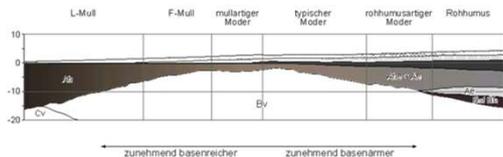


Landesbetrieb Wald und Holz
Nordrhein-Westfalen 


Bodenschutzkalkung in NRW Status und Perspektive

Norbert Asche, Gelsenkirchen

DLG Waldtage 14.09.2019 in Lichtenau

Landesbetrieb Wald und Holz
Nordrhein-Westfalen 

Bodenschutzkalkung: Status

2



Boden + Säure = Bodenversauerung/-verarmung

Von Bodenversauerung spricht man, wenn von außen oder durch bodeninterne Prozesse mehr Protonen von Säuren eingetragen werden, als der Boden neutralisieren kann. Sie wird verstärkt, wenn die basischen Reaktionsprodukte von Neutralisationsreaktionen ausgewaschen bzw. ausgetragen werden.

In der Folge nimmt der Basenvorrat ab und am Ende sinkt der Boden-pH ab.

Böden in humiden Klimabereichen versauern im Laufe ihrer Entwicklung (der Pedogenese). Dieser an sich natürliche Vorgang kann durch menschliche Einflussnahme verstärkt werden.

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Bodenversauerung>



Bodenversauerung im Wald bewirkt:

- Verminderte Elastizität der Waldböden
- Änderung der Artenzusammensetzung
- Verlust an Biodiversität
- Störung der Stoffkreisläufe
- Bildung von Auflagehumus
- Nährstoffungleichgewichte bzw. – mangel bei Waldbäumen
- verminderte Produktivität der Pflanzengesellschaft
- Podsolbildung
- Belastung des Grundwassers mit Kationensäuren (u.a. Al, Mn, Fe)



Bodenschutzkalkung

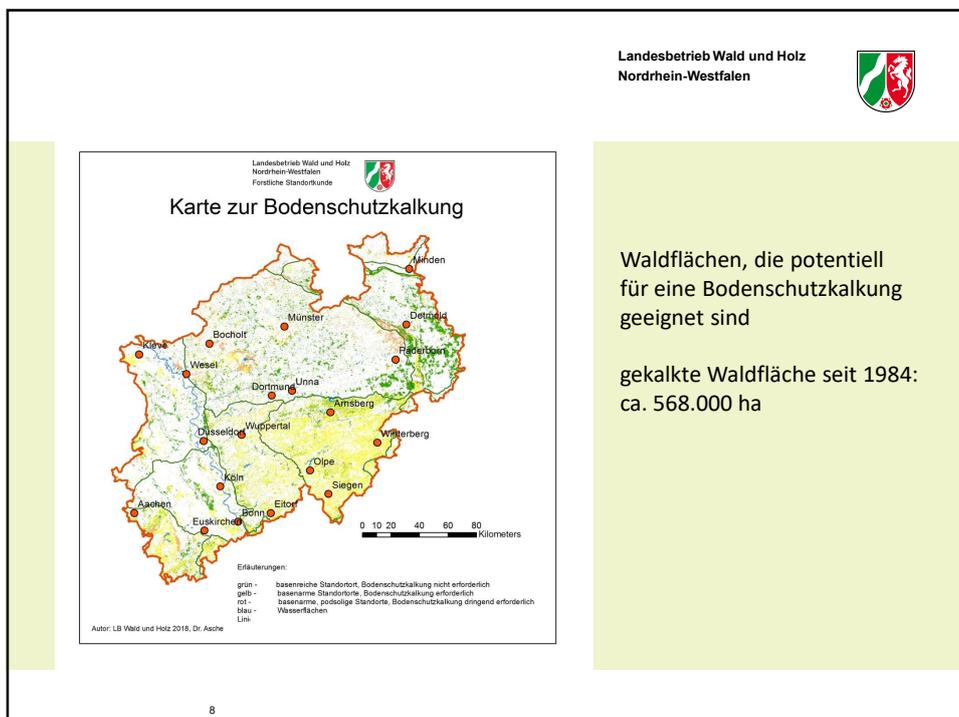
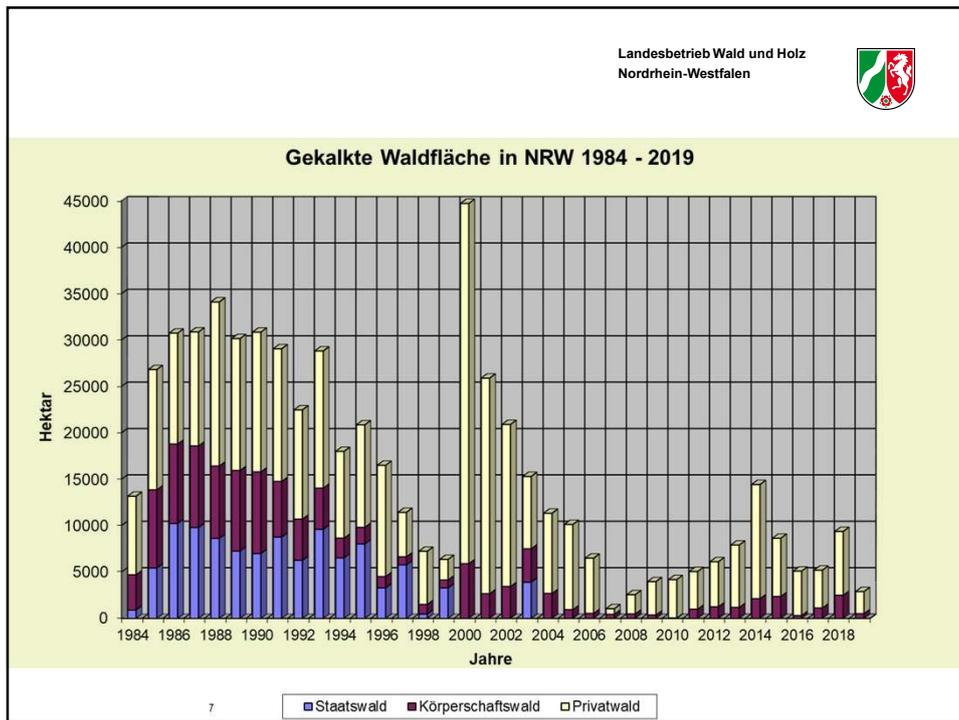
- **Ausbringung von 3 t Kalk bzw. Dolomit / ha**
- **Säureneutralisationskapazität ca. 58 kmol_c/ha**
- **Ausbringung i.d.R. mit Hubschrauber**
 - Vom 15.3. bis 15.7. dürfen Kalkungsmaßnahmen aus der Luft nicht erfolgen.
 - Vom 15.7. bis 30.9. dürfen nicht granuliert Materialien nur staubfrei ausgebracht werden
- **Flächige Ausbringungskontrolle über GPS Aufzeichnungen**



Ziele der Bodenschutzkalkung

- **Neutralisation deponierter und im Waldökosystem gebildeter Säuren**
 - Verminderung der Säure- und Kationensäuregehalte in der Bodenlösung und am Austauscherkomplex
 - Erhaltung bzw. Schaffung eines für das Wurzelsystem günstigen bodenchemischen Zustand
 - Verbesserung der Nährstoff- und Basenversorgung von Blättern und Nadeln,
 - Erhaltung bzw. Schaffung eines Bodenzustandes, in dem **Bodentiere aktiv** sein können
- **Förderung der Bodenvegetation, Biodiversität**
 - Auflagehumusformen in Richtung Mineralbodenhumusformen verändern
- **Verminderung toxisch wirkender Al- und H-Säurekonzentrationen**
 - Stärkung der natürlichen Verjüngung der Waldbäume

- *Risiken der Bodenschutzkalkung*





Bodenschutzkalkung: Perspektive

9



Säurebelastungen der Waldökosysteme
übersteigen deren
Säureneutralisationskapazität
auf basenarmen Gesteinen
auch heute noch

Säureneutralisationskapazität Silikatverwitterung

basenarme Gesteine

ca. **0,2 - 1 kmolc/(ha*a)** bzw. 10 -50 kg CaCO₃/(ha*a)

10



Säurebelastung durch:

Luftverunreinigungen

2 - 6 kmolc/(ha*a) bzw. 100 -300 kg CaCO₃/(ha*a) bis Ende siebziger Jahre

0,8 - 3 kmolc/(ha*a) bzw. 40 -150 kg CaCO₃/(ha*a) ab Mitte neunziger Jahre/Heute

11



Meßfläche im Wald

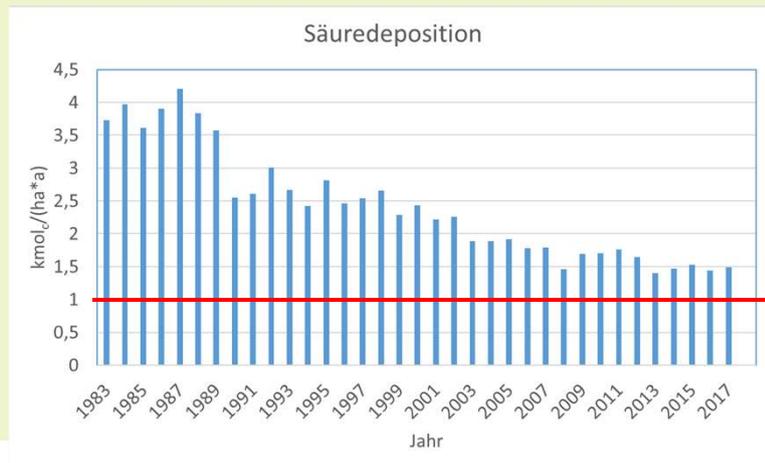


12



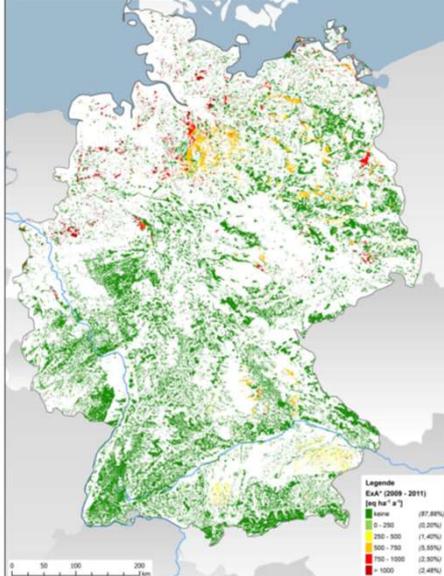
Stoffeinträge auf Dauerbeobachtungsflächen in NRW

(Quelle: LANUV 2019, Dr. Eickenscheid)



13

Überschreitungen des Critical Load für Versauerung (seesalzkorrigiert)

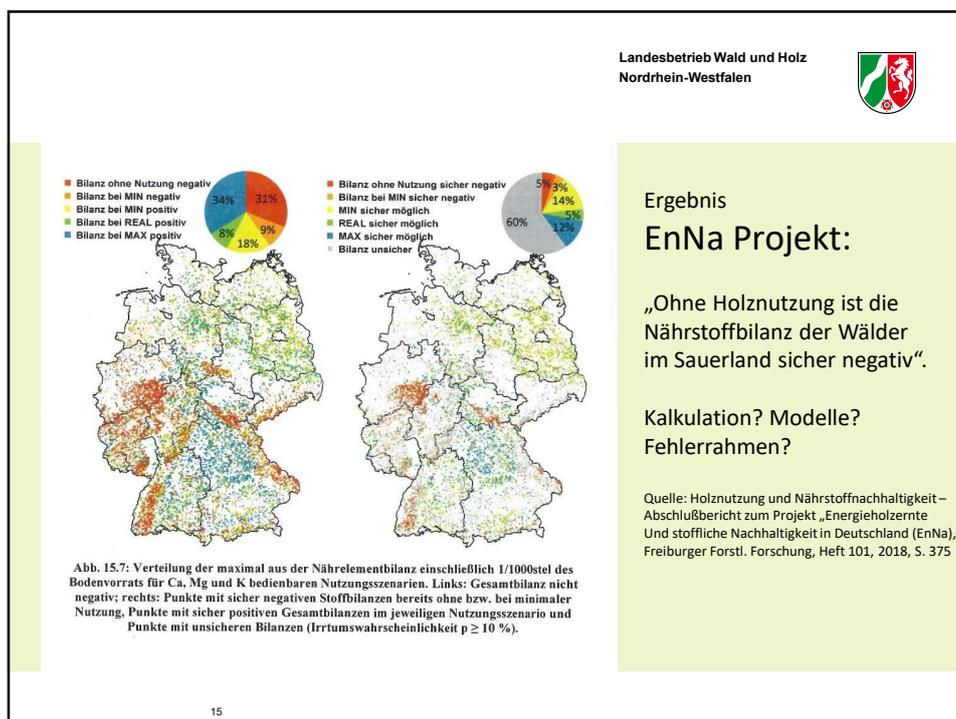


Critical load für Versauerung werden in NRW nicht mehr überschritten?

Quelle: UBA Texte 63/2017 oder https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3712_63_240_2_ermittlung_bewertung_luftschadstoffe_bf.pdf

Aber vergleiche Ergebnisse EnNa Projekt

14



Landesbetrieb Wald und Holz
Nordrhein-Westfalen



Zwischenfazit 1: Externe Säureinträge aus Atmosphäre

- Auf basenarmen Böden übersteigen die Säureinträge in den Wald die nachschaffende Kraft (Verwitterung, Deposition) der Standorte
- Folge der Säureinträge ist ein weiterer Verlust an Biodiversität (u.a. Bodenleben) und ein Fortschreiten der Bodenverarmung und -versauerung in den Unterboden
- **Externe Säureinträge** können als eine **ungenehmigte Abfallentsorgung im Wald** verstanden werden. Ihre weitere Verminderung ist dringend erforderlich
- Negative Wirkungen dieser Abfallentsorgung (u.a. Vitalitätsverluste) sind auszugleichen bzw. zu kompensieren

16



Säurebelastungen durch Biomassenutzung

0,1 - 0,3 kmol_c/(ha*a) bzw. 5 -15 kg CaCO₃/(ha*a) Stammholznutzung o. R.

0,2 - 0,5 kmol_c/(ha*a) bzw. 10 -25 kg CaCO₃/(ha*a) Stammholznutzung m. R.

0,5 - 2,5 kmol_c/(ha*a) bzw. 25 -125 kg CaCO₃/(ha*a) Vollbaumnutzung

Biomassenutzung Historisch:
Nutzungsgeschichte der letzten 2000 Jahre

Holz- und Streunutzung haben mehr als 50 % der Säurebelastung bzw. Mineralstoffverarmung von Waldböden in Deutschland bewirkt

17



Biomassenutzung verändert den Boden

<p>Die Grundzüge der Agricultur-Chemie mit Rücksicht auf die in England angeführten Untersuchungen. Von Johann von Liebig. Zweiter, nach einer Neuauflage von Herrn Braunschwieg, Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn, 1855.</p>	<p>3) In den Producten des Feldes wird in den Ernten die ganze Quantität der Bodenbestandtheile, welche Bestandtheile der Pflanzen geworden sind, hinweggenommen und dem Boden entzogen; vor der Einsaat ist der Boden reicher daran als nach der Ernte; <u>die Zusammensetzung des Bodens ist nach der Ernte geändert.</u></p> <p>4) Nach einer Reihe von Jahren und einer entsprechenden Anzahl von Ernten nimmt die Fruchtbarkeit der Felder ab. Beim Gleichbleiben aller übrigen Bedingungen ist der Boden allein nicht geblieben was er vorher war; die Aenderung in seiner Zusammensetzung ist die wahrscheinliche Ursache seines Unfruchtbarwerdens.</p>
--	---

Biomassevorräte und Mineralstoffmengen für ausgewählte Baumarten in kg/ha

Landesbetrieb Wald und Holz
Nordrhein-Westfalen



Tab. 128: Nährelement-Vorratsafeln für Eiche, Buche, Fichte, Douglasie und Kiefer, jeweils höchstes / niedrigstes Wertespektrum der untersuchten Substrate (Block et al. 2016)

Alter	Krs Fl m²	Vor- rat vfm	Biomasse [t/ha]				Stickstoff [kg/ha]				Phosphor [kg/ha]				Kalium [kg/ha]				Kalzium [kg/ha]				Magnesium [kg/ha]				Schwefel [kg/ha]										
			DH	NDH	DR	Nd	Sa	DH	NDH	DR	Nd	Sa	DH	NDH	DR	Nd	Sa	DH	NDH	DR	Nd	Sa	DH	NDH	DR	Nd	Sa	DH	NDH	DR	Nd	Sa					
Douglasie <- I Ekl. oder Höhenrahmen <- Substratgruppe Buntsandsteine <- unteres Wertespektrum																																					
25	36,6	252	94	20	11	10	135	40	59	35	186	319	3,8	6,8	3,3	9,3	23,2	28	43	30	69	170	27	51	26	55	159	5,3	8,9	3,5	10,3	27,9	6,3	8,9	5,0	12,7	32,6
50	51,3	689	245	22	31	11	308	101	66	94	186	447	8,6	6,9	8,8	8,3	32,6	58	41	63	62	224	63	85	69	58	245	10,0	8,1	8,1	10,8	37,0	15,5	9,2	13,5	13,3	51,6
75	67,8	967	360	26	44	11	442	147	80	135	190	553	12,1	7,5	12,7	7,5	39,8	78	43	70	56	248	88	64	99	63	314	11,9	8,2	9,9	11,6	41,7	22,4	10,6	19,4	14,3	66,7
100	61,6	1124	439	31	53	12	535	176	95	161	195	629	14,4	8,1	15,1	6,8	44,4	91	45	62	51	249	105	75	118	67	366	12,4	8,3	10,0	12,4	43,1	27,0	12,1	23,1	15,3	77,6
120	62,6	1179	476	34	56	12	581	194	103	171	194	662	15,5	8,1	16,1	6,1	46,0	97	45	50	46	238	114	81	126	69	390	12,0	8,1	6,3	12,7	42,2	29,3	13,0	24,6	15,7	82,6
Douglasie <- II Ekl. oder Höhenrahmen <- Substratgruppe Buntsandsteine <- unteres Wertespektrum																																					
25	31,1	189	68	21	8	10	106	29	60	24	193	306	2,8	7,2	2,3	9,8	22,1	21	46	21	73	161	20	54	18	57	148	4,1	9,5	2,5	10,5	26,5	4,8	9,3	3,4	13,0	30,3
50	45,5	535	189	21	24	11	245	79	65	72	186	402	6,9	6,9	6,8	8,5	29,1	47	42	51	64	204	50	54	53	58	215	8,3	8,3	6,4	10,7	33,7	12,1	9,2	10,4	13,2	44,9
75	52,3	785	287	26	36	11	359	118	78	108	192	495	9,9	7,5	10,2	7,9	36,5	65	44	61	59	229	72	63	79	62	277	10,3	8,5	8,3	11,5	38,6	18,0	10,4	15,5	14,2	68,1
100	55,7	915	347	30	42	12	431	142	91	128	199	560	11,7	8,2	12,1	7,4	39,4	76	47	57	55	235	85	74	94	67	320	10,8	8,8	8,6	12,4	40,6	21,6	11,9	18,4	15,2	67,2
120	56,5	946	368	34	44	13	459	150	101	134	204	559	12,4	8,8	12,6	7,2	40,3	80	49	49	53	231	90	81	98	70	340	10,8	9,0	8,1	13,0	40,7	22,9	13,0	19,2	16,0	71,2
Douglasie <- III Ekl. oder Höhenrahmen <- Substratgruppe Buntsandsteine <- unteres Wertespektrum																																					
25	25,6	85	42	21	4	11	78	16	62	13	199	292	1,9	7,6	1,2	10,3	20,9	14	48	12	77	151	13	56	10	58	137	2,8	10,1	1,4	10,8	25,1	2,9	9,7	1,9	13,3	27,8
50	39,7	281	134	21	17	10	182	56	63	50	187	357	5,1	6,9	4,7	8,8	25,0	37	43	39	65	183	37	54	37	57	185	6,6	8,5	4,7	10,6	30,4	8,8	9,1	7,2	31	38,2
75	46,8	603	213	25	27	11	278	89	75	81	193	438	7,7	7,5	7,8	8,3	31,2	53	45	52	62	211	56	62	60	62	239	8,7	8,7	6,8	11,4	35,6	13,6	10,3	11,0	14	49,9
100	49,7	706	255	30	32	12	328	105	88	96	202	491	9,0	8,3	9,0	8,1	34,4	61	48	52	60	221	66	72	70	66	274	9,3	9,2	7,2	12,3	36,0	16,2	11,7	13,8	15,2	59,6
120	50,3	712	259	34	32	13	337	107	99	96	214	516	9,2	9,1	9,1	8,2	35,6	62	52	48	61	224	67	82	71	71	290	9,1	9,9	6,9	13,2	39,1	16,5	13,1	13,8	16,3	59,7
Douglasie <- IV Ekl. oder Höhenrahmen <- Substratgruppe Buntsandsteine <- unteres Wertespektrum																																					
25	24,0	44	27	21	2	10	61	13	61	7	196	277	1,4	7,4	0,6	10,1	19,5	12	47	8	75	142	10	55	5	58	127	2,4	9,8	0,8	10,7	23,7	2,0	9,5	1,0	13,1	25,7
50	33,9	226	78	21	9	10	118	34	62	29	187	312	3,4	7,0	2,7	9,1	22,1	20	43	28	67	162	24	50	21	57	155	4,9	6,7	3,0	10,5	27,2	5,4	9,1	4,1	13,0	31,8
75	41,3	421	139	24	18	11	192	59	72	54	195	380	5,5	7,6	5,1	8,6	26,9	40	46	43	65	193	40	61	40	61	201	7,1	9,0	5,2	11,3	32,5	9,3	10,1	7,8	13,9	41,0
100	43,7	497	162	29	21	12	224	69	85	63	205	422	6,3	8,4	6,0	8,7	29,4	45	50	47	65	207	46	71	47	66	229	7,1	9,7	5,8	12,2	35,4	10,7	11,5	9,1	15,1	46,4
120	44,1	479	149	34	19	13	215	64	97	59	223	443	6,0	9,5	5,6	9,3	30,3	44	56	47	69	217	44	82	43	72	241	7,6	10,8	5,7	13,4	37,5	10,0	13,2	8,5	16,5	48,2

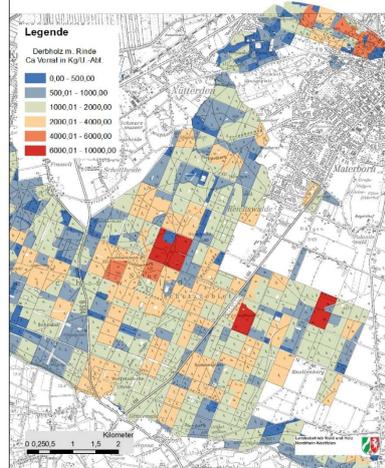
Quelle: Forstliche Standortaufnahme, 7. Auflage 2016, IHW-Verlag Eching bei München

Berechnung für einen Forstbetrieb

Landesbetrieb Wald und Holz
Nordrhein-Westfalen

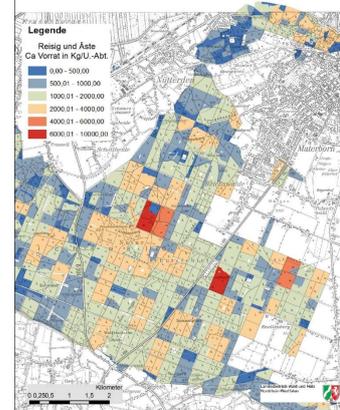


Calcium Vorräte in Derbholz mit Rinde Beispiel: Klever Reichswald



Mineralstoffmengen im Wald (oberirdisch pro Unterabteilung)

Calciumvorrat in Reisig und Äste Beispiel: Klever Reichswald

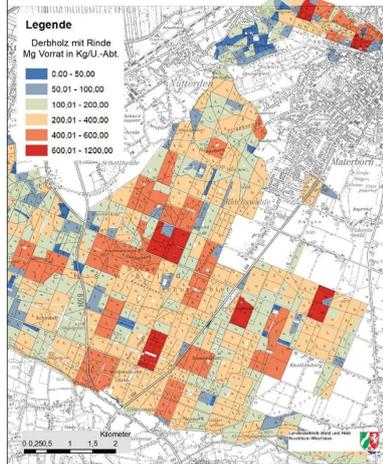


Berechnung für einen Forstbetrieb

Landesbetrieb Wald und Holz
Nordrhein-Westfalen

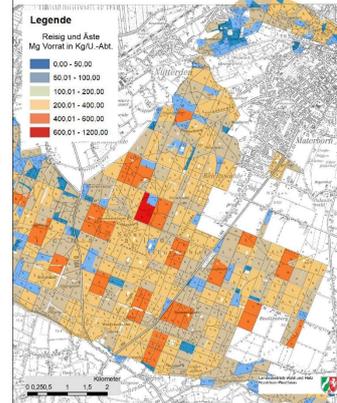


Magnesium Vorräte im Waldbestand
Beispiel: Klever Reichswald



Mineralstoffmengen im Wald
(oberirdisch pro Unterabteilung)

Magnesiumvorrat in Reisig und Äste
Beispiel: Klever Reichswald



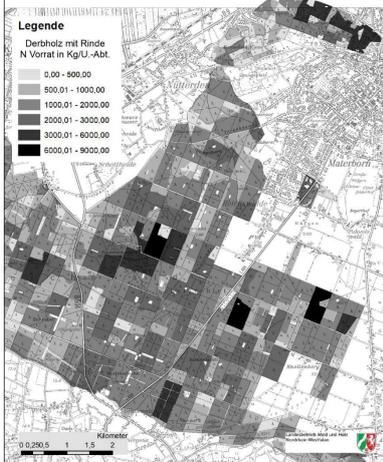
21

Stickstoff: Nährelement und Säurebildner

Landesbetrieb Wald und Holz
Nordrhein-Westfalen

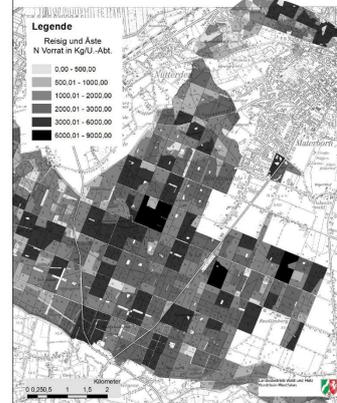


Stickstoff Vorräte im Waldbestand
Beispiel: Klever Reichswald

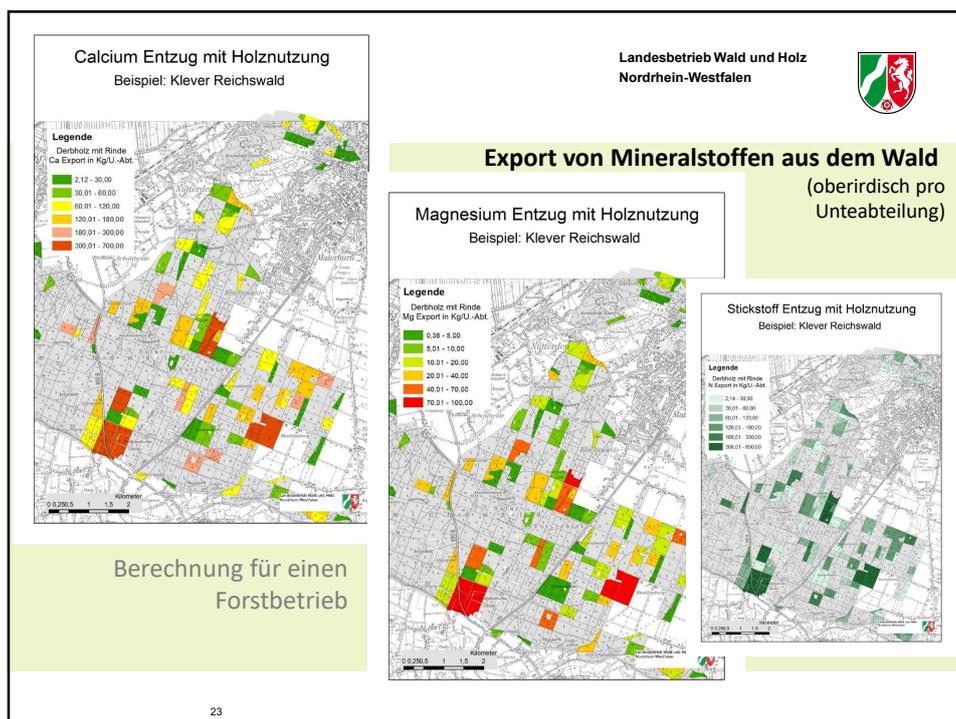


Mineralstoffmengen im Wald
(oberirdisch pro Unterabteilung)

Stickstoffvorrat in Reisig und Äste
Beispiel: Klever Reichswald



22



Landesbetrieb Wald und Holz
Nordrhein-Westfalen



Zwischenfazit 2: Biomassennutzung

- Mit der Holznutzung realisierte Mineralstoffentzüge können für die jeweilige Wirtschaftseinheit beschrieben werden
- Auf basenarmen Böden wird mit einer Stammholznutzung die nachschaffende Kraft (Verwitterung, Deposition) der Standorte ausgeschöpft
- Zusätzliche Reisig- und Astholznutzung (Vollbaum) führt auf basenarmen Standorten zu einer weiteren Bodenverarmung bzw. -versauerung
- Durch eine einfache Gegenüberstellung der Mineralstoffnachlieferung und der Mineralstoffentzüge mit der Holzernte kann abgeschätzt werden, ob die Mineralstoffnachhaltigkeit gewährleistet ist und die aktuelle Bodenfruchtbarkeit erhalten bleibt.
- Eine Einschränkung der Stamm-Holznutzung als Kompensation externe Säureinträge zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit ist volkswirtschaftlich nicht sinnvoll

24



Säurebelastungen durch

Stickstoffvorratsabbau

Beispiel:

Klevertal Reichswald

Stickstoffvorrat der Böden bis 90 cm Tiefe:

6,6 – 8,7 t/ha

Bodenreaktion $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$:

2,7 – 3,1 Tiefe 0 – 5 cm

4,1 – 4,4 Tiefe 60 – 90 cm

Basensättigung (KAK_e) bis 90 cm Tiefe:

< 10 %

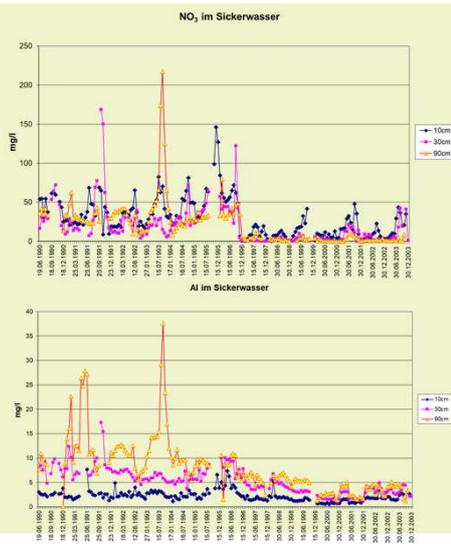
Humusform:

Rohhumus

Versauerungsschub im Unterboden

(unbehandelte Versuchsfläche)

durch Mineralisation organisch gebundenem Stickstoff



Durch Stickstoffmineralisation gebildete Säure wird im Unterboden durch Freisetzung von Al in die Bodensuspension gepuffert.

Folge können Wurzelschäden in dem Bereich sein





Säurebelastungen durch Stickstoffvorratsabbau

Beispiel:

Klever Reichswald

Stickstoffvorrat bis 90 cm Tiefe:

6,6 – 8,7 t/ha

Bodenreaktion pH(CaCl₂):

2,7 – 3,1 Tiefe 0 – 5 cm

4,1 – 4,4 Tiefe 60 – 90 cm

Basensättigung bis 90 cm Tiefe:

< 10 %

Humusform:

Rohhumus

Säurebelastung durch Stickstoffvorratsabbau

ca. **0 - 10 kmol_e/(ha)** bzw. 0 -500 kg CaCO₃/(ha) Nitratauswaschung

27



Zwischenfazit 3: Stickstoffvorratsabbau im Boden

- Die Stickstoffeinträge aus der Atmosphäre in die Wälder übersteigt i.d.R. die Aufnahmekapazität der Waldbestände und führt zu einer Stickstoffsättigung der Waldböden
- Insbesondere nach Niederschlägen nach einer Trockenphase können große Mengen Stickstoff mineralisiert werden. Kann die Vegetation das gebildete Nitrat nicht aufnehmen können hohe Nitratkonzentrationen im Sickerwasser auftreten. Kann die dabei gebildete Säure nicht durch z.B. Calcium sondern durch Aluminium neutralisiert werden, sind Wurzelschäden zu erwarten und Nitrat- und Mineralstoffausträge in Richtung Grundwasser die Folge
- Stickstoffvorratsabbau im Boden bzw. Versauerungsschübe sind messentechnisch schwer zu erfassen und oftmals ein schleichender Prozeß. Ein Hinweis hierauf können Stickstoffzeigerpflanzen im Wald sein (u.a. Holunder)

28



Perspektive

Bodenschutzkalkung im Wald

ist auch heute noch dringend erforderlich, um die negativen Wirkungen starker Säuren – insbesondere aus externen Quellen – zu neutralisieren.

Zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass mit der Bodenschutzkalkung verfolgte Ziele erreicht werden, die Vitalität der Bestände gestärkt und Belastungen nachgelagerter Umweltgüter mit Nitrat und Säuren vermieden werden.



Förderung der Bodenschutzkalkung

1. Kalkungsmaßnahmen werden im Frühjahr und im Herbst ausgeführt.

Für die Kalkungsmaßnahmen im **Frühjahr muss der Förderantrag spätestens am 15.09. des Vorjahres vollständig und prüffähig** im zuständigen Regionalforstamt vorliegen (Analyseergebnis der Bodenproben kann nachgereicht werden) .

Für die **Kalkungsmaßnahmen im Herbst sollte der Antrag am 15.03. desselben Jahres im Forstamt vorliegen**.

Die 'Frist' kann einen Monat verlängert werden.

2. Dem Regionalforstamt sind zur **Beurteilung der Zweckmäßigkeit und Unbedenklichkeit** der geplanten Kalkung die **Ergebnisse von Bodenanalysen (pH-Wert Messungen) vorzulegen**.

(Näheres regelt Nr. 2.3.12 der RL: Je 100 ha eines festen Rasters sind anteilig zur darin enthaltenen Kalkungsfläche 1 Probe je angefangene 25 ha Kalkungsfläche zu nehmen; in gleichmäßiger, forstfachlich angemessener Verteilung .

Die Entnahmepunkte sind unter Angabe der Satelliten Koordinaten in einer Karte festzuhalten.

Die **Bodenprobenahme und Analyse ist als Vorarbeit (Nr. 2.1.1. der RL) förderfähig** . Privatwald RL 80 % Förderung - höchstens 3.000 € . Körperschaftswald RL 50 % - höchstens 1.500 € .

Bodenproben sind auch dann förderfähig, wenn als Ergebnis keine Kalkungsbedürftigkeit besteht. Es gibt keine Bagatellgrenze für die Vorarbeiten.

3. **Förderantrag für Bodenproben und Bodenschutzkalkung sollen zusammen gestellt werden.**

Für die Bodenproben den vorzeitigen Maßnahmenbeginn beantragen. **Die Kalkung kann nur bewilligt werden, wenn die Analyseergebnisse vorliegen.**

4. **Fördersätze für Kalkung:** Nach Privatwald RL 90 % der Nettokosten
Nach Körperschaftswald RL 70 % der Nettokosten

Preise pro Hektar Kalkungsfläche ca. 230 € netto -- Eigenanteil ca. 67 €/ha im Privatwald (10 % der Nettokosten und die MwSt).

5. **Die Ausschreibung aller Kalkungsmaßnahmen erfolgt grundsätzlich zentral durch unsere Vergabestelle** (FBG'en die am Pilotprojekt Betreuungsdienstleistungen teilnehmen können, wenn gewünscht, selbst ausschreiben).

Ausschreibung erfolgt nach vereinfachten Kostenoptionen - Preis pro Hektar. Vorteil: Nach Vorlage der Wiegescheine (und ggf. Befliegungsprotokolle) kann zügig abgerechnet werden. Es müssen keine Rechnungen und Zahlungsbelege vorgelegt werden.

Landesbetrieb Wald und Holz
Nordrhein-Westfalen



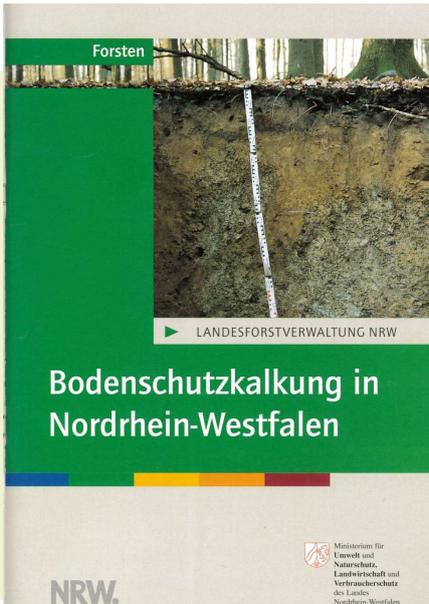
Schlußbetrachtung

- Boden ist der zentrale Ort in Waldökosystem.
- Sein Zustand prägt die aufstockenden Wälder.
- Waldboden ist das Basiskapital jeden Forstbetriebes.
- Bodenversauerung mindert dieses Kapital i.d.R. irreversibel
- Bodenversauerung führt zu „Biodiversitätsverlusten“
- Bodenschutzkalkungen stärken Vitalität und Biodiversität
der Waldökosysteme
- **Der Wald braucht Kalk!**

31

Landesbetrieb Wald und Holz
Nordrhein-Westfalen





Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

32