
Die Qualität von Forstpflanzen als entscheidende Voraussetzung für den Kulturerfolg

Bernd Stimm, Wolfram Rothkegel, Ottmar Ruppert und Reinhard Mosandl

Schlüsselwörter: Forstpflanzen, Qualitätskriterien, Qualitätsanforderungen, Qualitätssicherung, wurzelnackte Pflanzen

Zusammenfassung: Die von den Forstverwaltungen angesichts des Klimawandels propagierten Programme zum Umbau von gefährdeten Fichtenreinbeständen in klimatoralante Mischwaldbestockungen erfordern verstärkte Anstrengungen bei der Anzucht und Ausbringung von qualitativ hochwertigen Forstpflanzen, welche die neue Waldgeneration bilden sollen. Damit verbindet sich auch die Hoffnung der Baumschulen auf verbesserte Absatzmöglichkeiten für hochwertiges Pflanzenmaterial. Dies setzt jedoch eine klare, sowohl von den Baumschulen wie von den Waldbesitzern akzeptierte Qualitätsbeurteilung von Forstpflanzen voraus. Auch der Zusammenhang zwischen der Qualität und dem Kulturerfolg von wurzelnackten Forstpflanzen muss beiden Seiten bekannt sein. In dem vorliegenden Artikel wird deshalb der derzeitige Kenntnisstand hierzu in einer Zusammenschau dargestellt und kommentiert.

Forstpflanzen lassen sich grundsätzlich nach ihrer Vermehrungsart und nach dem Pflanzentyp einteilen (Burschel und Huss 1997). Hinsichtlich der Vermehrungsart unterscheidet man zwischen Pflanzgut aus Saatgut (generatives Vermehrungsgut) und solchem aus Pflanzenteilen (vegetatives Vermehrungsgut), hinsichtlich des Pflanzentyps unterscheidet man zwischen wurzelnackten Pflanzen und Container- bzw. Ballenpflanzen. Wird das Pflanzgut aus Saatgut nur im Saatbeet angezogen, handelt es sich um Sämlinge; werden die Sämlinge nach einer gewissen Verweildauer im Saatbeet (meist ein bis zwei Jahre) oder in Mini-Containern (wenige Wochen bis Monate) in ein anderes Beet verpflanzt, spricht man von Verschulpflanzen. Forstpflanzen unterscheiden sich darüber hinaus auch noch nach der Herkunft (für jede Baumart gibt es eigene, im Forstvermehrungsgutgesetz [FoVG 2002] festgelegte Herkunftsgebiete). Hinzu kommen die unterschiedlichen Sortimente der Baumschulen, d. h. innerhalb der gleichen Baumart und Herkunft kann auch bei gleicher Vermehrungsart und Pflanzentyp die Größe und das

Alter des Pflanzguts immer noch ganz erheblich variieren. Die vorstehend aufgezeigte Vielfalt an Pflanzenmaterial macht deutlich, dass es keineswegs einfach ist, das optimale Pflanzenmaterial für eine geplante Pflanzverjüngung auszuwählen.

Abgesehen von der aufgezeigten Vielfalt an Pflanzentypen und -sortimenten gibt es allerdings auch weitgehend allgemeingültige Anforderungen an die Qualität, die für nahezu alle Pflanzentypen gültig sind. Die Qualität des Pflanzgutes wird neben »äußeren« Kriterien auch an »inneren« Kenngrößen gemessen. Die Suche nach geeigneten Kriterien zur Beschreibung der Pflanzenqualität hat lange Tradition (siehe unter anderem Schmidt-Vogt 1966), wobei einigen Beurteilungsverfahren etwas umfassendere Aussagekraft zukommt als anderen.

Baumschulen haben ein Interesse daran, Forstpflanzen von hoher Qualität zu produzieren; denn die Pflanzenqualität ist eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg einer Pflanzung, insbesondere für das gelungene Anwachsen und das weitere Wachstum einer Kultur (EZG 2010).

Bei der Ausarbeitung von Qualitätsindikatoren wird normalerweise zwischen Nadelholz- und Laubholzpflanzen unterschieden. Während Koniferen häufig eine immergrüne Benadelung aufweisen, haben Laubgehölze der temperierten Zone meist eine saisonale Blattbildung, eine intensivere Verzweigung und eine ausgedehntere Bewurzelung. Zudem muss berücksichtigt werden, dass Laubholzpflanzen in der Regel auf besseren Standorten, die ihren höheren Nährstoffansprüchen genügen, ausgebracht werden.

Im Folgenden geben wir einen Überblick über die wichtigsten »äußeren« und »inneren« Attribute der Pflanzenqualität.

Morphologische Kenngrößen der Pflanzenqualität

Morphologische Kenngrößen der Pflanzenqualität werden erfasst in der Hoffnung, daraus eine makroskopische Einschätzung des Gesundheitszustands und des Anwuchspotenzials von Forstpflanzen ableiten und Mindestanforderungen definieren zu können. Die Kenngrößen sind in der Regel leicht zu erfassen bzw. zu messen und daher im Zuge der Qualitätssortierung von Bedeutung. Während entsprechende Forschungsansätze besonders bei Nadelhölzern eine lange Tradition haben, gibt es im Falle von Laubhölzern sicherlich noch gewissen Forschungs- bzw. Beurteilungsbedarf. Vor allem für Koniferen haben sich Parameter wie die Höhe der Pflanzen, Wurzelhalsdurchmesser, Wurzelvolumen, Pflanzenfrischgewicht, Größe der Terminalknospe und die Anzahl der Seitenwurzeln 1. Ordnung als probat für die Beschreibung der Pflanzenqualität erwiesen. Ähnliches gilt für die Charakterisierung der Qualität von Laubholzpflanzen. Vielfach werden weitere Variablen genannt, die für die Charakterisierung hilfreich sein sollen, wie das Verhältnis von Höhe zu Wurzelhalsdurchmesser, das Spross-Wurzel-Verhältnis (meist auf Basis der Trockenmassen) sowie physiologische Kenngrößen (siehe Wilson und Jacobs 2006).

Die genannten Indikatoren dienen nicht nur der bloßen Beschreibung der Pflanzenqualität, sondern können mit Vorsicht auch als Schätzgröße für den erwarteten Kulturerfolg genutzt werden (Tsakalimi et al. 2013). Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Merkmal, das im deutschsprachigen Raum bei entsprechenden Evaluierungen von Forstpflanzen bislang wenig Aufmerksamkeit fand, nämlich die Anzahl und Ausprägung der Seitenwurzeln 1. Ordnung. Bei einer Reihe von Laubhölzern zeigten sich positive Beziehungen zwischen Seitenwurzeln 1. Ordnung und Kulturerfolg, zum Teil bis zu sieben Jahre nach der Pflanzung; bei anderen konnten aber auch gegenteilige Effekte beobachtet werden (Dey und Parker 1997, Wilson und Jacobs 2006).

Vielversprechend ist die Verwendung des Wurzelhalsdurchmessers als Anhaltspunkt für den Kulturerfolg. Pflanzen mit größerem Wurzelhalsdurchmesser haben höhere Überlebenschancen und ein besseres Wachstum. In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass der Wurzelhalsdurchmesser selbst nicht die Ursache für den Kulturerfolg darstellt, sondern vielmehr ein Indikator für ein gut entwickeltes Wurzelsystem ist.

Physiologische Kenngrößen der Pflanzenqualität

Die Erfassung des physiologischen Zustands von Forstpflanzen wäre ein wichtiger Schritt im Rahmen der Qualitätssicherung. Insbesondere die Wurzeln von Forstpflanzen sind gegenüber widrigen Umwelteinflüssen, wie beispielsweise Trockenstress, häufig anfälliger als die Sprosse. Zuverlässige Schnelltests zur Beurteilung des physiologischen Zustands wären dringend erforderlich. Einige Ansätze dazu werden im Folgenden aufgezeigt (Grossnickle und Folk 1993; Davis und Jacobs 2005; Haase 2007).

Der Test des Wurzelwachstumspotenzials (Root Growth Potential) ist in nordamerikanischen Forstbaumschulen seit Jahren eingeführt (Sampson et al. 1996). Das Verfahren misst nicht den aktuellen physiologischen Zustand, sondern beschreibt die Leistungsfähigkeit der Forstpflanzen an Hand des Potenzials von Wurzelneubildung und Wurzelwachstum während einer definierten Zeitspanne unter standardisierten Umweltbedingungen. In der Qualitätssicherung der Baumschulen hat sich das Testverfahren weitgehend bewährt, da es Auskunft über die innere Qualität der getesteten Pflanzen zum Zeitpunkt des Verlassens der Baumschule gibt. Als Vorhersageinstrument für den Kulturerfolg eignet es sich nur bedingt, da die Feldbedingungen von den standardisierten Testbedingungen abweichen.

Die Methode zur Messung der Elektrolytverluste aus Pflanzengewebe findet für die quantitative Beurteilung von Frosthärte und -schäden Verwendung. Darüber hinaus wird sie zur Beschreibung des Ruhezustands (Dormanz) und der Stresstoleranz eingesetzt. Bei Forstpflanzen wird die Elektrolytverlustbestimmung häufig an der Wurzel eingesetzt, weil dieses Organ sehr kälteempfindlich ist. Bei bestimmten Baumarten hat die Methode eine sehr gute Aussagekraft im Hinblick auf den Anwuchserfolg gezeigt (Edwards 1998; Radoglou et al. 2007).

Mit Hilfe der Messung der Chlorophyllfluoreszenz können Veränderungen der Dormanz oder auch von Stresszuständen aufgezeigt werden. Die Messung ist an das Vorhandensein von Nadeln und Blättern gebunden und findet daher zu Beginn der Pflanzsaison im Frühjahr hauptsächlich bei immergrünen Koniferen Anwendung.

Forstpflanzen sind empfindlich gegen Austrocknung. In solchen Fällen ist die Bestimmung des Wasserpotenzials der Pflanze ein guter Indikator. Hat die Pflanze ein hohes Wasserpotenzial, hat dies in der Regel positive Auswirkungen auf den Anwuchserfolg (Wilson und Jacobs 2006).

Studien zeigen, dass der Kohlenhydratgehalt der Wurzel ein guter Indikator für das Wachstumspotenzial der Forstpflanze sein kann (Tinus et al. 2000). Zu geringe Kohlenhydratreserven während der Zeit zwischen der Beetrodung und der Wiederaufnahme der Fotosynthese kann zu Vitalitätsverlusten und Absterben führen. Pflanzen mit unzureichenden Nährstoffreserven zeigen ähnliche Erscheinungen. Die Kenngrößen können mit pflanzenanalytischen Verfahren bestimmt werden.

Aufgrund ihrer Aussagekraft im Hinblick auf den Kulturerfolg haben einige der oben genannten Verfahren Eingang in die Baumschulpraxis in Teilen der USA sowie in Kanada, Großbritannien und Schweden erlangt (Dunsworth 1997; Morgan 1999).

Allgemeine Qualitätsanforderungen an Forstpflanzen

Die Regelungen des Forstvermehrungsgutgesetzes (FoVG) bilden für die Pflanzenerzeuger und -vertreiber in Deutschland den verbindlichen Rahmen. »Zweck des Gesetzes ist, den Wald mit seinen vielfältigen positiven Wirkungen durch die Bereitstellung von hochwertigem und identitätsgesichertem forstlichen Vermehrungsgut in seiner genetischen Vielfalt zu erhalten und zu verbessern sowie die Forstwirtschaft und ihre Leistungsfähigkeit zu fördern« (FoVG 2002). Das FoVG erlaubt nur das Inverkehrbringen von Vermehrungsgut, das von amtlich zugelassenem Ausgangsmaterial stammt (AID 2010). Besondere Beachtung kommt in diesem Gesetz der Identitätssicherung und der Herkunft des Vermehrungsguts zu.

Gegenüber dem FoVG regelte das alte FSaatG darüber hinaus auch die Anforderungen, insbesondere an Beschaffenheit, Gesundheitszustand, Alter und Größe, denen das Pflanzgut genügen muss (BGBI. Teil I, 1979, Anlage V, S. 1256 ff), die sogenannten EWG-Mindestnormen (FSaatG 1979). Die formulierten Mindestnormen lieferten über Jahre hinweg den Produzenten und Vertreibern sowie Verbrauchern wertvolle Anhaltspunkte zur Qualitätsbeurteilung an Hand der äußeren Beschaffenheit des Vermehrungsgutes und

fußten auf einer wissenschaftlichen Evaluierung an Tausenden von Einzelpflanzen unserer forstlichen Baumarten (Schmidt-Vogt 1966). Bedauerlicherweise sind diese Mindestnormen nicht mehr im Detail im FoVG aufgeführt, sondern allgemein geregelt, indem auf die handelsübliche Beschaffenheit abgehoben wird (§12 Absatz 3 FoVG). Ausgefüllt wird dieses Manko mittlerweile durch die Qualitätsrichtlinien der Forstpflanzenerzeuger, wie z. B. in der Forstpflanzen-Qualitätsrichtlinie der Erzeugergemeinschaft für Qualitätsforstpflanzen Süddeutschland e.V. (einzusehen unter www.ezg-forstpflanzen.de).

Die äußerlich erkennbaren und in den Richtlinien niedergelegten Qualitätskriterien dienen bereits in den Mitgliedsbaumschulen als Vorgabe für die Anzucht sowie für die Qualitäts- und Größensortierung und informieren den Verbraucher, wie er den Zustand der Forstpflanzen, also die Güte des Pflanzenmaterials, beurteilen kann. Einbezogen in die Qualitätsbeurteilung sind sowohl die ober- wie unterirdischen Teile der Forstpflanzen.

Ein probater Weiser ist die sogenannte Stufigkeit der Pflanze, wobei ursprünglich das Verhältnis von Pflanzengewicht zu Sprosslänge gemeint war (Schmidt-Vogt 1966). In der Praxis wird anstelle des Pflanzengewichts meist der Wurzelhalsdurchmesser (WHD) verwendet, der eine enge Beziehung zum Pflanzengewicht aufweist. Zusammen mit der Sprosshöhe (H) errechnet sich daraus das H/D-Verhältnis, das ebenfalls als Indikator für die Stufigkeit Anwendung findet. Stufige Pflanzen mit gut entwickeltem Wurzelsystem begünstigen den Anwuchserfolg deutlich und sind gleichzeitig ein Hinweis auf geeignete Anzuchtbedingungen in der Baumschule (ausreichend Standraum, gute Bodeneigenschaften) (Körner et al. 2012; Morgan 1999).

Qualitätskriterien des Sprosses

Der Spross sollte geradschaftig und wipfelschäftig sein und keinen deutlichen Knick aufweisen. Leichte Verbiegungen sind zulässig, ebenso wie Zwieselschnitt und Qualitätsschnitt. Die Forstpflanzen müssen frei von Beschädigungen durch Ausheben, Lagerung und Transport sein. Sie sollten gut verholzt sein, über ein lebendes Kambium verfügen und keinen Pilzbefall aufweisen. Sofern aufgrund des Pflanzenalters bereits Seitenholz gebildet wurde, ist dessen artspezifische Ausbildung zu tolerieren. In der Regel ist mit einer stärkeren Seitenholzbildung bei Rotbuche und Nadelholz zu rechnen; Seitenholzbildung beim Edellaubholz ist normalerweise weniger häufig vorhanden.

Fagus sylvatica-Herkunft	Sortiment	Größe (cm)	BS2 (mm)	BS3 (mm)	BS5 (mm)	BS6 (mm)	BS7 (mm)	BS8 (mm)	BS10 (mm)	BS12 (mm)	Schmidt-Vogt-Rahmen (mm)
81017	1+0	Ohne Sortierung				4,7	5,0		3,9		3–4
	1+2	50–80		9,9	10,0		12,9			11,2	7–9
		80–120		13,3	12,6		13,8				9–12
81024	1+0	Ohne Sortierung							4,3		3–4
	1+2	50–80		9,5	10,1		10,1	11,8	10,5	10,1	7–9
		80–120		13,0	12,5		12,7	14,0	15,0	14,2	9–12
	1+3	120–150	19,3								12–14

Tabelle 1: Mittlere Wurzelhalsdurchmesser (in mm) von Buchenpflanzgut (*Fagus sylvatica*) aus acht EZG-Baumschulen (BS2–BS12) im Vergleich mit Minimum-WHD-Empfehlungen nach Schmidt-Vogt (in mm) (zusammengestellt aus Körner 2011)

Die Knospenbildung sollte abgeschlossen, die Knospen ausgereift, gesund und geschlossen sein. Die Terminalknospe muss ausnahmslos gut ausgebildet sein. Knospen dürfen beim Pflanzen im Frühjahr noch nicht angeschwollen sein. Eine geringe Zahl trockener Knospen am Seitenholz ist zulässig, wenn die Pflanze ansonsten insgesamt gesund und vital ist (Rothkegel et al. 2013).

Qualitätskriterien der Wurzeln

Ein funktionierendes Wurzelsystem, welches Wasser und Nährstoffe in ausreichender Menge aufnehmen, die junge Pflanze im Boden fest verankern sowie aus sich heraus die Bildung neuer Wurzeln generieren kann, ist für Etablierung, Wachstum und Überleben der Pflanze zwingend notwendig. Studien zeigen, dass Sämlinge mit größerer Wurzelmasse beim Auspflanzen im Freiland besseres Wachstum und höhere Überlebensprozente aufweisen als solche mit geringerer Wurzelmasse (Haase 2011). Hinsichtlich der Wurzelprägung wird ein gut ausgebildetes Wurzelsystem erwartet. Es sollten ein gutes Wurzel-Spross-Verhältnis von 1:2 bis 1:4 (in Masse bzw. Volumen), ein hoher Feinwurzelanteil und eine gute Wurzellänge vorhanden sein. Die Aushebetiefe sollte mindestens 18–25 cm betragen. Bei Verschulpflanzen ist zusätzlich darauf zu achten, dass kein Verschulknick (L- oder J-Wurzel) vorkommt und Wunden und Verletzungen einen Durchmesser von 4 mm nicht überschreiten. Feinwurzeln sollten einen frischen Zustand aufweisen. Der Wurzelhalsdurchmesser (WHD), der als ein Qualitätsweiser dienen kann, soll artspezifisch in einem ausgewogenen Verhältnis zur Sprosslänge stehen. Beispielsweise wird für die Douglasiensortimente (Dgl.) 1 + 2 und 2 + 1 in der Größe 30–50 cm ein WHD von etwa (5) 6 mm, in der Größe 50–80 cm ein WHD von größer oder gleich 8 mm empfohlen (Rothkegel et al. 2013).

Im Rahmen von Bachelorarbeiten wurden in mehreren EZG-Baumschulen im Herbst 2010 und Frühjahr 2012 an rund 5.000 Pflanzen verschiedene Parameter mit Blick auf das Verhältnis Pflanzenhöhe:Wurzelhalsdurchmesser erhoben. Untersucht wurden ausgewählte Herkünfte, Alterssortimente und Größensortierungen der Baumarten Buche, Bergahorn, Fichte und Douglasie (Körner 2011; Kolo 2011; Walter 2012; Müller-Lisa 2013). Als Referenz dieser Arbeiten dienen die Befunde von Schmidt-Vogt bzw. die darauf basierenden Werte aus den alten EWG-Mindestnormen (Richtlinie 71/161/EWG über die Normen für die äußere Beschaffenheit von forstlichem Vermehrungsgut vom 30. März 1971). Insbesondere sollte geprüft werden, ob sich die heutigen Werte gegenüber denen von Schmidt-Vogt geändert haben. Dazu wurden Pflanzen aus den an der Untersuchung beteiligten Baumschulen vermessen und mit den von Schmidt-Vogt aufgestellten minimalen und maximalen Rahmenwerten für Durchmesser in Abhängigkeit von der Pflanzenhöhe verglichen (Körner et al. 2012). Im Folgenden sind die Ergebnisse an Hand zweier ausgewählter Beispiele dargestellt:

Die Befunde der Tabelle 1 zeigen, dass es durchaus Unterschiede zwischen den Baumschulen bei den mittleren Wurzelhalsdurchmessern geben kann; diese sind vermutlich auf die besondere Behandlung durch die jeweilige Baumschule zurückzuführen. Sie zeigen auch, dass die von Schmidt-Vogt empfohlenen unteren Rahmengrenzwerte der Wurzelhalsdurchmesser (D_{\min}) nicht unterschritten werden.

Die Aufnahmen der dreijährigen Buchenpflanzen im Jahr 2012 der Herkunft 81024 über alle Sortierungen umfassen Messungen an 180 Pflanzen (Walter 2012), bei Körner (2011) wurden im Jahr 2010 357 Pflanzen vermessen. Bei den im Jahr 2012 vermessenen Buchen-

pflanzen liegen keine Wurzelhalsdurchmesser unter dem unteren Rahmengrenzwert D_{\min} nach Schmidt-Vogt (Abbildung 1). Die Aufnahmen im Jahr 2010 fanden vor einer Qualitätssortierung durch die Baumschulen statt, sie zeigen die Kennwerte von Pflanzen in den Anzuchtquartieren und nicht Kennwerte von Pflanzen in einem Verkaufssortiment (Körner 2011). Die Aufnahmen im Jahr 2012 fanden nach der Qualitätssortierung durch die Baumschulen statt und zeigen die Kennwerte von Pflanzen aus Verkaufssortimenten im Einschlag (Walter 2012).

Die beiden Untersuchungen (Körner 2011; Walter 2012) zeigen darüber hinaus, dass es Unterschiede zwischen den Produktionsjahren und Baumschulen gibt; erstere sind wahrscheinlich auf verschiedene Umwelteinflüsse, letztere auf die Anzuchtpraxis der jeweiligen Baumschule zurückzuführen. Die Befunde reflektieren eine gemeinhin gute Anzuchtpraxis und gute Bodenverhältnisse in den beteiligten Baumschulen und bestätigen, dass die von Schmidt-Vogt empfohlenen Kenngrößen für die Stufigkeit – Sprosshöhe und Wurzelhalsdurchmesser, die in der Praxis relativ einfach und rasch zu messen sind – zusammen eine gute Schätzgröße für die Qualität der Pflanzen darstellen. Sie sollten jedoch nicht als alleinige Indikatoren für die Pflanzenqualität eingesetzt werden, da sie beispielsweise keine Rückschlüsse auf andere wichtige Qualitätsmerkmale, wie z. B. die Wurzelform oder Pflanzenfrische, zulassen (Körner et al. 2012).

In diesem Zusammenhang wird auch auf die Weiterbehandlung der Wurzel im Zuge der Pflanzung hingewiesen. Der hierbei zum Teil notwendige Wurzelschnitt beeinflusst den Kulturerfolg mindestens so stark wie

die gelieferte Qualität der Pflanzen durch die Baumschulen. Untersuchungen zeigen deutlich den Einfluss von Feinwurzelmasseverlusten durch Wurzelschnitt auf die Überlebensraten bzw. die Vitalität der gesetzten Forstpflanzen. Z. B. führen bei Rotbuche Feinwurzelmasseverluste von mehr als 20% zu schlechteren Kulturerfolgen (Skibbe 2008), bei Weißtanne liegen die kritischen Werte von zusätzlichen Feinwurzelverlusten durch Wurzelschnitt mit Auswirkung auf die Überlebensraten bei 10% (Bella 2006).

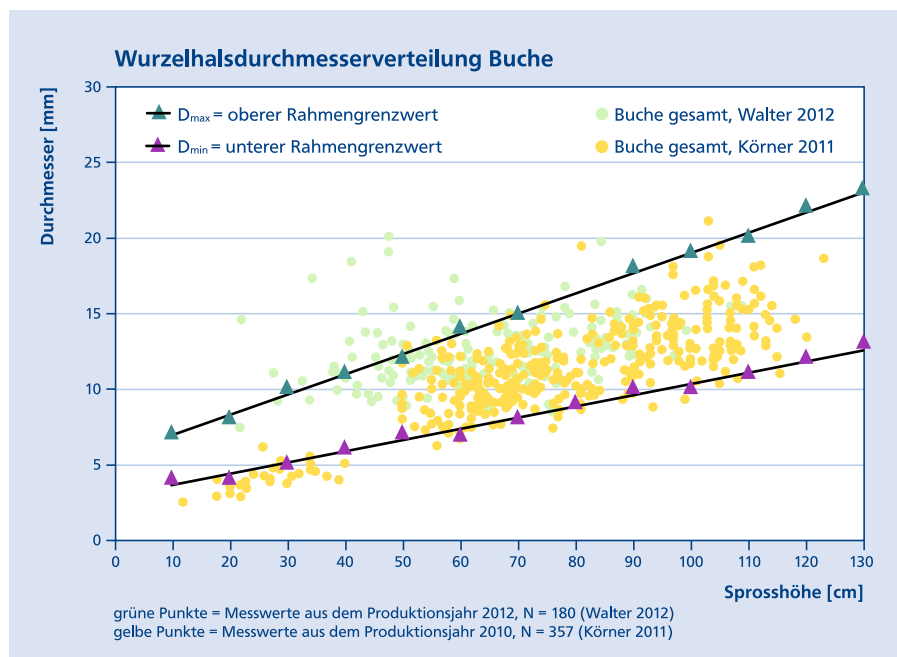
Pflanzenfrische, Krankheiten und Nährstoffversorgung

Zu Recht gilt die Pflanzenfrische als wichtigstes Kriterium der zusammenfassenden Beurteilung der Pflanzenqualität. Forstpflanzen dürfen keine Beeinträchtigung der Pflanzenfrische aufweisen, und keinesfalls einer Überhitzung, Gärung oder Fäulnis ausgesetzt gewesen sein. Starker Nadelabfall ist ein Warnzeichen. Erkennbar ist die Frische an einem vitalen Spross, einem nicht eingetrockneten Kambium und gut wasserversorgten Feinwurzeln.

Es versteht sich von selbst, dass die Forstpflanzen frei von Krankheiten, Pilzen, Insekten, Schädlingen und Faulstellen sein müssen. Ebenso sollten sie frei von Verletzungen und Beschädigungen sein; sie sollten keine ausgeprägten Frostschäden aufweisen, wobei leichte Frostschäden am Seitenholz zulässig sein können, wenn keine Auswirkung auf die weitere Entwicklung zu erwarten ist.

Forstpflanzen müssen ausreichend mit Nährstoffen versorgt sein und dürfen keine Mangelerscheinungen

Abbildung 1:
Wurzelhalsdurchmesser-
verteilung von Buchen-
Verschulpflanzen
(*Fagus sylvatica*, 1+2,
Herkunft 81024)



(Nadelvergilbungen, sehr kleine Blätter etc.) aufweisen. Überversorgte Pflanzen (erkennbar an überlangen Gipfeltrieben und zum Teil nicht gut verholzten Trieben) sind ebenfalls, bei Beachtung artspezifischer Ausnahmen, unzulässig.

Vitalität und Anwuchserfolg

Die verschiedenen genannten Kenngrößen stehen in enger Beziehung zu Anwuchserfolg, Wurzelentwicklung, Vitalität, Überlebensrate, langfristiger Stabilität, Zuwachsverhalten und Qualität von Forstpflanzen. Obwohl Forstpflanzen in der Baumschule unter relativ guten Bedingungen kultiviert werden, sind sie in der Folge durchaus vielerlei Gefahren ausgesetzt. Das beginnt bei der Beetrodung, dem Sortieren, der Zwischenlagerung vor dem Transport, dem Transport selbst, der Auslieferung, dem Zwischenlagern vor der Pflanzung und schließlich der eigentlichen Pflanzung. In all diesen Phasen können die Pflanzen ebenfalls Stress erfahren, z.B. Trocken- und Hitzestress oder extreme mechanische Beanspruchung. All dies schwächt ihre Vitalität erheblich. Diese Einwirkungen können sich akkumulieren und zu einem schlechten Anwuchserfolg führen (Rothkegel et al. 2013).

Eine Begutachtung der Pflanzen zu bestimmten Zeitpunkten, zum Beispiel durch Testverfahren zur Wurzelregeneration oder zum Wasserpotenzial, könnte dabei helfen zu klären, wo in der Kette Schwachstellen auftreten (Haase 2008). Die Forstpflanzenerzeuger sind bestrebt, die oben genannten Kriterien im Rahmen der Auslegung der in §12 (3) FoVG angesprochenen »handelsüblichen Beschaffenheit« zu beachten: »Partien

von Pflanzgut müssen von handelsüblicher Beschaffenheit sein, die anhand der Freiheit von Beschädigungen, des Gesundheitszustandes, der Wüchsigkeit und der physiologischen Qualität bestimmt wird«. In der Praxis sind noch Verbesserungspotentiale vor allem beim vorbeugenden Wurzelschutz durch Schutzbehandlungen mit Verdunstungsschutzmitteln (Alginat) erkennbar. Sowohl Anbieter als auch Abnehmer von Forstpflanzen nutzen diese Möglichkeiten zum Erhalt der Wurzelfrische und somit der Vitalität noch nicht in ausreichendem Umfang.

Entwicklung von baumartenspezifischen Sorgfaltskriterien am Beispiel der Rotbuche

Alter

Hinsichtlich des Pflanzenalters empfehlen wir eher jüngere Sortimente (bis zweijährig, bevorzugt 2 + 0, höchstens dreijährig) zu verwenden

Sortiergröße

Pflanzengröße 30–50 cm, bei Konkurrenz 50–80 cm

Wurzel

Das arttypische Wurzelsystem der Rotbuche ist ein Herzwurzelsystem. Bei Jungpflanzen ist dies jedoch noch nicht entwickelt. Eine Qualitätsbeurteilung der jungen Wurzel wird daher zunächst noch allgemeiner Art sein müssen: Pflanzen mit erkennbaren J-Wurzeln oder L-Wurzeln (Wurzelverkrümmung durch Verschulung) dürfen nicht akzeptiert werden. Die



Abbildung 2: Rotbuchensämlinge 2+0, 50–80 cm; Qualitätskriterien Spross und Wurzel: dargestellt sind 7 Sämlinge, alle mit wipfelschäftigen Sprossen, arttypischer Ausbildung des Seitenholzes und gutem Wurzelhalsdurchmesser. Demgegenüber sind die Wurzeln jedoch nicht durchgängig gut ausgebildet: während die Pflanzen 1, 2, 3 und 6 eine gute Wurzelentwicklung aufweisen (ordentliche Wurzellängen, gutes Wurzel-Spross-Verhältnis von 1:2–1:4 und ausreichende Feinwurzelmasse), sind die Wurzeln der Pflanzen 4, 5 und 7 suboptimal ausgebildet.

Foto: R. Schlegel

Pflanzen sollten über einen hohen Feinwurzelanteil (und Mykorrhiza) verfügen. Primäre Seitenwurzeln (solche, die zum sekundären Dickenwachstum befähigt sind) sollen symmetrisch und mehr oder weniger horizontal nach allen Richtungen ausgerichtet sein. Wurzelackte Pflanzen verlieren beim Ausheben bis zu 50% ihrer Fein- und Feinstwurzelmasse. Diese muss nach der Pflanzung vom Sämling wieder regeneriert werden, um das Gleichgewicht zwischen transpirierendem oberirdischen Pflanzenkörper und wasser- und nährstoffnachschaffender unterirdischer Biomasse wiederherzustellen. Nach Kessel (1994) sollte auf Wurzelschnitte grundsätzlich verzichtet werden. Wenn ein Wurzelschnitt durchgeführt werden muss (z. B. wegen überlanger (Seiten-) Wurzeln oder verletzter Wurzeln), sollte dieser nur von mäßiger Intensität sein, da sonst – mit zunehmender Intensität des Wurzelschnitts – mit einer Verstärkung des Pflanzschocks zu rechnen ist. Wurzelschnitte, die Schnittwunden von >4 mm hinterlassen, sind zu unterlassen (Skibbe 2008).

Wurzelhals-Durchmesser

- Bu 2+0, 30–50 cm: WHD \geq 6 mm erforderlich
- Bu 2+0, 50–80 cm: WHD \geq 8 mm erforderlich
- Bei gleicher Größensortierung gelten entsprechende WHD-Werte auch für 1 + 1- oder 1 + 2-Sortimente

Eine alleinige Angabe des Wurzelhalsdurchmessers macht keinen Sinn! Wichtig ist, dass das Wurzelwerk in Form, Volumen und Struktur optimal ausgebildet ist (siehe Ausführungen zu Wurzel und Abbildung 2).

H/D-Werte

Nach den o. g. minimalen WHD-Werten und Größensortierungen ergeben sich für Bu 2 + 0, 30–50 cm H/D-Werte zwischen 50 und 80 (Empfehlung der EZG max. 67), bei 50–80 cm zwischen 60 und 100 (Empfehlung der EZG max. 84). Der H/D-Wert ist nur dann ein aussagekräftiger Kennwert, wenn sichergestellt ist, dass Spross und Wurzel in Form, Volumen und Struktur optimal ausgebildet sind.

Gesundheit

Frei von Wunden, Pathogenen und Schädlingen

Ernährung

Wünschenswert wäre, dass die Sämlinge hinsichtlich ihrer Ernährungssituation bereits auf die Verhältnisse am jeweiligen Stand-/Pflanzort eingestellt sind.

Ausblick und Vorschläge für künftige Forschungsschwerpunkte zur Charakterisierung von Forstpflanzen

In einem früheren Beitrag hatten wir uns bereits der Frage gewidmet »Wie muss die ideale Forstpflanze aussehen? Gibt es sie überhaupt?« (Stimm et al. 2013). Wir haben dabei die Bedeutung eines harmonischen Verhältnisses von Wurzel und Spross hervorgehoben. Unter natürlichen Bedingungen ist dieses Verhältnis nicht starr, sondern flexibel und reagiert dynamisch auf Veränderungen im Lebensraum und seinen Umweltbedingungen. So ist beispielsweise ein unverzüglich nach der Pflanzung einsetzendes Wurzelwachstum notwendig, um den Anwuchserfolg zu sichern (Grossnickle 2005). Der Erfolg hängt in dieser Phase stark vom Wurzelsystem ab, das im Wesentlichen noch durch die Kulturbedingungen in der Baumschule geprägt ist. Frische Pflanzen mit größeren Wurzelvolumen können Wasser besser aufnehmen, sind in der Lage den Pflanzchock leichter zu überstehen und haben bessere Anwuchschancen. Die optimale Forstpflanze sollte also ein ausbalanciertes, funktionales Verhältnis zwischen Spross und Wurzel aufweisen, das – zusammen mit einer guten physiologischen Qualität – die wichtigste Voraussetzung für das Anwachsen und Überleben von Forstpflanzen darstellt.

Nachdem in den vergangenen Jahren, vor allem aus Gründen ungünstiger Rahmenbedingungen während der Bestandesbegründung, größere Pflanzensortimente im Mittelpunkt standen, werden heute wieder häufiger jüngere, ein- bis zweijährige Pflanzen, z. B. 1 + 0, 2 + 0, 1 + 1, bevorzugt. Was die Pflanzengröße betrifft, kann man die Faustregel entwickeln:

So klein als möglich – so groß als nötig, zum Beispiel 30–50 cm oder 50–80 cm. Da die Durchführung der Größensortierung in den Baumschulen in der Regel sorgfältig, rasch und unter Aufrechterhaltung des Frischezustands geschieht, scheinen Beeinträchtigungen des Frischezustands eher selten. Gänzlich vermeiden wird man sie aber nicht können, da die heutigen Handels- und damit Transportwege Grenzen setzen. Um hier auf der sicheren Seite zu stehen, empfiehlt es sich – soweit möglich – von der Baumschule seines Vertrauens Pflanzen aus regionaler Produktion, gegebenenfalls beetweise ohne Größensortierung, zu kaufen. Neben der Größe der verwendeten Pflanzen haben jedoch auch noch andere Qualitätsmerkmale eine große Bedeutung hinsichtlich eines späteren Kulturerfolges.

Gerade im Hinblick auf den Privatwald und die damit verbundene oft kleinteilige Waldbewirtschaftung wird das Dilemma der Pflanzenerzeuger offenbar. Die Umstände und Rahmenbedingungen bei der Pflanzverjüngung können hier sehr variabel sein. Das erfolgreiche Anwachsen, Überleben und weitere Wachstum der Forstpflanzen hängt nicht nur von der Wahl des Pflanzguts und dessen äußerer und innerer Beschaffenheit ab, sondern insbesondere von den gegebenen Standortsbedingungen vor Ort. Wünschenswert wäre, dass die Sämlinge hinsichtlich ihrer Ernährungssituation bereits auf die Verhältnisse am jeweiligen Stand-/Pflanzort eingestellt sind. Dazu bedürfte es aber einer verbesserten Organisation des Pflanzenkaufs. Sammelbestellungen von Forstbetriebsgemeinschaften und Waldbesitzervereinigungen von Standardsortimenten bei Baumschulen werden den bisweilen doch sehr variablen Verhältnissen bei den verschiedenen Abnehmern, Standorten, Ausgangssituationen der Verjüngungsflächen (Wasserhaushalt, Nährstoffverfügbarkeit, Überschilderung ja/nein, Konkurrenzvegetation) nicht gerecht. Nicht nur hinsichtlich der Baumartenwahl, sondern auch hinsichtlich der geeigneten Pflanzensortimente wäre im Vorfeld eine fachliche Beurteilung und zeitlich deutlich vorauslaufende Beratung für den Pflanzenkauf durch die Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (ÄELF) wichtig. Es wäre zu prüfen, ob die Waldbesitzer nicht ermutigt werden können, Lohnanzuchten mit Baumschulen zu vereinbaren, um dadurch auf besondere Bedürfnisse Rücksicht zu nehmen.

Für eine erfolgreiche Pflanzverjüngung ist es wichtig, dass Waldbesitzer, Förster, Forstbaumschuler und Forstwissenschaftler offen miteinander kommunizieren und sich über die biologischen Grundlagen und die technischen wie geschäftlichen Rahmenbedingungen im Klaren sind. Qualität erhält man nicht zum Nulltarif. Voraussetzung für eine funktionierende Qualitätssicherung und ein gegenseitiges Verstehen ist nicht nur die Verständigung über geeignete Qualitätsattribute, sondern auch die Verständigung darüber, wie diese gemessen werden können. Morphologische Kenngrößen der Pflanzenqualität erschließen sich Produzenten wie Abnehmern relativ leicht. Die Ermittlung physiologischer Kenngrößen ist dagegen schwieriger, weil kostenträchtiger und zeitaufwändig, aber möglicherweise bei Anwendung geeigneter Verfahren wesentlich aufschlussreicher, was den Kulturerfolg betrifft (Edwards 1998; Mattson 1996; Mohammed 1996; Puttonen 1989 und 1996). Nachdem viele der erfassten morphologischen und physiologischen Kenngrößen der Forstpflanzen sehr fein auf die herrschenden Umweltbedingungen

zum Zeitpunkt der Pflanzung und in Jahren danach reagieren, wäre es wünschenswert, wenn öfter einmal an gut dokumentierten Pflanzungen mehrjährige Beobachtungen angestellt werden könnten. Damit ließe sich zeigen, welchen Kenngrößen oder Kenngrößenkombinationen langfristig die größte Aussagekraft hinsichtlich des Kulturerfolges zukommt.

Literatur

- AID (2010): Forstliches Vermehrungsgut. Informationen für die Praxis. Aid infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft Heft 1164
- Bella, K. (2006): Auswirkungen von Verpflanzung und Wurzelschnitt auf Mortalität, Vitalität, Austrieb und Wachstum von Weiß-Tannen (*Abies alba* Mill.). Diplomarbeit, TU Dresden, Fachrichtung Forstwissenschaften Tharandt
- Burschel, P.; Huss, J. (1997): Grundriß des Waldbaus. Parey, Berlin
- Davis, A.S.; Jacobs, D.F. (2005): Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. *New Forests* 30, S. 295–311
- Dey, D.C.; Parker, W.C. (1997): Morphological indicators of stock quality and field performance of red oak (*Quercus rubra* L.) seedlings underplanted in a central Ontario shelterwood. *New Forests* 14, S. 145–156
- Dunsworth, G.B. (1997): Plant quality assessment: an industrial perspective. *New Forests* 13, S. 431–440
- Edwards, C. (1998): Testing Plant Quality. Forestry Commission, UK, Information Note
- EZG (2009): Forstpflanzen Qualitätsrichtlinien. http://www.ezg-forstpflanzen.de/Qualitat-RL/Qualitatsrichtlinien_EZG_10-07-09.pdf
- EZG (2010): Zur Qualität von Forstpflanzen. i-aktuell Nr.2/2010
- FoVG (2002): Forstvermehrungsgutgesetz vom 22. Mai 2002 (BGBl. I S. 1658), zuletzt geändert durch Art. 37 G v. 9.12.2010 I 1934. <http://www.gesetze-im-internet.de/fovg/BJNR165800002.html>
- FSaatG (1979): Neufassung des Gesetzes über forstliches Saat- und Pflanzgut. BGBl. I, 1979, Nr. 47, S. 1242–1261
- Grossnickle, S.C. (2005): Importance of root growth in overcoming planting stress. *New Forests* 30, S. 273–294
- Grossnickle, S.C. (2012): Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests* 43, S. 711–738
- Grossnickle, S.C.; Folk, R.S. (1993): Stock Quality Assessment: Forecasting Survival or Performance on a Reforestation Site. *Tree Planters' Notes* 44, 3, S. 113–121

- Haase, D.L. (2007): Morphological and Physiological Evaluations of Seedling Quality. USDA For.Serv.Proc. RMRS-P-50, S.3–8
- Haase, D.L. (2008): Understanding Forest Seedling Quality: Measurements and Interpretation. Tree Planters' Notes 52 (2), S.24–30
- Haase, D.L. (2011): Seedling Root Targets. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-65, S.80–82
- Kessel, H. (1994): Das Wachstum von Buchenwildlingen und Baumschulpflanzen nach Sproßschnitt, Wurzelschnitt, Konkurrenzregelung, Beschattung und bei weitem Pflanzverband. Dissertation, Forstwissenschaftliche Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg i. Br.
- Körner, A. (2011): Äußere Qualitätskriterien von Forstpflanzen – Dargestellt an *Fagus sylvatica* und *Acer pseudoplatanus*. Unveröff. Bachelorarbeit an der Studienfakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der Technischen Universität München
- Körner, A.; Kolo, H.; Stimm, B.; Wezel, G. (2012): Stufigkeit als wichtiges Merkmal der Qualität von Forstpflanzen. AFZ-Der Wald, H. 16, S.13–15
- Kolo, H. (2011): Qualitätskriterien von Forstpflanzen. Unveröff. Bachelorarbeit an der Studienfakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der Technischen Universität München.
- Mattson, A. (1996): Predicting field performance using seedling quality assessment. New Forests 13, S.223–248
- McKay, H.M. (1996): A review of the effect of stresses between lifting and planting on nursery stock quality and performance. New Forests 13, S.363–393
- Min ELR (2009): Pflanzgut und Pflanzung. ForstBW Praxis.
- Mohammed, G.H. (1996): The status and future of stock quality testing. New Forests 13, S.481–504
- Morgan, J.L. (1999): Forest Tree Seedlings – best practice in supply, treatment and planting. Forestry Commission, Bull. 121
- Müller-Lisa, C. (2013): Äußere Qualitätskriterien von Forstpflanzen – Dargestellt an *Picea abies* und *Pseudotsuga menziesii*. Unveröff. Bachelorarbeit an der Studienfakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der Technischen Universität München.
- NLF (2005): Merkblatt Pflanzenqualität. Niedersächsische Landesforsten, Braunschweig.
- Puttonen, P. (1989): Criteria for using seedling performance potential tests. New Forests 3, S.67–87.
- Puttonen, P. (1996): Looking for the »silver bullet« – can one test do it all? New Forests 13, S.9–27
- Radoglou, K.; Cabral, R.; Repo, T.; Hasanagas, N.; Sutinen, M.-L.; Waisel, Y. (2007): Appraisal of root leakage as a method for estimation of root viability. Plant Biosystems 141, S.443–459
- Rothkegel, W.; Ruppert, O.; Blaschke, H.; Stimm, B. (2013): Sorgfaltskriterien für Buche und Douglasie. AFZ-Der Wald, H. 20, S.4–7
- Sampson, P.H.; Templeton, C.W.G.; Colombo, S.J. (1996): An overview of Ontario's Stock Quality Assessment Program. New Forests 13, S.461–479
- Schmidt-Vogt, H. (1966): Wachstum und Qualität von Forstpflanzen. BLV München–Basel–Wien
- Skibbe, K. (2008): Auswirkungen von Verpflanzung und Wurzelschnitt auf Mortalität, Vitalität und Wachstum von Rot-Buchen (*Fagus sylvatica* L.). Diplomarbeit, TU Dresden, Fachrichtung Forstwissenschaften Tharandt
- Stimm, B.; Blaschke, H.; Rothkegel, W.; Ruppert, O. (2013): Stabilität hat tiefe Wurzeln. AFZ-Der Wald, H. 20, S.8–12
- Sutton, R.F. (1979): Planting stock quality and grading. For Ecol Managem 2, S.123–132
- Tinus, R.W.; Burr, K.E.; Atzmon, N.; Riov, J. (2000): Relationship between carbohydrate concentration and root growth potential in coniferous seedlings from three climates during cold hardening and dehardening. Tree Physiology 20, S.1097–1104
- Tsakalimi, M.; Ganatsas, P.; Jacobs, D.F. (2013): Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. New Forests 44, S.327–339
- Walter, E. (2012): Äußere Qualitätskriterien von Ahorn- und Buchensämlingen. Unveröff. Bachelorarbeit an der Studienfakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der Technischen Universität München.
- Wasem, U. (2005): Wurzeldeformationen bei Topfpflanzen. http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/waldbau/zucht/wsl_wurzeldeformationen/index_DE
- Wilson, B. C.; Jacobs, D. F. (2006): Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. New Forests 31, S.417–433

Keywords: Seedlings, bareroot, stocktype, quality criteria, morphological and physiological criteria, performance attributes, quality assessment, evaluation

Summary: Forest restoration and regeneration under climate change becomes a new challenge for silviculturists, forest owners and land managers. This fact may raise a revival of outplanting activities as well as a growing market for forest nurseries in Germany. Forest nurseries and forest owners have to agree upon quality criteria of seedling stock and that high quality planting stock is essential for successful reforestation. This paper summarizes in brief the state of knowledge on quality criteria of bareroot seedling stocktypes and possibilities of its quality assessment with emphasis on outplanting performance.
