

Der 2. Weltkrieg als bodenbildender Faktor in Deutschland

Bernd Steinweg und Michael Kerth



Dr. Bernd Steinweg

Dipl.-Geograph, Studium in Hannover und Bochum, Promotion in München, 2000–2014 Gutachter- und Behördentätigkeit im Bereich Bodenschutz/Altlasten in Detmold und Mönchengladbach, seit 2014 Abteilungsleiter für Abfall, Bodenschutz und Altlasten im Kreis Viersen



Dr. Michael Kerth

Dipl.-Geologe; Studium in Bonn, Southampton (U.K.) und Essen. Promotion über ein umweltgeologisches Thema; seit 1988 als Gutachter im Umweltbereich tätig; Sachverständiger nach § 18 BBodSchG; geschäftsführender Gesellschafter der Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH, Detmold

Zusammenfassung

Eine Bestandsaufnahme der Beeinflussung von Böden durch den 2. Weltkrieg zeigt, dass diese innerhalb Deutschlands quasi ubiquitär ist, wenn auch mit einer sehr unterschiedlichen Intensität der Einwirkungen und sehr unterschiedlichen Flächenanteilen. Dabei zeigt sich eine starke Konzentration (Gruppierung) insbesondere im Bereich und Umfeld von Großstädten, wichtigen Industrie-/Verkehrsanlagen sowie im Bereich einzelner Schlachtfelder. Charakteristische Bodentypen, die durch Kriegsbeeinflussungen entstanden sind, sind Syrosole auf Betonresten von Bunkern und anderen Betonbauwerken, Regosole auf durch Kriegseinwirkung umgelagerten Lockergesteinen, Pararendzinen auf karbonathaltigem Trümmerschutt, Treposole durch Horizontvermischung in flächig zerkraterten Landschaften mit anschließender Wiedereinebnung, Kolluvisole in zusedimentierten bzw. verfüllten Kriegshohlformen, Pseudogleye mit StauhORIZONTEN in Folge von Kolmation oder Detonationsdruckwellen, sowie Gleye und subhydrische Böden in Kriegshohlformen mit hohen Grundwasserständen. Innerhalb von Flächen mit Kriegsbeeinflussung besteht auf der Skala von wenigen Dezimetern bis wenigen Zehner Metern ein „chaotisches Nebeneinander“ von stark voneinander abweichenden Bodeneigenschaften, was eine Herausforderung sowohl bei der Bodenkartierung als auch der Bodenfunktionsbewertung darstellt.

Schlüsselwörter: *Kriegsbeeinflusste Böden, Bodenveränderung, Bodenneubildung, Bodentypen, Verteilungsmuster, Bodenkartierung, 2. Weltkrieg, Deutschland*

Summary

A survey on the impact of WW II on soils in Germany reveals an ubiquitous influence, however with a very high variation of intensity and percentage of area effected. War influence of soils is highest within major cities and their surroundings, in the vicinity of important industrial sites, traffic infrastructure and in battlefield areas. According to the German Soil classification, war-influenced soil types developed after WW-II are sometimes named in the same way as the naturally developed soils. Examples of this are Lithic Leptosols on concrete remainders of bunkers and other concrete constructions, Regosols on relocated soft rocks or Planosols and Gleysols in compacted and/or lower parts of craters and trenches. According to the international World Reference Base for Soil Resources (WRB) the typical WW-II generated Refe-

rence Soil groups are Anthrosols (developed on relocated, mixed natural soil material) and Technosols (developed on soil material with a significant proportion of artefacts, e. g. blown up bunkers or rubble from war). Within areas with war influence a chaotic side by side of differing soil characteristics can be observed on the scale of a few decimetres to a few decametres, which is a challenge for soil mapping and the assessment of soil functions in such areas.

Keywords: *war-influenced soils, soil alteration, new soil formation, Anthrosol, Technosol, soil mapping, WW-II, Germany*

1. Einführung

Im Jahr 2020 jährt sich das Ende des 2. Weltkrieges (2. WK) zum 75. Mal. Von Deutschland ausgehend brachte er millionenfachen Tod, menschliches Leid, Zerstörung und Vertreibung über Europa und weitere Teile der Welt. Dabei veränderte dieser Krieg auch Städte und Landschaften mitsamt deren Böden. Dass Kriege flächenhaft und relevant auf Böden einwirken, wurde bereits für die im 1. Weltkrieg stark umkämpften Gebiete in Flandern und Verdun [1, 2] sowie Slowenien gezeigt [3]. Betrachten Certini et al. [4] die Auswirkungen von Kriegen auf Böden, geben Steinweg & Kerth [5] eine Übersicht typischer Einwirkungen des 1. und 2. Weltkrieges auf die Böden Mittel- und Westeuropas sowie hierdurch ausgelöster Veränderungen. Darauf aufbauend soll mit dem hier vorgelegten Beitrag exemplarisch für Deutschland dargestellt werden, wie und in welchem Ausmaß der 2. WK die Böden überprägt hat.

Die Konzentration auf Deutschland ist dabei allein der Tatsache geschuldet, dass die Autoren in Deutschland tätig sind. Es soll nicht impliziert werden, dass in Deutschland die Einwirkung auf den Boden im Vergleich mit den Ländern, die von Deutschland mit Krieg überzogen wurden, besonders hoch oder intensiv wären und Deutschland in Bezug auf kriegsbedingte Veränderungen des Bodens in einer „Opferrolle“ wäre. Zu wünschen wäre, dass diese Veröffentlichung eine vertiefte und möglichst internationale wissenschaftliche Auseinandersetzung mit militärisch und kriegsbedingten Veränderungen von Böden mit in Gang bringen kann. Ansatzpunkt hierfür könnte die Working Group Urban Soils (SUITMA: Soils of Urban, Industrial, Traffic, Mining and Military Areas) der International Union of Soil Sciences sein (siehe [6]) sein. Global betrachtet erscheint eine Beschäftigung mit den Veränderungen und Beeinträchtigungen von Böden durch Krieg auch dringend notwendig, weil Kriege außerhalb (Mittel-) Europas in den letzten 75 Jahren allgegenwärtig waren und im schlimmsten Fall in den Kriegen durch Zerstörung der Böden die Ernährungsgrundlagen der Bevölkerung zerstört worden ist.

2. Bedeutende Einwirkfaktoren des 2. Weltkrieges auf die Böden in Deutschland

Steinweg & Kerth [5] zeigen die Vielzahl direkter und indirekter Einwirkungen des 1. und 2. Weltkrieges auf die Böden in Europa auf. Die bedeutendsten und nachhaltigsten Einwirkungen des 2. Weltkrieges auf die Böden in Deutschland können dabei regional erhebliche Flächen-

anteile einnehmen. Ausmaße von einzelnen, kriegsbedingt entstandenen Hohlformen sind in Abbildung 1 dargestellt. Auf ihre Entstehung sowie die damit einhergehenden Bodenveränderungen wird in den nachfolgenden Kapiteln ebenso eingegangen wie auf die Veränderung von Relief und Böden durch die nachkriegszeitliche Ablagerung von Trümmerschutt.



Abbildung 1
Bodenreue im Bereich gesprengter Betonbauwerke des 2. Weltkrieges, hier: ehem. V2-Prüfstand in Friedrichshafen-Raderach

2.1 Errichtung militärischer Infrastruktur

Bereits kurz nach der Machtergreifung Hitlers im Jahr 1933 setzte ein verstärkter Ausbau der militärischen Infrastruktur ein – mit einhergehenden Auswirkungen auf die Böden im Deutschen Reich. Eine Vielzahl neuer Kasernen, Flugplätze oder Munitionsdepots sowie der Ausbau der Rüstungsindustrie führten zur Flächeninanspruchnahme vormals naturnah genutzter Böden. Ab 1935 wurde mit dem Bau von zunächst 60–90 Kilometer langen bunkerbefestigten Verteidigungslinien in Süddeutschland begonnen (Neckar-Enz-Stellung, Wetterau-Main-Tauber-Stellung, Bayerisch-Tschechische Grenzstellung), sie sollten das Deutsche Reich an militärstrategisch gelegenen Einfallspforten vor möglichen Angriffen aus dem Westen und Osten schützen. Der

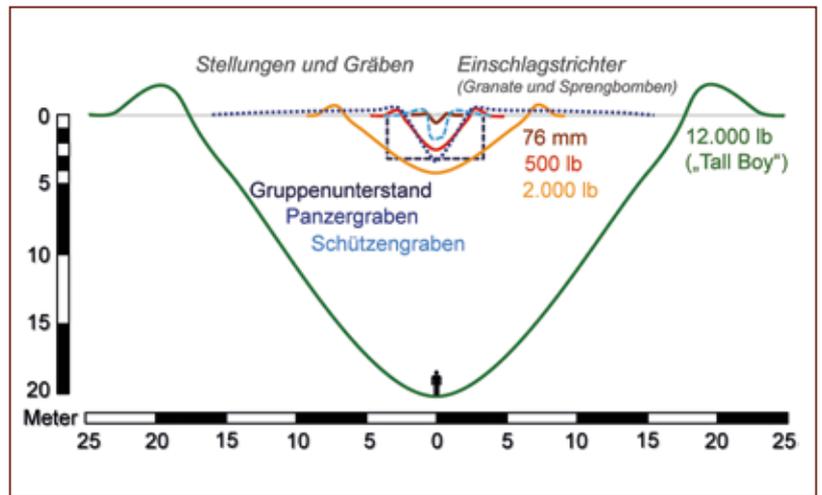


Abbildung 2
Größenordnungen von ausgewählten, durch den 2. Weltkrieg in Deutschland entstandenen Hohlformen

zwischen 1938 und 1940 gebaute, 630 Kilometer lange Westwall erstreckte sich vom Niederrhein bis zur Schweizer Grenze und bestand u. a. aus rd. 18.000 Bunkern sowie 250 Kilometern Höckerlinien aus Beton [7]. Für seinen Bau mussten über 30.000 Bauern und Landarbeiter ihre Betriebe auf einer Gesamtfläche von 1.200 km² verlassen [8]. Im Laufe des Krieges kamen weitere, oftmals in der freien Landschaft oder zur Tarnung in Waldgebieten errichtete (Stahl-) Betonbauwerke wie Flakstellungen, Ringstände oder Raketenab-schussrampen hinzu. Nach Ende des Krieges wurde ein Teil dieser militärischen Anlagen zerstört, wobei die Betonbauten meist gesprengt, stellenweise zusätzlich übererdet und sich selbst überlassen wurden. Dies führte neben Bodenumlagerungs- und Durchmischungsprozessen auch zum Eintrag Technogener Substrate (v. a. Beton) in die naturnahen Bodenlandschaften. Bis heute bilden sie dort i. d. R. als Vollformen ausgeprägte standortfremde Bodentypen (s. Abbildung 2 und 3). Erste Untersuchungen aus der Eifel bei Hollerath zeigen, dass diese anthropogen neu entstandenen A(i)h-C-Böden durch den betonbürtigen Karbonateintrag um 0,5 bis 1 pH-Einheiten höhere Werte aufweisen als die sie umgebenden natürlichen Braunerden (Abbildung 3).

Abbildung 3
Gesprengter und übererdeter Bunker in Hellenthal-Hollerath (Eifel) mit Neubodenbildung auf umgelagertem Bodenmaterial-Betongemisch





(@ Foto B. Steinweg)

Abbildung 4
Teilweise zusedimentierter ehem. Laufgraben der Hardenberg-Stellung auf den Pontischen Hängen im Oderbruch

2.2 Bau von Feldstellungen

Als Feldstellungen bezeichnet man Panzer-, Lauf-, Deckungsgräben und Unterstände, die vor oder während eines Krieges zumeist ohne Zuhilfenahme mineralischer Baustoffe als Erdstellungen angelegt werden. Auch sie waren bereits Bestandteile der in Kap. 2.1 genannten, bis 1940 errichteten Verteidigungsstellungen. Nach der Landung der Alliierten in der Normandie („D-Day“) erließ Hitler ab Sommer 1944 Befehle zum weiteren Ausbau von Verteidigungslinien im Deutschen Reich. Neben der Ertüchtigung der z. T. verfallenen Stellungen des Westwalls wurden bis ins Frühjahr 1945 zum Schutz vor dem Einmarsch der Kriegsgegner eine Vielzahl weiterer Verteidigungslinien angelegt. Ortschaften und Städte wurden von z. T. mehrere Kilometer langen Panzergräben, ergänzt von Lauf- und Deckungsgräben, umgeben [9]. Zu den überregional verlaufenden Stellungen gehörten etwa die parallel zum Westwall erstellten sog.

Tabelle 1
Ausmaß von drei zwischen Herbst 1944 und Februar 1945 errichteten Verteidigungsstellungen im Deutschen Reich (PG = Panzergräben, LDG = Lauf-/Deckungsgräben).

Ausmaß	Art	Weststellung im Rheinland	Westfalenwall (Münsterland)	Friesenwall (Nordseeküste)	Gesamt
Länge (km)	PG	1.319 [10]	16 [11]	237 [12]	11.622 km
	LDG	9.440 [10]	360 [11]	250 [12]	
Beanspruchte Fläche (km ²)*	PG	53	0,6	9,5	113 km ²
	LDG	47	1,8	1,3	
Bodenaushubmenge (Mio m ³)**	PG	18,86	0,23	3,40	rd. 40 Mio m ³
	LDG	16,32	0,62	0,43	

* inkl. Fläche des nach den Vorschriften von Merkblatt 57/5 (1944) [13] abgelagerten Aushubmaterials
** im aufgelockerten Zustand nach Umlagerung |* und ** jeweils nach eigenen Abschätzungen

„Weststellungen“, der Friesenwall entlang der deutschen Nordseeküste oder die Hardenberg- und Wotanstellung in Ost-Brandenburg (Abbildung 4). Auch wenn sie nur teilweise fertig gestellt wurden, hatten sie nicht unerhebliche Flächenausmaße.

In Tabelle 1 sind in der Literatur dokumentierte Ausmaße von drei Stellungssystemen vor dem Hintergrund ihrer beanspruchten Fläche und umgelagerter Bodenmengen aufgeführt (s. a. Abbildung 1).

Im Kreis Viersen (Niederrhein) werden aktuell auf Grundlage historischer Luftbilder die kriegsbedingten Hohlformen mit Stand 1945 flächenhaft in einem Geographischen Informationssystem erfasst. In bislang drei von neun bearbeiteten Kommunen wurden insgesamt 12,6 Kilometer Panzergräben, 95,8 Kilometer Lauf-/Deckungsgräben sowie 463 ehemalige Stellungen und Unterstände kartiert [14]. Die meisten dieser Hohlformen wurden nachkriegszeitlich verfüllt und sind heute morphologisch nicht mehr erkennbar. Exemplarisch durchgeführte Bodenuntersuchungen an einem verfüllten Panzergraben unter Ackernutzung zeigen jedoch einen gestörten Bodenaufbau unterhalb des Ap-Horizontes: hier wurden als Ergebnis der nachkriegszeitlichen Verfüllung heterogen zusammengesetzte Schichten mit eingeschalteten humosen Lagen angetroffen (Abbildung 5).

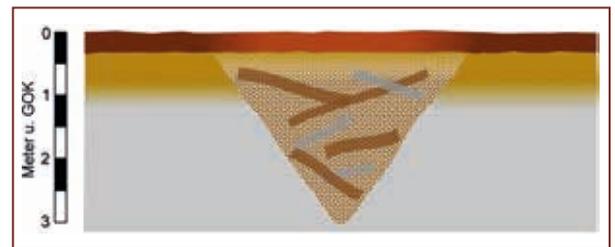


Abbildung 5
Auf Grundlage eigener Untersuchungen im Kreis Viersen schematisch dargestellter Bodenaufbau in einem nachkriegszeitlich verfüllten Panzergraben unter Ackernutzung

Teile von erhaltenen Panzergräben unter Waldnutzung im Kreis Viersen stehen unter Bodendenkmal-schutz. In ihren Senken sind sie gekennzeichnet durch mächtige humose Oberboden- und Auflagehorizonte, während in den oberen Schulterbereichen der Gräben anhaltende Erosionsprozesse zu rezenten Offenbodenflächen führen. Die Prozesse der Akkumulation von Bodenmaterial in Senkenstrukturen mit anhaltenden Erosionsprozessen im Schulterbereich ist ebenso in Abbildung 4 erkennbar; sie gelten analog für die bis heute erhaltenen Bomben- und Granatrichter (s. Kap. 2.3).

2.3 Bomben- und Granateinschläge

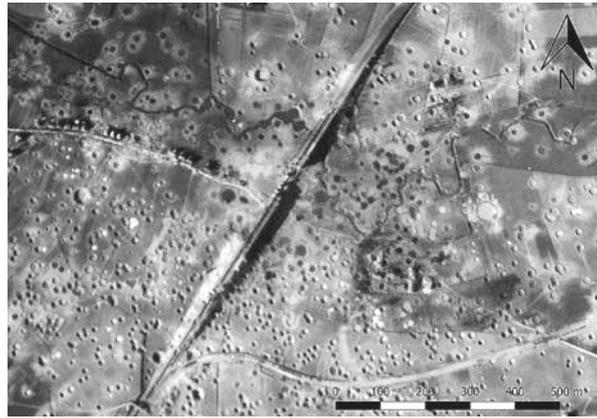
Im Laufe des 2. Weltkrieges wurden bis 1945 rd. 1,6 Millionen Tonnen Sprengbomben über dem Deutschen Reich abgeworfen [15, 16], dies entspricht einer Anzahl von mehreren Dekamillionen Sprengkörpern. In ganz Deutschland wurden dabei nahezu jede Großstadt und eine Vielzahl kleinerer Orte sowie militärisch und strategisch relevanter Objekte bombardiert [17]. Durch Fehl- und Notabwürfe fiel eine hohe Zahl der abgeworfenen

Bomben in die freie Landschaft, sie hinterließen hier in Abhängigkeit von Kaliber, Zündereinstellung und Untergrundbeschaffenheit Krater mit Ausmaßen von bis zu mehreren Metern Tiefe und mehreren Zehnermetern Durchmesser ([5, 18] und Abbildungen 1, 6 und 7). Über die Hälfte der abgeworfenen Sprengbomben hatte dabei ein Gewicht von 500 lb (rd. 250 kg). Wenn erhalten, treten diese Bombentrichter i. d. R. als kreisrunde, uniforme Hohlformen mit einem meistens mehr oder weniger ausgeprägten Ringwall auf [19]. Dies unterscheidet sie sowohl von natürlichen Erdfällen und Dolinen (hier fehlt der Ringwall), als auch von anderen anthropogenen, etwa durch Abgrabungen oder Bergbau entstandenen Vertiefungen mit einer Vielzahl unterschiedlicher Formen sowie dem oftmals asymmetrisch abgelagertem Abraummaterial.

Die Bombentrichterdichten liegen dabei in zwei untersuchten Waldgebieten Hessens zwischen 364 (Marburg) und 862 (Dillenburg) Trichtern/km² [20]. In besonders stark bombardierten Gebieten wie etwa auf Helgoland oder in der Umgebung kriegswichtiger Infrastruktur liegen sie bei z. T. über 1.000 Trichtern/km² (s. a. Abbildung 6).

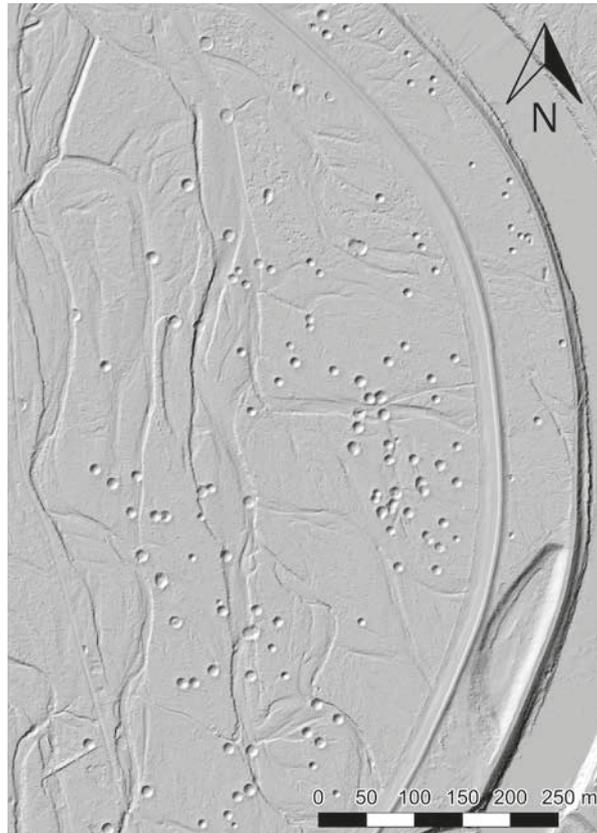
Ab Herbst 1944, mit dem Eindringen alliierter Truppen in das Kerngebiet des Deutschen Reiches, wurden umkämpfte Siedlungen und Landschaften zudem einem starken Artilleriebeschuss ausgesetzt. So wurden etwa zu Beginn der sog. „Schlacht im Reichswald“ („Operation Veritable“) bei Kleve am 8. Februar 1945 innerhalb weniger Stunden rd. eine halbe Million Granaten auf deutsche Stellungen im Reichswald abgefeuert [21]. Zum Auftakt der Schlacht um Berlin am 16. April 1945 fielen an der Oderfront binnen 30 Minuten 1,8 Millionen Granaten auf deutsche Linien [22]. Auf Grund ihrer sehr hohen Anzahl haben die Granatgeschosse in einigen Gebieten zu großflächigen Veränderungen des Bodenaufbaus bis in mehrere Dezimeter Tiefe geführt. So kartierten Dickhoff et al. [23] im Reichswald u. a. als Folge dieses Kriegereignisses flächenhaft humose Bodenhorizonte bis in 70 cm Tiefe aus. Im Hürtgenwald (Eifel) fanden zwischen Oktober 1944 und Februar 1945 auf einer Fläche von rd. 20 km² besonders intensiv geführte Kämpfe statt; hier wurden mehrere Zehnermillionen Granaten verschossen. Müggenburg et al. [24] konnten hier auf nachkriegszeitlich rekultivierten Ackerflächen einen flächendeckend bis im Mittel 80 cm Tiefe reichenden rigosolartig veränderten Bodenaufbau feststellen.

Bei der Verfüllung kriegsbedingter Hohlformen des 2. Weltkrieges (Trichter und Gräben) für die landwirtschaftliche (Wieder-)Nutzung wurden neben dem ausgeworfenen natürlichen Bodenmaterial auch Fremdmaterialien oder sonstiger Abfall verwendet; diese Substrate sind heute ebenfalls Bestandteil der betroffenen Böden. Erste eigene Untersuchungen zeigen, dass in 11 von 20 (entspricht 55 %) verfüllten Bombentrichtern und Panzergräben im Kreis Viersen (Niederrhein) in mindestens einer Schicht Technogene Substrate wie Bauschuttreste und Aschen anzutreffen sind (Abbildung 8). Typisch vorkommende Schadstoffe mit erhöhten Gehalten sind dabei Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe



(© National Collection of Aerial Photography, NCAP)

Abbildung 6
Bombentrichterlandschaft um das Eisenbahnviadukt in Bielefeld-Schildesche, Luftbild vom 23. März 1945



(© Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung 1910–671)

Abbildung 7
Im Höhenmodell erkennbare, rezent erhaltene Bombentrichterlandschaft in den Lechauen südlich von Augsburg (errechnete Trichter-dichte ca. 440/km²)



(© Foto B. Steinweg)

Abbildung 8
Verfüllter Bombentrichter mit maximal 4 Dezimeter mächtiger Trümmerschuttlage aus Ziegeln und Rostaschen in ländlicher Umgebung bei Willich (Niederrhein)



(@ Foto M. Kerth)

Abbildung 9
Wassererfüllter
Bombentrichter in
Bielefeld-Schildesche
(Naturschutz-
gebiet Großer Bruch
am Wellbach)

(max. 14 mg/kg), Cadmium (max. 2,9 mg/kg), Kupfer (max. 181 g/kg) und Zink (max. 1.010 mg/kg).

Auch in den meistens unter Waldnutzung noch erhaltenen kriegsbedingten Hohlformen haben bodenverändernde Prozesse eingesetzt. Hier kommt es vornehmlich gravitativ bedingt zur Umlagerung von Boden und Nivellierung des Reliefs. Diese Prozesse führten im Laufe von rd. 75 Jahren zur teilweisen Verfüllung der Senken mit mineralischem und organischem Bodenmaterial, so dass Böden mit kolluvisolartiger Ausprägung entstanden sind [5, 24]. Ebenfalls natürlichen Verlandungsprozessen unterliegend, haben sich in den kriegsbedingten Hohlformen in Gebieten mit Staunässe oder oberflächennah anstehendem Grundwasser Kleingewässer mit zeitweiser oder auch permanenter Wasserführung gebildet (Abbildung 9). In naturschutzfachlichen Veröffentlichungen wird regelmäßig auf ihre wichtige Bedeutung als Sekundärgewässer hingewiesen (z. B. [25]).



(@ Foto B. Steinweg)

Abbildung 10
Pararendzina aus
Trümmerschutt (in-
ternational: Techno-
sol) in verfülltem
Talabschnitt der
Spiegelsberge in
Halberstadt

2.4 Trümmerschuttablagerungen

Am Ende des 2. Weltkrieges fielen in Deutschland über eine Milliarde Tonnen Trümmerschutt an [26]; ihre Räumung gehörte mit zu den vordringlichsten Aufgaben in den zerstörten Städten. Durchgeführte Versuche, die abgeseibten Feinanteile des Schuttes zur landwirtschaftlichen Kalkdüngung einzusetzen, stellten sich aufgrund der relativ geringen Kalkgehalte sowie seiner schlechten Pflanzenverfügbarkeit als nicht zielführend heraus [27]. Ein Teil des Trümmerschuttes verblieb vor Ort im Untergrund der Städte und bildet dort seitdem in Mächtigkeiten von bis zu mehreren Metern ein typisches Ausgangsmaterial in deutschen Stadtböden [5, 28]. Weitere zu entsorgende Trümmerschuttmengen wurden zur Landschaftsgestaltung (z. B. Olympiapark München) oder zur Verfüllung von natürlichen Tälern (z. B. Halberstadt, Abbildung 10) und anthropogenen Vertiefungen (z. B. Bergsenkungsgebiete im Ruhrgebiet) eingesetzt. In vielen Fällen wurden jedoch Trümmerberge aufgeschüttet, die heute landschaftsprägende Elemente und z. T. die jeweils höchsten Erhebungen in einigen Städten sind, wie etwa der Birkenkopf in Stuttgart oder der Inrather Berg in Krefeld ([20] und Abbildung 11).

In Berlin waren am Ende des 2. Weltkrieges 29 km² Fläche mit Trümmerschutt bedeckt, sie wurden nachkriegszeitlich zu 14 Trümmerbergen aufgeschüttet, die Forßbohm [29] als „Kriegs-Endmoränen“ bezeichnet. Der Teufelsberg ist dabei mit rd. 25 Millionen Kubikmetern abgelagertem Trümmerschutt und einer Ausdehnung von annähernd 5 Hektar der deutschlandweit mächtigste Trümmerberg.

Typische Bodenformen auf diesen Trümmerablagerungen sind nach 75 Jahren Pedogenese Pararendzinen oder Regosole aus Trümmerschutt (s. a. Abbildung 10). Diese bilden in naturnahen Landschaften standortfremde Böden mit z. T. vollständig anderen Bodenfunktionen sowie häufig erhöhten Schadstoffgehalten aus (Abbildung 11).

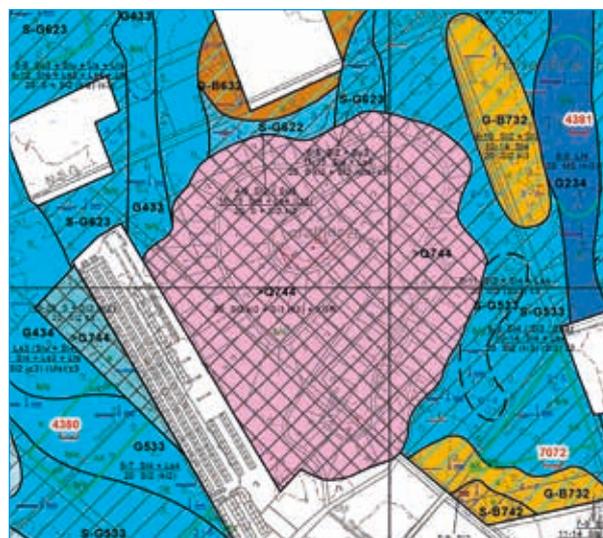


Abbildung 11
Als standortfremder Bodentyp kartierter Aufschüttungs-Regosol aus Trümmerschutt in Krefeld-Inrath (Ausschnitt aus der Bodenkarte zur Standorterkundung 1:5.000 des Geologischen Dienstes Nordrhein-Westfalen 2015)

3. Was vom 2. Weltkrieg übrig bleibt: neue Böden mit neuen Eigenschaften

Die in Kapitel 2 dargestellten Einwirkungen des 2. Weltkrieges haben in Deutschland regional flächenhaft zu neuen Bodentypen mit z. T. stark veränderten Bodenfunktionen geführt; sie sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Nach internationaler Bezeichnung (WRB) können die kriegsbeeinflussten Böden in die Hauptgruppe der Anthrosole oder, wenn sie mehr als 20 % Technogene Substrate enthalten, als Technosole, eingeordnet werden.

I. d. R. ist die ungestörte, natürliche Bodenentwicklung auf kriegsbedingt neu entstandenen Festgesteinsoberflächen nach 75 Jahren noch nicht über den Bodentyp des Syrosem hinausgekommen. Dagegen ist sie auf neu entstandenen Lockergesteinsstandorten (außerhalb von steileren Hanglagen) häufig bereits über die Klasse der Rohböden hinaus bis hin zum Regosol fortgeschritten. Auf Böden unter ackerbaulicher Nutzung hat sich durch (Humus-)Düngung und Pflugbearbeitung in den meisten Fällen ein Ap-Horizont ausgebildet. Dennoch sind ihre Unterböden-/Untergrundhorizonte z. B. durch eingemischte organische Substanz oder verringerte Lagerungsdichten dauerhaft verändert. Sie haben dadurch z. T. bessere Nährstoff- und Wasserspeichereigenschaften als die umliegenden naturnahen Böden, was sich durch positive Bewuchsmerkmale bei tiefer wurzelnden Pflanzen abbilden kann (Abbildung 12). Am Rand eines Bombenkraters ist der Boden bei lehmigen und tonigen Ausgangssubstraten durch den Explosionsdruck der Bombe häufig zu einem Stauwasser-(Sd)-Horizont verdichtet – mit entsprechend schlechteren Wachstumsbedingungen für Pflanzen. Dies ist in Abbildung 12 ebenfalls an dem helleren Umring der grünlichen Getreidekreise zu erkennen [14].

Die durch den 2. Weltkrieg neu entstandenen Böden können Technogene Substrate (TS) enthalten oder vollständig aus ihnen bestehen. Die TS stammen dabei aus militärischen Relikten (z. B. Munitionsreste, Ausrüstungsgegenstände), Resten der durch Kampfhandlungen



(@ Foto B. Steinweg)

Abbildung 12
An Wuchsunterschieden des Getreides erkennbare verfüllte Bombentrichter in Viersen (Aufnahme aus Juli 2019)

oder Bombardierung zerstörten Gebäude und Anlagen oder aus (meistens nachkriegszeitlich) auf/in den Boden im Zuge einer Rekultivierung oder einer Entsorgung eingebrachte Materialien. Letztgenannte bestehen häufig aus Bau-, Trümmer- und Brandschuttresten zerstörter Infrastruktur der Umgebung, was mit einer entsprechenden Schadstoffbelastung in den jeweiligen Horizonten bzw. Schichten der Böden einhergehen kann. Ebenso können nicht umgesetzte Sprengstoffreste zu einer chemischen Signatur in den Böden geführt haben – oder bei weiter fortschreitenden Verwitterungsprozessen von Munitionsresten noch in Zukunft führen. In Abhängigkeit des physikochemischen Milieus können Hinterlassenschaften des Krieges wie Blindgänger, Waffenteile o. ä. dabei über geologische Zeiträume im Untergrund verbleiben; als „Technofossilien“ bezeichnet [30] werden sie zukünftigen Archäologen oder auch Bodenwissenschaftlern als wichtige Leitfossilien bzw. Zeitmarken dienen.

Bodentyp/-klasse	Genese
Syrosem (Ai/mC)	Bodenneubildung auf durch den 2. WK freigelegten natürlichen (z. B. durch Bomben- und Granateinschläge) oder neu geschaffenen <i>technogenen</i> (z. B. Bunkerreste, Höckerlinie) Festgesteinen.
Regosol (Ah/ilC)	Bodenneubildung auf umgelagertem Lockergesteins-Bodenmaterial, z. B. durch Grabenaushub/Bombenauswurf (teilweise mit unterlagernden fossilisierten Böden) oder abgelagertem Trümmerschutt.
Pararendzina (Ah/eC)	Bodenneubildung auf karbonathaltigen Trümmerschuttablagerungen (Technogene Substrate), z. B. Trümmerberge in Stuttgart, Krefeld, Berlin.
Treposol (R-Ap/R+...)	Neu entstandene Böden durch Horizontdurchmischung in flächig zerbombten/zerkraterten Landschaften und deren anschließender Wiedereinebnung, z. B. in Teilen der Eifel und Ostbrandenburg.
Kolluvisol (Ah/M/II...)	Nachkriegszeitlich a) durch natürliche gravitative Prozesse zusedimentierende oder b) anthropogen mit horizontdurchmischtem, humushaltigem Bodenmaterial verfüllte Kriegshohlformen (z. B. Trichter und Gräben).
Pseudogley (Ah/Sw/ Sd)	Durch Kolmation oder Detonationsdruckwellen entstandene Stauwasserböden in Trichter- oder Grabensenken.
Gley (Ah/Go/Gr)	Durch oberflächennahes Grundwasser geprägte Böden in tieferliegenden Trichter- oder Grabensenken
Subhydrische Böden	Dauerhaft mit Wasser gefüllte kriegsbedingte Senken (z. B. „Nasse Panzergräben“ oder als Kleingewässer erhaltene Bombentrichter).

Tabelle 2
Durch Einwirkungen des 2. Weltkrieges neu entstandene typische Bodentypen bzw. -klassen in Deutschland nach 75 Jahren.

Auch durch den Grabenaushub- oder Bombenauswurf fossilisierte Bodenhorizonte dienen als klar definierte Zeitmarke „Kriegseinwirkung“, sie sind somit auch als Archivböden anzusehen. Durch sie lassen sich z. B. vor- und nachkriegszeitliche Immissionseinflüsse unterscheiden, dies wird in Abbildung 13 deutlich: in dem beim Bombenabwurf 1944 fossilisierten Oberboden sind etwa fünfmal so hohe PAK- und Bleigehalte nachzuweisen als im nachkriegszeitlich neu gebildeten Ah-Horizont, was zumindest regional auf deutlich höhere vorkriegszeitliche Schadstoffeinträge im westlichen Ruhrgebiet schließen lässt.

4. Ausblick: Verteilungsmuster und Kartierung kriegsbeeinflusster Böden

Innerhalb Deutschlands wird es keine kreisfreie Stadt und kaum einen Landkreis geben, in dem sich in und auf dem Boden keine Spuren des 2. WK finden lassen. Selbst in der Mehrzahl deutscher Gemeinden wird es zumindest punktuell kriegsbedingte Bodenveränderungen geben, und seien es – außerhalb bombardierter Städte, Industrie- und Verkehrsanlagen und außerhalb der in der Endphase des 2. WK stark umkämpften Gebiete – nur die in die Tausende gehenden Absturzstellen abgeschossener oder havariertes alliierter oder deutscher Flugzeuge, die Bombentrichter von Notabwürfen oder die zu Übungszwecken von der Wehrmacht, dem Volkssturm oder der Hitlerjugend errichteten Gräben und Unterstände. Die Kriegsbeeinflussung von Böden ist damit in Deutschland als ubiquitär einzustufen.

Die Intensität der Kriegsbeeinflussung von Böden reicht dabei von punktueller Störung z. B. durch vereinzelte Bombentrichter bis hin zu einer flächenhaften Ver-

änderung der Böden in stark beschossenen und bombardierten oder in den mit Trümmerschutt aufgefüllten Gebieten.

Das räumliche Verteilungsmuster der Kriegsbeeinflussung von Böden ist je nach Betrachtungsskala unterschiedlich. Auf nationaler Ebene (bzw. auf der Maßstabsebene 1:1 Millionen) zeigt sich eine starke Konzentration (Gruppierung) insbesondere im Bereich und Umfeld von Großstädten (vor allem Rhein-Ruhrgebiet, Berlin usw.), wichtigen Industrie- und Verkehrsanlagen (Raffinerien, bestimmte Schlüsselindustrien, Eisenbahnviadukte, Schifffahrtskanäle usw.) sowie im Bereich einzelner Schlachtfelder (Hürtgenwald, Seelower Höhen usw.).

Auf der Skala mittel- und großmaßstäbiger bodenkundlicher Kartierungen kann das Verteilungsmuster von Bomben- oder Granattrichtern als zufällig (chaotisch) um Angriffsziele gruppiert beschrieben werden. Daneben gibt es unterschiedliche linienhafte Strukturen der Kriegsbeeinflussung durch Schützen- und Panzergräben, aber auch durch Befestigungsanlagen wie den „Westwall“. Da diese linienhaften Strukturen teilweise auch stark umkämpft und damit auch stark beschossen oder bombardiert wurden, „verschränken“ sich diese linienhafte Verteilungsmuster teilweise auch mit den zufällig gruppierten Verteilungsmustern von Bomben- und Granattrichtern.

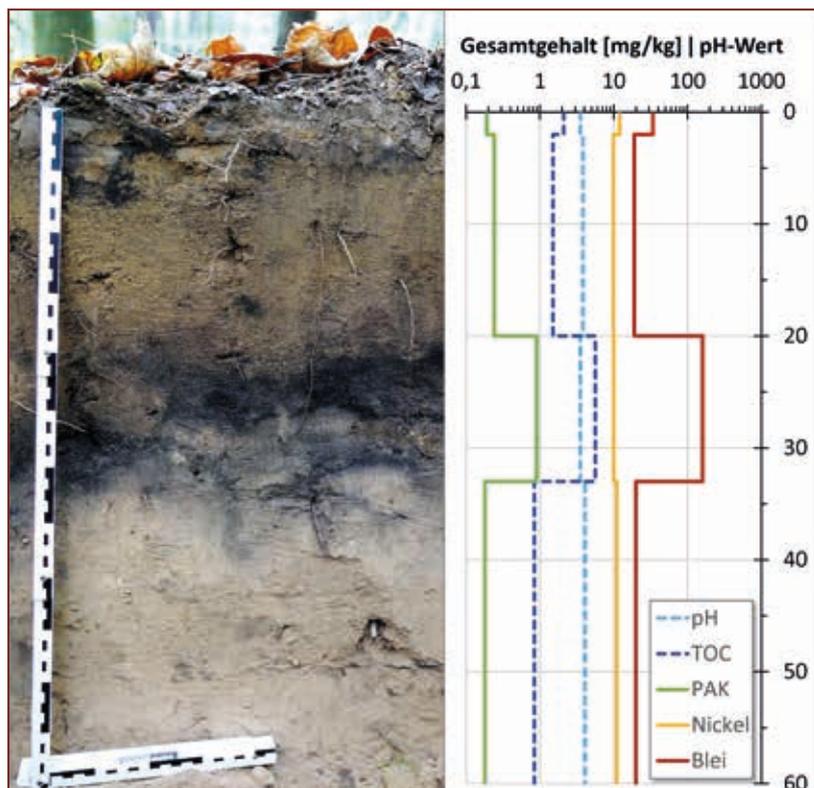
Das „Verteilungsmuster“ von Trümmerschuttablagerungen ist dagegen bestimmt durch die Menge an anfallenden Trümmerschutt einerseits und der Flächenverfügbarkeit und der Möglichkeit einer verkehrlichen Erschließung (oft mit Feldbahnen) andererseits. Trümmerschuttablagerungen finden sich oft in nachkriegszeitlicher Randlage der historischen Innenstädte auf wenig ertragreichen und damit damals als „nutzlos“ betrachteten Flächen.

Die unterschiedlich intensive Kriegsbeeinflussung von Böden führt zu einem engräumigen Nebeneinander von naturnahen Böden einerseits mit kriegsbeeinflussten Böden andererseits. Wie in den Kapiteln 2 und 3 dargestellt, zeigen sich dabei innerhalb der kriegsbeeinflussten Bereiche häufig kleinräumig charakteristische Abfolgen unterschiedlicher Bodentypen (z. B. Erosion an Kraterändern, Akkumulation von Bodenmaterial in Senkenstrukturen). Hierdurch ergibt sich ein „chaotisches“ Verteilungsmuster der Bodeneigenschaften, die sehr kleinräumig wechseln können (Dezimeter- bis wenige Zehner-Meter-Skala).

Für die großmaßstäbige Bodenkartierung in stärker kriegsbeeinflussten Gebieten stellt sich die Frage, wie das „chaotische Nebeneinander“ von Bodeneigenschaften in kriegsbeeinflussten Landschaften erfasst und in Karten so dargestellt werden kann, dass aus der Bodenkarte Angaben zu Bodenfunktionen abgeleitet werden können. Informationsquellen dazu, ob ein Gebiet im Hinblick auf eine Bodenkartierung relevant kriegsbeeinflusst ist, stellen neben historischer Literatur insbesondere Kriegsluftbilder sowie digitale Geländemodelle dar.

Kriegseinwirkungen des 2. Weltkriegs sind in Deutschland, genauso wie auch in allen anderen vom 2. Weltkrieg

Abbildung 13
Regosol aus detonationsbedingt umgelagertem Auswurfmaterial über fossilisiertem Boden am Rand eines Bombentrichters in Duisburg-Baerl



© Foto B. Steinweg, ergänzt nach [311]

betroffenen Ländern, quasi ubiquitär, wenn auch mit einer sehr unterschiedlichen Intensität der Einwirkungen und sehr unterschiedlichen Flächenanteilen. Vor diesem Hintergrund wird derzeit auch über die Aufnahme von Kriegseinwirkungen bei der anthropogenen Substratgenese in der Überarbeitung der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5, zukünftig KA6) diskutiert. Es wird vorgeschlagen die „kriegsbedingte Durchmischung“ als eigenständig auszuweisende Untergruppe in der gemischt/rigolt-Gruppe auszuweisen.

5. Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei den Mitgliedern des 2012 gegründeten BVB-Fachausschusses „Kriegsbeeinflusste Böden“. Ein Teil der hier vorgestellten Erkenntnisse wurde im Rahmen von mittlerweile neun deutschlandweit durchgeführten Exkursionen gewonnen.

Literatur

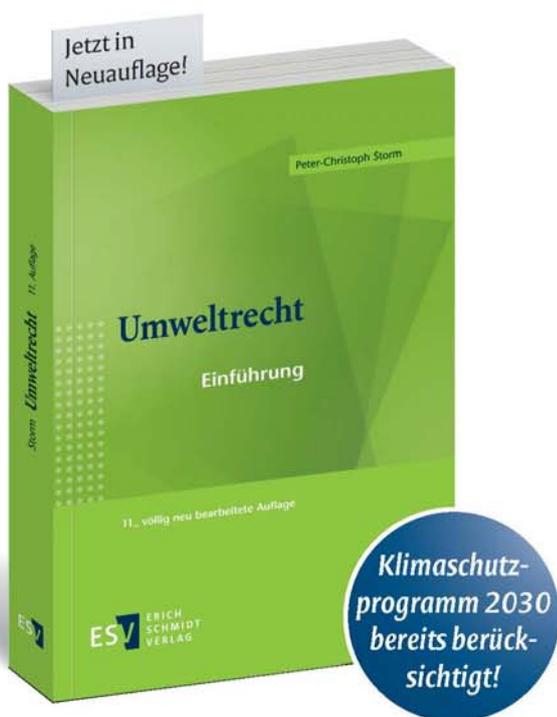
- [1] Hupy, J. P. & R. J. Schaetzl (2008): Soil development on the WW1 battlefield of Verdun., France. *Geoderma* 145, S. 37–49.
- [2] Gheyle, W., Stichelbaut, B., Saey, T., Note, N., Van den Berghe, H., Van Eetvelde, V., Van Meirvenne, M. & J. Bourgeois (2018): Scratching the surface of war. Airborne laser scans of the Great War conflict landscape in Flanders (Belgium). *Applied Geography* 90, S. 55–68.
- [3] Pirc, S. & T. Budkovic (1996): Remains of World War 1 Geochemical Pollution in the Landscape. In: Richardson, M. [Hrsg.]: *Environmental Xenobiotics*, S. 375–418.
- [4] Certini, G., R. Scalenghe & W. I. Woods (2013): The impact of warfare on the soil environment. *Earth-Science Reviews* 127, S. 1–15.
- [5] Steinweg, B. & M. Kerth (2013): Kriegsbeeinflusste Böden: Böden als Zeugen des 1. und 2. Weltkrieges. *Bodenschutz* 2/2013, S. 52–57.
- [6] Makowsky, L., S. Höke, W. D. Kneib, W. D., Kocher, B., Lehmann, A. Steinweg, B. & W. Burghardt (2019): 30 Jahre Arbeitsgruppe Urbane Böden/Arbeitskreis Stadtböden. Eine junge Geschichte zu den urbanen Böden unter unseren Füßen. *Bodenschutz* 2/2019, S. 48–56.
- [7] Regnath, R.J. und W. Konold (2014): Militärische Schichten der Kulturlandschaft. *Landespflege – Denkmalschutz – Erinnerungskultur*. Ostfildern.
- [8] Militärgeschichtliches Forschungsamt (1979): *Das Deutsche Reich und der Zweite Weltkrieg*. Bd. 1: Ursachen und Voraussetzungen der deutschen Kriegspolitik. 764 S.
- [9] Steinweg, B. (2016): Böden als Zeugen des 2. Weltkrieges am Niederrhein. *Natur am Niederrhein* 31 (2), S. 79–90.
- [10] Hoppe, W. & W. Wegener (2014): *Archäologische Kriegsrelikte im Rheinland*. Führer zu archäologischen Denkmälern im Rheinland, Bd. 5: 356 S, Essen (Klartext-Verlag).
- [11] Vogt, A. (1999): Der Westfalenwall. Phantom oder Festungslinie? Eine Studie zur Reichsverteidigung 1944/45.
- [12] Kaule, M. (2011): *Nordseeküste 1933–1945 mit Hamburg und Bremen*. Der historische Reiseführer. 12. Seiten.
- [13] Oberkommando des Heeres [Hrsg.] (1944): *Merkblatt 57/5 – Bildheft Neuzeitlicher Stellungsbau vom 1. Juni 1944*. Berlin, 405 S.
- [14] Steinweg, B. (2019): In die Landschaft eingraviert – Spuren des 2. Weltkrieges im Kreis Viersen nach 75 Jahren. In: *Landrat des Kreises Viersen* (Hrsg.): *Heimatbuch Kreis Viersen*. Viersen, S. 281–302.
- [15] Rose, E.P.F. (2005): Impact of military activities on local and regional geologic conditions. In: Ehlen, J., Haneberg, W.C. und R.A. Larson (Hrsg.): *Humans as Geologic Agents*. Boulder, S. 51–66.
- [16] **United States Strategic bombing survey (1947)**: statistical appendix to over-all report (European war), Washington.
- [17] Burgdorff, S. & Ch. Habbe [Hrsg.] (2003): *Als Feuer vom Himmel fiel*. Der Bombenkrieg in Deutschland. 253 S.
- [18] Capps Tunwell, D., Passmore, D.G. & S. Harrison (2016): Second World War bomb craters and the archaeology of Allied air attacks in the forests of the Normandie-Maine National Park, NW France. *Journal of Field Archaeology* 41, S. 312–329.
- [19] de Matos-Machado, R., Tourmazet, J.-P., Bergès, J.-C., Amat, J.-P., Arnaud-Fassetta, G., Bétard, F., Bilodeau, C., Hupy, J.P. und S. Jacquemot (2019): War landform mapping and classification on the Verdun battlefield (France) using airborne LiDAR and multivariate analysis. *Earth Surf. Process. Landforms* 44, S. 1430–1448.
- [20] Steinweg, B. & S. Harnischmacher (2020): Spuren in der Landschaft: Wie der 2. Weltkrieg Relief und Böden veränderte. *Geographische Rundschau* 5/2020, in Vorb.
- [21] Whitaker, D. & S. Whitaker (1991): *Endkampf am Rhein – Der Vormarsch der Westalliierten 1944/45*. Berlin, Frankfurt a. M., 472 S.
- [22] Schubert, Th. (2004): *Die Schlacht um Berlin*. <https://www.zukunft-braucht-erinnerung.de/die-schlacht-um-berlin/>, zuletzt abgerufen am 16.12.2019.
- [23] Dickhof, A., G. Hornig & P. Hozman (2009): *Bodenkarte zur Standorterkundung: Verfahren Kleve (Forst)*. Erläuterungen. – Krefeld (Geol. Dienst Nordrh.-Westf.). – [Auszug aus dem digitalen Fachinformationssystem Bodenkunde].
- [24] Müggenburg, E., B. Steinweg & S. Harnischmacher (2014): Der 2. Weltkrieg als bodenbildender Faktor im Hürtgenwald (Nordrhein-Westfalen) – 70 Jahre danach. *Bodenschutz* 4/2014, S. 132–136.
- [25] Pardey, A. & B. Tenbergen (2005): *Kleingewässer in Nordrhein-Westfalen*. Beiträge zur Kulturgeschichte, Ökologie, Flora und Fauna stehender Gewässer. Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde; 67/3), Münster.
- [26] **Die Welt vom 7. Mai 2005**: Deutschland – die Bilanz zur Stunde Null.
- [27] Ehrenberg, P. & A. Buchner (1950): Zur Wirkung von Städte-Trümmerschutt auf unsere Kulturpflanzen als Kalkdünger. *Z. Pflanzenern. Bodenk.* 49(3), S. 211–217.
- [28] Pröschel, B. & F. Lehmkühl (2019): Paleotopography and anthropogenic deposition thickness of the city of Aachen, Germany. *Journal of Maps*, Vol. 15, No. 2. 259–277.
- [29] Forßbohm, U. (2011): *Kriegs-End-Moränen*. Zum Denkmalwert der Trümmerberge in Berlin. Berlin.
- [30] Zalisiewicz, J. & M. Zalisiewicz (2015): *Battle Scars*. *New Scientist*, S. 36–39.
- [31] Steinweg, B. & M. Kerth (2018): Soils as witnesses of wars: An overview and further research needs. In: *Monographie [Hrsg. V. G. Sychev & L. Müller]: Novel Methods and Results of Landscape Research in Europe, central Asia and Siberia*. Vol. I *Landscapes in the 21th Century: Status Analyses, Basic Processes and Research Concepts*. S. 76–81.

Anschriften der Autoren

Dr. Bernd Steinweg
Amt für Technischen Umweltschutz
Abteilung Abfall, Bodenschutz, Altlasten
Rathausmarkt 3, 41747 Viersen
bernd.steinweg@kreis-viersen.de

Dr. Michael Kerth
Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH
Walter-Bröker-Ring 17, 32756 Detmold
m.kerth@dr-kerth-lampe.de

Die Ressource für Einsteiger



Strukturiert und kompakt vermittelt das Buch Grundkenntnisse des deutschen Umweltrechts:

- ▶ Ziele und Maßnahmen
- ▶ Organisation und Verfahren
- ▶ Sanktionen und Rechtsschutz

Konzentriert auf die wichtigsten Umweltgesetze des Bundes verdeutlicht es auch die enge Verflechtung mit dem europäischen Umweltunionsrecht.

Jetzt neu in 11. Auflage

Das Buch ist jetzt wieder umfassend auf den aktuellen Stand gebracht und berücksichtigt gegenüber der Voraufgabe vor allem

- ▶ das **Gesetz zur Modernisierung der Umweltverträglichkeitsprüfung (2017)**
- ▶ die Änderungen des **Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG 2017)**
- ▶ das **Klimaschutzpaket** der Bundesregierung (u. a. neues **KSG** und **BEHG**)

Fazit: Ein Standardwerk für alle, die an einer ersten und allgemein verständlichen Information über die rechtliche Seite des Schutzes und der Pflege der natürlichen Lebensgrundlagen interessiert sind!

Umweltrecht Einführung

Von Prof. Dr. iur. Peter-Christoph Storm

11., völlig neu bearbeitete Auflage 2020, 428 Seiten,
mit zahlreichen Beispielen und Übersichten,
€ (D) 32,-, ISBN 978-3-503-19103-1

Auch als eBook erhältlich

Online informieren und bestellen:

 www.ESV.info/19103

*»... ein fachlich wie konzeptionell reifes Werk,
das wie ein guter Tropfen über die Jahrzehnte
immer noch besser geworden ist.«*

Prof. Dr. Wilfried Erbguth, Rostock, zur Voraufgabe in:
Deutsches Verwaltungsblatt (DVBl), 7/2016

ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG

Auf Wissen vertrauen

Bestellungen bitte an den Buchhandel oder: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG · Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin
Tel. (030) 25 00 85-265 · Fax (030) 25 00 85-275 · ESV@ESVmedien.de · www.ESV.info