
Anthropogene Böden – Böden im urbanen Raum

Tim Trautmann¹

¹ Institut für physische Geographie, Masterstudiengang Physische Geographie, 3. Fachsemester, ttrautmann@stud.uni-frankfurt.de, 5160482

ABSTRACT

In urban space there are numerous processes, which modify the characteristics of soils and their development. Most of these processes differ from natural processes in rural areas. The most important processes (soil sealing, soil compaction, draining and contamination) and their implications are described and discussed in this paper. A focus of this paper is on the characteristics and development of soils on rubble of the Second World War in Germany. Furthermore the function of urban soils as archive for the reconstruction of nature and cultural history is examined and described. In addition this paper provides a short overview over the actual state of classification and nomenclature of urban soils in the German system.

Inhalt

1 Einleitung	2
2 Klassifikation von Stadtböden	2
3 Besondere Prozesse im urbanen Raum	2
3.1 Verdichtung und Auflockerung	2
Exkurs 1: Der Hortisol	3
3.2 Versiegelung	3
3.3 Bewässerung und Entwässerung	4
Exkurs 2: Wachsleichenbildung aufgrund anaerober Verhältnisse im Nekrosol	5
3.4 Stoffeintrag	5
3.5 Technogene Substrate	5
4 Trümmerschuttböden	6
4.1 Trümmerschutt	6
4.2 Bodenbildung auf Trümmerschutt	6
5 Böden mit anthropogenen Substraten als Kultur und Landschaftsarchiv	7
6 Zusammenfassung	8
Literaturverzeichnis	8
Anhang	10

1 Einleitung

Die urbane Bevölkerung in Europa hat in den letzten Jahrzehnten stetig zugenommen. Nach Angaben der Vereinten Nationen (UN 2011:140-141) beträgt der Anstieg der europäischen Bevölkerung von 1950 bis 2010 circa 91%. Weiterhin wird von 2010 bis 2050 von einer Zunahme der urbanen Bevölkerung um 10% ausgegangen. Einhergehend mit diesem Wachstum vergrößern sich die urbane Räume und somit die anthropogen stark überprägten Flächen und Böden. Die Böden im urbanen Raum unterliegen besonderen Bedingungen, die durch den Menschen geschaffen werden. Dabei spielt die direkte Beeinflussung durch Nutzung der Böden als Auflagegrund für Straßen oder Gebäuden, Retentionsflächen oder zum Beispiel als Gartenböden eine genauso große Rolle wie die indirekte Beeinflussung durch Schadstoffeintrag. Der Mensch verändert dabei unter anderem durch Verdichten, Versiegeln, Bewässern und Beimischungen von technogenen Materialien die natürlichen Bodeneigenschaften und -entwicklung. Diese Prozesse werden in der klassischen bodenkundlichen Betrachtung selten gesondert betrachtet, da hier oft eine Fokussierung auf die natürlichen Bodenfunktionen vorherrscht (vgl. BBodSchG 1998 §2 Abs 2). Diese Arbeit soll daher die wichtigsten Prozesse im urbanen Raum beschreiben und diskutieren. Ein Fokus liegt dabei auf der Beimischung von technogenen Substraten (im Speziellen Trümmerschutt) und der damit verknüpften Bodenentwicklung. Zusätzlich wird die aktuelle Diskussion um die Klassifikation und die Nomenklatur von anthropogenen Böden im urbanen Raum dargestellt.

2 Klassifikation von Stadtböden

Die Systematik und Nomenklatur von Böden im urbanen Raum wird aktuell diskutiert und ist noch nicht abschließend geklärt (Kasielke 2011:70). Dies liegt vor allem daran, dass im urbanen Raum verschiedene besondere Prozesse auf die Bodenentwicklung wirken (vgl. Kapitel 2). Prinzipiell werden nach dem deutschen Klassifikationssystem Böden „nach einem System klassifiziert, das den Profilbau eines Bodens – in dem sich die Auswirkungen aller Faktoren der Bodenentwicklung widerspiegeln – bzw. seine Horizontkombination in den Mittelpunkt stellt“ (Blume et al. 2010:308). Das Klassifikationssystem nach AD-HOC-Arbeitsgruppe Boden (2005) sieht eine Gruppe von Terrestrischen Kultosolen vor. Zu diesen gehören der Kolluvisol, der Plaggenesch, der Hortisol und der Rigisol. In dieser Gruppe werden jedoch nicht spezielle bodenbeeinflussende Prozesse des urbanen Raums, wie die

Beimischung von technogenen Substraten, inkludiert. Diese Böden werden den Bodentypen zugeordnet, die eine ähnliche Bodenentwicklung zeigen. So werden viele Böden als A/C-Böden (Ranker, Regosol, Rendzina, Pararendzina) klassifiziert, da die Böden im urbanen Raum oft eine kurze Bodenentwicklungsphase von wenigen Jahren bis Jahrzehnten aufweisen (Kasielke & Buch 2011:70-72). Trotzdem werden zusätzlich Bodentypen verwendet, die nicht dem allgemeinen Klassifizierungssystem nach AD-HOC-Arbeitsgruppe Boden (2005) entsprechen. Ziel hierbei ist die besonderen bodenbildenden Prozesse in den Fokus zu stellen. So werden Böden, die zur Bestattung von menschlichen Überresten genutzt werden, als Nekrosol bezeichnet. Ein anderes Beispiel sind Böden, deren Bodenbildung und Horizontabfolge maßgeblich von Stoffeintrag geprägt sind. Diese werden in diesem Kontext als Intrusol bezeichnet. Kasielke & Buch (2011:74) geben eine Übersicht über aufgrund besonderer Prozesse benannter Böden im städtischen Umfeld.

3 Besondere Prozesse im urbanen Raum

Der urbane Raum ist durch eine hohe Bevölkerungsdichte und starke infrastrukturelle Veränderung und Technisierung gekennzeichnet. Durch die technogenen Stoffflüsse und menschliche Eingriffe ergibt sich eine Vielzahl bodenbeeinflussender Prozesse. Besonders die Versiegelung und Verdichtung prägen den urbanen Raum. Aber auch die Beimischung von technogenen Substraten beeinflusst eine Großzahl von Böden im städtischen Umfeld (Kasielke & Buch 2011:67).

3.1 Verdichtung und Auflockerung

Sowohl der Oberboden als auch der Unterboden werden in urbanen Räumen in Hinsicht auf ihre Lagerungsdichte und ihr Porenvolumen oft stark beeinträchtigt. Man spricht von den sich gegenüber stehenden Prozessen Verdichtung und Auflockerung. Eine Kompaktion der Bodenaggregate wird vor allem durch Nutzung der Böden als Tragfläche und durch wiederkehrendes Befahren und Betreten der Böden verursacht (Holland 1996:114, Kasielke & Buch 2011:69). Eine hohe Lagerungsdichte bedingt eine geringe Durchwurzelbarkeit und eine geringere Wasserspeicherkapazität, welche zu Stauwasserabfluss und geringer Grundwasserneubildung führt (Burghardt 1991:400). Die Problematik der Verdichtung auf agrar- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen ist Gegenstand einer Vielzahl von Forschungsarbeiten (Edmondson et al. 2011:1). Ob

es zu einer schädlichen Bodenverdichtung kommt, hängt dabei von einer Vielzahl von Faktoren ab. Die Bodeneigenschaften spielen dabei ebenso eine Rolle, wie die externen Faktoren wie beispielsweise Radlast, Kontaktflächendruck, Überrollhäufigkeit oder Schlupf/Scherung (Weyer & Boeddinghaus 2010:13). In urbanen Räumen wird die Verdichtung insbesondere im Kontext der geringeren Wasserinfiltrationsfähigkeit betrachtet, da hier die landwirtschaftliche Nutzung und somit die Bodeneigenschaften für ein effektives Pflanzenwachstum keine große Rolle spielen. Insbesondere die Verdichtung von Böden im Zuge von Baumaßnahmen kann negativ für die Wasserinfiltrationsfähigkeit bewertet werden. Untersuchungen von Gregory et al. (2006) im nördlichen Zentralflorida haben gezeigt, dass durch Baumaßnahmen verursachte Verdichtung eine Verringerung von Infiltrationsraten von 77 bis 99% bedingt. Die Autoren dieser Studie stellten außerdem fest, dass der Grad der Verdichtung und somit der Infiltrationsrate signifikant von der Art der Baumaßnahmen abhängt. So differenzieren die Autoren in leichte und sehr schwere Baufahrzeuge. Für ein integrative Planung von Oberflächenabfluss und Versickerungsflächen im Zusammenhang mit Starkniederschlagsereignissen oder Sturmfluten ist also die Identifikation von stark verdichteten Flächen ebenso relevant wie die Identifikation von versiegelte Flächen, da sonst die Versickerungsraten überschätzt werden können (Gregory et al. 2006:122). Im Gegensatz zu der Verdichtung steht die anthropogene Auflockerung des Oberbodens. Dabei wird die Lagerungsdichte durch Pflügen und Bodenbearbeitung im oberen Bereich des Oberbodens verringert und somit das Porenvolumen und die Bodeneigenschaften in Hinsicht auf Infiltrationsvermögen und Wasserhaltefähigkeit verbessert. Im anthropogenen Raum kommen solche im

Oberboden gelockerten Böden vor allem als Nekrosole, Hortisole oder als Böden mit Zierpflanzenbewuchs vor (Holland 1996:114). An diesen Standorten werden meist C_{org} reiche Beimengungen in den Oberboden eingemischt, wodurch sowohl die Wasserhalte- als auch die Nährstoffspeicherungsfähigkeit des Bodens weiter gesteigert wird (Kasielke & Buch 2011:87).

3.2 Versiegelung

Hohe Urbanisierungsraten verursachen ein Anwachsen von verdichteten und versiegelten Flächen. In Europa können circa 9% der Fläche als Siedlungs- und Verkehrsfläche klassifiziert werden (Scalenghe & Ajmone Marsan 2009:3). Bezogen auf Deutschland sind es 12 % Siedlungs- und Verkehrsfläche. Von dieser Fläche ist wiederum circa die Hälfte voll versiegelt (Kasielke & Buch 2011:76). Diese Versiegelung tritt vor allem in Form von Betondecken bei Verkehrsinfrastruktur und Gebäuden auf. Man muss verschiedene Versiegelungsarten unterscheiden. Bei Vollversiegelung wird der Boden von der Interaktion mit der Atmosphäre komplett isoliert, sodass der Wasser- und Gashaushalt abgetrennt zu betrachten sind. Bei Versiegelung mit Pflastersteinen kann in den Ritzen weiterhin ein Austausch von Gasen und Flüssigkeiten stattfinden. Neben dem Einfluss der Versiegelung auf den Gas- und Wasserhaushalt treten Veränderungen im Temperaturhaushalt der Böden und der Fläche auf. Tabelle 1 zeigt die verschiedenen Aspekte auf, die mit den drei Themenbereichen zusammenhängen.

Die Versiegelung wirkt vielfältig auf den lokalen Temperaturhaushalt. Man beobachtet eine erhöhte Temperatur der Luft über den versiegelten Flächen, die durch verschiedene Ursachen zu begründet ist. Ein Hauptgrund hierfür ist die Reflektivität der versiegelten Flächen (meist Beton), die circa doppelt so groß ist wie die eines natürlichen Bodens, im

Exkurs 1: Der Hortisol

Eine langjährige intensive Nutzung einer Fläche als Gartenkultur lässt Hortisole entstehen. Der Hortisol ist laut Bodenkundliche Kartieranleitung (AD-HOC-Arbeitsgruppe Boden 2005:236) den anthropogenen Böden zugeordnet. Die Horizontierung gliedert sich dabei in Ap / Ex / (Ex-)C (siehe Abbildung 1). Der Ap- und Ex-Horizont müssen zusammen eine Mächtigkeit von mindestens 4dm erreichen (AD-HOC-Arbeitsgruppe Boden 2005:236). Aufgrund des hohen Humusgehaltes, besonders im Ex – Horizont, und des relativ neutralen pH-Wertes können Nährstoffe wie Phosphat, Kalium oder Stickstoff besonders gut im Boden aufgenommen und akkumuliert werden (Wittig 2008:23, Kasielke & Buch 2011:87). Die Nutzung der Böden als Grundlage für den Gartenbau bedingt eine regelmäßige Bewässerung in Trockenperioden. Zusätzlich verursachen verschiedenste Beimengungen wie Hausmüll oder Brandschutt, welche häufig in Hortisolen in Industrieregionen auftreten, einen hohen Schadstoffgehalt (Kasielke & Buch 2011:87).

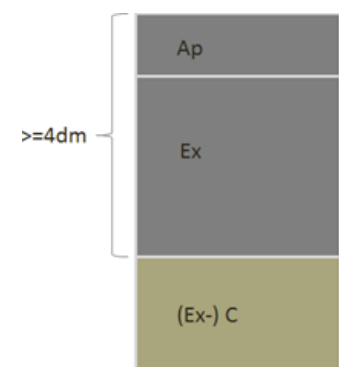


Abbildung 1: Schema der Horizontabfolge eines Hortisols

Tabelle 1: Effekte und Folgen von Versiegelung (verändert nach Scalenghe & Ajmone Marsan 2009:3).

	Effekt	Folge
Temperatur	<i>Verminderte Strahlungsabsorption</i>	- Erhöhte Reflektion der Strahlung - Entstehung von Hitzeinseln
Wasser	<i>Weniger Infiltration</i>	- Reduzierte chemische Reaktivität - Weniger Filterung durch den Boden - Rissbildung - Verlust von Biomasse (Humus) - Verringerung der natürlichen Grundwasserneubildung
	<i>Mehr Oberflächenabfluss</i>	- Mehr Wasser für benachbarte Flächen - Wasser steht länger auf der Fläche - Erhöhtes Risiko für Anaerobiose - Transfer von Schadstoffen - Erhöhtes Risiko für durch Starkniederschläge bedingte Hochwässer
	<i>Barriere für Kapillarwasser</i>	- Erhöhtes Risiko für Anaerobiose - Freisetzung von Schadstoffen
Gase	<i>Reduzierter bis unterbrochener Austausch</i>	- Risiko für Anaerobiose - Isolation der Gase

Zusammenhang mit anderen Materialien in der Umgebung, die eine geringere Albedo besitzen (Scalenghe & Ajmone Marsan 2009:7). Dadurch findet man im urbanen Raum häufig deutlich höhere Temperaturen als im ländlichen Raum. Dieser Effekt wird als städtischer Hitzeinsel beschrieben (Howard 1833 zitiert nach Scalenghe & Ajmone Marsan 2009:7). In Bezug auf den Wasserhaushalt stellt die Versiegelung meist eine komplette Barriere dar, sodass Niederschlagswasser nicht mehr in den Boden eindringen kann. Dadurch wird der Oberflächenabfluss verstärkt und das Wasser wird auf benachbarte Flächen abgeleitet. Bauliche und planerische Maßnahmen zur Drainage des Wassers müssen die zusätzlichen Wassermassen kompensieren. Nicht nur die Quantität auch die Qualität des Wassers wird durch die Versiegelung verändert (Scalenghe & Ajmone Marsan 2009:7). Stoffe, die sich auf den Oberflächen sammeln, werden bei Niederschlagsereignissen vom Wasser aufgenommen und weitertransportiert. Dies hat zur Folge, dass im Bereich des Bodens keine Biomassen- und Grundwasserneubildung mehr stattfindet, da kein Wasser in den Boden eindringen kann. Diese Effekte können je nach Art der Versiegelung einen verschieden großen Einfluss haben (Scalenghe & Ajmone Marsan 2009:6-7). Auch beim Gasaustausch finden sich Effekte, die je nach Art der Versiegelung verschieden stark wirken. Der CO_2 / O_2 - Austausch, der für die biologische Aktivität wichtig ist, ist stark beeinträchtigt und kann gegebenenfalls nicht mehr stattfinden.

Dadurch steigt das Risiko für anaerobe Verhältnisse im Boden (Scalenghe & Ajmone Marsan 2009:3). Ein weiterer Aspekt der Versiegelung ist die mechanische Bearbeitung der Böden bei der Anlegung der Versiegelung. So besitzen diese Böden meist keinen Ah-Horizont mehr und werden verdichtet. Außerdem werden die Böden zur Stabilisierung mit Kalk angereichert (Holland 1996:120). Durch diese starken Eingriffe und die Abtrennung von Gas- und Wasserhaushalt können solche Böden auch bei Entsiegelung nur wieder schwer ihre natürlichen Funktionen erfüllen.

3.3 Bewässerung und Entwässerung

Neben dem indirekten Eingriff in den Bodenwasserhaushalt durch Verdichtung und Versiegelung beeinflusst der Mensch den Bodenwasserhaushalt direkt durch Bewässerung und Entwässerung. Bewässert werden vor allem Bodenflächen, die für die Produktion von Nahrungsmitteln und Zierpflanzen genutzt werden. Dabei wird meist in Trockenperioden bewässert, um eine gute Pflanzenproduktion zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang sind sowohl die Hortisole als auch die Nekrosole zu erwähnen. Eine Entwässerung steht meist im Zusammenhang mit baulichen Maßnahmen, wie Entwässerungsgräben und Drainagen. Dabei bewirkt die Entwässerung der Böden eine höhere Tragfähigkeit für Gebäude oder Verkehrsflächen (Holland 1996:116). Solche Entwässerungen haben einen langfristigen Einfluss auf den

Exkurs 2: Wachsleichenbildung aufgrund anaerober Verhältnisse im Nekrosol

Eine häufige und starke Bewässerung kann auch negative Folgen für die Bodenfunktion haben. Ein Beispiel ist der Friedhofsboden, in dem eine möglichst störungsfreie Zersetzung menschlicher Überreste gewährleistet werden muss. Hierfür muss der Boden vor allem aerobe Bedingungen in der Verwesungszone bieten. Gleichzeitig müssen die von der Leiche ausgehenden Stoffe und Flüssigkeiten möglichst zurückgehalten werden, damit das Grundwasser nicht kontaminiert wird. Eine übermäßige Bewässerung des Grabes wirkt dabei negativ, da dadurch anaerobe Verhältnisse in der Verwesungszone entstehen können. In der Folge kann es zur Fettsäurenkonservierung der Leiche kommen (Sabel 2007:7). Man spricht dann aufgrund der wächsern erscheinenden Haut der Leiche von einer Wachsleichenbildung. Die Verwesung der Leiche wird verzögert oder sogar verhindert, wodurch sich die Ruhefristen für eine Neubelegung des Grabes verlängern. Die Sauerstoffversorgung der verwesenden Leiche wird dabei nicht nur durch Bewässerung beeinflusst. Es gibt eine Vielzahl von Faktoren die von der Wahl des Sargmaterials über die Bekleidung bis zum Bodengefüge und Ausgangssubstrat reichen (Pagels et al. 2003:27). Wichtig ist deswegen eine gründliche bodenkundliche Untersuchung der potentiellen Standorte für die Anlage von Grabanlagen. Optimal sind belebte Böden mit nährstoffreichen Substraten, in denen aerobe Verhältnisse herrschen. Unter diesen Bedingungen können die Schadstoffe, die von der Leiche emittiert werden, aufgenommen werden und ein ausreichender Abstand zum Grundwasser ist gewährleistet (Sabel 2007:7).

Bodenwasserhaushalt, sodass auch hier die natürliche Funktion der Böden gestört ist. Auch temporäre Grundwasserabsenkungen können noch nach Jahren einen Einfluss auf den Bodenwasserhaushalt haben (Burghardt 1991:400).

3.4 Stoffeintrag

Im urbanen Raum ist die Schadstoffbelastung von Böden sehr heterogen verteilt (Kasielke & Buch 2011:69). Diese heterogene Verteilung wird durch lokal unterschiedliche Beimengungen von technogenen Substraten, Schadstoffemissionsquellen und anthropogenen Einflüssen verursacht. Böden in der Nähe von Industriegebieten können zum Beispiel hohen Schadstoffbelastungen ausgesetzt sein. So weist Holland (1996:125) in einem Profil auf dem Gelände einer Kunstgießerei in Stuttgart, in dem technogenes Substrat zu finden ist, hohe über den Prüfwerten des Bodenschutzgesetzes von 1991 liegende Werte bei den Schwermetallgehalten nach. Die hohen Schadstoffgehalte stammen dabei einerseits von Abgasen der Industrie, deren Inhaltsstoffe teilweise durch Regen aufgenommen werden und dann abgelagert werden, andererseits werden den Böden Substrate beigemischt, die hohe Schadstoffgehalte besitzen, wie zum Beispiel Schlacken oder Aschen. Auch in Straßennähe findet man häufig Böden mit hohen Schadstoffgehalten, die von dem Verkehr stammen. Es wird zwar versucht die Schadstoffbelastung durch Kraftfahrzeuge zu reduzieren, aber allein durch die Abnutzung und den Abrieb von Reifen und Bremsen werden Schadstoffe emittiert. Auch Korrosionsprodukte und aus Tropfverlusten

stammende spezifische Verbindungen finden sich in Böden im direkten Umfeld von Verkehrsflächen (Makki & Schröder 2007:4). Ein weiterer Effekt, der besonders im Zusammenhang mit Straßenverkehr zu betrachten ist, ist der Eintrag von Salzen (insbesondere Natriumsalze). Besonders in der Winterzeit steigt dieser aufgrund des Einsatzes von Streusalz. Durch die Salze erhöht sich der pH-Wert in den Böden im urbanen Raum im Schnitt durch 0.5 Einheiten (Makki & Schröder 2007:4). Eine weitere negative Folge der hohen Salzkonzentration im Boden ist die Nährstoffverdrängung und Hemmung der Nährstoffversorgung der Pflanzen (Makki & Schröder 2007:4). Neben der Schadstoffbelastung für die Böden, spielt die Schadstoffkontamination eine bedeutende Rolle bei der Grundwasserneubildung und kann somit eine Gefährdung der Wasserversorgung darstellen.

3.5 Technogene Substrate

Den Böden im urbanen Raum werden und wurden oft technogene Substrate beigemischt. Man kann Aschen, Schlacken, Klärschlamm, Hausmüll, Industrieabfälle und vor allem Bauschutt in Böden im städtischen Umfeld finden. Dabei hängen die Auswirkungen auf die Bodeneigenschaften von den Eigenschaften der technogenen Substrate ab. Besonders in industriestarken und metallverarbeitenden Regionen finden sich stark schadstoffbelastete Substrate wie Schlacken und Aschen. Nach Kasielke & Buch (2011:84) finden sich zum Beispiel in der Nähe von Zinkhütten meist eine hohe Schwermetallbelastung. Ein Beispiel für ein Bodenprofil, welches intensiv durch Schwermetall belastete, technogene

Substrate geprägt ist, ist ein Profil aus dem Landschaftspark Pluto-Wilhelm in Herne-Wanne (Abbildung 2).



Abbildung 2: Gichtgasschlamm über Bauschutt und Bergematerial im Landschaftspark Pluto-Wilhelm in Herne-Wanne (Foto:P. Gausmann 2008) (Kasielke 2011:82).

Das am häufigsten beigemischte Substrat ist Bau- und Trümmerschutt. In diesem sind je nach Art des Bauschutts Ziegel, Mörtel, Kalk, Beton, gebrochene Steine, Teer- und Bitumenreste, Lacke oder andere Bestandteile zu finden. Aufgrund dessen ist je nach Art des Bauschutts mit verschiedenen Schadstoffbelastungen zu rechnen. Bei typischen Bau- und Trümmerschutt ohne stark belastete Materialien haben vor allem der starke Kalkgehalt und die Erhöhung des Skelettgehaltes einen Effekt auf die Bodeneigenschaften. Der erhöhte Kalkgehalt bewirkt eine Erhöhung des pH-Wertes und Veränderung der Pufferbereiche (siehe Kapitel 4). Der Skelettgehalt beeinflusst die nutzbare Feldkapazität und die Kationenaustauschkapazität des Bodens wesentlich (Kuhs & Burghardt 1998:385-386), sodass in Böden auf Bauschutt vergleichbar geringere nutzbare Feldkapazitäten und Kationenaustauschkapazitäten gefunden werden.

4 Trümmerschuttböden

Während und nach dem zweiten Weltkrieg fielen in Deutschland circa 400 Millionen m³ Trümmerschutt an (Blaume-Jordan 1947 zitiert nach Mekiffer & Wessolek 2010: 33). Dieser wurde teilweise für den Wiederaufbau wiederverwendet, große Mengen des Materials mussten jedoch beseitigt werden. In

Berlin, wo circa $\frac{1}{5}$ des gesamten Trümmerschutts in Deutschland anfiel, wurde dieser in Bombentrichtern verkippt oder auch zu Trümmerschuttbergen, wie der 115m hohe Teufelsberg, angehäuft (Mekiffer & Wessolek 2010:33).

4.1 Trümmerschutt

Der Trümmerschutt hat je nach Herkunft unterschiedliche Zusammensetzungen. Tabelle 2 zeigt potentielle Materialien mit deren möglichen Volumenanteilen.

Tabelle 2: Zusammensetzung von Trümmerschutt (Mekiffer & Wessolek 2010:34).

Komponente	Anteil [Vol%]
Ziegel	2 – 60
Mörtel	2 – 50
Schlacke	2 – 30
Asche	2 – 50
Glas	2 – 10
Teer	5 – 10
Holzkohle	bis 5
Beton	5 – 10
Ruß	bis 2

Untersuchungen von Böden mit Substraten aus Trümmerschutt haben gezeigt, dass diese hohe Gesamtschwefelgehalte aufweisen. Diese stammen aus Mörtel, Ziegel oder Putz, welche häufig Gips beinhalten. Auch Aschen, Schlacken und Kohlen sind Quellen für Schwefel (Mekiffer & Wessolek 2010:35-36). Ebenso ist Trümmerschutt im Gegensatz zu rezenten unbelasteten Bauschutt Quelle für PAK's und Schwermetalle (Mekiffer 2008:16). Zudem ist er meist kalkhaltig, was Auswirkungen auf den pH- Wert und die Pufferungsfähigkeiten eines Bodens hat (Mekiffer 2008:14).

4.2 Bodenbildung auf Trümmerschutt

Der anfallende Trümmerschutt wurde nach der Verkipfung oft mit Mutterboden oder Sand überdeckt (Mekiffer & Wessolek 2010: 33). Die Eigenschaften des Trümmerschutts wirken sich jedoch stark auf die bodenbildenden Prozesse aus. Besonders der starke Kalkgehalt ist dabei eine bestimmende Eigenschaft. Auf Bauschutt und Trümmerschutt entwickeln sich in der Folge oft steinreiche Pararendzinen über einem Lockersyrosem (Blume et al. 2010:370). Nach der deutschen Bodensystematik (AD-HOC-Arbeitsgruppe Boden 2005) gehört die Pararendzina zu den A/C- Böden und ist durch einen CaCO₃-Gehalt von 2 bis 70% geprägt. Der Ah-Horizont darf 40cm Mächtigkeit nicht überschreiten. Ein Beispiel für eine typische Bodenentwicklung

über Trümmerschutt zeigt Abbildung 3. Das Profil besitzt eine Horizontabfolge von Ah1(-6cm)/ Ah2(-15cm)/ Cv1(-45cm)/ Cv2(-90cm)/ Cv3(-115cm). Bodenuntersuchungen dieses Profils haben gezeigt, dass sich der CaCO_3 -Gehalt in Massenprozent in den Horizonten Cv1 – Cv3 zwischen zwei und sieben bewegt (Richter 2012 zitiert nach Makki 2013) (siehe Anhang A1). Der Maximalwert von sieben Massenprozent ist im Cv2 zu finden. Dementsprechend besitzt der Boden einen pH-Wert zwischen sechs und sieben und befindet sich im Carbonat-Pufferbereich. Weitere Untersuchungen zeigen eine deutliche Schwermetallbelastung im Cv1. Die Quelle für diese Schwermetalle stellt höchstwahrscheinlich das technogene Substrat im Cv1 dar, da die anderen Horizonte keine extreme Schwermetallbelastung zeigen (siehe Anhang A-1).

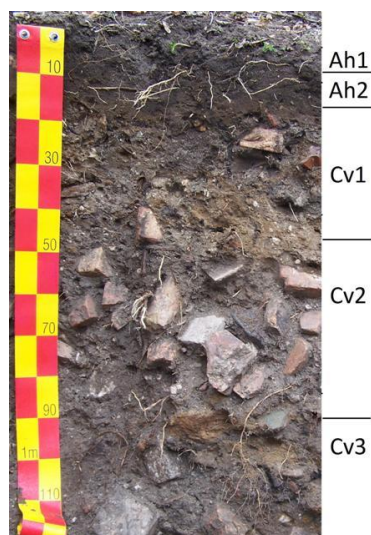


Abbildung 3: Profil einer Pararendzina über Trümmerschutt am Teufelsberg, Berlin (Foto: Ch. Richter) (Makki 2013).

Neben der Schwermetallbelastung kann der oft erhöhte Schwefelgesamtgehalt von Trümmerschutt und der sich daraus entwickelnden Böden eine Gefährdung für das Grundwasser darstellen. Untersuchungen auf dem Trümmerschuttberg Teufelsberg von Mekiffer & Wessolek (2010:35) haben für Trümmerschutt einen Gesamtschwefelgehalt von 720 mg/kg TS festgestellt. Lösungsversuche mit Feinboden ergaben, dass im Teufelsberg (25 Mio. m^3 Volumen) mindestens 26.000 t leicht wasserlösliches Sulfat zu vermuten sind (Mekiffer & Wessolek 2010:35). Die Autoren dieser Studie gehen weiterhin davon aus, dass in den letzten 60 Jahren lediglich 25% des Schwefel-Pools gelöst werden konnte. Dies stellt eine langfristige Bedrohung des Grundwassers dar. Schon jetzt werden Anstiege von Sulfatgehalten in den oberflächennahen Grundwasserleitern verzeichnet (Mekiffer & Wessolek 2010:34).

5 Böden mit anthropogenen Substraten als Kultur und Landschaftsarchiv

Böden im urbanen Raum haben meist ihre natürliche Bodenfunktion im Sinne des Bundes-Bodenschutzgesetzes §2 Absatz 2 (BBodSchG 1998) verloren. Die meisten Böden dienen als Fläche für Siedlungen, wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen. Die Funktion der Böden als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte wird im urbanen Raum selten betrachtet und diskutiert. Dabei können insbesondere anthropogene Substrate und Ablagerung im urbanen Raum zahlreiche Hinweise auf kulturgeschichtliche Entwicklungen liefern. Die abgelagerten Materialien können dabei Rückschlüsse auf die Lebensumstände der jeweiligen Zeit und besondere Ereignisse, die die Stadtentwicklung stark beeinflusst haben (z.B. Brände oder Naturkatastrophen), bieten (Kasielke & Buch 2011:90). Für die kulturgeschichtliche Einordnung der Materialien können sowohl die Art des Materials als auch verschiedene Eigenschaften des Materials herangezogen werden. So weisen zum Beispiel erhöhte Schwermetallgehalte in bestimmten Schichten auf metallverarbeitende Industrie zu der jeweiligen Zeit hin. Abbildung 3 zeigt ein Profil mit Schichten, die sich bis ins 1. Jahrhundert n. Chr. datieren lassen.

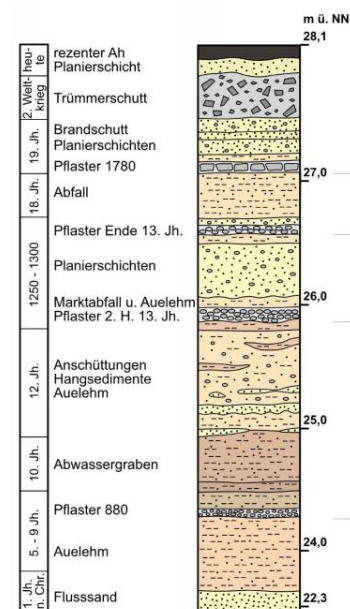


Abbildung 4: Stadtbodenprofil "Alter Markt" in Duisburg (Kasielke 2011:90 nach Gerlach et al. 1992, verändert).

Das Profil hat eine Mächtigkeit von 6m und besitzt eine wechselnde Folge von anthropogenen und natürlichen Ablagerungen. Auffällig sind das anthropogene Pflaster von 880 n. Chr. und aus verschiedenen Zeiträumen stammende Ablagerungen, die auf eine Nutzung als Marktfläche hindeuten.

Ebenso finden sich in verschiedenen Schichten hohe Schwermetallkonzentrationen, die auf Metallerzeugung und -verarbeitung hinweisen (Gerlach et al. 1992:162, Kasielke & Buch 2011:91).

6 Zusammenfassung

Die Böden im urbanen Raum sind durch viele stadtspezifische Prozesse stark beeinflusst. Aufgrund dieser vielfältigen Einflüsse ist eine Klassifikation und systematische Einordnung der Stadtböden schwierig. Die bodenkundliche Kartieranleitung (AD-HOC-Arbeitsgruppe Boden 2005) sieht eine Gruppe von terrestrischen Kultursolen vor, die jedoch nicht alle bodenbildenden Prozesse in der Stadt beinhaltet. So wird den Böden über Bauschutt eine ähnliche Bodenentwicklung wie den Böden über kalkhaltigen Lockersyrosem zugeordnet und sie werden somit als Pararendzinen klassifiziert. Trotzdem werden in verschiedenen Publikationen weitere aus den speziellen bodenbildenden Prozessen abgeleitete Bodentypen verwendet, um deren Einfluss auf die Bodeneigenschaften und -entwicklung in den Fokus zu stellen. Hauptprozesse im städtischen Umfeld sind Versiegelung, Verdichtung, Schadstoffeintrag und Einmischung von technogenen Substraten. Bei Nutzung von Böden für Verkehrsflächen oder als Grundlage für Gebäude werden diese versiegelt und mechanisch manipuliert. Sie verlieren dabei ihre natürlichen Funktionen und der Wasser-, Stoff- und Gasaustausch mit der Atmosphäre wird gehemmt bis verhindert. Zusätzlich werden Böden im städtischen Umfeld oft technogene Materialien und andere Abfälle beigemischt. Je nach Art und Belastung des Materials erhöhen sich dadurch der Skelettgehalt und die Schadstoffgehalte. Eine große Rolle spielt dabei der Trümmerschutt aus dem 2. Weltkrieg. Auf diesem entwickeln sich aufgrund des Kalkgehaltes und der kurzen Bodenentwicklungsphase in der Regel Pararendzinen. Dabei geht von Trümmerschuttböden oft eine Gefahr für das Grundwasser aus, da der Trümmerschutt hohe Schwefelgehalte aufweist, welche lösbar sind und in die Grundwasserleiter eingetragen werden können.

Anthropogene Substrate sind kein ausschließlich rezentes Phänomen. Ablagerungen und Beimischungen in Bodenprofilen besonders in historischen urbanen Räumen können zur Rekonstruktion von Kultur- und Landschaftsgeschichte genutzt werden. Dabei dienen die Eigenschaften des Materials selbst genauso wie die Schichtfolge des Bodenprofils als Indizien für die Rekonstruktion.

Literaturverzeichnis

- AD-HOC-Arbeitsgruppe Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5.Aufl.. Hannover: 1- 438.
- BBodSchG (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz -BBodSchG) vom 17. März 1998, zuletzt geändert am 24. Februar 2012
- Blaum, K. (1946): Wiederaufbau zerstörter Städte: Trümmerbeseitigung, Trümmerverwertung in Frankfurt am Main: 1-35.
- Blume, H.-P. (1992): Anthropogene Böden. In: Blume, H.P. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes, 2. Aufl.. Landsberg am Lech: 479-494.
- Blume, H.-P.; Brümmer, G.W.; Horn, R.; Kandeler, E.; Kögel-Knaber, I.; Kretzschmar, R.; Stahr, K. & Wilke, B.-M. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Aufl. Heidelberg: 1-569.
- Burghardt, W. (1991): Wasserhaushalt von Stadtböden. -In: H. Schuhmacher und B. Thiesmeier (Bearb.): Urbane Gewässer. Reihe Ökologie 4. Essen: 395-412.
- Edmondson, J.L.; Davies, Z.G.; McCormack, S.A.; Gaston, K. J. & Leake, J.R. (2011): Are soils in urban ecosystems compacted? A citywide analysis. -In: Biol. Lett. (2011) 7: 771-774.
- Gerlach, R.; Sauer, K.H.; Brückner, H. & Radtke, U. (1993): Historische Schwermetallbelastung in Duisburger Stadtböden: vom Mittelalter bis heute. -In: Düsseldorfer Geograph. Schr. 31:155-168.
- Gregory, J.H.; Dukes, M.D.; Jones, P.H. & Miller, G.L. (2006): Effect of urban soil compaction on infiltration rate. -In: Journal of Soil and Water Conservation. Volume 61(3):117-124.
- Holland, Karin (1996): Stadtböden im Keuperland am Beispiel Stuttgarts. Institut für Bodenkunde und Standortslehre. Stuttgart: 1-228.
- Kuhs, R. & Burghardt, W. (1988): Ökologische Eigenschaften von Böden montanindustriell geprägter Flächen. -In: Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft 56:381-386.

- Howard, L. (1833): The Climate of London. Deduced from Meteorological Observations Made in the Metropolis and Various Places Around it. London.
- Kasielke, T. & Buch, C. (2011): Urbane Böden im Ruhrgebiet. - In: Jagel, A.; Bomble, F.W.; Buch,C.; Dörken, V.; Hetzel, I.; Kasielke, T.; Kuchmeister, U., Loos, G.H.;Lubienski, M.; Schreiber, S. & Wiggen, S. (Hrsg.): Jahrb. Bochumer Bot. Ver. 3: 73-102.
- Makki, M. (2013): Urbane BodenLandschaften – Teufelsberg und Teufelssee. Internet: http://www2.hu-berlin.de/berliner-boeden/teufelssee/seite_7_3_pararendzina.html (25.02.2014)
- Makki, M. & Schröder, H. (2007): Einführende Gedanken zur Stadtbodenproblematik. -In: Berliner geographische Arbeiten 108 - Böden im städtischen Umfeld:1-7.
- Mekiffer, B. (2008): Eigenschaften urbaner Böden Berlins – Statistische Auswertung von Gutachtendaten und Fallbeispiele. Dissertation an der TU Berlin:1-128.
- Mekiffer, B. & Wessolek, G. (2010): Archivfunktion von Stadtböden – Trümmerschuttböden und Sulfatfreisetzung. -In: Berliner Geographische Arbeiten 117:33-37.
- Pagels, B.; Fleige, H. & Horn, R. (2003): Endbericht zur Studie: „Bodenbeschaffenheit und Zersetzungsproblematik auf Friedhöfen“. Schlewzig:1-61.
- Richter, C. (2012): Eine pedologische-hydrologische Detailuntersuchung unter Berücksichtigung anthropogener Einflüsse im Einzugsgebiet des Teufelssees in Berlin Charlottenburg-Wilmersdorf, Diplomarbeit an der Humboldt-Universität zu Berlin.
- Sabel, K.-J. (2007): Bodenkundliche Anforderungen an das Anlegen und Erweitern von Friedhöfen. -In: Böden und Bodenschutz in Hessen, Heft 8. Wiesbaden : 1-20.
- Scalenghe, R. & Ajmone Marsan, F. (2009): The anthropogenic sealing of soils in urban areas. -In: Landscape and Urban Planning 90:1-10.
- UN (2011): World urbanization prospects: the 2011 revision. New York, NY: United Nations.
- Weyer, T. & Boeddinghaus, R. (2010): Bodenverdichtung vermeiden. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf: 1-42. Internet: http://www.umwelt.nrw.de/ministerium/presse/presse_extra/pdf/broschuere_bodenverdichtung.pdf (27.02.2014)
- Wittig, R. (2008): Siedlungsvegetation. -In: Pott, R. (Hrsg.) Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht. Stuttgart: 1-252.

Anhang

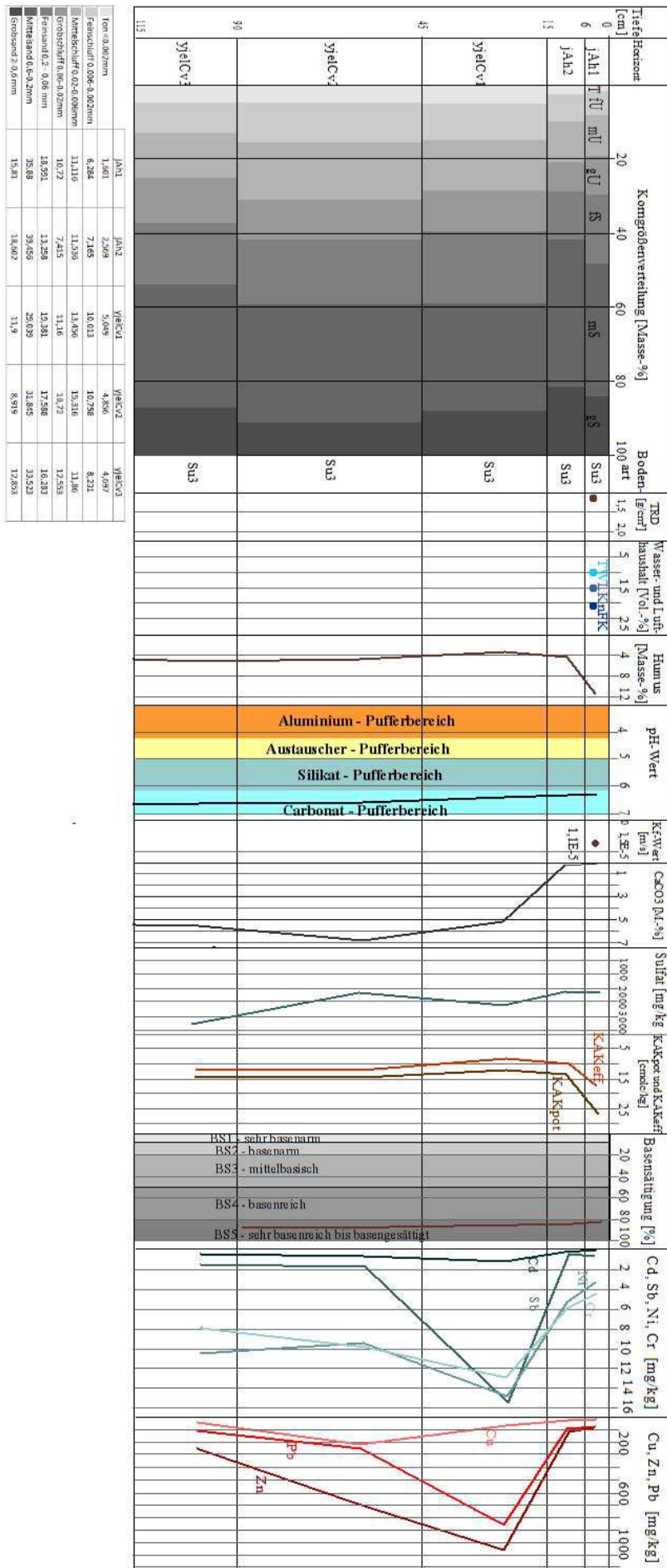


Abbildung A- 1: Bodeneigenschaften der Pararendzina auf Trümmerschutt auf dem Teufelsberg, Berlin (Richter 2012 zitiert nach Makki 2013).