

Projektbericht zur Prüfung der Grundlagen-
daten des UEP-Moorprojektes und des
NatKoS-Projektes und Integration in die
Bodendatenbank des Umweltatlas Berlin
(NatKEV-Abschlussbericht)

Senatsverwaltung
für Mobilität, Verkehr,
Klimaschutz und Umwelt

BERLIN



NatKEV-ABSCHLUSSBERICHT

Titel: **Projektbericht zur Prüfung der** Grundlegenden Daten des **UEP-Moorprojektes und des NatKoS-Projektes und Integration in die Bodendatenbank des Umweltatlas Berlin (NatKEV-Abschlussbericht)**

Herausgabedatum: **2023**

Auftraggeberin: Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz (SenUMVK), Referat II C Bodenschutz, Boden-, Altlasten- und Grundwassersanierung, Berlin

Auftrag vom: 25.05.2021

AnsprechpartnerInnen: Frau Sabine Hilbert (II C 3)
Herr Dr. Thelemann (II C 33)

Auftragnehmerin: ahu GmbH Wasser · Boden · Geomatik, Aachen

Projektbearbeitung: Frau Carolin Kaufmann-Boll (Projektleitung/-bearbeitung)
Herr Jochen Köhne, Frau Adelheid Wagenknecht (Projektbearbeitung)
Frau Tabea Ronsiek (Qualitätssicherung)

Aktenzeichen: 21119 / BOBECO

Ausfertigungsdatum: 30.09.2022

Zitationsvorschlag:

Kaufmann-Boll, C., Köhne, J., Wagenknecht, A. 2023: Projektbericht zur Prüfung der Grundlegenden Daten des UEP-Moorprojektes und des NatKoS-Projektes und Integration in die Bodendatenbank des Umweltatlas Berlin (NatKEV-Abschlussbericht), Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, Berlin (Hrsg.).

(Kaufmann-Boll et al. 2023)

INHALT

1	ANLASS UND ZIEL	1
2	ERGEBNIS DER DATENSICHTUNG	2
3	VERGLEICHENDE BEWERTUNG VON NATKOS UND UMWELTATLAS	6
4	ANPASSUNG DER EINGANGSGRÖßEN FÜR DIE BERECHNUNG VON HUMUS- UND CORG-MENGEN	21
4.1	Mächtigkeit der Humusschicht - Humus_dm	26
4.1.1	Nutzungsarten	26
4.1.2	Humusarme Bodengesellschaften	31
4.1.3	Bodengesellschaften mit Mooren / Torfen	33
4.1.4	Einzelfälle	35
4.2	Humusgehalte - Humus und Humus_real	35
4.2.1	Nutzungsarten	35
4.2.2	Humusarme Bodengesellschaften	41
4.2.3	Bodengesellschaften mit Mooren / Torfen	42
4.2.4	Einzelfälle	43
4.3	Anpassung der Angaben zum Vorkommen von Torf in Ober- und Unterboden und zur effektiven Lagerungsdichte	44
4.4	Berücksichtigung des Grobbodenanteils	45
4.5	Berücksichtigung der Humusvorräte der Auflage unter Wald	48
4.6	Anpassung der Bodengesellschaft von ISU-Polygonen	49
5	PROZESSIERUNG	50
5.1	Ergänzung des Rechenwegs	52
5.2	Neue Festlegungen und Formeln	52
5.3	Vorbereitung der Datenbank-Bearbeitung	53
5.4	Arbeitsschritte zur Aktualisierung der Datenbank	54
6	ERGEBNISSE	59
7	QUELLEN	64

DOKUMENTATIONEN:

- Dok. 1: Ergebnis der Datensichtung - Grundlagendaten, Methodik, Ergebnisse
- Dok. 2: Abgleich NatKoS-Aufnahmepunkte mit Umweltatlas
- Dok. 3: Angepasste Werte für Humus_dm für Moore/Torfe
- Dok. 4: Angepasste Werte für Humus_real für Moore/Torfe
- Dok. 5: ISU-Polygone mit neu zugeordneter Bodengesellschaft

ANHANG:

NatKoS-Punktanalyse_TH.xlsx

UEP_Pruefung_Humus_Menge_Moore.xlsx

Gesamtgroboden_Ermittlung.xlsx

HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx

Ergaezungen_g_nutzboges_1150_Bodenkennwerte_TH.xlsx

KOHLENSTOFFSUMMENERMITTLUNG.xlsx

Boden_20220915.mdb

1 ANLASS UND ZIEL

Im Land Berlin liegen umfassende flächenhafte Datengrundlagen für das Themengebiet „Humusmenge“ vor, die zur Bodenfunktionsbewertung dienen. Diese finden sich im Umweltatlas Berlin in Form von Karten zu bodenkundlichen Kennwerten und in ergänzenden Datensätzen. Im Forschungsprojekt „Entwicklung eines Planungsinstrumentes für das CO₂-Management der natürlichen Kohlenstoffspeicher Berlins“ (NatKoS) wurde u. a. - analog zur Umweltatlas-karte „Organischer Kohlenstoffvorrat“ und auf Basis der gleichen Polygoneometrie der Blockkarte ISU5/ISU50 - der in den Böden des Landes Berlin gespeicherte organische Kohlenstoffgehalt auf Grundlage von stichprobenhaften nutzungsbezogenen Felduntersuchungen ermittelt und entsprechend den jeweiligen Flächennutzungen für ganz Berlin hochgerechnet. Dabei sind auch die Ergebnisse des UEP-Moorprojektes „Berliner Moorböden im Klimawandel“ berücksichtigt worden, das von der Humboldt-Universität zu Berlin zwischen 2011 und 2015 ausgeführt wurde (Klingenuß et al. 2015¹).

Die Aufgabenstellung des Projektes NatKEV (NatKoS-Ergebnisverwertung) bestand nun darin, die bodenbezogenen Grundlagendaten, Methoden und Ergebnisse des NatKoS-Projektes in ihrer Qualität und Quantität hinsichtlich von Möglichkeiten zur Anpassung des Umweltatlas zu prüfen. Sie waren zu bewerten sowie systematisch inhaltlich-strukturell mit der Methodik und dem Datensatz zu „Humusmenge“ (UA 01.06.5) und „Organischer Kohlenstoffvorrat“ (UA 01.06.6) der Bodendatenbank des Umweltatlas abzugleichen. Dann wurde ein Konzept inkl. reproduzierbarem Methodenteil erarbeitet, das Aufschluss darüber gibt, in welcher Form die bodenbezogene Methodik und die Ergebnisse des NatKoS-Projektes im Zuge einer Weiterentwicklung der Bodendatenbank des Umweltatlas in diese integriert werden können. Im Anschluss daran erfolgte die Integration auf Basis des ausgearbeiteten Konzepts mit einer GIS- und Datenbank-Prozessierung. Die Ergebnisse sind in Übersichtskarten zu den Themen „Humusmenge“ und „Organischer Kohlenstoffvorrat“ dargestellt. Eine Kartenreprozessierung inkl. Legende auf Basis der überarbeiteten Datensätze der Umweltatlasthemen „Humusmenge“ und „Organischer Kohlenstoffvorrat“ inkl. Anpassung der dazugehörigen Begleittexte war nicht Gegenstand des Projektes.

¹ KLINGENFUß, C., MÖLLER, D., HELLER, C., THRUM, T., KÖBERICH, K., ZEITZ, J. (2015): Berliner Moorböden im Klimawandel - Entwicklung einer Anpassungsstrategie zur Sicherung ihrer Ökosystemleistungen. UEP-II-Forschungsprojekt, Abschlussbericht, Humboldt-Universität zu Berlin.

2 ERGEBNIS DER DATENSICHTUNG

Die Ergebnisse der Prüfung und Bewertung der bodenbezogenen Grundlagendaten, der Methodik und Ergebnisse der NatKoS- und UEP-Projekte und des inhaltlich-strukturellen Abgleichs der angewandten Methodik und Ergebnisse mit jenen der Bodendatenbank des Umweltatlas (Sachdaten der Themengebiete „Humusmenge“ und „Organischer Kohlenstoffvorrat“) sind in Dokumentation 1 zusammengefasst. Als Datengrundlage stehen neben den kartographischen Darstellungen aus NatKoS und Umweltatlas auch Profil- und Probenahmedaten von 236 Aufnahmepunkten des NatKoS-Projektes und 425 Aufnahmepunkten des UEP-Moorprojektes zur Verfügung.

Die wesentlichen methodischen Unterschiede sind:

- Bei den Daten des Umweltatlas handelt es sich um Konzeptdaten, bei denen Annahmen zu Bodengesellschaften und bodenkundlichen Ausgangsdaten anhand von Bodenpunkten getroffen wurden. Die Lage, der Untersuchungsumfang und die Datenqualität von diesen Punkten sind nicht im Einzelnen bekannt. Die **Qualität und Verlässlichkeit** einheitlicher bodenkundlicher Kartierungen und der laboranalytischen Bestimmung der organischen Kohlenstoffgehalte, wie im NatKoS und UEP-Moorprojekt erfolgt, ist prinzipiell höher zu bewerten als jene der Daten des Umweltatlas.
- NatKoS verfolgt einen **nutzungsbasierten Ansatz** ohne Berücksichtigung der Bodengesellschaften wie im Umweltatlas. Unterschiede von **Bodengesellschaften** werden nicht wiedergegeben.
- Die Nutzungstypen von NatKoS fassen **mehrere Arten der Flächennutzung** des Umweltatlas zusammen (z. B. Ackerland und Grünland = Landwirtschaft). Die Aggregation erfolgte unter Hinzuziehen der Biotoptypenkarte.
- In NatKoS werden die bis 1 m Tiefe an Profilen gemessenen, **gemittelten Kennwerte für Bodenhorizonte** aufsummiert und für die Bodentiefen 0-30 cm und 30-100 cm dargestellt, während im Umweltatlas auf Basis der Bodengesellschaft und Nutzung festgelegt wurde, wie mächtig die humusreichen Horizonte/Schichten insgesamt sind und wieviel Kohlenstoff darin im Mittel in Prozent anteilig enthalten ist. Diese Mächtigkeiten liegen dabei zwischen 0,1 und 2,2 m. Im UEP-Moorprojekt wird an den untersuchten Standorten der anhand von Messungen berechnete Vorrat an organischem Kohlenstoff (Corg) des gesamten Moorkörpers bis max. 12,6 m Tiefe durch Aufsummieren der Pools der einzelnen Horizonte ermittelt.

- In NatKoS (und vermutlich auch im UEP-Moorprojekt, da die Werte in NatKoS verwendet wurden) wird die gemessene **Trockenrohdichte** TRD verrechnet, während die Bodendatenbank / der Umweltatlas die **effektive Lagerungsdichte** I_d berücksichtigt². Im Umweltatlas / in der Bodendatenbank wird die effektive Lagerungsdichte je nach angenommenen **Torfvorkommen** angepasst und auch der Umrechnungsfaktor für das Verhältnis Corg zu Humus je nach Torfvorkommen variiert.
- In NatKoS werden Corg-Vorräte nach Abzug von an Profilen gefundenen **Grobbodenanteilen** verrechnet, während diese in der Bodendatenbank / Umweltatlas bisher unberücksichtigt blieben.
- In NatKoS werden an den Profilen Corg-Vorräte mit und ohne **Humusauflagen** angegeben. Relevante Mengen in Auflagen finden sich erwartungsgemäß nur bei den Profilen unter Wald. In den Ergebniskarten sind die Corg-Mengen von Auflagen inkludiert. Im Umweltatlas / in der Bodendatenbank sind Auflagen nicht berücksichtigt.
- Die in NatKoS für jede Teilblockfläche ermittelte Corg-Speichermenge im Boden je m^2 wird in Abhängigkeit des **Versiegelungsgrads** reduziert (Nutzungsspezifische Corg-Speichermenge im Boden $[kg/m^2] * (1 - \text{Versiegelungsgrad der Teilblockfläche } [\%]/100)$). Im Umweltatlas gelten die ermittelten Daten dagegen nur für unversiegelte Flächenanteile.
- Für die Nutzungsarten Baustelle, Brachfläche, Mischbestand aus Wiesen, Gebüsch und Bäumen, Brachfläche, vegetationsfrei, wiesenartiger Vegetationsbestand, Gewerbe- und Industrienutzung, großflächiger Einzelhandel, Stadtplatz / Promenade, Ver- und Entsorgung und Verkehrsfläche (ohne Straßen) werden im Umweltatlas Corg-Vorräte angegeben, während NatKoS diese Flächen aufgrund fehlender Messdaten ausspart und **keine Angaben zum Corg-Vorrat** macht.

Nicht geklärt werden konnte, ob die Annahme der Multiplikation des nutzungsspezifischen Corg-Vorrats mit dem Anteil unversiegelter Fläche in NatKoS korrekt ist und warum diese Abzüge vorgenommen wurden. Bei einer Reduzierung des Corg-Vorrats pro m^2 aufgrund des Versiegelungsgrads wird nicht berücksichtigt, dass auch versiegelte Böden organischen Kohlenstoff enthalten können. Die Messung erfolgte auf unversiegelter Fläche und die Aussage der Karte gilt nur für unversiegelte Teilbereiche. Demnach ist der Versiegelungsgrad erst dann zu berücksichtigen, wenn absolute Corg-Mengen für definierte Flächen ermittelt werden sollen (z. B. Gesamtmenge für Berlin).

² Die effektive Lagerungsdichte (I_d) bei Mineralböden kann aus der Trockenrohdichte (TRD) und dem Tongehalt in Masse-% (T) wie folgt ermittelt werden: $I_d = TRD + 0,009 * T$ (siehe KA 5, S. 125).

Nutzungsdifferenzierte Bodenkennwerte des Corg-Gehaltes, der Dichte und Corg-Vorräte für Gesamtboden (0 - 100 cm) sowie für Bodentiefen 0 - 30 und 30 - 100 cm aus NatKoS waren aufgrund des länger zurückliegenden Projektabschlusses von NatKoS und des Weggangs einiger Bearbeiter an der Humboldt-Universität zu Berlin (HU Berlin) nicht verfügbar. In den vorliegenden Geodaten, Bericht und Datenbank sind diese nicht enthalten.

Weiterhin nicht abschließend geklärt werden konnte die Frage nach dem Verständnis der in den NatKoS-Karten dargestellten Corg-Speichermengen im Boden. Angenommen wird, dass diese der Summe aus humusbürtigem organischem Kohlenstoff und technogenem organischen Kohlenstoff mit Auflagen entsprechen. Die gefundenen Zusammenhänge des C-tech-Anteils mit dem Ausgangssubstrat wurden in den Ergebniskarten nicht berücksichtigt. Vermutlich ist eine Regionalisierung technogener Ausgangssubstrate schwierig.

Schließlich wurden geringe Abweichungen bei den in NatKoS angegebenen nutzungsdifferenzierten Kennwerten für Corg-Vorräte zwischen Tabelle 47 des NatKoS-Abschlussberichts und der NatKoS-Excel-Eingabemaske (z. B. Kleingarten 18,1 vs. 17,9 kg/m², etwas größere Abweichungen z. B. auch bei Landwirtschaft) festgestellt, deren Ursache nicht bekannt ist. Im NatKoS-Geodatensatz liegt für Kleingarten im Feld „bod_c_neu“ der Eintrag 19,12 kg/m² vor. Für den Flächenvergleich wurden die Angaben aus dem Geodatensatz verwendet.

Sonderfall Moore

In der NatKoS-Ergebniskarte weisen alle Flächen außer den Moorflächen die ISU5-Geometrie auf. Die betreffenden Moordaten, die für das NatKoS-Projekt herangezogen wurden, entstammen dem UEP-Moorprojekt (Klingenfuß et al. 2015). Dazu wurden flächendeckend alle Moorgebiete in Berlin bodenkundlich untersucht und deren Abgrenzungen vollständig auskartiert. Dieser Datensatz wurde im Zuge der Aktualisierung der Bodendatenbank des Umweltatlas 2018 zum Teil in den bestehenden Datensatz des Umweltatlas integriert (Moorgebiete, Moorteilflächen, Aufnahmepunkte). Eine Überarbeitung / Anpassung bezüglich der UEP-Moorflächen ist im bestehenden Umweltatlas-Datensatz also dennoch erforderlich. Zu prüfen ist auch eine Neuzuweisung der Bodengesellschaften bei Teilblockflächen, die derzeit nicht realistisch abgebildet sind.

In einem Abgleich zwischen den Moorgebieten des UEP-Moorprojektes und der ISU-Geometrie wurden von SenUMVK II C 33 insgesamt 276 Polygone identifiziert, die in Teilen als Moorflächen zu kategorisieren sind. Besonders auf diesen Flächen wird der organische Kohlenstoffvorrat in der Umweltatlaskarte zum Teil unterschätzt, da die Ergebnisse des UEP-Moorprojektes nicht überall in der gleichen Qualität in die Umweltatlaskarte eingeflossen sind. Diese Daten wurden durch SenUMVK II C 33 bereitgestellt.

Die in der vorliegenden Vektordatei zum UEP-Moorprojekt enthaltenen tiefenangepassten Daten unter dem Feldnamen `corg_kg_qm` werden ignoriert. Maßgeblich ist das Feld `toc_ges_k` für den organischen Kohlenstoff in kg/m². Das Feld gehört zum Datensatz Moore

- Moorteilflächen (Umweltatlas). Die Daten basieren (sofern vorliegend) auf den Untersuchungspunkten Moore - Aufnahmepunkte (Umweltatlas). Hierbei wurde jeweils die tatsächlich ermittelte Moortiefe zugrunde gelegt. Die gesamte gespeicherte C-Menge je Hektar Moorfläche wurde mittels folgender Gleichung bestimmt:

$$C_{\text{org}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{Hi}} * C_{\text{org Hi}})$$

Hierbei steht C_{org} für den gesamten C-Speicher, M_{H} steht für die jeweilige vertikale Horizontmächtigkeit in dm und $C_{\text{org H}}$ für den gespeicherten Kohlenstoff pro ha und dm Mächtigkeit je Bodenhorizont i. Für die Berechnung der Kohlenstoffvorräte wurden die C-Speicherwerte von t/ha in kg/m^2 durch die Division durch 10 umgerechnet.

Die Ermittlung der Humusmenge [kg/m^2] erfolgte mit den Umrechnungsfaktoren nach Klingfuß et al. (2015). Je nach Bodentyp wurden die Übergangsmoore mit dem Faktor 2, die Niedermoore und Sapropole mit dem Faktor 1,8 multipliziert.

Bei dem im NatKoS-Datenbestand enthaltenen Layer „Moore“ handelt es sich um die Geometrien der Mooregebiete des Umweltatlas (Schlüselfeld geb_spez). Die Moorteilflächen sind dort nicht enthalten.

Die geringste maximale Mächtigkeit wurde mit 0,7 m kartiert („Moor am Plumpengraben“). Die größte maximale Moormächtigkeit mit 12,6 m wurde im Zentrum der Kleinen Pelzlaake erbohrt.

3 VERGLEICHENDE BEWERTUNG VON NATKOS UND UMWELTATLAS

In einem ersten Vergleich von NatKoS und Umweltatlas zeigt sich, dass die Spannweiten der Corg-Vorräte aus dem Umweltatlas (0,5-397,8 kg/m²) und NatKoS (7,3-19,1 kg/km² ohne Moore) stark voneinander abweichen. Anders als im Umweltatlas ist auch, dass alle Moore in NatKoS nachträglich mit dem einheitlichen Wert „> 25 kg/m²“ für dem Corg-Vorrat bewertet und in den Ergebniskarten dargestellt worden sind. Im Datenbestand finden sich aber auch noch die nutzungsspezifischen Angaben für den Corg-Vorrat auf Moorflächen. Hier sind die UEP-Moorflächen mit Werten von bis zu 622 Corg kg/m² belegt.

Für den Vergleich der Datenbestände und die Veranschaulichung von Unterschieden wurden die Sachdaten von Umweltatlas und NatKoS für jede ISU5-Geometrie verknüpft (Zusammenfügen nach Position mittels QGIS durch SenUMVK II C 33). Anschließend wurde für jede Fläche (n = 24.655)³ die Differenz zwischen den prinzipiell vergleichbaren Kohlenstoff-Größen aus Umweltatlas und NatKoS berechnet.

Beim Blick auf das gesamte Stadtgebiet liegen die Corg-Vorräte aus NatKoS im innerstädtischen Bereich häufig unter jenen des Umweltatlas, während sie nach außen hin häufig darüber liegen (siehe Abb. 1). Die Ursache dieser räumlichen Verteilung liegt in der Reduzierung des Corg-Vorrats je m² in NatKoS in Abhängigkeit vom Versiegelungsgrad, während der Datensatz im Umweltatlas nur unversiegelte Flächen repräsentiert.

Die einzelnen Nutzungsarten zeigen Abweichungen zwischen Umweltatlas und NatKoS sowohl nach unten als auch nach oben (vgl. Tab. 1 links); im Mittel liegen die NatKoS-Vorräte bei den meisten Nutzungen über den Vorräten des Umweltatlas. Ausnahmen sind Grünland, Kerngebietsnutzung, Kleingartenanlage und Mischnutzung, für die im Mittel in NatKoS geringere Vorräte als im Umweltatlas angegeben werden.

Anders stellt sich das Ergebnis dar, wenn der NatKoS-Corg-Vorrat ohne Berücksichtigung des Versiegelungsgrads in jeder Teilblockfläche mit dem Umweltatlas verglichen wird (siehe Tab. 1 rechts und Abb. 2). Für die meisten Nutzungen zeigt sich, dass NatKoS - ohne Versiegelungsgrad-Abzüge - meist deutlich höhere Corg-Vorräte als im Umweltatlas angibt (> 100 % mehr).

³ Bereinigt um 96 Straßen

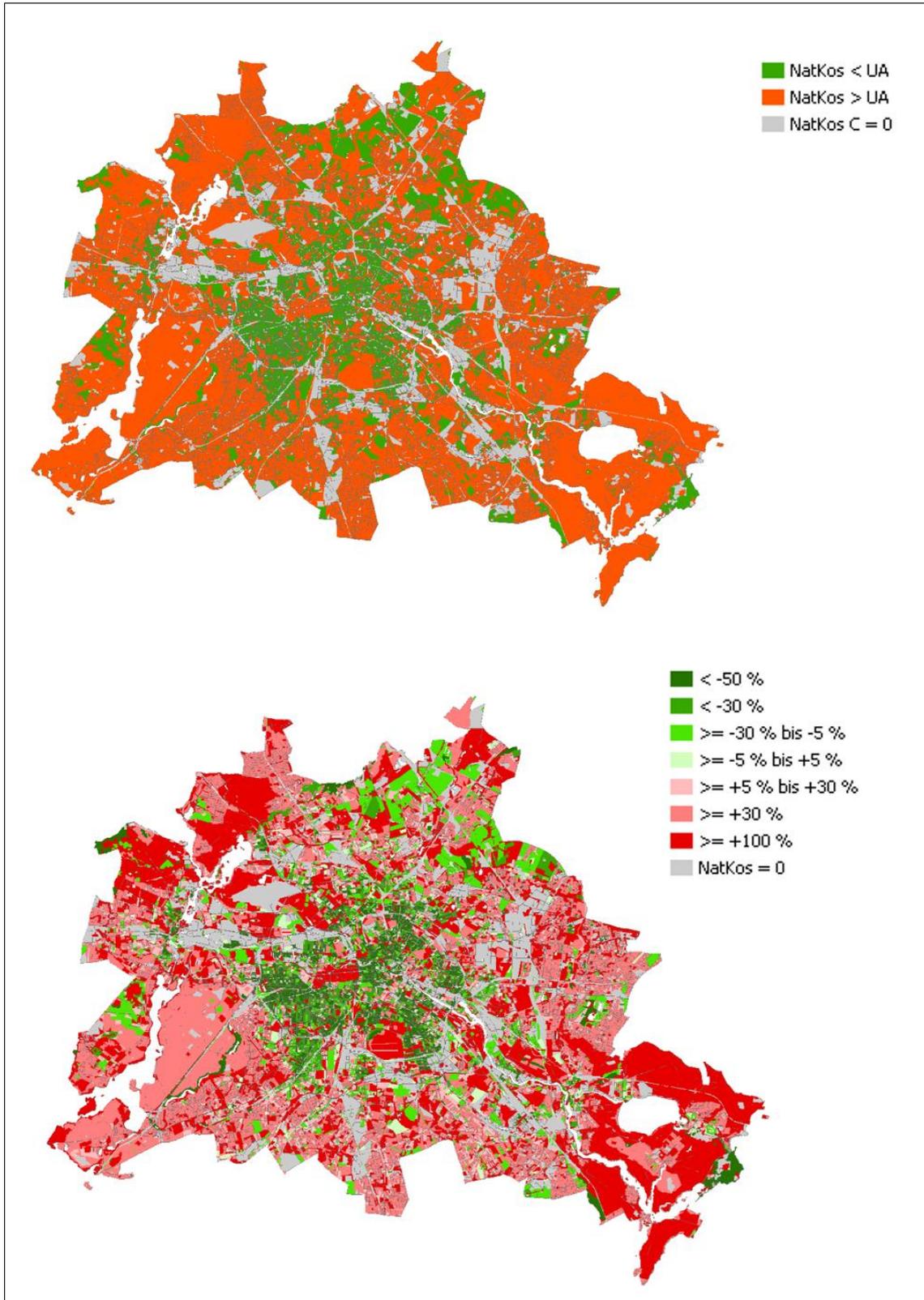


Abb. 1: Vergleich Corg-Vorräte Umweltatlas und NatKoS inkl. Versiegelungsgrad (ohne Moore)

Tab. 1: Vergleich Umweltatlas - NatKoS nach Nutzungsarten

Nutzung NUTZ_BEZ im Umweltatlas	Differenz Corg-Vorräte Umweltatlas - NatKoS [%] (rot = NatKoS < Umweltatlas)					
	in Abh. von VG bod_c_m²_n			unabhängig von VG bod_c_neu		
	Min	Max	Mittel-wert	Min	Max	Mittelwert
Ackerland	-68	707	6	-68	707	6
Baumschule / Gartenbau	-57	335	63	-15	431	117
Friedhof	3	176	146	177	177	177
Gemeinbedarfs- und Sondernutzung	-100	836	238	0	920	606
Grünland	-98	167	-18	-98	169	-18
Kerngebietsnutzung	-100	491	-27	0	920	350
Kleingartenanlage	-49	131	-2	8	155	34
Mischnutzung	-98	235	-10	0	267	157
Park / Grünfläche	-60	1008	204	-55	1008	258
Sportnutzung	-89	947	112	22	1008	256
Wald	-97	724	101	-96	724	102
Wochenendhaus- und kleingartenähnliche Nutzung	-46	608	210	-3	665	324
Wohnnutzung	-100	677	29	0	920	132

VG = Versiegelungsgrad

Es wird deutlich, dass NatKoS für die Nutzungsarten in aller Regel deutlich höhere Corg-Vorräte angibt als der Umweltatlas mit Ausnahme von Grünland. Das Einbeziehen des Versiegelungsgrads bei der Berechnung von Corg-Vorräten wirkt sich erwartungsgemäß bei Ackerland, Grünland, Park / Grünfläche und Wald kaum aus, während die typischerweise stärker versiegelten Nutzungsarten größere Unterschiede zeigen.

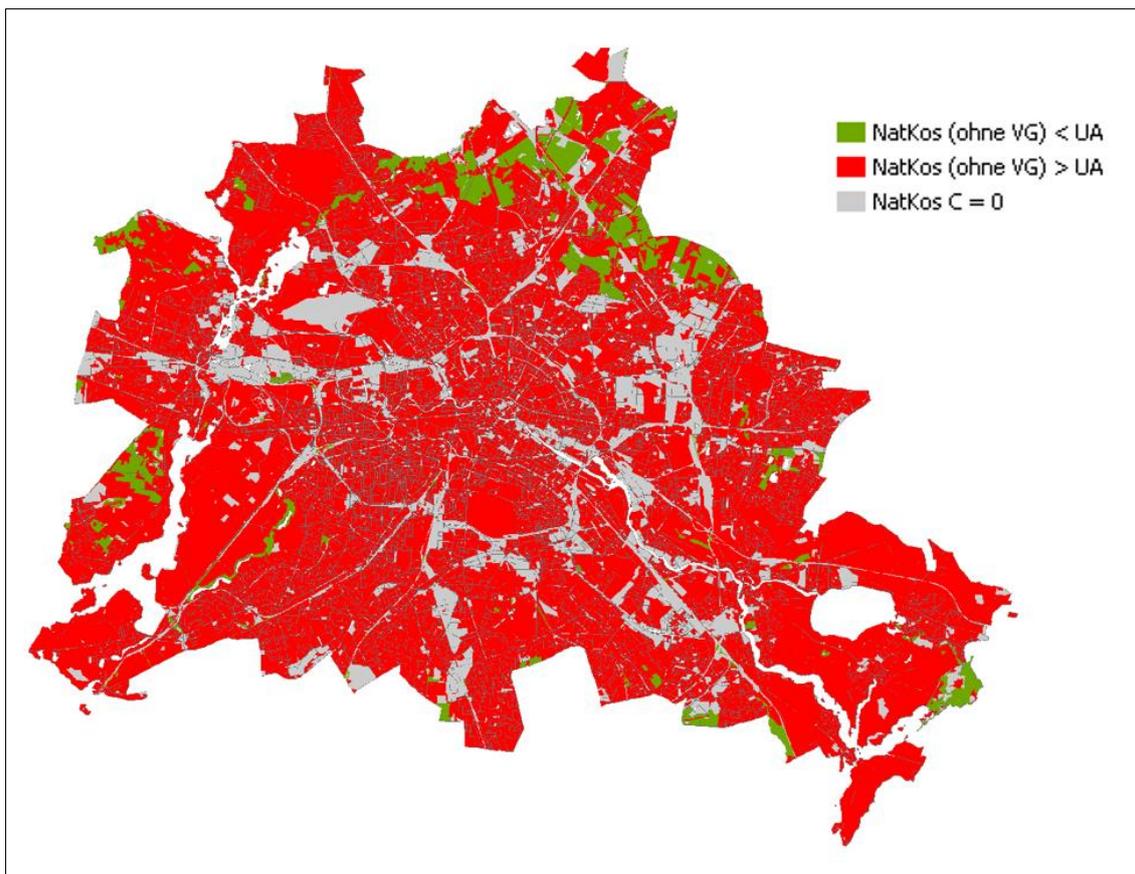


Abb. 2: Vergleich Corg-Vorräte Umweltatlas und NatKoS ohne Abzüge in Abhängigkeit vom Versiegelungsgrad (ohne Moore)

Als Ursachen für die häufig höheren Corg-Vorräte in NatKoS gegenüber dem Umweltatlas kommen die berücksichtigte Bodentiefe (NatKoS bis 1 m; Umweltatlas je nach Nutzung weniger, zumeist nur 10 cm), aber auch die zugrundeliegenden Corg-Gehalte und Bodendichten in Frage.

Geringere Corg-Vorräte in NatKoS als im Umweltatlas zeigen nur die in Tab. 2 aufgeführten Fallgestaltungen aus Bodengesellschaft und Nutzung (> 100 % fett markiert). Bei zusätzlicher Betrachtung der Bodengesellschaft zeigt sich, dass anmoorige bzw. Moor-Bodengesellschaften im Umweltatlas aufgrund der Angabe nutzungsspezifischer Werte für Moore deutlich bis extrem höhere Corg-Vorräte als in NatKoS aufweisen (z. B. 1240, 1250, 1251, 1260, 1231).

Tab. 2: Fallgestaltungen aus Bodengesellschaft und Nutzung des Umweltatlas mit geringerem Corg-Vorrat (kg/m²) in NatKoS ohne VG

BGNutz	Umweltatlas	NatKoS
2470_70	19,8	19,1
1230_100	10,6	7,4
1240_100	198,9	7,4
1250_100	92,6	7,4
1251_100	168,4	7,4
1260_100	198,9	7,4
1290_100	14,9	7,4
2470_100	9,1	7,4
1010_121	8,2	7,3
1020_121	10,8	7,3
1022_121	14,9	7,3
1030_121	13,1	7,3
1070_121	15,5	7,3
1072_121	15,5	7,3
1131_121	9,1	7,3
1140_121	9,1	7,3
1150_121	9,1	7,3
1160_121	13,1	7,3
1164_121	7,5	7,3
1190_121	8,2	7,3
1220_121	9,1	7,3
1231_121	44,8	7,3
1240_121	397,8	7,3
1260_121	22,4	7,3
1270_121	22,4	7,3
1280_121	14,9	7,3
2400_121	19,8	7,3
2485_121	9,1	7,3
2489_121	9,1	7,3
2540_121	15,5	7,3
2560_121	10,8	7,3
2580_121	10,8	7,3
2590_121	8,2	7,3
1010_122	8,2	7,3

BGNutz	Umweltatlas	NatKoS
1020_122	8,2	7,3
1030_122	8,2	7,3
1070_122	8,2	7,3
1072_122	8,2	7,3
1130_122	8,2	7,3
1131_122	8,2	7,3
1160_122	8,2	7,3
1231_122	7,5	7,3
1260_122	22,4	7,3
2470_122	8,2	7,3
2483_122	8,2	7,3
2540_122	10,8	7,3
2560_122	8,2	7,3
2580_122	8,2	7,3
2590_122	8,2	7,3
1130_130	13,1	10,0
1180_130	22,4	10,0
1280_130	14,9	10,0
1260_200	22,4	19,1

Legende (Gruppierung übernommen von SenUMVK II C 33):

Moor-Bodengesellschaften: 1250, 1251

Bodengesellschaften mit feuchten und nassen Bodentypen: 1022, 1120, 1164, 1170, 1180, 1200, 1220, 1230, 1231, 1240, 1250, 1251, 1260, 1270, 1280, 1290, 1300, 1310, 1320, 1330, 1350, 1360, 1370, 1380, 2420, 2430, 2460, 3030, 3040

Zudem zeigen die Kartierungen im UEP-Moorprojekt deutlich abweichende Abgrenzungen von Moorböden (Beispiel Eiskeller siehe Abb. 3). Hier liegen im Umweltatlas Flächen mit erhöhten Kohlenstoffvorräten vor, aber im UEP-Projekt wurden keine Moore auskartiert.

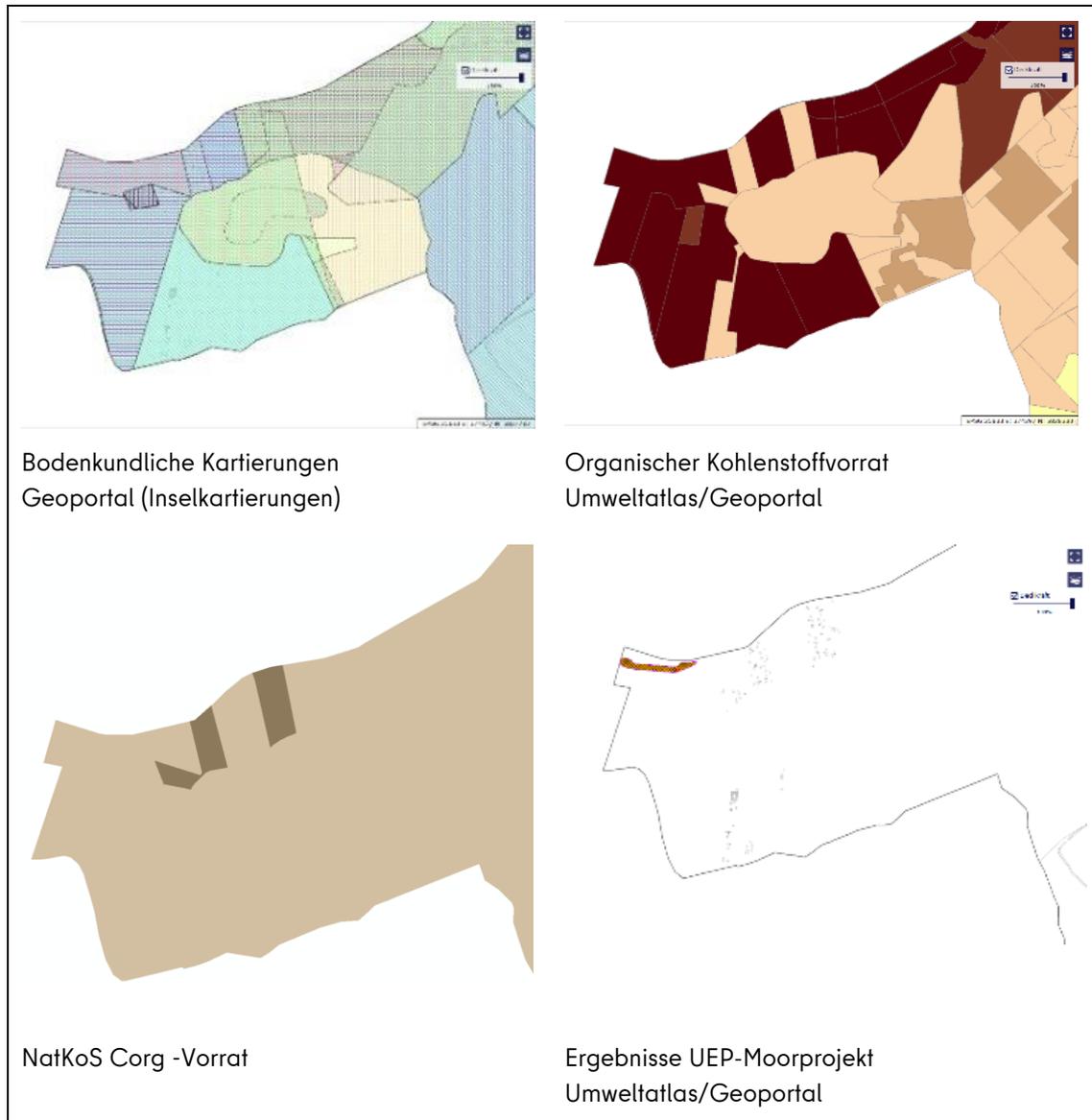


Abb. 3: Beispiel Eiskeller im Spandauer Wald (Quelle: SenUMVK II C 33)

Es ist somit festzustellen, dass im Umweltatlas dieser Nutzungs-Bodengesellschaftskombination bisher Werte zugeordnet waren, die den Kohlenstoffvorrat in diesem Bereich nicht korrekt widerspiegeln. Dem gegenüber ist die Nutzung vermutlich korrekt zugeordnet (Mittlg. Sen-UMVK II C 33). Weitere Fälle dieser Art finden sich am Tegeler Fließ bei Lübars im Norden und auf den Gosener Wiesen im Osten.

Ein anders gelagertes Beispiel sind Flächen im NSG Krumme Laake / Pelzlaake südöstl. des Gr. Müggelsees (siehe Abb. 4). Hier wurden die erhöhten Kohlenstoffgehalte der Moore des UEP-Moorprojektes, die dem NatKoS-Projekt zugrunde liegen, im Umweltatlas nicht berücksichtigt. Real ist von erhöhten Kohlenstoffgehalten auszugehen.

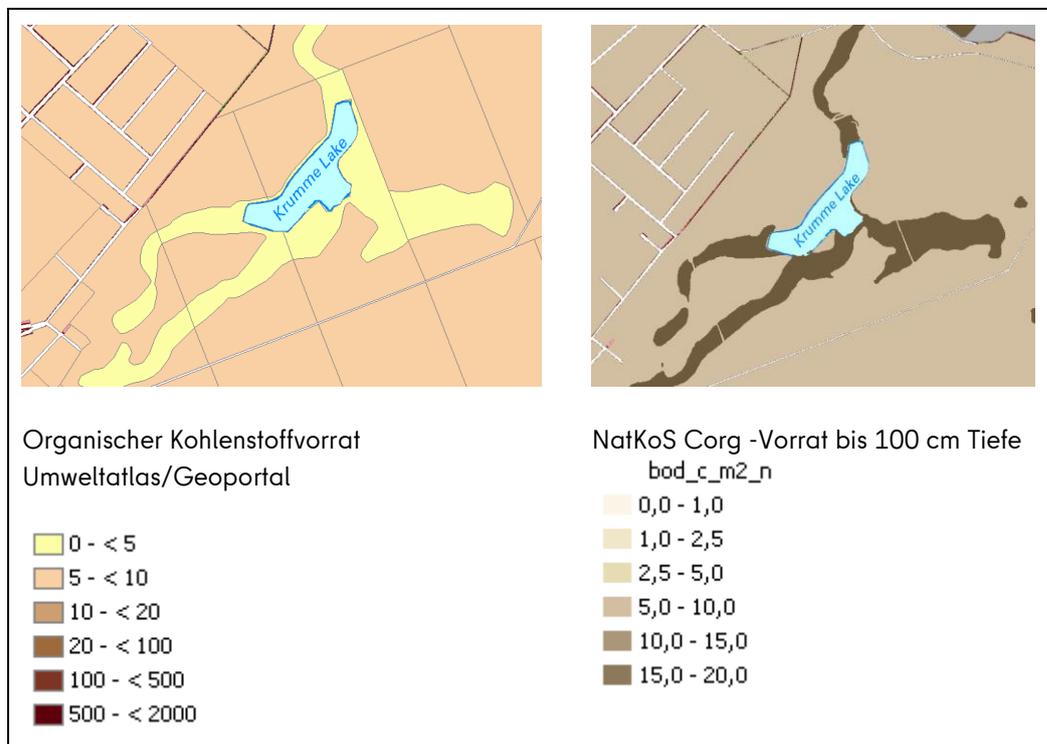


Abb. 4: Beispiel Krumme Lake in Müggelheim mit Kohlenstoffvorräten in kg/km²
(Quelle: SenUMVK II C 33)

Aufgrund des rein nutzungsbasierten Ansatzes, der nicht nach Bodengesellschaft differenziert, spiegeln die in der Karte dargestellten NatKoS-Werte die im Umweltatlas enthaltenen Unterschiede je nach Bodengesellschaft nicht wider. Beim Abgleich der Corg-Vorräte der NatKoS-Aufnahmepunkte mit den Corg-Vorräten des Umweltatlas zeigen sich Unterschiede für die Bodengesellschaften. Für diesen Vergleich wurden die Aufnahmepunkte über ihren Lagebezug mit der Bodengesellschaft und Nutzung des Umweltatlas verknüpft. Das bedeutet nicht, dass vor Ort auch die im Umweltatlas angegebene Bodengesellschaft und Nutzung angetroffen wurde. Die Nutzung passt jedoch i. d. R. gut zusammen, vor allem bei Wald, Park / Grünfläche und Kleingartenanlage (siehe Dokumentation 2). NatKoS weist keine Nutzungsart „Wohnen“ aus, sondern verwendet einen aggregierten Nutzungstyp „Siedlung“. „Ackerland“ und „Grünland“ ist in „Landwirtschaft“ zusammengefasst. Parks und Grünanlagen werden weiter unterteilt in „Rasen / Wiese“ und „Wald / Gehölz“.

Von den 78 Bodengesellschaften im Umweltatlas sind 38 mit NatKoS-Aufnahmepunkten belegt. Die an den NatKoS-Punkten aufgenommene bodensystematische Einheit (bosys_agg) stimmt oft, aber nicht immer, mit der im Umweltatlas ausgewiesenen Bodengesellschaft überein (siehe Nutzungen Wohnen / Siedlung, Park / Grünflächen, Kleingartenanlage, Wald, Landwirtschaft in Dok. 2). Ein Vergleich kann somit nur Anhaltspunkte liefern. Keine Erkenntnisse können für einige Gesellschaften der Gleybraunerden, Auenböden, Nekrosole sowie für viele anthropogene Bodengesellschaften abgeleitet werden, da dort NatKoS-Aufnahmepunkte fehlen (siehe Dok. 2).

Von 819 Fallgestaltungen des Umweltatlas aus Bodengesellschaft und Nutzung sind 66 mit NatKoS-Aufnahmepunkten belegt. Die mit mindestens 10 NatKoS-Punkten repräsentierten Nutzungsarten Park / Grünfläche, Wald, Wohnen und Kleingartenanlage werden im Folgenden näher betrachtet.

Dabei wird aus den NatKoS-Daten die Tiefe 0-30 cm herangezogen, die bei den meisten Nutzungsarten im Umweltatlas mit i. d. R. 0-10 cm besser vergleichbar ist als die Tiefe 0-100 cm ⁽⁴⁾. Die nutzungsspezifischen Bezugstiefen liegen im Umweltatlas i.d.R. bei 0-10 cm und weichen von 30 cm ab. Lediglich in Kleingärten sind die Bezugstiefen in NatKoS und Umweltatlas identisch (30 cm). Aufgrund dessen handelt es sich bei den anderen Nutzungsarten um einen vereinfachenden Vergleich.

Angaben zu Corg-Mengen an NatKoS-Aufnahmepunkten, die sich auf die nutzungsspezifischen Tiefen beziehen, liegen nicht vor und konnten im aktuellen Projekt aus Aufwandsgründen nicht berechnet werden.

Die dargestellten Fallgestaltungen der Abbildungen 5 bis 9 werden häufig durch weniger als 5 NatKoS-Aufnahmepunkte repräsentiert und können daher nur Anhaltspunkte für Abhängigkeiten liefern (vgl. Anzahl in Tabelle 2 der Dok. 2).

Mit Ausnahme der Nutzung Wald handelt es sich um Darstellungen ohne Humusauflagen. Für alle Nutzungen außer Wald zeigen sich keine Unterschiede in den Kohlenstoffvorräten mit und ohne Auflage, da in NatKoS nur für Wald entsprechende Auflagehorizonte effektiv eingerechnet wurden.

⁴ Der Vergleich erfolgte anhand der Inhalte der Tabelle _01_profil_neu in der Datenbank 20200723_natkos_boden_abgabe.accdb. Darin angegeben sind:

- C-Pool [t/ha] des Bodens in 0-30 cm Tiefe (ohne Auflagen)
- C-Pool [t/ha] des Bodens in 30-100 cm Tiefe (ohne Auflagen)
- C-Pool [t/ha] des Bodens von 0-100 cm Tiefe (ohne Auflagen)
- C-Pool [t/ha] des Bodens bis 30 cm Tiefe (mit Auflagen)
- C-Pool [t/ha] des Bodens bis 100 cm Tiefe (mit Auflagen)

Der Vergleich der Corg-Speichermengen an den NatKoS-Aufnahmepunkten mit den im Umweltatlas angegebenen Corg-Mengen zeigt:

Park / Grünfläche: Die 52 Punkte aus NatKoS für 20 Bodengesellschaften zeigen meist um 2-16 kg/m² ⁽⁵⁾ höhere Mittelwerte der Corg-Mengen in 0-30 cm Tiefe als im Umweltatlas für die Tiefe 0-10 cm dargestellt (naturnahe Bodengesellschaften: 1010, 1060, 1070, 1100, 1160, 1164, 2131, 1260, anthropogene Bodengesellschaften: 2470, 2485, 2487, 2500, 2510, 2530, 2540, 2550; vertreten sind sowohl terrestrische als auch semiterrestrische Bodengesellschaften). Nur die Bodengesellschaft 1280 (Auenniedermoor) weist im Umweltatlas mit einer Bezugstiefe von 30 cm deutlich höhere Mengen (14,9 kg/m²) als der NatKoS-Aufnahmepunkt (0,2 kg/m²) auf; dieser ist jedoch ein Lockersyrosem und repräsentiert die Bodengesellschaft nicht. An NatKoS-Punkten (0-30 cm) und im Umweltatlas (0-10 cm) ähnliche Mengen - bei abweichenden Bezugstiefen - finden sich für die anthropogenen Bodengesellschaften 2420 (Nekrosol + Gley-Braunerde-Hortisol + Gley), 2560 (Regosol + Rostbraunerde-Regosol + Gley-Regosol) und 2580 (Regosol + Parabraunerde-Regosol) (s. Abb. 5).

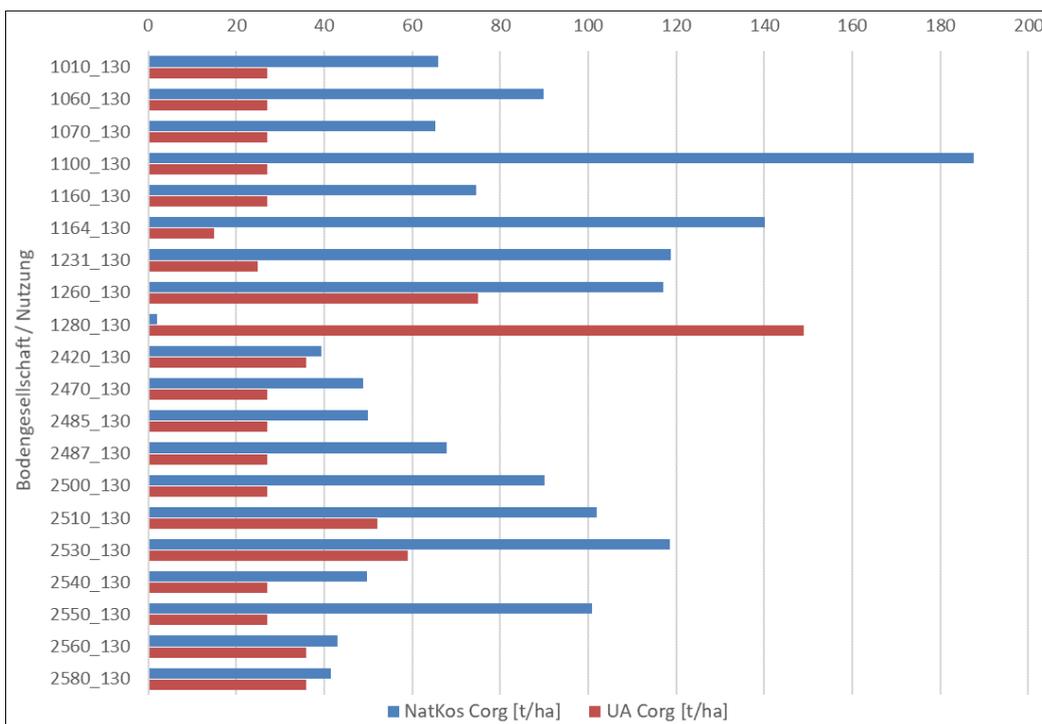


Abb. 5: Corg-Menge in 0-30 cm (ohne Auflagen) an NatKoS-Aufnahmepunkten im Vergleich zu Corg-Menge für Mächtigkeit der Humusschicht 0-10 cm im Umweltatlas - Nutzungstyp Park / Grünfläche (code 130)⁶

⁵ In NatKoS sind Corg-Vorräte in t/ha angegebenen (daher auch in den Abbildungen 5-9 verwendet). Im Text werden - wie im Umweltatlas - Werte in kg/m² angegeben (1 kg/m² = 10 t/ha).

⁶ 1 kg/m² = 10 t/ha

Wald: Die 37 Punkte aus NatKoS für 18 Bodengesellschaften zeigen meist um 1,5-10 kg/m² höhere Mittelwerte der Corg-Mengen in 0-30 cm Tiefe (ohne Auflage [mit Auflage um 10-55 kg/km²]) als im Umweltatlas für die Tiefe 0-10 cm dargestellt (naturnahe Bodengesellschaften: 1040, 1050, 1080, 1150, 1160, 1190, 1300; anthropogene Bodengesellschaft: 2560). Nur die Bodengesellschaften 1010 (Parabraunerde - Sandkeilbraunerde) (Bezugstiefe im Umweltatlas: 10 cm), 1240 (Niedermoor) (Bezugstiefe im Umweltatlas: 100 cm) und 2550 (Aufschüttung Flussuferbereich) (Bezugstiefe im Umweltatlas: 10 cm) weisen im Umweltatlas deutlich höhere Mengen (+ 2 bis 10 kg/m²) als die NatKoS-Aufnahmepunkte auf. An NatKoS-Punkten (0-30 cm) und im Umweltatlas (0-10 cm) ähnliche Mengen zeigen die naturnahen Bodengesellschaften 1020, 1070, 1090, 1100, 1200, und die anthropogenen Bodengesellschaften 2482 und 2580 (siehe Abb. 6).

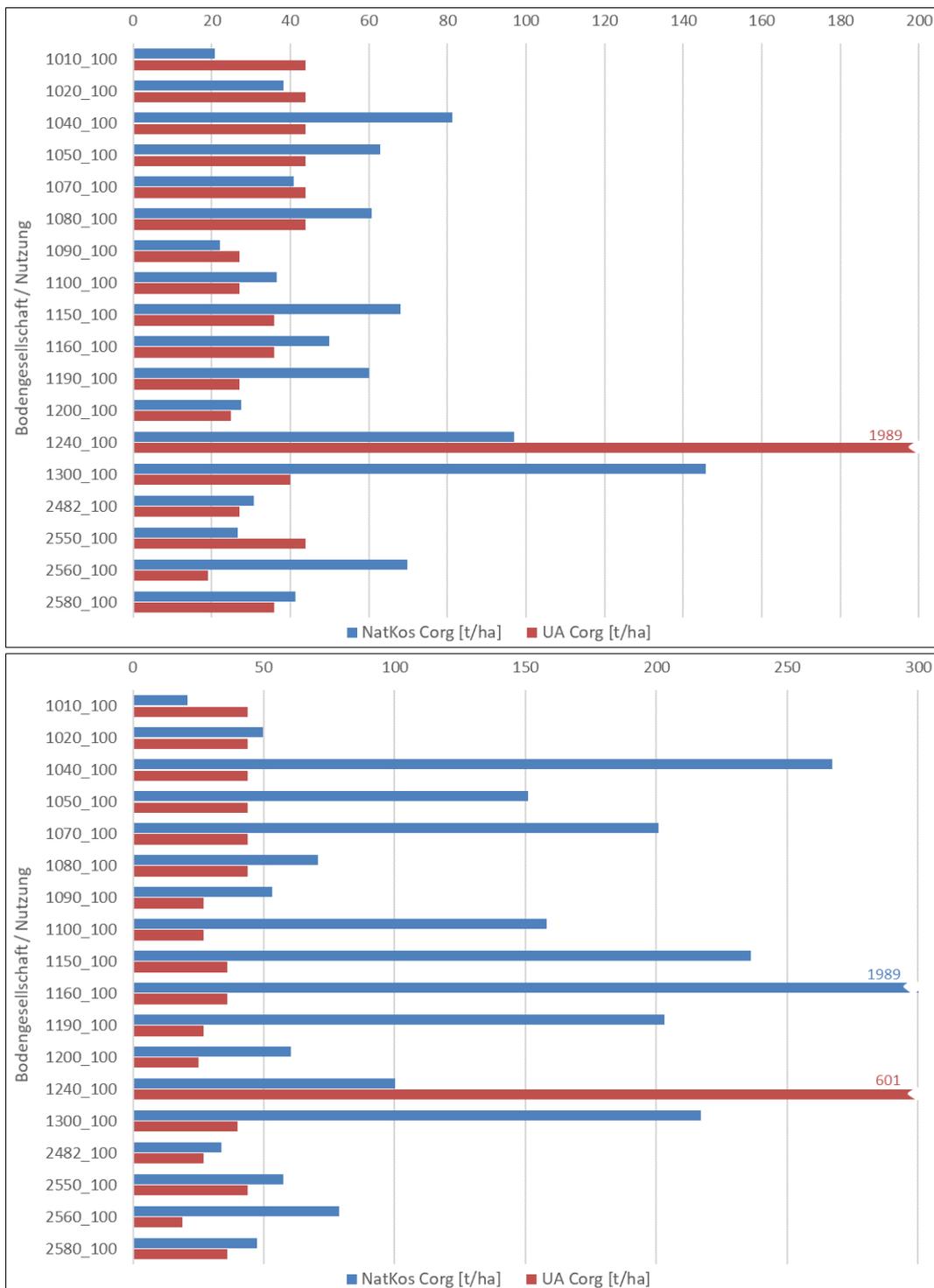


Abb. 6: Corg-Menge in 0-30 cm ohne Auflage (oben) und mit Auflage (unten) an NatKoS-Aufnahmepunkten im Vergleich zu Corg-Menge für Mächtigkeit der Humusschicht 0-10 cm (1240 bis 100 cm) im Umweltatlas - Nutzungstyp Wald (code 100)

Wohnen: Die 33 Punkte aus NatKoS für 9 Bodengesellschaften zeigen zum Teil um 3-6 kg/m² höhere Mittelwerte der Corg-Mengen in 0-30 cm Tiefe als im Umweltatlas für die Tiefe 0-10 cm dargestellt (anthropogene Bodengesellschaften: 2482 Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol, 2485 Regosol + Pararendzina + Hortisol, 2490 Lockersyrosem + Humusregosol + Pararendzina). Nur die Bodengesellschaft 1020 (Braunerde) weist im Umweltatlas etwas höhere Mengen (+ 2 kg/m²) als die NatKoS-Aufnahmepunkte auf. An NatKoS-Punkten (0-30 cm) und im Umweltatlas (0-10 cm) ähnliche Mengen finden sich bei den Bodengesellschaften 1010, 2483, 2484, 2487, 2500) (siehe Abb. 7).

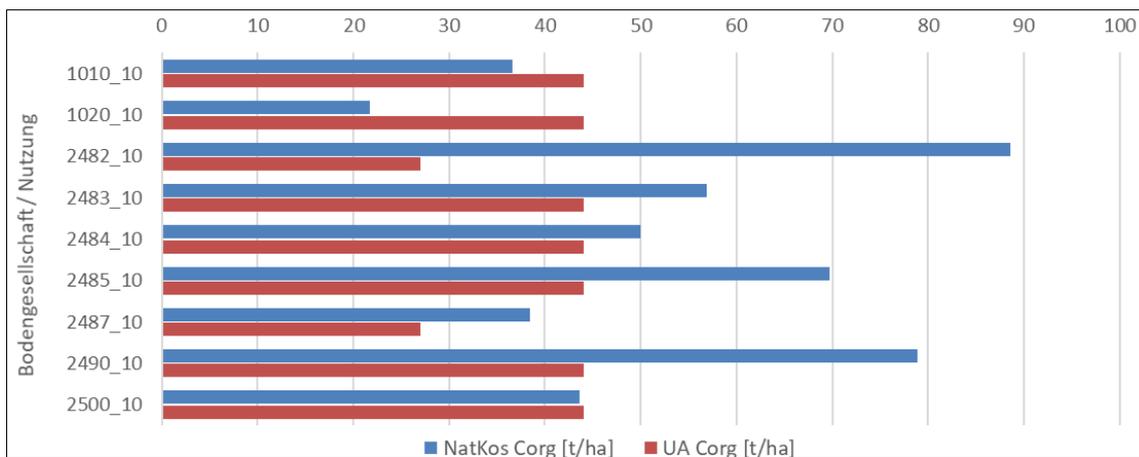


Abb. 7: Corg-Menge in 0-30 cm (mit Auflagen) an NatKoS-Aufnahmepunkten im Vergleich zu Corg-Menge für Mächtigkeit der Humusschicht 0-10 cm (1240 bis 100 cm) im Umweltatlas - Nutzungstyp Wohnen (code 10)

Kleingartenanlage: Die 10 Punkte aus NatKoS für vier Bodengesellschaften zeigen um 5-8 kg/m² geringere Mittelwerte der Corg-Mengen in 0-30 cm Tiefe als im Umweltatlas für die Tiefe 0-30 cm dargestellt (1010, 1160, 1164, 2580) (siehe Abb. 8). Die für die Tiefe 0-100 cm in NatKoS gefundenen Corg-Mengen liegen demgegenüber im Mittel erwartungsgemäß höher, mit Ausnahme der Bodengesellschaft 1164 Vergleyte Braunerde - Gley - vererdetes Niedermoor siehe (Abbildung 9).

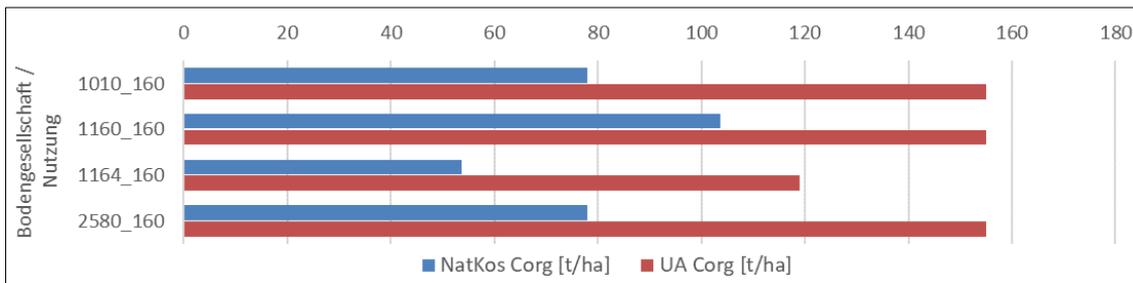


Abb. 8: Corg-Menge in 0-30 cm (ohne Auflagen) an NatKoS-Aufnahmepunkten im Vergleich zu Corg-Menge für Mächtigkeit der Humusschicht 0-30 cm im Umweltatlas - Nutzungstyp Kleingartenanlage (code 160)

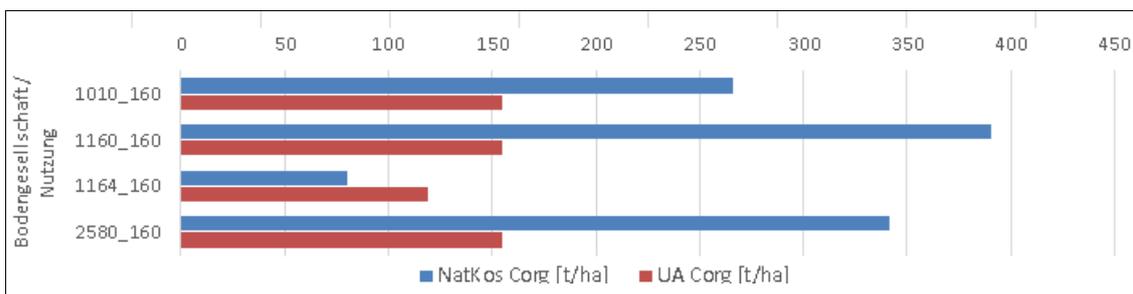


Abbildung 9: Corg-Menge in 0-100 cm (ohne Auflagen) an NatKoS-Aufnahmepunkten im Vergleich zu Corg-Menge für Mächtigkeit der Humusschicht 0-30 cm im Umweltatlas - Nutzungstyp Kleingartenanlage (code 160)

Fazit

Insgesamt wird die **fehlende Vergleichbarkeit von Corg-Mengen in unterschiedlichen Bezugstiefen** deutlich. Bei geringerer Bezugstiefe beziehen die Werte für Corg-Vorräte ein kleineres Bodenvolumen ein und sind gegenüber Werten für eine größere Bezugstiefe dementsprechend geringer. Ein Vergleich für feste Bezugstiefen ist nicht unmittelbar möglich, weil an den NatKoS-Aufnahmepunkten die in den einzelnen Horizonten gemessenen Corg-Gehalte verrechnet wurden und im Umweltatlas ein Corg-Gehalt für die Gesamtmächtigkeit der Humusschicht. Nur bei den Kleingärten sind die Werte unmittelbar vergleichbar und es zeigen sich – im Gegensatz zu den anderen betrachteten Nutzungen – durchweg geringere Corg-Vorräte an den NatKoS-Aufnahmepunkten als im Umweltatlas.

Sichtbar werden an den NatKoS-Aufnahmepunkten jedoch auch die **Unterschiede der Corg-Mengen im Boden zwischen den Bodengesellschaften** (siehe Abb. 5 bis Abbildung 9). Hier ist zu bedenken, dass für die einzelnen Fallgestaltungen aus Bodengesellschaft und Nutzung jeweils nur wenige Aufnahmepunkte vorliegen (1 bis max. 10). Mehr als fünf NatKoS-Aufnahmepunkte sind nur für folgende Fallgestaltungen vorhanden:

- 1010_130 (n=10): Profil-Nr. 98, 99, 117, 134, 216, 217, 233, 234, 235, 236
- 2550_130 (n=6): Profil-Nr.115, 116, 219, 220, 222, 223
- 1160_100 (n=9): Profil-Nr. 25, 26 ,27 ,28 ,29 ,30 ,32 ,33 ,34
- 2487_10 (n=9): Profil-Nr. 69, 70, 79, 80, 94, 108, 109, 304, 305
- 2490_10 (n=8): Profil-Nr.: 62, 63, 64, 65 ,68, 77, 78, 113

Sofern je Umweltatlas-Fallgestaltung (Kombination von Bodengesellschaften und Nutzung, insg. 819) mehr als 5 NatKoS-Aufnahmepunkte zur Verfügung stehen, werden diese als hinreichende Datengrundlage für eine Quantifizierung der Corg-Mengen für Flächen betrachtet. Der Wert von mindestens 5 Aufnahmepunkten je Fallgestaltung ist ein pragmatisch angesetzter Mindestwert, der weit unter den gängigen Anforderungen an die Stichprobenzahl für robuste Hintergrundwerte für Stoffe in Böden liegt. Dafür werden nach LABO (2017)⁷ mindestens 20 Aufnahmepunkte empfohlen. Werden mindestens 20 Punkte als Mindestanforderung angesetzt, ergeben sich für 819 Fallgestaltungen nicht realistisch erreichbare Mindestanzahlen von Aufnahmepunkten (> 16.000). Eine Anzahl von 5 Punkten lässt eine Berechnung von Mittelwerten und Streuungsmaßen zu, so dass damit ein Mindestmaß an Robustheit gegeben ist. Bei weniger Punkten je Fallgestaltung sind die Analysenergebnisse als Einzelwerte zu interpretieren und es sollte auf eine Übertragung auf Flächen verzichtet werden.

Die **NatKoS-Horizontdaten** zeigen darüber hinaus, dass

- auch **unterhalb der nutzungsspezifischen Bezugstiefe**, die im Umweltatlas für Park / Grünfläche, Wald und Wohnen angesetzt wird (10 cm), relevante Corg-Mengen vorliegen, d. h. bis 30 cm und häufig auch in Tiefen zwischen 30 und 100 cm (humose Oberböden z. T. unter Wald, Park / Grünfläche und Siedlung bis 25-35 cm, z. T. bis 80 cm sowie humusreiche Horizonte im Unterboden),
- die **Humusauflagen** unter Wald zusätzlich relevante Corg-Mengen beinhalten (vgl. Abb. 7),

⁷ Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz, LABO (2017): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden. 4. überarbeitete und ergänzte Auflage. https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO_Fassung_HGW_Bericht_02_2017.pdf

- die **TRD** der untersuchten Horizonte zwischen 0,6 und 1,9 g/cm³ liegt; die effektiven Lagerungsdichten dementsprechend bei Ld 1 bis Ld 4,
- die **Grobbodenanteile** i. d. R. < 5 % liegen und in wenigen Fällen bis über 30 %,
- **Mudden und Torfe** an vier NatKoS-Profilen gefunden wurden (pronum 88, 96, 196, 299 mit _02_horiz_neu, hnbod = F* oder H*).

Anhand der Ergebnisse lässt sich nicht klar identifizieren, welcher Datensatz in welchen Teilgebieten, Nutzungskategorien o. ä. - die höhere Validität aufweist. Die Eingangsdaten für die Corg-Mengen aus NatKoS weisen zwar eine höhere Qualität auf als die Umweltatlas-Datengrundlagen. Die Anzahl der Aufnahmepunkte für die Fallgestaltungen aus Bodengesellschaft und Nutzung ist jedoch nur in wenigen Fällen ausreichend, um diese belastbar mit Angaben zu belegen. Es ist nicht möglich, qualifizierte neue Eingangsdaten für Humusgehalte für alle Fallgestaltungen aus Bodengesellschaft und Nutzung zu ermitteln, da nur fünf von 819 Fallgestaltungen mindestens fünf NatKoS Profile beinhalten.

Eine vollständige Prüfung der Qualität der NatKoS-Datengrundlagen ließ sich nicht vornehmen, da dafür die interne statistische Auswertung der HU Berlin inkl. ausgewerteter Substratdaten nicht zur Verfügung stand.

Im Ergebnis wird es nicht als zielführend erachtet, die Datengrundlagen im Umweltatlas so anzupassen, dass die NatKoS-Ergebnisse 1:1 wiedergespiegelt werden. Dadurch käme es zu einer zu starken Verzerrung in der Umweltatlaskarte, zwischen Flächen (Nutzungen), die gut durch NatKoS repräsentiert werden und solchen, die nicht durch NatKoS repräsentiert werden. Daher sollen sich die Daten auf repräsentierten Flächen nur in ihrer Tendenz annähern.

4 ANPASSUNG DER EINGANGSGRÖßEN FÜR DIE BERECHNUNG VON HUMUS- UND CORG-MENGEN

Unter Verwendung der NatKoS- und UEP-Daten werden Eingangsdaten für die Quantifizierung der Humus- und Corg-Mengen in Berliner Böden wie folgt angepasst:

- 1) Anpassung der Mächtigkeit der Humusschicht
 - für Nutzungsarten
 - für humusarme Bodengesellschaften
 - für Bodengesellschaft mit Mooren / Torfen
- 2) Anpassung der Humusgehalte
 - für Nutzungsarten
 - für Bodengesellschaft unter Berücksichtigung des Torfanteils
- 3) Anpassung der Zuordnung von Torfen im Ober- und Unterboden
- 4) Berücksichtigung des Grobbodenanteils
- 5) Anpassung der Humusvorräte unter Wald durch Berücksichtigung der Auflage
- 6) Anpassung der Bodengesellschaft von einzelnen ISU-Polygonen

Grundlage der Anpassungen sind die 236 Punkte der NatKoS-Aufnahme und die 425 Punkte des UEP-Projektes, die aus der Bodendatenbank Berlin eingelesen und über ihre räumliche Lage mit den Flächendaten des Umweltatlas (ISU-Polygone) verknüpft wurden. Anschließend wurden die Humusmächtigkeit und der Humusgehalt für die Bodenhorizonte an den NatKoS- und UEP-Aufnahmepunkten sowie jene der Auflagehorizonte an den NatKoS-Aufnahmepunkten aus den KA 5-Aufnahmebögen gewichtet gemittelt. Grundlage ist dabei die Tabelle 15, S. 112, KA 5, aus der ein gemittelter Humusgehalt aus den KA 5-Wertespannen abgeleitet wurde (vgl. Tab. 3).

Tab. 3: Einstufung des Humusgehalts von Böden (Quelle: KA 5)

KA 5-Humusstufe	Humuswertebereich [M.-%]	Mittlerer Humusgehalt [M.-%] (i. d. R. Klassenmitte)
h0	0	0
h1	> 0 - < 1	0,5
h2	1 - < 2	1,5
h3	2 - < 4	3
h4	4 - < 8	6
h5	8 - < 15	12
h6	15 - < 30	23
h7	≥ 30	30

Nachfolgend ist ein Beispiel für die Ableitung eines gewichtet gemittelten Humusgehalts von 1,95 Masse-% für ein Bodenprofil angegeben:

Horizont-Nr.	Tiefe [dm]	Mächtigkeit [cm]	KA 5-Humusstufe	Gemittelter Humusgehalt [M.-%]
1	0 - 1	10	h3	3
2	1 - 2	10	h4	6
3	2 - 5,5	35	h1	0,5
4	5,5 - 6,5	10	h0	0
Gesamthumusmächtigkeit:		55 cm		
Rechenweg: $(10 \cdot 3 + 10 \cdot 6 + 35 \cdot 0,5) / (10 + 10 + 35) = 1,95$				

Das Ergebnis wurde anschließend in die jeweilige Humusstufe der Tab. 3 mit deren mittlerem Humusgehalt eingeordnet:

1,95 → h2 → 1,5 M.-%

Für die an den NatKoS- und UEP-Profilen ermittelten Werte der Humusmächtigkeit und des Humusgehalts wurden Minimum, Maximum und arithmetischer Mittelwert berechnet und jeweils die Punktzahl für Gruppen angegeben, die aufgrund ihrer Lage in den ISU-Polygonen gebildet wurden, und zwar nach (a) Nutzungs-Bodengesellschaftskombination *NutzboGes*, (b) Nutzung *Nutz* und (c) Bodengesellschaft *BoGes*. Die Ergebnisse sind in der Datei NatKoS-Punktanalyse_TH.xlsx hinterlegt und umfassen neben Humus_dm und Humus-Gehalt auch die Auflagehumusmächtigkeit und den Auflagehumusgehalt.

Die angepassten Eingangsdaten sind in der Datei HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx dokumentiert (siehe Registerblätter HUMUS_DM und HUMUS+HUMUS_REAL). Diese Datei enthält Verweise auf die Datei NatKoS-Punktanalyse_TH.xlsx und ist deshalb im selben Verzeichnis abzulegen.

Bei der Übertragung der statistischen Kennwerte für NatKoS- und UEP-Aufnahmepunkten in neue Werte wurde insgesamt konservativ vorgegangen. Das heißt, hohe NatKoS- und UEP-Werte wurden nicht zwingend 1:1 übernommen. Vielmehr wird davon ausgegangen, dass auch den Bestandsdaten des Umweltatlas 2015 eine Datenbasis mit einer gewissen Vertrauenswürdigkeit zugrunde liegt, so dass Werte dementsprechend beibehalten oder moderat angepasst werden.

Berücksichtigt wurde, inwieweit die ISU-Polygone einer Nutzboges tatsächlich von UEP-Moorflächen abgedeckt werden. Da Werte bei 30 Masse-% Humus aufgrund der defensiven Klassenübertragung $h7=30$ gedeckelt werden, wurden Nutzboges bei UEP = 30 Masse-% Humus gemäß Umweltatlas-Originaldatensatz hinsichtlich des Humusgehalts höher bewertet. Dabei wurde aber auch der Flächenanteil von Mooren gemäß dem KA5-Datensatz der Karte der Bodengesellschaften sowie die Bezeichnung der Moore im Namen der Bodengesellschaft berücksichtigt (z. B. vererdetes Niedermoor \leftrightarrow [eutrophes] Niedermoor).

Im Zuge des UEP-Projektes wurden nicht zwangsläufig alle vererdeten Moore erfasst. Insofern verbleiben Bodengesellschaften, die in ihrem Namen Mooren zugeordnet werden, aber nicht durch kartierte UEP-Moorflächen abgedeckt werden, so wie sie bisher eingeordnet sind.

Im Umweltatlasdatensatz wurde prinzipiell von einer Humusmächtigkeit von 1 dm ausgegangen und dann wurden Ausnahmen in den Datensatz eingearbeitet (Bei 649 von insgesamt 824 Nutzboges ist der Wert von Humus_dm = 1). Der NatKoS-Datensatz zeigt aber, dass das nicht realistisch ist. Auch zeigen sich beispielweise auf dem ehem. Flugfeld Tegel mit verbreiteten Regosolen und (Locker)syrosem im Rahmen aktueller Bodenkartierungen in der Regel Humusmächtigkeiten zwischen 2 und 3 dm. Dem gegenüber steht eine Überschätzung des Humusgehalts in den Umweltatlasdaten für viele Kombinationen aus Bodengesellschaft und Nutzung.

Der Kohlenstoffvorrat wird insbesondere in Parks und im Wald und vermutlich auch in Wochenendkleingartennutzungen im Umweltatlas bisher systematisch unterschätzt. Weiterhin gibt es viele nicht vollständig nachvollziehbare Ausnahmen von Lockersyrosem-Bodengesellschaften oder bestimmten Nutzungen (z. B. Baustelle) mit hohen Kohlenstoffvorräten, die dies aber nicht erwarten lassen. Aus diesen Gründen wurden Anpassungen vorgenommen.

Dazu wurden die nutzungsbezogenen NatKoS- und UEP-Daten für HUMUS_DM und HUMUS_REAL betrachtet (siehe Tab. 4).

Tab. 4: Nutzungsbezogene Humusmächtigkeit und Humusgehalte an NatKoS und UEP-Aufnahmepunkten, zugeordnet nach Lage

ID	Nutzung	NatKoS HU-MUS_DM	UEP HU-MUS_DM	NatKoS HU-MUS_REAL	UEP HU-MUS_REAL	Bewertung der bisherigen Umweltatlas-Daten
		von-bis / Mittelwert (Anzahl)				
10	Wohnnutzungen	1,8-20 / 7,5 (31)	-	0,5-6 / 2,4 (31)	-	in der Tendenz je nach Bodengesellschaft Unterschätzung HUMUS_DM, Überschätzung HUMUS_REAL
21	Mischnutzungen	-	-	-	-	unterschiedlich je nach Bodengesellschaft
30	Kerngebietenutzungen	-	-	-	-	relativ geringe Werte für HUMUS_DM realistisch, HUMUS_REAL unterschiedlich
40	Gewerbe- und Industrienutzung, großflächiger Einzelhandel	-	-	-	-	relativ geringe Werte für HUMUS_DM und HUMUS_REAL realistisch
50	Gemeinbedarfs- und Sondernutzungen	4,5-20 / 12,8 (5)	-	1,5-6 / 3 (5)	-	in der Tendenz je nach Bodengesellschaft Unterschätzung HUMUS_DM
60	Ver- und Entsorgungseinrichtungen	-	-	-	-	relativ geringe Werte meist realistisch, aber zum Teil unterschiedlich
70	Wochenendhäuser und kleingartenähnliche Nutzungen	-	3-7,5 / 5,9 (3)	-	23-30 / 27,7 (3)	in der Tendenz je nach Bodengesellschaft Unterschätzung HUMUS_DM
80	Verkehrsflächen	-	-	-	-	relativ geringe Werte für HUMUS_DM und HUMUS_REAL realistisch
90	Baustelle	-	-	-	-	relativ geringe Werte für HUMUS_DM und HUMUS_REAL realistisch
100	Wald	0,8-12 / 5 (37)	0-126 / 22 (216)	0,5-12 / 2,4 (37)	0-30 / 28,8 (216)	relativ geringe Werte für HUMUS_DM zumeist nicht realistisch
121	Grünland	11 (1)	3-50,5 / 16,3 (55)	23 (1)	3-30 / 27,7 (55)	relativ geringe Werte für HUMUS_DM zumeist nicht realistisch, teilweise Überschätzung HUMUS_REAL
122	Ackerland	2,8-10,7 / 7,8 (6)	-	0,5-1,5 / 1 (6)	-	in der Tendenz je nach Bodengesellschaft Unterschätzung HUMUS_DM

ID	Nutzung	NatKoS HU-MUS_DM von-bis / Mittelwert (Anzahl)	UEP HU-MUS_DM von-bis / Mittelwert (Anzahl)	NatKoS HU-MUS_REAL von-bis / Mittelwert (Anzahl)	UEP HU-MUS_REAL von-bis / Mittelwert (Anzahl)	Bewertung der bisherigen Umweltatlas-Daten
130	Park / Grünfläche	0,9-12 / 6 (52)	1-85 / 24,7 (80)	0,5-30 / 3,1 (52)	12-30 / 28,5 (80)	meist je nach Bodengesellschaft Unterschätzung HUMUS_DM, aber HUMUS_REAL realistisch
140	Stadtplatz / Promenade	-	-	-	-	relativ geringe Werte für HU- MUS_DM HUMUS_REAL realis- tisch
150	Friedhof	-	-	-	-	relativ geringe Werte für HU- MUS_DM zumeist nicht realis- tisch, HUMUS_REAL aber realis- tisch
160	Kleingärten	4,5-13 / 8,9 (10)	-	0,5-6 / 2,8 (10)	-	relativ geringe Werte für HU- MUS_DM zumeist nicht realis- tisch, HUMUS_REAL aber realis- tisch
171	Brachfläche, vegetations- frei	-	-	-	-	relativ geringe Werte für HU- MUS_DM und HUMUS_REAL re- alistisch
172	Brachfläche, wiesenartiger Vegetations- bestand	6,5 (1)	10-76,5 / 30,8 (7)	3 (1)	30 (7)	relativ geringe Werte für HU- MUS_DM und HUMUS_REAL re- alistisch
173	Brachfläche, Mischbestand aus Wiesen, Gebüsch und Bäumen	6,8-8 / 7,4 (2)	3-72,5 / 15,7 (54)	1,5 (2)	12-30 / 28,2 (54)	meist je nach Bodengesellschaft Unterschätzung HUMUS_DM, aber HUMUS_REAL realistisch
190	Sportnutzun- gen	-	-	-	-	relativ geringe Werte für HU- MUS_DM und HUMUS_REAL re- alistisch
200	Baumschule, / Gartenbau	4,2-11 / 7,6 (4)	-	0,5-6 / 3,1 (4)	-	meist je nach Bodengesellschaft Unterschätzung HUMUS_DM, aber HUMUS_REAL realistisch

Diese Erkenntnisse sind in die Anpassung von Humus_dm und Humus bzw. Humus_real eingeflossen, die in den Abschnitten 4.1 und 4.2 beschrieben wird. Abschließend wurde im Zuge einer Kontrolle geprüft, ob sich bestimmte Nutzboges im Ergebnis des berechneten Kohlenstoffvorrates weit abseits (> 2-facher Wert in kg/m²) der Daten von Umweltatlas und NatKoS befinden. Diese Bodengesellschaften wurden dann nochmals einzeln betrachtet und nach Möglichkeit angepasst.

Von der HU Berlin konnten während der Laufzeit des Projektes keine Ergebnisse der im NatKoS-Projekt durchgeführten nutzungsdifferenzierten statistischen Auswertung bereitgestellt werden (angefragt waren insbesondere nutzungsdifferenzierte Corg-Gehalte und Dichten in

den Oberböden der Aufnahmepunkte), so dass auf die beschriebenen, vereinfacht abgeleiteten Vorschläge zurückgegriffen werden musste.

4.1 Mächtigkeit der Humusschicht - Humus_dm

Die Zuordnung der Humusmächtigkeit erfolgte im Regelfall nach Nutzung. Je nach Bodengesellschaft und NatKoS- / UEP-Datengrundlagen wurden Ausnahmen nach oben und unten zugelassen. Den Ausnahmen nach unten (1 dm) liegen Annahmen für humusarme Bodengesellschaften zugrunde. Den Ausnahmen nach oben (> 3 dm) liegen neben den NatKoS-Daten vor allem die Moore der UEP-Daten zugrunde. Darüber hinaus werden Werte im Einzelfall angepasst.

4.1.1 Nutzungsarten

In Tab. 5 werden die an den NatKoS- und UEP-Aufnahmepunkten gefundenen Mächtigkeiten von Horizonten unterschiedlicher Humusgehalte der bisher im Umweltatlas angesetzten Mächtigkeit der Humusschicht (Humus_dm) für Nutzungsarten (S. 43 in Dokumentation Bodendatenbank) gegenübergestellt. Aus der Gegenüberstellung wurden in Abstimmung mit SenUMVK II C neue Werte für Humus_dm abgeleitet und für die Verwendung im Umweltatlas festgelegt. Diese wurden dann für humusarme Bodengesellschaften sowie für Bodengesellschaften mit Mooren / Torfen wiederum angepasst (siehe unten).

Tab. 5: Nutzungsbezogene Anpassung der Mächtigkeit humusreicher Horizonte auf Basis von NatKoS- und UEP-Aufnahmepunkten

Nutzung Umweltatlas		NatKoS-Profile zugeordnet nach der bei der Aufnahme vor Ort angetroffenen Nutzung					NatKoS-Profile zugeordnet nach der Nutzung des ISU-Polygons	UEP-Profile zugeordnet nach der Nutzung des ISU-Polygons	Umweltatlas Mächtigkeit der Humusschicht Humus_dm		Begründung
		Anz.*	h0 (0 M.-% Humus)	h0 - h1 (< 1 M.-% Humus)	h0 - h2 (< 2 M.-% Humus)	Max. Tiefe humose Horizonte****			Humusmächtigkeit in dm von-bis / Mittelwert (Anzahl)	bisher verwendet	
10	Wohnnutzung	27**	ab Tiefen von 2-14 dm, meist ab 2-6 dm	ab Tiefen von 0,3-5 dm, meist ab 2-3,5 dm	ab Tiefen von 0-5 dm, meist ab 1-2 dm	0,7-20 dm, meist 2-5 dm	1,8-20 / 7,5 (31)	-	1	2	Bisheriger Wert zu gering. NatKoS zeigt Mächtigkeiten >2 dm. Verdopplung als moderate Anpassung.
21	Mischnutzung	0	-	-	-	-	-	-	1	2	Analogieschluss aufgrund der Mächtigkeiten >2 dm unter Wohnnutzung
30	Kerngebietsnutzung	0	-	-	-	-	-	-	1	1	beibehalten (keine NatKoS/UEP-Daten)
40	Gewerbe- und Industrienutzung, großflächiger Einzelhandel	0	-	-	-	-	9 (1)	-	1	1	beibehalten (zu wenige NatKoS-Daten)
50	Gemeinbedarfs- und Sondernutzung	0	-	-	-	-	4,5-20 / 12,8 (5)	-	1	2	Bisheriger Wert zu gering. NatKoS zeigt an 5 Punkten Mächtigkeiten >10 dm. Verdopplung als moderate Anpassung.
60	Ver- und Entsorgungseinrichtungen	0	-	-	-	-	10-18,5 / 14,3 (2)	-	1	1	beibehalten (zu wenige NatKoS-/UEP-Daten)

Nutzung Umweltatlas		NatKoS-Profile zugeordnet nach der bei der Aufnahme vor Ort angetroffenen Nutzung					NatKoS-Profile zugeordnet nach der Nutzung des ISU-Polygons	UEP-Profile zugeordnet nach der Nutzung des ISU-Polygons	Umweltatlas Mächtigkeit der Humusschicht Humus_dm		Begründung
		Anz.*	h0 (0 M.-% Humus)	h0 - h1 (< 1 M.-% Humus)	h0 - h2 (< 2 M.-% Humus)	Max. Tiefe humose Horizonte****			Humusmächtigkeit in dm von-bis / Mittelwert (Anzahl)	bisher verwendet	
70	Wochenendhaus- und kleingartenähnliche Nutzung	0	-	-	-	-	-	3-7,5 / 5,9 (3)	1	2	Bisheriger Wert zu gering. NatKoS zeigt Mächtigkeiten >3 dm. Verdopplung als moderate Anpassung
80	Verkehrsfläche (ohne Straßen) / Straßenraum VS/VK	80	ab Tiefen von 0,2-4 dm, meist ab 1-2 dm	ab Tiefen von 0,2-4 dm, meist ab 1-1,5 dm	ab Tiefen von 0-3 dm, meist ab 0,5-1 dm	0,3-5,5 dm, meist 1-3 dm	-	-	1	1	beibehalten, da NatKoS Mächtigkeiten > h1 von meist 1-1,5 dm zeigen.
90	Baustelle	0	-	-	-	-	-	-	1	1	beibehalten (zu wenige NatKoS/UEP-Daten)
100	Wald	36	ab Tiefen von 0,8-11 dm, meist ab 2-7 dm	ab Tiefen von 0,6-11 dm, meist ab 1,5-3 dm	ab Tiefen von 0-11 dm, meist ab 0,8-1,5 dm	0,3-6 dm, meist 0,8-2,5 dm	0,8-12 / 5 (37)	0-126 / 22 (216)	1	2	Bisheriger Wert zu gering. NatKoS zeigt Mächtigkeiten >1 dm. Verdopplung als moderate Anpassung.
121	Grünland	6	ab Tiefen von 3,5-8 dm	ab Tiefen von 2,7-10 dm, meist ab 3,5-7 dm	ab Tiefen von 0-10 dm, meist ab 3-7 dm	1,5-3,5 dm, meist 3 dm	11 (1)	3-50,5 / 16,3 (55)	2 oder 3	3	Bisheriger Werte 2 zu gering. NatKoS zeigt Mächtigkeiten von > 3 dm, so auch UEP.
122	Ackerland	5	ab Tiefen von 5 dm, kommt nur an einem Profil (ID 30) vor	ab Tiefen von 3-11 dm, meist ab 4-8 dm	ab Tiefen von 0-11 dm, meist ab 3-7 dm	2-4 dm, meist 3 dm	2,8-10,7 / 7,8 (6)	-	3	3	beibehalten, da NatKoS mit Nutzung vor Ort Mächtigkeiten von meist 3 dm zeigen.
130	Park / Grünfläche	54	ab Tiefen von 0,3-11 dm, meist ab 4-7 dm	ab Tiefen von 0,3-8 dm, meist ab 2-4,5 dm	ab Tiefen von 0-8 dm, meist ab 1,5-4,5 dm	0,4-9 dm, meist 2-4,5 dm	0,9-12 / 6 (52)	1-85 / 24,7 (80)	1	2	Bisheriger Wert zu gering. NatKoS/UEP zeigen Mächtigkeiten >4 dm. Verdopplung als moderate Anpassung.

Nutzung Umweltatlas		NatKoS-Profile zugeordnet nach der bei der Aufnahme vor Ort angetroffenen Nutzung					NatKoS-Profile zugeordnet nach der Nutzung des ISU-Polygons	UEP-Profile zugeordnet nach der Nutzung des ISU-Polygons	Umweltatlas Mächtigkeit der Humusschicht Humus_dm		Begründung
		Anz.*	h0 (0 M.-% Humus)	h0 - h1 (< 1 M.-% Humus)	h0 - h2 (< 2 M.-% Humus)	Max. Tiefe humose Horizonte****			Humusmächtigkeit in dm von-bis / Mittelwert (Anzahl)	bisher verwendet	
140	Stadtplatz / Promenade						-	-	1	1	beibehalten (keine NatKoS-/UEP-Daten)
150	Friedhof	0	-	-	-	-	-	-	1	2	Analogieschluss aufgrund der Mächtigkeiten > 4 dm unter Parks / Grünflächen (moderate Anpassung)
160	Kleingärten	9***	ab Tiefen von 7-11 dm, meist ab 7-9 dm	ab Tiefen von 4-11 dm, meist ab 5,5-7 dm	ab Tiefen von 1-11 dm, meist ab 4,5-7 dm	1-5,5 dm, meist 2,5-5,5 dm	4,5-13 / 8,9 (10)	-	3	4	Bisheriger Wert zu gering. NatKoS zeigt Mächtigkeiten > 3 dm. Erhöhung auf 4 als moderate Anpassung.
171	Brachfläche, vegetationsfrei	0	-	-	-	-	-	-	1	1	beibehalten (keine NatKoS-/UEP-Daten)
172	Brachfläche, wiesenartiger Vegetationsbestand						6,5 (1)	10-76,5 / 30,8 (7)	1	2	Bisheriger Wert zu gering. UEP-Punkte deuten auf Mächtigkeiten > 1 dm hin. Verdopplung auf 2 als moderate Anpassung.
173	Brachfläche, Mischbestand aus Wiesen, Gebüsch und Bäumen						-	3-72,5 / 15,7 (54)	1	2	Bisheriger Wert zu gering. UEP-Punkte deuten auf Mächtigkeiten > 1 dm hin. Verdopplung auf 2 als moderate Anpassung.
190	Sportanlage	1	ab Tiefe von 6,3 dm	ab Tiefe von 2,5 dm	ab Tiefe von 0 dm	5,1 dm	-	-	1	1	beibehalten (zu wenige NatKoS-/UEP-Daten)

Nutzung Umweltatlas		NatKoS-Profile zugeordnet nach der bei der Aufnahme vor Ort angetroffenen Nutzung					NatKoS-Profile zugeordnet nach der Nutzung des ISU-Polygons	UEP-Profile zugeordnet nach der Nutzung des ISU-Polygons	Umweltatlas Mächtigkeit der Humusschicht Humus_dm		Begründung
		Anz.*	h0 (0 M.-% Humus)	h0 - h1 (< 1 M.-% Humus)	h0 - h2 (< 2 M.-% Humus)	Max. Tiefe humose Horizonte****			Humusmächtigkeit in dm von-bis / Mittelwert (Anzahl)	bisher verwendet	
200	Baumschule	0	-	-	-	-	4,2-11 / 7,6 (4)	-	3	4	Bisheriger Wert zu gering. NatKoS-Punkte deuten auf Mächtigkeiten > 3 dm hin. Erhöhung auf 4 als moderate Anpassung.

* Die Anzahl der Profile bezieht sich hier auf die bei der NatKoS-Aufnahme angetroffene und im Feld „nutz_agg“ angegebene Nutzung und kann daher von der Anzahl in den Balkendiagrammen oben abweichen. Für die Balkendiagramme wurde die Nutzung der ISU-Fläche, in der die NatKoS-Aufnahme liegt, herangezogen.

** In NatKoS wird die Nutzung „Wohnen“ nicht verwendet. Daher wurden hier alle Aufnahmepunkte mit NatKoS-Nutzung = „S Siedlung“ und Nutzungsart = „NG [...] Hausgarten“ innerhalb der ISO-Polygone mit Nutz = „10 Wohnnutzung“ ausgewählt.

*** Neben den mit nutz_agg = KG gekennzeichneten Profilen liegen 16 anthropogen überprägte Profile mit nutz_agg = „S Siedlung“ und „nutz“ = „NG Kleingartenanlage, Hausgarten, Gartenland“ vor. Davon sind 12 in der Gruppe „Wohnen“ mitausgewertet worden, da sie in ISU-Flächen mit Wohnbebauung liegen. Die restlichen 4 Profile werden hier nicht mehr gesondert betrachtet.

**** horiz1 = „*h**“ oder „*p**“

4.1.2 Humusarme Bodengesellschaften

Bei bestimmten Bodengesellschaften werden - abweichend von den nutzungsbezogenen Werten der Tabelle 3 - geringere Mächtigkeiten der humosen Horizonte angenommen, d. h. es wird jeweils nach Prüfung der einzelnen Fallkonstellation aus Bodengesellschaft und Nutzung ein Humus_dm von 1 dm eingesetzt. Den Ausnahmen nach unten liegen humusarme Bodengesellschaften zugrunde, wobei diese bei bestimmten Nutzungen wiederum von einer Verringerung ausgenommen sein können.

Als humusarm werden folgende Bodengesellschaften angesehen:

- Bodengesellschaften auf Dünen:
 - 1080 Fahlerde - Sandkeilrostbraunerde - Rostbraunerde auf Düne auf Grundmoränenhochfläche aus Geschiebemergel
 - 1090 Podsol-Braunerde - Podsol - kolluviale Rostbraunerde auf Düne aus Feinsand
 - 1100 Podsol-Braunerde - Rostbraunerde - kolluviale Rostbraunerde auf Düne aus Feinsand
 - 1190 Podsol-Braunerde - vergleyte Rostbraunerde auf Flugsandfeld auf Talsandfläche
 - 1200 Rostbraunerde - Podsol-Gley - oligotrophes Übergangsmoor
 - 3020 Podsol - Rostbraunerde - kolluviale Rostbraunerde auf (Sammelgesellschaft der Dünen ohne angrenzendes Moor), Düne aus Feinsand
- Humusarme Bodengesellschaften mit Lockersyrosem, Pararendzinen und Regosolen:
 - 2430 Lockersyrosem + Braunerde / Rostbraunerde + Gley auf Truppenübungsplatz auf Talsandfläche (mit Düne)
 - 2440 Lockersyrosem + Braunerde / Rostbraunerde + Rostbraunerde auf Truppenübungsplatz auf (Sander über) Moränenfläche aus geschiebehaltigem Sand
 - 2441 Pararendzina + Regosol + Lockersyrosem auf Truppenübungsplatz auf (Sander über) Moränenfläche aus geschiebehaltigem Sand und Trümmer- und Bauschutt
 - 2450 Lockersyrosem (Rohboden) auf Tagebau aus Kames bzw. (Sander über) Moränensanden
 - 2460 Lockersyrosem + Lockersyrosem-Gley + Protopedon auf Tagebau auf Talsandfläche
 - 2470 Syrosem + Kalkregosol + Pararendzina auf Gleisanlage auf Aufschüttungs- und Abtragungsfläche
 - 2481 Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol auf Siedlungsfläche, zum Teil auf Aufschüttung

- 2482 Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol auf Siedlungsfläche auf ehemaligen Rieselfeldern, zum Teil auf Aufschüttung
- 2487 Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol auf Siedlungsfläche auf Talsand, zum Teil auf Aufschüttung
- 2488 Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol auf Siedlungsfläche auf Geschiebesand, zum Teil auf Aufschüttung
- 2489 Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol auf Siedlungsfläche auf Geschiebemergel, zum Teil auf Aufschüttung
- 2490 Lockersyrosem + Humusregosol + Pararendzina auf dichte Innenstadtbebauung, im Krieg nicht zerstört, auf Aufschüttung
- 2500 Lockersyrosem + Regosol + Pararendzina auf Innenstadt, auf Aufschüttung
- 2510 Pararendzina + Kalkregosol + Lockersyrosem auf Trümmerberg, Bauschuttdeponie und Verfüllung
- 2530 Reduktosol + Lockersyrosem + Regosol auf Mülldeponie (überwiegend Hausmüll)
- 2540 Lockersyrosem + Regosol + Pararendzina auf Industrie auf Aufschüttungs- bzw. Abtragungsfläche
- 2560 Regosol + Rostbraunerde-Regosol + Gley-Regosol auf eingeebnetes Rieselfeld auf Geschiebesand
- 2580 Regosol + Parabraunerde-Regosol auf eingeebnetes Rieselfeld auf Geschiebemergel
- 2590 Regosol + Rostbraunerde-Regosol + Gley-Regosol auf eingeebnetes Rieselfeld auf Talsand / Sandersand
- 7777 Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol auf Siedlungsfläche auf Flugsand, zum Teil auf Aufschüttung

Aufgrund der angenommenen Pflug- bzw. Bearbeitungstiefe und den nutzungsbezogenen Mächtigkeiten an den NatKoS- und / oder UEP-Aufnahmepunkten werden bei den vorangehend aufgeführten Bodengesellschaften unter 121 Ackerland und 160 Kleingärten jeweils 3 dm und unter 200 Baumschule 4 dm eingesetzt. Auch unter 70 Wochenendhaus- und kleingartenähnliche Nutzung und 150 Friedhof-Nutzung wurde im Einzelfall auf eine Anpassung der Humusmächtigkeit nach unten verzichtet.

Die einzelnen Anpassungen können in der Datei HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx, Register HUMUS_DM über das Feld Y Gruppe_Eingangsdaten_Humus_dm, Filter auf „humusarme Boges“ nachvollzogen werden.

4.1.3 Bodengesellschaften mit Mooren / Torfen

Bisher wurde beim Bestehen von Mooren in einer Bodengesellschaft kombiniert mit den Nutzungen Ruderalflächen, Wald, Wiese sowie Park / Grünfläche die Tiefen entsprechend dem Auftreten von Torfen im Unterboden erweitert (siehe Tabelle 2.5.1, S. 43 in Dokumentation Bodendatenbank). Dort, wo sich aus dem UEP-Moorprojekt Hinweise auf eine höhere Moormächtigkeit als die nutzungsspezifische Humusmächtigkeit ableiten lassen, wurden nun die Tiefen entsprechend dem Auftreten von Torfen im Unterboden erweitert.

Insgesamt wurden 276 ISU-Polygone im Bereich der UEP-Moorkartierungen als „NatKoS-Moore“ hinsichtlich ihrer Geometrien und Bodengesellschaften im Umweltatlas integriert. Davon überschneiden sich rund 220 Polygone mit ihrem überwiegenden Flächenanteil mit dem kartierten Moor, in ca. 30 Polygonen finden sich Klein-Vorkommen (< 200 m Durchmesser) und ca. 20 Polygone überschneiden sich nur geringfügig an ihren Außengrenzen mit Mooren.

Inwiefern eine Veränderung der angepassten Mächtigkeit der Humusschicht (Humus_dm) nach Bodengesellschaft und Nutzung für Moore / Torfe sinnvoll ist, wurde anhand von 418 UEP-Aufnahmepunkten sowie anhand von 236 NatKoS-Aufnahmepunkte geprüft (siehe NatKoS-Punktanalyse_TH.xlsx). Hinsichtlich der Flächenrepräsentanz wurden die NatKoS- und UEP-Punktdateien sowie die UEP-Flächendaten visuell mit den betreffenden ISU-Polygonen abgeglichen. Für Flächen, die durch NatKoS und UEP nicht ausreichend repräsentiert waren, wurden die WFS- / WMS-Datensätze zum DGM1, zum Grundwasserflurabstand sowie die Geologische Karte (1:25.000) hinzugezogen. Dadurch konnte abgeschätzt werden, inwieweit die UEP-Daten ungeachtet der effektiven Überlagerung in ihren Werten repräsentativ für die jeweiligen ISU-Flächen sind. Die Hauptkriterien für die Einordnung wurden in der Datei HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx dokumentiert. Es wurde darauf geachtet, Werte zu finden, die im Mittel die gesamte Fläche des ISU-Polygons repräsentieren und sich weitestgehend im Mittel zwischen Umweltatlas und NatKoS befinden. Die Ergebniserarbeitung erfolgte auf Basis der bestehenden Geometrie der ISU-Polygone. Im Zuge der Auswertung wurden einzelne Polygone anderen Bodengesellschaften zugeordnet, wenn sich aus dem UEP-Projekt Hinweise darauf ergeben haben (siehe Kap. 4.6).

Erkenntnisse aus den UEP-Aufnahmepunkten über deutlich höhere Mächtigkeiten oder über Analogieschlüsse aus den nutzungsbezogenen NatKoS-Daten wurden für folgende Bodengesellschaften abgeleitet:

- 1022 Rostbraunerde - Parabraunerde - vererdetes Niedermoor auf sandige Beckenfüllung auf Hochfläche und Talsand über Mergel mit Torf
- 1164 Vergleyte Braunerde - Gley - vererdetes Niedermoor auf Talsandfläche aus Mittel- und Feinsand
- 1180 Rostbraunerde - Hanggley - Kalkhangmoor auf End- bzw. Stauchmoräne aus geschiebehaltigem Sand mit eingelagertem Mergel

- 1231 Rostbraunerde - Hanggley - Kalkhangmoor auf End- bzw. Stauchmoräne aus geschiebehaltigem Sand mit eingelagertem Mergel
- (1240 Vergleyte Rostbraunerde - Kalkgley - vererdetes Niedermoor auf Niederung in Talsandfläche mit Flachmoortorf → Eiskeller / alle Polygone werden zu BGS 1150 überführt)
- 1250 Rostbraunerde-Gley - Anmoorgley - mesotrophes Niedermoor auf Toteissenke in Talsandfläche
- 1251 Niedermoor - Moorgley - Podsol-Gley auf Toteissenke in Grundmoränenhochfläche
- 1260 Vererdetes (Auen-) Niedermoor auf (Fluss-) Niederung mit Flachmoortorf in Talsandfläche
- 1270 Vererdetes (Auen-) Niedermoor - vererdeter Anmoorgley - Gley auf glazifluviale Schmelzwasserrinne aus Sand (in Geschiebemergelhochfläche) mit Niedermoortorf
- 1280 Eutrophes Auenniedermoor - Auenanmoorgley - Gley-Rostbraunerde auf glazifluviale Rinne aus Sand mit Niedermoortorf
- 1290 Rostbraunerde - Kolluvium / fossiler Gley - vererdetes Niedermoor auf glazifluviale Schmelzwasserrinne aus geschiebehaltigem Sand
- 1300 Rostbraunerde - Naßgley / Niedermoor - vererdetes Übergangsmoor auf glazifluviale Schmelzwasserrinne aus geschiebehaltigem Sand
- 1320 Auengley - Auennassgley - eutrophes Auenniedermoor auf Flussniederung in Talsandfläche mit Flachmoortorf
- 1330 Kolluviale Braunerde - eutrophes Auenniedermoor - Gytija auf hangbeeinflusste Flussaue aus geschichteten Sanden
- 3030 Auengley - Auenniedermoor auf (Sammelgesellschaft der Flussaue mit Torf), Flussaue aus geschichteten Sanden

Die einzelnen Fallkonstellationen aus Bodengesellschaft und Nutzung, für die abweichend von den nutzungsbezogenen Werten der Tabelle 3 - höhere Mächtigkeiten der humosen Horizonte angenommen werden, sind in Dokumentation 3 aufgeführt. In Moor-Bodengesellschaften mit Baumschulennutzung (200) wird eine Humusmächtigkeit von 5 dm eingesetzt, sofern der Flächenanteil der moorigen Bodentypen bei > 50 % liegt. In einigen Fällen wurden die bisher im Umweltatlas verwendeten Werte für Humus_dm beibehalten, sofern dies plausibel erschien.

Aus der in der Tabelle HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx durchgeführten Prüfung wurden neue nutzungs- und bodengesellschaftsbezogene Einträge für Humus_dm für Bodengesellschaften mit Mooren / Torfen abgeleitet und begründet (Auswahl über Feld Y Gruppe_Eingangsdaten_Humus_dm = Moore / Torfe, siehe Felder HUMUS_DM_NEU und Begründung_Humus_dm). Diese können dann auch in die Dokumentation der Bodendatenbank (Tabelle 2.5.1, S. 43) aufgenommen werden und wurden im Rahmen der Prozessierung in der Tabelle g_nutzboges der Bodendatenbank eingetragen (siehe Kap. 5).

4.1.4 Einzelfälle

In einzelnen Nutzboges wurde der bisherige Wert für Humus_dm beibehalten, sofern er von den nutzungsbezogenen Werten abweicht und dies aufgrund der Angaben der Bodengesellschaft und den Flächenanteilen des jeweils charakterisierenden Bodentyps begründet erschien:

- 1070_190 mit 3 dm statt 1 dm
- 1130_130 mit 3 dm statt 1 dm
- 1131_171 mit 3 dm statt 1 dm
- 2470_70 mit 3 dm statt 2 dm

Weiterhin wurden aufgrund von Erkenntnissen aus bodenkundlichen Kartierungen auf dem ehemaligen Flugfeld Tegel (1160_172), auf den Flächen des Tempelhofer Felds (2489_130) sowie auf den Flächen des Tiergartens und verschiedener anderer Parks (1160_130) die Humusmächtigkeiten auf 2 dm gesetzt. Die Anpassungen sind für jede Kombination aus Bodengesellschaft und Nutzung in der Datei HUMUS-ERMITTLUNG.xlsx dokumentiert.

4.2 Humusgehalte - Humus und Humus_real

Die Zuordnung der Humusgehalte erfolgt im Regelfall nach Nutzung, jedoch werden hier - häufiger als bei der Humusmächtigkeit - je nach Bodengesellschaft und NatKoS- / UEP-Datengrundlagen Ausnahmen nach oben und unten zugelassen. Den Ausnahmen nach unten liegen ebenfalls wieder Annahmen für humusarme Bodengesellschaften zugrunde. Den Ausnahmen nach oben liegen wiederum vor allem die UEP-Daten zugrunde. Darüber hinaus wurden Werte im Einzelfall angepasst.

4.2.1 Nutzungsarten

Geprüft wurden die Humusgehalte an den mit NatKoS-Aufnahmepunkten ausreichend untersuchten Nutzungsarten Park / Grünfläche (52), Wald (36), Wohnen (33) und Kleingartenanlage (10) sowie für die anhaltspunktartig untersuchte Nutzungsart Ackerland (5) im Vergleich

mit den bisher im Umweltatlas angesetzten Humusgehalten (Humus_Real) (S. 41 in Dokumentation Bodendatenbank).

Für 235 Profile liegen in der NatKoS-Datenbank Werte für folgende Größen vor (30-100 cm und Min-100 cm sind nicht immer ausgefüllt):

- cpl_0_30: C-Pool [t/ha] des Bodens in 0-30 cm Tiefe (ohne Auflagen)
- cpl_30_100: C-Pool [t/ha] des Bodens in 30-100 cm Tiefe (ohne Auflagen)
- cpl_min_100: C-Pool [t/ha] des Bodens von 0-100 cm Tiefe (ohne Auflagen)
- cpl_tot_30: C-Pool [t/ha] des Bodens bis 30 cm Tiefe (mit Auflagen)
- cpl_tot_100: C-Pool [t/ha] des Bodens bis 100 cm Tiefe (mit Auflagen)
- cpl_aufl_est: C-Pool [t/ha] der org. Auflage (geschätzt)
- cpl_aufl_lab: C-Pool [t/ha] der org. Auflage (Labor)

Für Horizonte der 235 Profile liegen in der NatKoS-Datenbank Werte für folgende Größen vor:

- corg_est: organischer C [Masse-%] (geschätzt); abgeleitet aus [humuskl_kombi]
- corg_lab: organischer C [Masse-%] (Labor)
- cpl_horiz: C-Pool des Horizontes [t/ha] (Labor [cpl_lab], wenn vorhanden; ansonsten aus Schätzwerten [cpl_est]); bei Auflagehorizonten nur Angabe der Schätzwerte
- trd_est: Trockenrohddichte [g/cm³] (geschätzt); mineral. Horiz.: abgeleitet aus Horizonttiefe [meantief] ODER nach Nutzung (LWS); organ. Horiz.: Literaturwerte für Auflage, Mulde, Torf

Die Umrechnung von NatKoS-Daten für die Profile ohne eine aufwändige horizontbezogene Auswertung erfolgt, indem nutzungsspezifisch gemittelte C-Pools (ohne Auflagen) (Feld cpl_0_30) in Humusgehalte umgerechnet werden:

$$\text{Humusgehalt (\%)} = \frac{\text{CorgMenge} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right)}{\text{Mächtigkeit (dm)} \times \text{eff. Lagerungsdichte} \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right)} \times 2$$

Dabei wird gemäß der bisherigen Vorgehensweise in der Bodendatenbank die Dichte von $1,6 \text{ g/cm}^3$ je % Humus um 0,03 reduziert, wenn der Humusgehalt mehr als 2 Masse-% beträgt (dabei Annahme nutzungsspezifischer Humusgehalte auf Basis der an den NatKoS-Aufnahmepunkten geschätzten Humusgehalte). Grobbodengehalte werden bei diesem nutzungsbezogenen, vereinfachten Ansatz nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse der Umrechnung sind in Tab. 6 in der dritten Spalte angegeben.

Ergänzend werden nutzungsspezifisch mittlere Humusgehalte auf Basis der Corg-Gehalte (est/lab⁸) des jeweils obersten Horizonts aus den NatKoS-Aufnahmedaten ermittelt (siehe 4. Spalte in Tab. 6). Diese Vorgehensweise berücksichtigt eventuell vorhandene Unterschiede von mehreren Horizonten in der gewünschten Bezugstiefe nicht, wird jedoch trotzdem vereinfachend für die Nutzungen mit einer geringeren Bezugstiefe als 30 cm weiterverfolgt, da für diese Tiefen aus NatKoS keine Angaben zu Kohlenstoffvorräten (C-Pools) vorliegen (Wald 10 cm, Straßenraum 10 cm, Grünland 20 cm).

Aus beiden Angaben sowie aus den an den lagebezogenen zu den ISU-Polygonen zugeordneten und nach Nutzung, Bodengesellschaft und Nutzbogen gruppierten NatKoS- und UEP-Aufnahmepunkten wurden in Abstimmung mit SenUMVK II C 33 neue Werte für Humus der Nutzungen Wohnnutzung, Verkehrsfläche, Wald, Grünland und Brachfläche festgelegt (siehe Tab. 6). Diese wurden jedoch nur dann verwendet, wenn die Datengrundlage aus NatKoS- und UEP-Projekt ausreicht, um den bestehenden Wert zu verändern (mindestens 5 Punkte) und wenn keine Reduzierung oder Erhöhung des Humusgehalts aufgrund der Bodengesellschaft erforderlich ist. In einigen Fällen blieb der bestehende Wert des Umweltatlas von 2015 bestehen, da die Datengrundlage nicht ausreicht, um diesen zu falsifizieren und über mehrere Nutzbogen hinweg eine moderate und nicht zu extreme Änderung vorzunehmen (Beispiel Grünland und Kleingartennutzung). Für humusarme Bodengesellschaften und für Bodengesellschaften mit Mooren / Torfen wurden die Werte systematisch angepasst (siehe unten).

⁸ Schätzwerte / Laborwerte

Tab. 6: Nutzungsbezogene Prüfung der Vorräte von organischem Kohlenstoff in 0 - 30 cm Tiefe und im obersten Mineralbodenhorizont an NatKoS-Aufnahmepunkten

	Nutzung (Humus_dm NEU)	NatKoS-Profile zugeordnet nach der bei der Aufnahme vor Ort angetroffenen Nutzung		NatKoS-Profile zugeordnet nach der Nutzung des ISU-Polygons***	UEP-Profile zugeordnet nach der Nutzung des ISU-Polygons	Umweltatlas Humusgehalt Humus in M.-%	Umweltatlas Humus-gehalt Humus in M.-%	Begründung
		Humusgehalt in 0-30 cm Tiefe in M.-%, berechnet aus NatKoS-C-Pool Boden 0-30 cm (ohne Auflage)*	Humusgehalt im obersten Mineralbodenhorizont in M.-%, an NatKoS-Aufnahmep. gemessen** (Mittelwert)	Humusgehalt in M.% von-bis / Mittelwert (Anzahl)		bisher verwendet	neuer Wert	
10	Wohnnutzung (2 dm)	2,8 (n=27)	2,3 (n=22) [2,4 (n=12)] [[1,3 (n=3)]]	0,5-6 / 2,4 (31) [0-30 / 4,8 (31)]	-	5	3	Moderate Anpassung auf Grundlage von NatKoS
21	Mischnutzung (2 dm)	-	-	-	-	3	3	beibehalten (keine NatKoS-/UEP-Daten)
30	Kerngebietsnutzung (1 dm)	-	-	-	-	3	3	beibehalten (keine NatKoS-/UEP-Daten)
40	Gewerbe- und Industrienutzung, großflächiger Einzelhandel (1 dm)	-	-	1,5 (1) [0 (1)]	-	3	3	beibehalten (zu wenige NatKoS-Daten)
50	Gemeinbedarfs- und Sondernutzung (2 dm)	-	-	1,5-6 / 3 (5) [0 (5)]	-	3	3	beibehalten aufgrund NatKoS-Daten
60	Ver- und Entsorgungseinrichtungen (1 dm)	-	-	1,5-3 / 2,3 (2) [0 (2)]	-	3	3	beibehalten (zu wenige NatKoS-Daten)
70	Wochenendhaus- und kleingartenähnliche Nutzung (2 dm)	-	-	-	23-30 / 27,7 (3)	6	6	beibehalten (zu wenige UEP-Daten)

	Nutzung (Humus_dm NEU)	NatKoS-Profile zugeordnet nach der bei der Aufnahme vor Ort angetroffenen Nutzung		NatKoS-Profile zugeordnet nach der Nutzung des ISU-Polygons***	UEP-Profile zugeordnet nach der Nutzung des ISU-Polygons	Umweltatlas Humusgehalt Humus in M.-%	Umweltatlas Humus-gehalt Humus in M.-%	Begründung
		Humusgehalt in 0-30 cm Tiefe in M.-%, berechnet aus NatKoS-C-Pool Boden 0-30 cm (ohne Auflage)*	Humusgehalt im obersten Mineralbodenhorizont in M.-%, an NatKoS-Aufnahme gemessen** (Mittelwert)	Humusgehalt in M.% von-bis / Mittelwert (Anzahl)		bisher verwendet	neuer Wert	
80	Verkehrsfläche (ohne Straßen) / Straßenraum (1 dm)	1,5 (n=85)	2,2 (n=32)	-	-	1	2	Anpassung auf Grundlage von Spalte B, gerundet
90	Baustelle (1 dm)	-	-	-	-	1	1	beibehalten (keine NatKoS/UEP-Daten)
100	Wald (2 dm)	2,5 (n=36)	2,6 (n=21)	0,5-12 / 2,4 (37) [0-30 / 29 (37)]	0-30 / 28,8 (216)	4	3	Moderate Anpassung auf Grundlage von NatKoS
121	Grünland (3 dm)	1,8 (n=6)	1,0 (n=5)	23 (1) [30 (1)]	3-30 / 27,7 (55)	12 (2-12 in Tab. Nutzboges)	8	NatKoS mit Nutzung Grünland bei der Aufnahme deutet geringere Humusgehalte als 12 % an. UEP-Werte sind nur für Moore/Torfe anwendbar. Reduzierung außerhalb von Mooren/Torfen auf 8 % als moderate Anpassung aufgrund von Literatur***
122	Ackerland (3 dm)	1,8 (n=5)	1,0 (n=3)	0,5-1,5 / 1 (6) [0 (6)]	-	3	3	beibehalten (NatKoS n = max. 6), außerhalb von Mooren/Torfen maximal 3 M-% einsetzen
130	Park / Grünfläche (2 dm)	3,6 (n=54)	3,5 (n=36) [2,5 (n=16)]	0,5-30 / 3,1 (52) [0-30 / 10,4 (52)]	12-30 / 28,5 (80)	3	3	Beibehalten auf Grundlage von NatKoS
140	Stadtplatz / Promenade (1 dm)			-	-	3	3	beibehalten (keine NatKoS/UEP-Daten)
150	Friedhof (2 dm)	-	-	-	-	4	4	beibehalten (keine NatKoS/UEP-Daten)

	Nutzung (Humus_dm NEU)	NatKoS-Profile zugeordnet nach der bei der Aufnahme vor Ort angetroffenen Nutzung		NatKoS-Profile zugeordnet nach der Nutzung des ISU-Polygons***	UEP-Profile zugeordnet nach der Nutzung des ISU-Polygons	Umweltatlas Humusgehalt Humus in M.-%	Umweltatlas Humus-gehalt Humus in M.-%	Begründung
		Humusgehalt in 0-30 cm Tiefe in M.-%, berechnet aus NatKoS-C-Pool Boden 0-30 cm (ohne Auflage)*	Humusgehalt im obersten Mineralbodenhorizont in M.-%, an NatKoS-Aufnahme gemessen** (Mittelwert)	Humusgehalt in M.% von-bis / Mittelwert (Anzahl)		bisher verwendet	neuer Wert	
160	Kleingartenanlage (4 dm)	4,2 (n=9)	2,9 (n=9)	0,5-6 / 2,8 (10) [0-30 / 3 (10)]	-	6	5	Moderate Anpassung außerhalb Moore/Torfe, da NatKoS auf Gehalte < 6 % hindeutet.
171	Brachfläche, vegetationsfrei (1 dm)	-	-	-	-	1	1	beibehalten (keine NatKoS/UEP-Daten)
172	Brachfläche, wiesenartiger Vegetationsbestand (2 dm)	-	-	3 (1) [0 (1)]	30 (7)	3	3	beibehalten (zu wenige NatKoS-Daten)
173	Brachfläche, Mischbestand aus Wiesen, Gebüsch und Bäumen (2 dm)	-	-	1,5 (2) [0 (2)]	12-30 / 28,2 (54)	4	3	Angleichung an 172 (zu wenige NatKoS-Daten)
190	Sportnutzung (1 dm)	-	-	-	-	3	3	beibehalten (keine NatKoS/UEP-Daten)
200	Baumschule / Gartenbau (4 dm)	-	-	0,5-6 / 3,1 (4) [0 (4)]	-	4	4	beibehalten (zu wenige NatKoS-Daten)

* Zur Berechnung wurde eff. LD reduziert um 0,03 pro % Humus (dafür Humusgehalt abgeschätzt aufgrund corg_est an Aufnahmepunkten in nutzungsspezifischer Bezugstiefe)

** In Einzelfällen aus Humusanalyse geschätzt.

Obere Probenahmetiefe (otief) = 0 cm und **Untere Probenahmetiefe (utief)** Wald: bis 10-35 cm, Acker: bis 30 cm, Grünland: bis 27-35 cm, Kleingartenanlage: bis 30-51 cm, Park: bis 10-80 cm [bis 20-80 cm] [[bis 30-80 cm]], Wohnen: bis 10-40 cm [bis 20-40 cm], [[bis 30-40 cm]], Straßenraum: bis 10-30 cm.

*** Düwel & Utermann (2008): Gehalte an organischer Substanz in Oberböden Deutschlands (<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaechen-boden-land-oekosysteme/boden/humusstatus-der-boeden#humusfunktionen-und-gehalte-von-boden>) und BMEL Hrsg (2019): Humus in landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands. Ausgewählte Ergebnisse der Bodenzustandserhebung (https://www.thuenen.de/media/institute/ak/Allgemein/news/Bodenzustandserhebung_Landwirtschaft_Kurzfassung.pdf).

**** In eckigen Klammern: [Humusaufgabe]

4.2.2 Humusarme Bodengesellschaften

Nach Prüfung der einzelnen Fallkonstellationen aus Bodengesellschaft und Nutzung, wurden teilweise abweichend von den nutzungsbezogenen Werten der Tab. 6 geringere Humusgehalte angenommen, d. h. es wurde jeweils ein Wert für Humus vom meist 1 bis 3 Masse-% und maximal 7 Masse-% angesetzt (vgl. Datei HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx).

Dies betrifft folgende Bodengesellschaften⁹:

- 2430 Lockersyrosem + Braunerde / Rostbraunerde + Gley auf Truppenübungsplatz auf Talsandfläche (mit Düne)
- 2440 Lockersyrosem + Braunerde / Rostbraunerde + Rostbraunerde auf Truppenübungsplatz auf (Sander über) Moränenfläche aus geschiebehaltigem Sand
- 2450 Lockersyrosem (Rohboden) auf Tagebau aus Kames bzw. (Sander über) Moränensanden
- 2460 Lockersyrosem + Lockersyrosem-Gley + Protopedon auf Tagebau auf Talsandfläche
- 2470 Syrosem + Kalkregosol + Pararendzina auf Gleisanlage auf Aufschüttungs- und Abtragungsfläche
- 2481 Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol auf Siedlungsfläche, zum Teil auf Aufschüttung
- 2482 Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol auf Siedlungsfläche auf ehemaligen Rieselfeldern, zum Teil auf Aufschüttung
- 2487 Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol auf Siedlungsfläche auf Talsand, zum Teil auf Aufschüttung
- 2488 Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol auf Siedlungsfläche auf Geschiebesand, zum Teil auf Aufschüttung
- 2489 Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol auf Siedlungsfläche auf Geschiebemergel, zum Teil auf Aufschüttung
- 2490 Lockersyrosem + Humusregosol + Pararendzina auf dichte Innenstadtbebauung, im Krieg nicht zerstört, auf Aufschüttung

⁹ Für die Bodengesellschaften 2441, 2580 und 2590 reichen die NatKoS-Daten nicht aus, um eine quantitative Anpassung der Werte vorzunehmen.

- 2500 Lockersyrosem + Regosol + Pararendzina auf Innenstadt, auf Aufschüttung
- 2510 Pararendzina + Kalkregosol + Lockersyrosem auf Trümmerberg, Bauschuttdeponie und Verfüllung
- 2530 Reduktosol + Lockersyrosem + Regosol auf Mülldeponie (überwiegend Hausmüll)
- 2540 Lockersyrosem + Regosol + Pararendzina auf Industrie auf Aufschüttungs- bzw. Abtragungsfläche
- 2560 Regosol + Rostbraunerde-Regosol + Gley-Regosol auf eingeebnetes Rieselfeld auf Geschiebesand
- 7777 Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol auf Siedlungsfläche auf Flugsand, zum Teil auf Aufschüttung

Die einzelnen Anpassungen können in der Datei HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx, Register HUMUS+HUMUS_REAL über das Feld AA Gruppe_Eingangsdaten_Humus, Filter auf „humusarme BGS“ nachvollzogen werden.

4.2.3 Bodengesellschaften mit Mooren / Torfen

Bisher wurde in der Bodendatenbank bei den meisten Bodengesellschaften, bei denen Moore vorkommen, der Humusgehalt für extensive Nutzungen, wie z. B. Ruderalflächen und Waldstandorte, um den organischen Gehalt der Torfe angehoben. Einige dieser Standorte wiesen bereits einen hohen Humusgehalt des Mineralbodens auf und blieben deshalb unverändert (z. B. Bodengesellschaft 1231). Die Daten für gartenbauliche Nutzungen wurden 2015 anhand von Messwerten der Kleingartenkolonie am Fenn in Wilmersdorf abgeleitet. Eine Zusammenstellung der Bodengesellschaften und Nutzungen, bei denen der Gehalt der organischen Substanz aufgrund des Vorkommens von Torfen bisher erhöht wurde, ist Tabelle 2.6.1 der Dokumentation der Bodendatenbank (S. 45) zu entnehmen. Die Ableitung der Humusgehalte aus vorhandenen Torfen wurde anhand der Bodengesellschaften und deren Nutzungen differenziert. So erhielten zum Beispiel waldartige Vegetationsbestände von grundwassernahen Standorten höhere Humusgehalte als reine Waldbestände, da sich in den Erlbruchwäldern deutlich mehr organische Substanz anreichert als in reinen Waldbeständen. Bei allen anderen Kombinationen von Bodengesellschaften und Nutzungen wurde der Humusgehalt des Mineralbodens unverändert übernommen.

Es wurde nun geprüft, inwiefern eine Veränderung der Humusgehalte (Humus_Real) (S. 45 in Dokumentation Bodendatenbank) nach Bodengesellschaft und Nutzung für Moore / Torfe aufgrund der Daten für NatKoS- und UEP-Aufnahmepunkte sinnvoll ist. Innerhalb von Flächen

der in Tabelle 2.6.1 genannten Nutzboges-Kombinationen, die die beschriebenen Bedingungen erfüllen, liegen nur wenige NatKoS-Aufnahmepunkte vor (jeweils ein Punkt für 4 von 40 Nutzboges¹⁰). Daher stützt sich die Prüfung vorrangig auf die 425 UEP-Aufnahmepunkte.

Analog zum Vorgehen für Humus_dm (vgl. Kapitel 4.1) wurden die Nutzboges-Kombinationen, in deren Flächen UEP-Punkte vorliegen, auf die mittleren Humusgehalte untersucht. Die vorliegenden UEP-Datengrundlagen beinhalten punkt- bzw. flächenbezogene Corg-Mengen in kg/m² und keine tiefenbezogenen Corg-Gehalte in %. Daher wurden die im Mittel an den Aufnahmepunkten berechneten Corg-Mengen wieder unter Zuhilfenahme der mittleren angetroffenen Torftiefe in Corg-Gehalte und schließlich durch Multiplikation mit Faktor 2 in Humus-Gehalte in Masse-% umgerechnet. Für die Moor-Boges 1250 und 1251 wird eine Lagerungsdichte von 0,2 g/dm³, für alle anderen hier betroffenen Boges eine Lagerungsdichte von 0,9 g/dm³ angesetzt. Die Ergebnisse spiegeln näherungsweise die innerhalb der Moorflächen vorliegenden Humusgehalte wider. Die Rechnung kann in der Excel-Datei UEP_Pruefung_Humus_Menge_Moore.xlsx nachvollzogen werden.

Darüber hinaus wurden die Humusgehalte der nach ihrer Lage den ISU-Polygonen und nach Nutzung, Bodengesellschaft und Kombination aus Bodengesellschaft und Nutzung gruppierten NatKoS- und UEP-Aufnahmepunkte herangezogen, um für jeden Einzelfall die bisherigen Werte für Humus und Humus_Real zu prüfen und ggf. anzupassen. Die auf dieser Grundlage festgelegten Werte sind in Dokumentation 4 angegeben.

Die einzelnen Anpassungen können zudem in der Datei HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx, Register HUMUS+HUMUS_REAL über das Feld AA Gruppe_Eingangsdaten_Humus, Filter auf „Moor / Torfe“ nachvollzogen werden.

Die angepassten Werte sind schließlich in Tabelle 2.6.1, S. 45 der Dokumentation Bodendatenbank aufzunehmen und gingen im Zuge der Prozessierung in die Tabelle g_nutzboges der Bodendatenbank ein (siehe Kap. 5).

4.2.4 Einzelfälle

In etwa 240 Nutzboges wurde der bisherige Wert für Humus und Humus_Real beibehalten oder individuell angepasst, sofern er von den nutzungsbezogenen Werten abweicht und dies aufgrund der Angaben der Bodengesellschaft und den Flächenanteilen des jeweils charakterisierenden Bodentyps begründet erschien (vgl. Datei HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx, Register HUMUS+HUMUS_REAL, Feld AA „Gruppe_Eingangsdaten_Humus“ = Einzelfall).

¹⁰ 1240_100, 1260_172, 1280_130, 1300_100

Aufgrund von Erkenntnissen aus bodenkundlichen Kartierungen auf dem Flugfeld Tegel (1160_172) und auf den Flächen des Tempelhofer Felds (2489_130) wurden die Werte für Humus und Humus_real auf 3 Masse-% gesetzt.

4.3 Anpassung der Angaben zum Vorkommen von Torf in Ober- und Unterboden und zur effektiven Lagerungsdichte

Im Zuge der Anpassung der Humusmächtigkeiten und Humusgehalte für Moore und Torfe war es erforderlich, die Angaben zum Vorkommen von Torf in Ober- und Unterboden zu aktualisieren und dementsprechend die effektiven Lagerungsdichten neu zu berechnen (siehe Datei HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx, Register TORF_OBUB und EFFLAGDICHT).

Anhand der neu angesetzten Humusmächtigkeiten erfolgte jeweils für die gesamte Bodengesellschaft eine Einschätzung, ob in Tiefen > 1 dm Torf zu erwarten ist. Demnach wurden die Angaben für folgende Bodengesellschaften angepasst:

- 1022 und 1164: Ergänzung Torf im Unterboden aufgrund der neuen Humus-Mächtigkeit bis 10 dm
- 1231: Ergänzung Torf im Unterboden aufgrund der neuen Humus-Mächtigkeit 10-18 dm
- 1260: Ergänzung Torf im Unterboden aufgrund der neuen Humus-Mächtigkeit bis 15 dm
- 1270: Ergänzung Torf im Oberboden aufgrund der neuen Humus-Mächtigkeit bis 10 dm
- 1330: Ergänzung Torf im Unterboden aufgrund der neuen Humus-Mächtigkeit bis 15 dm
- 3030: Ergänzung Torf im Unterboden aufgrund der neuen Humus-Mächtigkeit bis 17 dm

Im Zuge dieser Ergänzungen wurden keine Neuordnungen von Bodengesellschaften zu Torfbodengesellschaften erforderlich. Um die effektiven Lagerungsdichten für Torfbodengesellschaften auf $0,9 \text{ g/dm}^3$ festzulegen, sind diese entsprechend gekennzeichnet worden. Dazu muss Hn, Hu oder fHn in Ober- und / oder Unterboden vorliegen.

Einzig die Bodengesellschaften 1250 und 1251 bleiben wie bisher als Moor-Bodengesellschaften gekennzeichnet, um diese mit effektiven Lagerungsdichten von $0,2 \text{ g/dm}^3$ zu berücksichtigen.

Die effektiven Lagerungsdichten für alle anderen Kombinationen aus Bodengesellschaft und Nutzung wurden wie bisher gemäß folgender Formel berechnet:

$$1,6 - [\text{WENN}(\text{HUMUS_REAL} > 2 \text{ DANN } \text{HUMUS_REAL} - 2 * 0,03; 0)]$$

4.4 Berücksichtigung des Grobbodenanteils

Wie eingangs beschrieben, werden In NatKoS die Corg-Vorräte nach Abzug von an Profilen gefundenen Grobbodenanteilen verrechnet, während diese bisher in der Bodendatenbank / Umweltatlas unberücksichtigt blieben. An den NatKoS-Aufnahmepunkten liegen die Grobbodenanteile i. d. R. bei < 5 % und in wenigen Fällen bei bis über 30 %. Im Umweltatlas werden Grobbodenanteile von i. d. R. < 2 % und für einen Teil der Bodengesellschaften von bis zu 10 bis 25 Vol.-% angegeben (s.u.).

Die Grobbodengehalte des Umweltatlas sind als Abschätzung über Analogieschlüsse in die Fläche übertragen worden. Unsicherheiten bestehen sowohl in Hinsicht auf die Qualität der verwendeten Datengrundlagen als auch die Übertragung auf die gesamte Stadtfläche Berlins. Die Daten haben demnach eine geringere Qualität als die standortbezogenen NatKoS-Daten, werden aber dennoch als eine geeignete Datengrundlage betrachtet, um den in einigen Bodengesellschaften zu erwartenden Grobboden zu berücksichtigen und die Humusmengen hier nicht zu überschätzen.

Um den Grobbodenanteil im Umweltatlas bei der Berechnung der Humusmenge und den Vorrat an organischem Kohlenstoff zu berücksichtigen, sind folgende in der Bodendatenbank vorliegenden Felder und Tabellen von Bedeutung:

Felder in Tabelle Flächen:

Bodenart des Groboberbodens Sg_ob:

fG1 (n=6.974) oder X3 (n=5.216) oder Leer (n=12.465)

Bodenart des Grobunterbodens Sg_Ub:

fG1 (n=3.902), O2 (n=317), X2 (n=279), X3 (n=7.963)

Tab. 7: Grobboden Klasse (Tab. 3.6.2 Dokumentation Bodendatenbank)

Bodenart des Groboberbodens	Bodenart des Grobunterbodens	Grobboden Klasse	Bezeichnung
-	-	0	kein Grobbodenanteil oder nur schwacher Anteil Feinkies
fG1	-		
fG1	fG1		
-	O2	1	runde Steine (überwiegend schwacher Anteil und überwiegend im Unterboden)
-	X2	2	eckig-kantige Steine (überwiegend mittlerer Anteil) im Unterboden
-	X3		
X3	X3	3	eckig-kantige Steine (überwiegend mittlerer Anteil) im Ober- und Unterboden

Tab. 8: Maximaler Anteil des Grobbodens in Vol.-% bei einigen Grobbodenarten nach KA 4, Tab. 30 (1994) (Tab. 2.8.1 und Tab. 4.6.2 Dokumentation Bodendatenbank, Tab. b_sg_vol)

Sg	Sg_Vol
fG1	2
O2	10
X2	10
X3	25

Von den 80 Bodengesellschaften im Umweltatlas sind 17 mit Grobbodenanteilen gekennzeichnet (vgl. Tab. 9). Sechs Bodengesellschaften weisen einen Grobbodenanteil von maximal 2 Vol.-% bzw. „keinen Grobbodenanteil oder nur schwacher Anteil Feinkies“ (siehe Tab. 7 und Tab. 8) auf; elf Bodengesellschaften maximale Grobbodenanteile von 10 oder 25 Vol.-% (in Tab. 9 fett gedruckt). Nur bei den zuletzt genannten Bodengesellschaften wird sich die Berücksichtigung des Grobbodenanteils auf die Humus- und Corg-Menge in relevantem Maße mindernd auswirken.

Tab. 9: Bodengesellschaften mit Grobbodenanteilen in Ober- und / oder Unterboden

boges	Grobbodenart Oberboden 0-10 cm	Max. Grobbodenanteil Oberboden 0-10 cm [Vol.-%]	Grobbodenart Unterboden 10-100 cm	Max. Grobbodenanteil Unterboden 10-100 cm [Vol.-%]
1040	-	0	O2	10
1110	-	0	O2	10
2470	X3	25	X3	25
2471	-	0	X3	25
2482	-	0	X3	25
2483	fG1	2	fG1	2
2484	fG1	2	fG1	2
2485	fG1	2	-	0
2487	fG1	2	fG1	2
2488	fG1	2	fG1	2
2489	fG1	2	-	0
2490	-	0	X3	25
2500	X3	25	X3	25
2510	X3	25	X3	25
2530	X3	25	X3	25
2540	X3	25	X3	25
2550	-	0	X2	10

Für den Oberboden mit einer Bodentiefe von 0-10 cm und den Unterboden in 10-100 cm Tiefe liegt im Umweltatlas jeweils ein separater Wert für den maximalen Grobbodenanteil vor (vgl. Tab. 9). Um aus den Werten für Ober- und Unterboden einen Korrekturfaktor für den gesamten Humusgehalt zu berechnen, ist die Mächtigkeit der Gesamthumusschicht von Bedeutung. Je größer die Mächtigkeit der Gesamthumusschicht, desto größer der Anteil des Unterbodens und dessen Einfluss auf den Grobbodengehalt.

Es besteht zwar das Problem, dass Werte zum Grobboden nur für eine Tiefe von bis zu einem Meter zur Verfügung stehen. Bei höheren Humusmächtigkeiten, wie sie in Mooren vorkommen, wird aber naturgemäß davon ausgegangen, dass im gesamten Profil keine Grobbodenanteile vorhanden sind. Dieses Ausschlussprinzip entspricht so auch effektiv den Bodendaten des Umweltatlas, da in Tab. 9 keine Bodengesellschaften mit Torf in Ober- oder Unterboden enthalten sind.

Die maximale Humusmächtigkeit der Bodengesellschaften mit Grobbodenanteilen in der Bodendatenbank lag bisher bei 4 dm. Indem aufgrund fehlender Datengrundlagen unterhalb einer Tiefe von 10 dm ein auf 10 dm festgesetzter Wert für Humus_dm > 10 dm eingesetzt wird, ist die Rechnung für Humusmächtigkeiten bis 10 dm flexibel einsetzbar (auch wenn derzeit keine Humusmächtigkeiten > 40 dm für Nutzboges mit Grobbodenanteilen vorkommen).

Eingangswerte (*kursiv.* bisher nicht vorhandene Variablen):

Sg_ob	Bodenart des Groboberbodens (bodengesellschaftsspezifisch): fG1, X3
Sg_ub	Bodenart des Grobunterbodens (bodengesellschaftsspezifisch): fG1, O2, X2, X3
Sg_Vol	Maximaler Anteil des Grobbodens in Vol.-% (siehe Tab. 8 / b_sg_vol)
<i>Sg_Vol_o</i>	Maximaler Anteil des Grobbodens im Oberboden in 0-1 dm Tiefe in Vol.-% gemäß Tab. 8 / b_sg_vol)
<i>Sg_Vol_u</i>	Maximaler Anteil des Grobbodens im Unterboden in 1-10 dm Tiefe in Vol.-% gemäß Tab. 8 / b_sg_vol)
<i>Humus_dm_max10</i>	Humusmächtigkeit in dm, festgesetzt auf maximal 10 dm (z. B. 10 bei Humus_dm = 11 [kommt aktuell nicht vor])
<i>Faktor_ub_ob</i>	$\frac{Humus_dm_max10}{10} - 1$: <i>Humus_dm_max10</i> (Faktor zur Wichtung des Unterboden-Wertes)

Ergebniswert:

<i>Sg_Vol_ges</i>	Maximaler Anteil des Grobbodens der Gesamthumusschicht bis in max. 10 dm Tiefe (%)
-------------------	--

Berechnungsvorschrift:

- WENN (Humus_dm = 1) DANN Sg_Vol_o
- WENN (Humus_dm > 1) DANN [Sg_Vol_o * (1 : Humus_dm_max10)] + (Sg_Vol_u * Faktor_ub_ob)

Die Berechnung des Gesamtgrobbodenanteils aus Ober- und Unterbodenwerten kann in der Excel-Datei Gesamtgrobboden_Ermittlung.xlsx, die auf einem Vorschlag von SenUMVK II C 33 basiert, nachvollzogen werden.

In der Datei HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx werden die maximalen Anteile des Grobbodens der Gesamthumusschicht im Register GROBBODEN_OBUB berechnet. Diese können in die Tabelle g_nutzbog es der Bodendatenbank eingetragen werden.

4.5 Berücksichtigung der Humusvorräte der Auflage unter Wald

Daten zu Auflagehorizonten liegen aus dem NatKoS-, nicht aber aus dem UEP-Projekt vor. Auflage-Horizonte werden an den NatKoS-Aufnahmepunkten, die in ISU-Polygonen mit Waldnutzung liegen, regelmäßig angegeben (Abdeckung 18 von 64 Nutzboges, 1 x 0 dm und 17 x 0,1 bis 0,9 dm). Daneben zeigen sich nennenswerte Auflagehorizonte nur noch bei Park- / Grünflächennutzungen (Abdeckung 20 von 58 Nutzboges, 8 x 0 dm und 12 x 0,1 bis 0,2 dm). Die Wohnnutzung (Abdeckung 9 von 47 Nutzboges, 7 x 0 dm und 2 x 0,1 dm), die Kleingartennutzung (Abdeckung 4 von 36 Nutzboges, 3 x 0 dm und 1 x 0,1 dm) und die Grünlandnutzung (Abdeckung 1 von 33 Nutzboges, 1 x 0,3 dm) sind dagegen zu vernachlässigen. Andere Nutzungen (Ver- und Entsorgung, Gewerbe- und Industrie, Brachfläche / Wiese, Brachfläche / Mischbestand, Baumschule und Acker) sind marginal vertreten und weisen keine Auflagen auf.

Nur für Waldnutzung ist von einem flächendeckenden Vorkommen von Auflagehorizonten auszugehen, während Flächen mit den Nutzungen wie Park- / Grünfläche oder Wohnen nur in Teilen - z. B. unter Baumbeständen - eine Auflage erwarten lassen. Aus diesem Grund sollte ausschließlich unter Wald ein Auflagehorizont bei der Berechnung der Humusmengen berücksichtigt werden. Eine mittlere Mächtigkeit und der mittlere Humusgehalt wurden aus den Daten von 37 NatKoS-Aufnahmepunkten berechnet, die 18 von 64 Kombinationen aus Bodengesellschaft und Nutzung abdecken (siehe Tab. 10).

Tab. 10: Ausgangsdaten für Zuschläge für Humusauflagen unter Wald

Nutzung	Mächtigkeit der Auflage in dm an NatKoS-Aufnahmepunkten von-bis (Anzahl)	Humusgehalt der Auflage in M.-% an NatKoS-Aufnahmepunkten	Effektive Lagerungsdichte in kg/dm ³ Annahme	Zuschlag Humusmenge für Waldauflagen in kg/m ^{2*}	Zuschlag Kohlenstoffvorrat für Waldauflagen in kg/m ^{2**}
100 (Wald)	0-0,9 / 0,5 (37)	0-30 / 29 (37)	0,2	2,9	1,45

* $0,5 \text{ dm} * 29 \text{ M.-\%} * 0,2 \text{ kg/dm}^3$

** $0,5 \text{ dm} * (29 \text{ M.-\%/2}) * 0,2 \text{ kg/dm}^3$

Der Zuschlag in Form eines einheitlichen Wertes kann es nicht leisten, die Verteilung und Spannweite der Humusmächtigkeiten und Humusgehalte der Auflage an den untersuchten Punkten widerzuspiegeln. Für eine differenziertere Auswertung ist die Anzahl von 37 Aufnahmepunkten jedoch zu gering, so dass die Festsetzung eines mittleren Wertes die bestmögliche Annäherung darstellt.

4.6 Anpassung der Bodengesellschaft von ISU-Polygonen

Im Rahmen der Bearbeitung wurden die in Dokumentation 5 aufgeführten ISU-Polygone (entnommen aus Boden_wfs1_2015) neuen Bodengesellschaften zugeordnet (vgl. HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx, Register DATA_OUTPUT, Felder C bis E). Die Änderungen der Bogen im Geodatensatz wurden von Seiten SenUMVK II C durchgeführt. Mit Ausnahme der Naturnähe haben darüber hinaus alle ISU-Polygone ihre Eigenschaften behalten. Bei der Naturnähe wurde eine Neuberechnung nach der Methodik des Umweltatlas vorgenommen. Als Quelle der Bodengesellschaft wurde in diesen Fällen unter Bogen_Quel der vorliegende Bericht angegeben (Bogen_Quel = 15)¹¹. Die Bestimmung der Bodengesellschaft erfolgte hier im Rahmen einer Einzelfallprüfung, d.h. unter Bogen_Gen wurde der Wert 2 eingetragen.

¹¹ Lit. 10 – Kaufmann-Boll, C. 2022: NatKoS-Ergebnisverwertung - Prüfung bodenbezogener Methodik und Ergebnisse des NatKoS Forschungsprojektes, Abgleich mit der Bodendatenbank des Umweltatlas, Konzept- und Methodenentwicklung sowie Prozessierung in Datenbank und GIS (NatKEV). Im Auftrag der Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz.

5 PROZESSIERUNG

Anhand der vergleichenden Bewertung von Umweltatlas und NatKoS (s. Kap. 3) ließ sich nicht vollständig ableiten, welcher Datensatz in welchen Teilgebieten, Nutzungskategorien und Bodengesellschaften jeweils eine höhere Validität aufweist. Die Anzahl der Aufnahmepunkte aus NatKoS für die Fallgestaltungen aus Bodengesellschaft und Nutzung ist nur in wenigen Fällen ausreichend (mind. 5), um diese belastbar mit Angaben zu belegen. Die Datenbasis der UEP-Aufnahmepunkte bot jedoch die Möglichkeit, Teilflächen im Bereich kartierter Moore neu hinsichtlich ihrer Humus- und Corg-Mengen im Boden zu bewerten und diese unter Heranziehung weiterer Kartengrundlagen auf Bodengesellschaften zu übertragen.

Unter Verwendung der NatKoS- und UEP-Daten wurde zur verbesserten Quantifizierung der Humus- und Corg-Mengen in Berliner Böden wie folgt vorgegangen:

Es erfolgte **keine Zusammenführung von NatKoS-Karte und Umweltatlas-Kohlenstoffkarte**, da die NatKoS-Untersuchungspunkte nicht alle Umweltatlas-Nutzungen und vor allem nicht alle Fallgestaltungen aus Nutzung und Bodengesellschaft ausreichend abdecken. Stattdessen werden valide Ergebnisse, die sich aus der Untersuchung der NatKoS- und UEP-Aufnahmepunkte in besonders gut repräsentierten Nutzungen und Fallgestaltungen (Nutzungen und Bodengesellschaften) ableiten lassen, in die Methodik der Umweltatlas-Kohlenstoffkarte integriert, d. h. die Eingangsdaten für die Humusmächtigkeit (Humus_dm) und Humusgehalt (Humus, Humus_Real) werden angepasst. Es erfolgte keine 1:1-Übernahme von NatKoS-Kohlenstoffgehalten ausgewählter Nutzungen, sondern nur eine relative Erhöhung der Umweltatlas-Werte auf Nutzungen / Fallgestaltungen, die durch NatKoS gut repräsentiert werden (z. B. Park / Grünfläche, Wald). Andernfalls würde es innerhalb der Umweltatlaskarte zu einer zu großen Diskrepanz zwischen Nutzungen mit guten und defizitären NatKoS-Grundlagen kommen (defensive Vorgehensweise als Mittelweg). Den Bodengesellschaften mit Mooren / Torfen wurden auf Basis der Ergebnisse des UEP-Projektes neue Eingangsdaten für Humus_dm und Humus_Real zugeordnet (siehe Kap. 4.1 und 4.2).

Die **Ableitungsmethodik des Umweltatlas / der Bodendatenbank wurde im Prinzip beibehalten, aber ergänzt**, d. h. es liegt zunächst der gleiche Rechenweg mit den darin eingehenden Größen zugrunde. Humusgehalte (d. h. nicht gemessene Corg-Gehalte) und Humusmächtigkeiten stellen weiterhin die maßgeblichen Eingangsgrößen dar. Pro Fläche wird weiterhin eine Bodenschicht berücksichtigt, d. h. es kommt keine Berechnungslogik für Mehrschichtprofile mit Corg- / Humusgehalten zur Anwendung. Wie bisher geht die effektive Lagerungsdichte statt der TRD ein.

Neu integriert wurden die **Berücksichtigung des Grobbodenanteils** unter Verwendung der bestehenden Grobbodenangaben des Umweltatlas und die **Beaufschlagung der Humusmengen und Corg-Vorräte für Humusaufgaben unter Wald** auf Basis eines Mittelwertes aus den Messdaten von 37 NatKoS-Aufnahmepunkten.

Für die Umrechnung des Humusgehalts in den Gehalt an organischem Kohlenstoff wurde – anders als bisher – der **Umrechnungsfaktor der KA 6** verwendet (Faktor 2). Dieser Divisor gilt für Mineralbodenhumus, Torfe, Mudden und Auflagehumus (i. d. R. Oh-Horizonte). Eingesetzt wurde der Faktor 2 sowohl bei Torf-Bodengesellschaften, bei Moorbodengesellschaften (1250, 1251) als auch beim Auftreten einer prägenden Torfart im Ober- oder Unterboden (Neue Werte in Tabelle b_corg:_Torf_Bg = 2: 2,0; Torf_Bg = 1: 2,0; Sonst: 2,0).

Es wurde nicht grundlegend in die Berechnungslogik der Bodendatenbank eingegriffen, um Auswirkungen auf andere Berechnungsfunktionen zu vermeiden. So blieb die Berechnung der effektiven Lagerungsdichte unter anderem auf Basis der Zuordnungen von Torf- und Moorbodengesellschaften unverändert. **Die Veränderung von Eingangswerten anhand von NatKoS und UEP-Moorprojekt, wurde in der Tabelle g_nutzboges für alle Fallgestaltungen aus Bodengesellschaft und Nutzung umgesetzt.** Diese Tabelle enthält die Angaben zur Humusmächtigkeit [Humus_dm] sowie für den Humusgehalt ohne Torfe [HUMUS] und den Humusgehalt mit Torfen [HUMUS_REAL] sowie Angaben zu den Quellen und zur Aussagegenauigkeit.

Soweit erforderlich erfolgte für die Anpassung einzelner Berechnungsfunktionen die **Dokumentation von Änderungen im Quellcode** des Moduls „Boden_Datenbank_Berechnen“ in gewohnter Art und Weise in Form von Kommentaren.

Um die Änderungen der Eingangsdaten zu dokumentieren sowie zum Zweck einer Vorprozessierung mit GIS-Darstellung wurde von SenUMVK II C die Datei **HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx** vorbereitet und von der ahu GmbH abschließend finalisiert. Aus dieser Datei wurden die Eingangsdaten in die Tabelle g_nutzboges der Access-Bodendatenbank übernommen.

Die Ergebnisse der Vorprozessierung wurden im GIS dargestellt (siehe Kap. 6). Das Registerblatt DATA_OUTPUT wurde dazu im CSV-Format gespeichert und über eine Tabellenverbindung (Join) an die Attributtabelle des Geodatensatzes des Umweltatlas angefügt (Schlüssel: gml_id).

Die Inhalte der Tabellen 2 und 3 bzw. 2.4.1 sowie 2.5.1 in der **Dokumentation der Bodendatenbank** sowie die dortige Beschreibung der Berechnung sind von Seiten der SenUMVK II C an die Änderungen anzupassen.

5.1 Ergänzung des Rechenwegs

Bisher war in der Bodendatenbank folgender Rechenweg umgesetzt:

Humusmenge [kg/m²] Humus_M =
 Humusmächtigkeit [dm] Humus_dm * eff. Lagerungsdichte [kg/dm³] ld * Humusgehalt
 [M.-%] Humus_Real
 Corg-Vorrat [kg/m²] Corg_kg_qm =
 Humusmenge [kg/m²] Humus_M : Umrechnungsfaktor Humus-Corg Tabelle b_Corg

Dieser Rechenweg wird im Ergebnis von NatKEV wie folgt ergänzt (fett gedruckt):

Humusmenge [kg/m²] Humus_M =
 Humusmächtigkeit [dm] Humus_dm * eff. Lagerungsdichte [kg/dm³] ld * Humusgehalt
 [M.-%] Humus_Real
 [für Grobbodenanteil [%] > 0:] * **(1 - Grobbodenanteil [%] Sg_Vol_ges /100)** [für Nutzung
 Wald:] + **2,9 kg Humus/m²** (0,5 dm * 29 M.-% * 0,2 kg/m³)
 Corg-Vorrat [kg/m²] Corg_kg_qm =
 Humusmenge [kg/m²] Humus_M : Umrechnungsfaktor Humus-Corg Tabelle b_Corg

Die Umsetzung des ergänzten Rechenwegs führt zu Änderungen im Quellcode, die in Kapitel 5.4, Schritt 4 dokumentiert sind.

5.2 Neue Festlegungen und Formeln

Im Folgenden sind alle relevanten Festlegungen und Formeln zusammengefasst:

- a) Effektive Lagerungsdichte
 - Moorbodengesellschaft: 0,2 kg/dm³
 - Torfbodengesellschaft: 0,9 kg/dm³
 - Sonstige: 1,6 - WENN (Humus_Real > 2 DANN Humus_Real - 2) * 0,03 SONST (0) (in kg/dm³)
- b) Waldauflagenzuschlag: (0,5 dm * 14,5 % Corg [entspricht 29 % Humus / 2] * 0,2 kg/dm³ = 1,45 kg Corg /m² (basierend auf 37 NatKoS-Untersuchungspunkten auf der Nutzung Wald)
- c) Grobbodenfaktor [fG1 = 2 Vol.-%; O2 = 10 Vol.-%; X2 = 10 Vol.-%; X3 = 25Vol.-%] WENN (Humus_dm = 1 DANN Groboberboden (Vol.-%)) SONST (Groboberboden (Vol.-%) * (1 / WENN (Humus_dm > 10 DANN 10 SONST Humus_dm))) + (Grobunterboden

$$(\text{Vol.-%}) * (\text{WENN}(\text{Humus_dm} > 10 \text{ DANN } 10 \text{ SONST } \text{Humus_dm}) - 1) / \text{WENN}(\text{Humus_dm} > 10 \text{ DANN } 10 \text{ SONST } \text{Humus_dm})^{12}$$

d) Humusmenge (kg/m²) = Humus_Real (M.-%) * Humus_dm (dm) * Eff. Lagerungsdichte (kg/dm³) * Grobbodenfaktor + Waldauflagenzuschlag

e) Org. Kohlenstoffvorrat (kg/m²) = Humusmenge (kg/m²) / 2

5.3 Vorbereitung der Datenbank-Bearbeitung

Vor der Bearbeitung von Eingangsdaten und der Umsetzung des überarbeiteten Rechenwegs in der Datenbank wurde diese gesichtet, um die Funktionsweise für die Aktualisierung von Werten nachzuvollziehen. Dabei wurden folgende Aspekte untersucht:

- 1) Abgleich der Datenbank Boden_20200925.mdb mit der Excel-Datei zur Berechnung (HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx): In der Excel-Datei liegen 5 Datensätze zu Bodengesellschaften mehr als in der Datenbank vor (824 zu 819). Die 5 neuen Bgnutz-Einträge sind: 1150_160, 1150_172, 1150_173, 1150_190, 1150_70 (neu zugeordnete Boges).
- 2) Prüfung auf Vollständigkeit: Eine Gruppierung nach "Bgnutz" in Tabelle "Flaechen" ergibt 611 Datensätze. 213 Einträge in Excel lassen sich der Datenbank somit nicht zuordnen. → HAEUFIGKEIT POLYGON = 0 (kommen im Umweltatlas nicht vor).
- 3) Prüfung des Ablaufs zur Neuberechnung: Im Zuge der Neuberechnung (s. u.) werden temporär Tabellen exportiert und importiert. Die entsprechenden Datenformate sind in aktuellen MS Access-Versionen nicht mehr vorhanden (siehe¹³; Foxpro existiert seit Version 2000 nicht mehr). Da sich darüber hinaus der Zweck des Ex- und Imports nicht erschlossen hat, wurden aus diesen beiden Gründen die entsprechenden Schritte im Code zur Laufzeit übergangen. **Es wurden jedoch keine Änderungen am betreffenden Quellcode vorgenommen.**
- 4) Prüfung des Ablaufs bei Änderung von Flächendaten: In der Datenbank liegt eine Routine zum Import von Flächendaten aus einer dBase-Datei vor. Diese dBase-Datei wird in der Dokumentation zur Datenbank, im Kapitel zur Berechnung der Bodendaten, als Tabelle in einem GIS bezeichnet und ist die Datentabelle einer ESRI-Shape-Datei (siehe Dokumentation der Bodendatenbank Berlin incl. Methodik 2019.pdf, S. 13). **Die Import-Routine löscht die Tabelle Flaechen (falls vorhanden) und legt sie neu an.** Anschließend werden die Daten aus der dBase-Datei importiert. Dabei werden folgende Attribute generiert:

¹² angewendet in Excel-Tabelle Gesamtgrobboden_Ermittlung.xlsx

¹³ <https://support.microsoft.com/de-de/office/in-access-2010-nicht-mehr-vorhandene-features-und-ge%C3%A4nderte-funktionen-9714e5e4-4bbc-490f-97b6-29a7730381cb>

- CODE
 - X_WERT
 - Y_WERT
 - NUTZ
 - TYP
 - BOGES_NEU5
 - BOGES_QUEL
 - BOGES_GEN
 - FLAECHE
 - VGRAD
 - FLUR
 - NATURNAEHE
 - VERSICK
- 5) In der Dokumentation der Bodendatenbank (S. 13, Kap. Berechnung der Bodendaten) wird auf die Tabelle g_nutzBodengesellschaft verwiesen. Hier handelt es sich um die Tabelle g_nutzboges.

5.4 Arbeitsschritte zur Aktualisierung der Datenbank

Die Aktualisierung der Datenbank erfolgte in folgenden Schritten:

1. Sicherung des Datenbestands vor Aktualisierung
2. Aktualisierung der Flächenattribute und Hilfstabellen
3. Import der geänderten / erweiterten Flächenattribute
4. Erweiterung / Änderung der Berechnungsroutinen
5. Neuberechnung der Kenngrößen
6. Abgleich mit Sollwerten (Qualitätssicherung)
7. Änderung der Legendenklassen für die Humusmenge
8. Dokumentation der Änderungen

Zu 1) Sicherung des Datenbestands vor Aktualisierung:

Die bisher verwendeten Tabellen (g_nutzboges, g_bodengesellschaften, b_corg, flaechen, w_humus_stufe) mit den Werten für Humus_dm, Humus, Humus_Real, QuelHumus, GenHumus, Torf_Ob_H, Torf_Ub_H und Corg_Fak wurden in Kopie **mit dem Zusatz „2020“ gesichert**.

Zu 2) Aktualisierung der Flächenattribute und Hilfstabellen:

Von SenUMVK IIC wurden die **Eingangsattribute NUTZ, BOGES_NEU5, BOGES_QUEL und BOGES_GEN** im Ursprungs-Geometriedatensatz aktualisiert und in Form einer Shape-Datei übergeben (Import siehe 3. Schritt).

Für folgende **neue Kombinationen von Bodengesellschaft und Nutzung** wurden in der Tabelle „g_nutzboges“ neue Eintragungen vorgenommen: 1150_160, 1150_172, 1150_173, 1150_190, 1150_70, da sie bisher nicht in der Datenbank enthalten waren (siehe neue Abfrage „Bodengesellschaften_anfuegen“). Hierfür wurden von SenUMVK IIC vorläufige Mittelwerte der Bodengesellschaften der gleichen Signaturengruppe in den jeweiligen Nutzungen (1160, 1164, 1170) verwendet. Da es sich um Schätzungen handelt, wurde für die GENPH der Wert 8 zugeordnet und als QUELPH 26 für „Schätzung SenUMVK“. Diese Werte sind in der Excel-Tabelle Ergaezungen_g_nutzboges_1150_Bodenkennwerte_TH.xlsx dokumentiert. Die betroffenen Flächen sind Kapitel 4.6 und HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx (Register DATA_OUTPUT, Felder C bis E) zu entnehmen. Die Aktualisierung der Werte für Humus_m usw. erfolgt im Rahmen der Datenbankberechnung.

Folgende Eingangsdaten für die Berechnung der **effektiven Lagerungsdichte** wurden aktualisiert:

- a) Tabelle g_bodengesellschaften, Felder **TORF_OB** und **TORF_OB_H** auf den Wert „Hn“ gesetzt für BG_NEU = 1270
- b) Tabelle g_bodengesellschaften, Felder **TORF_UB** und **TORF_UB_H** auf den Wert „Hn“ gesetzt für BG_NEU = 1022, 1164, 1231, 1260, 1330, 3030
- c) Tabelle g_nutzboges, Felder **HUMUS** (nicht benötigt für Rechnung), **HUMUS_REAL**, **QUEL_HUMUS** und **GEN_HUMUS**¹⁴: verändert für div. BgNutz (Quelldaten siehe HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx, Register HUMUS+HUMUS_REAL; importiert in Tabelle „HUMUS_EXP_IMP“, aktualisiert mit neuer Abfrage „Humus_aktualisieren“)

¹⁴ Die Angaben zur Datenquelle wurden angepasst in „26“ (Lit. 5: Kaufmann-Boll, C. 2022: NatKoS-Ergebnisverwertung - Prüfung bodenbezogener Methodik und Ergebnisse des NatKoS Forschungsprojektes, Abgleich mit der Bodendatenbank des Umweltatlas, Konzept- und Methodenentwicklung sowie Prozessierung in Datenbank und GIS (NatKEV). Im Auftrag der Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz). Der jeweilige Wert zur Aussagegenauigkeit wurde gemäß Tab. E der Dokumentation Bodendatenbank übernommen (siehe HUMUS_ERMITTLUNG_xlsx., Register HUMUS+HUMUS_REAL, Felder BL und BM).

Folgende Eingangsdaten für die Berechnung des **Grobbodenfaktors** wurden aktualisiert bzw. erweitert:

- a) Tabelle g_nutzboges, Feld **HUMUS_DM**: verändert für div. Bgnutz (Quelldaten siehe HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx, Register HUMUS_DM; importiert in Tabelle „HUMUS_DM_EXP_IMP“, aktualisiert mit neuer Abfrage „Humus_DM_aktualisieren“)
- b) Tabelle g_nutzboges, Neues Feld **Sg_Vol_ges** gemäß Datei HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx, Register GROBBODEN_OBUB, Feld Sg_Vol_ges (NEU) (Max. Grobbodenanteil der Gesamthumusschicht bis 10 dm Tiefe) (importiert in Tabelle „GROBBODEN_OBUB_EXP_IMP“, aktualisiert mit neuer Abfrage „Grobboden_OBUB_aktualisieren“)

In der Tabelle b_Corg wurde der **Faktor zur Umrechnung des Humusgehalts** in die Menge an organischem Kohlenstoff (Feld Corg_Fak) für alle Klassen in „2“ geändert.

Zu 3) Import der geänderten / erweiterten Flächenattribute:

In der Attributtabelle (dBase-Datei) der übergebenen Shape-Datei wurde ein neues Feld „Schluessel“ angelegt und mit der korrekten Formatierung des „Code“-Attributes gespeichert (dieses Feld wird von der Import-Routine erwartet). Es wurde folgendes Python-Skript verwendet:

```
def txt16_format(val):  
    return '{0:.0f}'.format(val)  
Schluessel = txt16_format(!CODE!)
```

Die dBase-Datei wurde dann mit der Prozedur „OpenIt()“ im Modul „Flaechen_Neu“ importiert.

Zu 4) Erweiterung / Änderung der Berechnungsroutinen

Für die Neuberechnung der Humusmengen mit Grobbodenabschlag und Waldzuschlag wurde der Quellcode wie folgt geändert / erweitert:

- a) Ergänzung der Funktion NeueFelder() um Logik zur Anlage des Feldes für den Grobbodenfaktor (Sg_Vol_ges)
- b) Ergänzung der Berechnung des Grobbodenfaktors mit Prozedur Sg_Vol_ges_Ber() gem. der Berechnungsformel in Kap. 4.4 (im Anschluss an die Berechnung der effektiven Lagerungsdichte)
- c) Ergänzung des Grobbodenanteils und für die Nutzung Wald des Waldauflagezuschlags bei der Berechnung der Humusmenge in der Prozedur Humus_Ber()

Zu 5) Neuberechnung der Kenngrößen

Die Neuberechnung erfolgt mit der Prozedur Ber() im Modul Boden_Datenbank_Neu_Berechnen. Codezeilen und entsprechende Programmlogik, die sich auf veraltete Bibliotheken bezog, wurden zur Laufzeit übersprungen (vgl. 5.3 Nr. 3).

Zu 6) Abgleich mit Sollwerten (Qualitätssicherung)

Die Ergebnisse der Neuberechnung der Kenngrößen Humus_M und Corg_kg_qm werden durch den Vergleich mit der Vorprozessierung in Excel-Datei HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx anhand exemplarischer Fallgestaltungen überprüft (s. Tab. 11). Die Eingangswerte wurden korrekt übernommen. Die berechneten Ergebnisse stimmen mit geringfügigen Abweichungen mit jenen der Vorprozessierung überein. Als Ursache für die Abweichungen ist anzunehmen, dass sich die Rundung der Ergebniswerte zwischen Vorprozessierung und Access-Berechnung unterscheidet. In der Bodendatenbank ist mit Datum 22.09.2020 kommentiert, dass die Access-Rundungsfunktion fctRound fehlerhaft ist (wird eingesetzt in Prozedur Humus_Ber). Eine Korrektur der Rundung in der Bodendatenbank kann hier nicht vorgenommen werden.

Tab. 11: Ergebnis des Abgleichs der Berechnungsergebnisse mit Sollwerten für ausgewählte Fallgestaltungen

Fall	Nutzboges 2022	Corg_kg_qm Vorprozessierung*	Corg_kg_qm Boden-DB 2022**	Abweichung
Moor-Bodengesellschaft, Brauche / Wiese, 0 % Grobboden	1250_172	168,0	168,0	0
Moor-Bodengesellschaft, Wald, 0 % Grobboden	1250_100	249,5	249,4	-0,1
humusarme Bodengesellschaft, Wohnnutzung, 0 % Grobboden	1080_10	3,1	3,1	-0
humusarme Bodengesellschaft, Wald, 0 % Grobboden	1080_100	3,9	3,8	-0,1
humusarme Bodengesellschaft, Brachfläche / Misch, 25 % Grobboden	2470_173	2,3	2,3	0
humusarme Bodengesellschaft, Wald, 25 % Grobboden	2470_100	5,8	5,7	-0,1
geänderte Bodengesellschaft	1150_100***	6,2	6,2	0
geänderte, neue Bodengesellschaft	1150_190****	1,6	1,6	0

* HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx, Register DATA_OUTPUT ** Boden_20220915.mdb, Tabelle g_nutzboges

*** vorher 1240_100 **** vorher 1240_190

Zu 7) Änderung der Legendenklassen für die Humusmenge (HumusMStu)

Die Klassengrenzen für die Humusmenge wurden in der Datenbanktabelle w_humus_stufe - wie in Tab. 12 angegeben - an die Stufen des organischen Kohlenstoffvorrats angepasst.

Tab. 12: Stufen Humusmenge, Corg-Menge und C-Puffervermögen

Klasse	Humusmenge [kg/m ²]	Humus- menge Stufe	Organischer Kohlenstoffvorrat [kg/m ²]	Organischer Koh- lenstoffvorrat Stufe	Puffervermögen im organischen Kohlenstoffhaus- halt Stufe
	Humus_M	HumusMStu	Corg_kg_qm	CorgStu	CpufBew
1	0 - < 6*	sehr gering	0 - < 3	sehr gering	gering
2	6 - < 12*	gering	3 - < 6	gering	gering
3	12 - < 24*	mittel	6 - < 12	mittel	gering
4	24 - < 120*	hoch	12 - < 60	hoch	mittel
5	120 - < 600*	sehr hoch	60 - < 300	sehr hoch	hoch
6	≥ 600*	extrem hoch	≥ 300	extrem hoch	hoch

*neue Klassengrenzen zur Humusmenge (bisher: 5, 10, 20, 100, 500, 2.000)

Zu 8) Dokumentation der Änderungen

Über die in Nummer 2) beschriebenen Änderungen hinaus wurde in der Datenbank eine Tabelle mit dem Namen **Doku_NatKoS_Humus_2022** angelegt, in der Detailangaben zu Datenquellen und Begründungen für die angepassten Humus-Eingangsdaten dokumentiert werden. Diese Angaben wurden aus der Datei HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx übernommen.

6 ERGEBNISSE

Das Ergebnis der Anwendung der angepassten Eingangsdaten, der Berücksichtigung des Grobbodenanteils und der Beaufschlagung der Humusaufgaben von Waldflächen für den Kohlenstoffvorrat ist auf Grundlage der Vorprozessierung in der Datei HUMUS_ERMITTLUNG.xlsx in Abb. 10 dargestellt und den entsprechenden Umweltatlas- und NatKoS-Karten gegenübergestellt (siehe Abb. 11 bis Abb. 14). Damit ist ein Überblick über die Änderungen in ihrer Größenordnung möglich.

Da die Berechnungsroutine der Bodendatenbank aufgrund von Unterschieden bei der Rundung von Berechnungsergebnissen geringfügig geringere Werte zum Kohlenstoffvorrat für die einzelnen Flächen liefert, entsprechen diese Karten noch nicht genau dem Ergebnis einer Kartenprozessierung für den Umweltatlas, wobei die Unterschiede gering sind (siehe Größenordnung der Abweichung in Tab. 11). Die Abweichungen stellen den hier ausgeführten Vergleich mit den bisherigen Umweltatlas- und NatKoS-Karten nicht in Frage.

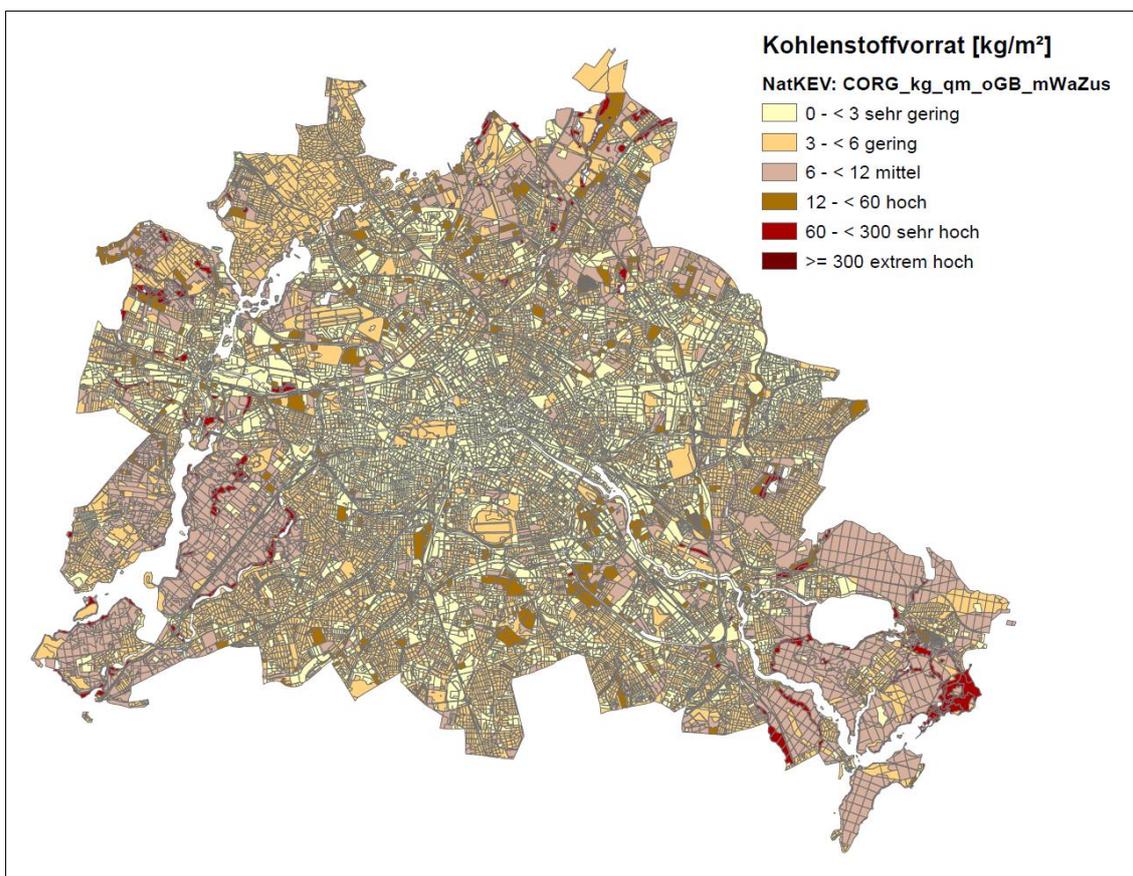


Abb. 10: Mengen des organischen Kohlenstoffs im Boden im Ergebnis von NatKEV

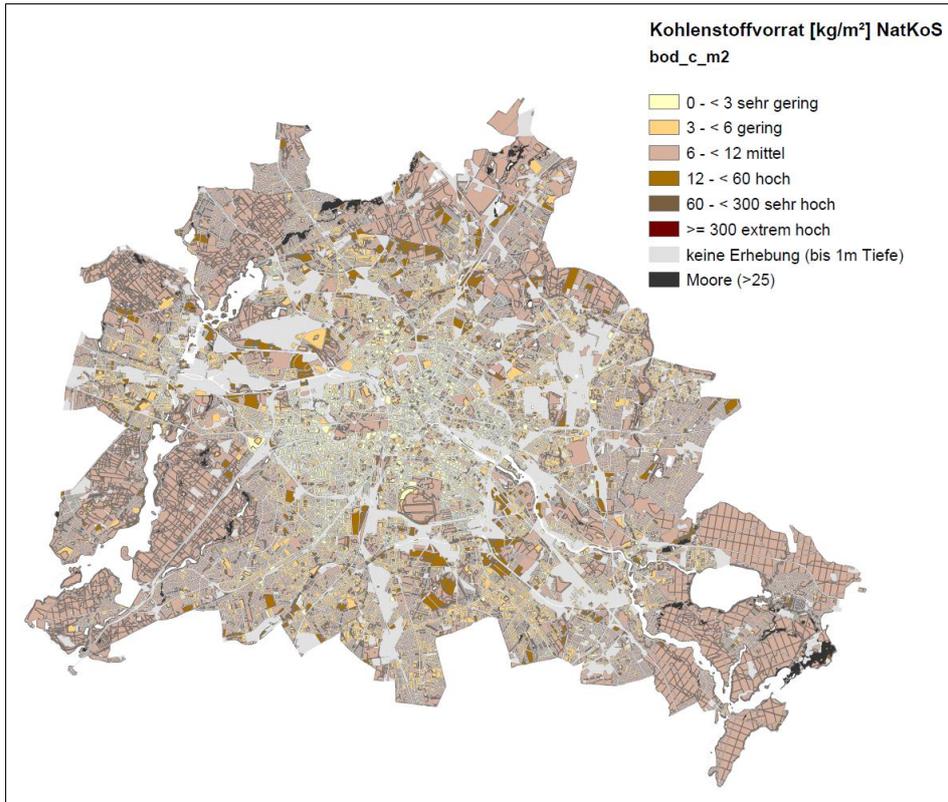


Abb. 11: Mengen des organischen Kohlenstoffs im Boden aus NatKoS

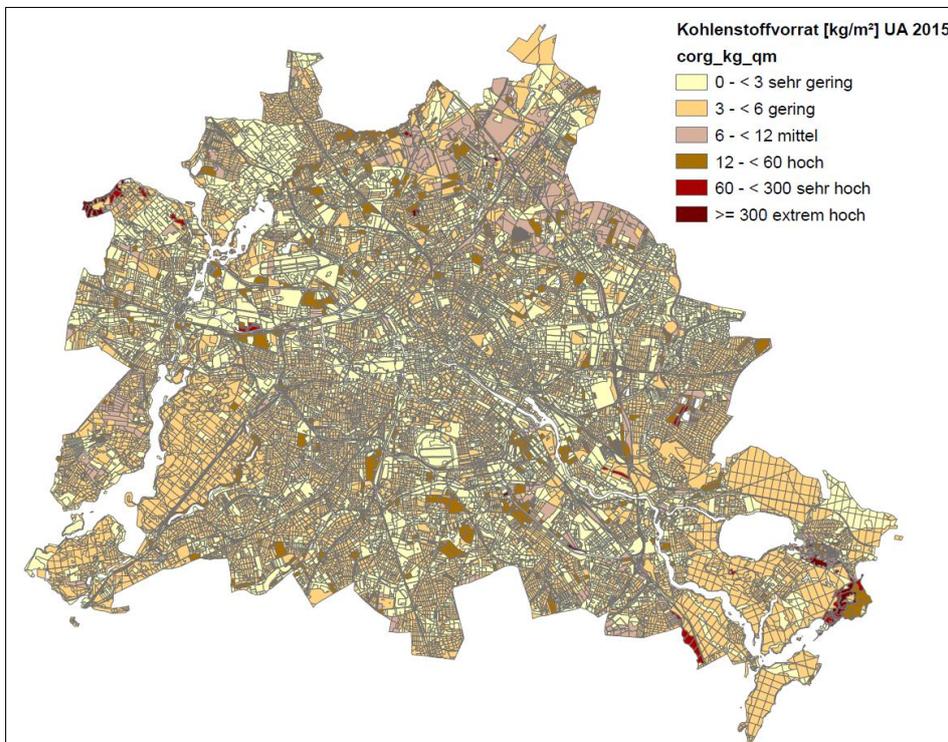


Abb. 12: Mengen des organischen Kohlenstoffs im Boden aus dem Umweltatlas (2015)

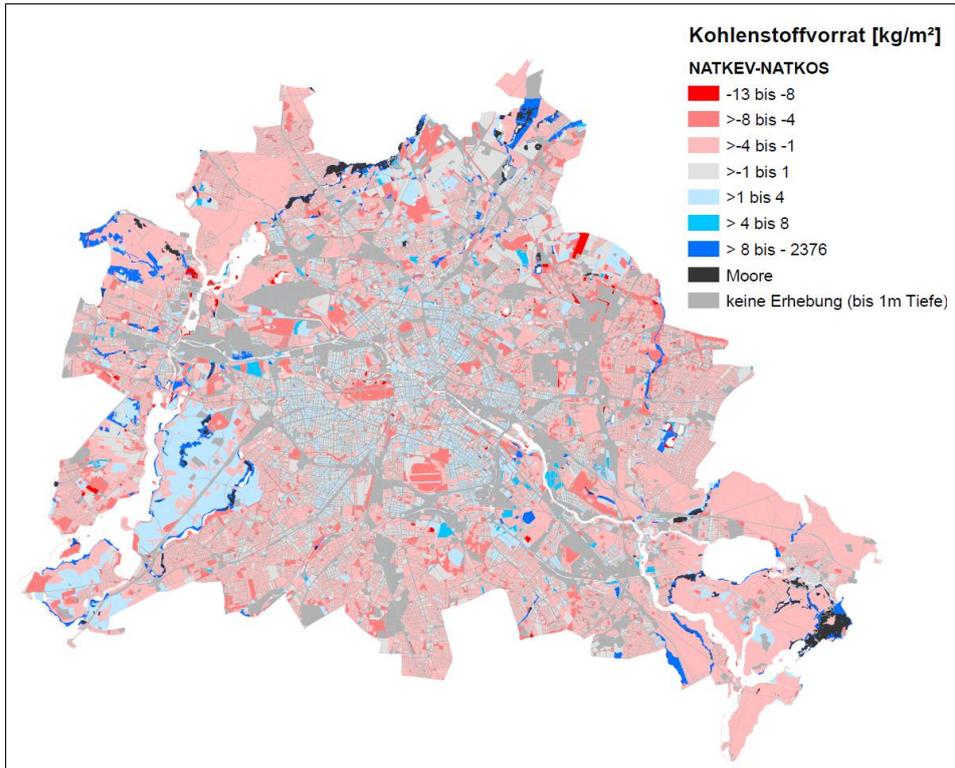


Abb. 13: Differenz der Mengen des organischen Kohlenstoffs im Boden zwischen NatKEV und NatKoS (2015)

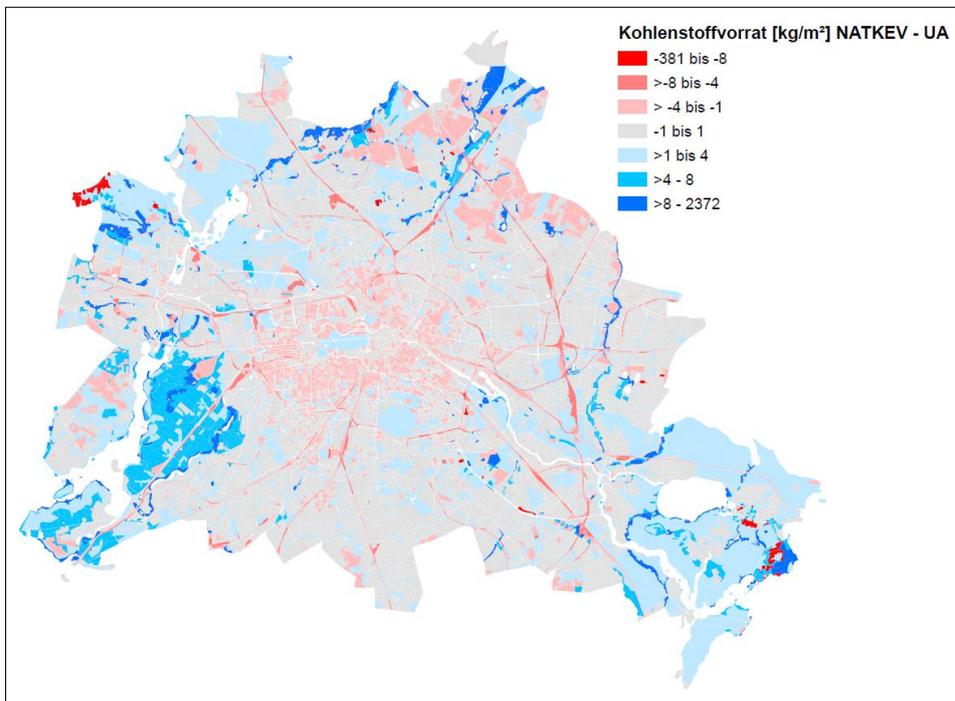


Abb. 14: Differenz der Mengen des organischen Kohlenstoffs im Boden zwischen NatKEV und Umweltatlas (2015)

Graue Flächen zeigen ähnliche, rote Flächen geringere und blaue Flächen höhere Kohlenstoffvorräte im NatKEV-Ergebnis im Vergleich zur jeweiligen NatKoS- bzw. Umweltatlas-Karte.

Im **Vergleich mit der NatKoS-Karte** ordnen sich die NatKEV-Ergebnisse i. d. R. etwas unterhalb ein. Die Werte sind jedoch nicht unmittelbar miteinander vergleichbar, da bei den NatKoS-Werten der Kohlenstoffvorrat der versiegelten Teilflächen abgezogen wurde. Das NatKEV-Ergebnis zeigt somit

- einen höheren Kohlenstoffvorrat in den Mooren (diese werden in NatKoS in einem separaten Layer geführt), Wald, Grünland, Park / Grünfläche und
- einen geringeren Kohlenstoffvorrat im Tiergarten und auf dem Tempelhofer Feld sowie auch anderswo bei humusarmen Bodengesellschaften.

Im **Vergleich mit dem Umweltatlas 2015** zeigt das NatKEV-Ergebnis

- ähnliche Kohlenstoffvorräte für Ackerland, Baumschule, Brachfläche, Gemeinbedarfs- und Sondernutzung, Kerngebietsnutzung, Mischnutzung, Sportnutzung, Stadtplatz, Ver- und Entsorgung und Wohnnutzung,
- einen höheren Kohlenstoffvorrat in Mooren und Wäldern ohne Dünen und ohne humusarme Bodengesellschaften, Park / Grünfläche, Wochenendhaus- und kleingartenähnliche Nutzung, Grünland, Friedhof, ehem. Flughäfen sowie
- einen geringeren Kohlenstoffvorrat im Bereich des Eiskellers im Spandauer Wald, in Kleingartenanlagen bestimmter Bodengesellschaften, auf Brachflächen gemischter und ohne Vegetation bestimmter Bodengesellschaften sowie auf Baustellen und Gleisanlagen.

Für die Ergebnisdarstellung des Umweltatlas wird beibehalten, dass sich die Angaben zur Humus- und Kohlenstoffmenge in kg/m² nur auf unversiegelte Flächen beziehen, d. h. der Versiegelungsgrad wird nicht in die Herleitung der Angaben einbezogen (wie auch bisher im Umweltatlas). Der Versiegelungsgrad ist daher beim Aufsummieren von Corg- / Humus-Mengen mehrerer Teilblockflächen zu berücksichtigen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Moore und vernässte Niederungsbereiche nun besser auf Basis des UEP-Moorprojektes berücksichtigt werden, und zwar dort, wo die GK25 bzw. der Grundwasserflurabstand nicht dagegenspricht. Den Erkenntnissen des NatKoS-Projektes folgend ist nun eine Berücksichtigung der Humusaufgabe im Wald (Zuschlag) und des Grobbodenanteils (Abschlag) in der Bodendatenbank gegeben. Der neue Umrechnungsfaktor der Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 6 findet Berücksichtigung. Die deutliche Überschätzung der Kohlenstoffmenge im Bereich des Eiskellers im Spandauer Wald wurde anhand bodenkundlicher Kartierungen korrigiert, ebenso wie die Überschätzung auf Dünen-Bodengesellschaften und auf Gleisanlagen. Zudem sind einzelne Flächen hinsichtlich ihrer Zuordnung zu einer Bodengesellschaft unter Berücksichtigung von Kartierungen angepasst worden. Eine Moorlinse wurde zudem korrigiert. Im Bereich des Tiergartens und der ehem. Flughäfen

Tempelhof und Tegel wurden die Kohlenstoffmengen anhand bodenkundlicher Kartierungen nach oben korrigiert. Die Qualität des Datenbestands zu den Mengen an Humus und organischem Kohlenstoff in Berlin hat sich dementsprechend deutlich verbessert. Die Abweichungen zur bisherigen Karte im Umweltatlas lassen sich gut begründen und die Werte liegen zumeist in einem Bereich zwischen NatKoS und Umweltatlas.

Die **Kohlenstoffsummen** (organischer Kohlenstoff) wurden in der Datei KOHLENSTOFFSUMMENERMITTLUNG_ausDB.xlsx für alle unversiegelten Flächen berechnet und den bisherigen Zahlen des Umweltatlas 2015 und aus NatKoS gegenübergestellt:

- a) NatKEV 2022: 7,3 Mio. t C
- b) NatKoS 2019: 5,45 Mio. t C inkl. Mooren mit Ausnahme bestimmter Nutzungen¹⁵
- c) Umweltatlas 2015: 3,96 Mio. t C

Der NatKoS-Wert ist dem wissenschaftlichen NatKoS-Projektabschlussbericht entnommen. Gegenüber dem für die ISU-Polygone berechneten Wert für NatKoS Moore in Höhe von 3,49 Mio. t C liegen dem Wert des NatKoS-Abschlussberichtes mit einer Summe von ca. 5,45 Mio. t C zusätzlich die Daten aus dem UEP-Moorprojekt zugrunde. Die gegenüber dem Umweltatlas gravierend höheren Kohlenstoffsummen aus NatKEV sind auf die Berücksichtigung der Moore und der Humusauflagen im Wald zurückzuführen. Die gegenüber NatKoS deutlich höheren Kohlenstoffsummen aus NatKEV sind auf die Berücksichtigung aller Nutzungen über Siedlung, Park, Kleingarten, Straße, Forst, Landwirtschaft hinaus zurückzuführen¹⁶.

Schließlich stellt sich nach Abschluss der Datenbankprozessierung die Frage, ob die Programmlogik hinsichtlich der Aktualität verwendeter Bibliotheken und der Abfolge der Import- und Exportvorgänge evaluiert werden sollte. Sollten zukünftig auch Auswertungen mit der Datenbank durchgeführt werden, wäre die Überführung in ein mehrbenutzerfähiges Datenbankmanagementsystem (DBMS) sinnvoll.

¹⁵ KLINGENFUß, C.; FELL, H.; THRUM, T.; KLEIN, D.-P.; KLEMM, J.; ZEITZ, J. (2019): Planungsinstrument für das CO₂-Management der natürlichen Kohlenstoffspeicher Berlins. Forschungsprojekt, Abschlussbericht. Humboldt-Universität zu Berlin. Unveröffentlicht. S. 74 (Nutzungen Siedlung, Park, Kleingarten, Straße, Forst, Landwirtschaft inkl. Moore); ohne Moore werden 4,36 Mio. t C angegeben.

¹⁶ Baustelle; Brachfläche; Mischbestand aus Wiesen, Gebüsch und Bäumen; Brachfläche, vegetationsfrei; Brachfläche, wiesenartiger Vegetationsbestand; Stadtplatz / Promenade; Ver- und Entsorgung; Verkehrsfläche (ohne Straßen)

7 QUELLEN

Quelle	Link / Datei	Art
NatKoS		
Natürliche Kohlenstoffspeicher in Berlin - Ergebnisse des Forschungsprojektes NatKoS	Natürliche Kohlenstoffspeicher in Berlin - Ergebnisse des Forschungsprojektes NatKoS (hu-berlin.de)	Literatur
Kartierungsbogen A: Organischer Kohlenstoffspeicher Vegetation - Bäume	https://www.projekte.hu-berlin.de/de/natkos/natkos_kartierungsbogen_a_vegetation_2019.pdf	Literatur
Kartierungsbogen B: Organischer Kohlenstoffspeicher Vegetation - Flächenhaft	https://www.projekte.hu-berlin.de/de/natkos/natkos_kartierungsbogen_b_vegetation_2019.pdf	Literatur
Kartierungsbogen C Organischer Kohlenstoffspeicher - Boden	https://www.projekte.hu-berlin.de/de/natkos/natkos_kartierungsbogen_c_boden_2019.pdf	Literatur
Eingabemaske Ermittlung C-Speicher Bilanzen	https://www.projekte.hu-berlin.de/de/natkos	xlsx
Karte Kohlenstoff Vegetation Berlin 2019	Karte Kohlenstoffspeicher der Vegetation Berlins (hu-berlin.de)	Literatur
Karte Kohlenstoff Böden Berlins 2019	Karte Kohlenstoffspeicher der Böden Berlins (hu-berlin.de)	Literatur
Karte Natürliche Kohlenstoffspeicher Berlins 2019	Karte Natürliche Kohlenstoffspeicher Berlins (Boden und Vegetation) (hu-berlin.de)	Literatur
Entwicklung eines Planungsinstrumentes für das CO ₂ -Management der natürlichen Kohlenstoffspeicher Berlins (NatKoS)	NatKoS-Wissenschaftlicher_Abschlussbericht_2.korr.Version_1095-B5-O.pdf	Literatur
NatKoS-Bodendatenbank (23.7.2020)	20200723_natkos_boden_abgabe.accdb	Datenbank
NatKoS-Projekt-Rohdaten-Aufnahmepunkte	NatKoS-Aufnahmepunkte.zip	shp, txt
NatKoS-Projekt-GIS-Rohdaten-Ergebniskarte	NatKoS-Flaechendaten_Boden.zip ¹⁷	shp

¹⁷ Erläuterung der Attributfelder für den Geodatensatz von NatKoS, z. B. „GRZ_WOZ“, „STSTRNAME“, ... „bo_30_m2_n“, „ko_c_tot_n“: Ein Teil der Kürzel entstammen dem Datensatz Versiegelung des Umweltatlas von 2016. Siehe https://fbinter.stadt-berlin.de/fb_datan/beschreibung/umweltatlas/datenformatbeschreibung/Datenformatbeschreibung_flaechennutzung_stadtstruktur2015_und_versiegelung2016.pdf.

Dieses Dokument liefert eine Erklärung zu STSTRNAME, GRZ_NAME, WOZ_NAME, GRZ_WOZ (HU-Kombination der Umweltatlasdatenfelder). Ein Datenabgleich zwischen diesen NatKoS- und den Umweltatlas-Daten hat ergeben, dass die ersten drei Felder 1:1 den Daten im Umweltatlas entsprechen. Der Datensatz GRZ_WOZ ist eine eigene NatKoS-Kombination der Umweltatlas-Einzeldatensätze, wobei die Feldzeichenzahl auf genau 47 Zeichen begrenzt wurde und dort, wo WOZ- und GRZ-Datensätze vorkommen, wurden die GRZ-Daten verwendet.

Quelle	Link / Datei	Art
NatKoS-Projekt-GIS-Rohdaten-Ergebniskarte Boden - Moore	NatKoS-Flaechendaten_Moore.zip	shp
NatKoS-Projekt-GIS-Projekt mit allen Abgabe-Geodaten	20200730_natkos_cspeicher_abgabe.mpk	map
Umweltatlas Berlin		
Karte Humusmenge Berlin 2018	https://www.berlin.de/umweltatlas/boden/bodenkundliche-kennwerte/2015/karten/artikel.948298.php https://www.berlin.de/umweltatlas/_assets/boden/bodenkundliche-kennwerte/de-karten/01_06_05_2015.pdf	Viewer Internet- seite Literatur
Karte organischer Kohlenstoffvorrat und Puffervermögen Berlin 2018	https://www.berlin.de/umweltatlas/boden/bodenkundliche-kennwerte/2015/karten/artikel.948606.php https://www.berlin.de/umweltatlas/_assets/boden/bodenkundliche-kennwerte/de-karten/01_06_06_01_11_11_2015.pdf	Viewer Internet- seite Literatur
Begleittexte Humusmenge und Organischer Kohlenstoffvorrat 2018	https://www.berlin.de/umweltatlas/_assets/boden/bodenkundliche-kennwerte/de-texte/kd106.pdf	Literatur
Humusmenge der Böden 2015 (Umweltatlas)	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=zoomStart&mapId=k01_06_05humus2015@sen-stadt&bbox=388336,5818588,394955,5822472	Viewer Internet- seite
Organischer Kohlenstoffvorrat und Puffervermögen 2015 (Umweltatlas)	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=zoomStart&mapId=k_01_06_6kohlenstoffvor2015@sen-stadt&bbox=388336,5818588,394955,5822472	Viewer Internet- seite
Feldnamen Bodengesellschaften und Bodenarten 2015	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb_daten/beschreibung/umweltatlas/datenformatbeschreibung/Datenformatbeschreibung_bodengesellschaften_und_bodenarten2015.pdf	Literatur
Feldnamen Bodenkundliche Kennwerte 2015	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb_daten/beschreibung/umweltatlas/datenformatbeschreibung/Datenformatbeschreibung_bodenkundliche_kennwerte2015.pdf	Literatur
Feldnamen Flächennutzung, Stadtstruktur 2015 und Versiegelung 2016	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb_daten/beschreibung/umweltatlas/datenformatbeschreibung/Datenformatbeschreibung_flaechennutzung_stadtstruktur2015_und_versiegelung2016.pdf	Literatur
WFS Humusmenge und Organischer Kohlenstoffvorrat 2015	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/wfs/data/sen-stadt/s_boden_wfs2_2015	Vektor- daten wfs
GIS-Rohdaten Humusmenge und Organischer Kohlenstoffvorrat	WFS2_Bodenkennwerte_2015.zip	shp
Dokumentation der Bodendatenbank Berlin incl. Methodik 2019	https://www.berlin.de/umweltatlas/_assets/literatur/gerstenberg2017.pdf	Literatur
Skizzierung Umweltatlas-Bodendatenbank-Methodik Humusmenge Organischer Kohlenstoffvorrat	Skizzierung%20Umweltatlas-Bodendatenbank-Methodik%20Humusmenge%20Organischer%20Kohlenstoffvorrat.pdf	Literatur

Quelle	Link / Datei	Art
Bodenschutz-Instrument zur Umweltatlas-Methodik	20210519_PHBS_Bodenschutz-Instrument_Arbeitsfassung.xlsx	xlsx
Bodendatenbank 25.09.2020 methodische Arbeitsdatei für das Projekt	Boden_20200925.mdb	Datenbank
Umweltatlas + NatKoS		
Kombination Umweltatlas + NatKoS inkl. aller Sachdaten (erstellt mit QGIS) NatKoS-Umweltatlas_Flaechendaten_Boden.shp	über die QGIS-Funktion „Attribut nach Position zusammenfügen“ wurde mit QGIS 3.14 das Shapefile erstellt, das die NatKoS-Daten sowie alle notwendigen Umweltatlas-Daten des WFS1 und WFS2 beinhalten sollten, die für die Prozessierung der Humusmenge und des Organischen Kohlenstoffvorrates benötigt werden (inkl. der Umweltatlas-GML-IDs und Schlüsselnummern). Hierbei wurden auch die 96 Straßenflächen entfernt, die in den NatKoS-Daten über die 24655 Flächen hinaus enthalten waren. Das wichtigste Feld ist <i>bod_c_m2_n</i> .	shp
Kombination Umweltatlas + NatKoS mit tw. Sachdaten (erstellt mit ArcGIS) NatKoS_Daten.gdb	Die Daten wurden zusätzlich noch durch die Geoinformatik der SenSW in ArcGIS durch einen Spatial Join verknüpft. Hier sind allerdings nicht alle Datengrundlagen enthalten, aber immerhin die GML-IDs mit den NatKoS-Daten verknüpft. Im Paket ist nur der Datensatz boden_natkos_block_schlüssel von Relevanz, da nur aus diesem Datensatz die 96 Straßenflächen entfernt wurden, die zwar in NatKoS, aber nicht im Umweltatlas enthalten sind.	gdb
UEP-Moorprojekt		
Berliner Moorböden im Klimawandel - Projektseite	http://www.berliner-moorboeden.hu-berlin.de/index.php	Internetseite
Abschlussbericht Berliner Moorböden UEPII-HU-Berlin 2015	http://www.berliner-moorboeden.hu-berlin.de/downloads/Abschlussbericht-Berliner-Moorboeden-UEPII-HU-Berlin-2015.pdf	Literatur
Moorgebiete und Bodentypen (Umweltatlas)	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=zoomStart&mapId=wmsk01_19_1moorbodtyp2015@sen-stadt&bbox=388066,5831508,392659,5834203	Viewer Internetseite
WFS Moore - Aufnahmepunkte 2015	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/wfs/data/sen-stadt/s01_19_1moorbodtyp2015_pkt	Vektordaten wfs
GIS-Rohdaten Moore - Aufnahmepunkte	Moore%20-%20Aufnahmepunkte.zip	shp
WFS Moore - Moorgebiete	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/wfs/data/sen-stadt/s01_19_1moorbodtyp2015_geb	Vektordaten wfs
GIS-Rohdaten Moore - Moorgebiete	Moore%20-%20Moorgebiete.zip	shp

Quelle	Link / Datei	Art
WFS Moore - Moorteilflächen	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/wfs/data/sen-stadt/s01_19moor2015	Vektor- daten wfs
GIS-Rohdaten Moore - Moorteilflächen	Moore%20-%20Moorteilfl%C3%A4chen.zip	shp
Verknüpfung Aufnahmepunkte - Moorteilflächen	Aufnahmepunkte-Moorteilflaechen.zip	shp
ISU-Polygone, die in Teilflächen als Moore zu charakterisieren sind	NatKoS_Moore_ISU-Polygone.shp (276 Polygone)	shp