

Exkursionspunkt 2a

Die Intensiv-Waldmonitoringflächen mit Buche und Fichte im Solling (E2; Profil 2)

Henning Meesenburg, Uwe Klinck, Inge Dammann, Bernd Ahrends, Birte Scheler, Heike Fortmann, Stefan Fleck

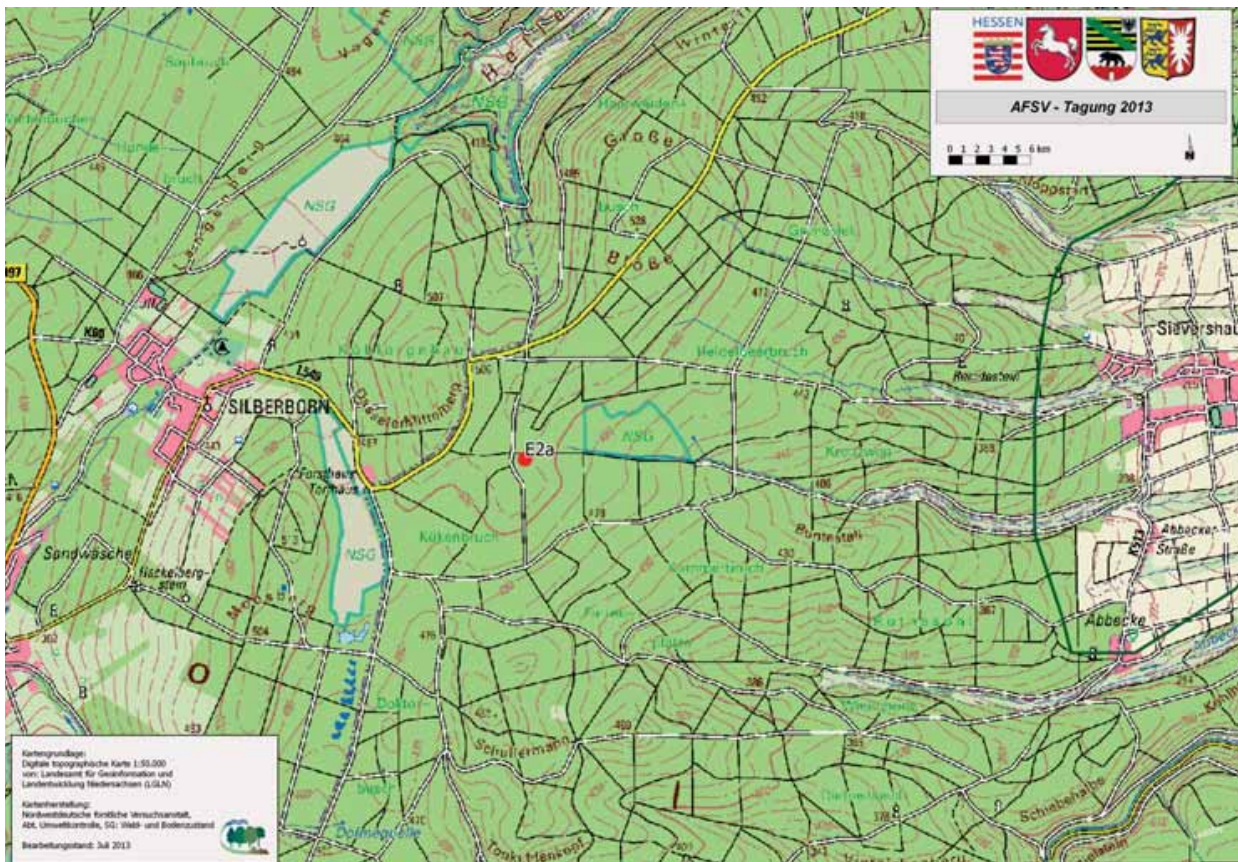


Abb. 1: Lageskizze



Foto: NW-FVA

Tabelle 1: Standortbeschreibung

Exkursionspunkt: E 2a		Standortsaufnahme							
Forstamt:	Dassel	Betrieb:	Staatswald						
Waldort:	Abt. 28	Lage im Bestand:	R 3540094 H 5736873						
Profil Nr.:	2	Standortschätzer:	Stüber, Paar, Evers, Dammann, Hövelmann	Datum:	15.05.13				
Lage	Wuchsgebiet		Wuchsbezirk		Teilwuchsbezirk				
	Mitteldeutsches Trias-Berg- und Hügelland		Hoher Solling		-				
	m über NN	Exposition	Hangneigung		Geländeform				
	500	-	sehr schwach bis schwach geneigt (2 - 9%)		Plateau				
Klima	Bezugsstation(en)		Zeitraum	tj°C	tv°C	mmj	mmVz	Vz-Tage	i
	Regionalisierte Klimadaten von umliegenden Niederschlags- und Klimastationen des dt. Wetterdienstes		1961 - 1990	7,2	13,7	906	375	142	15,8
			1981 - 2010	7,7	14,2	953	392	147	16,2
	Wuchszone				Klimafeuchte				
montan - Untere Buchenzone				schwach atlantisch - mäßig subatlantisch					
Boden	Geologie/Stratigraphie		Ausgangsmaterial der Bodenbildung						
	Pleistozän über Trias		Lößlehm über Buntsandstein						
	Humusform		Bodenart(en)						
	feinhumusreicher, rohhumusartiger Moder		schwach toniger Schluff und schluffiger Lehm über tonigem Lehm						
	Bodenskelettanteil		Gefüge		Physiol. Gründigkeit		Durchwurzelung		
	5 - 60 %		kohärent-subpolyedrisch über subpolyedrisch-polyedrisch		> 110 cm		> 110 cm		
Boden-Subtyp		schwach podsolierte, schwach pseudovergleyte, lessivierte Braunerde							
Vegetation	Weiserpflanzen, ökolog. Gruppe		Polytrichum formosum (II 2a); Dryopteris carthusiana (III 2); Oxalis acetosella (II - IV, 2-4); Rubus fruticosus (02); Vaccinium myrtillus (II 1); Trientalis europaea (III 2); Epilobium angustifolium (II 2c);						
	Potentielle natürliche Waldgesellschaft		Artenarmer montaner Hainsimsen-Buchenwald						
	Waldbestand mit derz. Bonitäten		FI 128, Bonität 2,1 (2010)						
Forstgeschichte		-							
Gelände-wasser-haushalt	vorratsfrisch, betont frisch		Trophie		mesotroph				
	184 mm nWSK (bis 100 cm)								
Standort	Geländewasserhaushalt, Waldgesellschaft und Boden-Subtyp (-Form)								
	Hessen: Untere Buchenzone - subatlantisch - betont frisch - schwach mesotroph								
	Nds.: vorratsfrischer, im Unterboden schwach staufrischer, mäßig bis ziemlich gut mit Nährstoffen versorgter Standort, mit basenarmem Material vermischter Feinlehm Boden; 9(s).3.(3-).3.1 (3.5)								
Waldbau	Standörtl. Mögl. Baumarten		FI, BU, DGL, KTA						
	Betriebszieltypen		FI/BU, DGL/BU, KTA/BU						

Tabelle 2: Profilbeschreibung

Horizont- und Schichten-symbole	Tiefen- und Mächtigkeitsangaben (cm)	Bodenfarbe, Bodenart, Bodenskelettanteile, Carbonatgehalt, Humusgehalt, Makrogefüge und Lagerungsdichte, Fleckung, Konkretionen, Durchwurzelung, Horizontbegrenzung
Humusauflage:		
OL	11 - 9	Fichtenstreu, locker
Of	9 - 4	schichtige Nadelförna
Oh	4 - 0	schwarzbraune, brechbare Humussubstanz
Mineralboden:		
Ahe	0 - 10	dunkelbrauner, schwach toniger Schluff; 5% Skelett; mittelhumos; kohärentes bis subpolyedrisches Gefüge, starke Durchwurzelung
Bsv	10 - 15	kräftig-brauner, schwach toniger Schluff, 5% Skelett, schwach humos; kohärentes bis subpolyedrisches Gefüge; starke Durchwurzelung;
S / AIBv	15 - 40	gelblich-brauner, schluffiger Lehm; 5% Skelett; kohärentes bis subpolyedrisches Gefüge; schwache Durchwurzelung
Btv	40 - 75	hell rötlich-brauner, schluffiger Lehm; 20% Skelett; subpolyedrisches bis polyedrisches Gefüge; sehr schwache Durchwurzelung
II SwdBtv / BvCv	> 75	rötlich-brauner, toniger Lehm; 25% Skelett; subpolyedrisches bis polyedrisches Gefüge; sehr schwache Durchwurzelung

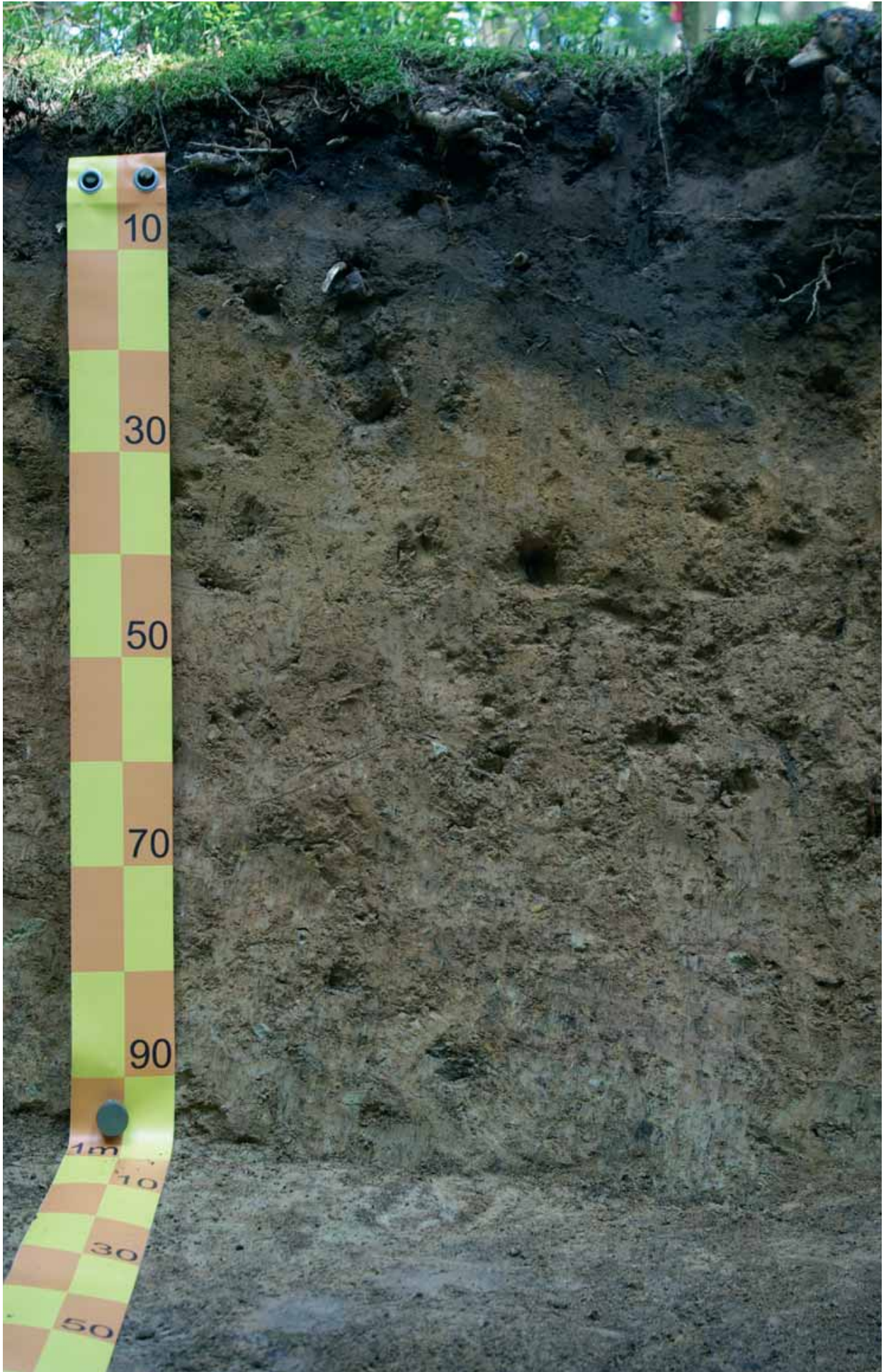


Abb. 2: Profilfoto (Winfried Klotz)

Tabelle 3: Bodenchemie und -physik (BDF-Inventuren 2001 und 2010)

Tiefe cm	pH I (DIN-H ₂ O)	pH II (DIN-H ₂ O)	pH I (DIN-KCl)	pH II (DIN-KCl)	Bewertungsrahmen nach der Forstlichen Standortskartierung (AK Standortskartierung 2003)										
					(eff. Wurzelraum mit Auflagehumus)	sehr gering	gering	gering mittel	mittel	mittel hoch	hoch	sehr hoch			
Auflage	3,51	3,71	2,71	2,86	Basensättigung (%)	7	20	30	50	70	85				
0 - 5	3,35	3,58	2,66	2,83	Ake (kmol(c)/ha)	50	100	250	500	1000	2000				
5 - 10	3,57	3,86	3,01	3,18	Ca (kg/ha)	200	400	800	2000	4000	8000				
10 - 20	3,95	4,27	3,54	3,67	Mg (kg/ha)	50	100	200	500	1000	2000				
20 - 30	4,19	4,47	3,94	4,04	K (kg/ha)	200	400	600	800	1200	1600				
30 - 40	4,24	4,54	4,02	4,15	C (t/ha)	50		100	200		400				
40 - 50	4,21	4,46	3,97	4,12	N (t/ha)	2,5		5,0	10,0		20,0				
50 - 70	4,13	4,40	3,81	3,99	C/N	35	25	20	16	12	10				
70 - 80	4,15	4,34	3,74	3,88	Pufferbereiche	Fe-Oxid	Al-Oxid	Austauscher	Kohlensäure/Silikat	Carbonat					
80 - 100	4,11	4,32	3,70	3,84	pH (H ₂ O)	3,5	4,2	5,0		6,2					
100 - 150	4,07		3,68		nutzbare Feldkapazität (mm)	äußerst gering	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	äußerst hoch			
150 - 200	4,14		3,69			30	60	90	120	180	240				

Mineralboden: effektive Austauschkapazität(NH ₄ Cl, Auflage BaCl ₂)										
Tiefe cm	BS I %	BS II %	AK I kmol(c)/ha	AK II kmol(c)/ha	Ca I kg/ha	Ca II kg/ha	Mg I kg/ha	Mg II kg/ha	K I kg/ha	K II kg/ha
Auflage	30	43	42	28	111	116	18	19	41	51
0 - 5	4	5	65	61	29	21	8	8	21	22
5 - 10	3	3	62	59	13	12	5	5	19	19
10 - 20	3	4	92	88	17	20	7	7	32	34
20 - 30	4	5	62	63	13	24	4	5	33	35
30 - 40	4	6	50	48	10	20	3	4	35	36
40 - 50	4	5	51	52	9	12	3	3	43	43
50 - 70	4	4	142	136	20	20	8	7	140	113
70 - 80	5	4	90	93	14	11	6	5	95	92
80 - 100	5	4	177	183	32	26	15	13	197	179
100 - 150	5									
150 - 200	6									
0 - 100	4	5	791	782	157	166	59	57	615	573
Summe 1	5	6	833	809	267	283	77	76	656	624

Auflage	Druckaufschluss mit Salpetersäure	168	134	85	45	262	129
Summe 2	Auflage und Mineralboden bis 100 cm	325	301	144	102	878	702

Tiefe cm	Elementaranalyse				Druckaufschluss s.o.			
	C I t/ha	C II t/ha	N I t/ha	N II t/ha	C/N I -	C/N II -	P I kg/ha	P II kg/ha
Auflage	51,9	37,5	2,0	1,5	27	28	103	68
0 - 5	25,8	21,5	1,2	1,2	21	19	196	192
5 - 10	16,4	14,3	0,9	0,8	18	17	185	177
10 - 20	23,0	20,6	1,3	1,3	17	16	367	332
20 - 30	14,6	16,6	1,0	1,2	14	14	364	369
30 - 40	8,9	9,4	0,8	0,8	11	11	346	340
40 - 50	5,6	5,4	0,5	0,6	12	9	299	290
50 - 70	6,0	6,3	0,6	0,9	10	7	576	561
70 - 80	2,0	1,8	0,4	0,5	6	4	369	367
80 - 100	2,3	2,5	0,7	0,9	3	3	797	802
0 - 100	104,6	98,3	7,5	8,2			3498	3430
Summe	158,4	135,8	9,5	9,7			3601	3498

Tiefe cm	TRDF g/cm ³	GBA Vol%	Masse t/ha	nFK mm
Auflage			(120 (2001)/77)	
0 - 5	0,82	1	406	14
5 - 10	1,02	5	485	14
10 - 20	1,05	5	1000	26
20 - 30	1,13	5	1070	20
30 - 40	1,09	3	1057	20
40 - 50	1,19	15	1048	18
50 - 70	1,34	22	2077	33
70 - 80	1,57	23	1216	13
80 - 100	1,56	23	2406	26
0 - 100	1,27	14,40	10765	184

Die Monitoringflächen

Seit nahezu 50 Jahren werden im Solling Waldökosysteme kontinuierlich beobachtet. Die Monitoringflächen befinden sich im Zentrum des Solling-Plateaus auf ca. 500 m ü. NN unter gut vergleichbaren Standortbedingungen (Tab. 4). Die Fichten- und Buchenflächen wurden 1966 im Rahmen des Internationalen Biologischen Programms (IBP) unter den Namen F1 (Fichte) und B1 (Buche) eingerichtet (Ellenberg et al. 1986). Beide Monitoringflächen wurden 1992 in das niedersächsische Boden-Dauerbeobachtungsprogramm (Höper u. Meesenburg 2012) und 1994 als Level II-Flächen in das Europäische Intensive Waldmonitoring unter ICP Forests (Haußmann u. Lux 1997) aufgenommen. Das Monitoringprogramm umfasst eine Kombination von Zustands- und Prozessbeschreibung.

In unmittelbarer Nachbarschaft zu den Monitoringflächen wurde eine Vielzahl von Versuchsflächen zur experimentellen Untersuchung von Fragen zur Kalkung, Düngung, Bodenversauerung und zum forstlichen Management angelegt. Erste Kalkungsversuche wurden bereits 1973 als Ergänzung zu den Hauptuntersuchungsflächen angelegt (Flächen BD und FD). Zur Frage der Melioration von tiefgründig versauerten Standorten wurde 1982 in einem Buchenbestand die BK-Fläche mit 30 t ha⁻¹ dolomitischem Kalk beaufschlagt (Meesenburg et al. 2009). Eine andere Buchenfläche (BN) wurde von 1983 bis 1993 jährlich mit 140 kg ha⁻¹ Stickstoff in Form von Ammoniumsulfat zur Induktion einer zusätzlichen Versauerung gedüngt (Meesenburg et al. 2004).

Böden

Die Böden der Monitoringflächen sind nach WRB-Klassifikation als Dystric Cambisols einzustufen mit typischem Moder (Buche) bzw. rohhumusartigem Moder (Fichte) als Humusaufgabe (Tab. 4, Deutschmann 1994). Das Ausgangsmaterial der Bodenbildung sind Löß-Fließerden von 60 bis 80 cm Mächtigkeit, die von einer Übergangszone (bis ca. 95 cm) und umgelagerten Buntsandsteinmaterial (bis 135 - 150 cm) unterlagert werden. Eine Lage von stark verwittertem Tonstein bildet die Basis des Profils. Die Textur wird aufgrund des Lößanteils von Schluff dominiert. Die Hauptwurzelzone ist auf die organische Auflage und den oberen Mineralboden beschränkt. Die hydraulischen Eigenschaften werden durch die Zweischichtigkeit der Böden geprägt. Sowohl das Gesamtporenvolumen wie auch die hydraulische Leitfähigkeit nehmen mit der Tiefe ab, wodurch insbesondere auf der Fichtenfläche häufig Staunässe auftritt (Benecke 1984). Ein permanenter Grundwasserspiegel befindet sich in mehr als 40 m Tiefe.

Die Waldbestände

Solling, Fichte (F1)

Die Fichten-Monitoringfläche ist mit einem derzeit 129 Jahre alten Reinbestand bewachsen, der aus einer Aufforstung einer früheren Weide mit Fichte (*Picea abies* (L.) Karst) hervorgegangen ist. Seit 1968 wurden Bäume nur aufgrund von Windwurf oder krankheitsbedingt entnommen. Daher ist der Bestand heute sehr dicht (Tab. 4). Nahezu alle Bäume sind aufgrund von Schältschäden durch Rotwild mit Rotfäule infiziert. *Vaccinium myrtillus*, *Avenella flexuosa*, und *Dropteris dilatata* sind die Arten der spärlichen Bodenvegetation mit den höchsten Deckungsanteilen. Die natürliche Vegetation kann als *Luzulo-Fagetum typicum* klassifiziert werden (Ellenberg et al. 1986).

Solling, Buche (B1)

Die Monitoringfläche mit einem derzeit 164 Jahre alten Reinbestand aus Buche (*Fagus sylvatica* L.) ist aus Naturverjüngung hervorgegangen. Auch hier fanden Baumentnahmen seit 1968 nur bedingt durch Windwurf oder Sanitätshiebe statt, so dass auch dieser Bestand heute einen hohen Bestockungsgrad aufweist. In der nur spärlich vertretenen Bodenvegetation, die als *Luzulo-Fagetum typicum* eingestuft wird, dominieren *Oxalis acetosella* und *Luzula luzuloides* (Ellenberg et al. 1986).

Tabelle 4: Beschreibung der Intensiv-Monitoringflächen im Solling

	Einheit	Solling Fichte F1	Solling Buche B1
Breite	[°]	N51°46'	N51°46'
Länge	[°]	E09°34'	E09°34'
Höhe	[m] ü. NN	508	504
Neigung	[°]	0-2	0-3
Exposition		Osten	Süden
Waldbestand	Art	<i>Picea abies</i> (Karst.)	<i>Fagus sylvatica</i> (L.)
Bestandesalter (2013)	[Jahre]	129	164
Bestandesdichte (2010)	[Bäume/ha]	354	139
Mittlerer BHD Dg (2010)	[cm]	43,5	48,5
Mittlere Höhe Hg (2010)	[m]	32,4	30,1
Vorrat (2010)	[m ³]	732	393
natürliche Vegetation	PNV	Luzulo-Fagetum	Luzulo-Fagetum
Geologie		Sandstein mit Lössauflage	Sandstein mit Lössauflage
Bodentyp (WRB)		Dystric Cambisol	Dystric Cambisol
Humusform		rohhumusartiger Moder	typischer Moder
Niederschlag	[mm]	1168*	1168*
Niederschlag (Mai - Okt.)	[mm]	504	504
mittlere Temperatur	[°C]	7,3	7,3
mittl. Temperatur (Mai - Okt.)	[°C]	12,7	12,7

* gemessene Freilandniederschläge mit LWF-Regensammlern (Zeitraum: 1969-2011)

Vitalität

Die Vitalität der Bestände wurde mittels Kronenansprache seit 1984 auf der Fichten-Monitoringfläche (F1) und seit 1987 auf der Buchenfläche (B1) eingeschätzt. Später wurden auch gekalkte Parzellen (FD, BD) einbezogen (Abb. 3). Beide Monitoringflächen zeigten eine ansteigende Kronenverlichtung bis Ende der 1980er Jahre. Bei der Fichte zeigten sich seitdem nur geringe Änderungen. Auf der Buchenfläche waren jährliche Schwankungen ausgeprägter, in den letzten 2 Jahren wurde ein erhöhtes Niveau der Kronenverlichtung festgestellt. Die gekalkten Flächen wiesen zu Beginn der gleichzeitigen Beobachtung einen günstigeren Kronenzustand auf und haben sich seitdem an das Niveau der Kronenverlichtung der ungekalkten Flächen angeglichen (Abb. 3).

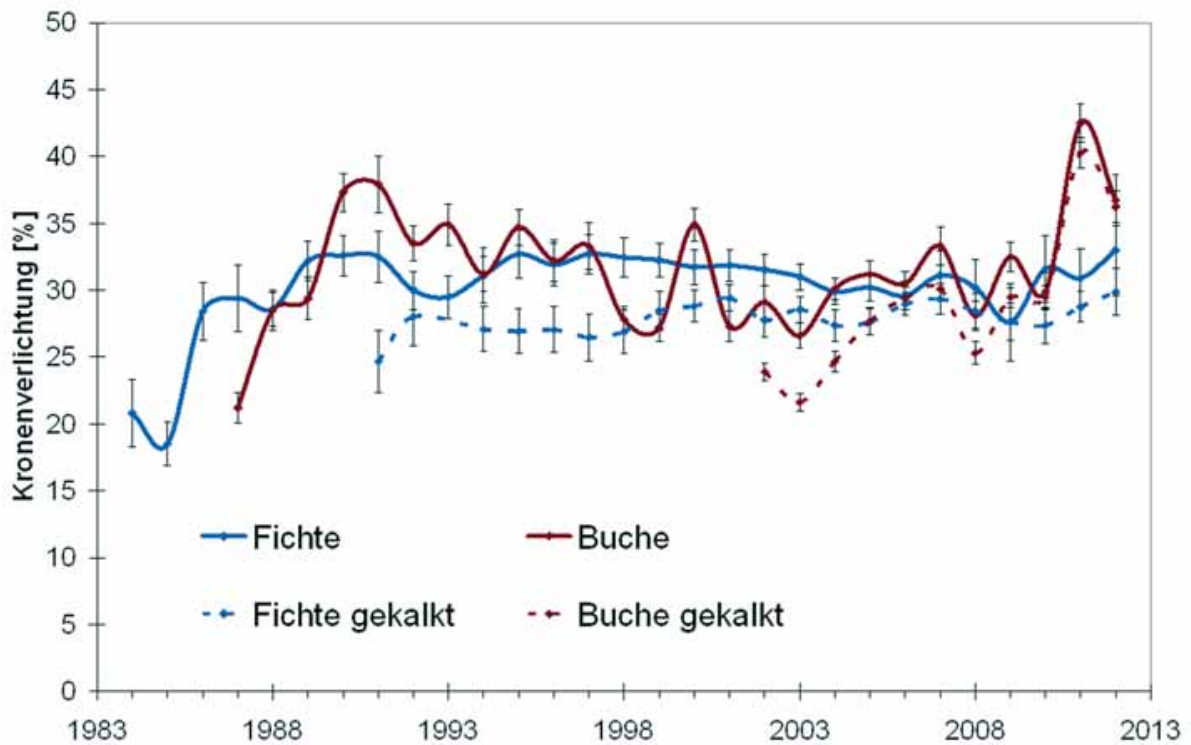


Abb. 3: Kronenverlichtung auf ungekalkten und gekalkten Monitoringflächen im Solling (Mittelwerte \pm Standardfehler des Mittelwertes)

Monitoring von Stoffflüssen

Mit dem Monitoring der Stoffflüsse mit Freilandniederschlag, Kronentraufe, Stammablauf und Bodenlösung wurde 1968 begonnen (Bodenlösung in F1 1973). Damit gehört dieser Datensatz heute zu den weltweit längsten Zeitreihen von Stoffflüssen in Waldökosystemen.

Die Flüsse fast aller Elemente mit der atmosphären Deposition haben während der letzten drei Jahrzehnte im Solling abgenommen. Signifikante Trends wurden für SO_4 , Azidität, Cl, Mg, Ca, Mn und verschiedene N-Spezies beobachtet. Die SO_4 -Flüsse nahmen aufgrund von Emissionsminderungsmaßnahmen in Deutschland in der gleichen Größenordnung sogar um mehr als 80 % ab (Abb. 4). Die Einträge basischer Kationen nahmen seit Beginn des Monitorings deutlich ab, was auf die Reduktion von Staubemissionen in Mitteleuropa zurückgeführt werden kann (Abb. 5). Im Gegensatz dazu haben die Stickstoffeinträge bis Ende der 1980er Jahre gar nicht und seitdem nur leicht abgenommen (Abb. 5). Dabei stieg der Anteil von NH_4 am Gesamt-N-Eintrag kontinuierlich an, so dass NH_4 auch einen bedeutenden Anteil an der Säurebelastung einnimmt. Dieser beträgt aktuell 50 bis 85 % der Gesamtsäurebelastung, während er in den 1970er Jahren nur 10 bis 40 % ausmachte.

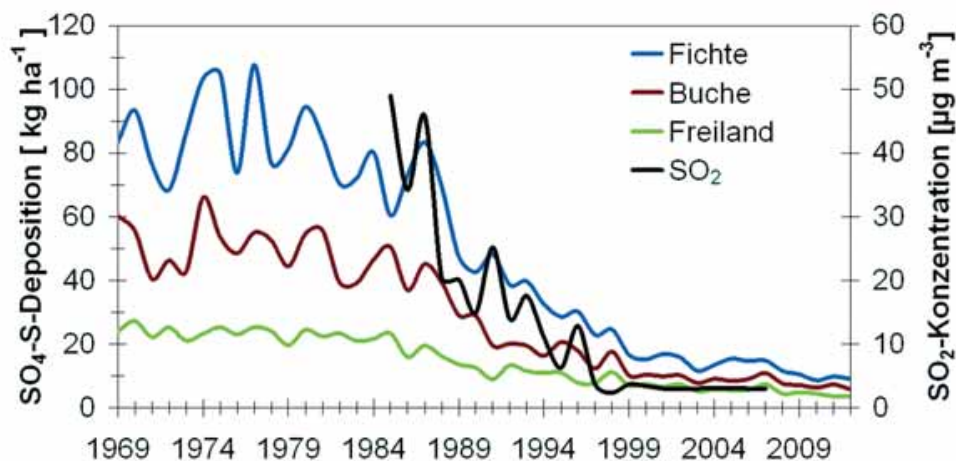


Abb. 4: SO_2 -Luftkonzentration und Sulfat-Schwefeldeposition ($\text{SO}_4\text{-S}$ kg ha^{-1}) im Freiland sowie unter Buchen- und Fichtenbeständen im Solling von 1969 bis 2012

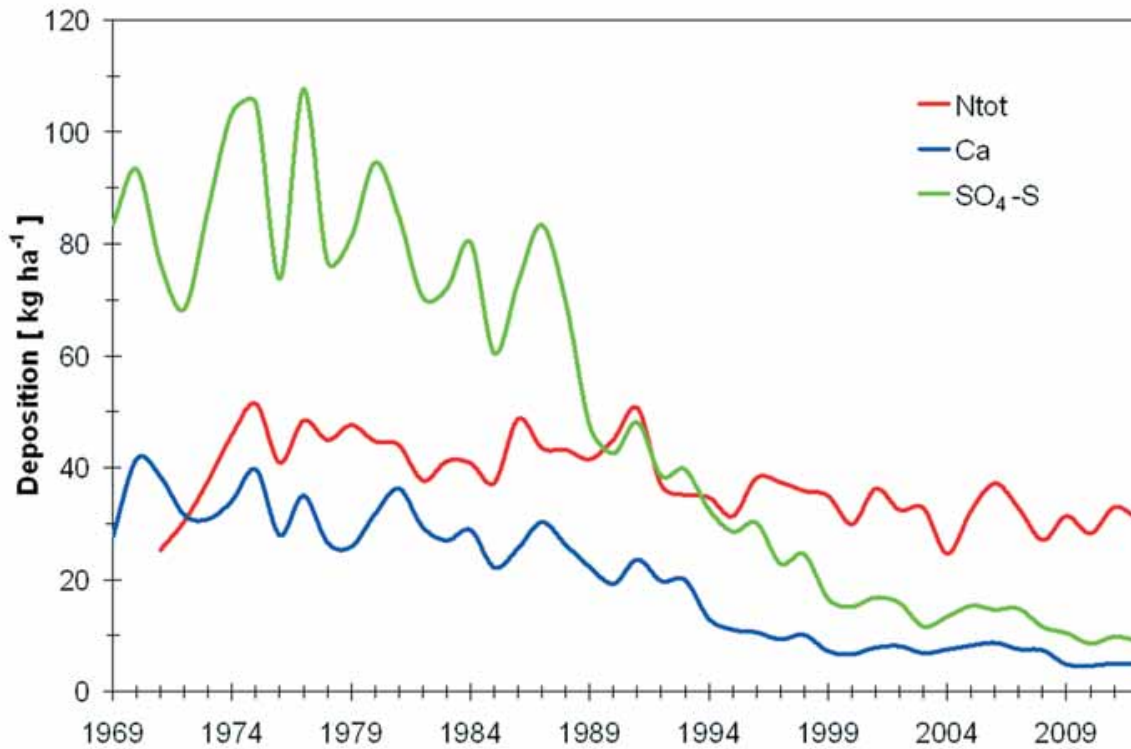


Abb 5: Kronentraufedeposition von Sulfat-Schwefel ($\text{SO}_4\text{-S}$), Calcium (Ca) und Gesamt-Stickstoff (Ntot) im Fichtenbestand im Solling von 1969 bis 2012

Die langjährigen Stoffbilanzen zeigen für beide Monitoringflächen jeweils unabhängig von der angenommenen Nutzungsintensität positive Bilanzen für Stickstoff und Kalium, d.h. eine Anreicherung dieser Elemente im Ökosystem (Abb. 6, Klinck et al. 2012). Für Stickstoff kann dies auf eine Zunahme der Vorräte in der Humusaufgabe zurückgeführt werden (Meiwes et al. 2009, Fortmann et al. 2012). Im Falle von Kalium kann keine Anreicherung im Ökosystem durch Vorratsinventuren nachgewiesen werden. Abnehmende Nadel-/Blattgehalte deuten sogar auf eine verschlechterte Verfügbarkeit von Kalium hin (Mindrup et al. 2012). Möglicherweise wurden die Freisetzungsraten von Kalium durch Silikatverwitterung überschätzt.

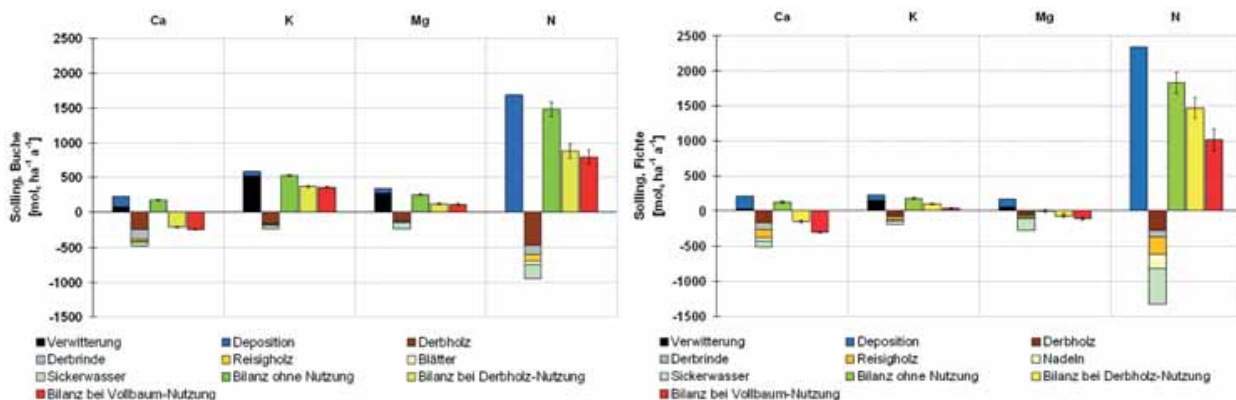


Abb. 6: Elementbilanzen von Calcium (Ca), Kalium (K), Magnesium (Mg) und Stickstoff (N) für die Level II-Flächen Solling, Buche (links) und Solling, Fichte (rechts) (Median \pm Standardfehler 1992 bis 2009)

Calcium zeigt sowohl bei Buche wie bei Fichte nur bei Annahme einer nutzungsfreien Bewirtschaftung eine positive Bilanz. Derbholz- oder Vollbaumnutzung könnte ohne Calcium-Rückführung (z.B. durch Kalkung) nicht nachhaltig betrieben werden (Abb. 6). Für Magnesium ergeben sich für die Buchenfläche für alle Nutzungsoptionen positive Bilanzen, für die Fichtenfläche bei angenommener Derbholz- oder Vollbaumnutzung negative Bilanzen.

Literatur

- Benecke, P. (1984): Der Wasserumsatz eines Buchen- und eines Fichtenwaldökosystems im Hochsolling. Schr. Forstl. Fak. Univ. Göttingen u. Nieders. Forstl. Versuchsanst. 77.
- Deutschmann, G. (1994): Zustand und Entwicklung der Versauerung des Bodens und des oberflächennahen Buntsandsteinuntergrundes eines Waldökosystems im Solling. Ber. Forschungszentrum Waldökosysteme A118.
- Ellenberg, H.; Mayer, R.; Schauer, J. (Hrsg.) (1986): Ökosystemforschung: Ergebnisse des Solling-Projekts. Stuttgart, Ulmer.
- Fortmann, H.; Rademacher, P.; Groh, H.; Höper, H. (2012): Stoffgehalte und -vorräte im Boden und deren Veränderungen. In: Höper, H.; Meeseburg, H. (Hrsg.): 20 Jahre Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen. Geoberichte 23, 48-69.
- Haußmann, T.; Lux, W. (1997): Dauerbeobachtungsflächen zur Umweltkontrolle im Wald Level II: Erste Ergebnisse. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.).
- Höper, H.; Meeseburg, H. (Hrsg.) (2012): 20 Jahre Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen. Geoberichte 23, 254 S.
- Klinck, U.; Rademacher, P.; Scheler, B.; Wagner, M.; Fleck, S.; Ahrends, B.; Meeseburg, H. (2012): Ökosystembilanzen auf forstwirtschaftlich genutzten Flächen. In: Höper, H.; Meeseburg, H. (Hrsg.): 20 Jahre Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen. Geoberichte 23, 163-174.
- Meeseburg, H.; Brumme, R.; Jacobsen, C.; Meiwes, K.J.; Eichhorn, J. (2009): Soil properties. In: R. Brumme; P.K. Khanna (Hrsg.): Functioning and Management of European Beech Ecosystems, Ecol. Studies 208, 33-47.
- Meeseburg, H.; Merino, A.; Meiwes, K.J.; Beese, F.O. (2004): Effects of long-term application of ammonium sulphate on nitrogen fluxes in a beech ecosystem at Solling, Germany. Water, Air, and Soil Pollution: Focus 4, 415-426.
- Meiwes, K.J.; Meeseburg, H.; Bartens, H.; Rademacher, P.; Khanna, P.K. (2002): Akkumulation von Auflagehumus im Solling: Mögliche Ursachen und Bedeutung für den Nährstoffkreislauf. Forst und Holz 57, 428-433.
- Mindrup, H.; Dammann, I.; Talkner, U.; Meiwes, K.J. (2012): Zeitliche Entwicklung und Bewertung der Baumernährung. In: Höper, H.; Meeseburg, H. (Hrsg.): 20 Jahre Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen. Geoberichte 23, 121-132.