

Parametrisierung der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung

Markus Möller¹, Florian Beyer¹ & Martin Volk²

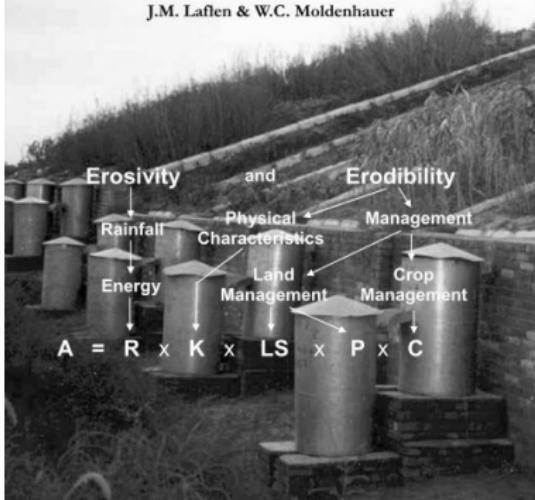
¹ Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig

² Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, Department Landschaftsökologie, Leipzig



Pioneering Soil Erosion Prediction The USLE Story

J.M. Laflen & W.C. Moldenhauer



Laflen, J.M., Moldenhauer, W.C., 2003. The USLE story – Pioneering Soil Erosion Prediction (No. 1). Special Publication. World Association of Soil Water Conservation

Ziele

- Ableitung von ABAG-Faktoren
- Faktorenparametrisierung
 - grundlegende Prinzipien
 - existierende Datengrundlagen
 - Modellierung von Datengrundlagen

https://github.com/FLFgit/LV_Bodenerosion/tree/main/Parametrisierung

Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook No. 537. USDA/Science and Education Administration, US. Govt. Printing Office, Washington, DC

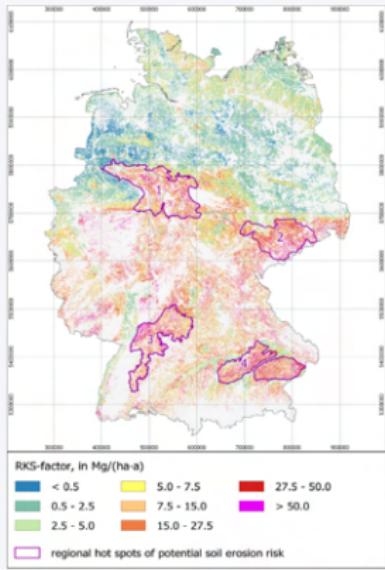
Schwertmann, U., Vogl, W., Kainz, M., 1990. Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen, 2. Auflage. Ulmer: Stuttgart

Soil erosion map for Europe



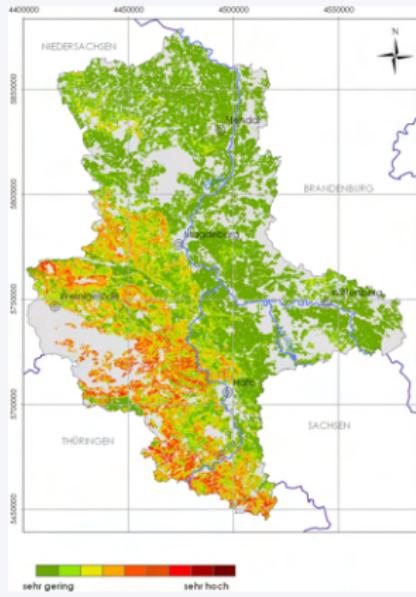
Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., Alewell, C., 2015. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy* 54, 438–447

Deutschland



Plambeck, N.O., 2020. Reassessment of the potential risk of soil erosion by water on agricultural land in Germany: Setting the stage for site-appropriate decision-making in soil and water resources management, Ecological Indicators 118, 106732

Sachsen-Anhalt



Helbig, H., Möller, M., Schmidt, G., 2010: Bodenerosion durch Wasser in Sachsen-Anhalt. BVB-Materialien, Bd. 15., Bundesverband Boden, Berlin: Erich Schmidt Verlag, ISBN 978-3-503-12498-5

Vorschriften

- **USLE** Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook No. 537. USDA/Science and Education Administration, US. Govt. Printing Office, Washington, DC
- **RUSLE** Renard, K., Foster, G., Weesies, G., McCool, D., Yoder, D., 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), Agricultural Handbook No. 703, 65–100
- **ABAG** Schwertmann, U., Vogl, W., Kainz, M., 1990. Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen, 2. Auflage. Ulmer: Stuttgart
- **DIN 19708** DIN 19708, 2017. Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG



$$\mathbf{A} = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Hennings, V., 2000. Methodendokumentation Bodenkunde – Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Staatliche Geologische Dienste in der Bundesrepublik Deutschland, AD-HOC-AG Boden, Sonderhefte Reihe G - Geol. Jahrbuch Heft 1

R-Faktor

Der R -Faktor ($\text{kJ m}^{-2} \text{ mm h}^{-1}$) einer Station ist die Summe der Erosivitäten von Einzelniederschlagsereignisse (R_e).

$$R = \sum_{e=1}^n R_e \quad (1)$$

Der R_e -Wert eines Einzelniederschlagsereignisses wird aus der kinetischen Energie E_e und der Regenintensität I_{30} von mindestens $12,7 \text{ mm h}^{-1}$ berechnet, wobei zwischen den Niederschlagsereignissen mindestens 6 h liegen müssen.

$$R_e = E_e \times I_{30} \quad (2)$$

E_e (kJ m^{-2}) ergibt sich aus der Unterteilung der Niederschlagssummenkurve eines Niederschlagereignisses in i Abschnitte konstanter Steigung. Jedem Abschnitt wird dabei die Intensität und die zugehörige Niederschlagshöhe N_i zugeordnet. E_e berechnet sich aus der Aufsummierung seiner i Abschnitte.

$$E_e = \sum_{e=1}^n (11,89 + 8,73 \log I_i) \times N_i \quad (3)$$

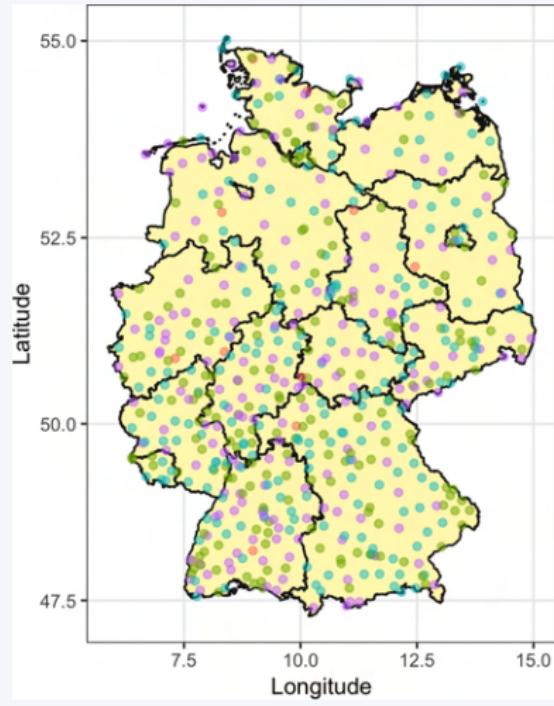
Schwertmann, U., Vogl, W., Kainz, M., 1990. Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen, 2. Auflage. Ulmer: Stuttgart

R-Faktor

Interpolierte Stationsdaten

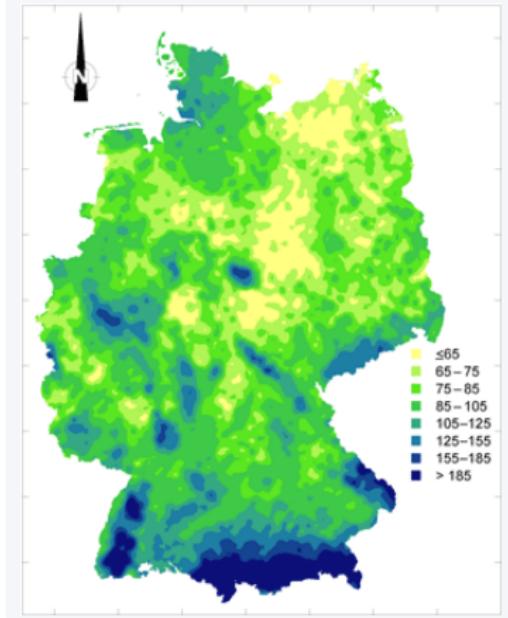


DWD-Wetterstationen

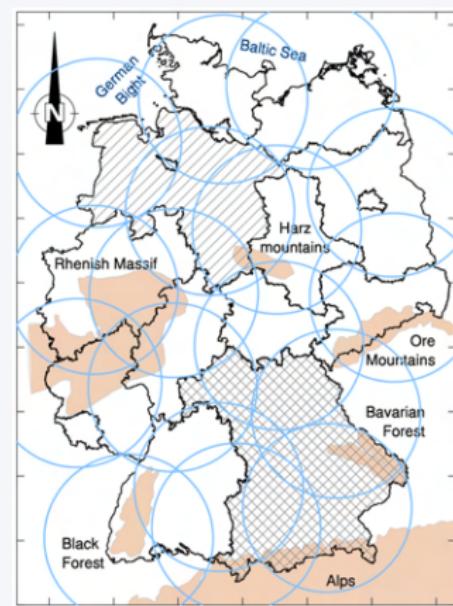


Sauerborn, P., 1994. Die Erosivität der Niederschläge in Deutschland – Ein Beitrag zur quantitativen Prognose der Bodenerosion durch Wasser in Mitteleuropa. In: Bonner Bodenkundliche Abhandlungen, Band 13, Bonn.

Interpolation

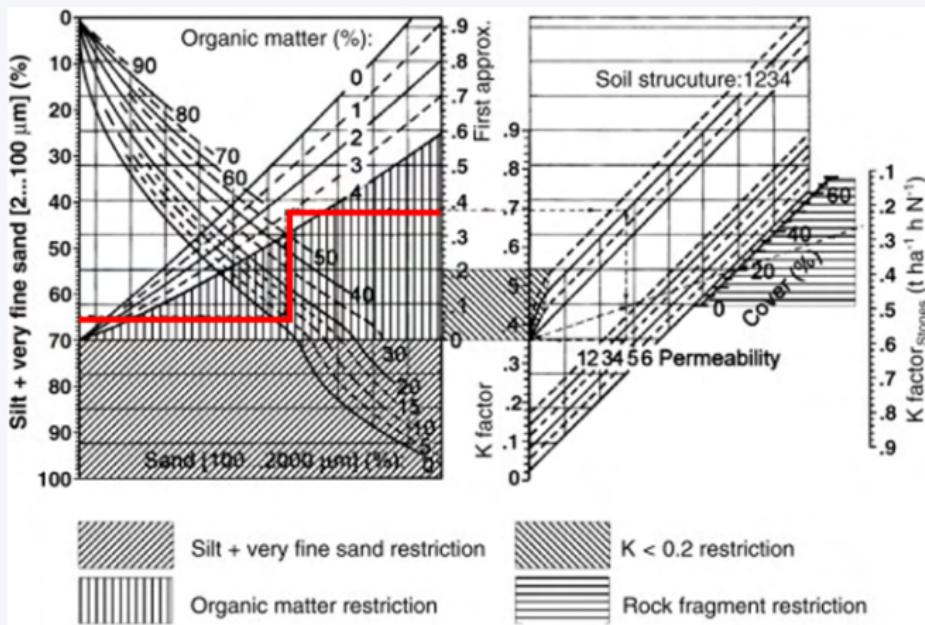


Radolan-Stationen



- Auerswald, K., Fischer, F.K., Winterrath, T., Brandhuber, R., 2019. Rain erosivity map for Germany derived from contiguous radar rain data. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 23, 1819–1832
- Fischer, F., Hauck, J., Brandhuber, R., Weigl, E., Maier, H., Auerswald, K., 2016. Spatio-temporal variability of erosivity estimated from highly resolved and adjusted radar rain data (RADOLAN). *Agricultural and Forest Meteorology* 223, 72–80

Nomogramm



Schwertmann, U., Vogl, W., Kainz, M., 1990. Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen, 2. Auflage. Ulmer: Stuttgart

K-Faktor

$$K = 2,77 \times 10 - 6 \times M1,14 \times (12 - OS) + 0,043 \times (A - 2) + 0,033 \times (4 - D)$$

mit M (Schluff+Feinstsand) \times (Schluff+Sand) jeweils in [%M]; OS – organische Substanz [%]; A – Aggregatklasse; D – Durchlässigkeitsklasse

$$K = (K_b \times K_h + K_a + K_d) \times K_s$$

mit K_b = bodenabhängiger Anteil des K -Faktors; K_h = humusabhängiger Anteil des K -Faktors; K_a = aggregierungsabhängige Anteil des K -Faktors; K_d = wasserdurchlässigkeitssabhängiger Anteil des K -Faktors; K_s = steinbedeckungsabhängiger Anteil des K -Faktors

Schwertmann, U., Vogl, W., Kainz, M., 1990. Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen, 2. Auflage. Ulmer: Stuttgart

Aber: eingeschränkter Geltungsbereich!

Auerswald, K.; Fiener, P.; Martin, W.; Elhaus, D., 2014. Use and misuse of the K factor equation in soil erosion modeling. Catena 118, 220-225

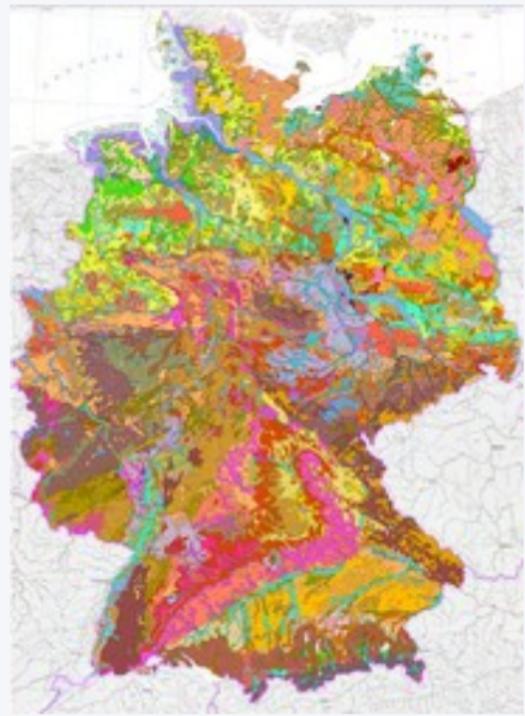
Bodenart des obersten Horizonts

Bodenart nach [1]	K_b	Bodenart Kurzzeichen	K_b	Bodenart Kurzzeichen	K_b	Bodenart Kurzzeichen	K_b
Ss	0,13	Uu	0,71	Lt2	0,26	Tu2	0,14
Su2	0,23	Us	0,63	Lt3	0,21	Tu3	0,32
Su3	0,35	Uls	0,50	Tu3	0,32	ffS	0,74
Su4	0,45	Ut2	0,61	Lts	0,15	fS	0,34
Slu	0,40	Ut3	0,56	Ts2	0,04	fSms	0,25
SI2	0,21	Ut4	0,53	Ts3	0,06	fSgs	0,25
SI3	0,26	Ls2	0,35	Ts4	0,08	mS	0,07
SI4	0,24	Ls3	0,28	Tl	0,09	mSfs	0,16
St2	0,11	Ls4	0,19	Tt	0,02	mSgs	0,07
St3	0,10	Lu	0,41	Tu4	0,45	gS	0,07

Hennings, V., 2000. Methodendokumentation Bodenkunde - Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Staatliche Geologische Dienste in der Bundesrepublik Deutschland, AD-HOC-AG Boden, Sonderhefte Reihe G - Geol. Jahrbuch Heft 1

K-Faktor

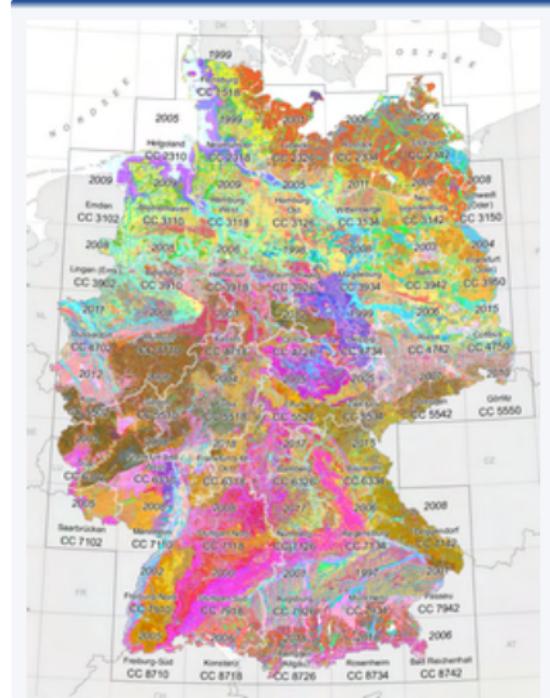
BÜK 1000



Quelle: BGR
markus.moeller@julius-kuehn.de



BÜK 200

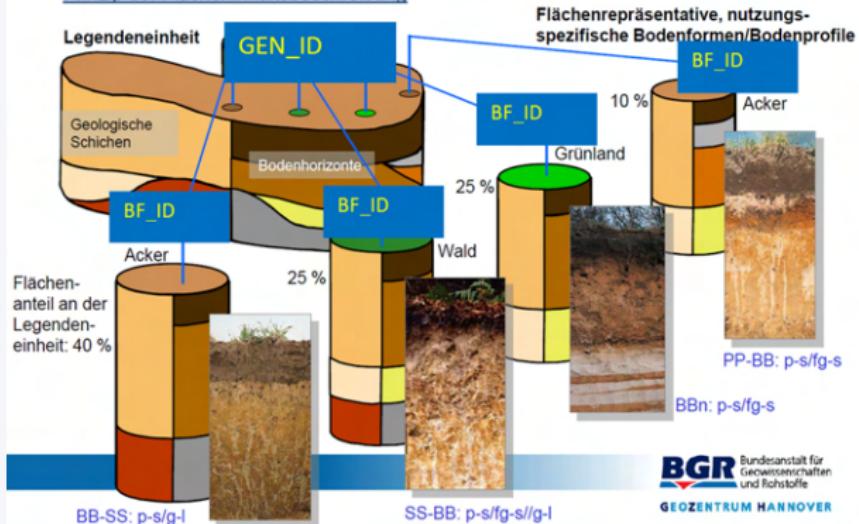


Quelle: BGR

BÜK 200

Die Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK 200)

Prinzip der Flächeninhaltsbeschreibung

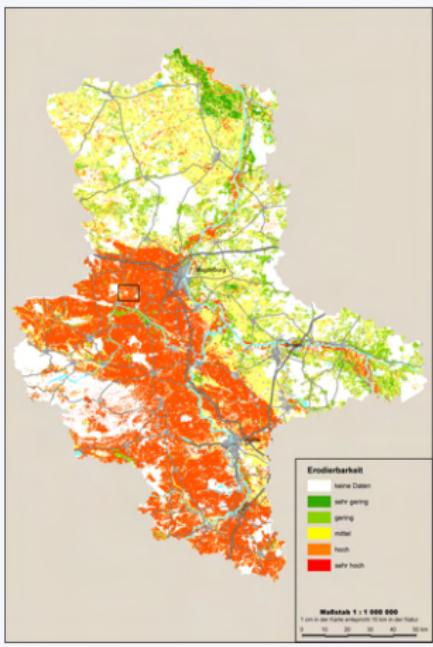


Disaggregierung

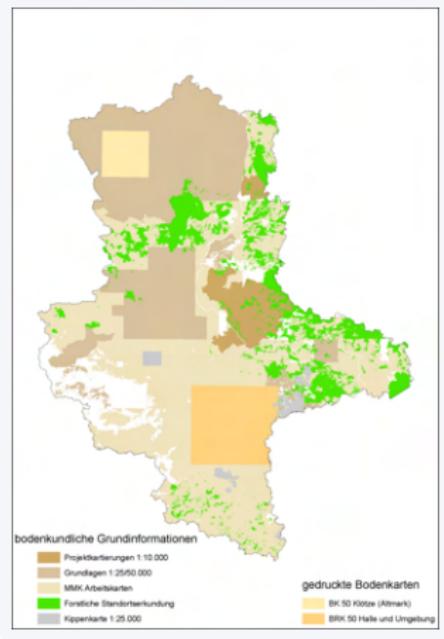
- 55 Kartenblätter mit jeweils einer Blattlegende
- GEN_ID = Gener-allegendeneinheit
- BF_ID = Bodenform-ID
- pro GEN_IDs mehrere BF_IDs möglich

K-Faktor

VBK 50



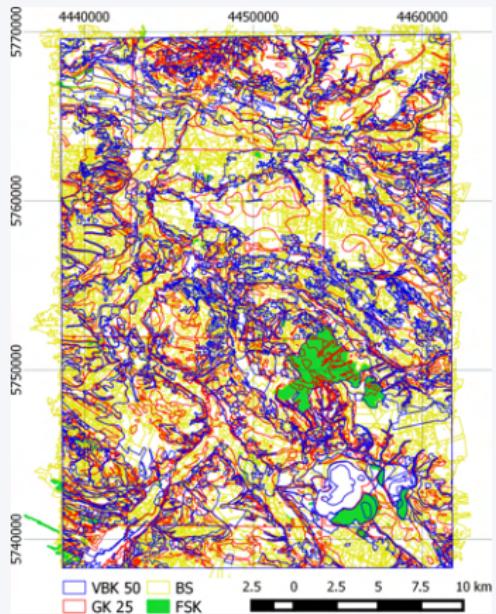
Datengrundlagen



Feldhaus, D., Hartmann, K.-J., 2006. Bodenbericht 2006 – Böden und Bodeninformationen in Sachsen-Anhalt, Mitteilungen zur Geologie und Bergwesen in Sachsen-Anhalt, Bd. 11, Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB), Halle (Saale)

K-Faktor

< 1 : 50000

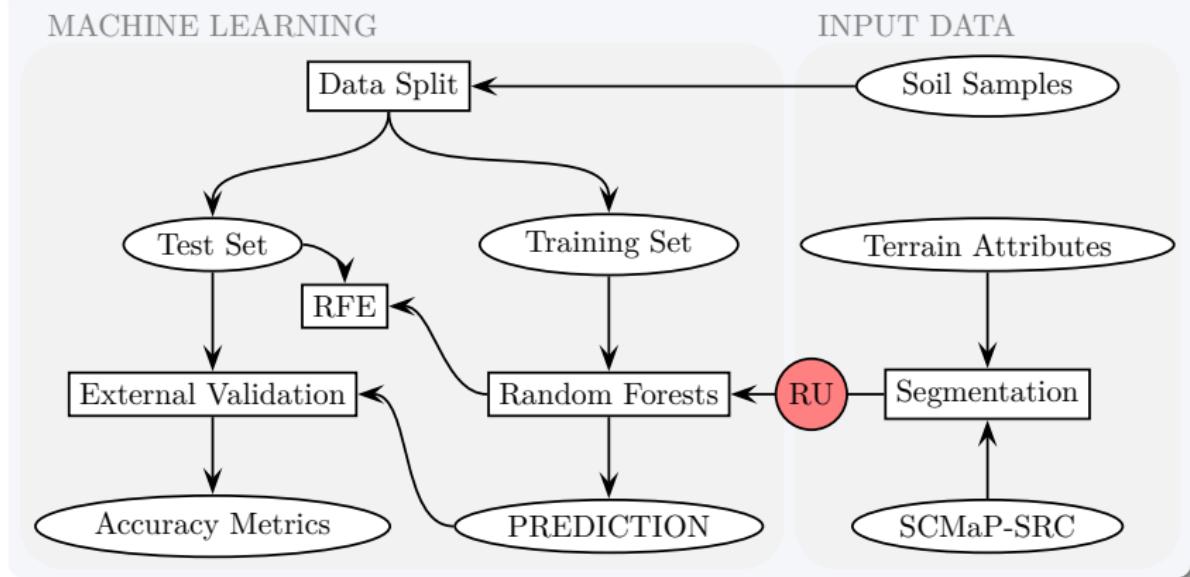


Datengrundlagen

- keine Genauigkeitsmaße
- unterschiedliche Maßstäbe
- unterschiedliche Nomenklaturen
 - KA 5
 - TGL 24300
 - Bodenschätzung
 - ...
- verschiedene Ansätze der Heterogenität und Bodenvergesellschaftung
- Abgrenzung der Bodengrenzen nicht nachvollziehbar

Möller, M., Steininger, M., Thürkow, F., Kainz, W., Helbig, H. (2018): ProBoSA - Pilotstudie "Entwicklung eines Expertensystems zur Prognose hoch- und grundwasserbeeinflusster Böden in Sachsen-Anhalt, Projektbericht, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Professur Landwirtschaftliche Betriebslehre im Auftrag des Landesamtes für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt

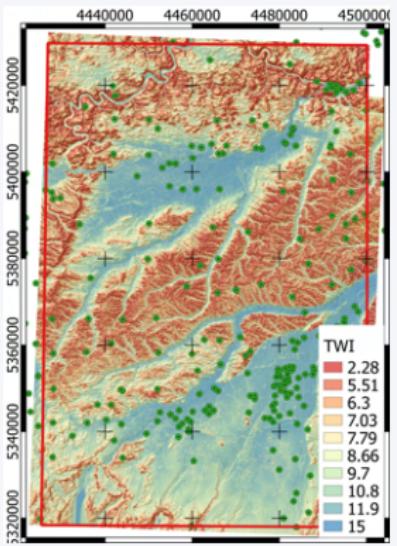
Digital Soil Mapping



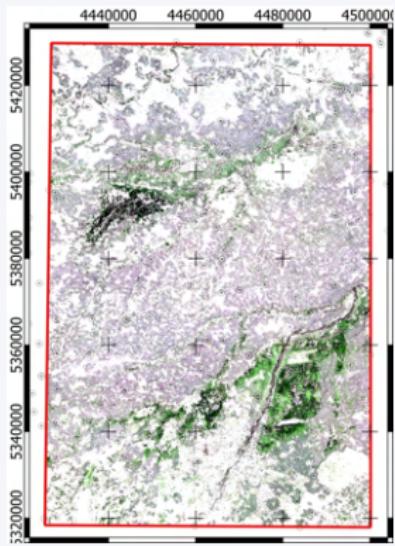
Möller, M.; Zepp, S.; Wiesmeier, M.; Gerighausen, H.; Heiden, U., 2022: Scale-specific Prediction of Topsoil Organic Carbon Contents using Terrain Attributes and SCMaP Soil Reflectance Composites. Preprints 2022, 2022030253.

K-Faktor

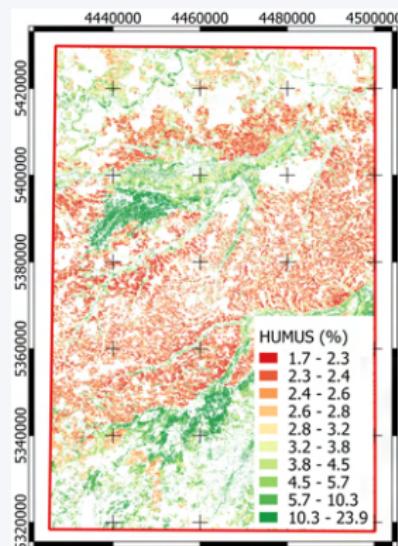
Reliefattribute



Bare Soil-Index



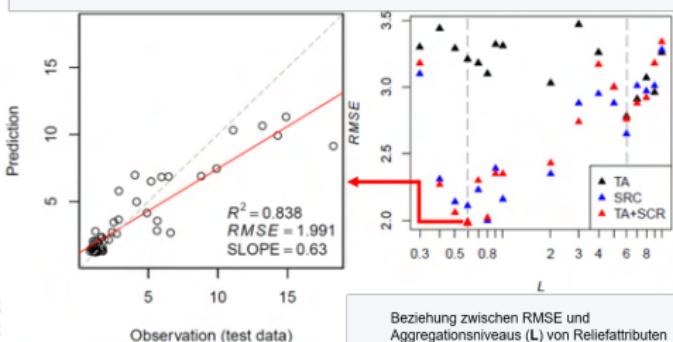
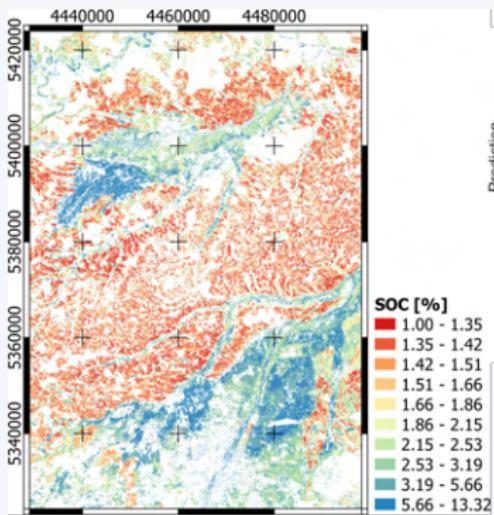
Humusgehalt [%]



Jedes Prognoseprodukt ist durch Genauigkeitsmaße charakterisiert!

Möller, M.; Zepp, S.; Wiesmeier, M.; Gerighausen, H.; Heiden, U., 2022: Scale-specific Prediction of Topsoil Organic Carbon Contents using Terrain Attributes and SCMaP Soil Reflectance Composites. Preprints 2022, 2022030253.

Digital Soil Mapping



Regionale Bodenprognose

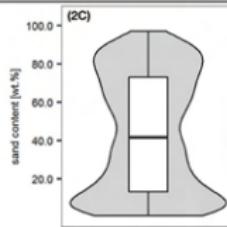
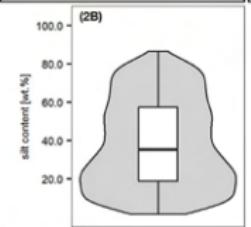
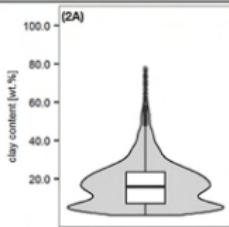
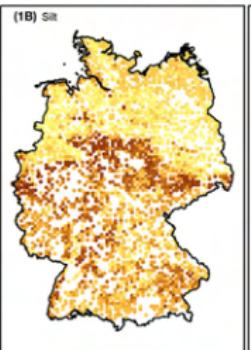
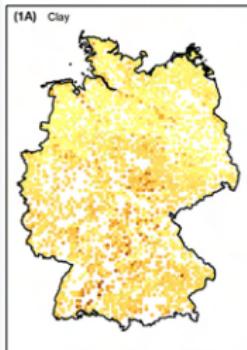
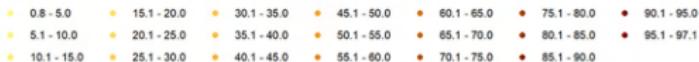
- ✓ Verbesserung durch Berücksichtigung von multi-hierarchischen **Reliefparametern** und Maßstabsabhängigkeiten

Möller, M.; Zepp, S.; Wiesmeier, M.; Gerighausen, H.; Heiden, U., 2022: Scale-specific Prediction of Topsoil Organic Carbon Contents using Terrain Attributes and SCMaP Soil Reflectance Composites. Preprints 2022, 2022030253.

K-Faktor

Bodenzustandserhebung Landwirtschaft

Response data [wt.%]

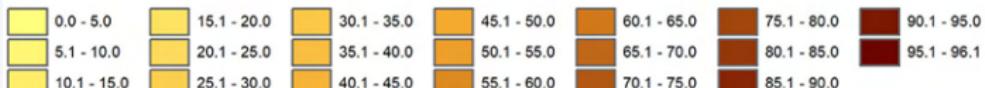


Gebauer, A., Sakhaei, A., Don, A., Poggio, M., Ließ, M., 2022. Topsoil Texture Regionalization for Agricultural Soils in Germany—An Iterative Approach to Advance Model Interpretation. *Front. Soil Sci.* 1, 770326

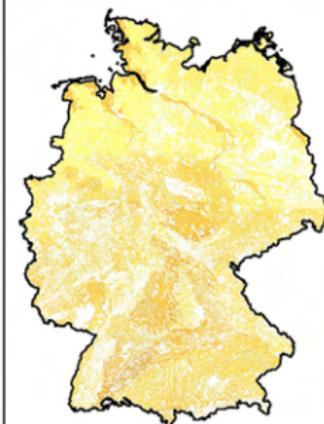
Jacobs, A., Flessa, H., Don, A., Heidkamp, A., Prietz, R., Dechow, R., Gensior, A., Poeplau, C., Riggers, C., Schneider, F., Tiemeyer, B., Vos, C., Wittnebel, M., Müller, T., Säurich, A., Fahrion-Nitschke, A., Gebbert, S., Jaconi, A., Kolata, H., Laggner, A., 2018. Landwirtschaftlich genutzte Böden in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

Digitale Bodenprognose: Sand-, Schluff- und Tongehalt

Median prediction [wt. %]



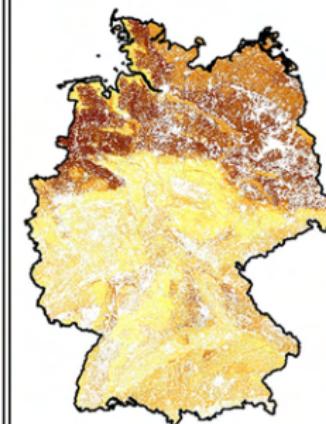
A Clay: R+N+O+C+P+S



B Silt: R+N+O+C+P+S

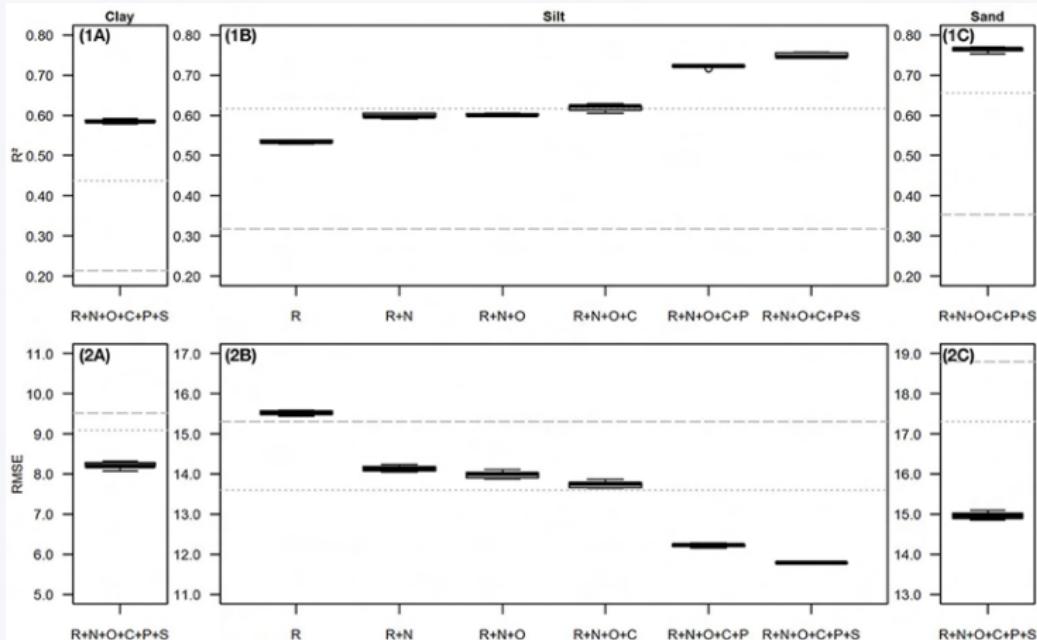


C Sand: R+N+O+C+P+S



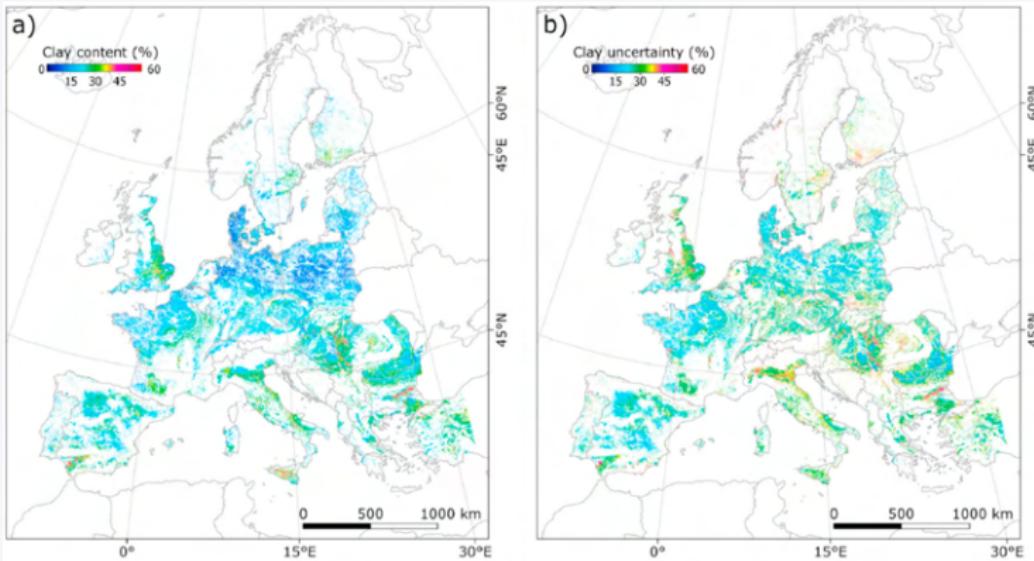
Gebauer, A., Sakhaei, A., Don, A., Poggio, M., Ließ, M., 2022. Topsoil Texture Regionalization for Agricultural Soils in Germany—An Iterative Approach to Advance Model Interpretation. *Front. Soil Sci.* 1, 770326

Digitale Bodenprognose: Sand-, Schluff- und Tongehalt



Gebauer, A., Sakhaei, A., Don, A., Poggio, M., Ließ, M., 2022. Topsoil Texture Regionalization for Agricultural Soils in Germany—An Iterative Approach to Advance Model Interpretation. *Front. Soil Sci.* 1, 770326

Digitale Bodenprognose: Schluffgehalt



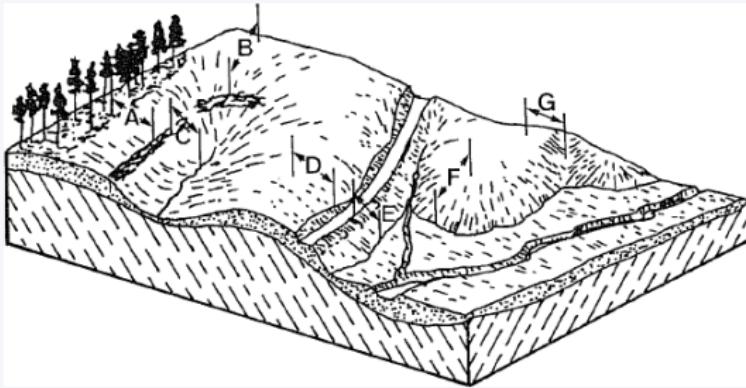
Safanelli, J.L., Chabrillat, S., Ben-Dor, E., Demattê, J.A.M., 2020. Multispectral Models from Bare Soil Composites for Mapping Topsoil Properties over Europe. *Remote Sensing* 12, 1369.

LS-Faktor

$$LS = \left(\frac{l}{22} \right)^m \times \frac{N}{9} \times \left(\sqrt{\frac{N}{9}} \right)$$

mit LS = Relieffaktor (Hangneigung, erosive Hanglänge); l = Hanglänge [m];
 m = Hanglängenkoeffizient; N = Hangneigung [%]

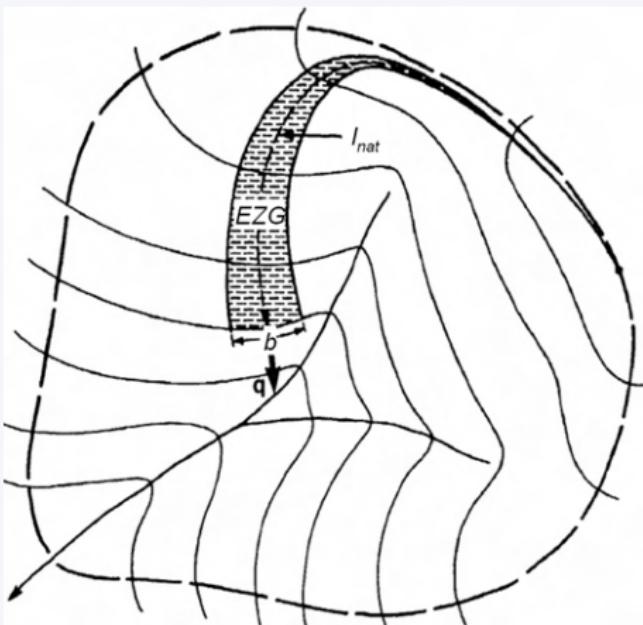
Bestimmung der erosiven Hanglänge



Schwertmann, U., Vogl, W.,
Kainz, M., 1990. Bodenerosion
durch Wasser: Vorhersage des
Abtrags und Bewertung von
Gegenmaßnahmen, 2. Auflage.
Ulmer: Stuttgart

LS-Faktor

Hanglänge

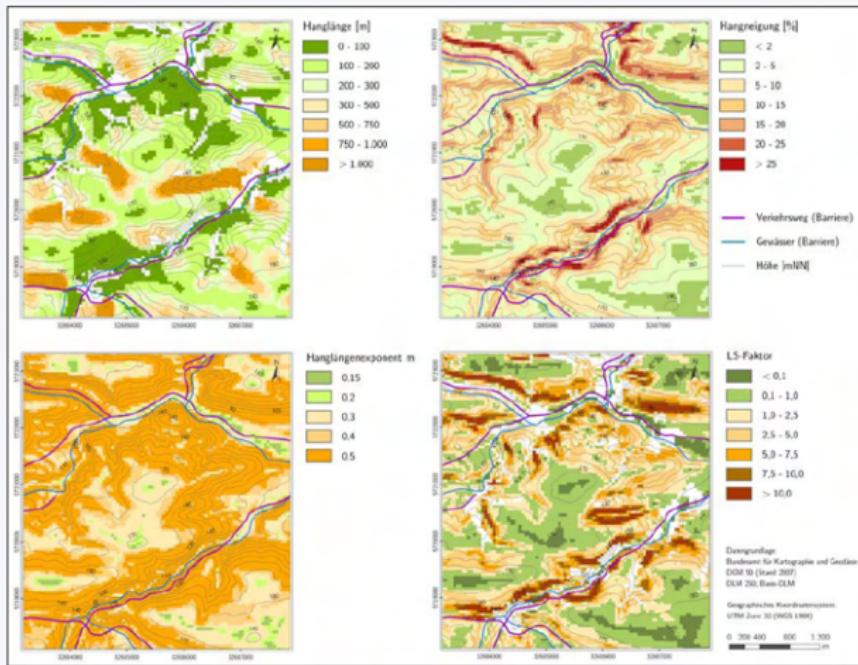


$$l = EZG_s = EZG/b$$

- EZG = Einzugsgebiet
- EZG_s = spezifisches EZG
(Anzahl der Zellen, die in eine Zelle entwässern)
- b = Breite des Einzugsgebietes

Moore I.D., Wilson J.P., 1992. Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation. Journal of Soil and Water Conservation, 47: 423–428

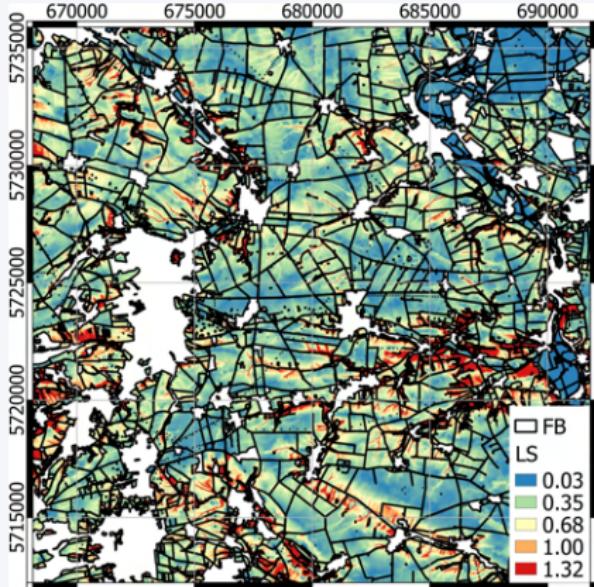
Parameter zur Ableitung des LS-Faktors



Wurbs, D., Steininger, M., 2011. Wirkungen der Klimaänderungen auf die Böden. UBA-Texte 16/2011, Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt

LS-Faktor

Beispiel Könnern



Möller, M., 2019. Bildungsmodule für Klimaanpassungen für den Agrarsektor Sachsen-Anhalts (BIKASA) - Endbericht Arbeitspakete AP4/5, TERRASYS geodatenanalyse im Auftrag der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Geowissenschaften und Geographie, AG Geoökologie, Halle (Saale)

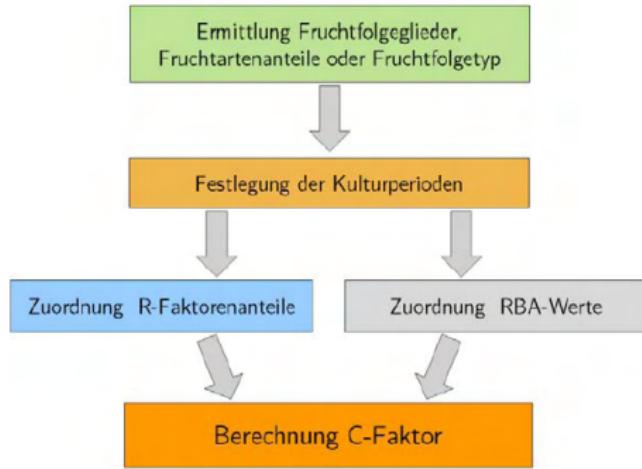
Einflussgrößen

- Rasterzellengröße
- Verfahren der Fließakkumulationsberechnung
- LS-Faktorenberechnungsvariante
- Berücksichtigung von Barrieren

Hrabalíková, M., Janeček, M., 2017. Comparison of different approaches to LS factor calculations based on a measured soil loss under simulated rainfall. *Soil Water Res.* 12, 69–77

Khanifar, J., Khademrasoul, A., 2020. Multiscale comparison of LS factor calculation methods based on different flow direction algorithms in Susa Ancient landscape. *Acta Geophys.* 68, 783–793

C-Faktor



Wurbs, D., Steininger, M., 2011. Wirkungen der Klimaänderungen auf die Böden. UBA-Texte 16/2011, Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt

- Vegetationsbedeckung und Oberbodenzustand bestimmen die Erosionsanfälligkeit zu jedem Zeitpunkt der Kultur.
- Der Relative Bodenabtrag (RBA) gibt das Verhältnis des Bodenabstrages einer Fläche unter einer bestimmten Kultur bei einem bestimmten Entwicklungszustand zu dem einer gleichen Fläche unter Schwarzbrache an.
- Der RBA-Wert eines Entwicklungszustandes wird dem korrespondierenden R-Faktorenanteil zugeordnet.

Schwertmann, U., Vogl, W., Kainz, M., 1990. Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen, 2. Auflage. Ulmer: Stuttgart

RBA für verschiedene Kulturpflanzen

Zeile	Frucht und Bestelltechnik	Periode						
		1a wen-dend	1b nicht- wen-dend	2 Saat- bett	3 10 %	4 50 %	5 75 %	6 bis BB
		BB	BB bis Saatbett					Ernte
1	Getreide konvent.	32	—	46	38	3	1	2
2	dto Minimal-BB	—	8	8	6	1	1	2
3	Raps	32	—	46	38	3	1	2
* 4	Kartoffeln	32	—	80	40	5	7,5	44
* 5	Zuckerrüben	32	—	85	45	5	3	44
* 6	dto Mulchsaat	20	8	9	6	3	3	15
* 7	Mais konventionell	32	—	94	45	12	8,5	44
* 8	dto Spurlockerung	32	—	54	45	12	8,5	44
* 9	dto WG Reihen	32	—	36	21	12	8,5	44
*10	dto Mulchsaat	20	8	11	7	2	1	10
*11	dto Minimal-BB	—	8	8	6	2	1	10

Schwertmann, U., Vogl, W., Kainz, M., 1990.
Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen, 2. Auflage. Ulmer: Stuttgart

* Bei Blattfruchtanteilen in der Fruchtfolge von 50% und mehr sind die RBA-Werte der Blattfrüchte in den Perioden 2–6 mit 1,5 zu multiplizieren, um den stärkeren Gefügebela-stungen der Böden Rechnung zu tragen.

C-Faktor

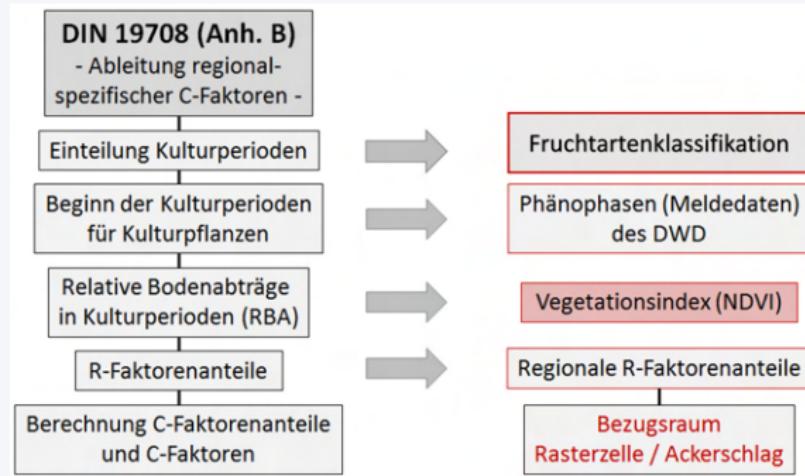
C-Faktor für die Fruchfolge Silomais/Winterweizen/Wintergerste

1 Frucht	2 Periode	3 Datum	4 R-Faktor-Anteil			7 RBA /100	8 C- Faktor- Anteil
			Beg.	Ende	Beg.	Ende	
Silo- mais	BB-SB	15.11.	20.	4.	97,9	2,8	0,049
	SB-10	20.	4.	6.	2,8	18,6	0,158
	10-50	6.	6.	30.	6.	18,6	0,242
	50-75	30.	6.	15.	7.	42,8	0,087
	75-E	15.	7.	5.	10.	51,5	0,432
	E-BB	5.	10.	17.	10.	94,7	0,014
Winter- weizen	BB-SB	17.10.	20.10.	96,1	96,7	0,006	0,32
	SB-10	20.10.	10.	3.	96,7	0,77	0,041
	10-50	10.	3.	15.	4.	0,77	2,1
	50-75	15.	4.	24.	4.	2,1	3,5
	75-E	24.	4.	15.	8.	75,3	0,014
	E-BB	15.	8.	15.	9.	75,3	0,718
Winter- gerste	BB-SB	15.	9.	20.	9.	90,2	90,2
	SB-10	20.	9.	10.	10.	91,8	95,3
	10-50	10.	10.	10.	11.	95,3	97,7
	50-75	10.	11.	10.	3.	97,7	0,77
	75-E	10.	3.	20.	7.	0,77	55,8
	E-BB	20.	7.	15.	11.	55,8	97,9
Summe der C-Faktor-Anteile =						0,421	0,02
						0,408	

Schwertmann, U., Vogl, W., Kainz, M., 1990. Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen, 2. Auflage. Ulmer: Stuttgart

C-Faktor

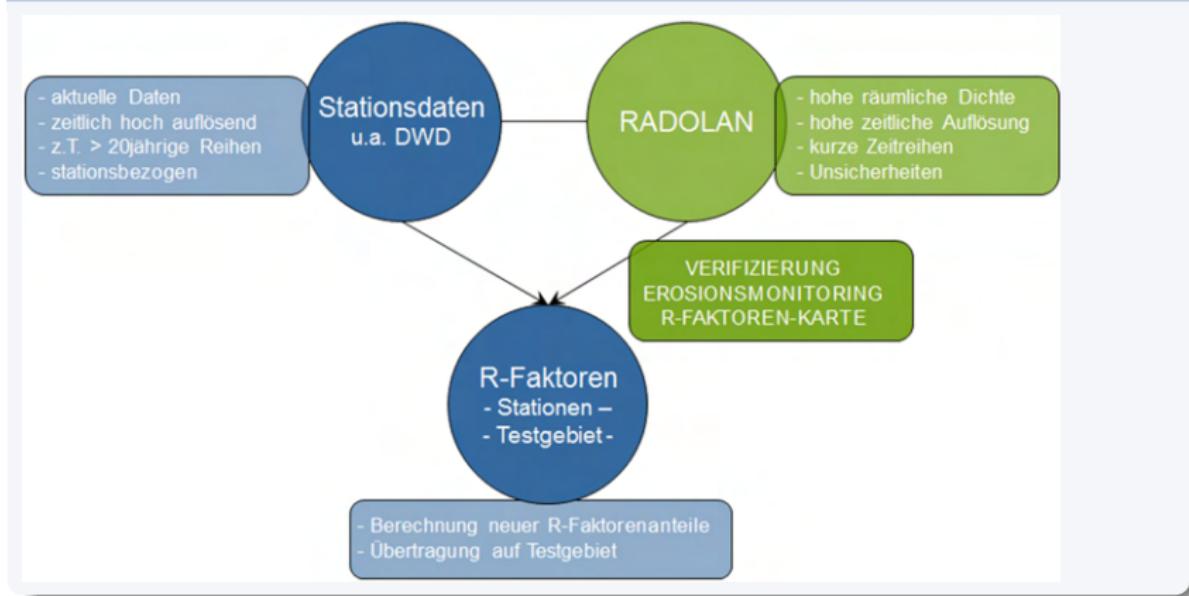
Parametrisierung



Möller, M., Wurbs, D., 2016. DynaC: Zeitliche und räumliche Dynamisierung des C-Faktors mittels simulierter Sentinel-2-Daten zur Lokalisierung von Gefährdungsflächen der wassergebundenen Bodenerosion: Schlussbericht. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Geowissenschaften, Fachgebiet Geofernerkundung und Kartographie

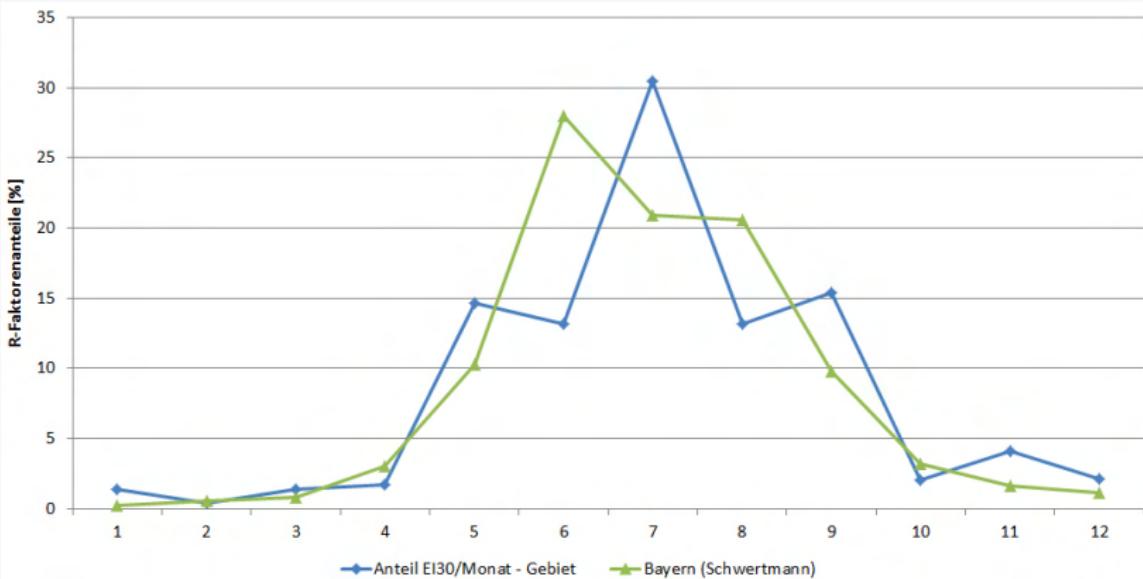
C-Faktor

Regionale R-Faktorenanteile



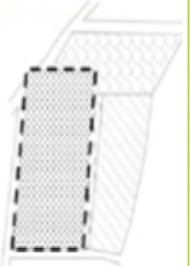
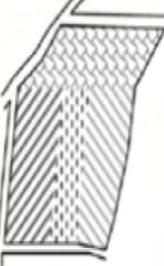
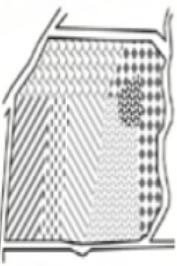
Möller, M., Wurbs, D., 2016. DynaC: Zeitliche und räumliche Dynamisierung des C-Faktors mittels simulierter Sentinel-2-Daten zur Lokalisierung von Gefährdungsflächen der wassergebundenen Bodenerosion: Schlussbericht. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Geowissenschaften, Fachgebiet Geofernerkundung und Kartographie

Regionale R-Faktorenanteile



Möller, M., Wurbs, D., 2016. DynaC: Zeitliche und räumliche Dynamisierung des C-Faktors mittels simulierter Sentinel-2-Daten zur Lokalisierung von Gefährdungsflächen der wassergebundenen Bodenerosion: Schlussbericht. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Geowissenschaften, Fachgebiet Geofernerkundung und Kartographie

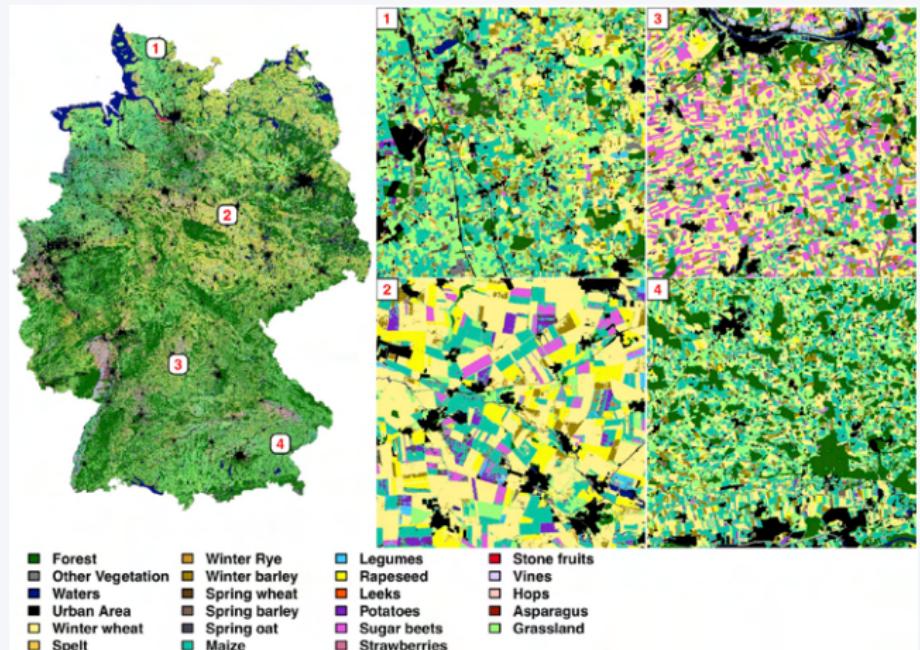
Fruchtarten und Ackerschläge ⇒ LPIS

	Agricultural parcel	Cadastral parcel	Farmer's block	Physical / Topographical block
				
Main features	- Single crop group - Single farmer	- One or more farmers - Based on ownership - One or more crop groups	- Single farmer - One or more crop groups - No natural boundaries	- One or more farmers - Area bordered by certain features (ditches, hedges, walls, etc.) - One or more crop groups
Main data source	Farmer's application	Cadastre, land register	Farmer's application	Administrative classification

⇒ Datenschutz

European Court of Auditors, 2016. The Land Parcel Identification System : a useful tool to determine the eligibility of agricultural land – but its management could be further improved. Special report No 25, 2016, Publications Office

Fruchtarten ⇒ Satellitenbildprodukte

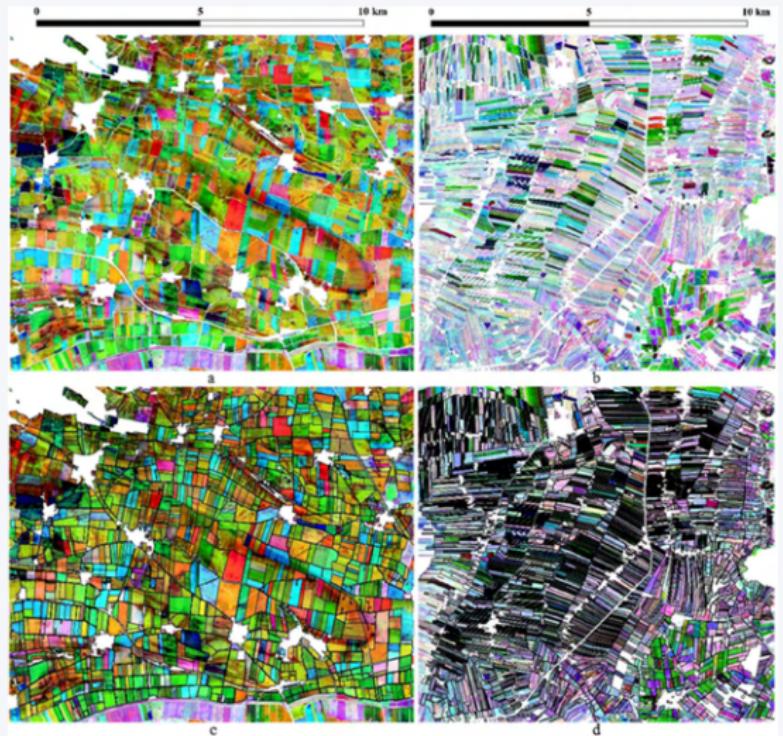


Preidl, S., Lange, M., Doktor, D., 2020. Introducing APiC for regionalised land cover mapping on the national scale using Sentinel-2A imagery. *Remote Sensing of Environment* 240, 111673

Blickensdörfer, L., Schwieder, M., Pflugmacher, D., Nendel, C., Erasmi, S., Hostert, P., 2022. Mapping of crop types and crop sequences with combined time series of Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat 8 data for Germany. *Remote Sensing of Environment* 269, 112831

d'Andrimont, R., Verhegghen, A., Lemoine, G., Kempeneers, P., Meroni, M., van der Velde, M., 2021. From parcel to continental scale – A first European crop type map based on Sentinel-1 and LUCAS Copernicus in-situ observations. *Remote Sensing of Environment* 266, 112708

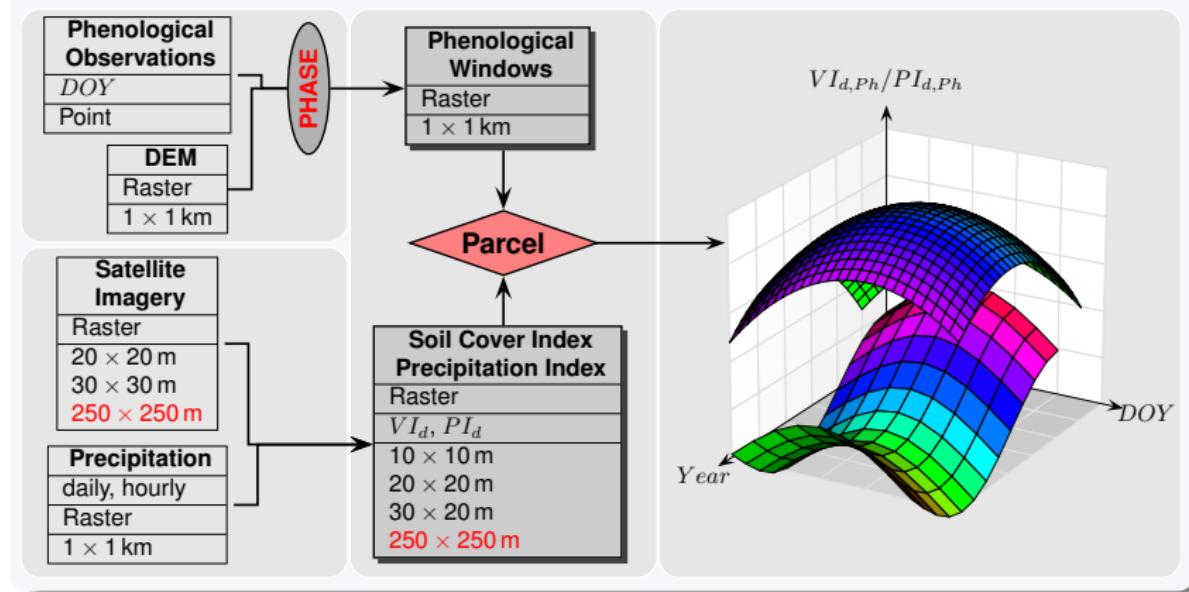
Fruchtarten ⇒ Schlaggrenzen



Tetteh, G.O., Gocht, A., Conrad, C., 2020. Optimal parameters for delineating agricultural parcels from satellite images based on supervised Bayesian optimization. *Computers and Electronics in Agriculture* 178, 105696

Möller, M., Lymburner, L., Volk, M., 2007. The comparison index: A tool for assessing the accuracy of image segmentation. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 9, 311–321

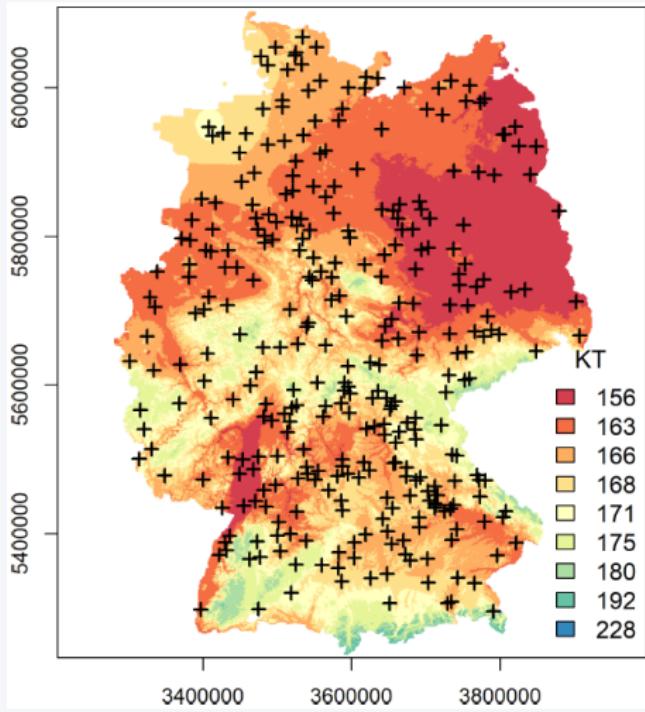
Fruchtarten \Rightarrow Kulturperioden und Bodenbedeckung



Möller, M., Gerstmann, H., Gao, F., Dahms, T.C., Förster, M., 2017. Coupling of phenological information and simulated vegetation index time series: Limitations and potentials for the assessment and monitoring of soil erosion risk. *CATENA* 150, 192–205

C-Faktor

Fruchtarten ⇒ Kulturperioden



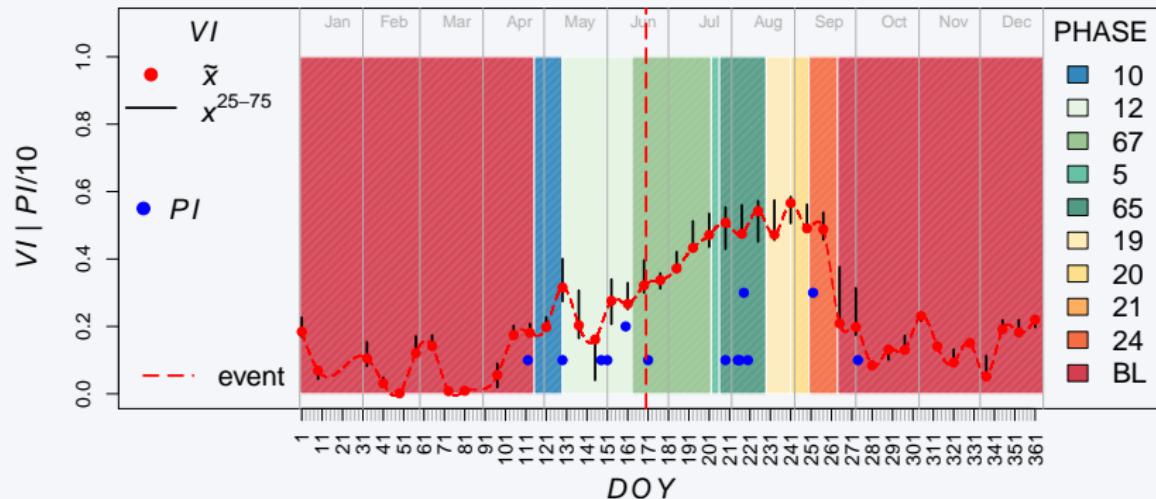
Gerstmann, H., Doktor, D., Gläßer, C., Möller, M., 2016. PHASE: A geostatistical model for the Kriging-based spatial prediction of crop phenology using public phenological and climatological observations. *Computers and Electronics in Agriculture* 127, 726–738

Möller, M., Boutarfa, L., Strassemeyer, J., 2020. PhenoWin – An R Shiny application for visualization and extraction of phenological windows in Germany. *Computers and Electronics in Agriculture* 175, 105534

Fruchtarten ⇒ Kulturperioden und Bodenbedeckung



Fruchtarten ⇒ Kulturperioden und Bodenbedeckung



10 – Bodenbearbeitung | 12 – Auflaufen | 67 – Längenwachstum | 5 – Blüte | 65 – Fahnenschieben | 19 – Milchreife | 20 – Teigreife | 21 – Gelbreife | 24 – Ernte | BL – Brache | VI – Vegetationsindex | PI – Starkniederschlagsindex | DOY – Kalendertag

Herausforderungen

- Ableitung von schlagspezifischen und dynamischen Parametern zur Ableitung von Bodenindikatoren
- Etablierung von nachvollziehbaren Prozessketten zur Generierung von Parametern mit Genauigkeitsmaßen
- Etablierung von Geodateninfrastrukturen