

Thünen à la carte

*pH-Werte deutscher Böden
auf Wald- und Agrarflächen*

Marc Scherstjanoi,
Erik Grüneberg,
Nicole Wellbrock,
Oktober 2021



pH-Werte deutscher Böden auf Wald- und Agrarflächen

Marc Scherstjanoi, Erik Grüneberg, Nicole Wellbrock

Deutschland weist eine hohe geomorphologische, landschaftliche und biogeografische Vielfalt auf, wodurch sich ein sehr heterogenes Muster von Boden-pH-Werten ergibt. Um diese kleinräumigen Strukturen bundesweit abbilden zu können, benötigt man flächendeckende und hochaufgelöste Karten mit Information zum pH-Wert.

HINTERGRUND

Der pH-Wert eines Bodens spiegelt direkt seine chemischen Eigenschaften wider. Anhand dieses Parameters lassen sich wichtige Aussagen in Bezug auf Nährstoffverfügbarkeit, Redoxreaktionen, biologische Aktivität, Mineralisation, Humifizierung, Verwitterung oder Gefügebildung treffen. Für Experten ist der pH-Wert eine wichtige bodenökologische Kenngröße, um zu bestimmen, welcher Boden sich für welche Pflanze als Standort eignet.

Für die Kartierung von salzbeeinflussten Böden und die Abschätzung des Versalzungspotenzials (Omuto et al 2020) benötigte die Global Soil Partnership (FAO, 2020) der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen im Jahr 2020 Rasterkarten von Bodeneigenschaften als Berechnungsgrundlage. Innerhalb dieses Projekts hat das Thünen-Institut Karten zum pH-Wert des Bodens erarbeitet.

DATENGRUNDLAGE

Die Erstellung der Karten erfolgte auf Grundlage von erhobenen Inventurdaten. Während die Bodenzustandserhebung im Wald zwischen 2006 und 2009 stattfand (BZE-II Wald, Wellbrock et al, 2016), erfolgte die Bodenzustandserhebung Landwirtschaft von 2011 bis 2018 (BZE-LW, Jacobs et al, 2018). Beide Erhebungen wurden deutschlandweit basierend auf einem systematischen regelmäßigen Raster von 8 x 8 Kilometern durchgeführt. Insgesamt konnten 1.859 Punkte im Wald und 3.104 Punkte auf landwirtschaftlich genutzten Flächen untersucht werden. Dabei wurden einzelne Bodenbereiche bis in eine Tiefe von 90 Zentimetern (BZE-II-Wald) bzw. 150 Zentimetern (BZE-LW) beprobt. Während bei der BZE II-Wald eine Mischprobe aus acht um den Stichprobenpunkt verteilten Satelliten entnommen wurde, entstammt die Probe der BZE-LW direkt aus der Bodengrube. Die Messung des pH-Werts erfolgte in wässriger Bodensuspension mittels Glaselektrode. Dafür

wurden die Proben zuvor in einem Volumenverhältnis von 1:5 mit destilliertem Wasser vermischt.

RÄUMLICHE MODELLIERUNG

Die Modellierung der Karten basiert auf einer von der FAO empfohlenen maschinellen Lernmethode (Quantile Regression Forest Modell, Meinshausen, 2006). Damit wurden zwei Karten mit Boden-pH-Werten berechnet: eine für die Bodentiefe 0 bis 30 Zentimeter und eine für die Bodentiefe 30 bis 100 Zentimeter. Für beide Karten wurde die maschinelle Lernmethode auf je 17 erklärende Variablen angewandt (Tabelle 1). Die Auswahl der Variablen basierte auf einem Leitfaden der FAO (Omuto et al 2020).

Den Variablen und den erzeugten pH-Wert-Karten liegen identische geografische Informationen (1-km²-Raster) zugrunde. In den Karten sind nur Rasterzellen dargestellt, in denen die Ober-

Tabelle 1: Übersicht der genutzten Variablen und ihrer Quellen

Karte / Daten	Erklärende Variablen
Digitales Höhenmodell ¹	Geländehöhe, Hang, Kombiniertes Hangneigungs-/Hanglängenfaktor (LS-Faktor), Taltiefe, Längskrümmung, Kanalnetzwerkabstand
Bodenübersichtskarte ²	Bodentyp
Monatliche Klimadaten 1990 bis 2018 ³	Mittlerer Jahresniederschlag, minimale mittlere Monatstemperatur, maximale mittlere Monatstemperatur
Modis Daten ⁴	Sechs abgeleitete Variablen
CORINE Land Cover 1ha ⁵	Oberflächenbedeckung

¹U.S. Geological Survey (2020a), ²BGR (2020), ³Fick und Hijmans (2017),

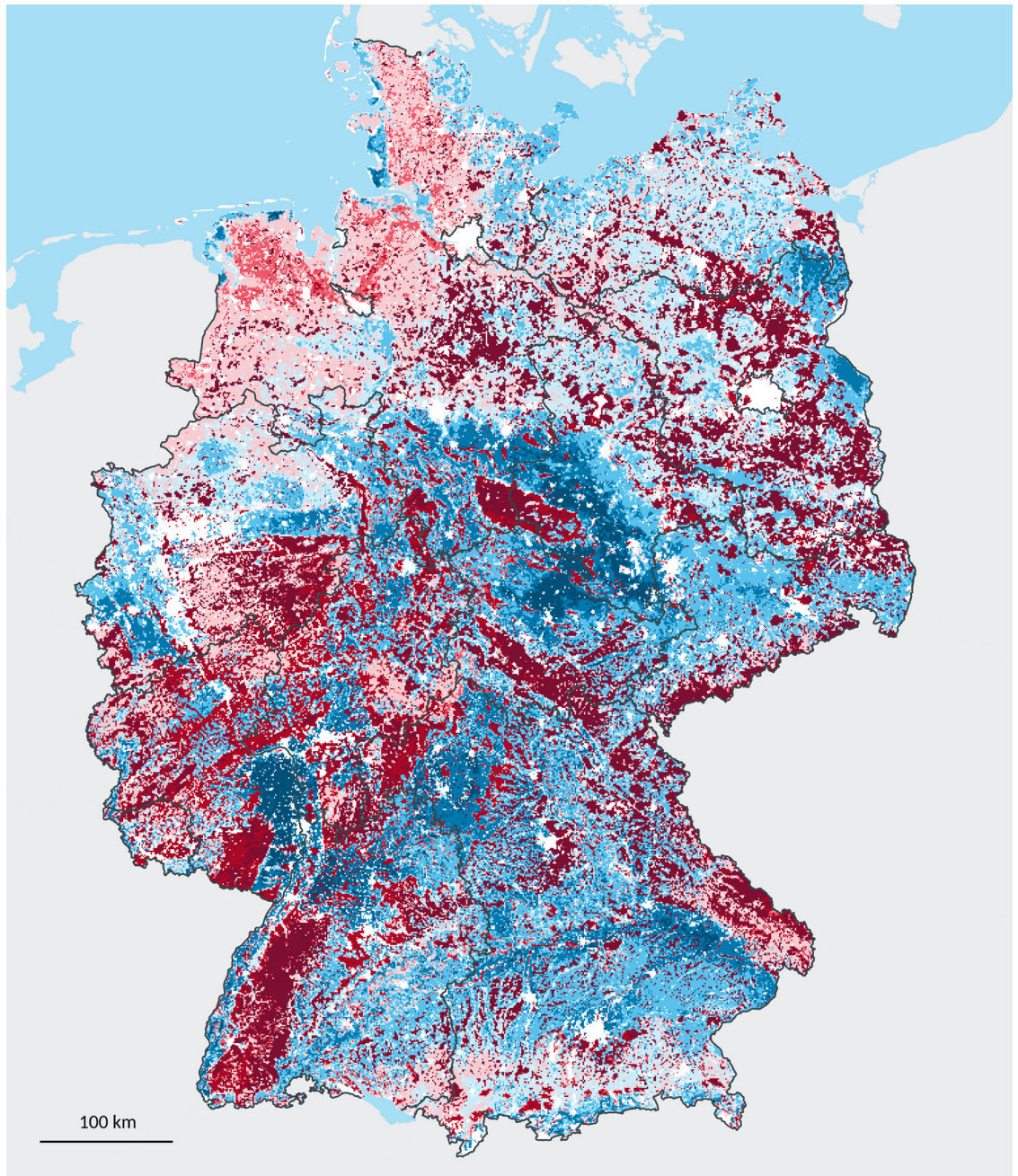
⁴U.S. Geological Survey (2020b), ⁵BKG (2012).

Karte 1:

Modellierte pH-Werte für
0 bis 30 cm Bodentiefe.

- ≤ 4,5
- > 4,5 bis 5
- > 5 bis 5,5
- > 5,5 bis 6
- > 6 bis 6,5
- > 6,5 bis 7
- > 7 bis 7,5
- > 7,5

Quelle: Thünen-Institut



flächenbedeckung größtenteils Wald oder landwirtschaftliches Nutzgebiet ist. Eine detaillierte Methodenbeschreibung und weiterführende Auswertungen sind auf der Thünen-Projektseite https://www.thuenen.de/ph-werte_deutscher_boeden/ einsehbar.

ANALYSE DER ERSTELLTEN KARTEN

Die beiden Karten unterscheiden sich deutlich in der Höhe der pH-Werte (Tabelle 2). Der mittlere modellierte pH-Wert im Oberboden (0–30 Zentimeter) ist um etwa 0,3 niedriger als im Unterboden (30–100 Zentimeter). Das kann mit der natürlichen Tiefenverteilung des Humus in unseren Böden und mit Säureeinträgen aus der Atmosphäre begründet werden. Nur in etwa 25 Prozent der Fälle ist der pH-Wert im Oberboden gleich oder höher als

im Unterboden (nicht dargestellt), was meist eine Folge von Kalkung ist.

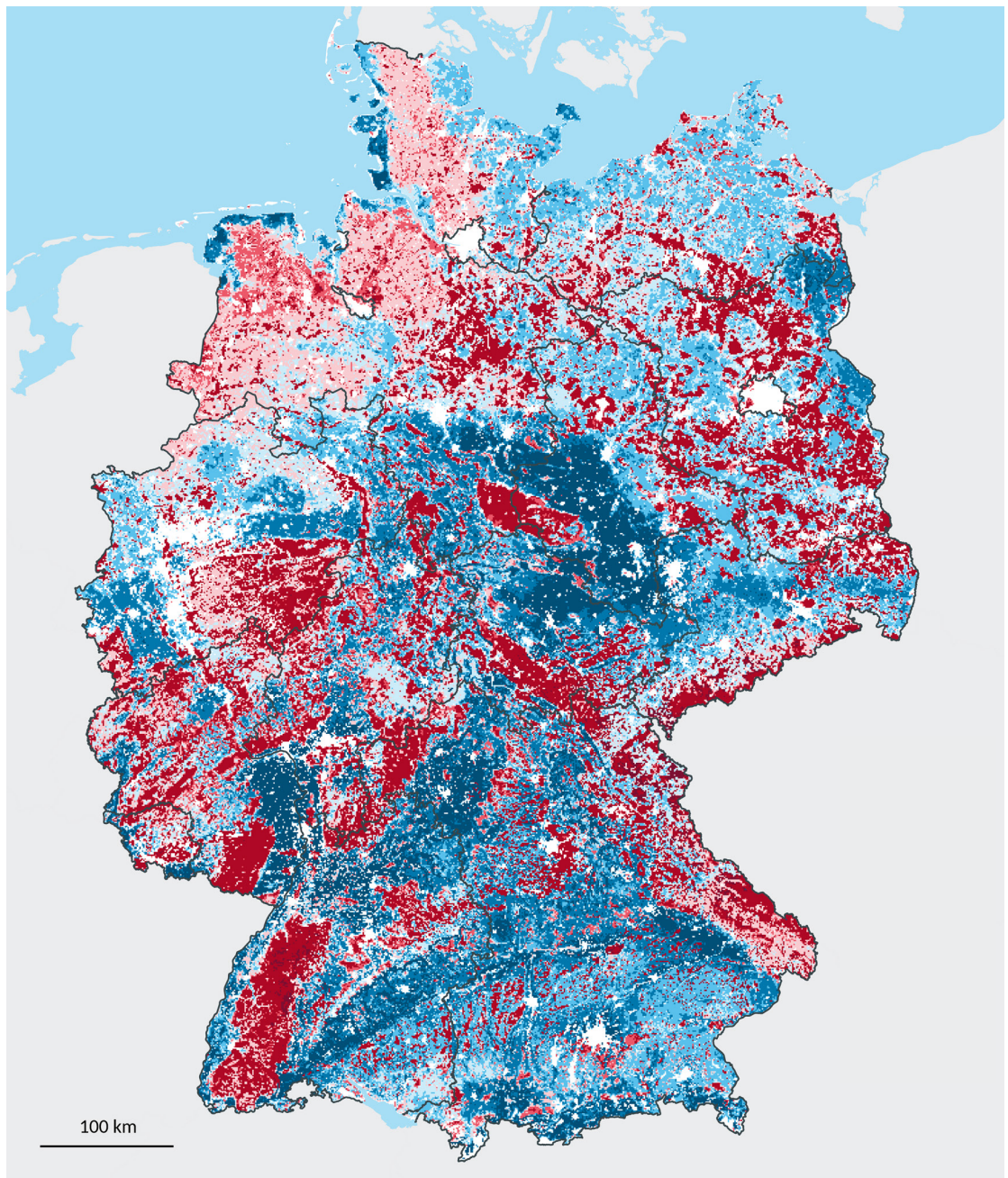
Die Mittelwerte der Modellergebnisse aus Karte 1 und 2 entsprechen in etwa den mittleren gemessenen Werten in Tabelle 2. Die Verteilung der modellierten Werte für beide Bodenbereiche ist jedoch enger als die der gemessenen (vgl. Quantile in Tabelle 2), da sich die in den Bodenzustandserhebungen gemessenen Extremwerte in der Modellierung nicht vollständig abbilden lassen.

Im Allgemeinen weisen landwirtschaftlich genutzte Gebiete einen höheren pH-Wert auf als Waldgebiete. Denn nährstoffreiche und weniger saure Standorte sind seit jeher einer landwirt-

Karte 2:
Modellierte pH-Werte für
30 bis 100 cm Bodentiefe.

- ≤ 4,5
- > 4,5 bis 5
- > 5 bis 5,5
- > 5,5 bis 6
- > 6 bis 6,5
- > 6,5 bis 7
- > 7 bis 7,5
- > 7,5

Quelle: Thünen-Institut



schaftlichen Nutzung vorbehalten. Durch Kalkung und Düngung werden die Böden hier dann oft noch basischer. Demgegenüber verbleiben nährstoffarme, steinhaltige und saure Böden für die Forstwirtschaft. Davon unabhängig sind saure Böden für viele Baumarten nicht limitierend, so dass Wälder auch auf Standorten mit niedrigem pH-Wert wachsen.

Vor allem Böden unter Nadelwald sind durch niedrige pH-Werte gekennzeichnet. So sind Kiefernwälder hauptsächlich in Nordostdeutschland und Teilen Norddeutschlands verbreitet, wo die Eiszeiten sandige und nährstoffarme Lockersedimente hinterließen. Fichtenwälder hingegen haben sich in den Mittelgebirgsregionen angesiedelt, wo vor allem kristallines Ausgangsgestein dominiert. Waldgebiete auf basischen Standorten sind vor allem auf

den kalkhaltigen Böden der Fränkischen und Schwäbischen Alb und der Alpen verbreitet.

Die landwirtschaftlich genutzten Böden des östlichen und nördlichen Harzvorlandes, des Thüringer Beckens und der Magdeburger Börde zeichnen sich durch besonders hohe pH-Werte aus. Weiterhin sind hohe pH-Werte im Kraichgau und auf der Mainfränkischen Platte, in den Lössgebieten des Unterbayerischen Hügellands sowie in den Schwemmlösszonen entlang von großen Flüssen wie Rhein und Donau, verbreitet. Das Oberrheintiefenland bildet dabei eines der großflächigsten Gebiete mit hohen pH-Werten. Auch landwirtschaftliche Böden in Küstennähe sind häufig basisch, hier ist das auf das Eindringen von Salzwasser in Grundwasser zurückzuführen.

Tabelle 2: Statistische Kenngrößen der gemessenen und modellierten pH-Werte

		n	1. Quantil	Median	3. Quantil	Mittelwert
Gemessene pH-Werte gemäß Bodenzustandserhebungen	0–30 cm	4.954	4,64	5,92	6,81	5,86
	30–100 cm	4.897	4,95	6,14	7,20	6,16
Modellierte pH-Werte der Karten 1 und 2	0–30 cm	325.473	4,67	6,06	6,70	5,86
	30–100 cm		5,16	6,31	6,96	6,16

n = Anzahl der Messpunkte (BZE) bzw. Anzahl der Rasterzellen (Karten)

Landwirtschaftlich genutzte Standorte mit niedrigem pH-Wert sind überwiegend im nordwestlichen Niedersachsen und westlichen Schleswig-Holstein verbreitet, wo Hochmoorböden oder arme Sandböden über dichten sandigen Deckschichten anzutreffen sind. Dort dienen sie als Weidefläche. Weiteres Weideland auf Gebieten mit neutralen bis leicht sauren pH-Werten befinden sich vor allem in den Mittelgebirgen Westdeutschlands, im Bayerischen Wald und im Alpenvorland.

Auffällig sind die vielen abrupten räumlichen Übergänge zwischen pH-Werten. Oft ist dies eine Folge von den scharf abgegrenzten Waldrändern der heutigen Kulturlandschaft Deutschlands.

DANKSAGUNG

Wir bedanken uns bei allen Personen des Thünen-Instituts für Agrarklimaschutz und des Thünen-Instituts für Waldökosysteme, die an der Analyse der Böden und Datenbereitstellung im Rahmen der Bodenzustandserhebungen beteiligt waren. Wir möchten uns auch bei allen forstlichen Forschungseinrichtungen der Bundesländer Deutschlands für die Datenerhebung, -analyse und -bereitstellung der Daten der Bodenzustandserhebungen im Wald bedanken. Großer Dank gilt auch der FAO der Vereinten Nationen für die Bereitstellung der Berechnungsgrundlagen.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR UND DATENQUELLEN

BGR (2020) Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK1000). Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Verfügbar unter: <https://www.bgr.bund.de>

BKG (2012) CORINE Land Cover 10 ha (CLC10). Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

FAO (2020) Mapping of salt-affected soils: Technical specifications and country guidelines

Fick, SE, Hijmans, RJ (2017) WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas, *International journal of climatology*, 37(12): 4302–4315, DOI:10.1002/joc.5086

Jacobs, A, Flessa, H, Don, A, Heidkamp, A, Prietz, R, Dechow, R, Gensior, A, Poeplau, C, Riggers, C, Schneider, F, Tiemeyer, B, Vos, C, Wittnebel, M, Müller, T, Säurich, A, Fahrion-Nitschke, A, Gebbert, S, Jaconi, A, Kolata H, Laggner A, et al (2018) Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland – Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 316 p, Thünen Report 64, DOI:10.3220/REP1542818391000

Meinshausen, N (2006) Quantile regression forests., *Journal of Machine Learning Research*. Herausgegeben von G. Ridgeway, 7(6): 983–999

Omuto, CT, Vargas, RR, El Mobarak, AM, Mohamed, N, Viatkin, K, Yigini, Y (2020) Mapping of salt-affected soils: Technical manual. Rome: FAO. DOI:10.4060/ca9215en

U.S. Geological Survey (2020a) Earth Explorer Maps GMTED2010N30E000 & GMTED2010N50E000. Verfügbar unter: <https://earthexplorer.usgs.gov>

U.S. Geological Survey (2020b) Earth Explorer Maps MOD09A1.A2020217.h18v03.006 & MOD09A1.A2020217.h18v04.006. Verfügbar unter: <https://earthexplorer.usgs.gov>

Wellbrock, N, Bolte, A, Flessa, H (eds) (2016) Dynamik und räumliche Muster forstlicher Standorte in Deutschland : Ergebnisse der Bodenzustandserhebung im Wald 2006 bis 2008. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 550 p, Thünen Report 43, DOI:10.3220/REP1473930232000

Zitationsvorschlag – *Suggested citation*:
**Scherstjanoi M, Grüneberg E, N
Wellbrock** (2021) pH-Werte deutscher
Böden auf Wald- und Agrarflächen.
Braunschweig: Johann Heinrich von
Thünen-Institut, 6 p, Thünen à la carte
9, DOI:10.3220/CA1632825232000



THÜNEN

Thünen à la carte 9

Oktober 2021

Herausgeber/Redaktionsanschrift

Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenealacarte@thuenen.de
www.thuenen.de

ISSN 2363-8052
DOI:10.3220/CA1632825232000

Bilder: Erik Grüneberg, Petra Dühnelt