

## Starke Wurzeln – stabile Wälder

Immer wieder auftretende Sturmkatastrophen, immense Zwangsnutzungen durch nachfolgende oder klimabedingte Insektenkalamitäten und fallende Holzpreise belegen eindrucksvoll: »Stabilität« ist ein Schlüsselbegriff einer zukunftsfähigen Forstwirtschaft. Stabilität erhalten Bäume nur mit einem großen, in die Tiefe reichenden Wurzelwerk, mit dem sie sich fest im Boden verankern. Bei unsachgemäßer Pflanzung können die Wurzeln allerdings so stark verbogen werden, dass sie auch nach Jahrzehnten nicht ausreichend in die Tiefe und seitwärts wachsen. Auch ein falscher Wurzelschnitt vor der Pflanzung kann ihre Vitalität oder Entwicklung stark beeinträchtigen. Eine sorgfältige, wurzelgerechte Pflanzung ist deshalb Voraussetzung für die zukünftige Stabilität unserer Wälder, wenn wir pflanzen müssen. Natürliche Verjüngung oder Saat wären bessere Alternativen.

### Wie funktionieren Wurzeln und wie wachsen sie im Boden?

Wurzelsysteme sind hoch spezialisiert. Ein Teil der Wurzeln übernimmt Aufgaben der Wasser- und Nährstoffaufnahme. Das dichte Netz dieser Feinwurzeln lebt in enger Kooperation mit Pilzen. Das weißliche Geflecht der Mykorrhizapilze umschließt die Wurzeln und unterstützt den Baum bei der Wasser- und Nährstoffaufnahme. Im Gegenzug bekommt der Pilz vom Baum Kohlenhydrate, v. a. Stärke und Zucker. Der andere Teil der Wurzeln übernimmt Aufgaben der Stabilität. Diese wachsen in die Tiefe und zur Seite. Mit dem Dickenwachstum ihres stabilen Hauptwurzels sorgen sie für die Standfestigkeit des Baumes. Ein ausgewogenes Wurzelsystem besteht deshalb sowohl aus einem stabilen Stützgerüst an Hauptwurzeln als auch aus einem intensiven Feinwurzelaufbau.

#### Rezeptoren weisen den Weg in die Tiefe

Wie weiß nun eine Wurzel, wo sie hinwachsen soll? An den Spitzen der Hauptwurzeln sind Zellen mit Schwerkraftrezeptoren, die den Wuchs nach unten lenken. Eine Baumwurzel, die im Wald aus Samen in Naturverjüngung oder Freisaat wächst, entwickelt sich

so nach unten und zur Seite, wie es die natürlichen Gegebenheiten des Bodens zulassen. So orientiert sich die aus dem Samen keimende Wurzel zunächst nach unten, bis sie auf Mineralboden trifft. Dort wächst sie solange zur Seite, bis sich eine Gelegenheit für ein weiteres Wachstum in die Tiefe bietet, wie die Abbildung unten rechts zeigt.

#### Verletzungen führen zur »Orientierungslosigkeit«

Werden die Wurzelenden z. B. durch Ausgraben verletzt oder entfernt, wächst die Wurzel nach dem Wiedereingraben in die Richtung weiter, in die sie in den Boden eingebracht wurde. Pflanzen, die in der Baumschule ausgehoben oder im Wald ausgegraben und wieder verpflanzt werden, verfügen zumindest zeitweise nicht mehr im vollen Umfang über die Fähigkeit, sich nach unten zu orientieren, auch deren Hauptwurzeln wachsen so weiter, wie sie in den Boden eingebracht wurden. Derlei Verletzungen an der Wurzel können zu Infektionen mit Fäulnisregenern führen und die Wurzel bzw. deren Entwicklung schädigen oder schwächen.



37-jähriger Bergahorn aus fachgerechter Lochpflanzung. Das Herzwurzelsystem zeigt starke, weit in die Tiefe reichende Hauptwurzeln.



Fichtenwildlinge mit natürlicher Wurzelausprägung, die keine Rolle spielt, da die weitere Orientierung der Hauptwurzeln nach unten bestehen bleibt.

## Wurzeldeformationen – ein verborgenes Stabilitätsrisiko

Wurzeldeformationen, d. h. verkrümmte und verbogene Hauptwurzeln, verhindern eine gute Verankerung der Bäume im Boden. Dadurch verringert sich die Stabilität. Das Risiko eines frühzeitigen Ausfalls durch Windwurf oder Schneedruck steigt. Auf diese Weise können Wurzeldeformationen die forstwirtschaftlichen Produktionsziele massiv gefährden. Seit vielen Jahren führt die LWF Wurzelgrabungen im Rahmen von Projekten, Fortbildungsveranstaltungen oder Qualitätsbeurteilungen von Pflanzungen durch. Die Ergebnisse an über 8.000 Bäumen unterschiedlichen Alters nach der Pflanzung zeigen:

### Wurzeldeformationen

- sind bei Pflanzungen sehr häufig. Im Durchschnitt weisen drei Viertel aller gepflanzten Bäume Wurzeldeformationen auf, fast die Hälfte haben starke Deformationen.
- beeinträchtigen massiv die Wurzelentwicklung. Bei starken Wurzeldeformationen wachsen die Wurzeln kaum in die Tiefe.
- werden vor allem durch unsachgemäße Pflanzung und/oder unsachgemäßen Wurzelschnitt verursacht. Gepflanzte Bäume weisen viermal häufiger Wurzeldeformationen auf als gesäte oder natürlich verjüngte Bäume.
- wachsen sich kaum aus. Selbst nach mehreren Jahrzehnten lassen sich Unterschiede zwischen Naturverjüngung und Pflanzung sowie verschiedenen Pflanzverfahren feststellen.
- sind oberirdisch nicht zu erkennen, außer viel zu spät in Form instabiler Bäume. Die Vitalität und Wüchsigkeit einer Kultur sind kein Beleg für korrekte Pflanzung und gute Wurzelentwicklung.
- lassen sich durch Pflege nicht verringern oder ändern.
- können nur direkt bei der Bestandsbegründung durch äußerst sorgfältige Pflanzung vermieden werden.

Die folgenden Bilder entstanden im Zuge des Waldbautrainings der Bayerischen Forstverwaltung mit Pflanzen von Kulturflächen aus ganz Bayern oder von Flächen, die im Zuge eines Qualitätsmanagements aufgenommen wurden. Die Größenangaben in den Bildunterschriften beziehen sich auf den Zeitpunkt der Pflanzung. Bei Bildern mit Skalierung im Hintergrund verdeutlicht der grüne Balken die Bodenoberfläche, die roten Querbalken zeigen die Tiefe in 10 cm-Schritten.



Eichen 50–80 cm; Grabung nach 5 Jahren: Wurzeln wurden in ein zu flaches Loch gedrückt, verfüllt und festgetreten. Starke Deformation, keine Hauptwurzeln nach unten.



Bergahorn 50–80 cm; Grabung nach 5 Jahren: Wurzel (ggf. mit Verschulknick aus Baumschule) wurde in ein zu flaches Loch gedrückt, verfüllt und festgetreten. Hauptwurzeln gehen zur Seite.



Douglasie 50–80 cm; nach 5 Jahren vom Sturm geworfen: Pflanze wurde tief ins Pflanzloch gedrückt, verfüllt und festgetreten. Wurzelhals deutlich unter Oberfläche, alle Hauptwurzeln streichen flach zur Seite.

## Wurzeldeformationen vermeiden

Zur Vermeidung von Deformationen und um der Pflanze bestmögliche Start- und Wuchsbedingungen zu ermöglichen, sind folgende Empfehlungen wichtige und entscheidende Voraussetzungen. Der sorgfältige Umgang mit der Pflanze vor und während der Pflanzung hat Folgen für das gesamte Leben des Baumes. Dabei spielen die später nicht mehr sichtbaren Verhältnisse unter der Bodenoberfläche eine besondere, nur zum Pflanzzeitpunkt steuerbare Rolle.

### Empfehlung 1:

#### Bestände möglichst natürlich oder durch Saat verjüngen

Natürlich verjüngte oder gesäte Bäume haben im Vergleich zu gepflanzten Bäumen weniger und schwächere, und damit auch weniger folgenschwere Wurzeldeformationen. Die Orientierung der Wurzel geht i. d. R. – soweit von den Bodenverhältnissen her möglich – nach unten. Aus diesem Grund lassen sich Deformationen durch Naturverjüngung oder Saat effektiv und kostengünstig vermeiden. Es muss gepflanzt werden, wenn standort- oder klimagerechte Baumarten bzw. gewünschte Mischbaumarten fehlen oder starke Begleitvegetation das Aufkommen von Naturverjüngung oder den Erfolg von Saaten verhindern.

### Empfehlung 2:

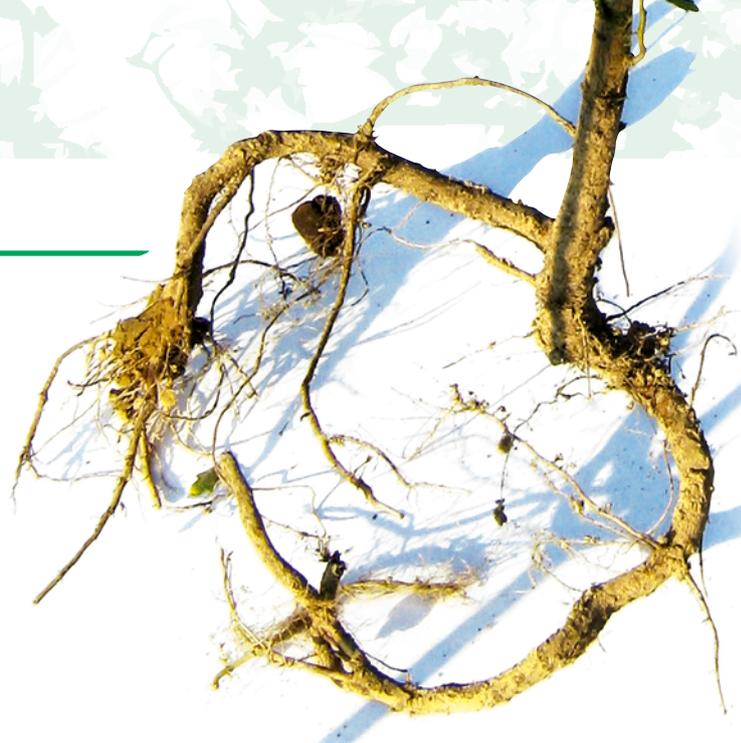
#### Kleine Pflanzensortimente wählen

Je kleiner die Pflanzen, desto geringer ist das Risiko von Wurzeldeformationen durch unsachgemäße Anzucht und unsachgemäßes Auspflanzen. Ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Wurzel und Spross ermöglicht dem jungen Baum bestmögliche Anwuchsbedingungen. Sortimente über 80 cm Sprosslänge sollten nur für waldbauliche Sondersituationen, wie zum Beispiel Freiflächen mit starker Verunkrautung, eingesetzt werden. Bei Verwendung von Großpflanzen muss das hohe Risiko ungenügender Wurzelentwicklung einkalkuliert werden. Es gilt der Grundsatz: »Große Pflanzen – großes Risiko«.

### Empfehlung 3:

#### Qualitativ hochwertige Pflanzen verwenden

Gekrümmte oder verletzte Wurzeln, fehlende Feinwurzeln oder ein Verschulknick (= Entenfuß) beeinträchtigen das Wurzelwachstum der Pflanzen langfristig. Qualitativ hochwertige Pflanzen bilden deshalb die Voraussetzung für eine gute Wurzelentwicklung. Die Qualität des Pflanzgutes ist wesentlich wichtiger als eine – i. d. R. nur geringe – Kosteneinsparung beim Pflanzenankauf. Pflanzen, die bei der Übernahme nicht die anerkannten Qualitätsstandards, wie zum Beispiel die Qualitätsrichtlinie der »Erzeugergemeinschaft für Qualitätsforstpflanzen Süddeutschland e. V.«, erfüllen, sollten zurückgewiesen werden. Besonderes Augenmerk ist auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Wurzel und Spross zu legen, sowohl von der Länge als auch von der Wurzelmasse und -architektur her. Ein zusätzlicher Wurzelschutz gegen Austrocknung der Feinwurzeln ist durch Aufbringen eines Wurzelschutzgels auf reiner Alginatbasis (siehe LWF-Merkblatt Nr. 47) möglich.



Eichen-Heister 120–150 cm; Grabung nach 2 Jahren: Wurzel wurde in ausreichend großes, aber zu flaches Erdbohrerloch gestellt, verfüllt und angetreten. Die Hauptwurzeln wachsen flach im Kreis.



Bergahorn-Heister 120–150 cm; Grabung nach 2 Jahren: Wurzel wurde in zu kleines Hohlspatenloch gedrückt und mit dem Erdpfropf festgetreten. Keine Wurzelentwicklung nach unten.



Eichen-Heister 150+ cm; Grabung nach 2 Jahren: Wurzel wurde in zu kleines Loch eingedrückt und verfüllt. Die starken Hauptwurzeln sind zur Seite gedrückt.

#### Empfehlung 4:

##### Pflanzverfahren nach Wurzelgröße auswählen

Wurzeln müssen vollständig, ohne Verformungen und lagegerecht im Pflanzloch untergebracht werden. Entscheidende Auswahlkriterien für das Pflanzverfahren sind daher Wurzelform und -größe. Spalt- oder Klemmpflanzverfahren kommen ausschließlich für kleine zweidimensionale Wurzeln in Frage. Diese gibt es normalerweise bei kleinen 1- und 2-jährigen Sämlings- oder Wildlings Sortimenten. Wenn kleine Wurzeln im Klemmpflanzverfahren gesetzt werden, besteht trotzdem immer die Gefahr, dass die Wurzeln beim Einführen umgebogen und nicht lagegerecht gesetzt werden. Alle dreidimensionalen Wurzeln können fachgerecht nur im Lochpflanzverfahren in Verbindung mit eingekrümeltem Bodenmaterial gesetzt werden. Die Größe des Lochs muss entsprechend der vorhandenen und nicht zu rechtgeschnittenen Wurzel gegraben werden.

#### Empfehlung 5:

##### Pflanzverfahren richtig anwenden

Das beste Pflanzverfahren ist nur so gut wie seine Anwendung. Bereits kleine Pflanzfehler können die Wurzelentwicklung stark beeinträchtigen. Beim Lochpflanzverfahren ist es im Prinzip egal, mit welchem Werkzeug oder Gerät das wurzelgerechte Loch entsteht. So macht man es richtig:

- Auf ausreichende Pflanzlochtiefe achten. Das Pflanzloch muss etwa 5–10 cm tiefer sein als die maximale Wurzellänge, damit die Wurzeln durch leichtes Anziehen der Pflanze ausgerichtet werden können.
- Beim Verfüllen des Pflanzlochs das Material soweit wie möglich krümeln, damit die dreidimensionale Wurzel möglichst lagegerecht im Boden verbleibt.
- Die Pflanze beim Verfüllen leicht anziehen, damit es zu keinen Stauchungen an der Wurzelspitze kommt. Die Pflanze darf nicht zu tief gesetzt werden, aber auch nicht überfüllt werden. Sie soll so im Boden sitzen, wie sie vorher im Baumschulbeet stand.
- Bei Klemmpflanzung darauf achten, dass unter der Wurzel kein Luftloch (»Keller«) bleibt. Gegebenenfalls seitlich mit einem Schließstich anhebeln.

#### Empfehlung 6:

##### Wurzelschnitt maßvoll und sachgerecht ausführen

- Die Pflanze hat durch das Ausheben in der Baumschule oder als Wildling i. d. R. bereits etwa 50% ihrer Feinwurzelmasse verloren. Ein zusätzlicher Wurzelschnitt muss auf das notwendigste Maß beschränkt werden.
- Wurzelschnitt nur, um überlange Seitenwurzeln (Feinwurzeln) einzukürzen, Verletzungen zu beseitigen oder Deformationen bei der Pflanzung zu vermeiden.
- Maximal 20% der Feinwurzelmasse entfernen. Schnitt nur bis 4 mm Wurzeldurchmesser durchführen, darüber steigt Infektionsrisiko mit Fäuleerregern stark an.
- Schnitte nur an der Einzelpflanze mit scharfer Schere (nur mit Bypassschere) durchführen, kein bündelweises Abhacken!



Eschen-Heister 150+ cm; Grabung 3 Jahre nach Baggerpflanzung: Wurzel wurde ins Loch gedrückt, verfüllt und angetreten. Keine Hauptwurzelentwicklung nach unten.



Eiche 50–80 cm; Kontrolle nach Pflanzung: Hauptwurzeln wurden stark beigeschnitten (s. Pfeil).



Eichenheister 150–180 cm; Kontrolle nach 2 Jahren: bei Ausheben in Baumschule oder beim Wurzelschnitt zu starke Wurzelkappung. Am Kallus (Überwallungsgewebe an der Schnittfläche) bilden sich viele feine Ersatzwurzeln (Kappungsstellen markiert).

### Empfehlung 7:

#### Qualitätskontrollen regelmäßig durchführen

- Um versteckte Mängel zu vermeiden, nicht auf Preis oder Leistung der Pflanzung schauen, sondern auf bestmögliche Qualität.
- Für die Pflanzung einen Verantwortlichen benennen bzw. bei Unternehmereinsatz benennen lassen.
- Die Pflanzarbeiten regelmäßig überwachen.
- Die Kontrolle auf festen Sitz der Pflanze bzw. das Anwuchsprozent allein reichen nicht zur Beurteilung der Pflanzqualität aus. Deshalb stichprobenartige Wurzelgrabungen durchführen. Gemeinsam mit den Pflanzern eine Pflanze direkt nach der Pflanzung vorsichtig ausgraben und Lage der Pflanze sowie Verfüllung mit Erde beurteilen. Außerdem Wurzelbehandlung und Qualität des Wurzelschnitts prüfen.
- Die Wurzel ist zum Pflanzzeitpunkt relativ weich und gibt beim Wiederausgraben nach. Die meisten Mängel sind daher erst nach einem Jahr sichtbar, wenn die Wurzel in der neuen Lage verholzt ist. Im Folgejahr nochmals einzelne Pflanzen ausgraben und Wurzeln beurteilen. Pflanzfehler sind meist Systemfehler: Fehlerhafte Einzelpflanzen deuten fast immer auf Fehler auf der ganzen Fläche hin.

#### Weitere Informationen zum Thema

- Merkblatt 30 der LWF  
»Qualitätssicherung bei der Kulturbegründung«
- Wegweiser für Waldbesitzer  
»Kulturbegründung und Jungwuchspflege«
- Merkblatt 8 der LWF  
»Wildlinge richtig eingesetzt!«
- Merkblatt 47 der LWF  
»Wurzelschutz bei der Pflanzung«
- Erzeugergemeinschaft für Qualitätsforstpflanzen »Süddeutschland« e.V. mit Infos zu Qualitätsrichtlinien Forstpflanzen  
[www.ezg-forstpflanzen.de](http://www.ezg-forstpflanzen.de)

## Ballenpflanzen: Besonderheit der Wurzeln und deren Pflanzung

Die Verwendung von Topfballen- oder Containerpflanzen kann gegenüber der Pflanzung wurzelnackter Pflanzen Vorteile bringen. Allerdings sind dabei auch einige wichtige Punkte zu beachten. Ein vitaler Spross alleine macht noch keine gute Ballenpflanze aus.

#### Wurzelballen kontrollieren

Produktionsmängel sind von außen nicht sichtbar. Daher sollten i. d. R. vor dem Kauf die gewünschten oder angebotenen Wurzelballen stichprobenweise geöffnet, die Wurzel vom Substrat freigezupft, besser ausgewaschen und die

Qualität der Wurzel beurteilt werden. Die Hauptwurzeln müssen nach unten gerichtet sein und dürfen nicht verdreht, verwickelt, spiralig oder stark gekappt sein. Ebenso sollte keine starke Konzentration von Wurzeln unterhalb des Wurzelhalses auftreten.

Solche Fehler sind Produktionsfehler, die durch ein zu spätes Verschulen aus dem Saatbeet oder Sämlingscontainer verursacht werden. Auch solche Deformationen im Ballen bergen Stabilitätsprobleme im späteren Alter.

»Ein Blick in den Ballen zeigt's!«

#### Negative Beispiele von Ballenpflanzen



Lärche; spiralige Deformationen im Anzuchtballen können später zu Abschnürung der Hauptwurzel führen.



Eiche; zu spät in den Container verschult, stark unterentwickelt; Hauptwurzelentwicklung fraglich.



Buche; zu spät und nicht lagegerecht in den Container verschult.

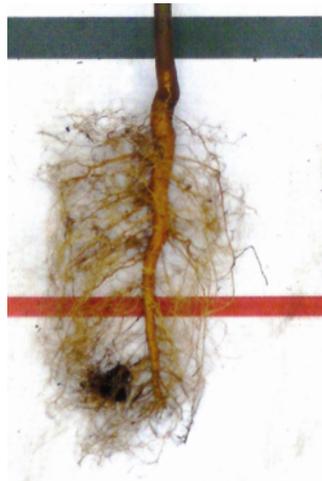


Douglasie; die Wurzeln sind im nass gelagerten Container zur Hälfte abgefallen.

## Beispiele für sehr gute Wurzelballenentwicklung



Douglasie



Buche



Tanne

## Wurzelballen feucht halten

Ballenpflanzen müssen immer richtig gelagert werden, die Wurzelballen sollten immer feucht bleiben. Ein ange-trocknetes Substrat kann nur schwer wieder Wasser auf-nehmen. Andererseits können Ballen, die im Wasser stehen, leicht verjauchen, die Wurzeln faulen dann von unten her ab.

## Pflanzung kontrollieren

Auch bei der Pflanzung von Ballenpflanzen ist auf Sorg-falt zu achten. Der Ballen soll lagegerecht im Boden stehen. Vor der Pflanzung muss nicht durchwurzelbares Fremdma-terial entfernt werden. Er wird etwa 2 cm zu tief gesetzt und mit Bodenmaterial übererdet, damit das Torfmaterial des Bal-lens nicht austrocknen kann. Unter dem Ballen darf kein Hohlraum («Keller») verblei-ben, da die Wurzel sonst nicht nach unten weiterwächst. Die beste Kontrolle über sachge-rechte Ballenpflanzung hat man mit einer Lochpflanzung.

## Die Bedeutung der Pflanzung

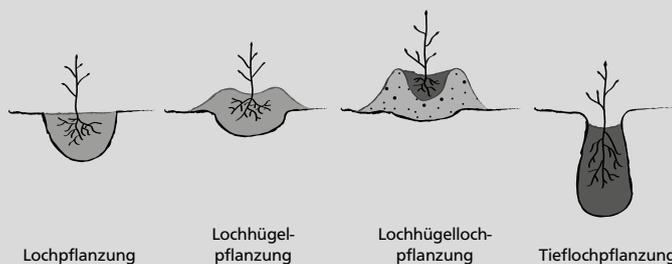
Das Pflanzen von Waldbäumen ist eine der anspruchsvollsten forstlichen Tätigkeiten. Sie beginnt im Vorfeld mit dem sorgfältigen Umgang mit den Pflanzen, setzt sich fort bei der sorgsamten Behandlung der vorhandenen Wurzel, geht weiter über die Vorbereitung des Pflanzplatzes und endet bei der wurzelgerechten Einbringung der Pflanze in den Boden. Dazu ist ein hohes Maß an Fachkenntnissen notwendig.

Mit den neuen witterungsbedingten Herausforderungen bei den Kulturtätigkeiten werden diese »Tugenden« zunehmend mehr Bedeu-tung erlangen. Der jedoch wichtigste Aspekt ist, dass diese Tätigkeit – eigentlich nur eine Momentaufnahme im Leben eines Baumes – für einen langen Zeitraum irreversible Weichen stellt. Die Anwuchswahrscheinlichkeit, die Länge der Etablierungsphase, die spätere Stabilität, Vitalität und Wuchsleistung werden hier direkt und teilweise dauerhaft beeinflusst. Umso erstaunlicher ist es, dass dieser Tätigkeit in der heutigen Zeit eine z. T. sehr stiefmütterli-

che Beachtung widerfährt. Der an dieser Stelle vermeintlich ins Feld geführte Kosten- und Zeitdruck kann über eine qualitativ schlechte Ausführung langfristig großen Schaden anrich-ten. Deshalb ist eine hohe Qualität an dieser Stelle sinnvoll und wirtschaftlich eingesetzt – das sollte allen Beteiligten bewusst sein.

Hier kann möglicherweise der Blick zurück in vergangene Zeiten hilfreich sein, um das gegenwärtige forstliche Handeln kritisch zu betrachten. Wenn man alte Lehrbücher und Anweisungen liest und sich die Bilder und Schemazeichnungen vor Augen führt, wird jedem klar, welchen Stellenwert die qualitativ hochwertige Pflanzung hatte!

Dass Qualität seinen Preis hat, dürfte auch jedem klar sein. Warum also an der Stelle spa-ren, wo es wichtig wäre? Sparmöglichkeiten haben wir im Bereich der Bestandsbegrün-dung, wenn wir beispielsweise an die Pflan-zenzahlen pro Flächeneinheit denken. Hier unterstützt die Natur oft kostengünstig durch Naturverjüngung und Sukzession.



In dieser Darstellung verschiedener Lochpflanzungsmethoden ist der Stellenwert einer lagegerech-ten Einbringung der Wurzel gut zu erkennen (aus Smolctzyk: Geotechnische Verfahren, Wiley – leicht verändert)

## Impressum

**Herausgeber und Bezugsadresse:**  
Bayerische Landesanstalt für Wald  
und Forstwirtschaft (LWF)  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1  
85354 Freising  
**Telefon:** +49-(0)8161 4591-0,  
**Fax:** +49-(0)8161 4591-900  
**E-Mail:** redaktion@lwf.bayern.de  
**Internet:** www.lwf.bayern.de

**Verantwortlich:** Dr. Peter Pröbstle,  
Leiter der LWF  
**Redaktion:** Michael Mößnang  
**Autoren:** Wolfram Rothkegel,  
Ottmar Ruppert, Dr. Bernd Stimm  
**Bildnachweis:** Seite 1 links: R. Nörr;  
übrige: W. Rothkegel und O. Ruppert  
**Druck:** Ortmaier Druck,  
Frontenhausen  
**Auflage:** 10.000 Stück  
**Layout:** Andrea Nißl

Vervielfältigung, Verbreitung und Bearbeitung bzw. jede Art der Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts, insbesondere außerhalb des privaten Gebrauchs, ist nur nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers erlaubt.