

Inhaltsverzeichnis

1 Management der Bodenacidität durch Kalkung – eine unterschätzte Herausforderung	1
Eckart Kramer, Robin Gebbers, Jörg Rühlmann, Eric Bönecke und Ingmar Schröter	
1.1 Die Begriffe „Kalkung“ und „Management der Bodenacidität“	1
1.2 Die Kalkung als Grundlage nachhaltiger Bodenbewirtschaftung	3
1.3 Suboptimale Boden-pH-Werte in Deutschland – ein verbreitetes Problem	5
1.4 Die teilflächenspezifische Kalkung als vernetztes System	8
1.5 Motivation und Aufbau des Buches – Der Workflow für eine präzise Kalkung	13
1.6 Exkurs: Naturräumliche Gegebenheiten der untersuchten Betriebe	16
Literatur	17
2 Die sensorgestützte Kartierung von Bodenparametern	23
Robin Gebbers und Eckart Kramer	
2.1 Einführung zu den vorgestellten Messmethoden	23
2.2 Merkmale von Boden-Sensorsystemen: Ein Exkurs	26
2.2.1 Bezug zum Zielparameter	26
2.2.2 Geometrie der erfassten Probe (Stützung) und Probenkonditionierung	28
2.2.3 Lokalisation der Sensoren	29
2.2.4 Zeitliches Antwortverhalten	30
2.2.5 Anerkennung und Zertifizierung von neuen, sensorbasierten Messverfahren	30
Literatur	31
3 Die Kartierung von Parametern zur Bestimmung der Bodentextur	33
Jörg Rühlmann, Eric Bönecke und Swen Meyer	
3.1 Definition der Bodentextur	33
3.2 Bedeutung der Bodentextur	35

3.3	Methoden für die Bestimmung der Bodentextur	36
3.4	Stand der betrieblichen Erfassung der Bodentextur	37
3.5	Vor-Ort-Messung	40
3.5.1	Geoelektrik	40
3.5.2	Gamma-Radiometrie	44
3.5.3	Kombination von Geoelektrik und Gamma-Radiometrie	46
3.6	Ausblick: Alternative Ansätze aus der Forschung	49
3.7	Fazit	51
	Literatur	51
4	Die Kartierung von Parametern zur Bestimmung des Boden-pH-Wertes	59
	Robin Gebbers, Sebastian Vogel und Eckart Kramer	
4.1	Definition des Boden-pH-Wertes	59
4.2	Bedeutung des pH-Wertes	61
4.3	Methoden zur Bestimmung pH-Wertes	62
4.3.1	Bestimmungsmethoden des pH-Wertes im Labor	62
4.3.1.1	Probleme bei der Verwendung von Glas-pH-Elektroden	65
4.3.1.2	Probleme bei der Messung im Labor	66
4.4	Stand der betrieblichen Boden-pH-Erfassung in Deutschland	66
4.5	In-situ-Messung	67
4.5.1	Stationäre und absätzige Messung des pH-Wertes in situ	68
4.5.1.1	Kolorimetrische pH-Indikatoren	68
4.5.1.2	Antimon-pH-Elektroden	68
4.5.1.3	Robuste pH-Glaselektroden	69
4.5.2	Die Messung des pH-Wertes in Bewegung	69
4.5.2.1	Die Veris Multisensorplattform MSP3	70
4.5.2.2	Kalibrierung	72
4.5.2.3	Messunsicherheit	72
4.5.2.4	Hinweise zur Nutzung der Veris MSP	74
4.6	Ausblick: Alternative Ansätze aus der Forschung	75
4.6.1	Ionen-sensitive Feldeffekttransistoren (ISFET)	76
4.6.2	Optische pH-Sensoren (pH-Optoden)	76
4.6.3	Schätzung durch indirekte Methoden	77
4.7	Fazit	78
	Literatur	78
5	Die Kartierung von Parametern zur Bestimmung des Bodenhumusgehaltes im Oberboden	85
	Ingmar Schröter und Sandra Post	
5.1	Bedeutung des Bodenhumusgehalts	85
5.2	Labormethoden zur Bestimmung des Humusgehalts	87
5.2.1	Elementaranalyse	87
5.2.2	Glühverlust	88

5.3	Probenahme und Probenaufbereitung	88
5.4	Aktueller Stand der betrieblichen Bodenhumuserfassung	89
5.5	Sensorgestützte Erfassung des Humusgehalts	90
5.5.1	Bodensensoren (Nahbereichssensoren)	91
5.5.2	Satellitendaten	94
5.5.2.1	Einflüsse von Bodeneigenschaften auf das Reflexionsmuster	96
5.5.2.2	Humusmodellierung mit Sentinel-2 Daten	99
5.6	Beispiele der sensorbasierten Humuskartenerstellung	101
5.7	Erwartete zukünftige Lösungen	106
5.8	Fazit	107
5.9	Exkurs: Fernerkundung	109
	Literatur	109
6	Von Sensormessungen zu Bodeneigenschaftskarten	115
	Eric Bönecke, Ingmar Schröter, Sebastian Vogel, Robin Gebbers, Jörg Rühlmann und Swen Meyer	
6.1	Von Punktmessungen zu Sensorkarten	116
6.2	Genutzte Interpolationsverfahren	119
6.2.1	Inverse Distance Weighting (IDW)	120
6.2.2	Geostatistische Interpolation (Kriging)	121
6.3	Referenzbeprobung	125
6.4	Laboranalysen	127
6.5	Erstellung von Kalibriermodellen durch einfache und multiple Regression	127
	Literatur	132
7	Von Bodeneigenschaftskarten zur Düngestreuokarte	137
	Eric Bönecke, Charlotte Kling, Ingmar Schröter, Sebastian Vogel, Swen Meyer, Golo Philipp, Dirk Scheibe, Kathrin Lück, Robin Gebbers und Jörg Rühlmann	
7.1	Kalkbedarfsermittlung	138
7.1.1	Kalkbedarf nach dem VDLUFA-Algorithmus	138
7.1.2	Kontinuierliche Kalkbedarfsbestimmung	141
7.2	Bearbeitungsbreite und Fahrspurausrichtung	144
7.3	Düngerauswahl und Berücksichtigung des Neutralisationswertes	146
7.4	Weitere Anpassungen an die auszubringende Streumenge	147
7.5	Technik zur Düngerapplikation	148
	Literatur	150
8	Die pH-BB Toolbox	155
	Ingmar Schröter, Jakob Walch und Karin Zieger	
8.1	Digitale Bodenkartenerstellung	158
8.1.1	Schritt 1: Dateninterpolation	158
8.1.2	Schritt 2: Referenzprobenpunkte setzen	159

8.1.3	Schritt 3: Laborergebnisse importieren.	160
8.1.4	Schritt 4: Bodenkarten erstellen (Modellkalibrierung).	161
8.2	Applikationskartenerstellung.	161
8.2.1	CaO-Bedarfskarte berechnen	162
8.2.2	CaO-Streukarte berechnen	163
8.2.3	Kalkapplikationskarte berechnen	164
8.3	Fazit	165
	Literatur.	165
9	Nutzung sensorbasierter Texturkarten für das Management der Bodenacidität – Effekte auf Kalkbedarf, Ertrag und ökonomische Kennwerte.	167
	Jörg Rühlmann, Eric Bönecke und Golo Philipp	
9.1	Vergleich von betrieblichen und sensorbasierten Bodentexturkarten	168
9.2	Aufstellung von Szenarien zu Berechnung der Effekte der Nutzung sensorbasierter Bodenkarten	170
9.2.1	Berechnung der pH-Werte für die einzelnen Jahre einer Fruchfolgerotation.	171
9.2.2	Berechnung der Ertragseinbußen bei suboptimalen pH-Werten	172
9.2.3	Berechnung des Textureinflusses auf den Ertrag	173
9.3	Effekte auf ökonomische Kennwerte	174
9.4	Fazit	175
	Literatur.	176
10	Andere Methoden der Basenbedarfsermittlung.	179
	Sebastian Vogel und Robin Gebbers	
10.1	Klassische Labormethoden als Alternativen zur VDLUFA-Kalkbedarfsbestimmung.	180
10.1.1	Boden-Kalk-Inkubationen.	180
10.1.2	Boden-Base-Titrationen	180
10.1.3	Boden-Puffer-Gleichgewicht	181
10.2	Neue Alternativen durch In-situ-Sensoren.	181
	Literatur.	183