

Trupppflanzungs-Experimente mit Stieleiche und Bergahorn in der Schweiz. Ergebnisse der Erhebungen 2007

Oria Harari, Peter Brang



Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft,
Birmensdorf WSL, 2008

Autoren

Oria Harari, Peter Brang, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf

Ein Bericht aus dem Projekt «Trupppflanzung» (www.wsl.ch/projects/extverj)

Zitierung

Harari, O., Brang, P. 2008. Trupppflanzungs-Experimente mit Stieleiche und Bergahorn in der Schweiz. Ergebnisse der Erhebungen 2007. [published online April 2008] Available from World Wide Web www.wsl.ch/projects/extverj. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, 24 S.

Im pdf-Format zu beziehen über www.wsl.ch/projects/extverj

Wir danken Kathrin Streit, Thomas Kuster, Andreas Stalder und Ueli Wasem für die Mithilfe bei den Feldaufnahmen.

Umschlag: Alulabel an Stieleiche (Foto Peter Brang)

©Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf, 2008

ZUSAMMENFASSUNG

Nach dem Sturm Lothar gab es auf einigen betroffenen Waldflächen Verjüngungsschwierigkeiten. In solchen Fällen stellte sich die Aufgabe, die Wiederbewaldung der gewünschten Baumarten zu beschleunigen. Die WSL führte daher ab dem Jahr 2001 das Projekt "Extensive Verjüngungsverfahren nach Lothar" durch, um drei Pflanzvarianten (Reihenpflanzung, Trupppflanzung mit grossen Trupps, Trupppflanzung mit kleinen Trupps) zu testen. Die Versuchsbaumarten waren Stieleiche und Bergahorn. Der Zustand der Pflanzungen auf den neun Versuchsflächen wurde von Juni 2007 bis Februar 2008 aufgenommen. Dabei wurde erstmals die Stammqualität beurteilt. Dieser Bericht beschreibt die Aufnahmeverfahren und die Resultate.

Von den 4957 aufgenommenen Bäumen überlebten von 2004 (letzte Aufnahme) bis 2007 insgesamt 83,6%. Die Pflanzvarianten unterscheiden sich bezüglich Überlebensraten und Qualitätsmerkmalen kaum. Jedoch gibt es Unterschiede zwischen den Flächen und zwischen Bäumen, die zufällig oder wegen guter Stammqualität (=Qualitätsbäume) ausgewählt worden waren. Letztere schnitten bezüglich Stammqualität wie erwartet deutlich besser ab. Auch bestehen Unterschiede zwischen den Baumarten: Ahorne wuchsen mit durchschnittlich 53,7 cm/Jahr schneller als Eichen mit 35,7 cm/Jahr und hatten eine bessere Stammqualität. Sieben Jahre nach der Pflanzung wiesen 13,9% der als Qualitätsbäume bestimmten Eichen mindestens einen Qualitätsmangel auf (Schaftkrümmung, Zwiesel, Mehrfachzwiesel, buschige Verzweigung, Steilast).

INHALT

1	Einleitung	4
1.1	Ausgangslage	4
1.2	Beschreibung der Versuchsanlage	4
1.3	Ziele der Erhebung	7
2	Erhebungsmethoden	8
2.1	Merkmale	8
2.2	Nötige Unterlagen und Material	12
2.3	Vorgehen bei den Erhebungen	13
2.4	Erwartete Anzahl Eichen mit Qualitätsansprache	15
2.5	Zeitlicher Ablauf der Erhebungen	15
3	Vorgehen bei der Auswertung	15
4	Resultate	15
4.1	Überleben	15
4.2	Höhenwachstum	17
4.3	Qualitätsmerkmale bei Stieleichen	19
5	Literatur	24

1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangslage

Nach den Stürmen Lothar und Martin im Dezember 1999 wurden viele Lotharflächen geräumt. In vielen Fällen vertrauten die Förster auf Naturverjüngung. Es kamen aber auch ausgedehnte Sturmflächen mit Verjüngungsschwierigkeiten vor, sei es infolge fehlender Sämlingsbank, fehlender Samenbäume der gewünschten Baumart und/ oder starker Konkurrenz der Bodenvegetation (z.B. Brombeerteppiche oder Adlerfarn).

In solchen Fällen stellte sich die Aufgabe, die Wiederbewaldung der gewünschten Baumarten zu beschleunigen. In der Schweiz fehlen wissenschaftlich abgesicherte Kenntnisse zu extensiven Verfahren der Bestandesbegründung. Um diese Kenntnislücken zu füllen, führt die WSL das Projekt "Extensive Verjüngungsverfahren nach Lothar" durch (Koch & Brang 2005). Im Frühjahr 2001 wurden dabei Testpflanzungen auf acht Lothar- Sturmflächen mit Verjüngungsschwierigkeiten angelegt und bis 2004 mehrmals aufgenommen.

Im Jahr 2007 stellten sich, neben der Überprüfung der Markierung der beobachteten Bäume, folgende Probleme und Fragen:

- Wie gross sind Mortalität und Höhenwachstum der gepflanzten Bäume?
- Wie gut ist die Stammqualität der gepflanzten Bäume?

Um diese Fragen zu beantworten, wurden die Testpflanzungen von Juni 2007 bis Februar 2008 neu aufgenommen. Dieser Bericht beschreibt die Aufnahmemethode und die Resultate.

1.2 Beschreibung der Versuchsanlage

Insgesamt gibt es 9 Versuchsflächen im Schweizer Mittelland und in der Ajoie (s. <http://www.wsl.ch/projects/extverj>). Jede Versuchsfläche ist in 12 Teilflächen unterteilt, die je 15 Aren (Eichenflächen, *Quercus robur*) oder 8 Aren (Ahornflächen, *Acer pseudoplatanus*) gross sind. Auf jeder Teilfläche wurde eine der vier folgenden Varianten angewendet:

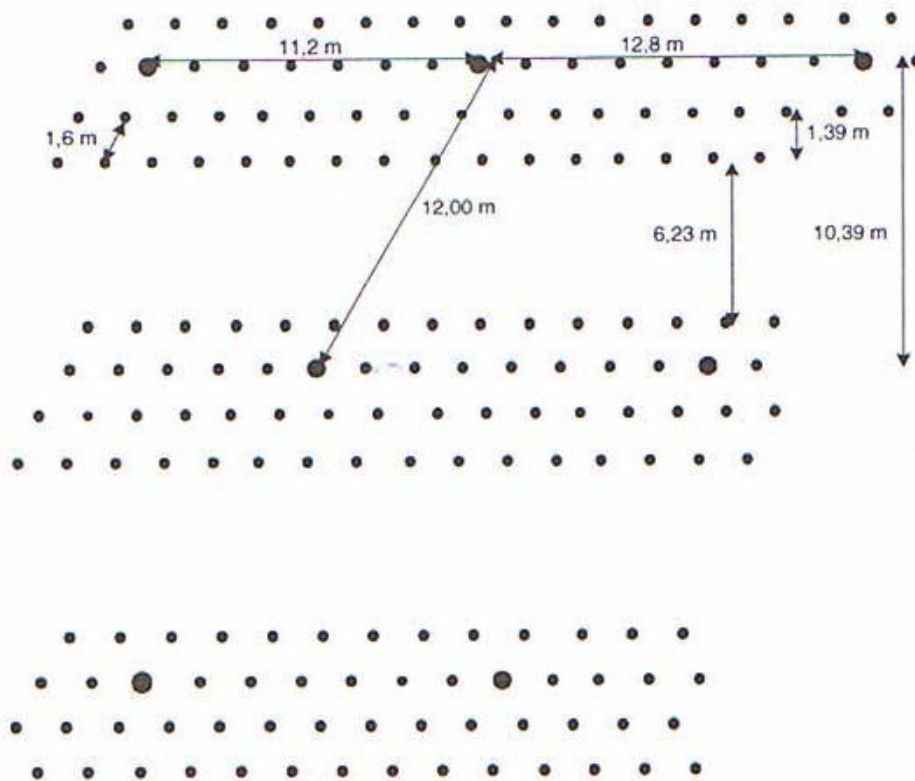
- Reihenspflanzung
- Trupppflanzung mit grossen Trupps
- Trupppflanzung mit kleinen Trupps
- Naturverjüngung

Die Verjüngung wurde auf permanenten kreisförmigen Stichproben erfasst (Plots). In den meisten Plots wurden fünf Bäume markiert und erfasst. Der Pflanzabstand beträgt bei Eiche 1,6 m, bei Ahorn 2,0 m.

In der Reihenspflanzung (Abb. 1 und 2) sind der Zentralbaum beim Plotzentrum, zwei Bäume in den inneren Reihen und zwei Bäume in den äusseren Reihen markiert.

Schema für Eiche

Plotgrösse: 0,15 ha=1500 m², 31,20 m x 48,00 m



Schema für Ahorn

Plotgrösse: 0,08 ha=800 m², 24,50 m x 32,65 m

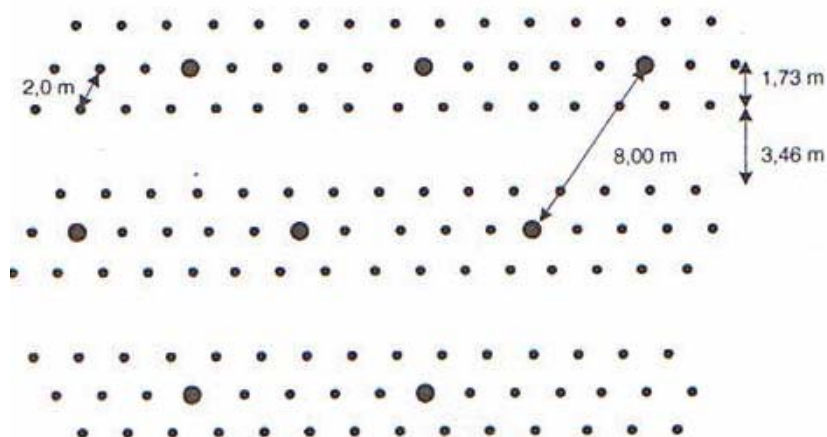


Abbildung 1. Pflanzschema Reihenspflanzung.



Abbildung 2. Eichen-Reihenpflanzung in Urtenen (Bern). Zwischen den Reihen sind Birken gewachsen. Foto Ueli Wasem, WSL.

In der Trupppflanzung mit grossen Trupps sind 13 Eichen von 8 Fichten umrandet, bzw. 5 Bergahorne von 4 Fichten (Abb. 3).

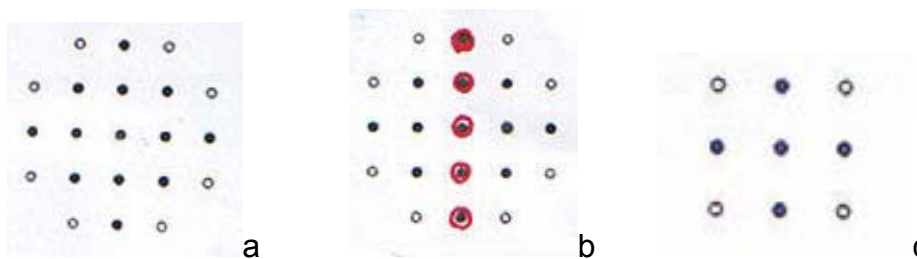


Abbildung 3. Pflanzschema grosser Trupps bei Eiche (a), Lage der fünf beobachteten Eichen (rote Kreise, b) und Pflanzschema grosser Trupps bei Ahorn (c).

In der Trupppflanzung mit kleinen Trupps sind 9 Eichen von 4 Fichten umrandet, bzw. 3 Bergahorne von 4 Fichten (Abb. 4 und 5). In der Variante Naturverjüngung wurden keine Bäume gepflanzt.

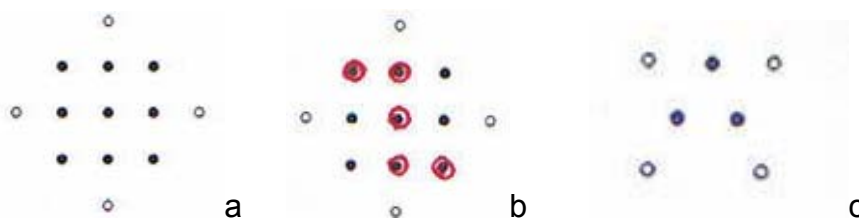


Abbildung 4. Pflanzschema kleiner Trupps bei Eiche (a), Lage der fünf beobachteten Eichen (rote Kreise, b) und Pflanzschema grosser Trupps bei Ahorn (c).



Abbildung 5. Variante Trupp klein bei der Eiche im Brombeerteppich. Foto Ueli Wasem, WSL.

Innerhalb eines Plots wurden fünf Bäume mit einer Nummer markiert und deren Daten registriert. Im Zentrum wurde ein Aluminiumpflock eingeschlagen, auf welchem die Plotnummer eingeritzt ist. Von den 5 Bäumen mass man die Distanz und den Azimut zum Zentrum. In den folgenden Jahren wurden auch Höhenmessungen gemacht, die letzte im 2004.

1.3 Ziele der Erhebung

Die Ziele der Erhebung waren:

1. 5 Bäume pro Plot (wo vorhanden) sind mit Alulabel markiert.
2. Eine Neumarkierung ist erst in ca. 5 Jahren und etwa gleichzeitig bei allen Bäumen nötig.
3. Die Mortalität der gepflanzten Bäume ist bekannt (Fragen: Welcher Anteil der gepflanzten Bäume ist abgestorben? Gibt es Unterschiede in den Absterberaten zwischen Flächen, Pflanzvarianten, Pflanzen unterschiedlicher Pflanzengrösse Ende 2003?)
4. Durchmesser und Höhe eines Subsets der Bäume sind bekannt. Auswahl bei **Eichen**, auf jedem bepflanzten Plot: Zentralbaum (bei Ausfall Ersatz-Zentralbaum) + qualitativ schönster Kandidat (Qualitätsbaum); bei **Ahorn**¹ Erhebung nur am Qualitätsbaum.

¹ Eine Beurteilung in Urtenen an 6 Plots ergab, dass Bergahorne wie erwartet wenige

5. Merkmale der Stammqualität am unter 4 dargestellten Subset der Bäume sind bekannt^{2,3} (Fragen: Wie ist die Qualität der Pflanzen, beurteilt anhand wichtiger Qualitätsmerkmale? Gibt es Unterschiede im Auftreten von Qualitätsmerkmalen zwischen Flächen und Pflanzvarianten? Wie gross war das Höhenwachstum der Bäume seit Anfang des Jahres 2004?⁴).

Die Qualitätsansprache dient als Grundlage für eine Qualitätsaufnahme in ca. 10 Jahren zur Fragestellung: Welche Qualitätsmerkmale Anfang Dickungsstufe korrelieren am stärksten mit der Stammqualität Anfang Stangenholz? Welche Qualitätsmängel wachsen sich eher aus, welche bleiben bestehen?

2 ERHEBUNGSMETHODEN

2.1 Merkmale

Zu erhebende Merkmale (*kursiv: von früheren Aufnahmen zu übernehmen*).

Bei allen Bäumen:

- Aufnahmedatum
- Aufnahmeteam
- *Plotnummer*
- *Baumnummer*
- *Baumart*
- Vitalität (tot/lebend)
- Bemerkungen

Bei Bäumen mit Qualitätsansprache (s. Tabelle 1):

- Baumhöhe
- BHD
- Astdurchmesser
- Schaftkrümmung (Abb. 7)
- Steilast (Abb. 8)
- Zwiesel (Abb. 9)
- Mehrfachzwiesel
- Buschige Verzweigung (Abb. 10)

Qualitätsmängel aufweisen.

² Erwartete Anzahl Beobachtungen s. Kap. 2.4

³ Baumhöhen Ende 2003 wurden in den Trupppflanzungsvarianten bei der Zentraleiche und ihrem *nächsten* Nachbarn mit der tiefsten Nummer gemessen, in der Reihenspflanzung bei der dem Bodenpfahl nächsten Eiche und derjenigen mit der tiefsten Nummer, die nicht in der gleichen Position (Randreihe, Innenreihe) ist wie die erste Eiche

⁴ 2004 wurden die Höhen von 2 Eichen/Ahornen pro Plot x 4 Plots pro Teilfläche x 3 Verfahren x 3 Wiederholungen x 9 Flächen (→ n=630) gemessen; von diesen würde ca. 50% wieder gemessen.

Tabelle 1: Einzelbaummerkmale für Bäume mit Qualitätsansprache.

Name	Definition	Wertebereich	Genauigkeit	Material
Baumhöhe	s. 2004, wird auf Höhe Anfang Vegetationsperiode 2007*/ 2008 * bezogen	0, 1, 2, ... , 100	1 dm	Jalon
BHD	Brusthöhendurchmesser (auf 1,30 m Höhe, (mit Schublehre in Richtung Probenzentrum gemessen, Messstelle wenn möglich markiert mit \perp , wasserfester Filzstift (Abb. 6); Markieren der Messstelle ist nur bei trockenen Bedingungen möglich)		1 mm	Schublehre, Filzstift
Astdurchmesser	Durchmesser des dicksten Grünastes auf den untersten 2,0 m des Stammes, ausserhalb des Astkragens (1-10 cm vom Stamm entfernt)	0, 1, 2, ... , 100	1 mm	Schublehre
Schaftkrümmung (Abb. 7)	Pfeilhöhe: Maximale Abweichung der Stammachse von einem gedachten Zylinder rund um die Stammachse auf den untersten 2,0 m Höhe	<10 cm, 10-<20 cm, ≥ 20 cm		
Steilast (Abb. 8)	Vorhandensein eines Steilastes am Stamm bis 1 m unter dessen höchstem Punkt; bei einem Steilast hat der schwächere Trieb $\geq 50\%$ des Durchmessers und $\geq 50\%$ der Länge des stärkeren Triebes, der Abgangswinkel ⁵ ist über eine Distanz von 30 cm $\leq 22,5^\circ$	Ja/nein		
Zwiesel (Abb. 9)	Vorhandensein eines Zwiesels am Stamm bis 1 m unter dessen höchstem Punkt; bei einem Zwiesel hat der schwächere Trieb $\geq 75\%$ des Durchmessers und $\geq 75\%$ der Länge des stärkeren Triebes (Abb. 9)	Ja/nein		
Mehrfach zwiesel	Wenn Zwiesel: Auftreten mehrerer Zwiesel übereinander am Stamm bis 1 m unter dessen höchstem Punkt	Ja/nein		
Buschige Verzweigung (Abb. 10)	Vorhandensein von mind. 3 ähnlich starken Trieben am Stamm bis 1 m unter dessen höchstem Punkt; der schwächste Trieb hat dabei $\geq 67\%$ des Durchmessers und $\geq 67\%$ der Länge des stärksten Triebes. Keiner der Triebe dominiert.	Ja/nein		

*In folgenden Flächen beziehen sich die Baumhöhen auf diejenigen vor dem Austrieb im Frühjahr 2007: Habsburg, Bremgarten; in folgenden Flächen auf diejenigen nach Abschluss des Höhenwachstums 2007: Bülach, Murten, Urtenen (Eichen), Urtenen (Ahorn), Bonfol, Lausanne, Zell.

Die Merkmale wurden in Anlehnung an Börner et al. (2003) und an ein unveröffentlichtes Manuskript (anonym, von PB reviewt) festgelegt.

⁵ Abb. 6 gemäss Börner et al. 2003

Verzichtet wurde auf Messungen/Ansprachen der Kronenausladung, von Totästen, Astwinkeln und Sekundärtrieben (vgl. Börner et al. 2003), und der Anzahl lebender Äste (da diese meist >20 ist).



Abbildung 6. Markierung einer BHD-Messstelle an einer Stieleiche.

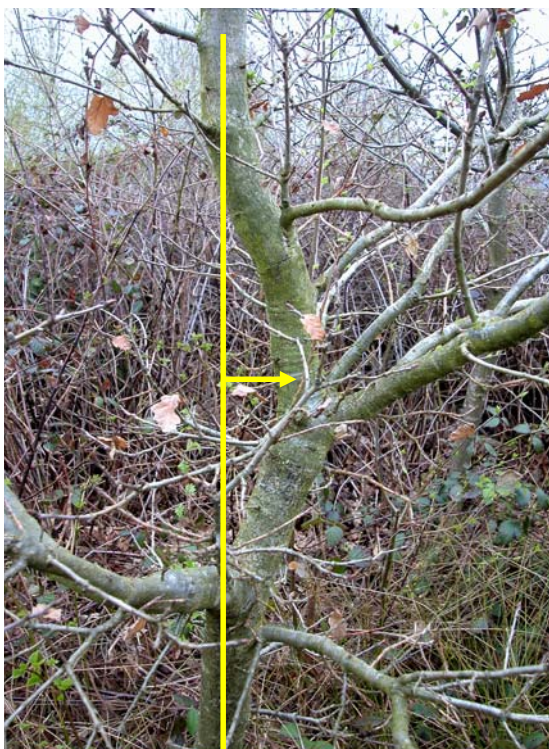


Abbildung 7. Pfeilhöhe als Mass der Schaftkrümmung. Die abgebildete Eiche weist eine Pfeilhöhe von 10 bis 20 cm auf.

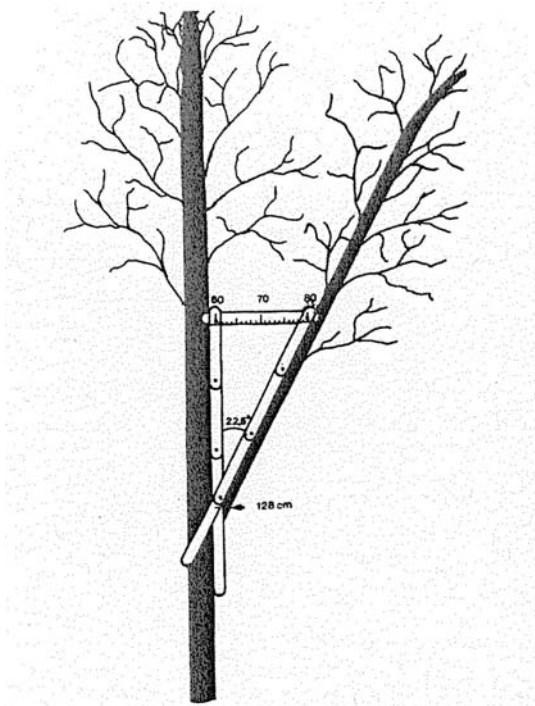


Abb. 3. Schätzung der Astwinkel. Berücksichtigt werden nur die zur Stammachse nächsten 30 cm des Astes (vgl. Tab. 1). Mit Zollstock geformte dreieckige Schätzhilfe, hier dargestellt für einen Winkel von $22,5^\circ$ (Kathetenverhältnis 1:2,4): Die Hypotenuse wird gebildet durch den Zollstockabschnitt 0 cm bis 60 cm, die Gegenkathete durch den Zollstockabschnitt 60 cm bis 80 cm, die Ankathete trifft die Hypotenuse bei der Zollstockmarkierung von 128 cm. Schätzhilfe für einen Winkel von 45° ist ein gleichschenkliges Dreieck, für $67,5^\circ$ die Dreiecksform wie für $22,5^\circ$, jedoch wird die Ankathete waagrecht gehalten.

Abbildung 8. Astwinkelaufnahme zur Feststellung von Steilästen. Quelle: Börner et al. 2003.



Abbildung 9. Zwiesel. Foto Ueli Wasem.



Abbildung 10. Buschige Verzweigung.

2.2 Nötige Unterlagen und Material

- Schreibunterlage + Schreibzeug
- Plan der Versuchsfläche mit eingezeichneten Plots
- Liste mit den nummerierten Bäumen (Baumnummer, Baumart, Plotnummer, Azimut, Distanz, Bemerkungen, leere Spalten für Baumvitalität 2007/2008: tot/lebend/nicht gefunden, leere Spalten für Qualitätsansprache und Bemerkungen)
- Beisszange
- Kabelbinder (3300 UV-stabil)
- Plastiksack für Abfall
- 2 dicke wasserfeste Filzstifte
- Schublehre
- Geodreieck 90 Grad-Teilung oder Doppelmeter (s. Börner et al. 2003 Abb. 3)
- Ersatzpflöcke aus Alu (5 Stück)
- Alulabel mit vorgestanzten Nummern

- Jalon 2 m, Doppelmeter
- Vertex 3 (zum Messen von hohen Bäumen)
- Bussole
- Gertel

2.3 Vorgehen bei den Erhebungen

Vorgehen bei **Eichen-Versuchsflächen**:

1. Identifikation des **Zentralbaums** beim Plotzentrum.
2. Wenn vorhanden: Weiter mit 4. Sonst weiter mit 3.
3. Identifizierung eines Ersatzbaums für den Zentralbaum (**Ersatzzentralbaum**): Nächst benachbarter Baum mit Label. Falls Baum identifiziert, weiter mit 4, sonst Abbruch.
4. Wenn Label vorhanden: Kabelbinder aufschneiden, Label mit grösserem Kabelbinder an einen vitalen Ast anhängen (Höhe über Boden 1,5 bis 2,5 m, Abb. 11) und "umgehängt" notieren. Weiter mit 6.
5. Wenn Label fehlt: Label gefunden? → Nein → Baum bleibt unmarkiert ("fehlt" notieren), Ja → Baum wird mit Label markiert. Weiter mit 6.
6. Qualitätsaufnahme Zentral- bzw. Ersatzzentralbaum.
7. Wiederholung der Schritte 4 und 5 für die übrigen auf den Formularen aufgeführten 4 Bäume eines Plots (ausser sie seien schon früher als tot angesprochen worden, oder die Variante sei Trupp klein bei Ahorn, wo es nur 3 Bäume pro Plot gibt).
8. Identifizierung des qualitativ besten Baums⁶ neben dem Zentral- bzw. Ersatzbaum.
9. Qualitätsaufnahme des qualitativ besten Baums neben dem Zentral- bzw. Ersatzbaum. Falls der Baum noch kein Label hat, Label befestigen. Falls der Baum noch nicht vermessen ist, Azimut und Distanz aufnehmen. Weiter zum nächsten Plot.

⁶ 1. Bäume ohne Mängel, 2. Bäume mit Krümmung, 3. Bäume mit Zwiesel oder Steilast, 4. Busch



Abbildung 11. An einer Stieleiche mit Kabelbinder frisch montiertes Alulabel.

Vorgehen bei Ahorn-Versuchsflächen:

1. Wenn Label vorhanden: Kabelbinder aufschneiden, Label mit grösserem Kabelbinder an einen vitalen Ast anhängen (Höhe über Boden 1,5 bis 2,5 m). Weiter mit 6.
2. Wenn Label fehlt: Label gefunden? → Nein → Baum bleibt unmarkiert
3. Ja → Baum wird mit Label markiert. Weiter mit 6.
4. Wiederholung der Schritte 1 bis 3 für die übrigen auf den Formularen aufgeführten 4 Bäume eines Plots (ausser sie seien schon früher als tot angesprochen worden, oder die Variante sei Trupp klein, wo es nur 3 Bäume pro Plot gibt).
5. Identifizierung des qualitativ besten Ahorns⁶.
6. Qualitätsaufnahme des qualitativ besten Ahorns. Falls der Baum noch kein Label hat, Label befestigen. Falls der Baum noch nicht vermessen ist, Azimut und Distanz aufnehmen. Weiter zum nächsten Plot.

2.4 Erwartete Anzahl Eichen mit Qualitätsansprache

Wir nahmen an, dass fast nie <2 Eichen/Plot vorhanden sind, trotz wahrer Mortalität von ca. 15%. Damit beträgt die erwartete Anzahl Eichen ca. 1296, wovon 648 Qualitätsbäume und 648 Zentralbäume bzw. Ersatzzentralbäume sind (Tab. 2).

Tabelle 2. Erwartete Anzahl Eichen mit Qualitätsansprache.

Anzahl Flächen	Anzahl Teilflächen mit Pflanzung	Anzahl Plots	Anzahl Bäume
6	54	648	1296

2.5 Zeitlicher Ablauf der Erhebungen

Bei den Aufnahmen mitgearbeitet haben Kathrin Streit, Ueli Wasem, Christian Matter, Enrico Cereghetti, Vincent Robin, Andreas Stalder, Oria Harari.

Flächen und deren Aufnahmezeitraum:

- Habsburg: 21.06.2007-06.08.2007
- Bremgarten: 27.07.2007-27.08.2007
- Bülach: 05.11.2007-14.12.2007
- Urtenen Eiche: 06.11.2007-16.11.2007
- Lausanne: 23.01.2008-24.01.2008
- Urtenen Ahorn: 11.02.2008-12.02.2008
- Murten Eiche: 19.11.2007-25.02.2008
- Bonfol: 26.02.2008-28.2.2008

3 VORGEHEN BEI DER AUSWERTUNG

Die Daten wurden aus der Access-Datenbank Extverj2007.mdb, in welche die Daten der Aufnahme 2007 eingegeben worden waren, als Exceltabelle exportiert und in die Exceldatei "Baumdaten 2007.xls" importiert. Unwichtige Variablen wurden dabei gelöscht. Diese Tabelle wurde mit Pivottabellen und deskriptiver Statistik ausgewertet. Boxplots wurden mit dem Statistikpaket Systat 10 erstellt.

4 RESULTATE

4.1 Überleben

Von den 4957 aufgenommenen Bäumen (Stieleichen und Ahorn) überlebten von 2004 (letzte Aufnahme) bis 2007 insgesamt rund 83,6% (Tabelle 3). Die Überlebensrate der Stieleichen pro Versuchsfläche lag zwischen 67,0% und 95,6%, die der Bergahorne zwischen 75,3% und 95,5% (Abbildung 12). Die Unterschiede zwischen den Baumarten waren also gering. Die Überlebensrate

war für die Eichenpflanzungen am höchsten in Habsburg (95,6%) und für die Ahornpflanzungen in Lausanne (95,5%). In Bülach (Eichenpflanzung) war sie mit 67,5% am niedrigsten.

Überlebensraten jeder Versuchsfläche:

- Bonfol Eiche: 77,9%
- Bremgarten Eiche: 84,6%
- Bülach Eiche: 67,5%
- Habsburg Eiche: 95,6%
- Murten Eiche: 88,7%
- Urtenen Eiche: 88,7%
- Lausanne Ahorn: 95,5%
- Urtenen Ahorn: 77,6%
- Zell Ahorn: 75,3%

Die Überlebensraten unterschieden sich zwischen den Pflanzvarianten kaum (Tabelle 4); bei der Reihenspflanzung lagen sie über alle Flächen (Stieleiche und Bergahorn zusammen) bei 84,7%, in der Variante "Trupp gross" bei 85,3% und in der Variante "Trupp klein" bei 80,2%,

Tabelle 3. Anzahl Überlebende und Überlebensraten für Bergahorn und Stieleiche von 2004 bis 2007.

Vitalität 2007	Bergahorn	Stieleiche	Summe
lebend	1165	2978	4143
seit 2004 abgestorben	244	570	814
Summe	1409	3548	4957
Überlebensrate	82,7%	83,9%	83,6%

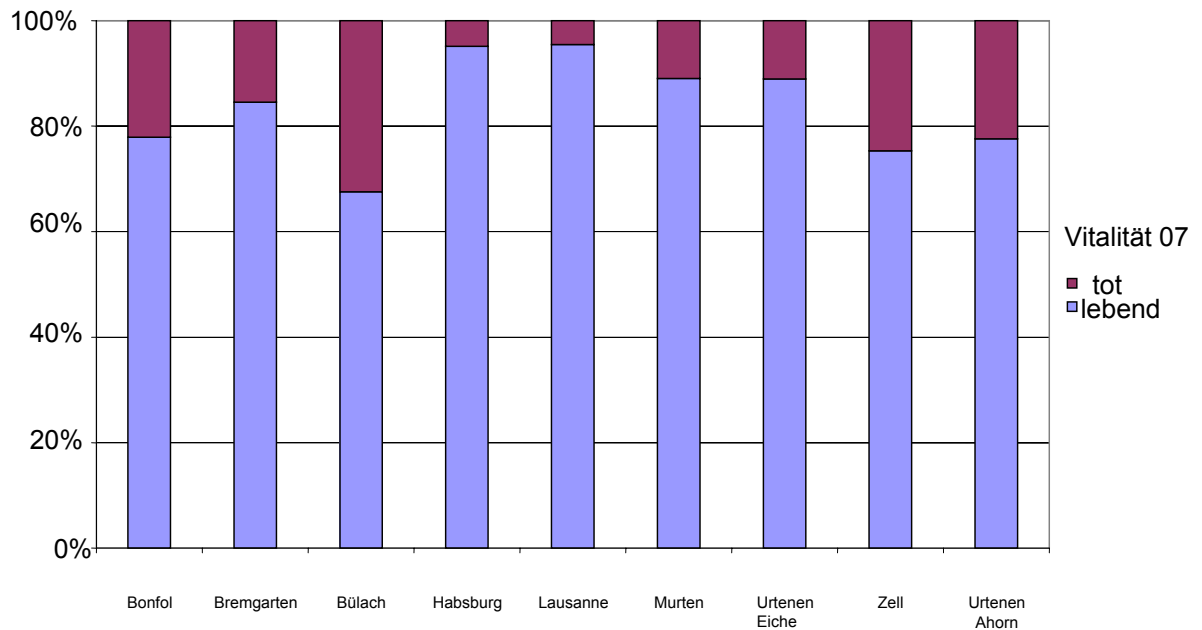


Abbildung 12. Anteil lebender und toter Bäume auf den Versuchsflächen. Pro Versuchsfläche wurden 465 bis 627 Bäume aufgenommen.

Tabelle 4. Anzahl lebender und seit 2004 abgestorbener Bäume bei verschiedenen Pflanzvarianten.

Pflanzvariante	Vitalität 2007	Summe	Anteil in (%) der Pflanzvariante
Reihenpflanzung	lebendig	1461	84,7
	tot	263	15,3
	Summe	1724	100,0
Trupp gross	lebendig	1459	85,3
	tot	251	14,7
	Summe	1710	100,0
Trupp klein	lebendig	1227	80,2
	tot	303	19,8
	Summe	1530	100,0
Gesamtsumme		4964	

4.2 Höhenwachstum

Ahorne wuchsen von 2001 bis 2007 im Mittel mit 53,7 cm/Jahr schneller als Eichen mit 35,7 cm/Jahr (Tab. 5). Die Baumhöhen variierten zwischen den Flächen erheblich, mit Medianen zwischen 3 und 5 m (Abb. 13). Bei Eichen wie Bergahornen waren die Bäume 2007 umso höher, je höher sie bereits 2004

gewesen waren (Abb. 14, für Zentralbäume bei Eichen); das Bestimmtheitsmass betrug aber nur 32% (bei Bergahorn 53%), und lag bei Qualitätsbäumen von Eichen mit 23% noch tiefer.

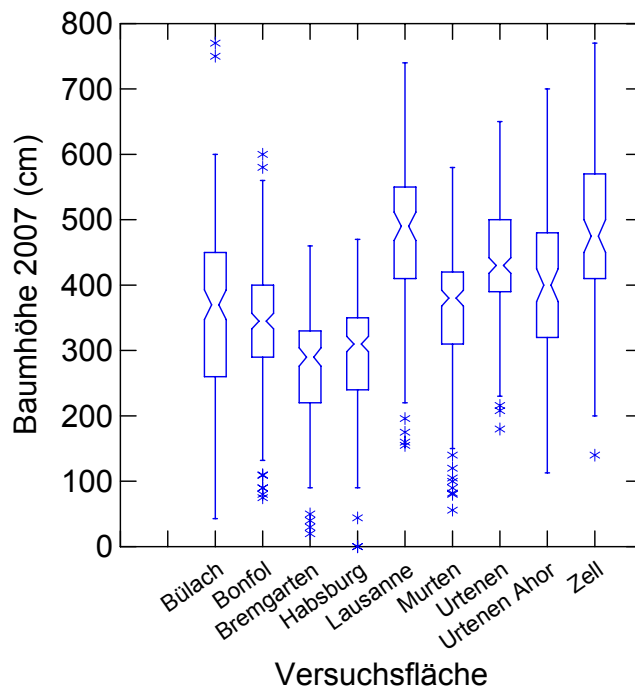


Abbildung 13. Höhen von Bergahorn und Stieleichen auf 9 Versuchsflächen nach 5-7 Vegetationsperioden (5 Jahre bei Bremgarten, 6 Jahre bei Habsburg, sonst 7 Jahre).

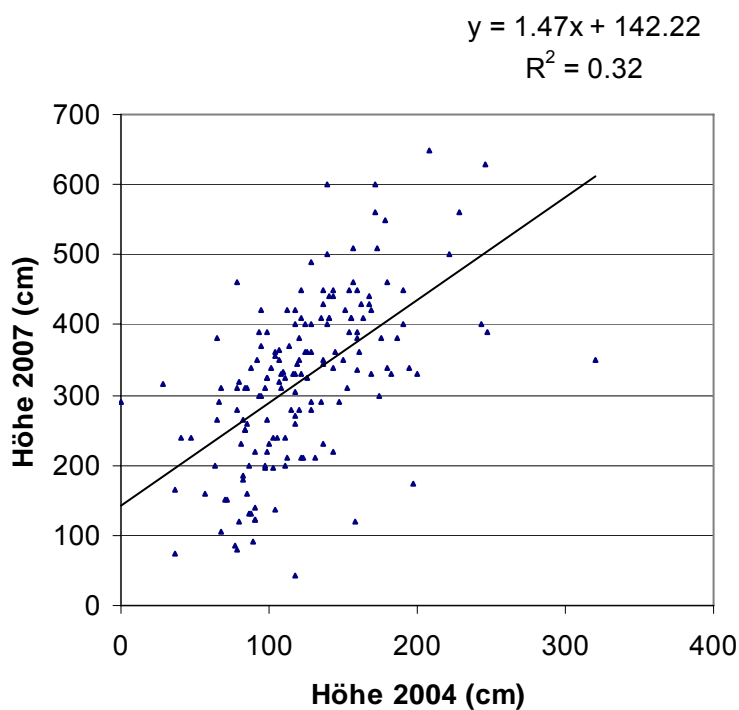


Abbildung 14. Höhen von Stieleichen (Zentralbäumen) auf sechs Versuchsflächen: Vergleich der Höhen 2004 und 2007.

Tabelle 5. Höhenzuwachs von Bergahorn und Stieleiche. Pro Versuchsfläche wurden zwischen 99 und 187 Bäume ausgewertet, insgesamt 300 Bergahorne und 946 Stieleichen. Berücksichtigt wurden Zentral- und Qualitätsbäume.

Fläche	Mittelwert der Höhendifferenz 2001-2007 (cm)		Anzahl Wachstumsjahre	Höhenzuwachs (cm/Jahr)	
	Bergahorn	Stieleiche		Bergahorn	Stieleiche
Bonfol		258	7		36,9
Bremgarten		208	5		41,6
Bülach		250	7		35,7
Habsburg		188	6		31,3
Murten		269	7		38,4
Urtenen Eiche		315	7		45,0
Lausanne	402		7	57,4	
Zell	414		7	59,1	
Urtenen Ahorn	310		7	44,3	
Mittelwert	376	250		53,7	35,7

4.3 Qualitätsmerkmale bei Stieleichen

Bei der Stieleiche wurden folgende Qualitätsmerkmale ausgewertet: Schaftkrümmung (Tabelle 7, Zwiesel (Tabellen 8 und 9), Mehrfachzwiesel (Tabellen 10 und 11), buschige Verzweigung (Tabellen 12 und 13), Steilast (Tabellen 14 und 15) und Durchmesser des dicksten Astes (Tabelle 16). Es ist zu beachten, dass die Häufigkeit aller Qualitätsmängel von deren Definition abhängt (s. Kap. 2).

Insgesamt wurden als Zentralbäume 592 Eichen aufgenommen, als Qualitätsbäume 598 Eichen (und 304 Ahorne). Dies ist bei den Eichen aus folgenden Gründen etwa 10% weniger als geplant: In Bülach waren auf 12 Plots⁷ *alle* ursprünglich aufgenommenen Bäume tot, weitere Plots auf anderen Versuchsflächen kamen hinzu. In Bremgarten wurden die Qualitätsmerkmale in einer der 3 Wiederholungen wegen zu kleiner Pflanzen nicht angesprochen.

Insgesamt waren die Unterschiede zwischen den Flächen erheblich, diejenigen zwischen den Pflanzvarianten aber gering. Bei der Eiche wiesen 218 von 592 Zentralbäumen (36,8%) mindestens einen Qualitätsmangel auf und 83 von 598 Qualitätsbäumen (13,9%).

Der häufigste Qualitätsmangel war sowohl bei Qualitätsbäumen wie bei Zentralbäumen der einfache Zwiesel (Tabelle 6). Insgesamt wiesen 10,4% der Qualitätsbäume – die ja die als die qualitativ besten im Umkreis von ca. 5 m ausgewählt worden waren – einen einfachen Zwiesel auf. Ein Teil dieser Zwiesel

⁷ Plotnummern 218, 223, 316, 323-328, 337I, 339, 340, 345

dürfte sich aber noch auswachsen, was sich bei Folgeaufnahmen prüfen lässt. Bei Qualitätsbäumen waren die anderen Qualitätsmängel selten.

Die **Schaftkrümmung** variierte stark zwischen den Standorten (Tabelle 7). In Habsburg und Murten unterschied sich die Häufigkeit von Schaftkrümmungen erheblich, obwohl die Eichen der gleichen Provenienz sind. Die Unterschiede zwischen den Pflanzvarianten waren gering, bei den Zentralbäumen wiesen in der Variante Reihenspflanzung 13,6% der Eichen eine Schaftkrümmung >20cm auf, bei "Trupp gross" 11,2% und bei "Trupp klein" 10,9%.

Die **Zwieselhäufigkeit** bei Zentralbäumen variierte zwischen den Flächen zwischen 17 und 35% (Tabelle 8). Sie variierte auch zwischen den Pflanzvarianten (Tabelle 9): In der Reihenspflanzung traten mit 33,9% am meisten Zwiesel auf, bei den Varianten "Trupp gross" und "Trupp klein" hatten nur je 23,5% der Zentralbäume einen Zwiesel. Bei Qualitätsbäumen war der Unterschied kleiner, einfache Zwiesel traten bei zwischen 8,1 und 11,8% der Eichen pro Pflanzvariante auf.

Das Vorkommen von **Mehrfachzwieseln** und **buschigen Verzweigungen** variierte ebenfalls zwischen den Flächen (Tabellen 10 und 12). Von den Zentralbäumen wiesen 5,2% Mehrfachzwiesel auf und ebenfalls 5,2% buschige Verzweigungen. Die meisten buschigen Verzweigungen fanden wir in Urtenen mit 10,5%. Die Frage, ob Mehrfachzwiesel auf Flächen häufiger vorkommen, wo auch einfache Zwiesel häufig sind, ist nicht zu beantworten, da Mehrfachzwiesel zu selten auftraten. Dies verunmöglicht eine zuverlässige Aussage.

Auch das Vorkommen von **Steilästen** variierte zwischen den Flächen (Tabelle 14), aber kaum zwischen den Pflanzvarianten (Tabelle 15). Insgesamt hatten 4,2% der Zentralbäume und 3,0% der Qualitätsbäume einen Steilast.

Die Bäume mit den **dicksten Ästen** fanden wir auf der Fläche Urtenen. Dort betrugen die Durchmesser der dicksten Äste im Durchschnitt 27,1 mm (Tabelle 16), was deutlich mehr ist als auf den anderen Flächen. Auf der Fläche Urtenen kamen ebenfalls am meisten buschige Verzweigungen vor. Zwischen den Pflanzvarianten gab es punkto Astdurchmesser kaum Unterschiede.

Tabelle 6. Häufigkeit von Qualitätsmängeln bei Eichen über alle Flächen.

Qualitätsmangel	Qualitätsbäume	Zentralbäume
Schaftkrümmung >20 cm	2,2%	11,7%
Einfache Zwiesel	10,4%	26,9%
Mehrfache Zwiesel	0,5%	5,2%
Buschige Verzweigung	0,3%	5,2%
Steilast	3,0%	4,2%

Tabelle 7. Schaftkrümmung (SK) auf den Versuchsflächen für die qualitativ besten Eichen (Qualitätsbäume) und zufällig ausgewählte Eichen (Zentralbäume). Pro Versuchsfläche wurden zwischen 77 und 108 Qualitätsbäume und zwischen 79 und 110 Zentralbäume ausgewertet.

Fläche	Qualitätsbäume mit SK ...					Zentralbäume mit SK ...				
	>20 cm	0-10 cm	10-20 cm	Summe	>20 cm (%)	>20 cm	0-10 cm	10-20 cm	Summe	>20 cm (%)
Bonfol	7	72	30	109	6,4	27	52	28	107	25,2
Bremgarten	0	77	0	77	0,0	3	65	6	79	3,8
Bülach	2	74	15	92	2,1	6	64	15	87	6,9
Habsburg	0	102	4	106	0,0	1	87	18	110	0,9
Murten	3	82	21	106	2,8	17	49	38	104	16,3
Urtenen	1	82	25	108	0,1	15	63	27	105	14,2
Summe	13	489	95	598	2,2	69	380	132	592	11,7

Tabelle 8. Einfache Zwiesel (EZ) auf den Versuchsflächen. Pro Versuchsfläche wurden zwischen 77 und 108 Qualitätsbäume und zwischen 79 und 110 Zentralbäume ausgewertet.

Fläche	Qualitätsbäume				Zentralbäume			
	Ohne EZ	Mit EZ	Summe	Anteil Bäume mit EZ (%)	Ohne EZ	Mit EZ	Summe	Anteil Bäume mit EZ (%)
Bonfol	96	13	109	11,9	73	34	107	31,8
Bremgarten	73	4	77	5,2	60	19	79	24,1
Bülach	77	15	92	16,3	72	15	87	17,2
Habsburg	100	6	106	5,7	72	38	110	34,5
Murten	94	12	106	11,3	81	23	104	22,1
Urtenen	96	12	108	11,1	75	30	105	28,6
Summe	536	62	598	10,4	433	159	592	26,9

Tabelle 9. Einfache Zwiesel (EZ) bei Eiche bei verschiedenen Pflanzvarianten. Pro Pflanzvariante wurden zwischen 388 und 408 Bäume ausgewertet.

Pflanzvariante	Baumtyp	Ohne EZ	Mit EZ	Summe	Anteil Bäume mit EZ (%)
Reihenpflanzung	Qualitätsbaum	174	22	196	11,2
	Zentralbaum	127	65	192	33,9
Trupp gross	Qualitätsbaum	180	24	204	11,8
	Zentralbaum	156	48	204	23,5
Trupp klein	Qualitätsbaum	182	16	198	8,1
	Zentralbaum	150	46	196	23,5

Tabelle 10. Mehrfachzwiesel (MZW) auf den Eichen-Versuchsflächen. Pro Fläche wurden zwischen 156 und 216 Bäume ausgewertet.

Fläche	Qualitätsbäume				Zentralbäume			
	Ohne MZW	Mit MZW	Summe	Anteil Bäume mit MZW (%)	Ohne MZW	Mit MZW	Summe	Anteil Bäume mit MZW (%)
Bonfol	108	1	109	0,9	100	7	107	6,5
Bremgarten	77	0	77	0,0	73	6	79	7,6
Bülach	90	2	92	2,2	87	0	87	0,0
Habsburg	106	0	106	0,0	102	8	110	7,3
Murten	106	0	106	0,0	100	4	104	3,8
Urtenen	108	0	108	0,0	99	6	105	5,7
Summe	595	3	598	0,5	561	31	592	5,2

Tabelle 11. Mehrfachzwiesel (MZW) bei Eichen bei verschiedenen Pflanzvarianten. Pro Pflanzvariante wurden zwischen 388 und 408 Bäume ausgewertet

Pflanzvariante	Baumtyp	Ohne MZW	Mit MZW	Summe	Anteil Bäume mit MZW (%)
Reihenpflanzung	Qualitätsbaum	194	2	196	1,0
	Zentralbaum	179	13	192	6,8
Trupp gross	Qualitätsbaum	203	1	204	0,5
	Zentralbaum	195	9	204	4,4
Trupp klein	Qualitätsbaum	198	0	198	0,0
	Zentralbaum	187	9	196	4,6

Tabelle 12. Buschige Verzweigung (BV) bei Eichen auf den Versuchsflächen. Pro Fläche wurden zwischen 156 und 216 Bäume ausgewertet.

Fläche	Qualitätsbäume				Zentralbäume			
	Ohne BV	Mit BV	Summe	Anteil Bäume mit BV (%)	Ohne BV	Mit BV	Summe	Anteil Bäume mit BV (%)
Bonfol	109	0	109	0,0	106	1	107	0,9
Bremgarten	77	0	77	0,0	76	3	79	3,8
Bülach	92	0	92	0,0	82	5	87	5,7
Habsburg	106	0	106	0,0	106	4	110	3,6
Murten	104	2	106	1,9	97	7	104	6,7
Urtenen	108	0	108	0,0	94	11	105	10,5
Summe	596	2	598	0,3	561	31	592	5,2

Tabelle 13. Buschige Verzweigung (BV) bei Eichen bei verschiedenen Pflanzvarianten. Pro Pflanzvariante wurden zwischen 388 und 408 Bäume ausgewertet.

Pflanzvariante	Baumtyp	Ohne BV	Mit BV	Summe	Anteil Bäume mit BV (%)
Reihenpflanzung	Qualitätsbaum	195	1	196	0,5
	Zentralbaum	183	9	192	4,7
Trupp gross	Qualitätsbaum	204	0	204	0,0
	Zentralbaum	190	14	204	6,9
Trupp klein	Qualitätsbaum	197	1	198	0,5
	Zentralbaum	188	8	196	4,1

Tabelle 14. Steilasthäufigkeit (SA) auf den Eichen-Versuchsflächen. Pro Fläche wurden zwischen 156 und 216 Bäume ausgewertet.

Fläche	Qualitätsbäume				Zentralbäume			
	Ohne SA	Mit SA	Summe	Anteil Bäume mit SA (%)	Ohne SA	Mit SA	Summe	Anteil Bäume mit SA (%)
Bonfol	105	4	109	3,7	101	6	107	5,6
Bremgarten	75	2	77	2,6	77	2	79	2,5
Bülach	91	1	92	1,1	86	1	87	1,1
Habsburg	102	4	106	3,8	106	4	110	3,6
Murten	102	4	106	3,8	95	9	104	8,7
Urtenen	105	3	108	2,8	102	3	105	2,9
Summe	580	18	598	3,0	567	25	592	4,2

Tabelle 15. Steilasthäufigkeit (SA) bei Eichen bei verschiedenen Pflanzvarianten. Pro Pflanzvariante wurden zwischen 388 und 408 Bäume ausgewertet.

Pflanzvariante	Baumtyp	Ohne SA	Mit SA	Summe	Anteil Bäume mit SA (%)
Reihenpflanzung	Qualitätsbaum	188	8	196	4,1
	Zentralbaum	182	10	192	5,2
Trupp gross	Qualitätsbaum	198	6	204	2,9
	Zentralbaum	198	6	204	2,9
Trupp klein	Qualitätsbaum	194	4	198	2,0
	Zentralbaum	187	9	196	4,6

Tabelle 16. Mittelwert des Durchmessers des dicksten Astes gepflanzter Eichen auf den Versuchsflächen. Pro Fläche wurden zwischen 156 und 216 Bäume ausgewertet.

Fläche	Mittelwert des Ast-Durchmessers (mm)
Bonfol	18,9
Bremgarten	17,2
Bülach	19,6
Habsburg	19,1
Murten	21,2
Urtenen	27,1
Alle Flächen	20,8

5 LITERATUR

Börner, M.; Guericke, M.; Leder, B.; Nutto, L.; Stähr, F.; Weinreich, A. 2003. Erhebung qualitätsrelevanter Parameter am Einzelbaum - Aufnahmestandards für junge bis mittelalte Laubhölzer als Grundlage für wissenschaftliche Untersuchungen. Forstarchiv 74: 275-282.

Koch, R.; Brang, P. 2005. Extensive Verjüngungsverfahren nach Lothar. Schlussbericht zuhanden der Eidg. Forstdirektion des BUWAL. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, 90 S.