

Die Höhenverbreitung von Esche, Buche und Tanne. Diskussion am Beispiel der Luzerner Voralpen¹

BEAT VON WYL, PIUS HÄFLIGER und MARKUS BAGGENSTOS

Keywords: Altitudinal zone; forest community; tree species; silviculture; protection forest; Switzerland. FDK 181.1 : 188 : 25 : 174.7 *Abies* : 176.1 *Fagus* : 176.1 *Fraxinus* : (494)

1. Einleitung

Naturnahe, standortgerechte Mischwälder erfüllen die Ansprüche an einen multifunktionalen Wald am besten. Dieses Erkenntnis wurde in den letzten Jahren zur selbstverständlichen Richtschnur und ist auch im Eidgenössischen Waldgesetz vom 4. Oktober 1991 verankert. Die allgemeine Zielsetzung muss in jedem realen Baumbestand konkretisiert werden. Bei der Frage der tatsächlichen standortgerechten Bestockung gehen die Meinungen oft weit auseinander. Die pflanzensoziologische Kartierung, die zwischen 1991 und 2000 flächendeckend über die Wälder des Kantons Luzern durchgeführt wurde, soll dazu eine solide Grundlage liefern. Die standortgerechte Bestockung wird über die Bezeichnung der Waldgesellschaften als natürliche potenzielle Vegetation und über die Beschreibung dieser Einheiten definiert.

Eine zentrale Frage bildet dabei die Höhenverbreitung der Waldgesellschaften. Diese wird im Wesentlichen durch das Klima bestimmt, das für jede Baumart eine bestimmte Obergrenze setzt. Der vorhandene Vegetationsschlüssel lieferte diesbezüglich nur vage Angaben. Im Gespräch mit den lokalen Förstern erhielt das Autorenteam sehr unterschiedliche Aussagen. Auch die Angaben in der Literatur geben kein einheitliches Bild. Bei LIENERT (1982) wird für den Tannen-Buchenwald im Kanton Obwalden eine Zone von 900 bis 1200 m ü.M. angegeben, FREY (1995) nennt für das St. Galler Oberland auf Buchen förderndem Substrat eine Obergrenze dieser Einheit von über 1500 Meter, auf nadelholzfördernder Unterlage liege diese «wesentlich tiefer». STEIGER (1994) setzt die Verbreitung des Tannen-Buchenwaldes zwischen 900 und 1300 Meter, mit Maximalwerten bis 1500 Meter. Bedeutende Unterschiede in den Aussagen und der stete Hinweis auf «fliessende Übergänge» lieferten zu wenig präzise Aussagen. Für die korrekte Kartierung und die waldbaulichen Empfehlungen ist die Verbreitungsgrenze der Baumarten aber von zentraler Bedeutung.

2. Sorgfältige und umfangreiche Erhebung

Man könnte annehmen, dass die Baumartenverteilung in den Gebirgswäldern noch weitgehend dem natürlichen Zustand entspricht und deshalb die Höhenverbreitung anhand der aktuellen Bestände abgelesen werden kann. Ein flüchtiger Blick auf die Wälder der Luzerner Voralpen zeigt jedoch oberhalb 1000 m ü.M. keine regelmässigen Vorkommen von Laubholz, was der potenziellen Verbreitung ohne Zweifel widerspricht. Einzig in den Luzerner Rigi-Gemeinden findet man Laubholz vermehrt in höheren Lagen, was durch das besonders milde Klima begünstigt wird. Die vorliegende Untersuchung klammert dieses Gebiet aus. Im übrigen Voralpengebiet zeigte die intensivere Betrachtung, dass die potenzielle Grenze der drei Baumarten höher liegt als die aktuelle. Doch wie sollte diese Grenze zuverlässig ermittelt werden?

Im Verlauf der Vegetationskartierung musste die genaue Höhenverbreitung der Baumarten möglichst frühzeitig bestimmt werden. Zum Untersuchungsgebiet selber gab es nur wenige Angaben, weshalb vorerst hypothetische Annahmen formuliert wurden. Dazu dienten Hinweise aus der Literatur und erste Feldbegehungen. Zur definitiven Festlegung war die Überlegung entscheidend, dass weder standortkundliche Vergleiche noch Interpolationen aus Nachbargebieten verlässliche Aussagen liefern können. Stichhaltig ist nur jene Information, die sich aus dem tatsächlichen Gedeihen eines Baumes in der Region selber ergibt. Dies gilt insbesondere für das Lokalklima des Entlebuch, das sehr hohe Niederschläge und einen relativ schwachen Einfluss des Föhns kennt, und mit Molasse-, Flysch- und Kalkunterlagen eine vielfältige Geologie aufweist.

Die übliche Methode der Abgrenzung von Höhenstufen anhand von Zeigerarten in der Kraut- oder Strauchschicht war zu wenig zuverlässig, da diese Zeigerpflanzen die Grenze nicht genügend scharf zeichnen und die Verknüpfung mit den Baumarten ohnehin in jeder Region anhand der realen Bestände verifiziert werden muss.

Schliesslich wurde eine Methode ausgearbeitet, die eine möglichst vollständige Erfassung der zerstreuten Restbestände der drei Baumarten im Grenzbereich ihrer Verbreitung liefert. Durch die pflanzensoziologische Kartierung war vorgegeben, dass der gesamte Wald flächendeckend abgesprochen wird. Dies bot die Gelegenheit, mit einem kleinen Zusatzaufwand weitere Daten zu sammeln. Alle Einzelbäume der höheren Lagen wurden in der Karte eingezeichnet und mit einigen Angaben wie dem Brusthöhendurchmesser und zum Teil der Baumhöhe ergänzt. Der Fundort zeigt die Höhe über Meer, die Exposition und – in Kombination mit der Vegetationskarte – zudem den Standort an. Mit einem genügend grossen Untersuchungsgebiet sollten auch bei relativ wenig Einzelfunden zuverlässige Ergebnisse resultieren. In der Regel wurden nur Einzelbäume im Bestandesinnern erfasst.

In den Jahren 1995 bis 2000 wurden bei dieser Erhebung entlang des Alpennordrandes zwischen Marbach und Pilatus insgesamt 396 Einzelbäume oder Baumgruppen erhoben. Mit 204 Funden wurde die Buche am stärksten belegt, die Tanne mit 117 Meldungen, die Esche mit 75.

Auf der Basis standortkundlicher Kenntnisse wurde zu Beginn der Kartierung eine hypothetische Obergrenze der Verbreitung der drei Baumarten vereinbart. Für die Esche wurden 1200 m ü.M. festgelegt, für die Buche 1400 Meter, für die Tanne 1600 Meter. Diese zu Kartierbeginn gewagten und stark angezweifelte Angaben galt es zu bestätigen.

¹ Die beschriebene Thematik wurde anlässlich zweier Exkursionen des schweizerischen Forums Vegetation und Boden in den Jahren 1998 und 2001 eingehend diskutiert. Der vorliegende Beitrag wurde einer Arbeitsgruppe des Luzerner Forstdienstes zur Begutachtung vorgelegt. Aus einer gemeinsamen Diskussion konnten eine Reihe von Anregungen, Korrekturen und wertvollen Ergänzungen einfließen.

Die pflanzensoziologische Kartierung wurde im Jahre 2000 abgeschlossen und auf Grund der vorliegenden Erhebung bereinigt. Die Bedeutung der Fragestellung lässt sich anhand statistischer Teilresultate erkennen. Der Tannen-Buchenwald umfasst im Forstkreis V (Entlebuch) eine Fläche von 4850 Hektaren. Bei einer bedeutenden Verschiebung der Obergrenze der Gesellschaft würden Hunderte von Hektaren Wald anders kartiert, was eine andere waldbauliche Empfehlung nach sich ziehen würde. Für die Tanne steht der Tannen-Fichtenwald im Zentrum. Im gleichen Forstkreis umfasst er rund 1200 Hektaren (inklusive Farn-Tannenmischwald). Heute fehlt in diesen Beständen die Tanne weitgehend, mit grossen Nachteilen für die Stabilität dieser Wälder.

3. Resultate

In den ersten Kartierjahren schien es, dass die hypothetisch gesetzten Grenzen zu hoch angesetzt waren. Die Esche wurde nur selten oberhalb 1100 Meter beobachtet und meist mit stark reduzierter Vitalität. Die Buche zeigte sich oberhalb 1200 Meter nur lokal. Die Tanne, die in der unteren Bergstufe (bis etwa 1000 Meter) ausserordentlich vital und mit grosser Verbreitung auftritt, zeigte oberhalb 1200 Meter einen markanten Rückgang. Ohne erweiterte geografische und standortkundliche Kenntnisse schienen die aktuellen Obergrenzen plausibel und logisch. Die systematische Erhebung im ganzen Berggebiet des Kantons Luzern sollte zur Bestimmung des Potenzials dienen.

3.1 Die Höhenverbreitung der Tanne

In den Entlebucher Wäldern hat man als flüchtiger Waldbeobachter den Eindruck, dass die Tanne etwa gleich weit in die Höhe reicht wie die Buche. Die meisten Gebirgswälder bestehen fast ausschliesslich aus der Fichte, so im Raum Sörenberg, an der Beichlen oder an der Farneren. Kaum eine Tanne ist hier zu finden, auch nicht auf wenig sauren Standorten. Die systematische Erhebung zeigte jedoch ein differenzierteres Bild (*Abbildung 1*).

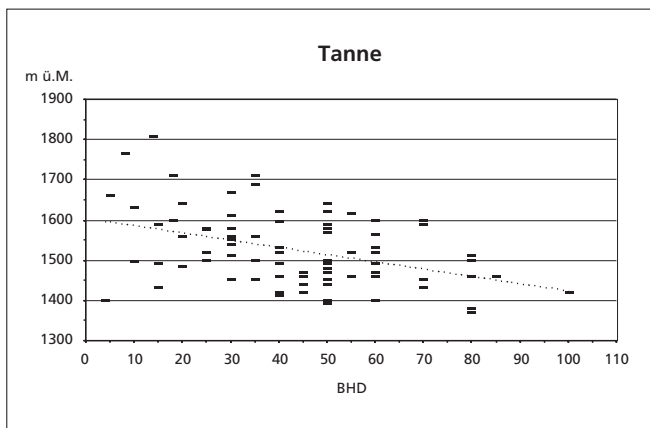


Abbildung 1: Hoch gelegene Einzelfunde der Tanne.

Bis 1500 m ü.M. erreichen Tannen recht häufig Durchmesser bis 80 cm. Mit zunehmender Höhe über Meer nehmen die Durchmesser allmählich ab. Trotzdem finden wir vereinzelt Stammdicken um 30 cm auf einer Höhe von 1700 Meter. Gar auf 1810 Meter liegt die Rekordhalterin, eine krummwüchsige, vierdoldige Tanne inmitten einer Bergföhrengruppe. Dass dieses Exemplar im Staatswald auf «fremdem» Territorium liegt (Gemeinde Giswil OW), ändert nichts am Lebenswillen dieser Tanne.

Die hoch gelegenen Tannen ertragen meist sehr saure Standorte, vereinzelt gar ausgesprochene Moorböden. In einem subalpinen Fichtenwald mit Torfmoos im Staatswald Teufimatt wächst eine Tanne mit 35 cm Durchmesser auf 1690 Meter. Auf dem gleichen Standort auf 1615 Meter, am Südostabhang der Beichlen, wurde eine Tanne mit 55 cm Durchmesser notiert. Gar 70 cm Durchmesser erreicht eine Tanne am Rande eines sauren Schachtelhalm-Tannenwaldes auf 1600 Meter, ebenfalls im Staatswald Teufimatt. Auch auf sehr ungünstigen Standorten kann sich die Tanne fast bis hinauf zur aktuellen Waldgrenze behaupten.

3.2 Höhenverbreitung der Buche

Bereits in Höhenlagen ab 1000 Meter nimmt die Verbreitung der Buche vielerorts markant ab. Nur örtlich steigt sie wesentlich höher (*Abbildung 2*).

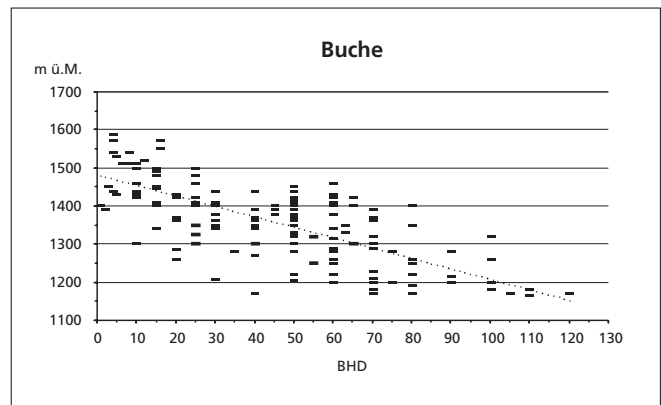


Abbildung 2: Hoch gelegene Einzelfunde der Buche.

Auf einer Höhe von 1400 m ü.M. tritt die Buche noch verbreitet auf, mit Durchmessern bis zu 80 cm. Oberhalb 1450 Meter nimmt die Häufigkeit markant ab. Trotzdem finden wir vereinzelte Exemplare noch deutlich höher. Die höchstgelegene Buche in Strauchform gedeiht an der Südflanke des Schibengütsch (Schrattenfluh) auf 1590 Meter. Auf 1570 Meter am östlichen Ende der Schrattefluh erreicht eine Buche bereits einen Durchmesser von 16 cm. Am Westhang des Schibengütsch steigt ein Buchen-dominiertes Bestandes bis auf rund 1460 Meter.

Erwartungsgemäss stocken die Buchen an der oberen Verbreitungsgrenze auf kalkreicher Unterlage. Doch auch auf sauren Böden zeigen sie noch respektable Wuchsleistungen. In einem Heidelbeer-Fichten-Tannenwald an der Schrattefluh gedeiht eine Gruppe von Buchen mit BHD bis 15 cm auf 1550 Meter. In Marbach erreicht eine Buche stattliche 60 cm BHD, obwohl sie in einem sauren Fichten-Tannenwald auf 1460 Meter steht.

Die Erhebung zeigt, dass die Buche auf geeigneten Standorten noch oberhalb 1400 Meter konkurrenzkräftig sein kann und auch bei ungünstigem Untergrund gegen diese Grenze vorstösst.

3.3 Die Höhenverbreitung der Esche

Gemäss den Erfahrungen in der Waldbaupraxis verliert die Esche mit zunehmender Höhe rasch an Wuchskraft. Unter dem Einfluss von Schneedruck wird sie zudem oft umgebogen und kann kaum in senkrechter Position aufwachsen. Die tatsächlichen Vorkommen hoch gelegener Eschen zeigt *Abbildung 3*.

Die absolute Höhengrenze der Esche liegt gemäss den Erhebungen auf über 1400 m ü.M.! Zahlreiche Einzelexemplare

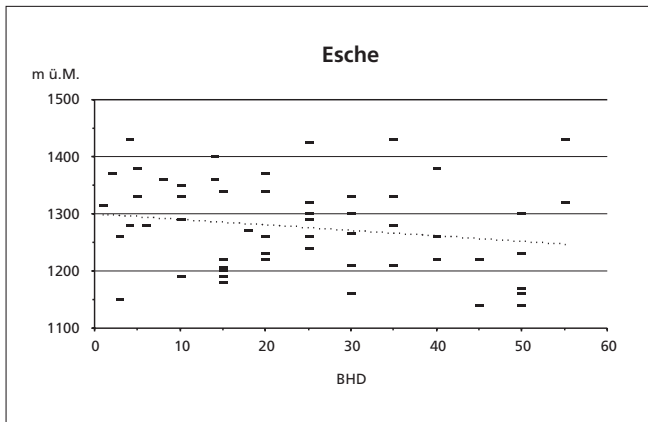


Abbildung 3: Hoch gelegene Einzelfunde der Esche.

stehen zwischen 1300 und 1400 Meter. Oberhalb 1200 Meter kann die Esche in mehreren Gegenden wiederholt beobachtet werden. Auch in den obersten Lagen werden Durchmesser von über 30 cm erreicht, oberhalb 1200 Meter wurde bei mehreren Bäumen ein BHD von bis zu 50 cm gemessen. Die meisten Funde liegen abseits von Bachläufen.

Gemäss der Standortseignung gedeiht die Esche in grosser Höhe vor allem in sonnigen Lagen auf basenreichem, feuchtem bis nassem Untergrund. Vereinzelt werden jedoch auch ausserordentlich schattige oder relativ saure Kleinstandorte besiedelt. Der vielfach erwähnte Druck von Nassschnee ist kein absolut limitierender Faktor. Können Eschen mit genügend Licht oder gar im Schutz hoher Bäume aufwachsen, so entwickeln sie dank dem reduzierten Längenwachstum in hohen Lagen einen genügend stabilen Stamm, um auch grosse Nassschneemengen auszuhalten. Dies zeigen zahlreiche Einzelbäume im Untersuchungsgebiet.

4. Diskussion

In der vorliegenden Erhebung wurden für die drei Baumarten insgesamt 396 Einzelmeldungen verarbeitet, was statistisch eine beträchtliche Datenbasis darstellt. Wenn man jedoch das gesamte Untersuchungsgebiet von über 20 000 Hektaren betrachtet, so relativiert sich das Gewicht dieser Daten. In den aktuellen Waldbeständen kommen die drei genannten Baumarten in den jeweils obersten 200 Höhenmetern ihrer Verbreitung nur ganz vereinzelt vor! Bei flüchtiger Betrachtung übersieht man sie vollständig. Wenn man nun aus dem Vorhandensein einiger hundert Einzelbäume oder Baumgruppen generelle Schlüsse ziehen will, so setzt dies voraus, dass man die heutige extreme Untervertretung plausibel erklären kann.

4.1 Generelle Überlegungen

Bis vor wenigen Jahrzehnten konnte aus der Nutzung der Wälder ein bedeutender Erlös erwirtschaftet werden, auch bei schlechter Erschliessung. Dies führte dazu, dass die Baumartenwahl von der Optimierung des wirtschaftlichen Ertrags geleitet wurde. Für alle Baumarten gilt, dass sie im Grenzgebiet ihrer Höhenverbreitung zwar noch gesund aufwachsen und im Bestandesgefüge eine wichtige Rolle spielen können. Von der Zuwachsleistung und der Wuchsform her liegen sie jedoch klar ausserhalb ihres Optimums. Dies führte dazu, dass die drei untersuchten Baumarten von den Waldbesitzern und den Forstleuten zumindest nicht gefördert, teilweise gar aktiv klein gehalten wurden. Wird eine Baumart während Jahrzehnten vernachlässigt, so hat sie im Grenzbereich ihrer Verbreitung besonders Mühe, sich ihren ursprünglichen Platz wieder zu erobern.

4.2 Gründe für die aktuelle Verbreitung der Baumarten

Tanne

Vergleicht man die Verbreitung der Tanne im Luzerner Berggebiet mit andern Kantonen, so würde man einen wesentlich grösseren Anteil an Tannen erwarten, als er in der Erhebung festgestellt wurde. Bereits in der oberen Bergstufe, wo kein Zweifel über die Vitalität der Tanne besteht, fehlt sie in vielen Beständen. In der Gebirgsstufe wird sie gar zur Rarität. Zur Erklärung dieses Befunds muss bis in frühere Jahrhunderte zurückgeblickt werden.

- Während der beginnenden Industrialisierung wurde Holz in exzessivem Mass als Energielieferant genutzt. Eine besonders starke Wirkung hatte im Entlebuch die Glasindustrie (REGIONALPLANUNGSVERBAND ENTLEBUCH 1992*). Zwischen 1723 und 1869 wurden fünf verschiedene Glashütten betrieben. Jede Glashütte verschlang pro Jahr rund 4800 Ster Holz (3360 m³), wofür rund 30 Hektaren Wald geschlagen wurden. Für den Schiffsbau wurden vor allem schwere Tannen eingesetzt und ins Ausland exportiert. Sehr oft wurde im Kahlschlagverfahren geerntet. Die Waldfläche des Entleuchs wurde zwischen 1650 und 1783 von 22 000 Hektaren auf 7300 Hektaren reduziert! Auf den entstandenen Kahlflecken hatte die Tanne als Schattenbaumart nur eine geringe Chance für den Wiederaufwuchs.
- In den oberen Lagen gibt es seit Jahrhunderten grosse Weideflächen. Der freie Weidgang im locker bestockten Wald war weit verbreitet. Erst im 20. Jahrhundert erfolgte nach und nach eine Wald-Weide-Ausscheidung. Heutige Beispiele zeigen, dass sich in solchen Wäldern die Tanne nur spärlich oder gar nicht verjüngt, vor allem wenn der Tannensamen ohnehin rar ist.
- Nach grossen Überschwemmungsschäden im 19. Jahrhundert startete der Kanton Luzern umfangreiche Aufforstungsprojekte mit einer Gesamtfläche von über 1200 Hektaren (REGIONALPLANUNGSVERBAND ENTLEBUCH 1991*). Im Staatswald Teufimatt betrug der Anteil der Tanne lediglich vier Prozent aller gepflanzten Bäume. An der Beichlen wurden recht viele Tannen gepflanzt, jedoch mit einer ungeeigneten Provenienz aus deutschen Tieflagen. Trotz anfänglich freudigem Wachstum führte dies nach Jahrzehnten zu einem vollständigen Ausfall der heranwachsenden Bäume. Dieses und andere Beispiele führten zur Aussage, dass sich die Tanne für die Aufforstung nicht eigne.
- Aus rein ertragswirtschaftlichen Gründen wurde die Tanne in der Waldbaupraxis stark vernachlässigt (OTT 1997). Die Anweisung der forstlichen Lehre besagte, dass die Tanne oberhalb 1200 Meter keine lohnende Baumart sei. Auf der Sonnenseite sei es generell zu trocken und auf der Schattenseite sei die Tanne zwischen 900 und 1200 Meter geeignet, vor allem auf schweren Böden.

Insgesamt zeigt diese Betrachtung, dass vier voneinander unabhängige Faktoren, die alle eine grosse Flächenwirkung erreichten, die Verbreitung der Tanne nachhaltig benachteiligten. Man kann sich vorstellen, dass ursprünglich die Tanne in fast allen Gebirgswäldern bis auf über 1600 Meter verbreitet war. Dass davon heute nur noch punktuelle Restbestände vorhanden sind, erscheint plausibel und nachvollziehbar.

Buche

Bis rund 1200 m ü.M. weist die Buche noch eine starke Verbreitung auf, darüber werden die Bestände sehr lückig. Weshalb?

- Die Baumhöhe der Buche nimmt in der oberen Bergstufe kontinuierlich ab, während die Tanne und vor allem die

Fichte klimatisch noch wenig eingeschränkt werden. Dies schränkt die Konkurrenzkraft der Buche vor allem auf den sauren Standorten ein. Diese machen innerhalb der Tannen-Buchenwälder rund einen Drittel der Fläche aus.

- Die Fichte und auch die Tanne produzieren in dieser Höhenlage Holz von meist sehr guter Qualität, während die Buche oft kürzere Schäfte und einen weniger gestreckten Wuchs aufweist. Die systematische Bevorzugung des Nadelholzes liegt deshalb auf der Hand.
- Ab den mittleren Berglagen finden wir ausgedehnte Alpweiden. Früher spielte zudem die Kleinviehweide im Wald eine enorme Bedeutung (STUBER & BÜRGI 2001). Für die Verjüngung der Buche wirkt sich die Beweidung sehr negativ aus, da die jungen Sämlinge gern abgefressen werden und der Tritt viele Jungpflanzen schädigt.

Diese Gründe führten dazu, dass buchenreiche Bestände heute vor allem in Bacheinhängen oder in steilen, flachgründigen Lagen zu finden sind. In den flacheren und tiefgründigeren Lagen dominieren meist Nadelholzbestände.

Esche

In Lagen oberhalb 1000 m ü.M. spielt die Esche in den aktuellen Beständen nur eine marginale waldbauliche Rolle. Dafür sind folgende Gründe verantwortlich:

- Die Konkurrenzkraft der Esche ist in hohen Lagen stark reduziert. Nachdem während Jahrzehnten andere Baumarten systematisch gefördert wurden, wurde die Rückkehr der Esche immer schwieriger. Die weit verbreitete «Dunkelwirtschaft» erschwerte den Wiederaufschwung der Lichtbaumart Esche zusätzlich.
- Die Zuwachsleistung der Esche nimmt in der oberen Bergstufe rasch ab. Bis die Stämme einen nutzbaren Durchmesser erreichen, weisen sie meist einen Braunkern auf, was vom Markt abgelehnt wird. Weil mit der Esche kein Geld zu holen ist, wird sie in der Waldbaupraxis vernachlässigt.
- Durch die reduzierten Bestände, den allgemeinen Mangel an Laubholz und den hohen Wildbestand ist die Naturverjüngung der Esche einem besonders starken Wildverbiss ausgesetzt.

Die sehr schwache Vertretung der Esche oberhalb 1000 Meter ist aus diesen Gründen nachvollziehbar.

Fichte

Das Gedeihen von einzelnen Baumarten wird durch die physiologischen Möglichkeiten, ebenso aber durch das gegenseitige Konkurrenzverhalten bestimmt. Die Fichte befindet sich in den diskutierten Höhenlagen in einem mehr oder weniger optimalen Bereich. In allen Wäldern, die in Folge von Beweidung, von Kahlschlag, von Aufforstung oder von Einwuchs sehr gute Lichtverhältnisse aufweisen, kann sie als Lichtbaumart zusätzlich von spezifischen Vorteilen profitieren. Überdies wird sie vom Wild weniger verbissen als Laubbäume oder die Tanne. Auch ohne den waldbaulichen Einfluss der letzten Jahrzehnte wäre die Fichte die dominierende Baumart. Durch die wirtschaftliche Rolle wurde sie zusätzlich aktiv gefördert, sei dies bei der Auswahl der Baumart in Pflanzungen, bei der Waldpflege oder bei der Holzernte.

5. Waldbauliche Folgerungen

Das bestmögliche waldbauliche Handeln zieht weitreichende Folgen nach sich. Es entscheidet über die langfristige Wirkung von Schutzwäldern ebenso wie über den Erfolg von Wald-

bauprojekten. Dies wiederum beeinflusst den nachhaltigen Erfolg von Forstbetrieben wie auch die Motivation der Forstleute.

Von der forstlichen Planung bis zum praktischen Eingriff im Bestand soll auf allen Ebenen stets das Optimum angestrebt werden. Obwohl die vorliegenden Resultate kaum spektakuläre Aussagen enthalten, können sie im Kanton Luzern zu einer enormen praktischen Wirkung führen.

5.1 Präzisierung des Begriffs «Höhengrenze»

Wenn wir von der Höhengrenze von Baumarten sprechen, so muss man davon ausgehen, dass der Übergang von wüchsigen Baumbeständen zu den letzten strauchförmigen Exemplaren nicht innerhalb weniger Höhenmeter liegt. Diese Übergangszone erstreckt sich vielmehr über einen grösseren Bereich, der je nach Baumart unterschiedlich gross sein kann. Unterschiedliche Aussagen zur Höhenverbreitung der Baumarten gehen teilweise auf diese Unschärfe zurück.

Wir können drei Hauptzonen des Übergangs unterscheiden:

- Untere Zone: Die Baumart ist wüchsig und noch konkurrenzkräftig.
- Mittlere Zone: Die Baumart kann in der Oberschicht mithalten, wird aber bei ungünstigen Bedingungen oder Kleinstandorten unterdrückt. Sie kann im Bestand einen relevanten Anteil erreichen und für die Struktur und Dynamik eine bedeutsame Rolle spielen.
- Obere Zone: Die Baumart kommt nur mehr vereinzelt und nur in der Unterschicht vor. Die waldbauliche Bedeutung für den Bestand ist marginal.

Die vorliegende Erhebung befasst sich vor allem mit der mittleren und oberen Zone. Die Begrenzung der oberen Zone bildet eine absolute Grenze für das Vorkommen der Baumart. Die obere Begrenzung der mittleren Zone definieren wir als Grenze der waldbaulichen Bedeutung. Unterhalb dieser Limite spielt die Baumart waldbaulich eine massgebliche Rolle. Die Grenze zwischen oberer und mittlerer Zone liegt bei den drei beobachteten Baumarten rund 150 Höhenmeter tiefer als die absolute Grenze der Verbreitung. Für die folgende Diskussion ist diese Grenze massgebend. Dies bedeutet, dass die waldbauliche Bedeutung von Baumarten bis etwa 150 Höhenmeter unter die absolute Verbreitungsgrenze reicht.

Die Grenze zwischen mittlerer und unterer Zone liegt rund 300 Höhenmeter tiefer als die absolute Verbreitungsgrenze. Die mittlere Zone umfasst deshalb ein Band von rund 150 Höhenmetern. In diesem Bereich spielen die Baumarten für den Holzmarkt keine wichtige Rolle mehr, hingegen eine sehr bedeutende für die Stabilität und Dynamik der Bestände.

Von Baumart zu Baumart gibt es dabei Unterschiede. Diese sind aber einerseits zu wenig präzise bekannt. Andererseits werden sie durch die verzahnten Übergänge verwischt, die sich auf Grund unterschiedlicher Standorte ergeben. Wir gehen nicht näher darauf ein.

Die Beobachtungen in den Luzerner Voralpen stehen teilweise im Widerspruch zu Erhebungen in der Ostschweiz (ADAM 1995). Dort wird von einem ziemlich abrupten Wechsel der Baumarten mit zunehmender Höhe ausgegangen. Unsere Beobachtungen zeigen hingegen eine breite Übergangszone bei allen drei Baumarten.

5.2 Wirtschaftlichkeit im umfassenden Sinne

Die heutige waldbauliche Praxis in den Gebirgswäldern umfasst einen Teil traditioneller Holznutzung und einen Teil gezielter Schutzwaldpflege. Während bei der Holznutzung die wirtschaftlichen Überlegungen selbstverständlich sind, weil

die Rechnung stimmen muss, wird die Schutzwaldpflege oft als «nicht wirtschaftlicher Teil» betrachtet. Dies stimmt insofern, als der Aufwand nicht aus dem Holzerlös bezahlt werden kann, sondern mit öffentlichen Geldern subventioniert wird. Diese müssen aber ebenso wirkungsvoll eingesetzt werden, das heisst, dass ein optimales Aufwand-Nutzen-Verhältnis erzielt werden soll. Dies gilt einerseits für Waldbauprojekte, ebenso aber für die Gesamtbetrachtung über Jahrzehnte. Wie erreichen wir mit geringstmöglichen Mitteln, dass der Schutzwald jene Funktion erfüllt, die die Gesellschaft von ihm erwartet? Bei dieser Fragestellung entstehen ganz neue Prioritäten. In einem Schutzwaldprojekt spielt die Holzqualität nur mehr eine sekundäre Rolle. Entscheidend ist, wie oft ein Eingriff nötig ist, ob der Wald eine grosse Stabilität und Selbstregulierungskraft aufweist und ob er auf Windwurf- oder Borkenkäfer-Katastrophen vorbereitet ist. Hier entscheidet sich, ob millionenschwere Projekte überhaupt notwendig werden oder ob sie ihre Wirkung über einen langen Zeitraum erfüllen können. Diese umfassende Vorstellung von Wirtschaftlichkeit hat einen enormen Einfluss auf den Waldbau in Schutzwäldern. Die seit mehreren Jahren diskutierte Minimalpflege in Schutzwäldern (BUWAL 1996) gibt dazu wertvolle Anleitungen.

5.3 Förderung der Tanne in hohen Lagen

Über die Bedeutung der Tanne für die Stabilität der Gebirgswälder muss man kaum noch Worte verlieren. Sie wurde in den letzten Jahren ausführlich beschrieben (z.B. FACHSTELLE FÜR GEBIRGSWALDPFLEGE 2000). Bloss: Die enorme Untervertretung der Tanne, die in den Gebirgswäldern des Kantons Luzern noch akuter ist als anderswo, wird nicht mit unterstützenden Voten, Berichten oder Broschüren korrigiert, sondern nur mit jahrzehntelanger gezielter Arbeit im Bestand. Die reale Förderung der Tanne stösst jedoch an eine Reihe hoher Hindernisse.

Auf dem Holzmarkt ist die Tanne nicht gefragt, dicke Stämme muss man beinahe «entsorgen». Die Naturverjüngung wird vielerorts vom Wild in einer «Kurzasenweide» genutzt. Neben Reh und Gämse spielt dabei der Hirsch eine zunehmende Rolle, da er vielerorts zum Standwild geworden ist. Die Ansamung selber verläuft nur sehr zögernd. Fehlt die Tanne über Dutzende von Hektaren als Samenbaum, so kann der schwere Tannensamen nur den Randbereich erobern. Dasselbe gilt für grossflächig aufgelockerte Bestände, seien dies Einwüchse oder locker bestockte Weiden, wo sich die Tanne nur zögernd verjüngt. Beim reduzierten Baumwachstum hoher Lagen braucht jede Veränderung ohnehin viel Zeit (LEIBUNDGUT 1982).

Die Förderung der Tanne ist eine schwierige Aufgabe, selbst wenn ein klarer Wille dazu besteht. Soll die Tanne bis in einigen Jahrzehnten wieder ein relevantes Element in der Stabilität der Gebirgswälder des Kantons Luzern bilden, so kann dies nur durch die Kombination mehrerer Einzelmassnahmen gelingen. Es braucht ein eigentliches Tannen-Förderungsprogramm. Als wichtigste Elemente dazu schlagen wir vor:

1. Dezidierte und verständliche Kommunikation an alle wichtigen Akteure.
2. Wirksame Förderung der Tanne als prioritäres Ziel in allen Waldbauprojekten, mit besonderer Aufmerksamkeit beim Anzeichnen.
3. Genereller Schlagverzicht für die Tanne oberhalb 1400 m ü.M.; Ausnahmen nur in begründeten Einzelfällen, z.B. bei Gruppenaufwuchs oder schlechten Provenienzen.
4. Zielorientierte Massnahmen zur Verminderung des Wildverbisses.
5. Gebiete mit prioritärem Handlungsbedarf bezeichnen.

6. Vorranggebiete für erfolgversprechende Verjüngungszentren ermitteln.
7. Punktuelle Pflanzungen in tannenfreien Beständen.
8. Konzept zur Erfolgskontrolle festlegen.

Nur die Kombination der Massnahmen wird sicherstellen, dass messbare Fortschritte erzielt werden. Einzelfragen müssen durch Forschungsprojekte vertieft werden. Der Erstautor arbeitet an einem Projekt des Nationalfonds zum Einfluss des Grosswildes auf die Tannenverjüngung mit, das Ende 2001 bewilligt wurde. Es beabsichtigt, die Bedingungen für die Naturverjüngung der Tanne zu fördern. Weitere Fragestellungen betreffen die langfristig notwendige Verjüngungsrate und die Umwandlung gleichaltriger Fichtenbestände (Referenz: Nationales Forschungsprogramm 48 «Landschaften und Lebensräume der Alpen»: Silver fir and the mountain forest-ungulate conflict: Do browsing ungulates drive forest landscape changes in the alps?)

Die wirksame Stabilisierung der Gebirgswälder durch eine markante Förderung der Tanne stellt eine sehr anspruchsvolle und zeitaufwendige Aufgabe dar. Kann sie mit einer sorgfältigen und durchdachten Strategie gelöst werden, so ergeben sich grosse Chancen, dass sie zur Bewältigung der Naturgefahren einen zentralen Beitrag leisten wird.

5.4 Förderung der Buche in hohen Lagen

Die Buche besiedelt im Gebiet alle mittleren bis deutlich sauren Standorte bis zur oberen Bergstufe. Sie meidet hingegen sehr nasse und extrem saure Standorte. In der Klimax-Gesellschaft des Tannen-Buchenwaldes kann sie im basenreichen Flügel bis rund 1400 Meter die dominante Baumart sein. Bei zunehmender Bodenversauerung nimmt ihre Konkurrenz-kraft zu Gunsten von Tanne und Fichte ab.

Der Plenterwald bildet im Schutzwald eine besonders geeignete Betriebsform, da er durch die Dauerbestockung eine kontinuierliche Schutzwirkung gewährleistet. Die Buche spielt dabei eine wertvolle Rolle, da sie unter Schirm aufwachsen kann und zusammen mit Tanne und Fichte stabile Bestände mit einem hohen Handlungsspielraum bildet.

Bei der kleinen Auswahl an Baumarten im Gebirgswald nimmt die Buche eine besonders wichtige Funktion wahr, weil andere Laubbäume im Klimaxwald fast fehlen. Einen direkten Nutzen bringt die Buche durch ihre gute Verwurzelung, ihre weitgehende Resistenz gegenüber Forstinsekten und durch die Förderung der Bodenfruchtbarkeit durch die Laubstreu.

Oberstes Ziel für die Buche ist die Erhaltung und Förderung von Samenbäumen. In Beständen, wo grossflächig kaum noch Buchen vorkommen, hat die konsequente Freistellung vorhandener Restbäume oberste Priorität. In Waldbauprojekten steht die Erzielung einer stabilen, stufigen Struktur im Vordergrund. Die Förderung vorhandener Ansamung, die gezielte Auslese stabiler Einzelbäume und eine gute räumliche Verteilung der Hauptbaumarten sind dabei wichtig. Auf der Basis des Wissens, das durch die vorliegende Erhebung bzw. durch die Standortskarte vorliegt, kann die Buche in der gesamten oberen Bergstufe künftig wieder eine sehr wertvolle Rolle spielen.

5.5 Förderung der Esche in hohen Lagen

Für die Esche spielt die Situation im Höhenband von 1000 bis 1300 Meter, der definierten mittleren Zone, eine besondere Rolle. Damit befinden wir uns im Klimax-Gürtel des Tannen-Buchenwaldes. Auf sauren oder zumindest basenarmen Standorten dieser Gesellschaften fehlt die Esche vollständig. Im basenreichen Flügel des Tannen-Buchenwaldes hingegen

kann sie sich oft behaupten. Ihr Optimum erreicht sie in den Eschen- und Ahorn-Eschenwäldern, die im ganzen Forstkreis V (Entlebuch) in der obermontanen Stufe eine Gesamtfläche von rund 1000 Hektaren einnehmen. Welche Art von Waldbau auf dieser Fläche praktiziert wird, beeinflusst die Gefährdung durch Wildbäche in hohem Masse.

Auf den günstigen Standorten produziert die Esche gesunde, standfeste Bäume. Die Baumhöhen bleiben jedoch deutlich zurück. Ab 1100 m ü.M. werden maximal 25 Meter erreicht, auf 1200 m ü.M. etwa 20 Meter, auf 1300 m ü.M. noch rund 15 Meter. In den Tannen-Buchenmischwald kann die Esche deshalb nur eindringen, wenn nach Holzschlägen, Windwürfen oder bei speziellen Kleinstandorten während Jahrzehnten besonders günstige Lichtverhältnisse vorliegen. Mehrfach wurden in derartigen Situationen dichte Eschenaufwüchse beobachtet. Auf feucht-nassen, basenreichen Standorten geht die Konkurrenz von Tanne, Buche und Fichte stark zurück und die Esche kann sich auch mit geringeren Baumhöhen zusammen mit dem Bergahorn gut behaupten.

Auf diesen Standorten kann die Esche einen mehrfachen Nutzen bringen. Sie erschliesst problemlos auch schwere Böden, drainiert tiefe Horizonte und festigt den Boden. Sie weist eine hohe Standfestigkeit auf und trotz dem Wind oder dem Schneedruck viel besser als die flachwurzelnende Fichte. Besonders in tonreichen Rutschgebieten spielt die Esche damit eine unschätzbare Rolle. Dem Wild bietet sie hochwillkommene Äsung und entlastet dadurch insbesondere den Tannenjungwuchs.

Die waldbauliche Praxis kommt für die Eschenförderung mit einem geringen Aufwand aus. Zuvorderst steht der Verzicht auf jegliches Verhindern des natürlichen Aufwuchses. Mit gezielten, wenig aufwendigen Pflegeeingriffen können auf günstigen Standorten gesunde Einzelbäume freigestellt werden. Damit kann die Stabilität von Beständen auf Jahrzehnte hinaus massgeblich verbessert werden. In dunkleren Beständen sind lokale Auflichtungen zur Förderung der Ansammlungen zu empfehlen. Die Erhaltung von Samenbäumen bildet dazu eine notwendige Voraussetzung.

5.6 Förderung des Bergahorns in hohen Lagen

Der Bergahorn als weitere Laubbaumart wurde im vorliegenden Bericht nur am Rande untersucht, da seine Höhenverbreitung ein andersartiges Bild aufweist. Seine Bedeutung für die Gebirgswälder soll dies nicht schmälern. Im Tannen-Buchenwald ist er oft beigemischt, vereinzelt auch im Tannen-Fichtenwald. In speziellen Schuttwäldern nimmt er oft eine dominante Stellung ein. Auf nassen Standorten steigt er deutlich höher als die Esche und trägt hier deren wichtige Funktion bis in Höhenlagen von über 1400 Meter.

Zusammenfassung

In den oberen Bergwäldern des Luzerner Entlebachs ist der Anteil der Mischbaumarten Esche, Buche und Tanne in den aktuellen Beständen gering. Die Pflege standortgerechter, stabiler Bestände ist deshalb illusorisch. Will man künftig die fehlenden Baumarten fördern, so muss man zuerst das natürliche Potenzial kennen. Zu diesem Zweck liess der Kanton Luzern eine flächendeckende pflanzensoziologische Standortskartierung erarbeiten. Dabei musste die genaue Höhenverbreitung der einzelnen Waldgesellschaften zuerst ermittelt werden, da die entscheidenden Baumarten bei flüchtiger Betrachtung kaum zu sehen sind. Erst die systematische Suche nach Einzelbäumen in den Wäldern der hohen Lagen lieferte eine gute Datenbasis. In den Jahren 1995 bis 2000 wurden bei dieser Er-

hebung entlang des Alpennordrandes zwischen Marbach und Pilatus insgesamt 396 Einzelbäume oder Baumgruppen der drei Baumarten dokumentiert. Dank der Kombination mit der Standortskartierung konnte diese Erhebung mit vernünftigen Aufwand durchgeführt werden.

Die Erhebungen zeigen, dass zerstreute Restbestände der drei Baumarten noch heute zu finden sind. Die maximalen Verbreitungsgrenzen wurden für die Tanne bei 1800 Meter, bei der Buche bei 1600 Meter und bei der Esche bei 1400 Meter ermittelt. In den obersten 150 Höhenmetern der Verbreitung wachsen die Bäume maximal bis in die Mittelschicht und spielen waldbaulich keine relevante Rolle. In den nach unten folgenden 150 Höhenmetern erreichen die drei Baumarten zwar noch keine mitherrschende Funktion in den Beständen. Auf geeigneten Standorten können sie aber bereits bedeutende Anteile erreichen und damit für die Struktur, die Dynamik und die Stabilität dieser Wälder eine enorme Rolle spielen.

Die heutige Untervertretung der drei Baumarten kann auf Grund geschichtlicher Betrachtungen plausibel erklärt werden. Der enorme Holzbedarf in der frühindustriellen Zeit, insbesondere für die Glasgewinnung, spielte dabei eine zentrale Rolle.

Soll der Waldbau in Schuttwäldern in einer gesamtheitlich langfristigen Sicht möglichst wirtschaftlich betrieben werden, so wird die Förderung der untersuchten Baumarten eine beträchtliche Rolle spielen. Dazu werden eine Reihe von Empfehlungen formuliert.

Summary

Altitudinal distribution of ash, beech and silver fir: Discussion using the example of the Prealps in the canton of Lucerne

In the upper montane forests in the region of Entlebuch, Lucerne the current proportion of mixed stands of ash, beech and silver fir is low. Cultivation and management of stable, well-adapted stands is therefore illusory. If promotion of the missing species is to be encouraged in the future, the natural potential must first be ascertained. In order to achieve this the canton of Lucerne effectuated an expansive plant-sociological site map. The exact altitudinal distribution of each forest community first had to be ascertained, as the identification of the relevant species is hardly possible at a glance. In order to draw up a complete and accurate plant-sociological site map, the exact altitudinal distribution of each forest community had to be inventoried, as the determination of species is hardly possible at a glance. Only the systematic search for individual trees in the higher altitudes delivered a good database. In a survey, carried out from 1995 to 2000 along the northern slopes of the alps between Marbach and Pilatus, a total of 396 individual trees or tree groups of the three species were catalogued. By combining the collection of this data with the drawing up of the site map, the workload entailed in this survey remained within acceptable limits.

The collected data show that scattered remnants of earlier mixed stands can still be found today. The maximum distribution altitude for silver fir lies at 1800 m.a.s.l., for beech at 1600 m.a.s.l. and for ash at 1400 m.a.s.l. In the uppermost 150 metres of distribution, trees only grow to the middle of this level and are not silviculturally relevant. Although in the next lowest 150 metres the three species do not generally attain numbers that are relevant regarding the function of stands, in certain adapted sites they can make up a considerable proportion and therefore greatly influence the structure, dynamics and stability of these stands.

Today's underrepresentation of the three species in question can be plausibly explained within an historical context. The enormous requirement of wood in early industrial times, especially in the glass industry, played a central role.

If the silvicultural management of protection forests is to be carried out in an economical sound manner with all embracing, long term goals the promotion of the examined tree species will play a considerable role. We have formulated a number of recommendations to help achieve these goals.

Translation: ANGELA RAST-MARGERISON

Résumé

La répartition altitudinale du frêne, du hêtre et du sapin discutée à l'exemple des Préalpes lucernoises

Les essences de mélange (frêne, hêtre et sapin) sont faiblement représentées dans les forêts de montagne de l'Entlebuch (LU), ce qui ne permet pas de disposer de peuplements stables et composés d'essences adaptées à la station. Pour favoriser ces essences, il faut tout d'abord en connaître le potentiel naturel. C'est dans ce but que le canton de Lucerne a pris l'initiative de réaliser une cartographie phytosociologique de l'ensemble des zones boisées. Dans ce cadre, et parce qu'un examen rapide ne permettait pas de repérer les essences déterminantes, il a été nécessaire d'établir la répartition altitudinale précise des associations forestières. La recherche systématique des arbres isolés dans les forêts d'altitude a fourni une base de données suffisante. Effectuée de 1995 à 2000 sur le versant nord des Alpes, entre Marbach et le Pilate, cette campagne a permis d'identifier un total de 396 arbres isolés ou groupes d'arbres des trois essences mentionnées ci-dessus. La combinaison de ce recensement avec la cartographie des stations a permis de maintenir les coûts à un niveau raisonnable.

Les relevés montrent que des reliques de peuplements comprenant les essences mentionnées sont présents de manière éparse. La limite supérieure de l'aire de répartition a été définie à 1800 m pour le sapin, à 1600 m pour le hêtre et à 1400 m pour le frêne. Dans les 150 derniers mètres de leur aire, les arbres atteignent dans le meilleur des cas la strate intermédiaire et ne jouent pas un rôle sylvicole important. Dans la tranche de 150 mètres en dessous, les trois essences ne parviennent pas encore à occuper une position codominante dans les peuplements. Dans les bonnes stations, elles constituent parfois une part importante des peuplements et jouent de ce fait un rôle déterminant en ce qui concerne la structure, la dynamique et la stabilité des forêts.

Des considérations historiques permettent d'expliquer de manière plausible la sous-représentation actuelle de ces trois essences. L'énorme demande de bois du début de l'ère industrielle, notamment pour la fabrication du verre, a joué un rôle central dans ce contexte.

La promotion des essences étudiées jouera un rôle important dans le cadre de la rentabilité globale à long terme de la sylviculture des forêts protectrices. L'article formule une série de recommandations à ce sujet.

Traduction: CLAUDE GASSMANN

Literatur

- ADAM, M. (1995): Die Übergangszone von Buchen- und Fichtenwald in den nördlichen Kalkalpen – klimatische, edaphische und vegetationskundliche Aspekte. *Dissertationes Botanicae*, 255. 272 S.
- BUWAL (Hrsg.) (1996): Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktion, Wegleitung. EDMZ, 3000 Bern, Ordner.
- FACHSTELLE FÜR GEBIRGSWALDPFLEGE (Hrsg.) (2000): Faktenblatt Weisstanne. Försterschule Maienfeld. Mappe mit 6 Faltblättern.
- FREY, H.U. (1995): Waldgesellschaften und Waldstandorte im St. Galler Berggebiet. Veröff. Geobot. Inst. ETH., Stiftung Rübel in Zürich, 126a, 280 S.
- LEIBUNDGUT, H. (1982): Europäische Urwälder der Gebirgsstufe. Haupt, Bern, 260 S.
- LIENERT, L. (Hrsg.) (1982): Die Pflanzenwelt in Obwalden. Bd. 1: Ökologie. Sarnen, Kantonales Oberforstamt Obwalden, 310 S.
- OTT, E. *et al.* (1997): Gebirgsnadelwälder: Praxisorientierter Leitfaden für eine standortgerechte Waldbehandlung. Haupt, Bern, Stuttgart und Wien, 286 S.
- REGIONALPLANUNGSVERBAND ENTELEBUCH (Hrsg.) (1991*): Landschaftswandel im Entlebuch. Regionalplanungsverband Entlebuch, 24. S., *ohne Jahresangabe.
- REGIONALPLANUNGSVERBAND ENTELEBUCH (Hrsg.) (1992*): Die Glaserei in Flühl. Regionalplanungsverband Entlebuch, 12 S., *ohne Jahresangabe.
- STEIGER, P. (1994): Wälder der Schweiz: von Lindengrün zu Lärchengold. Ott, Thun, 359 S.
- STUBER, M. & BÜRGI, M. (2001): Agrarische Waldnutzungen in der Schweiz 1800-1950. *Waldweide, Waldheu, Nadel- und Laubfutter*. Schweiz. Z. Forstwes. 152 (12): 490-508.

Autoren

BEAT VON WYL, Utas AG, Büro für Landschaft, Natur und Siedlung, Brünigstrasse 64, 6074 Giswil.

PIUS HÄFLIGER, Büro für Natur und Landschaft, Badhus 9, 6022 Grosswangen.

MARKUS BAGGENSTOS, Ökologische Beratungen, Eichli 23, 6370 Stans.