

Nährstoffnachhaltige Holz- und Biomassenutzung – Möglichkeiten und Grenzen

Heike Puhlmann¹, Bernd Ahrends², Wendeln Weis³,
Christian Vonderach⁴, Klaus von Wilpert¹, Desirée Köhler³

¹Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Boden und Umwelt

²Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abt. Umweltkontrolle

³Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Abt. 2 Boden und Klima

⁴Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Biometrie und Informatik

Kontakt: heike.puhlmann@forst.bwl.de, Tel. 0761 4018-224

1. Nährstoffnachhaltigkeit – wozu?
2. Nährstoffbilanzen: Indikatoren für die Nährstoffnachhaltigkeit
3. Nährstoffverluste durch den „Sauren Regen“
4. Wirkung der Holzernte auf den Nährstoffhaushalt
5. Nährstoffbilanzen: Datenbasis für Handlungsoptionen
 - a. Nutzungsintensivierung
 - b. Nutzungsreduktion
 - c. Nährstoffrückführung

- Steigende Nachfrage nach Holz und Biomasse zur energetischen und stofflichen Verwendung
- Steigende Nutzungsintensität, Mitnutzung von Kronenmaterial
- Ausschöpfung des Nutzungspotenzials im Interesse des Waldbesitzenden (Einkünfte), der Gesellschaft (Rohstoffversorgung) und der Umwelt (Klimaschutz) geboten



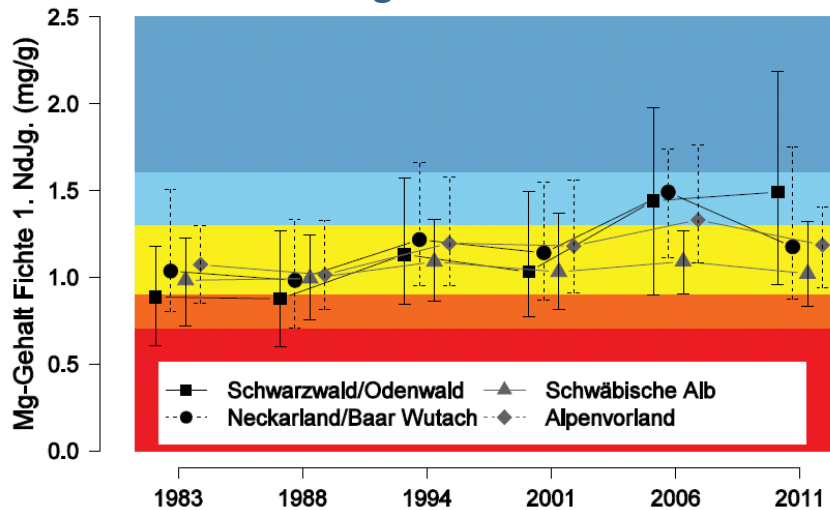
Aber:

- Standortspotenzial muss dauerhaft erhalten bleiben
- Ein Standort verarmt, wenn dauerhaft mehr Nährstoffe (z.B. durch Holzernte) entzogen werden, als nachgeliefert werden (z.B. durch Gesteinsverwitterung)!

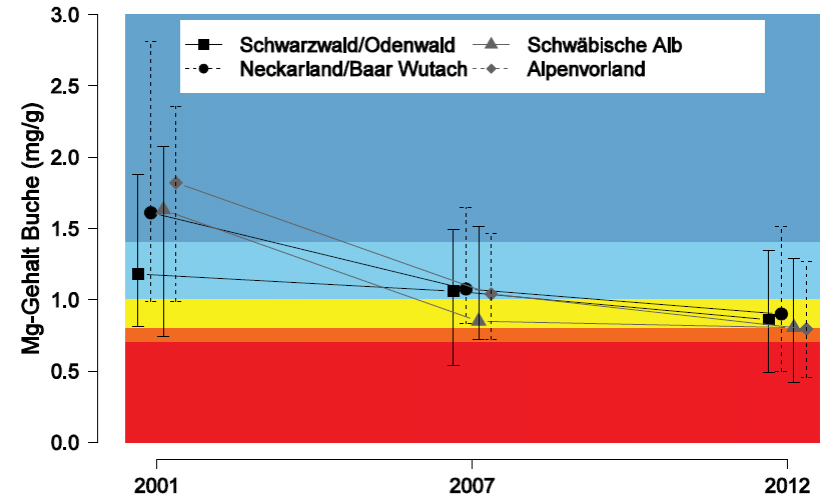
Gibt es Anzeichen für Nährstoffmangel in unseren Wäldern?

4

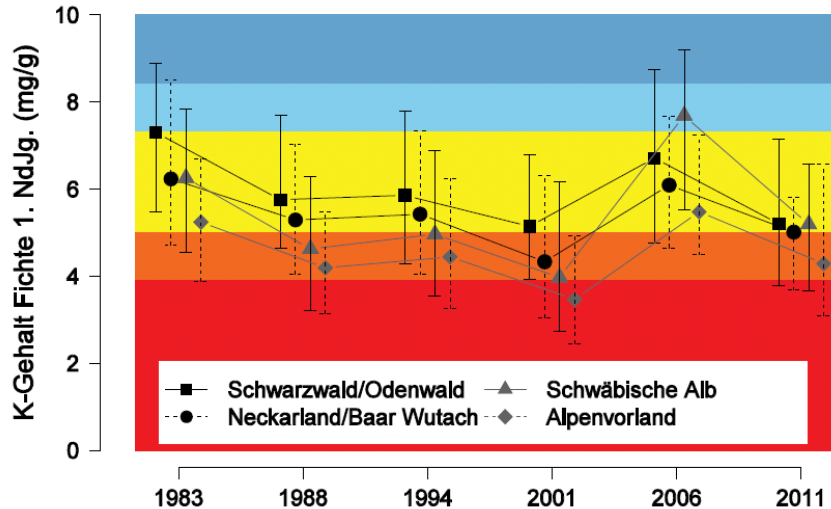
Magnesium Fichte



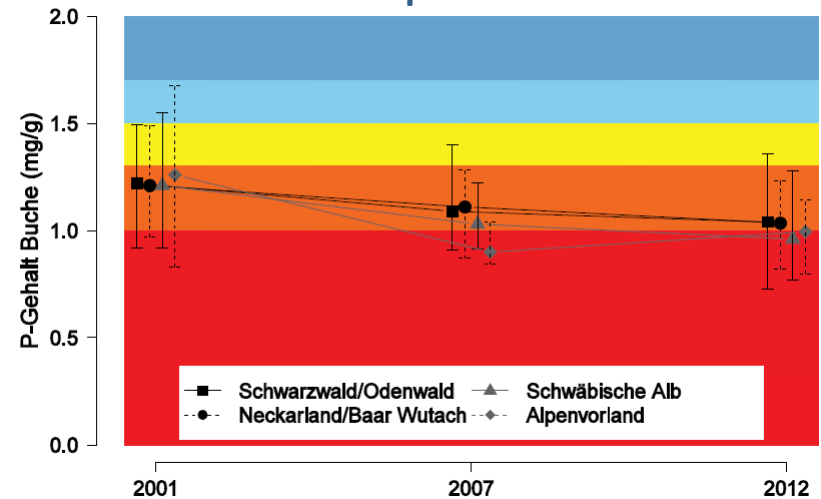
Magnesium Buche



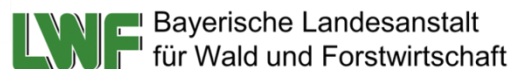
Kalium Fichte



Phosphor Buche



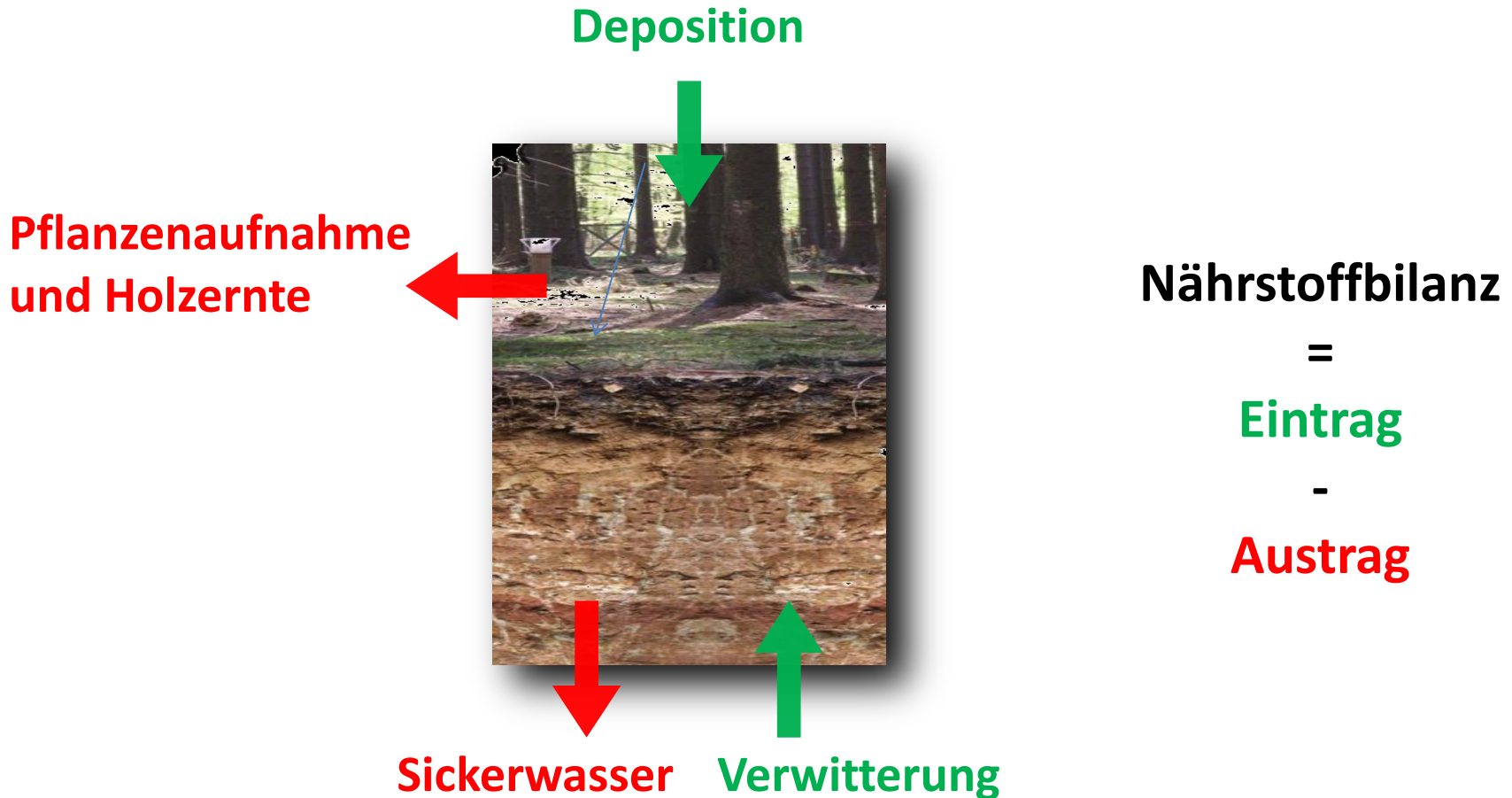
- **EnNa** = **En**ergieholzernte und stoffliche **Na**chhaltigkeit in Deutschland
- Ziele:
 - Entwicklung eines methodischen Rahmens zur (bundesweiten) Ermittlung von Nährstoffbilanzen
 - Quantitative Beschreibung der aktuellen Situation
 - Ableitung von Handlungsoptionen
- Förderung: Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR)
- Laufzeit: 01.06.2013 bis 30.11.2016



G. Kändler, H. Puhlmann, C. Sucker, Chr. Vonderach, K. von Wilpert,

B. Ahrends, S. Fleck, C. Klinck, U. Klinck, M. Köhler, J. Nagel, S. Rumpf, P. Schmidt-Walter, E. Schönfelder, M. Wagner

D. Köhler, Chr. Kölling, T. Schäff, W. Weis



Ziel einer auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Forstwirtschaft muss die Erhaltung von geschlossenen Stoffkreisläufen sein!

Nicht nur Gutes kommt von oben...

7

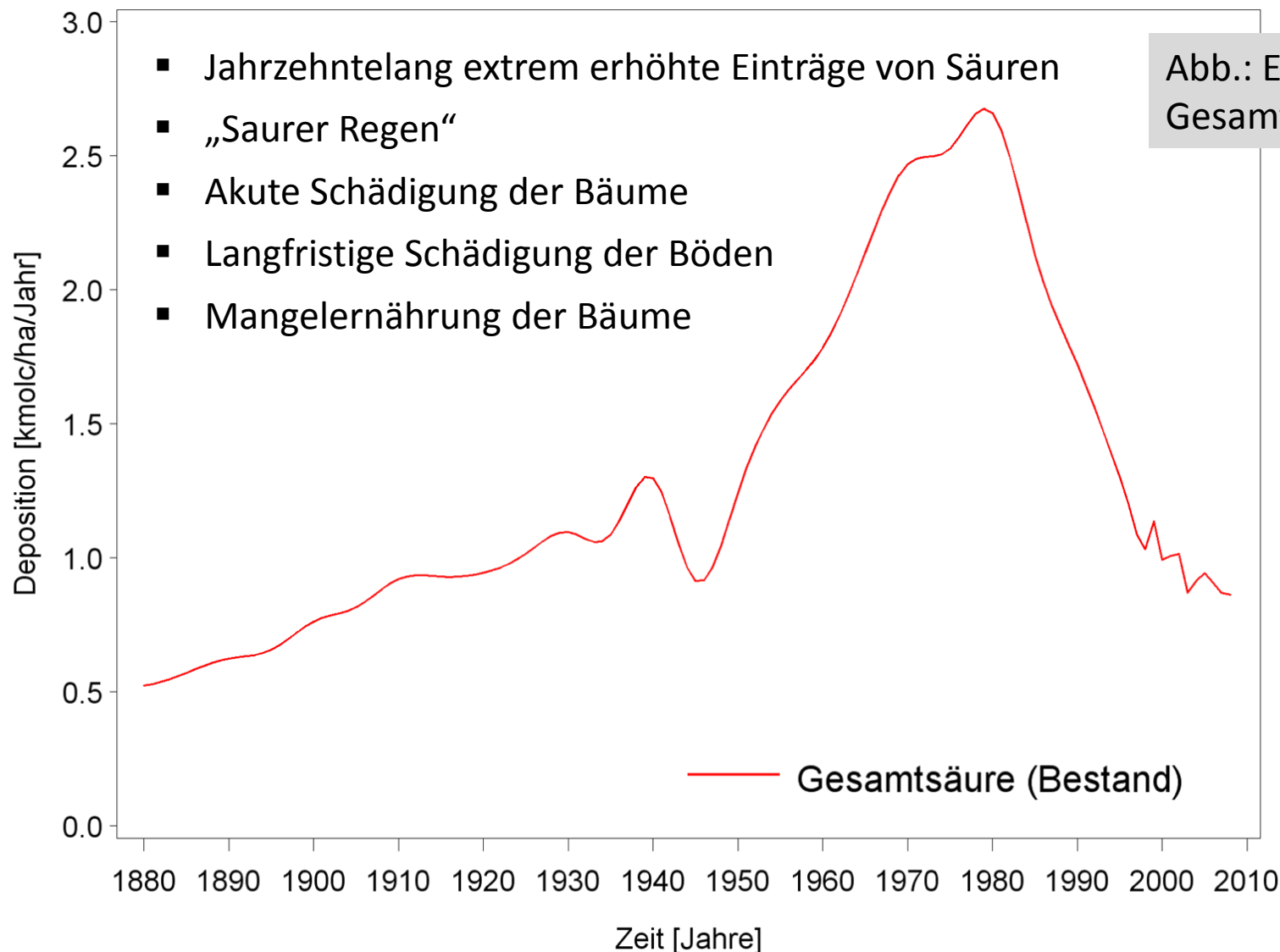


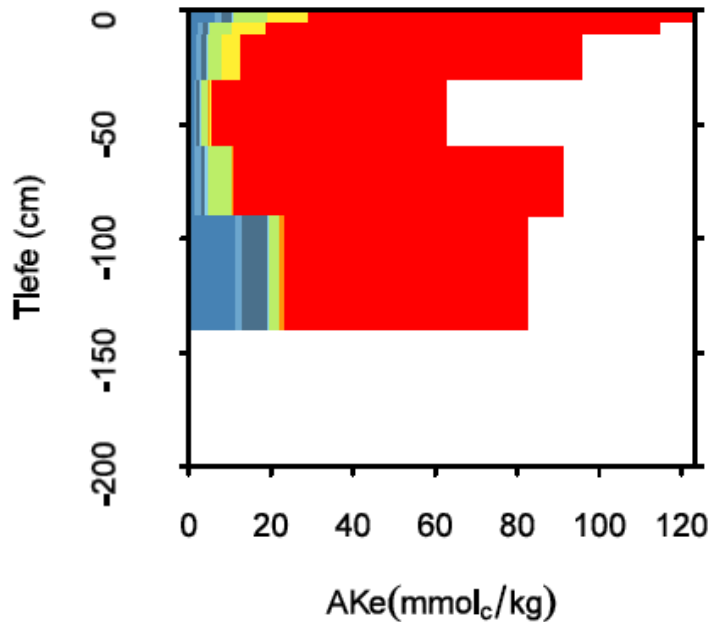
Abb.: Entwicklung der Gesamtsäurebelastung



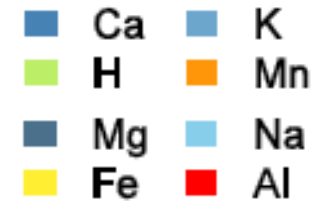
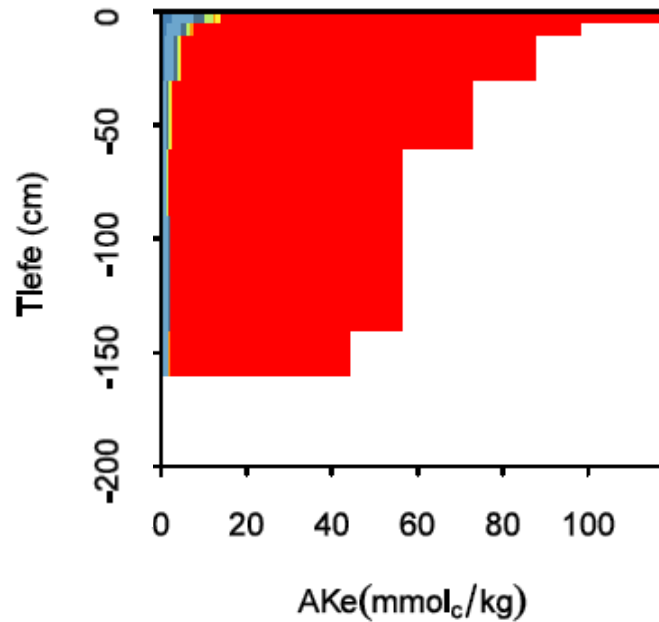
Nährstoffverluste durch langjährige Säureeinträge

8

Profil 2151: Braunerde aus Granit (bei Freiburg)



Profil 2002: Braunerde aus dunklen Gneisen/Paragneisen (oberhalb Münstertal)



Verfügbare Vorräte im Wurzelraum (kg/ha):

Profil	2151	2002
Ca	238	100
K	164	380
Mg	59	40

- Infolge der Versauerung sind im Boden (Tonminerale) vor allem Aluminiumverbindungen gespeichert.
- Nährstoffe wurden aus den Tonmineralen verdrängt und mit dem Bodensickerwasser ausgewaschen.

Nährstoffbilanzen in unseren Wäldern

9

Calcium

Magnesium

Kalium

Signifikanzniveau

p.5%

p.10%

p.20%

p.30%

unsicher

n.30%

n.20%

n.10%

n.5%

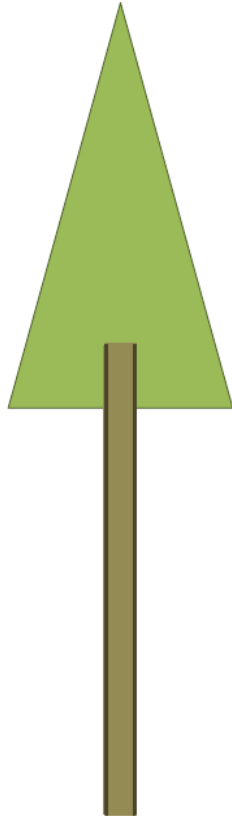
Nährstoffbilanz = Deposition + Verwitterung – Sickerwasseraustrag + 1/1000 Bodenvorrat

Holz- und Biomassenutzung greift in den Nährstoffhaushalt der Wälder ein!

10

Fichtenbestand

Buntsandstein, EKL. I, Alter 100 J.



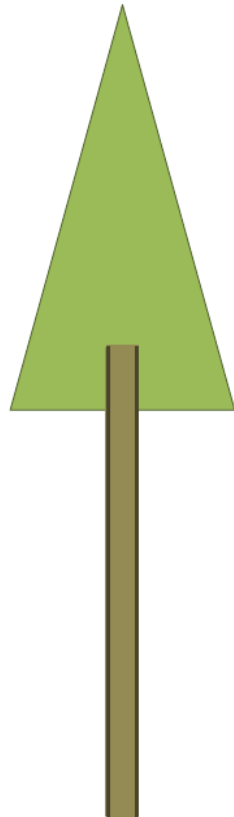
Quelle: Greve et al. 2019: „Entscheidungsunterstützungssystem für eine nährstoffnachhaltige Waldbewirtschaftung in Rheinland-Pfalz“, Vortrag bei der EnNa-Abschlusstagung am 18.12.18 in Berlin

Holz- und Biomassenutzung greift in den Nährstoffhaushalt der Wälder ein!

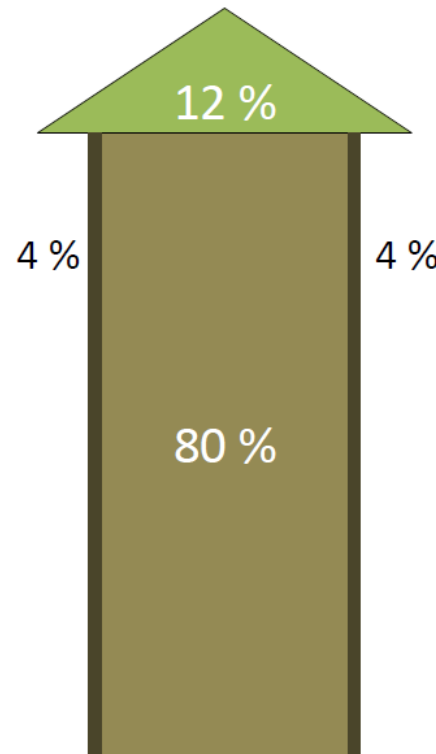
11

Fichtenbestand

Buntsandstein, EKL. I, Alter 100 J.



Biomasse-Verteilung



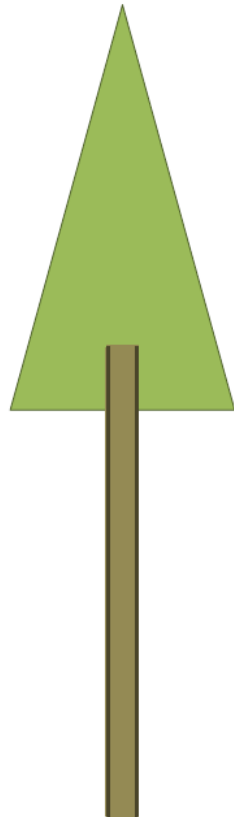
Quelle: Greve et al. 2019: „Entscheidungsunterstützungssystem für eine nährstoffnachhaltige Waldbewirtschaftung in Rheinland-Pfalz“, Vortrag bei der EnNa-Abschlusstagung am 18.12.18 in Berlin

Holz- und Biomassenutzung greift in den Nährstoffhaushalt der Wälder ein!

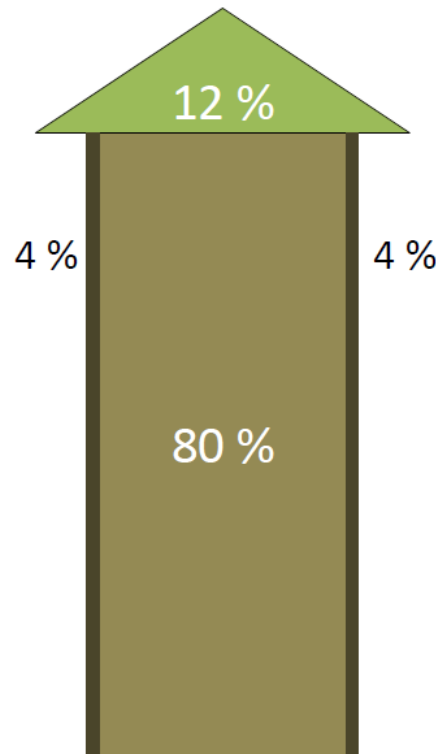
12

Fichtenbestand

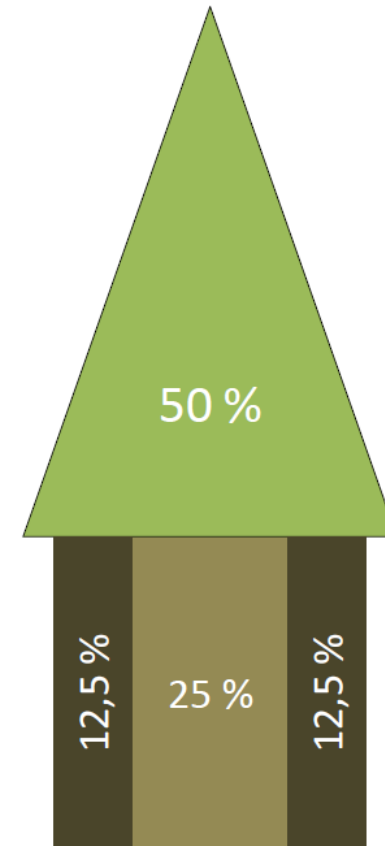
Buntsandstein, EKL. I, Alter 100 J.



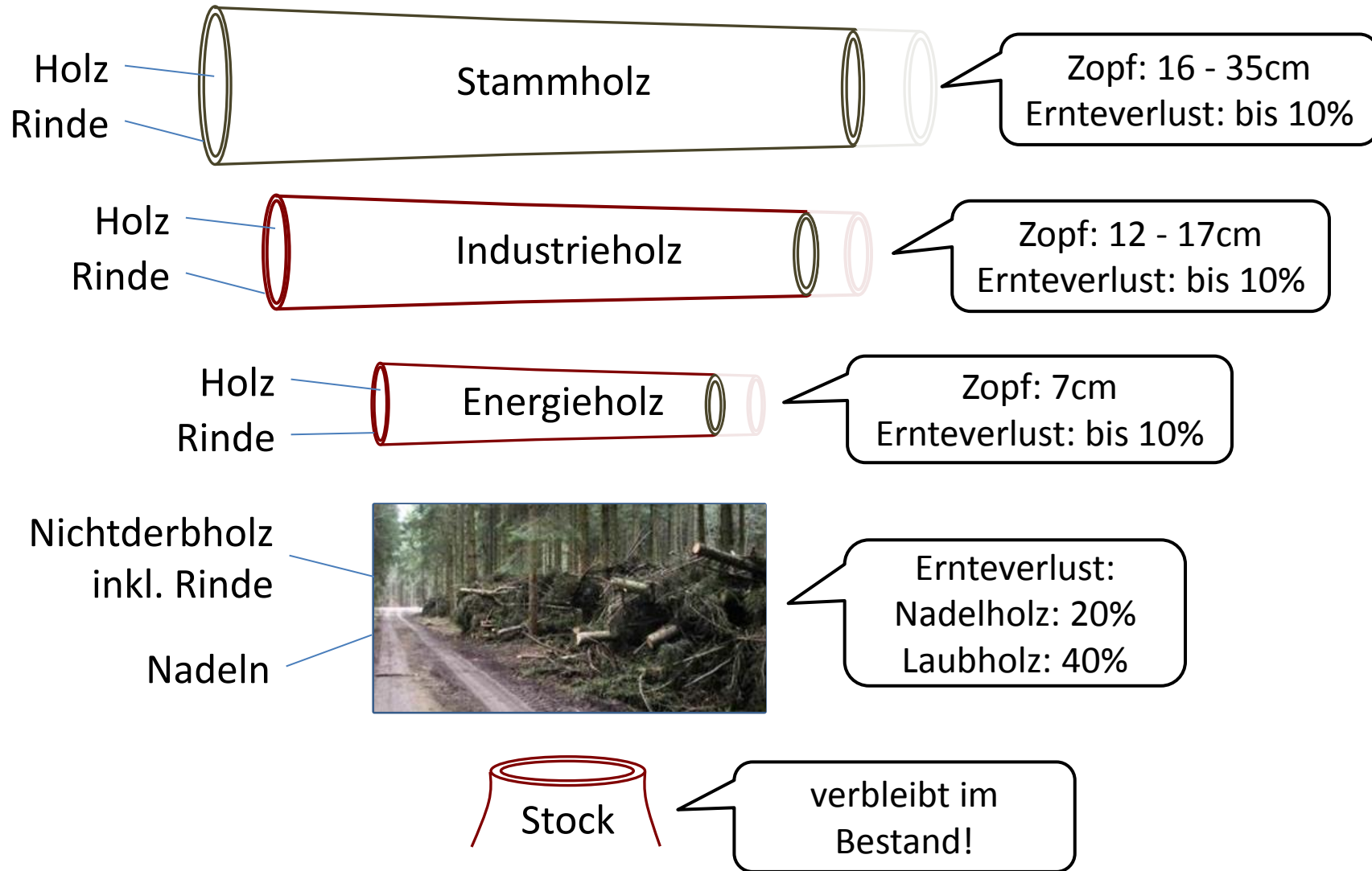
Biomasse-Verteilung

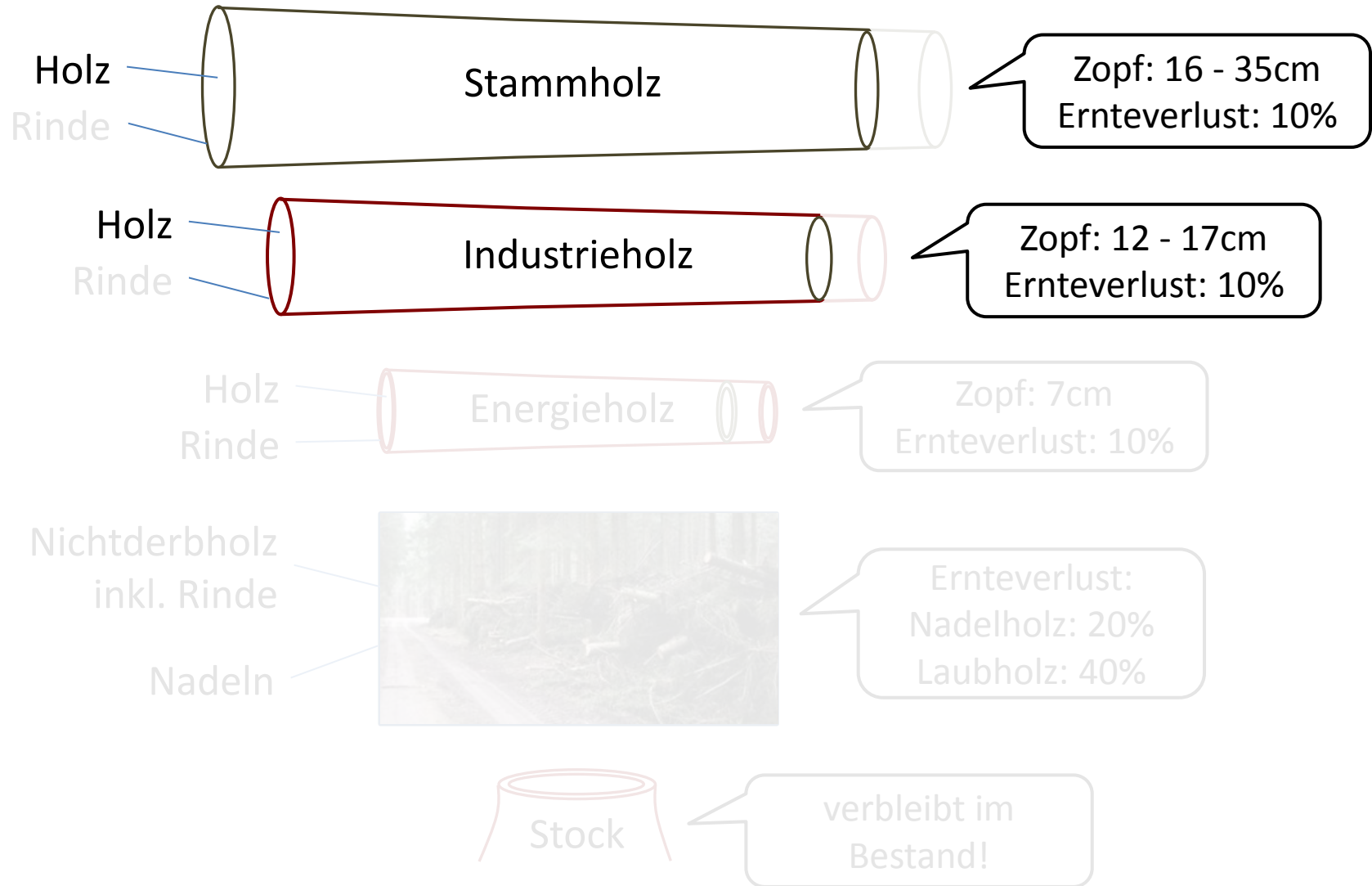


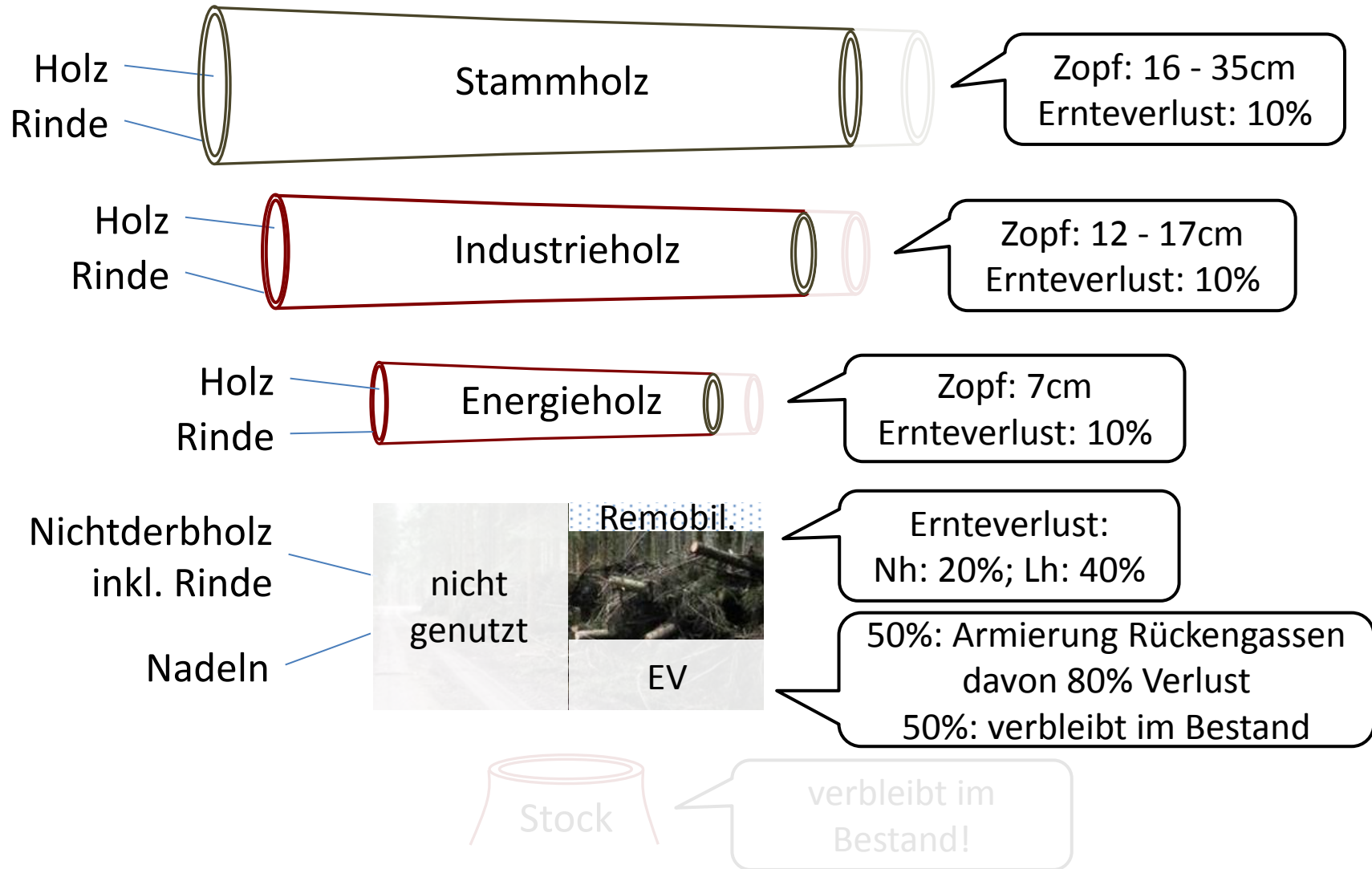
Phosphor-Verteilung

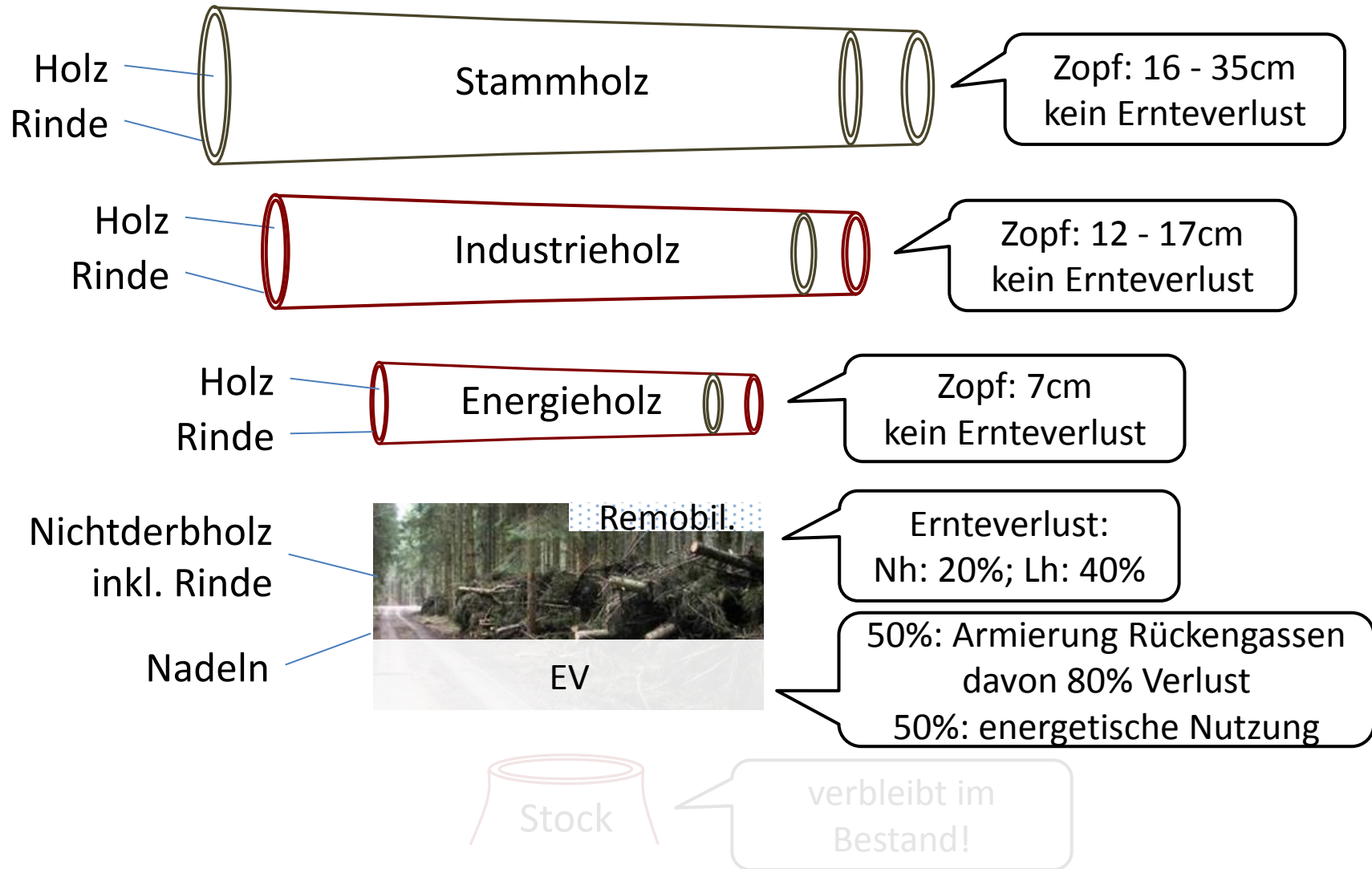


Quelle: Greve et al. 2019: „Entscheidungsunterstützungssystem für eine nährstoffnachhaltige Waldbewirtschaftung in Rheinland-Pfalz“, Vortrag bei der EnNa-Abschlusstagung am 18.12.18 in Berlin





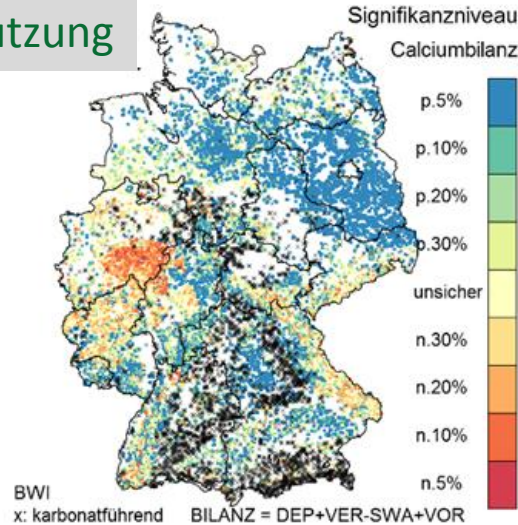




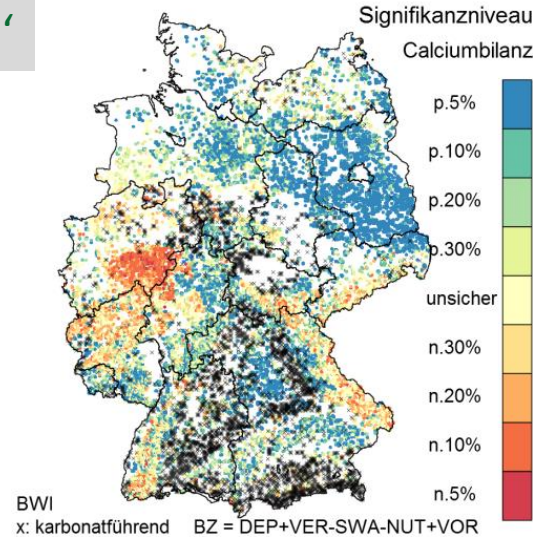
Calciumbilanz: Versauerungs- und Holzernteeffekte

17

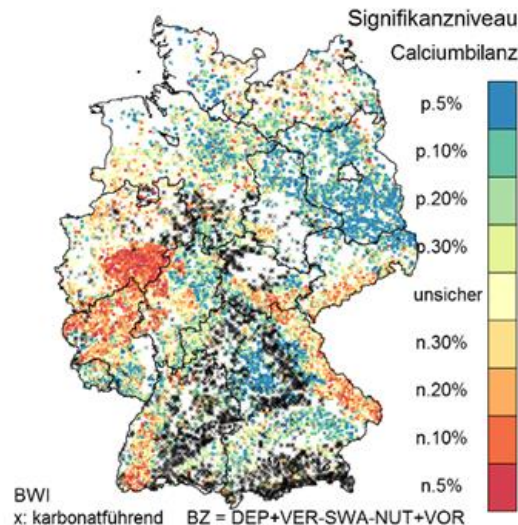
Ohne Nutzung



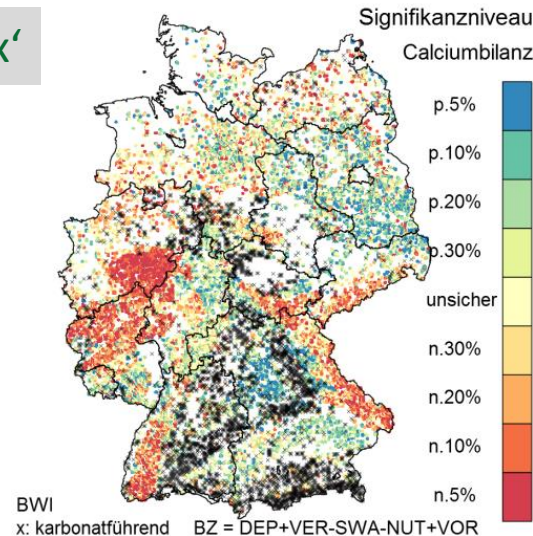
„Min“



„Real“



„Max“



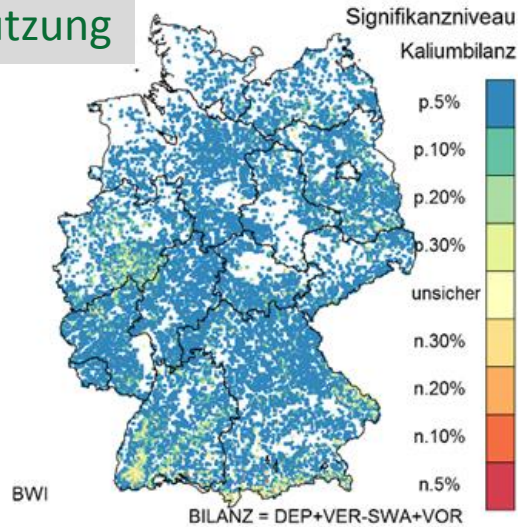
Calcium:

Ernteexport
verschiebt auf
vielen Stand-
orten die Bilanz
in den negati-
ven Bereich

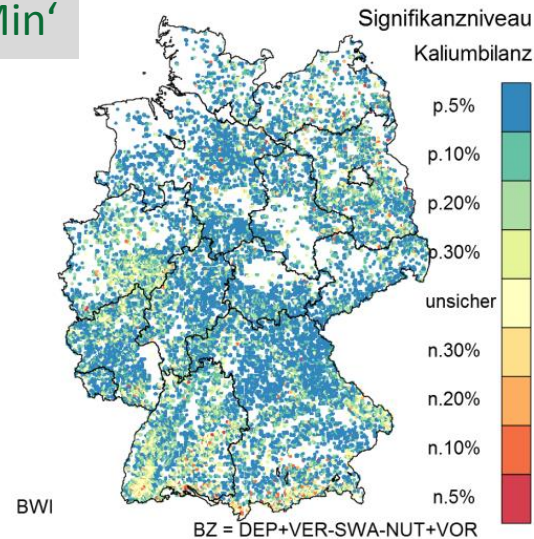
Kaliumbilanz: deutliche Auswirkung der Holzernte

18

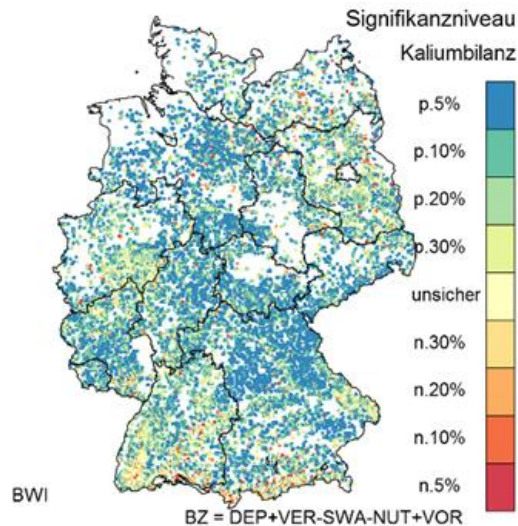
Ohne Nutzung



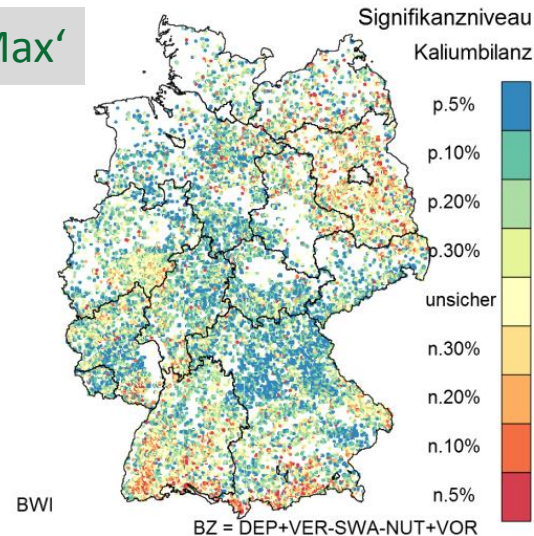
„Min“



„Real“



„Max“



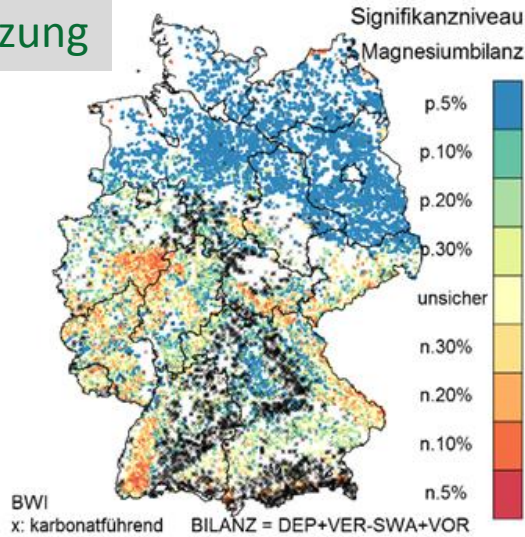
Kalium:

Ernteexport
wichtigster Ver-
lustpfad, aber
Gesamtbilanzen
bleiben i.d.R.
positiv

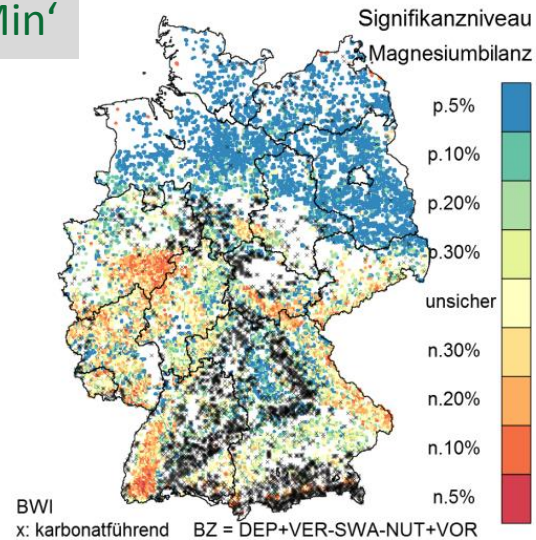
Magnesiumbilanz: Effekt der Versauerung überwiegt

19

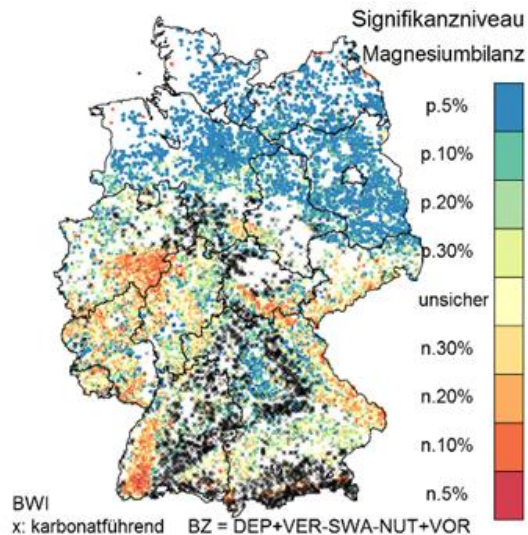
Ohne Nutzung



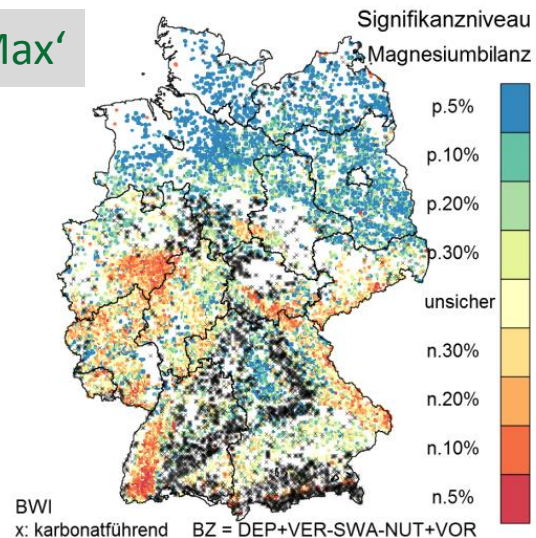
„Min“



„Real“

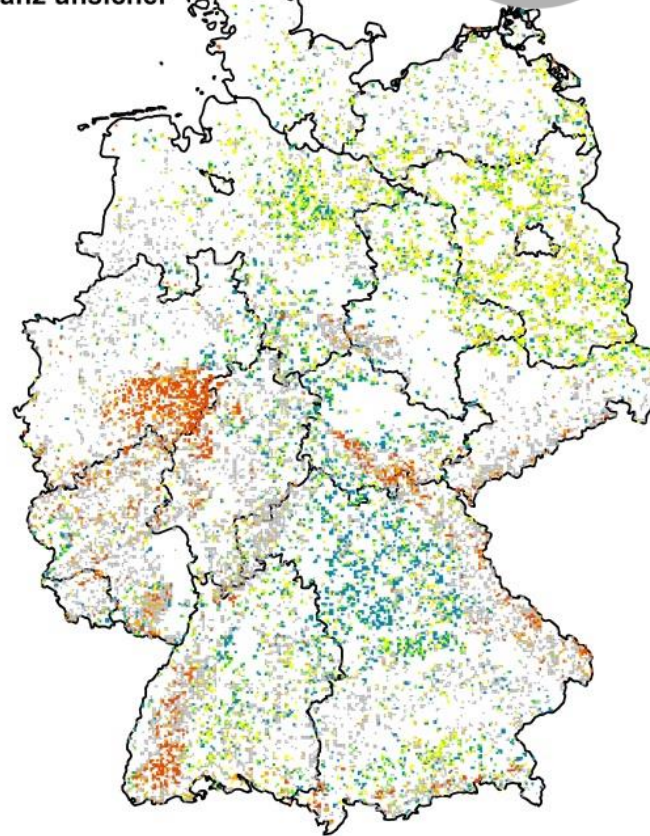
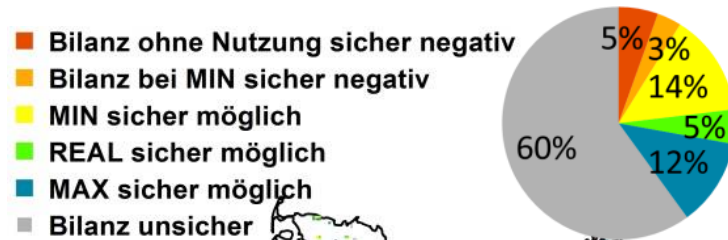
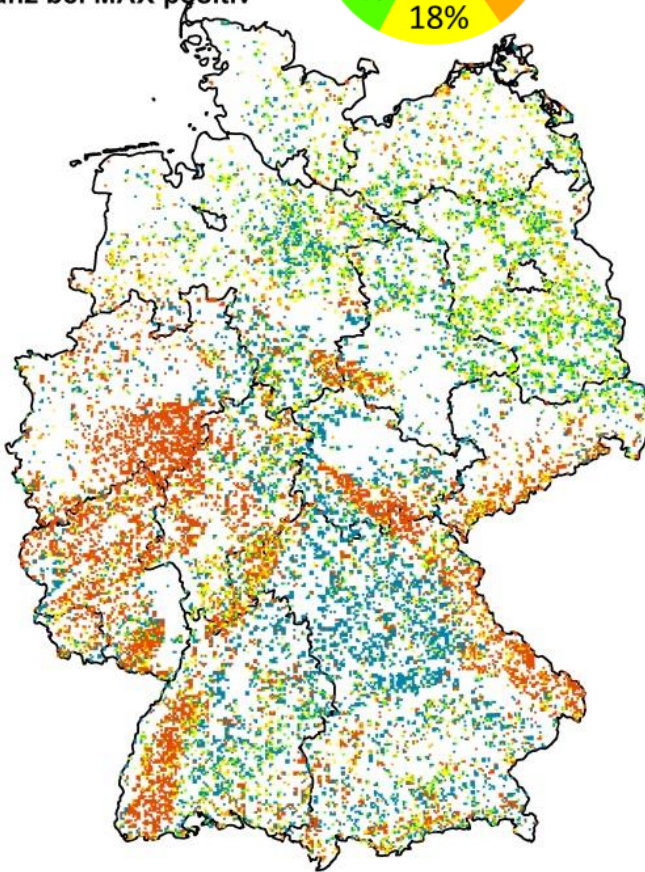
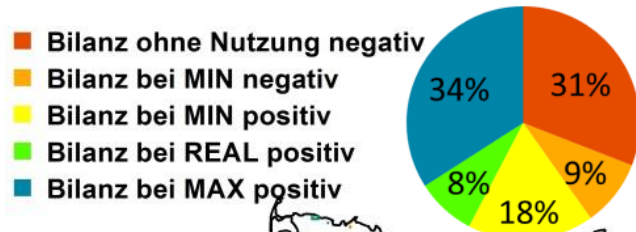


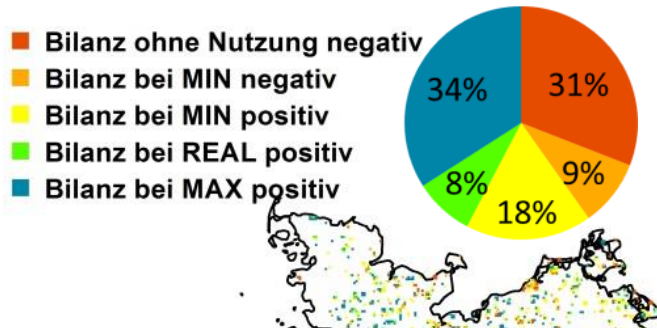
„Max“



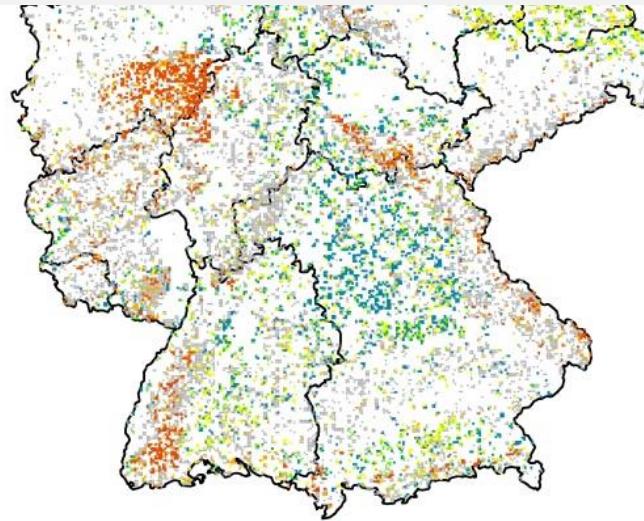
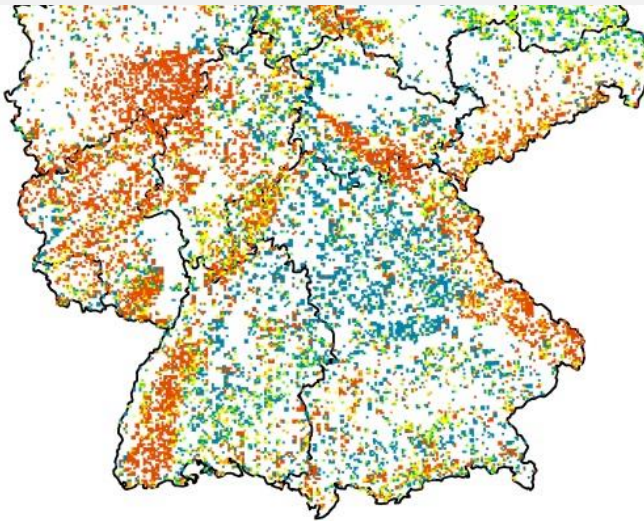
Magnesium:
Ernteexport
unbedeutend

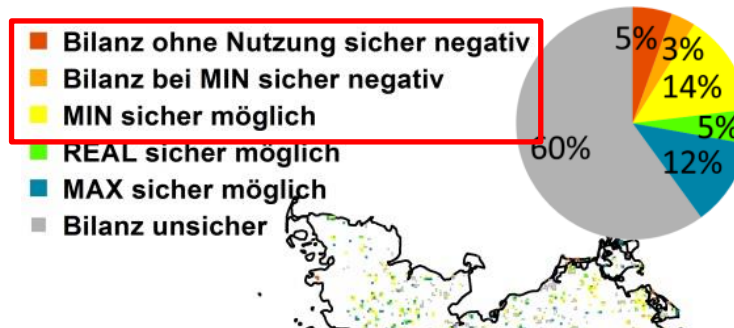
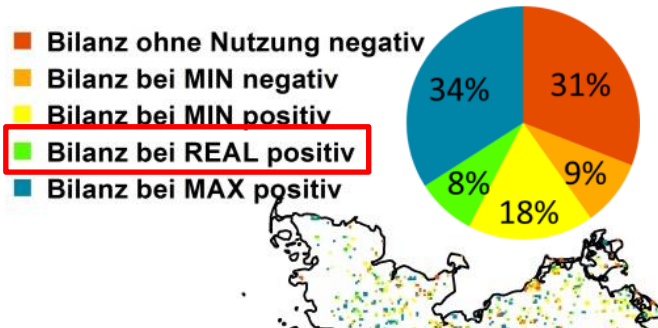
- Signifikant positive Bilanzen
 - Erhöhung der Nutzung möglich, wenn **alle** Nährelemente positive Bilanz aufweisen
- Signifikant negative Bilanzen
 - Reduktion der Nutzungsintensität und damit des erntebedingten Nährelementexports → vor allem sinnvoll, wenn **nutzungsfreie** Stoffbilanz noch positiv
 - Ausgleich des Nährelementdefizits durch Nährelementrückführung
- Indifferente (unsichere) Bilanzen → Vorsorgeprinzip
 - keine Erhöhung der Nutzungsintensität
 - Ableitung von Nutzungsoptionen unter Berücksichtigung weiterer Indikatoren (z.B. Versauerungszustand des Bodens, Nadel-/Blatternährung)



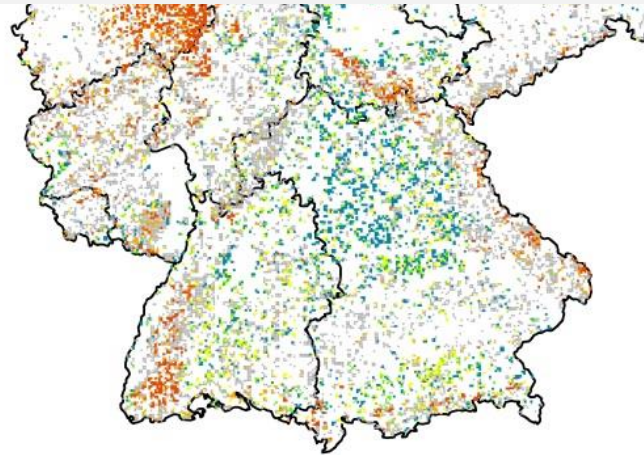
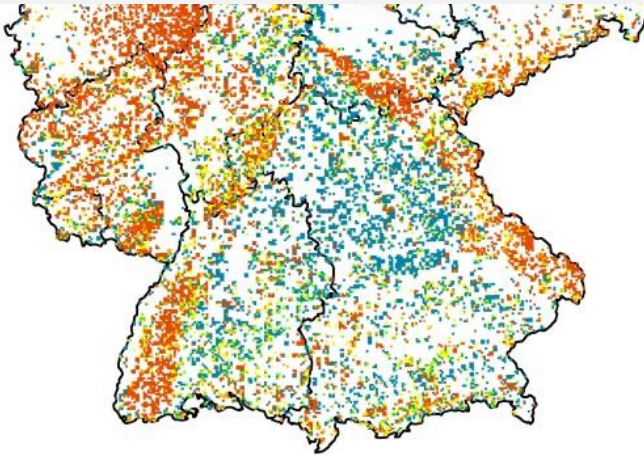


- Auf 17% der Traktecken sind Bilanzen für Ca, Mg und K bei ‚Real‘ und ‚Max‘ statistisch abgesichert positiv → Nutzungsintensivierung möglich.
- Schwachpunkt: wichtiges Nährelement Phosphor nicht bewertet!





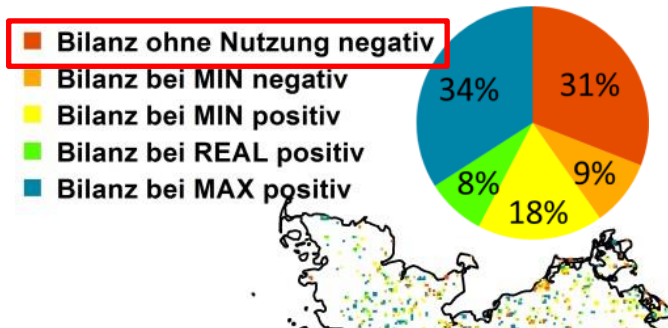
- Auf 22% der Traktecken sind Bilanzen für Ca, Mg oder K maximal bei Nutzung ‚Min‘ noch positiv → Nutzungsreduzierung sinnvoll.
- Aber: Nutzungsreduktion alleine reicht u.U. nicht aus, um Nährbilanzdefizite zu schließen (v.a. wenn nutzungsfreie Stoffbilanz bereits negativ ist).



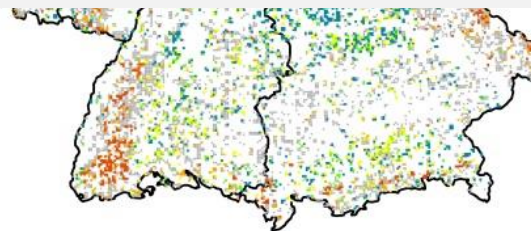
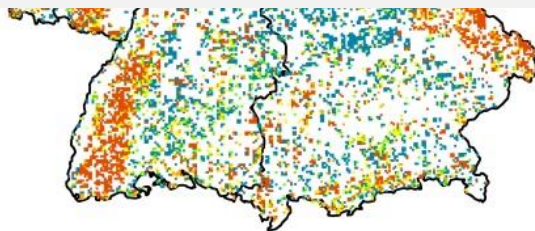
- Verhältnis der Nährstoff- und Biomasseexporte im Szenario ‚Min‘ zu Szenario ‚Real‘
- Belassen von Reisig und Rinde im Bestand (Szenario ‚Min‘) reduziert Biomasseertrag um ~15%, aber verringert Nährstoffverluste um ~40-60%!
- Reisig und Rinde tragen finanziell meist nur wenig zum Gesamtgewinn eines Betriebes bei, deren Entzug führt aber auf vielen Standorten langfristig zu einer Verarmung der Böden.

	Min/Real [%]			
	Ca-Export	Mg-Export	K-Export	Biomasseertrag
Alpenvorland/Kalkalpen	36	49	53	88
Bergländer auf Kalk	34	54	59	88
Kristalline Mittelgebirge	36	47	49	88
Berg-/Hügelländer: S,T,U-Gestein	34	53	54	87
Altmoräne, Norddtsch. Tiefland	33	48	42	81
Jungmoräne, Norddtsch. Tiefland	34	53	47	83
Lösshügelländer, Flusslandschaften	29	53	62	86
Berg-/Hügelländer: T,U-Schiefer	33	48	50	88

- Reduktion der Produktionsintensität = Ertragsverluste
- Großflächige Nutzungsreduktion vor dem Hintergrund des Klimawandels nicht sinnvoll: notwendige Reduktion der CO₂-Emissionen ist ohne Nutzung von Stammholz/Biomasse kaum zu erreichen
- Stärkste Nutzungseinschränkungen betreffen massenreiche Nadelwaldgebiete (kristalline Mittelgebirge, Sauerland)
 - Gewinnverlust
 - Übergeordnete Bedeutung von Nadelwäldern hinsichtlich CO₂-Substitution
- Ökologische Folgen von Nutzungsaufgabe, z.B. Export der Probleme bei Holznutzung aus dem Ausland
- Selbst ohne Nutzung weist ein Drittel der Standorte negative Bilanzen für mindestens eines der drei Nährelemente auf.
- Nutzungsreduktion häufig nicht ausreichend, um defizitäre Bilanzen zu schließen



- Auf 8% der Traktecken sind Bilanzen für Ca, Mg oder K bei ‚Min‘ oder bereits ohne Nutzung statistisch abgesichert negativ.
- Nutzungsreduzierung reicht dort nicht aus.
- Nährstoffrückführung nötig, um Bilanzdefizite zu schließen.
- Auf einem Drittel der BWI-Punkte kleine (statistisch nicht abgesicherte) negative nutzungsfreie Bilanzen → Nährstoffrückführung als Vorsorgeprinzip sinnvoll



- Bilanzdefizite bei Ca + Mg:
 - Kalkung mit Dolomit
 - Kalkung: neben Bilanzverbesserung auch pH-Erhöhung, Stabilisierung der Bodenpufferfunktionen etc.
- Bilanzdefizite bei Ca + Mg + K
 - Ausbringung von Dolomit-Holzasche-Gemischen
 - Holzasche: gleichzeitige Verbesserung der Phosphor-Versorgung
- Bilanzdefizite nur bei K
 - v.a. carbonatische Standorte
 - bislang keine praktizierte technische Lösung, Versuche mit Rindenmulch-Holzasche-Pellets in Bayern

Nutzungsreduktion oder/und Nährstoffrückführung?

28

Kombination aus Nutzungsreduktion und Nährstoffrückführung v.a. auf armen Standorten wirkungsvoll

Modellregion	sig. neg. Ca und/oder Mg Bilanz			3 t ha ⁻¹ Dolomit		
	Fläche [ha]	Flächenanteil [%] Region Gesamt		Kalkungs- turnus [a]	Fläche pro Jahr [ha a ⁻¹]	jährl. Anteil an Gesamt- fläche [%]
Alpenvorland/Kalkalpen	38620	4,0	0,4	5	7828	0,07
Bergländer auf Kalk	23172	1,8	0,2	15	1509	0,01
Kristalline Mittelgebirge	237625	17,0	2,2	24	10023	0,09
Berg-/Hügelländer: S,T,U-Gestein	51341	2,4	0,5	33	1579	0,01
Altmoräne, Norddtsch. Tiefland	2272	0,1	0,0	25	92	0,00
Jungmoräne, Norddtsch. Tiefland	2272	0,2	0,0	64	36	0,00
Lösshügelländer, Flusslandschaften	47252	5,9	0,4	7	6755	0,06
Berg-/Hügelländer: T,U-Schiefer	454349	35,8	4,2	14	33028	0,30
Gesamt	856903	7,9		14	60850	0,56
Alpenvorland/Kalkalpen	44061	4,5	0,4	5	8665	0,08
Bergländer auf Kalk	54962	4,3	0,5	18	3068	0,03
Kristalline Mittelgebirge	502838	36,0	4,6	27	18430	0,17
Berg-/Hügelländer: S,T,U-Gestein	101294	4,8	0,9	27	3713	0,03
Altmoräne, Norddtsch. Tiefland	125369	6,6	1,2	39	3194	0,03
Jungmoräne, Norddtsch. Tiefland	93118	8,1	0,9	45	2082	0,02
Lösshügelländer, Flusslandschaften	69952	8,8	0,6	8	9027	0,08
Berg-/Hügelländer: T,U-Schiefer	813990	64,2	7,5	18	44774	0,41
Gesamt	1805585	16,6		19	92953	0,86
Alpenvorland/Kalkalpen	49057	5,0	0,5	5	9318	0,09
Bergländer auf Kalk	69044	5,4	0,6	19	3674	0,03
Kristalline Mittelgebirge	637292	45,6	5,9	27	23259	0,21
Berg-/Hügelländer: S,T,U-Gestein	143538	6,8	1,3	29	4918	0,05
Altmoräne, Norddtsch. Tiefland	203043	10,7	1,9	39	5215	0,05
Jungmoräne, Norddtsch. Tiefland	153077	13,4	1,4	44	3498	0,03
Lösshügelländer, Flusslandschaften	85850	10,8	0,8	9	10086	0,09
Berg-/Hügelländer: T,U-Schiefer	929365	73,3	8,6	19	49663	0,46
Gesamt	2270268	20,9		21	109631	1,01

- Bilanzierungsansatz ermöglicht standörtliche Einschätzung des nachhaltigen Nutzungspotentials.
- Nutzungsintensivierung nur dort sinnvoll, wo Nährstoffbilanzen bislang positiv oder ausgeglichen sind.
- Nutzungsreduktion von ‚Real‘ auf ‚Min‘ vielfach zum Schließen defizitärer Bilanzen geeignet.
- Auf vielen Standorten ist (zusätzlich) Nährstoffrückführung notwendig.
- Für die betriebliche Planung
 - muss Bilanzierungsansatz mit höherer räumlicher Auflösung angewendet werden.
 - sollten weitere Indikatoren des Nährstoffhaushalts (Bodenversauerung, Ernährungsstatus der Bäume,...) einbezogen werden.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Das Projekt „EnNa“ wurde durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft sowie die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. gefördert.

