



„Einfluss auf die Nährstoffnachhaltigkeit

-

Waldmanagement neu ausrichten“

Martin Greve, Joachim Block, Jürgen Gauer, Julius Schuck





Steigender Bedarf an Biomasse aus dem Wald

Ausschöpfung des Nutzungspotenzials an Holz im Interesse

- des Waldbesitzenden (Einkünfte)
- der Gesellschaft (Rohstoffversorgung)
- der Umwelt (Klimaschutz)

Aber: Standortpotenzial (Bodenfruchtbarkeit) muss dauerhaft erhalten bleiben

→ Gewährleistung der **Nährstoffnachhaltigkeit** bei der Waldbewirtschaftung



Gefährdung der Nährstoffnachhaltigkeit durch:

- Bodenversauerung: Nährstoffauswaschung
- Übernutzung: Hohe Nährstoffexporte
- „Störungen“ im Nährstoffkreislauf (z. B. Sturmwurf, Kahllage)

Ziel:

Sicherung einer standorts-angepassten Versorgung auch künftiger Waldgenerationen mit Nährstoffen.

Verfügbare Nährstoffe dürfen nicht **substanziell** abnehmen!



Grenzen zwischen nachhaltiger Ausnutzung und nicht
nährstoffnachhaltiger Übernutzung in der Praxis schwer zu
erkennen

→ **Beratungsinstrumente** erforderlich:

- Erkennen der im Hinblick auf Nährstoffhaushalt vulnerablen Standorte bzw. Standort-Bestockungskombinationen
- Ableitung situationsbezogener Handlungsempfehlungen (waldbauliche Maßnahmen, Nutzungsintensität, Kalkung, ...)

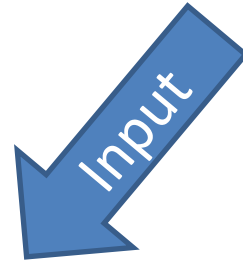
Anforderung: Großes Spektrum an Standorten bzw. Standort-Bestockungskombinationen, einfach anzuwenden



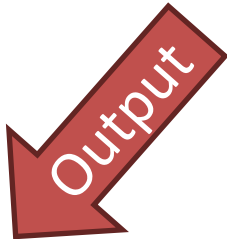
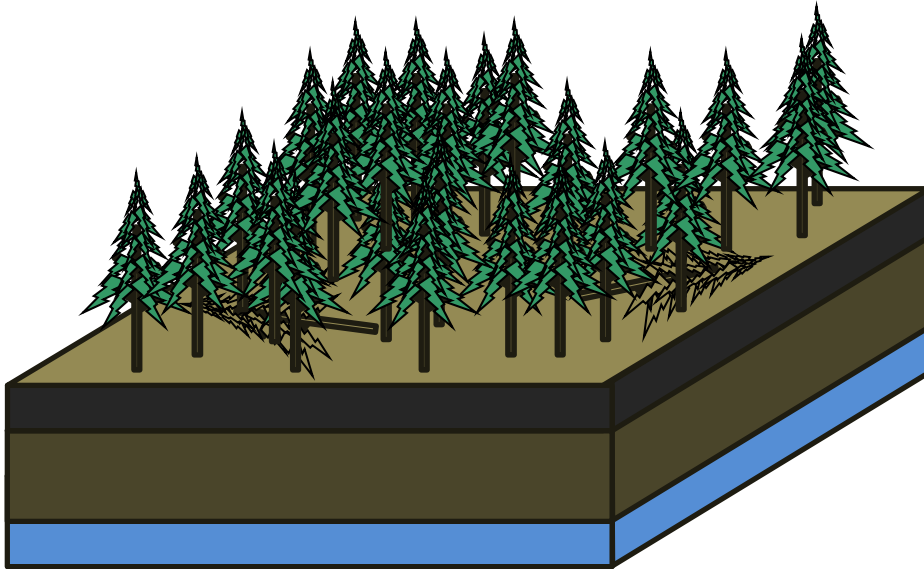
Entscheidungsunterstützungssystem zur Nährstoffnachhaltigkeit (DSSN)



Indikatoren: Bilanzen und Vorräte



- + atmosphärische Deposition
- + Mineralverwitterung



- Entzug mit der Holzernte/Biomassennutzung
- Auswaschung mit Sickerwasser



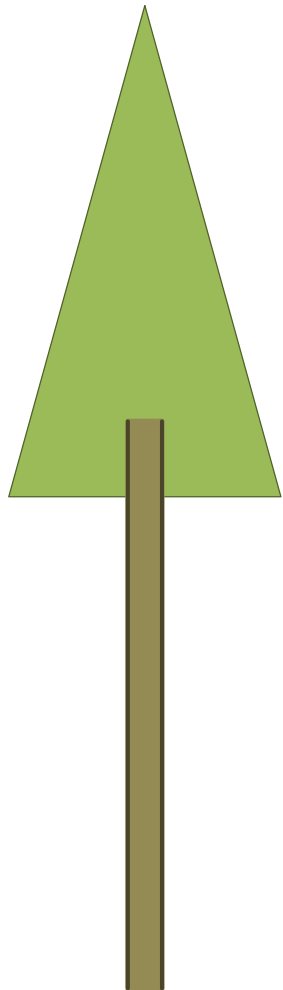
- Basis: 544 aufgemessene, in Kompartimente zerlegte und auf Nährstoffe analysierte Probestämmen
- Biomasse- und Nährstoffmodelle, Szenariosimulationen mit SILVA
- Kalkulation der Ernteentzüge bei Derbholznutzung (m. R.) und bei Vollbaumnutzung gemittelt über Produktionszeitraum (Ei 180 Jahre, Bu, Ki 120 J., Fi, Dou 100 J.) und differenziert nach:
 - Substratgruppe
 - Bestockungstyp (Bu, Ei, Ei+Bu, Fi, Dgl., Ki, Ki+Bu)
 - Wachstumsleistung (Ekl. 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 4,0)



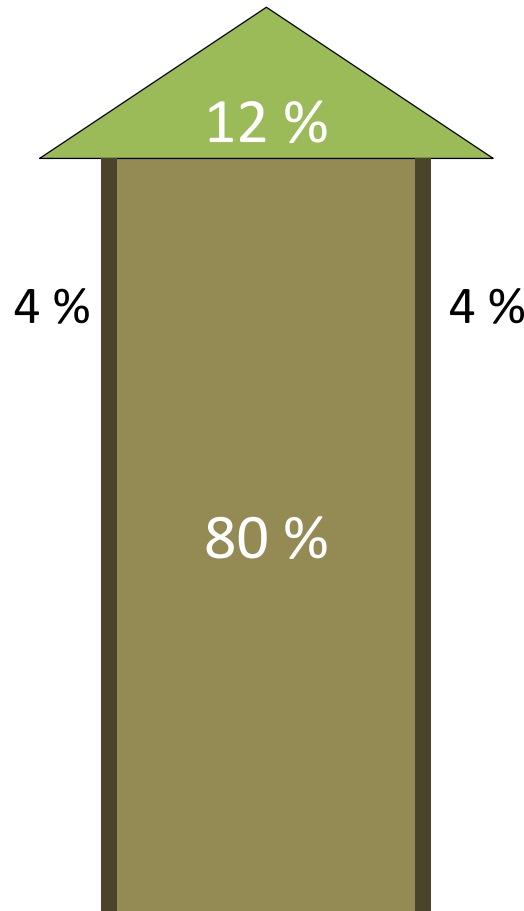


Fichtenbestand

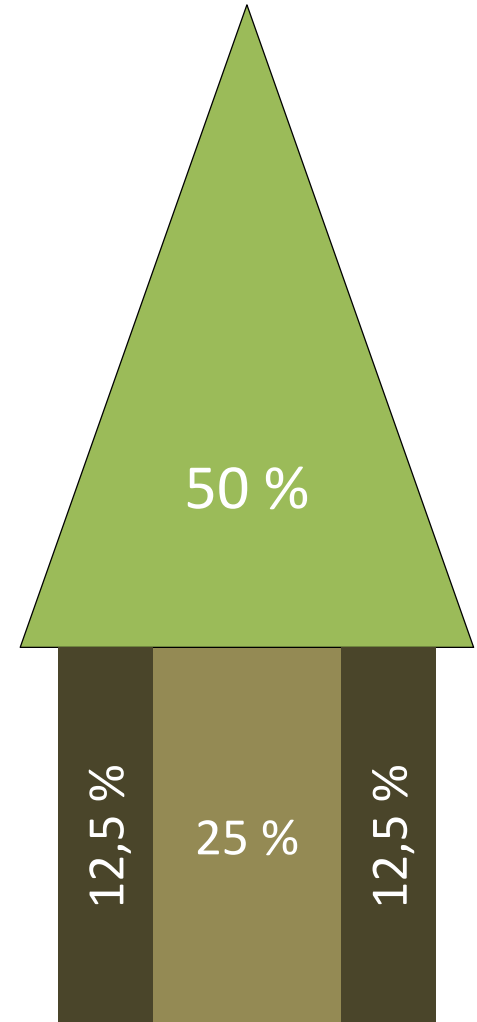
Buntsandstein, EKL. I, Alter 100 J.



Biomasse-Verteilung



Phosphor-Verteilung





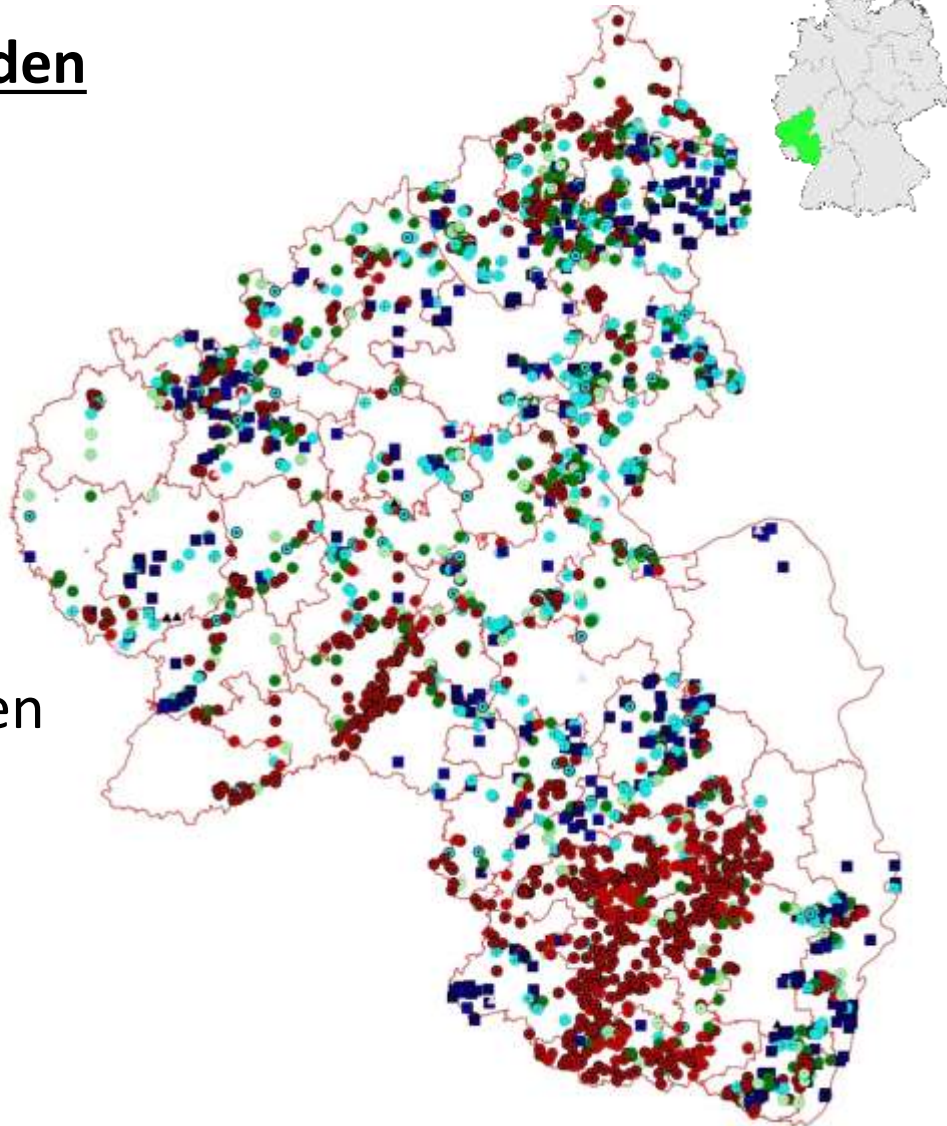
Indikator Nährstoffvorräte im Boden

Datenbasis:

- ca. 3000 Bodenprofile mit Mineralboden-Analysedaten
- Ca. 1100 Profile mit Humusaufgabe-Analysedaten

Schätzung der pflanzenverfügbaren Vorräte auf der Fläche in Abhängigkeit von:

- Substratreihe
- Frischestufe
- Bestockungstyp





Beispiel: Vorrat an pflanzenverfügbarem **Magnesium** im Wurzelraum für ausgewählte Substrate;
Frischestufe „frisch“

Sande Buntsandstein	ca. 60 kg/ha
Decklehm Devon II	ca. 160 kg/ha
Bimslehm	ca. 500 kg/ha
Schlufflehm Rotliegend II	ca.1.700 kg/ha
Dolomitlehm	ca.13.000 kg/ha





Umsetzung in die Praxis



Regelbasierte Kalkulation
der Indikatoren mit
auswahl-basierten
Einsteuergößen

Indikatoren:

- Nährstoffbilanzen
- Bodenvorräte
- Nährstoffentzugsindex

Eingabemaske:

Wuchsgebiet:	Pfälzerwald
Wuchsbezirk:	Mittlerer Pfälzerwald
Niederschlag:	ab 950 mm
Wärmestufe:	kollin
Grundform:	eben < 10°
Substrat:	Sande d. Buntsandstein
Substratreihe:	S^s'sTR
Wasserregime:	terrestrisch
Bodenart:	S
Wasserhaushalt:	frisch
Bestockung:	Eiche und Buche
Ertragsklasse:	2,0

DSS-Nährstoffe



	Biomasse to/(ha*Jahr)	K	Ca	Mg kg/(ha*Jahr)	S	N	P
Deposition	0,0	2,1	4,0	0,8	8,5	15,0	0,2
Verwitterung	0,0	2,2	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1
Sickenwasseraustrag	0,0	2,7	3,0	1,7	15,5	3,3	0,0
Ernte Entzug Derbholz mit Rinde	2,9	3,2	5,8	0,6	0,5	5,2	0,3
Ernte Entzug Vollbaum Winterzustand	3,6	4,4	8,3	1,0	0,7	8,5	0,5
Bilanz - keine Nutzung	0,0	1,7	1,1	-0,7	-7,0	11,7	0,2
Bilanz - Derbholz mit Rinde	-2,9	-1,6	-4,7	-1,3	-7,5	6,5	-0,1
Bilanz - Vollbaum Winterzustand	-3,6	-2,8	-7,2	-1,7	-7,8	3,2	-0,3

Bodenvorrat (Humus + Mineralboden)	222,1	222,8	62,9	0,0	2.996,1	965,1
Biomassequotient	0,7	0,4	1,0	0,0	0,0	27,8
Nährstoffentzugsindex Vollbaum	0,5	0,3	0,6	0,0	0,0	18,1
Nährstoffentzugsindex Derbholz	0,7	0,4	1,0	0,0	0,0	32,0

Netto - Säurebelastung - ohne Nutzung	1,8	keq / (ha*Jahr)
Netto - Säurebelastung - Derbholz mit Rinde	2,2	keq / (ha*Jahr)
Netto - Säurebelastung - Vollbaum Winterzustand	2,3	keq / (ha*Jahr)

Vorgabeparameter

Wuchsgebiet:

Wuchsbezirk:

Niederschlag:

Wärmestufe:

Grundform:

Substrat:

Substratreihe:

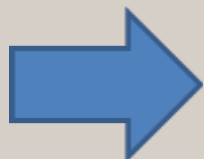
Wasserregime:

Bodenart:

Wasserhaushalt:

Bestockung:

Ertragsklasse:



hohe Vulnerabilität

Kalkungsempfehlung alle 20 Jahre mit Dolomit.

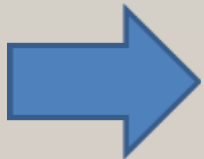
Bilanzen
berechnen

Bilanzen
zwischenspeicher

DSS-Nährstoffe



Forschungsanstalt für Waldökologie
und Forstwirtschaft



Vulnerabilität



Wie verletzlich sind Standorte gegenüber Nährstoffentzügen?

Ableitung der Vulnerabilität aus Bilanzsalden, Bodenvorräten und Nährstoffentzugsindex

Stufe 1 – sehr geringe Vulnerabilität

Stufe 2 – geringe Vulnerabilität

Stufe 3 – mittlere Vulnerabilität

Stufe 4 – hohe Vulnerabilität

Stufe 5 – sehr hohe Vulnerabilität

Mit jeder Vulnerabilitätsstufe werden Maßnahmen zur **standortsverträglichen Nutzung** gekoppelt (waldbauliche Maßnahmen, Nutzungsintensität, Kalkung)



Generell **bei allen Vulnerabilitätsstufen** zur Reduzierung von Nährstoffverlusten und Humusverarmung

- Bei Laubbäumen **keine Entnahme von Kronenmaterial mit Laub**
- **Verzicht auf Herstellung von Reisigmatten** zur Armierung der Rückegassen (Ausnahmen z. B. bei kleineren Nassstellen); Bändertechnik (Bogiebänder) einsetzen (vgl. Handbuch Walderschließung 2022); in begrenztem Umfang auf der Gasse anfallendes Reisig kann dort verbleiben, da es die Befahrbarkeit der Gasse verbessert und die Erosionsgefahr reduziert
- **Reisighaufen am Gassenrand möglichst vermeiden**



● Stufe 1 – sehr geringe Vulnerabilität

- Vollbaumnutzung (Nutzung Nicht-Derbholz) bei maximal jedem zweiten Eingriff.
- Bei sehr starken Eingriffen (>75 Efm Derbholznutzung je Hektar) oder flächigen Kalamitätsanfällen maximal 50% des anfallenden Nicht-Derbholzes (Kronenmaterial) entnehmen.
- Bei Nutzung von Nicht-Derbholz für energetische Verwendung möglichst Vortrocknung im Bestand (nur wenn keine Waldschutzprobleme zu befürchten sind).

● Stufe 2 – geringe Vulnerabilität

- Wie Stufe 1, aber: Vollbaumnutzung/Nutzung Nicht-Derbholz bei maximal zwei Eingriffen in 100 Jahren (bei Laubbäumen z.B. auf zwei Dimensionierungseingriffe im Stangenholz- und jungem Baumholzalder, bei Nadelbäumen bei Eingriff zur Einleitung der Verjüngung).

Bei FSC-Zertifizierung Regelung 10.11.9 „Nichtderbholz verbleibt in der Regel im Wald“ beachten!



● Stufe 3 – mittlere Vulnerabilität

- Beschränkung auf Derbholznutzung; Nicht-Derbholz möglichst am Fällort belassen
- Mindestzopf bei Nutzung von **Laubbäumen**: 10 cm
- Beim Einsatz von Seilkranverfahren kein Hochseilen von Vollbäumen, sondern Kronenkappung (Mindestzopf 8 cm) und auf zugänglicher Seite zumindest grob stammeben entasten

Entscheidung ob gezopft u. entastet wird hängt von der Gefährdungsbeurteilung des arbeitenden Menschen ab! Wird ein Baum nicht im Bestand gezopft, verbleibt er als Vollbaum auf der Fläche!



● Stufe 4 – hohe Vulnerabilität

- Wie Stufe 3 und zusätzlich:
- (gefällte) **Laubbäume** mit BHD < 15 cm \varnothing am Fällort im Bestand belassen
Mindestzopf bei Nutzung von **Laubbäumen**: 10 cm
- Bei Harvestereinsatz zur Reduzierung des auf die Gasse fallenden Kronenmaterials nicht erreichbare Bäume „vorliefern“ statt „zufällen“

● Stufe 5 – sehr hohe Vulnerabilität

- Wie Stufe 3 und zusätzlich:
- (gefällte) **Laubbäume** mit BHD < 20 cm \varnothing am Fällort im Bestand belassen
Mindestzopf bei Nutzung von **Laubbäumen**: 12 cm
- Bei Harvestereinsatz zur Reduzierung des auf die Gasse fallenden Kronenmaterials nicht erreichbare Bäume „vorliefern“ statt „zufällen“
- Gegebenenfalls Nutzung auf wertvollere Sortimenten oder auch Baumarten mit geringerem Nährstoffentzug beschränken (z. B. Verzicht der Nutzung von unter- und zwischenständigen Buchen in Kiefern-Buchen- oder Fichten-Buchen-Mischbeständen oder Eichenbeständen mit Buchenbegleitbestand)



Ausnahmen von Regelungen:

Ökologisch sinnvolle Nährstoffentzüge (z. B.):

- Gewässer-begleitenden Vegetationspflege
- Renaturierung von Mooren
- Offenhalten oligotropher Biotope
- Straßebegleitende Fällungen/Nutzungen (1 Baumlänge)
-

Nebennutzungen





FSC Standard 3.0

10.11.9 Nichtderbholz verbleibt in der Regel im Wald

Ausnahmen:

- Verkehrssicherungsmaßnahmen, Böschungspflege, Lichtraumprofile **ja**
- Weihnachts- u. Maibäume, Bräuche, Leseholzrechte **ja**
- Gassenaufhieb bei Ersterschließung **nein**
- Unterschreitung DH Brennholzelbstwerber Flächenlose **nein**
- Waldschutzmaßnahmen **nein** (eingeschränkt)

Karte Vulnerabilitätsstufen (Ausschnitt)




Einstufung für jeden Waldort (kleinste Planungs- und Buchungseinheit)

Grundlagen:

- Waldeinteilung Forsteinrichtung (WEFELKZ) / Bestockungsinformationen
- Standortkartierung
- Geographische Lage, Höhenmodell
- Depositionsdaten

Bereitstellung für Forstpraktiker in WaldIS-rlp

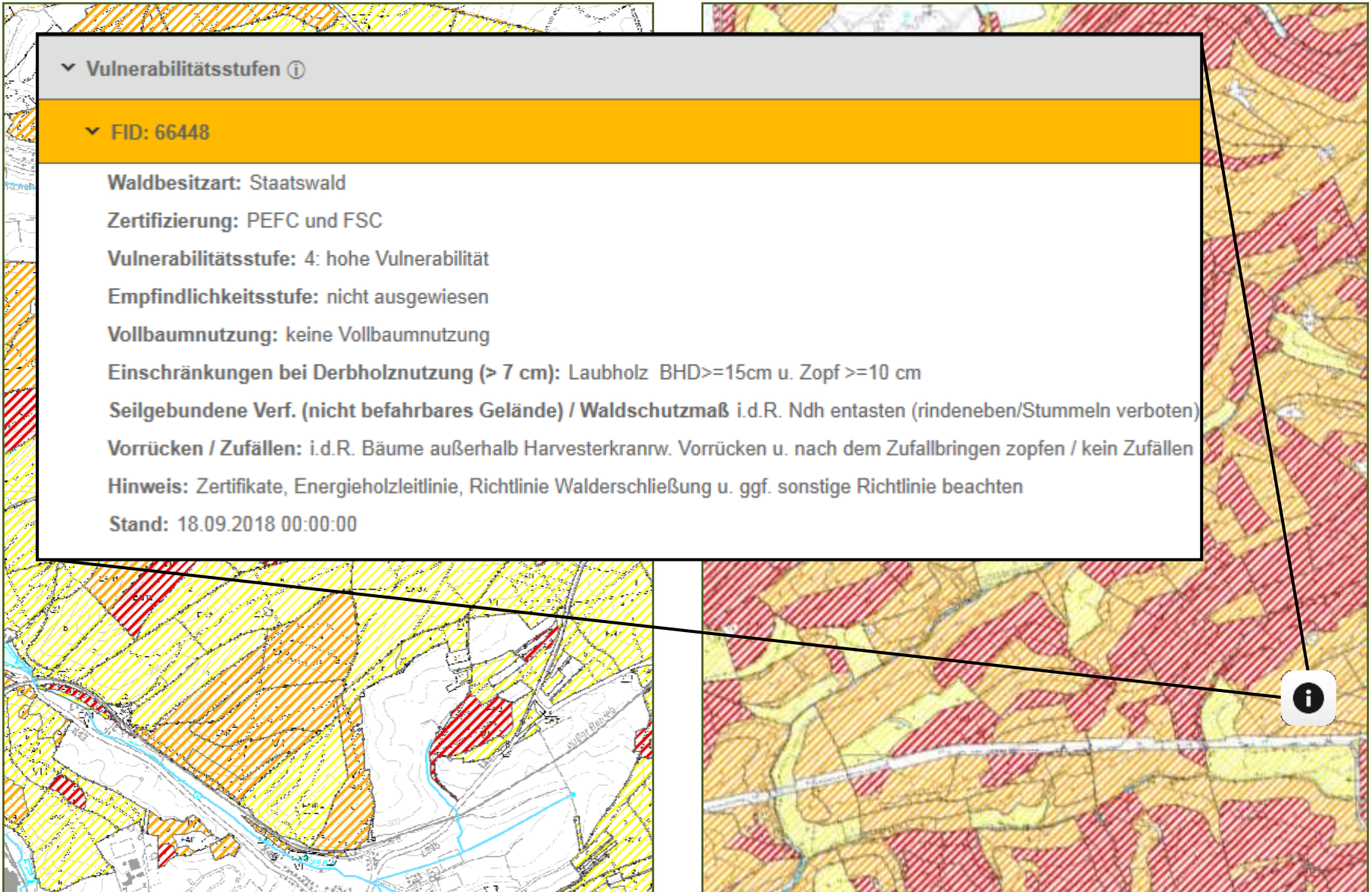


Wuchsgebiet:	Pfalzerwald
Wuchsbezirk:	Mittlerer Pfalzerwald
Niederschlag:	ab 950 mm
Wärmestufe:	kollin
Grundform:	eben < 10°
Substrat:	Sande d. Buntsandstein
Substrateihe:	S's'sTR
Wasserregime:	terrestrisch
Bodenart:	S
Wasserhaushalt:	frisch
Bestockung:	Eiche und Buche
Ertragsklasse:	2,0

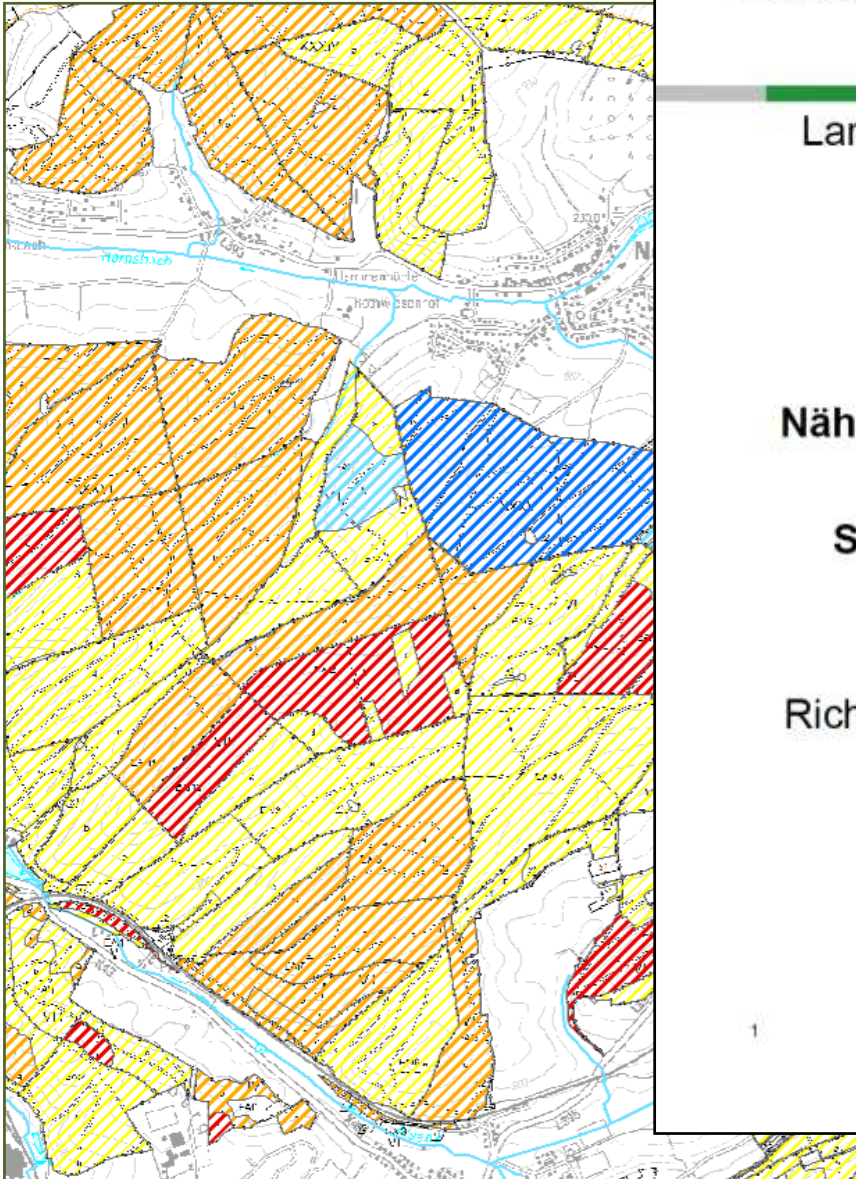
Karte Vulnerabilitätsstufen (Ausschnitt)



Einstufung für jeden Waldort (kleinste Planungs- und Buchungseinheit)



Karte Vulnerabilitätsstufen (Ausschnitt)



Wald. Werte. Wahren. – Richtlinie Nährstoffnachhaltigkeit



Landesforsten Rheinland-Pfalz

**Gewährleistung der
Nährstoffnachhaltigkeit bei der
Bewirtschaftung des
Staatswaldes des Landes
Rheinland-Pfalz**

Richtlinie Nährstoffnachhaltigkeit
2017





Waldbauliche Maßnahmen zur Stabilisierung des Nährstoffhaushaltes

Hintergrund: Großteil der Waldstandorte zeigt beginnende oder schon fortgeschrittene Stickstoffsättigung → empfindlich gegenüber „Störungen“

Keine Eingriffe in Bodengefüge

- Keine Stockrodung
- Keine flächige Bodenbearbeitung

Minderung des Risikos von Freilagen

- Waldumbau (Nadelholzreinbestände → laubbaumreiche Mischbestände)

Möglichst ständige Bedeckung mit Bäumen/Bodenvegetation

- Ab später Dimensionierungsphase stets reaktionsfähige Bodenvegetation mit möglichst hohem Anteil zielgerechter Jungbäume
- Bei Verjüngung: Buchenunterstand nicht großflächig auf einmal entnehmen
- Femel auf erforderliche Größe (Ei, Ki > Bu) beschränken

Bodenschutzkalkung



Bodenschutzkalkung



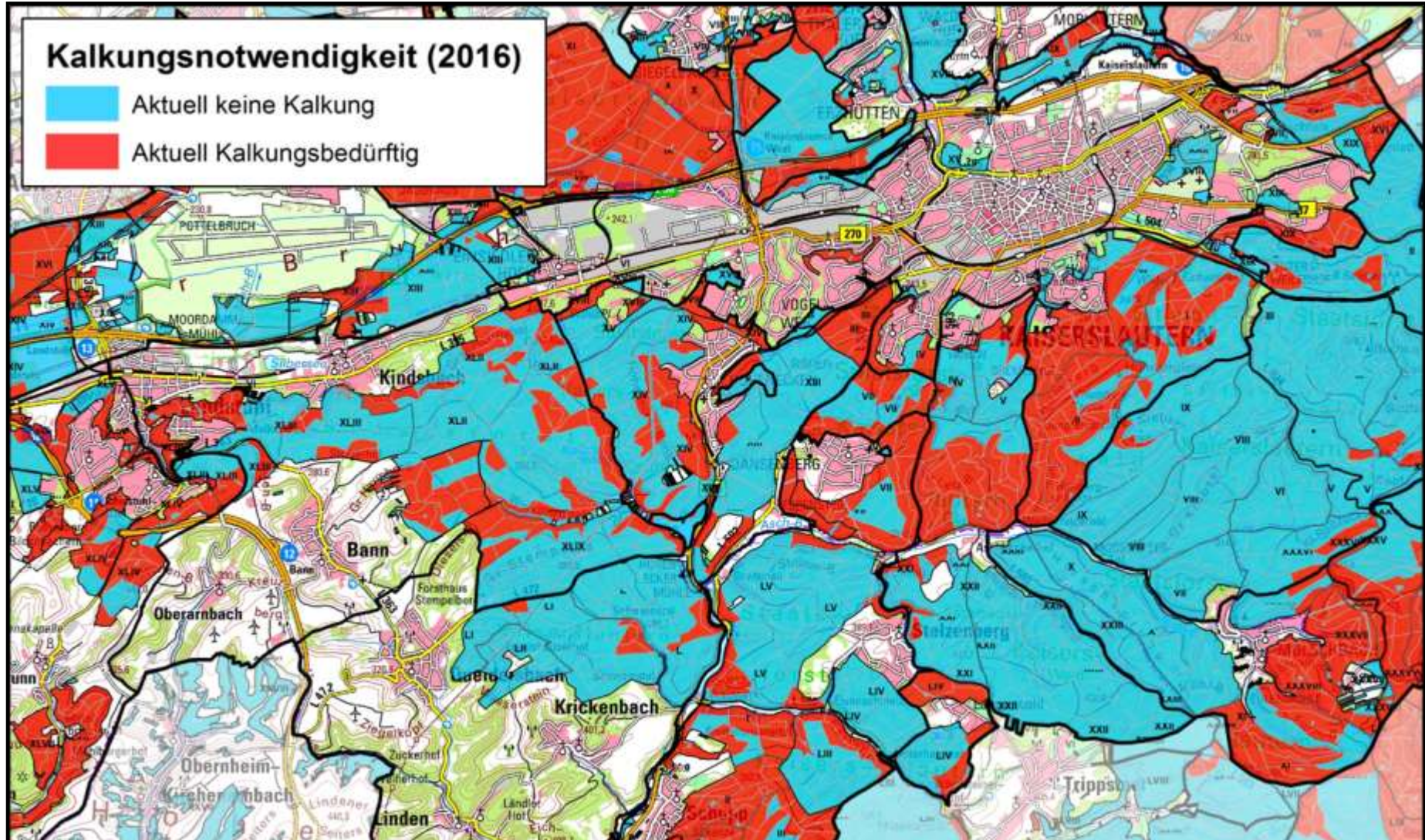
Kalkungsbedürftigkeit und Turnus richten sich nach der Netto-Säurebelastung sowie den Bilanzen und Vorräten von Calcium und Magnesium

	Biomasse to/(ha*Jahr)	K	Ca	Mg kg/(ha*Jahr)	S	N	P
Deposition	0,0	2,1	4,0	0,8	8,5	15,0	0,2
Verwitterung	0,0	2,2	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1
Sickerwasseraustrag	0,0	2,7	3,0	1,7	15,5	3,3	0,0
Ernte Entzug Derbyholz mit Rinde	2,9	3,2	5,8	0,6	0,5	5,2	0,3
Ernte Entzug Vollbaum Winterzustand	3,6	4,4	8,3	1,0	0,7	8,5	0,5
Bilanz - keine Nutzung	0,0	1,7	1,1	-0,7	-7,0	11,7	0,2
Bilanz - Derbyholz mit Rinde	-2,9	-1,6	-4,7	-1,3	-7,5	6,5	-0,1
Bilanz - Vollbaum Winterzustand	-3,6	-2,8	-7,2	-1,7	-7,8	3,2	-0,3
Bodenvorrat (Humus + Mineralboden)		222,1	222,8	62,9	0,0	2.996,1	965,1
Biomassequotient		0,7	0,4	1,0	0,0	0,0	27,8
Nährstoffzugsindex Vollbaum		0,5	0,3	0,6	0,0	0,0	18,1
Nährstoffzugsindex Derbyholz		0,7	0,4	1,0	0,0	0,0	32,0
Netto - Säurebelastung - ohne Nutzung					1,8	keq / (ha*Jahr)	
Netto - Säurebelastung - Derbyholz mit Rinde					2,2	keq / (ha*Jahr)	
Netto - Säurebelastung - Vollbaum Winterzustand					2,3	keq / (ha*Jahr)	

Bodenschutzkalkung



Erstellen von Karten für die Flächenübersicht bei der Kalkungsplanung
Berücksichtigung vorangegangener Kalkungsmaßnahmen



Martin Greve

Informationen zum Nachlesen:

Mitteilung 73/15

Mitteilung 79/16



Kooperationen und Förderung:

TU München



<http://www.fawf.wald-rlp.de/de/veroeffentlichungen/mitteilungen.html>

Mitteilungen mit ausführlichen Zusammenfassungen