

11 Qualitätssicherung

Nils König

11.1 Probenvorbereitung und -analyse

Die im Rahmen der BZE I und BZE II genommenen Humus-, Boden- und Pflanzenproben wurden in unterschiedlichen Laboren der im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA liegenden Bundesländer analysiert. In der folgenden Tabelle 36 sind die jeweiligen Labore aufgelistet:

Tabelle 36: Übersicht der an der BZE I und BZE II beteiligten Labore der im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA liegenden Bundesländer

Land	BZE I	BZE II
Niedersachsen (inkl. Bremen)	Umweltlabor der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Göttingen Ab 2006: Umweltlabor der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA), Göttingen	Umweltlabor der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA), Göttingen und: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover (teilweise)
Hessen	bis 2000: Hessische Landwirtschaftliche Versuchsanstalt (HLVA)*, Kassel ab 2000: Hessisches Dienstleistungszentrum für Landwirtschaft, Gartenbau und Naturschutz (HDLGN)*, Kassel Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA)*, Kassel	Landesbetrieb Hessisches Landeslabor (LHL)*, Kassel und: Umweltlabor der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA), Göttingen (teilweise) sowie: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover (teilweise)
Sachsen-Anhalt	Landesanstalt für Forstplanung Brandenburg, Labor Eberswalde	Umweltlabor der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) Göttingen und: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover (teilweise)

* HLVA, HDLGN, LUFA und LHL sind unterschiedliche Organisationsformen der gleichen Einrichtung

Die in den jeweiligen Laboren angewandten Methoden zur Vorbereitung, Untersuchung und Messung der Proben im Rahmen der BZE I und II in Sachsen-Anhalt sind in den folgenden Tabellen 37a bis 37f zusammenfassend dargestellt. Wo möglich, wird auf die entsprechende Methode im Handbuch Forstliche Analytik (HFA) (GAFA 2005 u. 2014) verwiesen. Methoden, die nicht den Vorgaben der BZE-Arbeitsanleitungen (WELLBROCK et al. 2006) entsprechen, sind entsprechend nach HFA codiert, soweit Informationen dazu vorlagen. Die HFA-Codes (GAFA 2014) sind in den Tabellen 38a bis 38f aufgelistet. Eine Zusammenstellung der angewandten Labormethoden für die BZE I und II in Niedersachsen und Hessen ist in PAAR et al. 2016 zu finden.

Erläuterungen zu den Tabellen:

In den Spalten „Methode“ ist jeweils das Kürzel der verwendeten Methode der NW-FVA eingetragen. Die Methoden sind veröffentlicht in den Berichten des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe B, Bände 46–49, 58–60 und 75–81 (KÖNIG u. FORTMANN 1996, 1999, 2012, KÖNIG et al. 2009). Bei Analysen anderer Labore (Eberswalde, Kassel, Hannover) sind folgende Kürzel verwendet worden:

AAS	=	Atomabsorptionsspektroskopie mit Flammentechnik
AAS-G	=	Atomabsorptionsspektroskopie mit Graphitrohrtechnik
AKE	=	effektive Austauschkapazitätsbestimmung
CFC	=	Continuous-Flow-Colorimetrie
DA	=	Druckaufschluss mit Salpetersäure
DA-PCI	=	Druckaufschluss mit Salpetersäure und Perchlorsäure
EA	=	Elementaranalyse
IC	=	Ionenchromatographie
ICP	=	Induktiv gekoppelte Plasmaspektroskopie
ICP-MS	=	Induktiv gekoppelte Plasmaspektroskopie gekoppelt mit einem Massenspektrometer
pH	=	pH-Messung
GA	=	Gesamtaufschluss mit Flusssäure

Legende der Farbmarkierungen:

Felder weiß unterlegt	=	Daten im Labor der NW-FVA erhoben
Felder grün unterlegt	=	Daten im Labor Eberswalde erhoben
Felder orange unterlegt	=	Daten im Labor Kassel erhoben
Felder gelb unterlegt	=	Daten im Labor der BGR erhoben
Felder pink unterlegt	=	Daten der BZE II für die BZE I verwendet
x	=	entfällt

Tabelle 37a: Angewandte Methoden bei der BZE I in Sachsen-Anhalt, Probenart Boden

Parameter	Probenvorbereitungsmethoden			Untersuchungsmethoden			Elementbestimmungsmethoden		
	Trocknen Methode	Sieben Methode	Mahlen Methode						
	HFA	HFA	HFA	HFA	Methode	HFA	Methode	HFA	Methode
Effektiv austauschbare Kationen									
Al	A1.2.1	A1.3.1	x	x	AKE	A3.2.1.1	AAS		
Ca	A1.2.1	A1.3.1	x	x	AKE	A3.2.1.1	AAS		
Fe	A1.2.1	A1.3.1	x	x	AKE	A3.2.1.1	AAS		
K	A1.2.1	A1.3.1	x	x	AKE	A3.2.1.1	AAS		
Mg	A1.2.1	A1.3.1	x	x	AKE	A3.2.1.1	AAS		
Mn	A1.2.1	A1.3.1	x	x	AKE	A3.2.1.1	AAS		
Na	A1.2.1	A1.3.1	x	x	AKE	A3.2.1.1	AAS		
pH	A1.2.1	A1.3.1	x	x	AKE	A3.2.1.1	pH		
Potentiell austauschbare Kationen									
Ca	A1.2.1	A1.3.1	x	x	AKT2.1	A3.2.1.2	CaCagesICP13.1		D11.1.5.2
K	A1.2.1	A1.3.1	x	x	AKT2.1	A3.2.1.2	KKgesICP13.1		D30.1.5.4
Mg	A1.2.1	A1.3.1	x	x	AKT2.1	A3.2.1.2	MgMggesICP13.1		D36.1.5.2
Na	A1.2.1	A1.3.1	x	x	AKT2.1	A3.2.1.2	NaNagesICP13.1		D39.1.5.4
Ba-Rücktausch	A1.2.1	A1.3.1	x	x	AKT2.1	A3.2.1.2	BaBagesICP10.1		D4.1.5.3
Wässriger Extrakt									
Al	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ca	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cl	x	x	x	x	x	x	x	x	x
C _{ges}	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Canorg	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fe	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K	x	x	x	x	x	x	x	x	x

(Fortsetzung Tabelle 37a)

Leitfähigkeit	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mg	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mn	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Na	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ngcs	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
NH4-N	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
NO3-N	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pgcs	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
pH	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Säureextrakt Salpetersäure

Cd	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	DA	AAS-G	
Cu	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	DA	AAS-G	
Pb	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	DA	AAS-G	
Zn	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	DA	AAS	

Säureextrakt Königswasser

Al	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	AlAlges CP16.1	D1.1.6.2
Ca	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	CaCages CP16.1	D11.1.6.3
Cd	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	CdCdges CP16.1	D9.1.6.4
Co	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	CoCoges CP16.1	D15.1.6.6
Cr	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	CrCrGes CP16.1	D14.1.6.5

(Fortsetzung Tabelle 37a)

Parameter	Probenvorbereitungsmethoden			Untersuchungsmethoden			Elementbestimmungsmethoden			
	Trocknen Methode	Sieben Methode	Mahlen Methode	HFA	Methode	HFA	Methode	HFA	Methode	HFA
Cu	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	Cu	CugesICP16.1	D32.1.6.6	
Fe	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	Fe	FegesICP16.1	D17.1.6.2	
K	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	K	KgesICP16.1	D30.1.6.4	
Mg	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	Mg	MggesICP16.1	D36.1.6.2	
Mn	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	Mn	MngesICP16.1	D37.1.6.3	
Na	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	Na	NagesICP16.1	D39.1.6.4	
Ni	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	Ni	NiigesICP16.1	D42.1.6.6	
P	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	P	PgesICP16.1	D44.1.6.1	
Pb	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	Pb	PbgesICP16.1	D6.1.6.6	
S	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	S	SgesICP16.1	D54.1.6.1	
Zn	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	Zn	ZngesICP16.1	D73.1.6.4	

(Fortsetzung Tabelle 37a)

Gesamtgehalte									
Al		A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	GA		AAS		
Ca		A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	GA		AAS		
Cd	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Co	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cr	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cu	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fe		A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	GA		AAS		
K		A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	GA		AAS		
Mg		A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	GA		AAS		
Mn		A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	GA		AAS		
Na		A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	GA		AAS		
Ni	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P		A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	GA		spektrophotometrisch		
Pb	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Zn	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Elementaranalyse									
C		A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	nasse Oxidation				
N		A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	Kjeldahl				
Carbonat-Gehalt									
C-CO ₃	x	x	x	x	x	x	x	x	x

(Fortsetzung Tabelle 37a)

Parameter	Probenvorbereitungsmethoden				Untersuchungsmethoden				Elementbestimmungsmethoden			
	Trocknen Methode	HFA	Sieben Methode	HFA	Mahlen Methode	HFA	Methode	HFA	Methode	HFA	Methode	HFA
pH-Wert (H2O)												
pH		A1.2.1		A1.3.1	x		pH H2O	A3.1.1.1		pH		D76.1.4.1
pH-Wert (CaCl2)												
pH	x		x		x					x		x
pH-Wert (KCl)												
pH		A1.2.1		A1.3.1	x		pH KCl	A3.1.1.3		pH		D76.1.5.1
Trockenrohichte des Feinbodens												
TRDF	T5.1	x	x	x	x		TRDF2.1	A2.8		x		x
Skelettranteil												
SKA	T5.1	x	x	x	x		TRDF2.1	A2.8		x		x

Tabelle 37b: Angewandte Methoden bei der BZE II in Sachsen-Anhalt, Probenart Boden

Parameter	Probenvorbereitungsmethoden			Untersuchungsmethoden			Elementbestimmungsmethoden		
	Trocknen Methode	Sieben Methode	Mahlen Methode	HFA	HFA	HFA	Methode	Methode	Methode
Effektiv austauschbare Kationen									
Al	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	AKE1.1	A3.2.1.1	AlAlgesICP10.1	D1.1.5.2
Ca	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	AKE1.1	A3.2.1.1	CaCagesICP10.1	D1.1.5.2
Fe	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	AKE1.1	A3.2.1.1	FeFegesICP10.1	D17.1.5.3
K	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	AKE1.1	A3.2.1.1	KKgesICP10.1	D30.1.5.4
Mg	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	AKE1.1	A3.2.1.1	MgMggesICP10.1	D36.1.5.2
Mn	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	AKE1.1	A3.2.1.1	MnMngesICP10.1	D37.1.5.3
Na	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	AKE1.1	A3.2.1.1	NaNagesICP10.1	D39.1.5.4
pH	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	AKE1.1	A3.2.1.1	HH+2PHM4.1	D76.1.5.1
Potentiell austauschbare Kationen									
Ca	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	AKT2.1	A3.2.1.2	CaCagesICP13.1	D11.1.5.2
K	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	AKT2.1	A3.2.1.2	KKgesICP13.1	D30.1.5.4
Mg	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	AKT2.1	A3.2.1.2	MgMggesICP13.1	D36.1.5.2
Na	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	AKT2.1	A3.2.1.2	NaNagesICP13.1	D39.1.5.4
Ba-Rücktausch	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	AKT2.1	A3.2.1.2	BaBagesICP10.1	D4.1.5.3
Wässriger Extrakt									
Al	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	AlAlgesICP7.2	D1.1.4.2
Ca	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	CaCagesICP7.2	D11.1.4.2
Cl	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	ClClFE3.2	D13.2.4.2
Cges	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	CCgesTOC3.2	D31.1.4.1
								CCgesTOC3.3	D31.1.4.1
Canorg	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	CCanorgTOC3.1	D31.3.4.3
								CCanorgTOC3.2	D31.3.4.3

(Fortsetzung Tabelle 37b)

Fe	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	FeFeges CP7.2	D17.1.4.2
K	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	KGes CP7.2	D30.1.4.4
Leitfähigkeit	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	LFLFLFM2.1	D77.1.4.2
	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	MgMges CP7.2	D36.1.4.2
Mn	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	MnMges CP7.2	D37.1.4.3
Na	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	NaNages CP7.2	D39.1.4.4
Nges	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	NNges TOC2.1	D58.1.4.4
									NNges TOC2.2	D58.1.4.4
NH4-N	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	NNH4CF6.1	D58.3.4.3
NO3-N	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	NNO2+3CFC.5.4	D58.4.4.2
Pges	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	PPges CP7.2	D44.1.4.1
pH	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x	x	EXTH2O1.1	A3.2.2.1	HH+PHM6.1	D76.1.4.3
Säureextrakt Königswasser										
Al	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	AlAlges CP16.1	D11.1.6.2
Al						A1.4.1	KW	A3.3.3		D11.1.6.2
Ca	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	CaCages CP16.1	D11.1.6.3
Ca						A1.4.1	KW	A3.3.3		D11.1.6.3
Cd	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	CdCdges CP16.1	D9.1.6.4
Cd						A1.4.1	KW	A3.3.3		D9.1.6.5
Co	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	CoCoges CP16.1	D15.1.6.6
Cr	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	CrCrges CP16.1	D14.1.6.5
Cr						A1.4.1	KW	A3.3.3		D14.1.6.6
Cu	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	CuCuages CP16.1	D32.1.6.6
Cu						A1.4.1	KW	A3.3.3		D32.1.6.8
Fe	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	FeFeges CP16.1	D17.1.6.2
Fe						A1.4.1	KW	A3.3.3		D17.1.6.4

(Fortsetzung Tabelle 37b)

Parameter	Probenvorbereitungsmethoden				Mahlen	Untersuchungsmethoden		Elementbestimmungsmethoden		
	Trocknen	Sielen	HFA	Methode		HFA	Methode	HFA	Methode	
K	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	KKgesICP16.1	D30.1.6.4
K						A1.4.1	KW	A3.3.3		D30.1.6.4
Mg	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	MgNagesICP16.1	D36.1.6.2
Mg						A1.4.1	KW	A3.3.3		D36.1.6.2
Mn	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	MnMngesICP16.1	D37.1.6.3
Mn						A1.4.1	KW	A3.3.3		D37.1.6.3
Na	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	NaNagesICP16.1	D39.1.6.4
Na						A1.4.1	KW	A3.3.3		D39.1.6.4
Ni	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	NiNigesICP16.1	D42.1.6.6
Ni						A1.4.1	KW	A3.3.3		D42.1.6.8
P	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	PPgesICP16.1	D44.1.6.1
P						A1.4.1	KW	A3.3.3		D44.1.6.1
Pb	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	PbPbgesICP16.1	D6.1.6.6
Pb						A1.4.1	KW	A3.3.3		D6.1.6.7
S	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	SSgesICP16.1	D54.1.6.1
S						A1.4.1	KW	A3.3.3		D54.1.6.1
Zn	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	ZnZngesICP16.1	D73.1.6.4
Zn						A1.4.1	KW	A3.3.3		D73.1.6.6
Gesamtgehalte										
Al	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	AlAlgesICP16.1	D1.1.6.2
Ca	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	CaCaGesICP16.1	D11.1.6.3
Cd	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	CdCdGesAA88.1	D9.1.6.3
Co	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	CoCoGesICP16.1	D15.1.6.6

(Fortsetzung Tabelle 37b)

Cr	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	CrCgesICP16.1	D14.1.6.5
Cu	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	CuCuGesICP16.1	D32.1.6.6
Fe	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	FeFegesICP16.1	D17.1.6.2
K	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	KKgesICP16.1	D30.1.6.4
Mg	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	MgMggesICP16.1	D36.1.6.2
Mn	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	MnMngesICP16.1	D37.1.6.3
Na	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	NaNagesICP16.1	D39.1.6.4
Ni	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	NiNigesICP16.1	D42.1.6.6
P	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	PPgesICP16.1	D44.1.6.1
Pb	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	PbPbgesICP16.1	D6.1.6.6
S	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	SSgesICP16.1	D54.1.6.1
Zn	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	DANF1.1	A3.3.1	ZnZngesICP16.1	D73.1.6.4
Elementaranalyse										
C	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	ATNULL	x	CCgesCNS5.1	D31.1.1.1
N	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	ATNULL	x	NNgesCNS5.1	D58.1.1.1
Carbonat-Gehalt										
C-CO3	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	MBP1.1	A1.4.1	ATNULLCO3	x	CCO3C1.1	D31.3.1.3

(Fortsetzung Tabelle 37)

Parameter	Probenvorbereitungsmethoden			Mahlen	Untersuchungsmethoden			Elementbestimmungsmethoden			
	Trocknen Methode	HFA	Sieben Methode		HFA	Methode	HFA	Methode	HFA	Methode	HFA
pH-Wert (H₂O)											
pH	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x		pHH2O6.1	A3.1.1.2	HH+PHM5.1	D76.1.5.1	
									HH+PHM7.1	D76.1.5.1	
pH-Wert (CaCl₂)											
pH	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x		pHCaCl26.1	A3.1.1.7	HH+PHM5.1	D76.1.5.1	
									HH+PHM7.1	D76.1.5.1	
pH-Wert (KCl)											
pH	T3.1	A1.2.1	SBP2.1	A1.3.2	x		pHKCl6.1	A3.1.1.4	HH+PHM5.1	D76.1.5.1	
Trockenrohhdichte des Feinbodens											
TRDF	T5.1	x	x	x	x		TRDF2.1	A2.8	x	x	
Skelettanteil											
SKA	T5.1	x	x	x	x		TRDF2.1	A2.8	x	x	

Tabelle 37c: Angewandte Methoden bei der BZE I in Sachsen-Anhalt, Probenart Humus

Parameter	Probenvorbereitungsmethoden				Untersuchungsmethoden		Elementbestimmungsmethoden		
	Trocknen Methode	HFA	Sieben Methode	HFA	Mahlen Methode	HFA	Methode	HFA	Methode
Austauschbare Kationen									
Al	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ca	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fe	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mg	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mn	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Na	x	x	x	x	x	x	x	x	x
pH	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Säureextrakt Salpetersäure									
Cd	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	DA	A3.3.4	AAS-G			
Cu	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	DA	A3.3.4	AAS-G			
Pb	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	DA	A3.3.4	AAS-G			
Zn	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	DA	A3.3.4	AAS			
Säureextrakt Königswasser									
Al	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	AlAgcesICP19.1	D1.1.6.2	
Ca	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	CaCagesICP19.1	D11.1.6.3	
Cd	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	CdCdgesAAS8.1	D9.1.6.3	
Co	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	CoCogesICP19.1	D15.1.6.6	
Cr	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	CrCragesICP19.1	D14.1.6.5	
Cu	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	CuCuagesICP19.1	D32.1.6.6	
Fe	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	FeFegesICP19.1	D17.1.6.2	
K	A1.2.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	KKgesICP19.1	D30.1.6.4	

(Fortsetzung Tabelle 37c)

Parameter	Probenvorbereitungsmethoden				Untersuchungsmethoden			Elementbestimmungsmethoden		
	Trocknen Methode	HFA	Sieben Methode	HFA	Mahlen Methode	HFA	Methode	HFA	Methode	
Mg	A1.2.1	A1.2.1	A1.3.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	MgMggesICP19.1	D36.1.6.2
Mn	A1.2.1	A1.2.1	A1.3.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	MnMngesICP19.1	D37.1.6.3
Na	A1.2.1	A1.2.1	A1.3.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	NaNagesICP19.1	D39.1.6.4
Ni	A1.2.1	A1.2.1	A1.3.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	NiNiggesICP16.2	D42.1.6.6
P	A1.2.1	A1.2.1	A1.3.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	PPgesICP16.2	D44.1.6.1
Pb	A1.2.1	A1.2.1	A1.3.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	PbPbggesICP19.1	D6.1.6.6
S	A1.2.1	A1.2.1	A1.3.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	SSgesICP19.1	D54.1.6.1
Zn	A1.2.1	A1.2.1	A1.3.1	A1.3.1	MBP1.1	A1.4.1	OAKW1.1	A3.3.3	ZnZngesICP19.1	D73.1.6.4

Gesamtgehalte

Al	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	G/A	AAS
Ca	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	G/A	AAS
Fe	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	G/A	AAS
K	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	G/A	AAS
Mg	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	G/A	AAS
Mn	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	G/A	AAS
Na	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	G/A	AAS
P	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	G/A	AAS

Elementaranalyse

C	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	nasse Oxidation	x
N	A1.2.1	A1.3.1	A1.4.1	Kjeldahl	x

Carbonat-Gehalt

C-CO3	x	x	x	x	x	x	x
-------	---	---	---	---	---	---	---

(Fortsetzung Tabelle 37c)

pH-Wert (H2O)									
pH		A1.2.1	A1.3.1	x	x	pH	A3.1.1.1		D76.1.4.1
pH-Wert (CaCl2)									
pH	x	x	x	x	x	x	x	x	x
pH-Wert (KCl)									
pH		A1.2.1	A1.3.1	x	x	pH	A3.1.1.3		D76.1.5.1
Humusvorrat									
X		A1.2.1	x	x	x	HV1.1	A2.4	x	x

Tabelle 37d: Angewandte Methoden bei der BZE II in Sachsen-Anhalt, Probenart Humus

Parameter	Probenvorbereitungsmethoden		Untersuchungsmethoden		Elementbestimmungsmethoden		
	Trocknen Methode	Sieben Methode	Mahlen Methode	Methode	Methode	Methode	
Austauschbare Kationen							
Al	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	x	AKH3.1	AlAlgesICP10.1	D1.1.5.2
Ca	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	x	AKH3.1	CaCagesICP10.1	D1.1.5.2
Fe	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	x	AKH3.1	FeFegesICP10.1	D17.1.5.3
K	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	x	AKH3.1	KKgesICP10.1	D30.1.5.4
Mg	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	x	AKH3.1	MgMggesICP10.1	D36.1.5.2
Mn	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	x	AKH3.1	MnMngesICP10.1	D37.1.5.3
Na	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	x	AKH3.1	NaNagesICP10.1	D39.1.5.4
pH	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	x	AKH3.1	HH+2PHM4.1	D76.1.5.1
Säureextrakt Königswasser							
Al	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	MBP1.1	OAKW1.1	AlAlgesICP16.1	D1.1.6.2
Ca	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	MBP1.1	OAKW1.1	CaCagesICP16.1	D11.1.6.3
Cd	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	MBP1.1	OAKW1.1	CdCdgesAAS8.1	D9.1.6.3
Co	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	MBP1.1	OAKW1.1	CoCogesICP16.1	D15.1.6.6
Cr	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	MBP1.1	OAKW1.1	CrCragesICP16.1	D14.1.6.5
Cu	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	MBP1.1	OAKW1.1	CuCuagesICP16.1	D32.1.6.6
Fe	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	MBP1.1	OAKW1.1	FeFegesICP16.1	D17.1.6.2
K	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	MBP1.1	OAKW1.1	KKgesICP16.1	D30.1.6.4
Mg	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	MBP1.1	OAKW1.1	MgMggesICP16.1	D36.1.6.2
Mn	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	MBP1.1	OAKW1.1	MnMngesICP16.1	D37.1.6.3
Na	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	MBP1.1	OAKW1.1	NaNagesICP16.1	D39.1.6.4
Ni	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	MBP1.1	OAKW1.1	NiNiagesICP16.1	D42.1.6.6
P	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	MBP1.1	OAKW1.1	PPagesICP16.1	D44.1.6.1
Pb	A1.2.1	SHBZE1.1	A1.3.2	MBP1.1	OAKW1.1	PbPbagesICP16.1	D6.1.6.6

(Fortsetzung Tabelle 37d)

Parameter	Probenvorbereitungsmethoden				Untersuchungsmethoden				Elementbestimmungsmethoden
	Trocknen Methode	Sieben Methode	Mahlen Methode	HFA	HFA	Methode	HFA	Methode	
S	T4.1 A1.2.1	SHBZE1.1 A1.3.2	MBP1.1 A1.4.1	HFA A1.4.1	HFA A1.4.1	OAKW1.1 A3.3.3	HFA A3.3.3	Methode SSgesICP16.1	HFA D54.1.6.1
Zn	T4.1 A1.2.1	SHBZE1.1 A1.3.2	MBP1.1 A1.4.1	HFA A1.4.1	HFA A1.4.1	OAKW1.1 A3.3.3	HFA A3.3.3	ZnZngesICP16.1	D73.1.6.4
Elementaranalyse									
C	T4.1 A1.2.1	SHBZE1.1 A1.3.2	MBP1.1 A1.4.1	HFA A1.4.1	HFA A1.4.1	ATNULL A1.4.1	x	CCgesCNS5.1	D31.1.2.1
N	T4.1 A1.2.1	SHBZE1.1 A1.3.2	MBP1.1 A1.4.1	HFA A1.4.1	HFA A1.4.1	ATNULL A1.4.1	x	NNgesCNS5.1	D58.1.2.1
Carbonat-Gehalt									
CO ₃ -C	T4.1 A1.2.1	SHBZE1.1 A1.3.2	MBP1.1 A1.4.1	HFA A1.4.1	HFA A1.4.1	ATNULL A1.4.1	x	CCO3C1.1	D31.3.2.3
pH-Wert (H₂O)									
pH	T4.1 A1.2.1	SHBZE1.1 A1.3.2	x	x	x	pHH2O6.1	A3.1.1.2	HH+PHM5.1	D76.1.5.1
pH-Wert (CaCl₂)									
pH	T4.1 A1.2.1	SHBZE1.1 A1.3.2	x	x	x	pHCaCl26.1	A3.1.1.7	HH+PHM5.1	D76.1.5.1
pH-Wert (KCl)									
pH	T4.1 A1.2.1	SHBZE1.1 A1.3.2	x	x	x	pHKCl6.1	A3.1.1.4	HH+PHM5.1	D76.1.5.1
Humusvorrat									
X	T4.1 A1.2.1	x	x	x	x	HV4.1	A2.6	x	x

Tabelle 37e: Angewandte Methoden bei der BZE I in Sachsen-Anhalt, Probenart Pflanze

Parameter	Probenvorbereitungsmethoden			Untersuchungsmethoden			Elementbestimmungsmethoden			
	Trocknen Methode	Sieben Methode	Mahlen Methode	HFA	HFA	HFA	Methode	HFA	Methode	HFA
Säureextrakt Salpetersäure										
Al	B1.2.1	x		B1.3.1	DA		x		x	
Ca	B1.2.1	x		B1.3.1	DA		B3.2.1	AAS		
Cd	B1.2.1	x		B1.3.1	DA		B3.2.1	AAS-G		
Co	x	x		x	x		x	x		x
Cr	x	x		x	x		x	x		x
Cu	B1.2.1	x		B1.3.1	DA		B3.2.1	AAS-G		
Fe	B1.2.1	x		B1.3.1	DA		B3.2.1	AAS		
K	B1.2.1	x		B1.3.1	DA		B3.2.1	AAS		
Mg	B1.2.1	x		B1.3.1	DA		B3.2.1	AAS		
Mn	B1.2.1	x		B1.3.1	DA		B3.2.1	AAS		
Na	x	x		x	x		x	x		x
Ni	x	x		x	x		x	x		x
P	B1.2.1	x		B1.3.1	DA		x	x		x
Pb	B1.2.1	x		B1.3.1	DA		B3.2.1	AAS-G		
S	x	x		x	x		x	x		x
Zn	B1.2.1	x		B1.3.1	DA		B3.2.1	AAS		
Säureextrakt Salpetersäure + Perchlorsäure										
P					DA-PCI			Spektrophotometrisch		
S					DA-PCI			Gravimetrisch		
Elementaranalyse										
C	B1.2.1	x		B1.3.1	nasse Oxidation		x			
N	B1.2.1	x		B1.3.1	Kjeldahl		x			

(Fortsetzung Tabelle 37e)

Blattgewichte												
BGW	x		x		x		x		x		x	x
Nadelgewichte												
NGW	x		x		x		x		x		x	x

Tabelle 37f: Angewandte Methoden bei der BZE II in Sachsen-Anhalt, Probenart Pflanze

Parameter	Probenvorbereitungsmethoden			Untersuchungsmethoden			Elementbestimmungsmethoden			
	Trocknen Methode	HFA	Sieben Methode	HFA	Mahlen Methode	HFA	Methode	HFA	Methode	HFA
Säureextrakt Salpetersäure										
Al	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	AlAgessICP15.1	D1.1.6.2
Ca	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	CaCagesICP15.1	D11.1.6.3
Cd	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	CdCagesICP15.1	D9.1.6.4
Co	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	CoCogessICP15.1	D15.1.6.6
Cr	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	CrCagesICP15.1	D14.1.6.5
Cu	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	CuCuAgessICP15.1	D32.1.6.6
Fe	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	FeFeAgessICP15.1	D17.1.6.2
K	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	KKAgessICP15.1	D30.1.6.4
Mg	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	MgMgAgessICP15.1	D36.1.6.2
Mn	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	MnMnAgessICP15.1	D37.1.6.4
Na	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	NaNAgessICP15.1	D39.1.6.4
Ni	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	NiNiAgessICP15.1	D42.1.6.6
P	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	PPAgessICP15.1	D44.1.6.1
Pb	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	PbPbAgessICP15.1	D6.1.6.6
S	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	SSAgessICP15.1	D54.1.6.1
Zn	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	DAN2.2	B3.2.1	ZnZnAgessICP15.1	D73.1.6.4
Elementaranalyse										
cC	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	ATNULL	x	CCAgessCNS5.1	D31.1.3.1
N	T4.1	B1.2.1	x	B1.3.1	MP3.2	B1.3.1	ATNULL	x	NNAgessCNS5.1	D58.1.3.1
Blattgewichte										
BGW	T4.1	B1.2.1	x	x	x	x	BGW1.1	B2.3	x	x
Nadelgewichte										
NGW	T4.1	B1.2.1	x	x	x	x	NWG1.2	B2.2	x	x

Tabelle 38a: Angewandte Methoden bei der BZE I in Sachsen-Anhalt: HFA-Methodencode, Probenart Boden

Parameter	Probenvorbereitung	Untersuchung	Messung
Effektiv austauschbare Kationen			
Al	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Ca	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Fe	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
K	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Mg	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Mn	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Na	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
pH	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;11;-9;-9;-9;-9;-9;
Potentiell austauschbare Kationen			
Ca	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;12;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;1;
K	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;12;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Mg	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;12;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;2;
Na	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;12;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;1;
Ba-Rücktausch	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;12;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;6;
Wässriger Extrakt			
Al	x	x	x
Ca	x	x	x
Cl	x	x	x
Cges	x	x	x
Canorg	x	x	x
Fe	x	x	x
K	x	x	x
Leitfähigkeit	x	x	x
Mg	x	x	x
Mn	x	x	x
Na	x	x	x
Nges	x	x	x
NH4-N	x	x	x
NO3-N	x	x	x
Pges	x	x	x
pH	x	x	x
Säureextrakt Salpetersäure			
Cd	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;14;2;2;	D;2;-9;-9;-9;-9;-9;
Cu	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;14;2;2;	D;2;-9;-9;-9;-9;-9;
Pb	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;14;2;2;	D;2;-9;-9;-9;-9;-9;
Zn	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;14;2;2;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;

(Fortsetzung Tabelle 38a)

Säureextrakt Königswasser

Al	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Ca	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;5;
Cd	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;2;2;
Co	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;1;0;
Cr	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Cu	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Fe	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;1;
K	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Mg	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;2;
Mn	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;3;
Na	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Ni	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
P	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;1
Pb	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;1;0;
S	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Zn	B1;-9;2;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;2;

Gesamtgehalte

Al	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Ca	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Cd	x	x	x
Co	x	x	x
Cr	x	x	x
Cu	x	x	x
Fe	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
K	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;

(Fortsetzung Tabelle 38a)

Gesamtgehalte			
Mg	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Mn	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Na	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Ni	x	x	x
P	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;9;-9;-9;-9;-9;-9;
Pb	x	x	x
S	x	x	x
Zn	x	x	x
Elementaranalyse			
C	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;-9;-9;-9;-9;	D;-9;-9;-9;-9;-9;-9;
N	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;10;4;-9;	D;-9;-9;-9;-9;-9;-9;
Carbonat-Gehalt			
C-CO3	x	x	x
pH-Wert (H2O)			
pH	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;1;-3;-3;-3;	D;11;-9;-9;-9;-9;-9;
pH-Wert (CaCl2)			
pH	x	x	x
pH-Wert (KCl)			
pH	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;3;-3;-3;-3;	D;11;-9;-9;-9;-9;-9;
Trockenrohichte des Feinbodens			
TRDF	B1;1;4;-3;-3;-3;-3;-3;-3;-3;	C3;118;0-1;1-5;-3	x
Skelettanteil			
SKA	B1;1;4;-3;-3;-3;-3;-3;-3;-3;	C3;118;0-1;1-5;-3	x

Tabelle 38b: *Angewandte Methoden bei der BZE II in Sachsen-Anhalt: HFA-Methodencode, Probenart Boden*

Parameter	Probenvorbereitung	Untersuchung	Messung
Effektiv austauschbare Kationen			
Al	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Ca	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;4;1;2;2;-1;1;
Fe	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;4;1;2;2;-1;1;
K	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Mg	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;2;
Mn	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;4;1;2;2;-1;1;
Na	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
pH	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;11;-3;-3;-3;	D;11;0;0;2;2;-3;
Potentiell austauschbare Kationen			
Ca	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;12;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;1;
K	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;12;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Mg	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;12;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;2;
Na	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;12;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;1;
Ba-Rücktausch	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;12;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;6;
Wässriger Extrakt			
Al	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;1;
Ca	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;1;
Cl	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;22;4;1;4;-1;1;
Cges	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;8;2;1;4;7;-1;
			D;8;2;1;4;7;-1;
Canorg	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;8;2;1;3;-1;-1;
			D;8;2;1;3;-1;-1;
Fe	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;1;
K	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Leitfähigkeit	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;12;1;3;2;-3;-3;
Mg	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;2;
Mn	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;3;
Na	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Nges	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;8;2;3;4;7;-1;
			D;8;2;3;4;7;-1;
NH4-N	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;9;2;1;1;-1;1;
NO3-N	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;9;2;1;1;-1;0;
Pges	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;1;
pH	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;30;-3;-3;-3;	D;11;0;0;2;2;-3;
Säureextrakt Königswasser			
Al	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Al	B1;2;2;-3;-3;6;2;4;2;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;1;-1;-1;0;
Ca	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;5;
Ca	B1;2;2;-3;-3;6;2;4;2;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;1;-1;-1;5;

(Fortsetzung Tabelle 38b)

Säureextrakt Königswasser			
Cd	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;2;1;4;2;7;0;
Cd	B1;2;2;-3;-3;6;2;4;2;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;5;1;1;-1;-1;0
Co	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;1;0;
Cr	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Cr	B1;2;2;-3;-3;6;2;4;2;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;5;1;1;-1;-1;0
Cu	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Cu	B1;2;2;-3;-3;6;2;4;2;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;5;1;1;-1;-1;8
Fe	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;1;
Fe	B1;2;2;-3;-3;6;2;4;2;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;1;-1;-1;9
K	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
K	B1;2;2;-3;-3;6;2;4;2;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;1;-1;-1;0
Mg	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;2;
Mg	B1;2;2;-3;-3;6;2;4;2;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;1;-1;-1;2
Mn	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;3;
Mn	B1;2;2;-3;-3;6;2;4;2;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;1;-1;-1;0
Na	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Na	B1;2;2;-3;-3;6;2;4;2;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;1;-1;-1;0
Ni	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Ni	B1;2;2;-3;-3;6;2;4;2;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;5;1;1;-1;-1;0
P	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;1;
P	B1;2;2;-3;-3;6;2;4;2;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;1;-1;-1;1
Pb	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;1;0;
Pb	B1;2;2;-3;-3;6;2;4;2;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;5;1;1;-1;-1;2
S	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
S	B1;2;2;-3;-3;6;2;4;2;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;1;-1;-1;0
Zn	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;4;1;
Zn	B1;2;2;-3;-3;6;2;4;2;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;5;1;1;-1;-1;0
Gesamtgehalte			
Al	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Ca	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;5;
Cd	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;2;1;4;2;7;0;
Co	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;1;0;
Cr	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Cu	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Fe	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;1;
K	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Mg	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;2;
Mn	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;3;
Na	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Ni	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;

(Fortsetzung Tabelle 38b)

Gesamtgehalte			
P	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;1;
Pb	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;1;0;
S	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Zn	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;50;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;4;1;
Elementaranalyse			
C	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1	D;8;1;2;4;-2;-1;
N	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1	D;8;1;2;5;-2;-1;
Carbonat-Gehalt			
C-CO ₃	B1;2;2;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1	D;8;1;1;1;-1;-1;
pH-Wert (H₂O)			
pH	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;2;-3;-3;-3;	D;11;0;0;2;2;-3;
			D;11;0;0;2;2;-3;
pH-Wert (CaCl₂)			
pH	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;70;-3;-3;-3;	D;11;0;0;2;2;-3;
			D;11;0;0;2;2;-3;
pH-Wert (KCl)			
pH	B1;2;2;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;4;-3;-3;-3;	D;11;0;0;2;2;-3;
Trockenrohichte des Feinbodens			
TRDF	B1;1;4;-3;-3;-3;-3;-3;-3;-3;	C3;118;0-1;1-5;-3	x
Skelettanteil			
SKA	B1;1;4;-3;-3;-3;-3;-3;-3;-3;	C3;118;0-1;1-5;-3	x

Tabelle 38c: Angewandte Methoden bei der BZE I in Sachsen-Anhalt: HFA-Methodencode, Probenart Humus

Parameter	Probenvorbereitung	Untersuchung	Messung
Austauschbare Kationen			
Al	x	x	x
Ca	x	x	x
Fe	x	x	x
K	x	x	x
Mg	x	x	x
Mn	x	x	x
Na	x	x	x
pH	x	x	x
Säureextrakt Salpetersäure			
Cd	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;53;-3;-3;-3;	D;2;-9;-9;-9;-9;-9;
Cu	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;53;-3;-3;-3;	D;2;-9;-9;-9;-9;-9;
Pb	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;53;-3;-3;-3;	D;2;-9;-9;-9;-9;-9;
Zn	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;53;-3;-3;-3;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Säureextrakt Königswasser			
Al	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Ca	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Cd	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;2;1;4;2;7;0;
Co	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;1;0;
Cr	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Cu	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Fe	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;1;
K	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Mg	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Mn	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;9;
Na	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Ni	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
P	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;1;
Pb	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
S	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Zn	B1;-9;3;-3;-3;-9;-9;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;4;1;
Gesamtgehalte			
Al	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Ca	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Fe	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
K	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Mg	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;

(Fortsetzung Tabelle 38c)

Gesamtgehalte			
Mn	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Na	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
P	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;26;-9;-9;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Elementaranalyse			
C	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;-9;-9;-9;-9;	D;-9;-9;-9;-9;-9;-9;
N	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;10;4;-9;	D;-9;-9;-9;-9;-9;-9;
Carbonat-Gehalt			
C-CO ₃	x	x	x
pH-Wert (H₂O)			
pH	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;1;-3;-3;-3;	D;11;-9;-9;-9;-9;-9;
pH-Wert (CaCl₂)			
pH	x	x	x
pH-Wert (KCl)			
pH	B1;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;3;-3;-3;-3;	D;11;-9;-9;-9;-9;-9;
Humusvorrat			
x	B1;1;3;-3;-3;-3;-3;-3;-3;-3;	C3;114;-3;-3;-3	x

Tabelle 38d: Angewandte Methoden bei der BZE II in Sachsen-Anhalt: HFA-Methodencode, Probenart Humus

Parameter	Probenvorbereitung	Untersuchung	Messung
Austauschbare Kationen			
Al	B1;2;3;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;19;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Ca	B1;2;3;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;19;-3;-3;-3;	D;4;1;2;2;-1;1;
Fe	B1;2;3;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;19;-3;-3;-3;	D;4;1;2;2;-1;1;
K	B1;2;3;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;19;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Mg	B1;2;3;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;19;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;2;
Mn	B1;2;3;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;19;-3;-3;-3;	D;4;1;2;2;-1;1;
Na	B1;2;3;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;19;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
pH	B1;2;3;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;19;-3;-3;-3;	D;11;0;0;2;2;-3;
Säureextrakt Königswasser			
Al	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Ca	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;5;
Cd	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;2;1;4;2;7;0;
Co	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;1;0;
Cr	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Cu	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Fe	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;1;
K	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Mg	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;2;
Mn	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;3;
Na	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Ni	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
P	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;1;
Pb	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
S	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Zn	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;52;-3;-3;-3;	D;4;2;2;-1;4;1;
Elementaranalyse			
C	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1	D;8;1;2;4;-2;-1;
N	B1;2;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1	D;8;1;2;5;-2;-1;
Carbonat-Gehalt			
CO3-C	B1;1;3;-3;-3;6;2;3;3;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1	D;8;1;1;1;-1;-1;
pH-Wert (H2O)			
pH	B1;2;3;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;2;-3;-3;-3;	D;11;0;0;2;2;-3;
pH-Wert (CaCl2)			
pH	B1;2;3;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;7;-3;-3;-3;	D;11;0;0;2;2;-3;
pH-Wert (KCl)			
pH	B1;2;3;-3;-3;6;2;-3;-3;-3;-3;	C1;4;-3;-3;-3;	D;11;0;0;2;2;-3;
Humusvorrat			
X	B1;2;3;-3;-3;-3;-3;-3;-3;-3;	C3;116;-3;-3;-3	x

Tabelle 38e: *Angewandte Methoden bei der BZE I in Sachsen-Anhalt: HFA-Methodencode, Probenart Pflanze*

Parameter	Probenvorbereitung	Untersuchung	Messung
Säureextrakt Salpetersäure			
Al	B2;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	x	x
Ca	B2;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;14;2;2;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Cd	B2;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;14;2;2;	D;2;-9;-9;-9;-9;-9;
Co	x	x	x
Cr	x	x	x
Cu	B2;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;14;2;2;	D;2;-9;-9;-9;-9;-9;
Fe	B2;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;14;2;2;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
K	B2;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;14;2;2;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Mg	B2;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;14;2;2;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Mn	B2;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;14;2;2;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Na	x	x	x
Ni	x	x	x
P	B2;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	x	x
Pb	B2;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;14;2;2;	D;2;-9;-9;-9;-9;-9;
S	x	x	x
Zn	B2;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;14;2;2;	D;1;-9;-9;-9;-9;-9;
Säureextrakt Salpetersäure + Perchlorsäure			
P	B2;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;12;2;2;	D;9;-9;-9;-9;-9;-9;
S	B2;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;12;2;2;	D;19;-9;-9;-9;-9;-9;
Elementaranalyse			
C	B2;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;-9;-9;-9;-9;	D;-9;-9;-9;-9;-9;-9;
N	B2;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-9;-3;-3;	C1;304;10;4;-9;	D;-9;-9;-9;-9;-9;-9;
Blattgewichte			
BGW	x	x	x
Nadelgewichte			
NGW	x	x	x

Tabelle 38f: Angewandte Methoden bei der BZE II in Sachsen-Anhalt: HFA-Methodencode, Probenart Pflanze

Parameter	Probenvorbereitung	Untersuchung	Messung
Säureextrakt Salpetersäure			
Al	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;2;2;-1;2;2;
Ca	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;1;2;-1;-1;5;
Cd	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;2;2;-1;1;0;
Co	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;2;2;-1;1;0;
Cr	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Cu	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Fe	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;2;2;-1;-1;1;
K	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Mg	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;1;2;-1;-1;2;
Mn	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;1;2;-1;-1;9;
Na	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;1;2;-1;-1;0;
Ni	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;2;2;-1;-1;0;
P	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;2;2;-1;-1;1;
Pb	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;2;2;-1;1;0;
S	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;2;2;-1;-1;0;
Zn	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	C1;-1;-1;-1;-1;	D;4;2;2;-1;4;1;
Elementaranalyse			
C	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	x	D;8;1;2;4;-2;-1;
N	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;5;6;-3;-3;	x	D;8;1;2;5;-2;-1;
Blattgewichte			
BGW	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;-3;-3;-3;-3;	C4;213;1;1;-3;	x
Nadelgewichte			
NGW	B2;2;3;-3;-3;-3;-3;-3;-3;-3;-3;	C4;212;1;2;-3;	x

Über die Vergleichbarkeit der bei der BZE I und BZE II angewandten Methoden gibt Tabelle 39 Auskunft.

Tabelle 39: Vergleichbarkeit der in den drei Bundesländern angewandten Probenvorbereitungs- und Untersuchungsmethoden (Boden, Humus, Pflanze) (x = nicht durchgeführt)

Boden: Vergleichbarkeit der Probenvorbereitungs- und Untersuchungsmethoden				
	Vergleichbarkeit BZE I/BZE II Niedersachsen	Vergleichbarkeit BZE I/BZE II Hessen	Vergleichbarkeit BZE I/BZE II Sachsen-Anhalt	Vergleichbarkeit zwischen allen drei Ländern
<i>Probenvorbereitung</i>				
Trocknung	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar
Siebung	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar
Mahlung	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar
<i>Untersuchungsmethode</i>				
Eff. Austauschkapazität	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar
Pot. Austauschkapazität	vergleichbar	vergleichbar; an den Proben der BZE I wurde nachträglich die pot. Austauschkapazität durchgeführt	vergleichbar	vergleichbar
Wässriger 1:2 Extrakt	vergleichbar	vergleichbar	liegt nur von der BZE II vor	vergleichbar
Gesamtaufschluss (Ca, Mg, Mn, Na, K, Al, Fe, P)	x	x	liegt nur von BZE I vor; vergleichbar mit Königswasser-aufschluss für Ca, Fe, Mn, P	x
Druckaufschluss Salpetersäure (P)	liegt nur von BZE I vor; vergleichbar mit Königswasser-aufschluss für P	x	x	x
Druckaufschluss Salpetersäure (Cd, Cu, Pb, Zn)	x	x	liegt nur für BZE I vor; vergleichbar mit Königswasser-aufschluss für Zn, Cu, Pb	x

(Fortsetzung Tabelle 39)

Königswasseraufschluss	vergleichbar; an den Proben der BZE I wurde nachträglich der Königswasseraufschluss durchgeführt	vergleichbar; an den Proben der BZE I wurde nachträglich der Königswasseraufschluss durchgeführt	vergleichbar; an den Proben der BZE I wurde nachträglich der Königswasseraufschluss durchgeführt	vergleichbar; an den Proben der BZE I wurde nachträglich der Königswasseraufschluss durchgeführt
Königswasseraufschluss (P)	x	vergleichbar	x	x
Elementaranalyse	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar
pH-Werte	nicht vergleichbar; es erfolgte eine Umrechnung auf Basis von Methodenvergleichen (HFA, Methode A3.1.1.1, Anhang 1; Methode A3.1.1.3, Anhang 1; Methode A.3.1.1.5, Anhang 1); danach vergleichbar	nicht vergleichbar; es erfolgte eine Umrechnung auf Basis von Methodenvergleichen (HFA, Methode A3.1.1.1, Anhang 1; Methode A3.1.1.3, Anhang 1; Methode A.3.1.1.5, Anhang 1); danach vergleichbar	nicht vergleichbar; es erfolgte eine Umrechnung auf Basis von Methodenvergleichen (HFA, Methode A3.1.1.1, Anhang 1; Methode A3.1.1.3, Anhang 1; Methode A.3.1.1.5, Anhang 1); danach vergleichbar	nicht vergleichbar; es erfolgte eine Umrechnung auf Basis von Methodenvergleichen (HFA, Methode A3.1.1.1, Anhang 1; Methode A3.1.1.3, Anhang 1; Methode A.3.1.1.5, Anhang 1); danach vergleichbar
Trockenroh-dichte des Feinbodens	im Wesentlichen vergleichbar; allerdings wurde bei der BZE I mit einer Standard-Steindichte von 2,65 gerechnet, während bei der BZE II die jeweilige Steindichte bestimmt wurde	liegt nur von der BZE II vor; für BZE I verwendet	liegt nur von der BZE II vor; für BZE I verwendet	im Wesentlichen vergleichbar
Skelettanteil	nur Schätzungen bei der BZE I; liegt von der BZE II vor; für Punkte, die nur bei der BZE I beprobt wurden, wurden die Schätzungen der BZE I verwendet; für alle übrigen Punkte wurden die Messdaten der BZE II verwendet	nur Schätzungen bei der BZE I; liegt von der BZE II vor; für BZE I verwendet	nur Schätzungen bei der BZE I; liegt von der BZE II vor; für BZE I verwendet	Messdaten der BZE II wurden für BZE I und II verwendet; Ausnahme: Punkte der BZE I in Niedersachsen, die nur bei der BZE I beprobt wurden

(Fortsetzung Tabelle 39)

<i>Elementbestimmungen</i>				
Einzelelementbestimmungen	vergleichbar; im Rahmen der Streuung von ca. 10 % sind die Elementbestimmungen an den verschiedenen Geräten auch bei Geräte- und Methodenwechsel vergleichbar; für einzelne Elemente kann es bei Einzelproben auf Grund unterschiedlicher Matrixeinflüsse und deren unterschiedlicher oder nicht erfolgter Korrektur zu Abweichungen kommen. Zur Klärung in Einzelfällen kann der Methodencode herangezogen werden	vergleichbar; im Rahmen der Streuung von ca. 10 % sind die Elementbestimmungen an den verschiedenen Geräten auch bei Geräte- und Methodenwechsel vergleichbar; für einzelne Elemente kann es bei Einzelproben auf Grund unterschiedlicher Matrixeinflüsse und deren unterschiedlicher oder nicht erfolgter Korrektur zu Abweichungen kommen. Zur Klärung in Einzelfällen kann der Methodencode herangezogen werden	vergleichbar; im Rahmen der Streuung von ca. 10 % sind die Elementbestimmungen an den verschiedenen Geräten auch bei Geräte- und Methodenwechsel vergleichbar; für einzelne Elemente kann es bei Einzelproben auf Grund unterschiedlicher Matrixeinflüsse und deren unterschiedlicher oder nicht erfolgter Korrektur zu Abweichungen kommen. Zur Klärung in Einzelfällen kann der Methodencode herangezogen werden	vergleichbar; im Rahmen der Streuung von ca. 10 % sind die Elementbestimmungen an den verschiedenen Geräten auch bei Geräte- und Methodenwechsel vergleichbar; für einzelne Elemente kann es bei Einzelproben auf Grund unterschiedlicher Matrixeinflüsse und deren unterschiedlicher oder nicht erfolgter Korrektur zu Abweichungen kommen. Zur Klärung in Einzelfällen kann der Methodencode herangezogen werden
Humus: Vergleichbarkeit der Probenvorbereitungs- und Untersuchungsmethoden				
	Vergleichbarkeit BZE I/BZE II Niedersachsen	Vergleichbarkeit BZE I/BZE II Hessen	Vergleichbarkeit BZE I/BZE II Sachsen-Anhalt	Vergleichbarkeit zwischen allen drei Ländern
<i>Probenvorbereitung</i>				
Trocknung	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar
Siebung	nicht vergleichbar; bei der BZE I wurden die getrockneten Humusproben direkt durch ein 2 mm-Sieb gesiebt und der Rückstand verworfen; bei der BZE II wurde die Fraktion 2–20 mm geschreddert und	nicht vergleichbar; bei der BZE I wurden die getrockneten Humusproben direkt durch ein 2 mm-Sieb gesiebt und der Rückstand verworfen; bei der BZE II wurde die Fraktion 2–20 mm geschreddert und	nicht vergleichbar; bei der BZE I wurden die getrockneten Humusproben direkt durch ein 2 mm-Sieb gesiebt und der Rückstand verworfen; bei der BZE II wurde die Fraktion 2–20 mm geschreddert und	vergleichbar jeweils für BZE I und BZE II zwischen den Ländern; Vergleich zwischen BZE I und BZE II siehe Anmerkungen bei den Ländern

(Fortsetzung Tabelle 39)

	vor dem Mahlen mit der Fraktion > 2 mm vereint. Dies führt zu einer „Verdünnung“ der Gehalte an Nährstoffen und Schwermetallen wegen des größeren Holzanteils der Fraktion 2–20 mm. Eine Untersuchung von Fortmann u. König (HFA, Methode A1.2.3, Anhang 1) dazu hat ergeben, dass dadurch die Vorräte der jeweiligen Elemente um bis zu 10 % bezogen auf den Gesamtvorrat der Humusaufgabe bei der BZE I überschätzt werden	vor dem Mahlen mit der Fraktion > 2 mm vereint. Dies führt zu einer „Verdünnung“ der Gehalte an Nährstoffen und Schwermetallen wegen des größeren Holzanteils der Fraktion 2–20 mm. Eine Untersuchung von Fortmann u. König (HFA, Methode A1.2.3, Anhang 1) dazu hat ergeben, dass dadurch die Vorräte der jeweiligen Elemente um bis zu 10 % bezogen auf den Gesamtvorrat der Humusaufgabe bei der BZE I überschätzt werden	vor dem Mahlen mit der Fraktion > 2 mm vereint. Dies führt zu einer „Verdünnung“ der Gehalte an Nährstoffen und Schwermetallen wegen des größeren Holzanteils der Fraktion 2–20 mm. Eine Untersuchung von Fortmann u. König (HFA, Methode A1.2.3, Anhang 1) dazu hat ergeben, dass dadurch die Vorräte der jeweiligen Elemente um bis zu 10 % bezogen auf den Gesamtvorrat der Humusaufgabe bei der BZE I überschätzt werden	
Mahlung	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar
<i>Untersuchungsmethode</i>				
Austauschkapazität Humus	liegt nur von der BZE II vor	liegt nur von der BZE II vor	liegt nur von der BZE II vor	vergleichbar für BZE II zwischen den Ländern
Gesamtaufschluss (Ca, Mg, Mn, Na, K, Al, Fe, P)	x	x	liegt nur von der BZE I vor; vergleichbar mit Königswasseraufschluss für Ca, Mg, Fe, Mn, P	x
Druckaufschluss Salpetersäure	liegt nur von der BZE I vor; prinzipiell vergleichbar mit Königswasseraufschluss für die Elemente Ca, Mn, Fe, P, S, Cu, Co,	x	x	x

(Fortsetzung Tabelle 39)

	Cd, Pb, Zn; allerdings sind die Humusproben der BZE I und II wegen der unterschiedlichen Siebung nicht vergleichbar (siehe Siebung)			
Druckaufschluss Salpetersäure (Cd, Cu, Pb, Zn)	x	x	liegt nur von der BZE I vor; vergleichbar mit Königswasseraufschluss	x
Königswasseraufschluss	prinzipiell vergleichbar; an den Proben der BZE I wurde nachträglich der Königswasseraufschluss durchgeführt; allerdings sind die Humusproben der BZE I und II wegen der unterschiedlichen Siebung nicht vergleichbar (siehe Siebung)	prinzipiell vergleichbar; an den Proben der BZE I wurde nachträglich der Königswasseraufschluss durchgeführt; allerdings sind die Humusproben der BZE I und II wegen der unterschiedlichen Siebung nicht vergleichbar (siehe Siebung)	prinzipiell vergleichbar; an den Proben der BZE I wurde nachträglich der Königswasseraufschluss durchgeführt; allerdings sind die Humusproben der BZE I und II wegen der unterschiedlichen Siebung nicht vergleichbar (siehe Siebung)	prinzipiell zwischen den 3 Ländern vergleichbar; an den Proben der BZE I wurde nachträglich der Königswasseraufschluss durchgeführt; allerdings sind die Humusproben der BZE I und II wegen der unterschiedlichen Siebung nicht vergleichbar (siehe Siebung)
Elementaranalyse	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar	vergleichbar
pH-Werte	nicht vergleichbar; es erfolgte eine Umrechnung auf Basis von Methodenvergleichen (HFA, Methode A3.1.1.1, Anhang 1; Methode A3.1.1.3, Anhang 1; Methode A.3.1.1.5, Anhang 1); danach vergleichbar	nicht vergleichbar; es erfolgte eine Umrechnung auf Basis von Methodenvergleichen (HFA, Methode A3.1.1.1, Anhang 1; Methode A3.1.1.3, Anhang 1; Methode A.3.1.1.5, Anhang 1); danach vergleichbar	nicht vergleichbar; es erfolgte eine Umrechnung auf Basis von Methodenvergleichen (HFA, Methode A3.1.1.1, Anhang 1; Methode A3.1.1.3, Anhang 1; Methode A.3.1.1.5, Anhang 1); danach vergleichbar	nicht vergleichbar; es erfolgte eine Umrechnung auf Basis von Methodenvergleichen (HFA, Methode A3.1.1.1, Anhang 1; Methode A3.1.1.3, Anhang 1; Methode A.3.1.1.5, Anhang 1); danach vergleichbar

(Fortsetzung Tabelle 39)

Humusvorrat	vergleichbar, wenn die Summe aus Feinhumusvorrat und organischer Restfraktion aus der BZE II mit dem Humusvorrat der BZE I verglichen wird	vergleichbar, wenn die Summe aus Feinhumusvorrat und organischer Restfraktion aus der BZE II mit dem Humusvorrat der BZE I verglichen wird	vergleichbar, wenn die Summe aus Feinhumusvorrat und organischer Restfraktion aus der BZE II mit dem Humusvorrat der BZE I verglichen wird	vergleichbar, wenn die Summe aus Feinhumusvorrat und organischer Restfraktion aus der BZE II mit dem Humusvorrat der BZE I verglichen wird
<i>Elementbestimmungen</i>				
Einzelelementbestimmungen	vergleichbar; im Rahmen der Streuung von ca. 10 % sind die Elementbestimmungen an den verschiedenen Geräten auch bei Geräte- und Methodenwechsel vergleichbar; für einzelne Elemente kann es bei Einzelproben auf Grund unterschiedlicher Matrixeinflüsse und deren unterschiedlicher oder nicht erfolgter Korrektur zu Abweichungen kommen. Zur Klärung in Einzelfällen kann der Methodencode herangezogen werden	vergleichbar; im Rahmen der Streuung von ca. 10 % sind die Elementbestimmungen an den verschiedenen Geräten auch bei Geräte- und Methodenwechsel vergleichbar; für einzelne Elemente kann es bei Einzelproben auf Grund unterschiedlicher Matrixeinflüsse und deren unterschiedlicher oder nicht erfolgter Korrektur zu Abweichungen kommen. Zur Klärung in Einzelfällen kann der Methodencode herangezogen werden	vergleichbar; im Rahmen der Streuung von ca. 10 % sind die Elementbestimmungen an den verschiedenen Geräten auch bei Geräte- und Methodenwechsel vergleichbar; für einzelne Elemente kann es bei Einzelproben auf Grund unterschiedlicher Matrixeinflüsse und deren unterschiedlicher oder nicht erfolgter Korrektur zu Abweichungen kommen. Zur Klärung in Einzelfällen kann der Methodencode herangezogen werden	vergleichbar; im Rahmen der Streuung von ca. 10 % sind die Elementbestimmungen an den verschiedenen Geräten auch bei Geräte- und Methodenwechsel vergleichbar; für einzelne Elemente kann es bei Einzelproben auf Grund unterschiedlicher Matrixeinflüsse und deren unterschiedlicher oder nicht erfolgter Korrektur zu Abweichungen kommen. Zur Klärung in Einzelfällen kann der Methodencode herangezogen werden

(Fortsetzung Tabelle 39)

Pflanze: Vergleichbarkeit der Probenvorbereitungs- und Untersuchungsmethoden				
	Vergleichbarkeit BZE I/BZE II Niedersachsen	Vergleichbarkeit BZE I/BZE II Hessen	Vergleichbarkeit BZE I/BZE II Sachsen-Anhalt	Vergleichbarkeit zwischen allen drei Ländern
<i>Probenvor- bereitung</i>				
Trocknung	vergleichbar	liegt nur von der BZE II vor	vermutlich ver- gleichbar	soweit vorhanden vergleichbar
Siebung	vergleichbar	liegt nur von der BZE II vor	vermutlich ver- gleichbar	soweit vorhanden vergleichbar
Mahlung	vergleichbar	liegt nur von der BZE II vor	vermutlich ver- gleichbar	soweit vorhanden vergleichbar

(Fortsetzung Tabelle 39)

<i>Untersu- chungsmethode</i>				
Druckauf- schluss Salpe- tersäure	vergleichbar	liegt nur von der BZE II vor	vergleichbar	soweit vorhanden vergleichbar
Elementar- analyse	vergleichbar	liegt nur von der BZE II vor	vergleichbar	soweit vorhanden vergleichbar
Nadel-/Blatt- gewichte	vergleichbar	liegt nur von der BZE II vor	liegt nur von der BZE II vor	soweit vorhanden vergleichbar
<i>Elementbe- stimmungen</i>				
Einzelele- mentbestim- mungen	vergleichbar; im Rahmen der Streu- ung von ca. 10 % sind die Element- bestimmungen an den verschiedenen Geräten auch bei Geräte- und Me- thodenwechsel ver- gleichbar; für einzel- ne Elemente kann es bei Einzel- proben auf Grund unterschiedlicher Matrixeinflüsse und deren unter-	liegt nur von der BZE II vor	vergleichbar; im Rahmen der Streu- ung von ca. 10 % sind die Element- bestimmungen an den verschiedenen Geräten auch bei Geräte- und Me- thodenwechsel ver- gleichbar; für einzel- ne Elemente kann es bei Einzel- proben auf Grund unterschiedlicher Matrixeinflüsse und deren unter-	soweit vorhanden vergleichbar; im Rahmen der Streu- ung von ca. 10 % sind die Element- bestimmungen an den verschiedenen Geräten auch bei Geräte- und Me- thodenwechsel ver- gleichbar; für einzel- ne Elemente kann es bei Einzel- proben auf Grund unterschiedlicher Matrixeinflüsse

(Fortsetzung Tabelle 39)

	schiedlicher oder nicht erfolgter Korrektur zu Abweichungen kommen. Zur Klärung in Einzelfällen kann der Methodencode herangezogen werden		schiedlicher oder nicht erfolgter Korrektur zu Abweichungen kommen. Zur Klärung in Einzelfällen kann der Methodencode herangezogen werden	und deren unterschiedlicher oder nicht erfolgter Korrektur zu Abweichungen kommen. Zur Klärung in Einzelfällen kann der Methodencode herangezogen werden
--	---	--	---	--

11.2 Methodendokumentation und Qualitätssicherung in den beteiligten Laboren

Die Dokumentation der verwendeten Methoden und die Qualitätssicherung erfolgen in den Laboren auf unterschiedliche Weise.

11.2.1 *Umweltlabor der Nordwestdeutschen (früher: Niedersächsischen) Forstlichen Versuchsanstalt Göttingen*

Das Labor verfügt über ein Labor-Informations- und Management-System (LIMS) der Firma Analytik Jena (LabBase), dem ein im Hause entwickeltes Datenprüf- und Übertragungsprogramm RELAQS vorgeschaltet ist, das die Messdaten von den Analysegeräten nach verschiedenen Kriterien überprüft und dann an das LIMS überträgt. Beide Programme arbeiten auf einer Oracle-Datenbank.

Mit RELAQS werden Nachweis- und Bestimmungsgrenzen, negative Ergebnisse, Blindwerte, Kontrollstandards zur Eichungskontrolle, Standardmaterialien und doppelte Probennummern geprüft, um sofort durch Nachmessungen auf mögliche Fehler reagieren zu können. Das LIMS dient nicht nur der gesamten Datenspeicherung, sondern organisiert und dokumentiert auch den Durchlauf der Proben durch das Labor. Dabei muss jeder Arbeitsschritt und die jeweils angewandte Methode von der Probenvorbereitung bis zur Messung von den Labormitarbeitern dokumentiert werden. Alle Methoden sind in den Berichten des Forschungszentrums Waldökosysteme veröffentlicht (KÖNIG u. FORTMANN 1996, 1999, 2012, KÖNIG et al. 2009). Das LIMS erzeugt für jeden Messwert automatisch den sogenannten HFA-Code entsprechend der Vorschriften des Handbuchs Forstliche Analytik, eine 20-teilige Zeichenfolge, aus der die gesamte Analysenfolge ablesbar ist. Im LIMS werden weitere methodenübergreifende Qualitätsprüfungen durchgeführt. Neben den Standardmaterial-Prüfungen und der dazugehörigen Führung von Blindwert- und Mittelwert-Kontrollkarten erfolgen diverse Bilanzprüfungen (N-Bilanz, C-Bilanz, Na/Cl-Verhältnis, Ionen- und Leitfähigkeitsbilanz bei Wasserproben), pH-Plausibilitätsprüfungen und eine Kontrolle der Wiederholungsproben. Im Falle der

Nichteinhaltung vorgegebener Kriterien werden automatisch Nachmessungen vom System angestoßen.

Die externe Qualitätssicherung des Labors ist durch die regelmäßige Teilnahme an zahlreichen Ringanalysen sichergestellt, an denen das Labor jedes Jahr teilnimmt. Neben den Boden-, Pflanzen- und Wasser-Ringanalysen im Rahmen des europäischen ICP Forests-Programms beteiligt sich das Labor an den europäischen ISE- und EMEP-Ringanalysenprogrammen für Boden- bzw. Wasser-Ringanalysen.

Da zum Zeitpunkt der BZE I noch mit dem hausintern entwickelten LIMS-Vorläufer LAPIS gearbeitet wurde, in dem die Methodendokumentation noch nicht auf Einzelproben-Basis organisiert war, wurden sämtliche Labordaten der BZE I nachträglich in das LIMS überführt, die Methodendokumentation dabei vervollständigt und damit auf das gleiche Qualitätsniveau wie bei der BZE II gehoben.

Zur weiteren Auswertung wurden alle Labordaten der BZE I und BZE II in das forstökologische Datenbanksystem ECO (s. Kap. 12) übertragen, wo sie mit allen Metainformationen zur Probennahme, zum Probennahme-Punkt und den übrigen Erhebungen verknüpft wurden. Aus ECO erfolgte auch die Datenlieferung an das Institut für Waldökologie und Waldinventuren des Thünen-Instituts in Eberswalde für die bundesweite Auswertung der BZE-Daten.

11.2.2 Landesanstalt für Forstplanung Brandenburg, Labor Eberswalde

Frank Gutwasser

Die Durchführung der BZE I fiel in die Nachwendezeit, die auch in Eberswalde durch gravierende Einschnitte und Veränderungen in der Wissenschaftslandschaft geprägt war. Eine Infrastruktur zur Datenspeicherung stand i. d. R. nicht zur Verfügung; Aufzeichnungen zur Analysemethodik und den Analysegeräten erfolgten nicht. Kontrollstandards, Kontrollproben und Wiederholungsproben wurden in jeder Labor-Serie mitgeführt; es wurden jedoch keine Blind- oder Mittelwertkontrollkarten geführt. Das Labor nahm auch an Ringversuchen teil, die sich jedoch auf andere Methoden bezogen.

11.2.3 Landesbetrieb Hessisches Landeslabor (LHL), Standort Kassel (und Vorläufer-Einrichtungen)

Rolf Ellinghaus

Die HLVA Kassel, spätere LUFA Kassel im HDLGN und heutige LHL ist seit 1998 nach DIN 45001 und in der Folge ab 2000 nach der die DIN 45001 ablösenden DIN EN ISO 17025 akkreditiert. Sie organisiert und organisierte ihre Laborabläufe (über Prüfpläne, Standardarbeitsanweisungen, Prüfmethoden etc.), ihre Dokumentenlenkung (über Qualitätsmanagement (QM), Intranet, Zuständigkeitspläne, Fort-

bildungsmanagement, QM-Reviews etc.), ihre Aufzeichnungs- und Messdatendokumentation (über Messgerätesoftware, Laborinformationsmanagementsysteme (LIMS), Rückverfolgbarkeitsaufzeichnungen, Gerätehandbücher etc.) und ihre Validierungen und Kalibrierungen (über Standardreferenzmaterialien, Standards und Blindproben, Ringuntersuchungen, Interne und Externe Audits, Kontrollkarten, Parameterbilanzen etc.) streng nach den Vorgaben der Internationalen Norm und wurde mehrfach erfolgreich reakkreditiert.

Datenhaltung, Plausibilitätskontrollen und Erstellung von Prüfberichten erfolgten bei der BZE I mit einem selbst entwickelten System „Labormanager“, bei der BZE II mit dem kommerziellen „WinLIMS“ der Fa. QSI. Beide LIMS-Systeme waren bzw. sind mit den wesentlichen Messsystemen der anorganischen Element- und Spurenanalytik über automatisierte Schnittstellen gekoppelt.

Alle Messungen erfolgten mindestens als Doppelbestimmungen, im Falle von nach Plausibilitätskontrollen (Wiederholbarkeiten, Wiederfindungen, Linearitäten, Messunsicherheiten, Analysenspielräume, Parameterbilanzen etc.) oder Fehlerfeststellungen (Referenzmaterialien, Standards, Blindwerte, Geräteunregelmäßigkeiten etc.) notwendigen Wiederholungsmessungen als weitere Doppelbestimmungen ggf. mit Ausreißertestung (Kalibrierungs-, Validierungs- und statistische Auswertesoftware SQS, Fa. PerkinElmer).

An Ringanalysen mit Forstböden-Matrix sind für die Untersuchungszeiträume der BZE I und BZE II insbesondere die internationalen ISE-, IPE-, ICP-Forests-, EMEP- und nationalen VDLUFA-Ringanalysen zu nennen, bei der BZE II zusätzlich das die BZE begleitende Ringanalysenprogramm des Gutachterausschusses Forstliche Analytik (GAFA). Eine gegenüber der BZE I bei der BZE II zusätzliche Validierung erfolgte durch Einsatz von durch den GAFA nach dem Ringversuchskriterium „Vergleichbarkeit“ ausgewählten Standards aus den Ringanalyseproben der GAFA-Ringanalysen begleitend zu den Probenaufarbeitungen und -messungen.

Weitere Ergebnisplausibilitätskontrollen erfolgten nach der Berichterstattung bei der BZE I bis 2000 bei der Hessischen Forstlichen Versuchsanstalt (HFV), später Hessische Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie (HLFWW), Hann. Münden, ab 2000 bei der Folgeeinrichtung Hessen-Forst, Forsteinrichtung, Information, Versuchswesen (FIV), Hann. Münden und für die BZE II bei der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA), Göttingen.

11.2.4 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

Levke Godbersen

Die Datenspeicherung erfolgt in der BGR in einem hausweiten LIMS sowie in der bodenkundlichen Labor- und Profildatenbank der BGR. Diese Datenbank ist neben der Flächen- und der Methodendatenbank eine der drei tragenden Säulen des Fachinformationssystems FISBo BGR. Hier werden Ergebnisse der Bodenanalytik zusammen mit den dazugehörigen Profilbeschreibungen gespeichert. Dazu zählen neben bodenchemischen und bodenphysikalischen Informationen auch Daten zu organischen und anorganischen Stoffgehalten von Böden.

Die Qualitätssicherung (QS) der Messungen der mit Königswasser-extrahierbaren Stoffgehalte erfolgt laborintern zusätzlich zu den gerätespezifischen QS-Maßnahmen (z. B. Blank-Checks) über das Mitführen von Kontroll- und Blindwertproben, deren Monitoring eine zeitnahe Korrektur von Unregelmäßigkeiten ermöglicht. Zur externen Qualitätssicherung nimmt das Labor in regelmäßigen Abständen an internationalen Ringversuchen teil.

Vor der Auslieferung werden die Ergebnisse des Weiteren einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Dazu werden die Ergebnisse der zwei obersten Mineralbodenproben (0–5 und 5–10 cm) gegenübergestellt. Es wird die Differenz der Ergebnisse desselben Elements in Proben des gleichen Profils gebildet. Weichen die Ergebnisse > 100 % voneinander ab, werden die Daten einer manuellen Plausibilitätsprüfung (Sichtung) unterzogen. Bei niedrigen Konzentrationen ist eine Differenz von > 100 % nicht immer außergewöhnlich. Daher werden mittels Regressionsanalyse die kleinsten quadratischen Abweichungen der Datenpaare ($y = „0–5 \text{ cm}“$, $x = „5–10 \text{ cm}“$) bestimmt. Überschreiten die Residuen der Regressionsfunktion die Ausreißergrenze, werden die Daten einer weiteren Sichtung unterzogen.

Neben der statistischen Plausibilität wird anhand einer Zuordnung der Daten zu ihren jeweiligen Bodenausgangsgesteinsgruppen (BAG) und Klimaregionen die geochemische Plausibilität geprüft. Werte, die das 90. Perzentil der Hintergrundgehalte überschreiten, werden einer manuellen Sichtung unterzogen. Die Zuordnung zu BAG und Klimaregionen erfolgte mangels Vollständigkeit der Begleitinformation anhand der geographischen Koordinaten und auf Grundlage der Übersichtskarte der Bodenausgangsgesteinsgruppen im Maßstab 1:1.000.000 (BAG 1000). Kleinräumige Fehlzuordnungen und daraus folgende Fehlinterpretationen können aufgrund des kleinmaßstäbigen Kartenwerkes nicht ausgeschlossen werden.

Die Bewertung innerhalb der Sichtkontrolle erfolgte unter Berücksichtigung folgender Kriterien:

Vergleich von Analyseergebnissen aus ICP-MS und ICP-OES. Passen die Ergebnisse nicht zusammen, liegt eventuell eine Verwechslung, ein Verdünnungsfehler oder Eingabe- bzw. Übertragungsfehler vor.

Bewertung im Zusammenhang mit „Schwesterelementen“, also Elementen, die typischerweise eine hohe Korrelation aufweisen (z. B. Al, Mn und Fe). Unähnliche

Konzentrationsverläufe werden als unplausibel bewertet, und die Proben werden einer Wiederholungsmessung unterzogen.

Vergleich der Kohlenstoff-Gehalte (C-Gehalt). Die C-Gehalte sollten im Allgemeinen in der 0–5 cm-Probe höher als in der 5–10 cm-Probe sein. Ist dies nicht der Fall, liegt eventuell eine Verwechslung vor.

Konzentrationsverlauf von Elementen, die üblicherweise einen atmosphärischen Eintragspfad haben (z. B. Pb). Die Konzentration sollte mit zunehmender Tiefe abnehmen.

Bei starken Gradienten von Elementen, die üblicherweise keine graduelle Konzentrationsabnahme mit der Tiefe zeigen, wurde zusätzlich der C-Gehalt in Betracht gezogen. Hohe C-Gehalte bedingen meist eine geringe spezifische Dichte des Materials und somit ein höheres Volumen bei gleicher Einwaage. Dies kann Konzentrationsunterschiede bewirken.

Durchschnittlich war bei 16 % aller Werte eine Sichtkontrolle notwendig. Bei der Sichtkontrolle der Ergebnisse wurden ca. 25 % der statistischen und/oder geochemisch fragwürdigen Ergebnisse als de facto nicht plausibel eingestuft. D. h. 4 % aller Ergebnisse wurden einer Wiederholungsmessung unterzogen.

11.3 Bundesweites BZE II-Qualitätssicherungsprogramm

1988 wurde vom Bundeslandwirtschaftsministerium die Arbeitsgruppe Bodenanalyse gegründet, um durch Methodenvergleiche und -weiterentwicklungen und durch die Durchführung von Ringanalysen eine Methodenvereinheitlichung und -auswahl für die BZE I zu erreichen. Zur Qualitätssicherung wurden drei die BZE I begleitende Ringanalysen durchgeführt, deren Ergebnisse zur Ermittlung der Vergleichbarkeit der Daten aus den beteiligten Laboren herangezogen wurden (KÖNIG u. WOLFF 1993). Eine Zusammenfassung findet sich im Deutschen Waldbodenbericht 1996 (WOLFF u. RIEK 1997). Ein Ergebnis der Vergleichbarkeitsprüfung war, dass die Nährelementgehalte in den Humusproben wegen der unterschiedlichen zugelassenen Aufschlussmethoden nicht vergleichbar sind. Deshalb wurden – soweit wie möglich – die Humusproben aus der BZE I, die nicht mit dem Königswasseraufschluss aufgeschlossen worden waren, erneut aufgeschlossen und gemessen. Somit sind nun diese Daten vergleichbar mit denen der BZE II.

Zur Vorbereitung der BZE II wurde 2002 vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz der Gutachterausschuss Forstliche Analytik (GAFA) eingesetzt, um zum einen die Analysemethoden zu vereinheitlichen, festzulegen und zu dokumentieren und zum anderen ein Qualitätskontrollprogramm für die BZE II zu entwickeln und festzulegen. Sämtliche Analysemethoden der BZE I und II sowie des deutschen und des europäischen Forstlichen Umweltmonitoring-Programms und die Methoden der Bundesländer wurden daraufhin dokumentiert und im Handbuch Forstliche Analytik (HFA) erstmalig 2005 vom GAFA

veröffentlicht (GAFA 2005). Das HFA wurde mehrfach ergänzt und liegt in der neusten Version von 2014 vor (GAFA 2014).

Das beschlossene Qualitätssicherungsprogramm umfasste 5 die BZE II begleitende Ringanalysen (3 Boden- und 2 Humusringanalysen mit je 6 Proben) und die Mitführung von regelmäßig in die Probeserien integriertem Standardmaterial für jeden Erhebungsparameter. Dafür wurden große Mengen von 6 Standardmaterialien hergestellt und festgelegt, welches Material für welchen Parameter mitgemessen werden musste. Die Auswertung der Ringanalysen (zusammenfassende Darstellung in BLUM u. HEINBACH 2010) und der Untersuchungen der Standardmaterialien ergab, dass mit wenigen Ausnahmen die Analysedaten der Länder/Labore vergleichbar ausgewertet werden können (KÖNIG et al. 2014).

Ausgewertet und verglichen wurden zum einen die Streuungen innerhalb eines Labors und zum anderen die Mittelwerte aller Standardmessergebnisse pro Labor und Parameter (von 2005 bis 2012), und ob ein signifikanter zeitlicher linearer Trend bei den Messergebnissen festzustellen ist.

Darüber hinaus wurden aus den Daten der die BZE II begleitenden Ringversuche die Mittelwerte der Z-Scores aller Mittelwerte aus allen Ringversuchen für jede Einzelprobe für jedes Labor ermittelt und verglichen. Der Z-Score wird berechnet aus dem Quotienten der Differenz des jeweiligen Labormittelwertes (MW_{Lab}) zum Mittelwert aller Labore (MW_{ges}) und der Standardabweichung aller Labore:

$$\text{Z-Score} = (MW_{\text{Lab}} - MW_{\text{ges}}) / SD_{\text{ges}}$$

Er ist ein Maß für die Abweichung des Labormittelwertes vom Mittelwert aller Labore in Abhängigkeit von der Streuung unter den Laboren. Ist der Mittelwert der Z-Scores für ein Labor von Null verschieden, deutet das auf eine bedeutsame Abweichung zu Mehr- (Mittelwert positiv) oder Minderbefunden (Mittelwert negativ) im Vergleich zu den anderen Laboren hin.

Ziel dieser Auswertung war es, zu prüfen, ob Labore, bei denen stark abweichende Ergebnisse für bestimmte Parameter der Standardmessungen festgestellt wurden, auch bei den Ringversuchen auffällig abweichende Ergebnisse hatten. Findet nämlich ein Labor für einen Parameter bei dem über einen längeren Zeitraum mitgemessenen Standard deutlich niedrigere Werte als die anderen Labore, so kann dies im günstigen Fall an der speziellen Zusammensetzung des Standards liegen und somit standardprobenspezifisch sein. Allerdings ist es auch möglich, dass die verwendete Messmethode abweichende Ergebnisse im Vergleich zu den anderen Laboren liefert. Dies würde bedeuten, dass auch die Messergebnisse für die im Rahmen der BZE II gemessenen Proben nicht mit denen der anderen Labore/Länder vergleichbar sind. Dies müsste sich dann auch in den Ringversuchsergebnissen der betroffenen Labore niederschlagen, das heißt, es müsste ein Trend zu Mehr- oder Minderbefunden wie beim Standard erkennbar sein. Die Überprüfung eines solchen Trends erfolgte anhand der Z-Scores wie oben beschrieben.

Bezüglich der laborübergreifenden Auswertung der Standardmessungen kommt die Studie zu dem Schluss, dass mit wenigen Ausnahmen die BZE II-Datensätze der Labore/Länder unter Berücksichtigung vertretbarer Streuungen übergreifend auswertbar sind. Nur in 12 Einzelfällen (Kombination Labor – Parameter) muss damit gerechnet werden, dass für den jeweiligen Parameter die Daten eines Labors/Landes gerichtet von den Daten der übrigen Labore/Länder abweichen. Es handelt sich dabei um Daten jeweils eines Labors/Landes der Parameter N (B = Boden), Al, Ca, Fe, Mn und Zn im Königswasseraufschluss (H = Humus), K im Königswasseraufschluss (Boden), K, Na aus der Austauschkapazitätsbestimmung (Humus) sowie pH(H₂O) und pH(KCl) (Humus). Details dazu finden sich im Bericht von KÖNIG et al. (2014). Bei der Auswertung dieser Parameter sollte deshalb jeweils entschieden werden, ob die Daten der genannten Länder/Labore entweder unberücksichtigt bleiben oder mit einem Faktor korrigiert werden oder zumindest bei der Ergebnisdarstellung auf die Problematik der möglichen gerichteten Abweichung der Daten dieser Länder/Labore hingewiesen werden.

Für die Länder Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt gibt es nur einen Fall, wo die Daten eines Labors/Landes gerichtet von den Daten der übrigen Labore/Länder abweichen. Es handelt sich um den Parameter K im Königswasseraufschluss (B), bei dem die Daten aus Niedersachsen um bis zu 30 % höher liegen als die der übrigen Länder/Labore.

Für einige Parameter, deren Daten bei den Standardmessungen und bei den Ringversuchen sehr stark streuen, sollte auf eine vergleichende Auswertung der BZE-Daten verzichtet werden. Dies betrifft fast ausschließlich Parameter, die für die BZE unbedeutend sind: Na in der Ake (B), Ake (H) und Akt (B) sowie Na im Königswasseraufschluss (B) und (H). Problematisch sind die K-Werte im Königswasseraufschluss (B und H). Hier zeigt sich, dass einzelne Labore große gerichtete Abweichungen haben, die zumindest für ein Labor so groß sind, dass die Daten nicht mit denen der anderen Labore verglichen werden können. Die Ursache ist vermutlich die unterschiedliche Mahlung der Proben.

Bei allen übrigen Parametern und Untersuchungsmethoden kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die BZE II-Daten aller Labore/Länder übergreifend ausgewertet werden können.

Grundsätzlich muss davon ausgegangen werden, dass die Variation sowohl innerhalb als auch zwischen den Laboren mindestens +/- 10 % beträgt. Nur bei wenigen Parametern ist die Variation etwas geringer (z. B. Elementaranalyse (B) C, Königswasseraufschluss (B) Ca, Gesamtaufschluss (B) Ca), bei vielen jedoch größer. Tabelle 40 gibt eine grobe Übersicht, welche mittleren Variationen sich bei den Standardmessungen und bei den Ringversuchen zusammengefasst für die jeweiligen Untersuchungsmethoden zeigen und welche einzelnen Parameter innerhalb einer Untersuchungsmethode deutlich stärker variieren.

In der Tabelle 41 sind die Ergebnisse der Kontrollstandard-Messungen der beteiligten Labors aus Hessen und Niedersachsen sowie der BGR Hannover aufgelistet.

Aus der Standardabweichung in Prozent kann auf die Streuung der Analysedaten für die verschiedenen Parameter geschlossen werden. Für Standards, die sich im Analysezeitraum und ggf. auch noch danach verändert haben, ist dies in der Tabelle angegeben. Standardveränderungen erklären die meisten der hohen Abweichungen vom Mittelwert. Dies gilt insbesondere für die austauschbaren Kationen Fe und Mn (AKE) und die Elemente im wässrigen Extrakt (EXTH₂O). Wie bei der Bundesauswertung sind es vor allem die K-Gehalte im Königswasseraufschluss, bei denen die Daten zwischen den beteiligten Laboren nicht vergleichbar sind. Ansonsten liegen die Abweichungen zwischen den Laboren selten über 10 % und sind damit gut vergleichbar.

Tabelle 40: Zusammenfassung der Ergebnisse der Auswertung der die BZE begleitenden Ringanalysen und Standardmessungen (KÖNIG et al. 2014) für die einzelnen Untersuchungsmethoden (Parameter-Gruppen)

Untersuchungsmethode/Parametergruppe	Mittlere Variation der Mittelwerte der Standardmessungen	Mittlere Variation der mittleren Abweichung vom Mittelwert bei den Ringversuchen	Parameter mit größeren Variationen	Bemerkungen
Elementaranalytik (C,N)	+/- 10 %	+/- 5 %	N bei geringen Gehalten	
AKe Boden	+/- 10 %	+/- 10–15 %	Na	Na nicht vergleichbar
AK Humus	+/- 20 %	+/- 10–15 %	H+, Na	Na nicht vergleichbar
AKT Boden	+/- 20 %	+/- 10–15 %	Mg, Na	Na nicht vergleichbar
pH Boden und Humus	+/- 20 %	+/- 40–50 %		Achtung: nicht pH, sondern Parameter H+
Königswasser-aufschluss Boden Hauptelemente	+/- 10 %	+/- 10 %	K, Na	K, Na nicht vergleichbar
Königswasser-aufschluss Boden Schwermetalle	+/- 10 %	+/- 10 %		
Königswasser-aufschluss Humus Hauptelemente	+/- 10–15 %	+/- 15 %	Na, Al, K	Na nicht vergleichbar
Königswasser-aufschluss Humus Schwermetalle	+/- 20 %	+/- 15 %	Cr	
NO ₃ im wässr. 1:2-Extrakt	+/- 15 %	+/- 20 %		
Korngrößenbestimmung	+/- 20 %	+/- 20 %	Grobschluff, Mittelsand, Grobsand	
Gesamt-aufschluss Boden Hauptelemente	+/- 10–20 %	+/- 5–15 %		
Oxalat-Extrakt	+/- 10 %	+/- 15 %		
AK EU-Methode	+/- 15–20 %	+/- 15 %	H+, Na	

Tabelle 41: Ergebnisse der in den Laboren in Göttingen, Kassel und Hannover bei der BZE II mitgeführten BZE-Standardmaterialien (gelb = Abweichung 20–50 %, rot = Abweichung mehr als 50 %)

Standard	U-Methode	Parameter	BZE-Mittelwert 2005/6	BZE-Mittelwert 2009	NW-FVA				HLII				BGR				Abw. BGR - NW-FVA				
					MW 2006-2009	Std Abw (%)	Abw. vom MW 2005/6	Abw. vom MW 2009	n	MW 2007-2009	Std Abw (%)	Abw. vom MW 2005/6	Abw. vom MW 2009	n	MW 2006-2011	Std Abw (%)		Abw. vom MW 2005/6	Abw. vom MW 2009	n	
BZE-SAC	OAKW1.1	Alges	13,145	12,435	13,74	2,7	4,5	10,5	47	12,90	8,1	-1,8	3,8	19	6,1	13,26	8,3	0,9	6,6	237	3,5
BZE-SAC	OAKW1.1	Cages	1,05	1,388	1,67	2,3	1,2	5,2	47	1,69	4,4	2,4	6,4	19	1,2	1,05	5,6	-0,3	3,6	237	1,5
BZE-SAC	OAKW1.1	Cages	116	13,7	120	13,7	-11,8	3,4	21	135,29	7,3	-0,5	16,6	19	-12,7	136,12	11,0	0,1	17,3	237	-13,4
BZE-SAC	OAKW1.1	Cages	9,17	9,54	10,03	4,3	9,4	5,1	47	10,73	7,5	17,0	12,5	19	-7,0	9,62	6,3	4,9	0,8	237	4,1
BZE-SAC	OAKW1.1	Cages	67,37	66,87	69,77	4,1	3,6	4,3	47	75,61	9,0	12,2	13,1	19	-8,4	69,55	7,5	3,2	4,0	237	0,3
BZE-SAC	OAKW1.1	Cages	8	7,77	8,08	6,4	1,0	4,0	47	9,23	10,7	15,4	18,8	19	-14,2	8,38	8,4	4,7	7,8	237	-3,7
BZE-SAC	OAKW1.1	Feges	37,91	36	37,34	2,7	-1,5	3,7	47	38,17	5,1	0,7	6,0	19	2,2	37,49	10,7	-1,1	4,1	237	-0,4
BZE-SAC	OAKW1.1	Mgges	6,88	6,47	6,79	2,2	-1,3	4,9	47	6,98	4,0	1,4	7,8	19	-2,8	6,55	5,7	-4,8	1,3	237	3,5
BZE-SAC	OAKW1.1	Mnges	0,624	0,61	0,624	0,61	1,8	-2,2	40	0,63	3,7	1,4	3,7	19	-3,7	0,61	5,1	-3,0	-0,8	237	0,8
BZE-SAC	OAKW1.1	Phges	32,21	31,67	32,68	4,8	1,5	3,2	47	33,77	5,2	4,9	6,6	19	-3,3	32,37	7,3	0,5	2,2	237	1,0
BZE-SAC	OAKW1.1	Pges	1,084	1,042	1,08	3,4	-0,4	3,6	47	1,11	3,4	2,2	6,3	19	-2,6	1,03	5,2	-4,7	-0,8	237	4,3
BZE-SAC	OAKW1.1	Siges	0,124	0,118	0,13	10	4,8	10,2	47	0,110	10,5	-16,3	19	20,4	0,12	6,6	-2,5	2,4	237	7,0	
BZE-SAC	OAKW1.1	Zages	86	82,86	85,59	4	-0,5	3,3	47	85,85	5,7	-0,2	3,6	19	-0,3	83,29	8,2	-3,2	0,5	237	2,7
BZE-SAC	OAKW1.1	Kges	0,5	0,661	0,99	4,5	38,0	33,3	47	0,48	6,3	-3,9	27,3	19	51,5						
BZE-SAC	OAKW1.1	Ngges	29,64	29,06	30,69	3,8	3,5	5,6	47	32,67	7,2	10,2	12,4	19	-6,5						
BZE-THUE	ATNU1.1	Cages	7,974	7,868	8,06	1,1	1,1	2,6	89	7,87	6,1	-1,3	0,2	13	2,3	8,13	1,8	1,9	3,4	274	-0,8
BZE-THUE	ATNU1.1	Nages	0,596	0,596	0,62	1,5	4,0	4,0	89	0,68	13,2	14,2	14,2	53	-9,8	0,63	4,3	6,3	6,3	274	-2,1
BZE-THUE	AKE1.1	Alges	51,2	49,3	52,09	3	1,7	5,7	73	50,60	4,5	-1,2	2,6	86	2,9						
BZE-THUE	AKE1.1	Cages	5,56	5,54	5,9	4,4	6,1	6,5	73	5,73	6,8	3,1	3,5	86	2,9						
BZE-THUE	AKE1.1	Feges	0,27	0,47	0,54	13,3	39,69	14,9	73	0,55	19,6	10,53	16,7	86	-1,6						
BZE-THUE	AKE1.1	Kges	1,42	1,46	1,46	4,4	2,8	0,0	73	1,52	11,2	7,1	4,2	86	4,2						
BZE-THUE	AKE1.1	H+2	4,06	4,02	4,1	6,4	1,0	2,0	73	3,99	1,8	-1,7	-0,7	86	2,6						
BZE-THUE	AKE1.1	Mnges	1,1	1,81	1,76	10,2	6,0	-2,8	73	1,95	8,7	7,0	7,6	86	-10,6						
BZE-THUE	AKE1.1	Nages	1,63	1,84	1,94	5,6	19,0	5,4	73	1,92	12,0	17,9	4,4	86	1,0						
BZE-THUE	AKE1.1	Nages	0,35	0,38	0,47	21,8	34,3	23,7	73												
BZE-THUE	AKT2.1	Cages	5,35	x	5,47	4,8	2,2		39												
BZE-THUE	AKT2.1	Bages	102,3	x	101,9	3,4	-0,4		39												
BZE-THUE	AKT2.1	Mgges	1,41	x	1,59	11,5	12,8		39												
BZE-THUE	AKT2.1	Nages	0,37	x	0,29	7,2	-21,6		39												
BZE-THUE	AKT2.1	Kges	1,28	x	1,32	8,1	3,1		39												
BZE-SAC	EXTH20.1	Alges	1,178	1,619	1,48	10,5	25,6	-8,6	17	1,33	19,0	13,2	-17,7	25	9,9						
BZE-SAC	EXTH20.1	Cages	2,163	2,71	2,85	8,6	31,8	5,2	17	3,19	23,6	47,6	17,8	25	-12,0						
BZE-SAC	EXTH20.1	Cages	52,14	70,59	70,23	7,8	34,7	-0,5	17	51,51	15,4	-1,2	27,0	30	26,7						
BZE-SAC	EXTH20.1	Cl	1,57	1,48	1,49	6,3	-5,1	0,7	17	1,52	9,8	-3,1	2,8	25	-2,1						
BZE-SAC	EXTH20.1	Feges	0,46	0,46	0,35	10,6	-23,9	-23,9	17	0,35	36,3	14,5	14,5	25	50,5						
BZE-SAC	EXTH20.1	H+	4,64	4,65	4,73	8,9	1,9	1,7	17	4,78	2,8	3,1	2,9	15	-1,1						
BZE-SAC	EXTH20.1	Kges	1,41	1,69	1,64	8,7	16,3	-3,0	17	1,48	10,8	4,6	-12,7	25	10,0						
BZE-SAC	EXTH20.1	Lf	64	80	73,53	4,6	14,9	-8,1	17	1,48	10,8	4,6	-12,7	25	10,0						
BZE-SAC	EXTH20.1	Mgges	1,11	1,43	1,46	9,9	31,5	2,1	17	1,46	15,6	31,5	2,1	25	0,0						

(Fortsetzung Tabelle 41)

Standard	U-Methode	Par- meter	BZE- Mittelwert 2005/6	BZE- Mittelwert 2009	NWFWA				HLH				BGR				Abw BGR - NW-FVA		
					MW 2006- 2009	Std (%)	Abw. vom MW 2005/6	Abw. vom MW 2009	n	MW 2007- 2009	Std Abw (%)	Abw. vom MW 2005/6	Abw. vom MW 2009	MW 2006- 2011	Std (%)	Abw. vom MW 2005/6		Abw. vom MW 2009	n
BZE-SAC	EXH2O1.1	Miges	0,9	1,33	1,3	15,2	44,4	-2,3	17	1,10	18,0	22,0	-17,4	25	15,5				
BZE-SAC	EXH2O1.1	Nages	4,11	4,62	4,83	7,1	17,5	4,5	17	4,43	7,2	7,9	-4,0	25	8,2				
BZE-SAC	EXH2O1.1	Niges	3,44	4,21	4,84	7,2	40,7	15,0	17	3,61	15,1	4,9	-14,3	25	25,4				
BZE-SAC	EXH2O1.1	NH ₄	0,32	0,59	0,48	18,3	50,0	-18,6	17	0,41	29,1	29,6	-29,7	25	13,6				
BZE-SAC	EXH2O1.1	NO ₃	0,66	0,7	0,78	6,3	30,0	11,4	17	0,76	12,1	26,7	8,6	25	2,5				
BZE-SAC	EXH2O1.1	Stes	x	x	4,77	8,3			17										
BZE-SAC	EXH2O1.1	SO ₄ ber	3,94	4,24	4,23	8,5	7,4	-0,2	17	3,76	8,0	4,7	-11,4	25	11,2				
BZE-NDS	pHc4261	H+	4,045	4,043	4,03	9,2	-0,4	-0,3	99	4,13	4,1	2,0	2,1	9	-2,4				
BZE-NDS	pHKG361	H+	4,12	4,02	4,1	9,6	-0,5	2,0	83	4,11	2,1	-0,3	2,2	9	-0,2				
BZE-NDS	pHHD961	H+	4,47	4,49	4,46	12,6	-0,2	-0,7	99	4,58	3,4	2,5	2,1	9	-2,7				
BZE-HUM	AKH31	Alges	24,2	x	21,8	14,7	9,9		42	20,09	10,9	20,2		9	33,4				
BZE-HUM	AKH31	Cages	121	x	110,1	9,3	-9,0		42	132,50	5,6	9,3		9	-20,3				
BZE-HUM	AKH31	Peges	5,24	x	4,96	16,3	-5,3		42	5,67	14,6	8,1		9	-14,2				
BZE-HUM	AKH31	H ⁺ 2	2,8	x	2,9	7,2	3,6		42	2,84	1,5	1,3		15	2,2				
BZE-HUM	AKH31	Miges	24	x	22,7	10,2	-8,4		42	25,67	6,8	7,0		9	-13,1				
BZE-HUM	AKH31	MHges	11,15	x	10,12	11,4	-9,2		42	12,24	3,1	9,8		9	-21,0				
BZE-HUM	AKH31	Nages	1,1	x	1,19	28,8	8,2		42	1,55	12,1	40,7		9	-30,0				
BZE-HUM	AKH31	Kges	9,3	x	8,88	11,5	-4,3		42	10,87	6,3	16,9		9	-22,5				
BZE-HUM	OAKW1.1	Alges	2	x	1,88	8,7	-6,0		36	1,79	6,0	-10,7		6	5,0				
BZE-HUM	OAKW1.1	Cages	2,91	x	2,85	2,6	-2,1		36	3,14	3,2	7,8		6	-10,0				
BZE-HUM	OAKW1.1	CDiges	2,73	x	3,20	29,1	17,2		36	280,34	4,2	2,8		6	12,3				
BZE-HUM	OAKW1.1	Cages	1,1	x	1,24	1,3	12,7		36	1,27	8,5	15,6		6	-2,6				
BZE-HUM	OAKW1.1	Cages	18,8	x	18,78	3,7	-0,1		36	22,18	13,9	18,0		6	-18,1				
BZE-HUM	OAKW1.1	Peges	2,33	x	2,22	4,4	4,7		36	2,20	5,5	-5,5		6	0,8				
BZE-HUM	OAKW1.1	Kges	0,536	x	0,57	8,3	6,3		36	0,57	4,2	7,0		6	-0,6				
BZE-HUM	OAKW1.1	Miges	0,479	x	0,45	2,9	-6,1		36	0,47	2,6	-0,9		6	-5,5				
BZE-HUM	OAKW1.1	Niges	7,28	x	7,72	8,8	6,0		36	8,81	7,6	21,0		6	-14,1				
BZE-HUM	OAKW1.1	Piges	60,3	x	59,95	3,4	-0,6		36	63,70	1,3	5,6		6	-6,3				
BZE-HUM	OAKW1.1	Pges	0,678	x	0,68	2,9	0,3		36	0,69	1,6	2,1		6	-1,8				
BZE-HUM	OAKW1.1	Sges	2,09	x	2,07	2,7	-1,0		36	2,04	2,2	-2,5		6	1,6				
BZE-HUM	OAKW1.1	Znges	37	x	37,51	4,9	1,4		36	42,58	8,5	13,1		6	-13,5				
BZE-HUM	OAKW1.1	Miges	0,395	x	0,39	2,9	-1,3		36	0,42	5,8	5,4		6	-6,8				
BZE-HUM	OAKW1.1	Cages	5,2	x	6,73	11,5	29,4		36	7,62	9,4	46,5		6	-13,2				
BZE-HUM	AINULL	Cges	17,75	x	17,48	1,6	-1,8		31										
BZE-HUM	AINULL	Cges	466,3	x	458,11	5,6	-1,8		31										
BZE-HUM	pHc4261	H+	3,05	x	3,07	5,2	0,7		36										
BZE-HUM	pHKG361	H+	2,86	x	2,87	5,4	0,3		38										
BZE-HUM	pHHD961	H+	3,69	x	3,65	8,8	-1,1		38										

11.4 Bedeutung methodisch bedingter Streuungen und Fehlerquellen

Im Rahmen der Auswertung der BZE II-Daten zeigten sich diverse Probleme in den Bereichen Probennahme und Analytik, die zum einen Methodenergänzungen und zum anderen die Identifizierung von Fehlerquellen und von methodisch bedingten Streuungen nötig machten. Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse dieser Prüfungen dargestellt.

11.4.1 Probleme der Probennahme

Für Parameter mit großem Tiefengradienten, wie z. B. dem Kohlenstoff-Gehalt, zeigten sich zwei Probleme bei der Probennahme: zum einen die Trennung von Humusaufgabe und Mineralboden und damit die Verschiebung des Nullpunkts der Mineralbodenprobennahme und zum anderen die Verschleppung von Probenmaterial in die nächsttiefere Tiefenstufe bei Beprobung mit Bohrzylindern.

11.4.1.1 Vergleichbarkeit von Beprobungen der Profilgrube und Satelliten-Bohrungen

Die Vergleichbarkeit der Proben aus einer Probennahme mit Stechzylindern oder Schaufeln am Profil mit denen einer Probennahme mit Bohrzylindern hängt stark von der Homogenität der Fläche ab. Bei hoher Variabilität in der Fläche oder Störungen durch unterschiedliche Schichtungen, Bänder etc. führt die Probennahme nach dem BZE-Schema an acht Bohrpunkten mit Bohrzylindern zu einer mehr oder weniger repräsentativen Mischprobe, während die Beprobung der Profilgrube nur die Situation an einem Punkt widerspiegelt. Die Vergleichbarkeit ist begrenzt. Für manche Parameter kann die Probennahme am Profil zudem noch zu Minder- oder Mehrbefunden der Vorräte führen. Dies ist vermutlich für die C- und N-Vorräte der Fall, da Profile tendenziell stammferner liegen und deshalb geringere C- und N-Einträge durch Streufall und geringere Durchwurzelungsintensitäten haben.

11.4.1.2 Räumliche Variabilität chemischer und physikalischer Kenngrößen

Um Informationen über die Homogenität der Beprobungspunkte und die Variabilität der diversen erfassten Parameter an den Punkten zu erhalten, hätten die Proben der acht Einzelbohrungen nicht zu Mischproben vereint, sondern einzeln untersucht werden müssen. Dies hätte den Analysenaufwand verachtacht und zu hohen Kosten verursacht. Um dennoch einen Eindruck von der Homogenität zu erhalten, wurden die Daten der Intensivmonitoringflächen der drei Bundesländer ausgewertet, da auf diesen Flächen die Probennahmen in sechsfacher Wiederholung mit je vier Bohrungen erfolgen.

Im Folgenden sind die Auswertungen der Variationskoeffizienten für einige Parameter zusammengefasst.

11.4.1.2.1 Variabilität der Trockenrohdichte des Feinbodens und des Feinbodenanteils

Die Trockenrohdichte und der Feinbodenanteil nehmen direkten Einfluss auf die Höhe der errechneten Elementvorräte. Daher ist von großer Bedeutung, wie exakt sie bestimmt werden können und wie stark sie in der Fläche streuen.

Die Auswertung der Daten von fast 30 Intensivmonitoringflächen der drei Bundesländer zeigt, dass der Variationskoeffizient (C_v) des Feinbodenanteils mit Zunahme des Skelettanteils (= Abnahme des Feinbodenanteils) deutlich zunimmt und auf Werte bis zu 25 % ansteigen kann, während er bei Böden mit einem Feinbodenanteil über 90 % eher bei nur 5 % liegt (s. Abb. 145).

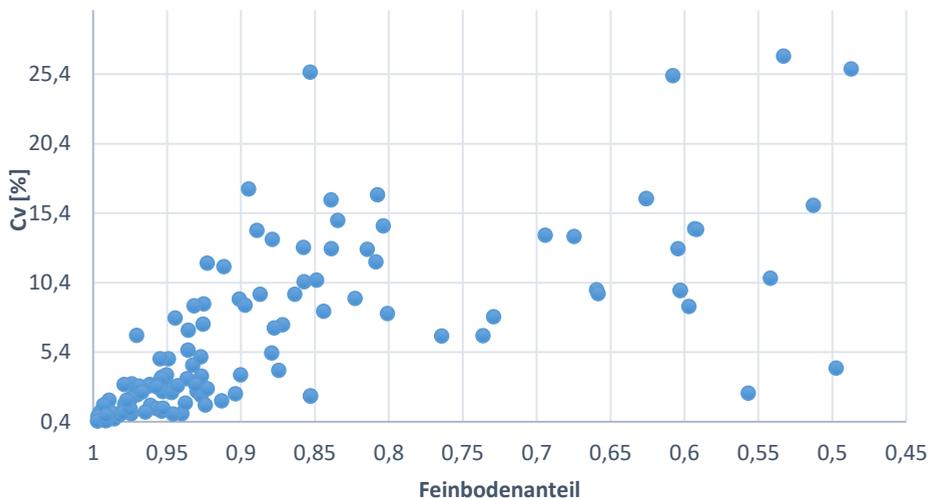


Abbildung 145: Variationskoeffizient C_v [%] des Feinbodenanteils in Abhängigkeit vom Feinbodenanteil

Auch für die Trockenrohdichte des Feinbodens gilt, dass ihr Variationskoeffizient C_v mit steigendem Skelettgehalt zunimmt. Dies zeigt der Vergleich der Abbildungen 146 und 147, bei denen unterschieden wird zwischen Böden mit weniger oder mehr als 10 % Skelettanteil. Während für Böden mit geringen Skelettanteilen ab 10 cm Tiefe der Variationskoeffizient C_v der Trockenrohdichte meist unter 10 % liegt, steigt dieser Wert für Böden mit höheren Skelettgehalten auf Werte bis 20 % an. Auffällig ist, dass in 0–5 cm Tiefe auch bei skelettarmen oder -freien Böden der Variationskoeffizient C_v der Trockenrohdichte bis zu 30 % betragen kann.

Die Trockenrohdichte des Feinbodens und der Skelettanteil bzw. Feinbodenvorrat sind die entscheidenden Größen für die Berechnung des Feinbodenvorrats, der für die Elementvorratsberechnungen benötigt wird. Aus den beschriebenen Auswertungen muss geschlossen werden, dass die Streuung bei der Berechnung des

Feinbodenvorrats zwischen 5 und 20 % liegt und damit im Bereich der Streuung der analytischen Elementgehaltsbestimmungen.

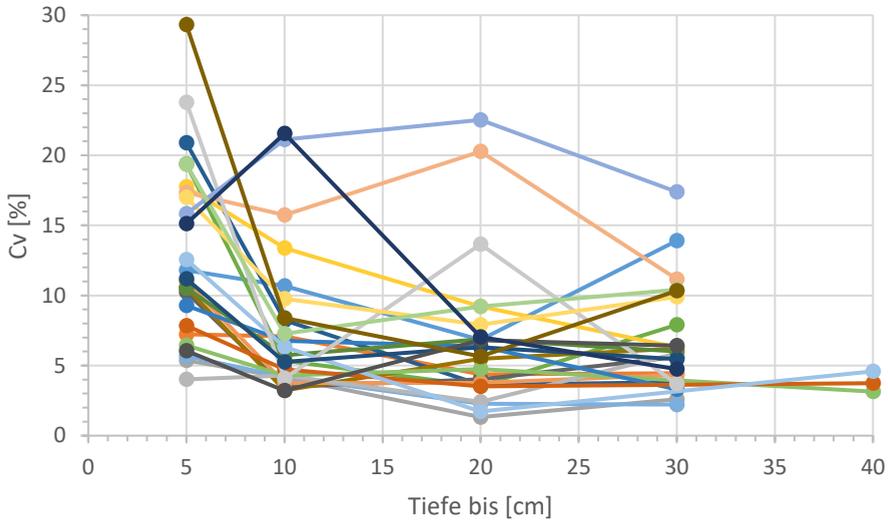


Abbildung 146: Variationskoeffizient C_v [%] der Trockenrohdichte des Feinbodens in Abhängigkeit von der Tiefenstufe [cm] für Böden verschiedener Intensivmonitoringflächen mit Skelettgehalten unter 10 % (jede Farbe symbolisiert eine andere Fläche)

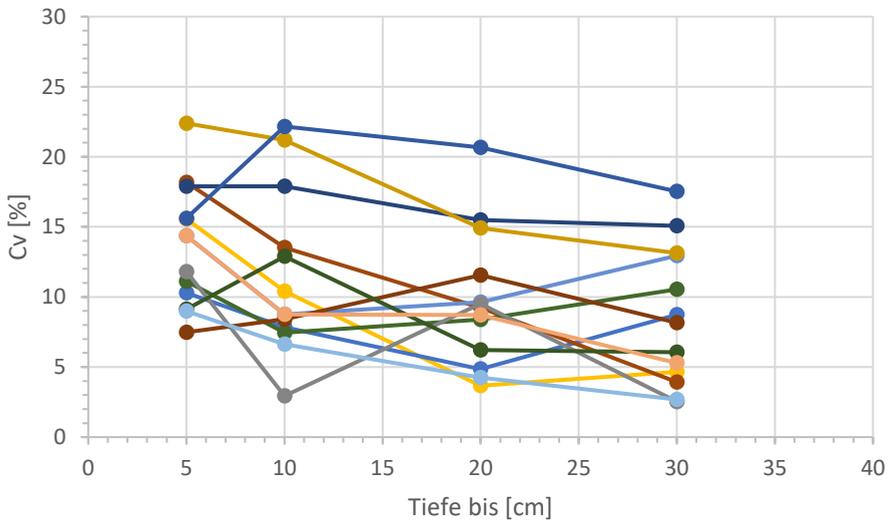


Abbildung 147: Variationskoeffizient C_v [%] der Trockenrohdichte des Feinbodens in Abhängigkeit von der Tiefenstufe [cm] für Böden verschiedener Intensivmonitoringflächen mit Skelettgehalten über 10 % (jede Farbe symbolisiert eine andere Fläche)

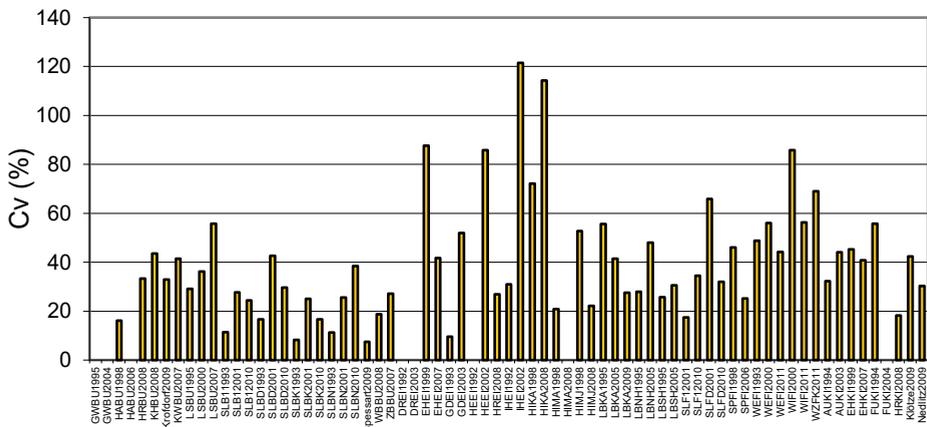
11.4.1.2.2 Variabilität des Humusvorrats und der organischen Kohlenstoffgehalte

Eine wichtige Fragestellung der BZE ist die Ermittlung der Veränderungen der Kohlenstoffvorräte im Wald und damit verbunden die Verlagerung des organischen Kohlenstoffs (Corg) zwischen Humusaufgabe und Boden und innerhalb der Tiefenstufen des Mineralbodens. Daher ist es besonders wichtig, zu klären, wie genau die Humusvorräte und der Kohlenstoffgehalt in den Bodenkompartmenten ermittelt werden können.

In den folgenden Grafiken sind die Variationskoeffizienten (Cv) der Humusvorräte der verschiedenen Humuslagen L, Of und Oh und des Gesamthumusvorrats für 30 Monitoringflächen aus drei Bundesländern in verschiedenen Probennahmejahren dargestellt (s. Abb. 148 bis 151).

Dabei zeigt sich, dass die Variationskoeffizienten (Cv) in der Of-Lage (s. Abb. 149) geringer als in der L- (s. Abb. 148) und Oh-Lage (s. Abb. 150) sind. In der Of-Lage liegt der Cv überwiegend bei ca. 20 %, während er in der L- und Oh-Lage oft auch 40 % erreicht. Daneben gibt es in allen Lagen einzelne Ausreißer mit bis zu 120 %. Die größere Streuung in der Oh-Lage im Vergleich zur Of-Lage ist vermutlich auf die Schwierigkeit der Nullpunktfindung, also einer eindeutigen Trennung von Humus und Mineralboden, zurückzuführen.

Betrachtet man den gesamten Humusvorrat (s. Abb. 151), so ist die Streuung am geringsten und liegt bei ca. 20 % im Mittel. Vor diesem Hintergrund kann davon ausgegangen werden, dass in der Regel durch die Mischprobe aus acht Satelliten die Variabilität auf der Fläche berücksichtigt und der Humusvorrat auf +/- 30 % genau erfasst wird.



Intensivmonitoringflächen (mit Beprobungsjahr)

Abbildung 148: Variationskoeffizienten Cv [%] der Humusvorräte der L-Lage für 30 Monitoringflächen aus drei Bundesländern in verschiedenen Probennahmejahren

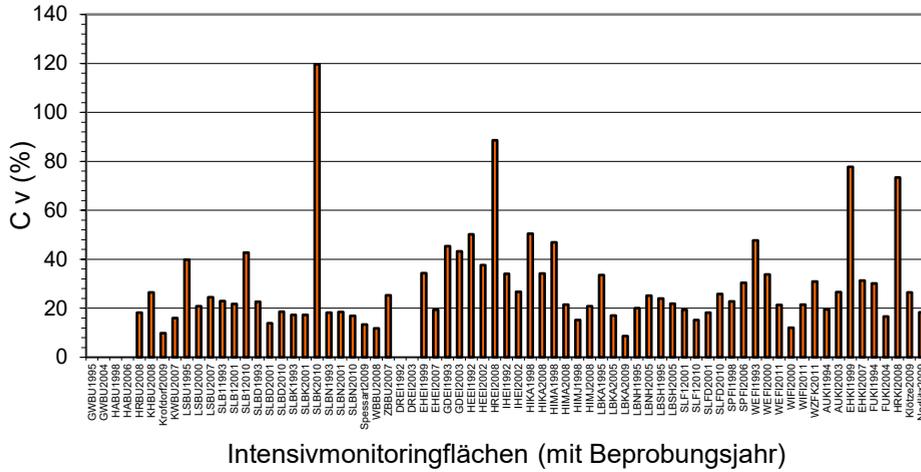


Abbildung 149: Variationskoeffizienten C_v [%] der Humusvorräte der Of-Lage für 30 Monitoringflächen aus drei Bundesländern in verschiedenen Probenahmejahren

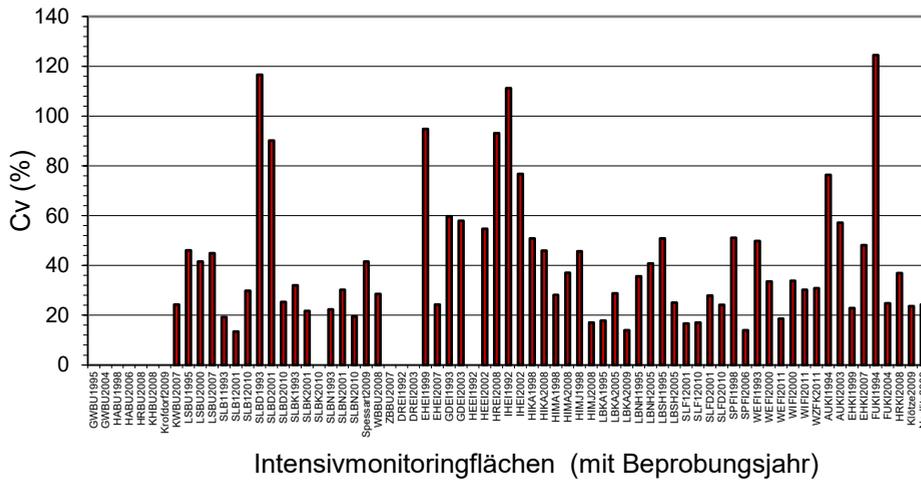
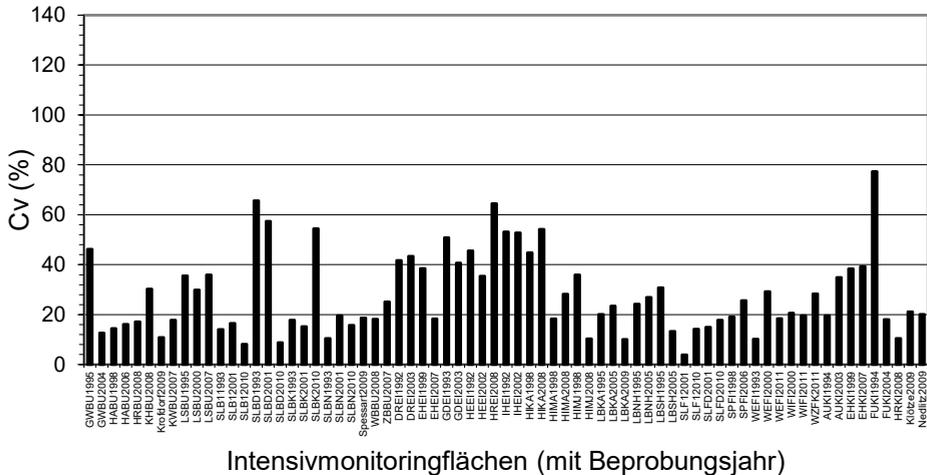


Abbildung 150: Variationskoeffizienten C_v [%] der Humusvorräte der Oh-Lage für 30 Monitoringflächen aus drei Bundesländern in verschiedenen Probenahmejahren



Intensivmonitoringflächen (mit Beprobungsjahr)

Abbildung 151: Variationskoeffizienten C_v [%] der Gesamthumusvorräte (L-, Of- und Ob-Lage) für 30 Monitoringflächen aus drei Bundesländern in verschiedenen Probenahmejahren

Die Auswertung der Daten der Intensivmonitoringflächen für die Corg-Gehalte in verschiedenen Tiefenstufen ergibt, dass die Variationskoeffizienten (C_v) im Oberboden bei 10–25 % für skelettreiche bzw. 10–40 % für skelettarme Böden liegen und im Unterboden ansteigen (s. Abb. 152 u. 153). Dies hängt vor allem damit zusammen, dass die Corg-Gehalte sehr tiefenstufenabhängig sind und daher tiefenstufenabhängige Probenahmefehler bzw. eine unsaubere Trennung zwischen Auflage und Mineralboden sich besonders stark auswirken. In großer Tiefe sind die Corg-Gehalte allerdings sehr gering (s. Abb. 154), sodass hier teilweise schon die methodisch bedingten Bestimmungsgrenzen erreicht werden, was zu großen Streuungen führen kann. Für Gesamtvorratsberechnungen spielen daher die Corg-Gehalte in großer Tiefe keine große Rolle. Die Ermittlung von Vorratsveränderungen in großer Tiefe ist dagegen mit einem sehr großen Fehler behaftet.

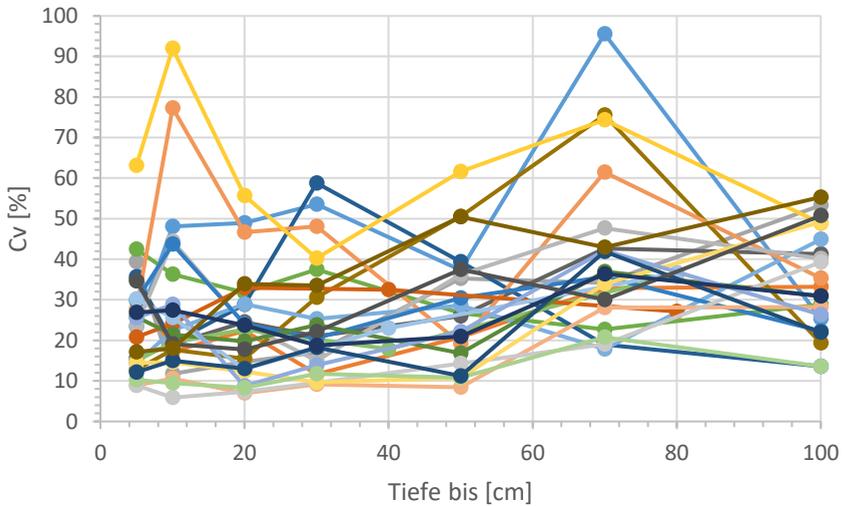


Abbildung 152: Variationskoeffizient C_v [%] des Corg-Gehalts in Abhängigkeit von der Tiefenstufe [cm] für Böden mit Skelettgehalten unter 10 %, die Farben kennzeichnen die jeweiligen Böden

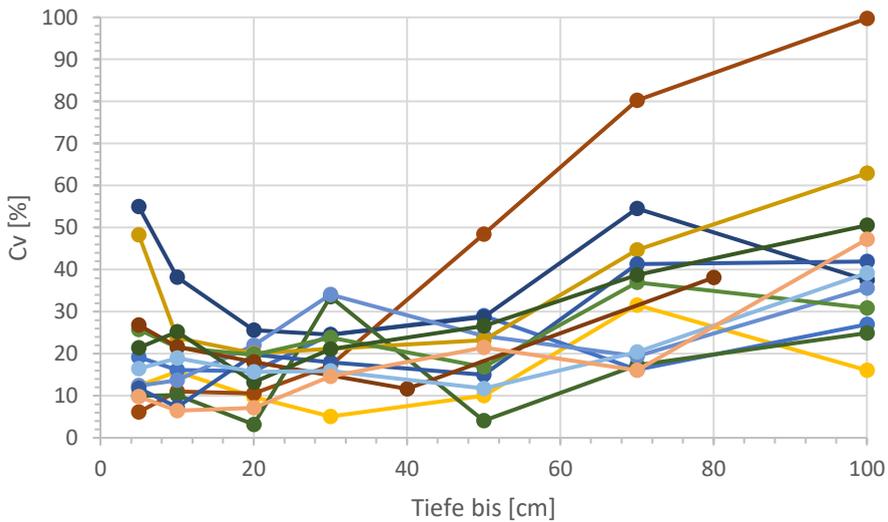


Abbildung 153: Variationskoeffizient C_v [%] des Corg-Gehalts in Abhängigkeit von der Tiefenstufe [cm] für Böden mit Skelettgehalten über 10 %, die Farben kennzeichnen die jeweiligen Böden

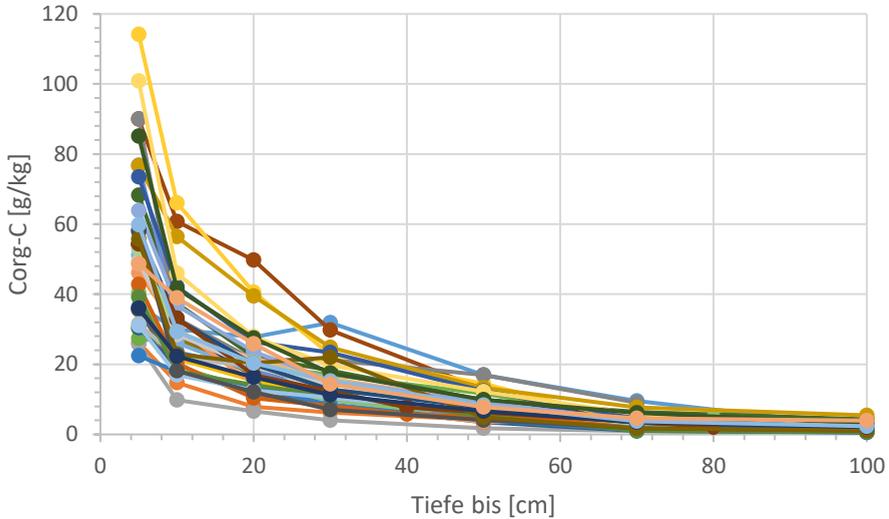


Abbildung 154: Mittlere Corg-Gehalte [g/kg] in Abhängigkeit von der Tiefenstufe [cm] für 30 Intensivmonitoringflächen, die Farben kennzeichnen die jeweiligen Böden

11.4.1.2.3 Variabilität chemischer Kennwerte am Beispiel der Gehalte im Königswasseraufschluss

Um Veränderungen von Vorräten zwischen der BZE I und BZE II bewerten zu können, ist es wichtig zu wissen, wie hoch die Variabilität bestimmter Parameter auf der Fläche und in den verschiedenen Tiefenstufen ist. Bei geringer Variabilität sollten bestimmte Parameter, wie z. B. die Königswasser-löslichen Eisen- (Fe), Phosphor- (P) oder Blei- (Pb) Gehalte, die sich über einen Zeitraum von 15 Jahren im Mineralboden nicht wesentlich verändern, bei der BZE I und BZE II sehr ähnliche Ergebnisse haben (s. Vorstudie BZE II, EVERS et al. 2001). Ist jedoch die Variabilität sehr hoch und finden sich für diese Parameter bei der BZE I und BZE II sehr verschiedene Gehalte, so kann dies nur mit hoher Variabilität am Standort erklärt werden. In diesen Fällen ist der Einfluss der standörtlichen Variabilität vermutlich deutlich höher als der zeitlichen Veränderung.

An den Ergebnissen der Untersuchungen der Intensivmonitoringflächen ist dieser Sachverhalt gut zu erkennen. Im Folgenden sind beispielhaft die Daten zweier Monitoringflächen wiedergegeben.

Wie das Profildfoto der Kiefernfläche in Augustendorf (AuKi) zeigt (s. Abb. 155), befindet sich hier in 23–48 cm ein Bh-Horizont unterschiedlich starker Ausprägung. In den davon berührten Probenahme-Tiefenstufen sollte die Variabilität diverser Parameter deutlich höher sein als darüber und vor allem darunter liegender Tiefenstufen. Dies zeigen die Königswasser-extrahierbaren Elementgehalte deutlich (s. Tab. 42).



Abbildung 155: Bodenprofil auf der Intensivmonitoringfläche Augustendorf Kiefer

Tabelle 42: Variationskoeffizienten C_v [%] der Elementgehalte im Königswasseraufschluss (OAKW) in Abhängigkeit von der Tiefenstufe [cm] (Augustendorf, Kiefer, 2003; gelb = < 20 %, orange = 20 bis 50 %, rot = > 50 %)

AUKI 2003	Cv [%]								
von (cm)	0	5	10	20	30	40	50	70	80
bis (cm)	5	10	20	30	40	50	70	80	100
OAKW Al (g/kg)	18	30	27	71	59	18	14	9	10
OAKW Ca (g/kg)	66	65	26	83	51	23	20	10	14
OAKW Cd (mg/kg)	40	75	65	39	52	222	100	45	98
OAKW Co (mg/kg)	21	25	21	21	59	28	20	16	22
OAKW Cr (mg/kg)	83	12	21	47	48	19	11	5	11
OAKW Cu (mg/kg)	19	25	43	26	29	22	7	10	9
OAKW Fe (g/kg)	12	15	27	78	76	32	36	8	10
OAKW K (g/kg)	9	9	9	18	35	20	15	9	10
OAKW Mg (g/kg)	23	14	25	76	84	31	18	11	11
OAKW Mn (g/kg)	41	19	9	18	21	27	21	21	21
OAKW Na (g/kg)	71	82	90	78	71	80	69	70	67
OAKW Ni (mg/kg)	98	18	37	34	49	19	15	10	11
OAKW Pges (g/kg)	26	29	28	86	49	42	36	37	29
OAKW Pb (mg/kg)	20	15	49	56	18	31	17	9	5
OAKW Sges (g/kg)	24	34	44	57	42	58	38	37	30
OAKW Zn (mg/kg)	26	22	41	38	41	13	12	5	7

Während in 70–100 cm Tiefe die Variabilität der meisten Elemente unter 20 %, zum Teil sogar unter 10 % liegt, steigt die Variabilität zwischen 20 und 40 cm Tiefe für viele Elemente auf 51 bis 86 % an.

Im Gegensatz dazu ist die Buchenfläche im Göttinger Wald (s. Abb. 156) sehr viel homogener. Bis 30 cm Tiefe variiert nur Ca mehr als 20 %, darunter die Elemente Cd, Mn und Pb. Variationskoeffizienten über 50 % wie bei der Fläche Augustendorf Kiefer treten überhaupt nicht auf (s. Tab. 43).



Abbildung 156: Bodenprofil auf der Intensivmonitoringfläche Göttinger Wald Buche

Tabelle 43: Variationskoeffizienten C_v [%] der Elementgehalte im Königswasseraufschluss (KöWa) in Abhängigkeit von der Tiefenstufe [cm] (Göttinger Wald, Buche, 2004; gelb = < 20 %, orange = 20–50 %)

Gehalte KöWa	Cv [%]								
von (cm)	0	5	10	20	30	40	50	70	80
bis (cm)	5	10	20	30	40	50	70	80	100
Al (g/kg)	5	3	3	16	22	17	12	11	20
Ca (g/kg)	8	34	45	45	24	12	9	7	13
Cd (mg/kg)	6	16	17	10	30	25	29	27	27
Co (mg/kg)	4	4	8	12	17	14	19	20	18
Cr (mg/kg)	7	6	14	12	12	14	12	10	14
Cu (mg/kg)	6	7	6	7	13	17	16	18	19
Fe (g/kg)	5	4	6	15	19	16	16	14	20
K (g/kg)	12	10	11	10	12	12	8	7	17
Mg (g/kg)	7	6	7	8	8	6	5	4	10
Mn (g/kg)	13	17	17	8	31	24	29	26	17
Ni (mg/kg)	4	4	10	11	14	16	16	11	16
Pges (g/kg)	10	12	14	12	13	15	14	8	7
Pb (mg/kg)	15	15	9	14	27	22	29	32	25
Sges (g/kg)	7	10	12	15	13	12	13	12	19
Zn (mg/kg)	10	12	13	13	24	20	18	15	16

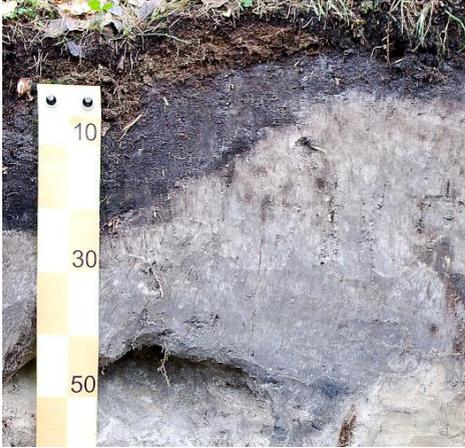
Diese Beispiele zeigen, dass mithilfe bestimmter Königswasser-extrahierbarer Elementgehalte Einschätzungen zur Homogenität der Fläche möglich sind und somit auch bei der BZE, durch Vergleich der Königswasser-extrahierbaren Elementgehalte bei der BZE I gegenüber der BZE II, abgeschätzt werden kann, ob am jeweiligen BZE-Punkt der Einfluss der Flächenvariabilität größer ist als der Einfluss der zeitlichen Veränderung.

11.4.1.3 Nullpunktdefinition

Der Übergang vom Auflagehumus zum Mineralboden ist nur selten scharf abgegrenzt und ist bei den meisten Waldstandorten fließend. Auf Standorten mit geringen Auflagen (Mull) und solchen mit Rohhumus sind die Übergänge relativ eindeutig. Bei den Moder-Standorten ist es jedoch häufig schwierig, eine eindeutige Grenze zu finden. Bei zu tiefer Grenzziehung und Probennahme gelangt zu viel Mineralboden in die Probe des Auflagehumus, es kommt zu einer „Verdünnung“ der Humusaufgabe mit Mineralboden und stets zu geringeren C-Gehalten in den jeweiligen Mineralbodenschichten. Umgekehrt gelangt bei zu hoch angesetzter Grenzziehung und Probennahme Humusmaterial in die oberste Mineralbodenprobe, sodass der C-Gehalt zu hoch ausfällt und der Humusvorrat unterschätzt wird.

Dies kann sich besonders beim Vergleich der Daten der BZE I mit der BZE II auswirken, wenn dieser tiefenstufenweise erfolgt.

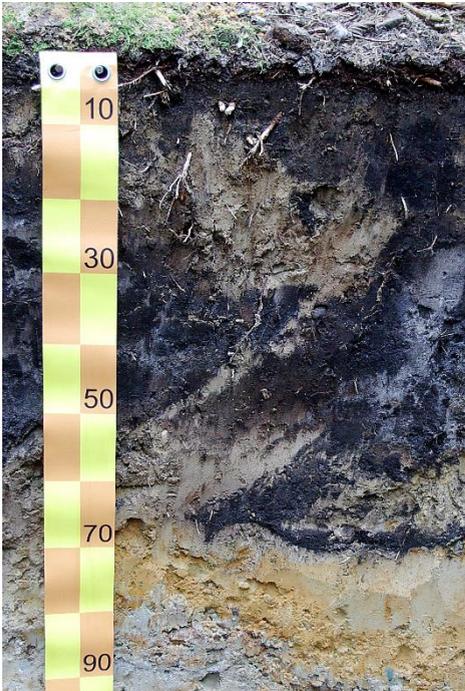
Aus diesem Grund wurden diejenigen 25 Aufnahmepunkte der BZE II in Niedersachsen näher betrachtet, bei denen der C-Gehalt in 0–5 cm bei der BZE I oder BZE II über 100 g/kg liegt und stark vom C-Gehalt der jeweils anderen BZE-Erhebung abweicht. Eine Auswertung der Profildaten ergab, dass nur in 3–4 Fällen tatsächlich eine Nullpunkt-Verschiebung die Ursache der hohen C-Gehaltsunterschiede war. In den anderen Fällen waren andere Störungen (Bodenschichtung, Pflügen, Durchwurzelung etc.) die Ursache (s. Abb. 157).



Punkt 585: Horizontierung gestört



Punkt 540: Tiefpflug



Punkt 916: Tiefpflug



Punkt 642: Durchwurzelung und Störung

Abbildung 157: Mögliche Störungen an Bodenprofilen der BZE

11.4.1.4 *Verschleppung*

Das Verschleppungsproblem tritt nicht bei Probennahmen an der Profilgrube auf. Bei Probenahme mit Bohrzylindern kann jedoch C-reicheres Material an der Zylinderinnenwand durch Verschmieren in C-ärmere untere Schichten verlagert werden. Zwar kann dieses verschleppte Material vom Bohrkern abgeschabt werden, jedoch nur auf der einen Hälfte des Bohrkerns. Dies würde dann zu Mehrbefunden führen.

Durch die Probenahme in zwei Stufen (0–30 cm per Stechzylinder und mit Bohrzylinder in 30–90 cm) ist jedoch keine Verschleppung des C-reichen Materials aus 0–5 cm in C-arme Tiefenstufen unter 30 cm möglich. Damit ist der Fehler durch Verschleppung eher gering.

11.4.1.5 *Veränderung der Trockenrohdichte in oberen Bodenschichten („Soufflé-Effekt“)*

Kommt es durch Veränderung der Humusform oder durch Entsauerung zu einer erhöhten Aktivität von Bodenwühlern, so kann der Boden durch verstärkte Durchmischung mit Humusmaterial aufgelockert werden. Da der aufgelockerte Boden mehr Volumen (und eine geringere Trockenrohdichte) hat, kann er nur nach oben „wachsen“ (Soufflé-Effekt). Bei der Probenahme nach Tiefenstufen wird von der Grenzlinie zwischen Humusaufgabe und Mineralboden an nach unten gemessen. Dies führt in den obersten Tiefenstufen des Mineralbodens dazu, dass die Proben z. B. aus 0–5 cm Tiefe nicht die gleiche Feinbodenmenge haben und damit zwischen BZE I und BZE II nicht mehr direkt vergleichbar sind. Der Fehler durch diesen Effekt ist schwer abschätzbar. Modellberechnungen von KÖLLING et al. (2010a) zeigen, dass der Fehler bei den aus den Elementkonzentrationen und der Trockenrohdichte errechneten Elementvorräten durchaus 20 % in der Tiefenstufe 0–5 cm ausmachen kann. Wenn bei Vorratsberechnungen hingegen das gesamte Profil bis z. B. 90 cm Tiefe addiert wird, wird der Fehler vernachlässigbar. Prinzipiell sind tiefenstufenbezogene Vorräte nur direkt vergleichbar, wenn die Trockenrohdichte und der Skelettanteil sich nicht verändert haben.

11.4.2 *Probleme der Probenanalyse*

11.4.2.1 *Abschätzung der Streuung chemischer Parameter durch kontinuierliches Mitmessen von Kontrollstandards*

Im Labor der NW-FVA werden neben den speziell für die BZE II mitgeführten Kontrollstandards seit vielen Jahren weitere Kontrollstandards mitgeführt und die Ergebnisse in Kontrollkarten erfasst. In der Tabelle 44 sind die Ergebnisse ausgewählter Kontrollstandards im Vergleich zu den Ergebnissen der BZE II-Standards dargestellt. Daraus lässt sich ableiten, welche Parameter welchen analytisch bedingten Streuungen unterliegen.

Tabelle 44: Standardabweichungen für verschiedene Parameter ausgewählter Kontrollstandards

Probenart	Standard	Untersuchungsmethode	Parameter	Mittelwert	Std-Abw. %
Boden	Harste30–50	effektive Austauschkapazität	Alges	256,77	2,4
			Cages	221,90	2,8
			H+	4,20	0,5
			Kges	47,33	5,0
			Mgges	26,61	4,1
			Mnges	106,03	3,1
Boden	ISE974	Königswasseraufschluss	Alges	16,29	3,6
			Cages	0,19	8,9
			Cdges	0,04	14,9
			Coges	3,97	7,2
			Crges	20,92	2,4
			Cuges	4,61	4,5
			Feges	16,37	2,6
			Kges	2,92	3,9
			Mgges	1,53	2,6
			Mnges	0,42	2,6
			Nages	0,05	29,5
			Ni ges	7,42	4,4
			Pbges	50,79	4,9
			Pges	0,36	4,5
			Sges	0,17	5,2
Znges	23,73	4,1			
Humus	NFVH	Elementaranalyse	Cges	425,66	1,3
			Nges	21,05	1,4
Boden	Boden4	Elementaranalyse	Cges	24,15	0,8
			Nges	0,48	2,1
Pflanze	NHARZ	Druckaufschluss Salpetersäure	Alges	0,09	3,2
			Cages	5,62	1,6
			Cdges	0,15	26,9
			Coges	0,28	14,3
			Crges	0,38	19,5
			Cuges	2,71	4,7
			Feges	0,06	1,6
			Kges	3,36	1,5
			Mgges	0,81	1,5
			Mnges	1,37	1,6
			Nages	0,04	12,2
			Niges	1,36	10,7
			Pbges	< 1,829	-
			Pges	1,25	2
			Sges	0,93	1,7
Znges	33,1	1,9			

11.4.2.2 *Eingeschränkte Repräsentativität von Teilproben*

11.4.2.2.1 Probenvorbereitung

Bei der Analyse von Mineralbodenproben mit hohem C-Gehalt und Humusproben mit hohem Mineralboden- bzw. Sand-Anteil zeigten sich bei Wiederholungsanalysen von Proben der BZE I aus Sachsen-Anhalt erhebliche Abweichungen bei den C-Gehalten um bis zu 100 % (s. GAFA 2014, Methode A1.4.1, dort Anhang 1).

Als mögliche Fehlerursache stellte sich die Entnahme einer Teilprobe der gesiebten Probe aus dem Probenaufbewahrungsgefäß heraus, da sich die sehr viel leichteren organischen Partikel von den schwereren Mineralpartikeln mechanisch trennen und Schichten im Gefäß bilden können, die durch Umrühren nicht vollständig homogenisiert werden. Um das Ausmaß des dadurch möglicherweise verursachten Fehlers zu bestimmen, wurde ein Methodenvergleich an sechs Humus- und zwei Bodenproben durchgeführt. Verglichen wurde dabei die im Labor der NW-FVA übliche Methode des Umrührens der gesiebten Probe im Probengefäß und anschließender Entnahme einer Teilprobe mit einem Probenlöffel für das Mahlen der Probe mit der Methode der Homogenisierung der Probe über einen automatischen Probenteiler und anschließender Mahlung einer Teilprobe sowie der anschließenden Analyse der Teilproben. Dabei stellte sich heraus, dass die einfache Handrührmethode nur unwesentlich größere Streuungen verursacht als die aufwendige Probenteilermethode. Der mittlere Variationskoeffizient von 3,5 % (Spanne zwischen 0,4 und 5,9 %) beim Handrühren der Probe ist nur unwesentlich schlechter als der mittlere Variationskoeffizient von 2,6 % (Spanne zwischen 0,2 und 10,8 %) beim Verwenden eines Probenteilers.

Damit kann davon ausgegangen werden, dass im Regelfall die gewählte Handrührmethode nicht zu verfälschten Analysenwerten führt. Lediglich bei Humusproben mit geringer Probenmenge führt das Rühren von Hand nicht ausreichend zur Probenhomogenisierung, was die gefundenen hohen Abweichungen bei den Nachanalysen von Proben der BZE I aus Sachsen-Anhalt erklärt.

11.4.2.2.2 Aufschlüsse und Extrakte

Gesiebte Humusproben sind teilweise sehr inhomogen, da sie noch Bruchstücke von Blättern und Nadeln enthalten können. Bei Extraktions- oder Perkulationsmethoden wie der Bestimmung der Austauschkapazität werden zum Teil nur kleine Probenmengen eingewogen (bei der AK Humus-Bestimmung nur 1 g). Da zudem die Benetzung von getrocknetem organischen Material sehr schlecht ist, besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass die Ergebnisse der Austauschkapazitätsbestimmung von Humusproben (AK Humus) stark streuen. Um diese Streuung zu erfassen, wurden grundsätzlich Doppelbestimmungen bei der AK Humus durchgeführt und die Abweichungen ermittelt. Diese lag bei manchen Proben für einige Elemente bei bis zu 50 %. Aus diesem Grund wurde entschieden, bei Abweichungen von mehr als 25 % bei drei oder mehr Elementen eine dritte Perkulation der Humusprobe

durchzuführen und dann entweder den Mittelwert aus den drei Perkolationen oder den Mittelwert aus den zwei nahe beieinander liegenden Perkolationen zu verwenden und den dritten Wert als Ausreißer zu eliminieren. Auf diese Weise konnte sichergestellt werden, dass in der Regel der Variationskoeffizient auch bei den inhomogeneren Proben unter 20 % lag.

Einen Eindruck von den Variationskoeffizienten der verschiedenen Methoden gibt die Tabelle 44.