...

¹⁷ PRESS, F., SIEVER, R., *Allgemeine Geologie*, Elsevier GmbH, München, 2003. S. 53.

¹⁸ KINN, J., Arbeitsblatt.

a) Verwitterung

Durch Regen, Frost, Sonneneinstrahlung, Pflanzenwurzeln, Wind, ... werden die Gesteinskörper zum Teil gelöst, gesprengt und zerkleinert. So entsteht an geschützten Stellen aus Verwitterungsmaterial und Resten von Pflanzen (Humus) ein Boden.

b) Transport

Falls kein dauerhafter Boden entsteht, wird das verwitterte Gesteinsmaterial durch fließendes Wasser, Wind und Gletscher abgetragen und verfrachtet.

Verwitterung und Transport führen zur Erosion (A+B).

c) Ablagerung (= Sedimentation)

Die abgetragenen Partikel (Sandkörner, Tonmineralien, Ionen (Ca^{2+} , $\text{H}(\text{CO}_3)^-$...)) lagern sich in einem Becken ab.

Bemerkung:

Das Gutland (südlicher Teil) gehört zum Becken von Paris. Dieses Becken war in der Jurazeit von einem Meer bedeckt (230-170 MJ). Durch senkrechte Bewegungen in Erdkruste und Erdmantel wurde das Jurameer aus Luxemburg verdrängt.

Das Ösling (nördlicher Teil) gehörte zum Becken vom Devonmeer (450-380 MJ).

In diesem Meer lagerten sich Tonschichten und Sandschichten ab.

Das Devonmeer wurde durch die herzynische Gebirgsfaltung aus Luxemburg verdrängt.

In diesen Meeren (Devon, Jura) lebten viele verschiedene Tiere und Pflanzen. Ihre Überreste (Schalen, Gehäuse, Knochen, Schuppen, ...) wurden von angeschwemmten Schlammsschichten zugedeckt. So entstanden die Fossilien, die wir in den luxemburgischen Gesteinsschichten finden.

d) Verfestigung

Durch den Druck der oberen Schlammsschichten wird aus den darunter liegenden Schichten Wasser herausgepresst. Außerdem verfestigen sich gelöste Stoffe z.B. Ca^{2+} und $\text{H}(\text{CO}_3)^-$ zu Kalzit und verkitten die losen Teile miteinander. Auch die fossilen Überreste bleiben so im harten Gestein erhalten.

4.4.2 Umwandlungsgesteine (= Metamorphite)

Wenn Gesteine z.B. Sedimentite durch Absenkungen oder Gebirgsfaltungen in Bereiche der Erdkruste gebracht werden in denen sehr hohe Temperaturen und Druckbedingungen herrschen, führt dies zu Umwandlungen der Gesteine.

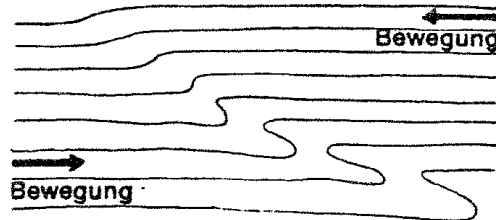


Abb. 4.4: Druckbewegungen¹⁹

So werden Gesteinskörper durch starke Druckbewegungen (Abb. 4.4) verbogen, gefaltet und übereinander geschoben (Ösling).

Durch Druck und Temperatur verändern sich auch die Mineralien in Größe und Form. Kalkstein wird zu Marmor, Sandstein zu Quarzit, tonige Sedimente werden zu Schiefen, ...

Bemerkung: Das Ösling besteht aus leicht umgewandelten Gesteinen (Quarziten, sandigen Schiefen, Dachschiefen, ...)

¹⁹ KINN, J.

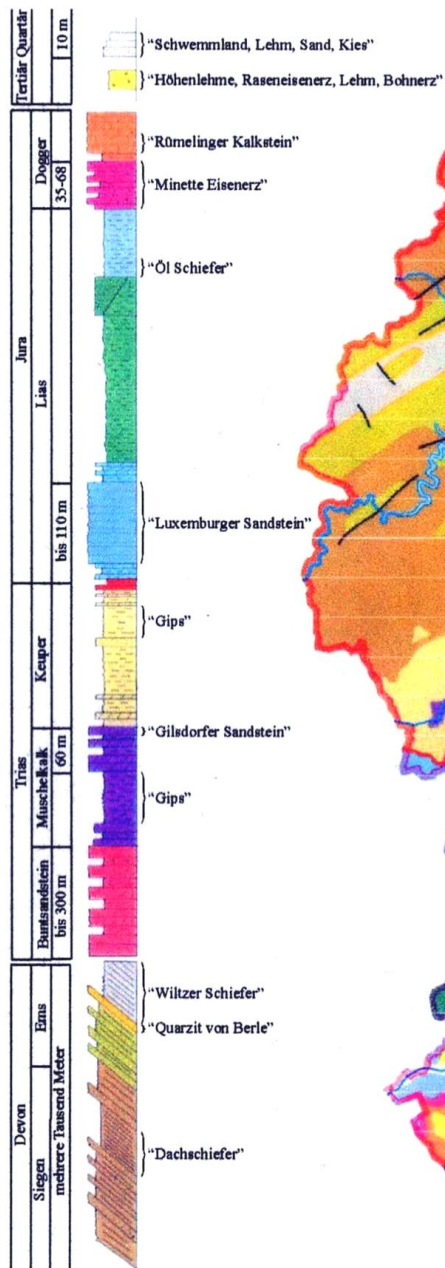
4.5 Die Geologie Luxemburgs

4.5.1 Geologische Karte

Eine geologische Karte zeigt die Anordnung der verschiedenen Altersschichten in einem bestimmten Gebiet. Jede geologische Formation ist durch eine andere Farbe gekennzeichnet.

Gesteinsprofil der in Luxemburg anstehenden Gesteine

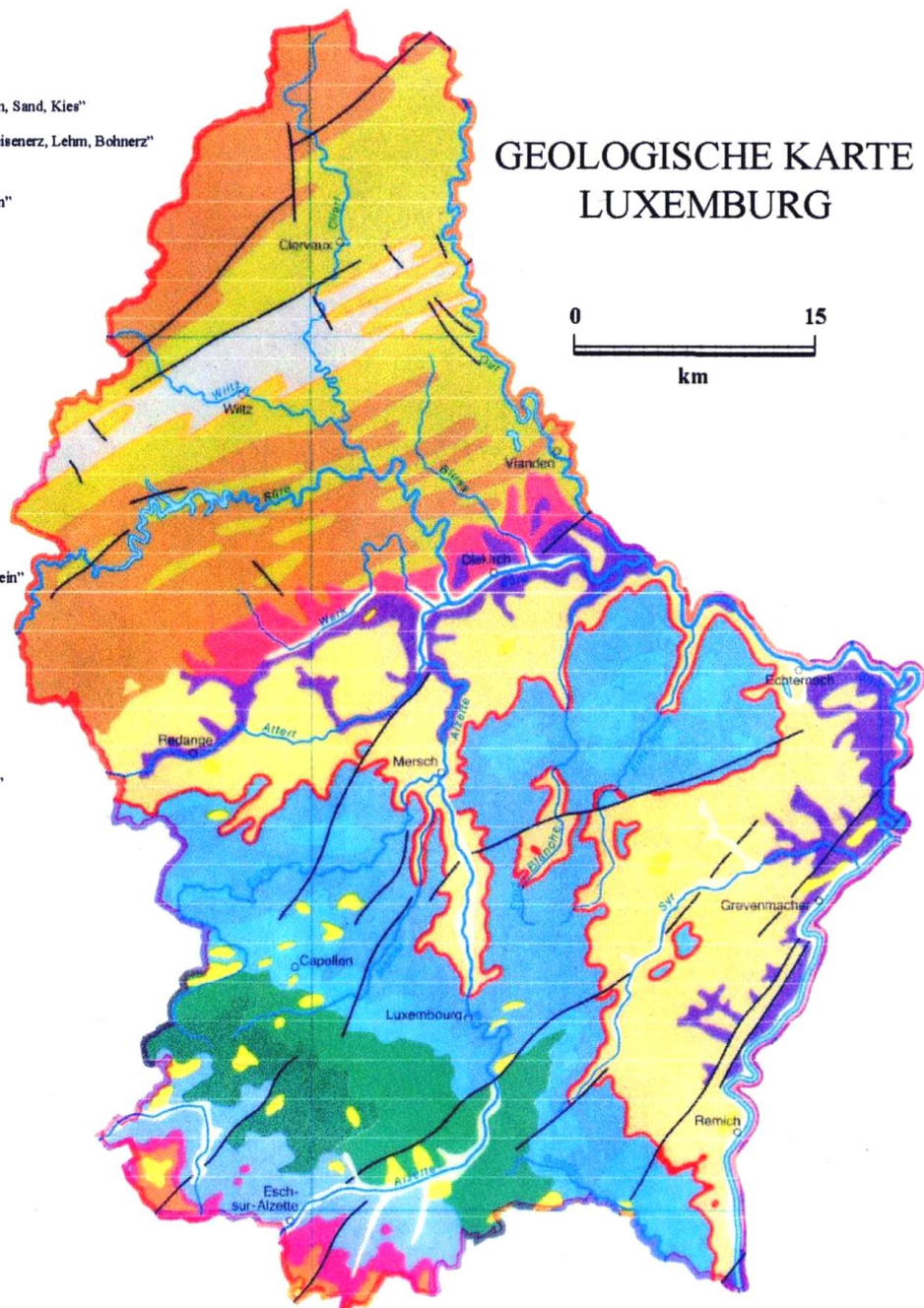
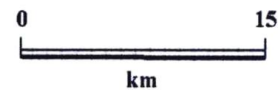
Geologischer
Kalender



Gesteinslegende



GEOLOGISCHE KARTE LUXEMBURG



S.G.L. 93
M.E.N.

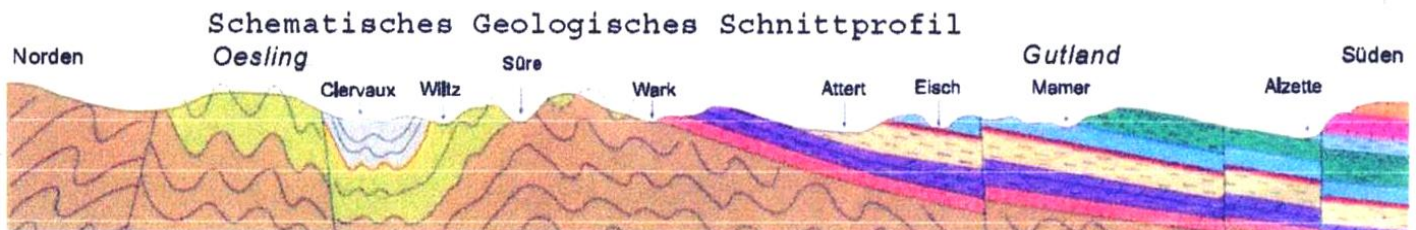
Zusätzlich enthält eine geologische Karte folgende Informationen:

- **Gesteinsprofil**

Das Profil der anstehenden Gesteine zeigt das Aufeinanderfolgen der verschiedenen Gesteinsschichten. Die jüngsten Schichten befinden sich oben im Profil, die ältesten Schichten befinden sich ganz unten. Die Balken sind mehr oder weniger lang. Je länger der Balken, desto härter ist das Gestein.

- **Geologisches Profil**

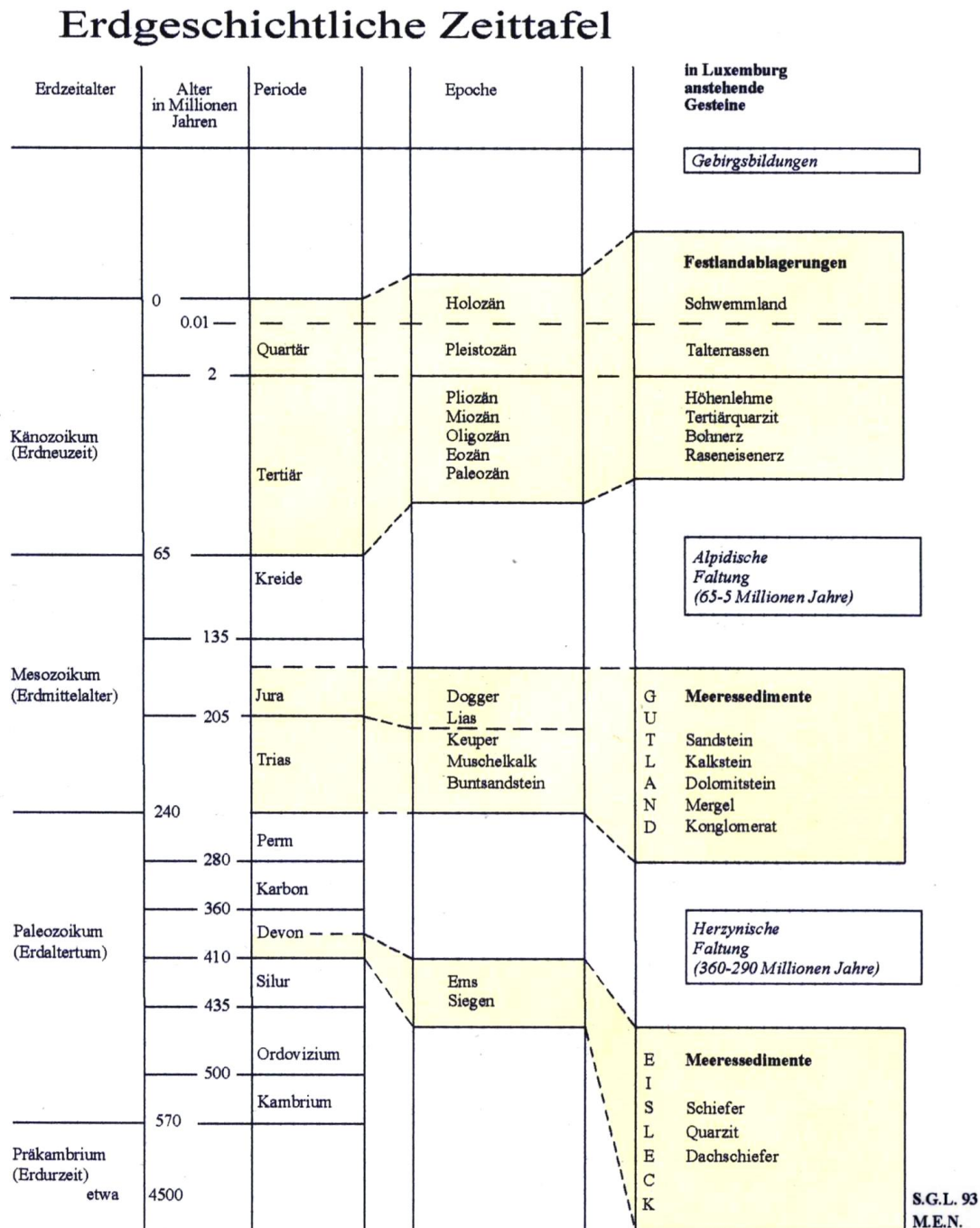
In folgender Abbildung ist ein schematisches geologisches Schnittprofil Luxemburgs²⁰ dargestellt:



²⁰ STORONI, A., *Lëtzebuurger Schoulatlas*, Westermann Schulbuchverlag GmbH und Ministère de l'Education Nationale, Braunschweig, 1996. S. 8.

- **Geologischer Kalender**

Der geologische Kalender gibt die erdgeschichtliche Periode sowie die Epoche an, in der die Gesteinsformationen gebildet wurden. In folgender Abbildung sind die Entstehungsdaten der Gesteine dargestellt:



- **Gesteinslegende**

Die Gesteinslegende gibt an welche Gesteinsarten in den verschiedenen geologischen Formationen vorhanden sind.

5. Allgemeines zur Pedologie

5.1 Begriffserklärung

Bodenkunde oder Pedologie ist die Wissenschaft, die sich mit der Entstehung, der Entwicklung, den Bestandteilen, den Eigenschaften und der Klassifizierung von Böden befasst.

5.2 Bestandteile des Bodens

Gegenstand der Bodenkunde ist der **Boden**, d.h. die oberste belebte Verwitterungsschicht der Erde, auf der Pflanzen wachsen können.

- Er entsteht aus Gestein und entwickelt sich unter dem Einfluss von Umweltfaktoren weiter.
- Er ist durchsetzt von Wasser, Luft und Lebewesen.
- Er ist Lebensgrundlage für Pflanzen, Tiere und Menschen.

Der Boden ist ein kompliziertes, aus festen, flüssigen und gasförmigen Bestandteilen zusammengesetztes Hohlraumsystem. Die prozentualen Anteile der Bodenbestandteile können sehr unterschiedlich sein (Abb. 5.1).

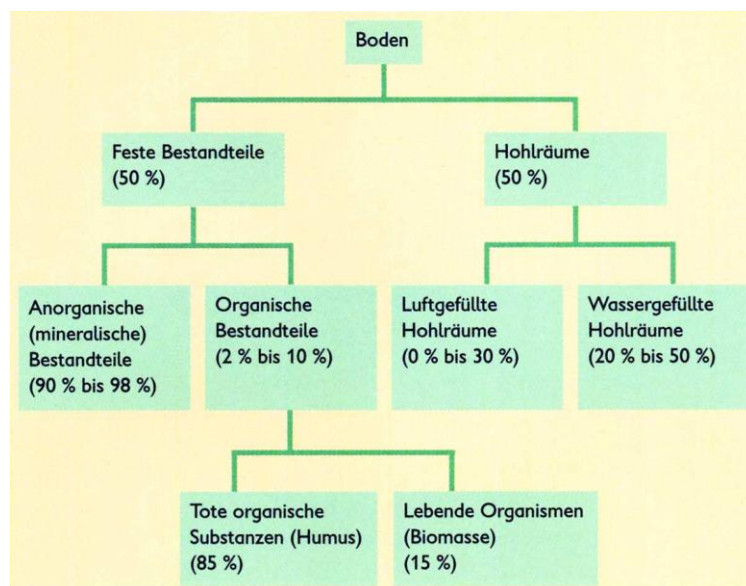


Abb. 5.1: Zusammensetzung des Bodens²¹

²¹ BERGSTEDT, C., *Naturwissenschaften Boden*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2007. S. 7.

5.3 Bodenbildung

Im Verlaufe langer Zeiträume ist unter dem Einfluss abiotischer Faktoren wie Wasser, Temperatur, und Wind sowie der Aktivität von Lebewesen durch Verwitterungsprozesse aus festem Gestein der Boden entstanden. Für den zeitlichen Ablauf der Bodenbildung und die entstehenden Bodenarten ist die chemische Zusammensetzung des Muttergesteins bedeutsam. Auch heute finden Bodenbildungsprozesse statt.²²

Physikalische Verwitterung: Durch raschen Temperaturwechsel entstehen Spannungen im Gestein, es kommt zur Bildung feiner Risse und das Gestein zerbröckelt allmählich.

Chemische Verwitterung: Durch schwache Säuren entstehen chemische Reaktionen am Gestein. Saurer Regen beschleunigt die Verwitterungsprozesse.

Biotische Verwitterung: Durch die Tätigkeit von Lebewesen (ausgeschiedene Säuren, Pflanzenteile und Wurzeln die in Gesteinsspalten eindringen), werden die biotischen Verwitterungsprozesse verursacht.

5.4 Humusbildung

Humus entsteht durch den Abbau von organischem Material (Reste von Lebewesen). Zuerst wird das organische Material von Bodenorganismen zerkleinert, dann von Mikroorganismen abgebaut (Abb. 5.2).

²² BERGSTEDT, C., *Naturwissenschaften Boden*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2007. S. 7.

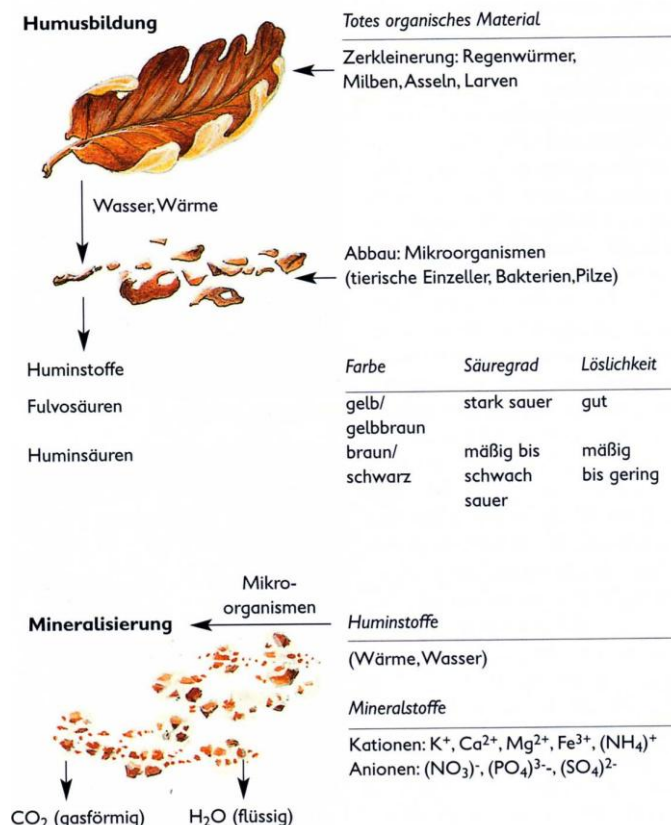


Abb. 5.2: Humusbildung²³

Schwer zersetzbare Stoffe werden durch chemische Umsetzung in Dauerhumus umgewandelt. Die Humusteilchen verkleben mit den Sand- oder Tonkörnern des Bodens zu Krümeln. In Böden ohne oder mit wenig Dauerhumus liegen die Sand- oder Tonkörnern einzeln vor, was eine geringere Durchlüftung und eine schlechtere Erwärmung des Bodens zur Folge hat. Zudem wird die Wasserbewegung im Boden behindert (siehe Tabelle 5.1).

Einzelkornstruktur ²⁴	Krümelstruktur ²⁵
Enge Lagerung der Teilchen	Lockere Lagerung der Teilchen
Wenig Hohlräume	Viele Hohlräume
Geringe Durchlüftung	Gute Durchlüftung
Schlechte Erwärmung	Gute Erwärmung
Behinderung der Wasserbewegung	Ungehinderte Wasserbewegung

Tabelle 5.1

²³ BERGSTEDT, C., *Naturwissenschaften Boden*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2007. S. 8.

²⁴ BERGSTEDT, C., *Naturwissenschaften Boden*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2007. S. 9.

²⁵ BERGSTEDT, C., *Naturwissenschaften Boden*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2007. S. 9.

In Wäldern kann man den Vorgang der Humusbildung leicht beobachten. Er ist am Ausmaß der Verrottung der von Bäumen gefallenen Laubmasse erkennbar.²⁶ Verschiedene Laubarten werden unterschiedlich schnell zersetzt, so kommt es, dass in der Laubstreu meist Laubmasse mehrerer Jahre zu finden ist (Tabelle 5.2).

Abbaugeschwindigkeiten einiger Laubarten			
Esche	1 Jahr	Fichte	3 Jahre
Ulme		Buche	
Linde	2 Jahre	Kiefer	Über 3 Jahre
Ahorn		Lärche	

Tabelle 5.2

Nach dem biologischen Bodenzustand und dem unterschiedlichen Zersetzungsgrad der biologischen Substanzen lassen sich folgende Humusformen unterscheiden (Tabelle 5.3):

Humustyp		
Mull	Moder	Rohhumus
Stark zersetzte Blätter, kaum Pilzgeflechte	Viele noch nicht zersetzte Blätter, stark mit Pilzgeflecht durchsetzt	Mächtige Auflage aus schwer abbaubaren pflanzlichen Geweben, mit Pilzgeflecht durchsetzt, auf nährstoffarmen Böden

Tabelle 5.3

5.5 Bodenarten

Die Bodenstruktur wird vor allem durch die Korngröße des Materials bestimmt, das bei der Verwitterung entstanden ist. Die meisten Böden bestehen aus Mischungen von Mineralien verschiedener Korngröße (Tabelle 5.4).

²⁶ BERGSTEDT, C., *Naturwissenschaften Boden*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2007. S. 10.

Korngrößen (Durchmesser) der mineralischen Bestandteile von Böden	
Steine	Über 20 mm
Kies	20 mm bis 2 mm
Grobsand	2 mm bis 0,2 mm
Feinsand	0,2 mm bis 0,05 mm
Schluff	0,05 mm bis 0,002 mm
Ton	Unter 0,002 mm

Tabelle 5.4

Die Bodenart lässt sich mit Hilfe eines vereinfachten Bestimmungsschlüssels bestimmen:

Vereinfachter Schlüssel zum Schätzen der Bodenart ²⁷

Entnahme der Probe: Man wirft einen Spatenstich Boden aus und entnimmt aus dem unteren Teil etwa einen Esslöffel Erde. Diese Probe wird im Handteller gut durchfeuchtet und solange geknetet, bis der Glanz des Wassers verschwindet. Dann führt man die folgende Bestimmungsübung durch:

1 Versuche die Probe zwischen den Handtellern schnell zu einer bleistiftdicken Wurst auszurollen. a. nicht ausrollbar, zerfällt: Gruppe der Sande b. ausrollbar: Gruppe der sandigen Lehme, Lehme und Tone	→ 2
	→ 3
2 Prüfe die Bindigkeit der Probe zwischen Daumen und Zeigefinger. a. nicht bindig: Sand b. bindig: lehmiger Sand	
3 Versuche die Probe zu einer Wurst von halber Bleistiftstärke auszurollen. a. nicht ausrollbar: stark sandiger Lehm b. ausrollbar: sandiger Lehm oder Ton	→ 4
4 Quetsche die Probe zwischen Daumen und Zeigefinger in Ohrnähe. a. starkes Knirschen: sandiger Lehm b. kein oder schwaches Knirschen: Ton	

²⁷ SCHAULS.R., Arbeitsblatt.

5.6 Bodenprofile

Je nach Ausmaß und Intensität der Bodenbildungsprozesse entstehen im Boden Abschnitte, Schichten, die senkrecht übereinander liegen und sich mehr oder weniger deutlich voneinander unterscheiden. Diese Schichten bezeichnet man als Bodenhorizonte.

Die verschiedenen Bodenhorizonte bilden das Bodenprofil.

Die Eigenschaften eines Bodens hängen stark von der Art und Mächtigkeit der verschiedenen Bodenhorizonte ab. Man unterscheidet 3 Haupthorizonte (siehe Abb. 5.3):

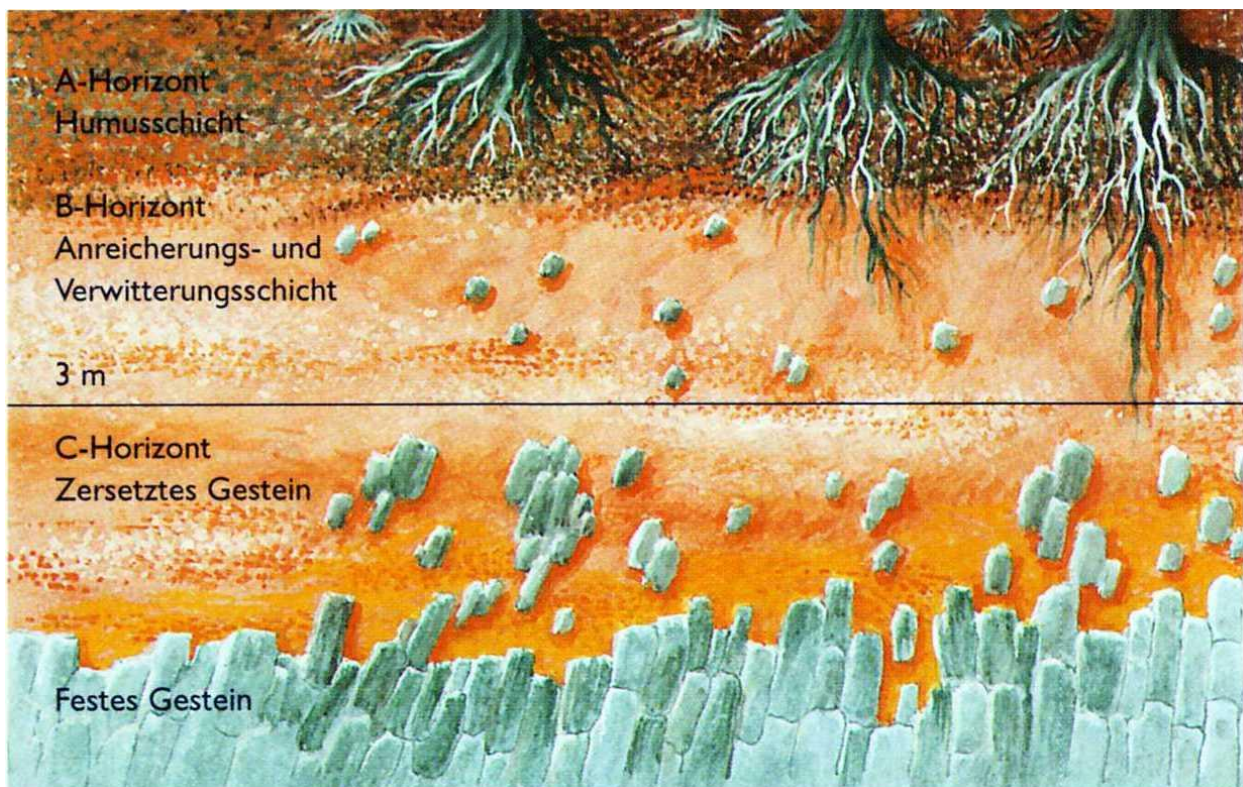


Abb. 5.3: Schematische Abbildung eines Bodenprofils²⁸

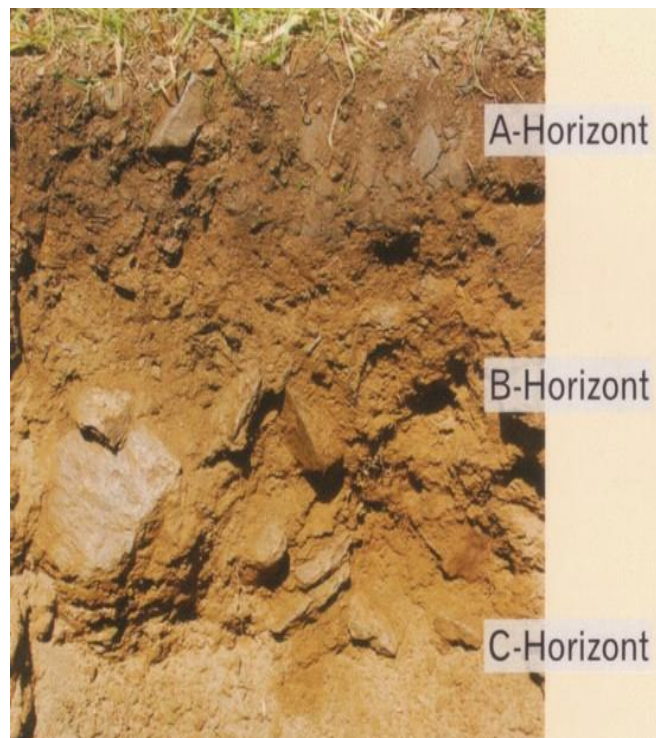
A-Horizont: Der Oberboden oder A-Horizont ist der oberflächlichste Bodenabschnitt mit der größten biologischen Aktivität und dem höchsten Humusgehalt. Er umfasst die Hauptwurzeln und in ihm erfolgt vorwiegend die Humusbildung.

B-Horizont: Der Unterboden oder B-Horizont, ist dichter und fester. Er enthält weniger organische Stoffe und die anorganischen Stoffe sind noch nicht so stark

²⁸ BERGSTEDT, C., *Naturwissenschaften Boden*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2007. S. 11.

verwittert wie im A-Horizont. Er wird auch als Einwaschungshorizont bezeichnet, da gelöste Stoffe aus dem A-Horizont mit dem Wasser nach unten transportiert werden. Wurzeln tief wurzelnder Pflanzen reichen in diese Schicht hinein.

C-Horizont: Er besteht vorwiegend aus unverwittertem Muttergestein und bereits vorverwitterten Teilen davon. Somit liefert der C-Horizont das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung und liegt außerhalb des Wurzelbereiches (Ausgangsgestein).



Braunerde-Bodenprofil²⁹

5.7 Kalkgehalt und pH-Wert des Bodens

Die Bedeutung der Basenversorgung für die Vegetation lässt sich unter anderem daran erkennen, dass auf kalkhaltigen Böden andere Pflanzen vorkommen als auf kalkarmen.³⁰

Zur Schätzung des Kalkgehalts im Gelände wird etwas verdünnte Salzsäure auf eine Bodenprobe gegeben. Die Stärke des Aufbrausens ist ein ungefähres Maß für den Kalkgehalt des Bodens.

²⁹ http://www.herd-und-hof.de/index/modul/portal/kernwert/landwirtschaft/cmd/catalogue_details/block/catalogue_1/field/1731/

³⁰ HOFMEISTER, H., Lebensraum Wald, Verlag Dr. Kessel, Remagen-Oberwinter, 2004. S. 231.

Kalk kann Wasserstoff-Ionen (H^+) chemisch binden. Dadurch wird verhindert, dass kalkhaltige Böden versauern. Solange Kalk im Boden enthalten ist, sinkt dessen pH-Wert nicht unter 7.³¹

Der pH-Wert gehört zu den Faktoren, welche die Bodeneigenschaften und das Pflanzenwachstum besonders stark beeinflussen. Er wirkt sich auf die Verfügbarkeit von Nährstoffen, die Aktivität der Bodenlebewesen und die Humusbildung aus.

Im Gelände ist die Messung des pH-Wertes mit einem Hellige pH-Meter leicht und schnell durchführbar. Man entnimmt eine Bodenprobe direkt unter der Laubstreu, gibt ein paar Tropfen Indikatorflüssigkeit auf die Bodenprobe, wartet 2 Minuten und ermittelt anhand der Färbung den pH-Wert der Bodenprobe (Abb. 5.4).

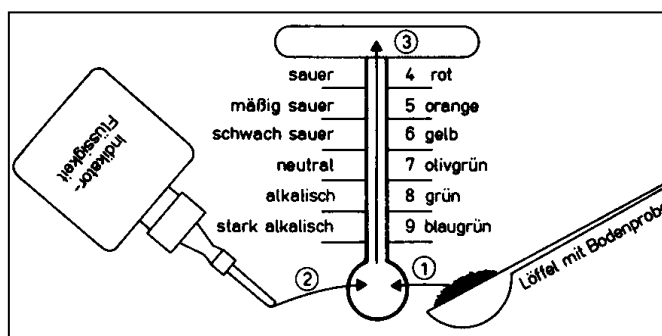


Abb. 5.4: Vorgehensweise mit dem Hellige-pH-Meter³²

5.8 Bodenklima

Das Bodenklima ist das Resultat der Wechselwirkungen zwischen Bodenwasser, Bodenluft und Bodentemperatur. Von ihm sind das Pflanzenwachstum, die Aktivität der Bodenorganismen und die Intensität der Verwitterungsprozesse abhängig.

a) Durchlüftung des Bodens

Je größer das Porenvolumen im Boden ist, desto besser wird er durchlüftet. Böden mit größeren Bodenteilchen (z.B. Sand) sind also besser durchlüftet als solche mit feiner Körnung, wie Tonböden.

b) Wasserhaushalt des Bodens

Grobkörnige Böden sind wasserdurchlässiger als feinkörnige. Das Wasser versickert hier schneller als in feinkörnigen Böden.

Wasserkapazität: Je nach Bodenart wird ein Teil der Niederschläge entgegen der Schwerkraft als Haftwasser festgehalten. Sand mit großen Poren enthält wenig

³¹ BERGSTEDT, C., *Naturwissenschaften Boden*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2007. S. 22.

³² <http://www.kst-chemie.ch>

Haftwasser, Lehm mit kleinen Poren hingegen viel. Die Fähigkeit des Bodens Wasser zu halten wird als Wasserkapazität bezeichnet.

Je kleiner die Bodenteilchen sind, umso größer ist die Gesamtoberfläche aller dieser Teilchen, an die sich Wasser anlagern kann (Abb. 5.5-5.7).

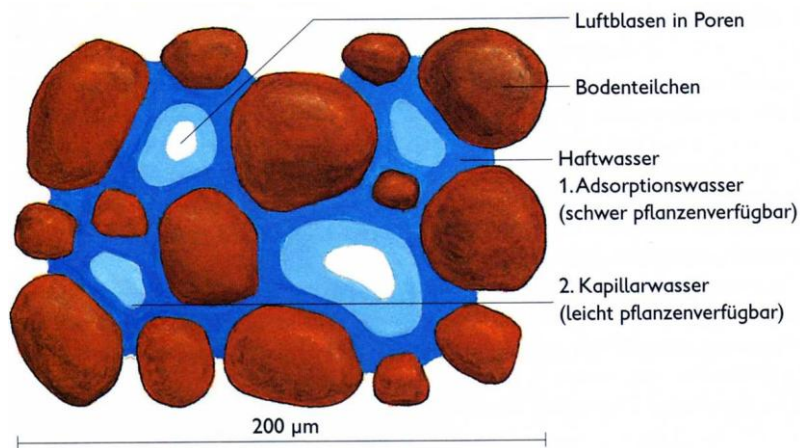


Abb. 5.5: Wasser und Luft im Boden³³

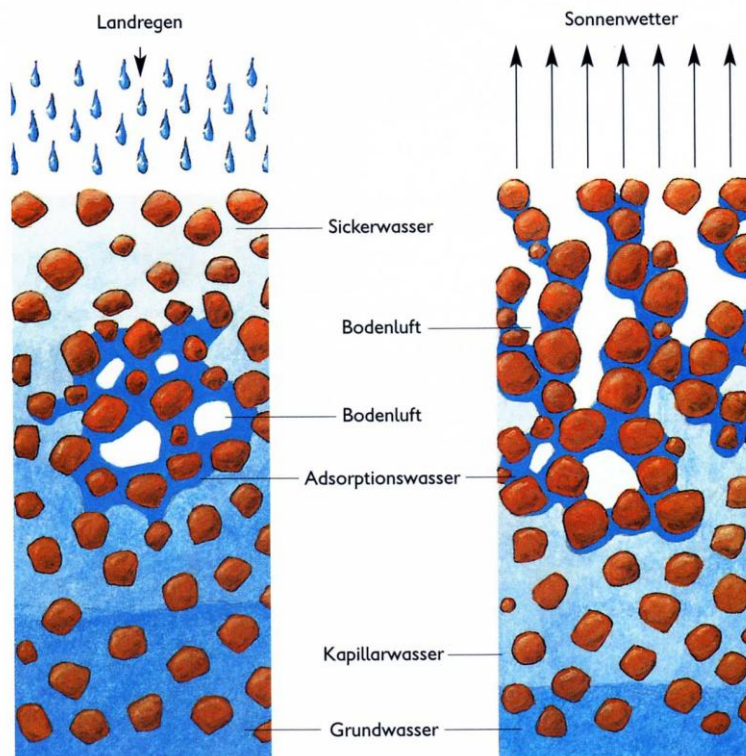


Abb. 5.6: Wasserhaushalt des Bodens³⁴



Abb. 5.7: Oberflächenvergrößerung³⁵

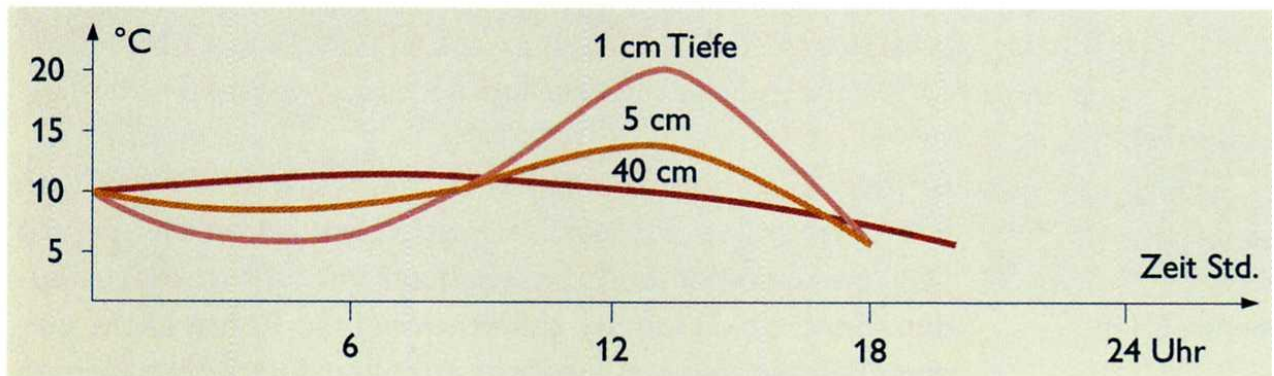
³³ BERGSTEDT, C., *Naturwissenschaften Boden*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2007. S. 16.

³⁴ BERGSTEDT, C., *Naturwissenschaften Boden*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2007. S. 16.

³⁵ BERGSTEDT, C., *Naturwissenschaften Boden*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2007. S. 16.

c) Bodentemperatur

Temperaturschwankungen sind an der Bodenoberfläche stärker als in tieferen Bodenschichten. Tiefere Bodenschichten erwärmen sich auch langsamer (siehe Graphik).



Graphik. Temperaturverlauf in unterschiedlichen Bodentiefen³⁶

Ursache dafür ist die geringe Wärmeleitfähigkeit der Bodenbestandteile, die Ausbreitung der Wärme im Boden erfolgt langsam. Wasser erhöht die Wärmeleitfähigkeit des Bodens, Luft als schlechter Wärmeleiter verringert sie.

Trockene, lockere gut durchlüftete Böden (Sand) leiten die Wärme schlechter als nasse, dichte und luftarme Böden (Ton).

³⁶ BERGSTEDT, C., *Naturwissenschaften Boden*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2007. S. 14.

6. Ausgewählte Waldmassive in Schulinähe

Nach reiflichen Überlegungen habe ich mich für folgende Waldmassive entschieden:

- Für die Schulen der Stadt Luxemburg:
 - Bertrange (*Enneschte Bësch*)
 - Mamer (*Thillsmillen*)
- Für die Schulen von Diekirch und Ettelbrück:
 - Reste des Schluchtwaldes hinter der Turnhalle vom *Nordstadlycée*
 - *Leembierg*
- Für die Schulen von Echternach:
 - Ferschweiler Plateau
 - *Wollefsschlucht*
 - Berdorf
- Für die Schulen von Grevenmacher:
 - *Syrdall* Manternach-Mertert

Ein passender Standort für diese Arbeit muss eine Reihe von Kriterien erfüllen, damit die Schüler den Zusammenhang zwischen Geologie, Boden und Vegetation so eigenständig wie möglich erarbeiten und verstehen können:

- Die wirkenden Standortfaktoren müssen sehr klar und ohne Zweideutigkeiten zu bestimmen sein.
- Geologische Aufschlüsse (Steinbrüche, Straßeneinschnitte sollen in direkter Nähe sein um das Muttergestein untersuchen zu können.
- Die Gesteinsschichten sollen leicht zu erkennen sein, damit die Wechselwirkungen zwischen der Beschaffenheit und die Zusammensetzung des Bodens ersichtlich sind.
- Der Standort muss sich in der Gegend einer Schule befinden, um den Zeitaufwand des Transports zu verringern.
- Vorteilhaft ist auch, wenn ein Standort zwei Untersuchungsflächen aufweisen kann, die sich nur in einem Standortfaktor unterscheiden wie zum Beispiel die Beleuchtungsintensität, die Luftfeuchtigkeit oder die Hanglage (Nord/Süd), ... so wird den Schülern der Einfluss eines Standortfaktors auf die Vegetation ganz klar vor Augen geführt.
- Eine Untersuchungsfläche muss einheitliche Standortbedingungen aufweisen und darf keine verschiedenartigen Pflanzengesellschaften umfassen.

Ich habe keine Standorte aus dem Wuchsgebiet Minette gewählt, da meine Kollegin Tania Simon dieses Gebiet ausführlich in ihrem *Travail de Candidature* von 2007 beschrieben hat, deshalb verweise ich auf ihre Arbeit „Réalisation d'un sentier didactique dans la zone "Habitats" du réseau Natura 2000 d'Esch/Alzette“, welche bei der Forstverwaltung erhältlich ist und ich werde somit nicht weiter auf dieses Gebiet eingehen.

6.1 Luxemburg Stadt (Bertrange und Mamer)

6.1.1 Bertrange (*Enneschte Bësch*)³⁷

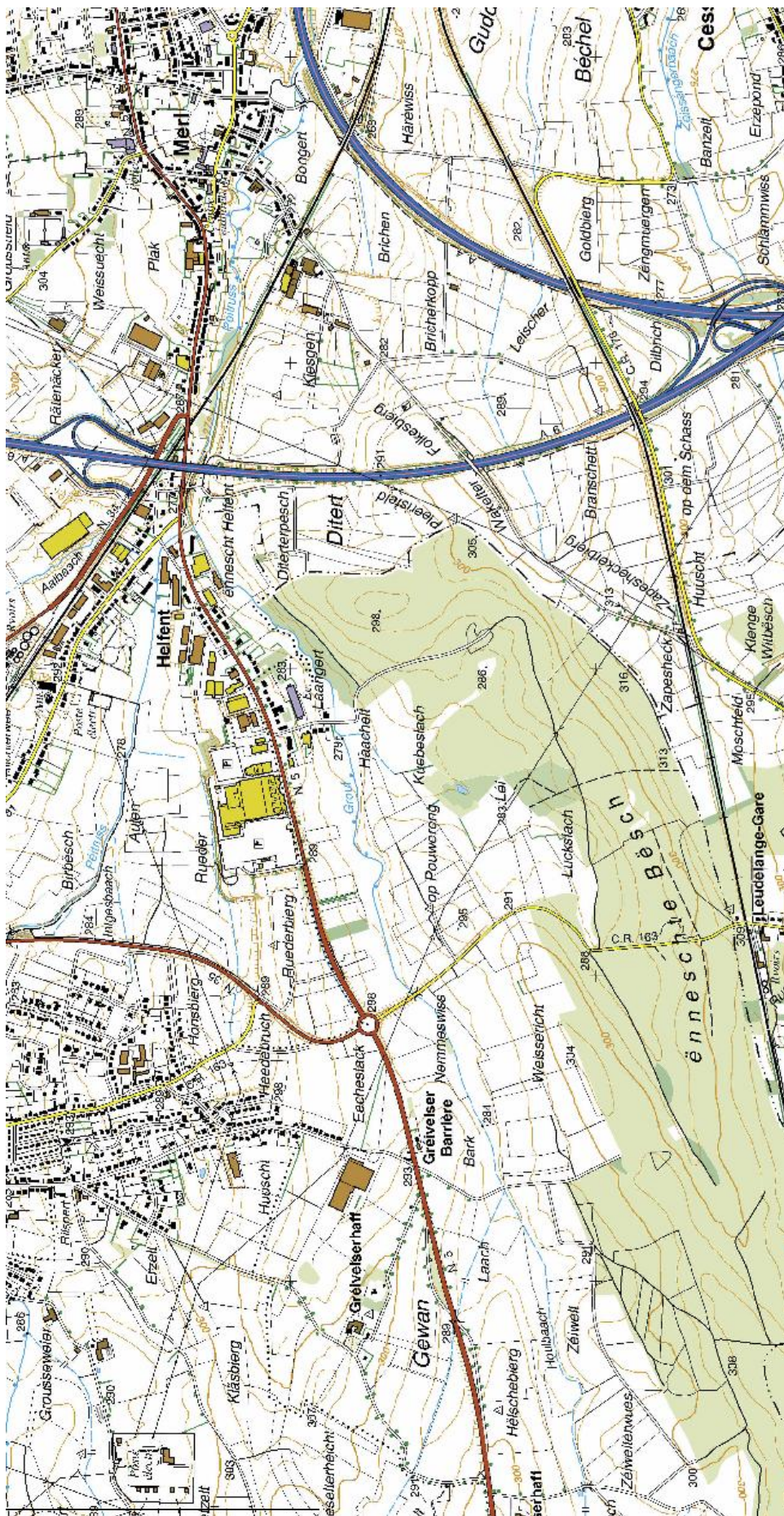
In dem Naturwaldreservat des *Enneschte Bësch* habe ich zwei Standorte gewählt, die sich durch die Hanglage und den Wassergehalt des Bodens unterscheiden mit entsprechenden Konsequenzen auf die Zusammensetzung der Vegetation.

Ich werde mit einer allgemeinen Beschreibung des *Enneschte Bësch* beginnen und später auf die Unterschiede der zwei Standorte eingehen.

a) Geographische Lage

Das Naturwaldreservat liegt südwestlich von Luxemburg zwischen Bertrange und *Schléiwenhaff* und umfasst den östlich des C.R.163 gelegenen Teil des Waldgebietes *Enneschte Bësch*. Das Naturwaldreservat befindet sich im Wuchsgebiet „Gutland“ (Karte 1).

³⁷ TOBES, R., WEVELL VON KRÜGER, A., BROCKKAMP, U., *Enneschte Bësch*, Administration des Eaux et Forêts du Grand-Duché de Luxembourg - Service de l'Aménagement des Bois et de l'Economie Forestière, Luxembourg, 2008. S. 12-13.

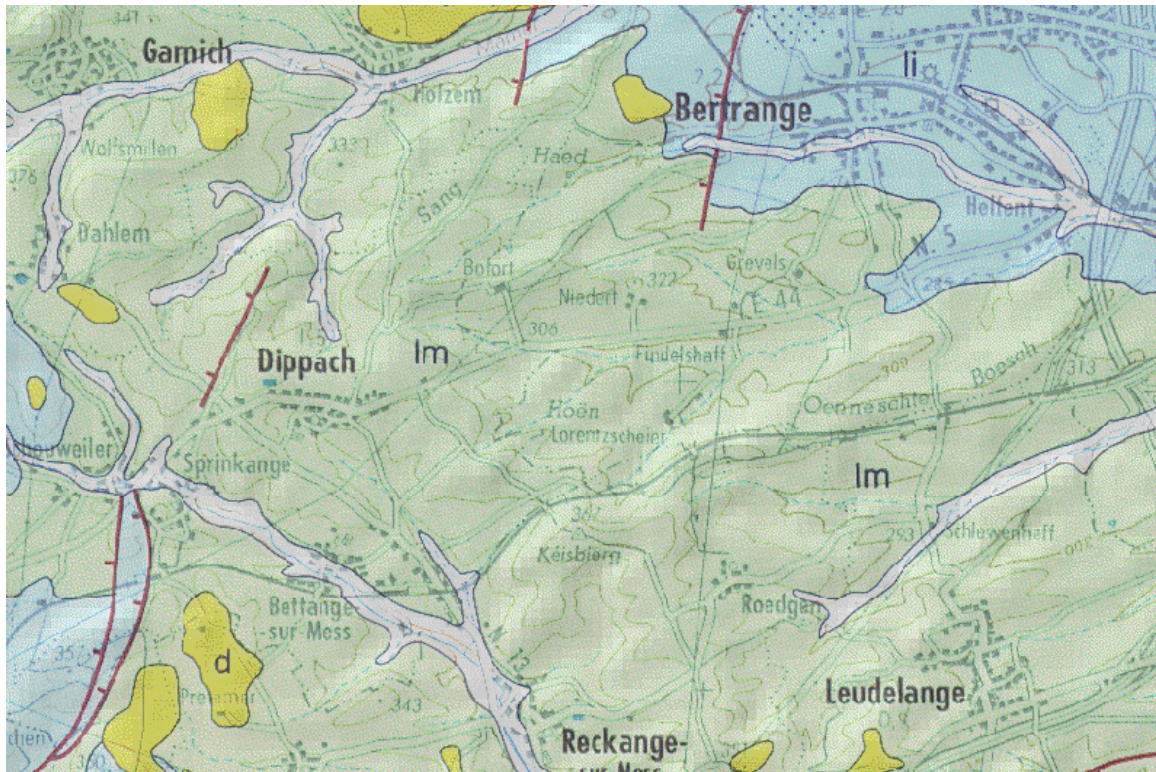


Karte 1: Maßstab
1:20000 Übersicht
Enneschte Bësch
und Umgebung³⁸

³⁸ © Origine : Administration du Cadastre et de la Topographie, Droits réservés à l'Etat du Grand-Duché de Luxembourg (1998-2000).

b) Geologie

Der Wald stockt auf den fossilarmen Tonen des mittleren Lias (siehe geologische Karte). Über das gesamte Naturwaldreservat verteilt finden sich dunkelgraue, zum Teil etwas sandige Mergel mit blättriger Struktur, die so genannten „Blättermergel“.



Karte 2: Geologische Karte von Bertrange-Leudelange³⁹
(Im = mittlerer Lias, li = unterer Lias)

c) Pedologie

Im *Enneschte Bësch* finden wir mittelschwere, bis schwere tonhaltige Böden mit mäßiger bis starker Vernässung. In den Hängen läuft das Wasser besser ab, dort ist der Boden nicht so sumpfig wie am Hangfuß.

d) Morphologie und Standortbedingungen

Das Gelände fällt nach Nordosten hin leicht ab. Die muldenförmigen Täler, die durch die Auswaschung/Erosion der weicheren Gesteinsschichten des Lias entstanden sind, sind von zahlreichen Wasserläufen durchsetzt.

³⁹ <http://www.geologie.lu/geolwiki/index.php/BERTRANGE>

e) Vegetation

Das Naturwaldreservat *Enneschte Bäsch* setzt sich fast ausschließlich aus Eichen-Hainbuchen- und Buchenwäldern zusammen.

Im Norden auf den feuchteren Standorten sind die Eichen-Hainbuchenwälder mit einer üppigen Strauchschicht (u.a. Blutroter Hartriegel (*Cornus sanguinea* L.), Feldahorn (*Acer campestre* L.), Kriechende Rose (*Rosa arvensis* HUDS.), Weißdornarten, ...) und Krautschicht (u.a. Wald-Schlüsselblume (*Primula elatior* (L.) HILL), Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria* L.), Kleines Immergrün (*Vinca minor* L.), Moschuskraut (*Adoxa moschatellina* L.), ...) vertreten.

Im Süden, auf den etwas trockeneren Standorten sind Perlgras-Waldmeister-Buchenwälder anzutreffen.

f) Standort 1 und 2

Standort 1 (siehe Karte 3):

Wir befinden uns in einem Eichen-Hainbuchenwald, typisch für tonige, feuchte Böden wie es hier der Fall ist. Als feuchtigkeitsliebende Pflanze der Krautschicht ist die Wald-Schlüsselblume hier sehr häufig.

Außerdem zu finden sind: Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.), Zweigriffliger Weißdorn (*Crataegus laevigata* (POIRET) DC.) (Lehmzeiger), Eingriffliger Weißdorn (*Crataegus monogyna* JACQ.) (Lehmzeiger), Hasel (*Corylus avellana* L.), Buschwindröschen (*Anemone nemorosa* L.), Scharbockskraut, Gefleckter Aronstab (*Arum maculatum* L.), Kriechende Rose, Frauenfarn (*Athyrium filix-femina* (L.) ROTH), Flattergras (*Milium effusum* L.), Waldsegge (*Carex sylvatica* HUDS.), Waldmeister (*Galium odoratum* (L.) SCOP.) (Anzeiger für fruchtbare Böden) und Vielblütige Weißwurz (*Polygonatum multiflorum* (L.) ALL.).

Beim Betrachten der Laubstreu fällt auf, dass das Laub relativ gut zersetzt ist, zudem kann man Wurm Kot erkennen. Es handelt sich hier um den Humustyp Mull, ein guter Humus, der auf einen nährstoffreichen Boden hinweist.

Standort 2 (siehe Karte 3):

Auf dem Weg zum Standort 2 wird der Boden zunehmend trockener, sofort werden auch die Rotbuchen häufiger. Rotbuchen bevorzugen einen drainierten Boden, in dem das Wasser besser ablaufen kann, sie vertragen keine Staunässe, deshalb sind

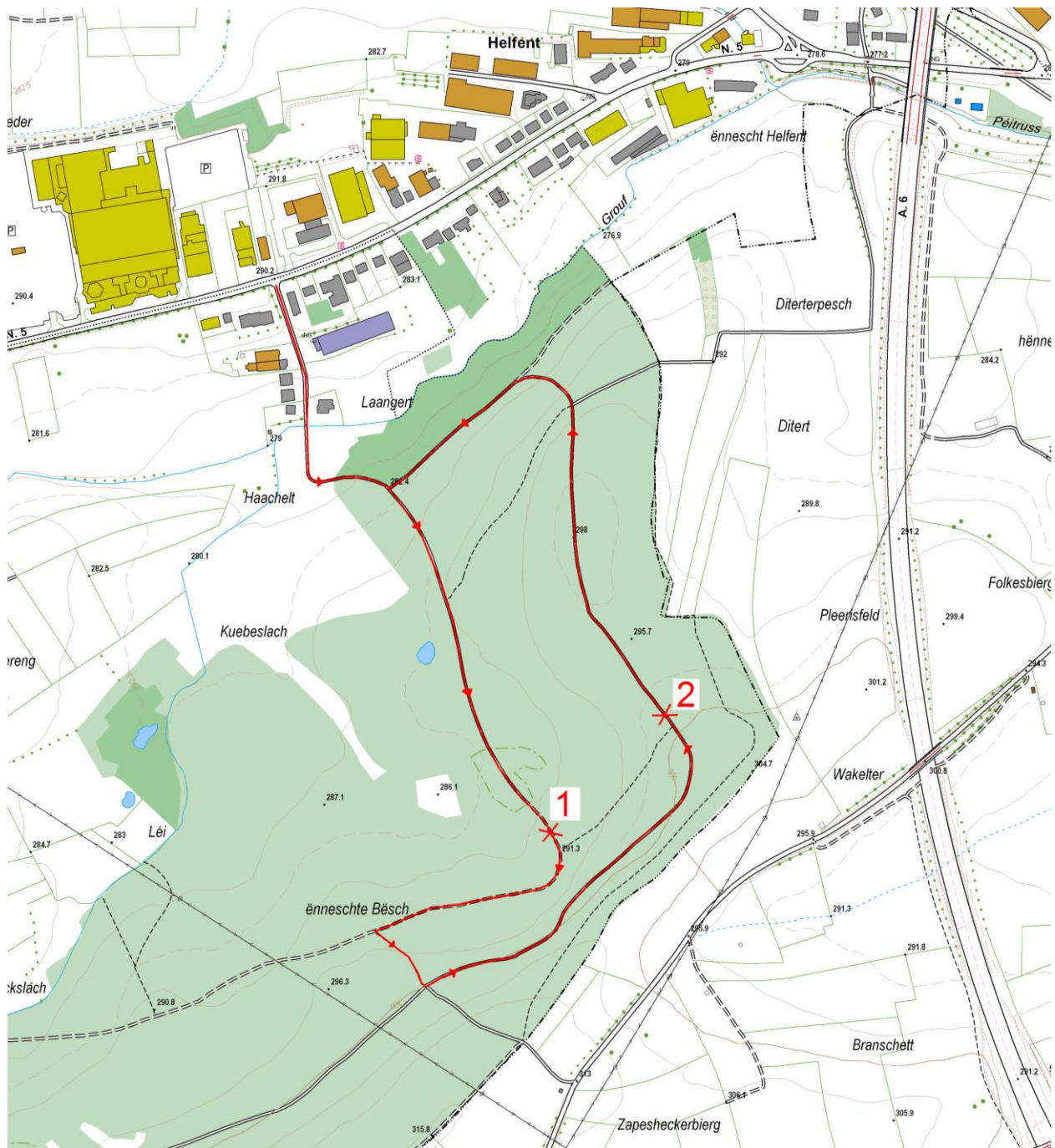
sie im *Enneschte Bäsch* auch eher in den Hängen zu finden und verschwinden, wenn der Hangfuß erreicht ist.



Rotbuchen im Hang

Stellenweise fällt auf, wie spärlich die Krautschicht ausgebildet ist im Gegensatz zu Standort 1. Rotbuchen haben sehr dichte Kronen, deshalb gelangt wenig Sonnenlicht auf den Waldboden und somit haben eigentlich fast nur die Frühblüher die Gelegenheit zu blühen, wenn die Bäume noch keine Blätter tragen.

Beim Betrachten der Laubstreu fällt auf, dass die Laubschicht dicker ist als bei Standort 1, weil das Laub der Rotbuchen nur langsam zersetzt wird. Es hat eine Abbaugeschwindigkeit von ungefähr 3 Jahren.



Karte 3: Maßstab 1:5000 Rundweg „Ennëscht Bësch“⁴⁰

⁴⁰ BD-L-TC 203 © Origine : Administration du Cadastre et de la Topographie, Droits réservés à l'Etat du Grand-Duché de Luxembourg (2004).

g) Forstliche Nutzungsgeschichte⁴¹

Der *Enneschte Bësch* wurde historisch als Mittelwald genutzt: Dabei bleiben einzelne Oberhölzer stehen, die lediglich bei Bedarf stammweise als Bauholz geschlagen wurden. Die ehemalige Mittelwaldwirtschaft ist an den kurzschäftigen Stämmen, mit weit ausladenden, niedrig angesetzten Kronen zu erkennen (Abb. 6.1).



Abb. 6.1: Mittelwald⁴²

Zwischen 1994 und 2002 wurden auf kleiner Fläche Jungbestandspflege und Durchforstungsmaßnahmen durchgeführt. Seit 2002 werden keine Durchforstungen und sonstige forstliche Maßnahmen mehr im Untersuchungsgebiet durchgeführt.

h) Erwähnenswertes/Wissenswertes

Naturwaldreservat⁴³

- Naturwaldreservate (NWR) in Luxemburg

Aufgrund der Bedeutung für den Artenschutz und unserer Verpflichtung, diese weltweit nur wenig verbreiteten Waldökosysteme zu schützen, begann man in Luxemburg 1999 mit den Planungen zur Ausweisung von Naturwaldreservaten. Ziel ist es bis 2010 5 % der Landeswaldfläche als *zone protégée* unter Schutz zu stellen und ihrer natürlichen Entwicklung zu überlassen. Der *Enneschte Bësch* ist Teil des Luxemburger Naturwaldnetzes. Momentan sind sechs Naturwaldreservate ausgewiesen.

⁴¹ TOBES, R., WEVELL VON KRÜGER, A., BROCKKAMP, U., *Enneschte Bësch*, Administration des Eaux et Forêts du Grand-Duché de Luxembourg - Service de l'Aménagement des Bois et de l'Economie Forestière, Luxembourg, 2008. S. 13.

⁴² HOFMEISTER, H., NOTTBOHM, G., *Ökologie der Wälder*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart; Jena; New York, 1995. S. 65.

⁴³ <http://mayago.lu/de/s/2/20/295>

Liste der aktuellen Naturwaldreservate in Luxemburg⁴⁴:

Name	Gemeinde	Größe
<i>Laangmuer</i>	Niederanven	103 ha
<i>Pëttëner Bësch</i>	Mersch	67 ha
<i>Beetebuerger Bësch</i>	Bettembourg	237,32 ha
<i>Enneschte Bësch</i>	Leudelange	87 ha
<i>Grouf</i>	Schengen	154ha
<i>Haard</i>	Dudelange	157 ha

Die Ausweisung von Waldschutzgebieten ist auch für die Forschung von besonderer Bedeutung, denn aufgrund der jahrhundertelangen, zum Teil sehr intensiven Nutzung der mitteleuropäischen Wälder, sind uns viele der natürlichen Prozesse und Strukturen dieser Ökosysteme weitgehend unbekannt und können nur durch Untersuchungen in anderen Regionen abgeleitet werden.

- Die Bedeutung von Naturwaldreservaten für den Artenschutz

Die lange intensive Nutzung der Wälder durch den Menschen hat Spuren hinterlassen, die unsere Waldökosysteme auch heute noch prägen. Obwohl sich mittlerweile eine nachhaltige Forstwirtschaft durchgesetzt hat, können sich bei einer wirtschaftlichen Nutzung viele natürliche Prozesse, wie das Altern und Absterben von Bäumen nicht oder nur in einem sehr begrenzten Maße einstellen.

Der Mangel an liegendem und stehendem Totholz hat in unseren Wirtschaftswäldern dazu geführt, dass heute viele Tier- und Pflanzenarten in ihrem Bestand gefährdet sind.

Sicher ist, dass die Umwandlung der ehemaligen Wirtschaftswälder in die „Urwälder von morgen“ viel Zeit benötigt. Denn die Lebensdauer von Bäumen bedingt, dass sich angestoßene Entwicklungen im Wald erst Jahrzehnte bis Jahrhunderte später sichtbar auswirken. Wie bei vielen Projekten im Naturschutz ist also auch hier Geduld gefragt.

⁴⁴ http://www.environnement.public.lu/conserv_nature/dossiers/PNPN/PNPNvfinale200407-2.pdf

- Welche Wälder werden *Naturbëscher*?

Bei der Auswahl der Waldgebiete, die als Naturwaldreservate geschützt werden sollen, spielen unterschiedliche Faktoren eine Rolle. Zum einen sollen die *Naturbëscher* möglichst alle in Luxemburg vorkommenden Waldgesellschaften repräsentieren, zum anderen müssen die Flächen eine Mindestgröße aufweisen, damit sich die natürliche Eigendynamik der Wälder einstellen kann. Ein weiteres Auswahlkriterium ist die Naturnähe.

Zu den potentiellen und tatsächlichen Naturwaldreservaten gehören daher Wälder, deren Artenzusammensetzung und Vegetationsstruktur besonders naturnah ausgeprägt sind oder ein hohes Entwicklungspotential besitzen. Hinzu kommen Wälder, die Waldgesellschaften repräsentieren, welche in Luxemburg sonst nur wenig verbreitet sind. Als Mindestgröße wurden 50 ha festgelegt. Bei kleineren Waldgebieten besteht die Gefahr, dass die Einflüsse von außen zu groß werden und sich die natürliche Entwicklung der Wälder nicht einstellen kann.

Mardellen

Eine Mardelle ist eine kleine, rundliche, mit Torf gefüllte Hohlform, die durch Auslaugung von Kalzit in verschiedenen Lagen des Bodens entstanden ist.

Der Standort *Enneschte Bësch* weist mehrere Mardellen auf. Die Erhaltung der Mardellen als Waldtümpel ist eine wichtige Naturschutzaufgabe, um ihre Funktion als Amphibienlaichplatz und Wildtränke zu garantieren.



Mardelle

Ameisenhaufen

Die roten Waldameisen stehen in Luxemburg unter Naturschutz aber leider kommt es immer wieder vor, dass Ameisenhaufen durch Unwissenheit zerstört werden.

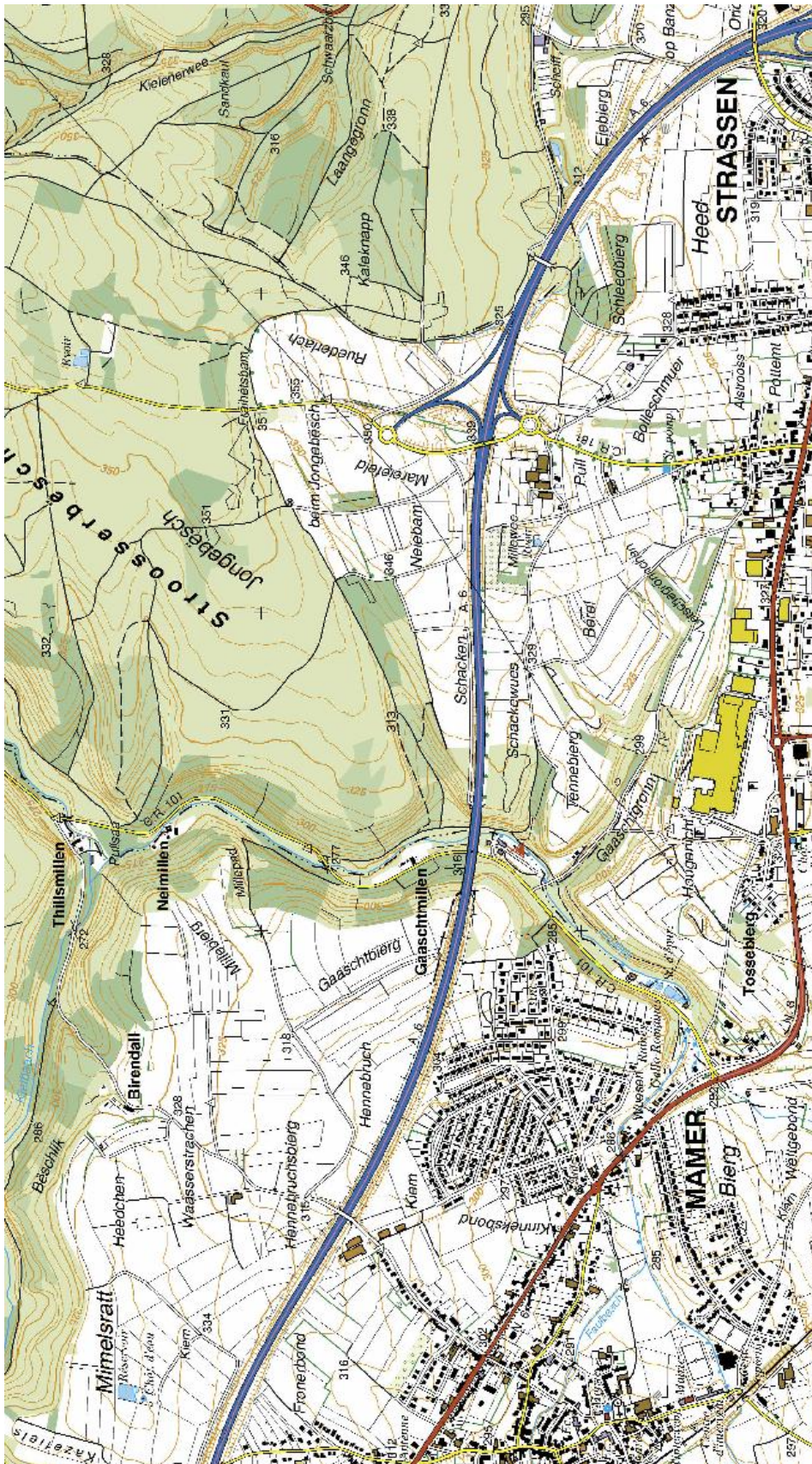
Hinter dem Eingang zum *Enneschte Bësch* führt ein Weg nach rechts. Folgt man diesem Weg, wird man auf der linken Seite einen großen Ameisenhaufen erkennen. Dort können die Schüler, zum Beispiel mit Hilfe eines Arbeitsblattes (Anhang 6), auf die Nützlichkeit der Ameisen aufmerksam gemacht werden.

i) Zufahrtsmöglichkeiten

Der *Enneschte Bësch* ist mit der Buslinie 6 (Bertrange, Helfent) zu erreichen. Die Klassen der Schulen des *Geesseknäppchen* können sogar an der Bushaltestelle *Place de France* zusteigen. Ziel ist die Bushaltestelle *Helfenter Brück* von der es zu Fuß noch 10 Minuten bis zum Eingang des Waldes sind. Von der Bushaltestelle gelangt man über eine kleine Unterführung auf den Feldweg, der direkt in den Wald führt (Karte 2).

6.1.2 Mamer (Thillsmillen)

a) Geographische Lage



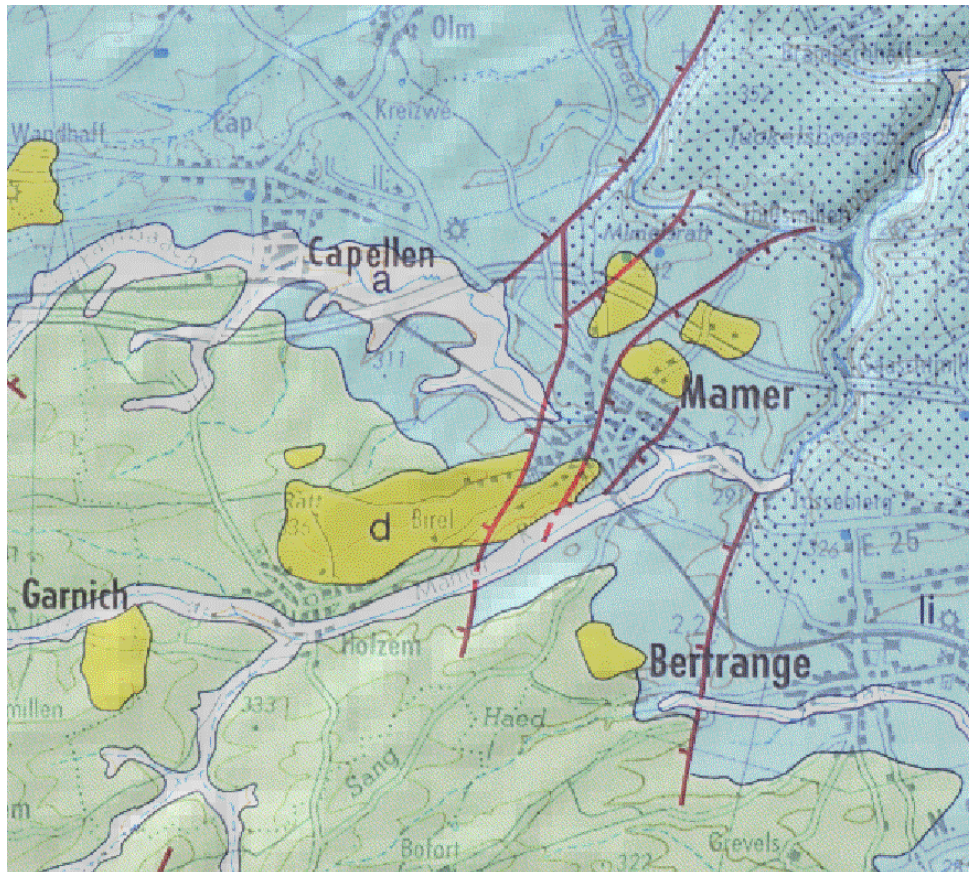
Karte 4: Maßstab
1:20000 Übersicht
Mamer, Thillsmillen
und Umgebung⁴⁵

⁴⁵ © Origine : Administration du Cadastre et de la Topographie, Droits réservés à l'Etat du Grand-Duché de Luxembourg (1998-2000).

Der Wanderweg liegt westlich von Luxemburg zwischen Strassen (*Tossebiertg*) und Mamer. Er beginnt bei der *Thillsmillen* und führt entlang den C.R. 101 an der Kläranlage vorbei (Karte 4).

b) Geologie

In den Hängen links und rechts der Mamer steht Luxemburger Sandstein an (siehe Luxemburger Sandstein Wolfsschlucht, Allgemeines).



Karte 5: Geologische Karte von Mamer⁴⁶

(a = Alluvium der Täler, d = Diluvium im Allgemeinen, li = unterer Lias)

Im Tal selbst haben wir es mit Alluvium der Mamer zu tun. Das Alluvium besteht aus Material (Sandsteine, Sandkörner, Tonmineralien und Humus), das die Mamer mitgeführt und abgelagert hat. Die Talaue ist flach, feucht bis durchnässt (zahlreiche Überschwemmungen) und nährstoffreich.

Das Mamertal ist reich an Quellen. Diese entstehen an der Grenze des Luxemburger Sandsteins zu den darunter liegenden Mergel- und Kalklagern, den so genannten Basis- oder Psilonotenschichten. Da das Quellwasser zuerst den kalkhaltigen Sandstein durchquert hat, ist es ein hartes Wasser (d.h. es führt viel Karbonate im

⁴⁶ <http://www.geologie.lu/geolwiki/index.php/MAMER>

aufgelösten Zustand (HCO_3^-) mit. Beim Austritt der Quelle entsteht oft Kalktuff (Kristallisation von neuem Kalk) mit besonders wertvoller Vegetation.

Die Mamer selbst fließt an manchen Stellen unmittelbar über die flachen Kalkbänke der Pylonotenschichten. Es hat den Anschein, als fließe der Bach über einen Fliesenboden.



Pylonotenschichten

c) Pedologie

Die Böden der Hanglagen entwickeln sich auf Hangschutt, sind luft- und wasserdurchlässig, an den Hangkanten trocken und nährstoffarm, am Hangfuß feucht, frisch und durch Hangsickerwasser mit Mineralien angereichert.

Die Böden der Talauen sind moorig, schlecht durchlüftet, stark durchnässt und nährstoffreich durch zahlreiche Überschwemmungen und Ablagerungen.

d) Morphologie und Standortbedingungen

Da die Mamer sich im Laufe der Zeit in das harte Gestein eingegraben hat, ist ihr Tal sehr eng und oft feucht.

e) Vegetation

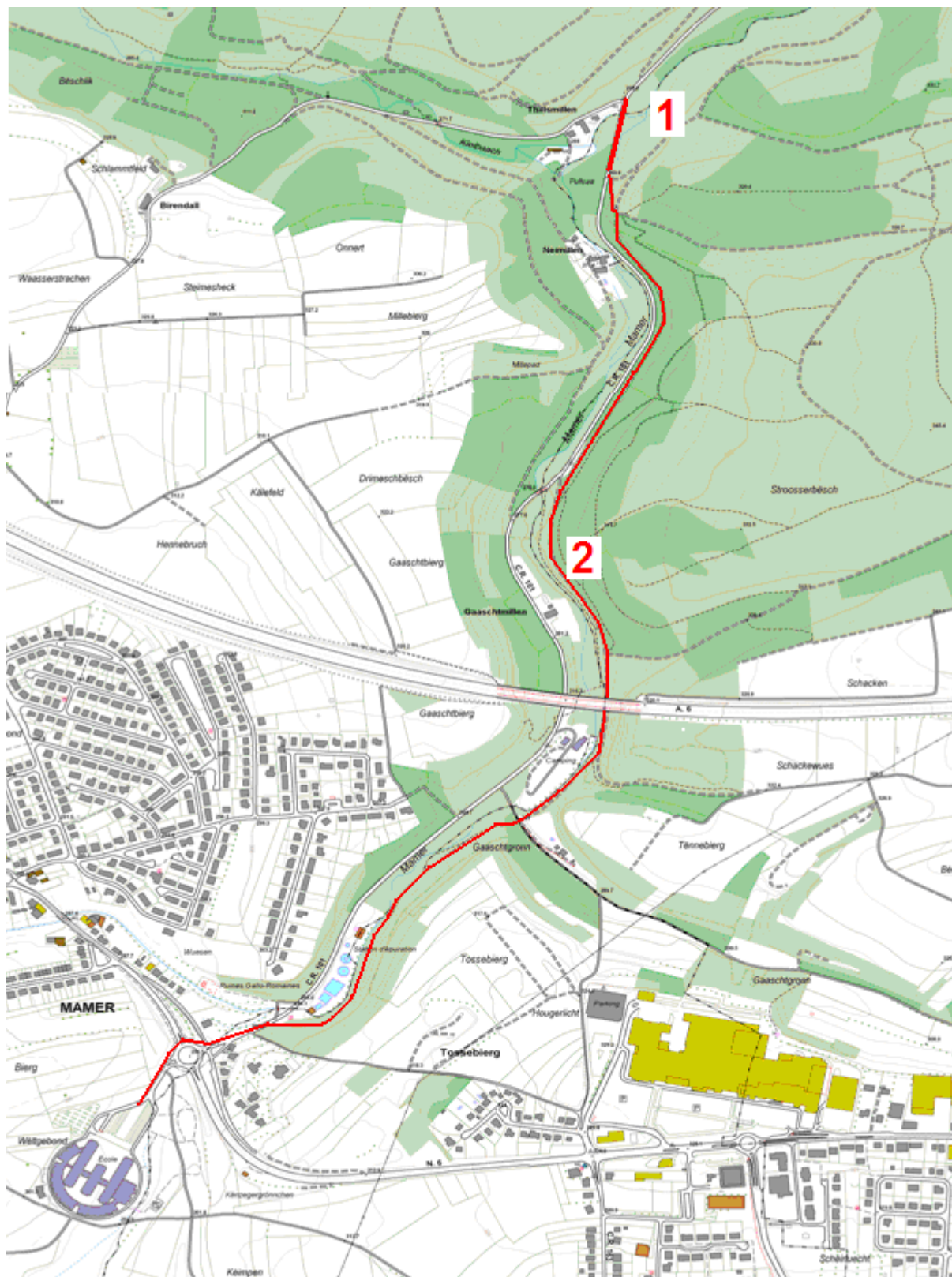
Diese Wanderung eignet sich sehr gut, um die Auswirkungen von Wasser- und Luftgehalt im Boden auf die Vegetation wahrzunehmen.

Entlang der Mamer befindet sich ein Auenwald und auf den sandigen Böden über der Mamer stockt der Rotbuchenwald.

f) Standort 1 und 2

Standort 1 (siehe Karte 6):

Kurz nach der *Thillsmillen*, auf der rechten Seite an der Mamer, ist ein Auenwald mit viel Bärlauch (*Allium ursinum* L.) zu sehen. Der Boden ist hier moorig, er enthält mehr Feinmaterial, was dazu führt, dass Wasser weniger gut abfließen kann. Durch Überschwemmungen ist es auch zu einer Anreicherung von Nährstoffen gekommen. Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior* L.), Stieleiche (*Quercus rubur* L.), Schwarzerle (*Alnus glutinosa* (L.) GAERTN.) sind hier ebenfalls vertreten, sowie Gewöhnliches Hexenkraut (*Circaea lutetiana* L.), Einblütiges Perlgras (*Melica uniflora* RETZ.) und Geißfuss (*Aegopodium podagraria* L.).

Karte 6: Maßstab 1:5000 Mamer⁴⁷

⁴⁷ BD-L-TC 195/199 © Origine : Administration du Cadastre et de la Topographie, Droits réservés à l'Etat du Grand-Duché de Luxembourg (2004).

Standort 2 (siehe Karte 6):

Wir treffen einen typischen Hainsimsen-Buchenwald an.

Waldhainsimse (*Luzula sylvatica* (HUDS.) GAUDIN) und Weißliche Hainsimse (*Luzula luzoloides* (LAM.) DANDY et WILMOTT) stehen hier nahe beieinander und weisen doch auf andere Merkmale hin.

Die Waldhainsimse zeigt Hangsickerwasser an.

Die Weißliche Hainsimse ist die Charakterpflanze des bodensauren Buchenwaldes und weist hier auf lokale Versauerung hin.

Ebenfalls aufzufinden sind:

Berg-Weidenröschen (*Epilobum montanum* L.), Kleine Braunelle (*Prunella vulgaris* L.), Rainkohl (*Lapsana communis* L.), Mauerlattich (*Myelis muralis* (L.) DUM.), Waldziest (*Stachys sylvatica* L.), Knotige Braunwurz (*Scrophularia nodosa* L.), Gewöhnlicher Seidelbast (*Daphne mezereum* L.), Wald-Zwenke (*Brachypodium sylvaticum* (HUDS.) BEAUV.), Hain-Sternmiere (*Stellaria nemorosum* L.), Gewöhnliches Hexenkraut (*Circaea lutetiana* L.), Gewöhnliche Pestwurz (*Petasites hybridus* (L.) P. GAERTN.), Wald-Engelwurz (*Angelica sylvestris* L.), Huflattich (*Tussilago farfara* L.), Taumel-Kälberkropf (*Chaerophyllum temulum* L.), Gewöhnliche Nelkenwurz (*Geum urbanum* L.), Moschuskraut (*Adoxa moschatellina* L.), Kriech-Quecke (*Elymus repens* (L.) GOULD), Echtes Mädesüß (*Filipendula ulmaria* (L.) MAXIM.), Nesselblättrige Glockenblume (*Campanula trachelium* L.), Pfirsichblättrige Glockenblume (*Campanula persicifolia* L.), Fuchs-Greiskraut (*Senecio ovatus* (P. GAERTN., B. MEY. et SCHERB.) WILLD.) und Schöllkraut (*Chelidonium majus* L.).

Etwas weiter Richtung Kläranlage sind zwischen den Buchen Kiefern zu sehen, was sich folgendermaßen erklären lässt:

Die Kiefern sind hier nicht „einheimisch“, sondern wurden hier bewusst angepflanzt, um den jungen Buchen nach einem Kahlschlag das Heranwachsen zu ermöglichen. Junge Buchen, empfindlich gegen zu hohe Sonneneinstrahlung, wachsen im Halbschatten der Bäume heran. Nach einem Kahlschlag sind diese Bedingungen nicht mehr gegeben.

Außerdem findet man hier sämtliche Farne wie Wurmfarne (*Dryopteris filix-mas* (L.) SCHOTT), Frauenfarne (*Athyrium filix-femina* (L.) ROTH), Adlerfarne (*Pteridium*

aquilinum (L.) KUHN), Gewöhnlicher Tüpfelfarn (*Polypodium vulgare* L.), Brauner Streifenfarn (*Asplenium trichomanes* L.), Dornfarnarten und zahlreiche Winterschachtelhalme (*Equisetum hyemale* L.) entlang der Mamer, die auf einen sandigen Boden hinweisen.

Die Rotbuchen (*Fagus sylvatica* L.) die im „Tal“ entlang des Ufers zu finden sind, weisen ebenfalls auf eine gute Drainage des Bodens hin und bestätigen somit den Sandboden in dem Wasser gut abfließen kann.



Tal der Mamer mit Rotbuchen und Winterschachtelhalmen

Auf der anderen Uferseite präsentiert sich ein etwas anderes Bild, denn hier tritt die Schwarzerle (*Alnus glutinosa* (L.) GAERTN.) vermehrt auf. Dies deutet darauf hin, dass es hier häufig zu einem Sauerstoffmangel im Boden kommt, was sich aus der verstärkten Sedimentierung von Feinmaterial an dieser Stelle erklärt (ähnliche geomorphologische Situation wie *Ferschweiler Plateau*, Abb. 6.6).

g) Forstliche Nutzungsgeschichte⁴⁸

An den weniger wuchskräftigen Lagen mit ärmeren Bodenverhältnissen hat die Forstwirtschaft die anspruchslose Waldkiefer eingeführt. Aus wirtschaftlichen Gründen aber öfters auch wegen Schwierigkeiten bei der Naturverjüngung der Rotbuche in diesen trockenen Standorten, werden die auf armen Böden noch

⁴⁸ BECHET, G., JACOBS, J., MEYER, M., SCHAULS R., *Eise Bësch*, Mouvement Ecologique, Natura, Luxembourg, 1993. S. 59.

leistungsstarken Kiefern angepflanzt. Im Halbschatten dieser äußerst lichtdurchlässigen Baumart wächst dann die nächste Rotbuchengeneration heran.

h) Erwähnenswertes/Wissenswertes

Auenwald

Erwähnenswert ist bei dieser Wanderung vor allem der Auenwald (Abschnitt 2.2.4.b). Die Anpassungen der Erlen an sauerstoffarme, nasse Böden können die Schüler mit Hilfe eines Arbeitsblattes (Anhang 6) erarbeiten.

Bärlauch

Bärlauch ist verwandt mit Schnittlauch, Knoblauch und Zwiebel. Sein Geruch ähnelt dem des Knoblauchs. Er kommt vor allem in moorigen Standorten vor wie es entlang der Mamer der Fall ist.

Bärlauch wird gerne in der Küche eingesetzt, dabei werden vor allem die Blätter zum Würzen verwendet. Weil die Blätter vor der Blüte gesammelt werden, da sie sonst bitter schmecken, kommt es immer wieder zu Verwechslungen mit dem Maiglöckchen, dem Aronstab oder der Herbstzeitlosen. Diese drei Pflanzen sind höchst giftig und Vergiftungen können tödlich enden.

Der Knoblauchgeruch beim Zerreiben der Bärlauchblätter ist allerdings ein guter Erkennungshinweis.

Option Mamer *op der Dréps* mit Wasseranalyse der *Kielbaach* und Picknick

Bei der *Thillsmillen* befindet sich der Platz *op der Dréps*, hier kann man sich hervorragend erfrischen und picknicken. Möchte man einen ganzen Tag außerschulisch gestalten, bietet es sich an, eine Wasseranalyse der *Kielbaach* vorzunehmen und mit der der Mamer zu vergleichen.

Kleines Springkraut - Neobiota⁴⁹

Entlang des Wanderwegs trifft man sowohl auf das einheimische Echte Springkraut (*Impatiens noli-tangere* L.), als auch auf das Kleine Springkraut (*Impatiens parviflora* DC.), das zu den Neobiota (v. griech. *neos* „neu“; *bios* „Leben“) gehört.

⁴⁹ Unterricht Biologie, Ausgabe 344, *Neobiota*, Friedrich Verlag, Seelze/ Velber, 2003. S. 41-43.



Kleines Springkraut

Neobiota sind Organismen die von Menschen nach 1492, also etwa seit der Entdeckung Amerikas durch Kolumbus, bewusst oder unbewusst eingeführt wurden oder sich aufgrund menschlicher Aktivitäten ausbreiten konnten. In ihrer neuen Heimat müssen sich die eingewanderten Arten der einheimischen Konkurrenz stellen. Dieser „Wettbewerb“ kann ganz unterschiedlich ausgehen:

- Die Art verschwindet wieder weil sie z.B. nicht winterhart ist oder Probleme bei der Ausbreitung hat.
- Die neue Art findet eine freie ökologische Nische vor und kann sich konkurrenzlos ausbreiten
- Die einheimische Art unterliegt der Konkurrenz mit der neuen Art und wird durch sie verdrängt.

Allerdings hat das Kleine Springkraut die einheimische Art nicht verdrängt sondern besiedelt bevorzugt naturferne Standorte, wie z.B. Waldwege und nicht so feuchte Standorte wie das Echte Springkraut, das vor allem in naturnahen Wäldern zu finden ist. Dieser Neophyt besiedelt also eine bislang nicht genutzte Nische. Ein Arbeitsblatt zu den Neobiota befindet sich in Anhang 6.

i) Zufahrtsmöglichkeiten

Privatbusse der Schulen können sehr gut bei der *Thillsmillen* parken, von wo aus die Wanderung begonnen werden kann.

Die Klassen des Mamer Lycée sind nicht auf einen Bustransport angewiesen, denn der Wanderweg liegt nur 5 Minuten Fußweg vom Mamer Lycée entfernt. In diesem

Fall beginnen sie den soeben beschriebenen Wanderweg von der anderen Seite. Klassen, die mit dem öffentlichen Transport anreisen, können den Wanderweg ebenfalls vom Mamer *Lycée* aus beginnen:

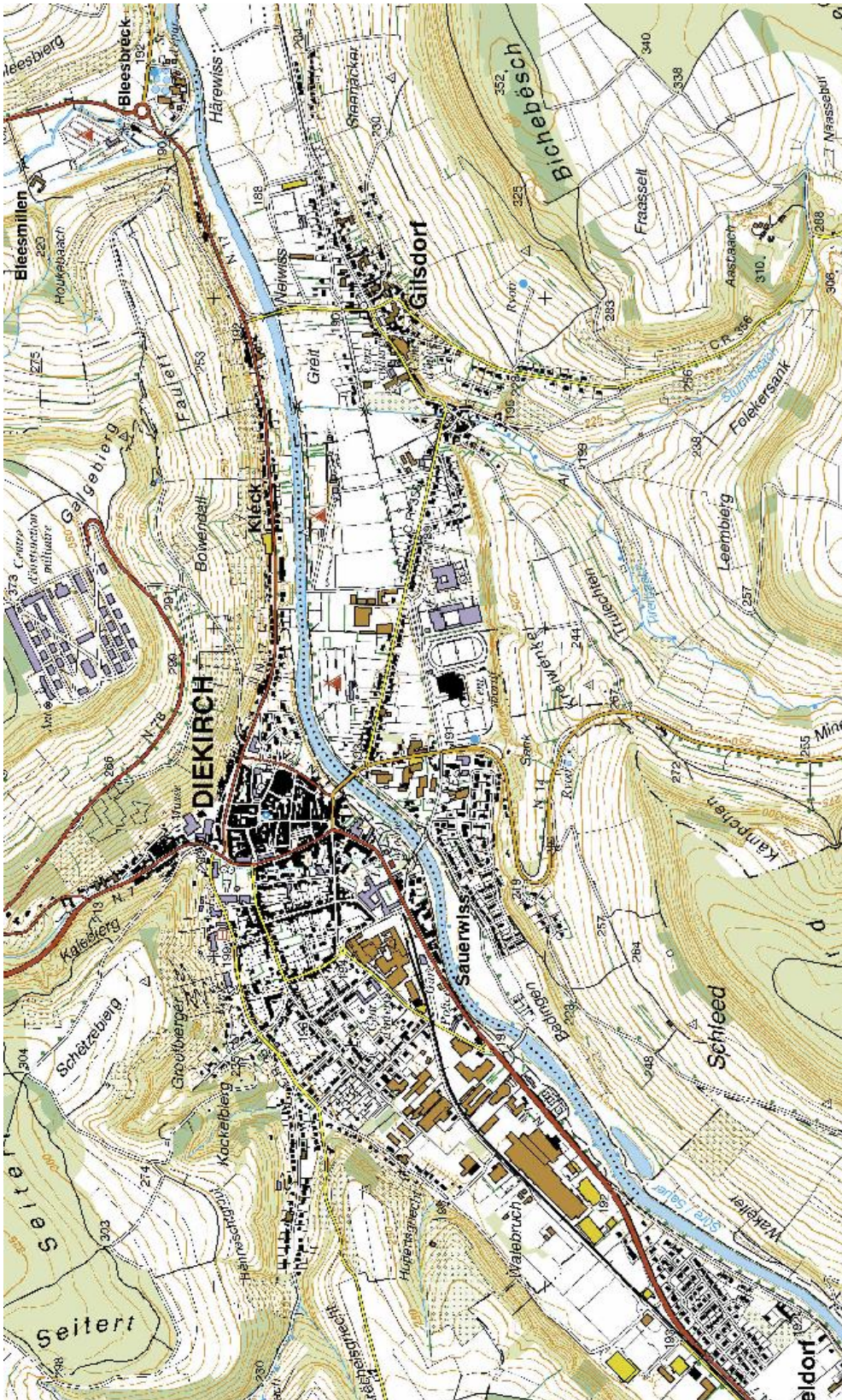
- Zug Richtung Kleinbettingen (*Gare de Mamer*) oder
- Buslinie 222 Richtung Steinfort (Haltestelle *Tossebiert*).

6.2 Diekirch

6.2.1 Reste des Schluchtwaldes hinter der Turnhalle vom *Nordstadlycée*

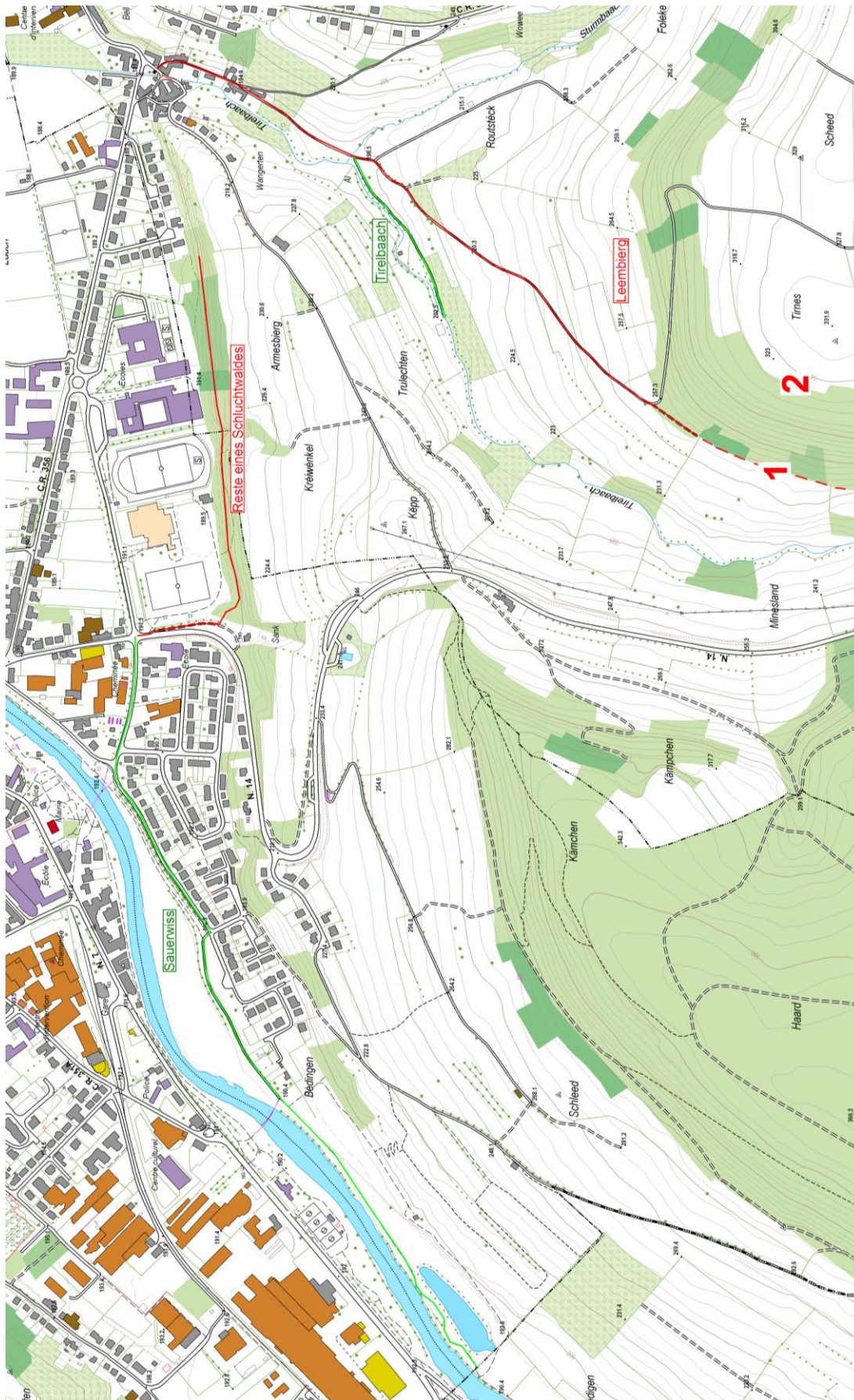
a) Geographische Lage

Diekirch liegt an der Sauer am Rande der luxemburgischen Ardennen (Ösling).



Karte 7: Maßstab
1:20000 Übersicht
Diekirch und
Umgebung⁵⁰

⁵⁰ © Origine : Administration du Cadastre et de la Topographie, Droits réservés à l'Etat du Grand-Duché de Luxembourg (1998-2000).



⁵¹ BD-L-TC 109 © Origine : Administration du Cadastre et de la Topographie, Droits réservés à l'Etat du Grand-Duché de Luxembourg (2004).

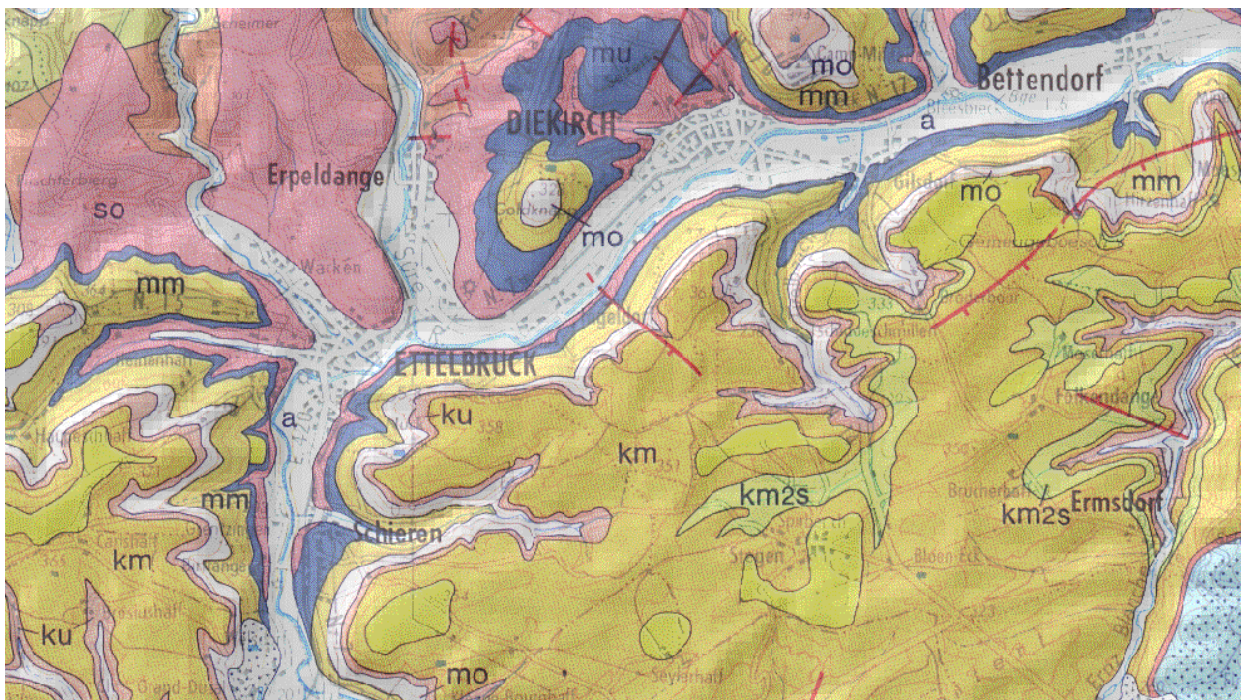
b) Geologie

Die Gegend südlich von Diekirch (Sportzentrum, *Leembiert* und *Sauerwiss*) ist geprägt durch die geologischen Schichten des unteren, mittleren und oberen Muschelkalks (mu, mm, mo) (siehe geologische Karte 9).

Hinter der Sporthalle des *Nordstadlycée* befindet sich vor allem unterer Muschelkalk und teilweise auch mittlerer Muschelkalk.

Der untere Muschelkalk (mu) besteht aus glimmerreichen, dolomitischen Sandsteinen mit bunten Mergelzwischenlagen und Dolomitbänken.

Der mittlere Muschelkalk (mm) besteht aus grauen und roten dolomitischen Mergeln mit untergeordneten Dolomit- und Sandlagen. Er enthält stellenweise Fasergips.



Karte 9: Geologische Karte von Diekirch⁵²

(km = mittlerer Keuper, ku = unterer Keuper, km2s = Schilfsandstein, mo = oberer Muschelkalk, mm = mittlerer Muschelkalk, mu = unterer Muschelkalk, so = oberer Buntsandstein)

c) Pedologie

Die sandigen Schichten des unteren Muschelkalks verwittern zu eher leichten, wasserdurchlässigen Böden, während auf dem mittleren Muschelkalk eher tonige, schwere Böden vorzufinden sind.

Hinter der Turnhalle befindet sich der sandige Boden des unteren Muschelkalks, allerdings ist der Boden zum Teil auch tonig durch Hangschutt aus dem darüber liegenden mittleren Muschelkalk.

⁵² <http://www.geologie.lu/geolwiki/index.php/DIEKIRCH>

d) Morphologie und Standortbedingungen

Hinter der Turnhalle befindet sich ein steiler Nordhang bedingt durch die härteren Lagen des unteren Muschelkalks.

e) Vegetation

Unmittelbar hinter dem Sportplatz der Schulen von Diekirch sind die Reste eines Schluchtwaldes zu finden mit Gemeiner Esche (*Fraxinus excelsior* L.), Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.), Sommerlinde (*Tilia platyphyllos* SCOP.) und Ahornarten.

Außer den typischen Vertretern des Schluchtwaldes findet man auch:

Vogel-Kirsche (*Prunus avium* (L.) L.), Eingrifflicher Weißdorn (*Crataegus monogyna* JACQ.), Hasel (*Corylus avellana* L.), Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra* L.), Rote Heckenkirsche (*Lonicera xylosteum* L.), Stachelbeere (*Ribes uva-crispa* L.), Rote Johannisbeere (*Ribes rubrum* L.), Gewöhnliche Nelkenwurz (*Geum urbanum* L.), Nesselblättrige Glockenblume (*Campanula trachelium* L.), ...

Die Nadelbäume, die immer wieder vorkommen, wurden angepflanzt.

Im Frühling sind viele Frühblüher wie Buschwindröschen (*Anemone nemorosa* L.) und Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria* L.) zu finden.

Im Sommer hingegen erklärt der hohe Bedeckungsgrad, der durch die dichten, belaubten Kronen zu Stande kommt, die spärlich ausgebildete Krautschicht.

f) Forstliche Nutzungsgeschichte

Der Schluchtwald wurde durch Anpflanzungen von Nadelbäumen verändert.

g) Erwähnenswertes/Wissenswertes

Frühblüher und Artenvielfalt

Dieser Standort ist im Frühling sehr interessant um zahlreiche Frühblüher zu entdecken und deren Anpassungen zu erklären.

Da dieser Schluchtwald ebenfalls eine große Vielfalt an Laubbäumen aufweist, eignet er sich gut für Bestimmungsübungen von Gehölzarten im Freien.

Weitere interessante Biotope in Diekirch

- **Sauerwiss** (siehe Karte 8): Die *Sauerwiss* befindet sich auf dem Alluvium der Sauer. Alluvium besteht aus den Ablagerungen der Sauer (Schotter, Sand, Ton, Lehm, ...).
- **Tirelbaach** (siehe Karte 8): In der *Tirelbaach* findet man unter den Steinen Eintagsfliegen- und Zuckmückenlarven. Es bietet sich an mit den Schülern eine Wasseranalyse der *Tirelbaach* vorzunehmen und diese mit einer Wasseranalyse der Sauer zu vergleichen.

h) Zufahrtsmöglichkeiten

Die Schüler der Diekircher Schulen sind nicht auf den öffentlichen Transport angewiesen.

Die Schüler anderer Schulen gelangen mit dem Zug Richtung *Wiltz, Gare* nach Ettelbrück, von wo aus sie mit den Buslinien 500, 502, 560 zur Haltestelle *Diekirch, Laach* gelangen, dann sind es noch 2 Minuten Fußweg zum *Lycée*.

Die Buslinie 520 führt direkt vom Bahnhof in Ettelbrück zum *Lycée*, doch sie fährt nicht so häufig.

6.2.2 Leembierg

a) Geographische Lage

Siehe 6.2.1.a)

b) Geologie

Die Gegend des *Leembierg* ist geprägt durch die geologischen Schichten des mittleren und oberen Muschelkalks.

Der mittlere Muschelkalk (mm) besteht aus grauen und roten dolomitischen Mergeln mit untergeordneten Dolomit- und Sandlagen. Er enthält stellenweise Fasergips.

Der obere Muschelkalk (mo) besteht in der Gegend von Diekirch, Gilsdorf und Bettendorf, vor allem aus mächtigen Schichten (mehrere Meter dick) aus kompaktem dolomitischen Sandstein (Gilsdorfer Sandstein). Er wurde früher als Baustein benutzt, wegen seiner grünen, grauen und rötlichen Farbtöne.

Auf die Schichten der Muschelkalkzeit folgen die Keuperschichten.

c) Pedologie

Siehe 6.2.1.c)

d) Morphologie und Standortbedingungen

Beim Aufstieg zum *Leembierg* durchqueren wir zunächst den sanfteren Hang in den Schichten des mittleren Muschelkalks (weichere Dolomitmergel), ehe wir zu dem steilen Hang des oberen Muschelkalks gelangen, der aus hartem Gilsdorfer Sandstein besteht.

e) Vegetation

Im steileren Hang (Schichten des oberen Muschelkalks) stockt ein Waldmeister-Perlgras-Buchenwald. Weiter oben im Wald stößt man auf einen Eichen-Hainbuchenwald.

f) Standort 1 und 2

Standort 1 (siehe Karte 8):

Wir befinden uns in den Schichten des oberen Muschelkalks.

Obwohl es sich hier um Sandboden handelt, ist der Boden relativ tonhaltig, da sich über dem oberen Muschelkalk Keuper (sehr nährstoffreiche und tonhaltige Böden) befindet.

Der Stockausschlag der Bäume weist auf eine ehemalige Nutzung als Niederwald hin.

Die Waldgesellschaft, die wir hier antreffen ist ein Waldmeister-Buchenwald. Buchenlaub zersetzt sich nur langsam, deshalb handelt es sich beim Humustyp um Moder.

Im Frühling kann man hier zahlreiche Frühblüher wie Buschwindröschen (*Anemone nemorosa* L.) und Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria* L.) antreffen. Bald danach bilden Waldmeister (*Galium odoratum* (L.) SCOP.) und Einblütiges Perlgras (*Melica uniflora* RETZ.) den Vollfrühjahrsaspekt.

Außerdem zu finden sind vereinzelt Vogel-Kirsche (*Prunus avium* (L.) L.), Gewöhnlicher Seidelbast (*Daphne mezereum* L.), Wilder Liguster (*Ligustrum vulgare* L.), ein typischer Lehmzeiger, der auf dem tonigen Hangschutt des Keupers auftritt, Frauenfarn (*Athyrium filix-femina* (L.) ROTH) und Brauner Streifenfarn (*Asplenium trichomanes* L.).

Wenn man an einem freiliegenden Stein den Salzsäuretest ausführt, sprudelt es zunächst nicht. Man muss den Stein etwas ankratzen, weil Kalkcarbonat durch Magnesiumcarbonat versteckt wird.

Standort 2 (siehe Karte 8):

Weiter oben am Hang stößt man auf einen Eichen-Hainbuchenwald. Es treten jetzt vermehrt Hainbuchen (*Carpinus betulus* L.) auf, die Böden enthalten hier mehr Tonmineralien, weil wir uns in der Übergangsschicht zwischen oberem Muschelkalk und unterem Keuper befinden.

Hier wachsen viele Anzeiger für lehmige, kalkreiche Böden: Wolliger Schneeball (*Viburnum lantana* L.), Wilder Liguster (*Ligustrum vulgare* L.), Hasel (*Corylus avellana* L.), Zweigriffliger Weißdorn (*Crataegus laevigata* (POIRET) DC.), Eingriffliger Weißdorn (*Crataegus monogyna* JACQ.), Kornelkirsche (*Cornus mas* L.) und Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior* L.).

An der Hangkante angekommen befinden wir uns in den Schichten des unteren Keupers. Auf den mehr oder weniger ebenen Flächen des unteren Keupers trifft man häufig auf bewirtschaftete Felder, weil der Boden sehr nährstoffreich ist. Wald findet man nur dort, wo die Hänge zu steil sind.

g) Forstliche Nutzungsgeschichte

Dieser Wald wurde als Niederwald genutzt, dies lässt sich am Stockausschlag der Bäume erkennen.

Zur Erneuerung des Waldes nutzte man die Ausschlagfähigkeit bestimmter Gehölze, die in der Lage sind aus ihren Stümpfen neue Triebe (Stockausschläge) auszubilden (siehe Abb. 6.2). Niederwälder wurden ungefähr alle 10-25 Jahre geschlagen. Das eingeschlagene Holz wurde meistens als Brennholz verwertet, bis ins 19. Jahrhundert spielte auch die Köhlerei (Holzkohleherstellung) eine große Rolle. Eichen wurden häufig zur Gewinnung der Lohe (gerbstoffhaltige Rinde) verwendet, die zum Gerben von Leder benutzt wurde.



Niederwald: Aus dem Stock ausgeschlagene Bäume; links: kurz vor dem Abtrieb; rechts: kurz nach dem Abtrieb

Abb. 6.2 Niederwald⁵³

h) Erwähnenswertes/Wissenswertes

Siehe „Weitere interessante Biotope in Diekirch“ 6.2.1 g).

i) Zufahrtsmöglichkeiten

Siehe 6.2.1.h).

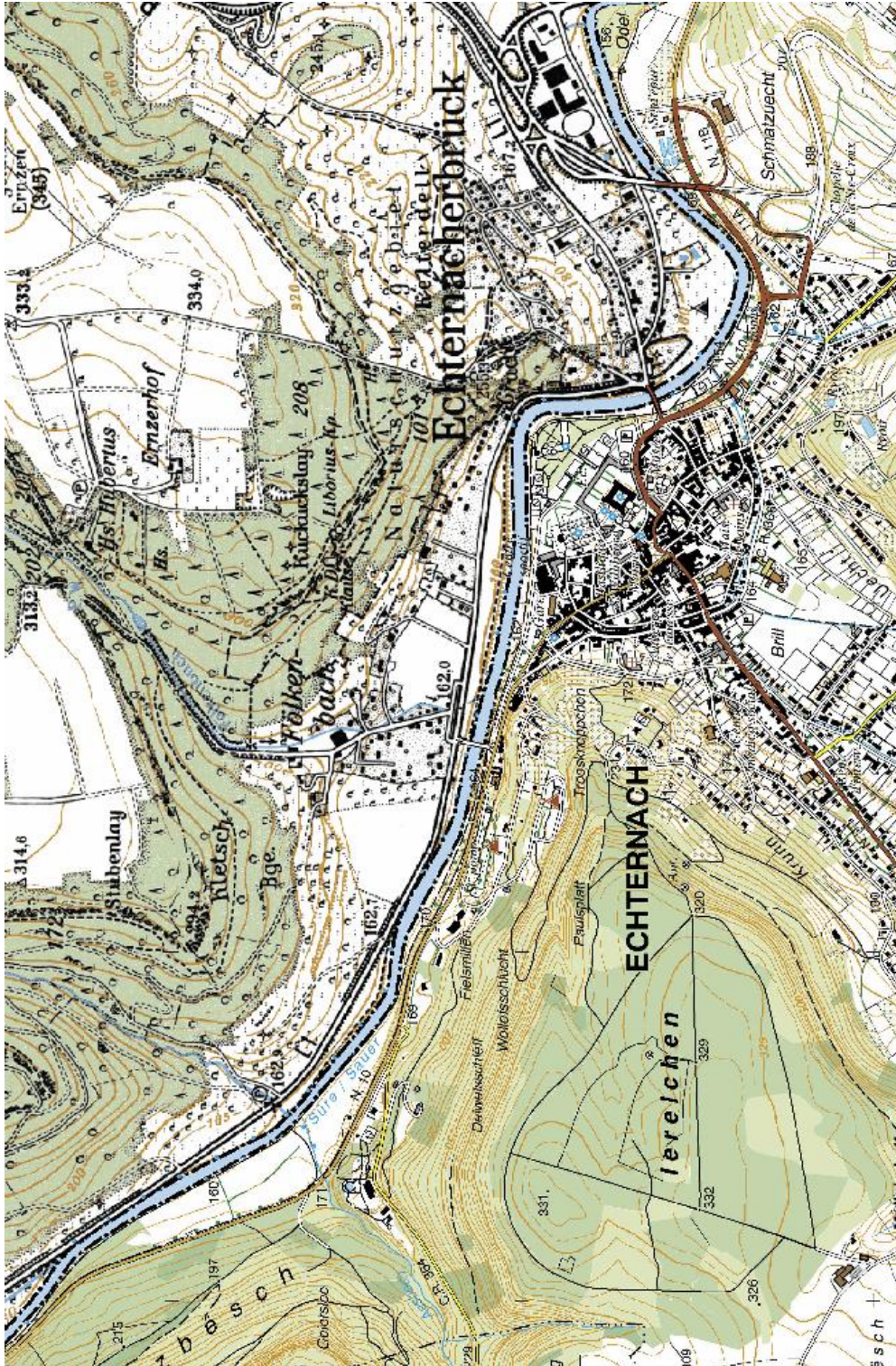
⁵³ HOFMEISTER, H., NOTTBOHM, G., *Ökologie der Wälder*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart; Jena; New York, 1995. S. 65.

6.3 Echternach

6.3.1 Ferschweiler-Plateau

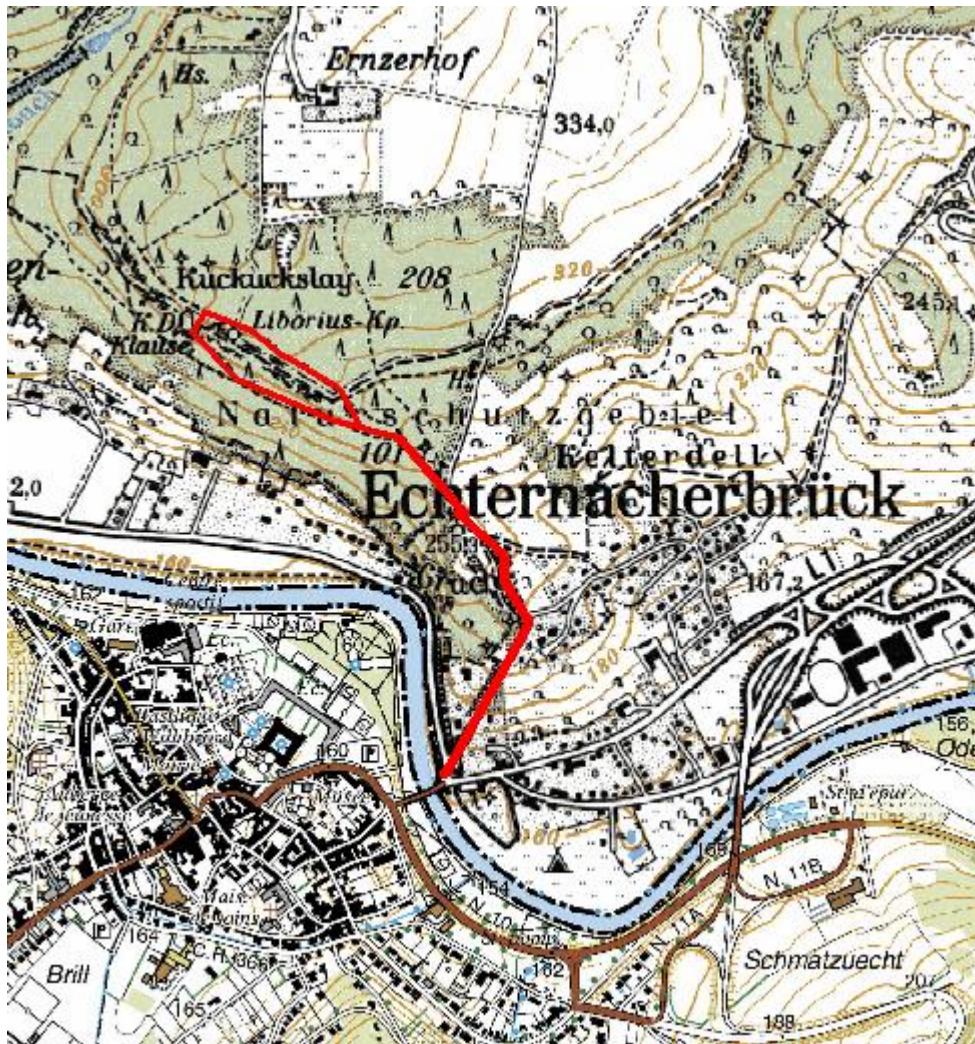
a) Geographische Lage

Das Ferschweiler-Plateau ist eine ausgedehnte Hochebene aus Sandstein. Landschaftlich gesehen liegt das Ferschweiler-Plateau in der Südeifel (siehe Karte 10).



Karte 10:
Maßstab
1:20000
Übersicht
Echternach und
Umgebung⁵⁴

⁵⁴ © Origine : Administration du Cadastre et de la Topographie, Droits réservés à l'Etat du Grand-Duché de Luxembourg (1998-2000).



Karte 11: Ferschweiler Plateau⁵⁵

b) Geologie

Beim Aufstieg zum Ferschweiler-Plateau durchqueren wir zunächst die Schichten der mittleren (km) Keuperzeit (Triaszeit). Diese bestehen aus buntgefärbten dolomitischen Mergeln (hellgrau, hellgrün, bläulich, bordeauxrot, ...) und zerfallen zu zentimetergroßen Bröckeln. Man findet sie an Wegböschungen oder in den Rinnen vom abfließenden Oberflächenwasser.

Über den Keuperschichten liegen die ersten Gesteinsfolgen aus der Jurazeit. Es sind die Liasmergel und Kalke der Basisschichten. Darüber beginnt der Luxemburger Sandstein (siehe geologische Karte 12).

⁵⁵ © Origine : Administration du Cadastre et de la Topographie, Droits réservés à l'Etat du Grand-Duché de Luxembourg (1998-2000).



Karte 12: Geologische Karte von Echternach⁵⁶

(a= Alluvium der Täler, ko = oberer Keuper, km = mittlerer Keuper, ku = unterer Keuper, km2s = Schilfsandstein, mo = oberer Muschelkalk)

c) Pedologie

Die Schichten des mittleren Keupers ergeben durch Verwitterung schwere, wasserundurchlässige Böden (Abb. 6.3 und 6.4) deren Gefüge bei Austrocknung prismatisch wird.



Abb.6.3 Kohärentgefüge⁵⁷



Abb.6.4 Prismengefüge⁵⁸

⁵⁶ <http://www.geologie.lu/geolwiki/index.php/ECHTERNACH>

⁵⁷ <http://www.ahabc.de/eigenschaften/bodengefuege.html>

Da der mittlere Keuper aus dolomitischen Mergeln besteht, sind die Böden karbonatreich (kalk- und dolomitreich).

Ähnlich schwere Böden entstehen auf den Basisschichten des unteren Jura (Mergel und Kalke).

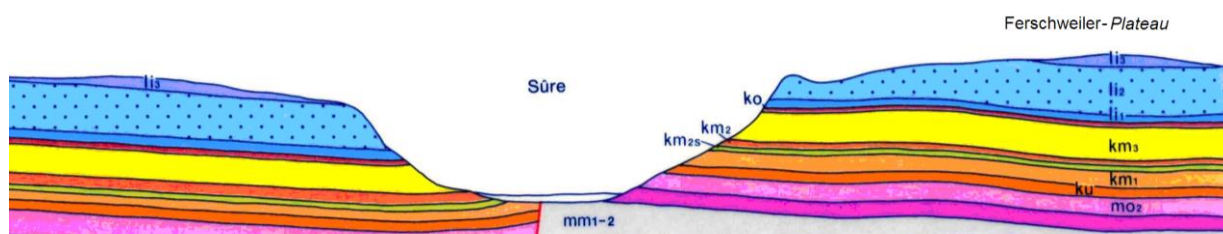
Dagegen sind die Böden auf dem Luxemburger Sandstein leicht, wasserdurchlässig und kalkarm. Sie haben ein typisches Einzelkorngefüge (Abb. 6.5).



Abb.6.5 Einzelkorngefüge⁵⁹

d) Morphologie und Standortbedingungen

Das Sandsteinmassiv des Luxemburger Sandsteins bildet ein imposantes Hochplateau. Die Sauer hat durch erosive Zerschneidung verschiedenen geologische Schichten freigelegt (siehe geologisches Profil).



Geologisches Profil des Plateaus von Echternach bis zum Plateau von Ferschweiler⁶⁰
(Siehe Gesteinsprofil S.80)

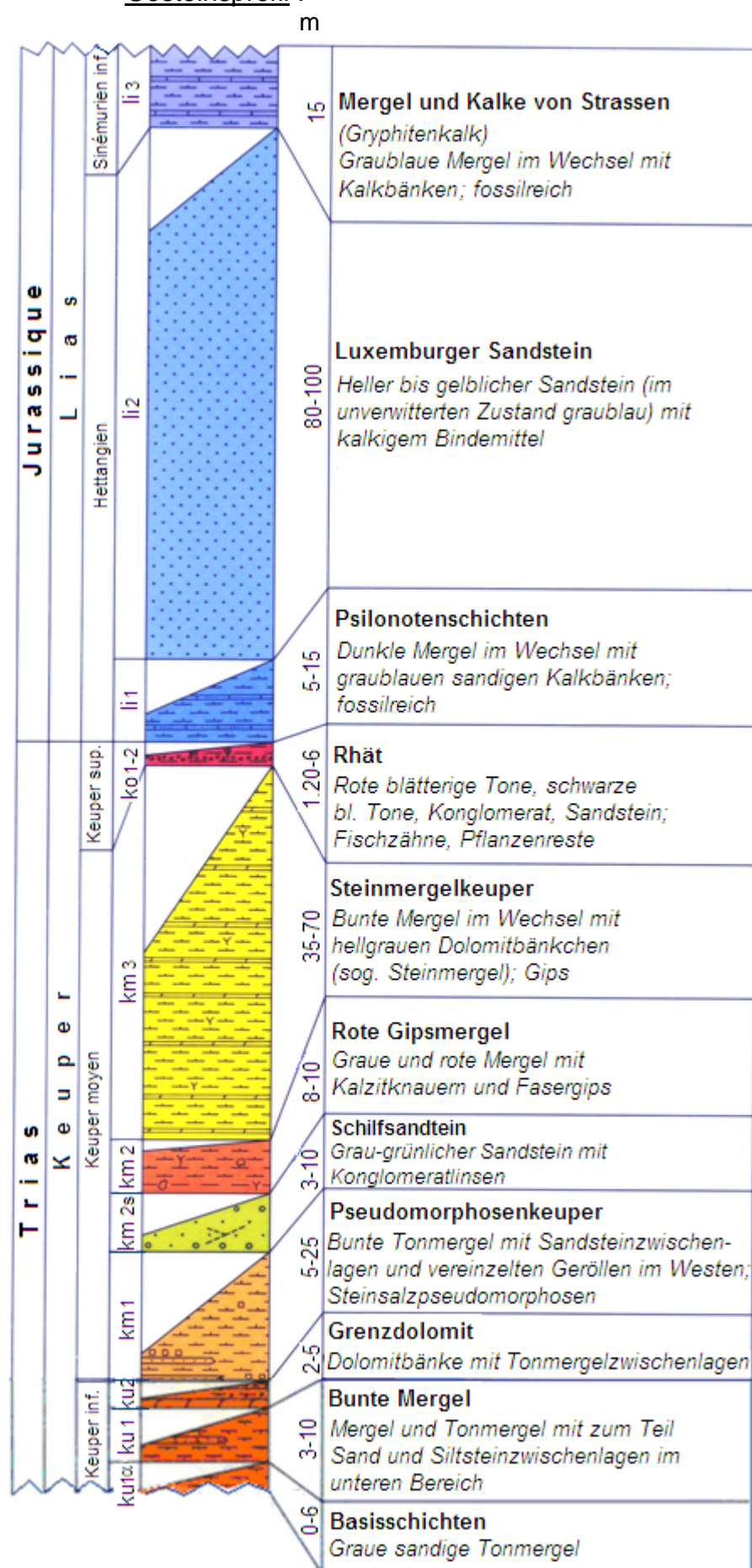
⁵⁸ <http://www.ahabc.de/eigenschaften/bodengefuege.html>

⁵⁹ <http://www.ahabc.de/eigenschaften/bodengefuege.html>

⁶⁰ © Ministère des Travaux publics Service Géologique (1981).

Ausschnitt der *Coupe Leiboesch-Beaufort-Weilerbach* (Carte géologique du Luxembourg Feuille No 6), vergleichbar mit dem Profil Echternacher Plateau - Ferschweiler Plateau.

Gesteinsprofil :



e) Vegetation

Auf dem Wanderweg der zum Ferschweiler-*Plateau* führt, begegnet man einer großen Vielfalt an Gehölzen wie:

Spitzahorn (*Acer platanoides* L.), Feldahorn (*Acer campestre* L.), Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.), Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior* L.), Wilder Liguster (*Ligustrum vulgare* L.), Rote Heckenkirsche (*Lonicera xylosteum* L.), Blutroter Hartriegel (*Cornus sanguinea* L.), Zweigriffliger Weißdorn (*Crataegus laevigata* (POIRET) DC.), Eingriffliger Weißdorn (*Crataegus monogyna* JACQ.), Sommerlinde (*Tilia platyphyllos* SCOP.), Gewöhnliches Pfaffenhütchen (*Euonymus europaeus* L.), Gewöhnlicher Schneeball (*Viburnum opulus* L.) und Wolliger Schneeball (*Viburnum lantana* L.) (Anzeiger für kalkreiche und schwere Böden), Rote Johannisbeere (*Ribes rubrum* L.) und Stachelbeere (*Ribes uva-crispa* L.).

In der Krautschicht befinden sich Trockenzeiger wie Wilder Dost (*Origanum vulgare* L.) und Wald-Trespe (*Bromus ramosus* HUDS.), deren behaarte Stängel einen guten Verdunstungsschutz bieten.

Rechts gelangt man auf einen Halbtrockenmagerrasen mit vielen Orchideen. Einschließlich der Orchideen gedeihen hier viele Wärme- und Trockenzeiger wie zum Beispiel der Breitblättrige Wegerich (*Plantago major* L.), Spitzblättrige Wegerich (*Plantago lanceolata* L.), Gewöhnlicher Hornklee (*Lotus corniculatus* L.), Herbst-Löwenzahn (*Leontodon autumnalis* L.), Kleiner Odermennig (*Agrimonia eupatoria* L.) und die Wilde Möhre (*Daucus carota* subsp. *carota* L.).

Bis hierhin befinden wir uns auf den Böden des mittleren Keupers (schwere, kalk- und dolomitreiche Böden).

Über dem Halbtrockenrasen führt ein schmaler Weg weiter zum *Plateau*. Entlang dieses Weges befinden sich die Reste eines Waldes der stark verändert ist und geprägt durch die Eingriffe des Menschen.

Man, trifft hier auf einen wärmeliebenden Eichen-Hainbuchenwald mit Elsbeere (*Sorbus torminalis* (L.) CRANTZ), Kornelkirsche (*Cornus mas* L.), Gewöhnliche Waldrebe (*Clematis vitalba* L.) und Bergulme (*Ulmus glabra* HUDS.). Wir befinden uns auf der Grenze zwischen mittlerem Keuper (km) und dem unteren Lias (li) mit schweren ton- und kalkhaltigen Böden. (Wir sprechen von der Grenze zwischen km

und li, obschon der obere Keuper (ko) noch dazwischen liegt. Diese Schicht (ko) ist jedoch so geringmächtig, dass sie auf Landschaft und Bodenbildung fast keine Wirkung hat.).

Ein Weg führt nach links, die Zahl der Rotbuchen (*Fagus sylvatica* L.) nimmt zu. Zusammen mit dem Auftreten der Buche, finden wir auch Hangschutt aus dem über uns liegenden Luxemburger Sandstein.

Wir treffen auf einen Hang mit viel Feinmaterial zwischen den Gesteinsblöcken, der Hang befindet sich in südlicher bis südwestlicher Lage, deshalb fehlen die Arten die hohe Luftfeuchtigkeit anzeigen. Die zahlreichen Sommerlinden sind typisch für diese Blockschutthalden.

Ein etwas steilerer Weg führt uns rechts hoch.

Heide-Wachholder (*Juniperus communis* L.) weist auf einen verarmten und trockenen Boden hin.

Rot-Schwingel (*Festuca rubra* L.), Schaf-Schwingel (*Festuca ovina* L.) und Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa* (L.) TRIN.) sind ebenfalls typische Armutszeiger.

Von dort aus gelangt man zur Liboriuskapelle.

Von der Liboriuskapelle blicken wir auf die Stadt Echternach und den so genannten *Tull*. Der *Tull* ist ein Umlaufberg. Früher umfloss die Sauer den *Tull* südlich, mittels einer Flussschleife. Im Laufe der Zeit verengte sich diese Schleife bis es zum Durchbruch kam. Die Franzosen sprechen von einem „méandre recoupé“ (Abb. 6.6).

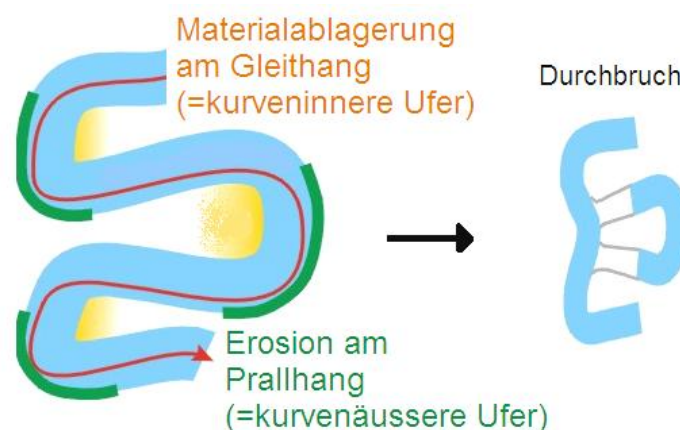


Abb. 6.6: Bildung eines Umlaufberges⁶¹

⁶¹ <http://www2.ulg.ac.be/geolsed/processus/processus.htm>

f) Forstliche Nutzungsgeschichte

Das Gebiet ist von ausgedehnten naturnahen Laubwäldern geprägt, wobei neben Hochwäldern auch ehemalige, inzwischen nicht mehr genutzte, und durchgewachsene Niederwälder vorhanden sind. Die Baumartenzusammensetzung ist überwiegend standortgerecht, nur selten sind einzelne kleine Aufforstungsblöcke mit Nadelbäumen eingesprengt. In den Wäldern weisen an mehreren Stellen vorkommende Terrassierungen mit alten Natursteinmauern auf eine ehemalige, allerdings schon seit langem aufgegebene landwirtschaftliche Nutzung hin. Offenlandbereiche mit intensiver und extensiver Grünlandnutzung nehmen relativ geringe Flächenanteile ein und sind im Rückzug begriffen. Das überwiegend nur mit schmalen Fußwegen erschlossene Gebiet ist kaum durch menschliche Nutzungen beeinträchtigt.⁶²

g) Erwähnenswertes/Wissenswertes

Entstehung des Keupers

Während der Keuperzeit war Luxemburg von einem flachen, seichten Meer bedeckt, das öfters in verschiedene Lagunen verteilt war. Diese Lagunen waren der Verdunstung ausgesetzt, so entstanden Gips und Salz (Evaporite). Während Gips sich bis heute erhalten hat (Gipsabbau) sind vom Salz nur mehr die Formen übrig geblieben. Sie werden als Salzpseudomorphosen bezeichnet.

Ansonsten bestehen die Gesteine der Keuperzeit aus buntgefärbten dolomitischen Mergeln (frz. *Marnes dolomitiques bariolées*). Diese Dolomitmergel sind manchmal von sehr feinen Sandlagern durchdrungen. In den untersten und obersten Keuperschichten können manchmal kompakte Dolomitbänke auftreten.

⁶² http://www.irrel-steinbruch.de/files/FFH_Gutachten.pdf



Fasergips



Buntgefärbte dolomitische Mergel

Faszination Ameisenbläuling⁶³

Auf dem Halbtrockenmagerrasen kann man Ameisennester der Knotenameise, und *Maculinea*-Ameisenbläulinge (Schmetterlingsart) finden. Ameisen und Bläulinge haben ein ganz bestimmtes Verhältnis zueinander (Arbeitsblatt, Anhang 6).



Nest der Knotenameisen

⁶³ <http://www.ufz.de>

Während Ameisen normalerweise Schmetterlingsraupen fressen, beschützen sie die Raupen des Bläulings vor feindlichen Insekten und Spinnen.

Wie die meisten anderen Schmetterlinge legen die Bläulinge ihre Eier auf ausgewählte Pflanzen. Die Raupen vervollständigen ihren Lebenszyklus aber nicht auf diesen Pflanzen, sondern werden stattdessen zu Parasiten von bestimmten Ameisen, den so genannten Knotenameisen. Weil die Falterlarven dieselben Erkennungssubstanzen wie die Ameisenlarven erzeugen, tragen die Ameisen die Raupen freiwillig in ihr Nest, vermutlich in der Annahme, dass es sich um eigene Brut handelt. Einmal im Nest angelangt, fangen die Raupen entweder an, Eier und Larven der Ameisen zu verzehren, oder sich wie Kuckucksküken von den Arbeiterinnen der Ameisen füttern zu lassen.

Durch diesen bizarren Lebensstil zählen die Ameisenbläulinge zu den bemerkenswertesten Insekten Europas. Unglücklicherweise führt ihre doppelte Abhängigkeit – von der richtigen Pflanze und der richtigen Ameise – dazu, dass nur an wenigen Stellen in der freien Natur diese Bedingungen gegeben sind. Es ist daher nicht überraschend, dass alle fünf europäischen *Maculinea*-Arten auf zahlreichen Roten Listen stehen und nach der IUCN (*World Conservation Union*) auch als global gefährdet zu betrachten sind. Selbst kleinste Veränderungen in der Landnutzung können dazu führen, dass die richtigen Wirtsameisen nicht mehr in Kombination mit der geeigneten Pflanze anzutreffen sind und so ganze Schmetterlingspopulationen ausgelöscht werden.

h) Zufahrtsmöglichkeiten

Aus der Stadt Luxemburg (*Centre Hamilius*) ist die alte Grenzbrücke in Echternach mit der Buslinie 401 zu erreichen. Der Bus fährt stündlich und die Fahrt dauert ungefähr 40 Minuten.

Nach dem Überqueren der Grenzbrücke biegt man links in die Bollendorfer Straße ein, dann führt auf der rechten Seite eine schmale Straße „die Bergstraße“ in den Wald.

Die Schüler von Echternach sind nicht auf den öffentlichen Transport angewiesen, sie können sich zu Fuß auf den Weg begeben.

6.3.2 Echternach Wolfsschlucht

a) Geographische Lage

Echternach liegt 20 km östlich von Luxemburg, direkt an der Grenze zu Deutschland (siehe Karte 10).

Echternach ist das Zentrum der kleinen Luxemburger Schweiz, einer grenzüberschreitenden Teilregion der Eifel. Die luxemburgische Teilregion der kleinen Luxemburger Schweiz nennt sich auch *Müllerthal*.

Die Wolfsschlucht liegt auf dem Wanderweg B1 in Richtung Berdorf. Es handelt sich um eine steil abfallende, glatte Felsspalte, durch die sich der Pfad windet. Früher fand der Wolf in diesen chaotischen Felsen den idealen Zufluchtsort.

b) Geologie

(Siehe geologische Karte 12)

Der Luxemburger Sandstein ist ein wasserdurchlässiger Kalksandstein, d.h. die Poren zwischen den einzelnen Quarzkörnern sind entweder durch Kalzit aufgefüllt (zementiert) oder enthalten Luft und Wasser.



Luxemburger Sandstein 12-fach vergrößert im Binokular⁶⁴

An den horizontalen Flächen erkennt man, dass der Luxemburger Sandstein zu den Sedimenten (Ablagerungsgesteine) gehört. Eine **Schichtfläche** entspricht einer Sedimentationspause.

Der Sandstein entstand während der unteren Liaszeit im Meer des Pariser Beckens. Seine Ablagerung geschah in Strandnähe mit oft ändernden Strömungen; das erkennt man an der so genannten **Kreuzschichtung**.

⁶⁴http://www.pch.public.lu/publications/cartes/publ_SGL_cartes_geol/publ_SGL_cartes_postales/index.html?highlight=gres



Kreuzschichtung

Die **Verwitterung** des Luxemburger Sandsteins führt zu eigenartigen Strukturen:

- Wabenstruktur
- Versteinerte Brote
- Narbenstruktur
- Klüfte

Die **Wabenstruktur** entsteht durch Regenwasser das unregelmäßig an den Felswänden herunterrieselt. Dieses Regenwasser löst oberflächlich den Kalkzement auf und führt die dadurch lose gewordenen Sandkörner mit. Bei Verdunstung wird der Kalk wieder fest und zementiert die Sandkörner aufs Neue. Zum besseren Verständnis dieses Vorgangs kann man sich eine Windschutzscheibe vorstellen, die Schmutzstreifen aufweist, nachdem es geregnet hat und nachdem die Sonne das Ganze wieder getrocknet hat.



Wabenstruktur⁶⁵

⁶⁵http://www.pch.public.lu/publications/cartes/publ_SGL_cartes_geol/publ_SGL_cartes_postales/index.html?highlight=gres

„Versteinerte Brote“

Bei der Ablagerung ist der Kalkzement nicht immer regelmäßig und in genügender Menge vorhanden (innerhalb einer Schicht). Dadurch entstehen kalkreichere und damit fester gebundene Stellen im Sandstein und gleichzeitig kalkärmere und damit loser gebundene Stellen.

Man denke dabei an die Fettaugen einer Suppenbrühe. So erkennt man im Felsen die „versteinerten Brote“. Wenn diese „Brote“ durch Verwitterung herausfallen entstehen Hohlräume (30 cm-100 cm im Durchmesser). Die „Brote“ sind besser durch Kalzit zementiert und resistenter gegen Verwitterung. Da in ihrer Nachbarschaft (kalkärmer) die Verwitterung intensiver ist, fallen sie aus der Schicht heraus.



Versteinerte Brote

Die **Narbenstruktur** (siehe Abb. 6.7) entsteht durch die Verwitterung einer Wechsellagerung von weicheren, kalkarmen und härteren kalkreichen Schichten. Die harten Schichten treten hervor, die weichen Schichten treten zurück.



Abb. 6.7 Narbenstruktur

Außer den horizontalen Schichtflächen, die während der Sedimentation entstanden sind, erkennt man auch vertikale Flächen, die so genannten **Klüfte**. Diese können

mehr oder weniger weit auseinander klaffen. Grosse Klüfte werden zu den so genannten „**Schlëff**“. Die Klüfte entstanden durch den Druck den die Gebirgsfaltung der Alpen auf den Untergrund Luxemburgs ausgeübt hat. Außerdem entstehen Klüfte durch das Eingraben von Wasserläufen in die Gesteinsschichten. An den Talhängen fällt der seitliche Druck im Gestein weg. Große Brocken spalten sich zum Teil ab (siehe Abb.6.8).



Klüfte⁶⁶

In der Wolfsschlucht begegnen wir unter dem Luxemburger Sandstein Mergel und Kalke (Pylonotenschichten oder Basisschichten, gelegen an der Basis des Sandsteins).

Unter den Basisschichten finden wir die buntgefärbten dolomitischen Mergel aus der Keuperzeit. Diese Mergel zerbröckeln in prismatische Teile. Der darauf entstehende Boden ist tonig/lehmig.

⁶⁶http://www.pch.public.lu/publications/cartes/publ_SGL_cartes_geol/publ_SGL_cartes_postales/index.html?highlight=gres

c) Pedologie

Weil Regenwasser immer etwas sauer ist ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + (\text{HCO}_3)^-$) wird das Kalzit im Luxemburger Sandstein aufgelöst und im einsickernden Wasser mitgeführt. Übrig bleiben lose Quarzkörner (Sand); es entsteht nach und nach mit der aufkommenden Vegetation ein sandiger Boden (Boden= Vermischung von Feuchtigkeit, Luft, Humus, lebenden Pflanzen (Wurzeln) und Tieren (Bodenfauna)).

Sandige Böden sind luft- und wasserdurchlässig und wenig nährstoffreich, da in ihnen Tonmineralien nur in geringer Menge vorhanden sind und fast keine Ton-Humuskomplexe entstehen, welche die Nährsalze verfügbar halten. Nur in unteren Hanglagen kann sandiger Boden fruchtbarer sein, wenn das Hangsickerwasser die Nährstoffkonzentration erhöht. Sandige Böden werden als „leichte Böden“ bezeichnet, da sie wenig klebrigen Ton enthalten und schnell austrocknen. Sie kleben nicht an Schuhen und Stiefeln und das Gehen fällt nicht „schwer“ (im Gegensatz zu tonig-lehmigen Böden).

An Felskanten (siehe Berdorf) sind sandige Böden sehr flachgründig, da während der Verwitterung die Sandkörner durch fließendes Wasser weggeschwemmt oder durch Wind weggeweht werden (siehe Berdorf).

Chemische Auflösung führt zu Kalkmangel und somit im Allgemeinen zu eher sauren Böden (siehe Säurezeiger).

d) Morphologie und Standortbedingungen

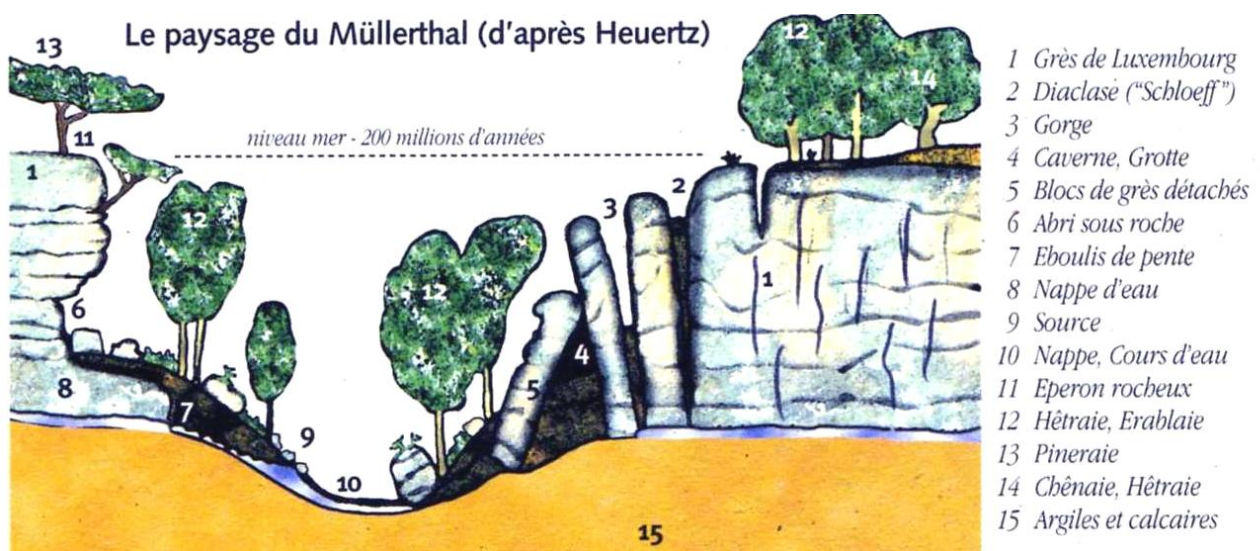


Abb. 6.8: Querschnitt von M. Heuertz⁶⁷

⁶⁷ EFOR, ingénieurs-conseils, *Sentier de découverte Wanterbach-Sieweschloeff*, Administration des Eaux et Forêts du Grand-Duché de Luxembourg - Service de la conservation de la nature, Luxembourg, 1999. S. 7.

Auf dem Querschnitt von M. Heuertz (Abb. 6.8) entspricht die „Wolfsschlucht“ einem Standort von Nummer 3.

e) Vegetation

Bei der angetroffenen Waldgesellschaft handelt es sich um einen Waldschwingel-Buchenwald.

Etwas tiefer im Wald befinden sich in der Krautschicht weitere Luftfeuchtigkeitszeiger wie Hirschzunge (*Asplenium scolopendrium* L.) und Dorniger Schildfarn (*Polystichum aculeatum* (L.) ROTH).

Je lehmiger der Boden, desto präsenter werden Lehmzeiger wie der Zweigrifflige Weißdorn (*Crataegus laevigata* (POIRET) DC.) und Eingrifflige Weißdorn (*Crataegus monogyna* JACQ.) aber auch Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior* L.) und Hainbuche (*Carpinus betulus* L.) treten vermehrt auf.

An den steileren Nord-Osthängen mit felsigem Geröll und nährstoffbeziehungsweise basenreichen Böden mit guter Wasserversorgung treten selten und auch nur kleinflächig Ahorn-Schluchtwälder auf.

In diesem Waldstück steht eine der dicksten und höchsten Mehlbeeren (*Sorbus aria* (L.) CRANTZ) Luxemburgs.



Eine der höchsten Mehlbeeren Luxemburgs

Durch die Konkurrenz um Sonnenlicht weisen die hier wachsenden Bäume lange Schäfte auf.

Auf dem Hin- und Rückweg außerhalb des Waldes trifft man auf einen verbuschten Halbtrockenrasen mit unter anderem Platterbsenarten, Fieder-Zwenke (*Brachypodium pinnatum* (L.) BEAUV.), Luzerne (*Medicago sativa* L.), Kleiner Wiesenknopf (*Sanguisorba minor* SCOP.) und Sichelblättriges Hasenohr (*Bupleurum falcatum* L.).

f) Standort 1 und 2

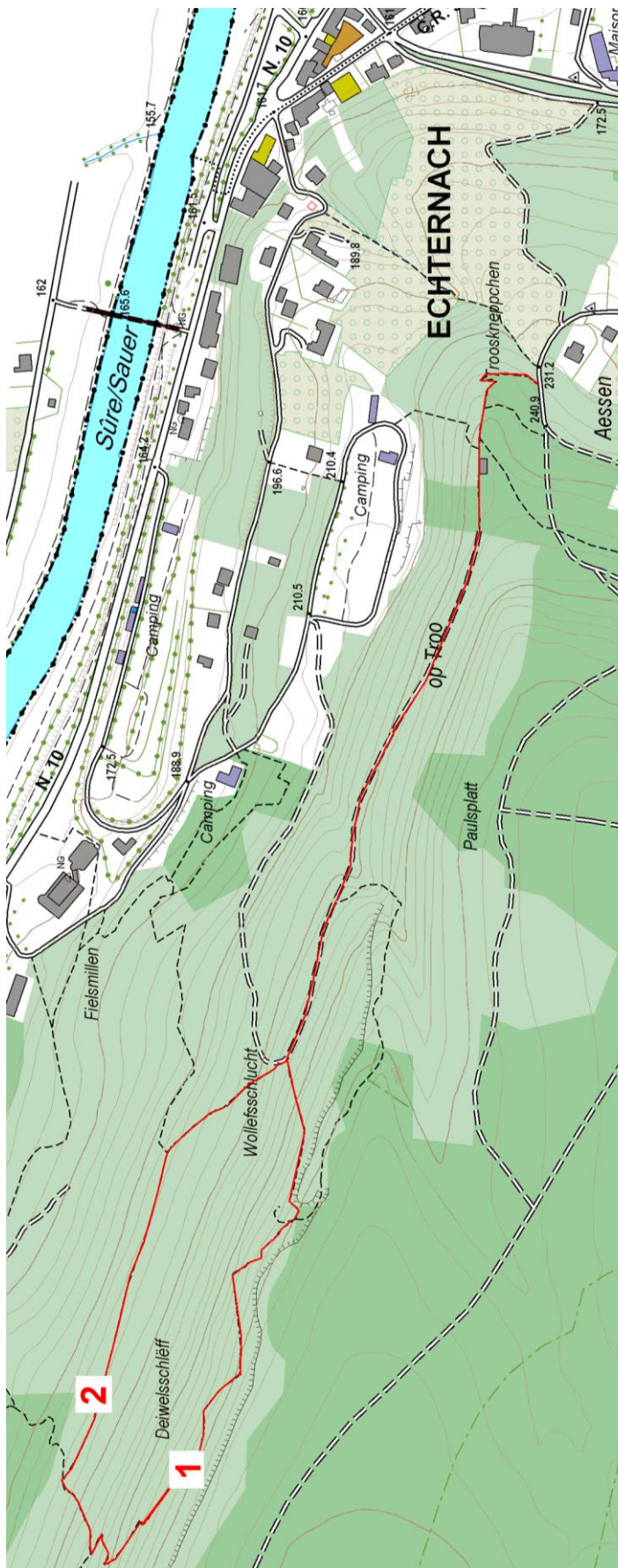
Es bietet sich an, die Bodeneigenschaften von Standort 1 (sandiger Boden) und Standort 2 (lehmiger Boden) miteinander zu vergleichen.

Standort 1 (siehe Karte 13):

Oben im Hang ist der Boden sandig, deshalb sind hier vermehrt Rotbuchen (*Fagus sylvatica* L.) zu finden. Der Boden ist wasserdurchlässiger und ärmer als ein lehmiger Boden.

Standort 2 (siehe Karte 13):

Am Hangfuß ist der Boden wesentlich lehmiger. Die Hainbuchen (*Carpinus betulus* L.) werden immer präsenter. Sie sind besser als die Rotbuchen an Böden angepasst, in denen das Wasser nicht so gut ablaufen kann (Staunässe). Weißdornarten deuten ebenfalls auf den lehmigeren Boden hin.



Karte 13: Maßstab 1:5000 Echternach⁶⁸

⁶⁸ BD-L-TC 126 © Origine : Administration du Cadastre et de la Topographie, Droits réservés à l'Etat du Grand-Duché de Luxembourg (2004).

g) Forstliche Nutzungsgeschichte

Dieses Gebiet ist kaum durch menschliche Nutzungen beeinträchtigt, da es durch zahlreiche Hänge nicht zu landwirtschaftlichen Zwecken benutzt werden kann und schwer zugänglich ist.

h) Zufahrtsmöglichkeiten

Aus der Stadt Luxemburg (*Centre Hamilius*) ist der Bahnhof von Echternach mit der Buslinie 401 zu erreichen. Der Bus fährt stündlich und die Fahrt dauert ungefähr 40 Minuten.

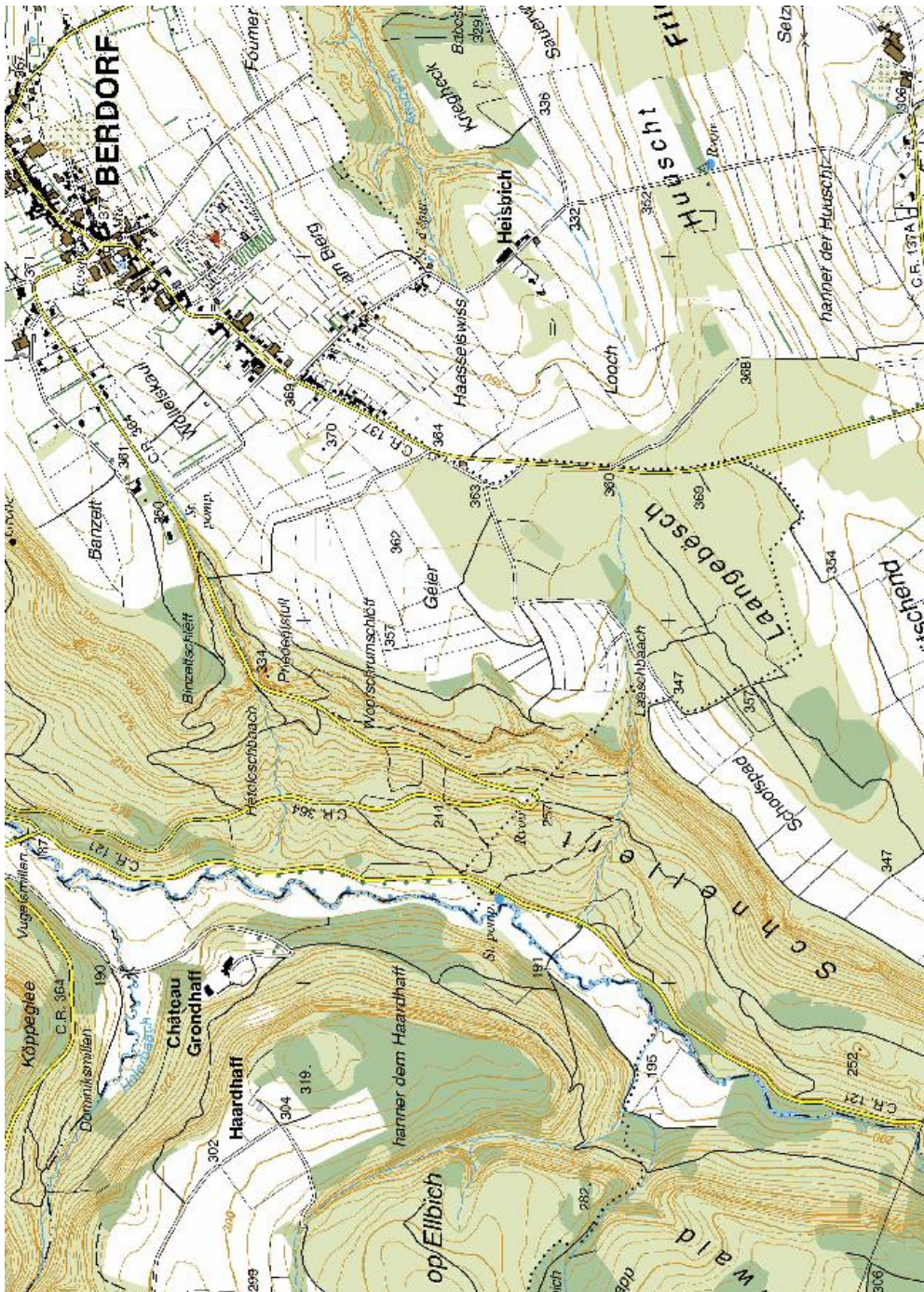
Vom Bahnhof führt der Wanderweg B1 in Richtung Berdorf durch die Wolfsschlucht. Die Schüler von Echternach sind nicht auf den öffentlichen Transport angewiesen, sie können sich zu Fuß auf den Weg begeben.

6.3.3 Berdorf

Berdorf bietet die Möglichkeit Klima, Boden und Vegetation eines nach Süden ausgerichteten *Plateaus* und eines Nordhanges zu vergleichen.

a) Geographische Lage

Berdorf liegt auf einem ausgedehnten Hochplateau, begrenzt durch die Täler der Schwarzen Ern, der Sauer und des Aesbaches (siehe Karte 14).

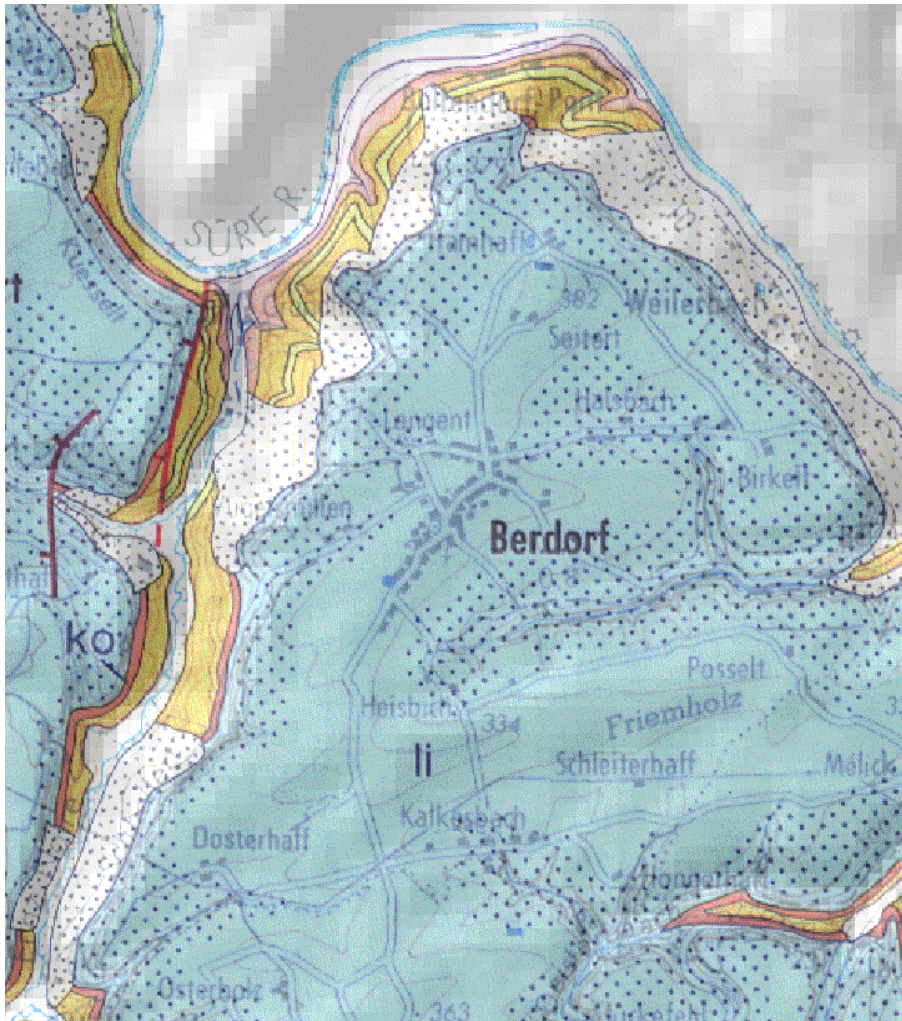


Karte 14:
Maßstab
1:20000
Übersicht
Berdorf und
Umgebung⁶⁹

⁶⁹ © Origine : Administration du Cadastre et de la Topographie, Droits réservés à l'Etat du Grand-Duché de Luxembourg (1998-2000).

b) Geologie

Siehe Luxemburger Sandstein Wolfsschlucht (6.3.2 b))



Karte 14: Geologische Karte von Berdorf⁷⁰

(li = unterer Lias, ko = oberer Keuper)

c) Pedologie

Siehe Luxemburger Sandstein Wolfsschlucht (6.3.2 c)).

d) Morphologie und Standortbedingungen

Siehe Schema von M. Heuertz Nr. 11 (6.3.2 d)).

e) Vegetation

Auf den sehr trockenen und warmen Standorten von Berdorf (Standort 1) sind vor allem Waldkiefern (*Pinus sylvestris* L.) und andere Wärme- und Trockenzeiger zu finden (siehe Punkt f) Standort 1).

⁷⁰ <http://www.geologie.lu/geolwiki/index.php/BERDORF>

Auf den feuchteren und schattigeren Standorten stockt ein Waldschwingel-Buchenwald.

f) Standort 1 und 2 von Berdorf



Karte 15: Maßstab 1:5000 Berdorf⁷¹

⁷¹ BD-L-TC 120 © Origine : Administration du Cadastre et de la Topographie, Droits réservés à l'Etat du Grand-Duché de Luxembourg (2004).

Standort 1, nach Süden ausgerichtetes Plateau (siehe Karte 15):

Der Wanderweg (rot) führt auf ein Plateau.

Auf dem synthetischen Querschnitt durch die Geomorphologie des Luxemburger Sandsteins von M. Heuertz (Abb. 6.8) entspräche dieser Standort der Nummer 11.



Plateau von Berdorf

Auf dem *Plateau* ist die Sonneneinstrahlung hoch, deshalb ist es sehr warm und trocken. Der Boden ist sauer (pH 4) und die Bodenschicht sehr dünn. Dies bedeutet wenig Lebensraum für Zersetzer und schlechte Wasserversorgung. Würmer, welche auf Feuchtigkeit angewiesen sind, fehlen.

Folglich entsteht kaum Humus, was zu einer Verarmung des Bodens an Nährstoffen führt. Der Boden ist schlecht strukturiert, Mineralsalze werden schlecht zurückgehalten und Kalk wird ausgewaschen, was wiederum zur Versauerung des Bodens beiträgt. Hinzu kommt, dass Humus und Sandkörner schnell abtransportiert werden, weil das *Plateau* Wind und Regen ausgesetzt ist.

Auf diesem *Plateau* wachsen schon seit der Eiszeit Kiefern.

Die Kiefer ist eine Lichtbaumart, das heißt sie benötigt viel Licht um sich optimal zu entwickeln. Man findet sie oft an exponierten Stellen (z.B. Hängen) mit felsigem Untergrund, sowie an Waldrändern und überall dort, wo sie nicht durch konkurrenzfähigere Bäume verdrängt werden kann.

Sehr auffällig ist die geringe Höhe der Bäume.

Da die Wasserversorgung wegen der dünnen Bodenschicht schlecht und die Sonneneinstrahlung hoch ist, müssen sich die Pflanzen, die dort gedeihen, an diese schweren Standortbedingungen anpassen. Die meisten Pflanzen schließen in diesem Fall die Spaltöffnungen um die Verdunstung von Wasser zu reduzieren. Da die Pflanzen bei geschlossenen Spaltöffnungen auch kein Kohlendioxid aufnehmen und so keine Fotosynthese betreiben können, wirkt sich dies negativ auf ihr Wachstum aus.

Heidekraut (*Calluna vulgaris* (L.) HULL), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus* L.) und Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa* (L.) TRIN.), Zeigerpflanzen für arme Böden sowie Faulbaum (*Frangula alnus* MILL.), Mehlbeere (*Sorbus aria* (L.) CRANTZ), Heide-Wachholder (*Juniperus communis* L.) und Gewöhnlicher Tüpfelfarn (*Polypodium vulgare* L.) sind ebenfalls auf dem Plateau zu finden. Der Faulbaum und die Mehlbeere benötigen viel Licht und Wärme. Tüpfelfarn und Wachholder vertragen die Trockenheit sehr gut.

Einige, der hier vorkommenden Pflanzen, weisen als Verdunstungsschutz Nadeln oder pelzige Blätter auf. Die Blätter der Mehlbeere zum Beispiel tragen auf der Unterseite eine filzige Behaarung.



Blätter der Mehlbeere

Manche Pflanzen, wie zum Beispiel die Drahtschmiele, rollen die Blätter ähnlich wie Zigarettenpapier zusammen. Damit schützen sie die Spaltöffnungen auf der Blattunterseite. In dem so entstandenen kleinen Raum im Inneren der Blattröhre herrscht eine erhöhte Luftfeuchtigkeit.



Drahtschmiele



Heidekraut

Beim Heidekraut wird die Wasserverdunstung durch die kleinen Blätter reduziert, da weniger Blattoberfläche vorhanden ist.

(Ein Arbeitsblatt zu den Anpassungen einiger Pflanzen an warme und trockene Standorte befindet sich in Anhang 6)

Standort 2, Nordhang (siehe Karte 15):

Am Nordhang fällt sofort die geringere Lichteinstrahlung auf.

Die Bodenprobe lässt auf Quarz im Boden schließen. Es handelt sich um Feinsand.

Der Humustyp ist Moder wegen der hohen, mit Pilzfäden durchsetzten Laubstreu.

Im Nordhang sind vor allem Rotbuchen (*Fagus sylvatica* L.) und Wald-Schwingel (*Festuca altissima* ALL.), ein Indikator für viel Feuchtigkeit und saure Böden, zu sehen.

Im Hang bilden sich immer wieder kleine *Plateaus* zwischen dem Blockschutt, wo sich organisches Material sammeln kann, deshalb wachsen hier auch Sommerlinden (*Tilia platyphyllos* SCOP.).

In der Baumschicht befinden sich auch noch Traubeneiche (*Quercus petraea* LIEBLEIN), Eberesche (*Sorbus aucuparia* L.) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.) in geringerer Zahl.

In der Strauchschicht fällt die Stechpalme (*Ilex aquifolium* L.), auch noch Walddistel genannt, auf. Sie steht für viel Feuchtigkeit und mildere Temperaturen, die selten längere Zeit unter 0°C bleiben. Die Blätter der Stechpalme sind zusätzlich durch eine dickere Kutikula gut gegen Vertrocknung geschützt. Deshalb wirft die Stechpalme ihre Blätter nicht ab, die das ganze Jahr über grün leuchten.



Stechpalme



Farne auf den Steinen

Auf und zwischen den Steinen wachsen Farne wie Wurmfarne (*Dryopteris filix-mas* (L.) SCHOTT) und Tüpfelfarne (*Polypodium vulgare* L.).

g) Forstliche Nutzungsgeschichte

Das Gebiet ist durch die zahlreichen Hänge nicht für die Landwirtschaft geeignet und deshalb relativ naturbelassen.

h) Erwähnenswertes/Wissenswertes

Stechpalme (*Ilex aquifolium* L.),

Die Stechpalme ist eine immergrüne Pflanze. Sie kommt sowohl als Strauch wie auch als Baum vor (10 m-15 m).

Ihre Blätter sind dick und ledrig, auf der Oberseite glänzend dunkelgrün und auf der Unterseite gelbgrün. Der gezackte Blattrand ist auf beiden Seiten mit bis zu sieben Stachelzähnen besetzt. Die Blattform variiert mit der Höhe des Astes, an dem sie wachsen. Niedrige Blätter sind stark stachlig, hohe Blätter dagegen nicht.



Blätter der Stechpalme

Die Blüten sind unscheinbar weiß, die Steinfrucht etwa erbsengroß, kugelig, glänzend und scharlachrot. Die Blätter und Früchte der Stechpalme sind giftig!

Die Stechpalme bevorzugt kalkfreien, nährstoffreichen, lockeren und daher sandigen Lehmboden. Sie scheut Licht und gedeiht am besten im Halbschatten oder Schatten. Da die Stechpalme immergrün ist, ersetzt sie ihre Blätter Stück für Stück über das Jahr, je nachdem wie die Blätter altern und abfallen.

In warmen gemäßigten Klimaten sind die meisten Pflanzen immergrün. In kalten gemäßigten Klimaten sind weniger immergrüne Pflanzen zu finden, da nur wenige die tiefen Temperaturen aushalten. Die Blätter der Stechpalme sind gut isoliert, zudem herrscht in den Schluchten des Müllerthals das ganze Jahr über hohe Luftfeuchtigkeit, welche die Temperaturextreme abpuffert und so vor der winterlichen Austrocknung schützt, deshalb kann die Stechpalme hier gedeihen. Die häufigsten immergrünen Pflanzen in unseren Gegenden bleiben jedoch die Nadelbäume.

Der erste Teil des Pflanzennamens „Stechpalme“ kommt durch die Dornen an den Blatträndern. Der Namensteil „Palme“ rührt von der Verwendung des Baumes in einer christlichen Tradition: An Palmsonntag werde in weiten Teilen der christlichen Welt Zweige von Weiden, Buchsbaum, Stechpalme und anderen meist immergrünen Pflanzen als „Palm“ geweiht. Als immergrüne Pflanze und damit als Inbegriff ewigen Lebens geht der Mythos um die Stechpalme bereits auf die vorchristlichen Kelten, Römer und Germanen zurück. Allein aus der Verwendung der Stechpalme zur

symbolhaften Ausschmückung traditioneller Festlichkeiten ist der Bestand dieses nur sehr langsam wachsenden Gehölzes derart zurückgegangen, dass die Pflanze vielerorts als gefährdet eingestuft werden muss. Stechpalmen können 300 Jahre alt werden⁷².

i) Zufahrtsmöglichkeiten

Aus der Stadt Luxemburg (*Gare*) ist Berdorf mit der Buslinie 111 zu erreichen. Der Bus fährt stündlich und die Fahrt dauert ungefähr 45 Minuten.

Die Schüler von Echternach können Berdorf von der Echternacher *Gare* aus mit der Buslinie 111 erreichen.

Der grün eingezeichnete Weg auf der Karte 15 führt von der Haltestelle *Berdorf, Kiosque* zum Wanderweg (rot).

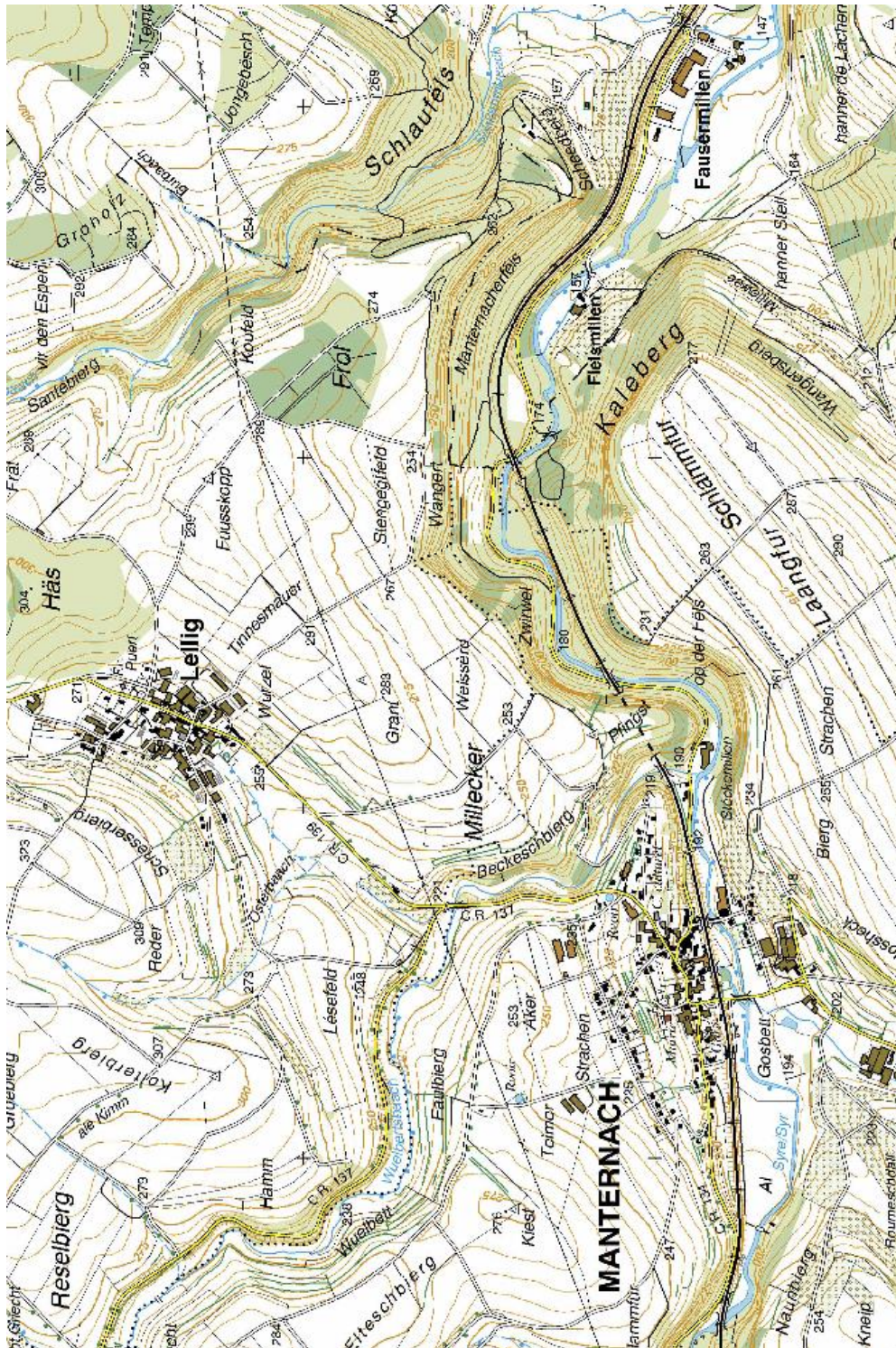
Wenn ein Privatbus gemietet wird, besteht eine Parkmöglichkeit (auf der Karte in gelb eingezeichnet) nur wenige Meter vom Wanderweg entfernt.

⁷² http://www.baumkunde.de/llex_aquifolium/

6.4 Manternach

Manternach bietet die Möglichkeit die Klimafaktoren und die Vegetation eines Nordhanges mit denen eines Südhanges zu vergleichen weil diese nur wenige Meter voneinander entfernt sind.

a) Geographische Lage



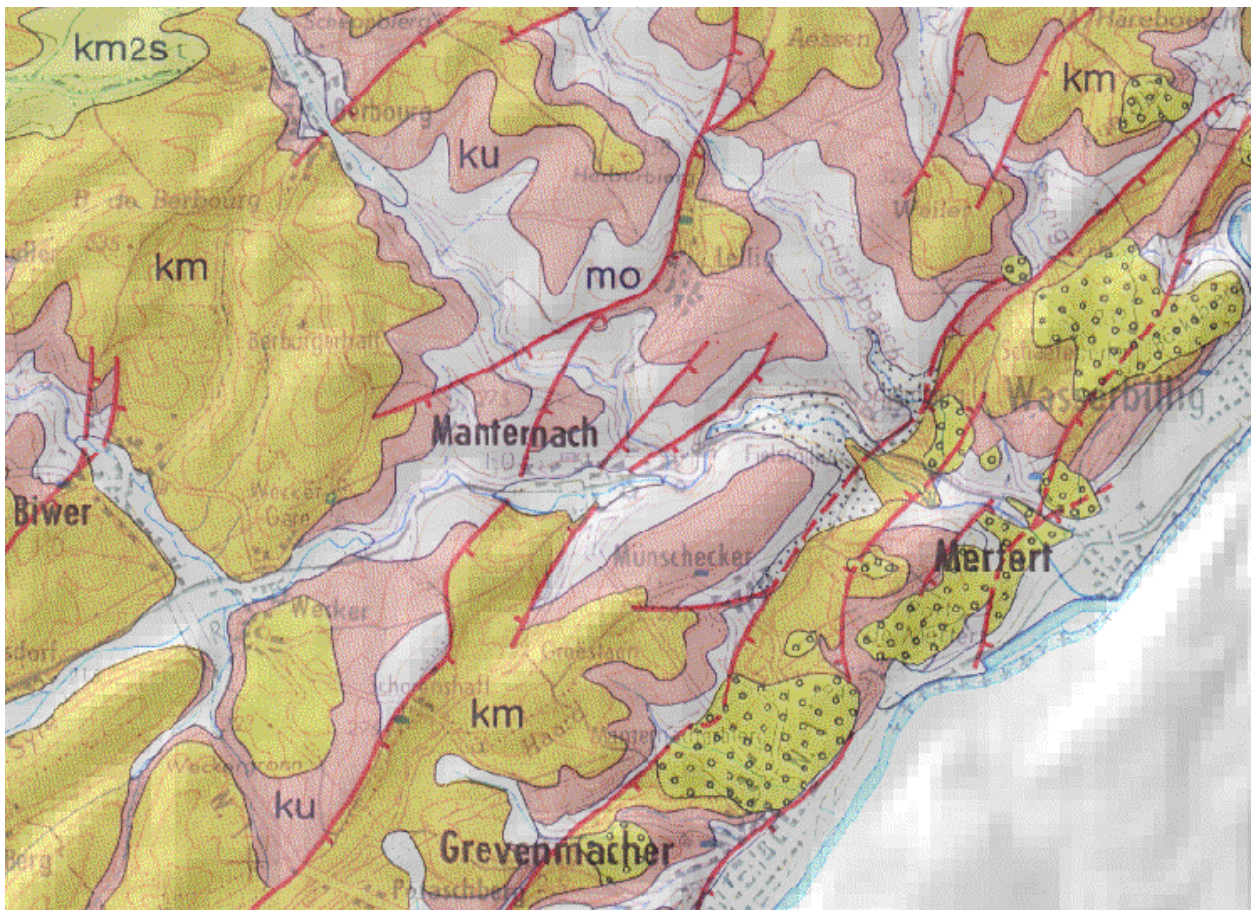
Karte 16:
Maßstab
1:20000
Übersicht
Manternach und
Umgebung⁷³

⁷³ © Origine : Administration du Cadastre et de la Topographie, Droits réservés à l'Etat du Grand-Duché de Luxembourg (1998-2000).

b) Geologie

Im Gebiet von Manternach-Mertert befinden wir uns hauptsächlich in den Schichten des oberen Muschelkalks (siehe geologische Karte 17). Besser wäre es zu sagen: Schichten aus der oberen Muschelkalkzeit, denn in Luxemburg bestehen diese Schichten vor allem aus Dolomitgestein mit wenig versteinerten Muscheln, während in anderen Teilen Europas ein echter Muschelkalk vorherrscht. Die Schichten der oberen Muschelkalkzeit bestehen im oberen Teil aus einer Wechsellagerung (Wechselschichtung) von festen Dolomitbänken (Dolomitschichten) und weicheren, grauen dolomitischen Mergeln und im unteren Teil aus kompakten, massiven Dolomitbänken.

Im unteren Teil des Talhanges der Syr befinden wir uns im Hangschutt (Geröllschutt) des oberen Muschelkalks, d.h. hier werden die anstehenden Gesteinsschichten vom abbröckelnden Material des oberen Muschelkalks (Dolomit und dolomitische Mergel) bedeckt.



Karte 17: Geologische Karte von Manternach⁷⁴

(km = mittlerer Keuper, ku = unterer Keuper, km2s = Schilfsandstein, mo = oberer Muschelkalk)

⁷⁴ <http://www.geologie.lu/geolwiki/index.php/MANTERNACH>

c) Pedologie

Auf dem dolomitisch-mergeligen Muttergestein entwickelt sich ein tonig-lehmiger Boden mit dolomitischem Skelett (d.h. mit Dolomitbröckeln durchsetzt). In Hanglagen ist dieser Boden sowohl gut durchfeuchtet (vor allem in Nordhängen) als auch gut entwässert (keine Staunässe). Es ergibt sich daher ein gut strukturierter, durchlüfteter und nährstoffreicher Boden.

d) Morphologie und Standortbedingungen⁷⁵

Die Syr hat sich während Jahrtausenden einen Weg durch die zwischen Manternach und Mertert befindlichen Muschelkalkfelsen gesucht. Dabei ist die relativ enge, von Westen nach Osten verlaufende *Manternacher Fiels* entstanden.

Nordhang und Südhang liegen nur wenige Meter voneinander entfernt und lassen sich deshalb besonders gut vergleichen.

e) Vegetation⁷⁶

Am Südhang hat sich ein Waldtyp entwickelt, in dem die Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) als dominante Baumart vorherrscht. Die Besonderheit der *Manternacher Fiels* ist allerdings der Schluchtwald am Nordhang. Durch die geringe Sonneneinstrahlung herrscht hier ganzjährig ein kühl-feuchtes Klima. Im Hang befindet sich viel Blockschutt, der Boden ist basen- und nährstoffreich. Der Untergrund erlaubt das Gedeihen verschiedener Edellaubbäume, die am wärmeren Südhang fehlen (siehe Abb. 6.9). Erwähnenswert ist zudem der große Bestand an Hirschwurde (*Asplenium scolopendrium* L.), ein Farn, der auf kalkreichen Böden wächst und hohe Luftfeuchtigkeit anzeigt. Er ist allgemein sehr selten und steht unter Naturschutz.

⁷⁵ MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, ADMINISTRATION DES EAUX ET FORÊTS, *Lehrpfad Manternach-Lellig*, Luxembourg, 2005. S. 29.

⁷⁶ MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, ADMINISTRATION DES EAUX ET FORÊTS, *Lehrpfad Manternach-Lellig*, Luxembourg, 2005. S. 29.



Abb. 6.9: Verteilung der wichtigsten Waldgesellschaften im Herzen der *Manternacher Fiels*⁷⁷

f) Standort 1, 2 und 3 der *Manternacher Fiels*

Standort 1, Nordhang (siehe Karte 18):

Wie schon erwähnt, handelt es sich beim Nordhang um einen ehemaligen Steinbruch, der von einem Schluchtwald bedeckt ist.

Im Nordhang herrscht ein feuchtes und kühles Klima, da keine direkte Sonneneinstrahlung einfällt.

Die Bäume wachsen hoch und gerade, weil das die einzige Möglichkeit ist Sonnenlicht zu tanken.

Der Untergrund ist sehr fruchtbar, weil er sehr kalk- und tonhaltig ist (viele Mineralsalze werden zurückgehalten). Zudem ist der Boden sehr gut strukturiert, er enthält viele Poren, die für eine ausreichende Bewässerung und Durchlüftung sorgen. Beim Humus handelt es sich um Mull, da das Laub gut zersetzt ist.

Edellaubbäume mit hohen Ansprüchen wie Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior* L.), Sommerlinde (*Tilia platyphyllos* SCOP.), Bergulme (*Ulmus glabra* HUDS.) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.) finden hier ihren idealen Standort.

⁷⁷ MINISTÈRE DE L'ENVIROMNEMENT, ADMINISTRATION DES EAUX ET FORETS, *Lehrpfad Manternach-Lellig*, Luxembourg, 2005. S. 29.

Eine charakteristische Pflanze des Schluchtwaldes und Anzeiger für eine hohe Luftfeuchtigkeit ist die Hirschzunge. Sie ist am ganzen Nordhang zu finden und prägt das Landschaftsbild.



Hirschzunge

In der Strauchschicht finden sich Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra* L.), Stachelbeere (*Ribes uva-crispa* L.), Hasel (*Corylus avellana* L.), Zweigriffliger Weißdorn (*Crataegus laevigata* (POIRET) DC.) und Eingriffliger Weißdorn (*Crataegus monogyna* JACQ.). Zur Krautschicht zählen Wald-Bingelkraut (*Mercurialis perennis* L.) Waldmeister (*Galium odoratum* (L.) SCOP.), Einblütiges Perlgras (*Melica uniflora* RETZ.), Vielblütige Weißwurz (*Polygonatum multiflorum* (L.) ALL.), Moschuskraut (*Adoxa moschatellina* L.), Christophskraut (*Actaea spicata* L.), Große Brennnessel (*Urtica dioica* L.), Wald-Schlüsselblume (*Primula elatior* (L.) HILL) und Zweiblättriger Blaustern (*Scilla bifolia* L.).

Auf den Felsen wächst oft der unempfindlichere Tüpfelfarn (*Polypodium vulgare* L.). Wurmfarne (*Dryopteris filix-mas* (L.) SCHOTT) sowie der Braune Streifenfarne (*Asplenium trichomanes* L.) sind ebenfalls gut vertreten.

In den Wintermonaten fällt der Zinnoberrote Kelchbecherling durch seine schöne rote Färbung auf. Es handelt sich um einen seltenen Schlauchpilz, der an Laubholzästchen am Boden wächst.



Kelchbecherling

Standort 2, Südhang (siehe Karte 18):

Am Südhang befindet sich derselbe Boden wie am Nordhang aber es ist wärmer. Die Vegetation ist viel fortgeschrittener (1 Woche Vorsprung) und die Hirschzunge fehlt.

Der untere, noch relativ flache Teil dieses Südhanges ist von einem Orchideen-Buchenwald bewachsen. Die niedrige Höhe der Bäume (20-25 Meter) und der, in ihren Jugendphasen, frühe Abgang der ersten dicken Äste weisen auf gute Lichtverhältnisse hin.

Die Buche wird von wärmeliebenden Baumarten begleitet wie: Feldahorn (*Acer campestre* L.), Vogel-Kirsche (*Prunus avium* (L.) L.), Mehlbeere (*Sorbus aria* (L.) CRANTZ) und Elsbeere (*Sorbus torminalis* (L.) CRANTZ).

Hier findet sich auch die vierblättrige Einbeere (*Paris quadrifolia* L.). Die ganze Pflanze ist giftig, der Genuss mehrerer Beeren kann sogar zum Tod durch Atemlähmung führen.



Vierblättrige Einbeere

Standort 3, obere Hanglagen und Hangspitze (siehe Karte 18):

Die oberen Hanglagen werden zunehmend trockener und wärmer. Unter solchen Standortbedingungen kann die Rotbuche nicht mehr gedeihen und ein trockener, wärmeliebender Eichen-Hainbuchenwald löst den Orchideen-Buchenwald ab.⁷⁸

Neben Traubeneiche (*Quercus petraea* LIEBLEIN) und Hainbuche (*Carpinus betulus* L.) sind folgende Arten zu finden:

Bergulme, Feldahorn, Sommerlinde, Kornelkirsche (*Cornus mas* L.), Gewöhnlicher Seidelbast (*Daphne mezereum* L.), Wilder Liguster (*Ligustrum vulgare* L.), Wolliger Schneeball (*Viburnum lantana* L.), Echte Walnuss (*Juglans regia* L.), Waldrebe (*Clematis vitalba* L.), Weißdornarten, Rote Heckenkirsche (*Lonicera xylosteum* L.), Sand-Thymian (*Thymus serpyllum* L.), verschiedene Orchideenarten, Vielblütige Weißwurz und ganz selten Echtes Salomonsiegel (*Polygonatum odoratum* (MILL.) DRUCE) und Blauroter Steinsame (*Lithospermum purpureocaeruleum* L.).

Auf der Hangspitze zeugen sehr niedrige Bäume von großer Sonneinstrahlung und extrem trockenen und warmen Bedingungen. Bäume, die an solchen Standorten gedeihen, können im Sommer oft keine Fotosynthese betreiben. Wenn es zu warm ist, schließen viele Pflanzen ihre Spaltöffnungen, weil sonst zu viel Wasser verdunsten würde. Bei geschlossenen Spaltöffnungen kann aber auch kein Kohlendioxid aufgenommen werden, das zur Fotosynthese benötigt wird und deshalb wachsen die Bäume nicht in die Höhe.

Die Karte 18 zeigt die Hangspitze als dritten Standort. Es empfiehlt sich die Vegetationsaufnahme, sowie die Messungen (pH-Wert des Bodens, Sonneneinstrahlung, ...) auf der Hangspitze vorzunehmen, da die Unterschiede zu Standort 2 dort am besten zu erkennen sind.

⁷⁸ BECHET, G., JACOBS, J., MEYER, M., SCHAULS R., *Eise Bësch*, Mouvement Ecologique, Natura, Luxembourg, 1993. S. 47.



Karte 18: Maßstab 1:5000 Manternacher Fels⁷⁹

⁷⁹ BD-L-TC 203 © Origine : Administration du Cadastre et de la Topographie, Droits réservés à l'Etat du Grand-Duché de Luxembourg (2004).

g) Forstliche Nutzungsgeschichte

Am Nordhang befand sich früher ein Steinbruch (*Steekaul*). Heute sammelt sich zwischen dem Geröllschutt Feinmaterial mit tonigen mergeligen Schichten, idealer Untergrund für das Gedeihen von Edellaubbäumen.

Seit dem Bau der Eisenbahnlinie Luxemburg-Wasserbillig vor 150 Jahren blieb der Südhang weitgehend sich selbst überlassen. Hier findet man absterbende und tote Bäume sowie Lichtungen in denen der junge Wald heranwächst.⁸⁰

h) Erwähnenswertes/Wissenswertes

Ulmensterben⁸¹:

Auf dem Weg vom Bahnhof zum Nordhang sind viele abgestorbene Bäume zu sehen. Es handelt sich dabei um Ulmen, die durch einen Schlauchpilz massiv geschädigt wurden.

1918 wurde der aus Ostasien stammende Pilz (*Ophiostoma novo-ulmi*) nach Europa verschleppt⁸², wo er sich ausbreitete und viele Ulmen abtötete. Aus Europa gelangte der Erreger nach Nordamerika, dort scheint er sich leicht verändert zu haben, denn der gegen Ende der 60er Jahre reimportierte, aggressivere Pilz vernichtet seither die Überlebenden der ersten Welle.

Der Pilz wird durch den Reifefraß (spezifische Nahrungsaufnahme verschiedener Insekten, die zur Erreichung der Geschlechtsreife benötigt wird) des Ulmensplintkäfers sowie über Wurzelkontakte übertragen.

Erste Symptome sind das Welken und Vergilben der Blätter an einzelnen Zweigen im oberen Kronbereich. Die Blätter verdorren und rollen sich ein.

Die Ulme versucht den Pilzbefall einzuschränken, indem sie die Holzgefäße durch Thyllen (Zellen, die in die Wasserleitbahnen einwachsen und diese verstopfen) blockiert (siehe Abb. 6.10) doch sie sperrt sich dabei selbst vom Wasser ab und stirbt letztendlich durch Wassermangel.

⁸⁰ BECHET, G., JACOBS, J., MEYER, M., SCHAULS R., *Eise Bësch*, Mouvement Ecologique, Natura, Luxembourg, 1993. S. 47.

⁸¹ <http://www.forst.tu-muenchen.de>

⁸² <http://www.forst.uni-muenchen.de>

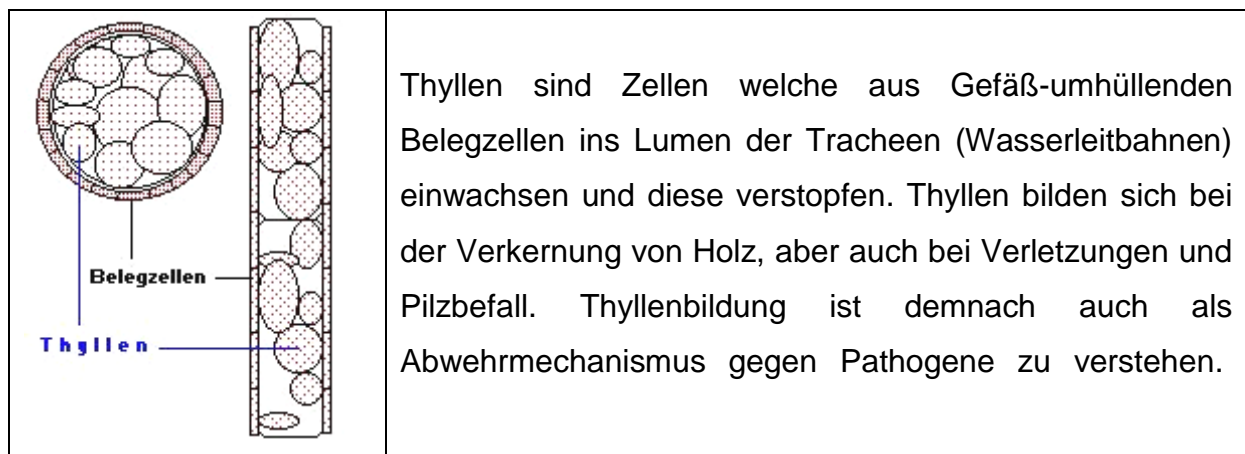


Abb. 6.10: Thyllenbildung⁸³

Bei raschem Verlauf kann der Baum innerhalb einer Vegetationsperiode absterben. Kränkelnde und frische abgestorbene Ulmen werden vom Ulmensplintkäfer zur Brut angefliegen. Die Larven des Käfers bohren im Bast und streifen dabei den äußeren Bereich des Holzes. Der bereits im Splint vorhandene Pilz bildet seine Fruchtkörper und Sporen in den Fraßgängen der Larven. Die klebrigen Sporen werden dann beim Schlüpfen von den jungen Käfern mitgeschleppt und beim Reifefraß wieder auf gesunde Ulmen übertragen.

Um die Ausbreitung der Ulmenkrankheit einzuschränken, müssen die frisch abgestorbenen Bäume möglichst schnell gefällt, entrindet und die Käfer vernichtet werden. Im Falle einer zweiten Käfergeneration (in warmen Sommern), muss die Prozedur wiederholt werden. Eine direkte Bekämpfung oder vorbeugende Maßnahmen gegen den Erreger sind kaum möglich. Langfristig ist das Problem am ehesten durch die Züchtung resistenter Ulmen zu lösen.

Buchensterben⁸⁴:

Seit Ende der siebziger Jahre wird nicht nur in Luxemburg das Absterben einzelner Buchen beobachtet. Man spricht von der Buchen-Komplex-Krankheit, die in den letzten Jahren immer häufiger zu beobachten ist.

Erkennbar ist die Erkrankung an verschiedenen Anzeichen:

Die Laubverfärbung setzt bei erkrankten Buchen schon im Sommer ein, die Blätter welken.

⁸³ <http://www.forst.tu-muenchen.de>

⁸⁴ http://www.nabu-siwi.de/zeitschrift/nuu_06_2.pdf

Die normalerweise glatte Rinde der Buchen weist Risse auf, in welchen man eine schwarzbräunliche, schleimige Verfärbung erkennen kann. Diese Erscheinung wird auch als Schleimfluss bezeichnet.

Diese unverheilten Risse ermöglichen verschiedenen Pilzarten das ungehinderte Eindringen. Die Ausbreitung dieser Pilze unter der Rinde führt zur Unterbrechung der Wasserleitungsgefäße (Auslöser für die Blattwelke).

Angelockt durch die Gärungsprozesse der geschädigten Rinde, beginnen rinden- und holzbrütende Käferarten den kränkelnden Baum zu besiedeln.

Die Käfer übertragen beim Eindringen in das Holz zugleich Sporen verschiedener Pilzarten.

Mit fortschreitender Ausbreitung der holzzersetzenden Pilze werden immer mehr Leitungsbahnen des Baumes blockiert, was weiteres Verwelken zur Folge hat. Schließlich breitet sich als Folge der Pilzaktivität im Inneren des Stammes Weißfäule aus. Die harte Holzstruktur wird abgebaut und die gesamte Statik des Baumes leidet. So reicht oft schon ein Gewittersturm im Sommer um den Baumstamm abzubrechen.



Schleimfluss



Abgebrochener Stamm einer Buche

Die Ursachen dieser Komplex-Erkrankung sind bis heute nicht abschließend geklärt. Es spricht zwar einiges dafür, dass bestimmte Witterungsereignisse der Auslöser sein können. Ob es sich dabei um lokale Witterungsereignisse oder um Vorboten einer Klimaveränderung handelt, kann dabei nur vermutet werden.

i) Zufahrtsmöglichkeiten

Manternach ist sehr gut mit dem Zug zu erreichen. Die Schüler der städtischen Schulen gelangen mit dem Zug Richtung: *Wasserbillig, Gare* zum Bahnhof von Manternach.

Die Schulen von Grevenmacher können mit dem Bus Richtung *Echternach, Gare* zur Haltestelle *Mertert Parc* fahren und von dort zum Bahnhof von Mertert spazieren (Fußweg 2 Minuten) Am Bahnhof von Mertert fährt regelmäßig ein Zug in Richtung *Luxemburg, Gare centrale*, der am Bahnhof von Manternach hält.

Von dort sind es noch 15 Minuten Fußweg bis zum Eingang des Waldes.

7. Anwendung im Unterricht

7.1 Theoretische Grundlagen

7.1.1 Außerschulische Lernorte und außerschulischer Unterricht

Die Biologie als Schulfach bietet den großen Vorteil, dass ein Teil des Unterrichts an außerschulische Lernorte verlegt werden kann. Außerschulische Lernorte bieten eine Alternative zu den traditionellen Strukturen eines „klassischen Unterrichts“.

Der außerschulische Unterricht eröffnet durch seine Vielseitigkeit und Vielgestaltigkeit neue Lernchancen, da er *„über die Möglichkeiten des Unterrichts im Klassenraum hinausgeht und ihn in sofern ergänzen und erweitern kann“*.⁸⁵

Das stressfreie, anschauliche Lernen in einem anderen Umfeld fällt den Schülern oftmals leichter.

„Eine entspannte, vom schulischen Alltag entlastete Atmosphäre, größere Handlungs- und Erfahrungsspielräume sowie ganzheitliche Lern- und Erlebnissvorgänge können sich positiv auf die Motivation der Schülern auswirken und deren Lernerfolge sichern“.⁸⁶

Ein bedeutendes Argument für den außerschulischen Unterricht ist die *„originale Begegnung“*⁸⁷ mit Lebewesen, sowie mit biologischen Phänomenen. Anstatt die ökologischen Zusammenhänge überwiegend theoretisch zu behandeln, können die Schüler hier reale und authentische Naturerfahrungen machen und *„ein Stück der Wirklichkeit in ihrer ganzen Komplexität kennen lernen“*.⁸⁸ Diese Komplexität ist oft nur dann zu fassen, wenn die Schüler ihre Umwelt (sei sie belebt oder unbelebt) mit allen Sinnen wahrnehmen können. Hierbei spielt dann nicht nur das Wissen eine tragende Rolle, sondern entstehende Eindrücke, Erfahrungen, Erlebnisse können einen Einfluss auf das Bewusstsein und die Werthaltung der Schüler haben, Voraussetzungen für ein umweltgerechtes Handeln.

Durch die Handlungsorientierung außerschulischen Unterrichts wird nicht nur die kognitive Dimension berücksichtigt, sondern auch die psychomotorischen

⁸⁵ ESCHENHAGEN, D., KATTMANN, U., RODI, D., *Fachdidaktik Biologie*, Aulis Verlag Deubner, Köln, 2006. S. 421.

⁸⁶ Unterricht Biologie, Ausgabe 285, *Lernen an Umweltstationen*, Friedrich Verlag, Seelze/ Velber, 2003. S. 6.

⁸⁷ SPÖRHASE-EICHMANN, U., RUPPERT, W., *Biologie Didaktik - Praxisbuch für die Sekundarstufe I und II*, Cornelsen Scriptor, Berlin, 2004. S. 190.

⁸⁸ SPÖRHASE-EICHMANN, U., RUPPERT, W., *Biologie Didaktik - Praxisbuch für die Sekundarstufe I und II*, Cornelsen Scriptor, Berlin, 2004. S. 191.

Kompetenzen können gefördert werden. Dadurch, dass die Schüler praktisch, autonom, experimentell und forschend arbeiten, eignen sie sich charakteristische biologische oder wissenschaftliche Arbeitsweisen an.

Auch auf die Entwicklung der sozialen Kompetenzen der Schüler kann sich der außerschulische Unterricht positiv auswirken. Durch Gruppen- bzw. Teamarbeit werden die *„sozialen Kontakte zwischen den Schülern und den begleitenden Lehrern gefördert“*⁸⁹, Kommunikationsbarrieren werden abgebaut. Oft legen Schüler außerhalb des Schulgebäudes ein anderes Verhalten an den Tag, sodass sie sich von *„einer ganz anderen Seite kennen lernen als im Klassenunterricht“*⁹⁰.

Zahlreiche Studien belegen den positiven Effekt des außerschulischen Unterrichts auf das Schülerinteresse (siehe Eschenhagen, Kattmann, Rodi, 2006, S. 428) und *„erbrachten Hinweise darauf, dass in Biologie weniger leistungsfähige Schüler durch außerschulischen Unterricht mehr gefördert werden als durch Klassenunterricht“*⁹¹. Die Effektivität der außerschulischen Aktivitäten hängt allerdings von einer gründlichen Vor- und Nachbereitung ab.

Zu beachten bleibt auch, dass die Schüler sich an diese Unterrichtsform gewöhnen müssen und je öfter man auf sie zurückgreift, umso einfacher fällt es den Schülern auf selbstständige und wissenschaftliche Weise vorzugehen.

Bezüglich der oben genannten Vorteile außerschulischen Unterrichts gilt es diese Unterrichtsform soweit wie möglich in die Unterrichtsplanung und -gestaltung mit einzubeziehen. Dies ermöglicht ein Erfahren mit allen Sinnen, trägt zur Förderung spezifischer Schlüsselqualifikationen sowie zum Wissenserwerb bei und ermöglicht ein selbstgesteuertes Arbeiten, das sowohl die stärkeren wie auch die schwächeren Schüler berücksichtigt.

⁸⁹ SPÖRHASE-EICHMANN, U., RUPPERT, W., *Biologie Didaktik - Praxisbuch für die Sekundarstufe I und II*, Cornelsen Scriptor, Berlin, 2004. S. 191.

⁹⁰ ESCHENHAGEN, D., KATTMANN, U., RODI, D., *Fachdidaktik Biologie*, Aulis Verlag Deubner, Köln, 2006. S. 422.

⁹¹ ESCHENHAGEN, D., KATTMANN, U., RODI, D., *Fachdidaktik Biologie*, Aulis Verlag Deubner, Köln, 2006. S. 428.

7.1.2 Natur- und Umweltpädagogik

Es ist bekannt, dass die Kinder und Jugendlichen heutzutage weniger Bezug zur Natur und zum Lebendigen haben, als dies noch vor wenigen Jahrzehnten der Fall war (Mediengesellschaft, Konsumgesellschaft, ...).

Der Biologieunterricht hat also die Aufgabe, die Schüler für ihre Umwelt zu sensibilisieren, ihnen das Lebendige vor Augen zu führen, damit diese die Natur (wieder) bewusst wahrnehmen. Deshalb ist es wichtig Freilandexkursionen zu organisieren und so einen Teil des Unterrichts an außerschulischen Lernorten durchzuführen. Dabei erleben die jungen Leute die Natur ganzheitlich, sie nehmen sie also nicht nur über Kopfarbeit, *„sondern auch über alle Sinneskanäle wahr“*⁹².

*„Im Zusammenhang mit der Ökologie- und Naturschutzbewegung sowie der Umweltbildung gewinnt heute der Biologieunterricht außerhalb des Schulgebäudes zunehmend an Bedeutung“*⁹³. In der Tat, aufgrund der technischen und wirtschaftlichen Entwicklungen, *„hat es in der Geschichte kaum Zeiträume gegeben, in denen die Menschen die Umwelt einem solch radikalen Wandel unterworfen haben wie in den vergangenen Jahrzehnten und der Gegenwart“*⁹⁴. Die wachsende Weltbevölkerung und der steigende Komfort stellen eine große Belastung für die Natur dar. Es gilt daher, *„die Lebensgrundlagen der Menschen wie auch der Organismen langfristig zu schützen“*⁹⁵.

Aus der Diskussion um die Krise der Umwelt entwickelte sich die *„Bildung für eine nachhaltige Entwicklung, deren Ziele ein umweltgerechtes Handeln und ein behutsamer Umgang mit der Natur sind“*⁹⁶.

⁹² KILLERMANN, W., HIERING, P., STAROSTA, B., *Biologieunterricht heute*, Auer Verlag, Donauwörth, 2005. S. 96.

⁹³ KILLERMANN, W., HIERING, P., STAROSTA, B., *Biologieunterricht heute*, Auer Verlag, Donauwörth, 2005. S. 96.

⁹⁴ KILLERMANN, W., HIERING, P., STAROSTA, B., *Biologieunterricht heute*, Auer Verlag, Donauwörth, 2005. S. 277.

⁹⁵ KILLERMANN, W., HIERING, P., STAROSTA, B., *Biologieunterricht heute*, Auer Verlag, Donauwörth, 2005. S. 277.

⁹⁶ SPÖRHASE-EICHMANN, U., RUPPERT, W., *Biologie Didaktik - Praxisbuch für die Sekundarstufe I und II*, Cornelsen Scriptor, Berlin, 2004. S. 222.

7.2 Arbeitsblätter

Ich habe eine Arbeitsmappe ausgearbeitet (Anhang 2), die an allen der hier beschriebenen Standorte angewendet werden kann. Sie liefert den Schülern die nötigen Hintergrundinformationen so wie Anleitungen zur Durchführung verschiedener Messungen und Versuche.

Die Arbeitsmappe soll den Schülern ermöglichen Informationen zu den Themen Standort (Lage, Lichteinstrahlung, ...) Boden (Humustyp, Bodenart, Muttergestein, ...) und Vegetation (Vegetationsaufnahme, Zeigerpflanzen, ...) zu sammeln.

Die Angaben zu jeder Station werden in einen Erfassungsbogen (Anhang 2 und 3) eingetragen. So fällt es den Schülern leichter zwei Stationen miteinander zu vergleichen und Rückschlüsse auf die Ursachen für die unterschiedliche Vegetation zu ziehen.

Neben der Arbeitsmappe habe ich auch einige standortspezifische Arbeitsblätter erstellt, die eventuelle Besonderheiten eines Standortes aufgreifen (Anhang 6).

Obschon in den oberen Klassen des Gymnasiums das Fach Biologie auf Französisch unterrichtet wird, habe ich die Arbeitsblätter absichtlich in deutscher Sprache verfasst. Es handelt sich um ein komplexes Thema, welches ich den Schülern näher bringen möchte und aus Erfahrung weiß ich, dass ihnen die deutsche Sprache meistens leichter fällt.

Hier ist aktive Mitarbeit seitens der Schüler erfordert und ich möchte alle Punkte, die sich negativ auf die Motivation und das Verständnis der Schüler auswirken könnten vermeiden.

Das Thema muss nicht in der Prüfung abgefragt werden, deshalb finde ich es in diesem Fall wichtiger, dass die Schüler die Zusammenhänge zwischen Standort, Boden und Vegetation verstehen und eventuell weniger auf die Sprache eingegangen wird. Allerdings spricht nichts gegen eine französische Nachbereitung im Klassensaal.

7.3 Allgemeines zum Ablauf der Freilandexkursion

Am 22. April 2009 begleitete ich Herrn Roger Schauls und Frau Marie-Rose Faber mit einer Klasse 2^e C des Lycée Robert Schuman auf einer Freilandexkursion.

Frau Faber hatte diesen Ausflug mit Herrn Schauls als Exkursionleiter schon länger geplant und ich nutzte die Gelegenheit um meine Arbeitsblätter probeweise anzuwenden.

Um 9 Uhr holte uns der Bus vor der Schule ab und brachte uns zu den jeweiligen Stationen.

Am Vormittag untersuchten wir 2 Standorte in Berdorf, am Nachmittag 2 weitere in Manternach.

Das benötigte Material (siehe Anhang 7) wurde auf die 12 Schüler verteilt, die in Dreiergruppen arbeiteten.

Jede Gruppe bekam pro Station (z.B. Nordhang von Berdorf) eine Waldfläche von ungefähr 20 m x 20 m zugeteilt, auf welcher die Anleitungen der Arbeitsmappe durchgeführt wurden. In jeder Gruppe sollten sich die Schüler die Aufgaben unter sich aufteilen, ein Schüler war verantwortlich für die Vegetationsaufnahme, ein anderer führte die Bodenanalysen durch, ein dritter erstellte die Messungen der Luftfeuchtigkeit, der Temperatur usw... Hierfür wurden 20 - 30 Minuten eingeplant.

Anschließend kamen alle Gruppen zusammen, um die Beobachtungen zu vergleichen und zusammenzufassen.

Zum besseren Verständnis kann der Lehrer Teile von vorkommenden Pflanzen einsammeln und anschließend auf dem Waldboden verteilen. So lassen sich auch die Stockwerke des Waldes rekonstruieren.



Vegetationsaufnahme in Manternach (Nordhang)

Die praktischen Anwendungen wurden für jede der 4 Stationen (Berdorf Nordhang/Südhang und Manternach Nordhang/Südhang) vorgenommen. Die

Ergebnisse wurden auf den vorbereiteten Protokollblättern notiert, so dass die Schüler am Ende des Tages die Daten der verschiedenen Stationen miteinander vergleichen konnten (siehe Anhang 3).

Verschiedene Zusatzarbeiten zu diesem Thema :

- Jeder Schülergruppe wird eine Station zugeteilt, zu der sie einen Bericht verfasst, indem die Daten zu dieser Station noch einmal aufgegriffen werden. So war es bei der Klasse 2^e C der Fall (siehe Anhang 4 und 5).
- Jede Schülergruppe erstellt ein Herbarium zur entsprechenden Station.

8. Analyse und Bewertung

Die Freilandexkursion verlief positiv. Die Schüler zeigten großes Interesse an der Arbeit in der Natur.

Bei der ersten Station mussten wir den Schülern zusätzliche Informationen geben, da die Arbeitsanleitungen doch sehr umfangreich sind. Anschließend kamen die Schüler sehr gut mit den Protokollblättern zurecht und arbeiteten autonom. Im Anschluss an jede Station wurden ein Vergleich der Daten sowie eine Zusammenfassung durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt konnten die Schüler eventuelle Fragen stellen.

Porenluftvolumen und Wasserkapazität des Bodens können, wenn es in den letzten Tagen nicht geregnet hat und der Boden trocken ist, während der Freilandexkursion ermittelt werden. Da diese Versuche einen größeren Materialaufwand und mehr Zeit in Anspruch nehmen, empfiehlt es sich aber eine Bodenprobe zu entnehmen und die Versuche in der darauf folgenden Woche als Laborarbeit durchzuführen. In unserem Fall wurden diese Versuche im Klassenzimmer durchgeführt, ansonsten hätten wir den Zeitplan von 20 - 30 Minuten für die Datensammlung nicht einhalten können.

Die Ergebnisse zu Porenluftvolumen und Wasserkapazität befinden sich aus diesem Grund nicht im Erfassungsbogen (Anhang 3) sondern im Bericht der Schüler (Anhang 4 und 5).

Zum Thema „Vegetationsaufnahme“ musste ich feststellen, dass meine vorgegebene Liste nicht groß genug war, die Schüler mussten auf die Rückseite schreiben und es fehlten einige Erklärungen, deshalb habe ich die Liste verlängert und die Erklärungen hinzugefügt (Anhang 2). In der ausgefüllten Vegetationsaufnahme (Anhang 3) ist noch die alte Version zu sehen.

Bis auf die soeben angesprochenen Punkte kamen die Schüler gut mit der Arbeitsmappe zurecht und konnten die Aufgaben selbstständig verrichten.

Ich hatte selbst leider noch keine Gelegenheit diese Freilandexkursion mit meinen eigenen Schülern zu planen und durchzuführen. Freilandexkursionen im Frühling 2010 hätte ich, aufgrund meines Abgabetermins im Mai 2010, nicht mehr in meiner Arbeit analysieren können. Ich habe den Großteil meiner Unterrichtsstunden im LTPS (*Lycée Technique pour Professions de Santé*). Diese Klassen haben ein sehr

ausgelastetes Schulprogramm, in das sich keine Freilandexkursion einplanen lässt. Außerdem ist das Thema „Naturnahe Lebensräume“ nicht im Lehrprogramm dieser Klassen vorgesehen.

9. Schlussfolgerung

Die Arbeitsmappe eignet sich für eine 2^e C, da die Schüler absolut selbstständig gearbeitet haben. Auch eine 3^e C könnte problemlos mit dieser Arbeitsmappe arbeiten. Mit beiden Unterrichtsstufen könnten zwei Waldmassive am gleichen Tag behandelt werden ohne in Zeitdruck zu geraten.

Möchte man diese Freilandexkursion mit Klassen der Mittelstufe wie 10^e oder 4^e durchführen, sollte man nur ein Waldmassiv anvisieren, in dem zwei Stationen behandelt werden (z.B. Berdorf Nordhang/Südhang), da sonst die Gefahr besteht die Schüler mit Informationen zu überhäufen, so dass sie das Wesentliche aus den Augen verlieren könnten und schlussendlich weder motiviert noch interessiert wären.

Bei großen Klasseneffektiven könnte man die Klasse in zwei Gruppen einteilen. Jede Gruppe würde dann die Aufgaben einer Station behandeln und anschließend ihre Beobachtungen und Ergebnisse der anderen Gruppe erklären und umgekehrt.

Es gibt viele Möglichkeiten die Freilandexkursion passend für jede Klasse der Mittel- und Oberstufe zu gestalten. Wegen der Komplexität des Themas empfiehlt sich eine Nachbereitung im Klassensaal. Jeder Schüler sollte den Zusammenhang zwischen den Resultaten der Analysen und Messungen und seinen Beobachtungen vor Ort verstehen können.

Ich erhoffe mir mit dieser Unterrichtsmethode der Freilandexkursionen den Schülern einen Einblick in die Geologie und Botanik zu verschaffen sowie ihnen die Botschaft zu vermitteln, dass das Ökosystem Wald ein komplexes System ist, das durch die Eingriffe des Menschen leicht aus dem Gleichgewicht gebracht werden kann. Freilandsexkursionen könnten dazu beitragen bei den Schülern das Bewusstsein zu vermitteln, dass jeder Einzelne von uns die Verantwortung trägt seinen Teil zum Naturschutz durch nachhaltiges Handeln beizusteuern.

Literaturverzeichnis

Bücher

ADMINISTRATION DES EAUX ET FORÊTS, *Naturwaldreservate in Luxemburg*, Luxembourg, 2005.

AICHELE, D., GOLTE-BECHTLE, M., *Das neue Was blüht denn da? Wildwachsende Blütenpflanzen Mitteleuropas*, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH&Co., Stuttgart, 1997.

AICHELE, D., SCHWEGLER, H. W., *Unsere Moos- und Farnpflanzen*, Kosmos Naturführer, Franckh'sche Verlagshandlung W. Keller & Co, Stuttgart, 1974.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, *Forstliche Bildungsarbeit - ein Leitfaden für Förster*,

BECHET, G., JACOBS, J., MEYER, M., SCHAULS R., *Eise Bësch*, Mouvement Ecologique, Natura, Luxembourg, 1993

BELLMAN, H., FINKENZELLER, X., GRÜNERT, H., GRÜNERT, R., HARTMANN, U., JANKE, K., KREMER, B., PUCHTA, A., RICHARZ, K., *Steinbachs grosser Tier- und Pflanzenführer*, Eugen Ulmer KG, Stuttgart, 2006.

BERGSTEDT, C., *Naturwissenschaften Boden*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2007.

EFOR, ingénieurs-conseils, *Sentier de découverte Wanterbach-Sieweschloeff*, Administration des Eaux et Forêts du Grand-Duché de Luxembourg - Service de la conservation de la nature, Luxembourg, 1999.

EFOR, ingénieurs-conseils, *Naturräumliche Gliederung Luxemburgs*, Administration des Eaux et Forêts du Grand-Duché de Luxembourg - Service de l'Aménagement des Bois et de l'Economie Forestière, Luxembourg, 1995.

EFOR, ingénieurs-conseils, *Les forêts naturelles et semi-naturelles au Grand-Duché de Luxembourg*, Administration des Eaux et Forêts du Grand-Duché de Luxembourg - Service de l'Aménagement des Bois et de l'Economie Forestière, Luxembourg, 2001.

EFOR, ingénieurs-conseils, *Naturnaher Waldbau*, Administration des Eaux et Forêts du Grand-Duché de Luxembourg - Service de l'Aménagement des Bois et de l'Economie Forestière, Luxembourg, 2006.

ESCHENHAGEN, D., KATTMANN, U., RODI, D., *Fachdidaktik Biologie*, Aulis Verlag Deubner, Köln, 2006.

FABER, T., GARAND, N., SCHAULS, R., *Natur a Landschaft erliewen a verstoen*, Stiftung Öko-Fonds Mouvement Ecologique asbl., Luxembourg, 2001.

FARNDON, J., *Steine und Mineralien*, Dorling Kindersley Verlag GmbH, München, 2008.

FITTER, R., FITTER, A., BLAMEY M., *Guide des fleurs sauvages*, Delachaux et Niestlé, Paris, 1997.

HÄHNEL, W., *WAS IST WAS - Mineralien und Gesteine*, Tessloff Verlag, Nürnberg, 1970.

HOFMEISTER, H., *Lebensraum Wald*, Verlag Dr. Kessel, Remagen-Oberwinter, 2004.

HOFMEISTER, H., NOTTBOHM, G., *Ökologie der Wälder*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart; Jena; New York, 1995.

KALMES, P., KIEFFER, J.-C., WAGNER, M., *Forêt et Sylviculture au Grand-Duché de Luxembourg*, Le Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg, Administration des Eaux et Forêts, Luxembourg, 2005.

KILLERMANN, W., HIERING, P., STAROSTA, B., *Biologieunterricht heute*, Auer Verlag, Donauwörth, 2005.

LAMBINON, J., DELVOSALLE, L., DUVIGNEAUD, J., *Nouvelle flore de la Belgique, du G.-D. de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines*, Editions du Patrimoine du Jardin Botanique National de Belgique, Meise, 2004.

LUTZ KLEIN, R., *Unterrichtspraxis Biologie (Band 20) - Wechselbeziehungen im Lebensraum Boden*, Aulis Verlag Deubner, Köln, 2004.

MASSARD, J.A., GEIMER, G., *Initiation à l'écologie*, Ministère de l'Education Nationale, Luxembourg, 1993.

MAURER, G., *Planzen, Déiren a Steng. Mäin éischt Bestëmmungsbuch*. Ministère de l'Education Nationale, Luxembourg, 1990.

MELCHIOR, Ed., WEISS, J., *Erlebe die Natur – Band 1: Lebensraum Wald*, Lëtzebuerger Natur- a Vulleschützliga LNVL, Luxembourg, 1997.

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, ADMINISTRATION DES EAUX ET FORETS, *Lehrpfad Manternach-Lellig*, Luxembourg, 2005.

MOES, M., *Hecken, Bedeutung, Anbau und Pflege*, Administration des Eaux et Forêts, Service de la Conservation de la Nature, Luxembourg, 1996.

NIEMEYER- LÜLLWITZ, A., *90 Minuten direkt vor der Tür*, Natur- und Umweltschutzakademie des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 1999.

NOA, S., *Naturforscher – Pflanzen und Tiere*, Dorling Kindersley Verlag GmbH, München, 2007.

PRESS, F., SIEVER, R., *Allgemeine Geologie*, Elsevier GmbH, München, 2003.

SCHAUER, T., CASPARI, C., *Der BVL Pflanzenführer für unterwegs*, BVL Buchverlag GmbH & Co.KG, München, 2008.

SPÖRHASE-EICHMANN, U., RUPPERT, W., *Biologie Didaktik - Praxisbuch für die Sekundarstufe I und II*, Cornelsen Scriptor, Berlin, 2004.

STORONI, A., *Lëtzebuurger Schoulatlas*, Westermann Schulbuchverlag GmbH und Ministère de l'Education Nationale, Braunschweig, 1996.

TOBES, R., WEVELL VON KRÜGER, A., BROCKKAMP, U., *Enneschte Bësch*, Administration des Eaux et Forêts du Grand-Duché de Luxembourg - Service de l'Aménagement des Bois et de l'Economie Forestière, Luxembourg, 2008.

Unterricht Biologie, Ausgabe 285, *Lernen an Umweltstationen*, Friedrich Verlag, Seelze/ Velber, 2003.

Unterricht Biologie, Ausgabe 344, *Neobiota*, Friedrich Verlag, Seelze/ Velber, 2003.

VBD – INGENIEUR- UND PLANUNGSBÜRO, *Seltene einheimische Baumarten in Luxemburg*, Administration des Eaux et Forêts, Luxembourg, 2008.

Internetseiten (letzte Konsultierung April 2010)

<http://www.ahabc.de/eigenschaften/bodengefuege.html>
<http://www.baum-des-jahres.de/archiv/schwarzerle01.html>
<http://www.baumkunde.de/>
<http://www.baumschule-pflanzen.de>
<http://de.wikipedia.org>
<http://www.egge-weser-digital.de/>
http://www.environnement.public.lu/conserv_nature/dossiers/PNPN/PNPNvfinale200407-2.pdf
<http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de>
<http://www.forst.tu-muenchen.de>
<http://www.forst.uni-muenchen.de>
<http://www.geologie.lu/geolwiki/index.php>
<http://www.geo.unizh.ch/bodenkunde/download/ergaenzungen.pdf>
<http://www.harald-schmitt-beuren.de/mn7-8-blaetter.htm>
<http://www.herd-und-hof.de/index/modul/portal/kernwert/landwirtschaft>
<http://www.hsgmuend1.ac.at/Chemie/Boden/bericht.htm>
<http://images.google.de>
http://www.irrel-steinbruch.de/files/FFH_Gutachten.pdf
<http://www.kst-chemie.ch>
<http://www.lanuv.nrw.de/>
<http://mayago.lu>
http://www.nabu-siwi.de/zeitschrift/nuu_06_2.pdf
<http://www.natur-lexikon.com/>
<http://www.oekoskop.ch/upload/information/Schautafeln-Diebbach.pdf>
<http://www.payer.de/cifor/cif02081.htm>
<http://www.pch.public.lu/publications/>
http://www.prehistory.lu/vo_txt2.htm
http://www.saarland.de/dokumente/ressort_umwelt/Baustein2_Boden.pdf
<http://www.stadtdetmold.de/uploads/media/11-Fliessgewaesser.PDF>
<http://www.ufz.de>
<http://www2.ulg.ac.be/geolsed/processus/processus.htm>
https://www.uni-hohenheim.de/tebaldi/lehre/pics/skripte_Versauerung_Entbasung.pdf
<http://www.wissenschaft-online.de>

Anhang