



Landesforsten Rheinland-Pfalz

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

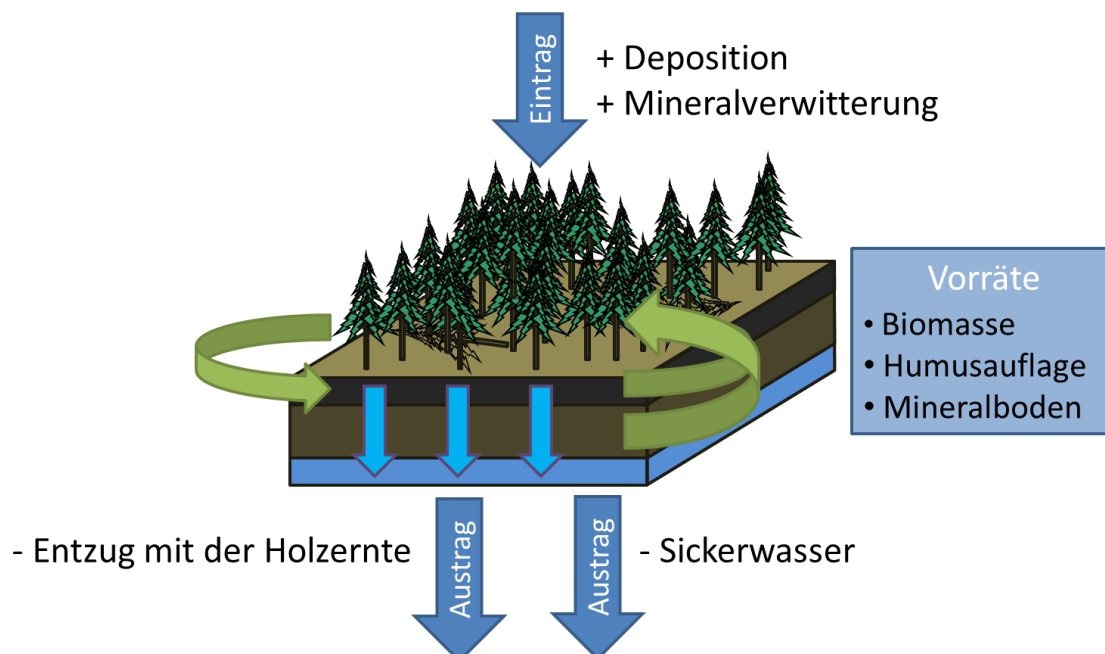
Richtlinie Nährstoffnachhaltigkeit
2017



Inhaltsverzeichnis

Auf einen Blick	Seite	3
1 Hintergrund und Ziele	Seite	4
2 Nährstoffhaushalt der Waldökosysteme	Seite	4
3 Ausweisung von Vulnerabilitätsstufen	Seite	6
4 Einhaltung der Vorgaben der PEFC™- und FSC® -Zertifizierung	Seite	8
5 Einhaltung der Vorgaben der Energieholzleitlinie	Seite	9
6 Maßnahmen zur Gewährleistung der Nährstoffnachhaltigkeit	Seite	9
6.1 Waldbauliche Maßnahmen zur Einhaltung der Nährstoffnachhaltigkeit	Seite	10
6.2 Anpassung der Nutzungsintensität an das Standortpotenzial	Seite	12

Nährstoffbilanz Waldökosystem



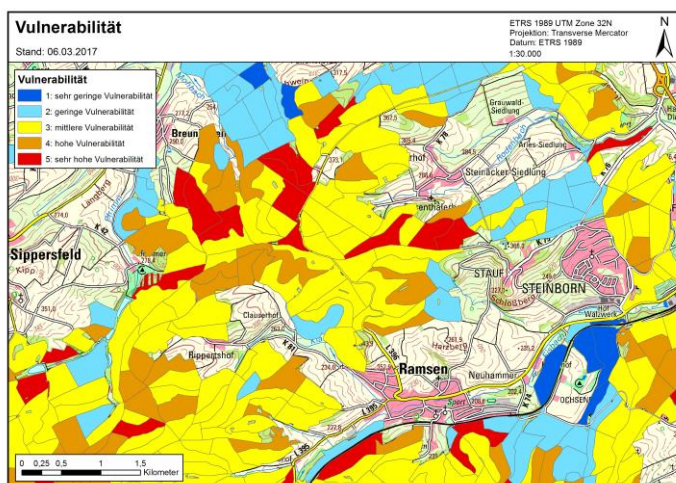
Auf einen Blick

Zur Gewährleistung der Nährstoffnachhaltigkeit werden den Waldorten in Abhängigkeit von Standort und Bestockung **Vulnerabilitätsstufen** (Verletzlichkeit des Waldökosystems gegenüber der Nicht-Einhaltung der Nährstoffnachhaltigkeit beispielsweise durch zu hohen Nährstoffentzug mit der Holzernte) zugeordnet. Je nach Vulnerabilitätsstufe sind ggfls. Einschränkungen in der Nutzungsintensität zu beachten (siehe Tab. 1). Die **Vulnerabilitätsstufe der Waldorte wird als eine Grundlage für die Hiebsplanung im Wald-Informationssystem** Rheinland-Pfalz in Form digitaler Karten zur Verfügung gestellt.

Tabelle 1: Überblick über die Nutzungseinschränkungen bei den jeweiligen Vulnerabilitätsstufen

Vulnerabilitätsstufe	Regelungen
alle	Vorgaben der Zertifikate und der Energieholzleitlinie beachten! Keine Stockrodung; keine Entnahme von Laubholz mit Laub
Stufen 1, 2, a (sehr gering / gering)	Keine Einschränkungen
Stufe 3, b (mittel)	Nutzung erst ab Derbholzgrenze (auch bei Gassenaufhieben und Flächenlosen); bei Seilkraneinsatz und bei Borkenkäferproblemen im Bestand bei 8 cm zopfen und auf zugänglicher Seite zumindest grob entasten
Stufe 4, c (hoch)	Wie Stufe 3 und zusätzlich bei Laubholz Nutzung erst ab BHD 15 cm und mit Zopf ≥ 10 cm
Stufe 5 (sehr hoch)	Wie Stufe 3 und zusätzlich bei Laubholz Nutzung erst ab BHD 20 cm und mit Zopf ≥ 12 cm

Kartenausschnitt Vulnerabilitätsstufen



1 Hintergrund und Ziele

Eine verstärkte Holznutzung und eine Steigerung der stofflichen und energetischen Holzverwendung sind bedeutsame gesellschaftspolitische Ziele. Eine Ausschöpfung des Nutzungspotenzials ist sowohl im ökonomischen Interesse der Waldbesitzenden, aber auch der Gesellschaft im Hinblick auf die Rohstoffversorgung des Forst-Holz-Clusters und der Umwelt vor allem im Hinblick auf den Klimaschutz durch Substitution fossiler oder energieaufwändiger Produkte durch den nachwachsenden und nahezu CO₂-neutralen Rohstoff Holz.

Allerdings muss die Nutzung des Waldes nachhaltig ausgerichtet sein. Die forstliche Nachhaltigkeit umfasst die dauerhafte Sicherung aller Leistungen und Wirkungen des Waldes und schließt damit auch die Erhaltung des Standortpotenzials ein. Eine grundlegende Bedingung für den Erhalt des Standortpotenzials ist die Sicherung einer standortsangepassten Versorgung auch künftiger Waldgenerationen mit Nährstoffen („Nährstoffnachhaltigkeit“).

Diese Richtlinie beschreibt das Konzept zur Gewährleistung der Nährstoffnachhaltigkeit bei der Bewirtschaftung des Staatswaldes in Rheinland-Pfalz. Insbesondere enthält die Richtlinie konkrete Vorgaben zur Anpassung der Nutzungsintensität an das jeweilige Standortpotenzial. Als Grundlage dieser Vorgaben dienen waldbiotopbezogene Bilanzierungen und Schätzungen der Bodenvorräte der Nährstoffe Calcium, Magnesium, Kalium, Schwefel, Phosphor und Stickstoff in einem rechnergestützten Entscheidungsunterstützungssystem (Decision Support System (DSS)-Nährstoffbilanzen) und aus den Befunden hergeleitete Vulnerabilitätsstufen.

Detaillierte Grundlagen dieses Konzepts und eine eingehende Beschreibung des DSS-Nährstoffbilanzen enthält der Mitteilungsband 79/2016 der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF) http://www.fawf.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/downloads/Mitteilungen/Endfassung_Naehrstoffbericht.pdf

2 Nährstoffhaushalt der Waldökosysteme

Die Nährstoffnachhaltigkeit ist gewährleistet, wenn die genutzten Ökosysteme ausgeglichene oder positive Nährstoffbilanzen aufweisen bzw. defizitäre Bilanzsalden aufgrund hoher Bodenvorräte keine wesentliche Verringerung der Nährstoffverfügbarkeit erwarten lassen.

Bei der Bilanzierung werden auf der Eintragsseite die atmosphärische Stoffdeposition und die Freisetzung von Nährstoffen aus der Mineralverwitterung und auf der Austragsseite der Nährelementexport durch die Holzernte und der Austrag von Nährstoffen mit dem Sickerwasserfluss unterhalb des Hauptwurzelraums betrachtet.

Die atmosphärische Stoffdeposition wird vor allem von der Niederschlagshöhe und der Bestockung bestimmt. Niederschlagsreiche Regionen weisen höhere Depositionsraten auf als niederschlagsärmere. Fichte und Douglasie zeigen generell höhere Depositionsraten als Kiefer, Buche und Eiche.

Die Bilanzkomponente „Nährstofffreisetzung aus der Mineralverwitterung“ wird vom Mineralbestand des jeweiligen Substrats, der der Verwitterung ausgesetzten Oberfläche, der Bodentemperatur und dem Wassergehalt des Bodens beeinflusst. Die Freisetzungsrates wird somit insbesondere von der Substratreihe und der Frischestufe bestimmt.

Die Nährstoffausträge mit dem Sickerwasserfluss variieren vor allem in Abhängigkeit von Bodensubstrat, klimatischen Bedingungen und Bestockung in einem sehr weiten Rahmen. Die wesentlichsten Einflussfaktoren sind die Substratreihe, die Niederschlagshöhe und die Bestockung. Bei sonst gleichen Bedingungen zeigen Fichte und Douglasie höhere Nährstoffausträge mit dem Sickerwasser als Kiefer, Buche und Eiche.

Die Nährstoffexporte mit der Holzernte werden vom Standort, der Baumart, der Wuchsleistung, dem Nutzungsalter und der Nutzungsintensität beeinflusst. Bei gleicher Baumart und Wuchsleistung sind die Nährstoffentzüge auf reicheren Standorten in der Regel höher als auf ärmeren. Während sich bei der Biomasseentnahme bei gleicher Ertragsklasse sowohl bei Vollbaum- als auch bei Derbholznutzung meist die Reihenfolge Douglasie > Fichte > Buche > Eiche und Kiefer ergibt, zeigen sich bei den Nährstoffentzügen unterschiedliche Reihenfolgen: zum Beispiel bei Kalium (Derbholznutzung): Buche > Eiche > Fichte und Douglasie > Kiefer und bei Magnesium: Buche > Fichte > Eiche > Kiefer > Douglasie. Die Nährstoffentzüge einer Baumart sind bei höherer Wuchsleistung höher als bei geringerer Wuchsleistung und bei gleicher Entnahmemasse in jungen Beständen mit noch geringen Baumdimensionen aufgrund des höheren Rinden- und Reisiganteils bei Vollbaumnutzung erheblich und bei Derbholznutzung merklich höher als in älteren Beständen mit stärker dimensionierten Bäumen.

In reifen Waldbeständen entfallen im Winterzustand mehr als etwa 80% der oberirdischen Baumbiomasse auf das Derbholz (ohne Rinde), 5 bis 15 % auf die Rinde des Derbholzes und meist nur etwa 10% auf das Reisig (Material < 7 cm Ø). Bei den Nährstoffen ist der Anteil der im Reisig gespeicherten Vorräte weitaus höher: Bei Fichte und Douglasie entfallen bis zur Hälfte des Nährelementvorrats in der oberirdischen Biomasse auf das Reisig. Daher ist die Entscheidung, welche Teile der Bäume genutzt werden und damit die Intensität der Nutzung, z.B. eine Beschränkung der Nutzung auf stofflich verwertbare höherwertige Sortimente (z. B. Stammholz), die Nutzung des gesamten Derbholzes (mit Rinde) oder die Nutzung der gesamten oberirdischen Biomasse (Vollbaumnutzung), von erheblichem Einfluss auf die Höhe der Entzüge an Biomasse und Nährstoffen.

Neben den Nährstoffbilanzen werden zur Bewertung der Nährstoffnachhaltigkeit auch die pflanzenverfügbaren Vorräte im Boden und der daraus abgeleitete Indikator „Nährstoffentzugsindex“ verwendet.

Die Nährstoffvorräte im Mineralboden werden differenziert für die jeweilige Substratreihe in Abhängigkeit von der Frischestufe geschätzt. Die Frischestufe ist mit der Feinbodenmenge korreliert. Die über diese Korrelation bestimmte Feinbodenmenge hat einen erheblichen Einfluss auf die kalkulierten Bodenvorräte. Die Schätzung der Humusauflagevorräte erfolgt - nach Substratgruppen differenziert - in Abhängigkeit des Bestockungstyps (z. B. Reihenfolge Phosphorvorrat in der Humusaufgabe: Kiefer > Fichte > Douglasie > Buche > Eiche) und der Höhe über NN (bei kühlerem Klima höherer Vorrat als bei wärmerem Klima).

Die Indikatoren „Nährstoffentzugsindex-Derbholznutzung“ und „Nährstoffentzugsindex-Vollbaumnutzung“ beschreiben den Nährstoffvorrat im Boden in Relation zum über 100 Jahre aufsummierten Nährstoffentzug mit der Ernte bei Derbholznutzung bzw. Vollbaumnutzung. Hierdurch wird berücksichtigt, dass ein Ernteentzug bei geringen Bodenvorräten die Nährstoffnachhaltigkeit stärker gefährdet als bei hohen Bodenvorräten.

3 Ausweisung von Vulnerabilitätsstufen

Die Vulnerabilität beschreibt in diesem Zusammenhang die Verletzlichkeit des Waldökosystems gegenüber der Nicht-Einhaltung der Nährstoffnachhaltigkeit. Ein vulnerables Ökosystem reagiert sensibel auf Störungen im ökosystemaren Stoffkreislauf zum Beispiel durch Kahllage oder nicht standortsangepasste Nutzungsintensität. Es verfügt nur über eine **geringe Anpassungsfähigkeit** und reagiert bei länger andauernder Verletzung der Nährstoffnachhaltigkeit mit einer dauerhaften Einschränkung von wichtigen Funktionen, wie beispielsweise einer Abnahme der Standortproduktivität.

Mit Hilfe der Nährstoffnachhaltigkeitsindikatoren Nährstoffbilanz, Bodenvorrat, des Nährstoffentzugsindex-Derbholznutzung und des Nährstoffentzugsindex-Vollbaumnutzung werden 5 Vulnerabilitätsstufen ausgewiesen:

Stufe 1 – sehr geringe Vulnerabilität

Waldstandorte werden der Vulnerabilitätsstufe 1 zugeordnet, **wenn die Kalium-Bilanz trotz Vollbaumnutzung ausgeglichen oder positiv ist**. Auch die Calcium- und Magnesium-Bilanzen sind selbst bei Vollbaumnutzung ausgeglichen oder positiv oder der Nährstoffentzugsindex-Vollbaum ist bei Calcium und bei Magnesium > 10 , was bei hohen Bodenvorräten dieser Nährstoffe der Fall ist. Zugleich muss bei Stufe 1 der Nährstoffentzugsindex-Vollbaum für Phosphor bei phosphorreichen Standorten ($P_{ges} > 950 \text{ kg/ha}$) über 15 bzw. bei phosphorarmen Standorten ($P_{ges} \leq 950 \text{ kg/ha}$) über 23 liegen.

Stufe 2 – geringe Vulnerabilität

Auch bei Vulnerabilitätsstufe 2 muss die Kalium-Bilanz trotz Vollbaumnutzung ausgeglichen oder positiv sein. Bei Calcium und bei Magnesium liegt der Nährstoffentzugsindex-Vollbaum über 2, bei Phosphor auf phosphorreichen Standorten über 13 bzw. bei phosphorarmen Standorten über 19.

Stufe 3 – mittlere Vulnerabilität

In die Stufe 3 werden Waldstandorte eingewertet deren Kalium-Bilanz bei Derbholznutzung ausgeglichen oder positiv ist und die bei Phosphor einen Nährstoffentzugsindex-Derbholz bei phosphorreichen Standorten über 20 bzw. bei phosphorarmen Standorten über 30 aufweisen.

Stufe 4 – hohe Vulnerabilität

Der Stufe 4 werden Waldstandorte mit bei Derbholznutzung ausgeglichener oder positiver Kaliumbilanz oder einem Nährstoffentzugsindex-Derbholz für Kalium $\geq 0,6$ zugeordnet. Zugleich muss der Nährstoffentzugsindex-Derbholz für Phosphor bei phosphorreicherer Standorten über 17 bzw. bei phosphorarmen Standorten über 26 liegen. Unabhängig von den Bilanzsalden und dem Nährstoffentzugsindex werden alle Standorte mit sehr geringen Nährstoffvorräten im Boden (Humusaufgabe + Mineralboden: Phosphor < 750 ; Kalium < 150 ; Calcium < 200 ; Magnesium < 35 jeweils kg ha^{-1}) in Stufe 4 eingewertet, wobei Standorte, die die Kriterien der Stufe 5 erfüllen, auch bei sehr geringen Nährstoffvorräten in Stufe 5 verbleiben.

Anzunehmen ist, dass Standorte mit derart geringen Nährstoffvorräten im Boden im Wesentlichen durch geschichtliche Waldverwüstungen und Übernutzungen verarmt sind und der aktuelle Nährstoffstatus nicht dem natürlichen Standortpotenzial entspricht. **Über positive Bilanzsalden der Nährstoffe wird hier langfristig eine Wiederherstellung des standortgemäßen Standortpotenzials angestrebt.**

Stufe 5 – sehr hohe Vulnerabilität

In die Stufe 5 fallen Standorte mit schon bei Derbholznutzung negativer Kalium-Bilanz und einem Nährstoffentzugsindex-Derbholz für Kalium unter 0,6 sowie Standorte mit einem Nährstoffentzugsindex-Derbholz für Phosphor bei phosphorreicherer Standorten ≤ 17 bzw. bei phosphorarmen Standorten ≤ 26 .

Beispiele für Standorte mit „sehr geringer“ Vulnerabilität (Stufe 1) sind feinkornreiche Kalklehme des Devon oder Magmatische Lehme aus Basalt. Der Vulnerabilitätsstufe 2 „gering“ werden häufig Lösslehme oder Schichtlehme des Rotliegenden, die im Mittelboden noch Basenvorräte aufweisen, zugeordnet. In die Vulnerabilitätsstufen 4 „hoch“ und 5 „sehr hoch“ sind meist tief basenarme oder nur im Unterboden bzw. Untergrund basenhaltige Standorte aus Sanden des Buntsandsteins oder Decklehme über Quarzit des Devon eingruppiert. Bei Bestockung mit Buche oder Eiche ergibt sich wegen der höheren Nährstoffentzüge mit der Holzernte meist eine höhere Vulnerabilität als bei Bestockung mit Kiefer.

Die Herleitung der Vulnerabilitätsstufe erfolgt mit Hilfe des Entscheidungsunterstützungssystems-Nährstoffbilanzen. Bei Waldstandorten, für die Standortdaten mit Angaben der Substratreihe und der Frischestufe vorliegen, erfolgen die Kalkulationen waldbaubezogen, wobei für den Waldbau die vorherrschende Substratreihe und Frischestufe sowie mittlere Bodenvorräte eingesteuert werden. Die Befunde werden in Form digitaler Karten in das Waldinformationssystem (WaldIS) aufgenommen.

Sonderfall: Standorte ohne Standortkartierung

Für Waldstandorte, für die bislang noch keine geeignete Standortkartierung vorliegt, ist aktuell nur eine grobe Abschätzung der Vulnerabilität möglich, die im Wesentlichen auf der Bodenübersichtskarte 1:50.000 beruht. Für Waldstandorte ohne differenzierte Standortkartierung werden 3 Stufen ausgewiesen:

- a) eher geringe Empfindlichkeit gegenüber Nährstoffentzügen
- b) eher mittlere Empfindlichkeit gegenüber Nährstoffentzügen
- c) eher hohe Empfindlichkeit gegenüber Nährstoffentzügen

4 Einhaltung der Vorgaben der PEFC™- und FSC® -Zertifizierung

Der Staatswald von RLP ist sowohl nach dem „Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes™ (PEFC™)“ als auch nach „Forest Stewardship Council® (FSC®)“ zertifiziert. Die Vorgaben der jeweils aktuellen Standards beider Zertifizierer sind einzuhalten.

PEFC™

PEFC setzt in seinem aktuellen Standard (PEFC D 1002-1:2014) in Bezug auf die Nutzung von Holz und Nichtholzprodukten folgende Vorgaben:

*„3.6 Auf Ganzbaumnutzung wird verzichtet. Auf nährstoffarmen Böden wird im regulären Betrieb auch von einer Vollbaumnutzung abgesehen (siehe **Leitfaden 4**).
a) Bei der Nutzung und Entfernung aller ober- und unterirdischen Baumteile aus dem Bestand handelt es sich um eine Ganzbaumnutzung, bei der Nutzung und Entfernung aller oberirdischen Baumteile um eine Vollbaumnutzung.
Nebennutzungen sind von dieser Regelung ausgenommen.“*

Leitfaden 4 des Standards enthält differenzierte Vorgaben zur Vollbaumnutzung, u.a.:

- Nicht bei flächigen Nutzungen (Ausnahme: z. B. im Rahmen des Forstschutzes) und erst ab einem Bestandesalter erfolgen, in dem sich auch Standardsortimente für die stoffliche Nutzung aushalten lassen.
- Material – soweit z. B. aus Forstschutzsicht möglich – erst nach dem Abfall von Nadeln, Blättern und Feinreisig aus dem Bestand rücken.
- Auswertungen der bundesweiten Bodenzustandserhebung sowie des Level-II-Programms heranziehen.
- Vollbaumnutzungen in Abhängigkeit von der Nährstoffversorgungssituation der Bestände und der Baumart nicht häufiger als zwei- bis viermal im Bestandesleben und grundsätzlich fachlich dokumentieren.

Nach den PEFC-Standards D 1002-1:2014 wäre bei den Vulnerabilitätsstufen 1 und 2 eine eingeschränkte Vollbaumnutzung möglich.

FSC®

Der Deutsche FSC-Standard 3.0 (Anm.: wird voraussichtlich ab Ende 2017 Grundlage für die FSC-Waldzertifizierung in Deutschland. Bis dahin gilt die Version 2.3 vom 1.7.2012) enthält für die Nutzung von Holz und Nichtholzprodukten folgende Regelungen:

„10.11.

Der Forstbetrieb führt Maßnahmen im Zusammenhang mit der Nutzung von Holz und Nichtholzprodukten so durch, dass negative Auswirkungen auf die Umwelt, verwertbare Abfälle und sonstige Schäden an Waldressourcen vermieden werden.

10.11.7.

Nichtderbholz verbleibt in der Regel im Wald.

Die Nutzung von Nichtderbholz ist auf folgende Fälle beschränkt:

- *Verkehrssicherungs-, Böschungspflegemaßnahmen oder das Schneiden von Lichtraumprofilen entlang von Wegen und öffentlichen Straßen, wenn eine Rückführung in den Bestand wirtschaftlich nicht zumutbar ist.*
- *Gesetzlich oder behördlich geforderte Maßnahmen im Rahmen des Hochwasserschutzes.*
- *Nutzung aus einem Gassenauftrieb; nur bei Ersterschließung.*
- *Naturschutzfachlich begründete Maßnahmen gemäß 6.4 .*
- *Nutzung von Weihnachts- und Maibäumen und andere Nutzungen im Rahmen von Bräuchen oder Leseholzrechten.*
- *vereinzelte Unterschreitung der Derbholzgrenze bei der Aufarbeitung von Flächenlosen durch nicht-gewerbliche Brennholzelbstwerber.*
- *Waldschutzmaßnahmen in Nadelholzbeständen, die auf Grundlage eines Kalamitätspräventions-Konzepts als besonders gefährdet eingestuft werden. Der Forstbetrieb dokumentiert Zeitpunkt, Fläche und Menge des genutzten oder zur Nutzung vorgesehenen Nicht-Derbholzes.“*

Nach dem FSC-Standard 3.0 ist demnach eine Nutzung von Holz unterhalb der Derbholzgrenze auch bei sehr geringer und geringer Vulnerabilität im Hinblick auf die Nährstoffnachhaltigkeit auf die im Standard spezifizierten Ausnahmefälle beschränkt!

5 Einhaltung der Vorgaben der Energieholzleitlinie

Die Vorgaben der „Leitlinie für die Potentiale, Produktion und Vermarktung von Holz für eine energetische Verwendung aus dem Staatswald von Rheinland-Pfalz – Energieholzleitlinie, Version 1.1 März 2017“ sind einzuhalten, insbesondere:

- Grundsätzlicher Verzicht auf die Nutzung von Kronenmaterial unter 7 cm Durchmesser (Zopf mit Rinde)
- Bei Laubholz soll im Regelfall eine Nutzungsgrenze von 10 cm (Zopf mit Rinde) nicht unterschritten werden.

6 Maßnahmen zur Gewährleistung der Nährstoffnachhaltigkeit

Die Forstwirtschaft ist durch lange Produktionszeiten gekennzeichnet, die eine Vorhersage der Produktionsbedingungen über die gesamte Produktionsperiode und der in dieser Zeit auftretenden Risiken erheblich erschweren. Fehler in der Bewirtschaftung, zum Beispiel durch nicht standortsangepasste Nährstoffexporte mit der Nutzung, zeigen in der Regel erst mit erheblicher Verzögerung negative Wirkungen und lassen sich dann häufig nicht mehr effektiv korrigieren, weil beispielsweise Nährstoff-speichernde Tonminerale zerstört wurden. Um die

Bodenfruchtbarkeit der Waldböden zu erhalten, müssen daher **Maßnahmen zur Gewährleistung der Nährstoffnachhaltigkeit am Vorsorgeprinzip ausgerichtet** sein: bestehen zum Beispiel berechtigte Zweifel an der Nährstoffnachhaltigkeit einer Mitnutzung von Kronenmaterial zur energetischen Verwendung, sollte diese Intensivnutzung unterbleiben.

Die in Rheinland-Pfalz betriebene Forstwirtschaft ist naturnah ausgerichtet (§5 (2) LWaldG RLP v. 30.11.2000) und eine vergleichsweise extensive Bewirtschaftungsform. Dennoch werden die in den Waldökosystemen ablaufenden Prozesse und die Produktion von Holz im erheblichen Umfang durch externe Faktoren beeinflusst. Seit der Industrialisierung und der Intensivierung der Landwirtschaft werden erhebliche Mengen an Luftverunreinigungen, insbesondere im Waldökosystem versauernd wirkende Schwefel- und Stickstoffverbindungen, aber auch „basische“ Nährstoffe emittiert, weit verfrachtet und in die Waldökosysteme eingetragen. Sie beeinflussen den Stoffhaushalt in vielfältiger Weise. Vor allem die nach wie vor überhöhten Einträge reaktiver Stickstoffverbindungen aus Landwirtschaft und Straßenverkehr sowie Altlasten durch den voraussichtlich noch Jahrzehnte andauernden Abbau der in Zeiten hoher Schwefeleinträge im Boden gespeicherten Sulfate beeinträchtigen den ökosystemaren Stoffhaushalt. Sie tragen erheblich über eine verstärkte Auswaschung an Nährstoffkationen zur Verarmung der Böden an Kalium, Calcium und Magnesium und damit auch zur Bodenversauerung bei.

Maßnahmen zur Gewährleistung der Nährstoffnachhaltigkeit lassen sich daher nicht auf die Frage der Anpassung der Nutzungsintensität an das Standortpotenzial beschränken, sondern müssen alle Einflussfaktoren auf den Stoffhaushalt berücksichtigen. Hierzu gehören insbesondere Maßnahmen zur Verhinderung weiterer Bodenversauerung und Stickstoffeutrophierung durch eine weitere Reduktion des Eintrags von Luftverunreinigungen, insbesondere Stickstoffverbindungen, und, soweit erforderlich, Bodenschutzkalkungen sowie eine Stabilisierung des Nährstoffhaushaltes der Ökosysteme durch einen „störungsarmen“ Waldbau.

Nachfolgend werden **Regelungen zur Vermeidung oder Minderung von Nährstoffverlusten durch waldbauliche Maßnahmen** (Kap. 6.1) und **Regelungen zur Anpassung der Nutzungsintensität an das jeweilige Standortpotenzial** (Kap. 6.2) dargelegt.

Die Bodenschutzkalkung wird gegenwärtig in einem in Bearbeitung befindlichen Merkblatt neu geregelt, wobei die in Kapitel 2 der Richtlinie-Nährstoffnachhaltigkeit dargestellten Bilanzierungen auch als Basis zur Ableitung der Notwendigkeit und des Turnus von Kalkungen dienen. Die weitere Verringerung der zu Bodenversauerung und Nährstoffverlusten mit dem Sickerwasser führenden Einträge an Luftverunreinigungen bedarf nationaler und internationaler politischer Regelungen zur Emissionsbegrenzung und ist nicht Gegenstand dieser Richtlinie.

6.1 Waldbauliche Maßnahmen zur Einhaltung der Nährstoffnachhaltigkeit

Waldbauliche Maßnahmen müssen darauf angelegt sein, die Entstehung von Störungen des Nährstoffkreislaufes zu vermeiden, die über Naturereignisse hinausgehen.

Baumarten und ihre Mischung haben eine erhebliche Wirkung:

Auf die Ausnutzung des Bodenspeichers im Zusammenhang mit dem Kohlenstoff- und Nährstoffhaushalt und mit Wirkung auf die Bodenversauerung, auf den internen Stoffumsatz, vor allem im Zusammenhang mit Qualität und Umsetzung der Streu, auf das Störungsrisiko durch abiotische (Sturm, Nassschnee) und biotische (Insekten, Pilze) Ereignisse.

Geeignete Baumartenmischungen können eine wirkungsvollere Nutzung der Standortressourcen ermöglichen und gerade auf Standorten mit eher schwacher Nährstoffversorgung die Standort- und Wachstumsbedingungen allmählich verbessern. Besonders förderlich ist hierzu die Erschließung verfügbarer Nährstoffe in tiefen, dichten und luftarmen Bodenbereichen durch tiefwurzelnde Baumarten wie in erster Linie Weißtanne, Stiel- und Traubeneiche, aber auch Buche und auf stauwasserfreien Standorten Douglasie.

Durch eine **Minderung des Risikos von Freilagen wird Auswaschungsverlusten** der Nährstoffe als Folge von Überschusnitrifikation **entgegengewirkt**. Unterbrechungen des Nährstoffkreislaufs werden vermieden. Vorteilhaft ist es, wenn völligen Freilagen schon dadurch vorgebeugt wird, dass stets eine reaktionsfähige Bodenvegetation vorhanden ist, die möglichst hohe Anteile zielgerechter Jungbäume enthält. Schon in der späten Dimensionierungsphase ist auf diesen Gesichtspunkt bei Hiebsmaßnahmen sorgfältig zu achten.

Ein **Großteil unserer Wälder zeigt eine beginnende oder schon fortgeschrittene Stickstoffsättigung**. Maßnahmen, die Bodenfreilagen begünstigen oder gar herbeiführen, wie starke, flächige Entnahmen, aber auch Bodenbearbeitung oder Entfernung bzw. starke Konzentration von Hiebsresten im Zusammenhang mit Kalamitäten, verstärken in Verbindung mit erhöhtem Zutritt von Wärme und Wasser den Humusumsatz und damit die Freisetzung von Nitrat und anderen Nährstoffen (v.a. Kalium, Calcium und Magnesium). Es besteht die **Gefahr, dass Nährstoffe in erheblichem Umfang mit dem Sickerwasser ausgetragen werden.**

Waldbaulich ist es daher wichtig, für eine **ständige Bedeckung mit Bäumen Sorge zu tragen**, dabei aber **flächig anhaltende Dichtstände zu vermeiden, die zu einer Entkoppelung des Streuumsatzes führen**. In der Dimensionierungsphase sorgt die konsequente Förderung der Kronen einer angemessenen Zahl von Z-Bäumen gleichzeitig dafür, dass unter- und zwischenständige Bäume lebensfähig bleiben. Später kann über diese Bäume das Licht so reguliert werden, dass sehr flexibel die Verjüngung frühzeitig eingeleitet und allmählich und stetig fortgeführt werden kann. Für nährstoffnachhaltiges waldbauliches Vorgehen gibt es gerade auf den ärmeren Standorten gute Fingerzeige: Wenn sich hier Stickstoffweiser wie Brombeere, Brennnessel, Weidenröschen und Springkraut nicht nur punktuell, sondern auf

größeren Teilflächen massiv einstellen, ist dies ein Anzeichen für Stickstofffreisetzung und die Auswaschung von Nährstoffkationen.

Reine Nadelbaumbestockungen sind besonders kalamitätsgefährdet. Gerade auch im Interesse der Nährstoffnachhaltigkeit ist ihre frühzeitige, behutsame Überführung in Mischwälder sehr wichtig. Die Vorausverjüngung unter maßgeblicher Beteiligung der schattenertragenden Buche, die ihr Falllaub über die Fläche streut, ist hier sehr wirkungsvoll.

Bei der Verjüngung von Lichtbaumarten gilt es, die zur Erfüllung der lichtökologischen Ansprüche dieser Baumarten erforderlichen Flächen auf das hierfür ausreichende Maß zu beschränken. Auch in diesem Zusammenhang sind für die Lichtregulierung, gleichzeitig aber auch für die Wahrung der Nährstoffnachhaltigkeit unter- und zwischenständige Bäume sehr hilfreich. Auch diesbezüglich ist unter unbedingtem Verzicht einer flächenweisen Entnahme das gebotene Maß des zur Zielerreichung Erforderlichen aber auch des Ausreichenden sorgsam einzuhalten.

6.2 Anpassung der Nutzungsintensität an das Standortspotenzial

Zeigen die Nährstoffbilanzen und deren Abgleich mit den jeweiligen Bodenvorräten nicht tolerierbare Defizite durch einen zu hohen Nährstoffentzug mit der Nutzung von (Derb-)Holz und sonstiger forstlicher Biomasse, muss der Nährstoffentzug über die Holz- und Biomassenutzung durch geeignete Maßnahmen reduziert werden. Hierzu bieten sich nach Nutzungsalter und Baumart differenzierte Beschränkungen in der der Nutzung an. Maßgebend sind die unterschiedlichen, artspezifischen Nährstoffgehalte von Derbholz einerseits und Ast- und Kronenholz sowie Rinde andererseits. Im Hinblick auf das Bestandesalter bewirken Nutzungen in älteren Beständen je Tonne geernteter Biomasse geringere Entzüge als Nutzungen in jüngeren Beständen. Bei der Nutzung von Kiefern und Douglasien entstehen - bezogen auf die geerntete Trockenmasse - meist geringere Entzüge als bei der Nutzung von Buchen und Eichen. Die Nutzungsintensität kann theoretisch von der ausschließlichen Nutzung stofflich höherwertig verwertbarer Sortimente, über die Nutzung des Derbholzes, die Mitnutzung von Kronenmaterial bei einer beschränkten Anzahl von Eingriffen bis hin zur Vollbaumnutzung (Nutzung der gesamten oberirdischen Biomasse) über den gesamten Produktionszeitraum variiert werden. In der Praxis sind allerdings neben den nachfolgend aufgeführten Aspekten der Nährstoffnachhaltigkeit auch Einschränkungen durch Vorgaben durch Zertifizierungssysteme, die örtlichen Gegebenheiten (z. B. Steilhang), die Vermarktungsmöglichkeiten usw. zu berücksichtigen.

Vollbaum- vs. Derbholznutzung

Die Erntemenge an Biomasse ist bei Vollbaumnutzung von Nadelbäumen über eine Nutzungsperiode gemittelt um bis zu 25 %, von Laubbäumen um bis zu 40 % höher als bei Derbholznutzung. Der Entzug an Nährelementen steigt demgegenüber wegen der höheren Nährelementgehalte im Reisig von der Derbholznutzung zur Vollbaumnutzung deutlich stärker, nämlich um bis zu 300%. Hinsichtlich des Nährstoffexportes zeigen Fichte und Douglasie meist größere Unterschiede

zwischen Vollbaum- und Derbholznutzung als Kiefer und vor allem als Eiche und Buche. Bei schlechtem Wachstum sind im Vergleich zu gutem Wachstum die Unterschiede zwischen Vollbaum- und Derbholznutzung bei allen Baumarten größer, da der Kronenanteil an der Gesamtbiomasse steigt.

Harvesterverfahren

Der Nährstoffhaushalt der Waldökosysteme wird nicht nur durch die Intensität, sondern auch durch die Modalität der Nutzung beeinflusst. So kann der heute übliche Einsatz von Harvestern zu einer konzentrierten Ablagerung nährelementreichen Reisigs am Rand oder auf den Rückegassen und zu einem entsprechenden Nährelementexport aus den Zwischenfeldern führen. Anzunehmen ist, dass ein Teil der an oder auf der Rückegasse akkumulierten Nährstoffe mittelfristig über den Streufall der Randbäume wieder auf die Fläche zurück gelangt. Ein Teil dürfte aber dem ökosystemaren Nährstoffkreislauf verloren gehen. Verluste sind vor allem bei Kalium zu erwarten, das sehr rasch aus den am Rande der Gasse konzentrierten Ernterückständen ausgewaschen und auch im Boden nicht gebunden wird. Auch die Nährstoffe in dem Reisig, das gegebenenfalls zur Erhaltung der Befahrbarkeit als Armierung auf der Rückegasse eingebaut ist, dürften aufgrund der Bodenverdichtung durch die Maschinen zu einem erheblichen Teil dem Nährstoffkreislauf entzogen sein. Demnach besteht bei einem wiederholten Harvestereinsatz die Gefahr einer Bodenfruchtbarkeitsminderung vor allem auf den Zwischenfeldern. Dem kann durch geeignete technische Maßnahmen, wie dem Einsatz von Bogiebändern bei Verzicht auf Reisigmatten und der Verwendung von Harvestern mit langen Fällarmen entgegengewirkt werden.

Seilkranverfahren

Beim Einsatz von Seilkränen in Hanglagen werden die motormanuell gefällten Bäume häufig zur Reduzierung der Kosten, aber auch zur Verringerung des Unfallrisikos bei der Arbeit der Waldarbeiter in zum Teil schwer begehbarem Gelände, als Vollbäume vorgeliefert und erst an der Waldstraße von einem Harvester gezopft und entastet. Dies ist mit einem entsprechend hohem Nährstoffentzug verbunden, der auf vulnerablen Standorten die Nährstoffnachhaltigkeit verletzt und gegebenenfalls die Standortsproduktivität mindert. Zur Vermeidung dieser Risiken für die Standortsproduktivität müssten die Bäume im Bestand gezopft und zumindest grob entastet werden. Allerdings sind Seilkranverfahren kostenintensiv und in der Kosten-Nutzen-Relation besonders sensibel hinsichtlich der Ernteintensität.

Borkenkäferprophylaxe

Eine grobe Entastung von Kronen am Fällort zur Reduktion der Nährstoffentzüge kommt auch außerhalb von Seilkranverfahren in Betracht. So entstehen in Schneebruchlagen bei Fichte häufig „Kandelaberkronen“, die eine Aufarbeitung mit dem Harvester bis Zopf 8 cm unmöglich machen. Das verbleibende zum Teil deutlich über 10 cm starke Kronenmaterial kann aber nicht auf der Fläche bleiben, da es als Brutraum für Borkenkäfer geeignet ist. Auf vulnerablen Standorten gefährdet eine komplette Entfernung der Kronen von der Fläche und beispielsweise deren Nutzung als Hackschnitzel aber die Nährstoffnachhaltigkeit. Als Alternative kann der nicht vom Harvester zu bearbeitende Teil des Baumes bei 8 cm gezopft und auf den ohne

Drehen erreichbaren Partien (grob) entastet, aus dem Bestand gerückt und zur Hackschnitzelgewinnung genutzt werden.

Stockrodung

Die angestiegenen Energieholzpreise und die gewachsenen technischen Möglichkeiten führen in Skandinavien bereits teilweise zu einer Nutzung von Wurzelstöcken für energetische Zwecke. Die Rodung von Wurzelstöcken ist neben dem zusätzlichen Nährstoffentzug mit sehr gravierenden negativen Effekten auf die Bodenstruktur, die Kohlenstoffspeicherung im Boden und die Biodiversität verbunden. In der Regel werden die Böden bei der Stockrodung vollflächig befahren und gegebenenfalls verdichtet. Zudem ist eine Mitentnahme (humusreichen) Bodenmaterials, auch wenn die Stöcke ausgeschüttelt werden, wohl unvermeidbar. Die vor allem auf bindigen Böden für den Folgebestand sehr bedeutsamen Wurzelkanäle dürften zu einem großen Teil verloren gehen. Die Nutzung von Wurzelstöcken steht somit im krassen Widerspruch zu den Prinzipien einer ordnungsgemäßen bodenpfleglichen Waldbewirtschaftung.

Humuserhalt

Mit dem Entzug von Holz und sonstiger forstlicher Biomasse ist grundsätzlich auch ein Eingriff in die Humusproduktion der Waldökosysteme verbunden. Die Auswirkungen unterschiedlicher Ernteintensitäten auf die Kohlenstoffspeicherung im Boden lassen sich angesichts der hohen räumlichen Streuung, der Fülle von Einflussfaktoren und Problemen im Versuchsdesign nur schwer statistisch signifikant belegen. Auch variieren die Befunde von entsprechenden Untersuchungen in einem sehr weiten Rahmen. Dennoch sind negative Effekte einer sehr intensiven Biomassenutzung auf die ökosystemaren C-Vorräte sehr wahrscheinlich. Die Speicherung von organischem Kohlenstoff im Boden ist nicht nur für den Klimaschutz von großer Bedeutung, sondern der organische Bodenkohlenstoff ist auch ein entscheidendes Bindeglied zur Standortsproduktivität. Bodenkohlenstoff trägt als wesentlicher Humusbestandteil insbesondere auf Tonmineral-armen Böden entscheidend zur Sorptionsfähigkeit der Böden für Nährelemente bei. Die hinreichende Verfügbarkeit organischen Materials ist zudem für die Bodenorganismen und insbesondere auch die Funktionsfähigkeit der Zersetzerkette von herausragender Bedeutung. Eine Verringerung der Humus- und Bodenkohlenstoff-Vorräte muss daher unbedingt vermieden werden. Auch ist davon auszugehen, dass mehrfach wiederholte Vollbaumnutzungen die Verfügbarkeit von Totholz in unterschiedlichen Zersetzungsstadien einschränken und damit die Diversität der Waldlebensgemeinschaften herabsetzen können.

Defizite im Kalium- und Phosphorhaushalt

Die Mehrzahl der rheinland-pfälzischen Waldbodensubstrate zeigt eine hohe **Kalium**nachlieferung aus der Mineralverwitterung, dementsprechend positive Kaliumbilanzen und die dort stockenden Bäume eine gute Kaliumernährung. Schon bei Derbholznutzung defizitäre Kaliumbilanzen häufig verbunden mit K-Mangelernährung der Bäume ergeben sich im Wesentlichen nur auf sandigen Substraten wie dem Buntsandstein und Quarziten insbesondere auf ärmeren devonischen Standorten. Während Defizite bei Calcium und Magnesium durch Bodenschutzkalkung ökosystemverträglich ausgeglichen werden können, ist bei

Kalium eine ökologisch und ökonomisch vertretbare Zufuhr nur sehr eingeschränkt möglich, so dass Nutzungseinschränkungen zwingend notwendig sind. Besonders hohe Kaliumentzüge, auch bei Beschränkung auf Derbholznutzung, ergeben sich bei der Nutzung von Buche, weshalb Einschränkungen bei der Nutzung dieser Baumart z. B. durch Heraufsetzung des Mindestzopfes oder des Mindest-Brusthöhendurchmessers bei der Nutzung, besonders wirksam sind.

Geringe **Phosphor**vorräte im Boden und P-Mangelernährung, die zudem in den letzten Jahrzehnten signifikant zugenommen hat, können auf nahezu allen Waldbodensubstraten auftreten. Besonders betroffen sind Humus- und Feinboden-arme Standorte. In den Phosphorbilanzen ist der Entzug mit der Holzernte die wesentlichste Bilanzgröße, während die Zufuhr durch Mineralverwitterung und atmosphärische Deposition sowie der Austrag mit dem Sickerwasser nur gering sind. Die Phosphorbilanzen sind daher meist defizitär; allerdings stehen Bilanzdefiziten sehr unterschiedliche Phosphorvorräte im Boden gegenüber, sodass die Bewertung der Vulnerabilität des jeweiligen Standorts beim Phosphor im Wesentlichen auf den Phosphorvorräten in Humusaufgabe und Mineralboden beruht. Wie beim Kalium wirken sich Einschränkungen in der Nutzung (Verzicht auf Mitnutzung von Kronenmaterial bei Nadelholz, Anhebung Mindestzopf und Mindest-BHD beim Laubholz) positiv auf den Phosphorhaushalt des Ökosystems aus. Eine Phosphorzufuhr ist gegebenenfalls bei der Bodenschutzkalkung möglich; die Wirksamkeit und Ökosystemverträglichkeit einer derartigen Kalkungsvariante wird gegenwärtig von der FAWF geprüft.

Probleme im Kalium- und Phosphorhaushalt des jeweiligen Standorts sind aus den vorgenannten Gründen maßgeblich für die Einwertung in die Vulnerabilitätsstufen 4 (hoch) und 5 (sehr hoch) bzw. c (vgl. Kap.3).

Zur Anpassung der Nutzung von Holz und sonstiger forstlicher Biomasse gelten die nachfolgenden Vorgaben:

- **Stockrodungen** müssen grundsätzlich unterbleiben; eine Ausnahme bilden die Umwandlung von Wald in eine andere Nutzungsform (z. B. Straßenbau).
- Bei **Laubbäumen** muss eine Entnahme von Kronenmaterial mit Laub grundsätzlich unterbleiben.
- **Vollbaumnutzungen** sind mit Einschränkungen (maximal bei jedem zweiten Eingriff) nur bei den Vulnerabilitätsstufen 1 (sehr gering) und 2 (gering) standortsverträglich. Allerdings beschränkt der deutsche FSC-Standard die Nutzung von Nichtderbholz unabhängig vom Standortspotenzial auf wenige Ausnahmen (vgl. Kap. 4). Die als Ausnahme zur generellen **Derbholzbeschränkung** angeführte „Nutzung aus einem Gassenauftrieb; nur bei Ersterschließung“ ist bei den Vulnerabilitätsstufen 3, 4 und 5 bzw. b und c (siehe Kap. 3) nicht standortsverträglich und damit nicht zulässig. Dies gilt auch für die nach dem FSC-Standard unabhängig vom Standortspotenzial erlaubte „vereinzelte Unterschreitung der Derbholzgrenze bei der Aufarbeitung von Flächenlosen durch nicht-gewerbliche Brennholzzelbstwerber“. Eine derartige Nutzung von Nichtderbholz ist auch nach der Energieholzleitlinie untersagt (vgl. Kap. 5).

Bei der nach dem FSC-Standard unter bestimmten Voraussetzungen zulässigen Nutzung von Nichtderbholz bei Waldschutzmaßnahmen in Nadelholzbeständen ist zu beachten, dass die **Nutzung der kompletten,**

benadelten Krone bei den Vulnerabilitätsstufen 3, 4 und 5 bzw. b und c (siehe Kap. 3) nicht standortsverträglich ist. Stattdessen erfolgen bei Gefährdung durch Borkenkäfer, sofern eine Harvesteraufarbeitung bis Zopf 8 cm (mit Rinde) nicht möglich ist, am Fällort eine Zopfung bei 8 cm und zumindest eine grobe Entastung auf der zugänglichen Seite des Baumes.

- Bei **Harvestereinsatz** wird auf die Herstellung von Reisigmatten zur Armierung der Rückegassen im Regelfall (Ausnahme z. B. bei Nassgallen) verzichtet und stattdessen moderne **Bändertechnik** eingesetzt (siehe Feinerschließungsrichtlinie 2012). Zur Reduzierung des auf die Gasse fallenden Kronenmaterials sind insbesondere bei den Vulnerabilitätsstufen 4 und 5 bzw. c vom Harvester nicht erreichbare Bäume dickörtig vorzuliefern statt dünnörtig zuzufällen.
- Beim Einsatz von Seilkränen sind bei den Vulnerabilitätsstufen 3, 4 und 5 bzw. b und c (siehe Kap. 3) die gefällten Bäume am Fällort zu zopfen und zumindest grob zu entasten.
- Bei Vulnerabilitätsstufe 4 bzw. c sind (gefallte) Laubbäume mit BHD < 15 cm, bei Vulnerabilitätsstufe 5 < 20 cm, am Fällort im Bestand zu belassen; der Mindestzopf bei der Nutzung von Laubbäumen beträgt 10 cm (mit Rinde) bei Vulnerabilitätsstufe 4 bzw. c und 12 cm (mit Rinde) bei Vulnerabilitätsstufe 5.

Die vorstehenden Regelungen gelten für regulär bewirtschaftete Waldökosysteme, in denen eine Minderung der Nährstoffverfügbarkeit vermieden werden muss. Sie gelten nicht für Fälle, in denen hohe Nährstoffentzüge zum Beispiel zum Erhalt oligotropher Biotope erwünscht sind. Ausnahmen bilden auch die Lichtraumprofilpflege entlang befestigter Wege und Hiebsmaßnahmen entlang von Straßen (1 Baumlänge) oder zur Gewässer-begleitenden Vegetationspflege.