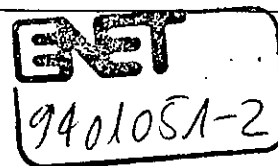




Bundesamt für Energiewirtschaft
Office fédéral de l'énergie
Ufficio federale dell'energia
Uffizi federal d'energia



Forschungsprogramm
Biomasse

Energieholzproduktion in Mittel- und Niederwäldern der Schweiz

Vergleich der Wertschöpfung in der Hoch-,
Mittel- und Niederwaldbewirtschaftung

ausgearbeitet durch

Ambio AG, Zürich

Bettina Bally

François Schnider

Ueli Busin

im Auftrag des

Bundesamtes für Energiewirtschaft, Bern

Juli 1997

Kurzbericht

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1. Einleitung und Projektziele	2
2. Der Mittelwald und der Niederwald in der Schweiz	3
2.1 Die Begriffe Niederwald, Mittelwald und Hochwald	3
2.2 Verbreitung und Standortsgüte	3
2.3 Oekologischer Wert	4
3. Wuchsleistung und Energieholzpotential	5
4. Erntetechnik	6
4.1 Einführung	6
4.2 Besonderheiten der Holzernte im Mittel- und Niederwald	6
4.3 Literaturrecherche über geeignete Ernteverfahren im Mittelwald	6
4.4 Ernteversuche	7
4.4.1 Ernteversuche im Mittelwald	7
4.4.2 Ernteversuche im Niederwald	9
5. Wertschöpfungsvergleich	11
5.1 Methode	11
5.2 Standortsangaben	11
5.3 Erfolgsrechnung	12
5.4 Diskussion	16

Zusammenfassung

Die Mittel- und Niederwaldbewirtschaftung sind alte, bis Mitte dieses Jahrhunderts weit verbreitete Betriebsarten, die vorwiegend der Energieholzproduktion dienten. Diese zeichneten sich ähnlich wie die heute vor allem in Skandinavien und Deutschland stockenden Energieholzplantagen durch kurze Umtriebszeiten aus. Verschiedene ausländische Publikationen weisen darauf hin, dass man sich dort mit Hilfe von Energieholzplantagen erhofft, rationeller und damit kostengünstiger Energieholz zu produzieren. In der Schweiz stehen solche Plantagen noch nicht zur Diskussion. Die Wiederaufnahme der früheren Bewirtschaftungsarten von Mittel- und Niederwald würde aber einige der bei den Energieholzplantagen erwarteten Vorteile gleichfalls aufweisen: Die Bewirtschaftung ist einfach, es werden wenig Investitionen bei der Bestandesbegründung und bei der Pflege getätigt. Bei der Holzernte besteht vor allem wegen des einheitlichen Sortimentes ein grosses Rationalisierungspotential.

Mit der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob mit diesen alten Bewirtschaftungsformen, bei denen Energieholz nicht nur ein Nebenprodukt, sondern das vordergründige Produktionsziel ist, vor allem dank rationellen Ernteverfahren Energieholz kostengünstig produziert werden kann. Die Wertschöpfung der Mittel- und Niederwaldbewirtschaftung wurde anhand von Modellbeständen berechnet und derjenigen der Hochwaldbewirtschaftung gegenübergestellt.

Für die heute noch bestehenden Nieder- und ehemaligen Mittelwaldflächen ergibt sich abschliessend folgende Beurteilung: Gesamtschweizerisch beträgt das nachhaltig nutzbare Energieholzpotential im Mittelwald 417 Mio KWh und im Niederwald 222 Mio KWh pro Jahr (insgesamt rund 640 Mio KWh bzw. 2'300'000 GJoule; dies entspricht 54'000 t Heizöl bzw. 160'000 t Energieholz pro Jahr). Der **Niederwald** ist vor allem in der Südschweiz von Bedeutung. Diese Bewirtschaftungsform wird dort zum Teil aus ökologischen Gründen (schlechte Verankerungsmöglichkeiten für grosse Bäume) als angepasst gewertet, zudem lohnen sich die mit der Hochwaldbewirtschaftung verbundenen Investitionen (Pflegekosten etc.) wegen der hohen Waldbrandgefahr nicht immer. Diese Wälder stocken grösstenteils an steilen Hängen. Die Erntekosten betragen gemäss den dort durchgeführten Ernterversuchen bis Fr. 65.20/Sm³ (Sm³ = Schnitzelkubikmeter). Hier wird die Holzernte nicht kostendeckend sein, ausser die Schnitzel könnten zu einem höheren Preis verkauft werden.

Die ehemaligen **Mittelwälder** stehen vor allem auf gut erschlossenen, flachen und produktiven Standorten. Hier könnte mit der Wiederaufnahme der Mittelwaldbewirtschaftung, die heute aus ökologischen Gründen gefordert wird, Energieholz zu heizöläquivalenten Preisen produziert werden. Es bleibt aber zu beachten, dass auf den produktiven Standorten mit der Wertholzproduktion höhere Gewinne erzielt werden können. Auf mageren, gut erschlossenen, befahrbaren Standorten wurde für den Mittelwald im Gegensatz zum Hochwald eine kostendeckende Bewirtschaftung berechnet.

Wird von der Zielsetzung ausgegangen, möglichst günstig Energieholz zu produzieren, stellen die Mittel- und die Niederwaldbewirtschaftung sehr gute Möglichkeiten dar. In gut erschlossenem, befahrbarem Gelände wurden Erntekosten von Fr. 24.--/Sm³ oder Fr. 60.--/m³ Holzfestmasse berechnet.

1. **Einleitung und Projektziele**

Vor allem in Skandinavien und in Deutschland werden grosse Anstrengungen unternommen, mit Hilfe von Energieholzplantagen eine rentable Energieholzproduktion zu erzielen. Diese Plantagen zeichnen sich durch kurze Umtriebszeiten und einen sehr hohen Zuwachs aus. In der Schweiz stehen solche Energieholzplantagen noch nicht zur Diskussion. Hier fällt Energieholz hauptsächlich als Nebenprodukt von Eingriffen an, die für die Erzeugung von Stammholz notwendig sind. Die Gestehungskosten für das Energieholz sind bei diesen Eingriffen kaum konkurrenzfähig gegenüber konventionellen Energieträgern wie Oel oder Gas.

Aber auch in der Schweiz stand nicht immer die Stammholzproduktion im Vordergrund; davon zeugen die ehemaligen Nieder- und Mittelwälder, einst die klassische Form der Energieholzbewirtschaftung. Mittel- und Niederwald sind alte Produktionsformen, die in der Schweiz seit dem Ende des 12. Jahrhunderts urkundlich dokumentiert sind und bis Mitte dieses Jahrhunderts weit verbreitet waren. Für den Nieder- und den Mittelwaldbetrieb charakteristisch sind ähnlich wie in den Energieholzplantagen die kurzen Umtriebszeiten sowie der hohe Anteil der Energieholzproduktion.

Die Wiederaufnahme der früheren Bewirtschaftungsarten von Mittel- und Niederwald würde einige der bei den Energieholzplantagen erwarteten Vorteile auch aufweisen: Die Bewirtschaftung ist einfach, es werden wenig Investitionen bei der Bestandesbegründung und bei der Pflege getätigt. Bei der Holzernte besteht vor allem wegen des einheitlichen Sortimentes ein grosses Rationalisierungspotential. Mit den unten aufgeführten, im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft erstellten Studien wurden die Möglichkeiten der Energieholzproduktion bei Nieder- und Mittelwaldbewirtschaftung vor allem in ökonomischer Hinsicht evaluiert.

- 1992/93 Mittelwaldnutzungen aus der Sicht der Energieholzproduktion
- 1994/95 Untersuchung über die nachhaltig nutzbare Energieholzmenge, Bewirtschaftungs- und Erntemethoden in Niederwäldern
- 1996 Energieholzproduktion in Mittel- und Niederwäldern der Schweiz, Vergleich der Wertschöpfung in der Hoch-, Mittel- und Niederwaldbewirtschaftung

Die erarbeiteten Studien geben Grundlagen über:

- Entwicklung und Verbreitung des Mittel- und Niederwaldes in der Schweiz
- Energieholzpotential im Mittel- und Niederwaldbetrieb
- nachhaltig nutzbare Biomasse aus Mittel- und Niederwaldbewirtschaftung
- geeignete Erntemethoden im Mittel- und Niederwald
- Ertrag aus Mittel- und Niederwaldschlägen
- ökologische Aspekte der Mittel- und Niederwaldbewirtschaftung (Artenvielfalt, Einfluss auf den Boden)

Die Wirtschaftlichkeit dieser früher verbreiteten Betriebsformen wurde derjenigen der Hochwaldbewirtschaftung gegenübergestellt. Dazu wurde die Wertschöpfung bei Mittel-, Nieder- und Hochwaldbewirtschaftung für Modellbestände berechnet.

Die vorliegende Broschüre stellt eine Zusammenfassung der genannten drei Studien dar.

2. Der Mittelwald und der Niederwald in der Schweiz

2.1 Die Begriffe Niederwald, Mittelwald und Hochwald

Beim **Niederwald** geschieht die Regeneration der genutzten Bäume durch Stockausschlag (vegetative Verjüngung). Infolgedessen setzen sich Niederwälder ausschliesslich aus Laubhölzern zusammen. Die Umtriebszeiten sind kurz und betragen in der Regel 15 - 40 Jahre. Auf Pflegemassnahmen kann ganz verzichtet werden, ausser dass gelegentlich Nachpflanzungen nötig werden, wenn sich das Ausschlagsvermögen der Stöcke erschöpft hat.

Im **Hochwald** geschieht die Verjüngung generativ durch Samen oder Pflanzung. Die Pflegemassnahmen zur Erzeugung von Wertholz sind in der Regel aufwendig.

Der **Mittelwald** ist eine Mischform von Hoch- und Niederwald. Kernwüchse (generative Verjüngung) und Stockausschläge ergeben eine ausgeprägte, typische Zweischichtigkeit. Das aus Stockausschlägen entstandene Unterholz (Hauschicht) wird periodisch alle 20 - 30 Jahre auf den Stock gesetzt (Brennholz). Die Kernwüchse des Oberholzes werden stammweise geerntet (Nutzholz).

2.2 Verbreitung und Standortsgüte

Mittelwald

Die Mittelwälder nehmen knapp 5 % der gesamten Waldfläche der Schweiz ein und sind dabei folgendermassen verteilt:

Tabelle 1
Flächenanteile nach Regionen (Quelle: LFI 1988). Angaben in 1000 ha.

	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite	Schweiz
Mittelwald	11.8	10.7	1.5	6.0	18.7	48.7

Bei den Mittelwäldbeständen im Tessin handelt es sich grösstenteils um ausgewachsene Niederwälder ohne die für den Mittelwald typische Zweischichtigkeit.

Aus dem Landesforstinventar (LFI) geht hervor, dass die Mittelwälder gesamtschweizerisch mehrheitlich auf guten und sehr guten Standorten stocken.

Niederwald

Der Niederwald stockt vorwiegend in den Kantonen Waadt, Genf, Wallis und Tessin. Eine im Rahmen der vorliegenden Untersuchung im Jahre 1993 durchgeführte Umfrage bei den zuständigen Forstämtern ergab das folgende Bild über dessen Bewirtschaftung (Tabelle 2): Von insgesamt 25'555 ha Niederwald werden noch 1'663 ha (6 %) als solcher bewirtschaftet; 7'080 ha (28 %) befinden sich in Hochwaldüberführung bzw. -umwandlung und 16'812 ha (66 %) werden überhaupt nicht mehr bewirtschaftet. Der überwiegende Teil des Niederwaldes, nämlich 21'080 ha bzw. 82 % der Fläche, stockt im Kanton Tessin.

Tabelle 2

Das Niederwaldareal in den Kantonen Waadt, Genf, Wallis und Tessin nach der Art der Bewirtschaftung. Angaben in ha.

	Waadt	Genf	Wallis	Tessin	Total
<i>Gesamtfläche</i>	1'675	2'600	200	21'080	25'555
<i>als Niederwald bewirtschaftet</i>	725	0	100	838	1'663
<i>in Ueberführung begriffen</i>	320	1'300	0	3'820	5'440
<i>in Umwandlung begriffen</i>	40	300	100	1'200	1'640
<i>Bewirtschaftung aufgegeben</i>	590	1'000	0	15'222	16'812

Vor allem auf der Alpensüdseite stockt ein sehr hoher Anteil, nämlich 84 % der Niederwaldfläche, auf guten bis sehr guten Standorten. Auf der Alpennordseite ist dieser Anteil mit 63 % deutlich kleiner. Dies kann als Folge der Umwandlungen von Niederwald in Hochwald interpretiert werden, die in erster Linie auf guten Standorten durchgeführt wurden.

2.3 Oekologischer Wert

Mittelwald

Die herausragende ökologische Bedeutung des Mittelwaldes liegt in seiner Artenvielfalt: Der Artenreichtum der Strauch- und Krautschicht ist vor allem durch den im Gegensatz zum geschlossenen Hochwald stärkeren Lichteinfall bedingt. So finden sich im Mittelwald Sträucher, die in der Regel nur am Waldrand gedeihen. Im Mittelwald kommen wesentlich mehr Vogelarten vor als in den Hochwäldern. Der Mittelwald stellt laut Schweizerischem Vogelschutzverband einen der artenreichsten Lebensräume der Schweiz dar. Aus ökologischer Sicht haben Mittelwälder eine grosse Bedeutung und sind ausserordentlich schutzwürdig.

Niederwald

Grundsätzlich ist der Niederwald ärmer an Lebensräumen und Nischen als der Mittel- und Hochwald. Für bestimmte Tier- und Pflanzenarten wird jedoch durch Kahlschlag ein geeigneter Lebensraum geschaffen, der schnell besiedelt wird. Auch wenn bisher Untersuchungen über die ökologische Bedeutung des Niederwaldes fehlen, wird dessen Erhaltung aus obengenannten Gründen von Naturschutzkreisen gefordert.

3. Wuchsleistung und Energieholzpotential

Mittelwald

Wird der Zuwachs der Derbholzmasse¹ zwischen Mittelwald und Hochwald verglichen, so liegen die Werte der Mittelwaldbewirtschaftung tiefer als diejenigen des Hochwaldes. Ganz anders sieht dieser Vergleich aus, wenn die für die Energieholzproduktion nutzbaren geringen Durchmesserklassen mitberücksichtigt werden: Die Wuchsleistung des Mittelwaldes entspricht dann derjenigen des Hochwaldes. Es ist sogar möglich, dass sie bei kurzen Umtriebszeiten der Hauschicht darüber liegt.

Im Mittelwald fällt Energieholz bei der Ernte der Hauschicht an. Zudem kann auch bei Eingriffen in die Oberschicht ein beträchtlicher Teil des anfallenden Holzes nur als Energieholz verwendet werden. Für die folgende Berechnung wird mit einem Energieholzanteil von 80 % gerechnet.

Für eine Hochrechnung des Energiepotentials aus der Mittelwaldbewirtschaftung für die Schweiz dienen folgende Ausgangsgrössen: Die ehemaligen Mittelwälder nehmen eine Fläche von ca. 30'000 ha (1988) ein. Der Gesamtzuwachs ist im wesentlichen abhängig von der Standortsgüte und den Baumarten. Da gemäss Landesforstinventar die ehemaligen Mittelwälder grösstenteils auf produktiven Standorten stocken, wird mit einem durchschnittlichen Gesamtzuwachs von 6.0 m³ pro ha und Jahr gerechnet.

Die Hochrechnung der potentiell jährlich nutzbaren Energieholzmenge bei nachhaltiger Mittelwaldbewirtschaftung ergibt damit 144'000 m³.

Als Umrechnungsfaktor in Energieeinheiten (GJoule) gilt: 1 m³ Holz = 10.32 GJoule (berechnet für Buchenholz bei Feuchtigkeit 15 %). Damit ergibt sich ein jährlich nutzbares Energiepotential von ca. 1'500'000 GJoule = 417 Mio KWh.

Niederwald

Bedauerlicherweise fehlen für den Niederwald präzise Zuwachszahlen vollständig, da dieser nicht oder erst in jüngster Zeit (z. B. im Kt. Waadt) inventarisiert wurde. Anhand von Literaturangaben aus dem In- und Ausland wurde versucht, eine Schätzung des Zuwachses im schweizerischen Niederwald vorzunehmen. Aufgrund dieser Angaben wurde für die Alpensüdseite ein mittlerer Jahreszuwachs (inkl. Reisig) von 3 m³/ha auf schlechten und von 6 m³/ha auf guten Standorten festgesetzt. Für die übrige Schweiz wird ein Jahreszuwachs von 2 m³/ha auf schlechten und von 3.5 m³/ha auf guten Standorten angenommen. Für die Hochrechnung des Energieholzpotentials aus der Niederwaldbewirtschaftung wird nur diejenige Niederwaldfläche berücksichtigt, die sich nicht in Umwandlung oder Ueberführung befindet, das sind insgesamt 16'620 ha. Der Energieholzanteil bei den Niederwaldnutzungen beträgt 100 %.

Aus den Zuwachszahlen und der Standortsgüte lässt sich ein jährlich nutzbares Energieholzpotential aus der Niederwaldbewirtschaftung von ca. 77'270 m³ berechnen.

Bei gleichem Umrechnungsfaktor wie beim Mittelwald entspricht dies einem jährlich nutzbaren Energiepotential von 797'000 GJoule = 222 Mio kWh.

¹Baumteile, die mindestens 7 cm dick sind (inkl. Astmaterial)

4. Erntetechnik

4.1 Einführung

Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Mittel- und Niederwaldbewirtschaftung zeigte sich, dass über Erntemethoden und Erntekosten im Mittel- und Niederwald in der Schweiz bisher keine Untersuchungen gemacht worden sind. Da aber die Erntekosten hier schätzungsweise 80 - 90 % des gesamten Bewirtschaftungsaufwandes ausmachen, sollten diese für eine Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des Mittel- und Niederwaldbetriebes bekannt sein. In den folgenden Kapiteln werden die Besonderheiten der Holzernte im Nieder- und Mittelwald beschrieben. Anhand von Ernteversuchen wurden geeignete Erntemethoden nach ökologischen und ökonomischen Kriterien evaluiert.

4.2 Besonderheiten der Holzernte im Mittel- und Niederwald

Um die mit der Ernte von Mittelwaldflächen verbundenen technischen, organisatorischen und wirtschaftlichen Probleme realistisch einschätzen und geeignete technische Verfahren auswählen zu können, muss man die wesentlichen Rahmenbedingungen dieser Holzernte kennen. In dieser Hinsicht bestehen einige Besonderheiten gegenüber der Holzernte im Hochwald.

- **Genutzte Holzmasse:** Mittel- und Niederwälder weisen charakteristischerweise hohe Stammzahlen je Flächeneinheit und kleine Durchmesser auf. Das bedeutet sehr geringe Stückmassen. Da es sich um Stockausschläge handelt, sind es meist mehrere Sprosse je Stock. Die Brusthöhendurchmesser (BHD) liegen in der Regel im Bereich zwischen 7-15 cm.
Der Anteil der verbleibenden Stämme ist im Mittelwald sehr gering (<10 %). Im Niederwald werden alle Bäume genutzt. Die Holzernte wird dadurch generell erleichtert, da kaum Rücksicht auf verbleibende Stämme genommen werden muss.
- **Bodenverdichtung/Wurzelverletzungen:** Die Schonung des Bodens und der Wurzeln ist unbedingt erforderlich, damit die Ausschlagfähigkeit der Stöcke und dadurch auch die Ertragsleistung nicht beeinträchtigt werden. Dies erfordert den Verzicht auf flächiges Befahren des Bestandes und die Verwendung von Erntefahrzeugen mit sehr niedrigem Bodendruck und bodenschonender Bereifung.
- **Hiebwerkzeug:** Hinsichtlich der Technik des Stockschlages finden sich in der Literatur sehr genaue Angaben: Der Stockhieb soll mit scharfen Werkzeugen erfolgen (Axt, Säge). Rindenverletzungen sollen möglichst vermieden werden. Der Schnitt mit der Motorsäge wurde teilweise als problematisch beurteilt. Es zeigte sich jetzt aber, dass das Ausschlagsvermögen bei sorgfältigem Umgang mit der Motorsäge kaum beeinträchtigt wurde.
- **Hiebhöhe:** Der Hieb sollte so tief wie möglich am Stock angebracht werden, damit die späteren Stockausschläge nicht bruchgefährdet sind.
- **Erntezeitpunkt:** Der Stockhieb soll im Spätwinter oder kurz vor dem Laubausbruch im Frühjahr stattfinden.

4.3 Literaturrecherche über geeignete Ernteverfahren im Mittelwald

Um für die Ernteversuche im Mittelwald geeignete Verfahren zur Anwendung zu bringen, wurde vorgängig eine Literaturrecherche durchgeführt. Da der ehemalige Mittelwald haupt-

sächlich auf flacherem Gelände stockt, wurde auf die Evaluation von geeigneten Erntetechniken in steilem Gelände verzichtet.

Die Literaturrecherche ergab dabei folgende Ergebnisse:

Die **Vollbaumerntemethode** ist bei kleinen Durchmesserklassen vor allem bei der Aufbereitung zu Hackschnitzeln ökonomisch am günstigsten. Zusätzlich wird so die Biomasse am besten ausgenützt. Das vollmechanisierte Fällen erweist sich als ökonomisch und ergonomisch beste Variante.

Beim **Rücken** sind die folgenden zwei Verfahren besonders geeignet: Der Klemmbankschlepper ist vorteilhaft, weil er durch hohes Anheben der Vollbaumbündel und Ausnutzen der vollen Rückegassenbreite das Holz bestandespflöglich in die Rückegassen einschwenkt und zudem aufgrund der hohen Ladekapazität nur wenig Lastfahrten (Bodenpflöglichkeit) nötig macht. Muss nur vorgeliefert werden, ist der Vollernter, vor allem wenn er eine Fäll-Bündelvorrichtung aufweist, eine gute Variante.

In fahrbarem Gelände, d.h. bei Geländeneigungen unterhalb 30-35 % und bei tragfähigem Boden, eignet sich der Einsatz eines **mobilen Hackers** auf der Rückegasse. Der grosse Vorteil des Hackens auf der Rückegasse besteht darin, dass das Rücken entfällt. Bei langen Distanzen zwischen Rückegasse und Lkw-Strasse, die lange Last- und Leerfahrten bedingen, kann der Einsatz des mobilen Hackers ökonomisch ungünstig werden.

4.4 Ernterversuche

4.4.1 Ernterversuche im Mittelwald

Die Ernterversuche wurden im Hardwald bei Mülhausen im Elsass durchgeführt. Die auf Rheinschottern gelegene Fläche ist eben, optimal durch Strasse und Maschinenwege erschlossen und auch für schwere Maschinen gut befahrbar.

Der Bestand setzte sich aus einer Oberschicht und einer ca. 50-jährigen Hauschicht (Hagebuche, Linde, Eiche, Ahorn) zusammen. Ihre Höhe betrug ca. 14 m, 80 % der Stämme wiesen einen BHD von 5 - 15 cm auf.

Bei den Ernterversuchen blieben pro ha ca. 60 Bäume der Oberschicht stehen.

Erntemethoden

Da keine ausreichenden Lagerplätze vorhanden waren, musste auf den Einsatz eines Grosshackers verzichtet werden. Die Versuche unterschieden sich deshalb bloss in der Methode des Fällens und Vorlieferns.

1. Fällen und Vorliefern an die Rückegasse mit dem Vollernter, Hacken auf der Rückegasse mit dem Mobilhacker.
2. Fällen von Hand mit der Motorsäge, Vorliefern und Hacken auf der Rückegasse mit dem Mobilhacker im gleichen Arbeitsgang.

Verfahren 1 (Vollernter)²

Die Bäume wurden einzeln vom Vollernter erfasst, gefällt und dicktörtig rechtwinklig an die Rückegasse abgelegt. Der Abstand zwischen zwei Rückegassen betrug 15 m. Ein Forstwart mit Motorsäge assistierte. Nachdem der ganze Bestand gefällt war, kam der Mobilhacker zum Einsatz, der wegen der idealen Anordnung der gefällten Bäume an der Rückegasse und der günstigen Stammdurchmesser aussergewöhnlich effizient arbeiten konnte. Wenn die mitgeführte Mulde (11 m³) voll war, fuhr der Hacker zum Maschinenweg, wo die leeren Transportcontainer mit einem Fassungsvermögen von je 37 m³ standen. Im Durchschnitt dauerte ein voller Zyklus (hacken - kippen - zurückfahren in den Bestand) 15 Minuten.

Verfahren 2 (Fällen von Hand und Hacken im selben Arbeitsgang)³

Der wesentliche Unterschied zum ersten Verfahren liegt darin, dass auf das maschinelle Vorliefern verzichtet wurde. Die Bäume wurden motormanuell gefällt und so, wie sie zu liegen kamen, vom Hacker ergriffen und verarbeitet. Forstwart und Hacker arbeiteten gleichzeitig im Bestand, jedoch ohne dass das Verfahren einen Aufenthalt des Forstwartes im Kranbereich voraussetzte. Auch hier wurde darauf geachtet, dass sich der Hacker auf Rückegassen (Abstand 15 m) bewegte.

Nachkalkulation der Erntekosten

Die Nachkalkulation der Erntekosten ist in Tab. 3 dargestellt. Sie basiert auf den während des Schlages gemessenen Zeiten. Die Kostenansätze (ohne MWSt) des beauftragten Unternehmers schliessen die Transport- und Installationskosten ein.

Das Verfahren 1 könnte mit Maschinen, die für diese Gegebenheiten besser angepasst sind, optimiert werden: Der eingesetzte Vollernter bietet zahlreiche Funktionen (wie Entasten, Ablängen, Einmessen, Volumen berechnen, Holzlisten erstellen), die für diese Arbeit nicht benötigt wurden. Eine Erntemaschine mit einem einfachen Fällkopf wäre wesentlich billiger, leichter und damit flexibler und schneller zu handhaben. Mit einem leichteren Fällkopf könnten die für die Mittelwälder typischen eng wachsenden Stockausschläge besser gefasst werden. Nach Aussagen des an den Ernteversuchen beteiligten Unternehmers liessen sich die Kosten für Fällen und Vorliefern beim Einsatz eines angepassten Fällkopfes halbieren.

Das Verfahren 2 ist gegenüber dem vollmechanisierten Ernteverfahren billiger. Es muss aber dabei beachtet werden, dass das Arbeitstempo vom beteiligten Forstwart nicht über eine

2

Fläche:	10'300 m ²	Vollernter:	Lokomo 990, Kran 10.3 m
Volumen:	495 Sm ³	Prozessor:	FMG 762
Anzahl Bäume:	2565	Mobilhacker:	Einzug 50 x 40 cm, 11 m ³
		Transport:	Container à 37 m ³

3

Fläche:	4'200 m ²	Mobilhacker:	Einzug 50 x 40 cm, 11 m ³
Volumen:	225 Sm ³	Transport:	Container à 37 m ³
Anzahl Bäume:	841		

längere Zeitperiode durchgehalten werden könnte. Nur mit dem Einsatz eines zweiten Mannes könnte das Verfahren routinemässig angewendet werden. Damit würden bei diesem Verfahren die Erntekosten pro Sm^3 ca. Fr. 23.50 betragen. Gegenüber dem Verfahren 1, wo das Holz bereits vorgeliefert auf der Rückegasse lag, erhöhte sich die Einsatzdauer des Hackers pro Sm^3 nur um ca. 25 %.

Die in den beschriebenen Versuchen ermittelten Erntekosten dürfen nur auf befahrbare, gut erschlossene Mittelwälder übertragen werden. Die ehemaligen Mittelwälder in der Schweiz weisen diese Bedingungen grösstenteils auf.

Tabelle 3
Nachkalkulation der Produktionskosten für Hackschnitzel im Mittelwald

		Verfahren 1 (Vollernter)		Verfahren 2 (Fällen von Hand und Hacken im selben Arbeitsgang)	
Personal/Maschine	Stundenansatz Fr.	Aufwand h	Kosten Fr./ Sm^3	Aufwand h	Kosten Fr./ Sm^3
Vollernter	500.--	9.70	9.80		
Mobilhacker	300.--	15.25	9.24	8.62	11.49
Forstwart	54.--			13.00	3.12
Motorsäge	11.70			13.00	0.68
Total Kosten an LKW-Strasse			19.04		15.29
Transport der Schnitzel 5-10 km			5.--		5.--
Total Kosten incl. Transport			24.04		20.29

4.4.2 Ernterversuche im Niederwald

Die Ernterversuche im Niederwald wurden im Tessin auf einer befahrbaren und auf einer nicht befahrbaren Fläche durchgeführt.

Verfahren 1: befahrbare Fläche (Geländeneigung 25 %)

Motormanuelles Fällen, Vorrücken und Hacken durch Mobilhacker auf der Rückegasse.

Verfahren 2: Steilhang (Geländeneigung 55 %)

Motormanuelles Fällen, Rücken hangaufwärts mit Seilkran, Transport zum Holzlagerplatz mit Traktor.

Basierend auf den in Tabelle 4 aufgeführten Kostenansätzen beliefen sich die Erntekosten für die befahrbare Fläche auf 32.15 Fr./ Sm^3 und für den Steilhang auf 65.20 Fr./ Sm^3 (inkl. Montage und Demontage der Seilbahn sowie Schlagräumung).

Im Vergleich zum Mittelwald entstanden auf der befahrbaren Fläche im Niederwald wesentlich höhere Kosten. Diese erklären sich aus dem zusätzlichen Aufwand für den Schlag und Abtransport der zahlreichen Kopfbäume ("Capitozzi" mit Durchmessern bis 80 cm), die für die Niederwälder im Tessin charakteristisch sind, nördlich der Alpen jedoch nicht vorkommen. Für den in Kapitel 5 dargestellten Vergleich der Wertschöpfung im Hoch-, Mittel- und Niederwald wurden, da es sich um Bestände der Alpennordseite handelt, für den Niederwald dieselben Erntekosten eingesetzt wie für den Mittelwald.

Tabelle 4

Zur Ermittlung der Erntekosten im Niederwald verwendete Ansätze für Personal und Maschinen

Personal/Maschine	Stundenansatz	Kosten
	Fr.	Fr./Sm ³
Forstwart	54.--	
Motorsäge	12.--	
Mobilhacker (inkl. Fahrer)	300.--	
Seilbahn	60.--	
Forsttraktor (inkl. Fahrer)	100.--	
Grosshacker		11.--
Schnitzeltransport bis 10 km		5.--

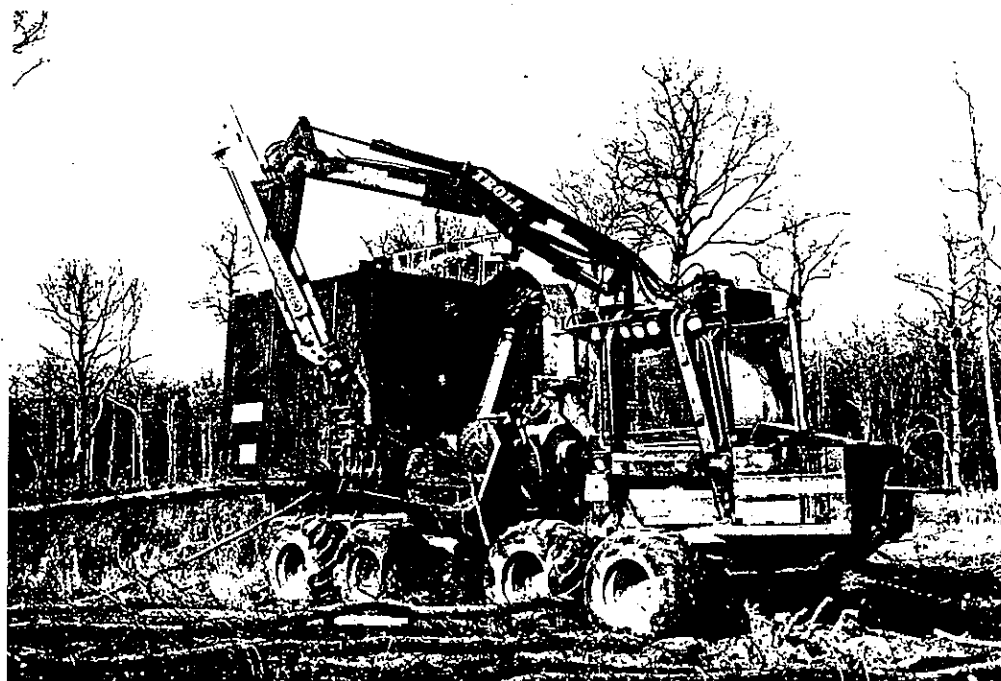


Abbildung 1
Der Mobilhacker bei der Arbeit auf der Rückegasse

5. Wertschöpfungsvergleich

5.1 Methode

Die Wirtschaftlichkeit des Mittel- und Niederwaldbetriebes wurde derjenigen des Hochwaldbetriebes in einem Wertschöpfungsvergleich gegenübergestellt.

Die Wertschöpfung ist definiert als Nettoproduktionsleistung; sie ergibt sich aus der Differenz von Ertrag und Aufwand. Im vorliegenden Fall wird sie pro Fläche berechnet - eine in der Land- und Forstwirtschaft übliche Berechnungsart.

Die Berechnungen für den Hochwald wurden mit Hilfe des Dynamischen-Forstbetriebs-Simulationsmodells (Lemm, WSL, 1991) durchgeführt. Vergleichszahlen boten die Betriebsabrechnungen des Waldwirtschaftverbandes Schweiz. Für den Mittel- und Niederwald wurden die Berechnungsgrundlagen im Rahmen dieser Studie erhoben.

5.2 Standortsangaben

Für den Wertschöpfungsvergleich wurde von vier konkreten Standorten ausgegangen:

1. Hardwald, Elsass
2. Niderholz, Kt. Zürich
3. Reppischtal, Kt. Zürich
4. Höggerberg, Kt. Zürich

Bei allen vier Standorten handelt es sich um gut erschlossene Wälder, in befahrbarem relativ ebenem Gelände. Die Standorte unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Produktivität. Der Hardwald wurde für den Vergleich ausgewählt, weil er ein Standort mit sehr geringen Zuwachseleistungen ist (er stockt auf der Rheinschotterebene). Produktive bis sehr produktive Standorte sind das Reppischtal und der Höggerberg.

Auf allen Standorten stockt ehemaliger Mittelwald. Auf den Standorten Niderholz, Reppischtal und Höggerberg wurden in den letzten Jahren Holzschläge ausgeführt mit dem Ziel, die Mittelwaldbewirtschaftung kleinflächig wieder aufzunehmen. Diese Standorte wurden bezüglich Zuwachs, Aufwand und Ertrag von Holzschlägen im ehemaligen Mittelwald genauer untersucht. Auf dem Standort Hardwald wurden Ernterversuche ausgeführt, die wichtige Daten über die Erntekosten der Hauschicht lieferten (Kap. 4.4.1).

Es wurde bewusst darauf verzichtet, auch Standorte in steilerem Gelände einzubeziehen. Einerseits stockt der ehemalige Mittelwald hauptsächlich auf flacherem Gelände, und andererseits hätten dann andere Erntetechniken berücksichtigt werden müssen, was im Rahmen dieser Studie nicht möglich war.

Bei den nachfolgenden Bestandesangaben ist zu beachten, dass es sich dabei nicht um reale Bestände handelt, sondern dass hier für die vier verschiedenen Standorte von Modellbeständen ausgegangen wurde. Die Standortsqualität entscheidet über die Bonitäten und die Zuwachseleistungen.

Tabelle 5
Keningrößen für den Wertschöpfungsvergleich

	Standort 1	Standort 2	Standort 3	Standort 4
Hochwald				
Baumartenzusammensetzung	Eiche 60 % Föhre 40 %	Eiche 30 % Föhre 30 % Ahorn 40 %	Fichte 50 % Buche 50 %	Eiche 50 % Buche 50 %
Simulationsdauer	eine Umtriebszeit (200 Jahre)	eine Umtriebszeit (180 Jahre)	eine Umtriebszeit (140 Jahre)	eine Umtriebszeit (160 Jahre)
Bonitäten	Eiche 14 Föhre 16	Eiche 18 Föhre 19 Ahorn 22	Fichte 24 Buche 22	Eiche 26 Buche 22
Mittelwald				
Oberholzbaumart	Eiche 100 %	Eiche 100 %	Eiche 50 % Buche 50 %	Eiche 50 % Buche 25 % Ahorn 25 %
Vorratsverhältnisse (Derbholzvolumen)	Hauschicht: 60 m ³ Oberholz: 80 m ³	Hauschicht: 60 m ³ Oberholz: 100 m ³	Hauschicht: 60 m ³ Oberholz: 100 m ³	Hauschicht: 60 m ³ Oberholz: 100 m ³
Umtriebszeit	Hauschicht: 40 J Oberholz: 240 J	Hauschicht: 30 J Oberholz: 200 J	Hauschicht: 25 J Oberholz: 200 J	Hauschicht: 25 J Oberholz: 200 J
Niederwald				
Holzarten	Buche, Eiche, Hagebuche, Ahorn	Buche, Eiche, Hagebuche, Ahorn	Buche, Eiche, Hagebuche, Ahorn	Buche, Eiche, Hagebuche, Ahorn
Vorratsverhältnisse (Derbholzvolumen)	90 m ³	90 m ³	115 m ³	115 m ³
Umtriebszeit	40 J	35 J	30 J	30 J

5.3 Erfolgsrechnung

Der Erlös beschränkt sich auf die Einnahmen durch die Holznutzung. Diese umfasst im Hochwald das Nutz- und Schichtholz, im Mittelwald das Nutz- und Energieholz (Schnitzel) und im Niederwald ausschliesslich Energieholzschnitzel. Andere Waldfunktionen wie Schutz-, Erholungsfunktion etc. werden nicht quantifiziert.

Beim Aufwand gelten die Aufwendungen der 1. und 2. Produktionsstufe (1. Produktionsstufe: Bestandesbegründung, Pflege, Forstschutz; 2. Produktionsstufe: Holzhauerei, Rücken bis an Lagerplatz). Aufwendungen für Strassenbau und -unterhalt sowie Verwaltung werden nicht berücksichtigt.

Beim Energieholz wurde mit einem dem Heizöl äquivalenten Erlös⁴ von Fr. 28.--/Sm³ gerechnet.

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse der Modellkalkulationen findet sich in Tabelle 6.



Abbildung 2
Stockausschlagbestand

⁴Der heizöläquivalente Energieholzpreis ist so berechnet, dass für den Verbraucher etwa die gleichen Energiekosten wie beim Heizöl entstehen. Die unterschiedlichen Wirkungsgrade der Heizsysteme sind dabei berücksichtigt (Preisbasis Heizöl: Fr. 355.-/t)

Tabelle 6
Zusammenstellung der Ergebnisse der Erfolgsrechnung

	Hochwald	Mittelwald	Niederwald
Standort 1			
Gesamtwuchsleistung m ³ /ha J	4.42	4.00	3.00
Energieholzanteil %	24	80	100
Kosten 1. Produktionsstufe ⁵ Fr./ha J	168	27	50
Kosten 2. Produktionsstufe Fr./ha J	433	272	180
Kosten 2. Produktionsstufe Fr./m ³	98	68	60
Nettoholzertrag Fr./ha J	410	336	210
Nettoholzertrag Fr./m ³	93	84	70
Erfolg Fr./ha J	-191	37	-20
Erfolg Fr./m ³	-43	9	-7
Standort 2			
Gesamtwuchsleistung m ³ /ha J	5.49	5.17	3.5
Energieholzanteil %	18	80	100
Kosten 1. Produktionsstufe Fr./ha J	187	27	57
Kosten 2. Produktionsstufe Fr./ha J	450	321	210
Kosten 2. Produktionsstufe Fr./m ³	82	62	60
Nettoholzertrag Fr./ha J	831	494	245
Nettoholzertrag Fr./m ³	151	96	70
Erfolg Fr./ha J	194	146	-22
Erfolg Fr./m ³	35	29	-6
Standort 3			
Gesamtwuchsleistung m ³ /ha J	11.21	6.2	5
Energieholzanteil %	10	80	100
Kosten 1. Produktionsstufe Fr./ha J	240	27	67
Kosten 2. Produktionsstufe Fr./ha J	785	372	300
Kosten 2. Produktionsstufe Fr./m ³	70	60	60
Nettoholzertrag Fr./ha J	1311	558	350
Nettoholzertrag Fr./m ³	117	90	70
Erfolg Fr./ha J	286	159	-17
Erfolg Fr./m ³	25	26	-3
Standort 4			
Gesamtwuchsleistung m ³ /ha J	7.18	6.2	5
Energieholzanteil %	15	80	100
Kosten 1. Produktionsstufe Fr./ha J	210	27	67
Kosten 2. Produktionsstufe Fr./ha J	397	372	300
Kosten 2. Produktionsstufe Fr./m ³	56	60	60
Nettoholzertrag Fr./ha J	1430	554	350
Nettoholzertrag Fr./m ³	119	89	70
Erfolg Fr./ha J	823	155	-17
Erfolg Fr./m ³	114	25	-3

⁵Die Kosten sind im Niederwald wegen der für die Erneuerung der Stöcke notwendigen Pflanzungen höher als im Mittelwald, wo dank der Kernwüchse eine natürliche generative Verjüngung stattfindet.

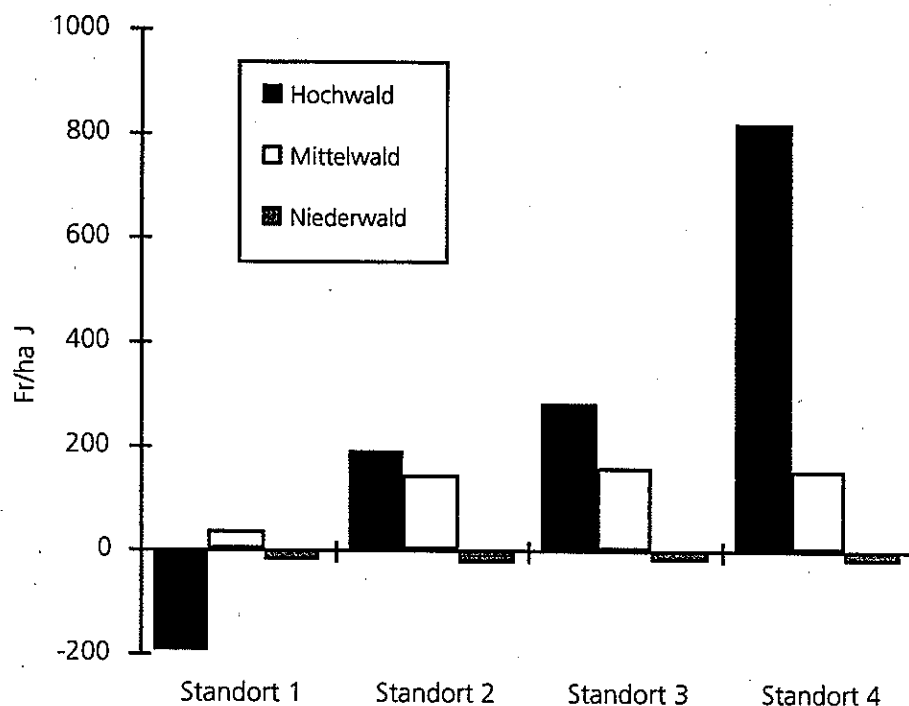


Abbildung 3
Erfolgsrechnung für die vier Standorte in Franken pro Hektar und Jahr

Hochwald

Der Erfolg beim Hochwald variiert je nach Standort und Baumarten ausserordentlich. Die Simulationsergebnisse zeigen für den mageren Standort keine kostendeckende Bewirtschaftung. Auf den produktiven Standorten, wo stärkere Dimensionen erwartet werden, ist aber der potentielle Gewinn pro ha und pro m^3 gefälltes Holz weit höher als bei der Mittel- und Niederwaldbewirtschaftung. Bei den vier verschiedenen Beständen liegt der Erfolg zwischen Fr. -43.--/ m^3 und Fr. 114.--/ m^3 , bzw. zwischen Fr. -199.-- und Fr. 823.-- pro ha und Jahr. Dies wird durch verschiedene Faktoren verursacht: Die Kosten der ersten Produktionsstufe betragen je nach Zuwachs zwischen Fr. 22.--/ m^3 und Fr. 38.--/ m^3 . Die Holzerntekosten variieren zwischen Fr. 56.--/ m^3 und Fr. 98.--/ m^3 . Am grössten ist die Variabilität bei den Holzerlösen; hier variiert der erwartete durchschnittliche Erlös zwischen Fr. 93.--/ m^3 und Fr. 199.--/ m^3 .

Mittelwald

Hier wurde für alle vier Bestände eine kostendeckende Bewirtschaftung berechnet. Die Variabilität ist gegenüber dem Hochwald deutlich tiefer: die Kosten der ersten Produktionsstufe sind unbedeutend. Für das Energieholz sind die Holzerntekosten sowie die erwarteten Erlöse konstant. Variabel sind nur die Erlöse für das Stammholz und die Erntekosten für die

stärkeren Dimensionen des Oberholzes. In den vier verschiedenen Beständen variiert der Erfolg pro m^3 zwischen Fr. 9.-- und Fr. 29.--, bzw. zwischen Fr. 37.-- und Fr. 155.-- pro ha und Jahr.

Niederwald

Die Kalkulationen für die vier Modellbestände der Niederwaldbewirtschaftung zeigen, dass auch bei günstigen Verhältnissen keine kostendeckende Bewirtschaftung erzielt werden kann.

5.4 Diskussion

Im Niederwald und vor allem im Mittelwald liegen die Kosten der ersten Produktionsstufe (Bestandesbegründung und Pflege) deutlich tiefer als im Hochwald. Beim Mittelwald betragen die Erntekosten mind. 90 % und beim Niederwald ca. 80 % der Gesamtkosten. Beim Hochwald variiert der Anteil der Erntekosten an den Gesamtkosten zwischen 23 % (Standort 3) und 35 % (Standort 4).

Für die Wirtschaftlichkeit der Nieder- und Mittelwaldbewirtschaftung sind neben dem Erlös für das Energieholz die Erntekosten der entscheidende Faktor. Die Erntekosten im Elsass beliefen sich auf Fr. 24.--/Sm³ oder Fr. 60.--/m³. Wird mit einem heizöläquivalenten Erlös von Fr. 28.--/Sm³ resp. Fr. 70.--/m³ gerechnet, beträgt die Differenz zwischen verkauftem Produkt und Erntekosten Fr. 10.--/m³.

Beim Mittelwald wurde im Gegensatz zum Niederwald bei allen vier Modellbeständen eine kostendeckende Bewirtschaftung berechnet. Gegenüber dem Niederwald sind die Kosten der ersten Produktionsstufe geringer, zusätzlich wird das Ergebnis verbessert durch den Anteil an Stammholz, das mit dem Oberholz produziert wird.

Die Simulation für den Hochwald ergab auf dem mageren Standort keine kostendeckende Bewirtschaftung. Auf den produktiven Standorten, wo stärkere Dimensionen erwartet werden, ist aber der potentielle Gewinn pro ha und pro m³ gefälltes Holz weit höher als bei der Mittel- und Niederwaldbewirtschaftung.

Auf mageren, aber gut erschlossenen und nicht zu steilen Standorten kann somit die Mittelwaldbewirtschaftung gegenüber der Hochwaldbewirtschaftung konkurrenzfähig sein. Für den Waldbesitzer müsste vor allem dieser Aspekt der kostendeckenden Bewirtschaftung von mageren, für die Hochwaldbewirtschaftung kaum rentablen Standorten interessant sein. Hier könnte die Mittelwaldbewirtschaftung nicht nur aus ökologischen, sondern auch aus ökonomischen Gründen eine angepasste Alternative darstellen.