

## Glossar bodenschutzrelevanter, forsttechnischer Fachbegriffe

### **Befahrbarkeitsklassifizierung / Technische Befahrbarkeitsklasse (T-Klasse)**

Die Bodenfeuchte zum Befahrungszeitpunkt hat maßgeblichen Einfluss auf das Risiko gravierender Bodenschäden auf der Fahrgasse. Mit Hilfe der ökologischen Feuchtestufen der forstlichen Standortserkundung kann die technische Befahrbarkeit von Waldböden in fünf Klassen von befahrbar bis nicht befahrbar eingeteilt werden. Witterungsbedingte Veränderungen der Normal-Feuchtestufe durch Trockenheit oder Regen werden durch einstufigen Zu- oder Abschlag berücksichtigt. Mit abnehmender technischer Befahrbarkeit werden bestimmte zeitliche, technische oder organisatorische Restriktionen für den Forstmaschineneinsatz verbunden.

### **Befahrungskritische Standorte**

Waldstandorte mit feuchtebedingt geringer Bodentragfähigkeit (W-, N-, O-Standorte) und erhöhtem Risiko für nicht tolerierbare Befahrungsschäden. Befahrungskritisch sind alle Waldstandorte in Befahrbarkeitsklasse T4 „stark eingeschränkt befahrbar“ (feucht) und T5 „kaum befahrbar“ (nass). Schonende Gassenbefahrung mit Radmaschinen ist in T-Klasse T4 mit Reisigarmierung, Zusatzausrüstung (Bogiebänder) und (jahres)zeitlicher Einschränkung möglich. In T-Klasse T5 ist eine schonende Gassenbefahrung nur im Ausnahmefall (extreme Trockenheit, starker Bodenfrost) oder mit technisch aufwändiger Gassenbefestigung (Knüppeldamm, Bodenschutzmatte) möglich.

### **Befahrungsschäden, tolerierbar**

Durch Schwerlastbefahrung verursachte Bodenverdichtungen mit langfristiger Beeinträchtigung oder Schädigung der biologischen Wurzelraumfunktion werden im Bereich der Fahrgassen als +/- unvermeidbar toleriert. Die Konzentration von Maschinenbewegungen auf festgelegte Fahrgassen setzt jedoch voraus, dass deren technische Funktionsfähigkeit dauerhaft gewährleistet bleibt. Auf Fahrgassen ist eine trockene Sackungsverdichtung (Spurbildung) ohne seitliche Spurrandaufwölbung, ohne sekundäre Vernässung (Wasser in der Fahrspur) und ohne Bodenerosion technisch tolerierbar.

### **Befahrungsschäden, nicht tolerierbar**

Nicht tolerierbar sind Gassenschäden, die die dauerhafte technische Funktionsfähigkeit ( $\neq$  technische Befahrbarkeit) des Feinerschließungssystems gefährden. Die technische Funktionsfähigkeit ist nicht mehr gewährleistet, wenn auf den Fahrgassen - unabhängig von der Fahrspurtiefe - Sackungsverdichtungen (Spureintiefungen) mit seitlicher Spurrandaufwölbung oder mit sekundärer Vernässung (Wasser in der Fahrspur) oder mit Bodenerosion auftreten.

### **Bodenfunktionen**

Das 1998 in Kraft getretene Bundesbodenschutzgesetz unterscheidet folgende Bodenfunktionen:

- **Produktionsfunktion:** Boden als Standort für land- und forstwirtschaftliche Nutzung
- **Lebensraumfunktion:** Boden als Lebensraum und Lebensgrundlage für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen
- **Regelungsfunktion:** Boden als Filter-, Puffer-, Speicher-, Umwandlungsmedium sowohl für Nährstoffe als auch für (anthropogene) Schadstoffe

- **Bestandteil des Naturhaushaltes:** Boden als Medium in Wasser-, Energie- und Stoffkreisläufen
- **Archivfunktion:** Boden als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte

Für technische Betrachtungen kann zusätzlich die Funktion des Bodens als Widerlager für die Aufnahme der von Maschinen ausgeübten Druck-, Scher- und Hebelkräfte ergänzt werden.

### **Bodenfunktionswertklassen**

Mit Hilfe der Bodenfunktionsbewertung sollen bei Planungs- und Zulassungsverfahren besonders wertvolle, schützenswerte oder seltene Böden erkannt, kartographisch dargestellt und nicht-monetär bewertet werden, um eine wirksame Bodenschutzvorsorge und einen Interessenausgleich herbeiführen zu können.

Das LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG hat 2003 eine Handlungsanleitung Bodenschutz mit Vorschlägen für die Bodenfunktionsbewertung von forstlich genutzten Böden erstellt. Als Grundlage für die Zuordnung zu jeweils fünf Wertklassen für Produktions-, Lebensraum- und Regelungsfunktion von „sehr gering“ bis „sehr hoch“ werden ausgewählte Ergebnisse der forstlichen Standortserkundung (Feinbodenform, Standortsformengruppe, Bodenfruchtbarkeitsziffer) genutzt.

Von wenigen Ausnahmen abgesehen, verfügen Waldstandorte mit hoher Produktionsfunktion auch über eine hohe Lebensraum- und Regelungsfunktion.

### **Bodenverformung, elastisch**

Wenn die Bodentragfähigkeit größer oder gleich dem von der Maschine ausgeübten Kontaktflächendruck ist, reagiert der Boden weitgehend elastisch. Bei Befahrung im Druckgleichgewicht von Boden und Maschine kommt es zu (fast) keiner Spurbildung. Die Bodenbelastung ist kurzfristig biologisch regenerierbar und die Wurzelraumfunktion ist nur temporär beeinträchtigt.

### **Bodenverformung, plastisch**

Wenn die Bodentragfähigkeit geringer als der von der Maschine ausgeübte Kontaktflächendruck ist, reagiert der Boden plastisch. Bei der Maschinenbefahrung kommt es zur Sackungsverdichtung mit +/- deutlicher Spureintiefung. Dies führt zu einer mittel- bis langfristigen Bodenstruktur- und Bodenfunktionsbeeinträchtigung, die nicht oder nur schwer regenerierbar ist. Die technische Funktion der Gasse als Widerlager für die einwirkenden Maschinenkräfte ist noch gewährleistet.

### **Bodenverformung, viskoplastisch**

Bei sehr hoher Bodenfeuchte bzw. sehr geringer Bodentragfähigkeit reagiert der Boden bei Druckbelastung viskoplastisch. Bei der Maschinenbefahrung kommt es zur extremen Spureintiefung (Gleisbildung) mit seitlicher Spurrandaufwölbung. Dies führt zu einem irreversiblen, ökologischen und technischen Bodenschaden. Die technische Funktion der Gasse als Widerlager für Maschinenkräfte ist verloren bzw. ohne Gassensanierung nicht mehr gewährleistet.

### **Bodengebundene Holzerntetechnik / Holzernteverfahren**

a) Hoch- oder vollmechanisierte Arbeitsverfahren unter Verwendung von Forstspezialmaschinen mit Rad-, Raupen- oder Schreitfahrwerken, die auf unbefestigten Waldböden i. d. R. auf festgelegten Fahrgassen zum Einsatz kommen.

b) Teilmechanisierte Arbeitsverfahren mit getrenntem oder kombiniertem Einsatz von Arbeitspferden im Bestand und Forstspezialmaschinen auf festgelegten Fahrgassen.

### **Nicht bodengebundene Holzerntetechnik / Holzernteverfahren**

- a) Hochmechanisierte Arbeitsverfahren unter Verwendung von Mobilseilkrananlagen auf befestigten Maschinenwegen oder Waldstrassen. Rückung erfolgt schwebend oder schleifend auf Seiltrassen ohne Befahrung des Waldbodens.
- b) Hochmechanisierte Arbeitsverfahren unter Verwendung von Seilwindenschleppern (mit/ohne Kran) auf Maschinenwegen. Rückung erfolgt schleifend ohne Befahrung des Waldbodens.

### **Forsttechnische Geländeklassifizierung**

Bodenphysikalisch-technische Bewertung von Waldstandorten unter Verwendung von Informationen der forstlichen Standortserkundung zur Kennzeichnung von

- Bodenmechanischer Belastbarkeit (natürliche Bodentragfähigkeit)
- Technischer Befahrbarkeit (bei verschiedenen Witterungsbedingungen)
- Geländebedingter Befahrungsbehinderung (Hangneigung, Oberflächenform)
- Bodenökologischer Verdichtungsempfindlichkeit

Die Zuordnung von Waldstandorten zu forsttechnischen Geländeklassen ist Grundlage für die Feinerschließungsplanung und die technische Produktionsplanung zur Wahl geeigneter Waldarbeits-/Holzernteverfahren.

### **Modifizierte forsttechnische Geländeklassifizierung**

Erweiterung der konventionellen, forsttechnischen Bewertung von Waldstandorten durch Einbeziehung von nicht-monetären Wertkategorien für die natürlichen Bodenfunktionen (Produktion, Regelung, Lebensraum). Die modifizierte forsttechnische Geländeklasse beinhaltet neben den technischen Komponenten Geländeausformung (S-Klasse) und Befahrbarkeit (T-Klasse) auch eine Wertkategorie für einzelne oder mehrere Bodenfunktionen. Bei vorrangig wirtschaftlicher Zielsetzung wird der Produktionsfunktionswert (P-Klasse) des für technische Zwecke beanspruchten Waldbodens in den Vordergrund gestellt. Jede forstökologische Standortseinheit kann mit Hilfe eines speziellen Bewertungsschlüssels einer modifizierten forsttechnischen Standortsklasse zugeordnet werden.

### **Feinerschließungsmittel**

Die zum Einsatz moderner Holzernte- und Holzrücketechnik notwendige, i. d. R. dauerhaft angelegte Bestandeserschließung. Es werden drei Varianten von Feinerschließungsmitteln unterschieden:

#### **Rückegasse**

≤4 m breiter Trassenaufrieb temporärer oder permanenter Fahrlinien im Bestand zur Befahrung mit geländegängigen Forstspezialmaschinen, ohne Entfernung der Wurzelstöcke, ohne Erdbaumaßnahmen und ohne Einbringung von mineralischem Befestigungsmaterial.

Es werden drei Varianten der Linienführung unterschieden:

- streng systematisch, äquidistant, gerade (in ebenem Gelände)
- geländeangepasst, möglichst äquidistant (in wellig-kuppigem Gelände)
- in Hangfallrichtung gerade (in mäßig bis stark geneigtem Gelände).

#### **Maschinenweg**

≤5 m breiter Trassenaufrieb permanenter Fahrlinien zur Befahrung mit geländegängigen Fahrzeugen in tragfähigen Hanglagen oder eingeschränkt tragfähigen Flachlagen, mit Entfernung der Wurzelstöcke, mit Erdbaumaßnahmen zur

Profilierung und Entwässerung und mit Einbringung von Wegebaumaterial zur (Teil)Befestigung. Mit regelmäßiger Instandsetzung nach technischer Überlastung.

### **Seiltrasse**

<<4 m breiter, geradliniger Aufrieb von temporären Tragseil- oder Windenseillinien ohne Maschinenbefahrung, ohne Erdbaumaßnahmen und ohne Einbringung von Befestigungsmaterial. Der Einsatz mobiler Seilkräne oder Seilwindenschlepper erfolgt entweder von der Waldstrasse oder vom befestigten Maschinenweg aus. Reversible Oberbodenstörungen auf der Seiltrasse durch Schleifrückung werden toleriert.

### **Nährstoffnachhaltigkeit**

In den einzelnen Baumteilen sind unterschiedliche Nährstoffanteile gebunden: in Nadeln und Blättern ca. 25%, in Ästen und Zweigen ca. 30% und in Holz und Rinde ca. 45%. Je nach Nutzungsintensität und damit verbundenem Biomasseentzug werden dem Wald Nährstoffe entzogen, die durch Gesteinsverwitterung oder Nährstoffeintrag (Staub, Niederschlag) wieder ersetzt werden müssen, um die Standortsproduktivität zu erhalten. Mit Übergang von der Derbholznutzung ohne Rinde zur Vollbaumnutzung lässt sich die Biomassenentnahme je nach Baumart um 40 – 70% steigern, dabei erhöht sich der Entzug an Hauptnährelementen jedoch um >300%. Nur bei einer ausgeglichenen oder positiven Nährstoffbilanz (Biomasseexport + Sickerwasseraustrag ≤ Verwitterung + Deposition) ist die langfristige Nährstoffnachhaltigkeit gewährleistet. Die Auswertung der zweiten bundesweiten Bodenzustanderhebung (BZE) lässt für Brandenburg den Schluss zu, dass für >40% der BZE-Punkte eine Vollbaumnutzung als nicht nährstoffnachhaltig und für weitere 20% der BZE-Punkte als nährstoffkritisch einzustufen ist.

### **Reisigarmierung**

Gezielte temporäre Befestigung von permanenten Fahrgassen insbesondere auf eingeschränkt befahrbaren Standorten mit den während der (mechanisierten) Holzernte anfallenden Hiebsresten (Schlagreisig, Gipfelstücke, Kronenderbholz, X-Holz) zur technischen Funktionssicherung der Gasse bzw. zur Verhinderung nicht tolerierbarer Befahrungsschäden. Für eine wirksame Bodendruckminderung muss die Materialstärke mind. 2 cm und die Lagenmächtigkeit (im konsolidierten Zustand) mind. 30 cm betragen. Wiederholte Reisigarmierung kann durch Humusanreicherung und verzögerte Abtrocknung die Gassenbefahrbarkeit verschlechtern. Wiederholte, vollmechanisierte Vollbaumaufarbeitung kann auf nährstoffarmen Standorten die Nährstoffnachhaltigkeit beeinträchtigen.

### **Standortstechnogramm**

Für jede forsttechnische Standortklasse wird ein Standortstechnogramm in Form einer 5x5-Matrix aus fünf Bodenwertklassen (P-Klasse) und fünf Befahrbarkeitsklassen (T-Klasse) erstellt. Jeder Bodenwertklasse (P-Klasse) wird ein maximal zulässiges Flächenbefahrungsprozent bzw. ein Mindestgassenabstand zugeordnet. Mit Hilfe des Standortstechnogramms werden die mit verschiedenen Ausprägungen des vorsorgenden Bodenschutzes verbundenen Restriktionen für Feinerschließungsdichte und Befahrungszeitpunkt für jede forsttechnische Standortklasse farblich gekennzeichnet.

Zur Kennzeichnung der Restriktionen wird folgende Ampelfarbensymbolik verwendet:

- **Rot** kennzeichnet den rechtlichen Ausschlussbereich

- (Maschinenbefahrung bzw. Arbeitsverfahren ist nicht ordnungsgemäß bzw. nicht gesetzeskonform)
- **Gelb** kennzeichnet den rechtlichen Zulässigkeitsbereich (Maschinenbefahrung bzw. Arbeitsverfahren ist ordnungsgemäß bzw. gesetzeskonform)
  - **Grün** kennzeichnet den zertifizierungskonformen Zulässigkeitsbereich (Maschinenbefahrung bzw. Arbeitsverfahren entspricht PEFC-Standard)
  - **Orange** kennzeichnet den speziellen Vorsorgebereich bei besonders hohem ökologischen Bodenfunktionswert (Maschinenbefahrung bzw. Arbeitsverfahren ist ökologisch besonders verträglich)
  - **Grün/Orange** kennzeichnet die Deckungsgleichheit von PEFC Soll-Vorsorge auf befahrungsempfindlichen Standorten und spezieller Vorsorge (Maschinenbefahrung bzw. Arbeitsverfahren ist zertifizierungskonform und ökologisch besonders verträglich)

### Gesetzliche Mindestvorsorge

Im Forstrecht werden mit den **Grundsätzen der ordnungsgemäßen Forstwirtschaft** auch bestimmte, deklaratorische Anforderungen an die boden- und bestandesschonende Waldbewirtschaftung gestellt. Zur Umsetzung dieser Bodenschutzvorgaben werden jedoch keine expliziten Gebote oder Verbote formuliert. Nach den **Grundsätzen des Bodenschutzes** sind alle Bodeneigentümer verpflichtet Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen zu treffen und schädliche Bodenveränderungen abzuwehren. Unter diese Vorgabe fallen auch Bodenstrukturschäden (Bodenverdichtungen), die durch den Einsatz von Forstmaschinen verursacht werden. Das Bundesbodenschutzrecht trifft keine Detailregelungen für die Forstwirtschaft, sondern verweist hinsichtlich der Anforderungen an den vorsorgenden Bodenschutz zurück auf die im Forstrecht bestehenden Regelungen zur ordnungsgemäßen Forstwirtschaft.

In Form von Befahrungs- oder Feinerschließungsrichtlinien oder Anleitungen für den Forstmaschineneinsatz haben einige Landesforstverwaltungen folgende, quasi-gesetzliche Mindestmaßgaben für den Bodenschutz im öffentlichen Wald gesetzt:

- Unterlassung flächiger Befahrung insbesondere auf technisch problematischen und ökologisch sensiblen Feucht- und Nass-Standorten
- Maschineneinsatz bei Holzernte/Holzrückung und Bestandespflege nur auf festgelegten Fahrgassen
- Einhaltung des nach dem derzeitigen Stand der Forsttechnik möglichen Mindestgassenabstands (doppelte Harvesterkranreichweite = 20 m)
- Verringerung von Befahrungsschäden durch Reisigarmierung der Fahrgasse.

### Erhöhte Forstzertifizierungsvorsorge

Zur Gewährleistung einer gegenüber der ordnungsgemäßen Forstwirtschaft erhöhten Bodenschutzvorsorge werden in den Forstzertifizierungsstandards (PEFC, FSC) explizite Gebote und Verbote für den Forsttechnikeinsatz formuliert. Unter dem Einfluss der zunehmenden Mechanisierung der Waldarbeit wird v. a. die Maschinenbefahrung reglementiert. Folgende Merkmale sind kennzeichnend für die erhöhte Bodenschutzvorsorge der zertifizierten Forstwirtschaft:

- Grundsätzliches Verbot der flächigen Maschinenbefahrung bei der Holzernte
- Gebot der ausschließlichen Maschinenbefahrung auf festgelegten Fahrgassen
- Eingeschränktes Verbot der flächigen Maschinenbefahrung außerhalb der Holzernte

- Gebot der systematischen Feinerschließung der Waldbestände
- Gebot der schonenden Gassenbefahrung zur dauerhaften Erhaltung der technischen Funktionsfähigkeit des Feinerschließungssystems
- Zeitliche Befahrungseinschränkung möglichst auf Trocken- oder Frostperioden
- Festlegung von Mindestgassenabständen zur „messbaren“ Einschränkung der Maschinenbefahrungsfläche in zwei unterschiedlichen Restriktionsvarianten
  - Variante FSC: 40 m auf allen Standorten
  - oder
  - Variante PEFC: 20 m auf unempfindlichen Standorten (MUSS)
  - und
  - 40 m auf empfindlichen Standorten (SOLL)
- Vorgabe bestimmter, technischer Auflagen für Forstmaschinen
  - Verwendung von Breitreifen mit geringem Reifeninnendruck
  - Einsatz von biologisch schnell abbaubaren Hydraulikölen
  - Mitführung von Notfallsets zur Schadensbegrenzung bei Ölundfällen
- Bevorzugte Auftragsvergabe an zertifizierte Forstunternehmen mit definiertem Selbstkontrollsystem.

### **Spezielle Naturschutzvorsorge**

Die spezielle Vorsorge beschreibt einen Präventionsstandard, der die forsttechnische Eingriffsintensität in Abhängigkeit von Wert und Empfindlichkeit des Waldbodens/Waldökosystems soweit einschränkt, dass unvermeidbare negative Nebenwirkungen minimiert werden. Beurteilungsmaßstab ist die Inanspruchnahme von wertvoller Produktionsfläche für die permanente Feinerschließung. Mit zunehmendem Bodenfunktionswert ist der Rückegassenabstand von 20 m auf 40 m oder 60 m zu erweitern, bis zum Verzicht auf das Feinerschließungsmittel Rückegasse auf sehr wertvollen Böden mit sehr hohem Bodenfunktionswert. Diese Erweiterung des Rückegassenabstands führt zwangsläufig zu einer Verringerung des Mechanisierungsgrads, mit deutlichen Produktivitätseinbußen bei der Holzernte. Eine über die Forstzertifizierung hinausgehende, spezielle Bodenschutzvorsorge erscheint nur in besonderen Ausnahmefällen vertretbar. Die mit der speziellen Vorsorge verbundenen forsttechnischen Restriktionen werden daher auf Waldflächen mit gesetzlichem Schutzstatus (FFH-Lebensraumtyp, §32-Biotop) beschränkt.

### **Verfahrensökogramm**

Die Vegetationskunde veranschaulicht mit Hilfe von Ökogrammen die Standortansprüche, die Konkurrenzstärke und die Eignungsgrenzen der verschiedenen Baumarten. Dieses Modell kann auch auf die Bewertung verfahrenstechnischer Zusammenhänge übertragen werden. Vergleichbar mit der vom jeweiligen Standort abhängigen Anbaueignung der verschiedenen Baumarten („ökologische Nische“) hat jedes Holzernteverfahren einen bestimmten Einsatzbereich („technische Nische“) mit Optimum, Suboptimum, Grenz- und Ausschlussbereich, so dass für jedes Holzernteverfahren ein individuelles Ökogramm angefertigt werden kann. Hauptkriterien zur Eignungsbewertung der verschiedenen Holzernteverfahren sind die Feinerschließungsdichte mit fünf Gassenabstandsvarianten und die technische Befahrbarkeit mit fünf Befahrbarkeitsklassen, so dass sich eine 5x5-Matrix wie beim Standortstechnogramm ergibt.

Folgende technische Faktoren werden für die Verfahrensbewertung herangezogen:

- das Maschinengewicht
- die Fahrwerkskonstruktion (Rad-, Raupen-, Schreitfahrwerk)
- die Verwendung von Zusatzausrüstung (Bogiebänder, Gleitschutzketten)

## Bodenschutz-Glossar

- die Kranreichweite
- die Entfernung zum Vorrücken mit Seilwinde
- die Entfernung zum Vorrücken mit Arbeitspferd
- die Entfernung zum Vorliefern mit Waldarbeiter.

Zusätzlich fließen Produktmerkmale des Ernteguts (Baumart, Baumdimension, Aufarbeitungsgrad) mit ein.

Die Bewertung im Verfahrensökogramm erfolgt einheitlich mit folgender Symbolik:

**„Stern“-Verfahren** Verfahren ist **technisch besonders geeignet**

**„Plus“-Verfahren** Verfahren ist **technisch geeignet**

**„Minus“-Verfahren** Verfahren ist **technisch wenig geeignet**

**Ausschlussbereich** Verfahren ist **technisch ungeeignet** bzw. nicht einsetzbar

### **Zusatzausrüstung**

Bei der Eignungsbewertung von Radmaschinen wird deren Einsatz ohne oder mit Zusatzausrüstung jeweils als eigene Verfahrensvariante getrennt betrachtet. In den Maschinenpiktogrammen sind die Darstellungsmöglichkeiten der Zusatzausrüstung nur grob auf Bänder oder Ketten beschränkt.

Unter dem Begriff Zusatzausrüstung sind bei 6- oder 8-Radmaschinen mit Bogieachse vornehmlich Bogiebänder zur Vergrößerung der Aufstandsfläche (sog. Moorbänder) ohne detaillierte Bauart- (Stahl, Stahl-Gummi, Kunststoff) oder Herstellerspezifizierung zu verstehen. Im geneigten oder kuppigen Gelände sind bei eingeschränkter Befahrbarkeit Bogiebänder zur Aufstandsflächenvergrößerung und Traktionsverbesserung (sog. Universalbänder) vorzuziehen. Bei zusätzlicher Verwendung einer Traktionshilfswinde im stark geneigten Gelände (Hangverfahren) sind sog. Traktionsbänder als Zusatzausrüstung zu verwenden.