


Technische Universität Dresden  
Fakultät Architektur  
Institut für Landschaftsarchitektur  
Professur für Landschaftsplanung



# URBANE WÄLDER

Ökologische Stadterneuerung durch Anlage urbaner Waldflächen  
auf innerstädtischen Flächen im Nutzungswandel

*Ein Beitrag zur Stadtentwicklung*

## Modul Boden und Wasserhaushalt



<b>Autoren:</b>	<b>Prof. Dr. Catrin Schmidt</b> <b>Prof. Dr. Karl-Heinz Feger</b> <b>Dipl.-Ing. Sarah Böttner</b> <b>Dipl.-Ing. Martin Lachor</b> <b>Dipl.-Ing Dagny Schwarz</b> <b>Dipl.-Ing. Catharina Hoffmann</b> <b>M. Sc. Richard Neumann</b> <b>M. Sc. Ulrike Schmidt</b> <b>M. Sc. Amrei Zürn</b>  <i>unter Mitwirkung von:</i> M.Sc. J. Bauer
Förderträger:	Bundesamt für Naturschutz
Fachbetreuung:	Bundesamt für Naturschutz, FG II 4.1, Jens Schiller
Hauptvorhaben:	Stadt Leipzig, Dezernat Stadtentwicklung und Bau
Wissenschaftliche Begleitung:	<i>Koordination und Leitung:</i> TU Dresden, Institut für Landschaftsarchitektur, Lehr-und Forschungsgebiet Landschaftsplanung  <i>Beteiligte Partner:</i> TU Dresden, Fakultät Umweltwissenschaften, Professur für Forstbotanik TU Dresden, Fakultät Umweltwissenschaften, Professur für Meteorologie; Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH, Department Stadt-und Umweltsoziologie; Naturschutzzinstitut Region Leipzig e.V.
Projektlaufzeit:	2009 - 2019
Monitoring:	2022 – 2024
Bearbeitungsstand:	2024
Zitiervorschlag:	SCHMIDT ET AL. (2019): Modul Boden und Wasserhaushalt. Wissenschaft- liche Begleitforschung zum Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben der Stadt Leipzig „Urbane Wälder“ im Auftrag des Bundesamtes für Natur- schutz. Dresden.



# Inhaltsverzeichnis

<i>Abbildungsverzeichnis</i> .....	4
<i>Tabellenverzeichnis</i> .....	5
1 Einführung.....	6
1.1 Ziel.....	6
1.2 Forschungsfragen.....	6
1.3 Methodik.....	7
1.4 Stadtböden .....	8
1.4.1 Allgemeines zu den Stadtböden .....	8
1.4.2 Urbaner Wasserhaushalt .....	9
1.4.3 Bodenfunktionen in der Stadt.....	9
1.4.4 Bodenzusammensetzung .....	10
1.4.5 Bodenentstehung und Bodentypen.....	11
1.4.6 Stadtbodeneigenschaften .....	14
1.4.7 Waldwachstumsbedingungen in der Stadt.....	17
1.4.8 Veränderte Standorteigenschaften in der Stadt und deren Auswirkungen auf die Vegetation.....	18
1.4.9 Beispiele für den Einfluss von Böden auf die Vegetation sowie den Einfluss der Vegetation auf die Böden .....	21
2 Bodenkundliche Untersuchung auf sechs Brachflächen in Leipzig .....	25
2.1 Bodenkundliche Untersuchungsmethodik .....	28
2.2 Bodenprofile .....	28
2.2.1 Stadtgärtnerei Holz .....	28
2.2.1.1 Bodenprofil vor Umgestaltung (Gewerbebrache) .....	28
2.2.1.2 Bodenprofil nach Umgestaltung (Urbaner Wald).....	32
2.2.2 Schönauer Holz .....	35
2.2.3 S-Bahn Haltepunkt Angercrottendorf .....	38
2.2.4 Nördlicher Torgauer Platz.....	42
2.2.5 Freiladebahnhof Kohlenstraße.....	45
2.2.6 Bahnhof Plagwitz .....	48
2.3 Gesamtdarstellung der Ergebnisse .....	52
2.4 Pflanzempfehlung aus bodenkundlicher Sicht .....	54
2.5 Prognose .....	55
2.5.1 Stadtgärtnerei-Holz.....	56
2.5.1.1 Bodenprofil vor Umgestaltung (Gewerbebrache) .....	56
2.5.1.2 Bodenprofil nach Umgestaltung (Urbaner Wald).....	57
2.5.2 Neue Leipziger Straße .....	58
2.5.3 S-Bahn Haltepunkt Angercrottendorf .....	58
2.5.4 Nördlicher Torgauer Platz .....	59
2.5.5 Freiladebahnhof Kohlenstr.....	60
2.5.6 Bahnhof Plagwitz .....	61
3 Bodenkundliche Untersuchung auf sechs Waldflächen in Leipzig.....	63
3.1 Bodenkundliche Untersuchungsmethodik .....	63



3.2	Darstellung und Bewertung der Bodeneigenschaften der Wald-Referenzflächen .....	65
3.2.1	Taubenberg: .....	66
3.2.2	Quellwald: .....	70
3.2.3	Lößnig-Dölitz: .....	74
3.2.4	Gypsberg - Mockau Nord: .....	78
3.2.5	Rosenthalhügel: .....	82
3.2.6	Bauernwiese: .....	86
3.3	Gesamtdarstellung der Bodenuntersuchungen .....	90
3.4	Unechte Zeitreihe der urbanen Waldböden in Leipzig .....	91
3.4.1	Horizonteigenschaften .....	91
3.4.2	Physikalische Eigenschaften .....	92
3.4.3	Chemische Eigenschaften .....	96
4	Vergleich der Untersuchungsergebnisse der Brach- und Waldflächen .....	99
4.1	Horizonteigenschaften .....	99
4.2	Physikalische Eigenschaften .....	101
4.3	Chemische Eigenschaften .....	105
4.4	Zusammenfassung .....	107
4.5	Methodenkritik .....	108
5	Bodenkundliche Untersuchungen zum Gehölzausfall auf Modellflächen .....	110
5.1	Problemstellung .....	110
5.2	Untersuchungen 2016 .....	110
5.2.1	Methodik .....	110
5.2.2	Ergebnisse .....	113
5.2.3	Diskussion .....	120
5.3	Untersuchungen 2019 .....	121
5.3.1	Methodik .....	121
5.3.2	Ergebnisse .....	123
5.3.3	Diskussion .....	126
6	Fazit und Empfehlungen .....	127
7	Literaturverzeichnis .....	129



# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Vorgehensweise Modul Boden- und Wasserhaushalt (Eigene Darstellung) .....	7
Abb.2: Änderungen in der Porosität zwischen 1996 und 2005, (CAO et al. 2007: 212ff.).....	23
Abb. 3: Änderungen im Nährstofflevel (org. Substanz, totaler N-Gehalt, verfügbare N-Gehalt) im Oberboden (30cm) zwischen 1996 und 2005 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	24
Abb.4: Flächenanteilsverteilung der Bodentypengruppen, (EIGENE DARSTELLUNG) .....	26
Abb. 5: Lage des Standortes der Profilaufnahme 1 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	30
Abb. 6: Unterscheidung der Bodenhorizonte, Profil 1 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	30
Abb. 7: Verteilung des Bodenvolumens im Stadtgärtnerei Holz (EIGENE DARSTELLUNG) .....	31
Abb. 8: Standort der Profilaufnahme 2 auf den entsiegelten Flächen (SCHWARZ, 2010) .....	33
Abb. 9: Unterscheidung der Bodenhorizonte, Profil 2, (EIGENE DARSTELLUNG) .....	33
Abb. 10: Bodenvolumenverteilung, Profil 2, (EIGENE DARSTELLUNG) .....	34
Abb. 11: Standort der Profilaufnahme 3 auf den entsiegelten Flächen (SCHWARZ, 2010) .....	36
Abb. 12: Unterscheidung der Bodenhorizonte, Profil 3, (EIGENE DARSTELLUNG) .....	36
Abb. 13: Bodenvolumenverteilung, Profil 3 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	37
Abb. 14: Standort der Profilaufnahme 4 auf den entsiegelten Flächen (SCHWARZ, 2010) .....	39
Abb. 15: Unterscheidung der Bodenhorizonte, Profil 4 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	40
Abb. 16: Bodenvolumenverteilung, Profil 4 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	40
Abb. 17: Standort der Profilaufnahme 5 (SCHWARZ, 2010) .....	43
Abb. 18: Unterscheidung der Bodenhorizonte, Profil 5 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	43
Abb. 19: Bodenvolumenverteilung, Profil 5 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	44
Abb. 20: Standort der Profilaufnahme 6 (SCHWARZ, 2010) .....	46
Abb. 21: Unterscheidung der Bodenhorizonte, Profil 6 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	47
Abb. 22: Bodenvolumenverteilung, Profil 6, (EIGENE DARSTELLUNG) .....	47
Abb. 23: Standort der Profilaufnahme 7, (SCHWARZ, 2010) .....	49
Abb. 24: Unterscheidung der Bodenhorizonte, Profil 7 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	50
Abb. 25: Bodenvolumenverteilung, Profil 7 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	50
Abb.26: Bodenhorizonte der Wälder, aufsteigend nach Alter geordnet (EIGENE DARSTELLUNG) .....	65
Abb.27: Übersicht der Lage der Wald-Referenzflächen (EIGENE DARSTELLUNG) .....	66
Abb. 28: Darstellung der Untersuchungsfläche Taubenberg mit gekennzeichnete Verortung der Profilgrube (nicht maßstäblich), (EIGENE DARSTELLUNG):.....	68
Abb. 29: Bodenprofil Taubenberg (EIGENE DARSTELLUNG) .....	68
Abb.31: Bodenvolumen Taubenberg, (EIGENE DARSTELLUNG) .....	69
Abb. 32: Darstellung der Untersuchungsfläche Quellwald mit gekennzeichnete Verortung der Profilgrube (nicht maßstäblich) (EIGENE DARSTELLUNG) .....	72
Abb. 33: Bodenprofil Quellwald (EIGENE DARSTELLUNG) .....	73
Abb.34: Bodenvolumen Quellwald, (EIGENE DARSTELLUNG) .....	73
Abb.35: Darstellung der Untersuchungsfläche Lößnig-Dölitz mit gekennzeichnete Verortung der Profilgrube (nicht maßstäblich), (EIGENE DARSTELLUNG) .....	76
Abb.36: Bodenprofil Lößnig-Dölitz (EIGENE DARSTELLUNG) .....	77
Abb.37: Bodenvolumen Lößnig-Dölitz, (EIGENE DARSTELLUNG) .....	77



Abb. 38 Darstellung der Untersuchungsfläche Gypsberg - Mockau Nord mit gekennzeichnete Verortung der Profilgrube (nicht maßstäblich) (EIGENE DARSTELLUNG).....	80
Abb. 39: Bodenprofil Gypsberg - Mockau Nord (EIGENE DARSTELLUNG) .....	81
Abb.40: Bodenvolumen Gypsberg - Mockau Nord (EIGENE DARSTELLUNG) .....	81
Abb. 41: Darstellung der Untersuchungsfläche Rosenthalhügel mit gekennzeichnete Verortung der Profilgrube (nicht maßstäblich) (EIGENE DARSTELLUNG) .....	84
Abb. 42: Bodenprofil Rosenthalhügel (Eigene Darstellung) .....	85
Abb.43: Bodenvolumen Rosenthalhügel, (EIGENE DARSTELLUNG) .....	85
Abb. 44: Darstellung der Untersuchungsfläche Bauernwiese mit gekennzeichnete Verortung der Profilgrube (nicht maßstäblich) (EIGENE DARSTELLUNG) .....	88
Abb.45: Bodenprofil Bauernwiese (EIGENE DARSTELLUNG) .....	88
Abb.46: Bodenvolumen Bauernwiese (EIGENE DARSTELLUNG).....	89
Abb.47: Schichtenvergleich der Luftkapazität in Vol-% der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG) .....	92
Abb.48: Luftkapazität in Vol-% im effektiven Wurzelraum der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG) .....	93
Abb.49: Effektive Durchwurzelungstiefe in dm der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG) .....	94
Abb.50: Totwasser, nutzbare Feldkapazität und Luftkapazität in Vol-% der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG).....	94
Abb.51: Porenvolumen in % der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG).....	95
Abb.52: Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum in l / m <sup>2</sup> der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG) .....	95
Abb.53: kf-Wert in cm/d der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG).....	96
Abb.54: Schichtenvergleich kf-Wert in cm/d der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG).....	96
Abb.55: Potentielle Kationenaustauschkapazität und S-Wert in cmolc / kg der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG) ...	98
Abb.56: Potenzielle Kationenaustauschkapazität und S-Wert in molc / m <sup>2</sup> der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG) ....	98
Abb.57: Bodenhorizonte der Brachen (EIGENE DARSTELLUNG).....	99
Abb.58: Bodenhorizonte der Wälder, aufsteigend nach Alter geordnet (EIGENE DARSTELLUNG) .....	100
Abb.59: Effektive Durchwurzelungstiefe Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG).....	101
Abb.60: Lagerungsdichte Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG) .....	101
Abb.61: Schichtenvergleich Luftkapazität in Vol-% Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG) .....	102
Abb.62: Luftkapazität in Vol-% Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG) .....	102
Abb.63: Feldkapazität in Vol-% Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG) .....	103
Abb.64: Nutzbare Feldkapazität in Vol-% Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG).....	103
Abb.65: Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum in l / m <sup>2</sup> Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG) .....	104
Abb.66: Permanenter Welkepunkt in Vol-% Brachen und Wälder (TUD, C. Hoffmann, 2011).....	104
Abb.68: Humusunterschiede zwischen Ober- und Unterboden Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG) ....	106
Abb.69: S-Wert in molc / m <sup>2</sup> Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG) .....	106
Abb.70: Kationenaustauschkapazität in cmolc / kg Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG) .....	107
Abb. 71: Gehölzausfälle im Stadtgärtnerei Holz (links) und die ausgewählten Probestandorte P1 und P2 (mitte) (EIGENE DARSTELLUNG, LUFTBILD: GEOPORTAL SACHSEN 2016). Rechts: Luftbild von 2022 der Modellfläche Stadtgärtnerei-Holz (rot umrandet mit Markierung potenzieller Gehölzausfallflächen von 2022 (violett), 2017 (türkis) und 2016 (rot)(Dick 2023) .....	112
Abb. 72: Ehemalige Eiger Nordwand (ganz links), Gehölzausfälle im Schönauer Holz (mitte links) und der ausgewählte Probestandort P3 (mitte rechts) (EIGENE DARSTELLUNG, LUFTBILD: GEOPORTAL SACHSEN 2016), Markierung potenzieller Gehölzausfallflächen von 2022 (violett), 2017 (türkis) und 2016 (rot) (Dick 2023) .....	113
Abb. 73: Bodenprofil von P1 im Stadtgärtnerei Holz (EIGENE DARSTELLUNG).....	113
Abb. 74: Bodenprofil von P2 im Stadtgärtnerei Holz (EIGENE DARSTELLUNG).....	115



Abb. 75: Nährstoffverteilung in den Bodenproben des Stadtgärtnerei Holz (in mg/kg) (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016) .....	117
Abb. 76: Bodenprofil von P1 im Stadtgärtnerei Holz (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016) .....	118
Abb. 77: Nährstoffverteilung in den Bodenproben des Schönauer Holz (in mg/kg) (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016) .....	120
Abb. 78: Übersicht über die Standorte, Aufnahme von 2011 (Eigene Darstellung, LUFTBILD: GEOPORTAL SACHSEN 2011) .....	122
Abb. 79: pH-Werte unterschiedlicher Bodenschichten im Zeitraum von 2010 bis 2014 (EIGENE DARSTELLUNG)...	124
Abb. 80: Wassergehalte im Wurzelraum im Zeitraum von 2010 bis 2014 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	124
Abb. 81: pH-Werte unterschiedlicher Bodentiefen im Zeitraum von 2010 bis 2014 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	125
Abb. 82: pH-Werte unterschiedlicher Bodenschichten im Zeitraum von 2010 bis 2014 nach Verringerung des Tongehaltes für Standort 1. Fiktiver Standort 1: Wie Standort 1 außer Bodenart des Bodenauftrags (ehemals Ls2, jetzt Slu); Fiktiver Standort 2: Wie Standort 1 außer Bodenart des Bodenauftrages (ehemals Ls2, jetzt Su4). (EIGENE DARSTELLUNG).....	126

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Wachstum und Entwicklung sechs verschiedener Baumarten, (CAO ET AL. 2007:211).....	22
Tab. 2 Wurzelintensität und Verteilung in verschiedenen Bodenhorizonten in gDW / m <sup>3</sup> , ( CAO ET AL. 2007: 212)23	
Tab. 3 Übersicht der Bodentypengruppen des Hauptbodens, (EIGENE DARSTELLUNG).....	25
Tab. 4 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Stadtgärtnerei Holz (EIGENE DARSTELLUNG) ...	29
Tab. 5 Standorteigenschaften, Profil 1 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	31
Tab. 6 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Stadtgärtnerei Holz nach Umgestaltung (EIGENE DARSTELLUNG) .....	32
Tab. 7 Standorteigenschaften, Profil 2 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	34
Tab. 8 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Schönauer Holz (EIGENE DARSTELLUNG) .....	35
Tab. 9 Standorteigenschaften, Profil 3 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	37
Tab. 10 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche S-Bahn Haltepunkt Angercrottendorf (EIGENE DARSTELLUNG) .....	38
Tab. 11 Standorteigenschaften, Profil 4 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	41
Tab. 12 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Nördlicher Torgauer Platz (EIGENE DARSTELLUNG) .....	42
Tab. 13 Standorteigenschaften, Profil 5 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	44
Tab. 14 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Freiladbahnhof Kohlenstraße (EIGENE DARSTELLUNG) .....	45
Tab. 15 Standorteigenschaften, Profil 6 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	47
Tab. 16 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Bahnhof Plagwitz (EIGENE DARSTELLUNG) ....	48
Tab. 17 Standorteigenschaften, Profil 7 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	51
Tab. 18 Übersicht der Analyseparameter der Brachflächenböden (EIGENE DARSTELLUNG) .....	52
Tab. 19 Ausgewählte Wald-Referenzflächen in Leipzig, (EIGENE DARSTELLUNG) .....	63
Tab. 20 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Taubenberg (EIGENE DARSTELLUNG) .....	66
Tab. 21 Bewertung der Bodeneigenschaften der Untersuchungsfläche Taubenberg (EIGENE DARSTELLUNG) .....	69
Tab. 22 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Quellwald (EIGENE DARSTELLUNG) .....	70
Tab. 23 Bewertung der Bodeneigenschaften der Untersuchungsfläche Quellwald (EIGENE DARSTELLUNG) .....	74
Tab. 24 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Lößnig-Dölitz (EIGENE DARSTELLUNG).....	75



Tab. 25 Bewertung der Bodeneigenschaften der Untersuchungsfläche Lößnig-Dölitz (EIGENE DARSTELLUNG).....	78
Tab. 26 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Gypsberg - Mockau Nord (EIGENE DARSTELLUNG) .....	79
Tab. 27 Bewertung der Bodeneigenschaften der Untersuchungsfläche Gypsberg - Mockau Nord (EIGENE DARSTELLUNG) .....	82
Tab. 28 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Rosenthalhügel (EIGENE DARSTELLUNG) .....	82
Tab. 29 Bewertung der Bodeneigenschaften der Untersuchungsfläche Rosenthalhügel (EIGENE DARSTELLUNG)....	86
Tab. 30 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Bauernwiese (EIGENE DARSTELLUNG) .....	86
Tab. 31 Bewertung der Bodeneigenschaften der Untersuchungsfläche Bauernwiese (EIGENE DARSTELLUNG) .....	89
Tab. 32 Gesamtdarstellung der Untersuchungsergebnisse der Waldböden (EIGENE DARSTELLUNG) .....	90
Tab. 33 Lagerungsdichten urbaner Wälder (EIGENE DARSTELLUNG) .....	92
Tab. 34 Gefügetypen der urbanen Wälder (EIGENE DARSTELLUNG).....	93
Tab. 35 pH-Werte der Untersuchungsflächen (EIGENE DARSTELLUNG) .....	97
Tab. 36 Humusgehalte der Untersuchungsflächen (EIGENE DARSTELLUNG) .....	97
Tab. 37 Bodenkundliche Eigenschaften im oberen und unteren Bodenhorizont von P1 (EIGENE DARSTELLUNG) .	114
Tab. 38 Bodenkundliche Eigenschaften im oberen und unteren Bodenhorizont von P2 (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016) .....	115
Tab. 39 pH-Wert der Proben im Stadtgärtnerei Holz (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016).....	116
Tab. 40 C/N-Wert der Bodenproben im Stadtgärtnerei Holz (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016).....	116
Tab. 41 Bodenkundliche Eigenschaften im oberen und unteren Bodenhorizont von P3 (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016) .....	119
Tab. 42 pH-Wert der Proben im Schönaauer Holz (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016).....	119
Tab. 43 C/N-Wert der Bodenproben im Schönaauer Holz (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016) .....	119
Tab. 44 Bodenphysikalische Eigenschaften der Standorte (EIGENE DARSTELLUNG) .....	123



# 1 Einführung

## 1.1 Ziel

Während die Erfassung der Entstehung, Entwicklung und Eigenschaften natürlicher Böden auf eine lange Tradition zurückblicken kann, wird die wissenschaftliche Bearbeitung dieser Gesichtspunkte für Böden im urbanen oder industriellen Raum erst seit wenigen Jahrzehnten betrieben. In Deutschland wurden die ersten systematischen Untersuchungen in den 1970er Jahren von BLUME und RUNGE in Berlin durchgeführt. Zehn Jahre später folgte BURGHARDT mit Arbeiten im Ruhrgebiet. (HILLER & MEUSER 1998: VII)

Alle Untersuchungen führten zu Ergebnissen von bis dahin ungekannten Bodenformen und Eigenschaften. Im Ruhrgebiet folgten zwei Habilitationen, bei denen die Überformung der Böden durch den Menschen Gegenstand der Forschung war. Mittlerweile wurden die Kenntnisse über Stadtböden und bodenbildende Substrate erheblich erweitert. Ähnlich verhält es sich mit dem Wissen über den Einfluss natürlicher Vegetation auf natürlichen bzw. Ackerboden. Denn Ziel der Forschung war stets die Erzielung höherer Erträge in der Forst- und Landwirtschaft. Die Frage nach der Auswirkung der Vegetation auf urbane Böden war möglicherweise nie Gegenstand der Forschung, da, wie oben erläutert, noch zu wenig über anthropogen geprägte Böden bekannt war, aber auch weil das Thema Wald in Städten bisher in Deutschland eine eher geringe Rolle spielte. Dieses Thema eröffnet nun eine Forschungsnische, die es als ein weiteres Puzzleteil in der uns umgebenden komplexen Umwelt mit allen Wechselwirkungen zu besetzen gilt.

Forschungsgegenstand ist die Untersuchung der Veränderung der Bodenverhältnisse und des Retentionsvermögens der Modellflächen durch die Waldanlage. Zudem sollen die allgemeinen Wirkungen von Wäldern auf Böden und den Wasserhaushalt auf der Grundlage einer Literaturschau dargestellt werden. Als Ergebnisse werden mögliche Kriterien für eine Auswahlmethodik geeigneter Flächen abgeleitet.

## 1.2 Forschungsfragen

Im Mittelpunkt der Untersuchung standen folgende Forschungsfragen:

- Wie verändern sich die Bodenverhältnisse auf den Beispielflächen durch die Waldanlage gegenüber dem Ausgangszustand?
- Wie verändert sich das Retentionsvermögen der Fläche?
- Welche allgemeinen Wirkungen von Wäldern auf Böden und Wasserhaushalt sind bekannt und können für eine Auswahlmethodik geeigneter Flächen operationalisiert werden?
- Welche Empfehlungen zu möglichen Baumarten können auf Grundlagen der Eigenschaften von Stadtböden gemacht werden?
- Welche Voraussetzungen müssen die Böden der Brachflächen erfüllen, um als Standort für eine Anpflanzung geeignet zu sein? Welche bodenverbessernden Maßnahmen sind ggf. erforderlich?



### 1.3 Methodik

Für die Beantwortung der gestellten Forschungsfragen wurde sich zunächst theoretisch mit der Definition und den Eigenschaften von Stadtböden auseinandergesetzt. Anschließend wurden im Feld bodenkundliche Untersuchungen auf ausgewählten Leipziger Brachflächen, unter denen auch die drei Modellflächen sind, durchgeführt. Ziel war die Untersuchung von Eigenschaften die für Pflanzenwachstum entscheidend sind. Gleiches wurde für sechs Waldflächen in Leipzig bearbeitet. Die Ergebnisse wurden im Anschluss verglichen und Schlussfolgerungen abgeleitet. Aus den vergleichenden Ergebnissen lassen sich vorsichtige Prognosen zur Entwicklung der Stadtböden nach Anlage der urbanen Wälder ableiten.

Nach der Etablierung der urbanen Wälder auf den Modellflächen wurden Bodenproben an Standorten mit Gehölzausfällen entnommen, um mögliche Ursachen zu ergründen und Empfehlungen abzuleiten. Zur Klärung der Ursachen wurden die Bodenprofile bewertet sowie Laboranalysen durchgeführt.

Abschließend werden Empfehlungen zur Auswahl geeigneter Standorte sowie zu bodenverbessernden Maßnahmen abgeleitet.

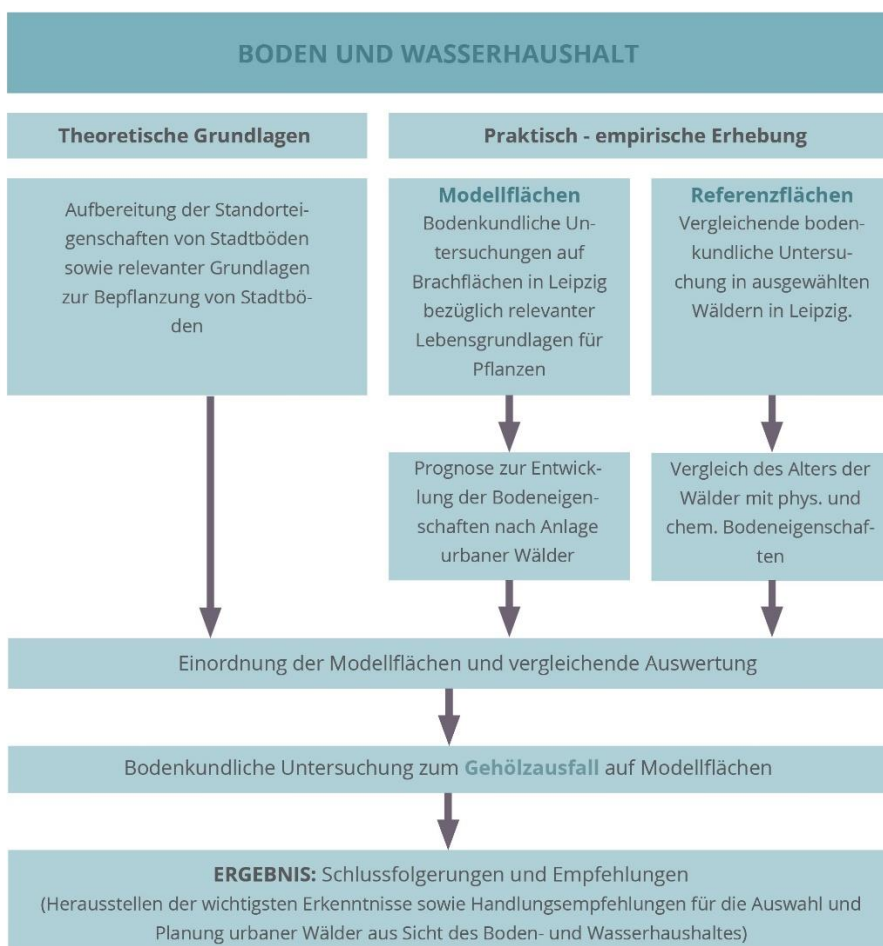


Abb. 1: Vorgehensweise Modul Boden- und Wasserhaushalt (Eigene Darstellung)



## 1.4 Stadtböden

### 1.4.1 Allgemeines zu den Stadtböden

„Boden ist das mit Wasser, Luft und Lebewesen durchsetzte, unter dem Einfluss der Umweltfaktoren an der Erdoberfläche entstandene und im Ablauf der Zeit sich weiterentwickelnde Umwandlungsprodukt organischer und mineralischer Substanzen mit eigener morphologischer Organisation, das in der Lage ist, höheren Pflanzen als Standort zu dienen und die Lebensgrundlage für Tiere und Menschen bildet.“<sup>1</sup>

Bei „Boden“ handelt es sich demnach um ein äußerst komplexes und vielgestaltiges Medium, das in ständigem Stoff- und Energieaustausch mit seiner Umwelt steht und somit einem steten Wandel unterliegt und als eine der wichtigsten natürlichen Ressourcen gilt.

Stadtböden sind natürliche und auch vom Menschen überformte Böden urban genutzter Flächen. Man unterscheidet im städtischen Raum folgende Bodentypen (KORDA 2005: 641f.):

- veränderte Böden natürlicher Entwicklung, die z.B. durch abgesenkte Grundwasserstände, Verdichtungen, Eutrophierung oder Schadstoffbelastungen „entstanden“ sind
- Böden anthropogener Aufträge
- Böden aus umgelagerten, natürlichen Substraten (z.B. Sand, Kies, Ton)
- Böden aus technogenen Substraten (z.B. Aschen, Schlacken, Bauschutt)
- Mischungen aus diesen Substraten
- versiegelte Böden

Stadtböden unterscheiden sich meist in ihrer stofflichen Zusammensetzung, sowie in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften von naturnahen Böden. Sie unterliegen den sich wiederholenden Eingriffen des Menschen, wie z.B. Auffüllung, Aufschüttung, Entnahme und Kontamination, welche im Laufe der Zeit zu einer engen Verzahnung von naturnahen und anthropogenen Substraten führen, die wiederum das Ausgangsmaterial für die städtische Bodenbildung darstellen. In Folge entwickeln sich in der Stadt neue Böden und Bodengesellschaften, wie sie nur durch und unter urbaner Nutzung entstehen können. Das relativ geringe Alter von Stadtböden, das aus den wiederholten anthropogenen Eingriffen resultiert, ist ein markanter Unterschied zu den meisten natürlich „gewachsenen“ Böden. Stadtböden sind weder tote Artefakte noch völlig vom Menschen gesteuerte Systeme. (PIETSCH & KAMIETH 1991: 51) Allerdings werden im urbanen Bereich durch die starke Zunahme der Vielfalt und Intensität der Nutzungsansprüche an die Böden deren Nutzungsmöglichkeiten und Funktionen im Naturhaushalt eingeschränkt bzw. sogar zerstört. (PIETSCH & KAMIETH 1991: 43)

---

<sup>1</sup> Gemäß Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung



### 1.4.2 Urbaner Wasserhaushalt

Im Laufe des Jahres führen wechselnde Witterungsbedingungen zu unterschiedlichen Wasserzu- und -abflüssen innerhalb der Stadt. Diese zeitliche Veränderung der Wassergehalte wird als Wasserhaushalt bezeichnet und durch Klima, Vegetation, Oberflächenbeschaffenheit, Bodeneigenschaften und Grundwasserflurabstand beeinflusst.

In Städten bestehen hierbei signifikante Unterschiede zur Landschaft:

Das Regenwasser in der naturnahen Landschaft wird von den reich strukturierten Flächen aufgenommen, zwischengespeichert, teilweise verdunstet und schließlich zeitverzögert, in relativ gleichmäßigem Abfluss an die Fließgewässer abgegeben. (KAISER 1994: 58) Der Wasserhaushalt in Städten hingegen ist stark verändert. Trotz erhöhter Niederschläge bleibt die relative Luftfeuchte stets unter der des Umlandes. Die relativ hohen Nachttemperaturen verhindern die Taubildung. (FELLENBERG 1991: 58ff.) Der urban genutzte Boden, ein wichtiger Bestandteil des hydrologischen Kreislaufes, zeigt ein verändertes Speicher- und Abflussverhalten. (FIEDLER 2001: 222) Somit hat die Stadt immer wieder mit Hochwasser, Trockenheit und geringen Grundwasserständen zu kämpfen.

Nachfolgend werden die Komponenten des Wasserhaushaltes näher erläutert und sowohl die Auswirkungen anthropogener Eingriffe, als auch die Auswirkungen von Waldvegetation auf den Wasserhaushalt dargestellt.

### 1.4.3 Bodenfunktionen in der Stadt

Im Boden als belebtes System laufen Prozesse ab, die für alle Ökosysteme, einschließlich der urbanen, von elementarer Bedeutung sind. Der Mensch nutzt diese Eigenschaften für seine Umwelt und spricht daher von „Leistungen“, die von Böden erbracht werden bzw. vom „Bodenpotenzialen“. Die Bodenfunktionen beschreiben letztlich in Anspruch genommene Bodenpotenziale.

Folgende drei Potenziale können dabei unterschieden werden:

- **Biotisches Potenzial:** umfasst die Nutzung als Pflanzenstandort und die Leistungen von Bodenlebewesen, z.B. Bodenfruchtbarkeit und Stoffabbau
- **Abiotisches Potenzial:** zielt auf die Nutzung anorganischer Bestandteile oder Eigenschaften der Böden ab, z.B. Rohstoffe, Filter- und Speichereigenschaften
- **Flächenpotenzial:** im Vordergrund steht die Nutzbarkeit des Bodengrundes, z.B. als Baugrund.

Das wichtigste Potenzial der Böden ist ihre Fähigkeit, Pflanzen als Standort und Lebensraum zu dienen. Sie bieten zum einen den Pflanzen eine Verankerungsmöglichkeit, da sie durchwurzelt sind. Zum anderen liefern sie mit Hilfe des Bodenlebens die für die Pflanzen lebensnotwendigen Nährstoffe und speichern diese. Ebenso speichern sie einen Teil des Niederschlags, der den Pflanzen in Trockenzeiten zur Verfügung steht.



Eine weitere wichtige, jedoch begrenzte Funktion haben die Böden als reduzierende Reaktoren (Abfallbeseitigung). Zum einen werden die organischen pflanzlichen und tierischen Abfallstoffe im Boden zersetzt und größtenteils mineralisiert, wodurch eine Nährstofffreisetzung erfolgt. Zum anderen werden bestimmte Stoffe nur teilweise abgebaut, wie z.B. chemisch-organische Stoffe (z.B. PCB, CKW), die vom Menschen produziert und über Abgase, Abfälle und Abwasser in die Böden gelangen und sich dort anreichern, da der Boden im Kreislauf der Elemente eine Stoffsenke darstellt. Besonders deutlich wird dies durch anorganische Schadstoffanreicherungen. Schwermetalle, wie z.B. Blei, Cadmium und Zink, werden nicht abgebaut und somit können bedrohliche Konzentrationen für Pflanzen und für Tiere und Menschen entstehen.

Als regulierender Faktor im Wasserhaushalt kommt den Böden große Bedeutung zu. Abhängig von der Durchlässigkeit werden Niederschläge vom Boden aufgenommen, gespeichert oder zeitlich verzögert an das Grundwasser oder einen Vorfluter abgegeben. Dadurch wird auch der oberflächige Abfluss reduziert, der bei hohen Niederschlägen zum Übertreten von Flüssen führen kann. Das durch die Bodenschichten sickern Regenwasser wird dabei bis zu einem gewissen Grad gereinigt. So können über den Luftweg eingetragene Säuren neutralisiert und Schadstoffe in der Bodenmatrix gebunden und somit dem Grundwasser ferngehalten werden.

Durch menschliche Eingriffe kommt es jedoch vielfach zur Verminderung von Bodenpotenzialen. Häufiger Nutzungswandel kann nicht selten die Nutzbarkeit von Böden auf das reine „Flächenpotenzial“ einschränken. (Pietsch & Kamieth 1991: 54).

#### 1.4.4 Bodenzusammensetzung

Böden stellen kein homogenes Medium dar wie Wasser oder Luft, sondern bilden ein aus vier Komponenten bestehendes poröses Substrat.

Eine Komponente sind die mineralischen Bestandteile, in unterschiedlicher Art und Größe. Sie entstammen überwiegend aus den an der Erdoberfläche verwitterten festen und lockeren Gesteinen (lithogene Minerale), werden aber auch während der Bodenbildung neu gebildet (pedogene Minerale, z.B. Tonminerale).

Eine weitere Komponente ist die organische Substanz. Sie besteht sowohl aus lebendigem als auch totem organischen Material. Besonders der Humus, Gesamtheit der abgestorbenen, organischen Bodensubstanz, spielt in Böden eine wichtige Rolle. Er dient den Pflanzen als langsam fließende Nährstoffquelle und als Adsorbent für Nähr- und Schadstoffe. Außerdem ist er ausschlaggebend für die Gefügestabilität der Böden sowie für die Luft- und Wasserkapazität. (Hiller & Meuser 1998: 53)

Mineralische und organische Bestandteile sind in bestimmter Weise im Raum angeordnet und bilden miteinander das Bodengefüge mit einem charakteristischen Hohlraumsystem. Dieses besteht aus Poren unterschiedlicher Größe und Form, die mit der Bodenlösung, d.h. mit Wasser und gelösten Stoffen sowie der Bodenluft gefüllt sind. Zwischen der festen, flüssigen und gasförmigen Phase bestehen zahlreiche chemische und physikalische Wechselwirkungen, die die Bodeneigenschaften wesentlich beeinflussen. (Scheffer & Schachtschabel 2010: 1)



Böden sind grundsätzlich belebt. Ihre Hohlräume enthalten eine Vielzahl von Bodenorganismen, die ebenfalls bedeutend für die Eigenschaften und Funktionen der Böden sind. (Scheffer & Schachtschabel 2010: 1)

Stadtböden weisen, im Gegensatz zu natürlichen Böden, einen erweiterten Stoffbestand auf. Die Zusammensetzung anthropogen beeinflusster Böden unterscheidet sich dahingehend, dass man außer umgelagerten natürlichen Fest- und Lockergesteinen eine große Anzahl technogener Substrate findet. (Hiller & Meuser 1998: 17) Folgende Hauptkomponentengruppen werden unterschieden: Bauschutt, Schlacken, Müll, Schlämme, Aschen und Bergematerial / Kohle.

Technogene Substrate unterscheiden sich zum einen im Stoffbestand, zum anderen in der Textur und Gefüge sowie im Skelettgehalt<sup>2</sup> als wesentliches Element der Raumgliederung. (AK Stadtböden 1996: 25f.) Sie treten meist als Gemengeform im Boden auf, nicht als isolierte Monosubstrate. Die Zusammensetzung der Gemenge wechselt horizont- bzw. schichtenspezifisch. Man unterscheidet (Hiller & Meuser 1998: 37):

- Gemenge aus Mineralboden und technogenen Substraten,
- Horizonte ohne technogene Substrate,
- Horizonte mit sehr geringen Beimengungen technogener Substrate,
- technogene Monosubstrate und
- Gemenge aus technogenen Substraten.

Da es sich bei Stadtböden in der Regel um junge Böden handelt bei denen die Differenzierung ihrer Merkmale durch bodenbildende Prozesse erst schwach entwickelt ist, kommt der Kenntnis der Ausgangssubstrate besondere Bedeutung zu, da diese die Bodeneigenschaften stark dominieren. So weisen die einzelnen technogenen Substrate z.B. sehr unterschiedliche Schadstoffgehalte, pH-Werte und Leitfähigkeit (ec-Werte) auf und beeinflussen durch ihre Beimengung im Boden denselben auf verschiedenste Art und Weise. (Hiller & Meuser 1998: 44)

#### 1.4.5 Bodenentstehung und Bodentypen

Bei der Entstehung und Entwicklung von Böden unterscheidet man zum einen die Lithogenese, die Entstehung der Ausgangsgesteine und zum anderen die Pedogenese, die eigentliche Bodenentwicklung. Durch die Pedogenese entwickeln sich die Ausgangsgesteine je nach bodenbildenden Einflüssen zu bestimmten Bodentypen. Hauptfaktoren natürlicher Bodengenese sind neben dem Ausgangsmaterial bzw. Ausgangsgestein das Klima, das Relief, die vorherrschende Vegetation, das Bodenleben und die Zeit. Diese Faktoren wirken zusammen und lösen bodenbildende Prozesse der Stoffumwandlung, des Stofftransportes bzw. der Stoffumlagerung sowie der Stoffanreicherung aus. Je nach Konstellation der bodenbildenden Faktoren führen die bodenbildenden Prozesse zu spezifischen Bodenmerkmalen und Bodeneigenschaften. Dabei entstehen im Bodenprofil charakteristische Zonen, die Bodenhorizonte.

---

<sup>2</sup> Grobboden mit einem Teilchendurchmesser > 2 mm



Böden mit einer bestimmten Kombination von Bodenhorizonten werden zu einem Bodentyp zusammengefasst. Dieser gibt Auskunft über den jeweiligen Entwicklungszustand des Bodens. (AK STADTBÖDEN 1996: 11)

Im urbanen Bereich werden die Ausgangsmaterialien und die übrigen bodenbildenden Faktoren durch die Tätigkeit und Nutzung des Menschen beeinflusst. Dabei führt die anthropogene Dynamik zu stadtspezifischen Bodenentwicklungen, bei denen dieselben bodenbildenden Prozesse ablaufen wie bei einer „natürlichen“ Bodenentwicklung. Allerdings ändern sich die äußeren Einflüsse in kürzeren Intervallen und ihre Wirkung auf die Bodenentwicklung ist meist intensiver als außerhalb des besiedelten Bereichs. (Pietsch & Kamieth 1991: 47 und Blum 2007: 97)

Es laufen im Stadtgebiet sowohl anthropogene als auch natürliche Litho- und Pedogenesen ab. Zum Beispiel geht die Bodenbildung auf Trümmerschutt einer ungenutzten Brachfläche zwar auf eine anthropogene Lithogenese zurück, unterliegt aber einer natürlichen Pedogenese. Umgekehrt können auch nach natürlichen Lithogenesen überwiegend durch den Menschen gesteuerte Pedogenesen ablaufen. (Pietsch & Kamieth 1991: 56f.) Diese sind keinesfalls als Störungen „natürlicher“ Genesen anzusehen, sondern als eigenständige Entwicklungen unter besonderen, zeitlich und räumlich begrenzten Umweltfaktoren.

Anthropogen beeinflusste Lithogenesen gehen auf vielfältige Ursachen zurück:

- Bodenaustausch, Verfüllen, Abgrabungen und Aufhöhungen zum Herrichten von Baugrund
- Umlagerungen, z.B. in Steinbrüchen, in der Freiraumgestaltung oder auf Deponien
- Unspezifische Beimengungen verschiedener, potentiell zur Bodenbildung beitragender Materialien (verschiedene Natursteine, Ziegel, Kalkmörtel, Beton, Schlacken, Glas, usw.). (Pietsch & Kamieth 1991: 63)

Neben der Zufuhr mineralischer Substrate spielen zunehmend organische Komponenten eine Rolle. (Pietsch/ Kamieth 1991: 60ff.) Eine nicht zu unterschätzende „Quelle“ urbaner Bodenbildungen ist z.B. der Staubbiederschlag (ca. 130 g/m<sup>2</sup> a). Durch Verwehungen zusammen mit Laub werden innerhalb weniger Monate zentimeterstarke Bodenbildungen auf Asphalt, Beton oder Dächern induziert. (Pietsch & Kamieth 1991: 51)

Anthropogen beeinflusste Pedogenesen gehen auf folgende Ursachen zurück:

- Anreicherung, Umlagerung und Austrag von zugeführten Stoffen. Zum Beispiel wurden jahrhundertlang Böden mit organischen Abfällen angereichert. So entstanden mächtige humose Oberböden, v.a. in alten Gärten. Gleichzeitig wurde und wird standortbüdiges organisches Material innerhalb städtischer Nutzungen umgelagert, indem Laub und Grasschnitt von den Flächen abgeräumt und auf anderen Flächen konzentriert wird.
- Physikalische Eingriffe, die v.a. den Luft- und Wasserhaushalt der Böden betreffen. Dazu zählen z.B. Verdichtung, Auflockerung durch Beimischung verschiedener Substrate oder durch Umgraben, Abdichten durch Folien und Geotextilien.



- Anthropogen induzierte chemische und biologische Prozesse. Zum Beispiel führen die gute Nährstoff- und Wasserversorgung durch regelmäßiges Düngen und Gießen zu einer beschleunigten Bodenentwicklung. (PIETSCH & KAMIETH 1991: 66ff.)

Der Mensch hat somit nicht nur durch seine Bautätigkeit und der damit verbundenen ständigen Substrateinbringung bzw. -ausbringung neue urbanen Böden entstehen lassen, sondern auch durch die Abfallbeseitigung, die Grünflächenpflege, verschiedene Immissionen und Kriegseinwirkungen. Die starke Prägung der Stadtböden durch den primär bodenbildenden Faktor „Nutzung“ lässt oftmals flächenscharf abgrenzbare Böden entstehen mit sehr unterschiedlichen Erscheinungsformen und Eigenschaften, die aber wieder typisch sein können für die jeweiligen urbanen Nutzungen.

Die stadtspezifische Entwicklung urbaner Böden vollzieht sich dabei sehr rasch, im Gegensatz zur Entwicklung „natürlicher“ Böden. Wichtigster bodenbildender Prozess ist die Humusakkumulation. Schon nach wenigen Jahren lassen sich in Auftragsböden genetische Differenzierungen erkennen, die denen der „natürlichen“ Bodenbildungen entsprechen. Gründe hierfür sind z.B. die stadtklimatischen Besonderheiten, die stadttypische Vegetation und mechanische Nutzungseinwirkungen (z.B. Häckselgut, Kompost). (PIETSCH & KAMIETH 1991: 57ff.)

Bodensystematisch herrschen in der Stadt vorwiegend folgende Bodentypen vor (AK STADTBÖDEN 1996: 15ff.):

#### **Auftragsböden, ohne erkennbarer Bodenentwicklung (= Deposole):**

Aufgetragen werden natürliche Substrate, technogene Substrate oder Gemengeformen. Je nach technogener Beimengung unterscheidet man:

- **Allosol** (< 5% technogener Beimengung im Haupthorizont)
- **Phyrosol** (5 - 60% technogener Beimengung im Haupthorizont)
- **Technosol** (> 60% technogener Beimengung im Haupthorizont)

#### **Skeletthumusböden:**

Das ist Boden mit feinerdefreier (< 5 %), grober Gesteinsauflage (> 2 cm) mit organischen Bestandteilen über unverwittertem Untergrund. Der Eintrag von Nährstoffen geschieht bei diesen in erster Linie über Stäube und Niederschläge. Das Material zur Bildung eines O-Horizontes besteht zum größten Teil aus abgestorbenen Pflanzenresten. Die O-Horizonte sind meist durch Niederschläge und Zersetzungsprozesse stark versauert und entbast. Skeletthumusböden haben Probleme mit wechselnden Feuchtebedingungen, da kaum Bodenkörper zu Wasserspeicherung existiert. Je tiefer der Humus aber in die Zwischenräume eingedrungen ist, desto weniger extrem ist die Austrocknung und desto größer werden der Wurzelraum und der Nährstoffspeicher.

#### **Lockersyrose:**



Das ist Boden mit geringmächtigem und humusarmem Oberboden über grabbarem Untergrund. Initialstadium der Bodenbildung von Lockergesteinen mit sehr schwacher Humusakkumulation und sehr geringer chemischer Verwitterung. Sie entwickeln sich in wenigen Jahrzehnten weiter zu Regosolen oder Pararendzinen. Nur wo die Vegetationsentwicklung ständig gestört wird bleiben sie für längere Zeit erhalten. Lockersyroseme werden v.a. vom Ausgangsgestein bestimmt. Solche Böden haben einen tiefgründigen potentiellen Wurzelraum. Wasser- und Nährstoffverhältnisse werden von der Körnung und dem Mineralbestand bestimmt.

#### **Regosol:**

Das ist ein min. 30 bis max. 40 cm mächtiger Oberboden über einem von der aktuellen Bodenbildung nicht veränderten Untergrund aus carbonatfreiem bis carbonatarmen Material. Es ist ein tiefgründiger Boden mit humusarmen Oberboden. Als Sandboden besitzen sie dann besonders niedrige Wasser- und Austauschkapazitäten.

#### **Pararendzina:**

Das ist Oberboden über einem von der aktuellen Bodenbildung nicht veränderten Untergrund aus carbonathaltigem Material. Dieser Boden besitzt höhere Sand- und Schluffgehalte als die Rendzina, hat aber sonst gleiche pH-Werte und Carbonatgehalte.

#### **Hortisol:**

Ist ein Boden mit einem > 40 cm mächtigen Oberboden mit > 4 % Humusgehalt, der durch Zufuhr organischer Substanz und intensiver Bodenbearbeitung (z.B. durch Umgraben) und Bewässerung entstanden ist. Der Hortisol hat ein gutes Wasser- und Nährstoffbindungsvermögen und hohe Nährstoffreserven (N, P).

#### **Reduktosol:**

Ist ein Boden mit redoximorphen Bodeneigenschaften. Verantwortlich dafür sind sog. Reduktgase (Methan, Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff) die den Bodensauerstoff verdrängen. Diese stammen z.B. aus Leckagen von Gasleitungen oder werden aus leicht zersetzbarer organischer Substanz unter stark reduzierenden Bedingungen durch Mikroorganismen in Müllaufträgen gebildet.

### **1.4.6 Stadtbodeneigenschaften**

Der belebte Bodenkörper besitzt spezifische physikalische und chemische Eigenschaften, die sich aus dem jeweiligen Strukturzustand ergeben. Aber auch aus der Lebenstätigkeit der Bodenorganismen und den vielfältigen Wechselwirkungen resultieren bestimmte Eigenschaften der Böden. Bodeneigenschaften sind immer ein Produkt verschiedener Entwicklungsprozesse im Boden und unterliegen einem mehr oder weniger starken Wandel.



In Stadtgebieten ist die Art und Intensität der anthropogenen Bodenbeeinträchtigungen kleinräumig sehr variabel. Bodenartenschichtungen, Zusammensetzung der Ausgangssubstrate, Grund- und Stauwasserverhältnisse sowie historische und aktuelle Nutzung verändern Bodeneigenschaften und funktionale Kennwerte. Charakteristisch für urban geprägte Bodenbildungen sind u.a. (DBG BAND 85: 1095):

- geringes Alter; keine bzw. nur schwach ausgeprägte Horizontbildung
- untypische Gefügeausbildung
- meist anthropogen umgelagertes Material
- oft starke Verdichtungen oder Verfestigungen und dadurch niedrige Luft- und Wasserspeicherkapazitäten, die Wasserleitfähigkeit ist in der Regel niedriger
- bei unverdichteten Böden allerdings ist die Luftkapazität und Wasserleitfähigkeit höher
- natürliche, technogene oder Gemenge beider Substrate als Ausgangsmaterial
- große horizontale und vertikale Substratvariabilität
- schichtweise Substratlagerung bei Auftrag / Verfüllung
- hohe Skelettgehalte, z.T. mit extremen Eigenschaften
- häufig hohe Carbonatgehalte, extreme pH-Werte auf Grund von kalkreichen Bauschuttresten und aufgewehtem Staub
- erhöhte Schadstoffgehalte durch belastete Substrate und Immissionen
- meist humusarm auf Grund intensiver Pflegemaßnahmen; es gibt allerdings auch sehr humusreiche Böden, die intensiv gedüngt wurden (Kleingärten usw.)

Es lassen sich drei Bodengruppen unterscheiden:

### **Böden natürlicher Entwicklung, die einer stadtspezifischen Veränderung unterliegen**

Solche stadtspezifischen Veränderungen können z.B. Grundwasserabsenkungen und eine nachhaltige Störung der Horizontierung sein auf Grund von Baumaßnahmen oder sonstigen Bodenaufträgen. Auch Verdichtungen und Oberflächenverkrustung sind häufig zu beobachten. Oftmals wird der Boden auch mit Stäuben, Abfällen oder Abwasser kontaminiert. Dadurch wird der Boden alkalisiert und eutrophiert. Eine erhöhte Schadstoffbelastung infolge von Hausbrand, Industrie und Verkehr trägt zudem stark zur Belastung der Böden im städtischen Bereich bei. Stadtböden sind demnach oft trockener, dichter, basischer, nährstoffreicher, aber auch schadstoffreicher als natürliche Waldböden.

### **Böden künstlicher Aufträge**

Bei Böden künstlicher oder anthropogener Aufträge hat der Mensch ein neues Gestein geschaffen, das einer Bodenentwicklung unterliegt. Dabei handelt es sich zum einen um Böden aus umgelagerten, natürlichen Substraten (z.B. Sand, Lehm, Ton, Kies, Schotter, Aufträge aus Gartenböden). Sie sind teils flächig verteilt, teils zu Wällen oder Hügeln aufgetragen. Heute werden Aufträge zudem meist mit humosem Oberbodenmaterial überdeckt. Die natürlichen Substrate lassen sich hinsichtlich ihrer Körnung unterscheiden, da diese die ökologischen Eigenschaften der Böden wesentlich prägt. So stellen Schotter, Kiese und Sande luftreiche, aber trockene Standorte dar mit geringem Nährstoffbindungsvermögen. Lehme, Tone und Mergel sind nährstoffreichere, frische bis feuchte, aber oft luftarme Standorte.



Auch Gartenböden sind Auftragsböden. Sie sind tiefgründig und humos und meistens mit Kompost oder Hausmüll, als natürlichem Bodenmaterial, überdeckt. Gleisschotter gilt ebenfalls als natürlicher Bodenauftrag. Er ist ein spezielles Substrat, das aus gebrochenem magmatischen Gestein besteht. Der Schotter lagert hierbei auf gewachsenem Boden. In seinen Fugen können Aschen und Stäube eingelagert werden, die dann für Wildpflanzen einen schwer durchwurzelbaren, trockenen Standort bilden.

Zum anderen werden auch technogene Substrate aufgetragen. Diese Aufträge wurden vom Menschen geschaffen bzw. stark verändert, wie z.B. Ziegel, Mörtel, Beton, Schlacke, Müll, Klärschlamm und Asche. Häufige Merkmale technogener Substrate sind pH-Werte, die über 7 liegen. Mit technogenen Substraten angereicherte Böden sind daher mäßig basisch. Ursache der erhöhten pH-Werte ist das häufige Vorkommen von Carbonaten und von Oxiden der Erdalkalien (Ca, Mg) und Alkalien (Na). Technogene Substrate weisen zudem einen erhöhten Kohlenstoffgehalt auf. Dieser stammt meist nicht aus humosen Stoffen, sondern liegt als reiner Kohlenstoff vor, z.B. Ruß, Kohle. Das Volumengewicht und die damit verbundene Porosität wechseln erheblich zwischen den einzelnen Substraten. Aschen zum Beispiel sind generell stark porös.

Aber auch in der Porengrößenverteilung gibt es große Unterschiede. So sind Flugaschen z.B. feinporenreich, Hausbrandaschen grobporenreich. Aschen weisen also zwar hohe Wasserspeicherkapazitäten auf, aber unterschiedliche Belüftungs-, Gas- und Wasserleitfähigkeitseigenschaften. Technogene Substrate sind meist grob textuiert und bestehen zu großen Teilen aus Skelett. Dadurch wird u.a. die Speicherkapazität für das Bodenwasser sowie für Nähr- aber auch für Schadstoffe gemindert. Ihre oft eckige Kornform erhöht die Scherfestigkeit und behindert die Durchwurzelung sowie die Aktivität der Regenwürmer. Gleichzeitig steigt aber die mechanische Belastbarkeit und die Verdichtungsneigung sinkt. Die einzelnen Körper technogener Substrate können in vielfältigen Formen auftreten. Teilweise bewirken sie eine sperrige Lagerung, woraus sich hohlraumreiche Ausgangsgesteine der Bodenbildung ergeben. (AK STADTBÖDEN 1996: 33ff.)

Durch die Mannigfaltigkeit der technogenen Substrate entstehen sehr unterschiedliche Böden mit sehr verschiedenen Eigenschaften:

**Schuttböden aus Ziegel und Mörtel** weisen sich z.B. als ein flachgründiger, steinreicher, sehr trockener und alkalischer Standort aus. Kommt es mit der Zeit zur Ansammlung von Laubstreu, stellt sich eine verstärkte Humusakkumulation ein; der Boden wird also oben feuchter, schwach sauer und mit Stickstoff angereichert. Neben Ziegel- und Mörtelbrocken können auch Kohle, Glas, Metall oder Schlacke enthalten sein. Im Allgemeinen sind diese Böden kies- und steinreich. Ziegel und Mörtel sind porös und können dadurch Wasser binden, was den Pflanzen allerdings nur wenig dienlich ist, da diese künstlichen Gesteine nicht durchwurzelbar sind.

Die **Böden aus Müll** weisen sehr extreme Verhältnisse auf. Sie sind grobdispers (wie Holz, Papier, Bauschutt, Keramik), kalkhaltig und alkalisch. Meistens enthalten sie viel eiweißreiche, leicht zersetzbare organische Substanzen, was eine starke mikrobielle Umsetzung bedingt. Unter Verbrauch und Verdrängung von Luftsauerstoff entstehen Kohlendioxid und Methan. Deshalb sind die Unterböden in



den ersten 30 bis 40 Jahren nach der Schüttung sauerstoffarm bis -frei. Metalloxyde färben diese Böden schwarz.

Am häufigsten in den Städten sind allerdings Substratmischungen vertreten. Oft werden solche Böden mit belebtem, humosem Oberbodenmaterial natürlicher Böden abgedeckt.

### **Versiegelte Böden**

Unter totaler Versiegelung (Gebäude, Teerstrassen) sind die Böden fossilisiert. Trotzdem kann man darauf Pflanzen wachsen lassen, indem man Bodensubstrat aufbringt und daraufhin eine künstliche oder natürliche Vegetation entsteht.

Bei poröser Versiegelung (z.B. Pflastersteine) bleiben Atmosphärien (Bestandteile der Luft) wirksam und die Böden dienen dann teilweise als Wurzelraum. (Dettmar & Steinke 2001: 3ff.)

### **1.4.7 Waldwachstumsbedingungen in der Stadt**

Folgende Wachstumsfaktoren sind für die Existenz höherer Pflanzen zwingend notwendig (OTTO 1994: 36):

- photosynthetisch ausnutzbare Strahlung (Sonnenlicht) und CO<sup>2</sup> für den Aufbau der Pflanzensubstanz
- Nährstoffe
- Wärme für die physiologischen Prozesse im Inneren der Pflanze
- Wasser / Luft für die Nährstoffaufnahme und für physiologische Prozesse.

Dabei stellt jede Pflanze ganz individuelle ökologische Standortansprüche und besitzt gegenüber unterschiedlichen Intensitäten eines Umweltfaktors eine gewisse Toleranzbreite. Neben diesen abiotischen Faktoren (klimatische und hydrologische Gegebenheiten, Bodenbedingungen) bestimmen auch biotische Faktoren das Wachstum, wie z.B. die vorherrschende Konkurrenz bzw. Koexistenz. (OTTO 1994: 39)

In der Entwicklung der Waldvegetation spielt der Boden eine große Rolle. Die Artenzusammensetzung des Waldes und seine Produktivität hängen wesentlich von den Bodeneigenschaften ab. Wald und Waldboden sind als Kreislaufsystem eine unteilbare Einheit. Die Wurzeln der Bäume nehmen mit dem Bodenwasser die darin gelösten Nährstoffe auf und transportieren sie über Leitungsbahnen in Blätter, Nadeln und Rinde, wo sie gespeichert werden. Durch den wiederkehrenden Nadel- und Blattfall gelangen diese über die Zersetzerkette aus Bodentierchen, Bakterien und Pilzen im Humuskörper wieder zurück in den Mineralboden.

Folgende Bodenmerkmale und Bodeneigenschaften sind für die Eignung als Pflanzenstandort bedeutend (HILLER & MEUSER 1998: 89):

- **Durchwurzelbarkeit:** eine große Profiltiefe bietet eine ausreichende Wurzelzone und ein großes Bodenvolumen für die Nährstoffaufnahme.



- **Textur / Struktur:** eine mittlere Körnung und eine gute Struktur sind wichtige Faktoren für eine günstige Porenverteilung. Sie bestimmen die Durchwurzelbarkeit, Wasserdurchlässigkeit und -speicherung sowie die Durchlüftung.
- **Bodenreaktion:** der pH-Wert hat Einfluss auf die Struktur des Bodens und die Verfügbarkeit der Nähr- / Schadstoffe.
- **Nährstoffgehalt:** ein hoher Gehalt an Nährstoffreserven und ein optimaler Gehalt an mobilen Nährstoffen bedingen eine gute Versorgung der Pflanzen mit verfügbaren Nährstoffen.
- **Humusgehalt / -zusammensetzung:** ein relativ hoher Gehalt an nährelementreichem, sorptionsstarkem Humus hat günstigen Einfluss auf die Struktur, das Bodenleben, die Sorptionseigenschaften und den Nährstoffgehalt.
- **Sorptionseigenschaften:** eine hohe Sorptionsfähigkeit bedingt eine starke Speicherung von Nährstoffen in lockerer Bindung: Pufferung gegen Überangebot, Schutz vor Auswaschung.
- **Gehalt an schädlichen Stoffen:** Abwesenheit anorganischer und organischer toxischer Stoffe.

In der Stadt wird das Pflanzenwachstum durch zwei ökologische Hauptgradienten geprägt. Neben dem Ressourcengradienten bestimmt dort auch der Nutzungseingriffsgradient die Vegetationsentwicklung. Als Nutzungseingriffe werden im weiteren Sinne alle mechanischen und chemischen Einflüsse des Menschen auf die städtische Vegetation verstanden. Diese wechselnden, teilweise sehr starken Kultureinflüsse bestimmen die Merkmale und Verbreitung der Pflanzenpopulationen, indem sie folgende drei Selektionsprozesse verstärken (AK STADTBÖDEN 1996: 92f.):

- **Stress** = Standortfaktoren, die die Zuwachsraten der Pflanzen begrenzen (z.B. Abschattung, ständige Immissionen)
- **Störung** = Vorgänge, die die pflanzliche Biomasse teilweise oder völlig zerstören (z.B. Bodenverdichtung, Ablagerungen von Abfällen)
- **Konkurrenz** = das Streben benachbarter Pflanzen nach demselben Lichtquantum, Nährstoff, Wasser oder Raum.

Gleichzeitig verändern sich auch die abiotischen Standortfaktoren in der Stadt durch die verschiedenen Nutzungseingriffe des Menschen. So gehen die heterogenen und sich ständig verändernden Böden in der Stadt sowie das stadtspezifische Klima auf die Einflüsse des Menschen zurück. (AK STADTBÖDEN 1996: 86)

#### 1.4.8 Veränderte Standorteigenschaften in der Stadt und deren Auswirkungen auf die Vegetation

Durch die teilweise stark veränderten Standorteigenschaften in Städten ergeben sich eine Reihe nachteiliger Konsequenzen für das Pflanzenwachstum, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

Besonderheiten des Stadtklimas sind, dass der Erdboden in Städten weitestgehend überbaut ist. Die Materialien der Straßen, Dächer etc. haben andere thermische Eigenschaften als „natürliche Böden“ (höhere Wärmeleitfähigkeit, größere Wärmespeicherkapazität). Sie speichern daher mehr Wärme als



die meisten natürlichen Ökosystemstrukturen. Zudem fehlt die Abkühlung durch Verdunstung und Transpiration, da wenig Vegetation, Erdboden oder andere feuchte Oberflächen vorhanden sind. Die Stadt selbst ist auch ein Wärmeerzeuger (Energiefreisetzung von Hausbrand, Industrie und Verkehr). Auf Grund der Existenz einer Schmutz- und Staubglocke über der Stadt wird zudem ein beträchtlicher Teil der von den Oberflächen reflektierten Sonnenstrahlen wieder zurückgeleitet und somit der Wärmefluss verringert (Treibhauseffekt).

Durch die Staubpartikel in der Luft, die als Kondensationskeime für Regentropfen dienen, sind die Niederschläge in der Stadt vergleichsweise höher. Allerdings verbleiben die Niederschläge nicht auf der Fläche, sondern werden wegen der größtenteils versiegelten Oberflächen rasch abgeleitet und gelangen sofort ins Kanalsystem. Dadurch fehlt auch die Verdunstung, weshalb die relative Luftfeuchte in der Stadt niedriger ist als im Umland. So ist das Klima in der Stadt im Jahresmittel um 1 bis 3°C wärmer als im Umland und gleichzeitig trockener, trotz höherer Niederschläge (rascher Oberflächenabfluss). (AK STADTBÖDEN 1996: 86)

Besonderheiten bei den Böden sind, dass Stadtböden meist nachteilige physikalische Bodeneigenschaften besitzen und eine unausgewogene Nährstoffversorgung und oftmals Bodenverschmutzungen aufweisen, was zu einer Minderung der Bodenfruchtbarkeit führt.

Durch verschiedene Nutzungseingriffe des Menschen kommt es zu folgenden Problemen:

### **1. Bodenverdichtung und die Auswirkung auf die Böden und das Pflanzenwachstum:**

Diese entsteht durch häufiges Befahren mit Maschinen oder Tritt. Der Grad der Verdichtung ist abhängig von der Gefügeform und dem organischen Gehalt der Böden. Durch Verdichtungen erhöht sich die Bodendichte, da Bodenpartikel enger aneinander gepresst werden, gleichzeitig nimmt die Porosität ab. Dabei wirkt sich die Verdichtung nicht nur auf die totale Porosität aus, sondern auch auf die Porengrößenverteilung. Grobporen ( $\varnothing > 10 \mu\text{m}$ ), die verantwortlich sind für den Bodenluftgehalt, die Wasserinfiltration und die hydraulische Leitfähigkeit, nehmen am meisten ab. Aber auch die Mittelporen ( $\varnothing 0,2$  bis  $10 \mu\text{m}$ ), die das meiste pflanzenverfügbare Wasser speichern, gehen zurück. In den Feinporen ( $\varnothing < 0,2 \mu\text{m}$ ) ändert sich die Porengeometrie. Dadurch werden Poren unterbrochen. Es kommt zu Porensprünge, die durch künstliche Scherprozesse verstärkt werden. Die vielen Feinporen in verdichteten Böden halten das Bodenwasser kapillar so fest, dass es die Pflanzenwurzeln praktisch nicht mehr aufnehmen können. Die Wasser- und Nährstoffbewegungen sind dadurch verändert und die Bewegungsraten insgesamt langsamer. Die Anfälligkeit für Trockenheit wächst und die effiziente Nährstoffaufnahme ist vermindert. Durch die Porenreduktion wird auch der Lebensraum für sauerstoffbedürftige Mikroorganismen und bodenbildende Kleinlebewesen erheblich verschlechtert. Der Streuabbau und die Mineralisation von organischer Substanz gehen zurück. Die verminderte Luftkapazität beeinträchtigt Bäume, die eine Symbiose mit Mykorrhizapilzen haben. Aber auch andere Baumarten werden behindert. Bei einem Sauerstoffgehalt  $< 12 \%$  sterben die Pflanzenwurzeln ab und damit dann die ganze Pflanze. (FELLENBERG 1991: 70)

Anaerobe Verhältnisse beeinflussen auch den Oxidationszustand wichtiger Elemente im Boden. Teilweise werden sie in unlösliche Formen überführt, die die Pflanze nicht mehr aufnehmen kann (z.B.



Sulfate). Teilweise in lösliche Formen reduziert, so dass eine so hohe Konzentration des Elements entsteht, die toxisch auf Pflanzen und Bodenlebewesen wirkt (z.B. Mangan). Bei anaeroben Verhältnissen droht auch Stickstoffverlust durch denitrifizierende Bakterien.

Der physikalische Widerstand von hoch verdichteten Böden behindert zudem die Wurzelpenetration. Dies hat ein gehemmtes Pflanzenwachstum zur Folge. Da die Baumwurzeln den Weg des geringsten Widerstandes gehen, entwickeln sich die Wurzeln nur oberflächlich und sind spärlich verzweigt. Dadurch erreichen sie nicht mehr den Steigwasserbereich des Grundwassers.

Auch eine verdichtete Bodenoberfläche ist sehr schädlich. Abhängig vom Wassergehalt und Verdichtungsgrad weist der Boden Änderungen in der Infiltrationsrate auf, die bis zehnmal langsamer sind als bei unverdichteten Böden. Verdichtete Oberflächen rufen Erosion von Bodenmaterial und Pflanzenresten hervor auf Grund der steigenden Geschwindigkeit und Kraft des Abflusses. Als Folge sind die Niederschläge und die Nährstoffe für das Pflanzenwachstum verloren.

## **2. Eingriffe in den Bodenwasserhaushalt und die Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum:**

Auf Grund von Grundwasserabsenkungen und Oberflächenversiegelung ist der Wasserhaushalt in Stadtböden größtenteils gestört. Es lässt sich eine starke Standortnivellierung feststellen. Dies bezieht sich einerseits auf ehemals nasse oder feuchte Standorte, die mit technischen Mitteln trockengelegt werden. Andererseits auf Trockenstandorte, die durch den Auftrag von Boden höherer Feldkapazität (Mutterboden) gärtnerisch nutzbar gemacht werden. Somit gehen Extremstandorte für besondere Pflanzenarten verloren und das Artenspektrum wird vermindert.

## **3. Fehlender Humus und die Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum:**

Urbane Böden haben meist Mangel an organischem Material, da abgestorbene Pflanzenteile vom Menschen durch die Pflege entfernt werden. Organisches Material ist jedoch die Hauptenergiequelle für das Bodenleben. Durch fehlenden Humus kommt es somit zu einer Verarmung an Kleinlebewesen im Boden. Dieser wird nicht mehr richtig durchmischt, was zu einer schlechteren Belüftung des Bodens führt.

Gleichzeitig werden durch den Mangel an Bodenlebewesen weniger stabile Aggregate produziert. Das hat negative Auswirkungen auf die Struktur des Bodens und somit ebenfalls auf seine Belüftung sowie auf seine Wasserspeicherkapazität. Durch den gestörten Wasser- und Lufthaushalt werden die Pflanzenwurzeln beeinträchtigt und damit das ganze Pflanzenwachstum. (FELLENBERG 1991: 70)

Durch die verminderte Bodenlebenaktivität wird zudem der natürliche Stoffkreislauf unterbrochen, was allmählich zu Veränderungen des Mineralstoffgehaltes in den Böden führt. Im Laufe der Zeit kommt es zu einer Verarmung der Böden an bestimmten Pflanzennährstoffen. Vor allem Defizite des Kalium- und Phosphatgehaltes sind zu verzeichnen, wodurch das Pflanzenwachstum deutlich gemindert wird.

## **4. Stoffeintrag / Immissionen:**

Dagegen sind Stickstoff- und Kalziumverbindungen in der Regel ausreichend vorhanden. Das Kalzium stammt meist aus den Baustoffabfällen, die Stickstoffeinträge im Wesentlichen aus den Emissionen von



Hausheizung, Verkehr und Industrie. Es kommt zu Nährstoffungleichgewichten, die das Pflanzenwachstum mindern. Durch die Anreicherung mit Kalk steigt der pH-Wert. Abhängig vom Ausgangsmaterial kann er in urbanen Böden sehr unterschiedlich sein. In Mitteleuropa ist er oft zu hoch für verschiedene Baumarten. Hoher Boden-pH fördert schädliche Phänomene und Mangelernährung der Bäume. Die meisten Bäume bevorzugen einen pH-Wert von 4,5 bis 7. Der Boden-pH beeinflusst viele Prozesse, wie die Freiwerdung, Verfügbarkeit und Aufnahme von Nährstoffen und Schadstoffen aus dem Boden. Bei  $\text{pH} < 4$  werden Schwermetalle verfügbar und können Mn- und Al-Toxizität hervorrufen. Bei  $\text{pH} > 7,5$  ist die Pflanzenverfügbarkeit von Mikronährstoffen wie B, Fe, Zn, Mn, Cu vermindert, weil sie unlöslich bleiben. Ein hoher pH-Wert beeinflusst die Qualität und Quantität der Mykorrhiza und ändert die Pilzartenzusammensetzung, -diversität und -vitalität.

Stadtböden sind auch häufig mit Schwermetallen belastet, wodurch in erster Linie die Bodenorganismen geschädigt werden. Das führt zu einer verminderten biologischen Aktivität des Bodens und damit zu einer gehemmten Nährstoffnachlieferung, die wiederum Veränderungen bzw. Verarmungen in der Vegetation hervorruft. So verschieben sich die Konkurrenzverhältnisse im Vegetationsbestand zugunsten der „anspruchslosen“ Arten.

#### 1.4.9 Beispiele für den Einfluss von Böden auf die Vegetation sowie den Einfluss der Vegetation auf die Böden

Wie bereits erläutert, werden das Baumwachstum und die Baumentwicklung unterschiedlich von den jeweiligen Bodeneigenschaften beeinflusst. Dabei entwickeln sich verschiedene Baumarten auf ein und demselben Boden ebenfalls unterschiedlich. Gleichzeitig ändert das Baumwachstum wiederum die physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften. Dieser Zusammenhang wird im Folgenden anhand einer Studie, die auf einem Lössplateau in China durchgeführt wurde, weiter verdeutlicht. (CAO ET AL. 2007: 208ff.)

Hierbei hat man auf 3 verschiedenen Böden (Löss, Rohboden, Tonboden) 6 verschiedene Baumarten aufgeforstet (Einzelartenpflanzung und Mischpflanzungen) und über 9 Jahre lang ihre Entwicklung (Kronengröße, Kronenschlussdichte, Wurzelwachstum) beobachtet, sowie die physikalischen und chemischen Bodenveränderungen untersucht.

Die Böden hatten zum Zeitpunkt der Aufforstung folgende Eigenschaften:

- **Lössboden:** > 20 % Sand; < 30 % Ton; 3,76 g / kg org. Material; Porosität = 52,08 %
- **Rohboden:** > 70% Sand; > 10% Skelett; 1,45 g/kg org. Material; Porosität = 41,89%
- **Roter Tonboden:** < 40 % Ton; 2,30 g / kg org. Material; Porosität = 44,91 %

Die jährlichen Niederschläge lagen im Durchschnitt bei 547,4 mm / a, die pot. Evaporation bei 793,7 mm / a und die Durchschnittstemperatur bei 9,4 °C.



## Ergebnisse Pflanzenentwicklung:

Im Durchschnitt konnte man auf den Tonböden das beste Pflanzenwachstum mit einer durchschnittlichen jährlichen Zuwachsrate von > 0,5 m feststellen. Aber auch auf den Rohböden zeigte sich nach 9 Jahren eine gute Pflanzenentwicklung. Dabei schnitt die Baumart *Robinia pseudoacacia* bei der Einzelpflanzung am besten ab, bei der Mischpflanzung *Caragana korshinskii* mit *Robinia pseudoacacia*.

Tab. 1 Wachstum und Entwicklung sechs verschiedener Baumarten, (CAO ET AL. 2007:211)

	Single-species plantations							Mixed-species plantations			
	<i>Pt</i>	<i>At</i>	<i>Ck</i>	<i>Hr</i>	<i>Rp</i>	<i>Po</i>	Mean	<i>Pt + Hr</i>	<i>Po + Hr</i>	<i>Rp + Ck</i>	Mean
9th-year survival rate (%)											
Loess	70.0	65.3	80.0	55.7	81.8	79.2	72.0	65.5	67.4	83.5	72.1
Red clay	55.3*	77.4	67.9	83.5*	82.7	78.3	74.2*	75.0*	77.0*	80.9	77.6*
Bedrock-derived	42.4*	68.7	59.2	74.0*	78.3	80.0	67.1*	57.3	77.0*	74.8	69.7
Mean 9-year growth increment (m year <sup>-1</sup> )											
Loess	0.78	0.48	0.27	0.32	0.49	0.19	0.42	0.58	0.27	0.38	0.41
Red clay	0.56*	0.45	0.20	0.51*	1.07*	0.22	0.50*	0.56	0.38*	0.63*	0.52*
Bedrock-derived	0.42*	0.29	0.19	0.35	0.88*	0.22*	0.39	0.42*	0.31	0.58*	0.44*
9th-year canopy area (m <sup>2</sup> )											
Loess	2.28	2.93	0.83	2.11	3.56	0.26	2.00	2.93	1.39	2.47	2.26
Red clay	1.24**	2.65*	0.50	4.84*	8.68*	0.29	3.03*	3.38	2.75*	4.64*	3.59*
Bedrock-derived	0.72*	0.97*	0.70	2.77*	8.57*	0.29	2.34*	2.00	1.75*	4.84*	2.86*
9th-year canopy density (%)											
Loess	26.60	31.91	11.05	19.54	48.58	3.80	23.58	34.46	15.58	34.33	28.12
Red clay	11.43*	34.15*	5.70	67.40*	100*	3.76	37.07*	45.14	35.34*	62.62*	47.70*
Bedrock-derived	5.09*	11.13*	6.92	34.16*	100*	3.84	26.86*	21.58	22.41*	60.38*	34.79*

Notes: Individual values have been rounded; calculated values such as means used the raw data. *Pt*, *Populus tremula*; *At*, *Acer truncatum*; *Ck*, *Caragana korshinskii*; *Hr*, *Hippophae rhamnoides*; *Rp*, *Robinia pseudoacacia*; *Po*, *Platycladus orientalis*; *Pt + Hr*, *P. tremula* + *H. rhamnoides*; *Po + Hr*, *P. orientalis* + *H. rhamnoides*; *Rp + Ck*, *R. pseudoacacia* + *C. korshinskii*.

Significance levels (difference compared with the loess soil, F-test): \* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ .

Beim Wurzelwachstum konnte man feststellen, dass sich in der Gesamtwurzelmasse der Lössstandort kaum vom Tonstandort unterschied (486 bzw. 463 g / m<sup>3</sup>). Bei den Rohböden war eine Gesamtwurzelmasse von 407 g / m<sup>3</sup> zu verzeichnen. Generell war auf den Lössböden das Wurzelsystem tiefer ausgeprägt. Grund hierfür war die beschränkte Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen in den obersten Horizonten.



Tab. 2 Wurzelintensität und Verteilung in verschiedenen Bodenhorizonten in gDW / m<sup>3</sup>, ( CAO ET AL. 2007: 212)

Soil layer depth (cm)	Soil type	Single-species plantations							Mixed-species plantations			
		<i>Pt</i>	<i>At</i>	<i>Ck</i>	<i>Hr</i>	<i>Rp</i>	<i>Po</i>	Mean	<i>Pt + Hr</i>	<i>Po + Hr</i>	<i>Rp + Ck</i>	Mean
0–20	Loess	91	81	25	72	97	6	62	81	41	63	61
	Red clay	97	169*	38	98*	116	6	87*	103*	53*	75*	77*
	Bedrock-derived	63	166*	34	106**	119	4	82*	88*	56*	78*	74*
20–40	Loess	207	169	113	210	228	56	163	207	131	169	169
	Red clay	260*	219*	103	241	257	77*	193*	241*	153*	185	193*
	Bedrock-derived	210	225*	113	219	250	75*	182*	213	147*	185	182*
40–60	Loess	263	91	41	247	235	34	151	254	141	138	178
	Red clay	144*	75	53	194	188	31	114	178*	122	131	144
	Bedrock-derived	116*	81	44	141	147	28	93	191*	85	103	126
60–80	Loess	188	169	38	104	138	25	110	144	63	88	98
	Red clay	81*	103*	19*	97	94*	22	69*	88*	59*	63*	70**
	Bedrock-derived	53**	75**	22*	69*	63*	19*	50**	122**	53*	59*	78*
80–100	Loess	6	44	13	19	59	3	24	13	9	34	19
	Red clay	9	9*	3	9	38*	3	12*	9	6	19*	12*
	Bedrock-derived	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Total (0–80)	Loess	749	510	217	633	698	121	486	686	376	458	506
	Red clay	582	566	213	630	655	136	463	610	387	454	484
	Bedrock-derived	442*	547	213	535	579	126	407*	614	341	425	460*

Notes: No value is provided for the bedrock-derived soil at a depth of 80–100 cm because the soil was too shallow, therefore sampling either did not reach this depth or the soil was too compacted to excavate at this depth. Individual values have been rounded; calculated values such as means used the raw data. *Pt*, *P. tremula*; *At*, *A. truncatum*; *Ck*, *C. korshinskii*; *Hr*, *H. rhamnoides*; *Rp*, *R. pseudoacacia*; *Po*, *P. orientalis*; *Pt + Hr*, *P. tremula* + *H. rhamnoides*; *Po + Hr*, *P. orientalis* + *H. rhamnoides*; *Rp + Ck*, *R. pseudoacacia* + *C. korshinskii*.

Significance levels (difference compared with the loess soil, *F*-test): \**p* < 0.05; \*\**p* < 0.01.

## Ergebnisse Bodenveränderungen:

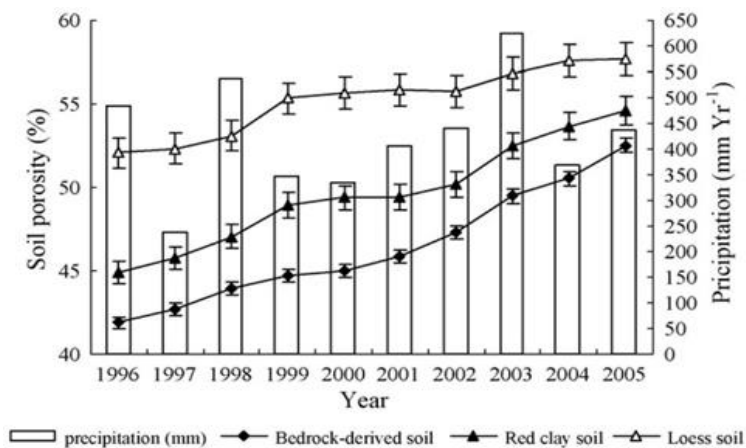


Abb. 2: Änderungen in der Porosität zwischen 1996 und 2005, (CAO et al. 2007: 212ff.)

Die Untersuchungen zeigten, dass zu Beginn die Ton- und Rohböden, die grobkörnig und teilweise steinig waren, ein niedrigeres Nährstofflevel und eine geringere Porosität als die Lössböden aufwiesen. So hatten die Tonböden ca. 31 % weniger N und eine ca. 8 % geringere Porosität als Löss. Die Rohböden hatten sogar ca. 36 % weniger N und eine ca. 20 % geringere Porosität. Am Ende der Studie allerdings hatte die Porosität in den Rohböden und Tonböden soweit zugenommen, dass der Unterschied zu den Lössböden nur noch ca. 5 bzw. 3 % betrug. Auch der N-Gehalt hatte in allen drei Böden zugenommen und die Unterschiede der Ton- und Rohböden im Vergleich zu den Lössböden sanken auf ca. 6 bis 7 % (Löss = 0,65 g / kg, Ton = 0,61 g / kg, Rohboden = 0,57 g / kg). Der Gehalt an organischer Substanz stieg ebenfalls in allen Böden an, vor allem in den Rohböden. So hatten die Lössböden zu Beginn einen C-Gehalt von 3,76 g / kg. Die Ton- und Rohböden einen ca. 39 % bzw.

61 % geringeren Gehalt. Nach neun Jahren allerdings betrugen die Werte für Löss = 5,32 g / kg, Ton = 6,07 g / kg, Rohboden = 5,49 g / kg.

Durch die Ergebnisse dieser Studie wird der Zusammenhang zwischen Pflanzenwachstum und einem Anstieg der C- und N-Vorräte sowie einer Zunahme der Porosität deutlich und somit auch die positiven Auswirkungen, die Bäume auf Böden haben.

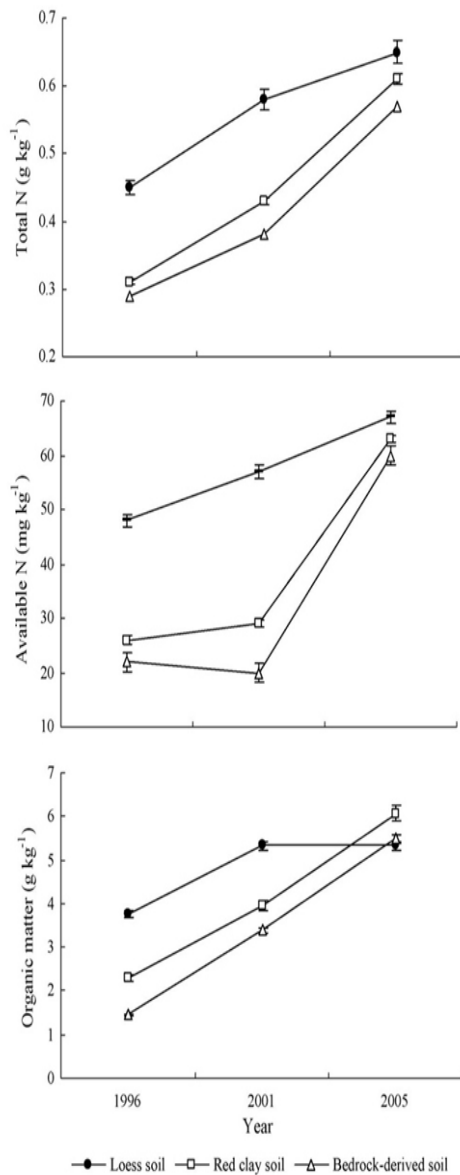


Abb. 3: Änderungen im Nährstofflevel (org. Substanz, totaler N-Gehalt, verfügbarer N-Gehalt) im Oberboden (30cm) zwischen 1996 und 2005 (EIGENE DARSTELLUNG)



## 2 Bodenkundliche Untersuchung auf sechs Brachflächen in Leipzig

Auf den ursprünglichen zehn Modellflächen kommen nach der Stadtbodenkartierung Leipzig (2008) folgende Bodentypengruppen vor:

Tab. 3 Übersicht der Bodentypengruppen des Hauptbodens, (EIGENE DARSTELLUNG)

Bodentypengruppen (BTG) des Hauptbodens		Fläche in ha	Fl.-Anteil in %
Hortisol	Auf gewachsenen Böden glazialer Sedimente	3,98	6,99
	Auf gewachsenen Böden fluviatiler / kolluvialer Sedimente	0,06	0,11
	Auf mächtigen umgelagerten natürlichen Substraten	< 0,01	< 0,01
Allosol	Auf < 10 dm umgelagerten natürlichen Substraten über gewachsenen Substraten	2,88	5,18
Lockersyrosem	Auf < 10 dm umgelagerten natürlichen Substraten über gewachsenen Substraten	34,01	61,25
	Auf mächtigen umgelagerten natürlichen Substraten	1,06	1,92
Versiegelungsflächen	Über gewachsenen Böden	0,06	0,11
	Auf mächtigen umgelagerten natürlichen Substraten	< 0,01	< 0,01
Überbaute Flächen	Mit abgetragenen natürlichen Böden	13,57	24,44

Lockersyroseme treten unter den Hauptbodengruppen mit einem Flächenanteil von über 63 % am häufigsten auf. Hortisole sind mit bis zu 7 % Flächenanteil auf den Modellflächen vertreten. Allosole ist mit rund 5 % zu finden. Versiegelungsflächen werden nach der Stadtbodenkartierung mit 0,11 % Flächenanteil ausgewiesen und überbaute Flächen mit über 24 % an der Gesamtfläche. Die nach der Stadtbodenkartierung als überbaute Flächen ausgewiesenen Bereiche beziehen sich hauptsächlich auf die Modellfläche Merseburger Straße Süd, die Angerstraße / Erich-Köhn-Straße und die Ludwig-Erhard-Straße, weshalb diese Flächen für die zusätzliche stichprobenartige Felduntersuchung der Böden erst einmal ausgeklammert wurden.



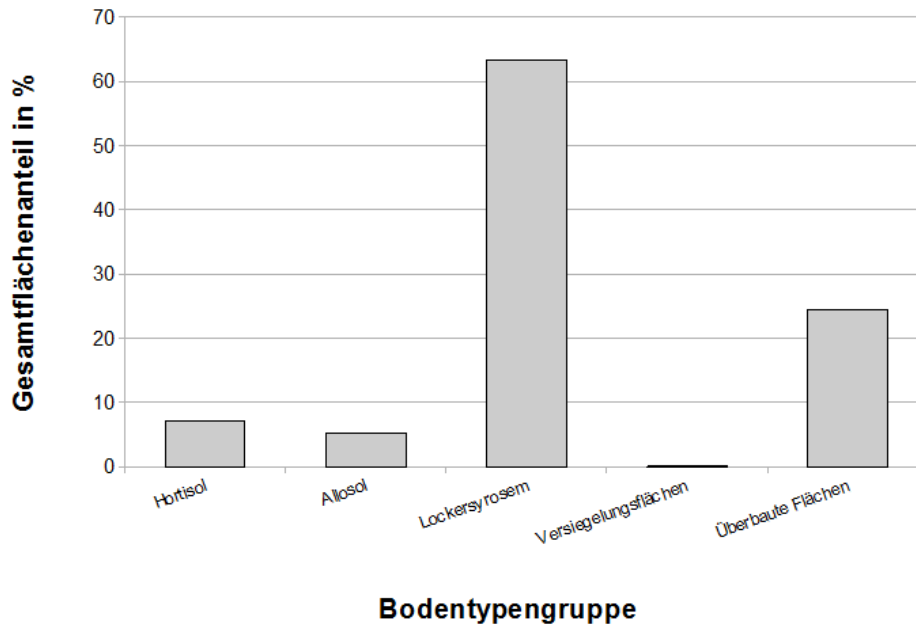


Abb.4: Flächenanteilsverteilung der Bodentypengruppen, (EIGENE DARSTELLUNG)

Für die 2011 durchgeführte ökologische Bodenbewertung wurden folgende zwei Bodenfunktionen näher betrachtet:

### 1. Der Boden als Ausgleichskörper im Wasserhaushalt

Hierunter ist zunächst zu verstehen, dass das Niederschlagswasser in den Boden eindringt, in Wechselwirkung mit der Bodenmatrix tritt, und nach unterschiedlich langer Verweilzeit auf verschiedene Art und Weise vom Boden wieder abgegeben wird. Im Gegensatz dazu kann ein Boden nicht ausreichend am Wasserkreislauf teilnehmen, wenn er z.B. vollständig versiegelt, verschlämmt oder stark verdichtet ist. Daraus resultieren dann unerwünschte Nebeneffekte, wie z. B. erhöhter Oberflächenabfluss, geringere Grundwasserneubildung und Erosion. Es ist daher darauf zu achten, dass Böden mit einer hohen Infiltrations- und Speicherefähigkeit in ihrer Funktion erhalten bleiben.

Damit der Boden als Bestandteil des Wasserkreislaufs funktionieren kann, muss das Wasser zunächst in den Boden eindringen (Infiltration) und darf nicht in größeren Mengen als Oberflächenabfluss verloren gehen.

- Kriterium: Fähigkeit des Oberbodens zur Wasseraufnahme
- Parameter: gesättigte Wasserleitfähigkeit, abgeleitet aus Bodenart und effektiver Lagerungsdichte

Ist das Wasser in den Boden eingedrungen, kann es von diesem gespeichert werden. So wird der oberflächige Abfluss reduziert, der bei hohen Niederschlägen zum Überquellen der Flüsse führt. Zugleich wird das lebenswichtige Wasser der Vegetation zur Verfügung gestellt.



Bewertet wird also die Fähigkeit des Bodens, Sickerwasser entgegen der Schwerkraft zu halten. Je mehr Wasser die ungesättigte Bodenzone speichern kann, desto besser ist er geeignet, hohe Sickerwasserraten, etwa nach Starkregenereignissen, abzupuffern und so das Grundwasser vor einem direkten Eintrag zu schützen.

- Kriterium: Rückhaltevermögen des ungesättigten Bodens für Sickerwasser
- Parameter: nutzbare Feldkapazität des ungesättigten Bodenraumes, abgeleitet aus Bodenart, Humusgehalt, Trockenrohdichte und Skelettanteil

Somit wird anhand der gesättigten Wasserleitfähigkeit und der nutzbaren Feldkapazität abgeschätzt, wie viel Niederschlagswasser ein trockener Boden aufnehmen kann, bevor es zu Oberflächenabfluss kommt.

## 2. Der Boden als Lebensgrundlage für Pflanzen

Für das Pflanzenwachstum müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Kriterium: Eignung des Bodens als Pflanzenstandort
- Parameter:
  - Durchwurzelbarkeit, abgeleitet aus Porosität, Lagerungsdichte, Stabilität der Aggregate und Skelettanteil.
  - eff. Wurzelraum (We), abgeleitet aus Bodenart und Lagerungsdichte.
  - Lufthaushalt (LK), abgeleitet aus Bodenart, Trockenrohdichte, Humusgehalt.
  - Bei einer Luftkapazität (= Volumen der nicht wasserleitenden Poren  $\varnothing < 10 \mu\text{m}$ ), die kleiner 10 % ist, ist die Wurzelatmung gehemmt.
  - Nährstoffhaushalt (vorhandene Mengen an verfügbaren und mobilisierbaren Nährstoffen), abgeleitet aus der Kationenaustauschkapazität (KAK) und dem S-Wert, der einen allgemeinen Anhalt über das Angebot an verfügbaren Nährstoff-Kationen liefert, v.a.  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ .
  - Wasserhaushalt (nFKWe), abgeleitet aus nFK und We.

Entscheidend für die Wasserversorgung der Pflanzen ist der im Wurzelraum verfügbare Anteil des Bodenwassers (nutzbare Feldkapazität im eff. Wurzelraum). Der mittlere Wasserbedarf von Pflanzen während der Vegetationszeit liegt bei ca. 300 mm.

Bei der Interpretation der gewonnenen Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass Leipzig in der gemäßigten Klimazone im Übergangsbereich zwischen maritimem und kontinentalem Klima liegt. Die Niederschlagsmenge steigt von Westen mit durchschnittlich 480 mm/a nach Südosten mit durchschnittlich 640 mm/a an. In Nordwestsachsen treten jedoch die geringsten Niederschläge und die höchste potenzielle Verdunstung und damit die geringste klimatische Wasserbilanz (KWB) auf.

So übertrifft im Raum Leipzig die potenzielle Verdunstung die Niederschlagshöhe von ca. 600 mm bzw.  $\text{l/m}^2$ . Bereits im April liegt die potenzielle Verdunstung über den Niederschlägen und erst im Oktober erreichen die Niederschläge geringfügig höhere Werte als die potenzielle Verdunstung. In den Monaten



Mai bis August erreicht die KWB ein Defizit von ca. 110 l/m<sup>2</sup>. Diese Wassermengen werden in Böden mit einer mittleren nutzbaren Feldkapazität durch die im Boden gespeicherten Herbst- und Winterniederschläge bereitgestellt. Bei dieser Betrachtung von Durchschnittswerten bleibt das Verhalten in abweichenden Jahren unberücksichtigt. So kann z.B. in Trockenjahren von Mai bis August ein KWB - Defizit von über 200 l/m<sup>2</sup> entstehen, das nur von Böden mit einer sehr hohen nutzbaren Feldkapazität kompensiert werden kann (LFUG 2007: 9f.), durch den Klimawandel werden sich die bereits herrschende Trockenheit und die hohen klimatischen und lufthygienischen Belastungen der Stadt Leipzig weiter verstärken (BURKHARD ET AL. 2008: 130f.).

## 2.1 Bodenkundliche Untersuchungsmethodik

- Aufnahme der Situation vor Ort mittels Formblättern. Aufgenommen wurden: Kleinrelief, Vegetation, Versiegelung, aktuelle Nutzung, Flächennutzung im Umfeld, Sonstiges.
- Anlage einer Profilgrube an einer repräsentativen Stelle von einer durchschnittlichen Tiefe von ca. 45 cm mit dem Spaten und teilweise mit dem Pürckhauerbohrer.
- Aufnahme der Profile mit Hilfe der KA5 auf eigens erstellten Formblättern. Folgende Merkmale wurden aufgenommen: Lagenmächtigkeit, Farbe, Bodenart, Skelettgehalt, Humusgehalt, Gefüge, Lagerungsdichte, Carbonatgehalt, pH-Wert.
- Die einzelnen Lagen und Bodentypen wurden nach der KA5 klassifiziert.
- Ableitung weiterer relevanter Bodenparameter nach KA5 für die einzelnen Bodenlagen: FK, LK, nFK, PWP, KAK, S-Wert, We, nFKWe, kf.
- Summierung der Bodenparameter für den effektiven Wurzelraum.
- Bewertung der Parameter

Im Folgenden werden zur Ergänzung der Bodenkarten stichprobenhaft aufgenommene Profile auf ausgewählten Modellflächen vorgestellt und ausgewertet.

## 2.2 Bodenprofile

### 2.2.1 Stadtgärtnerei Holz

#### 2.2.1.1 Bodenprofil vor Umgestaltung (Gewerbebrache)

Laut Stadtbodenkartierung ist auf dieser Fläche primär die Bodentypengruppe Hortisol vorzufinden. Es sind keine Altlasten vorhanden.



Tab. 4 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Stadtgärtnerei Holz (EIGENE DARSTELLUNG)

Standortmerkmale	
Räumliche Einordnung	Lage innerhalb vorhandener Grünflächen und im LSG, an Friedhof und Kleingärten angrenzend
Größe	4,2 ha
Kleinrelief	ebenes Gelände mit bereits aufgeforstetem Gehölz
Geschätzter Versiegelungsgrad	10 %
Ehemalige Nutzung	brachgefallene Gärtnerei
Flächennutzung im Umfeld	Wald, Grünfläche, Wohnen
Bodenfruchtbarkeit	61 - 70
Grundwasserleiter	saaleeiszeitliche Schotterterrasse
Teufe	4 m
Grundwasserneubildung	Standort geeignet
Vegetation	Aufgeforstete Obst- und Wildgehölze
Vorschläge Waldstruktur	niedriger Bestand mit einzelnen Bäumen





Abb. 5: Lage des Standortes der Profilaufnahme 1 (EIGENE DARSTELLUNG)

### Beschreibung und Bewertung der aktuellen Bodensituation:

Es handelt sich um einen Hortisol, der sich über die Jahre auf dem Gelände der ehemaligen Stadtgärtnerei durch Umgraben und Kompostzugabe entwickelt hat. Es befindet sich natürliches, autochthones Substrat ohne technogene Beimengung auf der Fläche.

Folgende Horizonte können unterschieden werden:

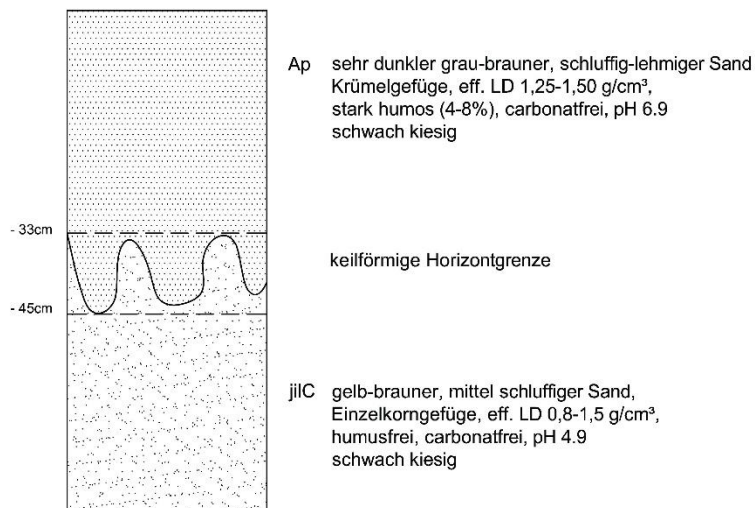


Abb. 6: Unterscheidung der Bodenhorizonte, Profil 1 (EIGENE DARSTELLUNG)

Der Ap-Horizont ist 33-45 cm mächtig mit keilförmiger Horizontgrenze, die auf die Bodenbearbeitung zurückzuführen ist. Es handelt sich um einen stark humosen, schluffig-lehmigen Sandboden mit Krümelgefüge im neutralen Bereich. Ab ca. 45 cm Tiefe folgt ein humusfreier, mittel schluffiger Sandboden im mäßig sauren Bereich.



Im Folgenden ist die Verteilung des Bodenvolumens auf die einzelnen Komponenten dargestellt:

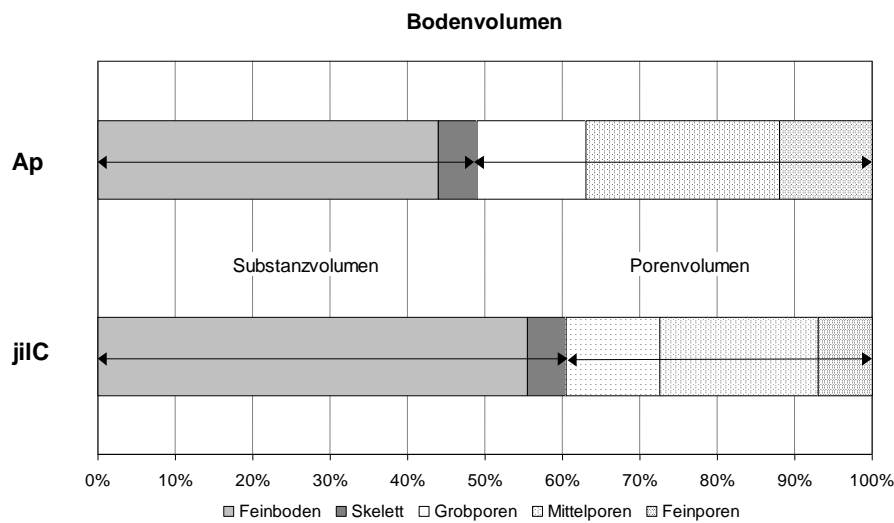


Abb. 7: ..... Verteilung des Bodenvolumens im Stadtgärtnerei Holz (EIGENE DARSTELLUNG)

### Bewertung der Standorteigenschaften:

Die Ausprägung der Standorteigenschaften stellt sich im Überblick wie folgt dar:

Tab. 5 Standorteigenschaften, Profil 1 (EIGENE DARSTELLUNG)

We [dm]	nFK <sub>We</sub> [l/m <sup>2</sup> ]	LK [Vol-%]	FK [Vol-%]	KAK <sub>We</sub> [cmol <sub>c</sub> /kg]	S <sub>We</sub> [cmol <sub>c</sub> /m <sup>2</sup> ]	~ kf-Wert [cm/d]	Re- tentions- vermögen
7	164 (h)	13 (h)	33 (m)	15 (h)	97 (h)	26 (m)	(h)

**Durchwurzelbarkeit:** Der Boden kann als tiefgründig eingeschätzt werden, da keine Verfestigungen, hohe Steingehalte oder sonstige starke Eigenschaftenwechsel festgestellt wurden. Der eff. Wurzelraum liegt bei ca. 7 dm.

**Wasserhaushalt:** Die Wasserkapazität im eff. Wurzelraum liegt bei ca. 235 l/m<sup>2</sup> und kann als mittel bewertet werden. Die ökologisch entscheidende nFK<sub>We</sub> liegt bei ca. 164 mm und kann als hoch eingestuft werden. Ein kapillarer Aufstieg aus dem Grundwasser (Teufe 4 m) in den Wurzelraum ist nicht möglich. Unter den Klimaverhältnissen von Leipzig handelt es sich daher für Gehölze um einen mäßig frischen Standort.

**Lufthaushalt:** Auf Grund der guten Bodenstruktur und dem hohen Sandanteil kann die Luftkapazität als hoch eingestuft werden.

**Nährstoffhaushalt:** Wegen des hohen Humus- und Schluffgehalts in der oberen Lage ist die KAK dort sehr hoch. Der S-Wert als ein grobes Maß für das Angebot an verfügbaren Nährstoff-Kationen (v.a. Ca+ und Mg+) wird als hoch eingestuft (20 cmol<sub>c</sub>/kg). Darunter ist die KAK als gering zu bewerten auf Grund des fehlenden Humus und des sehr geringen Tonanteils. Der S-Wert liegt bei 2,8 cmol<sub>c</sub>/kg und wird ebenfalls als gering eingestuft. Insgesamt handelt es sich um einen nährstoffreichen Standort.

Aus den Standorteigenschaften folgt eine weitgehend uneingeschränkte Eignung als Pflanzenstandort.



### Bewertung des Retentionsvermögens:

Insgesamt weist der Boden eine mittlere Wasserleitfähigkeit (26 cm/d) auf. Das Wasserspeichervermögen ist im 1. Horizont als hoch einzustufen auf Grund des Humus- und Tonanteils. Im 2. Horizont ist die nFK als mittel einzustufen auf Grund des hohen Sandanteils. Insgesamt liegt die Wasserspeicherkapazität bei 164 mm und kann als hoch bewertet werden.

Daraus folgt insgesamt ein hohes Retentionsvermögen. Mittlere Niederschläge können vollständig infiltrieren.

### 2.2.1.2 Bodenprofil nach Umgestaltung (Urbaner Wald)

Tab. 6 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Stadtgärtnerei Holz nach Umgestaltung (EIGENE DARSTELLUNG)

Standortmerkmale	
Räumliche Einordnung	Lage innerhalb vorhandener Grünflächen und im LSG, an Friedhof und Kleingärten angrenzend
Größe	4,2 ha
Kleinrelief	leicht welliges, heterogenes Gelände mit bereits aufgeforsteten Bereichen und Schotterflächen
Geschätzter Versiegelungsgrad	10 %
Aktuelle Nutzung	brachgefallene Gärtnerei
Sonstige Beschreibung	Müll (PVC-Rohre, Metall, Glasscherben)
Flächennutzung im Umfeld	Wald, Grünfläche, Wohnen
Bodenfruchtbarkeit	41 - 50
Grundwasserleiter	saaleiszeitliche Schotterterrasse
Teufe	3,5 m
Grundwasserneubildung	Standort geeignet



Vegetation

Aufgeforstete Obst- und Wildgehölze

Vorschläge Waldstruktur

niedriger Bestand mit einzelnen Bäumen



Abb. 8: Standort der Profilaufnahme 2 auf den entsiegelten Flächen (SCHWARZ, 2010)

### Beschreibung und Bewertung der aktuellen Bodensituation:

Es handelt sich um einen Allosol auf dem ehemaligen Standort eines Gewächshauses, der in Folge als Pflanzfläche genutzt wurde. Nach dem Abriss wurde eine ca. 22 cm mächtige Schicht aus natürlichem Substrat mit hohem Skelettanteil und technogenen Beimengungen aufgetragen.

Folgende Horizonte können unterschieden werden:

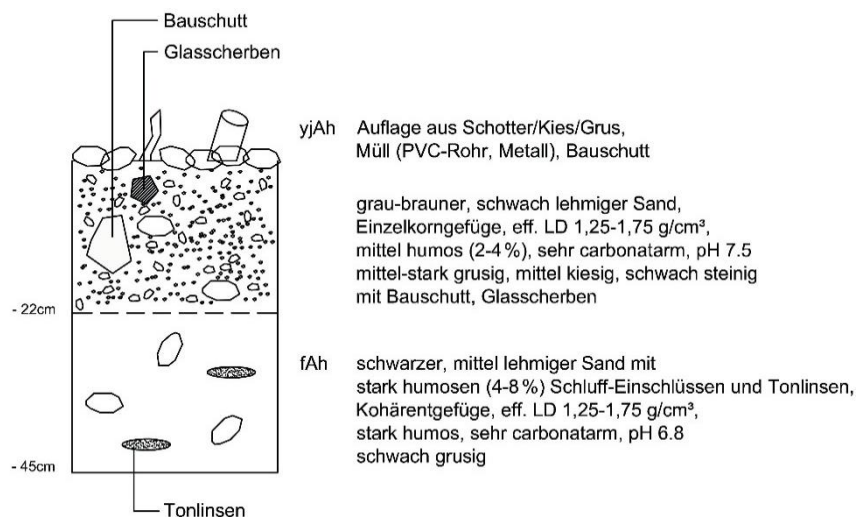


Abb. 9: Unterscheidung der Bodenhorizonte, Profil 2, (EIGENE DARSTELLUNG)

Der yjAh-Horizont besteht aus schwach lehmigem Sand, der stark skeletthaltig ist (> 40 %) und technogene Beimengungen wie Bauschutt und Glasscherben aufweist. Diese aufgetragene Schicht ist mittel



humos, kalkarm und sehr schwach alkalisch. Sie besitzt ein sehr geringes Porenvolumen und ist vermutlich durch das Überfahren mit Maschinen verdichtet. Ab ca. 23 cm Tiefe folgt ein lehmiger Sandboden mit stark humosen Schluff-Einschlüssen und Tonlinsen im neutralen Bereich.

Im Folgenden ist die Verteilung des Bodenvolumens auf die einzelnen Komponenten dargestellt:

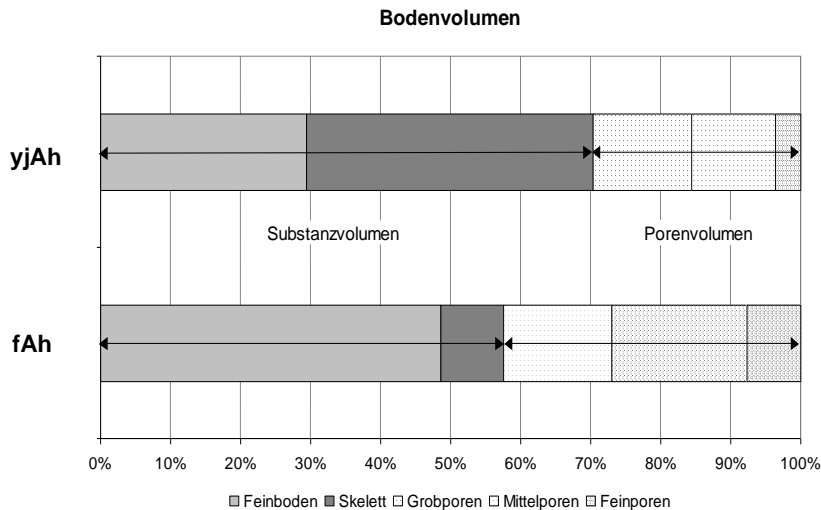


Abb. 10: Bodenvolumenverteilung, Profil 2, (EIGENE DARSTELLUNG)

### Bewertung der Standorteigenschaften:

Die Ausprägung der Standorteigenschaften stellt sich im Überblick wie folgt dar:

Tab. 7 Standorteigenschaften, Profil 2 (EIGENE DARSTELLUNG)

We [dm]	nFK <sub>We</sub> [l/m <sup>2</sup> ]	LK [Vol-%]	FK [Vol-%]	KAK <sub>We</sub> [cmol <sub>c</sub> /kg]	S <sub>We</sub> [cmol <sub>c</sub> /m <sup>2</sup> ]	~ kf-Wert [cm/d]	Re- tentions- vermögen
6	99 (m)	15 (h)	23 (g)	12 (h)	62 (h)	55 (h)	(h)

**Durchwurzelbarkeit:** Die oberste Lage ist auf Grund ihres hohen Skelettgehaltes ungünstig, fällt aber mit ihrer geringen Mächtigkeit von 22 cm für die Baumpflanzung nicht ins Gewicht. So kann der Boden als mittel-tiefgründig eingeschätzt werden. Der eff. Wurzelraum liegt bei ca. 6 dm.

**Wasserhaushalt:** Die Wasserkapazität im eff. Wurzelraum liegt bei ca. 138 l/m<sup>2</sup> und kann als gering bewertet werden. Die ökologisch entscheidende nFK<sub>We</sub> liegt bei ca. 99 mm und kann als mittel eingestuft werden. Ein kapillarer Aufstieg aus dem Grundwasser (Teufe 3,5 m) in den Wurzelraum ist nicht möglich. Unter den Klimaverhältnissen von Leipzig handelt es sich daher für Gehölze um einen wechselfertrockenen Standort.

**Lufthaushalt:** Auf Grund des hohen Skelett- und Sandanteils kann die Luftkapazität als hoch eingestuft werden.

**Nährstoffhaushalt:** Wegen des hohen Skelettanteils in der oberen Lage ist die KAK dort gering. Der S-Wert ist ebenfalls gering und liegt bei ca. 3,6 cmol<sub>c</sub>/kg. Darunter sind der KAK- und der S-Wert als



hoch zu bewerten auf Grund des höheren Humusgehaltes und Feinerdeanteils (S-Wert = 13,7 cmolc/kg). Insgesamt handelt es sich um einen nährstoffreichen Standort.

Aus den Standorteigenschaften folgt eine weitgehend uneingeschränkte Eignung als Pflanzenstandort.

#### **Bewertung des Retentionsvermögens:**

Auf Grund des hohen Skelettgehaltes weist der Boden insgesamt eine hohe Wasserleitfähigkeit (55 cm/d) auf. Das Wasserspeichervermögen ist in der 1. Lage als gering einzustufen auf Grund des hohen Skelettanteils. In der 2. Lage ist die nFK als mittel einzustufen auf Grund des höheren Humus- und Feinbodenanteils. Insgesamt liegt die Wasserspeicherkapazität bei 99 mm und kann als mittel bewertet werden.

Daraus folgt ein insgesamt hohes Retentionsvermögen, deshalb kann bei mittleren Niederschlägen Wasser von zusätzlichen Flächen infiltrieren.

### **2.2.2 Schönauer Holz**

Der Allosol ist nach der Stadtbodenkartierung auf der gesamten Modellfläche "Schönauer Holz" zu finden.

Tab. 8 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Schönauer Holz (EIGENE DARSTELLUNG)

Standortmerkmale	
Räumliche Einordnung	Abrissfolgefläche in Großwohnsiedlung (Plattenbau)
Größe	2,9 ha
Kleinrelief	leicht geneigt zu Wohngebäuden hin
Geschätzter Versiegelungsgrad	0 %
Ehemalige Nutzung	6 bis 11-geschossige Gebäude in Plattenbauweise
Aktuelle Nutzung	Freifläche
Flächennutzung im Umfeld	Grünfläche, Wohnen
Bodenfruchtbarkeit	31 - 40
Grundwasserleiter	saaleiszeitliche Schotterterrasse



Teufe	3 m
Grundwasserneubildung	Standort geeignet
Vegetation	Klee, Gras, Luzerne
Vorschläge Waldstruktur	hoher Wald, einschichtig, licht



Abb. 11: Standort der Profilaufnahme 3 auf den entsiegelten Flächen (SCHWARZ, 2010)

### Beschreibung und Bewertung der aktuellen Bodensituation:

Es handelt sich um einen Allosol auf dem ehemaligen Standort eines 6-11-geschossigen Gebäudes in Plattenbauweise. Nach dem Abriss hat man eine ca. 30 cm mächtige Schicht Mutterboden (skelettführender Kalklehm) über Schotterschicht (Skelett-Kalksand) mit technogenen Beimengungen aufgetragen und Rasen angesät.

Folgende Horizonte können unterschieden werden:

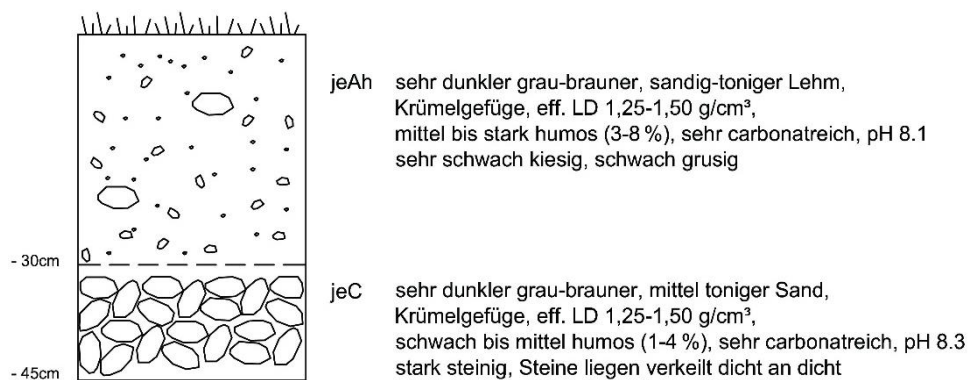


Abb. 12: Unterscheidung der Bodenhorizonte, Profil 3, (EIGENE DARSTELLUNG)



Der jeAh-Horizont mit einer Stärke von ca. 30 cm ist mittel bis stark humos und besteht aus sandig-tonigem Lehm mit Krümelgefüge und wenig Skelettanteil (< 0 %).

Ab ca. 30 cm Tiefe folgt ein stark steiniger, toniger Sandboden. Die Steine liegen sehr dicht und sind ineinander verkeilt.

Beide Lagen sind sehr carbonatreich und liegen im schwach alkalischen Bereich.

Im Folgenden ist die Verteilung des Bodenvolumens auf die einzelnen Komponenten dargestellt:

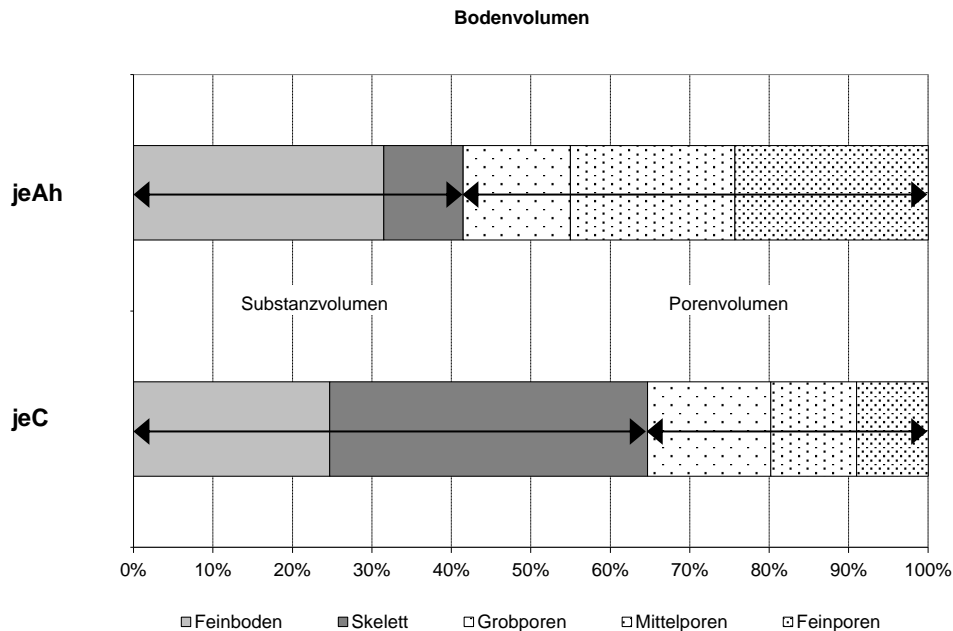


Abb. 13: Bodenvolumenverteilung, Profil 3 (EIGENE DARSTELLUNG)

### Bewertung der Standorteigenschaften:

Die Ausprägung der Standorteigenschaften stellt sich im Überblick wie folgt dar:

Tab. 9 Standorteigenschaften, Profil 3 (EIGENE DARSTELLUNG)

We [dm]	nFK <sub>We</sub> [l/m²]	LK [Vol-%]	FK [Vol-%]	KAK <sub>We</sub> [cmol/kg]	S <sub>We</sub> [cmol/m²]	~ kf-Wert [cm/d]	Re- tentions- vermögen
4	74 (g)	14 (h)	39 (h)	20 (sh)	71 (h)	23 (m)	(m)

**Durchwurzelbarkeit:** Der Boden wird als mittelgründig eingeschätzt, da nicht klar ist, wie tief die Steinschicht reicht. Der eff. Wurzelraum liegt bei ca. 4 dm.

**Wasserhaushalt:** Die Wasserkapazität im eff. Wurzelraum liegt bei ca. 156 l/m² und kann als hoch bewertet werden. Die ökologisch entscheidende nFK<sub>We</sub> liegt bei ca. 74 mm und kann als gering eingestuft werden. Ein kapillarer Aufstieg aus dem Grundwasser (Teufe 3 m) in den Wurzelraum ist nicht möglich. Unter den Klimaverhältnissen von Leipzig handelt es sich daher für Gehölze um einen wech-seltrockenen Standort.

**Lufthaushalt:** Auf Grund der guten Bodenstruktur und des hohen Skelettanteils im Unterboden kann die Luftkapazität als hoch eingestuft werden.



**Nährstoffhaushalt:** Wegen des hohen Humus- und Tongehaltes (ca. 35 %) in der oberen Lage ist die KAK dort sehr hoch. Der S-Wert liegt bei ca. 22 cmol<sub>c</sub>/ kg und wird als hoch bewertet. Darunter ist die KAK und der S-Wert als mittel zu bewerten (S-Wert = 5,4 cmol<sub>c</sub> / kg). Insgesamt handelt es sich um einen nährstoffreichen Standort. Allerdings ist die Pflanzenverfügbarkeit von Mikronährstoffen (Fe, Zn, Mn, Cu) gering, da der pH-Wert > 7,5 ist.

Aus den Standorteigenschaften folgt eine ausreichende Standorteignung für vorwiegend trockenstresstolerante Pflanzenarten.

#### **Bewertung des Retentionsvermögens:**

Der Boden weist insgesamt eine mittlere Wasserleitfähigkeit (23 cm/d) auf. Das Wasserspeichervermögen ist in der 1. Lage als mittel, in der 2. Lage als gering einzustufen auf Grund des hohen Skelettanteils. Insgesamt liegt die Wasserspeicherkapazität bei 74 mm und kann als gering bewertet werden.

Daraus folgt ein insgesamt mittleres Retentionsvermögen. Mittlere Niederschläge können vollständig infiltrieren.

### **2.2.3 S-Bahn Haltepunkt Angercrottendorf**

Auf der Modellfläche S-Bahn Haltepunkt Angercrottendorf ist nach der Stadtbodenkartierung Leipzigs hauptsächlich Lockersyrosem vertreten.

Tab. 10 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche S-Bahn Haltepunkt Angercrottendorf (EIGENE DARSTELLUNG)

Standortmerkmale	
Räumliche Einordnung	Weit entwickelte Sukzessionsfläche im Vorwaldstadium, östlich der Bahnstrecke
Größe	2,2 ha
Kleinrelief	eben
Geschätzter Versiegelungsgrad	0 %
Ehemalige Nutzung	Hersteller von Druckmaschinen
Aktuelle Nutzung	Sukzessionsfläche
Sonstige Beschreibung	Müll (Computer, Matratzen...)



Flächennutzung im Umfeld	Wohnen, Bahnfläche, Gewerbe
Bodenfruchtbarkeit	k.A.
Grundwasserleiter	saaleiszeitliche Schotterterrasse
Teufe	3,5 m
Grundwasserneubildung	Standort geeignet
Vegetation	Birken, Weiden, Robinien, Moos, Klee, Gras
Vorschläge Waldstruktur	hoher Wald, mehrschichtig, dicht bis licht



Abb. 14: Standort der Profilaufnahme 4 auf den entsiegelten Flächen (SCHWARZ, 2010)

#### **Beschreibung und Bewertung der aktuellen Bodensituation:**

Es handelt sich um eine Depopararendzina, d.h. es liegt aufgeschüttetes Substrat vor (Kalklehm über aufgeschüttetem Skelett-Kalksand mit technogenen Beimengungen), bei dem bereits eine Bodenentwicklung (ca. 3 cm mächtiger Ah-Horizont) erkennbar ist auf Grund der bereits fortgeschrittenen Sukzession (ca. 10-15 Jahre alte Bäume).



Folgende Horizonte können unterschieden werden:

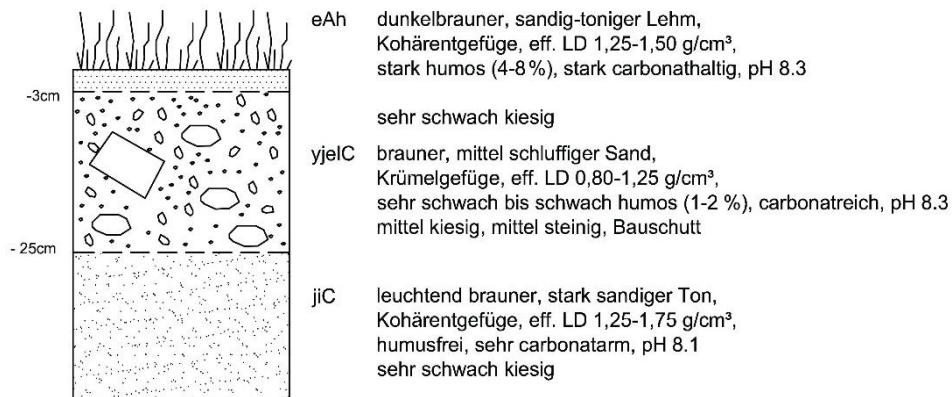


Abb. 15: Unterscheidung der Bodenhorizonte, Profil 4 (EIGENE DARSTELLUNG)

Der Ah-Horizont ist gering mächtig, stark humos und mit einem Kalkgehalt von ca. 7 - 9 %. Es handelt sich um einen mittel bindigen, sandig-tonigen Lehm Boden mit Kohärentgefüge und einem Tonanteil von ca. 35 %. Ab ca. 4 cm Tiefe folgt eine anthropogen aufgeschüttete Schicht aus schluffigem Sand mit hohem Skelettanteil (> 40 %) und viel beigemengtem Bauschutt (v.a. Ziegel). Demnach steigt der Kalkgehalt auf 10 - 14 %, der Humusgehalt ist gering. Ab ca. 25 cm Tiefe stößt man auf stark bindigen, sandigen Ton (Tongehalt ca. 30 %) ohne Bauschuttbeimengung. Der Kalkgehalt ist somit sehr gering und es konnte kein Humus mehr nachgewiesen werden.

Alle drei Lagen liegen im schwach alkalischen Bereich.

Im Folgenden ist die Verteilung des Bodenvolumens auf die einzelnen Komponenten dargestellt:

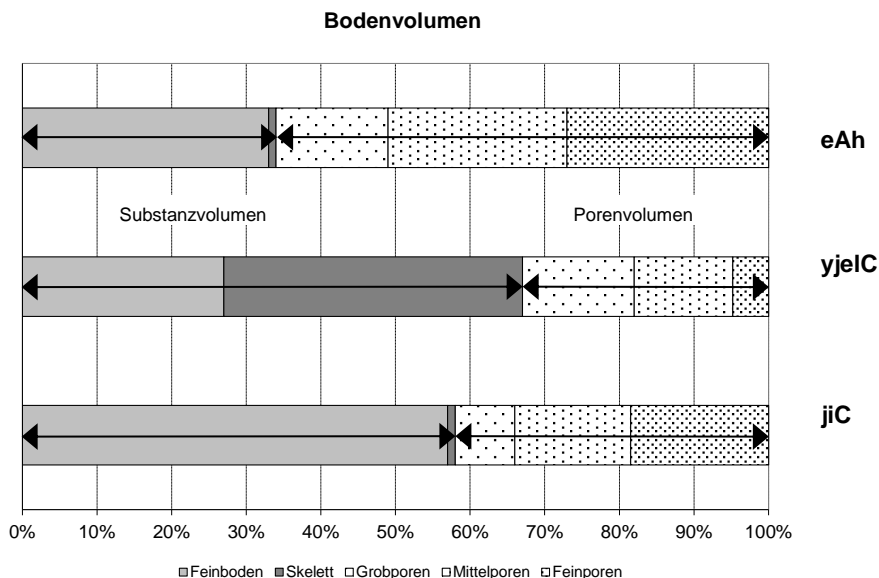


Abb. 16: Bodenvolumenverteilung, Profil 4 (EIGENE DARSTELLUNG)



### Bewertung der Standorteigenschaften:

Die Ausprägung der Standorteigenschaften stellt sich im Überblick wie folgt dar:

Tab. 11 Standorteigenschaften, Profil 4 (EIGENE DARSTELLUNG)

We [dm]	nFK <sub>We</sub> [l/m <sup>2</sup> ]	LK [Vol-%]	FK [Vol-%]	KAK <sub>We</sub> [cmol <sub>c</sub> /kg]	S <sub>We</sub> [cmol <sub>c</sub> /m <sup>2</sup> ]	~ kf-Wert [cm/d]	Re- tentions- vermögen
10	148 (h)	10 (m)	31 (m)	13 (h)	130 (h)	34 (m)	(h)

**Durchwurzelbarkeit:** Der Boden kann als tiefgründig eingeschätzt werden. Der eff. Wurzelraum liegt bei ca. 10 dm, da bereits Vorwaldstadium erreicht ist.

**Wasserhaushalt:** Die Wasserkapazität im eff. Wurzelraum liegt bei ca. 306 l / m<sup>2</sup> und kann als mittel bewertet werden. Die ökologisch entscheidende nFK<sub>We</sub> liegt bei ca. 148 mm und kann als hoch eingestuft werden. Ein kapillarer Aufstieg aus dem Grundwasser (Teufe 3,5 m) in den Wurzelraum ist nicht möglich. Unter den Klimaverhältnissen von Leipzig handelt es sich daher für Gehölze um einen mäßig frischen Standort.

**Lufthaushalt:** Auf Grund des hohen Humusanteils und dem günstigen Bodengefüge kann die Luftkapazität in der 1. Lage als hoch eingestuft werden. Auch in der 2. Lage wird sie als hoch eingestuft auf Grund des hohen Sand- und Skelettanteils. In der 3. Lage wird sie mit mittel bewertet wegen des hohen Tongehaltes. Insgesamt ist die Luftkapazität als mittel zu bewerten.

**Nährstoffhaushalt:** Die KAK kann in der 1. Schicht als extrem hoch eingestuft werden auf Grund des sehr hohen Ton- und Humusgehaltes. Der S-Wert liegt bei 35 cmol<sub>c</sub>/kg und wird als mittel eingestuft. Auch in der tonigen 3. Schicht ist die KAK als hoch zu bewerten, ebenso der S-Wert (15 cmol<sub>c</sub>/kg). Nur in der 2. Schicht ist eine geringe KAK zu verzeichnen auf Grund des hohen Sand- und Skelettanteils und des relativ geringen Feinbodenanteil. Auch der S-Wert (2,52 cmol<sub>c</sub> / kg) ist gering. Insgesamt handelt es sich um einen nährstoffreichen Standort. Allerdings ist die Pflanzenverfügbarkeit von Mikronährstoffen (Fe, Zn, Mn, Cu) gering, da der pH-Wert > 7,5 liegt.

Aus den Standorteigenschaften folgt eine weitgehend uneingeschränkte Eignung als Pflanzenstandort.

### Bewertung des Retentionsvermögens:

Der Boden weist insgesamt eine mittlere Wasserleitfähigkeit (34 cm/d) auf. Das Wasserspeichervermögen ist in der 1. Lage als hoch zu bewerten auf Grund des Ton- und Humusgehaltes. In der 2. Lage ist es auf Grund des hohen Grobporenanteils als gering einzustufen, in der 3. Lage immerhin als gering bis mittel. Insgesamt liegt die Wasserspeicherkapazität bei 148 mm und kann als hoch bewertet werden. Daraus folgt ein insgesamt ein sehr hohes Retentionsvermögen. Mittlere Niederschläge können vollständig infiltrieren.



## 2.2.4 Nördlicher Torgauer Platz

Tab. 12 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Nördlicher Torgauer Platz (EIGENE DARSTELLUNG)

Standortmerkmale	
Räumliche Einordnung	Randlage an Bahnanlagen, Lage zwischen Bürogebäude und Wohnumfeld (Gründerzeit)
Größe	2,4 ha
Kleinrelief	Flach geneigt
Geschätzter Versiegelungsgrad	20 %
Ehemalige Nutzung	Betriebsgelände der Bahn
Aktuelle Nutzung	Wiese, Parkplatz
Sonstige Beschreibung	Brunnen zur Überwachung des Grundwassers, Kontamination mit Schwermetallen
Flächennutzung im Umfeld	Wohnen, Bahnfläche, Gewerbe
Bodenfruchtbarkeit	0-10
Grundwasserleiter	saaleiszeitliche Schotterterrasse
Teufe	3 m
Grundwasserneubildung	k.A.
Vegetation	10 % Gehölze, 70 % Wiese
Vorschläge Waldstruktur	hoher Wald, mehrschichtig, dicht bis licht





Abb. 17: Standort der Profilaufnahme 5 (SCHWARZ, 2010)

### Beschreibung und Bewertung der aktuellen Bodensituation:

Es handelt sich um einen Allosol. Es wurden ca. 10 cm Mutterboden auf umgeschichtetes natürliches Substrat (Skelett führender Kalksand mit technogenen Beimengungen) aufgetragen. In ca. 23 cm Tiefe liegt eine Fundamentplatte. Auf der Fläche findet eine ständige Überwachung des Grundwassers statt auf Grund von Schwermetallvorkommen, die von dem ehemaligen Galvanobetrieb herrühren.

Folgende Horizonte können unterschieden werden:

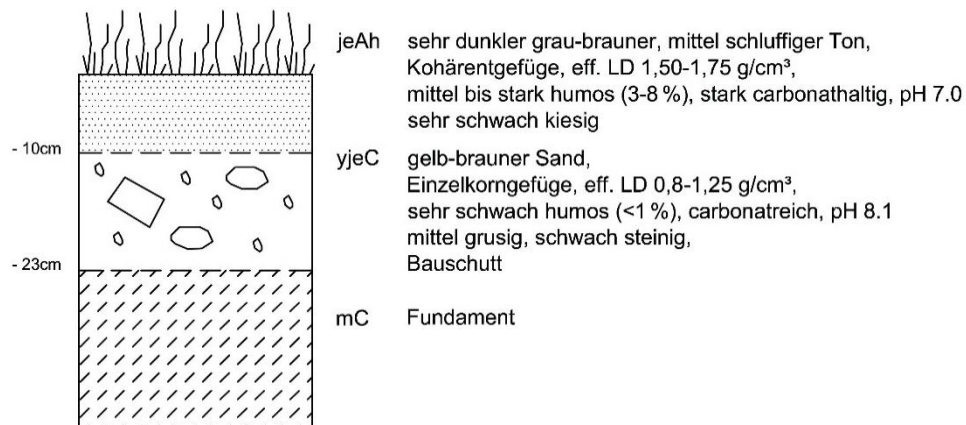


Abb. 18: Unterscheidung der Bodenhorizonte, Profil 5 (EIGENE DARSTELLUNG)

Der jeAh-Horizont reicht bis ca. 10 cm Tiefe und ist ein mittel bis stark humoser, schluffiger Ton, der stark carbonathaltig ist und sich im neutralen Bereich befindet. Ab ca. 10 cm Tiefe folgt carbonatreicher Sandboden mit ca. 15 % Skelettanteil im schwach alkalischen Bereich. Ab ca. 23 cm befindet sich eine Fundamentplatte.



Im Folgenden ist die Verteilung des Bodenvolumens auf die einzelnen Komponenten dargestellt:

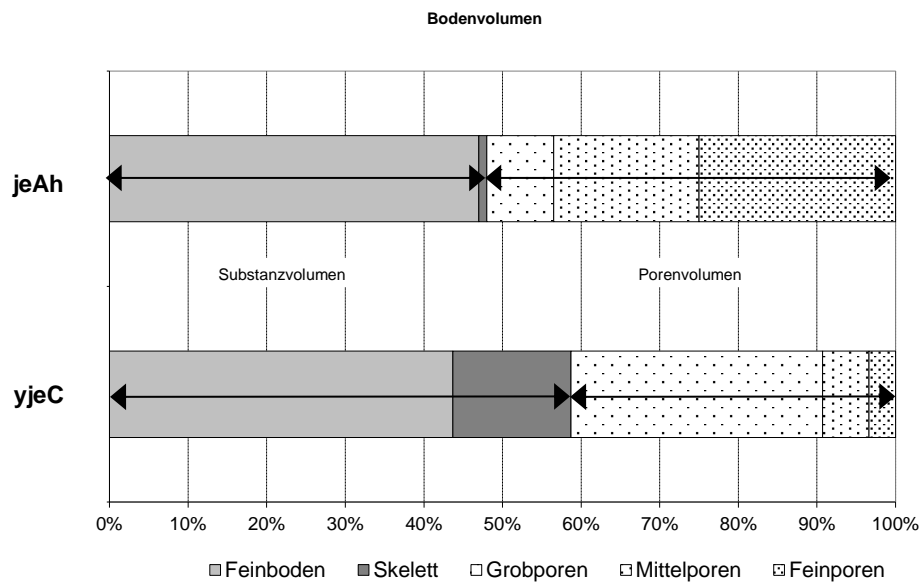


Abb. 19: Bodenvolumenverteilung, Profil 5 (EIGENE DARSTELLUNG)

### Bewertung der Standorteigenschaften:

Die Ausprägung der Standorteigenschaften stellt sich im Überblick wie folgt dar:

Tab. 13 Standorteigenschaften, Profil 5 (EIGENE DARSTELLUNG)

We [dm]	nFK <sub>We</sub> [l/m <sup>2</sup> ]	LK [Vol-%]	FK [Vol-%]	KAK <sub>We</sub> [cmol <sub>c</sub> /kg]	S <sub>We</sub> [cmol <sub>c</sub> /m <sup>2</sup> ]	~ kf-Wert [cm/d]	Retentions- vermögen
2,3	27 (sg)	22 (h)	24 (g)	15 (h)	34 (m)	24 (m)	(g)

**Durchwurzelbarkeit:** Auf Grund der Fundamentplatte ist die Durchwurzelbarkeit auf die obersten 23 cm beschränkt. Daher wird der Boden als flachgründig eingestuft. Der eff. Wurzelraum liegt bei ca. 2,3 dm.

**Wasserhaushalt:** Die Wasserkapazität im eff. Wurzelraum liegt bei ca. 56 l/m<sup>2</sup> und kann als gering bewertet werden. Die ökologisch entscheidende nFK<sub>We</sub> liegt bei ca. 27 mm und kann als sehr gering eingestuft werden. Grund hierfür ist allerdings der begrenzte Wurzelraum. Ein kapillarer Aufstieg aus dem Grundwasser (Teufe 3 m) in den Wurzelraum ist auf Grund der Fundamentplatte nicht möglich. Unter den Klimaverhältnissen von Leipzig handelt es sich für Gehölze um einen sehr trockenen Standort. Der Grund hierfür ist der begrenzte Wurzelraum.

**Lufthaushalt:** In der 1. Lage kann die Luftkapazität auf Grund des hohen Tonanteils (ca. 36 %) als mittel eingestuft werden. In der 2. Lage, die aus Sand besteht, kann sie als hoch eingestuft werden. Insgesamt kann die Luftkapazität als hoch bewertet werden.

**Nährstoffhaushalt:** Wegen des hohen Ton- und Humusanteils in der oberen Lage ist die KAK dort extrem hoch. Der S-Wert liegt bei ca. 30 cmol<sub>c</sub>/kg und kann als mittel bewertet werden. In der darunter liegenden Lage ist die KAK jedoch als sehr gering zu bewerten, da es sich um reinen Sand handelt und



auch der S-Wert (2,8 cmol<sub>d</sub>/kg) ist gering. Auch die Verfügbarkeit von Mikronährstoffen (Fe, Zn, Mn, Cu) ist gering, da der pH-Wert > 7,5 liegt. Insgesamt handelt es sich um einen Standort mit mittlerer Nährstoffversorgung.

Aus den Standorteigenschaften folgt eine eingeschränkte Eignung als Baumstandort auf Grund der begrenzten Durchwurzelbarkeit. Er ist nur für trockenstresstolerante Pflanzen mit flacher Wurzel Ausbildung geeignet.

#### **Bewertung des Retentionsvermögens:**

Der Boden weist insgesamt eine mittlere Wasserleitfähigkeit (24 cm/d) auf. Das Wasserspeichervermögen ist in der 1. Lage als mittel einzustufen auf Grund des Ton- und Humusanteils. In der 2. Lage ist die nFK als sehr gering einzustufen auf Grund des Sandbodens. Insgesamt liegt die Wasserspeicherkapazität bei 27 mm und kann als sehr gering bewertet werden.

Daraus folgt insgesamt ein geringes Retentionsvermögen. Mittlere Niederschläge können vollständig infiltrieren.

### **2.2.5 Freiladebahnhof Kohlenstraße**

Auf der Modellfläche Freiladebahnhof Kohlenstraße ist nach der Stadtbodenkartierung Leipzig hauptsächlich Lockersyrosem vertreten.

Tab. 14 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Freiladebahnhof Kohlenstraße (EIGENE DARSTELLUNG)

Standortmerkmale	
Räumliche Einordnung	Lage zwischen verschiedenen Nutzungen, vielseitige Umgebung
Größe	12,2 ha
Kleinrelief	leicht welliges Gelände
Geschätzter Versiegelungsgrad	5 %
Ehemalige Nutzung	Betriebsgelände der Bahn
Aktuelle Nutzung	Konversionsfläche, Betriebsgelände der Bahn
Sonstige Beschreibung	teils stehendes Wasser; Schotter und Müll



Flächennutzung im Umfeld	Wohnen, Bahnfläche, Gewerbe
Bodenfruchtbarkeit	21-30
Grundwasserleiter	elstereiszeitliche oder frühquartäre Schotterterrasse
Teufe	10,5 m
Grundwasserneubildung	k.A.
Vegetation	5 % Gehölze, 95 % offener Boden
Vorschläge Waldstruktur	hoher Wald, mehrschichtig, dicht bis licht



Abb. 20: Standort der Profilaufnahme 6 (SCHWARZ, 2010)

### **Beschreibung und Bewertung der aktuellen Bodensituation:**

Es handelt sich um einen Allosol. Eine ca. 25 cm mächtige Schicht aus natürlichem Substrat (Sand) mit hohem Skelettanteil wurde auf Ton aufgetragen. Folgende Horizonte können unterschieden werden:



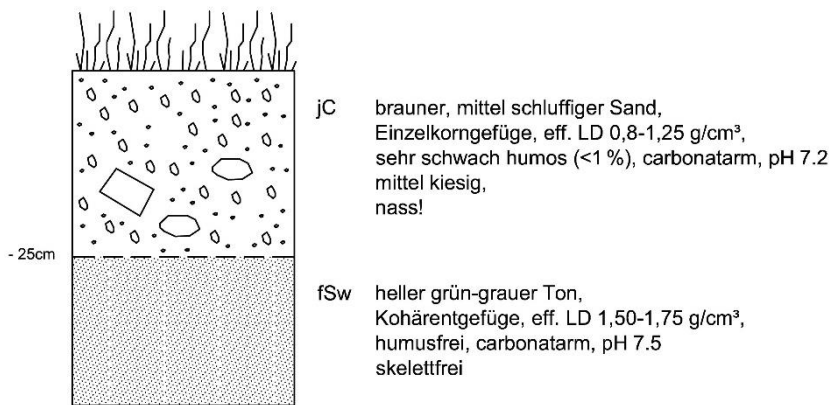


Abb. 21: Unterscheidung der Bodenhorizonte, Profil 6 (EIGENE DARSTELLUNG)

Der jC-Horizont besteht aus mittel schluffigem Sand mit einem Skelettanteil von ca. 25 %. Ab ca. 25 cm Tiefe folgt eine Tonschicht mit sehr hoher Lagerungsdichte. Diese wirkt als wasserstauende Schicht (nach ca. 15 min standen ca. 2 cm Wasser in der Profilgrube, das von den Seiten her eindrang). Beide Lagen sind carbonatarm und liegen im sehr schwach alkalischen Bereich.

Im Folgenden ist die Verteilung des Bodenvolumens auf die einzelnen Komponenten dargestellt:

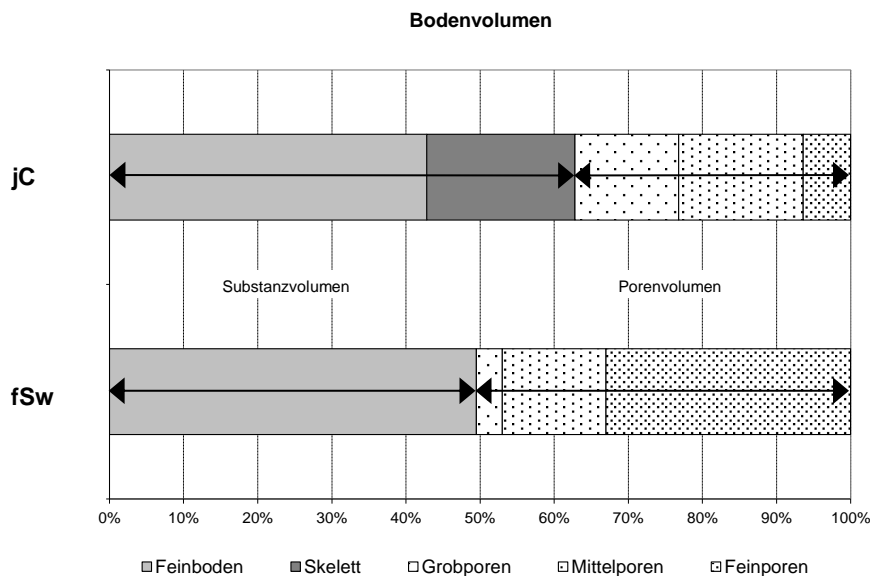


Abb. 22: Bodenvolumenverteilung, Profil 6, (EIGENE DARSTELLUNG)

### Bewertung der Standorteigenschaften:

Die Ausprägung der Standorteigenschaften stellt sich im Überblick wie folgt dar:

Tab. 15 Standorteigenschaften, Profil 6 (EIGENE DARSTELLUNG)

We [dm]	nFK <sub>We</sub> [l/m²]	LK [Vol-%]	FK [Vol-%]	KAK <sub>We</sub> [cmol <sub>c</sub> /kg]	S <sub>We</sub> [cmol <sub>c</sub> /m²]	~ kf-Wert [cm/d]	Re- tentions- vermögen
3	50 (g)	12 (m)	27 (g)	11 (m)	29 (m)	4 (g)	(g)



**Durchwurzelbarkeit:** Auf Grund der wasserstauenden Tonschicht wird der Boden als flach bis mittelgründig eingeschätzt. Der eff. Wurzelraum liegt bei ca. 3 dm.

**Wasserhaushalt:** Die Wasserkapazität im eff. Wurzelraum liegt bei ca. 82 l/m<sup>2</sup> und kann als gering bewertet werden. Die ökologisch entscheidende nFKWe liegt bei ca. 49 mm und kann als sehr gering eingestuft werden. Grund hierfür ist der eingeschränkte Wurzelraum wegen der anstehenden Tonschicht und des hohen Skelettanteils im Oberboden. Allerdings kann mit einem kapillaren Aufstieg von bis zu 5 mm/d aus dem Stauwasser gerechnet werden. Unter den Klimaverhältnissen von Leipzig handelt es sich für Gehölze um einen wechseltrockenen Standort.

**Lufthaushalt:** Auf Grund des hohen Skelett- und Sandanteils kann die Luftkapazität in der 1. Lage als hoch eingestuft werden. In der 2. Lage jedoch wird wegen des Tongehalts von ca. 75 % und der hohen Lagerungsdichte die Luftkapazität als gering bewertet. Insgesamt wird die Luftkapazität mit mittel bewertet.

**Nährstoffhaushalt:** Wegen dem hohen Skelett- und Sandanteil in der oberen Lage ist die KAK dort gering. Auch der S-Wert ist gering und liegt bei ca. 3,7 cmol<sub>c</sub>/kg. Darunter ist die KAK als extrem hoch zu bewerten auf Grund des hohen Tongehaltes. Der S-Wert (38 cmol<sub>c</sub>/kg) wird als mittel bewertet. Insgesamt handelt es sich um einen Standort mit mittlerer Nährstoffversorgung.

Aus den Standorteigenschaften folgt eine eingeschränkte Eignung als Baumstandort auf Grund der begrenzten Durchwurzelbarkeit wegen des Stauwassers.

#### **Bewertung des Retentionsvermögens:**

Auf Grund der stauenden Tonschicht in ca. 25 cm Tiefe wird die Wasserleitfähigkeit als gering bewertet (4 cm/d). Auch das Wasserspeichervermögen ist in beiden Lagen als mittel einzustufen. Insgesamt liegt die Wasserspeicherkapazität bei 50 mm und kann als gering bewertet werden.

Daraus folgen insgesamt ein geringes Retentionsvermögen und eine geringe Infiltration. Ein Abfluss erfolgt schon bei mittleren Niederschlägen.

### **2.2.6 Bahnhof Plagwitz**

Auf der Modellfläche Bahnhof Plagwitz ist nach der Stadtbodenkartierung Leipzigs hauptsächlich Lockersyrosem vertreten.

Tab. 16 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Bahnhof Plagwitz (EIGENE DARSTELLUNG)

Standortmerkmale	
Räumliche Einordnung	Lage zwischen verschiedenen Nutzungen, vielseitige Umgebung
Größe	16,8 ha



Kleinrelief	gewelltes, strukturiertes Gelände mit Kies- und Schotterflächen, Ruderalvegetation
Geschätzter Versiegelungsgrad	30 %
Ehemalige Nutzung	Betriebsgelände der Bahn
Aktuelle Nutzung	teils Betriebsgelände der Bahn, teils brachliegend
Sonstige Beschreibung	Schienen, Müll
Flächennutzung im Umfeld	Wohnen, Bahnfläche, Gewerbe, Grünfläche
Bodenfruchtbarkeit	21-30
Grundwasserleiter	saaleiszeitliche Schotterterrasse
Teufe	1 m
Grundwasserneubildung	Standort gut geeignet
Vegetation	15 % Gehölze, 55 % Wiese oder offener Boden
Vorschläge Waldstruktur	Mosaik aus verschiedenen Waldstrukturtypen



Abb. 23: Standort der Profilaufnahme 7, (SCHWARZ, 2010)



### Beschreibung und Bewertung der aktuellen Bodensituation:

Es handelt sich um einen Regosol. Eine ca. 21 cm mächtige humose Schicht aus natürlichem Substrat (Sand) mit hohem Skelettanteil liegt über einer Schicht aus Steinen und Grobkies (aufgeschüttetes Skelett).

Folgende Horizonte können unterschieden werden:

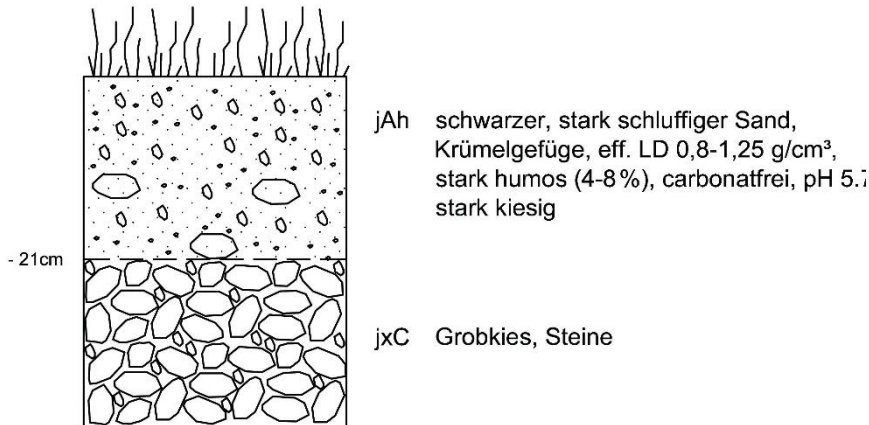


Abb. 24: Unterscheidung der Bodenhorizonte, Profil 7 (EIGENE DARSTELLUNG)

Der jAh-Horizont besteht aus stark humosem, stark schluffigem Sand mit Krümelgefüge und einem mittleren Skelettgehalt von ca. 25 %. Der Boden ist carbonatfrei und liegt im schwach sauren Bereich. Ab ca. 21 cm Tiefe findet sich eine Lage aus Steinen und Grobkies.

Im Folgenden ist die Verteilung des Bodenvolumens auf die einzelnen Komponenten dargestellt:

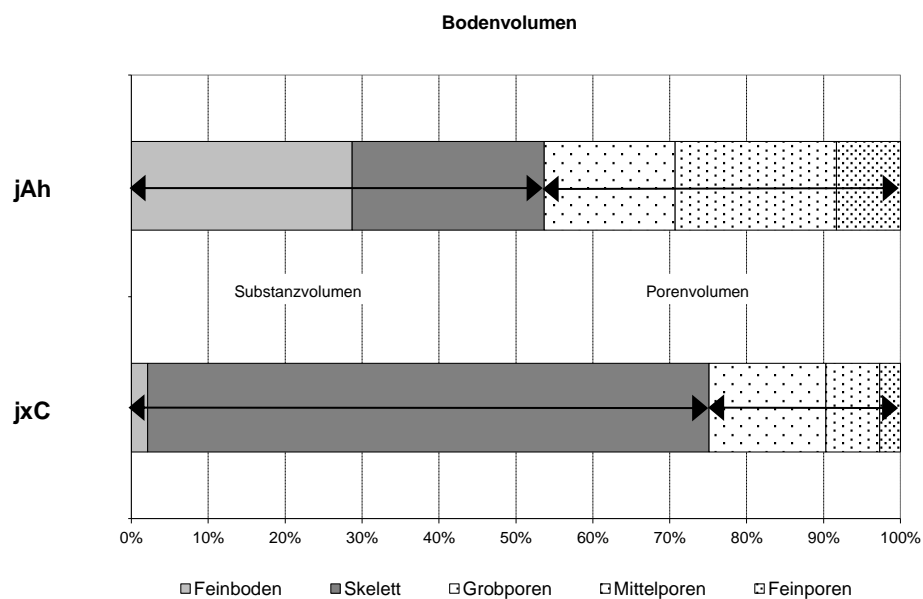


Abb. 25: Bodenvolumenverteilung, Profil 7 (EIGENE DARSTELLUNG)



### Bewertung der Standorteigenschaften:

Die Ausprägung der Standorteigenschaften stellt sich im Überblick wie folgt dar:

Tab. 17 Standorteigenschaften, Profil 7 (EIGENE DARSTELLUNG)

We [dm]	nFK <sub>We</sub> [l/m <sup>2</sup> ]	LK [Vol-%]	FK [Vol-%]	KAK <sub>We</sub> [cmol <sub>c</sub> /kg]	S <sub>We</sub> [cmol <sub>c</sub> /m <sup>2</sup> ]	~ kf-Wert [cm/d]	Re- tentions- vermö- gen
4	57 (g)	16 (h)	20 (sg)	8 (m)	19 (g)	94 (h)	(m)

**Durchwurzelbarkeit:** Auf Grund des hohen Steinanteils ab ca. 21 cm kann der Boden als mittelgründig eingeschätzt werden. Der eff. Wurzelraum liegt bei ca. 4 dm.

**Wasserhaushalt:** Die Wasserkapazität im eff. Wurzelraum liegt bei ca. 80 l/m<sup>2</sup> und kann als sehr gering bewertet werden. Die ökologisch entscheidende nFKWe liegt bei ca. 57 mm und kann als gering eingestuft werden auf Grund des hohen Steinanteils im Untergrund. Ein kapillarer Aufstieg aus dem Grundwasser (Teufe 1 m) in den Wurzelraum ist nicht oder nur sehr gering möglich auf Grund der Steinschicht im Untergrund. Unter den Klimaverhältnissen von Leipzig handelt es sich daher für Gehölze um einen trockenen Standort.

**Lufthaushalt:** Auf Grund des hohen Skelett- und Sandanteils kann die Luftkapazität als hoch eingestuft werden.

**Nährstoffhaushalt:** In der oberen Lage kann die KAK als hoch bewertet werden auf Grund des hohen Humusgehaltes und des hohen Schluffanteils. Der S-Wert (9 cmol<sub>c</sub>/kg) wird als mittel bewertet. Wegen des hohen Skelettanteils in der unteren Lage ist die KAK dort sehr gering. Wie auch der S-Wert, der bei ca. 0,2 cmol<sub>c</sub>/kg liegt. Insgesamt handelt es sich um nährstoffarmen Standort.

Aus den Standorteigenschaften folgt eine ausreichende Standorteignung für vorwiegend trockenstresstolerante Pflanzenarten.

### Bewertung des Retentionsvermögens:

Auf Grund des hohen Skelettgehaltes weist der Boden insgesamt eine hohe Wasserleitfähigkeit (94 cm/d) auf. Das Wasserspeichervermögen ist in der 1. Lage als mittel einzustufen, in der 2. Lage auf Grund des Steinanteils als gering zu bewerten. Insgesamt liegt die Wasserspeicherkapazität bei 57 mm und kann als gering bewertet werden.

Daraus folgt insgesamt ein mittleres Retentionsvermögen. Bei mittleren Niederschlägen kann Wasser von zusätzlichen Flächen infiltrieren.



## 2.3 Gesamtdarstellung der Ergebnisse

Tab. 18 Übersicht der Analyseparameter der Brachflächenböden (EIGENE DARSTELLUNG)

Profil-Nr.	We [dm]	~ LD	Skelett-gehalt	~ pH-Wert	Carbonat-gehalt [%]	Humus-gehalt [%]	S <sub>We</sub> [cmol <sub>c</sub> /m <sup>2</sup> ]	LK [Vol%]	nFK <sub>We</sub> [l/m <sup>2</sup> ]	mittlerer kf-Wert [cm/d]	Retentions-vermögen	Eignung als Pflanzen-standort
1)	7	(m)	(g)	5,9	-	4-8	97 (h)	13 (h)	164 (h)	26 (m)	(h)	I
2)	6	(m)-(h)	(h)	7,2	0,5	2-4	62 (h)	15 (h)	99 (m)	55 (h)	(h)	II
3)	4	(m)	(m)	8,2	37	4	71 (h)	14 (h)	74 (g)	23 (m)	(m)	III
4)	10	(m)	(h)	8,2	9	4-8	130 (h)	10 (m)	148 (h)	34 (m)	(sh)	I-II
5)	2,3	(h)	(m)	7,6	10,25	2-4	34 (m)	22 (h)	27 (sg)	24 (m)	(g)	IV
6)	3	(g)-(m)	(m)	7,4	1,25	1	29 (m)	12 (m)	50 (g)	4 (g)	(g)	IV
7)	4	(g)	(h)	5,7	-	4-8	19 (g)	16 (h)	57 (g)	94 (h)	(m)	III

(sg) = sehr gering  
I = sehr gut  
(g) = gering  
II = gut  
(m) = mittel  
III = ausreichend  
(h) = hoch  
IV = eingeschränkt  
(sh) = sehr hoch



### **Die untersuchten Böden zeigen vielschichtig typische Eigenschaften der Stadtböden:**

In allen Profilen wurden mehr oder weniger hohe Skelettgehalte<sup>3</sup> nachgewiesen. Dabei handelte es sich oftmals um technogene Beimengungen wie Bauschutt oder um Füllboden mit Schotter und Kies.

Die Lagerungsdichte, die ein wesentliches Kriterium zur Abschätzung von Kennwerten des Luft- und Wasserhaushalts darstellt, ist in fast allen Profilen gering bis mittel (0,8 - 1,5 g/m<sup>3</sup>). Das liegt daran, dass es sich bei den meisten Böden um zum Teil aufgeschüttete Substrate handelt, die unverdichtet sind und einen hohen Skelettanteil aufweisen. Die hohe Lagerungsdichte in Profil 5 und im Unterboden von Profil 6 (bis 1,75 g/m<sup>3</sup>) wird vornehmlich durch den Tongehalt bestimmt.

Durch die teils hohen Skelettgehalte und Grobbodenanteile weisen zwar alle Profile eine mittlere bis hohe Luftkapazität (10 - 22 Vol-%) auf, die für die Luftversorgung der Böden ausschlaggebend ist. Allerdings geht durch die hohen Grobbodenanteile die Porosität zu Lasten der Mittelporen zurück, wodurch die Wasserspeicherkapazität meist niedrig ist. Die nutzbare Feldkapazität ist in fast allen Profilen mittel bis gering (50 - 99 mm). Somit stellen die meisten der untersuchten Brachen eher trockene Pflanzenstandorte dar. Hinzu kommt, dass mit einem kapillaren Aufstieg aus dem Grundwasser nicht gerechnet werden kann. Zum Teil betragen die Grundwasserflurabstände > 2 m oder der Wurzelraum wird durch einen hohen Steingehalt im Unterboden begrenzt (Profil 7). Eine hohe nFKWe weisen nur die Böden der ehemaligen Stadtgärtnerei (164 mm) auf sowie der bereits mit Bäumen bestandene Boden des S-Bahn-Haltepunkts Angercrottendorf (148 mm). Der Grund hierfür liegt in der verbesserten Bodenstruktur durch die ehemalige Bearbeitung bzw. durch das Wurzelwachstum sowie in den höheren Humusgehalten von 4 - 8 %.

Die Wasserleitfähigkeit als wichtige Kenngröße zur Einschätzung bzw. Quantifizierung der Versickerungsleistung kann hingegen in fast allen Böden als mittel bis hoch (23 - 94 cm/d) eingestuft werden (nach KA5). Auch hierfür sind der Skelettgehalt verantwortlich, sowie die geringen bis mittleren Lagerungsdichten. So kann Niederschlagswasser gut in die Böden infiltrieren, der Oberflächenabfluss ist gering. Nur bei Profil 6 ist eine geringe Wasserleitfähigkeit vorhanden auf Grund der Tonschicht.

Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass in der Kartieranleitung (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN, 2005) nur natürliche Böden bewertet werden und der tatsächliche kf - Wert in anthropogenen Böden weitaus höher sein kann.

Die Mehrzahl der untersuchten Brachflächen-Böden weist nur ein geringes bis mittleres Retentionsvermögen auf. Die Anlage von Wald kann hier zu einer erheblichen Erhöhung des Wasserrückhaltevermögens führen.

Auf drei der Flächen kann bereits mit einem hohen Retentionsvermögen gerechnet werden (Profil 1,2,4). Diese Böden weisen eine relativ gute Bodenstruktur auf, haben einen hohen Gehalt an org. Substanz oder sind bereits mehr oder weniger bewaldet (Profil 4). Das geringe Retentionsvermögen von Profil 5 ist hauptsächlich auf den geringen Wurzelraum von 23 cm zurückzuführen (anstehende Fundamentplatte). Bei Profil 6 ist der hohe Tongehalt im Unterboden für die geringe Retention verantwortlich.

---

<sup>3</sup> z.T. bis zu 75 % im Unterboden (Profil 7) und bis zu 40% im Oberboden (Profil 2)



### **Auch die chemischen Bodeneigenschaften sind typisch für Stadtböden:**

Mehrere Böden sind stark carbonathaltig bis sehr carbonatreich, was auf die Beimengungen von Bauschutt oder kalkhaltigen Schotter zurückzuführen ist. Demzufolge liegen auch die pH-Werte meist im alkalischen Bereich (7,2 - 8,2). Lediglich der Hortisol auf der Fläche der ehemaligen Stadtgärtnerei und der Allosol auf der Fläche des Bahnhofs Plagwitz sind carbonatfrei und liegen im schwach sauren Bereich.

Bis auf die Fläche des Bahnhofs Kohlenstraße waren alle anderen Böden mittel bis stark humos (2 – 8 %). Durch die Umlagerung von humushaltigen Bodensubstraten entstanden nicht nur humusreiche Oberböden, z.B. Profil 3 und 5. Es konnten auch in den Unterböden z.T. hohe Humusgehalte verzeichnet werden, z.B. Profil 2.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass der Nährstoffstatus in allen Profilen mittel bis hoch ist. Bei Profil 5 sind Schwermetallvorkommen im Unterboden zu beachten, die von einem ehemaligen Galvanobetrieb auf der Fläche herrühren.

Insgesamt können fünf der sieben Flächen als geeignete Waldstandorte bezeichnet werden (Profile 1, 2, 3, 4, 7). Nur auf den Flächen der Profile 5 und 6 ist mit einer ungünstigeren Waldentwicklung auf Grund des begrenzten Wurzelraums und des Stauwassereinflusses zu rechnen.

## **2.4 Pflanzempfehlung aus bodenkundlicher Sicht**

Im Folgenden werden die einzelnen Flächen zu Baumstandorten unterschiedlicher Eignung zusammengefasst und jeweils standortgerechte Baumarten zur Pflanzung vorgeschlagen.

So kann man davon ausgehen, dass auf den Flächen der ehemaligen Stadtgärtnerei und des S-Bahnhaltepunkts Angercrottendorf eine weitgehend uneingeschränkte Eignung als Pflanzenstandort herrscht.

Auf den Flächen der Leipziger Straße und des Bahnhofs Plagwitz herrscht eine ausreichende Standortteignung für eine vorwiegend trockenstresstolerante Vegetation.

Auf den Flächen des Nördlichen Torgauer Platzes und des Bahnhofs Kohlenstraße hingegen herrschen starke Standortrestriktionen auf Grund des begrenzten Wurzelraums bzw. der Staunässe. Dies sind primäre Standorte für Pioniergesellschaften.

Im Hinblick auf den Klimawandel sollte bei der Pflanzung generell darauf geachtet werden, dass die Baumarten eine ausreichende Toleranz gegenüber andauernder Trockenheit sowie Frostresistenz gegenüber Spätfrost besitzen.

Für die bereits baumbestandenen Flächen bietet es sich an sie auch weiterhin der Sukzession zu überlassen. So würde man mit einfachen Mitteln einen Wald ohne Pflanzung, selbst auf extremen Standorten, erhalten. Die natürlich aufwachsenden Waldbestände wären an die sich ändernden Umweltbedingungen der Region und der Stadt angepasst. Die Artenzusammensetzung wäre standortgemäß, da die Natur selbst für die geeignete Auswahl sorgt. Spontan aufwachsende Waldbestände weisen einen hohen Grad an Natürlichkeit auf und sind arten- und strukturreich.



Für eine standortspezifische Artenauswahl wären aus bodenkundlicher Sicht u.a. folgende Baumarten denkbar, wobei die letztendliche Artenwahl noch viele weitere Aspekte berücksichtigen muss:

<b>EMPFEHLUNGEN</b>	
<b>Stadtgärtnerei-Holz</b>	bereits aufgeforstet
<b>Neue Leipziger Straße</b>	<i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Rhamnus frangula</i> , <i>Hippophae rhamnoides</i>
<b>S-Bahn Haltepunkt Angercrottendorf</b>	der weiteren Sukzession überlassen
<b>Nördlicher Torgauer Platz</b>	<i>Acer platanoides</i> , <i>Elaeagnus commutata</i> , <i>Elaeagnus multiflora</i> , <i>Sophora japonica</i> , <i>Koelreuteria paniculata</i> , <i>A-melanchier lamarcki</i> = flachwurzelnde, trockenresistente Arten
<b>Freiladbahnhof Kohlenstraße</b>	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Populus x canescens</i> , <i>Salix alba</i> = Staunässe ertragende sowie tiefwurzelnde Arten, um die Tonschicht aufzuschließen und die Wasserleitfähigkeit zu verbessern
<b>Bahnhof Plagwitz</b>	<i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Tilia cordata</i> , <i>Tilia platyphyllos</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Quercus cerris</i> , <i>Fraxinus ornus</i> , <i>Ostrya carpinifolia</i>

Die angegebenen Baumarten sind vorbehaltlich einer Berücksichtigung weiterer inhaltlicher Aspekte und Untersuchungen zu verstehen.

## 2.5 Prognose

Aufgrund der zahlreichen, oftmals sehr komplexen Wechselwirkungen zwischen Böden und Wäldern sind Prognosen über die künftige Entwicklung einzelner Bodeneigenschaften schwierig. Es können jedoch Aussagen über Entwicklungstendenzen abgeleitet werden, wenngleich diese meist nur von qualitativer und nicht von quantitativer Art sind.

Im folgenden Kapitel werden nun rein theoretische Betrachtungen durchgeführt als Annäherungen an die Frage, wie sich die Entwicklung der urbanen Wälder auf die Böden in Leipzig auswirken könnten. Es wird dazu jener Wissenstand zugrunde gelegt, der vorangestellt wurde. Ebenso werden aktuelle Forschungsergebnisse mit einbezogen, die überwiegend aus Dauerfeldbeobachtungen, Feldversuchen oder Modellierungen stammen. Teilweise werden die folgenden Werte mit Hilfe der KA5 prognostiziert.



Dabei handelt es sich um eine sehr grobe Abschätzung der Bodenentwicklung und der voraussichtlichen Retentionsänderung. Um gesicherte Aussagen zu bekommen, müssten Computersimulationen herangezogen werden oder idealer Weise weitere Untersuchungen und Messungen auf den Flächen während der nächsten Jahren vollzogen werden.

## 2.5.1 Stadtgärtnerei-Holz

### 2.5.1.1 Bodenprofil vor Umgestaltung (Gewerbebrache)

#### **Bodenentwicklung:**

Durch die Vegetationsentwicklung wird organische Substanz gebildet und im Boden angereichert (Humusakkumulation). Der Humusgehalt wird sich in den nächsten 10 Jahren voraussichtlich auf ca. 12 % erhöhen.

Es wird sich eine geringe Streuauflage bilden (ca. 1 cm). Durch ihre wasserabsorbierende Wirkung wird sich der Oberflächenabfluss verringern. Zugleich schützt sie den Boden vor direkter Sonneneinstrahlung, womit die Bodenfeuchte steigen wird. Die Zersetzungsrates der Streu wird relativ hoch sein, da gute Bedingungen für Bodenorganismen herrschen. Die Humusform ist Mull.

Der Boden wird mit Stickstoff angereichert und besitzt nach ca. 10 Jahren einen Gehalt von voraussichtlich etwa 0,6 g/kg.

Da das regelmäßige Umgraben nicht mehr stattfindet, wird es zunächst durch Niederschläge und Sickerwasser zu einer Zunahme der Lagerungsdichte kommen. Mit zunehmender Wurzelentwicklung und Bioturbation wird dieser Prozess allerdings wieder aufgehoben. Nach 10 Jahren wird sich die Lagerungsdichte auf ca. 1,1 g/cm<sup>3</sup> verringert haben.

Die aktuelle Gesamtporosität von ca. 47 % wird sich leicht erhöhen auf > 50 % auf Grund der Gefügeverbesserung durch den steigenden Humusgehalt sowie durch die Wurzelentwicklung. Dabei wird v.a. die Zahl der Mittel- und Grobporen steigen.

Der pH-Wert wird durch die Zersetzungstätigkeit, durch Wurzelauausscheidungen und durch saure Niederschläge sinken. Evtl. kommt es zu Tonverlagerungen.

Die Bodentypenbildung tendiert in Richtung Parabraunerde.

#### **Auswirkungen auf das Retentionsvermögen:**

Die Wasserleitfähigkeit wird sich nach einer ca. 10-jährigen Waldentwicklung auf ca. 60-120 cm/d erhöht haben wegen der höheren Anzahl an Grobporen. Die Wasserspeicherkapazität ist bereits als hoch zu bewerten und wird sich kaum ändern. Durch den höheren Humusgehalt im Oberboden wird sie sich leicht erhöhen und evtl. auch im Unterboden auf Grund der Gefügeverbesserung durch Wurzeln und evtl. Tonanreicherungen. Es wird mit einer nFK von bis zu 200 mm gerechnet.

Insgesamt tendiert die Fläche in der Waldentwicklung zu einem sehr hohen Retentionsvermögen des Bodens. Bei mittleren Niederschlägen kann deshalb Wasser von zusätzlichen Flächen infiltrieren. Zusätzlich wird durch die Vegetation auf Grund von Interzeption ca. 20 % des Jahresfreilandniederschlags zurückgehalten, was ca. 123 l / m<sup>2</sup>\*a entspricht.



### 2.5.1.2 Bodenprofil nach Umgestaltung (Urbaner Wald)

#### **Bodenentwicklung:**

Durch die Vegetationsentwicklung wird organische Substanz gebildet und im Boden angereichert (Humusakkumulation). Der Humusgehalt wird sich in den nächsten 10 Jahren auf ca. 11 % erhöhen. Dadurch steigt die Sorptionsfähigkeit des Oberbodens für Nährstoffe, sowie seine Wasserspeicherkapazität. Es wird sich eine Streuauflage bilden (ca. 2 cm). Da die obere Lage des Bodens durch den hohen Skelettanteil relativ trocken ist, haben die Bodenlebewesen anfangs nicht so gute Bedingungen. Dadurch wird die Zersetzungsrates langsamer verlaufen als bei Profil 1. Allerdings wird durch die Streuauflage der Boden vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt und durch ihre wasserabsorbierende Wirkung wird die Bodenfeuchte steigen. Dadurch wird wiederum die Besiedelung von Bodenlebewesen zunehmen und somit auch die Zersetzungsrates der Streu steigen. Die Humusform ist Mull.

Der Boden wird mit Stickstoff angereichert und besitzt nach ca. 10 Jahren einen Gehalt von ca. 0,57 g/kg.

Das vorherrschende Einzelkorngefüge in der oberen Lage wird durch die Tätigkeit von Regenwürmern und Kleinarthropoden in ein Krümelgefüge umgewandelt und die Bodenstruktur damit verbessert. Die aktuelle Gesamtporosität von ca. 36 % wird auf ca. 45 % steigen. Vor allem im Oberboden kann mit einem größeren Porenvolumen gerechnet werden auf Grund der Humusanreicherung und durch die chemische Verwitterung des hohen Skelettanteils.

Der teilweise verdichtete Unterboden wird durch das Wurzelwachstum aufgelockert. Die Lagerungsdichte wird sich auf ca. 1,20 g/cm<sup>3</sup> verringern. Das Wurzelwerk wird vermutlich wegen des eher trockenen Oberbodens tiefer gehen als in Profil 1.

Der pH-Wert sinkt durch die Zersetzungstätigkeit und durch saure Niederschläge. Auch die Wurzelabscheidungen tragen dazu bei.

Die Bodentypenbildung tendiert in Richtung Lockersyrosem.

#### **Auswirkungen auf das Retentionsvermögen:**

Die Wasserleitfähigkeit wird sich nach einer ca. 10-jährigen Waldentwicklung auf ca. 120-180 cm/d erhöht haben wegen der höheren Anzahl an Grobporen. Die Wasserspeicherkapazität ist aktuell als Mittel zu bewerten, wird sich aber im Laufe der Zeit erhöhen. Vor allem durch die Strukturverbesserung im Oberboden (Humusanreicherung, chem. Verwitterung, Skelett) kann mit einer nFK bis zu 180 mm gerechnet werden.

Insgesamt tendiert die Fläche in der Waldentwicklung zu einem hohen Retentionsvermögen des Bodens, bei mittleren Niederschlägen kann Wasser von zusätzlichen Flächen infiltrieren. Zusätzlich wird durch die Vegetation auf Grund von Interzeption ca. 20 % des Jahresfreilandniederschlags zurückgehalten, was ca. 123 l/m<sup>2</sup>\*a entspricht.



## 2.5.2 Neue Leipziger Straße

### **Bodenentwicklung:**

Durch die Vegetationsentwicklung und den Laubfall wird noch mehr organische Substanz gebildet und in den obersten Zentimetern des Bodens angereichert (Humusakkumulation). Der Humusgehalt wird sich in den nächsten 10 Jahren auf ca. 12 % erhöhen. Es wird sich eine geringe Streuauflage bilden (ca. 1 cm), die relativ schnell zersetzt wird, da die Lebensbedingungen für die Bodenlebewesen im Oberboden gut sind. Die Humusform ist Mull.

Der Boden wird mit Stickstoff angereichert und besitzt nach ca. 10 Jahren einen Gehalt von ca. 0,61 g/kg.

Durch chemische Verwitterung des Skeletts wird v.a. der Unterboden mit Feinmaterial angereichert. Dadurch erhöht sich seine Porosität. Die aktuelle Gesamtporosität von etwa 47 % wird auf ca. 57 % steigen.

Die Lagerungsdichte wird sich auf ca. 1,10 g/cm<sup>3</sup> verringern.

Es wird vermutlich zu Carbonatverlagerung kommen. Dies geschieht relativ langsam, da die Wasserdurchlässigkeit im Oberboden nicht so hoch ist.

Der pH-Wert wird durch die Zersetzungstätigkeit, saure Niederschläge und durch die Carbonatverlagerung mit dem Sickerwasser sinken. Nachdem der Carbonatgehalt im Oberboden abgenommen hat, kann es zu Tonverlagerungen aus dem Oberboden kommen. Es entstehen somit ein Ton-Verarmungshorizont sowie ein Ton-Anreicherungshorizont.

Die sauren Wurzelausscheidungen tragen ebenfalls zur pH-Wert-Abnahme bei und fördern zudem die chemische Verwitterung des hohen Steinanteils im Unterboden. Dadurch verbessert sich dessen Wasserkapazität und der eff. Wurzelraum wird größer.

Die Bodentypenbildung tendiert in Richtung Parabraunerde.

### **Auswirkungen auf das Retentionsvermögen:**

Die Wasserleitfähigkeit wird sich nach einer ca. 10-jährigen Waldentwicklung auf ca. 60-80 cm/d erhöht haben wegen der höheren Anzahl an Grobporen. Die Wasserspeicherkapazität ist aktuell als gering zu bewerten, wird sich aber im Laufe der Zeit erhöhen. Vor allem durch die Strukturverbesserung (Humusanreicherung, chem. Verwitterung, Skelett) kann mit einer nFK bis zu 130 mm gerechnet werden. Insgesamt tendiert die Fläche in der Waldentwicklung zu einem hohen Retentionsvermögen des Bodens, bei mittleren Niederschlägen kann Wasser von zusätzlichen Flächen infiltrieren. Zusätzlich wird durch die Vegetation auf Grund von Interzeption ca. 20 % des Jahresfreilandniederschlags zurückgehalten, was ca. 123 l/m<sup>2</sup>\*a entspricht.

## 2.5.3 S-Bahn Haltepunkt Angercrottendorf

### **Bodenentwicklung:**

Die bereits beginnende Bodenentwicklung wird weiter voranschreiten. Der Ah-Horizont wird mächtiger werden, ca. 30 cm stark. Der Humusgehalt wird sich in den nächsten 10 Jahren auf ca. 12 % erhöhen



(Humusakkumulation). Es wird sich eine geringe Streuauflage bilden (ca. 1 cm), die relativ schnell zersetzt wird, da die Lebensbedingungen für die Bodenlebewesen im Oberboden gut sind. Die Humusform ist Mull.

Durch chemische Verwitterung des Skeletts wird die 2. Lage mit Feinmaterial angereichert, es kommt zur Krümelbildung und das Porenvolumen wird vergrößert. Die aktuelle Gesamtporosität von 47 % wird auf ca. 58 % steigen.

Die Lagerungsdichte wird sich auf ca. 1,0 g/cm<sup>3</sup> verringern. Vor allem die hohe Lagerungsdichte in der 3. Lage sinkt auf Grund der Wurzelentwicklung.

Es kommt zur Carbonatverlagerung mit dem Sickerwasser bis in den Unterboden.

Der pH-Wert wird durch die Zersetzungstätigkeit, durch saure Niederschläge und durch die Carbonatverlagerung sinken.

Nach der Carbonatverlagerung und dem Absinken des pH-Wertes kann es zu Tonverlagerungen aus dem obersten Horizont kommen. Dieser Ton wird in der darunterliegenden Lage angereichert und verbessert damit dessen Wasserspeicherkapazität und Sorptionsfähigkeit.

Die Bodentypenbildung tendiert in Richtung Parabraunerde.

#### **Auswirkungen auf das Retentionsvermögen:**

Die Wasserleitfähigkeit wird sich nach einer ca. 10-jährigen Waldentwicklung auf ca. 60-80 cm/d erhöht haben wegen der höheren Anzahl an Grobporen. Die Wasserspeicherkapazität ist bereits als hoch zu bewerten. Durch die Strukturverbesserung in der 2. Lage wird sie sich noch steigern, v.a. die nFK, die einen Wert von ca. 240 mm erreichen kann.

Insgesamt tendiert die Fläche in der Waldentwicklung zu einem sehr hohen Retentionsvermögen des Bodens, bei mittleren Niederschlägen kann Wasser von zusätzlichen Flächen infiltrieren. Zusätzlich wird durch die Vegetation auf Grund von Interzeption ca. 20 % des Jahresfreilandniederschlags zurückgehalten, was ca. 123 l/m<sup>2</sup>\*a entspricht.

### **2.5.4 Nördlicher Torgauer Platz**

#### **Bodenentwicklung:**

Durch die Vegetationsentwicklung und den Laubfall wird noch mehr organische Substanz gebildet und in den obersten Zentimetern des Bodens angereichert (Humusakkumulation). Der Humusgehalt wird sich in den nächsten 10 Jahren auf ca. 11 % erhöhen. Es wird sich eine geringe Streuauflage bilden (ca. 1 cm), die relativ schnell zersetzt wird, da die Lebensbedingungen für die Bodenlebewesen im Oberboden ganz gut sind, abgesehen von der größtenteils vorherrschenden Trockenheit. Durch die Streuauflage kann aber auch gleichzeitig mehr Wasser gespeichert werden, wodurch sich wiederum die Lebensbedingungen der streuzersetzenden Lebewesen verbessern. Die Humusform ist Mull.

Durch Bioturbation wird auch die 2. Lage mit Humus angereichert. Es kommt zur Krümelbildung und das Porenvolumen wird vergrößert. Vor allem die Fein- und Mittelporen werden in der 2. Lage zunehmen, was sich positiv auf die nFK auswirken wird.

Die aktuelle Gesamtporosität von 46 % wird auf ca. 52 % steigen.



Die Lagerungsdichte wird sich auf ca. 1,2 g/cm<sup>3</sup> verringern.

Es wird zu Carbonatverlagerungen v.a. in der 2. Lage kommen auf Grund der hohen Wasserdurchlässigkeit. Dieses Carbonat wird sich auf der Fundamentplatte anreichern oder seitlich abfließen.

Der pH-Wert wird durch die Zersetzungstätigkeit, durch saure Niederschläge und durch die Carbonatverlagerung sinken.

Nach der Carbonatverlagerung und dem Absinken des pH-Wertes kann es zu Tonverlagerungen aus dem obersten Horizont kommen. Dieser Ton wird in der darunterliegenden Lage (Sand) angereichert.

Die Bodentypenbildung tendiert in Richtung Parabraunerde.

Ein wachstumslimitierender Faktor könnte die Fundamentplatte im Untergrund sein, die den Wurzelraum auf ca. 30 cm Tiefe reduziert. Es konnte bei den Bodenuntersuchungen nicht herausgefunden werden, wie weit diese reicht. Ebenso können die Schwermetallvorkommen im Untergrund ein Problem darstellen. Sinkt der pH-Wert unter 4 könnten die Schwermetalle mobilisiert werden und die Bäume schädigen. Über Zeitpunkt, Ausmaß und Dauer dieser Prozesse können noch keine gesicherten Aussagen gemacht werden, da weder Daten aus der Vergangenheit, noch Erfahrungen von vergleichbaren Standorten vorliegen.

#### **Auswirkungen auf das Retentionsvermögen:**

Die Wasserleitfähigkeit wird sich nach einer ca. 10-jährigen Waldentwicklung auf ca. 50 cm/d erhöht haben wegen der höheren Anzahl an Grobporen. Die Wasserspeicherkapazität ist aktuell als sehr gering zu bewerten, auf Grund des begrenzten Wurzelraums. Vor allem durch die Strukturverbesserung (Humusanreicherung) in der 2. Lage kann bei angenommenem beschränkten Wurzelraum von ca. 30 cm mit einer nFK von 60 - 70 mm gerechnet werden.

Insgesamt tendiert die Fläche in der Waldentwicklung zu einem mittleren Retentionsvermögen des Bodens. Zusätzlich wird durch die Vegetation auf Grund von Interzeption ca. 20 % des Jahresfreilandniederschlags zurückgehalten, was ca. 123 l/m<sup>2</sup>\*a entspricht.

### **2.5.5 Freiladebahnhof Kohlenstr.**

#### **Bodenentwicklung:**

Durch die Vegetationsentwicklung wird sich eine Streuauflage bilden (ca. 2 cm), die nur langsam zersetzt wird, da die Lebensbedingungen für die Bodenlebewesen im Oberboden wegen des Wechsels von Trockenheit und anaeroben Verhältnissen durch Stauwasser nicht optimal sind. So wird vermutlich der Oberboden nur langsam mit organischer Substanz angereichert (Humusakkumulation ca. 3 - 4 %). Die Humusform ist Mull bis Moder. Mit der Zeit verbessert sich dann allerdings die Bodenstruktur. Es kommt zur Krümelbildung die KAK steigt und es kann mehr pflanzenverfügbares Wasser gespeichert werden. Dadurch verbessern sich wiederum die Lebensbedingungen der streuzersetzenden Lebewesen.

Durch das Wurzelwachstum wird die Lagerungsdichte in der 2. Lage vermindert auf ca. 1,2 - 1,3 g/cm<sup>3</sup>. Der eff. Wurzelraum wird dadurch vergrößert und die Wasserdurchlässigkeit verbessert.

Durch chemische Verwitterung wird sich auch der Skelettgehalt im Oberboden reduzieren und durch den entstehenden Feinboden steigt die Porosität von derzeit ca. 44 % auf ca. 50 %.



Durch die wasserstauende Tonschicht werden Redoxprozesse auftreten, die zu Rostflecken und Graufleckung führen.

Der pH-Wert wird auch hier durch die Zersetzungstätigkeit der Bodenorganismen und die sauren Niederschläge sinken.

Die Bodentypenbildung tendiert in Richtung Pseudogley.

#### **Auswirkungen auf das Retentionsvermögen:**

Die Wasserleitfähigkeit wird sich nach einer ca. 10-jährigen Waldentwicklung auf ca. 30 cm/d erhöht haben auf Grund der verbesserten Struktur im Oberboden und des größeren Wurzelraums. Allerdings wird die Tonschicht im Untergrund weiterhin als begrenzender Faktor auftreten. Durch die Durchwurzelung der Bäume allerdings kann auch hier die Leitfähigkeit verbessert werden. Die Wasserspeicherkapazität ist aktuell als gering zu bewerten, auf Grund des begrenzten Wurzelraums. Vor allem durch die Strukturverbesserung (Humusanreicherung) in der 1. Lage kann mit einer nFK von 60 - 70 mm gerechnet werden.

Insgesamt tendiert die Fläche in der Waldentwicklung zu einem mittleren Retentionsvermögen des Bodens. Zusätzlich wird durch die Vegetation auf Grund von Interzeption ca. 20 % des Jahresfreilandniederschlags zurückgehalten, was ca. 123 l/m<sup>2</sup>\*a entspricht.

### **2.5.6 Bahnhof Plagwitz**

#### **Bodenentwicklung:**

Durch die Vegetationsentwicklung und den Laubfall wird noch mehr organische Substanz gebildet und in den obersten Zentimetern des Bodens angereichert (Humusakkumulation). Der Humusgehalt wird sich in den nächsten 10 Jahren auf ca. 12 – 14 % erhöhen. Es wird sich eine geringe Streuauflage bilden (ca. 1 cm), die relativ schnell zersetzt wird, da die Lebensbedingungen für die Bodenlebewesen im Oberboden gut sind, bis auf die vorherrschende Trockenheit. Die Bodenfeuchte wird allerdings durch den Schutz der Streuauflage und den höheren organischen Anteil in der obersten Bodenschicht steigen. Dadurch verbessern sich wiederum die Lebensbedingungen der streuzersetzenden Lebewesen. Die Humusform ist Mull.

Durch chemische Verwitterung des Skeletts wird die 2. Lage mit Feinmaterial angereichert, es kommt zur Krümelbildung und das Porenvolumen wird vergrößert. Die aktuelle Gesamtporosität von 35 % wird auf ca. 45 % steigen.

Die Lagerungsdichte wird sich auf ca. 0,8 g/cm<sup>3</sup> verringern.

Der eff. Wurzelraum wird durch die Verwitterung des Steingehaltes größer und es verbessert sich dadurch die Wasserkapazität des Bodens. Zudem kann dann der kapillare Aufstieg von bis zu 4 mm/d aus dem anstehenden Grundwasser genutzt werden.

Die Bodentypenbildung tendiert in Richtung Braunerde.



**Auswirkungen auf das Retentionsvermögen:**

Die Wasserleitfähigkeit wird sich nach einer ca. 10-jährigen Waldentwicklung auf ca. 110 cm/d erhöht haben auf Grund des größeren Wurzelraums und der größeren Anzahl an Grobporen. Die Wasserspeicherkapazität ist aktuell als gering zu bewerten, auf Grund des begrenzten Wurzelraums. Vor allem durch die Vergrößerung des Wurzelraums durch die Verwitterung des Skeletts und durch die Strukturverbesserung (Humusanreicherung) in der 1. Lage kann mit einer nFK von ca. 150 mm gerechnet werden.

Insgesamt tendiert die Fläche in der Waldentwicklung zu einem sehr hohen Retentionsvermögen des Bodens. Zusätzlich wird durch die Vegetation auf Grund von Interzeption ca. 20 % des Jahresfreilandniederschlags zurückgehalten, was ca. 123 l/m<sup>2</sup>\*a entspricht.



### 3 Bodenkundliche Untersuchung auf sechs Waldflächen in Leipzig

Ergänzend wurden Vergleichsuntersuchungen auf bestehenden Wald-Referenzflächen durchgeführt um tendenzielle Aussagen treffen zu können wie und in welchem Maß urbaner Boden durch Vegetation beeinflusst werden kann. Dazu wurden Bodeneigenschaften von sechs urbanen Wäldern verschiedenen Alters (10 bis 150 Jahre) in Leipzig erhoben und bewertet (siehe Tab. 19)

Tab. 19 Ausgewählte Wald-Referenzflächen in Leipzig, (EIGENE DARSTELLUNG)

Waldreferenz- Fläche	Ungefähres Wald-be- standsalter in a	Bodengesellschaft nach Bodenatlas Sachsen (BSA200)
Taubenberg	10	Fast ausschließlich Hortisole aus anthropogen umgelagerten Substraten natürlicher Herkunft und selten Syro- seme aus Anthrofestsubstraten
Quellwald	10	Überwiegend Syroseme aus Anthrofest-substraten, ver- breitet Hortisole und selten Regosole aus anthropogen umgelagerten Substraten natürlicher und technogener Herkunft
Gypsberg Mockau-Nord	50	Fast ausschließlich Hortisole aus anthropogen umgelagerten Substraten natürlicher Herkunft und selten Syro- seme aus Anthrofestsubstraten
Lößnig-Dölitz	40-50	Fast ausschließlich Hortisole aus anthropogen umgelagerten Substraten natürlicher Herkunft und selten Syro- seme aus Anthrofestsubstraten
Rosentalhügel	115	Überwiegend Syroseme aus Anthrofest-substraten über tiefem Auenlehm und gering verbreitet Hortisole aus anth- ropogen umge-lagerten Substraten natürlicher Herkunft über tiefem Auenlehm
Bauernwiese	146	Überwiegend Syroseme aus Anthrofest-substraten, ver- breitet Hortisole und selten Regosole aus anthropogen umgelagerten Substraten natürlicher und technogener Herkunft

#### 3.1 Bodenkundliche Untersuchungsmethodik

Um die Vergleichbarkeit der Brachflächen mit den Waldflächen nicht weiter zu beeinträchtigen wurde exakt dieselbe Untersuchungsmethode angewendet.

Auf eigene Formblätter aufgenommene Merkmale sind Vegetation, Art und Maß der Streuauflage, geschätzter Versiegelungsgrad, ehemalige Nutzung, aktuelle Nutzung im Umfeld und sonstige Auffälligkeiten. Zur Anlage einer exemplarischen Profilgrube wurden repräsentative Stellen ausgewählt. Diese zeichnen sich jeweils dadurch aus, dass sie:



- sich nahe dem Waldzentrum befinden, so dass sie von den möglichen Einwirkungen der anliegenden Flächen und ihren Nutzungen als weitestgehend unbeeinflusst beschrieben werden können.
- keine besonderen vegetativen Merkmale aufweisen, wie Bewuchs einer spezifischen Pflanze mit besonderen Nährstoffansprüchen.
- sich nicht unmittelbar auf Wegen, Pfaden etc. befinden, damit die Verdichtung möglichst wenig bis gar nicht von außen beeinflusst wird.

Bei allen Profilen wurden nach Maßgabe der Bodenkundlichen Kartieranleitung - KA5 (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN, 2005) folgende Bodenmerkmale aufgenommen: Mächtigkeit der Lagen und Horizonte, Bodenfarbe, Bodenart, Skelettgehalt, Gefüge, Lagerungsdichte, Carbonatgehalt und pH-Wert.

Die Bestimmung der Merkmalsausprägung der jeweiligen Lage erfolgte ebenfalls nach Anleitung der KA5. Folgende relevante Bodenparameter wurden für jede Bodenschicht abgeleitet: Humusgehalt, Tongehalt, Trockenrohdichte ( $\rho_t$ ), Feldkapazität (FK), Luftkapazität (LK), nutzbare Feldkapazität (nFK), Totwasser (TOT) bzw. permanenter Welkepunkt (PWP), potenzielle Kationenaustauschkapazität (KAK pot.), Basensättigungsgrad (BS), S-Wert (Summe der austauschbar gebundenen Kationen), effektiver Wurzelraum (We), Wasserhaushalt (nFKWe) und gesättigte Wasserleitfähigkeit (kF).

### **Beschreibung der Profile**

In allen beteiligten Wäldern wurde eine Laubstreu vorgefunden. Diese war auf dem Taubenberg und der Bauernwiese weniger mächtig ausgebildet als im Quellwald, in Gypsberg-Mockau Nord und auf dem Rosenthalhügel. In Lößnig-Dölitz dominierte allerdings eine dichte Bodenvegetation gegenüber der Laubstreu. Fast alle Horizonte weisen eine ca. 2 cm dicke Humusschicht auf, welche aufgrund der feinkrümeligen Struktur als Moder oder mullartiger Moder bezeichnet werden kann. In Gypsberg-Mockau Nord maß diese Schicht etwa 4 cm und wird auch wegen der Feuchtigkeit und des niedrigen Humusgehaltes im Oberboden eher als Rohhumus eingeschätzt. Bei den Profilaufnahmen wurde stets – mit Ausnahme des Rosenthalhügels – bis zum helleren Unterbodenhorizont in den Boden eingedrungen. Daraus wird ersichtlich, dass die Humusschicht einen stärkeren Einfluss auf den Oberbodenhorizont ausübt und es somit zur Ausbildung von charakteristischen Horizontgrenzen kam. Während diese auf dem Taubenberg und in Gypsberg-Mockau Nord als ebenförmig bis leicht wellig beschrieben werden können, trifft keil- bzw. zapfenförmig auf die Grenzen im Quellwald und in Lößnig-Dölitz eher zu, genauso wie zungen- oder taschenförmig auf die Bauernwiese. Charakteristisch für alle Profile sind die ausgebildeten Übergangshorizonte (zumeist der B-Horizont) vor dem anstehenden Gestein (C-Horizont), welche besonders in Gypsberg-Mockau Nord (Ah 1- und Ah 2-Horizont) und auf dem Rosenthalhügel (nur Ah-Horizont) durch ihre ähnlichen Eigenschaften gegenüber des Oberbodens (A-Horizont) auffallen. (siehe Abb.26)



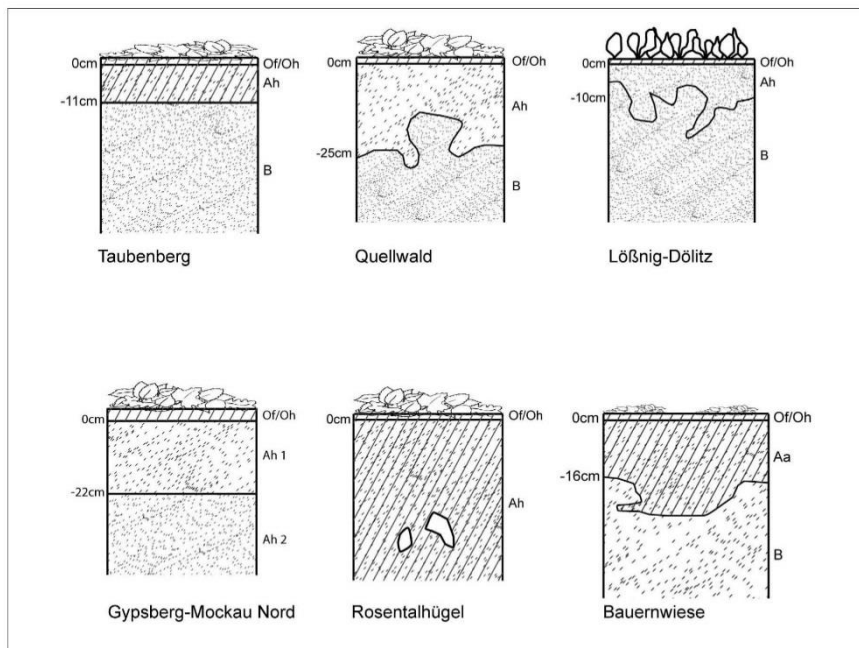


Abb.26: Bodenhorizonte der Wälder, aufsteigend nach Alter geordnet (EIGENE DARSTELLUNG)

### 3.2 Darstellung und Bewertung der Bodeneigenschaften der Wald-Referenz-flächen

Im Folgenden werden die Bodeneigenschaften der Profile aufsteigend nach ihrem Alter vorgestellt und bewertet. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Übersicht der Lage der Flächen im Raum Leipzig.





Abb.27: Übersicht der Lage der Wald-Referenzflächen (EIGENE DARSTELLUNG)

### 3.2.1 Taubenberg:

#### **Standortmerkmale:**

Auffällig bei dieser Untersuchungsfläche ist der sehr geringe Teil an Unrat und Bauschutt. Große Mengen an Totholz von *Rubus* charakterisieren den Wald an manchen Stellen, aber auch unterschiedlich hoher und unterschiedlich dichter Grasbewuchs, der sich ausbilden konnte, da die Kronen der jungen Bäume den Boden noch nicht vollständig beschatten, ist bezeichnend für diese Untersuchungsfläche.

Tab. 20 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Taubenberg (EIGENE DARSTELLUNG)

Allgemeine Merkmale	
Räumliche Einordnung	Der sog. Taubenberg befindet sich knapp 11 km südwestlich des Stadtzentrums Leipzigs in Nähe des Cospudener Sees



Größe	≈ 11 ha
Alter	10 Jahre
Kleinrelief	größtenteils sehr eben
Geschätzter Versiegelungsgrad	0 %
Flächennutzung im Umfeld	Siedlung, Gärtnerei, Acker
Vegetation	Krautschicht
	Grasbedeckung
	Strauchschicht
	<i>Acer campestre</i>
	<i>Acer platanoides</i>
	<i>Cornus sericea</i>
	<i>Crataegus monogyna</i>
	<i>Rubus spec.</i>
	<i>Sambucus nigra</i>
	Baumschicht
	<i>Betula pendula</i>
	<i>Quercus spec.</i>
	<i>Prunus avium</i>
	<i>Robinia pseudoacacia</i>
<b>Bodenmerkmale</b>	
Bodengesellschaft nach Bodenatlas Sachsen (BSA200)	fast ausschließlich Hortisole aus anthropogen umgelagerten Substraten natürlicher Herkunft und selten Syrosemi aus Anthrofestsubstraten



Bodentyp

nicht eindeutig bestimmbar aufgrund zu geringer Profiltiefe, Tendenz jedoch zu Normbraunerde (BBn), da B-Horizont stark verbraunt, verlehmt und gleichmäßig gefärbt

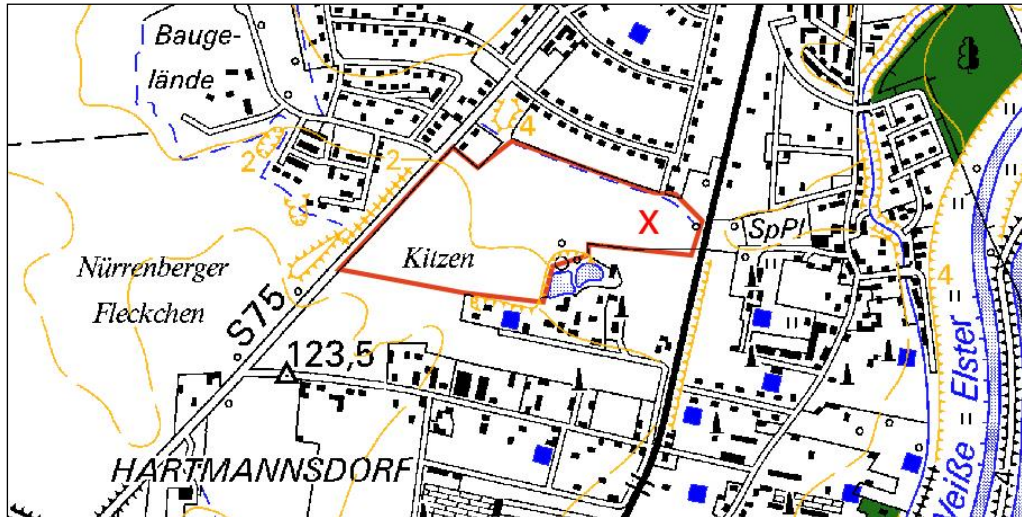


Abb. 28: Darstellung der Untersuchungsfläche Taubenberg mit gekennzeichneteter Verortung der Profilgrube (nicht maßstäblich), (EIGENE DARSTELLUNG):

### Beschreibung und Bewertung der aktuellen Bodensituation:

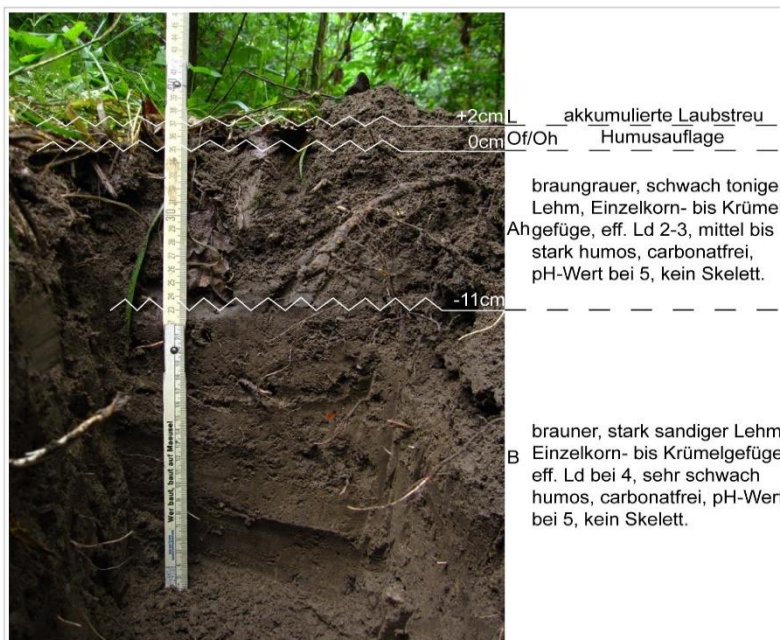


Abb. 29: Bodenprofil Taubenberg (EIGENE DARSTELLUNG)

Folgende Horizonte können unterschieden werden:

Das Bodenprofil besteht aus einer etwa 2 cm dicken Humusschicht.



Dieser folgt ein lockerer Ah-Horizont, welcher gut durchwurzelt und von der Humusschicht stark beeinflusst ist, erkennbar an dem hohen Humusgehalt und der dunklen Farbe. Der anschließende B-Horizont, welcher bei ca. 11 cm Tiefe beginnt, ist dichter, gleichmäßig braun und weniger gut durchwurzelt. Beide Lagen sind carbonat- und skelettfreie Einzelkorn- bis Krümelgefüge.

Im Folgenden ist die Verteilung des Bodenvolumens auf die einzelnen Komponenten dargestellt:

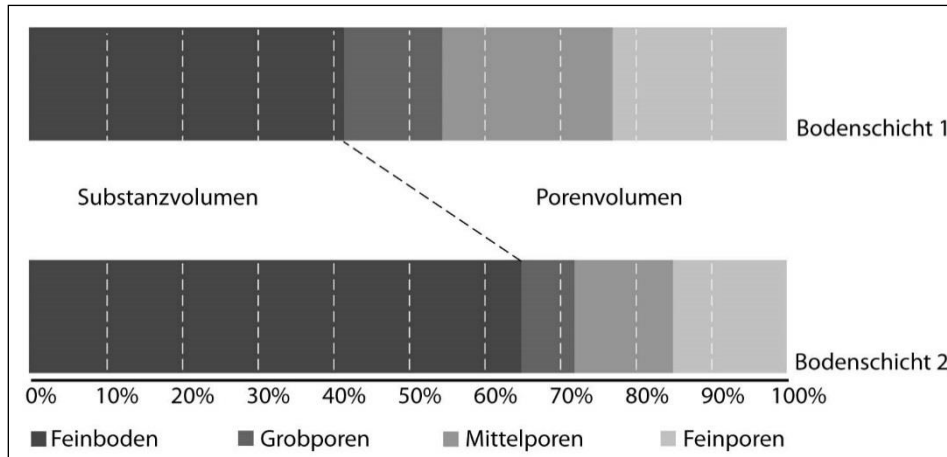


Abb.30: Bodenvolumen Taubenberg, (EIGENE DARSTELLUNG)

### Bewertung der Standorteigenschaften:

Die Ausprägung der Standorteigenschaften stellt sich im Überblick wie folgt dar:

Tab. 21 Bewertung der Bodeneigenschaften der Untersuchungsfläche Taubenberg (EIGENE DARSTELLUNG)

Tiefe [cm]	nFK <sub>We</sub> [mm]	LK [Vol-%]	FK [Vol-%]	KAK <sub>We</sub> [cmol <sub>c</sub> /kg]	S <sub>We</sub> [mol <sub>c</sub> /m <sup>2</sup> ]	~ kf-Wert [cm/d]
0 bis -11	25 (sg)	13 (h)	50 (sh)	27 (sh)	26,5 (m)	31,5 (m)
-11 bis -34	143 (h)	7 (m)	28 (g)	14 (h)	169 (h)	11 (m)

(sg) = sehr gering; (g) = gering; (m) = mittel; (h) = hoch; (sh) = sehr hoch

Der Boden kann als tiefgründig eingeschätzt werden, da weder Verfestigungen noch ein Skelettgehalt oder sonstige starke Bodeneigenschaftswchsel festgestellt werden konnten. Die Durchwurzelungstiefe liegt bei etwa 12 dm.

Die Wasserkapazität im effektiven Wurzelraum befindet sich bei der oberen Bodenschicht bei etwa 50 Vol-% und kann damit als sehr hoch eingestuft werden, diese sinkt aber in der zweiten Bodenschicht bis auf geringe 28 Vol-%. Die ökologisch wichtige nFK<sub>We</sub> ist im Oberboden sehr gering, im Unterboden jedoch hoch und somit aufgrund der Durchwurzelungstiefe konträr zum Verhalten der FK. Mittlere Niederschläge können komplett infiltrieren und sehr gut gespeichert werden.



Aufgrund des hohen Sandanteils kann der Lufthaushalt in der oberen Bodenschicht als hoch eingestuft werden. Obwohl der Sandanteil in der unteren Schicht steigt, erhöht sich die Lagerungsdichte, dies hat wiederum eine Absenkung des Luftvolumens zur Folge, welche demzufolge mit gering bewertet werden muss.

Der hohe Humusgehalt in der oberen Lage ist verantwortlich für die ebenfalls hohe KAK pot. Durch Veränderung der Bodenart und durch die Folgen der Auswaschung nehmen der Humusgehalt und somit auch die KAK pot. nach unten hin etwas ab, können aber trotzdem noch als hoch eingestuft werden.

Der S-Wert befindet sich in der oberen Lage im mittleren, in der unteren allerdings im hohen Bereich. Die Aufnahme von pflanzenverfügbaren Mikronährstoffen (Fe, Zn, Mn, Cu) ist gewährleistet, da der pH-Wert in beiden Schichten bei 5 liegt. Gleichzeitig wird dadurch jedoch die Aufnahme von Makronährstoffen wie K (Zelldruck) und Mg (Aufbau des Chlorophylls) erschwert. Es handelt sich insgesamt um einen nährstoffreichen Standort.

Dadurch, dass der Boden weitgehend carbonatfrei ist, besteht die Gefahr der Tonverlagerung in untere Schichten. Es würde zur Verdichtung des Unterbodens und einem daraus resultierende Wasserstau kommen. Auch trägt der hohe Anteil der Grob- und Mittelporen in der oberen Bodenschicht zur Stoffverlagerung nach unten bei. Aufgrund der fehlenden Werte des Salzgehalts, der dies positiv beeinflussen würde, kann über die Höhe der Gefahr der Bodenverdichtung und Stoffverlagerung keine endgültige Aussage getroffen werden.

### 3.2.2 Quellwald:

#### Standortmerkmale:

Der Quellwald besteht aus zwei unterschiedlichen Phänotypen. Der lang gestreckte Teil im Westen ist mit auffällig jungen Gehölzen sehr dicht bewachsen. Der jeweilige Stammdurchmesser beträgt maximal 10 cm. Der Unratanteil in diesem Abschnitt ist sehr hoch und anliegende Kleingärtner vergraben teilweise Müll unter dieser Fläche. Gartenpflanzen erhalten Einzug aus den umliegenden Kleingärten (*Campanula spec.*).

Der Hain aus *Aesculus hippocastanum* im westlichen Teil des Areals ist sehr licht, da Strauch- und Krautschicht fehlen. Die Kronen der Bäume haben sich untypischerweise zu einer lang gestreckten umgekehrt eiförmigen Form ausgebildet. Hier finden sich kaum Bauschutt oder Müllablagerungen.

Tab. 22 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Quellwald (EIGENE DARSTELLUNG)

Allgemeine Merkmale	
Räumliche Einordnung	Der Quellwald befindet sich gut 4 km nördlich des Hbf Leipzig
Größe	≈ 6 ha
Alter	10 Jahre



Kleinrelief	Eben bis sehr leicht wellig
Geschätzter Versiege- lungsgrad	0 %
Flächennutzung im Umfeld	Kleingärten, Siedlung, Landschafts- schutzgebiet
Vegetation	Krautschicht
	<i>Campanula spec.</i>
	Keine Krautschicht unter Hain aus Aes- culus
	Strauchschicht
	<i>Acer campestre</i>
	<i>Caragana arborescens</i>
	<i>Cornus mas</i>
	<i>Ligustrum vulgare</i>
	<i>Rosa canina</i>
	<i>Rubus spec.</i>
	Keine Strauchschicht unter Hain aus Aesculus
	Baumschicht
	<i>Acer campestre</i>
	<i>Acer negundo</i>
	<i>Aesculus hippocastanum</i>
	<i>Crataegus monogyna</i>
	<i>Malus spec.</i>
	<i>Robinia pseudoacacia</i>
	<i>Tilia spec.</i>



	<i>Ulmus glabra</i>
<b>Bodenmerkmale</b>	
Bodengesellschaft nach Bodenatlas Sachsen (BSA200)	überwiegend Syrosete aus Anthrosete-substraten, verbreitet Hortisole und selten Regosole aus anthropogen umgelagerten Substraten natürlicher und technogener Herkunft
Bodentyp	nicht eindeutig bestimmbar, aufgrund zu geringer Profiltiefe, Tendenz zu Parabraunerde (LL), da B-Horizont heller als Ah-Horizont

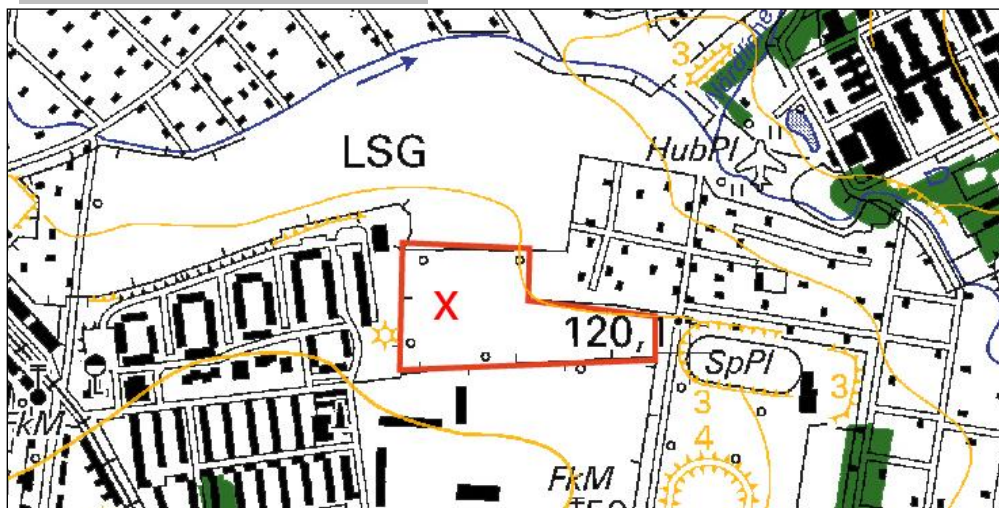


Abb. 31: Darstellung der Untersuchungsfläche Quellwald mit gekennzeichneteter Verortung der Profilgrube (nicht maßstäblich) (EIGENE DARSTELLUNG)





Abb. 32: Bodenprofil Quellwald (EIGENE DARSTELLUNG)

### Beschreibung und Bewertung der aktuellen Bodensituation:

Folgende Horizonte können unterschieden werden:

Das schwach humose Bodenprofil birgt einen hellbraunen Ah-Horizont, welcher gut durchwurzelt ist und eine effektive Lagerungsdichte von etwa 3 aufweist. Die Horizontlinie ist zungen- bzw. taschenförmig ausgebildet und es lassen sich im helleren B-Horizont noch humose Einschlüsse erkennen. Der Lehmgehalt nimmt von oben nach unten zu, es ist kein Skelett erkennbar, der Kalkgehalt liegt bei 0 % und es hat sich in beiden Lagen ein Krümelgefüge mit Tendenz zum Polyedergefüge ausgebildet.

Im Folgenden ist die Verteilung des Bodenvolumens auf die einzelnen Komponenten dargestellt:

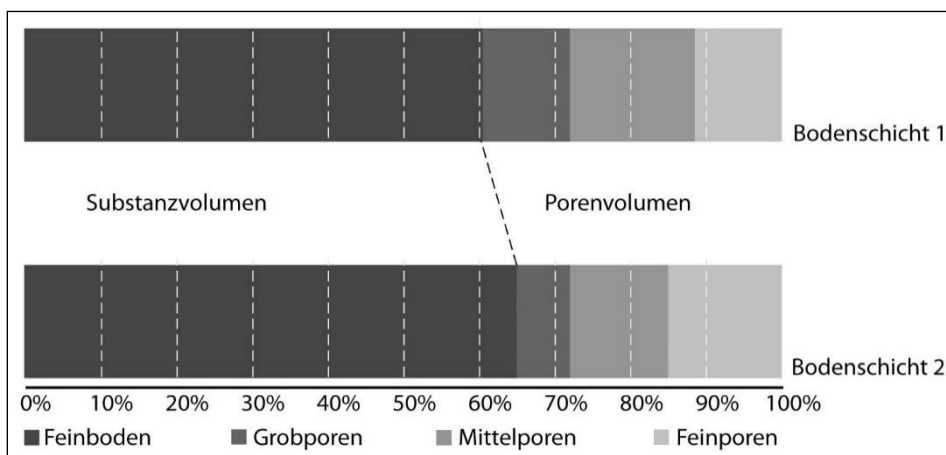


Abb.33: Bodenvolumen Quellwald, (EIGENE DARSTELLUNG)



### Bewertung der Standorteigenschaften:

Die Ausprägung der Standorteigenschaften stellt sich im Überblick wie folgt dar:

Tab. 23 Bewertung der Bodeneigenschaften der Untersuchungsfläche Quellwald (EIGENE DARSTELLUNG)

Tiefe [cm]	nFKWe [mm]	LK [Vol-%]	FK [Vol-%]	KAK <sub>We</sub> [cmol <sub>c</sub> /kg]	S <sub>We</sub> [mol <sub>c</sub> /m <sup>2</sup> ]	~ kf-Wert [cm/d]
0 bis -25	41 (sg)	12 (m)	26 (g)	9,5 (m)	25 (m)	38 (m)
-25 bis -35	123 (m)	7 (m)	28 (g)	12 (h)	123 (h)	11 (m)

(sg) = sehr gering; (g) = gering; (m) = mittel; (h) = hoch; (sh) = sehr hoch

Schon aus Abb. 32 wird ersichtlich, dass der Oberboden sehr gut durchwurzelt ist. Insgesamt kann er als tiefgründig eingeschätzt werden, denn die effektive Durchwurzelungstiefe liegt bei ungefähr 12 dm. Es wurden weder Verfestigungen noch andere mechanische Beeinträchtigungen beim Ausheben der Grube festgestellt.

Die Wasserkapazität im effektiven Wurzelraum liegt insgesamt bei etwa 95 l/m<sup>2</sup> und muss mit gering bewertet werden. Die nutzbare Feldkapazität wird aber aufgrund des höheren Anteils der Mittelporen (siehe Abb.33) als mittelhoch eingestuft.

Im Zusammenhang mit dem hohen Sandanteil und der effektiven Durchwurzelungstiefe ergibt sich der ökologisch wichtige Kennwert der nFKWe, welcher in der oberen Schicht mit etwa 41 mm als sehr gering, in der unteren mit etwa 123 mm als mittel bewertet wird. Mittlere Niederschläge infiltrieren vollständig und können insgesamt gut gespeichert werden. Der hohe Sandanteil würde für eine hohe Luftkapazität sprechen, doch muss diese aufgrund der hohen Lagerungsdichte (Ld3-Ld4) als mittel bewertet werden.

Die KAK pot. weist in der oberen Lage niedrigere Werte auf als in der unteren. In beiden Fällen kann sie mit mittel bewertet werden. Der S-Wert mit etwa  $\Sigma 148 \text{ molc} / \text{m}^2$  spricht für einen sehr nährstoffreichen Standort. Der pH-Wert liegt zwischen 5-6, also im schwach sauren Bereich. Es können sowohl Mikro- als auch Makronährstoffe aufgenommen werden. Aufgrund des fehlenden Kalks kann auch hier Tonverlagerung eintreten.

### 3.2.3 Lößnig-Dölitz:

#### Standortmerkmale:

Die lang gezogene Untersuchungsfläche schließt südlich an das Erholungsgebiet Lößnig-Dölitz an. Dies entstand zwischen 1983 und 1988 auf dem ehemaligen Bergbaugelände des 1959 stillgelegten Braunkohletiefbaus Leipzig-Dölitz.<sup>4</sup> Die Flächen wurden bis dahin landwirtschaftlich genutzt.

<sup>4</sup> Nach Angaben von [www.leipzig.de](http://www.leipzig.de)



Die zu untersuchende Waldfläche beherbergt eine stickstoffreiche, frische Kraut- bzw. Hochstaudenflurgesellschaft mit *Urtica dioica*, *Galium aparine*, *Aegopodium podagraria* und *Geum urbanum*. Die Staudenfluren bilden eine sehr dichte Bodendecke. Weiterhin ist die übrige Vegetation ebenfalls sehr dicht ausgebildet und das Waldinnere von außen nicht einsehbar. Es kann demzufolge davon ausgegangen werden, dass sich ein eigenes Waldinnenklima ausgebildet hat, auch spricht die leicht empfundene Temperaturabsenkung im Vergleich zum Außenraum dafür.

Tab. 24 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Lößnig-Dölitz (EIGENE DARSTELLUNG)

Allgemeine Merkmale	
Räumliche Einordnung	Das Untersuchungsgebiet Lößnig-Dölitz befindet sich etwa 6 km südöstlich vom Hbf Leipzig an der Gorbitzer Straße südlich eines Erholungsgebietes
Größe	≈ 0,5 ha
Alter	<b>40-50 Jahre</b>
Kleinrelief	leicht wellig
Geschätzter Versiegelungsgrad	0 %
Ursprüngliche Nutzung	landwirtschaftliche Nutzung, später Bergbaugebiet
Flächennutzung im Umfeld	Wald, Kleingärten, Siedlung, Psychiatrie
Vegetation	Krautschicht
	<i>Urtica dioica</i>
	<i>Galium aparine</i>
	<i>Aegopodium podagraria</i>
	<i>Geum urbanum</i>
	Strauchschicht
	<i>Acer campestre</i>
	<i>Acer platanoides</i>



	<i>Crataegus monogyna</i> <i>Ligustrum vulgare</i> <i>Rubus spec.</i>
	Baumschicht
	<i>Acer pseudoplatanus</i> <i>Betula pendula</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Quercus spec.</i> <i>Robinia pseudoacacia</i>
Bodenmerk- male	
Bodengesell- schaft nach Bo- denatlas Sach- sen (BSA200)	fast ausschließlich Hortisole aus anthropogen umgelagerten Substraten natürlicher Herkunft und selten Syrosete aus Anthrofestsubstraten
Bodentyp	nicht eindeutig bestimmbar aufgrund zu geringer Profiltiefe, Tendenz jedoch zu Normbraunerde (BBn)

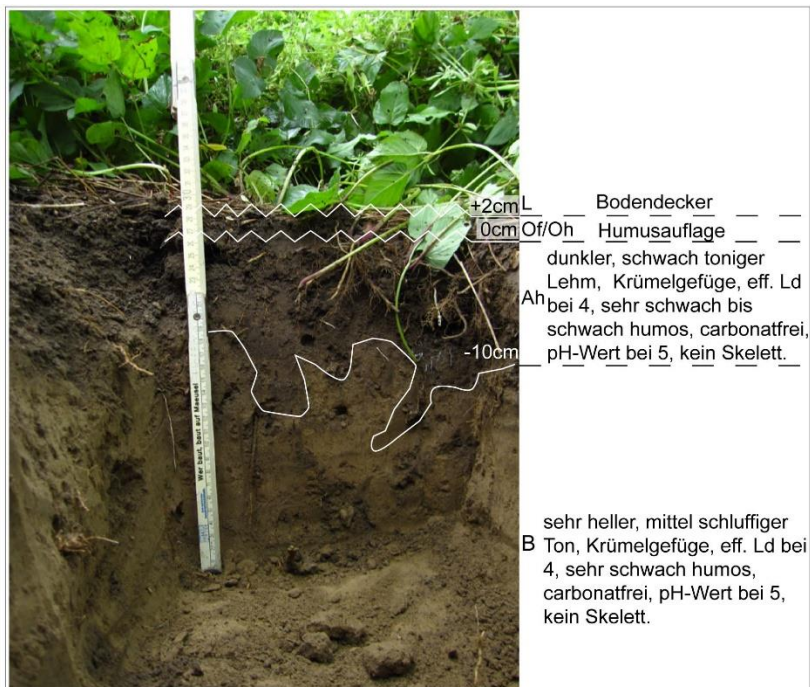


Abb.34: Darstellung der Untersuchungsfläche Lößnig-Dölitz mit gekennzeichnete Verortung der Profilgrube (nicht maßstäblich), (EIGENE DARSTELLUNG)



## Beschreibung und Bewertung der aktuellen Bodensituation:

Folgende Horizonte können unterschieden werden:



Das Bodenprofil zeigt eine etwa 2 cm dicke Humusauflage mit anschließendem dunklen, nicht sehr mächtigen Ah-Horizont. Die bei ca. -10 cm beginnende Grenze zum darunter liegenden B-Horizont kann als zapfenförmig beschrieben werden. In dem sehr hellen, mittel schluffigen Ton der unteren Schicht konnten noch Humuseinschlüsse erkannt werden. Beide Lagen sind skelettfrei, carbonatfrei und weisen eine Lagerungsdichte von etwa 4 auf. Die pH-Werte beider Schichten liegen auch hier im schwach sauren Milieu mit etwa 5, wodurch Mikro- und Makronährstoffe gleichermaßen verfügbar sind. Der carbonatfreie Boden birgt die Gefahr der Tonverlagerung, auch hier sollte der Salzgehalt geprüft werden. Es wurde gar kein Bauschutt oder ähnliches gefunden.

Im Folgenden ist die Verteilung des Bodenvolumens auf die einzelnen Komponenten dargestellt:

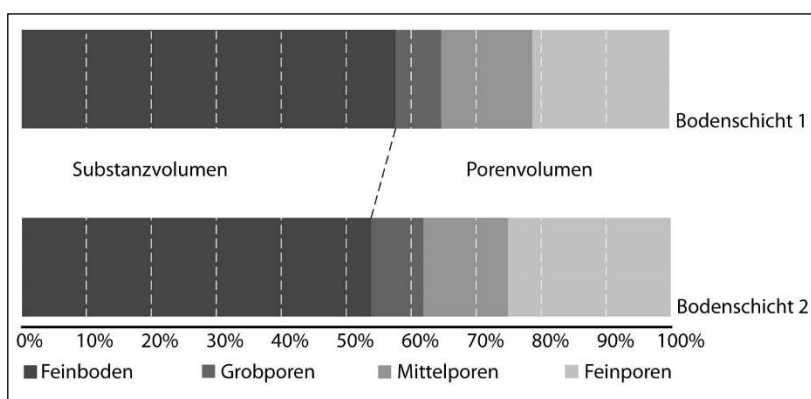


Abb.36: Bodenvolumen Lößnig-Dölitz, (EIGENE DARSTELLUNG)



### Bewertung der Standorteigenschaften:

Die Ausprägung der Standorteigenschaften stellt sich im Überblick wie folgt dar:

Tab. 25 Bewertung der Bodeneigenschaften der Untersuchungsfläche Lößnig-Dölitz (EIGENE DARSTELLUNG)

Tiefe [cm]	nFKWe [mm]	LK [Vol-%]	FK [Vol-%]	KAK <sub>We</sub> [cmol/kg]	S <sub>We</sub> [mol/m <sup>2</sup> ]	~ kf-Wert [cm/d]
0 bis -10	14 (sg)	7 (m)	37 (m)	20 (sh)	22 (m)	5 (g)
-10 bis -35	175 (h)	6 (m)	38 (m)	23 (sh)	247 (sh)	8 (g)

(sg) = sehr gering; (g) = gering; (m) = mittel; (h) = hoch; (sh) = sehr hoch

Der Boden wird als sehr tiefgründig eingeschätzt. Die effektive Durchwurzelungstiefe reicht etwa 14,5 dm weit ins Erdreich.

Die Wasserkapazität im effektiven Wurzelraum liegt bei insgesamt > 100 l/m<sup>2</sup> und wird somit, auch jeweils in den einzelnen Schichten, als mittel eingestuft. Der entscheidende Faktor für die Höhe des verfügbaren Wassers offenbart eine hohe Differenz zwischen der oberen Lage mit etwa 14 mm und der unteren mit etwa 175 mm. Die gesättigte Wasserleitfähigkeit ist eher als gering einzustufen. Der Oberflächenabfluss ist demzufolge hoch, da nur geringe Niederschläge vollständig infiltrieren können. Das infiltrierte Wasser kann allerdings sehr gut zurückgehalten werden.

Die Luftkapazität wird aufgrund der hohen Lagerungsdichte und eines geringeren Anteils des Porenvolumens am Bodenvolumen als mittel eingestuft.

Die KAK pot. kann in beiden Lagen als sehr hoch bewertet werden. Der S-Wert des Oberbodens liegt im mittleren Bereich. Dadurch, dass dieser sich im Unterboden weiter erhöht, kann von einem nährstoffreichen Standort gesprochen werden.

### 3.2.4 Gypsberg - Mockau Nord:

#### Standortmerkmale:

Die gut 12 ha große Untersuchungsfläche befindet sich zwischen einem Siedlungsgebiet und der alten Messe Leipzig an einer Bahntrasse. Um 1879 wurde sie als Acker genutzt, 1939 teilweise in Gartenland überführt. Sie wurde demnach regelmäßig gepflügt oder umgegraben und bestellt. Seit 1995 kam laut Anwohnern eine zunehmende Vermüllung auf, welche allerdings während der Geländebegehung und Profilaushebung im Juni 2011 nicht mehr bestätigt werden konnte.

Der Wald wirkt von außen sehr dicht, obwohl auch hier kein typischer Waldrand ausgebildet ist. Ein stabiles Waldinnenklima konnte durch die fühlbare Temperaturabsenkung bestätigt werden. Auffällig waren homogene Stellen, welche flächendeckend und sehr dicht mit *Lysimachia punctata*, *Urtica dioica* und anderen Pflanzen bewachsen waren. Hier wird davon ausgegangen, dass sich darunter verstärkte Vorkommen gewisser Mikronährstoffe befinden, welche das Wachstum bestimmter Pflanzen sehr begünstigen und das anderer ausschließt. Die Vegetation setzt sich insgesamt aus einheimischen und fremdländischen Gehölzen zusammen.



Tab. 26 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Gypsberg - Mockau Nord (EIGENE DARSTELLUNG)

Allgemeine Merkmale	
Räumliche Einordnung	das Untersuchungsgebiet Gypsberg-Mockau Nord befindet sich knapp 5km nördlich des Hbf Leipzig in direkter Nachbarschaft mit der Alten Messe
Größe	≈ 12,5 ha
Alter	<b>50 Jahre</b>
Kleinrelief	eben bis leicht wellig
Geschätzter Versiegelungsgrad	0 %
Ursprüngliche Nutzung	Acker, siehe Äquidistantenkarte von 1879; teilweise Acker, teilweise Gartenland, siehe TK von 1939;  „Wilde Müllkippe“ 1995 <sup>5</sup>
Flächennutzung im Umfeld	Siedlung, Bahntrasse
Vegetation	Krautschicht
	Farne
	<i>Lysimachia punctata</i>
	<i>Solidago spec.</i>
	<i>Trifolium pratense</i>
	<i>Urtica dioica</i>
	Strauchschicht
	<i>Acer pseudoplatanus</i>
	<i>Crataegus monogyna</i>
	<i>Cornus kousa</i>

<sup>5</sup> Laut Aussagen in einer Email von Olaf Hillert am 19. Juli 2011



	<i>Cotoneaster spec.</i> <i>Rosa spec.</i> <i>Rubus</i>
	Baumschicht
	<i>Acer campestre</i> <i>Acer negundo</i> <i>Betula pendula</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Populus spec.</i> <i>Quercus spec.</i> <i>Robinia pseudoacacia</i> <i>Ulmus glabra</i>
Bodenmerk- male	
Bodengesell- schaft nach Bo- denatlas Sach- sen (BSA200)	fast ausschließlich Hortisole aus anthropogen umgelagerten Substraten natürlicher Herkunft und selten Syrosete aus Anthrofestsubstraten
Bodentyp	nicht eindeutig bestimmbar aufgrund zu geringer Profiltiefe, Tendenz zu Braunerde (BB) oder Normbraunerde (BBn)

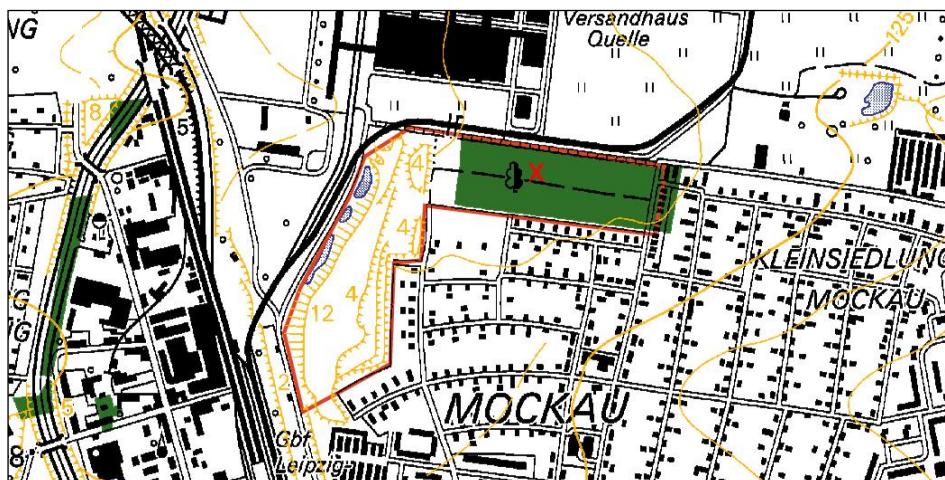


Abb. 37 Darstellung der Untersuchungsfläche Gypsberg - Mockau Nord mit gekennzeichnete Verortung der Profilgrube (nicht maßstäblich) (EIGENE DARSTELLUNG)



## Beschreibung und Bewertung der aktuellen Bodensituation:

Folgende Horizonte können unterschieden werden:



Abb. 38: Bodenprofil Gypsberg - Mockau Nord (EIGENE DARSTELLUNG)

Das Bodenprofil weist eine etwa 4 cm starke Humusschicht auf. Die Tendenz geht in Richtung Rohhumus. Die anschließenden schwach humosen Oberbodenhorizonte sind in sich sehr homogen und weisen kein Skelett auf. Die pH-Werte liegen im sauren Bereich, der Boden ist demzufolge sehr schwach carbonathaltig bis carbonatfrei.

Trotz der „Wilden Müllkippe“ aus den 1990er Jahren wurde nur sehr wenig Bauschutt gefunden.

Im Folgenden ist die Verteilung des Bodenvolumens auf die einzelnen Komponenten dargestellt:

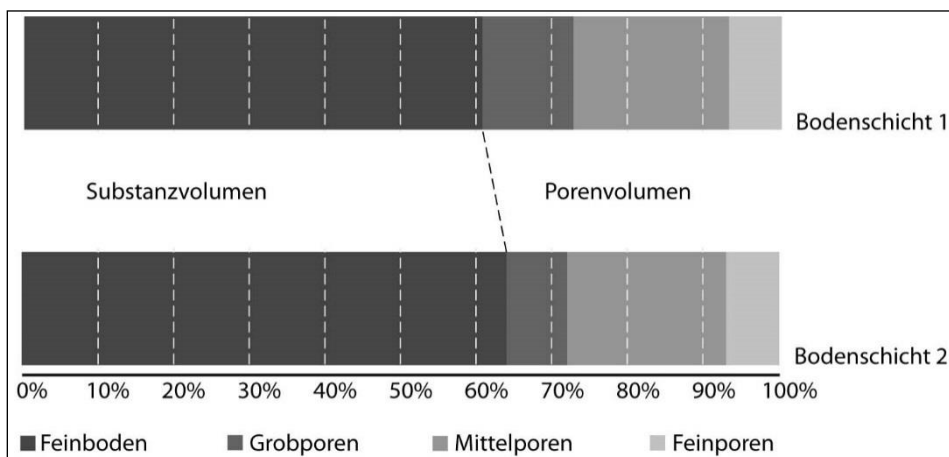


Abb.39: Bodenvolumen Gypsberg - Mockau Nord (EIGENE DARSTELLUNG)



### Bewertung der Standorteigenschaften:

Die Ausprägung der Standorteigenschaften stellt sich im Überblick wie folgt dar:

Tab. 27 Bewertung der Bodeneigenschaften der Untersuchungsfläche Gypsberg - Mockau Nord (EIGENE DARSTELLUNG)

Tiefe [cm]	nFKWe [mm]	LK [Vol-%]	FK [Vol-%]	KAKWe [cmolc/kg]	SWe [molc/m <sup>2</sup> ]	~ kf-Wert [cm/d]
0 bis -22	45,1 (sg)	12 (m)	27,5 (g)	6 (g)	11 (m)	40 (h)
-22 bis -38	164 (h)	8 (m)	28 (g)	6 (g)	42 (m)	16,5 (m)

(sg) = sehr gering; (g) = gering; (m) = mittel; (h) = hoch; (sh) = sehr hoch

Der Boden kann als tiefgründig bezeichnet werden. Es liegen keine mechanischen oder physiologischen Beeinträchtigungen vor. Die effektive Durchwurzelungstiefe liegt bei etwa 10 dm. Die Feldkapazität ist mit etwa 28 Vol-% als gering zu bewerten. Die ökologisch wichtige nFKWe liegt mit etwa 45 mm in der oberen Lage im sehr geringen, in der unteren mit 164 mm im hohen Bereich. Die Luftkapazität ist in beiden Schichten als mittel einzustufen.

Die KAK muss mit 6 cmolc/kg aufgrund des niedrigen Humusgehalts in beiden Lagen als gering, der S-Wert als mittel bewertet werden. Insgesamt handelt es sich trotz der etwa 4 cm dicken Humusaufgabe um einen eher nährstoffarmen Standort. So wird angenommen, dass die Humusdecke zu langsam zer-  
setzt wird und die Nährstoffe für das Pflanzenwachstum in Verbindungen überführt werden, welche schlecht von den Wurzeln aufgenommen werden können.

### 3.2.5 Rosenthalhügel:

#### Standortmerkmale:

Der Rosenthalhügel entstand zwischen 1887 und 1896, indem etwa 60.000 Pferdefuhren Hausmüll auf den bis dahin 20 m hohen Berg abluden.<sup>6</sup> Bis heute hat sich eine dichte Vegetation mit *Impatiens parviflora* in der Krautschicht ausgebildet. Diese Pflanze deutet auf einen kalkarmen, feuchten Standort hin. Sie bevorzugt lockeren Boden und schattige Plätze in Laubmischwäldern, Gärten oder Schutthal-  
den.

Tab. 28 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Rosenthalhügel (EIGENE DARSTELLUNG)

Allgemeine Merkmale	
Räumliche Ein- ordnung	der Rosenthalhügel befindet sich etwa 2,5km östlich vom Hbf Leipzig entfernt

<sup>6</sup> Nach Angaben von [www.leipzig.de](http://www.leipzig.de)



Größe	≈ 0,65 ha
Alter	<b>115 Jahre</b>
Kleinrelief	der Rosenthalhügel ist ein Hügel von ca. 20 m Höhe
Geschätzter Versiegelungsgrad	0 %
Ursprüngliche Nutzung	Mülldeponie Ende des 19. Jahrhunderts <sup>7</sup>
Flächennutzung im Umfeld	Wald / Park, Sportplatz, Kleingärten
Vegetation	Krautschicht
	<i>Impatiens parviflora</i>
	Strauchschicht
	<i>Crataegus monogyna</i>
	<i>Sambucus nigra</i>
	<i>Symphoricarpos albus</i>
	<i>Ulmus glabra</i>
	Baumschicht
	<i>Acer campestre</i>
	<i>Acer platanoides</i>
	<i>Fagus sylvatica</i>
	<i>Fraxinus excelsior</i>
Bodenmerkmale	

<sup>7</sup> Nach Angaben von [www.leipzig.de](http://www.leipzig.de)



Bodengesellschaft nach Bodenatlas Sachsen (BSA200)

überwiegend Syrosete aus Anthrofestsubstraten über tiefem Auenlehm und gering verbreitet Hortisole aus anthropogen umgelagerten Substraten natürlicher Herkunft über tiefem Auenlehm

Bodentyp

nicht eindeutig bestimmbar aufgrund zu geringer Profiltiefe, Tendenz zu Braunerde (BB)



Abb. 40: Darstellung der Untersuchungsfläche Rosenthalhügel mit gekennzeichnete Verortung der Profilgrube (nicht maßstäblich) (EIGENE DARSTELLUNG)



## Beschreibung und Bewertung der aktuellen Bodensituation:

Folgende Horizonte können unterschieden werden:



Abb. 41: Bodenprofil Rosenthalhügel (Eigene Darstellung)

Das Profil weist einen etwa 2 cm mächtigen Of / Oh-Horizont auf mit einem sich anschließenden sehr mächtigen Ah-Horizont (> 50 cm). Dieser bildete mit der Zeit ein Krümelgefüge aus gelblich sandig-tonigem Lehm aus. Die effektive Lagerungsdichte liegt bei etwa 2 und deckt sich mit den Ansprüchen des Kleinen Springkrauts. Bei dem Profilaushub wurden Tonscherben mit einem Durchmesser von etwa 5 cm gefunden, was zusammen mit der historischen Nutzung den leichten Carbonatgehalt des Bodens erklärt.

Im Folgenden ist die Verteilung des Bodenvolumens auf die einzelnen Komponenten dargestellt:

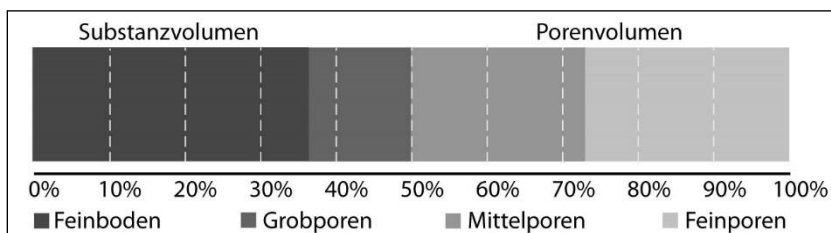


Abb.42: Bodenvolumen Rosenthalhügel, (EIGENE DARSTELLUNG)



### Bewertung der Standorteigenschaften:

Die Ausprägung der Standorteigenschaften stellt sich im Überblick wie folgt dar:

Tab. 29 Bewertung der Bodeneigenschaften der Untersuchungsfläche Rosenthalhügel (EIGENE DARSTELLUNG)

Tiefe [cm]	nFKWe [mm]	LK [Vol-%]	FK [Vol-%]	KAKWe [cmol/kg]	SWe [mol/m <sup>2</sup> ]	~ kf-Wert [cm/d]
0 bis -53	448,5 (eh)	13,5 (h)	54 (sh)	80 (eh)	546 (sh)	37 (m)

(sg) = sehr gering; (g) = gering; (m) = mittel; (h) = hoch; (sh) = sehr hoch; (eh) = extrem hoch  
Dieser Boden kann mit etwa 19 dm effektiver Durchwurzelungstiefe als sehr tiefgründig eingeschätzt werden. Es traten weder mechanische noch physiologische Beeinträchtigungen in Erscheinung. Die Wasserkapazität im effektiven Wurzelraum beträgt über 302 mm und wird somit als sehr hoch eingestuft. Die ökologisch entscheidende nFKWe liegt mit 448,5 mm sogar im extrem hohen Bereich. Aufgrund der guten Bodenstruktur und des hohen Sandanteils an der Bodenart wird die Luftkapazität als hoch eingestuft. Der mittlere bis hohe Humusgehalt ist ausschlaggebend für eine sehr hohe KAK im gesamten Bodenprofil. Der S-Wert als grobes Maß für das Angebot an verfügbaren Nährstoff-Kationen wird als mittel eingestuft. Es handelt sich insgesamt um einen sehr nährstoffreichen Standort. Zudem trägt der pH-Wert mit 5-6 zu einer ausgewogenen Ernährung der Pflanzen bei, da in diesem schwach sauren Milieu Mikro- und Makronährstoffe gleichermaßen verfügbar sind. Eine Gefahr der Tonverlagerung besteht hier nur geringfügig, da der Boden durch den wenig vorhandenen Bauschutt leicht mit Kalk angereichert wird.

### 3.2.6 Bauernwiese:

#### Standortmerkmale:

Tab. 30 Allgemeine und Bodenmerkmale der Untersuchungsfläche Bauernwiese (EIGENE DARSTELLUNG)

Allgemeine Merkmale	
Räumliche Einordnung	die Bauernwiese befindet sich ≈ 3 km südwestlich vom Hbf Leipzig entfernt
Größe	≈ 16,56 ha
Alter	<b>146 Jahre</b>
Kleinrelief	wellig bis leicht hügelig, am östlichen Rand ist ein Hang von ca. 20 m Höhe ausgebildet



Geschätzter Versiegelungsgrad	0 %
Ursprüngliche Nutzung	Acker (siehe Meilenblatt von 1802); Nasse Wiese mit Gehölzaufwuchs (1 %) (siehe Äquidistantenkarte von 1879); Spielplatz am nördlichen Rand (siehe Messtischblatt von 1927)
Flächennutzung im Umfeld	Hauptverkehrsstraße, Siedlung
Vegetation	Krautschicht
	teilweise schlecht ausgebildet
	<i>Hedera helix</i>
	Strauchschicht
	teilweise schlecht ausgebildet
	<i>Acer platanoides</i>
	<i>Philadelphus coronarius</i>
	Baumschicht
	<i>Acer platanoides</i>
	<i>Fagus sylvatica</i>
	<i>Ulmus glabra</i>
Bodenmerkmale	
Bodengesellschaft nach Bodenatlas Sachsen (BSA200)	überwiegend Syrosete aus Anthrofestsubstraten, verbreitet Hortisole und selten Regosole aus anthropogen umgelagerten Substraten natürlicher und technogener Herkunft
Bodentyp	nicht eindeutig bestimmbar aufgrund zu geringer Profiltiefe und Merkmalskombinationen, welche in der KA5 nicht auftreten





Abb. 43: Darstellung der Untersuchungsfläche Bauernwiese mit gekennzeichneteter Verortung der Profilgrube (nicht maßstäblich) (EIGENE DARSTELLUNG)

### Beschreibung und Bewertung der aktuellen Bodensituation:

Folgende Horizonte können unterschieden werden:

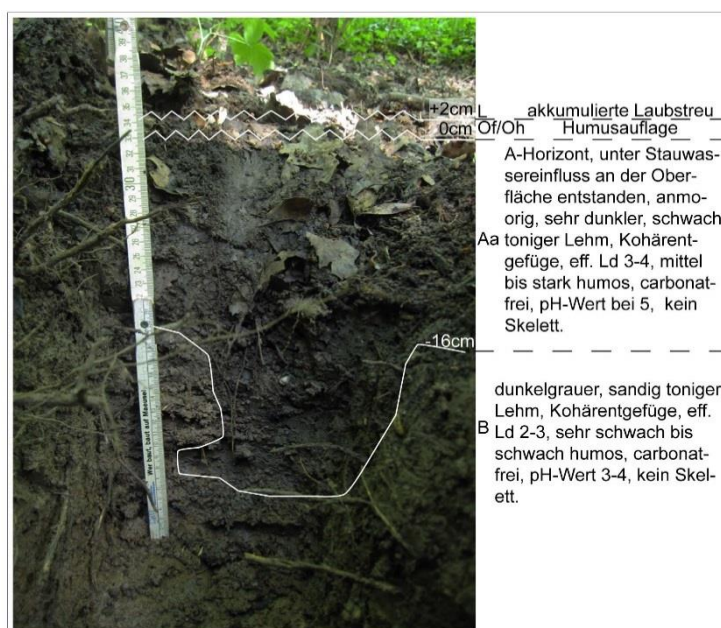


Abb.44: Bodenprofil Bauernwiese (EIGENE DARSTELLUNG)

Die Humusauflage ist sehr gering und deutet auf ein enges C / N-Verhältnis der Laubstreu hin. Der Ober- sowie der Unterboden sind extrem feucht, sehr dunkel und sehr gut durchwurzelt. Die Lagerungsdichte ist im Unterboden geringer als im Oberboden. Dieses ungewöhnliche Merkmal lässt die weiteren Werte eher in Klammern stehen, da es allgemeingültigen Gesetzen wie der Schwerkraft widerspricht. Das Gefälle des Humusanteils zwischen beiden Böden ist sehr stark. Durch die Nähe zum Hang wird vermutet, dass gelegentlich Stauwasser die Bestandteile der Humusauflage weit nach unten auswäscht.



Da dies der weitaus dunkelste Boden im Vergleich zu den anderen Untersuchungsflächen ist, wird vermutet, dass die umgelagerten technogenen Substrate aus der Bodengesellschaft immer noch einen großen Anteil an der Bodenentwicklung einnehmen.

Da dieser Boden sehr vom Wasser beeinflusst ist und Merkmalskombinationen mit ungewohnten Eigenschaften auftreten, wird dieses Profil als wenig repräsentativ eingeschätzt. Bei der weiteren Vorgehensweise werden die erfassten Werte dieses Profils mit Vorsicht verwendet.

Im Folgenden ist die Verteilung des Bodenvolumens auf die einzelnen Komponenten dargestellt:

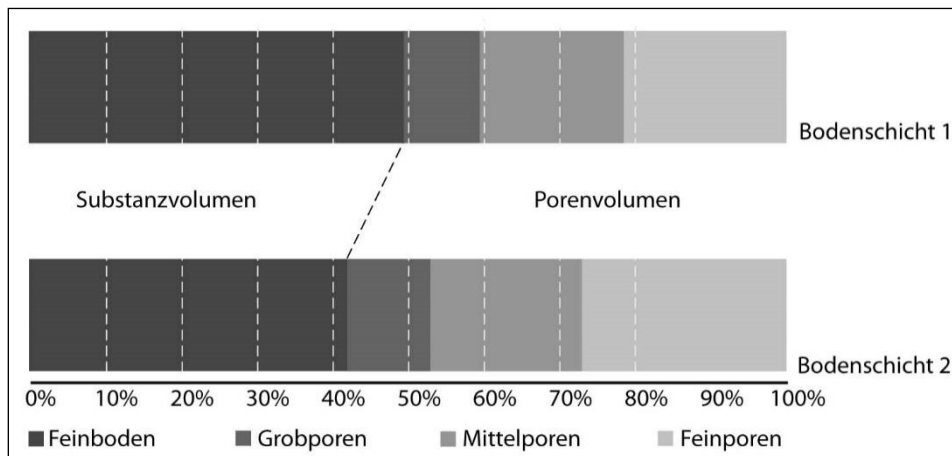


Abb.45: Bodenvolumen Bauernwiese (EIGENE DARSTELLUNG)

### Bewertung der Standorteigenschaften:

Die Ausprägung der Standorteigenschaften stellt sich im Überblick wie folgt dar:

Tab. 31 Bewertung der Bodeneigenschaften der Untersuchungsfläche Bauernwiese (EIGENE DARSTELLUNG)

Tiefe [cm]	nFKWe [mm]	LK [Vol-%]	FK [Vol-%]	KAKWe [cmol/kg]	SWe [mol/m²]	~ kf-Wert [cm/d]
0 bis -16	30 (sg)	10 (m)	44,5 (h)	27 (sh)	44 (m)	13 (m)
-16 bis -33	360 (eh)	11 (m)	47 (h)	22 (sh)	165 (h)	27 (m)

(sg) = sehr gering; (g) = gering; (m) = mittel; (h) = hoch; (sh) = sehr hoch; (eh) = extrem hoch

Der Boden kann als sehr tiefgründig eingeschätzt werden. Die effektive Durchwurzelungstiefe liegt bei etwa 19 dm. Es wurden keine mechanischen oder physiologischen Beeinträchtigungen vorgefunden. Die Wasserkapazität im effektiven Wurzelraum wird mit etwa 47 Vol-% als hoch eingestuft. Der ökologisch aussagefähigere nFKWe-Wert mit 30 mm im Oberboden und 360 mm im Unterboden ist trotz der großen Differenz sogar als extrem hoch zu bewerten. Die Wasserleitfähigkeit ist aufgrund der höheren Trockenrohdichte im Oberboden geringer als im Unterboden. Mittlere Niederschläge können vollständig infiltrieren und sehr gut gespeichert werden.



Wegen der Sättigung des Bodens mit Wasser wird die absolute Luftkapazität als mittel eingestuft. Obwohl die KAK in der oberen Lage aufgrund des hohen Humusgehalts höher eingeschätzt wird als in der unteren, können beide im Ganzen mit sehr hoch bewertet werden. Der S-Wert befindet sich auf mittlerem im Ober- bis hohem Niveau im Unterboden. Der pH-Wert liegt in der oberen Lage im schwach sauren, in der unteren mit einem Wert von 3-4 eher im sauren Bereich. Somit kann eine Mangelercheinung an Makronährstoffen und eine Gefügeverschlechterung auftreten, die möglicherweise durch den aktuellen sehr hohen Durchwurzelungsgrad wiederum positiv beeinflusst wird.

### 3.3 Gesamtdarstellung der Bodenuntersuchungen

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen in einer Übersicht analog der Brachflächenuntersuchung kurz zusammengestellt:

Tab. 32 Gesamtdarstellung der Untersuchungsergebnisse der Waldböden (EIGENE DARSTELLUNG)

Profil	We [dm]	nFKWe [mm]	LK [Vol-%]	FK [Vol-%]	KAKWe [cmol <sub>c</sub> /kg]	SWe [mol <sub>c</sub> /m <sup>2</sup> ]	~ kf-Wert [cm/d]
<b>T</b>	12	168 (h)	7,5 (m)	30 (m)	15 (h)	195 (h)	13 (m)
<b>Q</b>	12	164 (h)	8 (m)	28 (g)	11 (m)	148 (h)	17 (m)
<b>L-D</b>	14,5	189 (h)	6 (m)	38 (m)	23 (sh)	269 (sh)	7 (g)
<b>G-M N</b>	10	209 (sh)	9 (m)	28 (g)	6 (g)	53 (h)	22 (m)
<b>R</b>	19,5	448 (eh)	13,5 (h)	54 (sh)	80 (eh)	546 (sh)	37 (m)
<b>B</b>	19,5	390 (eh)	11 (m)	43 (h)	22 (sh)	209 (sh)	20 (m)

(sg) = sehr gering; (g) = gering; (m) = mittel; (h) = hoch; (sh) = sehr hoch; (eh) = extrem hoch

Die jeweils zehn Jahre alten Wälder und die Untersuchungsfläche in Gypsberg-Mockau können als tiefgründig, die anderen sogar als sehr tiefgründig beschrieben werden. Aufgrund dieser Eigenschaften ist auch die nFKWe bei den drei jüngsten Profilen im hohen, in Gypsberg-Mockau Nord im sehr hohen und auf dem Rosenthalhügel und der Bauernwiese sogar im extrem hohen Bereich angesiedelt. Die Luftkapazität hält sich bei allen untersuchten Flächen eher im mittleren Bereich. Eine Ausnahme bildet der Rosenthalhügel mit einem hohen Werten von etwa 13,5 Vol-%. Dagegen scheint die Feldkapazität eher durchmischt. Es gibt geringe Werte im Quellwald, genauso wie in Gypsberg-Mockau Nord, mittlere Werte auf dem Taubenberg und in Lößnig-Dölitz, aber auch hohe und sogar sehr hohe Werte auf den Bauernwiesen und dem Rosenthalhügel. Auch die KAK pot. zeigt keine eindeutige Tendenz. Hier reichen die Werte von geringen 6 cmol<sub>c</sub>/kg in Gypsberg-Mockau Nord bis zu extrem hohen Werten von 80 cmol<sub>c</sub>/kg auf dem Rosenthalhügel. Der S-Wert zeigt wieder ein einheitlicheres Bild, denn er liegt bei allen untersuchten Waldflächen im hohen bis sehr hohen Bereich. Der kf-Wert ist meist mittel, außer in Lößnig-Dölitz. Dort können nur geringe Niederschläge komplett infiltrieren.



Die effektive Lagerungsdichte ist beim Quellwald, in Lößnig-Dölitz und auf der Untersuchungsfläche in Gypsberg-Mockau durchschnittlich am höchsten. Der Taubenberg, der Rosenthalhügel und die Bauernwiese weisen eine eher geringe Lagerungsdichte auf. Der pH-Wert liegt stets im leicht sauren Milieu. Ausnahmen bilden Gypsberg-Mockau und die Bauernwiese ab, dort ist er noch etwas saurer. Auf allen Flächen ist sehr wenig Kalk bis gar kein Kalk zu notieren. Der Boden ist im Quellwald, in Lößnig-Dölitz und in Gypsberg-Mockau Nord eher schwach humos, in den anderen dagegen bis stark humos. Alle Profile sind skelettlos und weisen eine Tendenz zum Krümelgefüge mit Ausnahme der Bauernwiese auf. Sie sind alle gut durchwurzelt.

### 3.4 Unechte Zeitreihe der urbanen Waldböden in Leipzig

Mithilfe einer unechten Zeitreihe werden nun die Eigenschaften innerhalb der untersuchten Waldböden verglichen um allgemeine Schlussfolgerungen vom Einfluss der Vegetation auf den Boden im Laufe der Zeit ziehen zu können.

#### 3.4.1 Horizonteigenschaften

In allen beteiligten Wäldern wurde eine Laubstreu vorgefunden. Diese war auf dem Taubenberg und der Bauernwiese weniger mächtig ausgebildet als im Quellwald, in Gypsberg-Mockau Nord und auf dem Rosenthalhügel. In Lößnig-Dölitz dominierte allerdings eine dichte Bodenvegetation gegenüber der Laubstreu. Fast alle Horizonte weisen eine ca. 2 cm dicke Humusschicht auf, welche aufgrund der feinkrümeligen Struktur als Moder oder mullartiger Moder bezeichnet werden kann. In Gypsberg-Mockau Nord maß diese Schicht etwa 4 cm und wird auch wegen der Feuchtigkeit und des niedrigen Humusgehaltes im Oberboden eher als Rohhumus eingeschätzt. Bei den Profilaufnahmen wurde stets – mit Ausnahme des Rosenthalhügels – bis zum helleren Unterbodenhorizont in den Boden eingedrungen. Daraus wird ersichtlich, dass die Humusschicht einen stärkeren Einfluss auf den Oberbodenhorizont ausübt und es somit zur Ausbildung von charakteristischen Horizontgrenzen kam. Während diese auf dem Taubenberg und in Gypsberg-Mockau Nord als ebenförmig bis leicht wellig beschrieben werden können, trifft keil- bzw. zapfenförmig auf die Grenzen im Quellwald und in Lößnig-Dölitz eher zu, genauso wie zungen- oder taschenförmig auf die Bauernwiese. Charakteristisch für alle Profile sind die ausgebildeten Übergangshorizonte (zumeist der B-Horizont) vor dem anstehenden Gestein (C-Horizont), welche besonders in Gypsberg-Mockau Nord (Ah 1- und Ah 2-Horizont) und auf dem Rosenthalhügel (nur Ah-Horizont) durch ihre ähnlichen Eigenschaften gegenüber des Oberbodens (A-Horizont) auffallen.



### 3.4.2 Physikalische Eigenschaften

In Bezug auf die Lagerungsdichten kann gesagt werden, dass sie den einfachen Erwartungen entsprechen: durch die Druckausübung der oberen Bodenschichten und des Baumgewichts auf die darauf folgenden sind die Lagerungsdichten in den Unterböden stets höher als in den oberen Lagen.

Tab. 33 Lagerungsdichten urbaner Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Ld	Taubenberg	Quellwald	Lößnig-Döllitz	Gypsberg-Mockau Nord	Rosenthalhügel	Bauernwiese
Oberboden	2-3	3	4	2-3	2	3-4
Unterboden	4	4	4	4		2

Die damit divergierenden ermittelten Werte der Bauernwiese können unter anderem aufgrund der ähnlichen Feinbodenarten beider Schichten nicht erklärt werden.

Die Merkmale der Lagerungsdichten spiegeln sich wieder im Volumen der Luftkapazität verglichen in den einzelnen Bodenlagen. (siehe Abb.46)

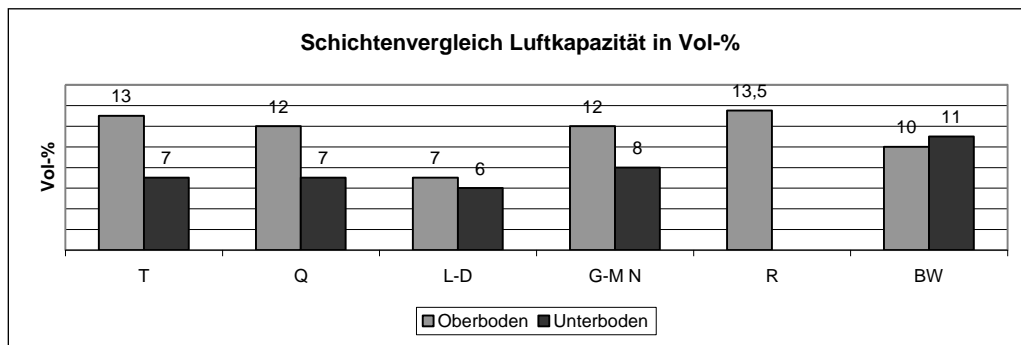


Abb.46: Schichtenvergleich der Luftkapazität in Vol-% der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Es wird aus den ausgewerteten Informationen folgende Schlussfolgerung gezogen: aufgrund der allgemeingültigen Gravitationskraft und der daraus resultierenden Druckausübung des Baumgewichts und der Oberböden auf die nachfolgenden Schichten wird sich ein Verhältnis der Lagerungsdichten von oberer zu unterer Lage mit  $\leq 1$  ausbilden. Da es sich bei allen Waldflächen um umgelagerte technogene Substrate handelt, die charakteristischerweise alle eine eher geringe Lagerungsdichte aufweisen, dadurch dass sie zumeist regelmäßig gepflügt und bestellt wurden, gewinnt die Schlussfolgerung somit an Wert. Sie wird ebenfalls mithilfe der Untersuchungsergebnisse bestätigt, da geringe Lagerungsdichten im Oberboden auch bei den 50 bis 115 jährigen Waldflächen auftreten. Die Erwartung der Absenkung der Lagerungsdichte mit höherem Alter des Waldes aufgrund der Wurzelaktivitäten und der damit verbundenen Bodenlockerung kann nicht erfüllt werden, denn es fehlt eine eindeutige Tendenz.

Im Zusammenhang mit der Luftkapazität kann außerdem anhand des oben angeführten Diagramms der Entwicklungsverlauf der Grobporen folgendermaßen beschrieben werden: Der anfangs hohe Anteil an Grobporen wird zunächst durch die Aufschüttung von lockerem Substrat hervorgerufen. Durch die natürliche Absackung, aber auch durch mechanische Einwirkungen von außen wie heftigem Niederschlag oder Tritt durch Fußgänger etc. kann es zu einer tendenziellen Verdichtung der Böden kommen. Der



Grobporenanteil wird dadurch verringert und verändert somit auch die Luftkapazität des Bodens (siehe Lößnig-Dölitz). Aufgrund des fortschreitenden Wachstums der Wurzeln und deren Absterben wird der Boden jedoch wieder aufgelockert. Es bilden sich Sekundärporen<sup>8</sup>, welche wiederum zur Auflockerung des Bodens beitragen und die Kapazitäten erhöhen (siehe Gypsberg-Mockau Nord, Rosenthalhügel und Bauernwiese). Mit fortschreitendem Alter wird die Luftkapazität somit durch die Vegetation im Boden verbessert. (siehe Abb.47)

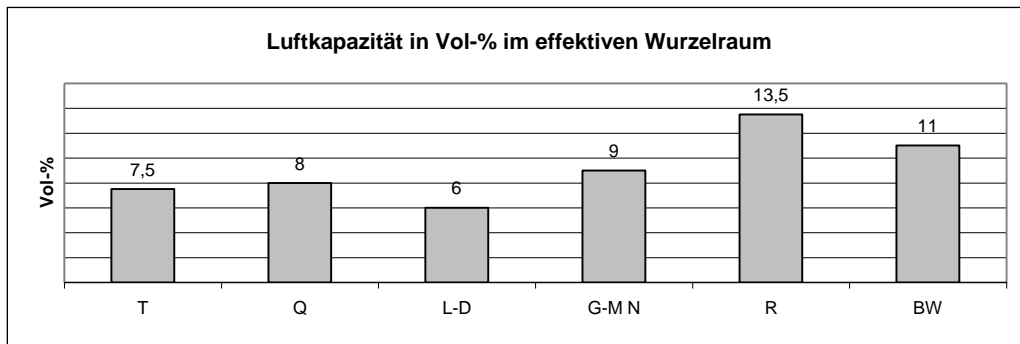


Abb.47: Luftkapazität in Vol-% im effektiven Wurzelraum der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Die Humusschicht ist eine der wichtigsten Nahrungsquellen für Mikroorganismen und waldbewohnende Tiere. Da auf allen untersuchten Waldflächen eine Humusschicht vorhanden ist, kann davon ausgegangen werden, dass sich im Laufe der Zeit Mikroorganismen ansiedeln und diese zusammen mit Boden bewohnenden Tieren die Bioturbation im Oberboden fördern, indem sie die Laubstreu zersetzen und teilweise in den Boden ziehen (Regenwürmer), diesen durchwühlen und so den Anteil an Sekundärporen (Regenwurmgänge u.ä.) erhöhen. Dieses trägt zur Krümelgefügebildung bei, welches sich durch viele Grob- und Feinporen auszeichnet und somit viel Wasser speichern kann. Zudem verbessern sich dadurch die Luftkapazität und die Atmung für Mikroorganismen und Wurzeln, welche zur weiteren Auflockerung des Bodens beitragen. Diese Aussagen können durch die Tendenz zum Krümelgefüge in fast allen Waldböden bestätigt werden.

Tab. 34 Gefügearten der urbanen Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Taubenberg	Quellwald	Lößnig-Dölitz	Gypsberg-Mockau Nord	Rosenthalhügel	Bauernwiese
ein bis krü	krü bis poly	krü	ein bis krü	krü	koh

(ein = Einzelkorngefüge; krü = Krümelgefüge; koh = Kohärentgefüge; poly= Polyedergefüge)

Das Kohärentgefüge der Bauernwiese kann durch den ständigen Stauwassereinfluss und somit dem einhergehend dauerfeuchten Zustand erklärt werden.

<sup>8</sup> Entsprechen hier den Gängen abgestorbener Wurzeln.



Alle Böden werden zudem als skelettfrei beschrieben. Dieses Merkmal weist darauf hin, dass die Wurzeln – sicherlich neben anderen Effekten wie chemischer und thermischer Verwitterung – das oberflächennahe Gestein durch Wurzelsprengung porös machen. Eine Aussage über die Dauer dieser Entwicklung kann aufgrund fehlender Informationen über die vorherige Nutzung mancher Waldflächen nicht getroffen werden. Bemerkenswert ist jedoch, dass im Profil der ehemaligen Müllkippe Rosenthalhügel nur zwei Tonscherben gefunden wurden und das Profil sonst ebenso skelettfrei war wie die anderen. Die effektive Durchwurzelungstiefe in dm wird mithilfe der Feinbodenart in Bezug auf die Trockenrohdichte und die effektive Lagerungsdichte bestimmt. (siehe Abb.48)

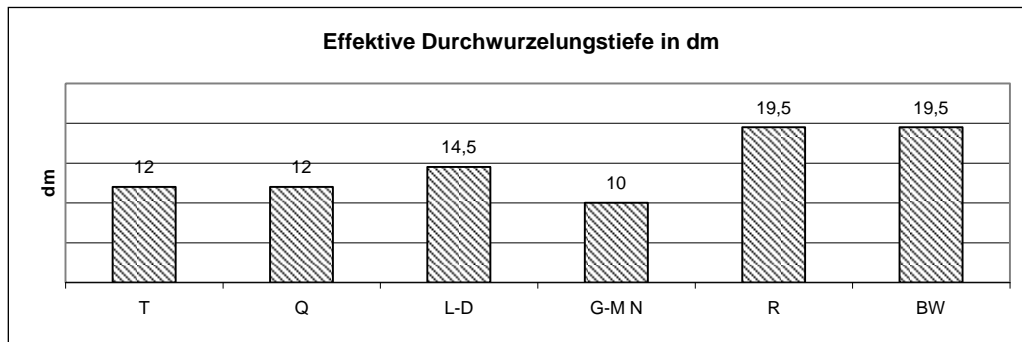


Abb.48: Effektive Durchwurzelungstiefe in dm der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Zusammen mit dem Vergleich der Brachflächen wird geschlussfolgert, dass die Vegetation eine erhebliche Auswirkung auf den effektiven Wurzelraum besitzt. Zudem kann angenommen werden, dass sie parallel zum Alter der Vegetation gesteigert wird.

Da mithilfe des Totwassers, der nutzbaren Feldkapazität und der Luftkapazität Aussagen über das Porenvolumen gemacht werden können, soll an dieser Stelle das folgende Diagramm den Überblick erleichtern.

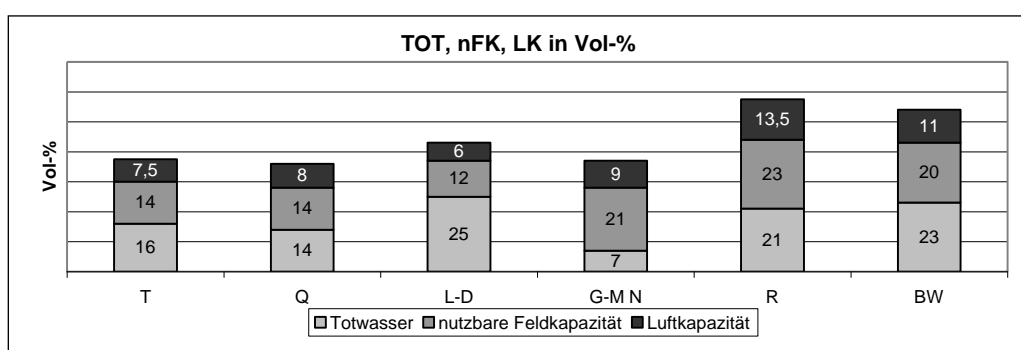


Abb.49: Totwasser, nutzbare Feldkapazität und Luftkapazität in Vol-% der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Abb.49 verdeutlicht die Zunahme des absoluten Porenvolumens in den oberen Lagen eines Bodens mit höherem Alter der Vegetation. Auch diese Entwicklung hängt mit der Bioturbation, der Wurzelaktivität und der damit verbundenen Bodenlockerung bis zur Ausbildung einer Krümelgefüges zusammen.



Bei genauerer Betrachtung der Darstellung des Porenvolumens in % fällt zunächst die Zunahme an Feinporen (Totwasser) und anschließend eher eine leichte Abnahme auf. Da aber in diesem Zusammenhang zu wenig Flächen untersucht wurden, kann aufgrund der Unstetigkeit der Werte keine endgültige Aussage über die Entwicklung der Feinporen getroffen werden.

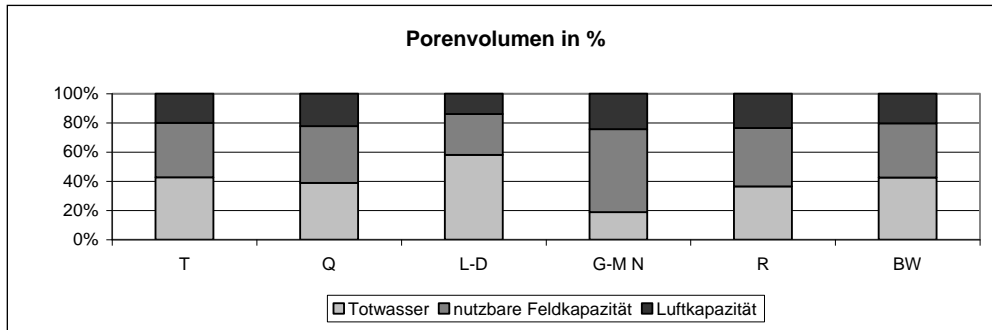


Abb.50: Porenvolumen in % der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Ähnlich verhält es sich mit der nutzbaren Feldkapazität. Um diese und ihren ökologischen Wert besser einschätzen zu können, wird sie auf den effektiven Wurzelraum hochgerechnet. Diese zeigt eine, wenn auch zu Beginn nur sehr leicht zum Alter ansteigende Tendenz der Untersuchungsflächen. So kann also festgehalten werden, dass sich die Wasserspeicherkapazität im effektiven Wurzelraum mit zunehmendem Alter der Vegetation erhöht. (Abb.51)

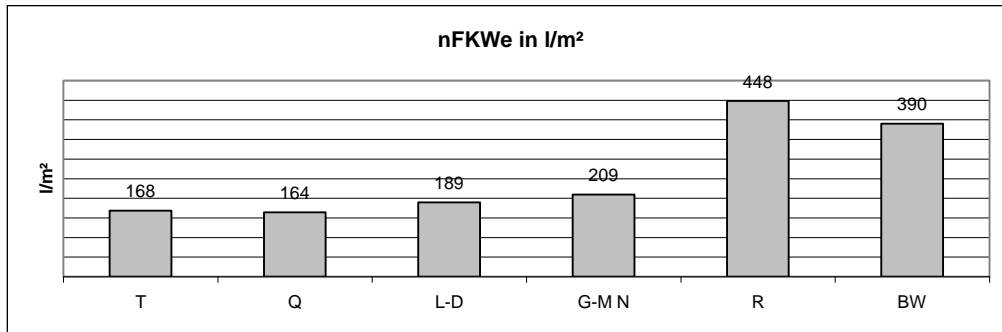


Abb.51: Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum in l / m² der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Dagegen ist die Wasserleitfähigkeit jedoch schwer einschätzbar, denn die Werte zeigen hinsichtlich des Altersverlaufs keine Tendenz, weder zum Positiven noch zum Negativen. Hierbei könnte eine Ähnlichkeit des Werteverlaufs zu dem der Luftkapazität festgestellt werden. Allerdings liegt das daran, dass beide Kennwerte von Bodenart und Lagerungsdichte abhängen. (siehe Abb.52)



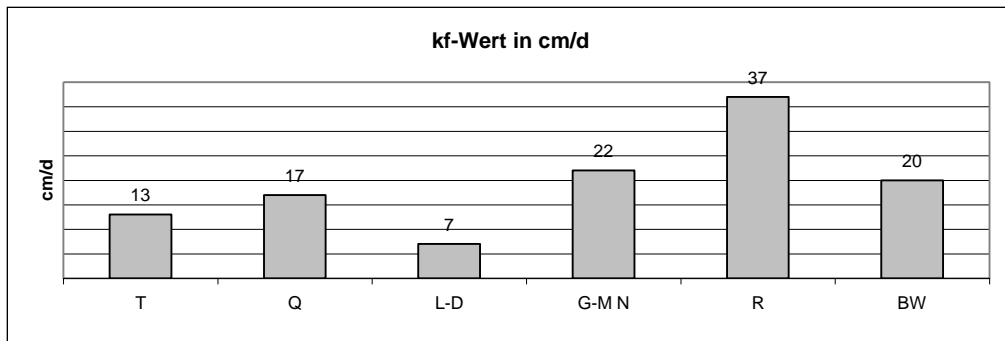


Abb.52: kf-Wert in cm/d der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Auch bei der Betrachtung der einzelnen kf-Werte in den Schichten wird keine eindeutige Entwicklung sichtbar. Allerdings zeichnen sich auch hier Parallelen zum Verhalten der Luftkapazität in den Lagen ab. (siehe Abb.53)

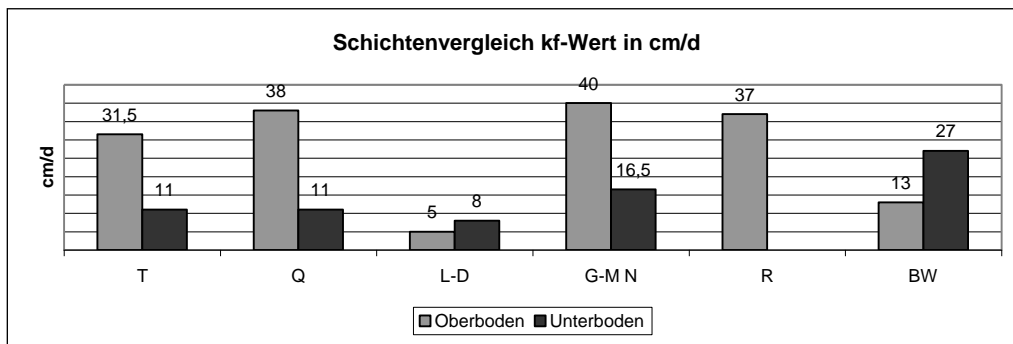


Abb.53: Schichtenvergleich kf-Wert in cm/d der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

So sind die Werteunterschiede in den einzelnen Horizonten auch nach 50 bis 146 Jahren noch deutlich auszumachen.

### 3.4.3 Chemische Eigenschaften

Alle Böden – mit Ausnahme des Rosenthalhügels – sind carbonatfrei bis sehr carbonatarm. Da auf dem Rosenthalhügel Tonscherben gefunden wurden, wird davon ausgegangen, dass die Müllablagerungen noch immer einen leichten Einfluss hinsichtlich des Kalkgehalts auf die Bodenentwicklung ausüben. Da Carbonat aus dem Boden durch den Niederschlag zu großen Teilen ausgewaschen wird und nicht sicher gesagt werden kann, wie hoch der Anteil der Vegetation an der Entkalkung ist, wird auch hier von einer endgültigen Aussage abgesehen.

Die Spannweite der pH-Werte liegt im sauren bis leicht sauren Bereich. Wenn davon ausgegangen wird, dass die Müllablagerungen auf dem Rosenthalhügel den Carbonatgehalt erhöhen, ist dieser leicht erhöhte Wert im Zusammenhang mit dem Alter dieser Waldfläche in der nachfolgenden Tabelle erklärt und es kann die Aussage getroffen werden, dass sich der pH-Wert nach einiger Zeit im leicht sauren Bereich einfindet, damit sowohl Mikronährstoffe wie Fe, Mn und Cu genauso gut aufgenommen werden können wie Makronährstoffe, darunter K, Ca und Mg. (siehe Tab. 35)



Tab. 35 pH-Werte der Untersuchungsflächen (EIGENE DARSTELLUNG)

pH-Wert	Taubenberg	Quellwald	Lößnig-Dölitz	Gypsberg-Mockau Nord	Rosenthalhügel	Bauernwiese
Oberboden	~5	5 bis 6	~5	4 (bis 5)	5 bis 6	~5
Unterboden	~5	5 bis 6	~5	4 bis 5		(3 bis) 4

Hinsichtlich der Unterschiede in den Lagen der Böden zeichnet sich ein deutliches Bild ab: die obere Lage ist stets humoser als die untere. Dies war im Hinblick auf die vorhandene und gut ausgebildete Humusschicht auf jeder Untersuchungsfläche zu erwarten, welche demnach nur einen stärkeren Einfluss auf den Oberboden ausüben kann. Auch kann die Ab- und spätere Zunahme der Humuswerte damit erklärt werden, dass der junge Wald auf dem Taubenberg noch von dem hohen Humusgehalt des Hortisols zehrt. Dieser wird aber mit der Zeit aufgebraucht und ausgewaschen und es pegelt sich mit dem Fortschreiten der Vegetation ein eigener, im Vergleich zu den jüngeren Wäldern höherer Humuswert ein. (siehe Tab. 36)

Tab. 36 Humusgehalte der Untersuchungsflächen (EIGENE DARSTELLUNG)

Humusgehalt	Taubenberg	Quellwald	Lößnig-Dölitz	Gypsberg-Mockau Nord	Rosenthalhügel	Bauernwiese
Oberboden	h3 bis h4	h1	h2	h1	h3 bis h4	h3 bis h4
Unterboden	h1	h0	h1	h1		h2

Die Grafik der KAK pot. und des S-Werts als grobe Angabe über den Nährstoffhaushalt der Böden zeigt ein deutliches Bild sowohl des Parallelverhaltens der beiden Werte als auch einen leichten Anstieg mit Zunahme des Alters. Auch hier werden die leicht erhöhten Werte des Taubenbergs gegenüber des Quellwaldes mit dem Einfluss der vorherigen Bodennutzung erklärt und dass dieser mit zunehmendem Alter aufgrund Auswaschung und Nährstoffverbrauch schwindet. Um diese These zu bestätigen oder zu revidieren, könnte der Jahreszuwachs der Vegetation solcher Flächen fortlaufend analysiert werden. So müsste dieser am Anfang sehr hoch sein und sich mit der Zeit verringern, bis er sich auf ein mittleres Maß eingestellt hat. (siehe Abb.54)



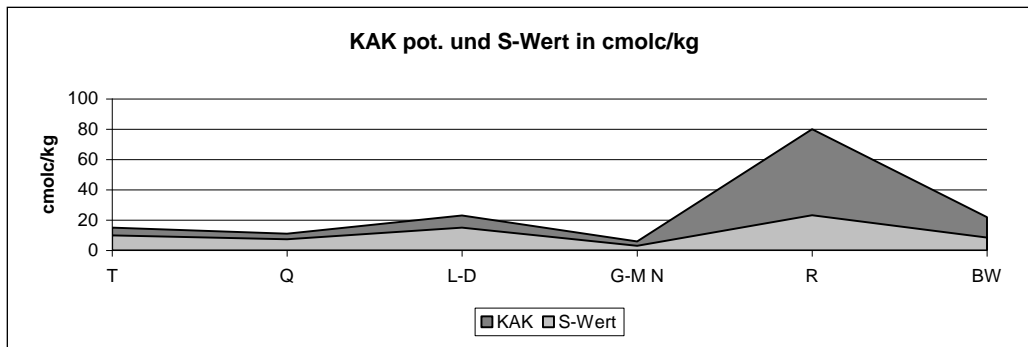


Abb.54: Potentielle Kationenaustauschkapazität und S-Wert in cmolc / kg der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Auch die Werte in molc/m<sup>2</sup> dargestellt zeigen ein ähnliches Bild. Der tiefe Einbruch der Werte auf der Untersuchungsfläche Gypsberg-Mockau Nord kann jeweils dadurch erklärt werden, dass hier ein niedrigerer Basensättigungsgrad herrscht im Vergleich zu den anderen Waldböden. Dieser hängt wiederum mit dem etwas säuerlichen pH-Wert zusammen. (siehe Abb.55)

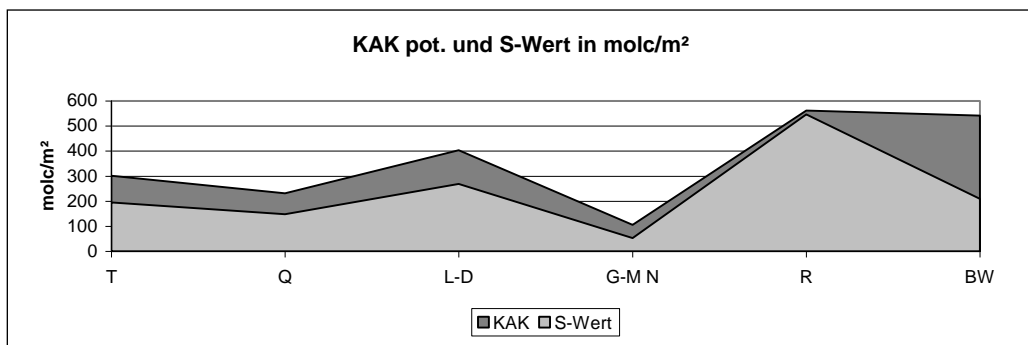


Abb.55: Potenzielle Kationenaustauschkapazität und S-Wert in molc / m<sup>2</sup> der Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)



## 4 Vergleich der Untersuchungsergebnisse der Brach- und Waldflächen

Im Folgenden werden die Eigenschaften der Wälder mit denen der Brachen unterschieden.

### 4.1 Horizonteigenschaften

Bei der Betrachtung der Horizonte und ihren Eigenschaften der untersuchten Brachen fällt die Heterogenität auf, durch welche sich Stadtböden auch im Allgemeinen auszeichnet. Es ist keine einheitliche Abfolge zu definieren. Durch unterschiedliche Substratmischungs- oder Mutterbodenaufschüttungen wurden bei den Profilen 2,3,4,7 und 8 relativ gleichmächtige Schichten im Oberboden erzeugt. Diese führen allesamt einen Skelettanteil unter 5 %. Jedoch kann insgesamt festgestellt werden, dass für den Großteil der Flächen die Horizontabfolge Ah- oder Ap- mit nachfolgendem C-Horizont charakteristisch ist.

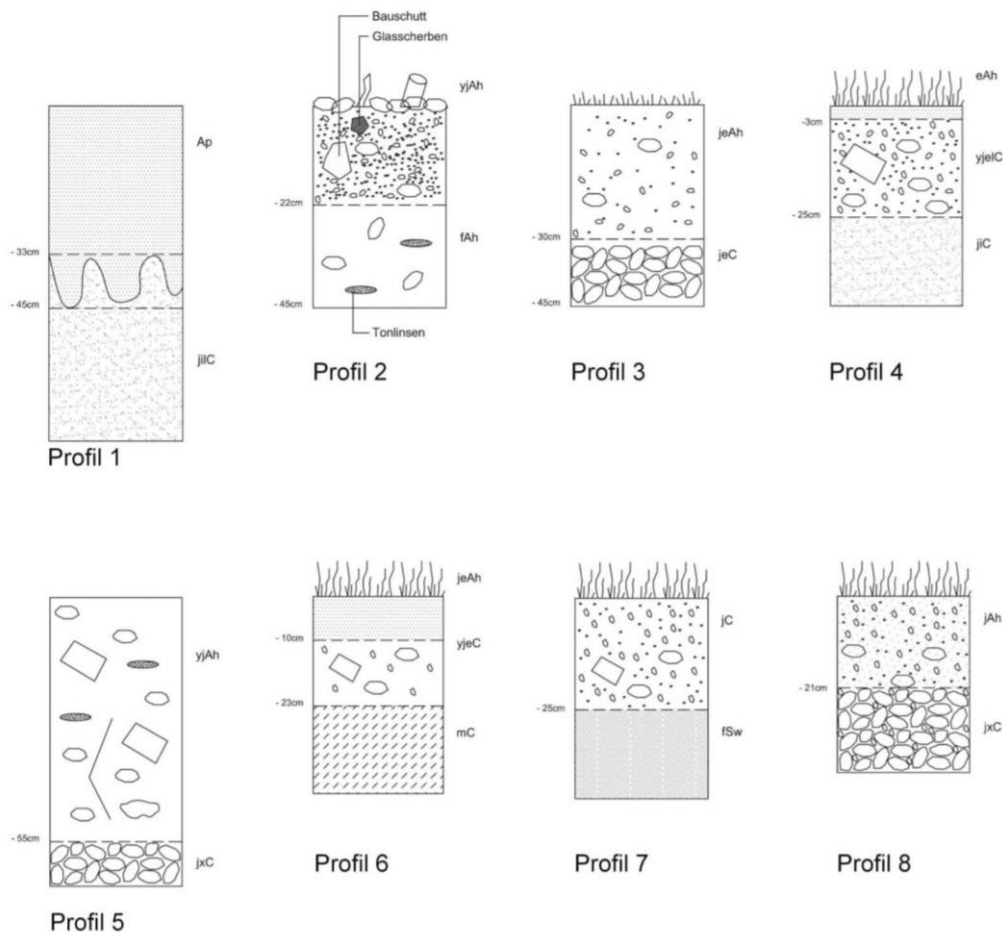


Abb.56: Bodenhorizonte der Brachen (EIGENE DARSTELLUNG)

Im Vergleich dazu können die Böden der urbanen Waldböden als homogener beschrieben werden. Die Horizontabfolge beginnt stets mit einer Humusaufgabe Of / Oh, welche bei den Brachen komplett fehlt bzw. nicht ausgebildet ist. Diese ist bei jedem Profil mit Ausnahme in Gypsberg-Mockau Nord etwa 2 cm dick und beeinflusst mehr (Profile Taubenberg, Rosenberg, Bauernwiesen)



oder weniger (Profile Quellwald, Lößnig-Dölitz, Gypsberg-Mockau Nord) den anschließenden humosen Oberboden. Es folgt stets ein hellerer B-Horizont. Die Änderungen der phänotypischen Schichteigenschaften in Gypsberg-Mockau Nord sind zu gering, um einen B-Horizont zu definieren und aufgrund der Mächtigkeit des Oberbodens am Rosenthalhügel kann ein nachfolgender Horizont ebenfalls nicht eingeschätzt werden. Eine Gemeinsamkeit von Brachen und Wäldern ist, dass die A-Horizonte als humos beschrieben werden können.

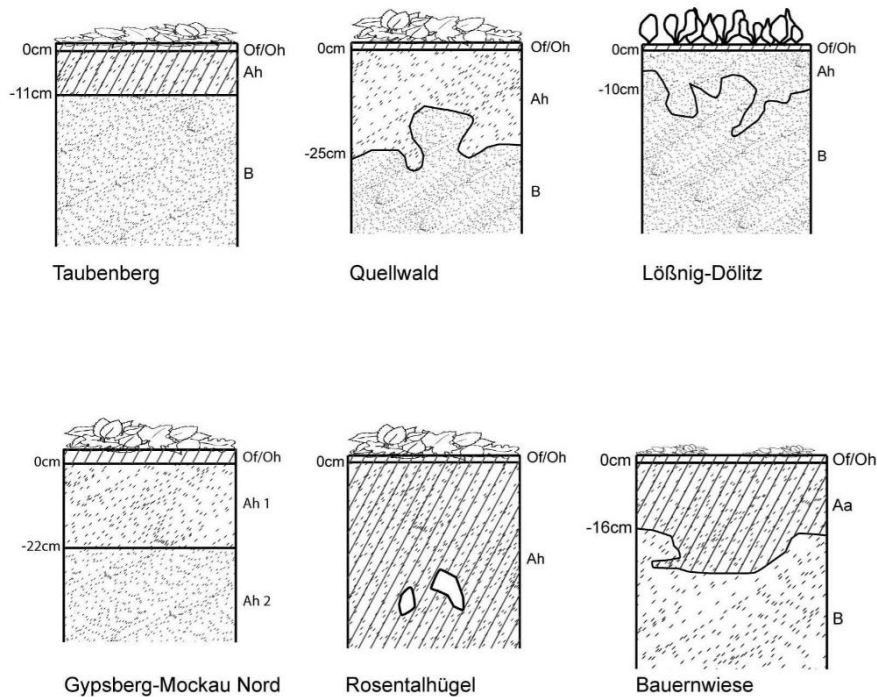


Abb.57: Bodenhorizonte der Wälder, aufsteigend nach Alter geordnet (EIGENE DARSTELLUNG)

Große Differenzen treten auch bei der Größe des effektiven Wurzelraums auf. Der höchste Wert bei den Brachen entspricht dem kleinsten Wert der Wälder. Das hat teilweise erhebliche Folgen für den Wasserhaushalt, wie sich allerdings erst später zeigen wird. Mechanische und physiologische Beeinträchtigungen sind im Gegensatz zu den Brachen unter den Waldflächen nicht aufgetreten. Hinzu kommt, dass bei Laubgehölzen der Tabellenwert der KA5 mit 1,5 zu multiplizieren ist. Ein vergleichbarer Baumbestand fehlt auf den Brachen völlig, so ergeben sich die großen Werteunterschiede der effektiven Durchwurzelungstiefe unter den betroffenen Brachen und Wäldern. (siehe Abb.58)



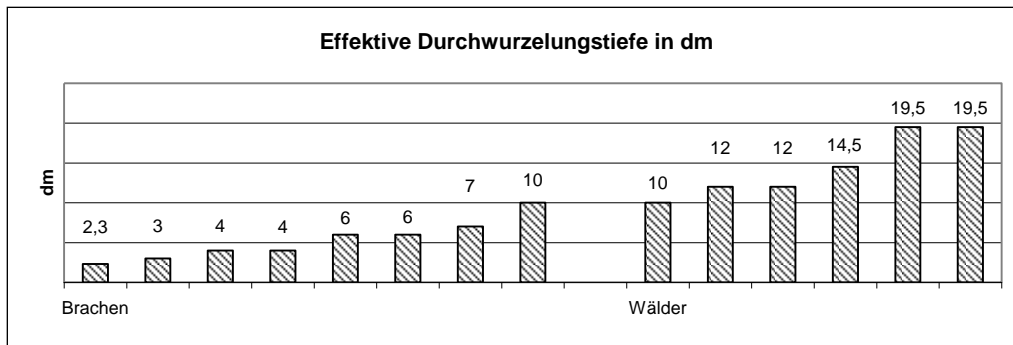


Abb.58: Effektive Durchwurzelungstiefe Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

## 4.2 Physikalische Eigenschaften

Das Bodenvolumen setzt sich aus dem Substanzvolumen mit dem Grob- (Skelett) und Feinboden und dem sich daraus ableitbaren Porenvolumen zusammen, welches je nach Wasserverfügbarkeit abhängig von der Porengröße mit Luft oder Wasser gefüllt ist. Ein deutlicher Unterschied zwischen Brache und Wald ergibt sich im Skelettanteil. Während alle Brachflächen einen Skelettanteil von bis zu knapp 75 % im Unterboden und bis zu 40 % im Oberboden aufweisen, können die Waldböden als skelettfrei bezeichnet werden. Deswegen ist auch der Anteil der Grobporen deutlich höher als der Feinporenanteil. In den skelettlosen Waldböden treten keine vergleichbaren Differenzen zwischen Grob- und Feinporenanteil auf.

Auffällig ist ebenfalls der Feinporenanteil in den Unterböden der Brachen. Dieser nimmt in 5 von 7 Fällen einen geringeren Anteil ein als im Oberboden, obwohl im Unterboden die Lagerungsdichte meist höher ist und so mit einer Verkleinerung der Poren aufgrund des Drucks nach unten zu rechnen wäre. (siehe Abb.59)

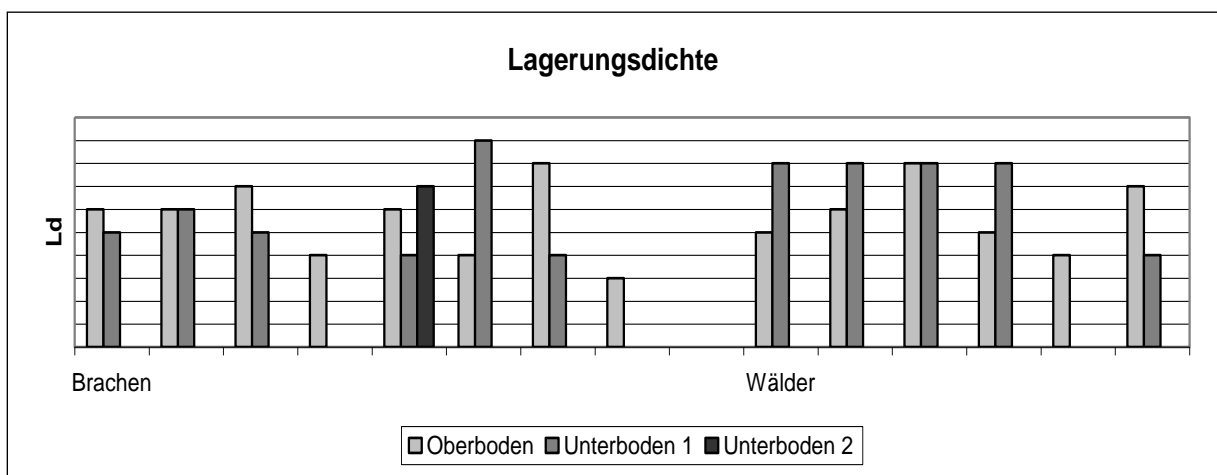


Abb.59: Lagerungsdichte Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

In den Waldböden sind die Feinporen in 4 von 5 Fällen (Quellwald, Lößnig-Dölitz, Gypsberg-Mockau Nord und Bauernwiese) im Unterboden jeweils vermehrt vertreten als im Oberboden. Der Rosenthalhügel wurde dabei aufgrund der Ausweisung nur einer Schicht nicht mit einbezogen.



Die Gefügearten der untersuchten Brachflächen können nicht vereinheitlicht werden. Es treten sowohl Krümelgefüge, als auch Einzelkorn- und Kohärentgefüge zu fast gleichen Teilen auf. Demnach sind hier keine Tendenzen zu verzeichnen. Bei den Wäldern jedoch dominiert das Krümelgefüge sowohl im Ober- als auch im Unterboden.

All diese Eigenschaften führen zu folgenden Kennwerten:

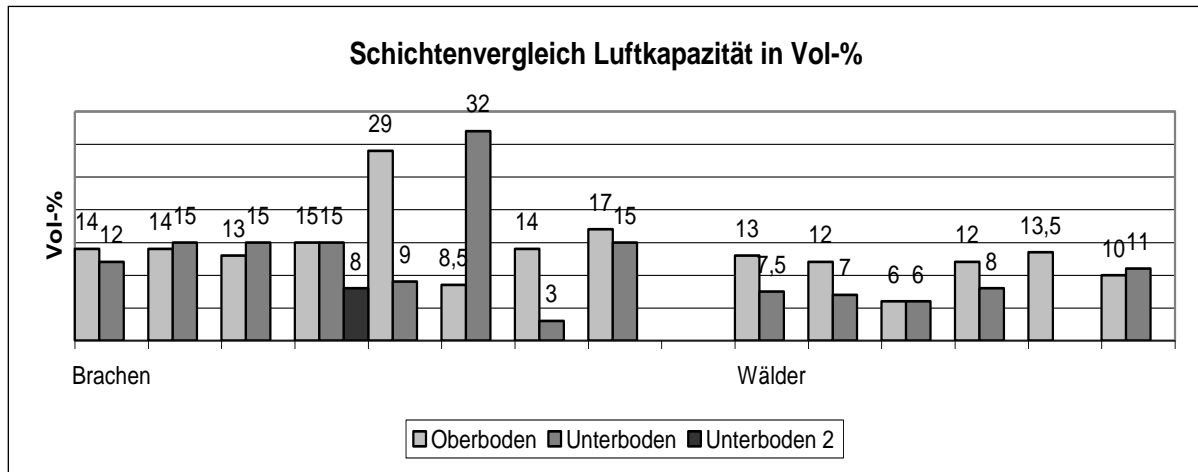


Abb.60: Schichtenvergleich Luftkapazität in Vol-% Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Auffällig wird bei dem Vergleich der Luftkapazität in den einzelnen Lagen, dass es in drei Profilen der Brachflächen zu großen Differenzen kommt. Dieses Verhältnis ist bei den Waldflächen homogener. Zudem kann keine Vereinheitlichung der Bodenschichten innerhalb der Brachen erfolgen, denn es wurde eine höhere Luftkapazität mal im Oberboden und mal im Unterboden bestimmt. Dies ist bei den Waldböden – bis auf die Bauernwiese mit einer sehr geringen Differenz von 1 % – ebenso nicht der Fall.

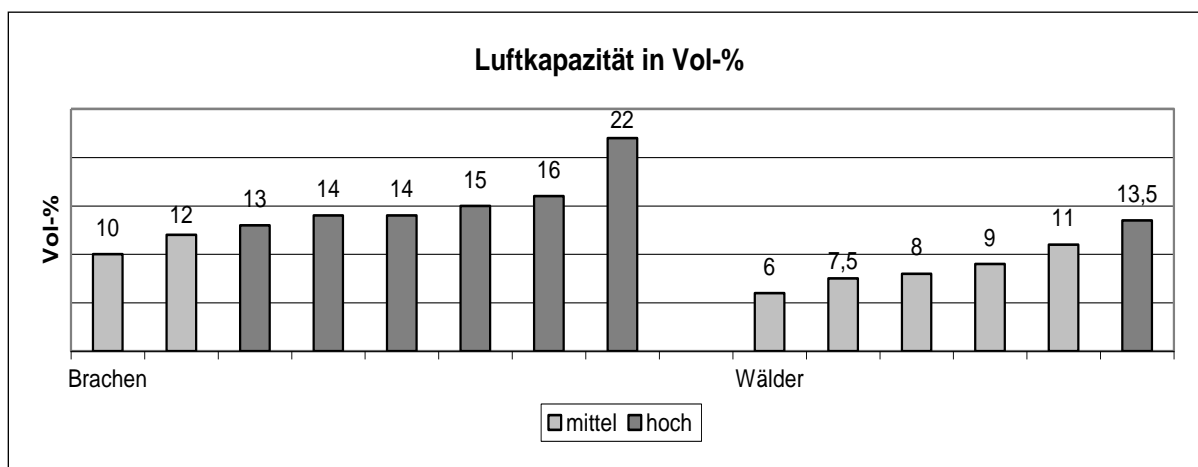


Abb.61: Luftkapazität in Vol-% Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Aufgrund des teilweise sehr hohen Skelett- und Grobbodenanteils weisen alle Profile der Brachflächen eine mittlere bis hohe Luftkapazität auf bezogen auf den gesamten Wurzelraum. Daraus schlussfolgernd sind der niedrige Skelett- und Grobbodenanteil, aber auch die höheren Lagerungsdichten bei den Waldflächen ausschlaggebend für die niedrigeren Luftkapazitäten innerhalb der Profile.



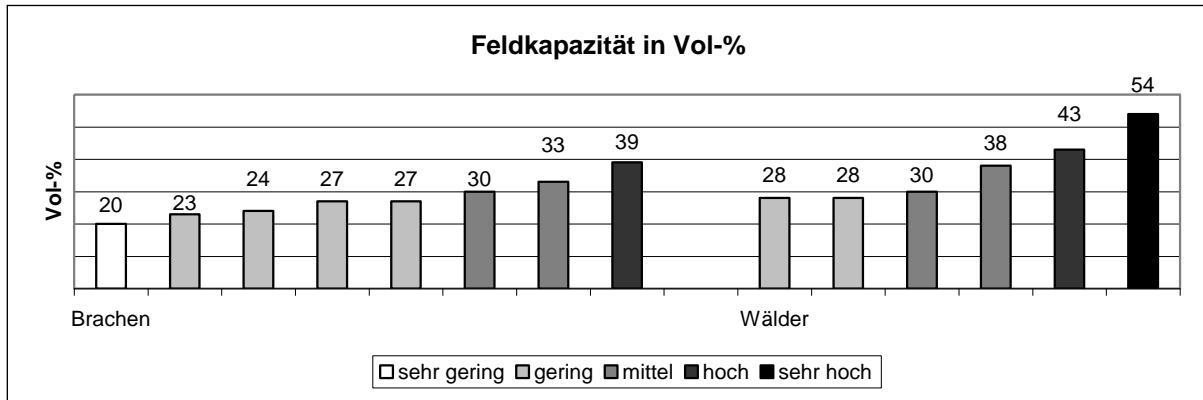


Abb.62: Feldkapazität in Vol-% Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Obwohl die Werte der Feldkapazität in den Waldböden die Werte der Brachen weitgehend übersteigen, kann anhand der ökologisch wichtigen Größe der nutzbaren Feldkapazität abgelesen werden, dass es sich bei fast ausschließlich allen Profilen doch eher um Böden mit mittlerer Wasserspeicherkapazität handelt.

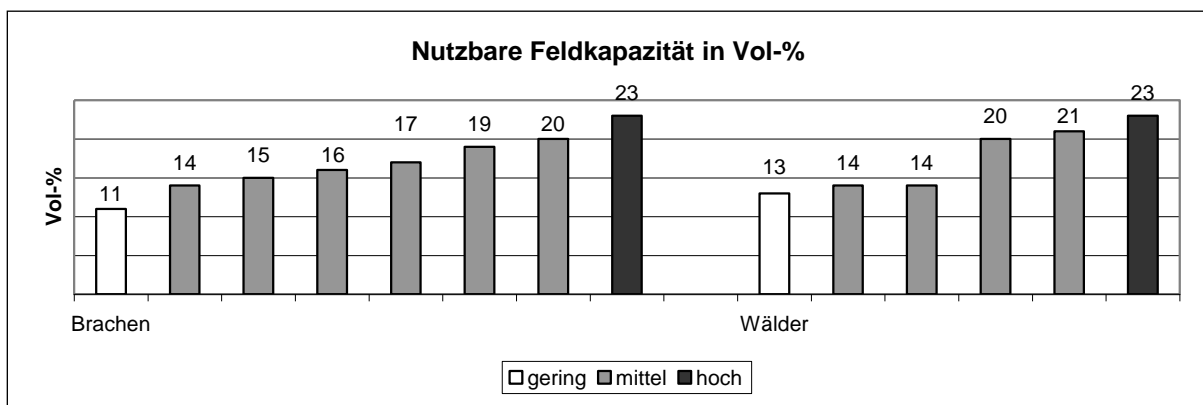


Abb.63: Nutzbare Feldkapazität in Vol-% Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Bezogen auf den effektiven Wurzelraum bildet sich jedoch ein ähnliches Bild wie bei der Durchwurzelungstiefe. Die kleinste ermittelte Wasserspeicherfähigkeit der Wälder ist gleich der höchsten auf den Brachflächen.



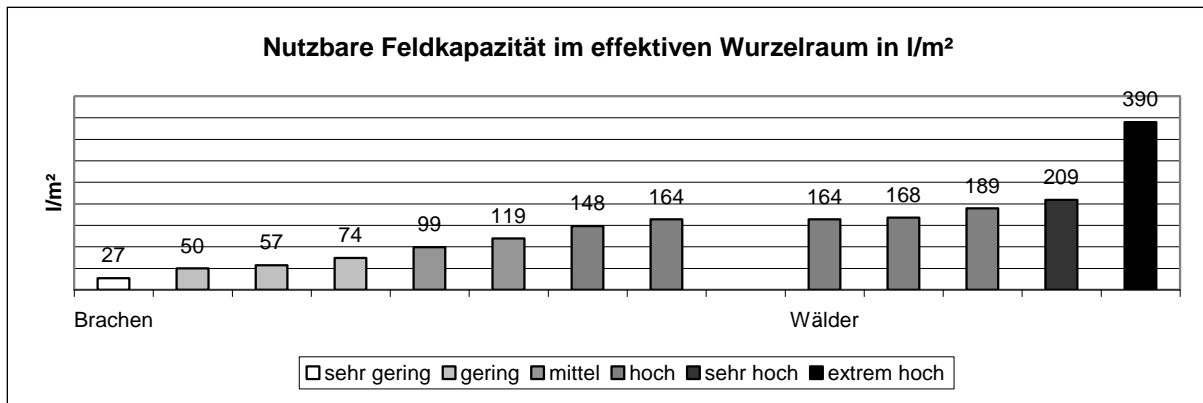


Abb.64: Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum in l / m<sup>2</sup> Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Der Tongehalt der Feinbodenart beeinflusst den Permanenten Welkepunkt bzw. das Totwasser maßgeblich. Es zeichnet sich folgendes Bild ab:

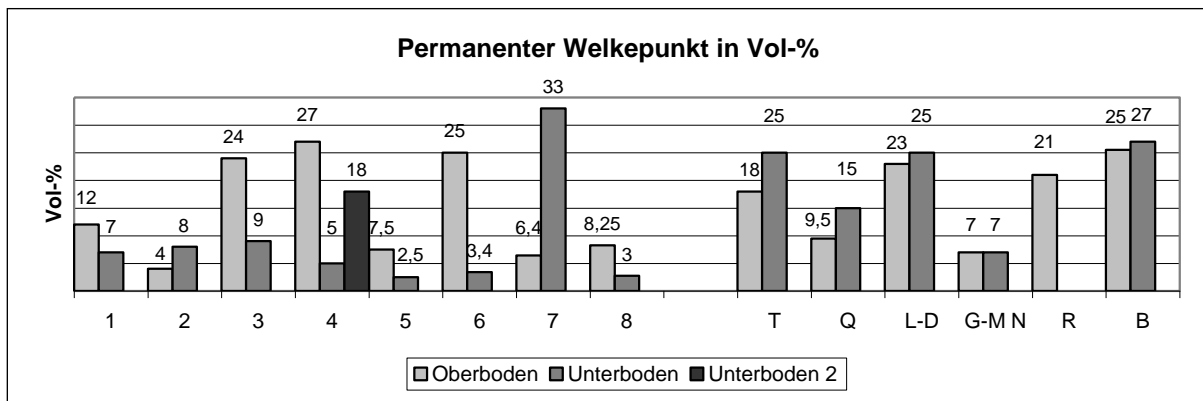


Abb.65: Permanenter Welkepunkt in Vol-% Brachen und Wälder (TUD, C. Hoffmann, 2011)

Der Permanente Welkepunkt ist in den oberen Schichten der Brachflächen meist deutlich höher als in den unteren. Das könnte sich zusammen mit der höheren Lagerungsdichte bei den Profilen 1,2,4 und 6 ebenfalls in den oberen Schichten auf die selbstständige Neubesiedlung negativ auswirken. Im Vergleich dazu dürfte dies aufgrund der günstigeren Voraussetzungen auf den Waldflächen rascher vorstattengehen. Auffällig sind die großen Differenzen zwischen Ober- und Unterboden bei den Brachflächen. Die zum Teil höheren Werte der Waldflächen können dadurch begründet werden, dass es sich hier um Substrate handelt, die mit der Zeit abgesackt sind und deren Lagerungsdichte sich dadurch insgesamt erhöht hat (vgl. Diagramm Abb.59 zur Lagerungsdichte).



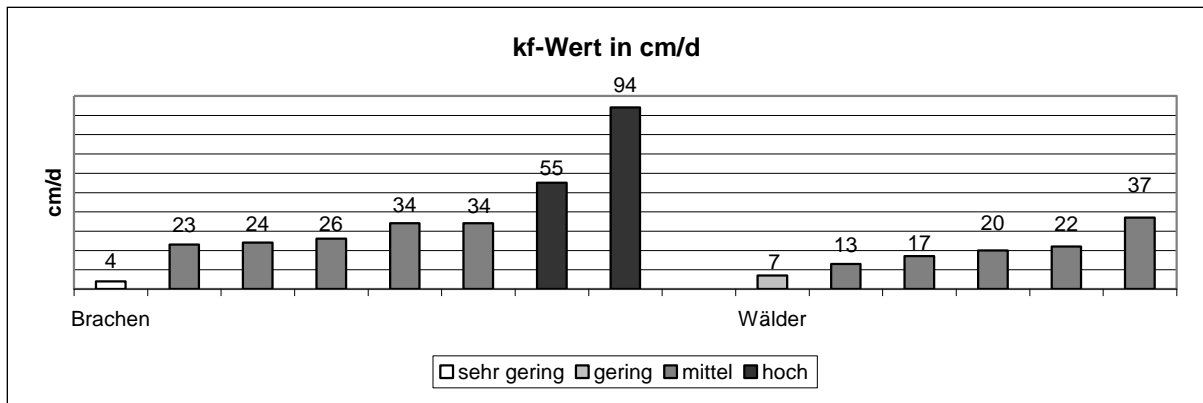


Abb.: kf-Wert in cm / d Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Aufgrund der hohen Skelettgehalte und der niedrigen Lagerungsdichten auf den Brachflächen kann die Wasserleitfähigkeit als wichtige Kenngröße zur Einschätzung bzw. Quantifizierung der Versickerungsleistung in fast alle Böden als mittel bis hoch eingestuft werden. Wasser kann demzufolge auch bei hohen Niederschlägen infiltrieren, wodurch der Oberflächenabfluss geringer ausfällt. Der sehr geringe kf-Wert von 4 cm/d kommt aufgrund der dort vorhandenen Tonschicht zustande. Es sollte zudem darauf hingewiesen werden, dass die Kartieranleitung der AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005 nur natürliche Böden bewertet und der tatsächliche kf-Wert anthropogen beeinflusster Böden weitaus höher sein kann. Demzufolge können nur mittlere Niederschläge in die untersuchten Waldböden vollständig infiltrieren, da diese bis auf Lößnig-Dölitz mittlere kf-Werte aufweisen. Allerdings kann hoher Niederschlag durch Interzeption in den Baumkronen verringert und die Infiltration dadurch verzögert werden.

### 4.3 Chemische Eigenschaften

Große Unterschiede zwischen den Brachen und urbanen Waldfläche ergeben sich bei dem ermittelten pH-Wert und dem Carbonatgehalt. Aufgrund der Beimengungen von Bauschutt und kalkhaltigem Schotter liegen die pH-Werte der Brachen im alkalischen Bereich (7,2 bis 8,2). Die Waldböden weisen hingegen mit Ausnahme des Rosentahügels so gut wie gar kein Carbonat auf. Demzufolge befinden sich die pH-Werte mit Werten zwischen 5 bis 6 im sauren bis schwach sauren Bereich. Lediglich auf den Bauernwiesen geht die Tendenz im Unterboden mit einem pH-Wert von 3 bis 4 in die stark saure Richtung. Bei den Brachflächen sind mittel bis hohe Humuswerte (2 bis 8 %) zu verzeichnen. Trotz der fehlenden Humusschicht wurde auch im Unterboden des Profils 2 ein hoher Humusgehalt notiert. Dahingegen sind die Waldböden insgesamt weniger humos. Hier bewegen sich die Humuswerte eher im mittleren Bereich. Auffällig ist jedoch, dass die Differenz des Humusgehalts zwischen Ober- und Unterboden bei den Brachflächen viel größer ist (bei Profil 1 bis zu vier Stufen). Dieser hohe Werteabfall resultiert aus der Umlagerung humushaltiger Bodensubstrate im Oberboden, deren Humusgehalte in der Zwischenzeit noch nicht auf die untere Schicht übertragen werden konnten. Unter den Waldböden beträgt der Unterschied zumeist lediglich eine oder gar keine Stufe.



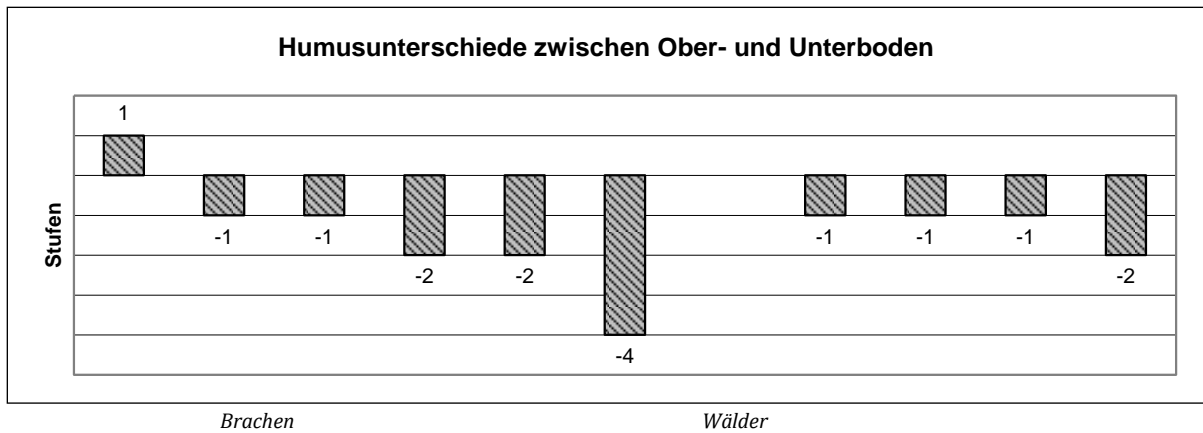


Abb.66: Humusunterschiede zwischen Ober- und Unterboden Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Der ermittelte Nährstoffstatus ist auf allen Brachflächen mit mittel bis hoch zu bewerten. Da der S-Wert in  $\text{molc}/\text{m}^2$  auch hier wieder im Zusammenhang mit der effektiven Durchwurzelungstiefe ausgerechnet wird, überrascht es nicht, dass die Werte der Waldflächen im sehr hohen Bereich liegen und sich dadurch teilweise sehr von denen der Brachen unterscheiden.

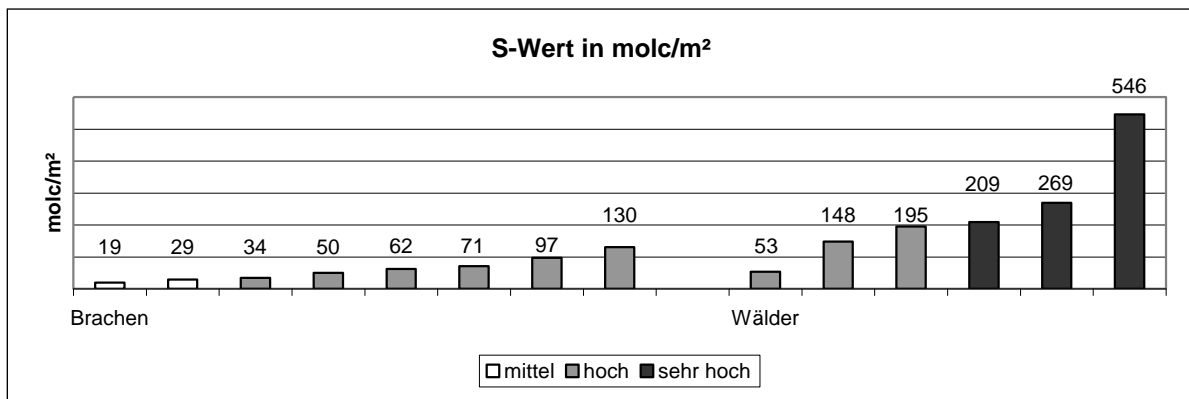


Abb.67: S-Wert in  $\text{molc}/\text{m}^2$  Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Damit vergleichbar sind auch die Ergebnisse der KAK pot. Dabei umfassen die Werte der Wälder ein wesentlich weiteres Spektrum (gering bis extrem hoch) als jene der Brachen, welche sich alle auf einem ähnlichen Level befinden. (siehe

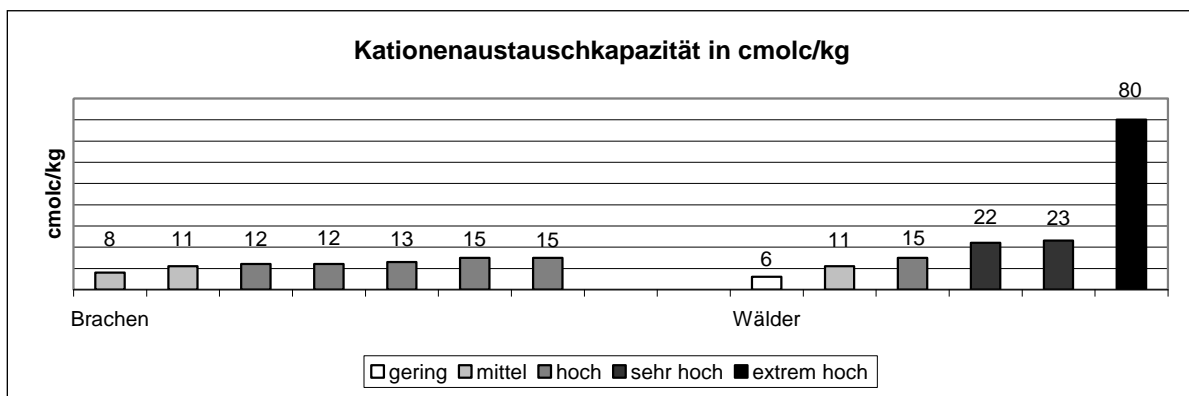


Abb.68)



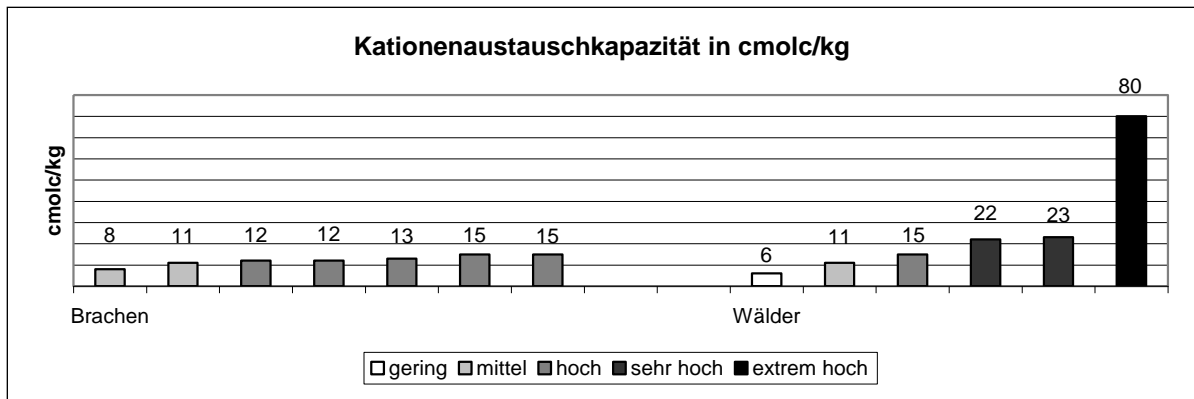


Abb.68: Kationenaustauschkapazität in cmolc / kg Brachen und Wälder (EIGENE DARSTELLUNG)

Schon bei der Betrachtung der Horizonte sollten große Unterschiede hinsichtlich des Vorhandenseins einer Humusauflage, eines Skeletts und der Ausbildung des Gefüges deutlich geworden sein. Demzufolge sind auch die primär abgeleiteten Werte wie Luftkapazität, Feldkapazität und nutzbare Feldkapazität reich an Differenzen. Dadurch, dass bei der weiteren Berechnung stets die Durchwurzelungstiefe eine große Rolle spielt (diese ist bei Laubgehölzen mit dem Faktor 1,5 zu multiplizieren), erklären sich somit die hohen Werte im Wasser- und Nährstoffhaushalt.

Auffällig waren bei dem PWP und dem Humusgehalt die hohen Differenzen zwischen den einzelnen Lagen auf den Brachflächen. Da es sich jeweils um aufgeschüttete Substrate handelt, werden die Bodenprozesse noch nicht so weit fortgeschritten sein wie bei den Waldböden. Es kann geschlossen werden, dass sich die Vegetation innerhalb einer bestimmten Anzahl von Jahren durch selbst gesteuerte Prozesse ein eigenes Bodengefüge mit einheitlichen Werten schafft. In diesem Zusammenhang können die Extremdifferenzen innerhalb der Brachen und die durchschnittlichen Werte der Wälder bei der LK, dem PWP, dem kf-Wert und dem Humusgehalt verstanden werden.

#### 4.4 Zusammenfassung

Brachgefallene Böden ändern sich bei Umbau in urbanen Wald dahingehend, dass sich eine Humusauflage mit der Horizontabfolge L-Oh-Of ausbildet. Hierbei muss die Streu nicht das ganze Jahr über präsent sein, da diese von der Zersetzungsgeschwindigkeit und der Zusammensetzung der Inhaltsstoffe abhängig ist. Genauso kann der Humushorizont hinsichtlich der Mächtigkeit und der Eigenschaften unterschiedlich ausgebildet sein. An diesen wird sich ein humoser Oberboden anschließen, welcher von der Humusschicht und der Bioturbation mehr oder weniger beeinflusst ist. Der Skelettgehalt wird sich aufgrund Verwitterung und Wurzelsprengung maßgeblich verringern. Es liegt nahe, dass es zur jeweiligen Ausbildung eines Krümelgefüges kommt. Dieser Prozess kann aber je nach Ausgangsgestein und -bodenart unterschiedlich viel Zeit in Anspruch nehmen. Die Lagerungsdichte wird sich in den unteren Schichten erhöhen und das Verhältnis der Brachflächen von Oberboden zu Unterboden umkehren. Die Luftkapazität wird sich insgesamt verringern und nun von Sekundärporen angereichert sein. Somit befindet sie sich auf einem anderen Level. Einhergehend damit verringert sich die Wasserleitfähigkeit. Die nutzbare Feldkapazität wird im Laufe der Jahre leicht ansteigen, sich jedoch nicht erheblich verändern.



Weiterhin ist die Vegetation dafür verantwortlich, dass die ökologisch wichtige Größe  $nFKWe$  Extremwerte annehmen kann. Ähnlich dazu verhält sich die effektive Durchwurzelungstiefe. Sie wird ansteigen und sich unter günstigen Bedingungen sogar verdoppeln. Der Carbonatgehalt verringert sich maßgeblich und der pH-Wert findet sich im leicht sauren Milieu ein. Trotz der steigenden Tendenz der Humusgehalte werden diese geringer sein als zu Beginn, aber nur aufgrund der ursprünglichen Nutzung (Acker, Gartenland) und / oder nährstoffreicher Substrate, welche vor der Waldnutzung auf die Flächen aufgebracht wurden. Der S-Wert und der verfügbare Anteil an austauschbaren Kationen werden ebenfalls stark ansteigen und im Laufe der Jahre weiterhin langsam, aber stetig dem Maximum entgegengehen.

Es wurde dargestellt, dass die Vegetation eine erhebliche Wirkung auf physikalische und chemische Bodeneigenschaften genauso wie Bodenprozesse hat. Aufgrund mancher Werte, welche absolut gesehen keine großen Veränderungen mit sich bringen (Luftkapazität und  $k_f$ -Wert), sollte stets bedacht werden, dass die Bildung dieser Werte andere Ursachen aufweisen kann als zu Beginn der Anpflanzung, welche wiederum zu einer weiteren positiven Bodenentwicklung beitragen. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Vegetation hinsichtlich des Wasser- und Nährstoffhaushaltes den Boden nicht nur positiv beeinflussen, sondern auch erheblich verändern kann.

#### 4.5 Methodenkritik

So eindeutig und verständlich viele Werte dieser Untersuchung erscheinen, muss darauf hingewiesen werden, dass die Vergleichbarkeit der Flächen durch mehrere Punkte sehr beeinträchtigt wird. So leidet die Wissenschaftlichkeit dieser Methodik daran, dass die Brachen und Wälder jeweils unterschiedlich genutzt wurden. Demzufolge waren die Stoffeinträge jeweils verschiedenartig, ebenso die mechanischen und biologischen Einwirkungen und es müsste von verschiedenen physikalischen Gegebenheiten ausgegangen werden, welche sich von der Vegetation unterschiedlich schnell beeinflussen ließen. Zudem treten Nachteile durch die Anwendung einer unechten Zeitreihe auf. Damit verbunden sind allgemeine Standortmerkmale, die Waldgröße oder unvorhergesehene Ereignisse, welche sich verschieden stark auf die Waldflächen ausgewirkt haben könnten. Teilweise wurden auch gewisse Einwirkungen auf den Boden nicht beachtet, da die Datengrundlagen fehlten (Altlastenstandort, Grundwasserpegel, Bodenfruchtbarkeit).

Es wirken neben der Vegetation noch viele andere Faktoren auf den Boden ein, z.B. Klima, Gestein oder der Mensch. Dessen ungeachtet wurden hier alle bodenbezogenen Veränderungen der Vegetation zugeschrieben und der Anteil der Faktoren nicht beachtet, die ebenfalls den Boden maßgeblich zum Positiven oder auch Negativen zu ändern vermögen. Um die Auswirkungen jedes einzelnen Faktors exakter einschätzen zu können, sollten vielmehr ganze Reaktionsketten und deren Vernetzungen analysiert werden.

Weiterhin wurden die Eigenschaften lediglich grob abgeschätzt. Diese Ungenauigkeit addiert mit dem unterschiedlichen subjektiven Empfinden mehrerer Bearbeiter wirkt sich auf die abgeleiteten Kennwerte aus. Deswegen sollen die Tabellenwerte stets das Ergebnis im Gesamten als Tendenz darstellen und



nicht als absolute Wahrheit verstanden werden. Denn im Rahmen des Projektes war es nicht möglich, weitreichende Laboruntersuchungen durchzuführen, um exaktere Werte zu erhalten.

Bei solch einer wissenschaftlichen Bodenuntersuchung sollte stets darauf geachtet werden, dass die Spannbreite der im Gelände vorliegenden Merkmalsausprägungen möglichst ausreichend erfasst wird, da die Profilzusammensetzung und -ausprägung sehr variationsreich sind. Im Rahmen der zusätzlichen Profiluntersuchungen wurde allerdings nur eine Profilgrube pro Fläche ausgehoben. Obwohl diese vorher sorgfältig ausgewählt wurden, kann es mitunter vorkommen, dass eine nicht repräsentative Stelle des Waldes beurteilt wurde.



## 5 Bodenkundliche Untersuchungen zum Gehölzausfall auf Modellflächen

### 5.1 Problemstellung

Noch vor Gestaltung und Holzartenwahl der urbanen Wälder kann eine systematische Flächen-/Standortsauswahl und Bodenvorbereitung die erfolgswahrscheinlich der Waldetablierung deutlich erhöhen (KONIJNENDIJK, 2005). Die als wichtige Boden- und Substrateigenschaften definierten Standortbedingungen wie Durchwurzelbarkeit, Textur, Bodenreaktion, Nährstoffgehalt, Humusgehalt, Sorptionseigenschaften und der Gehalt toxischer Stoffe (HILLER UND MEUSER, 1998) sind dabei zu berücksichtigen und gegebenenfalls einzustellen (EBD.). Die Standorteigenschaften der Modellflächen wurden, wie bereits erörtert, anhand dieser Faktoren vor dem Pflanzzeitpunkt und nach einer Flächenvorbereitung (2009) als geeignet identifiziert (SCHWARZ, 2010). Dennoch kam es auf abgrenzbaren Flächen innerhalb der Areale zu erheblichem Pflanzausfall und Absterben der gepflanzten Bäume innerhalb der ersten 10 Jahre nach Pflanzung. Erste bodenkundliche Untersuchungen der genannten Substrat- und Standortbedingungen (außer Textur und Durchwurzelbarkeit) auf Standorten mit Gehölzausfall in 2016 (BAUER, 2016), konnten eine Eignung für Pflanzenwachstum bestätigt werden. A posteriori sollte eine Analyse bodenphysikalischer Parameter und abiotischer Klimabedingungen im Jahr 2019 Hinweise auf Ursachen liefern, warum es doch zum Gehölzausfall auf den ursprünglich als vielversprechend eingeschätzten Flächen kam.

### 5.2 Untersuchungen 2016

#### 5.2.1 Methodik

Um die Ursachen für die Gehölzausfälle auf den Modellflächen Stadtgärtnerei-Holz sowie Schönaauer-Holz zu untersuchen, wurden zunächst Felduntersuchungen durch BAUER (2016) durchgeführt. Für die Beprobung wurden ein Spaten sowie ein Pürckhauer Bohrer mit dazugehörigem Hammer verwendet. Der hohle Bohrstock wird mit dem Schonhammer so weit wie möglich in die Erde getrieben und anschließend mit drehenden Bewegungen herausgezogen. Als Ergebnis erhält man in der hohlen Fuge des Bohrers eine durch den Schlag gepresste Bodenprobe, die die verschiedenen Schichtungen des Bodens sehr gut darstellt.

Bei der Verwendung des Spatens wird eine Grube ausgehoben, die einen Eindruck über den vollständigen, nicht gepressten Bodenaufbau verschafft. Dabei wird die Grasnarbe zunächst vorsichtig abgehoben und seitlich gelagert. Anschließend erfolgt der Bodenaushub. Nach der Beprobung wird das Loch wieder verfüllt und die Grasnarbe auf dem Aushub platziert werden.

Während der Beprobung erfolgten mehrere Felduntersuchungen, die mit Hilfe der Bodenkundlichen Kartieranleitung vorgenommen wurden. Im Anschluss wurden Proben für das Labor genommen. Um eine gute Analyse zu gewährleisten, wurden stets zwei Probenpunkte gewählt, wobei eine Beprobung am Problemstandort und eine Beprobung an einem Vergleichsstandort mit gutem Bewuchs stattfand.



Als Vorbereitung für die Laboranalyse wurden die Feinwurzeln aus den Bodenproben entfernt. Anschließend wurden diese gesiebt und mit der Achatvorrichtung gemahlen, welche den Eintrag von Eisenabrieb verhindert. Im Anschluss wurden der pH-Wert, das N/C-Verhältnis sowie die Nährstoffverfügbarkeit ermittelt.

### pH-Wert

Als pH-Wert wird der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration bezeichnet. Er dient zur Angabe der Wasserstoff- oder Hydroxidionenkonzentration in wässrigen Lösungen. Damit ist er ein Maß für die Acidität (pH-Wert von 0 bis 7) bzw. Basizität (pH-Wert von 7 bis 14) der Lösung (SPEKTRUM, 2001d). Beeinflusst wird der pH-Wert unter anderem durch den Humus, die Art der Streu aber auch der vorhandenen Düngung und das Klima.

### C/N-Verhältnis

Das C/N-Verhältnis ist das Gewichts- bzw. Massenverhältnis von Kohlenstoff und Stickstoff im Boden. Die beiden Elemente liegen, zunächst organisch gebunden, im Humus und werden im Laufe der Zeit von Mikroorganismen mineralisiert und somit in anorganische Verbindungen überführt. Durch diesen Prozess wird Stickstoff (N) pflanzenverfügbar. Je höher der N-Gehalt im Boden ist, man spricht dann von einem engen C/N-Verhältnis des Bodens, umso nährstoffreicher und fruchtbarer ist dieser Boden. Je weiter das C/N-Verhältnis ist, umso stärker werden die Mikroorganismen in ihrer Tätigkeit eingeschränkt, wodurch keine Mineralisation der Streu stattfinden kann. (SPEKTRUM, 1999c)

Die Beprobung im Stadtgärtnerei-Holz wurde auf 2 Teilflächen vorgenommen, auf denen sich vor Abbruch Gewächshäuser befanden. Fläche 1 liegt nördlich und weist im Luftbild markante braungrüne Stellen auf, die auf einen Fehlwuchs hindeuten. Fläche 2 befindet sich weiter südlich und weist ebenfalls markante farbliche Unterschiede auf (siehe Abb. 69 links). Beprobt wurden jeweils sowohl Bereiche mit Ausfallerscheinungen als auch mit Anwuchserfolg. Vergleicht man den bebauten Zustand mit den Flächen des größten Ausfalls 2016, lässt sich kaum eine Übereinstimmung feststellen. So zeigen sowohl zuvor bebaute Bereiche gute Wachstumserfolge, als auch zuvor unbebaute Flächen schlechte Wachstumserfolge. Zu erwähnen bleibt, dass auf den Bereichen eine unterschiedliche Gehölzauswahl getroffen wurde. Im Monitoring 2022-2024 wurde die Gehölzentwicklung noch einmal überprüft (vgl. Modulbericht Gehölzentwicklung, Roloff et al. 2024, Dick 2023). Die Überlagerung der festgestellten Gehölzausfälle von 2016, 2017 und 2022 zeigen dabei viele Überschneidungen (vgl. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, rechts). Lediglich die 2016 auf den Pflanzflächen 6 festgestellten Ausfälle wurden später nicht mehr bestätigt. Einen direkten Zusammenhang zwischen Anwuchserfolg und vorheriger Bebauung lässt sich hier somit weiterhin nicht feststellen.





Abb. 69: Gehölzausfälle im Stadtgärtnerei Holz (links) und die ausgewählten Probestandorte P1 und P2 (mitte) (EIGENE DARSTELLUNG, LUFTBILD: GEOPORTAL SACHSEN 2016). Rechts: Luftbild von 2022 der Modellfläche Stadtgärtnerei-Holz (rot umrandet mit Markierung potenzieller Gehölzausfallflächen von 2022 (violett), 2017 (türkis) und 2016 (rot))(Dick 2023)

Das **Schöner-Holz** zeigt im Luftbild nur wenige Bereiche mit Gehölzausfällen. Vergleicht man den bebauten Zustand mit den Flächen des größten Ausfalls im Jahr 2016, lässt sich in diesem Fall eine Übereinstimmung finden (s. Abb. 70). Der gelb markierte Bereich war ein vollständig versiegelter Parkplatz. Während im Bereich der Zeilenbauten der Abriss auch das Kellergeschoss und die Rohrleitung betraf und somit ein tiefgründiger Austausch des Bodens vorgenommen wurde, erfolgte im Bereich des ehemaligen Parkplatzes nur ein dünner Bodenauftrag nach der Entsiegelung. Als Untersuchungsort wurde deshalb der südwestliche Bereich des ehemaligen Parkplatzes ausgewählt. In diesem Teilbereich sind die Anwuchsprobleme am erheblichsten. Die Überlagerung der festgestellten Gehölzausfälle von 2016, 2017 und 2022 zeigt viele Überschneidungen (vgl. Abb. 70), wobei die Ausfälle in Bereich des ehemaligen Parkplatzes (C2) und Flächen in den Waldquartieren C1 und B auf deutlich zugenommen haben. Es wurde jeweils eine Bodenprobe auf einem Standort mit schlechtem Anwuchserfolg entnommen, sowie eine Vergleichsprobe auf einen guten Gehölzstandort.





Abb. 70: Ehemalige Eiger Nordwand (ganz links), Gehölzausfälle im Schönaauer Holz (mitte links) und der ausgewählte Probestandort P3 (mitte rechts) (EIGENE DARSTELLUNG, LUFTBILD: GEOPORTAL SACHSEN 2016), Markierung potenzieller Gehölzausfallflächen von 2022 (violett), 2017 (türkis) und 2016 (rot) (Dick 2023)

## 5.2.2 Ergebnisse

### Stadtgärtnerei-Holz

Die Bodenprobe der Fläche 1 (P1) des Stadtgärtnerei Holzes ergab folgendes Bodenprofil:

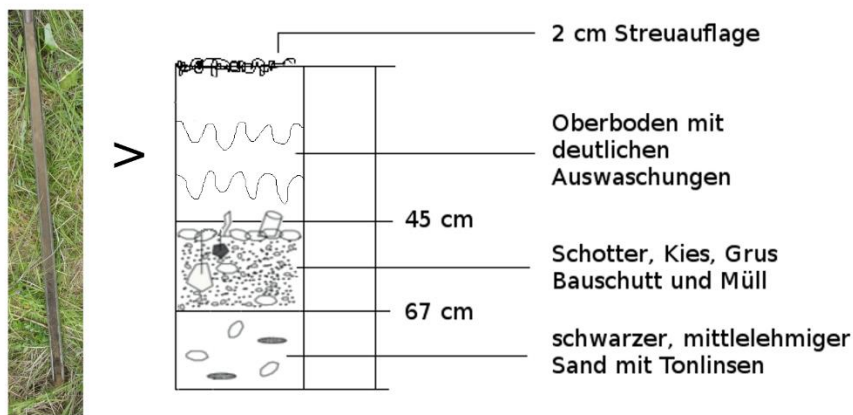


Abb. 71: Bodenprofil von P1 im Stadtgärtnerei Holz (EIGENE DARSTELLUNG)

Bei dem vorhandenen Boden handelt es sich um ein sehr trockenes Allosol. Auf der Fläche befindet sich ein ca. 45 cm hoher Bodenauftrag ohne technologische Beimengungen. Darunter findet sich, gemäß früherer Untersuchungen, eine weitere Schicht mit hohem Skelettanteil und technologischen Beimengungen. Der Oberboden zeigt sich als sandig, lehmiger Schluff (Uls) mit einigen Tonanteilen (Lts) mit geringem Skelettanteil und starken Auswaschungsspuren. Dadurch entwickelt sich der untere Bereich dieses jAh-Horizontes zu einem sandigen Lehm. Der Bereich besitzt eine mittlere Luftkapazität und Feldkapazität, ist verdichtet und insgesamt recht trocken. Die Kationenaustauschkapazität ist als hoch zu



bewerten. Darunter befindet sich ein yjAh-Horizont, bzw. ein schwach lehmiger Sand, der stark skelett-haltig ist und technogene Beimengungen wie Bauschutt und Glasscherben aufweist. Diese aufgetragene Schicht ist als mittel humos, kalkarm und sehr schwach alkalisch einzuschätzen. Sie besitzt ein sehr geringes Porenvolumen und ist verdichtet. Darunter folgt ein lehmiger Sandboden mit stark humosen Schluff, Einschlüssen und Tonlinsen im neutralen Bereich. Der Boden kann insgesamt als tiefgründig eingeschätzt werden.

Tab. 37 Bodenkundliche Eigenschaften im oberen und unteren Bodenhorizont von P1 (EIGENE DARSTELLUNG)

Bodengefüge	Durchwurzelbarkeit	Vernässung	Staunässe
Einzelkornggefüge	Mittel	Nein	Nein
Krümelgefüge	Schlecht	Nein	Nein
Humusgehalt	Lagerungsdichte	Trockenrohdichte	Luftkapazität
h2 – h3	Ld3	Pt3	Mittel
h3	Ld3	Pt3	Mittel
nFK [mm/dm]	FK [Vol-%]	TOT [Vol-%]	KAKWe [cmolc/kg]
16 – 22 (m)	32 – 35 (m)	13 – 16 (m)	10,6 – 25,4 (h)
16 (m)	34 (m)	18 (m)	15,2 – 19,4 (h)

Bei der Beprobung zeigte sich, dass alle Bereiche im Stadtgärtnerei-Holz, in denen Wildobst (Prunus-Arten, Sorbus-Arten) gepflanzt wurden, der Ausfall deutlich geringer ist als in Bereichen, in denen andere Arten gepflanzt wurden. Betrachtet man beispielhaft Fläche 1, so konnten sich nur (in kleinen Mengen) Corylus-Arten sowie Crataegus-Arten durchsetzen. Bepflanzungen mit Salix-Arten, Cornus-Arten sowie Viburnum-Arten zeigten hingegen keinen Anwuchserfolg.



Die Beprobung der Fläche 2 (P2) ergab folgendes Bodenprofil:

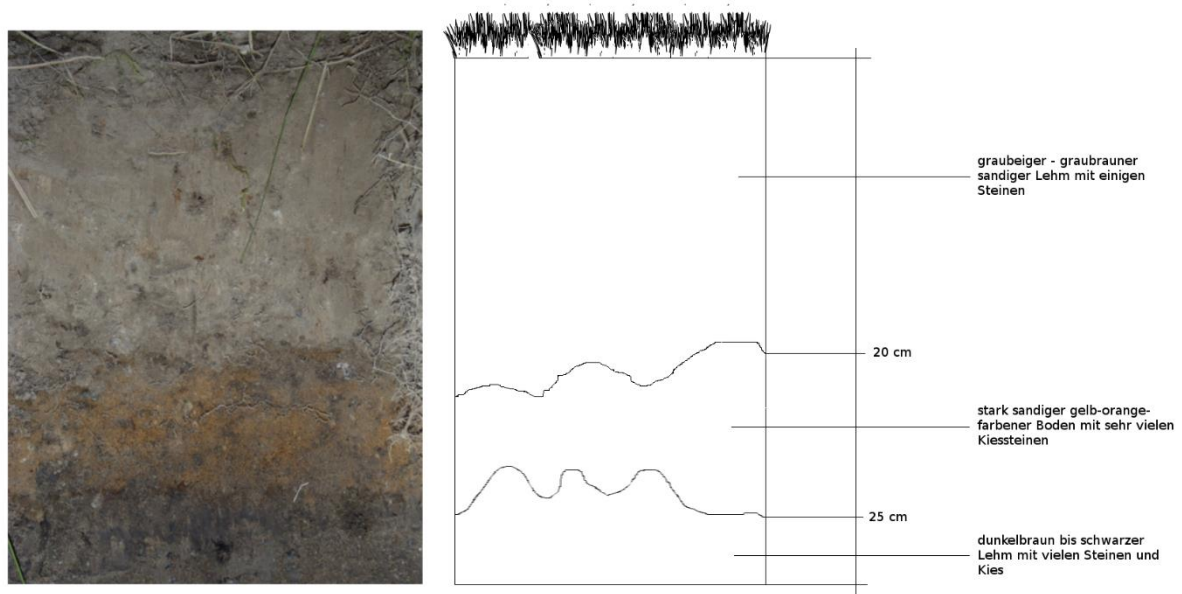


Abb. 72: Bodenprofil von P2 im Stadtgärtnerei Holz (EIGENE DARSTELLUNG)

Bei dem vorhandenen Boden auf Fläche 2 des Stadtgärtnerei-Holzes handelt es sich um ein Allosol. Ebenso wie auf Fläche 1 befindet sich auf Fläche 2 ein ca. 45 cm hoher Bodenauftrag ohne technogene Beimengungen. Der Skelettanteil des Bodens ist als mittel einzustufen. Der Oberboden zeigt sich als stark lehmiger Sand mit einer mittleren Luft und Feldkapazität sowie einer mittleren Kationenaustauschkapazität. Der mittlere Horizont ist ein schwach schluffiger Sand, mit einem hohen Skelettanteil und keinem Humus. Darunter befindet sich ein stark sandiger Ton mit einer sehr hohen Kationenaustauschkapazität, jedoch einer mittleren Feld- und Luftkapazität. Er ist verdichtet und trocken.

Der Boden kann insgesamt als tiefgründig eingeschätzt werden.

Tab. 38 Bodenkundliche Eigenschaften im oberen und unteren Bodenhorizont von P2 (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016)

Bodengefüge	Durchwurzelbarkeit	Vernässung	Staunässe
Krümel- und Einzelkorngefüge	Mittel	Nein	Nein
Einzelkorngefüge	Schlecht	Nein	Nein
Humusgehalt	Lagerungsdichte	Trockenrohdichte	Luftkapazität
h2	Ld3	Pt3	Mittel
h2 - h3	Ld4	Pt3	Mittel
nFK [mm/dm]	FK [Vol-%]	TOT [Vol-%]	KAKWe [cmolc/kg]
18 (m)	30 (m)	12 (m)	10,6 – 12,2(m)
14 (m)	32 (m)	18 (m)	21,4 (sh)



Die Laboranalyse erfolgt mit Hilfe standardisierter Verfahren zur Bestimmung des pH-Wertes, des C/N-Verhältnisses und der Nährstoffe. Dabei erfolgte die Nährstoffanalyse mit Hilfe einer Königswasserextraktion.

Insgesamt wurden Proben von drei verschiedenen Standorten im Stadtgärtnerei Holz ausgewertet. Diese werden im Folgenden mit P1 (Probe am Problemstandort der Fläche 1), P1V (Vergleichsprobe außerhalb eines Problemstandortes der Fläche 1) bzw. P2 (Probe am Problemstandort der Fläche 2), P2V (Vergleichsprobe außerhalb eines Problemstandortes der Fläche 2) beschrieben.

Alle Proben weisen einen pH-Wert von etwa 7 auf.

Tab. 39 pH-Wert der Proben im Stadtgärtnerei Holz (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016)

Probe	P1 (1)	P1 (2)	P1V (1)	P1V (1)	P2	P2V (1)	P2V (2)
pH-Wert	≥ 7	≥ 7	≥ 7	≥ 7	≥ 7	≥ 7	7,0

Alle Böden weisen ein sehr gutes C/N-Verhältnis auf, wodurch der Schluss naheliegt, dass keine eingeschränkte Mikroorganismenaktivität vorhanden ist.

Tab. 40 C/N-Wert der Bodenproben im Stadtgärtnerei Holz (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016)

Probe	C/N-Wert
Stadtgärtnerei Holz Vergleichsprobe, unterer Horizont (P1V)	12,53
Stadtgärtnerei Holz, unterer Horizont (P1)	15,97
Stadtgärtnerei Holz Vergleichsprobe, oberer Horizont (P1V)	14,05
Stadtgärtnerei Holz, oberer Horizont (P1)	12,36
Stadtgärtnerei Holz Vergleichsprobe, oberer Horizont (P2V)	11,66
Stadtgärtnerei Holz, oberer Horizont (P2)	10,92
Stadtgärtnerei Holz Vergleichsprobe, unterer Horizont (P2V)	15,76

Auffällig ist, dass die Vergleichsprobe jeweils im oberen Horizont das höhere C/N -Verhältnis hat. Dagegen weist die Vergleichsprobe im unteren Horizont den geringeren Wert auf. Ebenfalls interessant ist, dass die höchsten C/N-Werte in den unteren Horizont des Stadtgärtnerei-Holzes gemessen wurden.

Probe P1 im Stadtgärtnerei-Holz weist im oberen Horizont deutlich mehr Nährstoffe als P2 im oberen Horizont auf. Dagegen ist der untere Horizont von P2 im Durchschnitt mit mehr Nährstoffen angereichert



als P1. P1V zeigt zudem geringere Mengen aller Nährstoffe, während P2V sehr hohe Mengen an Nährstoffen aufweist. Ein Großteil der Nährstoffe, wie Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Pb, S sind in den unteren Horizonten akkumuliert, Natrium fehlt (bis auf P1V) in allen oberen Horizonten. Dabei zeigen die Proben P2 und P2V die geringste Versorgung mit den Nährstoffen Fe, K, Mg, Mn, Na, P im oberen Horizont. Der höchste Gesamtwert der Nährstoffe Fe, K, Mg, Mn, Na, P zeigt sich bei P2V im unteren Horizont.

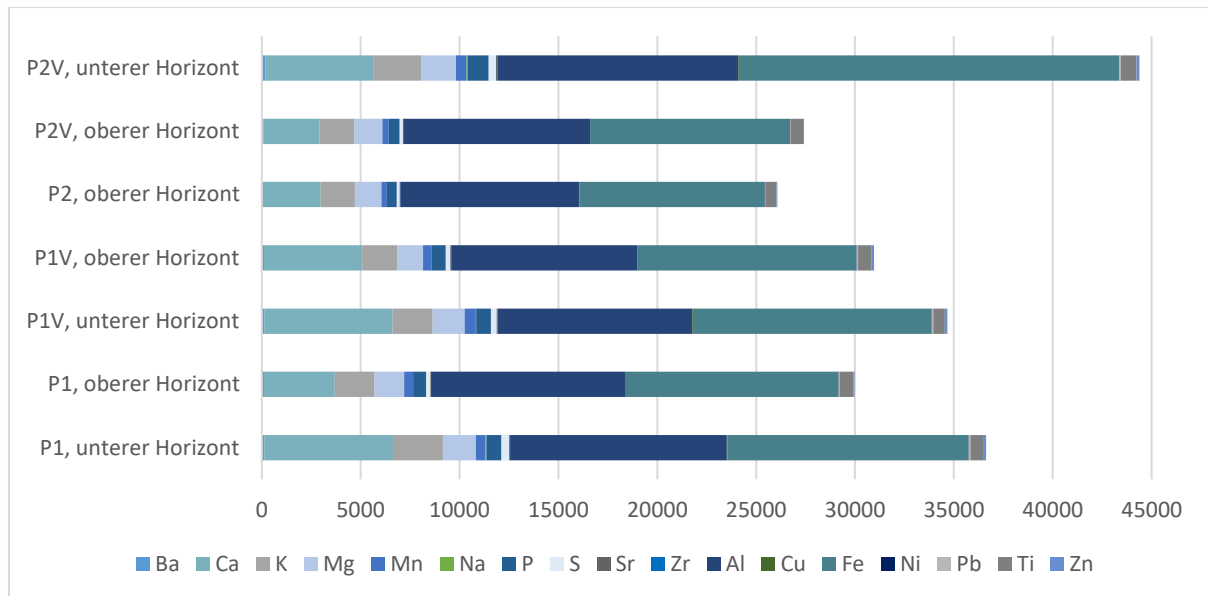


Abb. 73: Nährstoffverteilung in den Bodenproben des Stadtgärtnerei Holz (in mg/kg) (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016)

Betrachtet man nur die Proben P1 des Stadtgärtnerei-Holzes, so zeigt sich in den Analysen, dass der obere Horizont von P1 im Durchschnitt weniger hohe Mengen an Nährstoffen aufweist, als der untere Horizont. Auch das C/N-Verhältnis ist im unteren Horizont höher als im oberen. Dies korreliert jedoch sehr gut mit den deutlichen Auswaschungsspuren der Probe. In der Vergleichsprobe (P1V) besitzt der obere Horizont ein höheres C/N-Verhältnis als der untere und die Kupfer- (Cu), Nickel- (Ni) und Zink- (Zn) Werte sind im unteren Horizont geringer als im oberen. Ansonsten weist auch in der Vergleichsprobe der untere Horizont höhere Nährstoffmengen als der obere Horizont auf. Vergleicht man beide Proben miteinander, so wird deutlich, dass in der Vergleichsprobe im Durchschnitt weniger Nährstoffmengen im unteren Horizont vorhanden sind, im oberen Horizont jedoch mehr Nährstoffe vorhanden sind.

Betrachtet man nur die Probe P2 des Stadtgärtnerei-Holzes, so zeigt sich in der Analyse, dass die Vergleichsprobe des unteren Horizontes die höchsten Werte aufweist. Analysiert man nur die Probe, bei der kein Wachstumserfolg festgestellt werden konnte (P2), so zeigt sich auch hier eine Nährstoffanreicherung im unteren Horizont sowie geringere Nährstoffmengen im oberen Horizont. Die Vergleichsprobe (P2V) besitzt im oberen Horizont ein höheres C/N-Verhältnis als die Probe aus dem Bereich des geringeren Wachstumserfolges. Im unteren Horizont weist die Vergleichsprobe die höchsten C/N-Wert aller Proben auf.



## Schönauer-Holz

Die Bodenprobe der Fläche 3 (P3) ergab folgendes Bodenprofil:

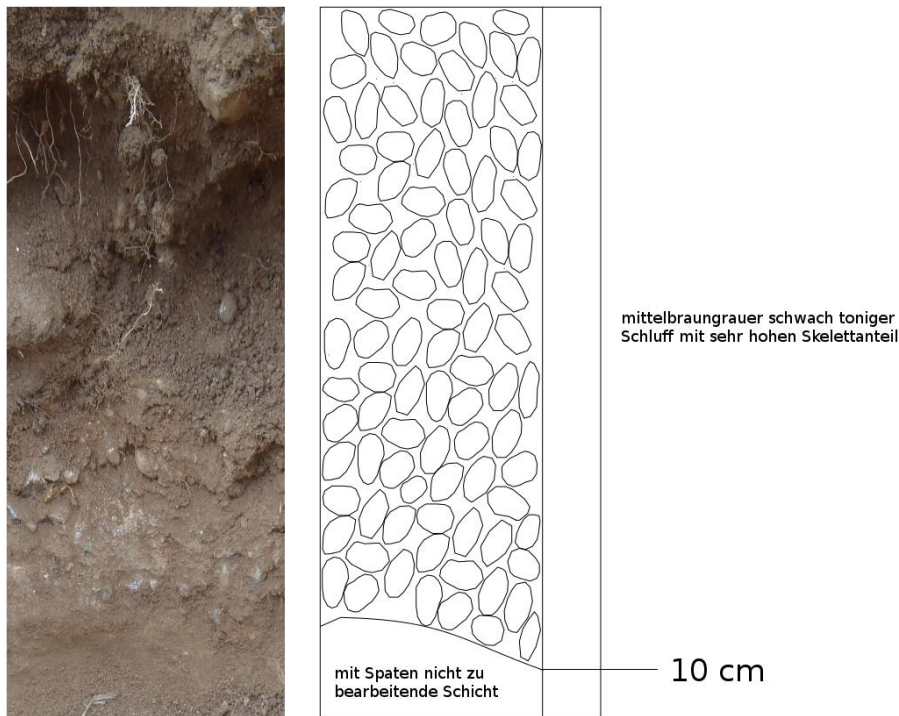


Abb. 74: Bodenprofil von P1 im Stadtgärtnerei Holz (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016)

Die Probenahme erfolgte auf einem ehemaligen Parkplatz der Wohnbaubrache. Bei dem vorhandenen Boden im Schönauer Holz handelt es sich um ein Allosol. Nach dem Abriss wurde auf den Boden ca. 10 cm Oberboden mit einem sehr hohen Skelettanteil aufgebracht. In diesem jeAh -Horizont liegen die Steine dicht an dicht und ineinander verkeilt. Der ursprüngliche Boden ist ein schwach toniger Schluff mit einer mittleren Luftkapazität, einer mittleren Feldkapazität und einer mittleren Kationenaustauschkapazität. Der Boden ist verdichtet und sehr trocken. Insgesamt kann der Boden nur als flachgründig eingeschätzt werden.

Bei der Beprobung zeigte ein Großteil der dort gepflanzten Gehölze einen schlechten Wuchs. Deutlich ist dies vor allem in Bereichen in denen Corylus, Cornus und Prunus– Arten gepflanzt worden waren. Traubeneiche (*Quercus petraea*) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) zeigten dagegen einen guten Anwuchserfolg.



Tab. 41 Bodenkundliche Eigenschaften im oberen und unteren Bodenhorizont von P3 (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016)

Bodengefüge	Durchwurzelbarkeit	Vernässung	Staunässe
Krümel- und Einzelkorn-gefüge	Mittel	Nein	Nein
Humusgehalt	Lagerungsdichte	Trockenrohdichte	Luftkapazität
H1	Ld4	Pt4	Mittel
nFK [mm/dm]	FK [Vol-%]	TOT [Vol-%]	KAKWe [cmolc/kg]
23 (h)	35 (m)	12 (m)	10,6 (m)

Die Laboranalyse am Problemstandort P3 und dem Vergleichsstandort P3V zeigen folgendes Ergebnis:

- Alle Proben weisen einen pH-Wert von etwa 7 auf.

Tab. 42 pH-Wert der Proben im Schönaauer Holz (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016)

Probe	P3	P3V
pH-Wert	7,03	7,17

- Die Böden weisen ein sehr gutes C/N-Verhältnis auf, wodurch der Schluss nahe liegt, dass keine eingeschränkte Mikroorganismen-tätigkeit vorhanden ist.

Tab. 43 C/N-Wert der Bodenproben im Schönaauer Holz (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016)

Probe	C/N-Wert
Schönaauer Holz Vergleichsprobe, oberer Horizont (P3V)	12,26
Schönaauer Holz, oberer Horizont (P3)	10,33

Die Nährstoffmengen waren, bis auf Ti, Ba, Cu und Zr, in der Vergleichsprobe stets höher, besonders auffällig war hierbei, dass Natrium (Na) nur in der Vergleichsprobe nachgewiesen werden konnte. Dabei zeigen die Proben des Schönaauer-Holzes eine ähnlich geringe Versorgung mit den Nährstoffen Fe, K, Mg, Mn, Na, P im oberen Horizont, wie die Proben P2 und P2V des Stadtgärtnerei-Holz.



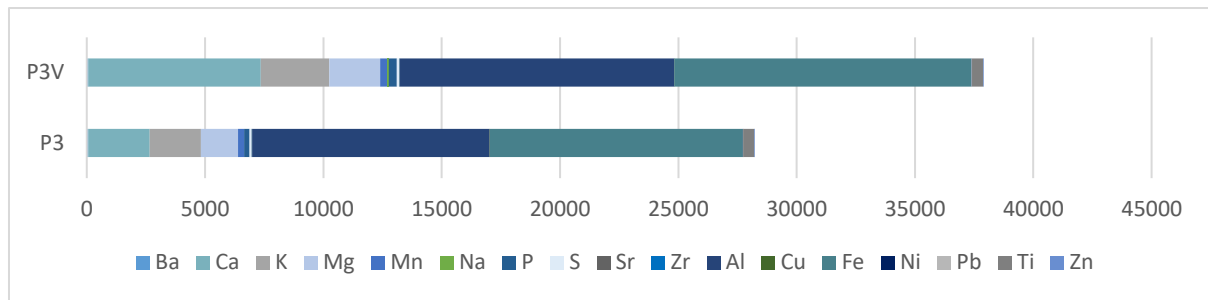


Abb. 75: Nährstoffverteilung in den Bodenproben des Schönauer Holz (in mg/kg) (EIGENE DARSTELLUNG NACH BAUER 2016)

### 5.2.3 Diskussion

Betrachtet man alle Proben der Laboruntersuchung aus dem Jahr 2016, ist festzustellen, dass die Ergebnisse im akzeptablen Bereich für anthropogen veränderte Böden liegen. Die Böden sind sehr gut mit Nährstoffen versorgt, wobei man größtenteils bereits von einer Überversorgung der einzelnen Böden sprechen kann. Eine Vielzahl der Nährstoffe hat sich in den unteren Horizonten angereichert. Auffällige Werte zeigen sich bei Calcium, hier kann eine Überversorgung zur Herabsetzung der Pflanzenverfügbarkeit verschiedener anderer Nährstoffe, wie Phosphor, Kalium und Magnesium, führen. Ein Überschuss kann zu Wurzelschäden und Wachstumsstörungen führen. Einige Proben zeigen einen Mangel an Natrium. Hier sind weitere Untersuchungen notwendig. Ebenfalls weitere Untersuchungen sind hinsichtlich des Antagonismus von Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) und Mangan ( $\text{Mn}^{2+}$ ) durchzuführen. Denn hier kann es ab einem pH-Wert von 7 leicht zu Mangan-Mangel kommen, welcher sich durch Wuchsdepressionen, Chlorosen und Nekrosen äußert.

Der pH-Wert der Böden liegt bei ca. 7. Dies entspricht nicht den natürlichen Böden Sachsens, die zu meist einen niedrigeren pH-Wert im sauren Bereich aufweisen. Hier sollte man darauf achten, dass der pH-Wert nicht über 8 steigt, da das alkalische Milieu wachstumshemmend auf Pflanzen wirkt. Bei einem pH-Wert von 7 ist die effektive Kationenaustauschkapazität jedoch in jeder Probe als mittel bis sehr hoch einzustufen. Dabei hat das Schönauer-Holz (P3) die geringste effektive Kationenaustauschkapazität. Man darf bei dieser Aussage jedoch nicht vergessen, dass es sich um eine im Feld getroffene Vermutung anhand der bodenkundlichen Kartieranleitung handelt. In dieser ist zusätzlich vermerkt, dass „[d]ie Filtereigenschaften anthropogener Böden aus natürlichem Substrat“ mit den natürlich gewachsenen Böden zu vergleichen sind, für Böden „aus technogenem Substrat kann aufgrund ihrer Heterogenität [keine allgemeine Bewertung] erfolgen.“ (vgl. Eckelmann et al. 2006, S.362) Sämtliche Schwermetalle befinden sich innerhalb der Grenzwerte und sollten damit keine größeren Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum haben. Zudem sind diese aufgrund des pH-Wertes von 7 immobil und somit nicht pflanzenverfügbar. Das C/N-Verhältnis ist ebenfalls als sehr gut einzuschätzen.

Während die Laboranalyse Werte zeigen, die Pflanzausfälle nicht begründen, wurden in den Felduntersuchungen einige hemmende Eigenschaften erkannt.

So wurde festgestellt, dass die Böden extrem trocken sind, einen sehr hohen Skelettanteil aufweisen und teilweise nur sehr flachgründig sind. Zudem sind die Böden verdichtet und nicht in der Lage Wasser



zu halten. Damit sind keine geeigneten Wachstumsbedingungen für Gehölze gegeben, selbst wenn die Nährstoffverfügbarkeit ausreichend ist. Besonders im Schönauer-Holz sind die Bodenverdichtung und der sehr hohe Skelettanteil mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ursächlich für den Gehölzausfall.

## 5.3 Untersuchungen 2019

### 5.3.1 Methodik

Drei Flächen des Stadtgärtnerei Holzes, die zu Beginn des Projektzeitraums mit Bäumen bestockt wurden, wurden anhand der Wirkungen, welche die Textur auf den Wasserhaushalt ausübt, klassifiziert. Dafür wurden 9 Jahre nach ersten Pflanzungen gewonnene Bodenproben zur Ermittlung bodenphysikalischer Parameter genutzt. Unter der Annahme gleichbleibender Bedingungen über den Analysezeitraum (2010 – 2017) wurden diese Parameter genutzt, um den Wasseraustausch zwischen Atmosphäre und Boden durch die Pflanzenkompartimente hindurch zu simulieren. Primär wurde dabei der Porenwasserdruck des Bodens untersucht. Die Zusammensetzung der sogenannten Bodenmatrix (Gesamtheit fester Teilchen und Poren eines Bodens) bestimmt gemeinsam mit dem aktuellen Wassergehalt die Kraft, mit der das Wasser an den Porenwänden gehalten wird. Diese Kraft („Saugspannung“) kann durch den pF-Wert, der Potenz der freien Energie, quantifiziert werden. Die Bindungsstärke des Wassers an den Porenwänden erhöht sich mit steigendem pF-Werten. Klassische Konzepte, wie das der nutzbaren Feldkapazität, dienen zur Ableitung von Schwellenwerten dieser Bindungskraft. Die Wasserverfügbarkeit der Pflanzenwurzeln ist demnach bei pF-Werten zwischen 1.8 und 4.2 gegeben. Der obere Grenzwert beschreibt dabei den „Permanenten Welkepunkt“, bei welchen die Zellen der Wurzeln nicht genug Saugspannung durch Turgeszenz aufbauen können, um weiter Wasser aus den Bodenporen aufzunehmen. Der entstandene maximale Turgor ist dann irreversibel und führt zum Absterben der Pflanzenteile (Scheffer/Schachtschabel: Blume et al. 2010). Ein Absterben von Wurzeln in größerem Ausmaß wird als Ursache für den Gehölzausfall angenommen.

Klassifiziert wird anhand einer Überschreitung des pF-Grenzwertes in verschiedenen Bodentiefen des Wurzelraumes, unabhängig von der Größe der Grenzwertüberschreitung. Mittels der Klassifizierung wird die Hypothese geprüft, ob das Erreichen des Permanenten Welkepunktes das Absterben der Gehölze auf den entsprechenden Flächen zu unterschiedlichen Zeitpunkten erklären kann. Darüber hinaus werden virtuelle Experimente durch Parameteranpassungen bei der Simulation durchgeführt. Die dadurch angenommene Verbesserung der Standortbedingungen wird auf ihren Effekt bezüglich des Porenwasserdrucks untersucht und bewertet.

Die Jahreszeiten im Stadtgärtnerei-Holz zeichnen sich durch starke Temperaturunterschiede zwischen Sommer- und Wintermonaten aus. Die Jahresmitteltemperatur liegt bei 10°C und der Jahresniederschlag bei 510 mm. Die untersuchten Standorte sind in Abb. 76 markiert. Standort 1 und Standort 2 wurden als Allosole definiert, auf denen ehemals Gewächshäuser standen (Schwarz, 2010). Nach dem Abbruch wurden die Bodenplatten entfernt und Mutterboden aufgetragen. Die beiden Standorte wurden mit Hasel-Weißdorn-Weidenwald bestockt. Standort 3 wurde als Hortisol angesprochen, der sich über



die Jahre des Gärtnereibetriebes durch Umgraben und Kompostzugabe entwickelt habe (EBD.). Standort 3 wurde mit Eichen-Hainbuchenwald bestockt. Bodenphysikalische Parameter der Aufnahmen von 2019 sind in Tab. 44 aufgelistet.

Die Standorte werden anhand der Anwuchserfolge, wie sie aus Abb. 76 nach der Pflanzung und nach Bauer (2016) ableitbar sind, wie folgt unterschieden: Standort 1 bezeugt einen frühen Gehölzausfall (siehe Abb. 76). Standort 2 bezeugt eine deutlich eingeschränkte Waldetablierung, die sich durch teilweisen Gehölzausfall, welcher erst 2016 erkannt wurde (Bauer, 2016) 2011 jedoch noch nicht deutlich war (siehe Abb. 76). Beide Standorte wurden gleichermaßen mit Hasel-Weißdorn-Weidenwald bestockt. Standort 3 bezeugt uneingeschränkte Waldetablierung bei einer Bestockung mit hauptsächlich Hainbuchen.



Abb. 76: Übersicht über die Standorte, Aufnahme von 2011 (Eigene Darstellung, LUFTBILD: GEOPORTAL SACHSEN 2011)

Die Simulation von täglichen pF-Werten einzelner Bodentiefen erfolgt über ein einfaches Wasserhaushaltsmodell, welches mit der Programmbibliothek Catchment Modelling Framework (CMF) (Kraft et al., 2010; Kraft und Breuer, 2011), aufgestellt wurde. Je Standort wird eine ein Meter mächtige Bodensäule mit einer Grundfläche von 1000 m<sup>2</sup> in 20 mm starke Schichten unterteilt. Jeder Bodenschicht werden Wassergehalt-Potential-Beziehungen durch das van-Genuchten-Mualem-Modell (Genuchten und Mualem, 1980) zugeordnet. Entsprechende Parameter werden anhand der Bodenart und der Trockenrohdichte nach KA5 abgeleitet (Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden, 2005). Für die ersten Jahre nach Pflanzung wird die nach dem Verfahren von Haude (1955) für Wiese berechnete potentielle Verdunstung gleichmäßig auf einen 40 cm mächtigen Wurzelraum angewandt. Für eine darauffolgende Zeitperiode,



nach angenommener Wurzelausbreitung, werden potentielle Verdunstungswerte nach Haude für Buchen auf einen 60 cm mächtigen Wurzelraum angewandt (EBD.). Tägliche Niederschlagsmengen, Tagesmitteltemperaturen und die prozentuale Luftfeuchtigkeit vom DWD-Standort in Leipzig werden dazu in die Simulation integriert. Die pF-Werte können demnach immer 2 cm mächtigen Bodenschichten zugeordnet werden. Die untere Grenze der Schichten wird als Schichtbezeichnung genutzt. Simulationen erfolgen für die Zeiträume vom 1. Januar 2010 bis zum 31. Dezember 2014 und vom 1. Januar 2014 bis zum 31.12.2017.

Tab. 44 Bodenphysikalische Eigenschaften der Standorte (EIGENE DARSTELLUNG)

	Standort 1			Standort 2			Standort 3	
Horizontbezeichnung	jeAh	yjeC	jilC	jeAh	yjeC	jilC	Ap	jilC
Mächtigkeit [mm]	240	160	600	220	120	660	380	620
Bodenart	Ls2	Slu	Ls3	Slu	Su4	Ls2	Ls2	Us
Porosität	0.36	0.51	0.47	0.35	0.51	0.33	0.45	0.39
Trockenrohdichte [ $\text{g cm}^{-3}$ ]	1.7	1.3	1.4	1.7	1.3	1.8	1.5	1.6
gesättigte Leitfähigkeit [ $\text{cm d}^{-1}$ ]	10	60	23	13	58	10	23	5
nutzbare Feldkapazität [mm] Wurzelraum <sub>400</sub>	87			80			66	
nutzbare Feldkapazität [mm] Wurzelraum <sub>600</sub>	104			112			116	

Anpassungen der physikalischen Bodenparameter während des virtuellen Experiments werden ausschließlich für den ersten Simulationszeitraum und den obersten Bodenhorizont (Auftragsschicht) durchgeführt.

### 5.3.2 Ergebnisse

Zunächst lassen auch die klassischerweise genutzten Werte der nutzbaren Feldkapazität (siehe Tab. 44) nicht auf einen ausbleibenden Anwuchserfolg am Standort 1 schließen. Dieser weist mit 87 mm einen deutlich größeren pflanzenverfügbaren Wasservorrat auf, als der Standort 3, auf dem kein Gehölzausfall identifiziert wurde. Betrachtungen eines 60 cm mächtigen Wurzelraumes lassen keine signifikanten Unterschiede der nutzbaren Feldkapazität erkennen.

Die pF-Werte für verschiedene Bodenschichten innerhalb des 40 cm mächtigen Wurzelraums nach der Pflanzung sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Simulationen zeigen besonders hohe pF-Werte im Sommer nach dem Pflanzjahr und im darauffolgenden Sommer. Im Sommer 2010 werden in den analysierten Bodenschichten zwischen 16 und 38 cm des Standortes 1 pF-Werte über 4.2 erreicht. In den darüber- und darunterliegenden Bodenschichten des Wurzelraums dieses Standortes finden sich keine Überschreitungen des Grenzwertes. Für die Standorte, an denen Anwuchserfolge zu verzeichnen waren, konnten keine Grenzwertüberschreitungen festgestellt werden (siehe Abb. 77).



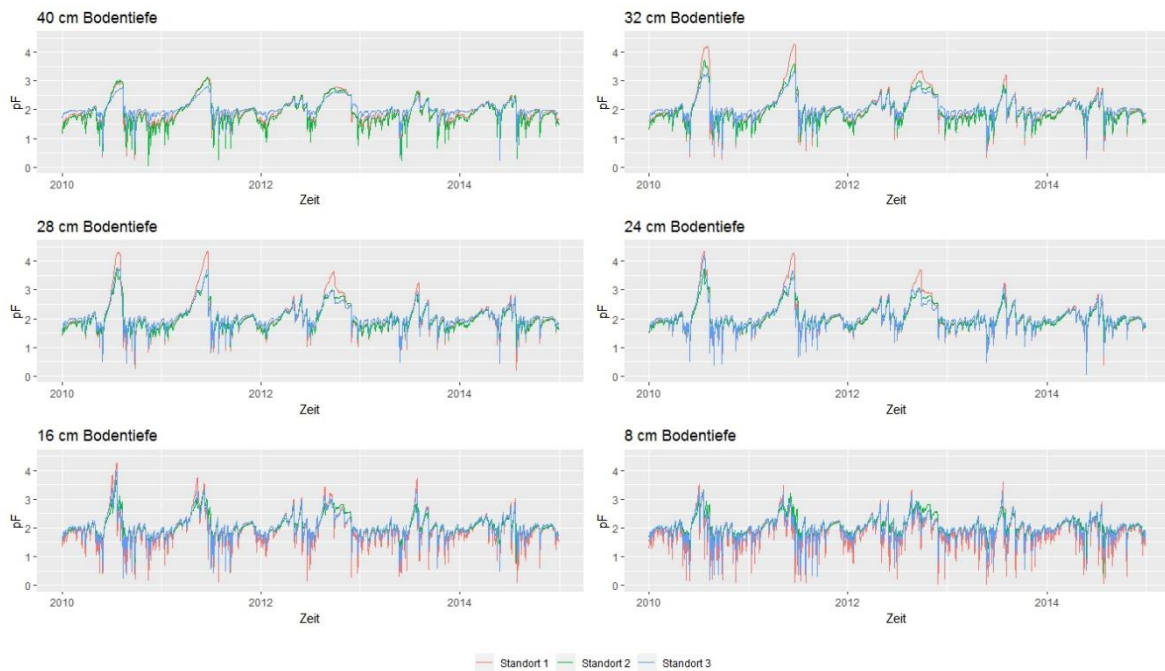


Abb. 77: pF-Werte unterschiedlicher Bodenschichten im Zeitraum von 2010 bis 2014 (EIGENE DARSTELLUNG)

Für den Standort 1 lassen sich folgende Ausmaße der Überschreitung des Schwellenwertes identifizieren: Im ersten Sommer (2010) nach der Pflanzung fanden sich demnach 55 % der Wurzeln im Bereich letalen Porenwasserdrucks. Im zweiten Sommer (2011) sind es immer noch 50 % der Wurzeln. Durchschnittlich sind die Wurzeln in den betroffenen Wurzelregionen 9 Tage im Jahr 2010 und 5 Tage im Folgejahr mit pF-Werten (Saugspannungen) über dem permanenten Welkepunkt ausgesetzt. Vergleicht man die täglichen Tendenzen unter den Standorten, erkennt man, dass die Reaktionsrichtungen kaum Unterschiede aufweisen.

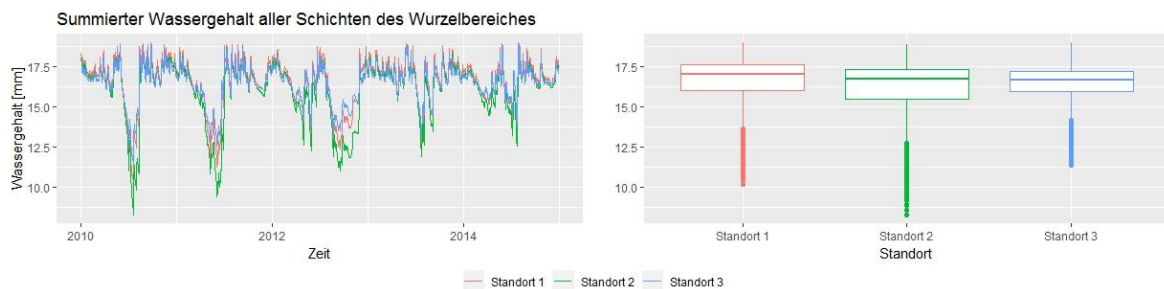


Abb. 78: Wassergehalte im Wurzelraum im Zeitraum von 2010 bis 2014 (EIGENE DARSTELLUNG)

Die Wassergehalte innerhalb der Wurzelzone unterscheiden sich dabei kaum. Sie liegen am Standort 1 durchschnittlich am höchsten bei etwa 16,6 mm, am Standort 2 bei 16,1 mm und am Standort 3 bei 16,5 mm. Es konnten keine signifikanten Unterschiede im Wassergehalt der Wurzelzone identifiziert werden (siehe Abb. 78).



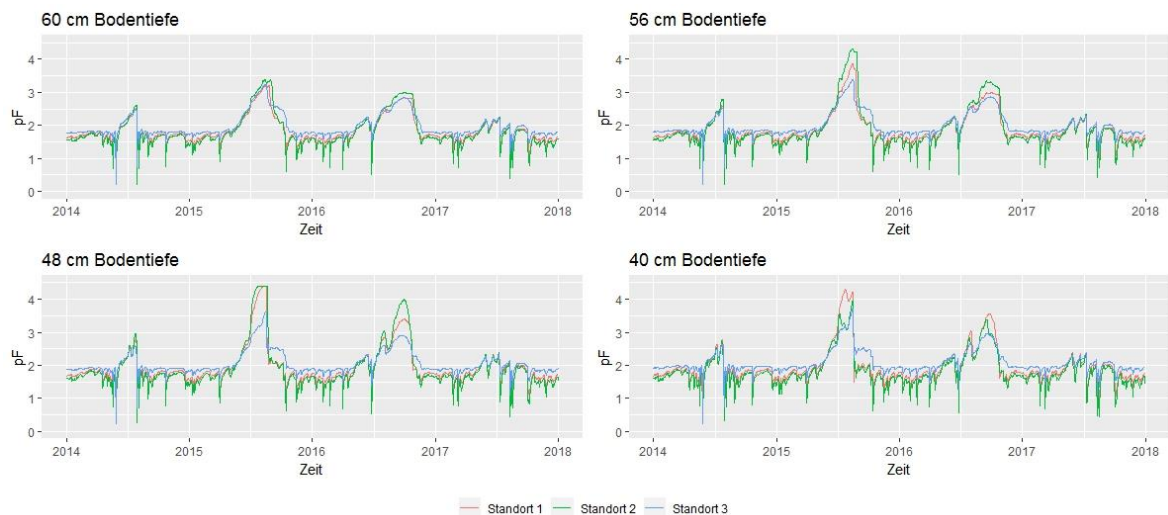


Abb. 79: pF-Werte unterschiedlicher Bodentiefen im Zeitraum von 2010 bis 2014 (EIGENE DARSTELLUNG)

Für den zweiten Zeitraum konnten für die Standorte 1 und 2 in den nun erweiterten Wurzelraum von insgesamt 60 cm für die Schichten zwischen 42 cm und 58 cm Tage mit überschrittenen Grenzwerten in den Sommermonaten erkannt werden (siehe Abb. 79). In anderen Bodenschichten wird der Grenzwert nicht überschritten. Der Anteil der betroffenen Wurzelbereiche vom Gesamtwurzelraum am Standort 2 beträgt etwa 27 %. Die Bodenschichten des betroffenen Bereiches überschreiten durchschnittlich an 19 Tagen den Grenzwert.

Bei einer theoretischen Verringerung des Tongehaltes im aufgetragenen Substrat am Standort 1 wurden keine Grenzwertüberschreitungen in den Jahren nach der Pflanzung simuliert. Dabei wurde die Bodenart vom jeAh des Standort 1 von Ls2 zu Slu für den fiktiven Standort 1 und zu Su4 für den fiktiven Standort 2 geändert.



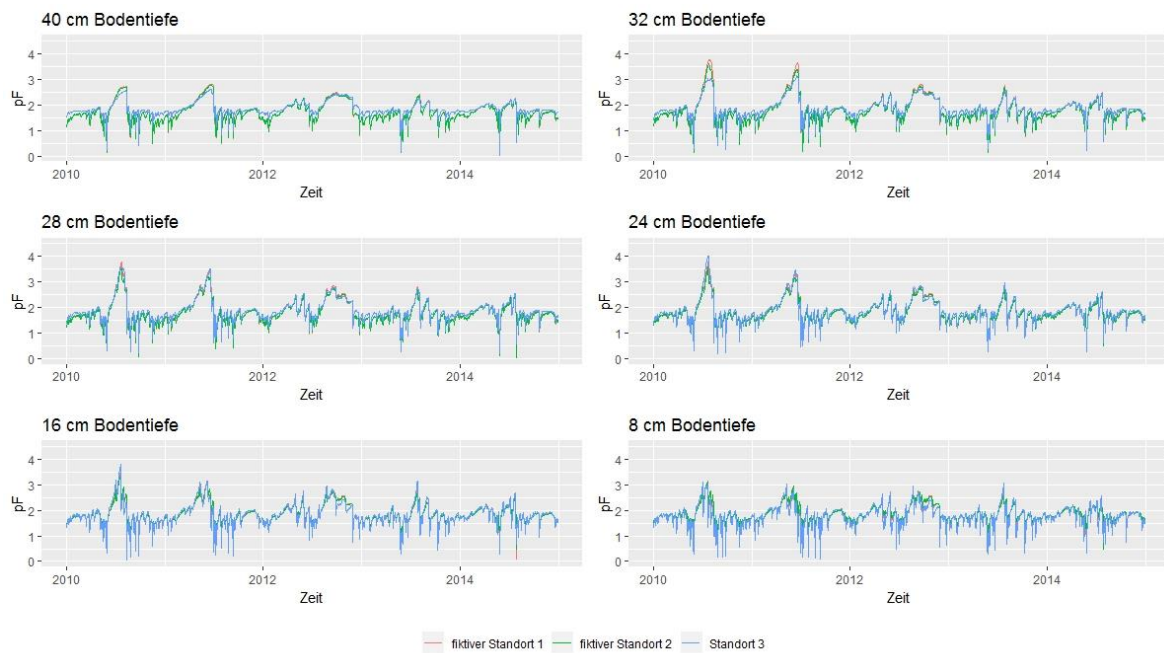


Abb. 80: pF-Werte unterschiedlicher Bodenschichten im Zeitraum von 2010 bis 2014 nach Verringerung des Tongehaltes für Standort 1. Fiktiver Standort 1: Wie Standort 1 außer Bodenart des Bodenauftrags (ehemals Ls2, jetzt Slu); Fiktiver Standort 2: Wie Standort 1 außer Bodenart des Bodenauftrags (ehemals Ls2, jetzt Su4). (EIGENE DARSTELLUNG)

### 5.3.3 Diskussion

Die Grenzwertüberschreitungen im ersten Zeitraum beschränken sich ausschließlich auf den vom Gehölzausfall betroffenen Standort 1. Gleichermäßen kommt es auch auf Standort 2, auf welchem Pflanzensterben später auftrat, zu Grenzwertüberschreitung in der dazu passenden zweiten Untersuchungsperiode. Keine Grenzwertüberschreitungen können für Standort 3 identifiziert werden. Überschreitungen eines kritischen Porenwasserdrucks korrelieren also mit anschließendem Absterben von Jungpflanzen. Verdunstungswerte, welche den Wasservorrat eines Standortes in Nordwestsachsen überschreiten, sind auch durch andere Studien belegt. Für diese Regionen wurden bereits klimatische Wasserbilanzen mit einem Defizit von über 200 mm / Jahr identifiziert (LFUG, 2007). Das Risiko für das Erreichen des Permanenten Welkepunktes dürfte sich durch klimawandelbedingte Intensivierung der Sommertrockenheit noch weiter erhöhen.

Grund für hohe Porenwasserdrücke ist neben geringen Wassergehalten der Bodenschicht auch ein hoher Anteil an Feinporen. Ein hoher Anteil an Feinporen korreliert mit hohem Tongehalt. Zusätzlich kann Sackungsverdichtung (die ebenfalls bei hohem Tongehalt verstärkt wird) von aufgetragenem Material zur Erhöhung des Feinporenanteils führen (Blume et al. 2010). Demzufolge kann ein niedriger Tongehalt, gemeinsam mit folglich gesunkener Sackungsverdichtung das Risiko von hohen Porenwasserdrücken verringern (BLUME, 2008). Diese theoretische Ableitung wird mit dem hier erfolgten virtuellen Experiment bestätigt.

Der Tongehalt des Bodens im Wurzelraum am Standort 3 ohne Gehölzausfall liegt über denen der anderen beiden Standorte. Ein gewachsener Boden, mit stattgefundenen Gefügeausbildung und hohem Humusgehalt hat ein deutlich geringeres Risiko zur Verdichtung und damit zur Verkleinerung der Poren



(Ebd). Mögliche Auswirkungen daraus ableitbarer Verbesserungsansätze, wie Erhöhung des Humusgehaltes, geringere Verdichtung, oder Förderung der Bioturbation waren hier nicht Gegenstand der Untersuchung können aber als Maßnahmen in Betracht gezogen werden.

Eine Verringerung des Tongehaltes muss immer mit den Wechselwirkungen auf andere Boden- und Substrateigenschaften in Eintracht gebracht werden. So folgt auf eine solche Maßnahme auch eine Abnahme der Eignung als Pflanzenstandort bezüglich der Sorptionseigenschaften, wie sie für Stadtböden typisch sind (vgl. Hiller und Meuser, 1998).

## 6 Fazit und Empfehlungen

Allgemein kann geschlussfolgert werden, dass der Einfluss der Vegetation auf den Boden sehr vielfältig und nicht zu unterschätzen ist. Er steht in Wechselwirkung mit der Veränderung der natürlichen Bodenbildungsbedingungen sowie der Vegetationsentwicklung. Es wurde festgestellt, dass die Waldvegetation schon nach 10 bis 20 Jahren erste, bestimmte gesetzmäßige Veränderungen in den Böden hervorruft. Diese Veränderungen kommen wiederum in verschiedenen, aber trotzdem ähnlichen Eigenschaften der Böden zum Ausdruck.

Die Vegetation wirkt sich in erster Linie auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens aus. In den oberen Bodenhorizonten wird ein mächtiges Wurzelsystem entwickelt und schafft beste Bedingungen für die Durchlüftung und Wasserdurchlässigkeit. Die Wasserkapazität wird erhöht und eine Struktur ausgebildet bzw. weiterhin verbessert. Aber auch die chemischen Bodeneigenschaften werden hinsichtlich der Verfügbarkeit an Nährstoffen erheblich zum Positiven verändert.

Hohe Porenwasserdrücke (Saugspannungen), die über den permanenten Welkepunkt hinausgehen, an aufeinander folgenden Tagen während der Vegetationsperiode auftreten und sich über einen Mindestanteil von etwa 30 % des Wurzelraumes erstrecken, korrelieren mit dem Ausfall von Jungbäumen in den ersten 10 Jahren nach der Pflanzung der Modellflächen. Auf den Stadtbrachen, auf denen der Anwuchserfolg ausblieb, wurde ein Bodensubstrat mit Tongehalten von ca. 20 % aufgetragen. Eine Verringerung des Tonanteils im Auftragssubstrat sorgt nach virtuellen Experimenten für das Ausbleiben einer Grenzwertüberschreitung in den Jahren nach der Pflanzung (siehe Abb. 80) und erhöht dadurch die Chancen für eine erfolgreiche Waldetablierung. Der Auftrag von Oberboden mit einem hohen Skelettanteil verringert jedoch die Gründigkeit, was ebenfalls zum Ausfall von Jungbäumen führen kann. Generell ist eine zu starke Verdichtung des Bodens zu vermeiden.

### EMPFEHLUNGEN

Um Gehölzausfälle in urbanen Wäldern zu vermeiden, sind folgende Empfehlungen zu beachten:

- Vor Anpflanzung des urbanen Waldes sind **bodenkundliche Untersuchungen** durchzuführen. Es sollte auf einen neutralen pH-Wert, eine gute Nährstoffversorgung und auf genügend pflanzenverfügbares Wasser geachtet werden.



- Die Baumartenauswahl ist entsprechend der Standortverhältnisse auszuwählen. Es empfehlen sich anspruchslose Arten. Eine Auswahlhilfe bietet die **Toolbox Baumartenauswahl für Urbane Wälder**.
- Vor Anpflanzung sind die Flächen **vollständig zu entsiegeln** (inkl. Leitungen und Rohre).
- Ein **Oberbodenauftrag von ca. 30 cm** dient zur Bodenverbesserung. Dabei ist auf gute Qualität des Bodens, ohne technogene Beimengungen zu achten. Ebenso sollte der Boden **nicht mehr als 20 % Blöcke bzw. nicht mehr als 50 % Grus oder Kies** aufweisen. Beim Auftrag ist die Verdichtung des Oberbodens zu vermeiden.
- Bei Böden mit einem hohen Tongehalt, der zu hohem Porenwasserdruck führt, ist eine **Bodenverbesserung durch Sand**, bei geringen Humusgehalten zusätzlich durch Einbringung **organischer Substanz**, empfehlenswert.



## 7 Literaturverzeichnis

- AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN DER STAATLICHEN GEOLOGISCHEN DIENSTE UND DER  
BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. - Hannover
- ARBEITSKREIS STADTBÖDEN DER DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT (1996):  
Urbaner Bodenschutz. - Berlin / Heidelberg
- BAUER, J. (2016): Urbane Wälder und Böden. Bodenanalyse und Pflanzenempfehlungen für Problemstandorte der Leipziger Urbanen Wälder. Semesterprojekt an der TU Dresden. Betreuung Prof. Dr. C. Schmidt. Dresden (unveröffentlicht)
- BLUM, WINFRIED E.H. (2007): Bodenkunde in Stichworten. - Berlin / Stuttgart
- BLUME, H.P (1989): Kartierung von Stadtböden. Empfehlung d. Arbeitskreises Stadtböden d. Dt. Bodenkundl. Gesellschaft für d. Bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich u. industriell überformter Flächen (Stadtböden), Forschungsbericht 107 03 007/03, im Auftr. d. Umweltbundesamtes, Berlin
- BLUME, H.P. G.W. BRÜMMER, R. HORN, E. KANDELER, I. KÖGEL-KNABNER, R. KRETZ-SCHMAR, K. STAHR, B.-M. W. (2010): Scheffer-Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- BLUME, P. (2008): Handbuch des Bodenschutzes. Weinheim: Wiley - Verlag.
- BURGHARDT, W. (2002): Diskussionspapier bisher bekannter Stadtböden. - Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, Band 99
- BURKHARDT, I., DIETRICH, R. & HOFFMANN, H. (2008): Urbane Wälder. - Schriftenreihe Naturschutz und Biologische Vielfalt des Bundesamt für Naturschutz, Heft 63, Bonn - Bad Godesberg
- CAO, S., CHEN, L., XU, C. & LIU, Z. (2007): Impact of three soil types on afforestation in China's Loess Plateau: Growth and survival of six tree species and their effects on soil properties (Landscape and Urban Planning 83), S. 208-217.
- DICK, D. (2003): Beitrag zur wissenschaftlichen Nachuntersuchung zum E+E-Vorhaben „Urbane Wälder Leipzig“ – Einfluss des Managements und des Pflegeregimes auf die Gehölzentwicklung mit schlussfolgernden Empfehlungen. Seminararbeit an der Professur für Landschaftsplanung, TU Dresden, unveröffentlicht.
- FELLENBERG, G. (1991): Lebensraum Stadt. - Stuttgart
- FIEDLER, H. J. (2001): Böden und Bodenfunktionen in Ökosystemen, Landschaften und Ballungsgebieten. - Renningen



- FIEDLER, H. J., GROßE, H. & LEHMANN, G. (1996): Umweltschutz. Grundlagen, Planung, Technologien, Management. - S. 85-142, Jena
- GENUCHTEN, V. UND MUALEM, T. (1980): A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. Soil Science Society of America Journal 44, 892–898.
- GILBERT, OLIVER L. (1994): Städtische Ökosysteme. - Radebeul
- HAUDE, W. (1955): Bestimmung der Verdunstung auf möglichst einfache Weise. Mitteilungen des Deutschen Wetterdienstes 11.
- HILLER, D.A. & BURGHARDT W. (1997): Klassifizierung urban-industriell veränderter Böden als Pflanzenstandort. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Band 84, S. 147-149, Essen
- HILLER, D. A. & MEUSER, H. (1998): Urbane Böden. - Berlin / Heidelberg
- HOFFMANN, C. (2011): Stadtböden und urbane Wälder. Semesterprojekt an der TU Dresden, Professur Landschaftsplanung. Betreuung Prof. Dr. C. Schmidt. Dresden. (unveröffentlicht)
- KONIJNENDIJK, C.C., NILSSON, K., RANDRUP, TH.B. & SCHIPPERIJN, J. (2005): Urban Forests and Trees. Berlin / Heidelberg
- KONIJNENDIJK, C. C. (2005): Urban Forests and Trees. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- KORDA, M. (2005): Städtebau. Technische Grundlagen. - S. 652-655, Wiesbaden
- KRAFT, P. UND BREUER, L. (2011) A hydrological programming language extension for integrated catchment models. Environmental Modelling. doi: 10.1016/j.envsoft.2010.12.009.
- KRAFT, P., S. MULTSCH, K. B. VACHE, H.-G. FREDE, AND L. BREUER (2010) Using Python as a coupling platform for integrated catchment models. Advances in Geosciences 27, 51-56, doi: 10.5194/ad-geo-27-51-2010.
- LAWA - LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (2000): Wirksamkeit von Hochwasservorsorge und Hochwasserschutzmaßnahmen. - Schwerin
- LFUG - SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2007): Bodenatlas des Freistaates Sachsen - Teil 4: Auswertungskarten zum Bodenschutz - Erläuterungsheft. – Dresden
- MITSCHERLICH, G. (1975): Wald, Wachstum und Umwelt. - 3. Band Boden, Luft und Produktion, Frankfurt am Main
- MITSCHERLICH, G. (1981): Wald, Wachstum und Umwelt. - 2. Band Waldklima und Wasserhaushalt, Frankfurt am Main
- OTTO, H.-J. (1994): Waldökologie. - Stuttgart



- PIETSCH, J. & KAMIETH, H. (1991): Stadtböden: Entwicklungen, Belastungen, Bewertungen und Planung. - Taunusstein
- REBELE, F. & BORNKAMM, R. (2008): Vom Wildkraut zum Urwald - Die Entwicklung urbaner Wälder im ökologischen Versuchsgarten „Kehler Weg“ in Berlin-Dahlem. - Aachen
- REHFUESS, KARL E. (1981): Waldböden - Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. - Pareys Studentexte, Nr. 29, Hamburg und Berlin
- ROLOFF, A., THIEL, D. UND WEIß, H. (2007): Urbane Gehölzverwendung im Klimawandel und aktuelle Fragen der Baumpflege.
- ROLOFF, A., FORKER,, M., BRODZINSKI, J. (2024): Monitoring der Gehölzentwicklung auf drei Flächen des E+E-Vorhabens „Urbane Wälder“ Leipzig 2023. Endbericht. Unveröffentlicht, Dresden.
- SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. - Heidelberg
- SCHLICHTING, ERNST, BLUME H.P. & STAHR, KARL (1995): Bodenkundliches Praktikum. - Berlin / Wien
- SCHWARZ, D. (2010): Urbane Wälder – Wechselwirkungen mit Böden und ihr Einfluss auf das Retentionsvermögen städtischer Räume am Beispiel Leipzigs. Diplomarbeit an der TU Dresden, Professur Landschaftsplanung. Betreuung Prof. Dr. C. Schmidt. Dresden. (unveröffentlicht)
- SONN, S.W. (1960): Der Einfluß des Waldes auf die Böden. - Jena
- STEUBING, L., BUCHWALD, K. & BRAUN, E. (1995): Natur- und Umweltschutz. Ökologische Grundlagen, Methoden, Umsetzung. - Jena
- STIFTUNG WALD IN NOT (2000): Wilde Wasser zähmt der Wald. - AVL: URL: <http://www.wald-in-not.de/download11/wildewasser.pdf>, letzte Abfrage am 07.11.2011
- SUKOPP, H. & WITTIG, R. (1998): Stadtökologie: Ein Fachbuch für Studium und Praxis. - Stuttgart / Jena / Lübeck / Ulm
- THOMASIUS, H., SCHMIDT, P. & BUCHWALD, E. (1996): Wald, Forstwirtschaft und Umwelt. - Schriftenreihe Umweltschutz - Grundlagen und Praxis, Band 10, Bonn
- WAHREN, A., SCHWÄRZEL, K., FEGER, K.H. & MÜNCH, A. (2009): Land-use effects on flood generation - considering soil hydraulic measurements in modeling. - Advances in Geosciences 21, S. 99-107

