



Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft

EXKURSIONS- FÜHRER

Trier 2021/22

*D-01 Unterwegs im Gebiet des Luxemburger Sandsteins und des
Steinmergelkeupers (LU)*

DBG • Band 120 • 2022 • ISSN – 0343-1071

Schriftleitung: M. Lorenz, S. Thiele-Bruhn, Trier, und Chr. Ahl, Göttingen

DBG Mitteilungen Band 120

Schriftleitung

Dr. Marcel Lorenz

Fach Bodenkunde
Universität Trier
Behringstraße 21
54296 Trier
lorenzma@uni-trier.de

Prof. Dr. Sören Thiele-Bruhn

Fach Bodenkunde
Universität Trier
Behringstraße 21
54296 Trier
thiele@uni-trier.de

Dr. Christian Ahl

DBG Geschäftsstelle
Am Bärenberg 70
37077 Göttingen
dbg@dbges.de

ISSN – 0343-1071

**JAHRESTAGUNG DER
DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT
2021/22**



Porta nigra (© Alex Tihonovs/shutterstock.com)



Campus der Universität Trier



Weinbergsboden (©LGB-RLP.de)

Exkursionsführer

3. September – 9. September 2022

Grenzen überwinden, Skalen überschreiten

Trier

Tagungsveranstalter und Danksagung

Die Tagung wird veranstaltet von der **Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft** in Zusammenarbeit mit der **Universität Trier** (Prof. Dr. Sören Thiele-Bruhn, Fach Bodenkunde).

Die Veranstalter bedanken sich herzlich bei den folgenden Institutionen und deren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die sich an der Vorbereitung und Durchführung der Exkursionen beteiligten:

- Administration des services techniques de l'agriculture – Service de pédologie, Luxembourg (F. Flammang, B. Leiner, L. Leydet, S. Marx)
- Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum, Abteilung Weinbau – Oenologie (M. Porten)
- Eberhard Karls Universität Tübingen, Bodenkunde und Geomorphologie (P. Kühn)
- Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (M. Greve, G. Schüler)
- Forschungszentrum Jülich, Institut für Bio- und Geowissenschaften, IBG-3: Agrosphäre (T. Pütz)
- Friedrich-Schiller-Universität Jena, Geographisches Institut (J. Struck)
- Geologischer Dienst NRW (G. Milbert, F. Richter)
- INRAe Grand Est Nancy, Biogéochimie des Écosystèmes Forestiers (D. Derrien, B. Zeller)
- Inventaire général du Patrimoine culturel Région GRAND-EST (C. Zeller)
- Kreisverwaltung Vulkaneifel, Untere Naturschutzbehörde (H. Albrecht, U. Buchs)
- Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (U. Dehner, M. Weidenfeller)
- Landesbetrieb Wald und Holz NRW (K. Striepen)
- LIST – Luxembourg Institute of Science and Technology (J. Juilleret)
- Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften – Bodenkunde und Bodenschutz (R. Jahn, K. Kaiser)
- Natur- und Geopark Vulkaneifel GmbH (A. Schüller)
- Office National des Forêts (N. Pousee)
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH Aachen), Lehrstuhl für Physische Geographie und Geoökologie (P. Schulte)
- Soilution Dr. Steinrücken und Dr. Behrens GbR (U. Steinbrücken)
- Universität Bonn, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES), AG Allgemeine Bodenkunde und Bodenökologie (S. Pätzold, A. Veller)
- Universität Koblenz-Landau, Institut für Umweltwissenschaften, iES Landau, Geoökologie & Physische Geographie (H. Jungkunst, K. Schützenmeister)
- Universität Ottawa (Kanada), Geographisches Institut (E. Ponomarenko)
- Universität Trier
Fachbereich III, Fach Klassische Archäologie (T. Mattern)
Fachbereich VI, Fach Geobotanik (F.M. Thomas)
Fachbereich VI, Fach Geologie (B. Klaes, H.W.W. Wagner, J.-F. Wagner)
Fachbereich VI, Fach Physische Geographie (J.B. Ries, M. Seeger, T. Iserloh, M. Marzen, Y. Hausener, E. Tressel)
Fachbereich VI, Fach Umweltmeteorologie (G. Heinemann)
- Universität zu Köln, Geographisches Institut (A. Zander)
- Zentralstelle der Forstverwaltung Rheinland-Pfalz (Chr. Kopf)

Die Überprüfung der Bodenbeschreibungen nach den derzeit gültigen Kartieranleitungen (KA5, WRB 2015) übernahmen E. Eberhardt, D. Kühn, G. Milbert, P. Schad, K. Stahr und Kollegen.

Exkursionen DBG-Tagung 2021/22

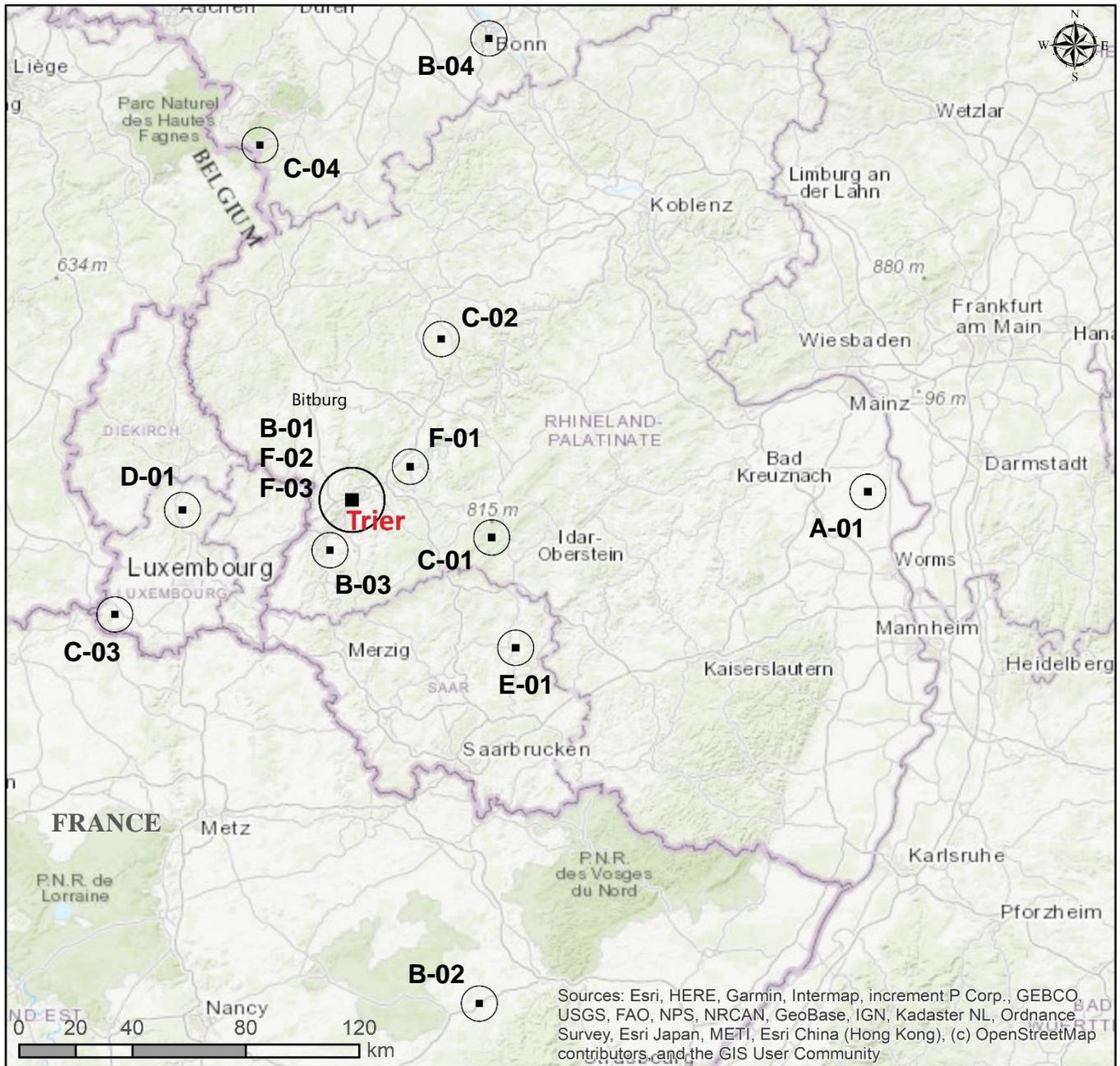


Fig. I: Lage der Exkursionsziele

D-01 Unterwegs im Gebiet des Luxemburger Sandsteins und des Steinmergelkeupers (LU)

Simone Marx¹, Ben Leiner¹, Frank Flammang¹, Lionel Leydet¹, Jérôme Juilleret², Birgit Kausch³, Raimund Schneider⁴, Sören Thiele-Bruhn⁴, Marcel Lorenz⁴

¹ Administration des services techniques de l'agriculture – Service de pédologie, L-9080 Ettelbruck

² LIST – Luxembourg Institute of Science and Technology, L-4422 Belvaux

³ Natur- & Geopark Möllerdall, 8, rue de l'Auberge, L-6315 Beaufort

⁴ Fach Bodenkunde, Fachbereich VI Raum- und Umweltwissenschaften, Universität Trier, Behringstraße 21, 54296 Trier

1. Einleitung

Die Dienststelle für Bodenkunde der Verwaltung für technische Dienste der Landwirtschaft (ASTA) in Ettelbrück untersteht dem Landwirtschaftsministerium und besteht aus einem Bodenlabor und einer Abteilung für Kartierung und Geoanalyse. Seit den 60er Jahren wird an der detaillierten Bodenkarte (1:25.000, 2 Bohrungen/ha) gearbeitet, die inzwischen 78% der Landesfläche abdeckt. Die Bodenkarte zeigt eine morphologisch geprägte Einstufung der Böden (Marx, 2019), die an die belgische Bodenlegende (PCNSW) anlehnt ist und vor allem als Grundlage für Land- und Forstwirtschaft dient. Im Rahmen des BDSOL-Projektes hat das Forschungsinstitut LIST (ehemalig Centre de recherche public Gabriel Lippmann) zwischen 2008 und 2015 eine Legende zur Beschreibung von Bodenprofilen nach DONESOL (FR) sowie eine Datenbank erstellt. Im Zuge des Projektes wurden – vorwiegend auf Ackerflächen – über 60 Bodenprofile ausgehoben, beschrieben und untersucht. Die gewonnenen Erkenntnisse ergänzen nicht nur historische Profildaten, sondern verbessern das Verständnis der Bodenbildungsprozesse parallel zum klassischen Kartierungsverfahren mit dem Edelman-Bohrer (0-80 cm).

2. Exkursionsgebiet

Das Exkursionsgebiet liegt im Raum Mersch, im Zentrum von Luxemburg, auf den Hängen und den Hochflächen beidseitig des Alzettetals. Man erreicht es am besten über die A7 -

Route du Nord - aus Richtung Trier-Luxemburg oder dem Norden kommend, über die Ausfahrt Mersch – Merscherberg. 3 Profile liegen in einem Radius von 5 km um Mersch herum. Ein 4. Profil liegt etwas außerhalb in Schrondweiler (10 km).

Über den Tag werden diese 4 Profile besichtigt. Die vier ausgewählten Bodenprofile befinden sich auf zwei unterschiedlichen geologischen Substraten (Luxemburger Sandstein li2 (Jura) und Steinmergelkeuper km3 (Trias) des Mesozoikums und unterliegen zwei verschiedenen Nutzungsformen (Landwirtschaft und Forstwirtschaft). Die landwirtschaftlichen Profile (BDS19-86, BDS19-85) sind Wiederauflagen bereits beschriebener Profile aus den Jahren 2010-2011 (BDS10-27, BDS11-36). Sie wurden in unmittelbarer Nähe zu den alten Standorten ausgehoben und neu untersucht. Im Jahre 2019 wurden zusätzlich 2 Standorte (BDS19-87, BDS19-84) auf dem gleichen geologischen Untergrund aber unter langjähriger Waldnutzung aufgegraben, um die unterschiedlichen Bodenbildungsprozesse zu dokumentieren.

Die Begehung startet in Mersch mit einer Bänderparabraunerde (BDS19-86) auf einem landwirtschaftlichen Plateau von rund 35 ha genannt *Haard*, auf dem die leichten Sandböden des Luxemburger Sandsteins (li2) vorwiegend ackerbaulich genutzt werden. Silomais, Triticale und Winterroggen sind die Hauptkulturen. Anschließend wechseln wir auf die gegenüberliegende Seite des Alzettetals, an einen Westhang auf Sandstein nahe Moesdorf, auf dem sich unter Laubwald, ein Podsol

(BDS19-87) entwickelt hat. Die Mittagspause wird auf dem *Monenshaff* im benachbarten Essingen eingelegt. Am Nachmittag steht ein Pelosol (BDS19-85) auf einer landwirtschaftlich genutzten Hochfläche des Steinmergelkeupers in Moesdorf auf dem Programm. Die schweren Tonböden, auch Minutenböden genannt, werden überwiegend für den Anbau von Winterbrotweizen, Triticale und Silomais genutzt. Abwechselnd steht ebenfalls mehrjähriges Luzernegrass in der Fruchtfolge. Erwähnt sei ebenfalls, dass beide landwirtschaftliche Standorte seit vielen Jahren nicht mehr gepflügt werden, sondern mit Zwischenfrucht-Mulchsaat und nicht-wendender Bodenbearbeitung bestellt werden. Abschließend wird ein Profil in Schrondweiler (BDS19-85) in einem Studiengebiet von Professor L.H.Cammeraat (Univ. Amsterdam) besichtigt, der über einen Zeitraum von 30 Jahren die Bodenbildungsprozesse von Planosolen mit abruptem Bodenartenunterschied unter Wald auf Steinmergelkeuper untersucht und umfassend beschrieben hat (Cammeraat et al., 2018).

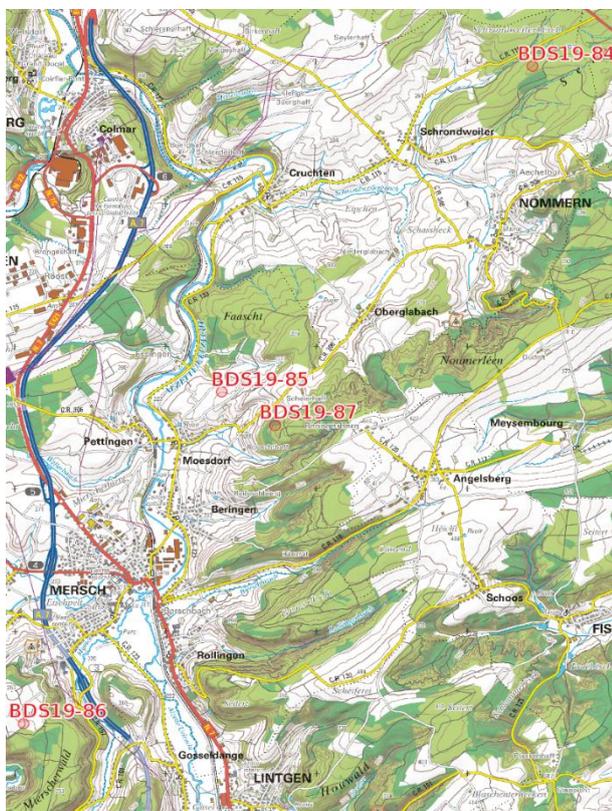


Fig. 1: Exkursionsgebiet mit Darstellung der Exkursionsroute

3.1 Geologie

Luxemburg wird in zwei geologische Regionen, das Ösling (*Eislek*) und das Gutland, aufgeteilt. Eine ausführliche Beschreibung der Geologie Luxemburgs und der geomorphologischen Entwicklung beider Räume findet man bei Kausch et al. (2018).

Das Ösling, welches sich über den gesamten Norden des Landes erstreckt, ist Teil des Ardennenmassivs und besteht, wie die belgischen Ardennen, die Eifel und der Hunsrück hauptsächlich aus Schiefergestein des Paläozoikums. Die marinen Sedimente wurden ursprünglich in den devonischen Meeren als verwittertes Material des Old-Red-Kontinent (Laurussia) abgelagert. Die Sedimente wurden mit einer Auflage von mehreren zehntausend Metern nacheinander deponiert, durch Lithifizierung zum Festgestein umgewandelt und während der variszischen Orogenese (Gebirgsbildung) gefaltet. Das Substrat besteht aus Schiefen, Sandsteinen und lokalen Quarziten und Dachschiefern. Die verschiedenen Anteile der Gesteine variieren lokal, insgesamt dominieren aber die Schiefer. Der zentrale Teil des Öslings bildet das Synklinorium von Wiltz, welches im Wesentlichen aus Schiefer besteht und erodierbarer ist als die umliegenden Sandstein-Schieferfolgen. Im Norden und Süden werden die Antiklinalen von Bastogne (N) und Givonne (S) von den gleichen Sandstein-Schiefer Wechselfolgen gebildet.

Im südwestlichen Teil des Öslings, in der Region von Martelange, sind feinkörnigere, Schiefer in einer Dachschiefer-Fazies vorhanden. Bis zum Ende des Perm war das herzynische Massiv in dieser Region weitgehend erodiert und bildete die sogenannte vortriassische Tiefebene. Während der Untertrias überschritt das Buntsandsteinmeer das erodierte herzynische Massiv, wobei grobkörniges Flussmaterial in einer trockenen Umgebung abgelagert wurde und eine lithologische Diskordanz bildete.

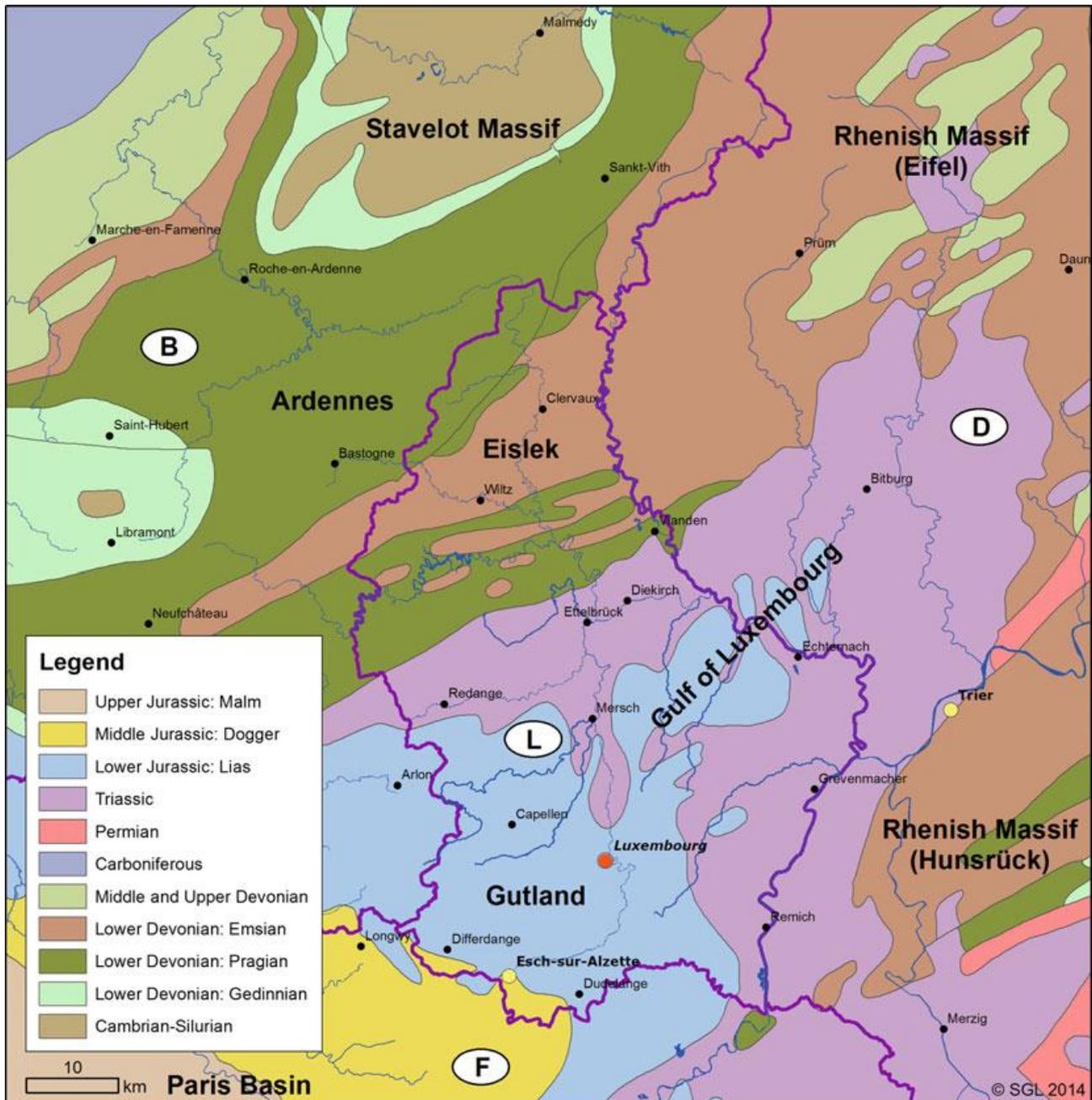


Fig. 2: Geologischer Überblick von Luxemburg (Kausch et al., 2018, Service géologique, 2014)

Die mesozoischen Schichten im sogenannten Golf von Luxemburg, auch Trier-Luxemburger Bucht genannt, entstanden während der Trias und des unteren und mittleren Juras in einem Meeresarm zwischen der Rheinischen Masse und dem London-Brabanter-Massiv. Sie werden in die lithostratigraphischen Einheiten Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper (Trias) sowie Lias und Dogger (Jura) unterteilt und bilden in ihrer heutigen Verbreitung eine nordöstliche Erweiterung des Pariser Beckens. Im Ösling sind die Sedimente des Mesozoikums inzwischen erodiert. Aufgrund der Disposition der Küstenlinien können große

Unterschiede in Fazies und Mächtigkeit auftreten. In der Nähe ehemaliger Küstenlinien sind die Sedimentgesteine oft sehr grobkörnig (sandig und konglomeratisch) und werden zum offenen Meer hin immer mergeliger und lehmiger.

Die Trier-Luxemburger Bucht umfasst das Gutland in Luxemburg, sowie die Südeifel in Rheinland-Pfalz und den Mosel-Saargau in Rheinland-Pfalz und im Saarland. Diese Sedimente, deren Ablagerung mit der Buntsandsteingruppe begann, fallen zum zentralen Teil des Beckens ein.

Die mesozoischen Sedimente zeichnen sich durch einen Wechsel von morphologisch harten Gesteinen mit sandiger, dolomit- oder kalkhaltiger Natur mit morphologisch weichen Gesteinen von toniger Natur wie Mergel oder Tonsteine aus. Im südlichsten Teil des heutigen Gutlandes wird eine Mächtigkeit von etwa 1000 m festgestellt. Die mineralogischen Hauptbestandteile der Gesteine sind Quarz, Tonminerale und Karbonate. Wichtige Begleitminerale sind Gips und Pyrit. Alle Gesteine sind vom konsolidierten Typ. Die harten Gesteine sind witterungsbeständiger, bruchsicher und bilden steile Felshänge. Die weichen Gesteine sind viel weniger witterungsbeständig, brüchig und ziemlich wasserundurchlässig. Mergel und Tonsteine bestehen zu unterschiedlichen Anteilen aus Tonmineralien und Karbonaten. Letztere sind auch in Wasser löslich, wobei durch Verwitterung residuale Tone zurückbleiben. Gipsadern ($\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) von unterschiedlicher Mächtigkeit kommen in den mergeligen Triasformationen der Muschelkalk- und Keupergruppe vor. Sie wurden größtenteils in unterirdischen Steinbrüchen abgebaut. Der Abbau und die Lösung von Gips führen zu einer höheren Durchlässigkeit des Substrats, und die Empfindlichkeit gegenüber Erdbeben wird weitgehend erhöht. Bei Verwitterungsprozessen bilden sich Lockergesteine, die grobkörnig (Sand und Kies) oder feinkörnig sein können, wobei letztere tonhaltiger, kohäsiv und ziemlich wasserundurchlässig sind. Weiche Gesteine sind empfindlicher gegenüber Schwankungen des Wassergehaltes, bilden flache Hänge und sind bei extremen Wetterbedingungen sehr anfällig für Erdbeben.

Jura- und Triasgesteine unterscheiden sich in der Art der Karbonate. Das Karbonat der Jura-gesteine ist Kalzit (CaCO_3), während das Karbonat der Triasgesteine aus Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) gebildet wird. Die Löslichkeit der beiden Karbonate ist sehr unterschiedlich: die des Kalzits ist viel höher als die des Dolomits, was zu unterschiedlichen Verwitterungsraten führt. Insbesondere auf den dolomitischen Mergeln des km3 (mittlerer Keuper, „Steinmergelkeuper“) beträgt die Mächtigkeit

des Regoliths oft nur wenige Zentimeter, während er auf anderen Substraten mehrere Meter mächtig sein kann. Die Auflösung von Karbonaten und Gips verleiht dem Grundwasser eine sehr typische hydrochemische Signatur. Das Ca/Mg-Verhältnis erlaubt es, Grundwasser von triassischen (dolomitischen) und jurassischen (kalkhaltigen) Gesteinen zu unterscheiden, während hohe Konzentrationen von Sulfaten (SO_4^{2-}) das Grundwasser von gipsreichen Substraten charakterisieren.

3.2 Klima

Das Klima in Luxemburg gehört zum feucht-gemäßigten, ozeanischen Klima mit leichtem kontinentalem Einfluss und ist durch gemäßigte Jahrestemperaturen, sowie überwiegend aus südwestlicher Richtung kommende Winde, geprägt. Die mittlere Jahrestemperatur in Luxemburg Stadt beträgt für die Referenzperiode (1981-2010) $9,3^\circ\text{C}$, welche im Vergleich zur vorigen Referenzperiode (1961-1990) bereits um 1°C wärmer ist. Bezüglich der Niederschlagsmengen wurden im Zeitraum 1961-1990 durchschnittlich 875 mm, sowie 897 mm Niederschlag im Zeitraum 1981-2010 gemessen.

3.3 Geomorphologie

Luxemburg wird durch zwei geologisch unterschiedliche Regionen gekennzeichnet. Die lithologischen und strukturellen Unterschiede im Untergrund implizieren in den beiden Regionen geomorphologische Unterschiede der Landschaft. Geomorphologisch ist das Ösling ein Hochplateau mit einer durchschnittlichen Höhe von 500 m. Sowohl der Süden als auch der Osten dieser Region sind von tiefen und eng eingeschnittenen Flusstälern geprägt. Im nordwestlichen Teil der Region sind die Plateaus in höheren Lagen mit einem viel dickeren Verwitterungsmantel bedeckt als im Süden. Hier geht man von älteren Erosionsflächen aus. Die Wiltz-Synklinale mit Höhen zwischen 350-450 m entsprechen jüngeren Erosionsflächen. In der Region von Vianden, vor und unterhalb des heutigen Vorkommens des Buntsandsteins an der Grenze von Gutland und Ösling, können Reste des ältesten

vortriassischen Verwitterungsmantels beobachtet werden. Das Ösling wird durch ein dichtes Netz von tiefen Fluss- und Bachtälern zerschnitten, welche der herzynisch strukturellen Richtung (NE-SW) folgen. Die Talschlüsse sind meist Muldentäler, während die Hänge an den unteren Abschnitten V-förmig sind und Neigungen von mehr als 70% aufweisen. Die Täler besitzen oft einen asymmetrischen Querschnitt mit steilen Felswänden.

Das Gutland stellt eine durch Verwerfungen und tektonische Brüche, heterogen geformte Schichtstufenlandschaft dar, die etwa 68% der Landesfläche einnimmt. Als Ausläufer des Pariser Beckens unterscheidet es sich sowohl

äußerlich durch das Relief der Landschaft als auch anhand der natürlichen Rahmenbedingungen, insbesondere den geologisch-petrographischen Verhältnissen, grundlegend vom Ösling. Das Gutland zeichnet sich durch einen Wechsel von harten, widerständigen (im wesentlichen Sandsteine, Dolomit und Kalksteine) und weicheren, erosionsanfälligen Schichten (im wesentlichen Mergel) aus. Das Resultat dieses geologischen Aufbaus ist eine Schichtstufenlandschaft, in der die maximalen Höhen der verschiedenen Schichtstufen im gesamten Gutland auf etwa 400 m liegen, während die vor den Stufen liegenden Flächen mittlere Höhe von etwa 300 m aufweisen.

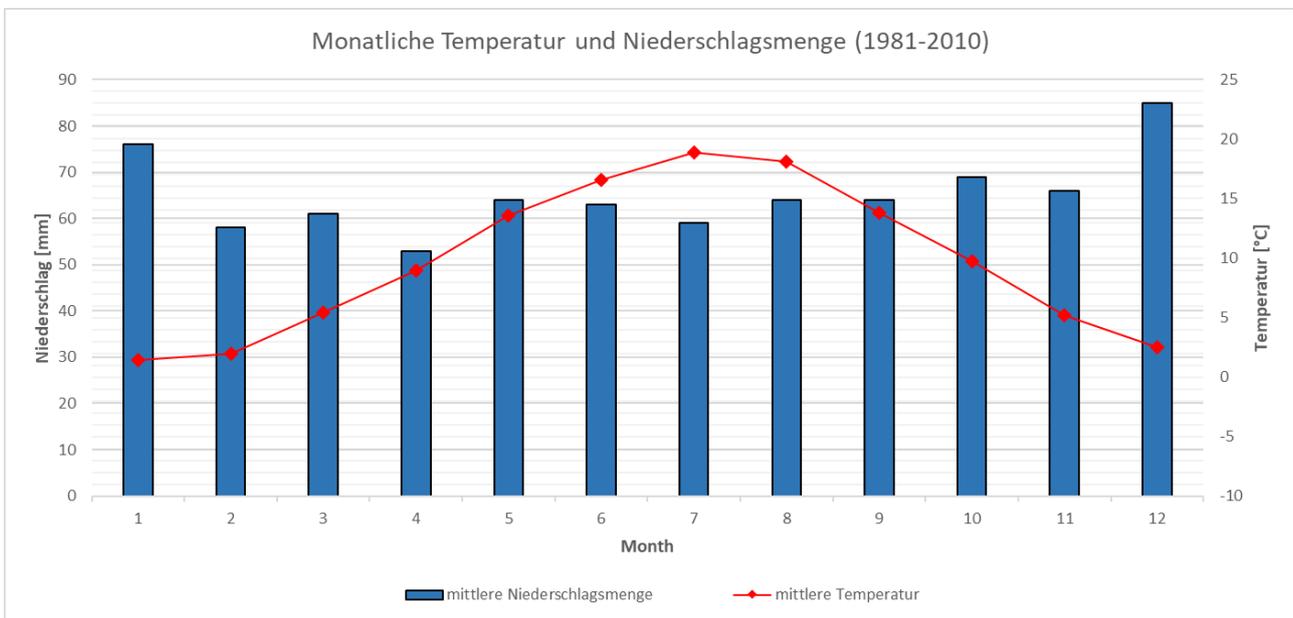


Fig. 3: Klimadiagramm von Stadt Luxemburg (Temperatur) und Beringen-Mersch (Niederschlag)

4. Beschreibung der Standorte und Bodenprofile

4.1 Standort Nr. 1: Mersch – Bänderparabraunerde auf Luxemburger Sandstein (li2), BDS19-86

Auf den flachen Plateaus des Luxemburger Sandsteins (li2- Unterer Lias) haben sich tiefgründig verwitterte Sandböden (Zba1, Sba1, > 80 cm) entwickelt, die zur Abbruchkante hin durch Erosion eher flachgründiger (jZba2, jSab2, 40-80 cm) werden. Das ursprüngliche kalkhaltige Bindemittel des Sandsteins ist im oberen Bereich weitestgehend durch Verwitterung verschwunden, was zur Bildung von

lockeren Reinsanden führte. Auf den flachgründigeren Standorten steht der kalkhaltige Sandstein nahe der Oberfläche an. Stellenweise kann es sich ebenfalls um verhärtete Sandsteinbänke auf Quarzitisbasis handeln, die sich im Pliozän gebildet haben. Im Grenzbereich zu den darüberliegenden Mergel und Kalken von Strassen (li3) ist der Sandstein verstärkt mit Pyrit (FeS_2) durchsetzt, der durch Verwitterung zur Gelbtönung (Limonite) des Sandsteins und sulfathaltigem Grundwasser führt.

Der Luxemburger Sandstein ist der größte Grundwasserspeicher des Landes. Die Mergel von Elvange (li1) bilden einen ausgezeichneten Stauhohizont zu dem darüberliegenden, durchlässigen Sandstein. In Tallage, entlang der Kontaktlinie zwischen beiden Gesteinsschichten treten unzählige Quellen und Feuchtzonen auf. Quellen mit starker Schüttung werden seit jeher für Trinkwasserzwecke genutzt. Angesichts der hohen Durchlässigkeit der Sandböden auf den landwirtschaftlich genutzten Plateaus und deren Vulnerabilität gegenüber Auswaschung von Nitrat und Pestiziden ist die Qualitätssicherung des Trinkwassers zu einer echten Herausforderung für die Landwirtschaft geworden.

Tab. 1: Standortbeschreibung Mersch (Haard) – Profil BDS19-86

Substrat:	Grus führender Lehmsand aus kalkhaltigem Sandstein (Luxemburger Sandstein - li2)
Relief:	Ebener Kulminationsbereich
Landnutzung:	Ackerbau, Hackfrüchte - Getreide
Höhenlage:	339 m üNN

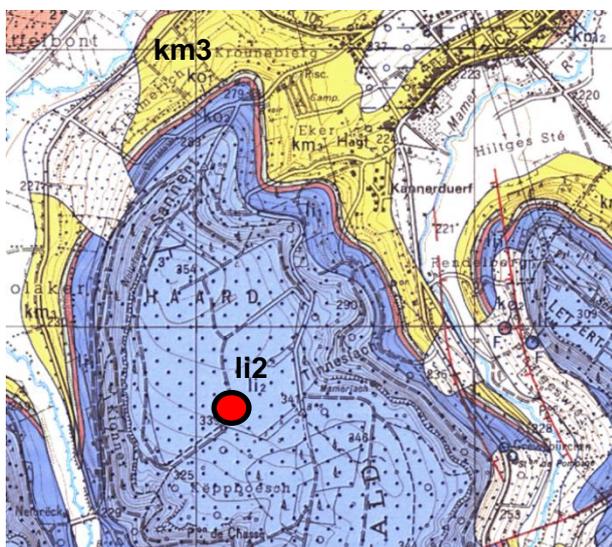


Fig. 4: Geologie des Standortes Mersch (Haard)

Die Bodenarten im Oberboden können auf kleinstem Raum variieren und bewegen sich von den Reinsanden, über die Schluffsande bis zu den Lehmsanden, abhängig vom Überbleibsel ehemaliger Lössauflagen im Zusammenhang mit Erosions- und Sedimentationsprozessen.

Die Cv-Horizonte bestehen aber, unabhängig von den Variationen im Oberboden, ausschließlich aus Reinsanden. Der Sandstein führt kaum tonige oder schluffige Zwischenlagen. Zu der Abbruchkante hin, vor allem in Richtung Hangneigung, werden die Böden immer flachgründiger.

Tonanreicherungsbander in Form von 1-5 cm starken Lamellen treten vereinzelt lokal auf und können sich auch nach unten hin in Form eines richtigen Bt-Horizontes zusammenfügen. Dieser ist kaum noch durchgehend vorhanden, wahrscheinlich durch natürliche Umwälzungen (Windfall) zerstückelt. Auf erosionsgefährdeten Lagen kann der Bt-Horizont gelegentlich an der Oberfläche anstehen. Generell werden Böden auf dem Luxemburger Sandstein entweder in Leptosols, Arenosols oder Podzols eingestuft (Cameraat et al., 2018). Auf den landwirtschaftlich genutzten Plateaus spricht Cameraat von Haplic Arenosols; im Forst von Brunic Arenosols, weil der Anteil von Feinstsand (63-125 µm) bei rund 30% am Gesamtsand läge und nicht ausreichend für einen cambic Horizont wäre. Allerdings hat die Datenlage der hier beschriebenen Sandprofile dies nur für das Profil BDS19-87 bestätigt. Nach Westen hin, in Richtung belgische Grenze werden die Böden schluffiger und bilden Luvisole und Regosole (Hissler et al., 2015), welche überwiegend landwirtschaftlich genutzt werden.

Die Reinsande und Schluffsande gehören zu den Grenzstandorten in der Landwirtschaft. Die Standorte wurden in der Vergangenheit hauptsächlich für den Kartoffelanbau zur Eigenversorgung genutzt, da sie für den industriellen Anbau zu schwach sind. Heute steht hier überwiegend Silomais, Triticale und Roggen, die das Rückgrat des Futterbedarfs der Milch- und Mutterkuhherden bilden. In feuchten Jahren sind die Erträge vor allem beim Silomais gut. Allerdings bereitet die zunehmende Frühjahrs- und Sommertrockenheit Probleme bei den Erträgen.

Die landwirtschaftlichen Böden werden regelmäßig gekalkt und organisch gedüngt mit den Zielwerten von $\text{pH}_{\text{CaCl}_2} > 5,5$, Phosphor- und Kaligehalte in der C-Klasse und einem orga-

nischen Kohlenstoffgehalt > 1%. Standardprodukte bei der Kalkung waren bis in die 90er Jahre das Thomasmehl aus der Eisenindustrie. Seither vor allem gemahlener Dolomit (Muschelkalk) aus dem nahen deutschen Grenzgebiet im Einsatz. Erosionsverminderte Bodenbearbeitung wie Pflugverzicht und Grubber – Kreiseleggen Kombination in Verbindung mit Zwischenfrüchten über Winter unterstützten die Aggregatstabilität und mindern das Erosionsrisiko. Allerdings kommt es bei langjähriger Mulchsaat (> 10 Jahre), wie hier im Profil BDS19-86, zu einer Differenzierung der Humusgehalte innerhalb der Ackerkrume (0-28 cm). Einer Anreicherung im oberen Ap-Horizont (0-15 cm) steht eine Verarmung in der unteren Bodenkrume (15-28 cm) gegenüber, die zu einer höheren Anfälligkeit dieser Schicht für Verdichtungen führt. Gelegentliches Pflügen könnte demnach von Nutzen sein, um die Humusgehalte wieder neu zu durchmischen.

Profilbeschreibung BDS19-86

Das Profil BDS19-86 wurde 2019 in unmittelbarer Nähe eines bereits im Jahre 2010 beschriebenen Profils (BDS10-27) aufgedigert.



Fig. 5: Ansicht des Bodenprofils BDS19-86

In den Bereichen 65-70 cm und 80-85 cm befinden sich 2 Tonanreicherungsbänder (Bbt) im Wechsel mit Bv- und Cv-Material, die auf eine Bänderparabraunerde hinweisen. Streng genommen reicht die zusammengefasste Mächtigkeit dieser Bänder von 10 cm nicht aus um im Rahmen der WRB2015 ein *argic horizon* auszuweisen (≥ 15 cm). Wäre das der Fall, handelte es sich um einen Lamellic Endoleptic Luvisol (Arenic, Aric, Differentic, Hypereutric, Ochric).

Von den Bodenbildungsprozessen her handelt es sich aber klar um eine Parabraunerde. Im Gegenzug dazu könnte der diagnostische Horizont ebenfalls als *cambic horizon* eingestuft werden, da der Anteil an Feinstsand (63-125 μm) zwischen 50 – 54% in den oberen drei Horizonten liegt und bis auf 62-66% im Untergrund ansteigt. Die Klassifikation wäre dann: Hypereutric Endoleptic Cambisol [Arenic, Aric, Ochric].



Fig. 6: Lamellen aus tonigem Sand (BDS19-86: Bbt1, 65-70 cm)

Tab. 2: Profilbeschreibung und Bodenklassifikation – BDS19-86

Tiefe [cm]	Horizont	Bodenart	Steine [Stufe]	Gefügeform	Humus	Durchwurzelung	Farbe (feucht)	Ausgangsgestein	Stratigrafie
0-15	Ap1	Su2	1	ein	h3	W3	10YR 3/3	^s,k	ju (li2)
15-28	Ap2	Su2	1	ein	h2	W3	10YR 3/3	^s,k	ju (li2)
28-45	Al-Bv1	Su2	2	koh	h1	W3	10YR 5/6	^s,k	ju (li2)
45-65	Al-Bv2	Su2	2	koh	h1	W2	10YR 5/6	^s,k	ju (li2)
65-70	Bbt1	St2	2	pol	h1	W0	7.5YR 5/6	^s,k	ju (li2)
70-80	ilCv	Ss	2	ein	h1	W0	10YR 5/6	^s,k	ju (li2)
80-85	Bbt2	St2	2	pol	h1	W0	7.5YR 5/6	^s,k	ju (li2)
85+	imCv	-	-	-	-	-	-	^s,k	ju (li2)

Deutsche Klassifikation: Basenreiche (Acker)Bänderparabraunerde aus flachem kryoturbatem Lehmsand über schwach Rejngrus führendem kryoturbatem Lehmsand über tiefem kalkhaltigen Sandstein;
[eu.vLLd: pky-ls(^s,k)\pky-(zz2)ls(^s,k)//nd-^s,k]

Luxemburgische Kl.: j1wZba2 – sols sableux, sec, à horizon B textural, sable argileux entre 40-80cm, substrat grès calcaire au-delà de 80 cm

WRB: Hypereutric Endoleptic Cambisol (Arenic, Aric, Ochric, Protoargic, Lamellic)

Tab. 3: Bodenphysikalische Eigenschaften I – Partikelgrößenverteilung – BDS19-86

Tiefe [cm]	Partikelgrößenverteilung [Masse-%]							Bodenart		
	gS	mS	fS	ffS	T	U	S	KA5	WRB	LU
0-15	1.4	7.6	33.1	42.3	4.0	11.7	84.4	Su2	LS	Z
15-28	0.2	6.8	32.4	45.4	4.8	10.4	84.7	Su2	LS	Z
28-45	0.1	2.5	39.5	42.6	3.9	11.3	84.8	Su2	LS	Z
45-65	0.1	1.7	30.3	53.6	2.9	11.3	85.8	Su2	LS	Z
65-70	0.4	4.0	27.1	50.8	11.0	6.7	82.4	St2	LS	S
70-80	0.1	1.3	28.9	59.3	2.4	8.0	89.6	Ss	S	Z
80-85	0.3	3.4	25.6	53.9	10.1	6.7	83.2	St2	LS	S
85+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 4: Bodenphysikalische Eigenschaften II – BDS19-86

Tiefe [cm]	pt [g cm ⁻³]	PV [Vol.-%]	LK [Vol.-%]	FK [Vol.-%]	nFK [Vol.-%]	TW [Vol.-%]	Kf [cm/d]	EW [kPa]
0-15	1.22	52.9	22.9	30.0	22.4	7.6	380	605
15-28	1.38	47.0	17.5	29.5	20.9	8.6	342	664
28-45	1.60	38.3	13.4	24.9	20.0	4.8	64	2214
45-65	1.51	41.8	17.9	23.8	20.6	3.3	182	1854
65-70	-	-	-	-	-	-	-	-
70-80	1.61	39.3	12.4	26.9	22.1	4.8	193	2679
80-85	-	-	-	-	-	-	-	-
85+	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 5: Bodenchemische Eigenschaften I – BDS19-86

Tiefe [cm]	pH [H ₂ O]	pH [CaCl ₂]	EL [mS cm ⁻¹]	C _{org} [mg g ⁻¹]	C _{org} Vorrat [t ha ⁻¹]	C _{anorg} [mg g ⁻¹]	N _t [mg g ⁻¹]	C/N	C _{mic} [µg g ⁻¹]	N _{mic} [µg g ⁻¹]	P _t [µg g ⁻¹]	P (CAL) [µg g ⁻¹]	K (CAL) [µg g ⁻¹]
0-15	7.5	6.5	890	12.6	22.8	<LQ	1.3	9.7	319.8	23.9	578.9	148.2	888.1
15-28	7.0	6.3	650	8.7	15.3	<LQ	1.0	8.7	80.1	1.4	536.5	126.4	996.0
28-45	6.4	6.2	193	2.4	6.4	<LQ	0.5	4.8	25.4	1.1	172.0	52.3	448.2
45-65	7.1	6.7	630	1.5	4.5	<LQ	0.4	3.8	-	-	141.6	30.5	348.6
65-70	6.4	6.3	718	2.5	1.0	<LQ	0.7	3.6	-	-	241.5	39.2	1394.4
70-80	6.8	6.5	125	1.2	1.7	<LQ	0.3	4.0	-	-	77.4	17.4	265.6
80-85	6.0	5.9	511	2.0	1.5	<LQ	0.5	4.0	-	-	181.2	30.5	307.1
85+	-	-	440	-	-	-	-	-	-	-	86.9	-	-

Tab. 6: Bodenchemische Eigenschaften II – BDS19-86

Tiefe [cm]	KAK _{eff} [mmol _c kg ⁻¹]	BS [%]	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al	Mn	H	
			[mmol _c kg ⁻¹]								
0-15	78.1	99.2	3.4	25.0	31.8	17.3	0.1	0.0	0.5	0.0	
15-28	60.1	99.0	2.6	22.1	25.9	8.9	0.1	0.0	0.5	0.0	
28-45	28.8	99.5	0.9	4.7	17.3	5.8	0.1	0.0	0.1	0.0	
45-65	39.4	99.7	2.2	8.5	19.5	9.0	0.1	0.0	0.1	0.0	
65-70	67.7	99.8	4.5	15.3	33.7	14.1	0.0	0.0	0.1	0.0	
70-80	37.8	99.6	4.0	8.9	17.7	7.0	0.1	0.0	0.1	0.0	
80-85	65.4	99.6	3.1	8.3	35.8	17.9	0.1	0.0	0.2	0.0	
85+	37.3	99.4	1.8	2.9	21.5	10.9	0.1	0.0	0.1	0.0	

Tab. 7: Bodenchemische Eigenschaften III – BDS19-86

Tiefe [cm]	Fe _o [g kg ⁻¹]	Fe _d [g kg ⁻¹]	Al _o [g kg ⁻¹]	Mn _o [g kg ⁻¹]	Fe _o /Fe _d
0-15	1.15	3.31	0.54	0.29	0.35
15-28	1.16	3.54	0.51	0.32	0.33
28-45	0.49	2.71	0.34	0.19	0.18
45-65	0.51	2.76	0.38	0.14	0.18
65-70	0.84	3.17	0.56	0.19	0.26
70-80	0.33	3.36	0.19	0.15	0.10
80-85	0.79	6.98	0.51	0.19	0.11
85+	0.25	4.16	0.10	0.14	0.06

Tab. 8: Bodenchemische Eigenschaften IV – BDS19-86

Tiefe [cm]	As [mg kg ⁻¹]	Cd [mg kg ⁻¹]	Cr [mg kg ⁻¹]	Cu [mg kg ⁻¹]	Ni [mg kg ⁻¹]	Pb [mg kg ⁻¹]	Zn [mg kg ⁻¹]
0-15	5.1	0.18	13.0	5.5	4.5	11.8	26.9
15-28	5.7	0.14	13.3	5.6	4.2	12.2	24.6
28-45	4.0	<LQ	7.6	2.8	4.0	4.2	5.3
45-65	3.6	<LQ	6.6	2.4	3.6	3.3	2.2
65-70	9.4	<LQ	17.8	5.5	10.5	7.4	21.5
70-80	3.7	<LQ	6.3	2.3	3.6	2.9	2.9
80-85	8.1	0.10	17.5	4.8	9.2	6.5	19.0
85+	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 9: Quantitative Mineralanalysen – BDS19-86

Tiefe [cm]	Quarz [M.-%]	K-Fsp. [M.-%]	Goethit [M.-%]	TM*-Anteil [M.-%]	Kaolinit [M.-%]	Chlorit [M.-%]	Illit [M.-%]	Vermiculit [M.-%]	Al.-Ver. [M.-%]
0-15	93.0	2.5	0.0	4.5	2.0	Sp.	1.5	0.5	0.5
15-28	94.0	3.0	0.0	3.0	1.0	Sp.	1.0	0.5	0.5
28-45	95.0	2.0	0.0	3.0	1.0	Sp.	0.5	0.5	1.0
45-65	95.0	2.5	0.0	2.5	1.0	Sp.	0.5	0.5	0.5
65-70	87.0	4.0	1.0	8.0	2.5	Sp.	2.5	1.5	1.5
70-80	95.0	2.0	0.0	3.0	1.0	Sp.	1.0	0.5	0.5
80-85	89.0	2.5	1.0	7.5	2.0	Sp.	2.5	1.0	2.0
85+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*TM = Tonmineral

4.2 Standort Nr. 2: Moesdorf – Podsol auf Luxemburger Sandstein (li2), BDS19-87

Auf einem nach Westen ausgerichteten Hang im Luxemburger Sandstein, nahe Moesdorf, haben sich am Mittelhang leichte, durchlässige, völlig entkalkte Sandböden gebildet. Auf diesen nährstoffarmen, kalkfreien und damit relativ sauren Böden ist das *Luzulo-Fagetum* (Hainsimsen-Buchenwald) die typische Waldgesellschaft und ist die verbreitetste in der kollinen bis montanen Stufe Mitteleuropas. Bodensaure Buchenwälder sind relativ artenarm und nicht selten sind diese wenigen Arten in geringer Häufigkeit vorhanden, sodass der Waldboden, gerade unter Hochwald, fast vegetationsfrei erscheint. Dominierende Baumart ist die Rotbuche (*Fagus sylvatica*). Sie gedeiht unter den durch niedrigen pH-Wert gekennzeichneten Standortbedingungen durchaus gut bis ausgezeichnet. Die Krautschicht besteht überwiegend aus der Weißen Hainsimse (*Luzula luzuloides*), die kennzeichnend für solche Standorte ist sowie einigen säuretoleranten Begleitern. Aus der Ferraris-Karte (1778) geht hervor, dass Ende des 18. Jhd. auf diesem Standort bereits Wald vorherrschte. Die Standortbedingungen haben zur Bildung eines Podsoles geführt.

Tab. 10: Standortbeschreibung Moesdorf (Auf der Heedt) – Profil BDS19-87

Substrat:	Grus führender Reinsand aus kalkhaltigem Sandstein, (Luxemburger Sandstein - li2)
Relief:	Mittelhang, W-Exposition
Landnutzung:	Forst, Laubwald
Höhenlage:	356 m üNN



Fig. 7: Geologische Schichtabfolge mit Profilen

Profilbeschreibung BDS19-87

Auf dem Luxemburger Sandstein findet man nur lokal Podsole. In diesem Fall befinden sie sich zwar unter Laubwald, liegen aber überwiegend auf westlich ausgerichteten Hängen und auf Reinsanden (>85% S). In der Bodenkarte BK25 wird der Bodentyp als Zaf1 bezeichnet. Die entkalkten, nährstoffarmen Sandböden sind unter langjähriger Waldnutzung durch sehr niedrige pH-Werte charakterisiert. Allerdings geht aus der Datenlage hervor, dass der Oberbodenbereich eine Basensättigung von deutlich > 50% und deutlich höhere Ca-Gehalte aufweist als der Untergrund. Verantwortlich hierfür ist höchstwahrscheinlich der Eintrag über das Laub, dessen Zusammensetzung über die tiefwurzelnden Bäume im kalkhaltigen Sandstein geprägt ist. Dies dürfte auch die Erklärung sein, weshalb Podsole nicht generell vorhanden sind. Abschliessend sei noch erwähnt, dass der hier vorhandene Cv-Horizont (70-90+ cm) aus einer Lage kieseliger Quarzsandsteine ohne kalkhaltiges Bindematerial besteht, so wie das stellenweise im Luxemburger Sandstein der Fall ist.

Die Bodenfarben des Ae-Horizontes erlauben die Einstufung als *albic material* nach WRB 2015. Die Bsh-Bs Horizonte entsprechen laut Bodenfarbe einem *spodic horizon* nach WRB 2015.

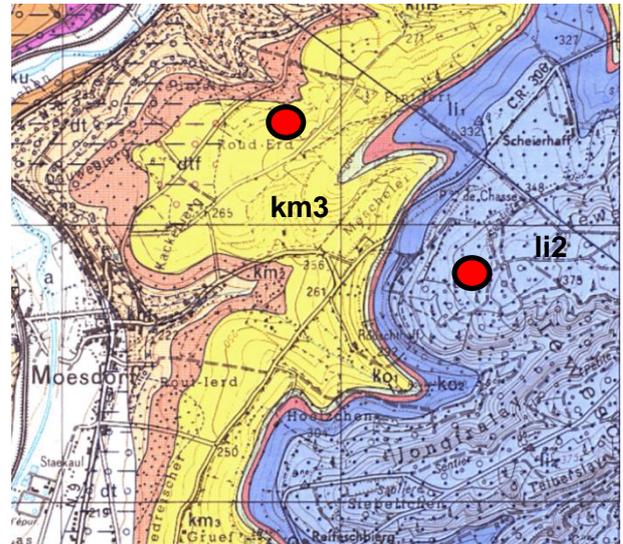


Fig. 8: Lage und Geologie der Standorte in Moesdorf im li2 (BDS19-87) und km3 (BDS19-85)



Fig. 9: Ansicht des Bodenprofils BDS19-87

Tab. 11: Profilbeschreibung und Bodenklassifikation – BDS19-87

Tiefe [cm]	Horizont	Bodenart	Steine [M.-%]	Gefügestufe	Humus	Durchwurzelung	Farbe (feucht)	Ausgangsgestein	Stratigraphie
0-10	Ahe	St2	1,9	ein	h5	W3	5YR 2.5/2	^s,k	ju (li2)
10-20(30)	Ae	Ss	1,5	ein	h1	W3	7.5YR 5/3 (7)	^s,k	ju (li2)
20(30)-35	Bsh	Ss	13,7	ein	h2	W3	5YR 3/4	^s,k	ju (li2)
35-50(55)	Bs	Ss	13,5	ein	h1	W2		^s,k	ju (li2)
50(55)-70	Bsv	Ss	16,5	ein	h1	W0	7.5YR 4/6	^s,k	ju (li2)
70-90+	imCv	Ss	54,2	ein	h1	W0	10YR 5/8	^s,k	ju (li2)

Deutsche Klassifikation: (Moder)Normpodsol, basenreich, aus flachem Reinsand über stark Reingrus führendem Reinsand über Zersatzreinsandgrus (aus kalkhaltigem Sandstein);
[eu.moPPn: cc-ss(^s,k)\cc-(zz4)ss(^s,k)\cc-sszz(^s,k)

Luxemburgische Kl.: Zag1 – sol sableux, très sec, à horizon humique et /ou ferrique distinct, profond (>80cm)

WRB: Endoleptic Albic Podzol (Arenic)

Tab. 12: Bodenphysikalische Eigenschaften I – Partikelgrößenverteilung – BDS19-87

Tiefe [cm]	Partikelgrößenverteilung [Masse-%]							Bodenart		
	gS	mS	fS	ffS	T	U	S	KA5	WRB	LU
0-10	2.5	25.2	45.5	16.1	5.3	5.4	89.3	St2	S	Z
10-20(30)	0.2	17.5	56.4	19.4	1.5	5.0	93.5	Ss	S	Z
20(30)-35	0.1	22.1	54.4	15.2	3.8	4.3	91.8	Ss	S	Z
35-50(55)	0.4	24.4	55	13.9	3.3	3.1	93.7	Ss	S	Z
50(55)-70	0.4	29.9	53.3	12.9	2.6	0.8	96.6	Ss	S	Z

Tab. 13: Bodenphysikalische Eigenschaften II – BDS19-87

Tiefe [cm]	pt [g cm ⁻³]	PV [Vol.-%]	LK [Vol.-%]	FK [Vol.-%]	nFK [Vol.-%]	TW [Vol.-%]	Kf [cm/d]	EW [kPa]
0-10	0.80	68.1	38.6	29.5	22.6	6.8	887	605
10-20(30)	1.29	50.5	35.0	15.5	10.9	4.7	562	742
20(30)-35*	1.29	51.3	34.4	16.9	12.2	4.7	795	845
35-50(55)*	1.31	50.5	34.7	15.8	11.7	4.0	910	570
50(55)-70	-	-	-	-	-	-	-	-
70-90+	-	-	-	-	-	-	-	-

*Stechringe wurden zusammen entnommen

Tab. 14: Bodenchemische Eigenschaften I – BDS19-87

Tiefe [cm]	pH [H ₂ O]	pH [CaCl ₂]	EL [mS cm ⁻¹]	C _{org} [mg g ⁻¹]	C _{org} Vorrat [t ha ⁻¹]	C _{anorg} [mg g ⁻¹]	N _t [mg g ⁻¹]	C/N	P _t [µg g ⁻¹]	P (CAL) [µg g ⁻¹]	K (CAL) [µg g ⁻¹]
0-10	4.2	3.3	88	51.5	40.3	<LQ	2.4	21.5	49.7	13.1	58.1
10-20(30)	4.4	3.5	51	5.3	13.4	<LQ	0.4	13.3	16.3	4.4	16.6
20(30)-35	4.1	3.4	63	8.1	22.5	<LQ	0.5	16.2	25.4	4.4	16.6
35-50(55)	4.6	4.1	31	5.7	9.4	<LQ	0.4	14.3	35.4	13.1	16.6
50(55)-70	4.7	4.2	23	1.3	1.5	<LQ	<LQ	-	45.7	4.4	16.6
70-90+									19.3		

Tab. 15: Bodenchemische Eigenschaften II – BDS19-87

Tiefe [cm]	KAK _{eff} [mmol _c kg ⁻¹]	BS [%]	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al	Mn	H
						[mmol _c kg ⁻¹]				
0-10	29.9	75.3	3.5	0.8	13.6	4.7	0.4	3.2	0.2	3.5
10-20(30)	12.6	75.3	0.8	0.4	5.6	2.7	0.1	2.3	0.0	0.7
20(30)-35	18.0	46.8	0.5	0.3	5.1	2.5	0.8	7.2	0.0	1.6
35-50(55)	21.4	41.5	0.7	0.4	5.2	2.5	1.0	10.7	0.0	0.8
50(55)-70	13.5	57.7	0.7	0.3	4.5	2.3	0.1	5.6	0.0	0.0
70-90+	15.0	59.1	1.1	0.3	4.8	2.6	0.1	6.0	0.0	0.0

Tab. 16: Bodenchemische Eigenschaften III – BDS19-87

Tiefe [cm]	Fe _o [g kg ⁻¹]	Fe _d [g kg ⁻¹]	Al _o [g kg ⁻¹]	Mn _o [g kg ⁻¹]	Fe _o /Fe _d	C _p :Fe _p
0-10	0.24	1.12	0.02	0.01	0.22	-
10-20(30)	0.09	0.78	0.00	0.00	0.11	-
20(30)-35	0.79	2.04	0.10	0.00	0.39	3.6
35-50(55)	1.48	2.21	0.22	0.00	0.67	2.3
50(55)-70	0.40	2.11	0.72	0.01	0.19	3.3
70-90+	0.12	1.73	0.16	0.00	0.07	-

Tab. 17: Bodenchemische Eigenschaften IV – BDS19-87

Tiefe [cm]	As [mg kg ⁻¹]	Cd [mg kg ⁻¹]	Cr [mg kg ⁻¹]	Cu [mg kg ⁻¹]	Ni [mg kg ⁻¹]	Pb [mg kg ⁻¹]	Zn [mg kg ⁻¹]
0-10	3.2	<LQ	4.2	2.7	2.7	26.6	12.0
10-20(30)	1.0	<LQ	3.7	0.7	2.0	0.3	<LQ
20(30)-35	1.2	<LQ	6.9	1.2	3.0	9.1	<LQ
35-50(55)	1.1	<LQ	14.8	1.5	8.4	4.9	<LQ
50(55)-70	0.8	<LQ	6.3	0.9	3.4	1.7	<LQ
70-90+							

Tab. 18: Quantitative Mineralanalysen – BDS19-87

Tiefe [cm]	Quarz [M.-%]	K-Fsp. [M.-%]	TM*-Anteil [M.-%]	Kaolinit [M.-%]	Chlorit [M.-%]	Illit [M.-%]	Al.-Ver. [M.-%]	de Al.-Ver. [M.-%]	qTM [M.-%]
0-10	95.0	1.5	3.5	0.5	0.5	2.0	0.5	0.0	0.0
10-20(30)	96.0	2.0	2.0	1.0	Sp.	0.5	0.0	0.5	0.0
20(30)-35	96.0	2.0	2.0	1.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0
35-50(55)	96.0	2.0	2.0	1.0	0.0	Sp.	0.5	0.5	0.0
50(55)-70	96.0	2.5	1.5	1.0	0.0	Sp.	0.5	Sp.	0.0
70-90+	94.0	3.0	3.0	1.5	0.0	1.0	0.5	Sp.	Sp.

*TM = Tonmineral

4.3 Standort Nr. 3: Moesdorf – Pelosol auf Steinmergelkeuper (km3), BDS11-36

Das Profil BDS19-85 wurde 2019 in unmittelbarer Nähe eines bereits im Jahre 2011 beschriebenen Profils (BDS11-36) aufgedigelt.

Tab. 19: Standortbeschreibung Moesdorf (Auf der Rot-herd) – Profil BDS19-85

Substrat:	Grus führender Lehmtone aus Dolomitmergelstein (Steinmergelkeuper – km3)
Relief:	Ebener Kulminationsbereich
Landnutzung:	Acker, Futterpflanzen, Getreide, Hackfrüchte
Höhenlage:	329 m üNN

Profilbeschreibung BDS19-85

Das Profil besteht aus einer Wechselfolge von bunten Dolomitmergeln aus der Stratigraphie des Steinmergelkeupers (km3). Die Verwitterung der Dolomitmergel ergeben schwere Tonböden, die bei wechselnder Austrocknung und Wiederbefeuchtung aufgrund ihrer mineralogischen Zusammensetzung von aufweitbaren Dreischichttonmineralien starken Quellungen und Schrumpfungen unterliegen.



Fig. 10: Ansicht des Bodenprofils BDS19-85

Bei sehr trockenen Sommerbedingungen weiten sich die Risse mehrere cm an der Oberfläche und reichen bis an die Unterkante des Verwitterungshorizontes. Der als P ausgewiesene typische Verwitterungshorizont der Pelosol

sole ist durch ein starkes Prismengefüge gekennzeichnet, die an der Unterseite schräg abfallen (*wedge-shaped aggregates*). Bei P-Mächtigkeiten > 50 cm entstehen ebenfalls typische Stresscutane (*slickensides*) an der Unterseite der Prismen.

Der ständige Wechsel von Quellen und Schrumpfen führt zu dem „self-mulching-effect“ an der Oberfläche, auch *Grumic* (WRB2015) genannt.

Obwohl die Böden sich durch hohe Tongehalte auszeichnen, neigen sie nicht zu Staunässe. Der Wechsel mit den durchlässigeren Mergelsteinbänken (II eICv) erlaubt eine laterale Entwässerung des Unterbodens im Winterhalbjahr.

In der Regel liegt der pH_{CaCl_2} -Wert dieser Böden deutlich über 6,5. Aus landwirtschaftlicher Sicht gehörten sie deshalb lange Zeit zu den fruchtbaren Böden, weil sie weizenfähig waren. Allerdings verdrängt die begrenzte nFK sie heute eher aus der Ackernutzung. Nur die ebenen, tiefgründigeren Standorte werden noch geackert. Das Dauergrünland wird überwiegend beweidet oder zur Heunutzung verwendet. Die steilen Hänge eignen sich ausgezeichnet für Hochstammbst und Streuobstwiesen. Auf den sehr flachgründigen, nach Süden ausgerichteten Standorten ist der Halbtrockenrasen standorttypisch. Die Farbe des Oberbodenhorizontes erlaubt die Einstufung eines *mollic horizon*.

Tab. 20: Profilbeschreibung und Bodenklassifikation – BDS19-85

Tiefe [cm]	Horizont	Bodenart	Steine [Stufe]	Gefügestufe	Humus	Durchwurzelung	Farbe (feucht)	Ausgangsgestein	Stratigrafie
0-25	Ap	Tl	2	sub	h3	W4	7.5YR 3/3	^mk,d	k (km3)
25-65	P	Tl	2	pri	h2	W3	7.5YR 6/2	^mk,d	k (km3)
65-100	II eICv1	Lt3	3	ris	h0	W3	2.5YR 7/2	^mk,d	k (km3)
100-150+	II eICv2	Lts	4	shi	h0	W0	2.5YR 7/1	^mk,d	k (km3)
Deutsche Klassifikation:		(Acker)Normpелosol aus schwach Reingrus führendem Lehmtou über Reingruskalkschluffton über tiefem Zersatzkalktonlehmreingrus (aus dolomitischem Mergelstein); [vDDn: : cc-(zz2)lt(^mk,d)/cc-zzcut(^mk,d)/cc-ctlzz(^mk,d)]							
Luxemburgische Kl.:		iUbb2 – sol argileux lourd, non gleyifié, à horizon B structural, substrat marneux débutant entre 40 et 80 cm de profondeur							
WRB:		Haplic Vertisol (Aric, Dolomitic, Hypereutric, Grumic, Humic, Mollic, Endoraptic)							

Tab. 21: Bodenphysikalische Eigenschaften I – Partikelgrößenverteilung – BDS19-85

Tiefe [cm]	Partikelgrößenverteilung [Masse-%]			Bodenart		
	T	U	S	KA5	WRB	LU
0-25	55.5	29.5	15.0	Tl	C	U
25-65	53.9	29.1	17.0	Tl	C	U
65-100	36.8	34.7	28.5	Lt3	CL	U
100-150+	31.7	28.5	39.8	Lts	CL	E

Tab. 22: Bodenphysikalische Eigenschaften II – BDS19-85

Tiefe [cm]	pt [g cm ⁻³]	PV [Vol.-%]	LK [Vol.-%]	FK [Vol.-%]	nFK [mm]	PWP [Vol.-%]
0-25	1.54	41.9	5.2	36.7	14.1	31.1
25-65	1.57	40.8	7.2	33.6	29.3	26.3
65-100	1.54	41.9	1.5	40.4	53.8	25.0
100-150+	1.70	36.0	0.9	35.1	38.0	27.5

Tab. 23: Bodenchemische Eigenschaften I – BDS19-85

Tiefe [cm]	pH [H ₂ O]	pH [CaCl ₂]	EL [mS cm ⁻¹]	C _{org} [mg g ⁻¹]	C _{org} Vorrat [t ha ⁻¹]	C _{anorg} [mg g ⁻¹]	N _t [mg g ⁻¹]	C/N	C _{mic} [μg g ⁻¹]	N _{mic} [μg g ⁻¹]	P _t [μg g ⁻¹]	P (CAL) [μg g ⁻¹]	K (CAL) [μg g ⁻¹]
0-25	8.1	7.5	146	20.3	73.2	7.9	2.5	8.1	353.7	21.5	789.3	91.6	166.0
25-65	8.2	7.5	131	10.7	41.6	11.4	1.5	7.1	-	-	410.0	26.2	116.2
65-100	8.4	7.6	148	<LQ	-	25.8	0.7	-	-	-	465.7	8.7	83.0
100-150+	8.5	7.6	118	<LQ	-	50.7	0.5	-	-	-	402.9	17.4	99.6

Tab. 24: Bodenchemische Eigenschaften II – BDS19-85

Tiefe [cm]	KAK _{pot} [mmol _c kg ⁻¹]	BS [%]	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al	Mn	H
			[mmol _c kg ⁻¹]							
0-25	267.3	100	0.0	33.7	169.9	63.6	0.1	0.0	0.0	0.0
25-65	235.0	100	0.0	30.5	149.2	55.3	0.1	0.0	0.0	0.0
65-100	206.8	100	0.2	28.5	127.7	50.4	0.1	0.0	0.0	0.0
100-150+	81.1	100	0.0	27.2	11.8	42.0	0.1	0.0	0.0	0.0

Tab. 25: Bodenchemische Eigenschaften III – BDS19-85

Tiefe [cm]	Fe _o [g kg ⁻¹]	Fe _d [g kg ⁻¹]	Al _o [g kg ⁻¹]	Mn _o [g kg ⁻¹]	Fe _o /Fe _d
0-25	1.96	4.66	1.48	0.61	0.42
25-65	1.42	5.28	1.35	0.44	0.27
65-100	1.31	2.24	0.94	0.21	0.58
100-150+	1.55	5.36	0.55	0.32	0.29

Tab. 26: Bodenchemische Eigenschaften IV – BDS19-85

Tiefe [cm]	As [mg kg ⁻¹]	Cd [mg kg ⁻¹]	Cr [mg kg ⁻¹]	Cu [mg kg ⁻¹]	Ni [mg kg ⁻¹]	Pb [mg kg ⁻¹]	Zn [mg kg ⁻¹]
0-25	7.4	0.20	42.6	25.3	29.3	16.3	67.9
25-65	6.6	0.11	34.7	23.3	28.3	13.0	55.1
65-100	5.1	<LQ	33.7	19.7	27.1	6.0	47.1
100-150+	5.1	<LQ	31.4	22.8	25.4	6.7	46.0

Tab. 27: Quantitative Mineralanalysen – BDS19-85

Tiefe [cm]	Quarz [M.-%]	K.-Fsp. [M.-%]	Plagioklas [M.-%]	Calcit [M.-%]	Dolomit [M.-%]	TM ¹ -Anteil [M.-%]	Chlorit [M.-%]	Illit [M.-%]	qTM ² [M.-%]	WL Chl/Sme [M.-%]
0-25	29.0	6.0	0.0	0.0	6.0	59.0	13.5	23.5	17.0	5.0
25-65	27.0	4.5	2.0	0.0	7.5	59.0	12.5	22.0	18.0	6.5
65-100	16.0	5.0	2.0	6.0	13.0	58.0	9.0	23.0	17.0	9.0
100-150+	11.0	4.5	1.5	0.0	34.0	49.0	6.0	21.0	15.0	7.0

*TM = Tonmineral, qTM = quellfähige Tonminerale

4.4 Standort Nr. 4: Schrondweiler – Pelosol auf Steinmergelkeuper (km3), BDS19-84

Das Profil liegt in einem großen, zusammenhängenden Waldareal, dem Schrondweilerbösch, welches bereits auf der Ferraris-Karte von 1778 Bestand hatte. Der Wald liegt im Einzugsgebiet des Schrondweilerbaches, welcher seit den 80er Jahren auf vielseitige Weise von L.H. Cammeraat, T.M.V. van den Broek und J.M. Verstraeten von der Universität Amsterdam erforscht wurde. Eine ausführliche Beschreibung der Bodenbildungsprozesse eines Planosols (Luvic Planosols) mit abruptem Bodenartenwechsel auf Steinmergelkeuper unter Forst wurde bei Cammeraat et al. (2018) ausgeführt.

Tab. 28: Standortbeschreibung Schrondweiler (Seitert) – Profil BDS19-84

Substrat:	Flacher Tonschluff über grusführendem Schluffton aus Dolomitmergelstein (Steinmergelkeuper – km3)
Relief:	Ebener Kulminationsbereich
Landnutzung:	Laubwald
Höhenlage:	320 m üNN

Charakteristisch für diesen Standort sind Eichen-Hainbuchenwälder (Verband *Carpinion betuli*). Kennzeichnend ist eine Baumschicht dominierend aus Eichen (*Quercus petraea* und/oder *Quercus robur*) und Hainbuchen (*Carpinus betulus*). In der Summe sind sie mit einem Deckungsanteil von mehr als 50% vertreten. Als Begleitbaumarten können die Winterlinde (*Tilia cordata*), die Vogelkirsche (*Prunus avium*), der Feldahorn (*Acer campestre*), die Esche (*Fraxinus excelsior*) und die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) beige-mischt sein. In Mitteleuropa stocken Eichen-Hainbuchen-Wälder natürlicherweise auf Standorten, die für die Rotbuche nicht mehr optimal sind. Dies sind einerseits Standorte, die zur Austrocknung neigen und somit einen Übergang zu den wärmeliebenden Eichenwäldern bilden. Andererseits sind es Standorte, die für die Rotbuche zu nass sind. Da die

Wurzeln der Rotbuche das Wasser meiden und sich deshalb nur flach entfalten, sind Buchenbestände auf sehr staunassen Standorten im Alter zunehmend windwurfgefährdet. Die Hainbuche dagegen vermag auch vernässte Böden besser zu durchwurzeln, ist also im Vergleich zur Rotbuche auf feuchten Böden weniger windwurfgefährdet und auf den wechselfeuchten bis wechseltroffenen Böden weniger austrocknungsgefährdet. In Luxemburg können innerhalb des Verbandes *Carpinion betuli* die zwei Gesellschaften *Stellario-Carpinetum* und *Galio-Carpinetum* mit unterschiedlichen Ausbildungsformen unterschieden werden. Auf diesem Standort ist das *Galio-Carpinetum* (Waldlabkraut-Eichen-Hainbuchenwald) die typische Waldgesellschaft. Der Verbreitungsschwerpunkt der Waldgesellschaft liegt in Zentral- und Ostmitteleuropa. Sommerwarme Standorte mit variablem Nährstoffangebot und Wasserhaushalt. Bevorzugt werden frühjahrsfrische Stauwasserböden, die im Sommer zur Austrocknung neigen und im Untergrund häufig sehr hohe Basensättigung aufweisen. Hauptvorkommen der Gesellschaft sind die Wuchsbezirke: Attert-Gutland, Südliches Gutland, Pfaffenbierger und Oetringer Gutland, Mosel-Vorland und Syrtal sowie das Stegener Gutland auf dem wir uns befinden. Die anstehenden Keupergesteine verwittern lehmig-tonig. Aus diesem Substrat entwickeln sich schwere Pelosole und unter sehr alten Laubwaldstandorten können sich Planosole ausbilden. An den dicht gelagerten Aggregaten dieser Tonböden haften große Teile des Wassers in nicht pflanzenverfügbarer Form; bei Trockenheit sind die verfügbaren Wasserreserven also rasch aufgebraucht. Zudem schrumpfen Tonböden bei Austrocknung stark. Es bilden sich Schwundrisse, welche eine zusätzliche Belastung des Wurzelsystems für junge Bäume sind. Charakteristische Humusformen sind Mull und mullartiger Moder.



Fig. 11: Ferraris – Karte (1778)



Fig. 12: Ansichten des Bodenprofils (BDS19-84) in Schrondweiler

Profilbeschreibung

Planosole bilden sich unter langjährigem Waldbestand. In Schrondweiler haben palynologische Untersuchungen ergeben, dass der Waldbestand auf mehr als 2000 Jahre geschätzt wird.

Planosole weisen innerhalb von 100 cm unterhalb der Geländeoberfläche einen abrupten Bodenartenunterschied (*abrupt textural difference*) von einem Bodenhorizont mit gröberer Bodenart, in diesem Fall ein schluffiger Lehm, zu einem darunterliegenden, dichteren Horizont mit feinerer Bodenart, hier ein mitteltoniger Lehm auf. Des Weiteren sind stagnic properties (von lat.: stagnare, überschwemmen) diagnostisch. Diese entstehen durch zeitweilige Wassersättigung des Bodens, wodurch sich reduzierende Verhältnisse ausbilden. Typischerweise liegt ein gebleichter, tonarmer E-Horizont über einem tonreichen, wasserstauenden B-Horizont. Der Tongehaltsunterschied beruht auf einem lateralen Auswaschungsprozess von Feinton, an der Grenze zwischen Sew und dem Cv Horizont (Tiefe: 20 cm). Die Texturdifferenzierung ist in Plateaulagen weniger deutlich als auf den Hängen. Deshalb erfüllt das hier beschriebene Profil (BDS19-84) in Plateaulage auch nicht ganz die Anforderungen des Planosols nach

WRB2015 (absoluter Anstieg des Tongehaltes um >20 %).

Cammeraat et al. (2018) erklären den lateralen Auswaschungsprozess folgendermaßen: Der gröbere Oberboden ist aufgrund von Humusgehalt, Bioturbation durch Regenwürmer und Maulwurf, Quell-Schrumpfprozesse gut strukturiert und weist eine hohe Makroporosität auf mit einhergehendem hohem Ksat. Bei Regen entsteht im Oberbodenhorizont ein lateraler Wasserfluss (Subsurface flow = SSF) hangabwärts, bedingt durch die niedrige Wasserleitfähigkeit des Untergrundes, der sich als milchfarbener Rinnsall in den Gräben sammelt. An der Oberkante des feineren Stauhorizontes, charakterisiert durch sehr niedrige Humusgehalte und gequollene Chlorit-Vermiculit Tonminerale, kommt es zu einer Dispergierung von Tonmineralen aufgrund niedriger Elektrolytgehalte in der Bodenlösung und einer lateralen Abwanderung von Feinton. Es entsteht ein Eluvialhorizont. Der tonärmere Horizont erfüllt oft die Kriterien des *albic material* (WRB2015), weil das Eisen in geneigten Böden in reduzier-

ter Form lateral ausgewaschen wurde. Im tonreicheren Horizont entsteht meist eine Marmorierung.

Durch den stauenden Horizont sind Planosole nur schlecht durchwurzelbar und neigen wechselweise zu Wasserstau (Luftmangel) und Wasserstress.

Das Profil in Plateaulage unterliegt nicht der gleichen Lessivierungsintensität oberhalb dem abrupten Textursprung wie ein Profil in Hanglage. Aus diesem Grund entspricht der Unterschied im Tongehalt zum Untergrund nicht hundertprozentig der Definition (+ 20 %) eines Planosols nach WRB 2015. Von dem Abflussverhalten des Bodenwassers her aber schon. Bei den tonmineralogischen Untersuchungen ist der Tongehaltssprung allerdings deutlich über 20 %. In dem Bereich 15-20 cm sind deutlich typische Rostflecken (oximorphic colors, WRB 2015) von Staunässe zu sehen. Die Korngrößenuntersuchung in Böden des Steinmergelkeupers verlangt in der Vorbereitung der Schlämmanalyse zwingend eine Ultraschallbehandlung um geogenbedingte Mikroaggregate (pseudo-silt) zu lösen.

Tab. 29: Profilbeschreibung und Bodenklassifikation – BDS19-84

Tiefe [cm]	Horizont	Bodenart	Steine [Stufe]	Gefügestufe	Humus	Durchwurzelung	Farbe (feucht)	Ausgangsgestein	Stratigrafie
0-5	Ah	Lu	1	kru	h5	W6	10YR 4/3	^mk,d	k (km3)
5-20	Sew	Lu	1	sub	h4	W5	10YR 5/3 (10YR7/2 dry)	^mk,d	k (km3)
20-60	II eICv-P	Lt3	1	pri	h1	W3	10YR 4/3	^mk,d	k (km3)
60-70	II eICv1	Lt2	3	shi	h3	W1	10YR 4/4	^mk,d	k (km3)
70-110+	II eICv2	Lt2	3	shi	h0	W1	10YR 5/3	^mk,d	k (km3)
Deutsche Klassifikation:		pseudovergleyter Pelosol aus flachem Tonschluff über Zersatzkalkschluffton über Zersatzreingruskalknormallehm (aus Dolomitmergelstein); [sDD:cc-tu(^mk,d)\cc-cut(^mk,d)/cc-zzcll(^mk,d)]							
Luxemburgische Kl.:		i2uEda3 – sol argileux léger, modérément gleyifié, à horizon B textural, argile lourde entre 20 et 40 cm, substrat marneux débutant entre 40 et 80 cm de profondeur							
WRB:		Hypereutric Endodolomitic Amphivertic Stagnic Cambisol (Amphiclayic, Humic, Loamic, Magnesian, Epiraptic) / Hypereutric Endodolomitic Amphivertic Albic Planosol [Amphiclayic, Humic, Loamic, Magnesian]							

Tab. 30: Bodenphysikalische Eigenschaften I – Partikelgrößenverteilung – BDS19-84

Tiefe [cm]	Partikelgrößenverteilung [Masse-%]			Bodenart		
	T	U	S	KA5	WRB	LU
0-5	28.9	54.5	16.6	Lu	SiCL	E
5-20	28.3	54.8	16.9	Lu	SiCL	E
20-60	41.7	30.5	27.9	Lt3	C	U
60-70	33.8	35.1	31.1	Lt2	CL	E
70-110+	29.8	40.5	29.7	Lt2	CL	E

Tab. 31: Bodenphysikalische Eigenschaften II – BDS19-84

Tiefe [cm]	pt [g cm ⁻³]	PV [Vol.-%]	LK [Vol.-%]	FK [Vol.-%]	nFK [Vol.-%]	TW [Vol.-%]	Kf [cm/d]	EW [kPa]
0-5	1.12	55.2	6.6	48.6	30.6	18.0	645	1854
5-20	1.20	54.9	12.0	42.9	21.5	21.4	394	1650
20-60	1.53	42.3	0.0	42.3	15.6	26.7	11	1649
60-70	1.52	42.8	0.0	42.8	9.8	33.0	3	2054
70-110+	1.70	35.7	0.2	35.5	7.1	28.4	2	3055

Tab. 32: Bodenchemische Eigenschaften I – BDS19-84

Tiefe [cm]	pH [H ₂ O]	pH [CaCl ₂]	EL [mS cm ⁻¹]	C _{org} [mg g ⁻¹]	C _{org} Vorrat [t ha ⁻¹]	C _{anorg} [mg g ⁻¹]	N _t [mg g ⁻¹]	C/N	C _{mic} [μg g ⁻¹]	N _{mic} [μg g ⁻¹]	P _t [μg g ⁻¹]	P (CAL) [μg g ⁻¹]	K (CAL) [μg g ⁻¹]
0-5	5.3	4.6	103	58.3	32.1	<LQ	15.8	15.7	558.1	59.2	204.9	21.8	14.1
5-20	5.0	4.3	83	38.7	68.5	<LQ	2.9	13.4	-	-	208.1	17.4	91.3
20-60	7.3	6.5	60	3.1	17.8	<LQ	0.7	4.3	-	-	142.1	<LQ	74.7
60-70	8.5	7.6	259	<LQ	-	37.6	0.5	-	-	-	347.3	4.4	58.1
70-110+	8.7	7.8	189	<LQ	-	78.8	0.4	-	-	-	255.3	13.1	58.1

Tab. 33: Bodenchemische Eigenschaften II – BDS19-84

Tiefe [cm]	KAK _{eff} [mmol _c kg ⁻¹]	BS [%]	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al	Mn	H
			[mmol _c kg ⁻¹]							
0-5	88.8	74.7	1.0	2.9	30.1	32.4	0.4	19.9	0.8	1.2
5-20	87.8	81.2	1.1	2.9	30.3	37.0	0.2	14.7	0.7	0.9
20-60	147.9	99.9	1.2	4.7	67.4	74.5	0.1	0.0	0.1	0.0
60-70	197.9*	99.9	0.0	28.5	91.0	78.2	0.1	0.0	0.0	0.0
70-110+	168.7*	99.8	0.0	27.8	92.4	48.1	0.3	0.0	0.0	0.0

*hierbei handelt es sich um KAK_{pot}**Tab. 34:** Bodenchemische Eigenschaften III – BDS19-84

Tiefe [cm]	Fe _o [g kg ⁻¹]	Fe _d [g kg ⁻¹]	Al _o [g kg ⁻¹]	Mn _o [g kg ⁻¹]	Fe _o /Fe _d
0-5	4.09	5.31	1.07	0.13	0.77
5-20	4.13	5.12	1.05	0.18	0.81
20-60	1.58	8.07	1.08	0.18	0.20
60-70	2.76	16.41	1.08	1.41	0.17
70-110+	1.26	6.27	0.60	0.45	0.20

Tab. 35: Bodenchemische Eigenschaften IV – BDS19-84

Tiefe [cm]	As [mg kg ⁻¹]	Cd [mg kg ⁻¹]	Cr [mg kg ⁻¹]	Cu [mg kg ⁻¹]	Ni [mg kg ⁻¹]	Pb [mg kg ⁻¹]	Zn [mg kg ⁻¹]
0-5	7.6	<LQ	32.7	11.6	31.0	18.3	61.1
5-20	8.0	0.1	32.7	11.2	30.8	18.5	61.3
20-60	5.2	<LQ	41.1	14.2	38.4	2.4	50.9
60-70	9.3	<LQ	23.2	88.0	21.3	2.3	32.6
70-110+	4.2	<LQ	19.3	26.5	17.1	2.5	26.7

Tab. 36: Quantitative Mineralanalysen – BDS19-84

Tiefe [cm]	Quarz [M.-%]	K-Fsp. [M.-%]	Plagioklas [M.-%]	Calcit [M.-%]	Dolomit [M.-%]	TM-Anteil [M.-%]	Chlorit [M.-%]	Illit [M.-%]	Vermiculit [M.-%]	qTM [M.-%]	WL Chl/Sme [M.-%]
0-5	53.0	6.0	3.0	0.0	0.0	38.0	10.0	26.0	1.5	0.5	0.0
5-20	54.0	3.0	4.0	0.0	0.0	39.0	12.0	25.0	1.5	0.5	0.0
20-60	30.0	3.5	1.5	0.0	0.0	65.0	8.0	33.0	0.0	14.0	10.0
60-70	19.0	3.0	1.5	21.0	19.0	36.5	4.0	15.0	0.0	11.0	6.5
70-110+	7.0	2.5	2.0	6.0	49.0	33.5	3.0	14.0	0.0	11.0	5.5

Literatur

- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. Hannover
- Arbeitskreis Standortkartierung (2003): Forstliche Standortaufnahme. München
- Cammeraat L.H., van den Broek T.M.W., Verstraten J.M. (2018): Steinmergelkeuper Forest Soils in Luxembourg: Properties and Pedogenesis of Soils with an Abrupt Textural Contrast. In: Kooijman A., Cammeraat L., Seijmonsbergen A. (eds) The Luxembourg Gutland Landscape. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65543-7_9
- Baize D., Girard M-C (2008): Référentiel Pédologique. Editions Quae
- Hartmann L, Lamersdorf N (2015): Site Conditions, Initial Growth and Nutrient and Litter Cycling of Newly Installed Short Rotation Coppice and Agroforestry Systems, in Bioenergy from Dendromass for the Sustainable Development of Rural Areas (eds DB Manning, A Bemann, M Bredemeier, N Lamersdorf, C Ammer) Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany: 121–138
- Hissler C, Gourdol L, Juilleret J, Marx S, Leydet L, Flammang F (2015): Projet BDSOL3 : inventaire des sols luxembourgeois et évolution de l'application BDSOL – partie 3 : fonctions de pédotransfert pour la prédiction des caractéristiques hydriques des sols au Luxembourg. Rapport d'étude ASTA/LIST
- Marx S. (2019): La carte des sols détaillée du Luxembourg à l'échelle 1/25.000. In : Marx S., Wagener J.P., Flammang F., Leydet L. 50 ans de cartographie des sols (1969-2019). Ministère de l'Agriculture, Luxembourg. https://agriculture.public.lu/de/publications/pflanzen-boden/boden1/brochure_pedologie.html
- IUSS Working Group WRB (2015): World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No.106 FAO, Rome.
- Kausch B., Maquil R. (2018): Geological and Geomorphological Evolution of Luxembourg and Its Cuesta Landscape. In: Kooijman A., Cammeraat L., Seijmonsbergen A. (eds) The Luxembourg Gutland Landscape. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65543-7_1

