

Projektziel

Die „Ideen-Insel“ zielt auf eine naturnähe und soziale Aufwertung eines Wiesenabschnitts am Universitätscampus Hubland-Nord der Universität Würzburg ab. Fokus liegt auf einer nachhaltigen, dem Klimawandel angepassten Bepflanzung mit Bäumen.

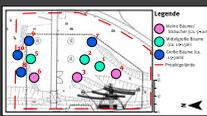
Klimabäume

Für den Standort wurden zukunftsfrüchtige Baumarten für wärmere klimatische Gegebenheiten ausgewählt, die Trockenheit gut vertragen und gleichzeitig auch frostsensibel sind.

Das Campus-Gebiet zeichnet sich generell durch Trockenperioden und recht heiße Wetterbedingungen aus. Der Klimawandel bewirkt, dass sich im städtischen Raum und auf bebauten Flächen die Lufttemperatur besonders stark erhöht.

Zusätzlich verstärkt die südwestliche Hangneigung die Sonneneinstrahlung und erschwert damit das Baumwachstum.

1 Ribes-Ahorn <i>Acer campestre</i>	6 Echte Mehlbeere <i>Sorbus aria</i>
2 Roß-Ele <i>Alnus glutinosa</i>	7 Rot-Esche <i>Fraxinus pennsylvanica</i>
3 Hornklee-Linde <i>Cornus mas</i>	8 Mongolische Linde <i>Tilia mongolica</i>
4 Schmalblättrige Ölweide <i>Eleagnus angustifolia</i>	9 Dreilapp-Ahorn <i>Acer monspessulanum</i>
5 Hopfenbuche <i>Ostrya carpinifolia</i>	10 Spierflieger <i>Sorbus domestica</i>



Hopfenbuche

- Herkunft: Südeuropa, Kleinasien
- Höhe: 10 – 15 m, Breite: 8 – 12 m
- kegelförmige Wuchsform, später runde Krone
- langsames Wachstum
- hohe Hitze- und Trockenheitsverträglichkeit
- bevorzugt mäßig nährstoffreiche, sandig-lehmige, kalkhaltige Böden
- wegen hopfenähnlichen Blüten besonders attraktiv

Wie schützen wir unsere Bäume?

Unterwuchs

Lavendel und Ginster sorgen hier für eine Reduzierung der Bodenaustrückung und damit für die Speicherung der knappen Wasservorräte für die Bäume.



Substrat

Das Substrat besteht aus einem quellfähigen Tonmineral zur Erhöhung der Wasserspeicherkapazität und aus dem Schwarzerde-Kultursubstrat „Terra preta“, welches die Wasser- und Nährstoffspeicherkapazität unterstützt.

Pflegemaßnahmen

Insbesondere in den ersten drei Jahren sind Pflegemaßnahmen z.B. Bewässerung erforderlich.

Rot-Esche

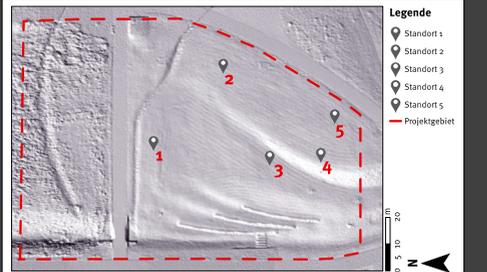
- Herkunft: Nordamerika
- Höhe: 14 – 16 m, Breite: 5 – 7 m
- aufrechte Wuchsform, ovale, runde Krone
- bevorzugt sandig-lehmigen Boden, dann trockenheits-/frostverträglich
- resistent gegen Eschentriebsterben
- neigt zur Ausbildung einer Zweikrone
- Bienenweide
- attraktive, gelbe Herbstfärbung

Französischer Ahorn

- Herkunft: Mittel-/ Südeuropa, Kleinasien
- Höhe: 5 – 8 m, Breite: 4 – 7 m
- breit eiförmige, runde Krone
- bevorzugt kalkhaltige Böden
- verträgt kein Schattendruck
- trockenheits-/ frostverträglich
- Bienenweide

Die Ideen-Insel und ihre Standortbedingungen

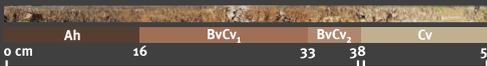
Wissenswertes über die Standortfaktoren erfahren wir durch einen Blick in den Untergrund. Der Blick in den Untergrund wird durch Gelände- und Laboranalysen ermöglicht. Über den Bodentyp des Campus-Geländes erfährt Du mehr auf der Rückseite dieser Tafel.



Der Bodentyp des Projektgebietes ist eine Braunerde auf Terra fusca-Rest, deren Ausgangsgestein Muschelkalk des Oberen Muschelkalks ist. Geländeproben mit dem Bohrstock ermöglichen eine grobe Einschätzung des Bodens, während zusätzliche Laboruntersuchungen genaue Werte zu Korngröße, pH-Wert und Nährstoffhaushalt liefern. Unser Standort besteht aus künstlich aufgeschüttetem Material. Der Bohrkern ist im Folgenden dargestellt.

Bohrkern

am Beispiel Standort 1



Im Oberbodenhorizont (Ah) bildet sich eine humusreiche Erde. Darunter folgt ein brauner, lehmiger Horizont (BvCv1/BvCv2). Das krümelige, lockere Gefüge im Boden bedeutet für unsere Bäume eine gute Wasserspeicherung, günstige Durchlüftung und eine gute Durchwurzelbarkeit.

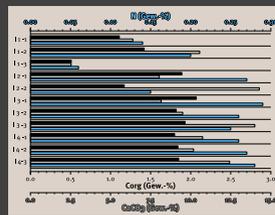
Hier findet man steiniges, kalkhaltiges Bodenmaterial mit sehr hellen Farbtönen. Der Carbonatgehalt ermöglicht unseren Bäumen eine Nährstoffaufnahme.

C-, N-, und CaCO3- Gehalt

Die Kohlenstoffgehalte der Grünen Lerninsel belaufen sich zwischen 1,11 und 2,07 % (oberflächennah) und zwischen 0,51 und 1,93 % (tiefergehend). Im Vergleich dazu liegen die Standardwerte von Grünland bei ca. 3 %. Damit sind die Werte der Ideen-Insel vergleichsweise niedrig.

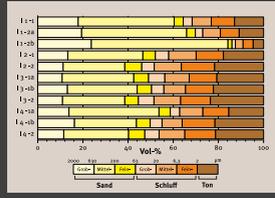
Der Stickstoffgehalt ist mit bis zu 0,03-0,3 % ähnlich wie unter Grünlandnutzung. Das Carbonatangebot ist mit Werten zwischen 8 und 14 % relativ hoch. Die pH-Werte liegen im sehr schwach alkalischen Bereich (7,4-7,5).

Die bodenchemischen Standortverhältnisse sind weniger vorteilhaft während die bodenphysikalischen Werte etwas besser sind, sodass unsere Bäume sich auch an erschwerte Bodenbedingungen anpassen müssen.



Körnung

Unser Bodenmaterial zeichnet sich durch eine sandige Struktur aus, wobei auch deutliche Ton- und Schluffanteile vorhanden sind. Die Bodenart entspricht einem sandig-tonigen Lehm.



Du willst noch mehr über diesen Standort und die Klimabäume erfahren? Hier findest du den QR-Code mit der dazugehörigen Bachelorarbeit!



Diese Schaftafel wurde von Pia Behringer gemeinsam mit der Arbeitsgruppe „Physische Geographie und Bodenkunde“ entworfen. In Zusammenarbeit mit der LWG, Stadtgrün+ und Uni Würzburg Community.

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Am Institut für Geographie und Geologie

Standortanalyse für die Bepflanzung der grünen Lerninsel an der Mensateria (Unicampus Würzburg, Hubland-Nord)

Bachelor-Thesis

Verfasserin: Behringer, Pia

Matrikelnummer: 2905912

Ermetzhofen 18, 91465 Ergersheim

pia.behringer@stud-mail.uni-wuerzburg.de

Physische Geographie

6. Fachsemester

Würzburg, 2025

Vorwort

Hiermit möchte ich allen Personen, die mich bei der Anfertigung meiner Bachelorthesis auf unterschiedliche Art und Weise unterstützt haben, meinen aufrichtigen Dank aussprechen. An erster Stelle gebührt mein Dank meiner Betreuerin, Frau Prof. Dr. Birgit Terhorst der Universität Würzburg. Sie hat mir das Projekt als Thema der Thesis vorgeschlagen und mir somit die einzigartige Chance ermöglicht, bei einem real umgesetzten Projekt von der Planung bis zur Umsetzung mitzuwirken und eine Vielzahl neuer Erkenntnisse zu gewinnen. Zusätzlich trugen ihre Expertise, Unterstützung, kreative Einwüfe und Geduld maßgeblich zur erfolgreichen Umsetzung der Arbeit bei. Bezüglich des Projekts „Grüne Lerninsel“ möchte ich auch denjenigen Personen danken, die hinter dem Projekt „Reklineu“ stehen und den Alumni der Universität Würzburg, ohne die es nicht möglich gewesen wäre, dieses umzusetzen. Daneben möchte ich Herrn Andreas Adelsberger und Frau Dr. Susanne Böll von der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau für deren Unterstützung im Projekt danken. Des Weiteren möchte ich Herrn Dr. Julian Krause meinen Dank aussprechen, der mich in die Geländearbeit und Kartierarbeit eingeführt und bei der Ausführung unterstützt hat. Ebenfalls danken möchte ich Herrn Dr. Martin Krech, dem Leiter des Geomorphologisch- bodenkundlichen Labors, für die fundamentale Unterstützung meiner Laborarbeiten sowie dem Nachvollzug der ermittelten Ergebnisse. Herr Dr. Simon Meyer-Heintze danke ich für die Hilfe bei der digitalen Fertigstellung der Schautafel. Ferner gebührt der Arbeitsgruppe „Fernerkundung“ des Instituts für Geographie und Geologie der Universität Würzburg, insbesondere Frau Dr. Martina Wilde, großen Dank für die Bereitstellung von digitalem Bildmaterial durch eine Drohnenbefliegung des Projektgebiets. Zuletzt danke ich der Arbeitsgruppe „Physische Geographie und Bodenkunde“. Ihre Beteiligung und ihr konstruktives Feedback während des Entstehungsprozesses der Schautafel waren von unschätzbarem Wert. Generell möchte ich allen einzelnen Mitgliedern der Arbeitsgruppe danken. Sie begegneten mir stets mit Freundlichkeit, Aufgeschlossenheit und vor allem Hilfsbereitschaft, wodurch ich auch bei Problemen und Fragen immer das Gefühl hatte, Unterstützung erhalten zu können.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
1. Einleitung	1
2. Standortfaktoren Projektgebiet	3
2.1 Geographische Lage	3
2.2 Naturräumliche Gliederung und Geomorphologie	4
2.3 Klima	5
2.4 Geologie	7
2.5 Hydrologie.....	9
2.6 Boden.....	10
2.7 Anthropogene Einflüsse	11
3. Methoden	12
3.1 Geländemethoden	12
3.2 Präanalytisches Labor	13
3.3 Labormethoden	14
4. Ergebnisse der Gelände- und Labormethoden	16
5. Diskussion	25
5.1 Gemeinsamkeiten aller Standorte	25
5.2 Unterschiede zwischen den Standorten	27
5.3 Bestimmung des Bodentyps.....	28
5.4 Fazit.....	35
6. Projektumsetzung.....	35

6.1	Organisation	35
6.2	Baumauswahl und -standorte	37
6.3	Begleitende Maßnahmen.....	43
7.	Schautafel.....	46
8.	Fazit.....	47
	Literaturverzeichnis.....	49
	Anhang	
	Ehrenwörtliche Erklärung	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verortung des Projektgebiets der „Grünen Lerninsel“ in Würzburg. Daten: BAYERISCHE VERMESSUNGSVERWALTUNG (2025), BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE (2024), eigene Darstellung.

Abbildung 2: Karte der Naturraum-Haupteinheiten und Naturraum-Einheiten in Unterfranken. Daten: LANDESAMT FÜR UMWELT (2024), verändert.

Abbildung 3: Klimadiagramm Würzburg 1991-2020. Daten: METEOSTAT (2025), eigene Darstellung.

Abbildung 4: Geologische Übersichtskarte 1:70.000. Daten: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2014), eigene Darstellung.

Abbildung 5: Bodenübersichtskarte 1:40.000. Daten: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2020), eigene Darstellung.

Abbildung 6: Verortung der Probestellen auf dem Projektgelände – Maßstab 1:1.500. Daten: INSTITUT FÜR GEOGRAPHIE UND GEOLOGIE DER UNIVERSITÄT WÜRZBURG (2024), eigene Darstellung.

Abbildung 7: Präanalytik pH-Messung, eigene Darstellung.

Abbildung 8: Bohrkern Standort I 1, Braunerde auf Terra fusca-Rest mit Farben nach Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994), eigene Darstellung.

Abbildung 9: Korngrößendiagramm Standort I 1, eigene Darstellung.

Abbildung 10: Bohrkern Standort I 2, Braunerde auf Terra fusca-Rest mit Farben nach Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994), eigene Darstellung.

Abbildung 11: Korngrößendiagramm Standort I 2, eigene Darstellung.

Abbildung 12: Bohrkern Standort I 3, Braunerde auf Terra fusca-Rest mit Farben nach Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994), eigene Darstellung.

Abbildung 13: Korngrößendiagramm Standort I 3, eigene Darstellung.

Abbildung 14: Bohrkern Standort I 4, Braunerde auf Terra fusca-Rest mit Farben nach Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994), eigene Darstellung.

Abbildung 15: Korngrößendiagramm Standort I 4, eigene Darstellung.

Abbildung 16: Bohrkern Standort I 5, Braunerde auf Terra fusca-Rest mit Farben nach Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994), eigene Darstellung.

Abbildung 17: Profilkante einer Pflanzgrube der Projektbaustelle, eigene Darstellung.

Abbildung 18: Gesamtverhältnis Körnung, eigene Darstellung.

Abbildung 19: Gesamtverhältnis Nährstoffgehalte, eigene Darstellung.

Abbildung 20: Bohrstock Wurzel- und Pürckhauer-Bohrer Standort I 1, eigene Darstellung.

Abbildung 21: Baumstandorte auf der Projektwiese mit Höheneinteilung der Bäume, eigene Darstellung.

Abbildung 22: *Acer monspessulanum* im Projektgebiet Hubland-Nord, eigene Darstellung.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geländedaten Standort I 1, Braunerde auf Terra fusca-Rest - 49,78561°N, 9,96987°O. Bodenansprache nach KA5 (AD-HOC-AG, 2005) und Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994).

Tabelle 2: Laborwerte Standort I 1.

Tabelle 3: Geländedaten Standort I 2, Braunerde auf Terra fusca-Rest - 49,78546°N, 9,97013°O. Bodenansprache nach KA5 (AD-HOC-AG, 2005) und Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994).

Tabelle 4: Laborwerte Standort I 2.

Tabelle 5: Geländedaten Standort I 3, Braunerde auf Terra fusca-Rest - 49,78536°N, 9,96982°O. Bodenansprache nach KA5 (AD-HOC-AG, 2005) und Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994).

Tabelle 6: Laborwerte Standort I 3.

Tabelle 7: Geländedaten Standort I 4, Braunerde auf Terra fusca-Rest - 49,78525°N, 9,96983°O. Bodenansprache nach KA5 (AD-HOC-AG, 2005) und Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994).

Tabelle 8: Laborwerte Standort I 4.

Tabelle 9: Geländedaten Standort I 5, Braunerde auf Terra fusca-Rest - 49,78546°N, 9,97013°O. Bodenansprache nach KA5 (AD-HOC-AG, 2005) und Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994).

Tabelle 10: C/N-Verhältnis der Laborwerte, eigene Darstellung.

Tabelle 11: Baumauswahl Projektgebiet und Qualitätsbeschreibung.

1. Einleitung

Gemäß einer statistischen Erfassung werden rund 70 % des deutschen Straßenbaumbestandes auf sechs Baumarten bzw. -gattungen zurückgeführt, die mittlerweile alle von mindestens einer Krankheit oder Schädling betroffen sind (vgl. SCHÖNFELD, 2019: 4). Insbesondere an innerstädtischen Standorten sind die Straßenbäume häufig Stressoren wie Luftmangel, Trockenheit und Schadstoffemissionen ausgesetzt. Zusätzlich sind die Folgen der Klimaveränderung zu berücksichtigen, die sich in immer längeren Trockenperioden, zunehmenden Starkregenereignissen, Sturmereignissen und generell erhöhten Lufttemperaturen von 8-10 °C im städtischen Raum im Vergleich zum Umfeld äußern. In Verbindung mit den generell harten Bedingungen werden die Bäume zunehmend geschwächt, wodurch sie anfälliger für z.B. Krankheiten werden. Deshalb ist ihre Einsatzfähigkeit vor allem an Extremstandorten in der Zukunft stark eingeschränkt (vgl. SCHÖNFELD, 2019: 3). Die Problematik dabei ist erheblich, da Bäume einen wesentlichen Beitrag zur Regulation der städtischen Temperatur durch die Kühlleistung, der Biodiversität sowie der Luftqualität leisten (vgl. DICKHAUT ET AL., 2019: 11). Aus diesem Grund arbeitet die „Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Bayern“ (LWG) seit 2009 an dem Forschungsprojekt „Stadtgrün 2021+“, bei dem an den Standorten Würzburg, Hof/ Münchberg und Kempten mehrere nichtheimische Baumarten in einem Langzeitversuch gepflanzt wurden. Ziel des Projekts ist es, Baumarten und -sorten zu finden, die langfristig den prognostizierten Klimabedingungen standhalten können. Deshalb werden die Bäume regelmäßig auf Frost- und Trockenschäden, Kronenvitalität, Schädlingsbefall, Krankheiten und Zuwachsleistungen bonitiert (vgl. LWG, 2023). Ähnlich wie im Projekt der LWG werden auf dem Campus der Universität Würzburg im Rahmen des Projekts „Grüne Lerninsel“ klimaverträgliche Bäume gepflanzt. Umgesetzt wird das Vorhaben in Kooperation mit den Projekten „REKLINEU“ (vgl. <https://reklneu.de>, 2025), bei dem regionale Wege zu klimaneutralen Hochschulen angestrebt werden sowie „EFRE MainPRO“ (vgl. <https://www.geographie.uni-wuerzburg.de/efre-mainpro/>, 2025), das Maßnahmen und Konzepte für durch den Klimawandel hervorgerufene Veränderungen anzielt. Als Projektstandort bietet sich eine ungenutzte Wiese östlich der Mensateria am Universitätscampus Hubland-Nord an. Vor allem im Sommer ist die Wiese aufgrund ihrer südwestlichen Hanglage und der damit einhergehenden extrem hohen Sonneneinstrahlung ausgetrocknet und erhitzt. Dies macht sie für Mensch und Tier vor allem bei sommerlichen

Temperaturen unattraktiv. Die wissenschaftliche Arbeit behandelt im Rahmen des Projekts der „Grünen Lerninsel“ die Frage, welche Voraussetzungen am Standort gegeben sind und wie die Bepflanzung darauf basierend umgesetzt werden kann.

Für die Umsetzung des Projekts müssen zu Beginn die Standortfaktoren ermittelt werden. Als Erstes wird die geographische Lage sowie die naturräumliche und geomorphologische Situation des Projektstandortes ermittelt, um im Anschluss auf die darauf aufbauenden Faktoren Klima, Geologie, Hydrologie, Boden und anthropogene Einflüsse näher eingehen zu können. Um genaue Rückschlüsse über die lokale Ausprägung des Standortfaktors Boden sowie anthropogene Einflüsse darauf ziehen zu können, erfolgt im Anschluss die Methodik. In diesem Zuge wird als erstes auf die Geländemethoden eingegangen, bei der an fünf Standorten auf dem Projektgelände Bohrkerne für die Analyse mit der Bodenkundlichen Kartieranleitung AD-HOC-AG BODEN (2005) freigelegt werden. Anschließend folgt die Präanalytik für die Labormethoden, bei der an den fünf Bohrstellen Probematerial für die Laboruntersuchung vorbereitet wurden. In der Labormethodik werden nachfolgend die entnommenen Bodenproben auf die Werte Kohlenstoff-, Stickstoff-, und Carbonatgehalt sowie pH-Wert und Korngrößenverteilung untersucht. Nach einer Ausführung der Ergebnisse von Gelände- und Laborproben geht es im Anschluss in die Diskussion über. Diese beinhaltet die Interpretation der Ergebnisse und die darauf basierende Einteilung in den lokalen Bodentyp des Projektgebiets. Der darauffolgende Abschnitt der Abschlussarbeit befasst sich mit der Umsetzung des Projekts „Grüne Lerninsel“ des Geographischen Instituts Würzburg. Als erstes wird dabei auf die Planung und Organisation des Projekts eingegangen. Im nächsten Punkt geht es neben der Bepflanzung der Wiese durch geeignete Bäume um die Auswahl der einzelnen Standorte. Um sich von den adventiven Baumarten ein genaueres Bild zu machen, werden drei der zehn Bäume detailliert bezüglich ihrer Merkmale und Eigenschaften dargestellt. Langfristig sollen sich die Bäume positiv entwickeln, weshalb im anschließenden Schritt weitere begleitende Schutzmaßnahmen, wie die Zugabe von nährstoffreichen Substraten sowie ein Unterwuchs um die Bäume, erläutert werden. Weil sich das Universitätsprojekt auf dem Campus mit hohem Menschenaufkommen befindet, bietet sich über dem wissenschaftlichen Teil der Arbeit hinaus die Möglichkeit der Weitergabe dieser neu gewonnenen Erkenntnisse in Form einer Schautafel an.

2. Standortfaktoren Projektgebiet

2.1 Geographische Lage

Die kreisfreie Stadt Würzburg liegt im Regierungsbezirk Unterfranken im nordwestlichen Teil des Freistaates Bayern. Damit gehört Würzburg seiner geographischen Lage in Deutschland nach zu Mitteleuropa. Mit einer Fläche von 8.531 km² nimmt Unterfranken etwa 12 % der Fläche Bayerns ein. Die Bevölkerungsdichte in Unterfranken beträgt 156 Einwohner pro km², wobei sich größere Siedlungsgebiete entlang der Flüsse Main und Fränkische Saale befinden (vgl. LFU, 2013: 12). Fast das gesamte Gebiet wird durch das Flusssystem des Mains entwässert, weswegen häufig die Bezeichnung Mainfranken für das Areal Verwendung findet (vgl. MÜLLER, 1996: 20). Entlang des Mains befindet sich das sogenannte Maindreieck zwischen Schweinfurt, Würzburg und Gemünden. Die Grenzen des Maindreiecks werden im Osten, Süden und Westen vom Main gebildet, im Norden endet es etwa auf der Linie Schweinfurt und Gemünden. Am fast südlichsten Punkt des Maindreiecks liegt die Bezirkshauptstadt Würzburg (vgl. LFU, 2013: 13 ff).

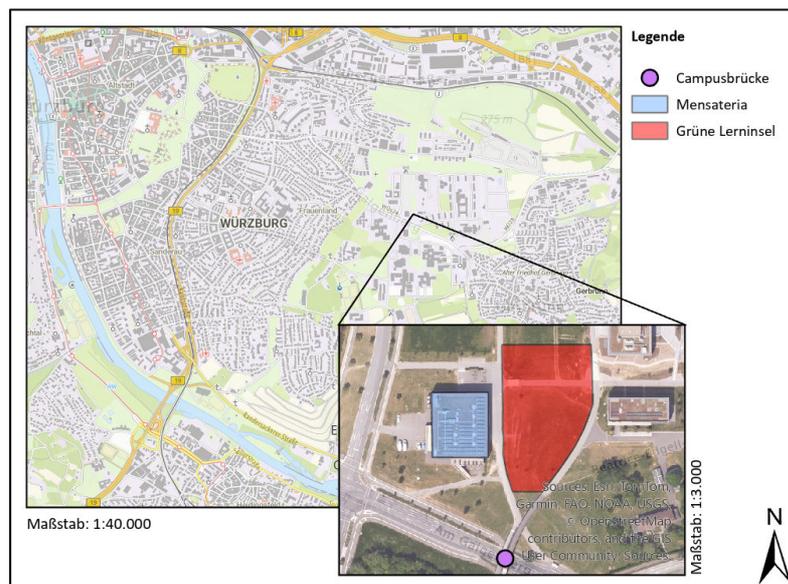


Abbildung 1: Verortung des Projektgebiets der „Grünen Lerninsel“ in Würzburg. Daten: BAYERISCHE VERMESSUNGSVERWALTUNG (2025), BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE (2024), eigene Darstellung.

Das Projektgebiet der „Grünen Lerninsel“ liegt im Osten Würzburgs im Stadtteil Hubland, welcher östlich an den Stadtteil Frauenland angrenzt (Abb. 1). Präziser erläutert befindet sich die Projektwiese an der Grenze des Universitätsgeländes Hubland-Süd und hat durch die Nähe zur Mensateria, zum Zentralen Hör- und Seminaregebäude und zur Zentralbibliothek eine wesentliche Lage auf dem Universitätsgelände Hubland. Vor allem

durch die Mensateria und den angrenzenden Fußwegen weist sich der umliegende Bereich um die Projektwiese als täglicher Brennpunkt von vielen Studierenden aus. Durch die im Rahmen der Grünen Lerninsel geplante Bepflanzung und Anlage von mehreren Sitzmöglichkeiten kann zusätzlich zu dem nachhaltigen Aspekt ein neuer gesellschaftlicher Wert des Standorts etabliert werden.

2.2 Naturräumliche Gliederung und Geomorphologie

Die Landschaft Unterfrankens wird grob in sechs naturräumliche Haupteinheiten gegliedert (Abb. 2). Würzburg ist dabei standortgemäß einer der größten dieser Einheiten, den Mainfränkischen Platten, zugeordnet, welche 38 % Flächenanteil der Region einnehmen. Sie umfassen den gesamten Zentralbereich zwischen Spessart und Rhön im Westen bzw. Steigerwald und Haßbergen im Osten. Die Mainfränkischen Platten setzen sich aus mehreren Naturraum-Einheiten zusammen, wobei Würzburg in drei dieser Einheiten liegt: Zum einen im Südwesten in der Markttheidenfelder Platte und im Südosten im Mairdreieck in den Gäuplatten, zum anderen in der Wern-Lauer-Platte im Norden (vgl. LFU, 2013: 12).

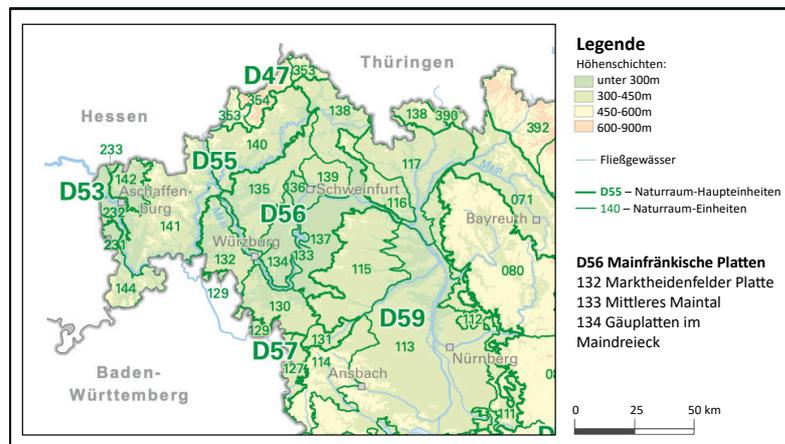


Abbildung 2: Karte der Naturraum-Haupteinheiten und Naturraum-Einheiten in Unterfranken. Daten: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2024), verändert.

Die Geomorphologie Unterfrankens ist stark durch endogene und exogene Wirkungsfaktoren geprägt. Zu den endogenen Faktoren zählt der Vulkanismus der Rhön sowie die damit verbundenen tektonischen Verhältnisse. Dadurch werden die westlichen Rahmenhöhen stärker emporgehoben als das verbleibende Gebiet und dadurch eine Schrägstellung der vorhandenen Gesteinsschichten bewirkt. Jede Anhebung durch die endogenen Kräfte führt zur Intensivierung der Reliefunterschiede und folglich auch des Gesamtgefälles, was wiederum zu einer erhöhten Anfälligkeit der Erdoberfläche für

exogene Einflüsse führt. Diese können z.B. in Form von Erosion oder Akkumulation einwirken (vgl. MÜLLER, 1996: 96). Wo schwach und stark resistente Schichtglieder an der Erdoberfläche anstehen, werden die stark resistenten Gesteinsschichten durch selektive Abtragung aus dem Schichtverband herauspräpariert. Dadurch treten die stark resistenten Gesteine als Stufenbildner und die schwach resistenten Gesteine als Sockelbildner in Erscheinung. Der widerständige, am Oberhang und auf der Stufenfläche ausstreichende Stufenbildner besteht meist aus Kalken oder Sandsteinen, wohingegen das morphologisch weichere Sockelgestein im Unterhang aus Tonsteinen oder Mergel besteht (vgl. BEYER/SCHMIDT, 2002: 84). Neben den zuvor genannten Wirkungsfaktoren existieren weitere exogene Prozesse, die die Morphologie des Untersuchungsgebiets mitbestimmen. Hierzu zählen glaziale und periglaziale Prozesse wie Frostverwitterung, Frostschutt- und Lößbildung, Solifluktion und Kryoturbation. Darüber hinaus spielen fluviale Prozesse eine bedeutende Rolle, in deren Verlauf der Main und seine Nebenflüsse tiefe Täler in die Plateaus schneiden. Daneben wird die Morphologie von Sedimentablagerungen durch äolische Prozesse mitbestimmt. Ein Beispiel dafür sind Flugsandfelder, deren feinkörniges Material aus kaltzeitlicher Frostverwitterung stammt und ausgeweht wurde. Warmzeitlich herrscht die Lösungsverwitterung vor, die vor allem bei kalkhaltigem Gestein angreift und so zur Verkarstung führt (vgl. MÜLLER: 1996: 109 ff). Die Einwirkung der verschiedenen Prozesse und Faktoren führte zur Ausbildung einer Landschaft, die in der Fachliteratur als „Süddeutsches Schichtstufenland“ bezeichnet wird und in deren Grenzen sich auch das Untersuchungsgebiet befindet. Das geomorphologische Ausmaß führt dazu, dass sich heute Unterfranken in einem Höhenband zwischen 400 m NHN und 150 m NHN befindet. Die durchschnittliche Höhenlage des zentralen Unterfrankens beträgt 300 m NHN, während das Untersuchungsgebiet auf ca. 270 m NHN liegt (Abb. 2). Die geomorphologischen Prozesse manifestieren sich im westlichen Teil der Mainfränkischen Platten in Form einer flachwelligen Hügellandschaft, die auf dem Ausgangsgestein Muschelkalk liegt. Im Gegensatz dazu ist der östliche Teil von Keuper überlagert und durch eine weitflächige Ebene mit vereinzelt Dellen gekennzeichnet (vgl. KRAUSE, 2024: 17).

2.3 Klima

Überregional betrachtet „liegt Unterfranken im Bereich des kühlgemäßigten, subozeanischen Klimas der außertropischen Westwindzirkulation“ (vgl. MÜLLER, 1996: 29).

Westliche Wetterlagen spielen eine dominierende Rolle, da sie neben Regenfronten im Sommer eher kühle und im Winter warme Luftmassen führen. Diese sorgen im Untersuchungsgebiet Unterfranken für gemäßigte Winter und feuchte Sommer. Einen geringeren Einfluss auf das regionale Klima haben kontinentale Luftmassen aus Osteuropa, welche aus Hochdruckwetterlagen resultieren. Diese Wetterlagen begünstigen Wolkenarmut und sorgen dadurch im Sommer zu teils langanhaltenden Trockenperioden. Im Winter dagegen bewirken sie durch die kurze Sonnenscheindauer eine anhaltende, nächtliche Ausstrahlung, was neben Trockenheit und Abkühlung Kälteperioden zur Folge hat (vgl. MÜLLER, 1996: 28).

Wenn auch der West-Ost-Gradient der Temperatur innerhalb von Unterfranken in etwa gleichförmig ist, zeigen sich bei den Niederschlagssummen pro Jahr deutliche Schwankungen. Die Niederschläge werden größtenteils vom westlich gelegenen Atlantik antransportiert und dem Relief entsprechend unterschiedlich verteilt. Grund dafür ist das Vorhandensein der Luv- und Lee-Seiten, welchen sich durch die Gebirgszüge des westlichen Spessarts und der Rhön ergeben. Bei der windzugewandten Luv-Seite, westlich der Gebirgszüge, entlädt sich ein Großteil des mitgeführten Regenwassers, während auf der Lee-Seite, auf der sich auch die Mainfränkischen Platten befinden, im Regenschatten meist weniger Niederschlag fällt. Schon geringe Höhenunterschiede von 100-200 m können sich auf diese Niederschlagsverteilung auswirken, weshalb das lokale Relief eine wichtige Rolle spielt. Verstärkt wird der Lee-Effekt durch die leichte Föhnwirkung der Westwinde, die zusätzlich zu Wolkenauflösung der absteigenden Luftmassen sorgt und so die Mainfränkischen Platten zu einem Trockengebiet machen (vgl. MÜLLER, 1996: 32). Durch diese Trockenheit ist das Untersuchungsgebiet von dem Klimawandel besonders stark betroffen. So ist in Unterfranken seit Mitte des 20. Jahrhundert ein Temperaturanstieg von 1,8 °C zu verzeichnen, auch für die Zukunft ist eine stetige Klimaerwärmung prognostiziert (vgl. LFU, 2022: 3). Des Weiteren können sich Hitzewellen, Dürren und Starkregenereignisse in ihrer Amplitude, Häufigkeit und/ oder Dauer intensivieren sowie sich die Niederschläge vom Sommer auf den Winter verschieben (vgl. PAETH ET AL. 2023: 3).

Die Wetterstation Würzburg liegt 268 m ü. NN und weist in der Referenzperiode 1991-2020 eine Jahresmitteltemperatur von 10,34 °C und einen Jahresniederschlag von 593,8 mm auf (Abb. 3). Die niedrigsten Temperaturen treten in den Wintermonaten von Dezember bis Februar auf, wobei Januar mit einer monatlichen Durchschnittstemperatur von 1,2 °C der

kälteste Monat ist. Die Temperaturkurve steigt nach den Wintermonaten stetig an und erreicht ihr Maximum im Juli mit 19,8 °C. Aus den Werten ergibt sich eine Temperaturamplitude von 18,6 °C. Betrachtet man die Niederschläge, so fällt in den Sommermonaten von Mai bis August am meisten Niederschlag, wobei im Juli am meisten Niederschlag mit 75,2 mm fällt. Ab September sinkt der Niederschlag schlagartig ab, weist ein Zwischenmaximum im Dezember auf und erreicht in den Monaten Februar bis April den Tiefpunkt. Am trockensten ist es im April mit einem Monatsmittel von 32,7 mm Niederschlag. Wie aus dem Klimadiagramm zu erkennen ist, gibt es durch den maritimen Einfluss fast ausschließlich humide Monate und nur wenige Monate wie April, Juni und September, bei den ein arides Klima angenähert wird. Deswegen lässt sich das Klima in Würzburg als schwach humid kategorisieren (vgl. MÜLLER, 1996: 31 f).

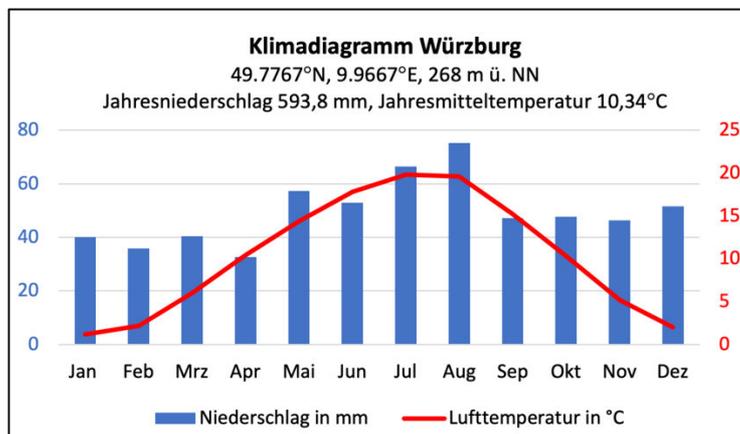


Abbildung 3: Klimadiagramm Würzburg 1991-2020. Daten: METEOSTAT (2025), eigene Darstellung.

2.4 Geologie

Wie bereits erwähnt, ist Unterfranken durch endogene Kräfte schräg gestellt und flacht daher um 2° nach Südosten ab. Durch exogene Prozesse und die unterschiedlichen Verwitterungsresistenzen der anstehenden Sedimentgesteine wurden im Laufe der Zeit nahezu 1000-1200 m auflagerndes Gestein abgetragen. Daher gliedert sich das Gebiet von West nach Ost in immer jünger werdende Abschnitte, die charakteristischen Geländestufen des Süddeutschen Schichtstufenlandes (vgl. KRAUSE, 2024: 17). Die Mainfränkischen Platten sind durch einen geologischen Wechsel auf zwei dieser Geländestufen verteilt. Der westliche Teil der Platten befindet sich auf dem Sedimentgestein Muschelkalk, während weiter östlich bereits der Untere Keuper ansteht (vgl. KRAUSE, 2024: 19). Die Stadt Würzburg

liegt überwiegend über dem Mittleren und Oberen Muschelkalk und ist vom Unteren Keuper eingeschlossen (Abb. 4).

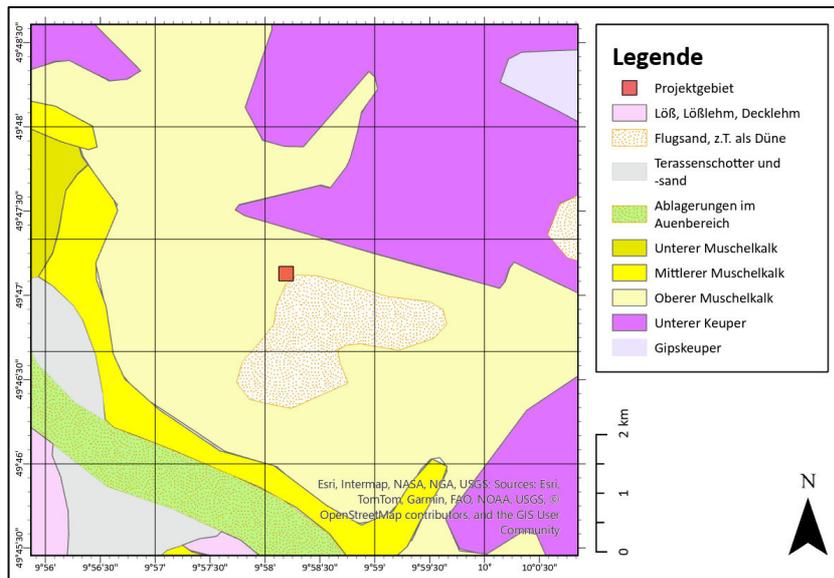


Abbildung 4: Geologische Übersichtskarte 1:70.000. Daten: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2014), eigene Darstellung.

Paläogeographisch ist der Untere Muschelkalk durch das Absinken des Germanischen Beckens und dem Beginn von langanhaltenden, marinen Verhältnissen gekennzeichnet. Aufgrund der Lage als Flachmeer mit hoher Verdunstungsrate ist die lithostratigraphische Einheit durch intensive Kalkausfällung geprägt. Östlich an den Unteren Muschelkalk schließt sich der später abgelagerte Mittlere Muschelkalk an. Die Verbindung zum Meer war zu dieser Zeit eingeschränkt, die Küstenlinie schwankte im Laufe der Jahre mehrfach. Dadurch konnte permanent der feinkörnige Boden als Verwitterungsfracht durch Flüsse oder Wind herantransportiert und abgelagert werden. Unter brackischen Bedingungen, also im Mischungsbereich von Süß- und Salzwasser, entstanden vor allem Mergel und Mergelkalke die später zum Teil dolomitisiert wurden. Das Sedimentgestein Mergel entsteht durch Ablagerung von Feinmaterial und gleichzeitiger Ablagerung oder Ausfällung von Kalk. Durch den höheren Tonanteil sind sie feuchter und bilden bessere Böden. Im Oberen Muschelkalk herrschten marine Verhältnisse vor. In der Landschaft tritt der Hauptmuschelkalk nicht einheitlich auf, da die schwankende Küstennähe zu einer Differenzierung der Gesteinsausprägung führte. Es dominieren Kalkfazies, die von Tonfazies und Quaderkalke unterbrochen werden. Östlich des Muschelkalks geht die Geologie in den Unteren Keuper über. Im Gegensatz zum Muschelkalk, der unter den Bedingungen der Randmeere

abgelagert wurde, entwickelte sich der Untere Keuper zunehmend unter Verlandungsbedingungen. Da die Küstenlinie jedoch häufiger für kürzere Zeiträume stark schwankte, kam es zu einem ständigen Wechsel der Ablagerungsbedingungen zwischen terrestrischen, brackischen und marinen Verhältnissen. Dadurch entstand eine Wechsellagerung von Tonsteinen und Dolomiten, in die mehrere Lagen feinkörniger Sandsteine eingeschaltet sein können (vgl. MÜLLER, 1996: 61 ff).

2.5 Hydrologie

Die hydrologischen Bedingungen ergeben sich aus der Kombination von Niederschlag, Verdunstung und Grundwasserverhältnisse. Aus Niederschlag und Verdunstung lässt sich der mittlere jährliche Gesamtabfluss errechnen, der als Bilanzgröße den nicht verdunsteten Anteil des Niederschlags angibt (vgl. LFU, 2025). Der Gesamtabfluss in Unterfranken ist im mitteleuropäischen Vergleich niedrig. Auch im regionalen Vergleich existieren starke Schwankungen des Gesamtabflusses. Beispielsweise gibt es im Bereich des Spessarts und Süd-Rhön einen Abfluss von 500 mm/m² pro Jahr, während sich dieser Wert in Würzburg auf nur 250 mm/m² pro Jahr beläuft. Das bedeutet, dass in Würzburg bei einem Jahresniederschlag von circa 650 mm und einer Verdunstung von 400 mm 250 mm als nicht verdunsteter Anteil des Niederschlags oberflächlich abfließt (Abb. 2). Zusätzlich dazu gibt es im Gebiet der Mainfränkischen Platten äußerst geringe Grundwasserverhältnisse in größeren Tiefen (vgl. MÜLLER, 1996: 33 f). Aufgrund der hohen Wasserdurchlässigkeit der oberen Gesteinsschichten fließt das Wasser uneingeschränkt ab und wird schließlich in Karstgrundwasserleitern in tief liegenden Tonlagen aufgefangen. Verkarstung entsteht durch chemische Lösungsverwitterung, bei dem der leicht wasserlösliche Kalk aufgelöst und abgeführt wird, so dass sich über einen längeren Zeitraum Spalten und Hohlräume ausbilden. Weil sich umliegend undurchlässige oder schwer durchlässige Schichten aus Ton- und Mergelstein befinden, wird das heranfließende Wasser aufgefangen und gespeichert (vgl. MÜLLER, 1996: 35). Durch die Karstbildung kann das Oberflächenwasser rasch versickern, weshalb auch die Gewässernetzdichte sehr niedrig ist. Die mittlere, jährliche Grundwasserneubildung beläuft sich östlich von Würzburg auf 25 mm/a, bezogen auf das gesamte Maingebiet beläuft sich die Grundwasserneubildung auf 148 mm/a und in der Rhön sogar bei ca. 500 mm/a. Die Grundwasserneubildung in Unterfranken ist in der Referenzperiode von 1971-2000 zu 2011-2020 um knapp -22 % gesunken (vgl. KRAUSE, 2024:

19). Ursache hierfür ist der Mensch, der durch Maßnahmen wie Landnutzungswandel, Bewässerung, den Bau von Talsperren oder Reservoirs, Wasserentnahme und indirekt auch den anthropogen verursachten Klimawandel die natürliche Hydrologie stört (vgl. GERKE, 2017: 7).

2.6 Boden

In den mineralogischen und organischen Ausgangsmaterialien finden stetig Prozesse der Verwitterung und Mineralneubildung sowie der Zersetzung und Stabilisierung statt. Dadurch entstehen Eigenschaften, die einen Boden definieren. Als Faktoren der Pedogenese wirken Geologie, Klima, Geomorphologie und Lebewesen (vgl. BLUM/ SCHAD, 2024: 98). Zur Einordnung der unterschiedlichen Bodenbildungsbedingungen kann der Boden in sogenannte Bodengroßlandschaften untergliedert werden, wobei sich das Untersuchungsgebiet an der Grenze zweier solcher Landschaften befindet. Im Westen der Mainfränkischen Platten befindet sich die Bodengroßlandschaft mit hohen Anteilen an Kalkstein, regional im Wechsel mit Lösslehm und anderen Decksedimenten. Östlich von Würzburg grenzt die Bodengroßlandschaft mit hohem Anteil an Sand- und Mergelstein, stellenweise im Wechsel mit Lösslehm an (vgl. BLUM/ SCHAD, 2024: 179). Diese beiden Bodengroßlandschaften sind durch dominierende Bodentypen charakterisiert, die sich lokal beträchtlich unterscheiden können. Im Westen über Muschelkalk sind Braunerden, Pararendzinen und Rendzinen typischen Bodengruppen, wohingegen sich im Osten über dem Unteren Keuper zusätzlich Pelosole ausbilden. Die fruchtbaren Lössgebiete werden von den Parabraunerden und Pararendzinen beherrscht (vgl. KRAUSE, 2024: 23). Betrachtet man das in Würzburg befindliche Projektgebiet in genauerem Maßstab, herrschen nördlich die Bodentypen der Rendzinen und Pararendzinen aus Kalk- und Kalkmergelstein des Muschelkalks vor, während sich südlich die Bodentypen der Braunerden und podsolige Braunerden aus Flugsand erstrecken (Abb. 5).

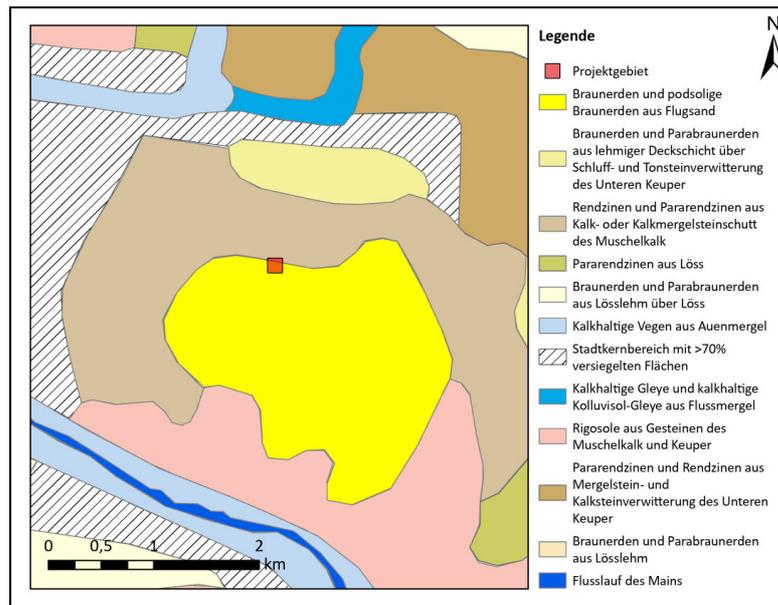


Abbildung 5: Bodenübersichtskarte 1:40.000. Daten: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2020), eigene Darstellung.

2.7 Anthropogene Einflüsse

Das Projektgebiet der „Grünen Lerninsel“ liegt östlich von der Mensateria Hubland-Nord der Universität Würzburg. Die Grundsteinlegung für den Hubland-Campus Süd fand im Jahr 1965 statt, so dass sich die Frage stellt, wie die Fläche vorher aussah und was sich veränderte. Hierzu findet sich das Kartenblatt „Würzburg Süd 6225“, welches ein Jahr vor der Grundsteinlegung am Hublandcampus im Jahr 1964 entstand und am Hubland-Nord eine lockere Bebauung mit militärischen Kasernen und Grünflächen aufzeigt (vgl. BAYERISCHES LANDESVERMESSUNGSAMT MÜNCHEN, 1964). Das Untersuchungsgebiet selbst ist von baulichen Maßnahmen nicht betroffen, die Fläche ist als Grünland ausgezeichnet. Im Jahr 2008 erfolgte der Abzug der US-Streitkräfte und damit die Freigabe der „Leighton Barracks“ an die Stadt Würzburg (vgl. HUBBEL, 2025). Eine Neunutzung erfolgte ab 2011 durch die Erweiterung des Universitätsgeländes in Richtung Hubland-Nord und dem Umbau der Baracken zu Laboren, Seminarräumen und Institutsgebäuden (vgl. UNIVERSITÄT WÜRZBURG, 2025). Nach einem Bericht der „Mainpost“ wurde zwei Jahre später, im Jahr 2013, die Verbindungsbrücke von Hubland-Süd zu -Nord fertiggestellt, weswegen sich der Zeitpunkt der Neuanlegung am Projektgebiet auf diese Zeit zwischen 2011 und 2013 eingrenzen lässt (vgl. WUST, 2013). Durch die baulichen Maßnahmen im Gelände wurde anthropogenes Material im Boden aufgeschüttet und umgelagert, was sich vor allem in einem digitalen

Geländemodell des Projektgebiets erkennen lässt (Abb. 6). Die schattierten Geländestufen sowie rinnenartige Vertiefungen deuten auf eine unnatürliche Bodenbearbeitung hin. Um genauere Aussagen über den anstehenden Untergrund treffen zu können, muss der Boden der Projektwiese näher untersucht werden.

3. Methoden

3.1 Geländemethoden

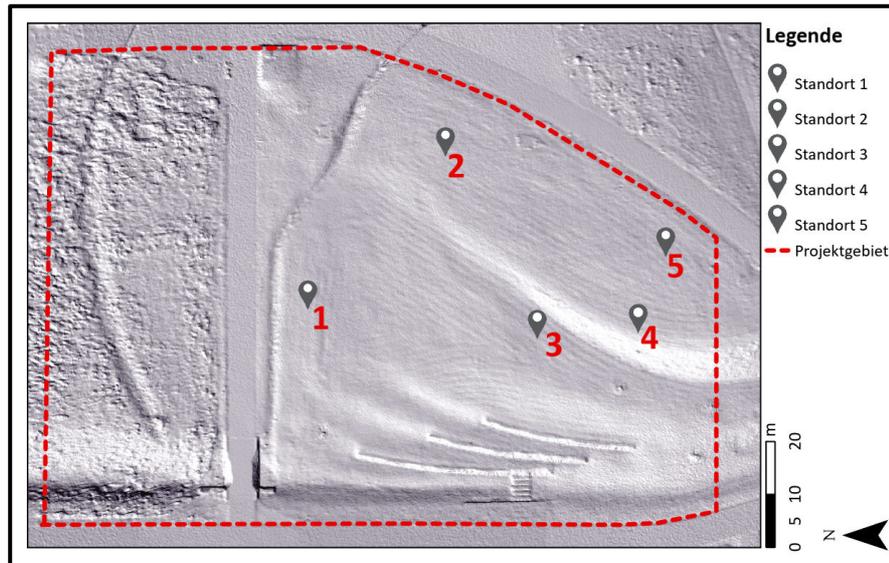


Abbildung 6: Verortung der Probestellen auf dem Projektgelände – Maßstab 1:1.500. Daten: INSTITUT FÜR GEOGRAPHIE UND GEOLOGIE DER UNIVERSITÄT WÜRZBURG (2024), eigene Darstellung.

Im Rahmen der Methodik wurden auf der Projektwiese auf dem Hubland-Campus an fünf verschiedenen Stellen Bohrkerne untersucht sowie Laborproben analysiert. Die Bohrkerne eignen sich für eine grobe Bodenansprache im Gelände und geben einen Überblick über die verschiedenen Bodenhorizonte am Projektstandort. Die Laborproben hingegen ermöglichen einen genauen Einblick in die Bodenzusammensetzung und die unterschiedlichen Nährstoffgehalte, so dass der Oberbodenhorizont bis in den Unterbodenhorizont der einzelnen Bohrinseln näher untersucht werden konnte. Als Bohrer eignete sich für die Kartierarbeit im Gelände bei lehmigen und sandigen sowie stark aggregierten tonigen Böden der Pürckhauer-Bohrer (vgl. AMELUNG ET AL., 2018: 66). Im Projektgebiet wurden flächendeckend an fünf Standorten Bohrkerne entnommen und anhand der Bodenkundlichen Kartieranleitung AD-HOC-AG BODEN (2005) ausgewertet (Abb. 6). Die fünf Bohrkerne wurden zunächst in einzelne Horizonte eingeteilt, um anschließend für jeden Horizont mehrere Schätzverfahren durchführen zu können. Dazu

gehörte die Fingerprobe, bei der Kriterien wie die Rollfähigkeit oder die Rauigkeit an den befeuchteten Erdproben überprüft wurden und somit die Körnungen und Bodenarten abgeschätzt werden konnten (vgl. AMELUNG ET AL., 2018: 220). In einem weiteren Test mit 10%iger HCl-Lösung (Wasserstoffchlorid) konnte anschließend der grobe Carbonatgehalt (CaCO_3) der Proben festgestellt werden. Bei einem hohen CaCO_3 -Gehalt schäumte die betroffene Stelle stark auf, während bei einem geringen CaCO_3 -Gehalt in der Probe eine geringere Reaktion zu erwarten war. Im Allgemeinen ist zu sagen, dass sandige Bodenproben stärker auf das Wasserstoffchlorid reagieren als tonige Bodenproben (vgl. BLUME/ STAHR/ LEINWEBER, 2011: 25).

3.2 Präanalytisches Labor

Für die Laboranalyse wurden an vier der fünf Probenahmestellen mit dem Spaten Löcher mit möglichst glatten, senkrechten Einstichen bis zu einer Tiefe von ca. 30 cm ausgehoben. Im Bereich von Standort I 5 befinden sich Leitungen im Untergrund, weshalb ein flächiger Aushub nicht riskiert werden konnte. In der Regel wurden an jedem der Standorte drei Proben in absteigender Tiefe entnommen. Die obersten Proben wurden aus einer Tiefe von ca. 5-10 cm entnommen, die nächsten aus ca. 15-20 cm und die untersten Proben bei ca. 25-30 cm. Bei dem Standort I 2 war aufgrund des steinigen Untergrundes die unterste Probeentnahme nicht möglich, so dass insgesamt elf Proben für die Laboranalyse zur Verfügung standen. Diese Proben wurden mehrere Tage offen zum Trocknen gelagert und anschließend für die Laboranalyse vorbereitet. Dazu wurde von jeder Probe eine kleine Menge für die Ermittlung des C-, N-, und CaCO_3 -Gehaltes mit dem TOC-Analysator abgezweigt. Für die Bestimmung der Korngrößen und des pH-Wertes wurde von den elf Originalproben ein weiterer Teil entnommen und vorsichtig gemörsert. Da auch grobe Partikel in den Proben zu den Korngrößen zählen, durften diese nicht zerkleinert werden, sondern nur gröbere Erdbrocken zerdrückt werden. Die Körnung wurde im Anschluss maschinell mit Lasertechnik durchgeführt. Um möglichst genaue Ergebnisse zu erhalten, gab zusätzlich zur Bodenprobe je zwei Duplikate, die in Reagenzgläser gelöst für die Probedurchführung bereitgestellt wurden.

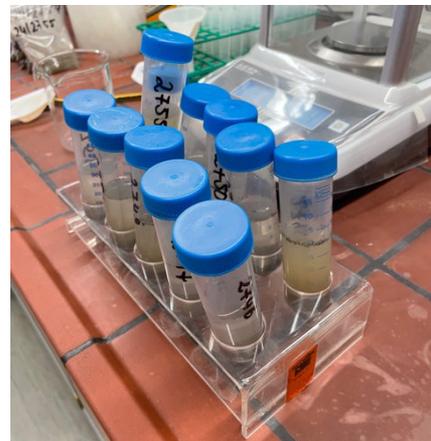


Abbildung 7: Präanalytik pH-Messung, eigene Darstellung.

Für die Bestimmung des pH-Wertes wurden ebenfalls ca. 10 g von den gemörsterten Proben in Kunststoffgefäße gegeben und mit 25 ml CaCl_2 versetzt (Abb. 7).

3.3 Labormethoden

Korngröße

Die Analyse aller Proben erfolgte mit Messmethoden, die im bodenkundlichen Labor des Instituts für Geographie und Geologie zur Verfügung stehen. Die Korngrößenverteilung spielt im Boden eine wichtige Rolle, da in der Regel die Körnung der anorganischen Komponente den Charakter eines Bodens bestimmt (vgl. AMELUNG ET AL., 2018: 221). Dabei ist zu beachten, dass der Charakter eines festen Sedimentgesteins in jungen Landschaften die Korngröße seines Verwitterungsmaterials und damit des Bodens bestimmt. So führt Sandsteinverwitterung zu einem hohen Sandanteil im Boden (vgl. AMELUNG ET AL., 2018: 223). Die Bodenarten der Untersuchungsflächen wurden im Vorfeld durch die Fingerproben ermittelt. Um exakte Werte zu erzielen, wurde anschließend die Korngrößenverteilung mittels Lasertechnik bestimmt. Hierzu wurden die 33 vorbereiteten Reagenzglas-Proben nacheinander in den Laser geschüttet und so die Datenanalyse durchgeführt.

Kohlenstoffgehalt

Der Kohlenstoffgehalt wird als organischer Kohlenstoff TOC400 ausgedrückt und ist Teil der organischen Bodensubstanz. Dieser spielt für Pflanzen eine wichtige Rolle, da er in den meisten Böden die einzige Stickstoffquelle und die einzige Quelle für Nährstoffe wie S und P darstellt. Er ist außerdem wichtig für den Ionenaustausch im Boden und hat Einfluss auf Wasser- und Lufthaushalt wie auch auf das Temperaturregime. Die organische Bodensubstanz ist entscheidend für den Tongehalt und die Aktivität der Bodenlebewesen und damit auch für die Bodenstruktur. Darüber hinaus ist der C-Gehalt ein wesentlicher Faktor für die Bodenfruchtbarkeit (vgl. BLUME/ SCHAD, 2024: 46). Der Gehalt an organischem Kohlenstoff wurde durch die Bestimmung des Glühverlustes mit dem TOC-Analysator berechnet. Bei diesem Messverfahren findet eine Oxidation durch Verbrennung in Sauerstoff statt, wodurch das dabei gebildete CO_2 gemessen wird. Unter der Annahme, dass der mittlere C-Gehalt der organischen Substanz ca. 50-58 % beträgt, errechnet sich der TOC400 durch die Multiplikation des GV_{550° (%) mit 0,58 (vgl. AMELUNG ET AL., 2018: 86).

Stickstoff-Gehalt

Einer der wichtigsten Nährstoffe für Pflanzen stellt der Stickstoff dar, weil er Bestandteil des Photosynthese-katalysierenden Enzyms Rubisco ist. Die Stickstoffvorräte auf der Erde sind sehr gering, da sich die größte Menge davon unzugänglich in der Atmosphäre, Lithosphäre oder Pedosphäre befindet. Lediglich <1 % des gesamten Stickstoffvorrats ist für Pflanzen in der Hydro- und der Biosphäre erreichbar (vgl. AMELUNG ET AL., 2018: 518). Ermittelt wurde der Stickstoffgehalt ebenfalls mithilfe des TOC-Analysators.

Carbonat-Gehalt

Neben dem Stickstoffgehalt ist auch das Calcium im Boden von Bedeutung, wobei es häufig als das Carbonat CaCO_3 (Calcit) auftritt und meist vom Gestein ererbt wird. Wichtig ist Calcium vor allem für die Pflanzen, in denen es Funktionen wie die Zellteilung und Zellsynthese übernimmt oder als Botenstoff bei Abwehr- und Reparaturreaktionen der Pflanze auf abiotischen und biotischen Stress fungiert (vgl. AMELUNG ET AL., 2018: 555f). Berechnet wurde der Carbonatgehalt aus den bereits ermittelten Kohlenstoffwerten. Während für den Kohlenstoffgehalt der organische Kohlenstoffanteil der organischen Bodensubstanz (GV_{550°) zählte, wurde für den Carbonatgehalt der anorganische Kohlenstoffanteil TIC900 benötigt. Beim Verbrennungsprozess entsteht durch das CaCO_3 CaO und CO_2 , wodurch sich aus den molaren Massen vom Kohlenstoff der prozentuale Anteil von 12 % am CaCO_3 ergibt. Demzufolge muss für die Berechnung des CaCO_3 -Gehalts der TIC durch 0,12 dividiert werden.

pH-Wert

Der pH-Wert eines Bodens „spiegelt dessen Entstehung und die daraus resultierenden chemischen Eigenschaften wider“ (AMELUNG ET AL., 2018: 188). Er erlaubt, Aussagen über das Verhalten von Schad- und Nährstoffen sowie über die Tauglichkeit des Bodens als Pflanzenstandort zu treffen. Sehr saure Böden haben einen niedrigen pH-Wert, während alkalische Böden einen hohen pH-Wert aufweisen. Zu erwähnen ist auch, dass CaCO_3 -reiche Böden zumeist einen neutralen bis schwach alkalischen pH-Wert (pH 7,0 – 8,2) besitzen. Generell bewegt sich der pH-Wert in Böden meist zwischen pH 3 und 10 (vgl. AMELUNG ET AL., 2018: 188). Für die Auswertung des pH-Werts wurden die gemörserten Proben in den Kunststoffgefäßen durch Schütteln homogenisiert, so dass die Werte im

Anschluss elektrometrisch mit einer pH-Elektrode bestimmt werden konnten (vgl. BLUME/STAHR/ LEINWEBER, 2011: 23).

4. Ergebnisse der Gelände- und Laboranalysen

Standort I 1 - Geländedaten

Im Folgenden werden die Gelände- und Laborergebnisse der einzelnen Probestandorte wiedergegeben.

Horizont-nummer	Horizont	Grenze (Tiefe in cm)	Farbe (Munsellwert)	Bindigkeit (Klebetest)	Formbarkeit (Ausrolltest)	Bodenart	CaCO ₃
I 1-1	Ah	16	10YR 3/3	4	5	Lts	C3
I 1-2	BvCv ₁	33	10YR 4/6,3/6	4-5	5	Lts	C3
I 1-3	BvCv ₂	38	10YR 4/3			Lts/ Ts2	C4
I 1-4	Cv	51	2,5Y 5/4	5	5	Ts2	C4

Tabelle 1: Geländedaten Standort I 1, Braunerde auf Terra fusca-Rest - 49,78561°N, 9,96987°O. Bodenansprache nach KA5 (AD-HOC-AG, 2005) und Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994).

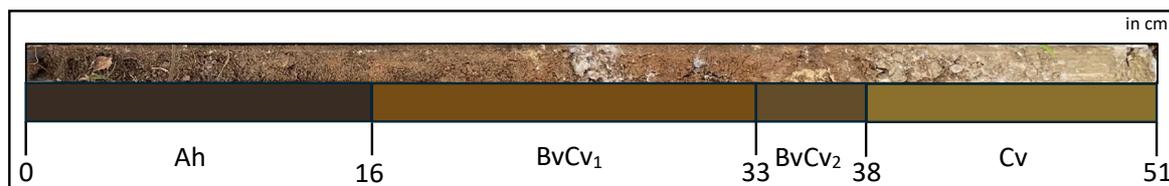


Abbildung 8: Bohrkern Standort I 1, Braunerde auf Terra fusca-Rest mit Farben nach Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994), eigene Darstellung.

An Standort I 1 ließ sich mit dem Pürckhauer-Bohrstock ein Bohrkern von 51 cm mit vier Horizonteinteilungen ausheben (Tab. 1 und Abb. 8). Den mineralischen Oberbodenhorizont bildet der Ah-Horizont von 0-16 cm. Er ist durch einen dunkelbraunen, sandig-lehmigen Ton gekennzeichnet und weist eine lockeres und krümeliges Einzelkorngefüge auf, durch welches sich Feinwurzeln hindurch winden. Darunter befindet sich der mineralische Unterbodenhorizont BvCv₁ mit einer Mächtigkeit von 16-33 cm, der auch wie Horizont Ah durch einen sandig-lehmigen Ton gekennzeichnet ist. Die dunkelbraune Farbe des Ah-Horizonts geht hier diffus in eine dunkle, gelblichbraune Farbnuance über, das Gefüge ist ein lockeres Einzelkorngefüge mit Kalksteineinschlüssen bei 26 cm und 31 cm. Der nächste Horizont ist der BvCv₂-Horizont. Die Bodenart des Horizonts lässt sich als ein sandig-lehmigen Ton und schwach-sandigen Ton mit brauner Färbung und verdichteter, subpolyedrischer Struktur beschreiben. Zudem ist eine Verbraunung und Verlehmung erkennbar. Die obere Horizontbegrenzung bei 33 cm ist diffus, während die Untergrenze

des Horizonts bei 38 cm deutlich erkennbar ist. Den unteren Abschluss des Profils bildet der Untergrundhorizont Cv von 38 cm bis 51 cm. Der schwach sandige Ton unterliegt einer massiven Lagerung und zeichnet sich durch eine hell-olivbraune Farbe mit Subpolyeder und mehreren Kalksteineinschlüssen aus. Dabei sind einzelne, gröbere Körner und feinkörnige, tonige Strukturen erkennbar. Die oberen Horizonte Ah und BvCv₁ können nach der Kartieranleitung als >carbonathaltig< mit 2-<10 % bezeichnet werden, während die unteren Horizonte BvCv₂ und Cv >carbonatreich< mit einem Wert bei 10-<25 % sind.

Standort I 1 – Labordaten

Die Probenentnahme für das Labor erfolgte an dem verknüpften Geländestandort I 1 in den Tiefenabschnitten 5-10 cm, 15-20 cm und 25-30 cm. Da für die Laborproben größere Probemengen benötigt wurden, bot sich ein flächiger Aushub mit dem Spaten an.

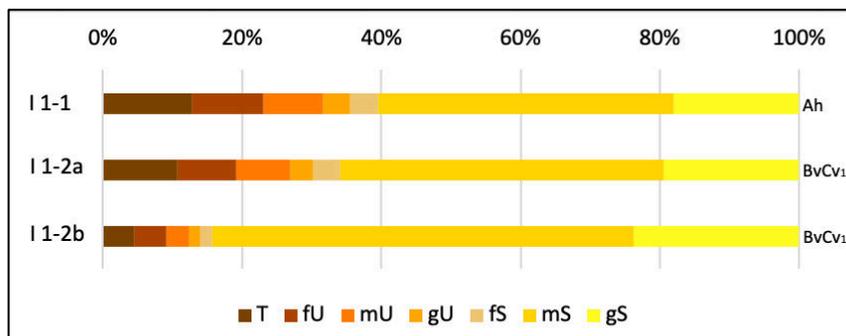


Abbildung 9: Korngrößendiagramm Standort I 1, eigene Darstellung.

Im Profil des Standorts I 1 dominieren die Sandanteile mit Anteilen zwischen 64,45 % und 85,99 % (Abb. 9 und Tab. 2). Der prozentuale Anteil des Gesamtsandes nimmt von oben nach unten zu. Der größte Sandanteil findet sich in der Mittelsandfraktion mit 60,51 % in I 1-2b. Die Schluffanteile nehmen im Gegensatz zum Sandanteil mit der Tiefe kontinuierlich von 22,73 % auf 9,41 % ab. Während der Grobschluffanteil bei durchschnittlich 2 % des Gesamtanteil liegt, ist der Anteil des Feinschluffs mit durchschnittlich 8 % am größten. Wie der Schluff nimmt auch der Ton nach unten hin gleichmäßig von 12,82 % auf 4,60 % ab.

Horizont-nummer	Horizont	Korngrößenverteilung [%]							ΣT	ΣU	ΣS	C _{org} [%]	N [%]	CaCO ₃ [%]	pH
		T	fU	mU	gU	fs	mS	gS							
I 1-1	Ah	12,82	10,30	8,52	3,92	4,03	42,50	17,91	12,82	22,73	64,45	1,11	0,14	6,39	7,48
I 1-2a	BvCv ₁	10,77	8,36	7,78	3,29	3,85	46,48	19,46	10,77	19,43	69,80	1,42	0,20	10,56	7,48
I 1-2b	BvCv ₁	4,60	4,47	3,40	1,54	1,75	60,51	23,74	4,60	9,41	85,99	0,51	0,06	2,54	7,48

Tabelle 2: Laborwerte Standort I 1.

Der organische C-Gehalt nimmt vom oberen Horizontabschnitt I 1-1 bis I 1-2a von 1,11 % auf 1,42 % zu und sinkt im unteren Abschnitt I 1-2b auf 0,51 % ab (Tab. 2). Nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung sind die drei Proben als >schwach kohlehaltig< mit 0,5- <2 % einzuordnen (vgl. AD-HOC-AG BODEN, 2005: 166). Ähnlich wie der C-Gehalt ist auch der N-Gehalt im mittleren Horizontabschnitt I 1-2a mit 0,20 % am höchsten und nimmt über I 1-1 bis I 1-2b ab. Der CaCO₃-Gehalt verhält sich proportional zu den C- und N-Werten und schwankt zwischen 10,56 % und 2,54 %. Dabei lassen sich die Horizontabschnitte I 1-1 und I 1-2b als >carbonathaltig< einstufen, wohingegen I 1-2a >carbonatreich< ist. Hinsichtlich des pH-Werts wurden in allen drei Horizontabschnitten der gleiche, >sehr schwach alkalische< pH-Wert von pH 7,48 gemessen.

Standort I 2 – Geländedaten

Horizontnummer	Horizont	Grenze (Tiefe in cm)	Farbe (Munsellwert)	Bindigkeit (Klebetest)	Formbarkeit (Ausrolltest)	Bodenart	CaCO ₃
I 2-1	Ah	12	10YR 3/3	3	4	Lt2/ Tu4	C4
		15-20	freie Stelle				
I 2-2	BvCv	39	10YR 4/3	5	5	Tu2	C5

Tabelle 3: Geländedaten Standort I 2, Braunerde auf Terra fusca-Rest - 49,78546°N, 9,97013°O. Bodenansprache nach KA5 (AD-HOC-AG, 2005) und Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994).



Abbildung 10: Bohrkern Standort I 2, Braunerde auf Terra fusca-Rest mit Farben nach Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994), eigene Darstellung.

Im Bohrstock des Standorts I 2 konnten zwei Horizonte angesprochen werden (Tab. 3 und Abb. 10). Der dunkelbraune Ah-Horizont reicht 12 cm in die Tiefe und bildet die rezente Bodenoberfläche. Er besteht aus einem schwach tonigen Lehm bis stark schluffigen Ton mit einem Aggregatgefüge. Neben kleinen Kalksteinen bei 10 cm sind mehrere Feinwurzeln und auch größere Wurzelemente zu erkennen. Anschließend ist im Bohrkern eine Lücke von 15 cm bis 20 cm vorhanden. Der subpolyedrische, braune BvCv-Horizont reicht von 12-39 cm und lässt sich der Bodenart schwach schluffiger Ton zuordnen. Außerdem sind Verbraunungs- und Verlehmungsprozesse erkennbar. Auf einer Höhe von 25 cm des Bohrkerns ist ein einzelner, größerer Kalkstein und eine geringe Menge an Feinwurzeln zu

erkennen. Der CaCO₃-Gehalt wird für den Ah-Horizont als >carbonatreich< eingestuft, während der BvCv-Horizont >sehr carbonatreich< mit 25-<50 % ist.

Standort I 2 – Labordaten

Wie bei der Pürckhauer-Bohrung ließ sich mit dem Spaten wegen des steinigen Untergrunds kein tiefer-gehendes Profil freilegen, weshalb nur aus 5-10 cm und bei 15-20 cm Proben entnommen werden konnten.

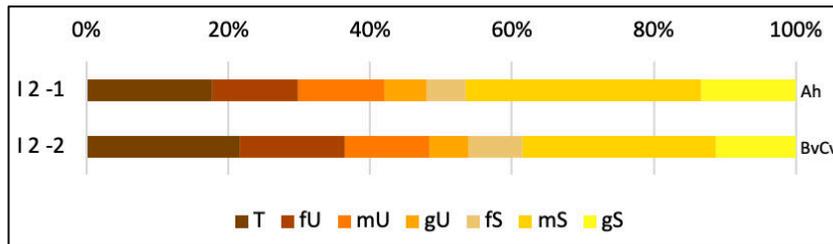


Abbildung 11: Korngrößendiagramm Standort I 2, eigene Darstellung.

Bei Standort I 2 dominiert stark die Sandfraktion mit 52,07 % im I 2-1 und 46,07 % in I 2-2 (Abb. 11 und Tab. 4). Den größten Sandanteil hat der Mittelsand mit ca. 30 %, während der Feinsandanteil mit ca. 6 % am geringsten ist. Entgegengesetzt zum Sandanteil steigt der Schluffanteil um circa 2 % von oben nach unten an. Dabei liegen die Anteile grob zwischen 30 % und 32 %. Auffallend ist, dass nur der Feinschluff von ca. 12 % auf 14 % ansteigt, wohingegen Mittel- und Grobschluff um weniger als 1 % mit der Tiefe abnehmen. Der Tonanteil wird wie der Feinschluff nach unten hin größer, liegt aber insgesamt mit 17,74 % bzw. 21,67 % höher.

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenverteilung [%]										C _{org} [%]	N [%]	CaCO ₃ [%]	pH
		T	fU	mU	gU	fS	mS	gS	ΣT	ΣU	ΣS				
I 2-1	Ah	17,74	12,12	12,15	5,92	5,52	33,24	13,31	17,74	30,19	52,07	1,89	0,27	8,04	7,44
I 2-2	BvCv	21,67	14,71	12,01	5,55	7,50	27,28	11,29	21,67	32,26	46,07	1,17	0,15	14,28	7,58

Tabelle 4: Laborwerte Standort I 2.

Der C-Gehalt beläuft sich im oberen Horizontabschnitt auf 1,89 % und sinkt nach unten hin auf 1,17 % ab, weswegen beide Horizontabschnitte als >schwach kohlehaltig< klassifizierbar sind (Tab. 4). Auch der N-Gehalt wird von oben nach unten geringer, wobei die Werte mit 0,27 % und 0,15 % geringer ausfallen. Der CaCO₃-Gehalt beträgt im oberen Horizont I 2-1 8,04 % und verdoppelt sich nach unten fast auf 14,28 %. I 2-1 ist daher als >carbonathaltig< und I 2-2 als >carbonatreich< einzustufen. Die Proben I 2-1 und I 2-2 werden mit pH 7,44 und pH 7,58 als >sehr schwach alkalisch< bezeichnet.

Standort I 3 – Geländedaten

Horizont-nummer	Horizont	Grenze (Tiefe in cm)	Farbe (Munsellwert)	Bindigkeit (Klebetest)	Formbarkeit (Ausrolltest)	Bodenart	CaCO ₃
I 3-1	Ah	21	10YR 3/3	4	5	Lts	C3
I 3-2	BvCv ₁	48	10YR 4/4	5	4	Lts	C3
I 3-3	BvCv ₂	59	10YR 5/4	4	4	Ts4	C4
I 3-4	Cv ₁	70	2,5Y 4/4	5	5	Ts2	C4
I 3-5	Cv ₂	75	2,5Y 5/3	5	5	Tl	C5

Tabelle 5: Geländedaten Standort I 3, Braunerde auf Terra fusca-Rest - 49,78536°N, 9,96982°O. Bodenansprache nach KA5 (AD-HOC-AG, 2005) und Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994).

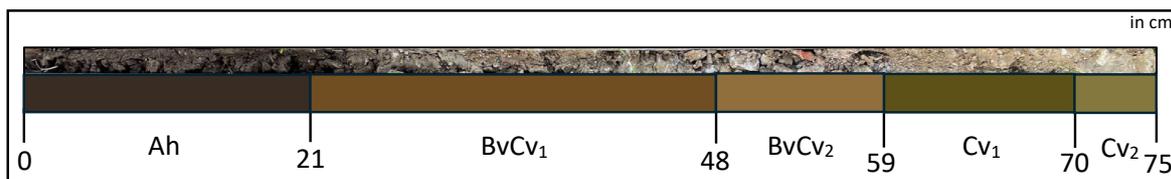


Abbildung 12: Bohrkern Standort I 3, Braunerde auf Terra fusca-Rest mit Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994), eigene Darstellung.

An Standort I 3 ließ sich ein Bohrkern von 75 cm Länge ausstechen und in fünf Horizonte untergliedern (Tab. 5 und Abb. 12). Der Ah-Horizont reicht 21 cm tief in die Erde und ist ein dunkelbrauner, sandig-toniger Lehm mit einem lockeren Einzelkorngefüge. Im Horizont sind leichte Feinwurzelanteile erkennbar. Der Farbton geht dann im Horizont BvCv₁, der von 21 cm bis 48 cm reicht, deutlich in einen dunkelgelblichbraunen Ton über, der als sandig-toniger Lehm mit Krümelgefüge klassifizierbar ist. Daran schließt sich mit einem deutlichen Übergang der BvCv₂-Horizont an, der von 48-59 cm in die Tiefe reicht. Der gelbbraune Horizont weist ein sehr grobkörniges, steiniges Polyedergefüge auf und repräsentiert die Bodenart stark sandiger Ton. Auf der Höhe von 50 cm ist ein größerer Kalkstein und bei 55 cm ein rotes Ziegelsteinfragment erkennbar. Als nächstes folgt der verwitterte und verbrauchte Cv₁-Horizont von 59-70 cm, welcher scharf mit klarer Grenze in einen olivbraunen Farbton übergeht und einen schwach sandigen Ton mit krümeligem Gefüge aufzeigt. Den unteren Horizontabschnitt bildet von 70-75 cm der Cv₂-Horizont, der sich durch eine helle, olivbraune Färbung und einem lehmigen Ton mit stark verdichtetem Subpolyedergefüge auszeichnet, bei dem kleinere Kalksteinfragmente erkennbar sind. Der CaCO₃-Gehalt ist in den beiden oberen Horizonten Ah und BvCv₁ >carbonathaltig<, in den Horizonten BvCv₂ und Cv₁ >carbonatreich< beziehungsweise im Untergrundhorizont Cv₂ >sehr carbonatreich<.

Standort I 3 – Labordaten

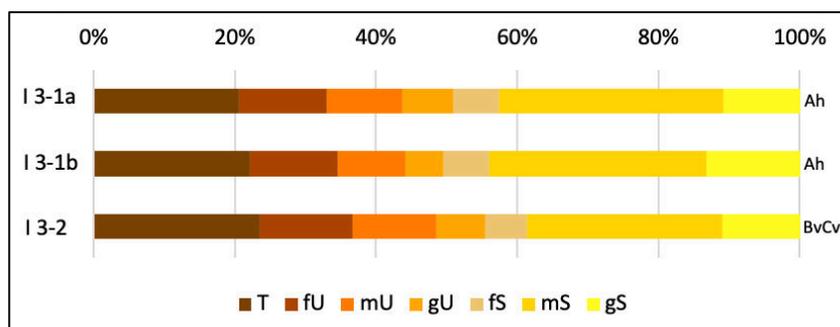


Abbildung 13: Korngrößendiagramm Standort I 3, eigene Darstellung

Der Gesamtanteil am Probestandort I 3 schwankt zwischen 50,40 % und 44,56 %, wobei der Wert von oben nach unten zunächst etwas ansteigt und bei I 3-2 wieder absinkt (Abb. 13 und Tab. 6). Insgesamt nimmt der Mittelsand mit circa 30 % Gesamtanteil die größte Fraktion ein, wohingegen der Grobsand bei ca. 10 % Anteil liegt und der Feinsand mit ca. 6 % den geringsten Anteil einnimmt. Während sich der Grobsand über die Horizontgrenzen hinweg nicht wesentlich ändert, nehmen Mittel- und Feinsand mit zunehmender Tiefe ab. Der Gesamtschluff variiert zwischen 27,39 % und 31,89 % am Gesamtanteil, wobei der Wert von I 3-1a zu I 3-1b zunächst leicht abnimmt und bei I 3-2 wieder ansteigt. Der Grobschluff nimmt mit ca. 6 % dabei den kleinsten Anteil ein, während der Mittelschluff bei ca. 10 % und der Feinschluff sogar bei ca. 13 % liegt. Der Grobschluff nimmt von I 3-1a bis I 3-2 ab, während der Fein- und Mittelschluff indirekt proportional zur Tiefe zunehmen. Der Tonanteil beträgt im Mittel 22 % und wird mit der Tiefe von 20,66 % zu 23,55 % zunehmend größer.

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenverteilung [%]							ΣT	ΣU	ΣS	C _{org} [%]	N [%]	CaCO ₃ [%]	pH
		T	fU	mU	gU	fS	mS	gS							
I 3-1a	Ah	20,66	12,29	10,77	7,16	6,59	31,71	10,81	20,66	30,23	49,11	2,07	0,29	8,16	7,39
I 3-1b	Ah	22,21	12,35	9,58	5,46	6,37	30,88	13,16	22,21	27,39	50,40	1,82	0,26	9,50	7,49
I 3-2	BvCv ₁	23,55	13,16	11,81	6,92	5,99	27,60	10,97	23,55	31,89	44,56	1,93	0,25	14,00	7,47

Tabelle 6: Laborwerte Standort I 3.

Der C-Gehalt hat sein Minimum im Abschnitt I 3-1b und sein Maximum im oberen Horizontabschnitt I 3-1 (Tab. 6). Der C-Gehalt schwankt zwischen 1,82 % und 2,07 %. Der obere Horizontabschnitt wird daher mit 2,07 % als >mittel kohlehaltig<, die beiden unteren Horizontabschnitte als >schwach kohlehaltig< eingestuft. Der N-Gehalt nimmt von oben mit 0,29 % nach unten mit 0,25 % ab. Entgegengesetzt dazu hat der CaCO₃-Gehalt sein

Minimum im Horizontabschnitt I 3-1a und nimmt mit der Tiefe zu. Der prozentuale CaCO₃-Gehalt beläuft sich zwischen 8,16 % und 14,00 %. Die oberen Horizontabschnitte gelten daher als >carbonathaltig<, wobei der untere Abschnitt I 3-2 bereits >carbonatreich< ist. Alle drei gemessenen pH-Werte von pH 7,39, 7,49 und 7,47 sind als >sehr schwach alkalisch< einzustufen.

Standort I 4 – Geländedaten

Horizontnummer	Horizont	Grenze (Tiefe in cm)	Farbe (Munsellwert)	Bindigkeit (Klebetest)	Formbarkeit (Ausrolltest)	Bodenart	CaCO ₃
		0-2, 8-15	freie Stelle				
I 4-1	Ah	28	10YR 3/3	4	4	Lts	C3
I 4-2	BvCv	39	10YR 4/3	5	4	Lts	C4
I 4-3	Cv	46	10YR 4/4	5	4	Lt2	C5

Tabelle 7: Geländedaten Standort I 4, Braunerde auf Terra fusca-Rest - 49,78525°N, 9,96983°O. Bodenansprache nach KA5 (AD-HOC-AG, 2005) und Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994).



Abbildung 14: Bohrkern Standort I 4, Braunerde auf Terra fusca-Rest mit Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994), eigene Darstellung.

An der Bohrstelle des Standorts I 4 wurde ein Bohrkern von 46 cm Länge ausgehoben und in drei Horizonte untergliedert (Tab. 7 und Abb. 14). Die rezente Bodenoberfläche Ah reicht dabei bis in eine Tiefe von 28 cm, jedoch befinden sich zwischen 0 cm und 2 cm sowie zwischen 8 cm und 15 cm offene Stellen im Bohrkern. Der Horizont zeichnet sich durch einen dunkelbraunen, stark tonigen Schluff mit krümeligem, locker gelagertem Einzelkorngefüge aus. Zudem finden sich im oberen Abschnitt mehrere Feinwurzeln und weiteres organisches Material. Anschließend folgt ein schwacher BvCv-Horizont von 28-39 cm, der einen braunen Farbton aufweist und die Bodenart sandig-toniger Lehm darstellt. Der Horizontübergang vom Ah-Horizont ist diffus, das Bodengefüge ist ein Krümelgefüge mit vereinzelt Kalksteinfragmenten. Den unteren Abschluss bildet der Cv-Horizont von 39-46 cm mit einem scharfen Übergang. Der Horizont ist dunkelgelbbraun gefärbt und besteht aus schwach tonigem Lehm mit polyedrischem Gefüge. Auch hier sind deutliche Kalksteinfragmente sowie Mergel zwischen dem tonigen, festen Feinboden zu erkennen.

Der CaCO₃-Gehalt liegt im Ah-Horizont zwischen 2 % und 10 % und wird als >carbonathaltig< bezeichnet. Der BvCv-Horizont enthält etwas mehr Carbonat und wird daher als >carbonatreich< bezeichnet. Im sehr >carbonatreichen< Cv-Horizont steigt der CaCO₃-Gehalt stark an und weist Werte zwischen 25 % und 75 % auf.

Standort I 4 – Labordaten

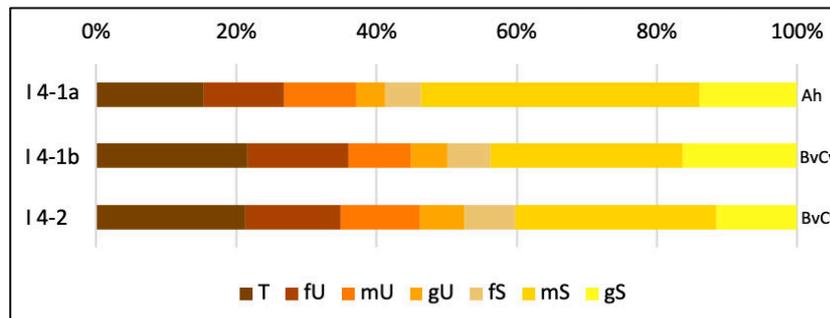


Abbildung 15: Korngrößendiagramm Standort I 4, eigene Darstellung.

Bei der Bohrstelle I 4 beläuft sich der Gesamt sandanteil zwischen 58,70 % und 47,43 %, wobei sich der Wert vom oberen Bereich I 4-1a nach I 4-2 hin verringert (Abb.15 und Tab. 8). Der Mittelsand nimmt mit 39,80 % bei I 4-1a den größten Anteil am Gesamt sandanteil ein und wird nach unten hin um ca. 10 % kleiner. Der Grobsandanteil liegt zwischen 11,53 % und 16,27 %, wobei der höchste Wert im mittleren Horizontabschnitt liegt und über I 4-1a bis I 4-2 abnimmt. Während der Mittel- und Grobsand mit zunehmender Tiefe abnehmen, nimmt der Feinsand gegensätzlich dazu zu. Dabei ist im oberen Horizontabschnitt der Wert bei ca. 5 % und steigt nach unten um 2 % an. Der Gesamtschluff beträgt minimal 25,92 % im oberen Abschnitt und maximal 31,34 % im unteren Abschnitt. Alle Schluffanteile nehmen von oben nach unten zu, wobei der Grobschluff oben mit 4,19 % am geringsten ausfällt und zu I 4-2 um ca. 2 % ansteigt. Der Feinschluff hat den höchsten Anteil am Gesamtschluff, der im oberen Horizontabschnitt 11,48 % beträgt, im mittleren Abschnitt größer wird und im unteren Abschnitt wieder auf 13,65 % absinkt. Der Gesamtton bewegt sich zwischen 15,39 % und 21,52 %, wobei sich der Anteil von I 4-1a mit 15,39 % auf I 4-1b mit 21,52 % vergrößert und im unteren Horizontabschnitt mit 21,23 % wieder geringer ausfällt.

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenverteilung [%]									C _{org} [%]	N [%]	CaCO ₃ [%]	pH	
		T	fU	mU	gU	fS	mS	gS	ΣT	ΣU					ΣS
I 4-1a	Ah	15,39	11,48	10,25	4,19	5,02	39,80	13,88	15,39	25,92	58,70	1,80	0,26	10,75	7,42
I 4-1b	BvCv	21,52	14,53	8,89	5,29	6,06	27,45	16,27	21,52	28,71	49,77	1,84	0,27	10,18	7,49
I 4-2	BvCv	21,23	13,65	11,38	6,31	7,21	28,69	11,53	21,23	31,34	47,43	1,85	0,28	12,43	7,51

Tabelle 8: Laborwerte Standort I 4.

Der C-Gehalt ist in allen drei Horizontabschnitten mit ca. 1,80 % ähnlich, zeigt aber nach unten eine leicht steigende Tendenz (Tab. 8). Alle drei Horizontabschnitte lassen sich als >schwach kohlehaltig< bezeichnen. Der N-Gehalt steigt proportional zum C-Gehalt von oben mit 0,26 % nach unten mit 0,28 % leicht an. Der CaCO₃-Gehalt erfährt erst eine minimale Verringerung und anschließend einen Anstieg. Die drei Proben sind als >carbonatreich< zu bezeichnen. Der pH-Wert ist bei I 4-1a, I 4-1b und I 4-2 relativ ähnlich und lässt sich bei allen drei Horizontabschnitten als >sehr schwach alkalisch< beschreiben.

Standort I 5 – Geländedaten

Horizont-nummer	Horizont	Grenze (Tiefe in cm)	Farbe (Munsellwert)	Bindigkeit (Klebetest)	Formbarkeit (Ausrolltest)	Bodenart	CaCO ₃
I 5-1	Ah	14	10YR 3/3	4	5	Lts	C3
I 5-2	BvCv	30	10YR 4/4	4	4	Lts	C3
		31-34	freie Stelle				
		38	Kalksteine				
I 5-3	Cv ₁	56	10YR 4/3	5	5	Ts2	C3/C4
I 5-4	Cv ₂	62	2,5Y 5/3	5	5	Tl	C3/C4

Tabelle 9: Geländedaten Standort I 5, Braunerde auf Terra fusca-Rest - 49,78546°N, 9,97013°O. Bodenansprache nach KA5 (AD-HOC-AG, 2005) und Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994).

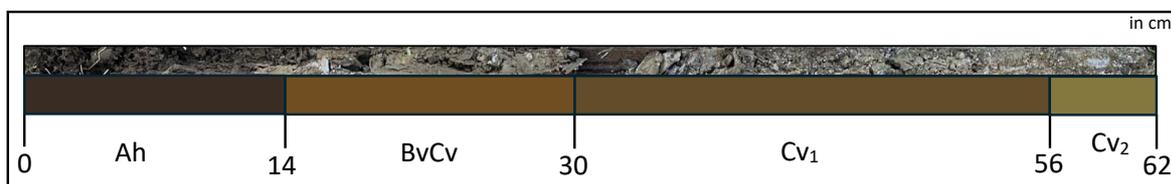


Abbildung 16: Bohrkern Standort I 5, Braunerde auf Terra fusca-Rest mit Munsell Soil Color Chart (MUNSELL, 1994), eigene Darstellung.

Bei dem Probestandort I 5 wurde ein 62 cm langer Bohrkern entnommen und in vier Horizonte untergliedert (Tab. 9 und Abb. 16). Der Oberbodenhorizont Ah reicht 14 cm in die Tiefe und stellt einen dunkelbraunen, sandig-tonigen Lehm mit einem Einzelkorngefüge dar. In diesem Horizont finden sich mehrere Feinwurzeln und organisches Material sowie wenige Grobwurzeln. Es folgt mit deutlichem Übergang der BvCv-Horizont, der sich von 14-30 cm erstreckt und eine dunkelgelbbraune Färbung aufweist. Als Gefüge lässt sich ein Krümelgefüge feststellen. Daran schließt sich der Cv₁-Horizont mit einem deutlichen Übergang an. Der Horizont erstreckt sich von 30-56 cm in die Tiefe und weist im Bohrkern zwischen 31 cm und 34 cm eine Lücke auf. Die Farbe des Horizonts ist braun, die Bodenart

kann als schwach sandiger Ton mit Subpolyedergefüge beschrieben werden. Der unterste Horizont ist der helle, olivbraune Cv₂-Horizont von 56-62 cm, welcher einen lehmigen Ton mit Subpolyedergefüge darstellt. Der CaCO₃-Gehalt kann in den beiden Horizonten Ah und BvCv als >carbonathaltig< eingestuft werden, während sich die Horizonte Cv₁ und Cv₂ bereits einem >carbonatreichen< Gehalt annähern.

5. Diskussion

5.1 Gemeinsamkeiten aller Standorte

Nach Auswertung der Feld- und Laborergebnisse an den Bohrstandorten lassen sich mehrere standortübergreifende Gemeinsamkeiten feststellen. An allen fünf Standorten ist zunächst an der Bodenoberfläche ein gut ausgebildet Ah-Horizont von ca. 20 cm Mächtigkeit ausgebildet, der durch eine lockere Einzelkornstruktur sowie organische Bestandteile wie z.B. Wurzelstränge gekennzeichnet ist. Auf den Oberbodenhorizont folgt der ca. 30 cm mächtige Unterbodenhorizont BvCv, der die charakteristischen Merkmale der Verbraunung und



Abbildung 17: Profilkante einer Pflanzgrube der Projektbaustelle,

Verlehmung und eine dichtere Lagerung mit subpolyedrischem Gefüge aufweist (Abb. 17). Unter dem BvCv-Horizont folgt ein verwitterter, geringmächtiger Untergrundhorizont Cv mit subpolyedrischem bis polyedrischem Gefüge. In diesem Horizont ist das Substrat durch fortschreitende Verwitterung stärker verdichtet und feinkörniger ausgeprägt. Zusammenfassend nehmen die Verdichtung und Feinkörnigkeit der Bohrkern mit zunehmender Tiefe zu, ebenso wie die Anzahl der eingeschlossenen Kalksteine. Dies geht mit einem deutlichen Anstieg der Ton- und Schluffanteile einher (Abb. 18). An Standort I 4 ist in der Probe I 4-1a ein Gesamtsand von 58,70 % verzeichnet, wobei der Anteil im Verlauf zu Probe I 4-2 auf 47,43 % absinkt. Schluff und Ton verändern sich analog dazu von 25,92 % und 15,39 % zu 31,34 % und 21,23 % (Tab. 8).

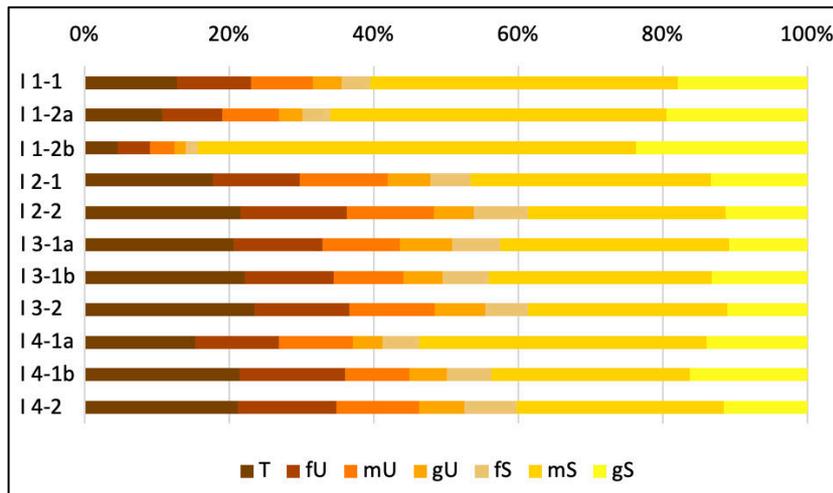


Abbildung 18: Gesamtverhältnis Körnung, eigene Darstellung.

Die Farbgebung des Profils ändert sich mit ansteigender Tiefe. Der Oberbodenhorizont ist durch einen dunkelbraunen Farbton gekennzeichnet, der im BvCv-Horizont in einen helleren Brauntönen mit gelblichem Stich übergeht. Der Cv-Horizont im Anschluss ist durch eine helle, olivbraune Färbung charakterisiert. Bezüglich des Carbonatgehalts ist in fast allen Gelände- und Laborprofilen eine zunehmende Anreicherung des Nährstoffs mit der Tiefe feststellbar (Abb. 19). So findet sich beispielsweise in der Laborprobe I 2-2 ein Carbonatgehalt von 14,28 % (Tab. 4). Die Geländeproben, die ein tieferreichendes Bodenprofil von bis zu 75 cm aufweisen, zeigen entsprechend höhere Carbonatgehalte. In sämtlichen Bohrkernen und Laborproben konnten des Weiteren mehrere kalkhaltige Gesteinsfragmente festgestellt werden. Dies führte an Standort I 2 dazu, dass aufgrund dieses hohen Gesteinsanteils mit dem Spaten lediglich eine Tiefe von ca. 20 cm freigelegt werden konnte. Die Nährstoffgehalte an organischem Kohlenstoff und Stickstoff nehmen gegensätzlich zum Carbonatgehalt mit zunehmender Tiefe ab. Im Projektgebiet der „Grünen Lerninsel“ wurden Carbonatgehalte zwischen 2,54 % und 14,28 % gemessen (Abb. 19). Die Kohlenstoffgehalte belaufen sich an der „Grünen Lerninsel“ in den oberen Laborproben zwischen 1,11 % und 2,07 % und in den tieferliegenden Lagen zwischen 0,51 % und 1,93 %. Die gemessenen Stickstoffgehalte am Projektgebiet liegen bei ca. 0,06-0,29 %. In Bezug auf den pH-Wert konnte an sämtlichen Probenahmestellen ein >sehr schwach alkalischer< pH-Wert festgestellt werden, der mit zunehmender Tiefe tendenziell leicht ansteigt. Insgesamt lässt sich der Boden des Gebiets als durchschnittlich nährstoffhaltig bzw. als eher ärmer aufgrund des niedrig ausfallenden Kohlenstoffgehalts kategorisieren.

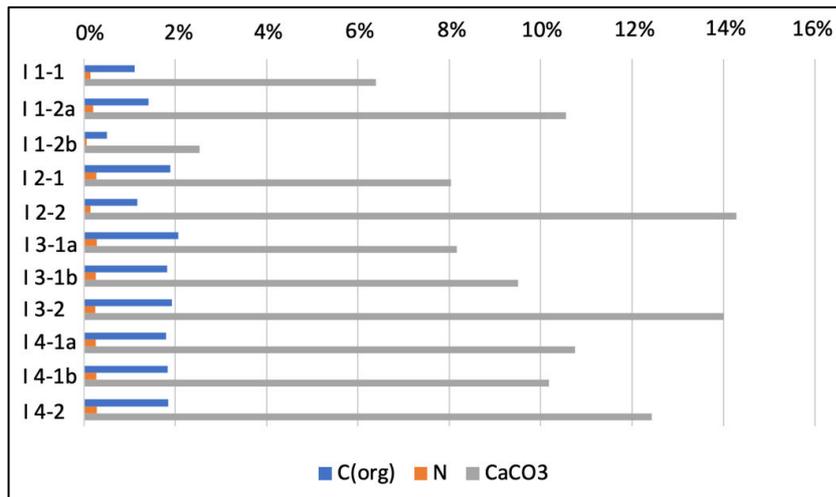


Abbildung 19: Gesamtverhältnis Nährstoffgehalte, eigene Darstellung.

5.2 Unterschiede zwischen den Standorten

Trotz weitreichender Übereinstimmungen der Bohrkerne hinsichtlich ihrer bodenmorphologischen Merkmale lassen sich standortspezifische Unterschiede feststellen. Trotz weitreichender Übereinstimmungen der Bohrkerne hinsichtlich ihrer bodenmorphologischen Merkmale lassen sich standortspezifische Unterschiede feststellen. Deutlich wird dies z.B. bei dem



Abbildung 20: Bohrstock Wurzel- und Pürckhauer-Bohrer Standort I 1, eigene Darstellung.

Korngrößenverhältnis. Standort I 1 zeigt eine signifikante Abweichung gegenüber den anderen Bohrstandorten. Bei diesem Standort wurde zusätzlich mit dem Wurzelbohrer gearbeitet, anhand dessen sich die sandige Körnung gut erkennen lässt (Abb. 20). Während bei den meisten Standorten der Sandanteil in den oberen Horizontproben etwa 50 % beträgt und mit zunehmender Tiefe zugunsten von Schluff- und Tonfraktion abnimmt, steigt der Sandanteil bei Standort I 1 massiv mit zunehmender Tiefe an und erreicht einen maximalen Prozentanteil von 86 % an der Gesamtkörnung. Eine weitere Besonderheit zeigt sich an Standort I 4, an dem der BvCv-Horizont nur sehr geringmächtig ausgeprägt ist. Dieser Bohrstandort liegt als einziger in Hanglage der Wiese, was die reduzierte Horizontmächtigkeit möglicherweise geomorphologisch bedingt. Des Weiteren weist Standort I 4 in I 4-1a einen erhöhten Carbonatgehalt von 10,75 % auf, im Vergleich liegen

die Werte bei Standort I 1 bei 6,39 % und bei Standort I 3 bei 8,16 %. Eine weitere Diskrepanz findet sich im Bohrkern der Bohrstelle I 3, welcher als einziger im Unterbodenhorizont BvCv₂ eine auffallend grobe, steinige Matrix mit einem Ziegelsteinelement aufweist. Grund für diese Unstimmigkeiten könnten anthropogene Überprägungen sein. Anthropogene Einflüsse können durch verschiedene Maßnahmen den Boden direkt oder indirekt verändern und damit bodenbildende Prozesse und Bodeneigenschaften beeinflussen. So kann beispielsweise der Einsatz schwerer Baustellengeräte insbesondere die Struktur und Schichtung des Oberbodens erheblich verändern. Daneben wird häufig das Bodenrelief durch Maßnahmen wie Geländemodellierung, das Beseitigen von Geländekanten oder den Bau von Erosionsschutzstrukturen beeinflusst. Darüber hinaus kann die Zugabe von Baustoffen, wie z.B. Sand, zur Veränderung der Bodenstruktur beitragen (vgl. BLUM/ SCHAD, 2024: 106). Wie in Abbildung 6 ersichtlich, wurden Teile der Oberflächenstruktur des Projektgebiets durch bauliche Maßnahmen, insbesondere im Bereich der südlich gelegenen Brücke und der angrenzenden Sitzgelegenheit modifiziert. Zwei langgestreckte, rinnenartige Vertiefungen im Gelände deuten zusätzlich auf unterirdische Eingriffe oder Drainagestrukturen hin, die eine anthropogene Umgestaltung des Bodens sowie Umschüttungsprozesse und Zugabe von anthropogenem Material nahelegen. Diesbezüglich lassen sich die extremen Sandanteile an Standort I 1, das Ziegelsteinelement an Standort I 3, der geringmächtige BvCv-Horizont sowie die inkompatiblen Carbonatwerte des Standorts I 4 der anthropogenen Beeinflussung zurechnen.

5.3 Bestimmung des Bodentyps

Vergleich mit den bestimmten Bodentypen

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (2020) klassifiziert die Böden im Umfeld des Projektgebiets in zwei unterschiedliche Bodentypen: Im Norden angrenzend befinden sich die „Pararendzinen und Rendzinen aus Kalk- oder Kalkmergelsteinschutt des Muschelkalks“, während sich südlich die „Braunerden und podsolige Braunerden aus Flugsand“ ausbildeten (Abb. 5). Weil jedoch ermittelt wurde, dass der Boden des Projektgebiets anthropogen aufgebracht wurde, werden die lokalen Profilanalysen mit diesen Bodentypen aus anthropogenem Material verglichen:

Pararendzinen und Rendzinen aus anthropogen aufgebrachtem Material

Die ermittelten Standortfaktoren zeigen, dass das Projektgebiet überwiegend im Bereich des Oberen Muschelkalks verortet ist. Daneben sind über diesem geologischen Ausgangsmaterial Pararendzinen, Rendzinen und Braunerden charakteristisch anzutreffende Bodentypen (vgl. KRAUSE, 2024: 23). Die Entstehung von Rendzinen wird durch chemische und physikalische Verwitterung sowie Humusanreicherung aus Tonmergel-, Kalkstein-, Dolomit-, oder Gips-Rohboden aus Festgestein begünstigt. In der Regel findet sich der Bodentyp in flachgründigen, trockenen Lagen auf festem Gestein (vgl. BLUM/SCHAD, 2024: 129). Im Rahmen der chemischen Verwitterung werden Carbonate und Sulfate im Boden in das Grundwasser ausgewaschen, wobei im Anschluss Silicate und Oxide freigesetzt werden und als Lösungsrückstand verbleiben. Diese nicht carbonatischen bzw. nicht sulfatischen Rückstände sind für gewöhnlich tonreich und enthalten im frischen Gestein 1-5 % CaCO_3 (vgl. AMELUNG ET AL. 2018: 408). Der Bodentyp Pararendzina bildet sich in trockenen Gefilden aus Löss, Geschiebemergel, carbonathaltigem Schotter, Sanden, Sandstein und Bauschutt durch Prozesse wie beispielsweise Humusakkumulation und Carbonatverarmung aus (vgl. AMELUNG ET AL. 2018: 409). Die Rendzinen und Pararendzinen werden der Klasse A/C-Böden zugeordnet, bei denen die Bodenbildung nicht wesentlich über die Entwicklung eines Ah-, Ax- oder Au-Horizonts hinausgeht. Rendzinen weisen in der Standard-Horizontfolge des Normsubtyps ein Ah oder Ax-Horizont auf, an dem ein cC oder C-Horizont anschließt. Der Ah-Horizont ist durch eine Humusanreicherung gekennzeichnet, während der Ax-Horizont durch eine hohe Aktivität der Bodenfauna und eine damit einhergehende Bioturbation geprägt ist (vgl. BLUM/SCHAD, 2024: 122 ff).

Braunerden und podsolige Braunerden aus anthropogen aufgebrachtem Material

Cambisole entstehen im gemäßigt-humiden Klima häufig aus Rankern, Regosolen oder Pararendzinen durch Silicatverwitterung, die Prozesse wie Verbraunung und Verlehmung hervorruft. Diese Prozesse treten demnach unterhalb des humushaltigen Oberbodens auf (vgl. AMELUNG ET AL. 2018: 411). Die Braunerde entsteht bevorzugt in Bereichen, in denen die Lössbedeckung ausläuft oder nicht mehr vorhanden ist. Sie ist generell auch in flachgründigen Substraten wie beispielsweise trockenen Hanglagen zu finden (vgl. EITEL/FAUST, 2013: 103). Die Braunerde ist der Bodenklasse mit Bv-Horizont zuzuordnen, die sich durch die Bildung von Tonmineralen und Fe- (Hydr) Oxiden, also der Verlehmung und

Verbraunung sowie einer Gefügebildung auszeichnet (vgl. BLUM/ SCHAD, 2024: 122 ff). Die Korngrößen der Braunerden umfassen Sand, Schluff und Lehm, sodass eine hohe Variabilität in Bezug auf die Gehalte an organischer Substanz und an Nährstoffen sowie die Struktur zu verzeichnen ist (vgl. AMELUNG ET AL., 2018: 411f). Die podsolige Braunerde weist im Vergleich zur Braunerde eine abwärts gerichtete Umlagerung gelöster organischer Stoffe zusammen mit komplex gebundenem Aluminium und Eisen auf, wobei die Verlagerung bei stark saurer Reaktion stattfindet (vgl. AMELUNG ET AL., 2018: 363).

Vergleicht man die eigene Bodenanalyse mit dem Bodentyp Rendzina, so zeigt sich, dass die Horizontabfolge Ah/BvCv/Cv dem A/C-Horizont der Rendzina gegenübersteht. Da sich dieser Bodentyp direkt durch Humusanreicherung auf Festgestein und einen carbonatarmen Lösungsrückstand kennzeichnet, lässt sich der Boden des Projektgebiets nicht dem Bodentyp Rendzina zuordnen. Abgesehen von der abweichenden Horizontabfolge ist der Projektboden aufgrund seiner hohen Carbonagehalte als carbonathaltiger Boden eingeteilt. Auch die Pararendzina ist aufgrund der gleichen Horizontabfolge A/C sowie der charakteristischen Carbonatverarmung nicht dem Projektgebiet zuzuteilen. Die Pararendzina bildet sich zudem in Lössgebiete aus, wobei die Korngröße des Lösses überwiegend zwischen 0,02 mm und 0,06 mm im Bereich des Grobschluffs variiert (vgl. MÜLLER, 1996: 69f). Wie bereits ermittelt, liegt im Boden des Projektgebiets der Schwerpunkt eher auf einem hohen Sandanteil. Während die Pararendzina und Rendzina sowohl physikalischen als auch chemischen Verwitterungsprozessen unterliegen, ist die Braunerde insbesondere durch die Bildung von Tonmineralen und Fe- (Hydr) Oxiden sowie der Gefügebildung gekennzeichnet. Weil die eigenständig erhobenen Bodenproben ebenfalls die Merkmale der Verlehmung und Verbraunung sowie der Gefügebildung aufweist, kann eine Zuordnung des Bodens zu dem Bodentyp der Braunerde als zutreffend erachtet werden. Da sich die podsolige Braunerde durch Prozesse kennzeichnet, die bei stark saurer Reaktion vonstattengehen und sich dagegen in den eigenen Proben pH-Werte der Kategorie >sehr schwach alkalisch< anschließen, ist der Boden des Projektgebietes nicht diesem Vergleichsbodentyp zuzuordnen. Aufgrund der Aufschüttungsmaßnahmen im Zuge der Bauarbeiten auf der Wiese und der starken Präsenz des Sandes in der Körnung kann man von einer Ausbildung der Braunerde aus diesem anthropogenen, sandhaltigen Material ausgehen. Aufgrund der

signifikanten Anzeichen einer tonigen Körnungsentwicklung sowie Verwitterungskennzeichen in den tieferliegenden Bodenbereichen kann in Betracht gezogen werden, dass der Bodentyp des Gebiets keine reine Braunerde ist, sondern sich auf einer weiteren Auflage auf dem Muschelkalk entwickelte. In dieses Schema fügt sich der Bodentyp Terra fusca ein, der sich durch sein tonreiches Substrat sowie die charakteristischen Lösungsrückstände der Kalk- und Dolomitsteinverwitterung äußert (vgl. BLUM/SCHAD, 2024: 130). Unter der Prämisse, dass der im Projektgebiet verortete Bodentyp eine sandige Braunerdeauflage auf Terra fusca darstellt, werden nachfolgend die eigenen Gelände- und Laborergebnisse diesem Bodentyp gegenübergestellt:

Vergleich mit dem Bodentyp Braunerde-Terra fusca

Zu Beginn des Vergleichs von den Bodenproben des Projektgebiets mit dem Bodentyp werden die ermittelten Standortfaktoren miteinbezogen. Das Projektgelände ist in der geologischen Einheit des Oberen Muschelkalks lokalisiert und weist eine in Form einer flachwelligen Hügellandschaft befindlichen Geomorphologie auf. Des Weiteren führten Verwitterungs- und Auswehungsprozesse zur Ausbildung von Löss- und Flugsandgebieten, in denen sich verschiedene Bodentypen entwickelten (vgl. KRAUSE, 2024: 17). Die klimatischen Gegebenheiten des Gebiets werden als >schwach humid< klassifiziert, wobei die Mainfränkischen Platten als Trockengebiet kategorisiert sind (vgl. MÜLLER, 1996: 32). Hydrologisch zeichnet sich die Stadt Würzburg durch die Verkarstung des Muschelkalks aus, was einen oberflächigen Abfluss des Wassers sowie dessen Ansammlung in Karstgrundwasserleitern zur Folge hat (vgl. MÜLLER, 1996: 35). Der Bodentyp Braunerde gliedert sich in die Standortfaktoren ein, da er sich auf flachgründigen, trockenen Standorten und aber auch generell an Hanglagen ausbildet. Über die Entstehung der Terra fusca lässt sich sagen, dass der Bodentyp generell in Mitteleuropa auf erosionsfernen, altpleistozäner bis tertiärer Landoberflächen mesozoischen Carbonatgesteins auftritt und mit der Zeit zunehmend erodiert (vgl. AMELUNG ET AL., 2018: 414). Aufgrund der geologischen Entwicklung der Region, in der sich die Terra fusca zu früheren Zeiten abgelagert haben könnte, hätte sich die Braunerde auf das im Anschluss aufgebrachte, anthropogene Material herausgebildet haben können. Unter dieser Annahme wäre eine Ausbildung des Bodentyps bezüglich der Standortfaktoren des Projektgebiets zutreffend.

Im Anschluss erfolgt der Vergleich der Horizontabfolgen. Gemäß der bodenkundlichen Kartieranleitung besteht der typische Braunerde-Terra fusca aus einem Ah-Horizont, an dem sich diffus ein Bv-Tv-Horizont und ein cC-Untergrundhorizont anschließt. Der Bv-Tv-Horizont weist dabei einen Tongehalt von 45-65 % auf und ist durch ein tonreiches, verwittertes Substrat gekennzeichnet (vgl. AD-HOC-AG, 2005: 225). Die Analyse der Bodenprofile der Projektwiese ergibt, dass in der Regel ein Ah-Horizont vorliegt, dessen Mächtigkeit zwischen 12 cm und 28 cm variiert. Daran schließt sich ein verbraunter und verlehmteter BvCv-Horizont an. Die in der Fachliteratur angegebenen Werte für den Tongehalt, die zwischen 45 % und 65 % liegen, werden durch eigenständig erhobenen Geländeproben mit Bodenarten ähnlichen Tongehalts bestätigt. Der darauffolgende Untergrundhorizont ist ein verwitterter Cv-Horizont. Die durch Verwitterung bedingte sekundäre Anreicherung von Calciumcarbonat erfolgt in der Regel direkt unterhalb der Entkalkungsgrenze, folglich unterhalb der Basis des B-Horizontes der Böden durch eine vorwiegend abwärts gerichtete Bodenwasserbewegung. Auch in den eigenen Bodenprofile der Bohrkerne sind in den unteren Bereichen sehr hohe Carbonatgehalte erkennbar (vgl. BLUM/ SCHAD, 2024: 122 f). Die für den Bv-Tv typischen Merkmale sind in den eigenen Proben nur geringfügig erkennbar. Daher kann auf eine Ausbildung der Braunerde auf einem Terra fusca-Rest geschlossen werden, der sich in altpleistozänen und tertiären Zeiten ausbildete.

Hinsichtlich des Vergleichs der Korngrößenverteilung lässt sich über den Bodentyp Braunerde-Terra fusca konstatieren, dass die Braunerde hauptsächlich durch den Sandanteil, die Terra fusca hauptsächlich durch den Tonanteil geprägt ist. Der Bv-Tv-Horizont weist einen Tongehalt von 45-65 % auf. Bei Vergleich mit der Analyse der eigenen Geländeproben konnte festgestellt werden, dass im Untergrundhorizont die Bodenarten T1 und Ts2 mit einem Tonanteil von 45 -<65 % vorhanden sind, was mit dem Bv-Tv-Horizont assoziiert werden kann (vgl. AD-HOC-AG, 2005: 147). Der Sandanteil von ca. 65 % in den oberen Horizonten indiziert eine sandige Körnung, die für eine anthropogene Überprägung mit Aufschüttungsmaterial spricht.

In Hinblick auf den Carbonatgehalt lässt sich aufgrund der hohen Werte der Laborergebnisse von 8-15 % und denen der Geländeproben von 2-50 % ableiten, dass es sich sowohl bei den Bodenproben als auch bei den Vergleichsböden um carbonathaltige Substrate handelt (vgl. BLUM/SCHAD, 2024: 209). Demzufolge ist die Ausbildung einer Terra

fusca auf kalkhaltigem Bodenausgangsgestein plausibel. Der HCl-Test der Geländeprouben ermöglichte die Messung von Carbonatgehalten zwischen 25 % und 50 % in den Geländewerten.

Betrachtet man die Farbgebung der Bodenproben, ist an der Bodenoberfläche eine dunkelbraune Farbe zu verzeichnen, die weiter unten eine diffuse Aufhellung und einen Gelbstich aufweist. Weiter unten geht die Farbe fließend in einen ockerfarbenen bis olivbraunen Farbton über. Dieser Farbverlauf ist auf einen spezifischen Bodentyp zurückzuführen, da die Farben mit unterschiedlichen bodenbildenden Prozessen in Einklang stehen. So zeichnet sich der dunkle Ah-Horizont durch Humusbildung aus, während der durch Verlehmung und Verbraunung gekennzeichnete BvCv-Horizont durch eine intensive Braunfärbung stilisiert ist (Abb. 17). Anschließend findet sich weiter unten in der Horizontabfolge im C-Horizont durch die Prozesse der Lösungsverwitterung eine Ausbleichung des Substrats wieder, weshalb diese Lösungsrückstände aus den früheren Verwitterungsprozessen durch eine hellbraune und ockerfarbene Farbgebung geprägt sind (vgl. LGBRWISSEN, 2024). Vergleicht man die im Projektgelände erfassten Farben mit den Literaturwerten, so lassen sich allgemeine Merkmale darüber aussagen. Braune oder schwarze Farbtöne im A-Horizont werden generell durch Huminstoffe hervorgerufen. Gelbe oder gelbbraune Farbtöne kennzeichnen in der Regel verschiedene Fe-Minerale. Der mit der Farbgebung korrelierende Verbraunungsprozess im Bv-Horizont geschieht unter Voraussetzung von eisenhaltigen Mineralen. Die ausgebleichten, hellbraun bis olivbraune Farben der Cv-Horizonte kennzeichnen ebenfalls die Präsenz verschiedener Fe-Minerale (vgl. AMELUNG ET AL., 2018: 335). Anhand des Vergleichs der Farben der Literaturwerte können somit die eigenen ermittelten Feststellungen über die Gelände- und Laborarbeiten unterstrichen werden.

Wie in den Labormethoden berichtet, sind CaCO_3 -reiche Böden in der Regel mit einem neutralen bis schwach alkalischen pH-Wert von pH 7,0 bis 8,2 verbunden (vgl. AMELUNG ET AL., 2018: 188). Bei den analysierten Laborproben wurde durchgängig ein Mittelwert zwischen pH 7 und 8 ermittelt und als >sehr schwach alkalisch< eingestuft, was folglich mit einem carbonatreichen Boden einhergeht. Der pH-Wert findet häufig Anwendung als Indikator für die aktuelle Verfügbarkeit spezifischer Ressourcen, da sowohl die Verwitterung als auch die Zersetzung im hohen Maße pH-abhängig sind. Niedrige, also saure pH-Werte korrelieren demnach mit einer reduzierten Stickstoffverfügbarkeit und

deuten auf einen Calcium-Mangel hin, während bei neutral bis alkalischen Werten auf eine höhere Nährstoffverfügbarkeit im Boden hingewiesen wird (vgl. BLUME/ STAHR/ LEINWEBER, 1998: 216).

Der organische Kohlenstoffanteil beläuft sich in Grünlandgebieten im obersten Mineralbodenhorizont auf Werte bei ca. 3 % (vgl. BLUM/ SCHAD, 2024: 52). Die Laborproben variieren zwischen 5 cm und 30 cm und weisen organische Kohlenstoffgehalte zwischen ca. 2 % und 0,5 % auf, wobei diese Anteile mit ansteigender Tiefe geringer werden. Da die vorhandenen Laborproben maximal Bohrungen in 30 cm Tiefe erfassen, konnten die in der Geländearbeit kartierten C-Horizonte nicht so genau wie die im Labor erfasst werden. Aus diesem Grund werden die eigenen Werte mit dem Bodentyp der Braunerde aus Sand verglichen. Der humose Oberboden Ah der Braunerde klassifiziert sich demnach durch einen Humusanteil von 1-30 %, in den sich die eigenen ermittelten Werte einordnen lassen (vgl. BLUME/ STAHR/ LEINWEBER, 1998: 33).

Der Stickstoffgehalt im A-Horizont von Mineralböden im gemäßigt-humiden Klima liegt laut Literatur zwischen 0,03 % und 0,3 % (vgl. BLUM/SCHAD, 2024: 209). Die analysierten Bodenproben weisen Werte zwischen 0,06 und 0,29 % auf und entsprechen damit weitgehend den Literaturwerten (vgl. AMELUNG ET AL. 2018: 522). Auf Grundlage der ermittelten Stickstoffgehalte lässt sich das C/N-Verhältnis berechnen, was als Parameter für die Abbaubarkeit von organischen Substanzen fungiert. Im Allgemeinen liegt dieses Verhältnis im Ah-Horizont meist zwischen

Probenr.	C/N-Verhältnis
I 1-1	13,41
I 1-2a	13,51
I 1-2b	14,31
I 2-1	10,58
I 2-2	18,78
I 3-1a	10,37
I 3-1b	11,44
I 3-2	13,40
I 4-1a	12,49
I 4-1b	11,31
I 4-2b	11,99

Tabelle 10: C/N-Verhältnis, eigene Darstellung.

10 und 15 (vgl. AMELUNG ET AL. 2018: 522). Das C/N-Verhältnis wurde mithilfe des TOC-Analysators bestimmt und liegt in allen untersuchten Laborproben zwischen 10,01 und 18,96 (Tab. 10). Die ermittelten Nährstoffgehalte stimmen somit im Wesentlichen mit den Literaturwerten überein. Typisch für den A-Horizont der Braunerde ist ein weites C/N-Verhältnis, da dieses auf einen höheren Kohlenstoffanteil hinweist. Im Gegensatz dazu deutet ein enges Verhältnis auf höhere Stickstoffgehalte und somit auf nährstoffärmere Böden mit geringem Zersetzungsgrad hin (vgl. AMELUNG ET AL. 2018: 77). Bezüglich des Bodentyps Braunerde-Terra fusca können die Stickstoffgehalte je nach Stärke der endogenen und exogenen Einwirkungen variieren (vgl. AMELUNG ET AL. 2018: 522).

5.4 Fazit

Die bodenkundlichen Untersuchungen der fünf Bohrstandorte auf dem Gelände der „Grünen Lerninsel“ zeigen trotz einzelnen Differenzen eine Reihe standortübergreifender Gemeinsamkeiten. Charakteristisch ist die Horizontabfolge Ah/BvCv/Cv, wobei typische Prozesse wie Humusanreicherung, Verlehmung und Verbraunung, sowie zunehmende Ton- und Carbonatgehalte mit der Tiefe auftreten. Dabei dominiert im Oberbodenhorizont der Sandanteil, während tiefergehend tonige und schluffige Substrate sowie Kalkfragmente überwiegen. Trotz der gemeinsamen Merkmale weisen einzelne Standorte signifikante Abweichungen wie z.B. in der Korngrößenverteilung oder auch der Horizontmächtigkeit auf, was unter anderem auf geomorphologische Faktoren und anthropogene Eingriffe zurückgeführt werden kann. Die Methodik zeigt, dass eine eindeutige Zuordnung zu den vergleichenden Bodentypen wie Rendzina und Pararendzina aufgrund der spezifischen Horizontabfolge und der hohen Carbonatgehalte nicht möglich ist. Vielmehr weisen die Profile deutliche Merkmale einer Braunerde aus anthropogen aufgebrachtem Material auf, die auf einer tonreichen Terra fusca-Restfläche aufgelagert ist. Diese Interpretation wird durch die gemessenen Tongehalte sowie den hohen Carbonatgehalten und den damit zusammenhängenden C-, N-, und pH-Werten gestützt. Die Ergebnisse sprechen somit für eine komplexe Bodengenese im Projektgebiet, die durch das Zusammenspiel von geologischem Ausgangssubstrat, pedogenetischen Prozessen sowie anthropogener Überprägung bestimmt ist. Für ein detaillierteres Bild von den Horizontmächtigkeiten und -verhältnissen im Boden würde eine flächige Analyse mit weiteren Bohrstellen weiterhelfen. Hier ist außerdem der Gedanke aufzugreifen, dass für die Analyse des Bodens als Pflanzenstandort zusätzlich den Wassergehalt der Proben ermittelt werden könnten.

6. Projektumsetzung

6.1 Organisation

Ein so umfangreiches Projekt wie die „Grüne Lerninsel“ bedarf einer kompetenten Organisation, Planung und Umsetzung, weshalb im Folgenden die wichtigsten Beteiligten aufgeführt werden. Das Projekt wurde von der Alumni-Beauftragten der „Uni Wü Community“ Michaela Thiel (vgl. UNI WÜRZBURG COMMUNITY, 2025) initiiert und in Kooperation mit den Projekten „WueLAB“, „EFRE MainPRO“ und „RekliNEU“ umgesetzt. Das „WueLAB“, das Nachhaltigkeitslabor der Universität Würzburg, verfolgt das Ziel, eine Kultur

der Nachhaltigkeit an der Universität Würzburg und darüber hinaus zu etablieren. Für das Projekt waren vom „WueLAB“ die Geschäftsführerin Frau Dr. Nicole Oswald und Anne Boenisch als Ansprechpartnerinnen zuständig, deren Tätigkeitsschwerpunkte in der Administration von „RekliNEU“, im Marketing und in der Öffentlichkeitsarbeit liegen (vgl. WUELAB, 2025). Ebenfalls an der „Grünen Lerninsel“ beteiligt war das Verbundprojekt „RekliNEU“, welches an das Nachhaltigkeitslabor „WueLAB“ angliedert und von dessen Strukturen profitiert. Der Forschungsverband setzt sich aus der Universität Würzburg, der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt und der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf zusammen und widmet sich dem Thema „Regionale Wege zu klimaneutralen Hochschulen“. Am Lerninsel-Projekt war unter anderem Frau Prof. Dr. Michaela Fenske beteiligt, die zur Leitung von „RekliNEU“ gehört und darüber hinaus für die sozialen und ökologischen Dimensionen der Campusgestaltung verantwortlich ist. Daneben ist Frau Dr. Sandra Eckardt als wissenschaftliche Mitarbeiterin tätig und beteiligt sich an den sogenannten Transformationsexperimenten. Ebenso integriert in das Projekt war die Jun.-Prof. Julia Meister, die die stellvertretende Leitung des „Senkenpotential Wald“ innehat. Weitere namentlich erwähnenswerte Personen sind Frau Dr. Nicola Oswald, die die Projektkoordination und die stellvertretende Leitung der Transformationsexperimente übernimmt sowie Frau Prof. Dr. Birgit Terhorst, welche die Leitung des „Senkenpotential Wald“ darstellt (vgl. REKLINEU, 2025). Das Forschungsprojekt „EFRE MainPro“ wird durch das EFRE-Programm 2021-2027 des Freistaats Bayern gefördert und ist eine Kooperation mit dem Geographischen Institut der Universität Würzburg. Ziel des Projekts ist es, durch nachhaltige Anpassungsstrategien ein grüneres, CO₂-ärmeres Europa zu realisieren. Das Projekt der „Grünen Lerninsel“ wurde durch eine Reihe von Mitarbeitenden von „Mainpro“ und gleichzeitig den einzelnen Teilprojekten Fernerkundung, Sozialgeographie, Biodiversität und Ökosystembasierte Lösungen des Geographischen Instituts unterstützt. Im Rahmen des Teilprojekts Fernerkundung war Frau Dr. Martina Wilde für die Luftbilddaufnahmen des Projektgebiets zuständig. Die Projektleitung obliegt Frau Prof. Dr. Birgit Terhorst, die gleichzeitig auch die wichtigste Ansprechpartnerin bei „Mainpro“ ist. Des Weiteren ist auch Frau Barbara Dorsch am „EFRE MainPro-Projekt“ involviert (vgl. EFRE MAINPRO, 2025).

Neben den beteiligten Mitarbeitern und Projekten waren weitere relevante, externe Ansprechpartner und Unternehmen integriert. In diesem Zusammenhang ist etwa die

Presse „Mainecho“ zu nennen, die bereits einen Artikel über die Lerninsel publizierte. Daneben war Frau Sandra Eckardt mit der Erstellung einer Dokumentation über die Entwicklung und den Werdegang des Projekts verantwortlich. Darüber hinaus war es erforderlich, mit dem Staatlichen Bauamt hinsichtlich der neuen Bau- und Pflanzmaßnahmen zu kommunizieren, wobei Herr Michael Kürschner als zuständige Ansprechperson fungierte. Daneben wurde die Ausführung der Baumbepflanzung durch die Firma „Würzburger Pflasterbau GmbH“ in Absprache mit Herrn Wolfgang Mader realisiert. Für die Bauplanung sowie allgemein für die Koordination umfangreicher Baumaßnahmen auf dem Universitätsgelände zuständige Person ist Frau Yvonne Vierheilig. Die Auswahl einer Baumschule, die die speziellen Baumarten zur bevorzugten Zeit im Dezember liefern kann, war essenziell für die Bestellung der Bäume. Aufgrund der positiven Erfahrungen mit der Baumschule Hornung aus Fellen bei früheren Pflanzprojekten im Uni-Wald der Universität Würzburg wurde auch für diese Projekt die genannte Baumschule als Kooperationspartner für die Kooperation präferiert.

Nach der Baumlieferung wurde die Firma „Garten und Landschaftsbau Markus Bott“ mit der Pflanzung der Bäume beauftragt. Hinsichtlich des zeitlichen Managements des Projekts ist zu konstatieren, dass dieses 2024 initiiert wurde. Im November 2024 erfolgte die Festlegung der Pflanzstellen durch Frau Terhorst, Herrn Kürschner und Herrn Mader. In Absprache mit der Firma Bott konnten die Bäume am 09.12.2024 eingepflanzt werden. Für das Jahr 2025 ist die Pflanzung eines Unterwuchses um ausgewählte Bäume sowie die Pflege der Bäume durch eine professionelle Firma vorgesehen. Bezüglich des Ressourcenmanagement des Projekts lässt sich sagen, dass die finanziellen Mittel durch die Fördergelder des „EFRE MainPRO“ bereitgestellt wurden.

6.2 Baumauswahl und -standorte

Die Standortfaktoren beeinflussen das Projektgebiet als Pflanzenstandort vor allem durch die klimatischen und pedogenen Merkmale. Das Klima in Würzburg zeichnet sich im Sommer durch langanhaltende Trockenperioden sowie im Winter Trockenheit, Abkühlung und Kälteperioden aus (vgl. MÜLLER, 1996: 28). Im Allgemeinen verzeichnet der Standort durch seine Neigung extrem hohe Einstrahlungswerte und fehlende Beschattung, was den Boden zusätzlich austrocknet. Weil für die wissenschaftliche Analyse der Arbeit der Boden methodisch näher erfasst wurde, wird dieser als Pflanzenstandort näher untersucht. Im

Allgemeinen können sich durch den Boden die Pflanzen als Wurzelraum verankern sowie dadurch eine Nährstoff-, Sauerstoff-, Wasser und Wärmeversorgung erlangen (vgl. BLUME, 2004: 93). Während sich die Nährstoffgehalte der eigenen Gelände- und Laborproben den Vergleichswerten der Fachliteratur bis auf die etwas niedrige Einstufung des groben Gehalts an organischem Kohlenstoff gut anpassen, ist die Braunerde aus Sand im Allgemeinen durch eine eher arme Bodenbildung gekennzeichnet (vgl. MÜLLER, 1996: 70). Bezüglich der hydraulischen Leitfähigkeit kann der Boden des Projektgebiets mit einem ähnlichen Profil aus Braunerde mit Terra fusca-Rest auf Muschelkalk in einem Profilbereich von ca. 0-60 cm verglichen werden. Dieser weist am A-Horizont eine >hohe< hydraulische Leitfähigkeit auf, während der Wert in den B-Horizonten bis zu >gering< und teils >sehr gering< abfällt (vgl. KRAUSE, 2024: 93). Besonders sehr sandige Bodenarten und geringe Lagerungsdichten haben eine hohe hydraulische Leitfähigkeit zur Folge. Dadurch gelangt der potenzielle Niederschlag schnell in den Boden und kann zügig in größere Tiefen vordringen. Bei vorliegender Hangneigung wird dem entgegengesetzt und vermehrt Oberflächenabfluss und Erosion provoziert (vgl. KRAUSE, 2024: 173). Sande und Tone weisen daneben ein Porenvolumen von ca. 46 % bei dem Sand und 50 % bei dem Ton auf, was für eine gute Wasserspeicherkapazität spricht (vgl. AMELUNG ET AL., 2018: 299).

Die für das Projekt der „Grünen Lerninsel“ bevorzugten Baumarten sind an den Versuchsbaumarten des „Stadtgrün 2021“ Projekts der LWG und der „GALK-Straßenbaumtest“ orientiert, die bereits seit mehreren Jahren durch z.B. Straßenbaumtests Daten über die Zukunftstauglichkeit an den vorherrschenden Bedingungen ermitteln. Für die finale Auswahl der Bäume wurde zunächst eine umfangreiche Auswahl aus der Vorlage der Klimabäume der LWG getroffen und der Baumschule Hornung zur Disposition gestellt. Aus dieser Auswahl wurde seitens der Baumschule ein Angebot mit lieferbaren Bäumen in unterschiedlichen Größen erstellt, aus der wiederum die finalen zehn Bäume herausgesucht wurden (Tab. 11).

Pos.:	Baumart:	Qualitätsbeschreibung (DIN 18916):
1	Acer campestre (Feld-Ahorn)	- Heister (junger Baum, der noch keinen Stamm ausgebildet hat) - Container 7,5 l - 175-200cm Höhe
2	Alnus glutinosa (Rot-Erle)	- Heister - Container 7,5l - 125-150cm Höhe
3	Cornus mas (Kornelkirsche)	- Solitärpflanze (dominiert, steht einzeln) - Container 15l - 100-125cm Höhe
4	Elaeagnus angustifolia (Schmalblättrige Ölweide)	- Solitärgehölz - Container 20l - 125-150cm Höhe
5	Ostrya carpinifolia (Hopfenbuche ostasiat. Strauch)	- Heister - Container 7,5l - 100-125cm Höhe
6	Sorbus aria (Echte Mehlbeere)	- Container 2l - 50-80cm Höhe
7	Fraxinus pennsylvanica 'Summit' (Rot-Esche)	- Hochstamm, dreimal verpflanzt - Mit Drahtballen - 12-14cm (Stammumfang auf 1m Höhe gemessen)
8	Tilia mongolica (Mongolische Linde)	- Hochstamm, dreimal verpflanzt - Mit Drahtballen - 10-12cm Stammumfang
9	Acer monspessulanum (Dreilappen-Ahorn- Franz. Burgenahorn)	- Hochstamm, viermal verpflanzt - 14-16cm Stammumfang
10	Sorbus domestica (Speierling)	- Heister - Container 7,5l - 175-200cm Höhe

Tabelle 11: Baumauswahl Projektgebiet und Qualitätsbeschreibung.

Die vorliegende Qualitätsbeschreibung (Tab. 11) zeigt signifikante Altersunterschiede der Bäume sowie unterschiedlich intensive Pflegeerfahrungen, was zu einer beträchtlichen Preisspanne von 5,14 € bis 475,00 € führt (vgl. BAUMSCHULE HUBEN, 2025). Ältere Bäume aus der Bestellung, wie z.B. der *Acer monspessulanum*, sind zur qualitativen Fortentwicklung mehrfach verpflanzt. Im Rahmen des Produktionsprozesses und dem mehrfachen Verpflanzen kann sich der Baum alle wichtigen Eigenschaften und Fähigkeiten aneignen, die er für seine spätere Verwendung am Endstandort benötigt. Prioritär sind dabei der Ausbau der Wurzelverzweigung sowie der Vermeidung von Wurzelverlust (vgl. BUND DEUTSCHER BAUMSCHULEN E.V., 2025: 1).

Die Anordnung der einzelnen Baumarten zu den einzelnen Standorten erfolgt erst nach Ermittlung der geeigneten Standorte. Dies ist von erheblicher Relevanz, da im Projektgebiet mehrere unterirdische Versorgungsleitungen verlaufen, deren Gefährdung durch das Wurzelwachstum auch langfristig nicht auszuschließen ist. Die Auswahl der Standorte sowie die Berücksichtigung der bestehenden Infrastruktur wurden durch Herrn Michael Kürschner vom Staatlichen Bauamt Würzburg vorgenommen, wobei die vorliegenden Baupläne als Grundlage dienten. Die aktuelle Anordnung der Pflanzstandorte auf der Wiese zeigt fünf Felder im Baufeld östlich der Sitzgruppe und fünf weitere nördlich des Fußgängerweges um eine Regenwassermulde (Abb. 21).

Im Anschluss erfolgt die Zuteilung der Baumarten zu den einzelnen Standorten (Abb. 21). Gemäß der Methodik wurden die bodentechnischen Gegebenheiten im Projektgebiet als flächig in etwa identisch ermittelt. Der Fokus liegt auf eine langfristig betrachtet ästhetisch ansprechende Komposition der Bäume. Die Ermittlung der zukünftigen Endhöhen der einzelnen Bäume ist dabei von entscheidender Bedeutung, während die finale Breite der Bäume eine untergeordnete Rolle spielt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass standardgemäß zwischen den einzelnen Standorten eine Breite von ca. 10-15 m eingeplant ist. Die Anordnung der Bäume erfolgte unter Berücksichtigung der menschlichen Präsenz vor Ort sowie der daraus resultierenden visuellen Ausrichtung. Aufgrund der hohen Anzahl an Menschen, die westlich des Projektgebiets auf dem Vorplatz und in der Mensateria selbst verweilen, erfolgte die Ausrichtung der Bäume von dort aus (Abb. 1). Die Bäume mit den potenziell größten Wuchshöhen von ca. 15-30 m wurden deshalb im hinteren Bereich von der Mensateria aus Gesehen angeordnet. Die Bäume, deren Endhöhe ca. 10-15 m ist, sind im mittleren Bereich angeordnet, während die Sträucher und kleinen Bäume, die eine Höhe von ca. 5-10 m erreichen, im Vordergrund angeordnet sind (Abb. 21).

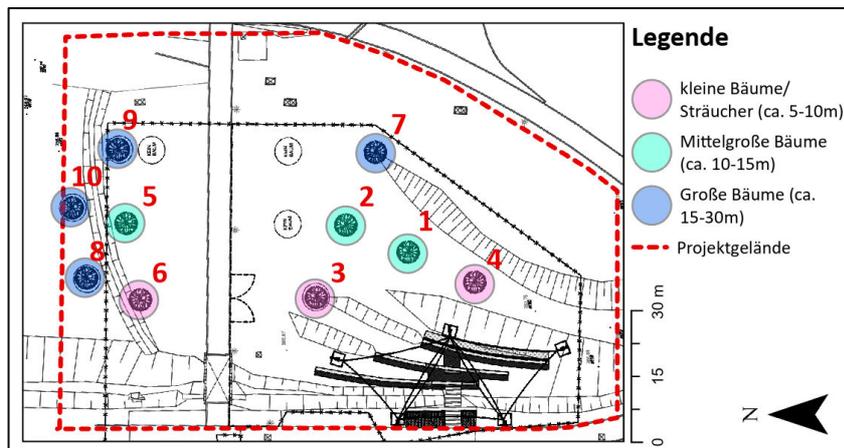


Abbildung 21: Baumstandorte auf der Projektwiese mit Höheneinteilung der Bäume, eigene Darstellung.

Um sich einen genaueren Überblick über die ausgewählten Projektbäumen zu verschaffen, werden im Folgenden drei Bäume mit unterschiedlichem Höhenwachstum näher dargestellt:

Acer monspessulanum

Der Französische Ahorn hat seinen Ursprung im mittel-/südeuropäischen und kleinasiatischen Raum (Abb. 22). Im Mitteleuropäischen Bereich liegt die Klimazone der Mittelbreiten mit einer Jahresdurchschnittstemperatur zwischen 0 °C und 12 °C, wohingegen in Südeuropa und Kleinasien subtropisches Klima mit einer Jahresmittel der Temperatur zwischen 12 °C und 24 °C herrscht (vgl. WESTERMANN, 2015: 244). Die Baumart erreicht eine Wuchshöhe von 5-8 m sowie eine Breite von 4-7 m, wobei die Wuchsform breit eiförmig ist und in eine rundliche Krone mündet (vgl. LWG, 2023). Die ausgewachsene Baumkrone weist eine mittlere Lichtdurchlässigkeit und einen starken bis mittelstarken Lichtbedarf auf, weshalb sie zu viel Schattendruck nicht verträgt und dadurch frühzeitig Vergreisung entstehen kann (vgl. GALK E.V., 2025). Der Französische Ahorn blüht im Mai in gelbgrünen Farben und stellt für Bienen und andere Insekten eine attraktive Nahrungsquelle dar. Die Baumart weist im Allgemeinen eine geringe Anspruchshaltung, jedoch eine Präferenz für kalkhaltige Substrate auf. Hinsichtlich der Präferenz von sonnigem Standort ist die Baumart wärmeliebend und kann sich daher auch an trockenen Standorten gut entwickeln. Daneben ist die Baumart unerwartet beständig gegen Frost. Bezüglich der Praxisanwendung kann gesagt werden, dass für eine wüchsige Kronenausbildung ein zwei- bis dreijährig getakteter Schnitt zu empfehlen ist (vgl. LWG, 2023). Die LWG führt in regelmäßigen Abständen Bonituren an ihren Projektbäumen durch. In Bezug auf die Winterhärte wird demnach der *Acer monspessulanum* als sehr geeignet eingestuft (vgl. LWG, 2018: 13). Im Rahmen der Vitalitätsbonitur wurde eine Trockenverfärbung der Blätter sowie eine leichte Blattrandnekrose festgestellt, was auf einen Wassermangel hindeutet. Die Kronenvitalität des Französischen Ahorns ist als gut zu bewerten, was mit einem Laubverlust von 11-20 % gleichgestellt wird (vgl. LWG, 2018: 23).



Abbildung 22: *Acer monspessulanum* im Projektgebiet Hubland-Nord, eigene Darstellung.

Ostrya Carpinifolia

Die Hopfenbuche ist Südeuropa und Kleinasien heimisch und erreicht eine Gesamthöhe von 10-15 m sowie eine Breite von 8-12 m. Wie auch der Französische Ahorn kommt die Hopfenbuche damit aus der subtropischen Klimazone (vgl. WESTERMANN, 2015: 244). Charakteristisch ist eine anfänglich kegelförmige und später eirunde, breite Wuchsform der Baumkrone (vgl. LWG, 2023). Die Krone der Hopfenbuche zeichnet sich durch eine mittelstarke Lichtdurchlässigkeit aus, während der Baum selbst einen sonnigen bis mittelsonnigen Standort benötigt (vgl. GALK E.V., 2025). Der Baum blüht bereits im April und gilt aufgrund seiner gelbgrünen, hopfenähnlichen Blüten als besonders dekorativ. Die Buche ist eine nahe Verwandte der Hainbuche und weist wegen ihres Naturstandorts in Südosteuropa eine hohe Hitze- und Trockenheitsverträglichkeit z.B. an sonnigen Berghängen und lichten Wäldern auf. Obwohl die Baumart beim Anwachsen eine Anlaufzeit benötigt, führen weder Hitze noch starke Fruktifikation, also dem Fruchtbehang, zu Wachstumseinbußen (vgl. LWG, 2023). Anhand der Frostbonituren der LWG lässt sich der *Ostrya Carpinifolia* als geeignet einstufen (vgl. LWG, 2018: 13). Die Vitalitätsbonitur umfasst zusätzliche Angaben zur Resilienz gegenüber Trockenstress und der Kronenvitalität. In Bezug auf den Trockenstress erreicht der Baum eine nahezu optimale Bewertung, wobei vereinzelt Anzeichen von Wassermangel zu verzeichnen sind. Die Kronenvitalität wird ebenfalls als nahezu sehr gut bewertet und zeigt einen Laubverlust im Rahmen von 0-20 % auf (vgl. LWG, 2018: 35).

Fraxinus Pennsilvanica 'Summit'

Die Rot-Esche hat ihren Ursprung im nordamerikanischen Raum, in dem die Klimazonen der Mittelbreiten und Subtropen vorherrschen (vgl. WESTERMANN, 2015: 244). Sie erreicht eine Wuchshöhe von 14-16 m und weist eine Breite von 5-7 m auf. Die Wuchsform der Baumkrone verläuft zu Beginn oval und später rundlich. Die Krone zeichnet sich durch eine starke Lichtdurchlässigkeit aus und bevorzugt einen mittelsonnigen bis sonnigen Standort (vgl. GALK E.V., 2025). Die Blütezeit der Rot-Esche ist im April und hat eine hohe Anziehungskraft von Insekten. Die Rot-Esche zeichnet sich durch ihre besondere, gelb bis gelbviolette Herbstfärbung aus und ist weitgehend resistent gegen das Phänomen des Eschtriebsterbens. Jedoch ist bei der Rot-Esche die Ausbildung einer Zweitkrone zu berücksichtigen, da die Baumart ein dichotomes Wachstum aufweist (vgl. LWG, 2023). Im

Rahmen der Bonituren der LWG wurde zudem die Frosthärte sowie die Kronenvitalität und Trockenheitsverträglichkeit der Rot-Esche überprüft. Hinsichtlich der Frosthärte ist der Baum als sehr geeignet eingestuft (vgl. LWG, 2018: 13). Bezüglich des Trockenstress weist der Baum geringe Trockenverfärbungen der Blätter sowie leichte Blattrandnekrosen auf. Daneben hat der Baum eine gute Kronenvitalität mit 11-20 % Laubverlust (vgl. LWG, 2018: 29).

Hinsichtlich der Verträglichkeit von Trockenheit und Frost zeichnen sich die drei Vergleichsbaumarten durch gute bis sehr gute Werte aus. Die Trockenheitsverträglichkeit kann in Bezug auf die Kühlleistung der Bäume mit einer Forschungsarbeit über die Rolle von an die klimatischen Gegebenheiten angepassten Arten- und Sortenwahl von Straßenbäumen als Vergleich herangezogen werden. In dieser Studie wurden am Standort München sechs verschiedene Gehölze aus den Versuchsbaumarten der LWG und Galk aus trockenen klimatischen Gebieten ausgewählt und gepflanzt, darunter auch die im Projektgebiet befindlichen Baumarten *Acer campestre* und *Ostrya carpinifolia* (vgl. MYRTIÁ FANÍ STRATÓPOULOS-LE CHALONY, 2020: 39 ff). Gemäß der Forschungsstudie gehen zumeist geringere Kühlleistungen der Gehölze mit einer hohen Trockenheitsverträglichkeit einher. Trotzdem ist die Auswahl von trockenheitsangepassten Arten im Endergebnis nachhaltiger, weil Bäume, die an eine hohe Wasserversorgung gewöhnt sind, durch Trockenheit ebenfalls starke Vitalitätsverluste erleiden. Diese Schäden wirken sich ganzheitlich betrachtet negativer als eine geringe Kühlleistung auf die Bäume auf (vgl. MYRTIÁ FANÍ STRATÓPOULOS-LE CHALONY, 2020: 151).

6.3 Begleitende Maßnahmen

Unterwuchs

Neben dem Pflanzen der Bäume sind weitere Begleitmaßnahmen geplant, die der Unterstützung und Entlastung der Bäume dienen. Zunächst erfolgt die Anlage eines Unterwuchses für diejenigen Bäume, die eine mittelhohe oder hohe Wuchshöhe erreichen (Abb. 21). Die kleineren, strauchähnlichen Bäume benötigen aufgrund ihres Bewuchses, der bereits unten am Stamm beginnt, keine Unterpflanzung. Die Bepflanzung der Baumscheiben dient primär dem Schutz des Bodens um den Baum vor direkter Sonneneinstrahlung und somit auch vor Verdunstung. Vor allem in den ersten Jahren, in

denen sich die Wurzeln der Bäume noch nicht stark ausgebreitet haben, ist es ausschlaggebend, für eine ausreichende Feuchtigkeit der Wurzelumgebung zu sorgen. Dies trägt insbesondere im Sommer dazu bei, die Bäume für Trockenperioden und Hitzeereignisse zu stärken (vgl. BUND NATURSCHUTZ, 2025). Damit die Bäume das Wurzelwerk optimal entfalten können, ist es von Bedeutung, ausreichend große Pflanzgruben auszuheben. Die Pflanzung eines Unterwuchses führt zur Auflockerung des Bodens durch dessen Wurzelwerk. Dies gewährleistet eine gute Durchlüftung des Bodens und minimiert das Risiko einer Erstickungsgefahr der Baumwurzeln. Überdies ist der Boden in der Lage, auch unter trockenen und heißen Bedingungen eine höhere Wasseraufnahmekapazität aufzuweisen. Das ist vor allem in Dürreperioden von Vorteil, da der Boden kein Wasser mehr speichern kann und der Grundwasserspiegel absinkt, wodurch Jungbäume und Flachwurzler nicht mehr an genügend Wasser gelangen können (vgl. MÜLLER-INKMANN, 2015: 9). Ein weiterer Vorteil der Unterpflanzung ist die Anziehung von Insekten, die auch die Bestäubung der Bäume und generell die Artenvielfalt fördern (vgl. BUND NATURSCHUTZ, 2025). Bei der Auswahl eines adäquaten Unterwuchses sind mehrere Faktoren zu berücksichtigen: Einerseits bieten die Bäume im jungen Alter durch ihre geringe Breite und Höhe nur wenig Schatten, andererseits unterliegen die Bäume einem kontinuierlichen Wachstumsprozess, sodass der sonnige Unterwuchsstandort nach einigen Jahren zu einem vollschattigen bis halbschattigen Standort wird. Zusätzlich dazu ist der Boden des Projektgebietes generell als eher nährstoffarm zu bezeichnen, wobei der Boden unter Bäumen durch deren Nährstoffaufnahme noch weniger Nährstoffe führt. Daher sollte der Unterwuchs robust, pflegeleicht und für die Gegebenheit eines nährstoffarmen Bodens geeignet sein. Als dritter Faktor ist der Wurzelraum von Unterwuchs und Baum zu beachten. So bieten sich bei flachwurzelnenden Bäumen, wie z.B. Fichten, eher Bodendecker oder Flachwurzler als Unterwuchs an, die mit Wurzelkonkurrenz gut zurechtkommen. Aus ästhetischer Perspektive ist bei als Solitär gepflanzten Bäumen von Bedeutung, die Wuchshöhe des Unterwuchses zu planen, um eine Verdeckung des Baumes zu verhindern (vgl. NATURA DB, 2025). Zum Zeitpunkt der Baumunterpflanzung lässt sich abschließend sagen, dass der optimale Zeitraum ab Ende Juli liegt. Zu diesem Zeitpunkt haben die Bäume ihre Wachstumsphase fast abgeschlossen und entziehen dem Boden nur noch eine geringe Menge an Wasser. Für den Unterwuchs ist die Zeit bis zum Winteranfang ausreichend, um

ein starkes Wachstum zu erzielen und sich für den Konkurrenzkampf im Frühjahr zu wappnen (vgl. SIEMENS, 2024).

Substrat

Grundsätzlich benötigen höhere Pflanzen für ihr Wachstum 13 mineralische Nährstoffe in unterschiedlichen Mengen. Obwohl diese zwar in vielen Böden in unterschiedlichen Bindungsgraden großflächig vorhanden sind, ist in der Regel nur ein geringer Anteil pflanzenverfügbar. Jede Bodennutzung entzieht dem Boden größere Nährstoffmengen, die ohne Zufuhr von Substraten oder Düngemitteln rasch verarmen könnten. Die Art der Substratergänzung bezieht sich dabei einerseits auf die etwas niedrig ausfallenden Werte an organischem Kohlenstoff, andererseits auf die Trockenheit am Standort und der damit verbundenen Wasserspeicherkapazität des Bodens (vgl. BLUME, 2004: 265). Um den Kohlenstoffgehalt im Boden anzuheben, wurde das Schwarzerde-Kultursubstrat Terra Preta den Pflanzgruben beigefügt. Der Bodentyp Terra Preta zählt zur Klasse der Anthrosole und bezeichnet einen fruchtbaren, tiefschwarzen Boden im Amazonasgebiet, welcher durch jahrhundertelange Bewirtschaftung entstand. Der Boden wurde mit einem kompostierten oder fermentierten Gemisch angereichert, der aus Pflanzresten, Dung, menschlichen Fäkalien und Kohle aus Herdstellen bestand. Im Handel streben gegenwärtige Anbieter der Terra Preta dem originalen Vorbild zu und verändern die Böden gezielt hinsichtlich der Verbesserung der Fruchtbarkeit und des Humusaufbaus (vgl. BLUM/ SCHAD, 2024: 170). Dies bewirkt die poröse Struktur des Substrats, die die Ansiedelung von Mikroorganismen begünstigt und die Speicherung von Wasser und Nährstoffe ermöglicht (vgl. MARR, 2025). Bezüglich der Menge in der Anwendung ist eine Obergrenze von 5 kg für größere Pflanzgruben und eine Untergrenze von 1 kg für kleineren Pflanzgruben angegeben (Abb. 21).

Der Bodentyp Braunerde auf Terra fusca-Rest ist allgemein ein guter Wasserspeicher. Weil durch die extreme Sonneneinstrahlung und dem trockenen Klima schnell Wassermangel vorherrschen kann, gilt es die Wasserspeicherkapazität zu optimieren. Deshalb soll durch die Substratbeigabe von Montmorillonit in die Baugruben die Wasserspeicherkapazität des Bodens gesteigert werden. Bei dem Substrat handelt es sich um ein Tonmineral, das sich durch seine geringe Körnung $<2 \mu\text{m}$ seinen Böden Plastizität, Quellfähigkeit, und das Vermögen, Ionen und Moleküle zu sorbieren, auszeichnet (vgl. AMELUNG ET AL., 2018: 20). In

der Anwendung definiert sich das Tonmineral durch eine hohe Kationenaustauschkapazität, die Förderung der Bodenstruktur und Fruchtbarkeit, die Vorbeugung von Spurennährstoff-Mangel, die Zulässigkeit für den kontrollierten biologischen Anbau sowie die Aufwertung von sandigen Böden aus (vgl. GRUNDSTOFF, 2025). Die Dosierung des quellfähigen Tonminerals sollte ca. 0,15-1 kg betragen, wobei die Menge an die Größe der Pflanzgruben angepasst wird.

Weitere Maßnahmen

Um die Bedingungen für die Bäume auf dem Projektgebiet zu optimieren, ist neben der Unterpflanzung und Substratbeigabe die Installation von Klimastationen vorgesehen. Die Stadtklima-Stationen dienen der Überwachung und Analyse des Mikroklimas und tragen zur Bestimmung des Baumbefindens bei. Die Messgeräte werden von Mitarbeitern der Arbeitsgruppe „Bodenkunde und physische Geographie“ des geographischen Instituts an ausgewählten Bäumen eingerichtet. Hinzu kommt ein Blühstreifen zur Förderung der Biodiversität, auf dem Projektgebiet geplant ist. Die Bäume werden in Zukunft regelmäßige Pflege benötigen, wegen z.B. des dichotomen Wachstums der Rot-Esche oder einer optimalen Kronenausbildung des Französischen Ahorns. Deshalb werden die Bäume von einer Firma ein Jahr lang professionell betreut. Hinsichtlich der Pflanzung durch die Baumschule lässt sich zu den Schutzmaßnahmen sagen, dass die Bäume mit Pfosten stabilisiert wurden (Abb. 22). Die kleineren und strauchartigen Bäume erhielten zusätzlich einen Gitterschutz für die zarten Äste.

7. Schautafel

Die Themen Nachhaltigkeit und Klimaschutz erfuhren in den letzten Jahren eine zunehmende mediale Präsenz und Aufmerksamkeit. Insbesondere junge Menschen entwickeln ein Bewusstsein für den Klimawandel und dessen Folgen für den Planeten, weshalb sich viele auf individueller und politischer Ebene engagieren. Das übergeordnete Ziel besteht in der Schaffung einer breiten, gesellschaftlichen Klimabildung, um ein fundamentales Bewusstsein für die Umwelt zu etablieren und durch politischen Einsatz dem Klima- und Naturschutz zu helfen. Zur Förderung der Klimabildung in diversen Bereichen werden zahlreiche Klimaschutzprojekte initiiert, darunter beispielsweise Aktionen wie die „Fahrraddemo zum globalen Klimastreik“ oder „Agroforst und

klimaresiliente Landwirtschaft – Hof- und Feldführung mit Verköstigung“. Daneben existieren auch regionale Organisationen wie der „BUND Naturschutz Würzburg“ oder die „proBiene gGmbH“ aus Stuttgart, die sich dem Erhalt der Biodiversität sowie deren Förderung und öffentlicher Vermittlung widmen (vgl. CLIMATECONNECT, 2025).

Aufgrund der signifikanten Relevanz der Sensibilisierung und Wissensverbreitung hinsichtlich des Klimawandels sowie der lokalen Maßnahmen zu dessen Bekämpfung und Anpassung wird auf dem Campus am Projektgebiet eine Schautafel installiert. Die Funktion der Tafel ist, die wissenschaftlichen Inhalte der Arbeit anschaulich wiederzugeben und gleichzeitig interessierten Personen die praktische Umsetzbarkeit von Nachhaltigkeit und die Präsenz des Klimawandels zu demonstrieren. Da das Thema Klimawandel vor allem in den Medien eine große Rolle spielt, haben viele Menschen keinen persönlichen Eindruck von den Auswirkungen des Klimawandels auf die Umwelt und von den möglichen lokalen Maßnahmen. Die Schautafel dient der Präsentation der Standortfaktoren des Projektgebiets, der lokalen Bodenanalyse und die darauf basierende Pflanzung der Klimabäume und ist in diesem Sinne ein wissenschaftlich fundiertes Medium, um die Dimensionen der Klimaveränderungen zu veranschaulichen. Außerdem erfüllt sie eine vorbildfunktionelle Rolle, indem sie durch die Umsetzung des Projekts zum eigenen Handeln anregt. Die Projektumsetzung der „Grünen Lerninsel“ im hochschulübergreifenden Sinne kann so auch für andere Universitäten ein anschauliches Beispiel für eine nachhaltige Hochschulgestaltung aufzeigen. Neben der allgemeinen Wissensverbreitung zu dieser Thematik werden die in der „Grünen Lerninsel“ involvierten Projekte „MainPRO“, „RekliNEU“ und auch „WueLAB“ einer breiten Öffentlichkeit bekannt und die Menschen so über nachhaltige Entwicklungsstrategien der Hochschulen informiert. Die Schautafel ist aus diesem Grund auch so konzipiert, dass sie ein anschauliches, attraktives Design aufweist und in einfacher Sprache gehalten ist, sodass Passanten jeglichen Bildungsstatus die Option der Allgemeinbildung freistehen.

8. Fazit

Das Ziel der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit bestand darin, die Frage nach den Standortvoraussetzungen sowie eine auf diese Faktoren angepasste Bepflanzung zu beantworten. Zu diesem Zweck wurden zu Beginn die vorherrschenden Standortfaktoren ermittelt, in dessen Rahmen auch auf die klimawandelbedingten Veränderungen

eingegangen wurde. Um die pedogenen Bedingungen für die zukünftigen Bäume zu ermitteln, wurde das Gelände methodisch genau untersucht und so der Bodentyp Braunerde aus anthropogen aufgebrachtem Material auf Terra fusca-Rest identifiziert. Die Ergebnisse zeigen, dass der Bodentyp durch eine oberflächlich sandige, krümelige Struktur bodenphysikalisch eine gute Wasserspeicherungskapazität mit sich bringt. Vergleichsweise fallen die bodenchemischen Gehalte etwas niedriger aus als die Standardwerte, weshalb den Bäumen mittelgute bis leicht schwierige Voraussetzungen geboten sind. Um trotz der Bedingungen eine optimale Entwicklung der Bäume zu gewährleisten, wurden zusätzliche Maßnahmen, wie die Zugabe von Substraten oder die Ergänzung des Unterwuchses durchgeführt. Dies und eine einjährige Pflegegarantie stellen sicher, dass die gepflanzten Bäume optimale Wachstumsbedingungen erhalten und so selbst dauerhaft zur Verbesserung des Mikroklimas auf dem Campus beitragen können. Die selektierten Bäume weisen generell aufgrund ihrer Herkunft aus meist subtropischem Klima eine erhöhte Resistenz gegen Trockenheit auf. Außerdem wurden Arten ausgewählt, die sich auch gegen heimische Krankheiten und Frost bewährten. Über die Projektumsetzung der „Grünen Lerninsel“ lässt sich sagen, dass es ein gelungenes Beispiel für die interdisziplinäre Zusammenarbeit mehrerer Akteure, wie der „Uni Wue Community“, dem „WueLAB“, „RekliNEU“ und „EFRE MainPRO“ und externen Partnern, darstellt und dabei das Ziel verfolgt, einen nachhaltigen und klimafreundlichen Bildungsraum zu schaffen. Insgesamt stellt die „Grüne Lerninsel“ also nicht nur einen Beitrag zur Reduktion der CO₂ Emissionen und zur Schaffung eines attraktiven Lern- und Aufenthaltsortes dar, sondern auch ein Modellprojekt für andere Hochschulen und Bildungseinrichtungen. Dadurch können zukünftig weitere Projekte an anderen Standorten realisiert und weiterentwickelt werden, um nachhaltige Bildungslandschaften zu etablieren. In diesem Zusammenhang kann das durch die wissenschaftliche Arbeit gewonnene Wissen in Form von einer Schautafel auf dem Projektgelände vermittelt werden. Bezüglich der Einbringung von nichtheimischen Klimabäume in die regionalen, urbanen Landschaftsstrukturen ist weiterer Forschungsbedarf erforderlich. Vor allem hinsichtlich der sich ändernden Umweltbedingungen müssen die bislang selten gepflanzten Bäume regelmäßig bonitiert sowie weitere Studien mit verschiedenen Untersuchungsdesigns entwickelt und integriert werden.

Literaturverzeichnis

- AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung KA 5. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesrepublik Deutschland. Hannover.
- AMELUNG ET AL. (2018): Scheffer/ Schachtschabel – Lehrbuch der Bodenkunde, 17. Auflage. Heidelberg.
- BAUMSCHULE HUBEN (Hrsg.) (2025): Qualitätsbezeichnungen nach DIN 18916. URL: <https://www.huben.de/wp-content/uploads/abkuerzungen-baumschule.pdf> [Letztes Abrufdatum: 22.03.2025].
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (2013): Geotope in Unterfranken. (= Erdwissenschaftliche Beiträge zum Naturschutz, Band 8). Augsburg.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (2025): Wasserkreislauf und -bilanzen. URL: https://www.lfu.bayern.de/wasser/wasser_kreislauf_bilanzen/index.htm [Letztes Abrufdatum: 24.02.2025].
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (2024): Karte der Naturraum-Haupteinheiten und Naturraum-Einheiten in Bayern. URL: https://www.lfu.bayern.de/natur/naturraeume/doc/haupteinheiten_naturraum.pdf [Letztes Abrufdatum: 07.04.2025].
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (2020): Bodenübersichtskarte 1:200.000 Bayern - WMS. URL: https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/index_detail.htm?id=5d87e523-efdd-452a-841c-8c9467d808bb&profil=WMS [Letztes Abrufdatum: 07.04.2025].
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (2014): Geologische Karte von Bayern 1:500.000 (GK500) -Downloaddienst. URL: https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/index_detail.htm?id=c8f826d6-df34-4ed0-bf69-5da2f93c067a&profil=Download [Letztes Abrufdatum: 07.04.2025].
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (2022): Klima-Steckbrief für Unterfranken. URL: https://www.lfu.bayern.de/publikationen/get_pdf.htm?art_nr=lfu_klima_00207 [Letztes Abrufdatum: 20.02.2025].

- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU (Hrsg.) (2018): Projekt Stadtgrün 2021. Selektion, Anzucht und Verwendung von Gehölzen unter sich ändernden klimatischen Bedingungen. URL: https://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/landespflge/dateien/abschlussbericht_stadtgruen_2018-74_in.pdf. [Letztes Abrufdatum: 24.03.2025].
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU (Hrsg.) (2023): Stadtbaumarten im Klimawandel. URL: https://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/landespflge/dateien/lwg_stadtgruen_falzflyer_bf.pdf [Letztes Abrufdatum: 22.03.2025].
- BAYERISCHES LANDESMESSUNGSAMT MÜNCHEN (Hrsg.) (1964): Topographische Karte 1:25 000. 62 25 Würzburg Süd. URL: https://www.geodaten.bayern.de/histTopoKarten/02_TK25/02_6225_N_1964.pdf. [Letztes Abrufdatum: 26.02.2025].
- BAYERISCHE VERMESSUNGSVERWALTUNG (Hrsg.) (2025): Digitales Orthophoto RGB 20cm. URL: <https://geodaten.bayern.de/opengeodata/OpenDataDetail.html?pn=dop20rgb> [Letztes Abrufdatum: 18.02.2025].
- BEYER, I., SCHMIDT, K-H. (2002): „Schichtstufenlandschaften.“ In: Institut für Länderkunde (Hrsg.): Nationalatlas. Leipzig, S. 84-87. URL: https://archiv.nationalatlas.de/wp-content/art_pdf/Band2_84-87_archiv.pdf [Letztes Abrufdatum: 20.03.2025].
- BLUM, W., SCHAD, P. (2024): Bodenkunde in Stichworten, 8. Auflage. Stuttgart.
- BLUME, H.-P. (Hrsg.) (2004): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und -belastung. Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen, 3. Auflage. Landsberg am Lech.
- BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE (Hrsg.) (2024): WMS basemap.de Web Raster (wms_basemapde). URL: <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/open-data/wms-basemapde-webraster-wms-basemapde-webraster.html> [Letztes Abrufdatum: 13.02.2025].
- BUND DEUTSCHER BAUMSCHULEN E.V. (2025): Verpflanzrhythmus. URL: <https://www.gruen-ist-leben.de/themen-produkte/erkennen-sie-qualitaet/verpflanzrhythmus/> [Letztes Abrufdatum: 22.03.2025].
- BUND NATURSCHUTZ (Hrsg.) (2025): Hilfe für durstende Stadtbäume: Wässern und Bepflanzen. URL: <https://www.bund-naturschutz.de/oekologisch-leben/naturgarten/stadtbaeume-giessen> [Letztes Abrufdatum: 23.03.2025].

- CLIMATECONNECT (Hrsg): Bildung und Öffentlichkeitsarbeit zum Klimaschutz. URL: <https://climateconnect.earth/de/hubs/education> [Letztes Abrufdatum: 04.04.2025].
- DICKHAUT, W., ESCHENBACH, A. (Hgg.) (2019): Entwicklungskonzept Stadtbäume. Anpassungsstrategien an sich verändernde urbane und klimatische Rahmenbedingungen. Hamburg.
- EFRE MAINPRO (2025): Ökosystembasierte Lösungen für Gefährdungsszenarios im fränkischen Maintal (Mainpro). URL: <https://www.geographie.uni-wuerzburg.de/efre-mainpro/ueber-uns/> [Letztes Abrufdatum: 18.03.2025].
- EITEL, B., FAUST, D. (2013): Bodengeographie. Braunschweig.
- GALK E.V. (2025): GALK Straßenbaumliste, Abfrage vom 23.03.2025, Arbeitskreis Stadtbäume. URL: <https://strassenbaumliste.galk.de> [Letztes Abrufdatum: 23.03.2025].
- GERKE, L. (2017): Anthropogene Einflüsse auf hydrologische Dürren in Deutschland. URL: http://www.hydrology.uni-freiburg.de/abschluss/Gerke_L_2017_MA.pdf [Letztes Abrufdatum: 20.03.2025].
- GRUNDSTOFF (Hrsg.) (2025): Betonit. Wasserspeicher. URL: <https://grundstoff-shop.de/products/bentonit-montmorillonit-urgesteinsmehl?srsId=AfmBOordsaAljpYquLysBxYJDamj2OQhj9pBuh-5ebuDkcvke9Qt0D-c> [Letztes Abrufdatum: 26.03.2025].
- HUBBEL (Hrsg.) (2025): Das Hubland. URL: <https://hubbel.psyergo.uni-wuerzburg.de/das-hubland> [Letztes Abrufdatum: 13.02.2025].
- INSTITUT FÜR GEOGRAPHIE UND GEOLOGIE DER UNIVERSITÄT WÜRZBURG (Hrsg.) (2024): Hillshade Grüne Lerninsel. Würzburg.
- KRAUSE, J. (2024): Auswirkungen des Klimawandels auf charakteristische Böden in Unterfranken unter Berücksichtigung bodenhydrologischer Monitoringdaten (2018 bis 2022). Würzburg.
- LGRBWISSEN (Hrsg.) (2024): Böden im Muschelkalkgebiet. URL: <https://lgrbwissen.lgrbw.de/bodenkunde/bauland-tauberland/bodenlandschaften/boeden-im-muschelkalkgebiet> [Letztes Abrufdatum: 22.02.2025].
- MARR, A. (2025): Schwarze Wundererde? Was Pflanzenkohle im Garten tatsächlich leisten kann. URL: <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/oekologisch->

- leben/balkon-und-garten/trends-service/trends/20401.html [Letztes Abrufdatum: 26.03.2025].
- METEOSTAT (Hrsg): Würzburg. URL: <https://meteostat.net/de/station/10655?t=2025-02-12/2025-02-12> [Letztes Abrufdatum: 19.02.2025].
- MÜLLER, J. (1996): Grundzüge der Naturgeographie von Unterfranken. Landschaftsökologie-Landschaftsgenese-Landschaftsräumlicher Vergleich. Gotha.
- MÜLLER-INKMANN, M. (2015): Bäume: Schutzmaßnahmen und Standortsanierung. URL: https://www.boden.uni-wuppertal.de/fileadmin/bauing/boden/downloads/BBSR_Symposium_Dateien/Baumenschutzmaßnahmen_und_Baumstandortssanierung__M.Eng._Michael_M__ller-Inkman_.pdf [Letztes Abrufdatum: 23.03.2025].
- MUNSELL, A. (1994): Munsell Soil Color Charts. Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation. New Windsor, NY.
- MYRTIÁ FANÍ STRATÓPOULOS-LE CHALONY, L. (2020): „Klimabäume“ für die Stadt. Über die Rolle einer angepassten Arten- und Sortenauswahl für die Kühlleistung von Straßenbäumen. München.
- NATURA DB (Hrsg.) (2025): Bäume unterpflanzen. URL: <https://www.naturadb.de/themen/baeume-unterpflanzen/> [Letztes Abrufdatum: 23.03.2025].
- PAETH, H. ET AL. (2023). Climate change information tailored to the agricultural sector in Central Europe, exemplified on the region of Lower Franconia. Climatic Change 176, 1-24.
- REKLINEU (2025): Regionale Wege zu klimaneutralen Hochschulen. URL: <https://reklineu.de> [Abrufdatum: 18.03.2025].
- SCHÖNFELD, P. (2019): „Klimabäume“ – welche Arten können in Zukunft gepflanzt werden?. URL: <https://www.lwg.bayern.de/landespflge/gartendokumente/fachartikel/224293/index.php> [Abrufdatum: 11.03.2025].
- SIEMENS, F. (2024): Bäume erfolgreich unterpflanzen: Die besten Tipps. URL: <https://www.mein-schoener-garten.de/gartengestaltung/gartenideen/baeume-erfolgreich-unterpflanzen-die-besten-tipps-8121> [Letztes Abrufdatum: 23.03.2025].

- UNI WÜRZBURG COMMUNITY (2025): Kontakt. URL: <https://www.uni-wuerzburg.de/alumni/netzwerk/kontakt/> [Letztes Abrufdatum: 18.03.2025].
- UNIVERSITÄT WÜRZBURG (2025): Campus Hubland. Eine neue Uni am Stadtrand. URL: <https://www.uni-wuerzburg.de/uniarchiv/die-geschichte-unserer-universitaet/schauplaetze/campus-hubland/> [Letztes Abrufdatum: 02.03.2025].
- WESTERMANN (Hrsg.) (2015): Dierke Weltatlas. Ausgabe Bayern. Braunschweig.
- WUELAB (2025): Über uns. URL: <https://www.uni-wuerzburg.de/wuelab/ueber-uns/> [Letztes Abrufdatum: 18.03.2025].
- WUST, R. (2013): Für Fußgänger und Fahrradfahrer: Neue Brücke verbindet alten und neuen Uni-Campus. URL: <https://www.mainpost.de/regional/wuerzburg/fuer-fussgaenger-und-fahrradfahrer-neue-bruecke-verbindet-alten-und-neuen-uni-campus-art-7853976> [Letztes Abrufdatum: 12.02.2025].

Anhang

Projektziel

Die „Ideen-Insel“ zielt auf eine naturräumliche und soziale Aufwertung eines Wissenschaftscampus am Universitätscampus Hubland-Nord der Universität Würzburg ab. Fokus liegt auf einer nachhaltigen, dem Klimawandel angepassten Bepflanzung mit Bäumen.

Klimabäume

Für den Standort wurden zukunftsfrüchtige Baumarten für wärmere klimatische Gegebenheiten ausgewählt, die Trockenheit gut vertragen und gleichzeitig auch frostresistent sind.

Das Campus-Gebiet zeichnet sich generell durch Trockenperioden und recht heiße Wetterbedingungen aus. Der Klimawandel bewirkt, dass sich im städtischen Raum und auf bebauten Flächen die Lufttemperatur besonders stark erhöht.

Zusätzlich verstärkt die südwestliche Hangneigung die Sonneneinstrahlung und erschwert damit das Baumwachstum.

1 Feld-Ahorn <i>Acer campestre</i>	6 Echte Mehlbeere <i>Sorbus aria</i>
2 Rot-Ele <i>Alnus glutinosa</i>	7 Rot-Esche <i>Fraxinus pennsylvanica</i>
3 Kornelkirsche <i>Cornus mas</i>	8 Mongolische Linde <i>Tilia mongolica</i>
4 Schmalblättrige Oliveide <i>Elaeagnus angustifolia</i>	9 Dellappen-Ahorn <i>Acer manspessulanum</i>
5 Hopfenbuche <i>Ostrya carpinifolia</i>	10 Späterling <i>Sorbus domestica</i>

Hopfenbuche

- Herkunft: Südeuropa, Kleinasien
- Höhe: 10 – 15 m, Breite: 8 – 12 m
- kegelförmige Wuchsform, später rundliche Krone
- langsames Wachstum
- hohe Hitze- und Trockenheitsverträglichkeit
- bevorzugt mäßig nährstoffreiche, sandig-lehmige, kalkhaltige Böden
- wegen hopfenähnlichen Blüten besonders attraktiv

Wie schützen wir unsere Bäume?

Unterwuchs

Lavendel und Ginster sorgen hier für eine Reduzierung der Bodenaustrocknung und damit für die Speicherung der knappen Wasservorräte für die Bäume.

Substrat

Das Substrat besteht aus einem quellfähigen Tonmineral zur Erhöhung der Wasserspeicherkapazität und aus dem Schwarzerde-Kultursubstrat „Terra preta“, welches die Wasser- und Nährstoffspeicherkapazität unterstützt.

Pflegemaßnahmen

Insbesondere in den ersten drei Jahren sind Pflegemaßnahmen z.B. Bewässerung erforderlich.

Französischer Ahorn

- Herkunft: Mittel- / Südeuropa, Kleinasien
- Höhe: 5 – 8 m, Breite: 4 – 7 m
- breit eiförmige, rundliche Krone
- bevorzugt kalkhaltige Böden
- verträgt kein Schattendruck
- trockenheits- / frostverträglich
- Bienenweide

Rot-Esche

- Herkunft: Nordamerika
- Höhe: 14 – 16 m, Breite: 7 m
- aufrechte Wuchsform, oval-runde Krone
- bevorzugt sandig-lehmigen Boden, dann trockenheits- / frostverträglich
- resistent gegen Eschentriebsterben
- neigt zur Ausbildung einer Zweitkrone
- Bienenweide
- attraktive, gelbe Herbstfärbung

Die Ideen-Insel und ihre Standortbedingungen

Wissenswertes über die Standortfaktoren erfahren wir durch einen Blick in den Untergrund. Der Blick in den Untergrund wird durch Gelände- und Laboranalysen ermöglicht. Über den Bodentyp des Campus-Geländes erfährst Du mehr auf der Rückseite dieser Tafel.

Legende

- Standort 1
- Standort 2
- Standort 3
- Standort 4
- Standort 5
- Projektgebiet

Bohrkern am Beispiel Standort 1

o cm	Ah	BvCv ₁	BvCv ₂	Cv	51
	16	33	38		

Hier findet man steiniges, kalkhaltiges Bodenmaterial mit sehr hellen Farbtönen. Der Carbonatgehalt ermöglicht unseren Bäumen eine Nährstoffaufnahme.

Im Oberbodenhorizont (Ah) bildet sich eine humusreiche Erde. Darunter folgt ein brauner, lehmiger Horizont (BvCv₁/BvCv₂).

Das krümelige, lockere Gefüge im Boden bedeutet für unsere Bäume eine gute Wasserspeicherung, günstige Durchlüftung und eine gute Durchwurzelbarkeit.

C-, N-, und CaCO₃- Gehalt

Die Kohlenstoffgehalte der Grünen Lerninsel belaufen sich zwischen 1,11 und 2,07 % (oberflächennah) und zwischen 0,51 und 1,93 % (tiefergehend). Im Vergleich dazu liegen die Standardwerte von Grünland bei ca. 3 %. Damit sind die Werte der Ideen-Insel vergleichsweise niedrig.

Der Stickstoffgehalt ist mit bis zu 0,03-0,3 % ähnlich wie unter Grünlandnutzung. Das Carbonatangebot ist mit Werten zwischen 8 und 24 % relativ hoch. Die pH-Werte liegen im sehr schwach alkalischen Bereich (7,4-7,5).

Die bodenchemischen Standortverhältnisse sind weniger vorteilhaft während die bodenphysikalischen Werte etwas besser sind, sodass unsere Bäume sich auch an erschwerte Bodenbedingungen anpassen müssen.

Körnung

Unser Bodenmaterial zeichnet sich durch eine sandige Struktur aus, wobei auch deutliche Ton- und Schluffanteile vorhanden sind. Die Bodenart entspricht einem sandig-tonigen Lehm.

Du willst noch mehr über diesen Standort und die Klimabäume erfahren? Hier findest du den QR-Code mit der dazugehörigen Bachelorarbeit!

Diese Schautafel wurde von Pia Behringer gemeinsam mit der Arbeitsgruppe „Physische Geographie und Bodenkunde“ entwickelt. In Zusammenarbeit mit der LWG, Stadtgrünz+ und Uni Würzburg Community.

UNIVERSITÄT WÜRZBURG
GEODÄSIE & GEOLOGIE
Physische Geographie

GEODÄSIE & GEOLOGIE
MainPro
UNIVERSITÄT WÜRZBURG
für Bayern

LWG
Stadtgrünz+
2021+

Der Verein Alumni & Friends e.V. der Julius-Maximilians-Universität hat die Ideen-Insel mit der finanziellen Unterstützung zahlreicher Patinnen und Paten verwirklicht. Unter dem Sonnensegel ist im Jahr 2023 somit erstmals ein „Freiraum“ für Gespräche, Diskussionen und damit auch für neue Ideen entstanden.

Hier geht's zur Uni Würzburg Community!

UNI ALUMNI & WU FRIENDS
UNI COMMUNITY
STUDIENDE
BESSERTE
ALUMNI

Anhang 1: Schautafel an der „Grünen Lerninsel“, Stehle ST2 Ü2 350x2400,, eigene Darstellung.

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet und die Arbeit keiner anderen Prüfungsbehörde unter Erlangung eines akademischen Grades vorgelegt habe.

Ermetzhofen, 01.05.2025