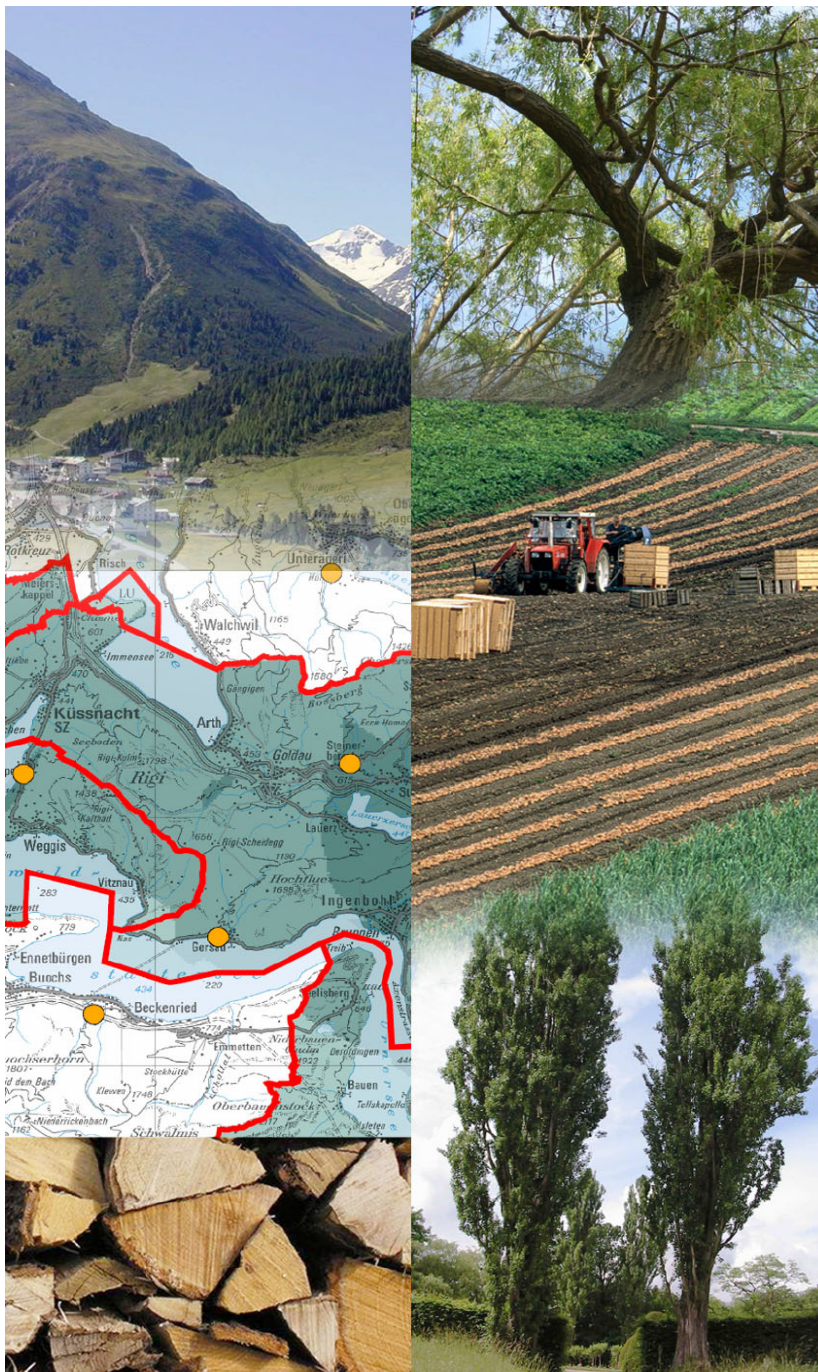


Biomassekulturen in der Schweiz: Potenziale, Technologie und Auswirkungen

Schlussbericht, Januar 2009



Ernst **Basler + Partner** AG

INGENIEURBÜRO HERSENER
Forschung & Beratung im Bereich Landwirtschaft, Energie und Umwelt

EMPA 
Materials Science & Technology

Zusammenfassung

Ausgangslage und Fragestellungen

Weltweit und in der Schweiz wird immer mehr Holz für die stoffliche und energetische Nutzung nachgefragt. Getrieben wird diese Entwicklung vom zunehmenden Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum und von der steigenden Nachfrage nach nicht fossilen Energieträgern. Um diese Nachfrage zu decken, werden seit den 70er Jahren weltweit vermehrt Biomassekulturen¹⁾ angepflanzt (Holz-Zentralblatt, 2007a).

Biomassekulturen werden wichtiger

Die Holz verarbeitende Industrie (Schnittholz, Holzwerkstoffe, Zellstoff) baut ihre Kapazitäten im In- und Ausland aus. Gleichzeitig heizen immer mehr Haushaltungen mit Holz. Und Holz wird verstärkt als Brennstoff in der Industrie und im Gewerbe eingesetzt. Die in der Schweiz für die Strom- und Wärmeproduktion geplanten Holzheizkraftwerke werden grosse Mengen an Energieholz verarbeiten. Alleine das grösste Holzheizkraftwerk der Schweiz in Domat Ems benötigt rund 270'000 Tonnen TS²⁾ Holz. Das im März 2008 in Basel in Betrieb genommene Werk verbrennt 50'000 Tonnen Holz und das in Zürich geplante Holzheizkraftwerk Aubugg wird bis zu 70'000 Tonnen Holz jährlich verwerten. Und es sollen noch weitere solcher Anlagen demnächst in der Schweiz realisiert werden. Damit steigt die Nachfrage weiter. In jüngster Zeit wird auch das Interesse der Chemie- und Automobilindustrie am Rohstoff Holz spürbar: Als Ausgangsstoff für Synthesen und für die Biotreibstoffproduktion.

Steigende Holznachfrage für die energetische und stoffliche Nutzung

Holzverarbeitungsbetriebe, Biomassekraftwerke und Pelletproduktion – kurz die gesamte Holzbranche der Schweiz ist bei dieser Nachfrageentwicklung auf eine kostengünstige, kontinuierliche Versorgung mit dem Rohstoff Holz auch in Zukunft angewiesen.

Kostengünstige, sichere Rohstoffversorgung

Um die Rohstoffverfügbarkeit für die Holzindustrie zu sichern und zu erhöhen, braucht es neue Rohstoffquellen. Der Anbau von Biomassekulturen³⁾ auf landwirtschaftlichen Flächen ist hierfür ein möglicher Lösungsansatz. Weltweit stammen bereits 35% des Holzaufkommens aus Biomassekulturen von landwirtschaftlichen Flächen. Flächenmässig umfassen sie lediglich 5% der weltweiten Waldfläche (Holz-Zentralblatt, 2007a).

Sicherung von neuen Rohstoffquellen: Biomassekulturen auf landwirtschaftliche Flächen

-
- 1) In der vorliegenden Studie bezieht sich der Begriff Biomassekulturen auf den Anbau von Pflanzen auf landwirtschaftlichen Flächen mit dem Ziel, Biomasse als nachwachsenden Rohstoff zu produzieren. Waldflächen werden in dieser Studie nicht als verfügbare Flächen für Biomassekulturen einbezogen.
 - 2) Die Holzmenzen werden jeweils in TS angegeben. TS steht für den Trockensubstanzgehalt der Biomasse.
 - 3) Für die Biomassekulturen wurden folgende Pflanzenarten gemeinsam mit der Begleitgruppe ausgewählt und in der Studie untersucht: Chinaschilf, Fichte, Esche, Ahorn und Weiden. Für die Auswahl der Arten wurden die Kriterien Biomasseproduktion, Aufwendungen für Anbau und Bewirtschaftung, Standortansprüche, Wertholzproduktion und Auswirkungen auf Natur- und Umweltschutz verwendet.

Fragestellung In der Schweiz sind Biomassekulturen auf Landwirtschaftsflächen bisher noch nicht in grösserem Ausmass realisiert worden. Vor dem Hintergrund der oben dargestellten Entwicklungen gewinnt das Thema aber zunehmend an Bedeutung. Viele zentrale Fragen im Umgang mit Biomassekulturen auf Landwirtschaftsflächen in der Schweiz sind bis heute nicht beantwortet.

Aufbau in 5 Modulen Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden in fünf Modulen Entscheidungsgrundlagen zu folgenden Aspekten erarbeitet:

- Potenziale
- Technologie und Logistik
- Ökonomische und rechtliche Aspekte
- Umweltauswirkungen
- Landschaftsbild

Folgende Fragestellungen wurden untersucht:

- Welche landwirtschaftlichen Flächen sind der Schweiz im Hinblick auf Biomassekulturen verfügbar, und welche Erträge sind zu erwarten? Welche Regionen sind besonders geeignet? Könnten auch eingewachsene Waldflächen in den Alpen und Voralpen mögliche Standorte für Biomassekulturen sein?
- Mit welchen Anbausystemen und Technologien lassen sich Biomassekulturen am effizientesten nutzen? Welche Aspekte sind bei der Rohstofflogistik besonders wichtig?
- Unter welchen Voraussetzungen sind Biomassekulturen im Anbau rentabel? Welche rechtlichen Aspekte sind für den Anbau von Biomassekulturen relevant? Wie sind Biomassekulturen aus regionalwirtschaftlicher Sicht zu bewerten?
- Wie sieht die Umweltbilanz von Biomassekulturen aus, und was bedeuten Biomassekulturen für die Biodiversität?
- Welche Auswirkungen haben Biomassekulturen auf das Landschaftsbild?

Vorgehen

4 Anbausysteme,
3 Modellregionen

Zur Vereinfachung der komplexen Fragestellungen wurden exemplarisch vier Anbausysteme definiert: ein High-Input System mit Weiden, ein High-Input System mit Chinaschilf, ein Low-Input System mit Fichten und ein Agroforst-System mit Esche und Ahorn⁴⁾.

4) Unter einem High-Input System versteht man eine Anbauweise, die mit einem rel. hohen Eintrag an Energie, Dünger oder Pflanzenschutzmitteln und mit hohem Maschineneinsatz verbunden ist, ein Low-Input System kommt mit deutlich tieferen Einträgen aus.

Um möglichst konkretere Aussagen über die zu erwartenden Auswirkungen machen zu können, wurden drei Modellregionen festgelegt: stellvertretend für das Schweizer Mittelland wurde das Seeland ausgewählt, das Emmental als Voralpenregion und das Goms als Alpenregion.

Um Aussagen über mögliche Entwicklungen in der Zukunft machen zu können, wurden drei Szenarien für das Jahr 2025 definiert. Diese beschreiben die möglichen Zustände bezüglich Erdölpreis, Biomassezuwachs und Kostenstruktur⁵⁾. Die Tabelle 1 beschreibt die möglichen Zustände im Jahr 2025 für die drei gewählten Szenarien.

Szenarien 2025	Erdölpreis	Forschung& Entwicklung	Kosten
Szenario 1: Einstieg	Erdölpreis auf dem Stand vom Mai 2008: 123 \$/Fass	Biomassezuwachs analog heute.	Kosten analog heute.
Szenario 2: Schneller Einstieg	Erdölpreis: 175 \$/Fass (plus 43%)	Biomassezuwachs durch techn. Fortschritt um 10%	Kosten von durchschnittlich 20%
Szenario 3: Flächiger Anbau ⁶⁾	Erdölpreis: 200 \$/Fass (plus 63%)	Biomassezuwachs durch techn. Fortschritt um 15%	Kosten von durchschnittlich 30%

Tabelle 1:
Beschreibung der
Szenarien

Potenziale

Grundsätzlich kommen für den Anbau von Biomassekulturen alle landwirtschaftlichen Nutzflächen in Frage. Theoretisch stehen damit in der Schweiz 1.5 Millionen Hektare landwirtschaftliche Fläche für den Anbau von Biomassekulturen zur Verfügung⁷⁾. Davon sind über 220'000 Hektare sogenannte Grenzertragsflächen⁸⁾.

Verfügbare
Flächen

Das theoretische Potenzial entspricht den Erträgen, die mit dem Anbau der Biomassekulturen auf allen verfügbaren landwirtschaftlichen Flächen der Schweiz produziert werden könnte. Die theoretische Biomassemenge (das theoretische Potenzial) wird in dieser Studie nicht errechnet, da es unrealistisch erscheint, dass die gesamte Fläche für Biomassekulturen eingesetzt würde. Viele landwirtschaftliche Flächen befinden sich in steilem Gelände,

Definition und Vorgehen:
Technisch-ökologisches Potenzial

5) Maschinen-, Energie- und Materialkosten.

6) Das Szenario 3 geht davon aus, dass bei einem Erdölpreis von 200 \$ pro Fass im Jahre 2025 der Biomassezuwachs um 15% höher liegt, bei einer gleichzeitigen durchschnittlichen höheren Kosten von 30% im Anbau.

7) Gemäss Arealstatistik: Diese basiert auf der visuellen Interpretation der Bodenbedeckung und Bodennutzung anhand von Luftbildern. Für Punkte im regelmässigen Abstand von 100 Metern wird die Bodennutzung bestimmt. Die vielfältigen Bodennutzungen und -bedeckungen werden dabei anhand der vier Hauptbereiche Landwirtschaftsflächen, Siedlungsflächen, bestockte Flächen und unproduktive Flächen in 75 Grundkategorien eingeteilt. Die Arealstatistik weist rund 1.5 Mio. ha landwirtschaftliche Nutzflächen aus (inkl. Günstiges und ungünstiges Acker- und Wiesland, Heimweiden, Alpen- und Juraweiden, Heualpen und Bergwiesen)

8) Als Grenzertragsfläche bezeichnet man in der Landwirtschaft eine Anbaufläche, auf der sich der Aufwand für die Bewirtschaftung und der zu erzielende Ertrag die Waage halten.

sind schlecht befahrbar oder kaum erschlossen. Zudem gelten teilweise ökologische Auflagen bezüglich einer möglichen Nutzung. Berücksichtigt man diese technischen und ökologischen Einschränkungen, verringern sich die nutzbare Fläche sowie der Biomasseertrag im Vergleich zum theoretischen Potenzial auf das technisch-ökologische Potenzial. Auch der Niederschlag, die Exposition, die Höhenlage und Bodenverhältnisse beeinflussen den Biomassezuwachs. Diese Standortfaktoren werden in der Modellierung ebenfalls berücksichtigt.

Definition und Vorgehen:
Gesellschaftliches Potenzial

In der Schweiz hat die Nahrungsmittel- und Futtermittelproduktion gegenüber der Energieproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen Priorität. Auf den produktivsten Flächen sollen daher vorwiegend Nahrungsmittel- und Futtermittel angebaut werden. Diese Flächen werden daher von der Modellierung ausgeschlossen. Um das gesellschaftliche Potenzial zu ermitteln, werden weitere Einschränkungen vorgenommen: In Tourismusregionen findet kein Anbau von Biomassekulturen statt, eingeschränkter Anbau in BLN – Gebieten (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung) und ein minimaler Abstand der Biomassekulturen von 100 m zu Siedlungen.

Technisch-ökologisches
Potenzial: Zwischen
3.5 bis 5 Mio. t TS

Mit dem Anbau von Biomassekulturen könnten je nach Anbausystem zwischen 3.5 Millionen Tonnen Biomasse und 5 Millionen Tonnen Biomasse produziert werden. Für diese Erträge bräuchte es zwischen 29 % und 75 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen gemäss Arealstatistik. Und diese Biomassemenge wäre grösser als die gesamte aus den Schweizer Wäldern genutzte Holzmenge im Jahr 2006.

Technisch-ökologisches
Potenzial:
Weiden am grössten

Das technisch-ökologische Potenzial ist beim High-Input System Weiden am grössten. Allerdings ist die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion in diesem Fall ebenfalls gross: Flächen, die sich sehr gut für die Produktion von Nahrungs- und Futtermittel eignen, ergeben auch den höchsten Biomasseertrag.

Gesellschaftliches Potenzial:
Fichte am grössten

Wenn neben den ökologischen und technischen auch gesellschaftliche Kriterien berücksichtigt werden, ergibt sich für die Fichtenkulturen das grösste Potenzial. Allerdings wird bei Fichte im Vergleich zu den anderen Anbausystemen auch die grösste landwirtschaftliche Fläche beansprucht.

Über 150'000 Haushalte
könnten mit Strom
versorgt werden

Insgesamt könnten auf einer Fläche von rund 400'000 ha jährlich rund 1 Million Tonnen Biomasse produziert werden. Unter der Annahme, dass das gesellschaftliche Potenzial vollständig für die energetische Nutzung verwendet werden würde, könnte:

- je nach Anbausysteme und Kulturen zwischen 810 bis 1'900 GWh Strom produziert werden. Das bedeutet, dass zwischen 10% und 25% der Stromproduktion des Kernkraftwerkes Gösgen durch energetische Nutzung von Biomasse ersetzt werden könnten.
- gut 10 weitere Biomassekraftwerke mit Biomasse versorgt werden.

- je nach Anbausysteme und Kulturen zwischen 151'000 bis 355'000 Haushalte mit Strom versorgt werden⁹⁾.

Grenzertragsflächen in den Voralpen und Alpen erscheinen besonders geeignet für den Anbau von Biomassekulturen. Über 220'000 Hektar Grenzertragsflächen werden heute entweder extensiv oder überhaupt nicht mehr landwirtschaftlich genutzt. Teilweise sind dies hochgelegene Alpen- und Juraweiden, Heualpen und Bergwiesen mit über 40 Prozent Hangneigung. Der Ertrag pro Hektar ist auf diesen Flächen eher gering.

Grenzertragsflächen
in den Voralpen und Alpen
sind potenzielle Standorte

Die High-Input Systeme Weiden und Chinaschilf produzieren fast doppelt so hohe Biomasseerträge pro Fläche, wie die beiden anderen Anbausysteme. Gleichzeitig müssen bei den High-Input Systemen die negativen ökologischen Auswirkungen einer intensiven Bewirtschaftung in Betracht gezogen werden.

High-Input Systeme brauchen
weniger Fläche und
liefern mehr Ertrag

Technologie und Logistik

Die Studie untersucht die Auswirkungen der Biomassekulturen vom Anbau bis zur Ernte. Für die einzelnen Biomassekulturen werden die Prozesse Anbau, Pflege, Ernte und Rückbau definiert. Die Logistik vom Feldrand bis zur Verarbeitung der Biomasse werden in der Studie nicht quantifiziert. Einzig bei der Ökobilanz werden die Prozesse vom Anbau bis zur energetischen Verwertung der Biomasse einbezogen.

Systemgrenze:
Von Anbau bis Ernte

Da sich die Anbausysteme stark unterscheiden, wird für jedes der vier Systeme ein Produktionsinventar erstellt, welches detaillierte Angaben zum Einsatz von Maschinen, Geräten, Materialien und Personal enthält. Dieses Inventar ist dann die Basis für die betriebswirtschaftlichen Berechnungen und für die Ökobilanz.

Produktionsinventar:
Datengrundlage
für die Module

Bei intensiver Pflege der Biomassekulturen steigen die zu erwartenden Erträge. Im Sinne einer eher extensiven Bewirtschaftung und damit einhergehenden guten Ökobilanzen und geringen Kapitalkosten werden in dieser Studie minimale Pflegemassnahmen für die Biomassekulturen eingesetzt.

Extensive Anbausysteme:
Minimale Pflegemassnahmen

Die Kulturen werden während 20 Jahren auf der landwirtschaftlichen Fläche belassen. Dann sollen die Flächen wieder für andere Kulturen zur Verfügung stehen. Auf den Ackerbauflächen fallen daher Kosten für die Rekultivierung an. Insbesondere beim Chinaschilf sind diese Kosten wesentlich. Für das Low-Input Fichte und das Agroforst-System Esche/Ahorn wurde keine Rekultivierung berücksichtigt. Eine anschliessende Beweidung ist problemlos möglich, weil die Wurzelstöcke nach 20 Jahren noch klein sind und schnell verfallen. Insbesondere in Hanglagen ist es ökologisch und

Rekultivierung:
Hohe Kosten
bei Chinaschilf

9) Der durchschnittliche Haushalt benötigt jährlich rund 5'400 kWh Energie in Form von Strom.

ökonomisch sinnvoller, den Boden nicht aufzubrechen und die Stöcke in der Erde verfaulen zu lassen.

Ökonomische und rechtliche Aspekte

Rechtsstatus Landwirtschaftsland
als zentrale Voraussetzung

Eine Befürchtung im Umgang mit Biomassekulturen ist, dass Landwirtschaftsland durch den Anbau von Biomassekulturen zu Wald wird. Sobald der Rechtsstatus Landwirtschaftsland aufgegeben wird, gilt das Waldgesetz. Diese Flächen würden dann der Landwirtschaft dauerhaft verloren gehen. Aus den ausgewerteten Gesetzesgrundlagen kann für die untersuchten Anbausysteme und Biomassekulturen Folgendes geschlossen werden:

- Weiden gelten als Baumkulturen¹⁰⁾ und können bis zu 50 Jahren auf einer Fläche angebaut werden, ohne dass diese Flächen den Rechtsstatus des Landwirtschaftslands verlieren.
- Fichten gelten nicht als Baumkulturen. Damit ist eine Umtriebszeit¹¹⁾ von bis zu 50 Jahren nicht möglich. Je nach Kanton gelten Fichtenkulturen bereits nach 15 Jahren als Wald.
- Feldobstbäumen auf landwirtschaftlichen Flächen gelten auch langfristig nicht als Wald.

Die für diese Studie untersuchten Anbausysteme und Biomassekulturen sind im Hinblick darauf ausgewählt, dass die betrachteten landwirtschaftlichen Flächen den Rechtsstatus als Landwirtschaftsland nicht durch den Anbau der Biomassekulturen verlieren.

Begrenzte Umtriebszeit
wirkt ertragsmindernd

Bei Fichte und Esche / Ahorn führt die zum Erhalt des Rechtsstatus notwendige Begrenzung der Umtriebszeit zu niedrigeren Erträgen. Daraus leitet sich die Frage ab, ob die Umtriebszeit für Fichte nicht wie bei den Baumkulturen auf 50 Jahre verlängert werden kann. In den Deutschen Bundesländern Bayern, Hessen und Schleswig-Holstein werden Biomassekulturen¹²⁾ aus der Walddefinition explizit herausgenommen. Damit wird verhindert, dass Landwirtschaftsland zu Wald wird.

Keine landwirtschaftlichen
Zahlungen für holzartige
Biomassekulturen

Landwirtschaftsbetriebe erhalten Direktzahlungen für die gesellschaftlich erwünschten Effekte bei der Nutzung von Flächen für den Anbau von Nahrungs- und Futtermittelkulturen. Biomassekulturen können vergleichbare gesellschaftlich erwünschte Effekte erbringen. Beispielsweise ist das Agroforst-System Esche / Ahorn eine naturnahe und umweltfreundliche Produktionsform, die einen bedeutenden ökologischen und landschaftlichen Nutzen erbringt. Für diese Produktionsform werden bisher noch keine Direktzahlungen ausbezahlt.

10) gemäss Art. 2 Abs. 3 WaG

11) Umtriebszeit ist der benötigte Zeitraum vom Anbau bis zur Ernte

12) auch sog. Kurzumtriebsplantagen

Arbeitsaufwand und Bewirtschaftung beeinflussen die Wirtschaftlichkeit. Sie unterscheiden sich stark bei den vier Anbausystemen. Noch entscheidender als Arbeitsaufwand und Bewirtschaftung sind aber die Förderbeiträge an die Landwirtschaft. Unter den heute gegebenen Rahmenbedingungen ist nur der Anbau von Chinaschilf (siehe Abbildung 1) rentabel. Dies ist auf die Direktzahlungen der Landwirtschaft zurückzuführen. Unter gewissen Bedingungen kommen auch Agroforst-Systeme heute in den Genuss landwirtschaftlicher Direktzahlungen. Chinaschilf und Esche/ Ahorn würden ohne Förderbeiträge schlecht abschneiden.

Wirtschaftlichkeit ist
ohne Förderung
nicht gegeben

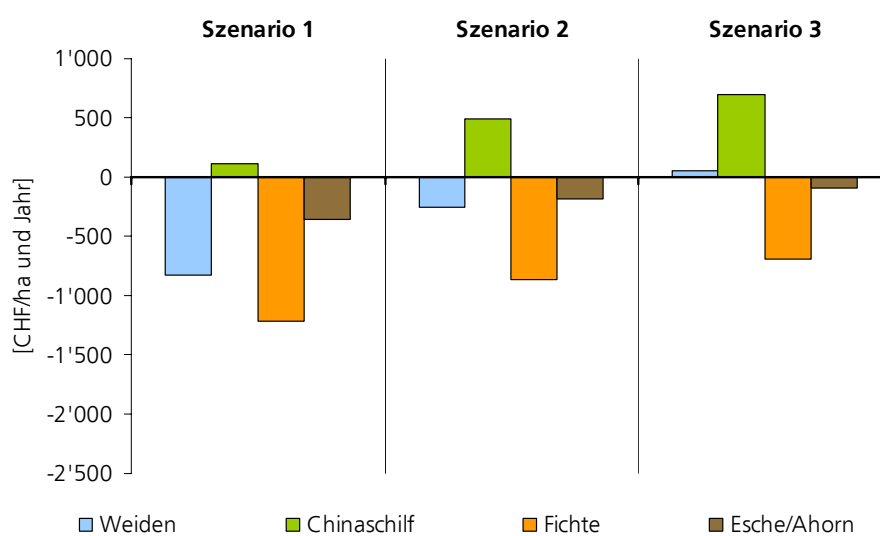
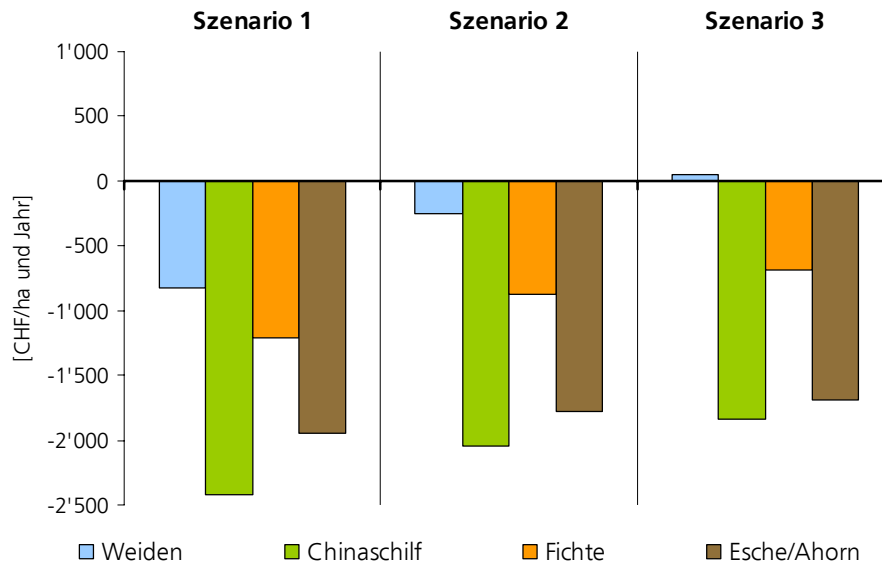


Abbildung 1:
Wirtschaftlichkeit mit
Förderbeträgen

Die zukünftige Entwicklung der Wirtschaftlichkeit von Biomassekulturen ist unsicher. Bei höheren fossilen Energiepreisen und ohne landwirtschaftliche Förderbeiträge könnte der Anbau von Weiden in intensiven Anbausystemen in der Schweiz kostendeckend betrieben werden (siehe Szenario 3, Abbildung 2). Der Anbau von Fichtenkulturen auf landwirtschaftlichen Flächen ist in keinem Szenario wirtschaftlich. Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit müssten die Umtriebszeiten der Fichtenkulturen verlängert werden. Nur bei längeren Umtriebszeiten könnte das Holz auch für die industrielle Nutzung verwendet werden. Und Industrieholz erzielt auf dem Markt höhere Preise als Energieholz.

Abbildung 2:
Wirtschaftlichkeit ohne
Förderbeiträge



Der Anbau von Biomassekulturen ist nicht wirtschaftlich, solange dieser nicht in vergleichbarem Umfang wie Nahrungs- und Futtermittelkulturen gefördert werden.

Opportunitätskosten
für Landwirte

Landwirte setzen in erster Linie auf die Kultur, die für eine gewisse Fläche am rentabelsten ist. Je nach Art, Grösse oder Lage des Betriebs spielen bei der Auswahl der Kultur zudem Kriterien wie die Verbesserung des Bodens (zum Beispiel durch schonende Fruchtfolgen), die Auslastung von Personal und Maschinen, die Absicherung gegen externe Risiken (Witterungsverhältnisse, Marktentwicklungen) eine wichtige Rolle. Für den Landwirt spielt es zudem eine zentrale Rolle, wie sich die ausgewählten Biomassekulturen beim Arbeitsaufwand, bei der Bodenbelastung oder bezüglich der Kapitalintensität unterscheiden.

Ohne Förderbeiträge:
Weidenkulturen mit höheren
Deckungsbeiträgen als
landwirtschaftliche Kulturen

Die Abbildung 3 zeigt die Opportunitätskosten der Landwirte ohne Berücksichtigung von Fruchtfolgen. Folgende Erkenntnisse sind zentral:

- Für den Anbau von Chinaschilf und Weide sind jene Flächen geeignet, wo heute hauptsächlich Körnermais angebaut wird. Der Körnermais wird deshalb den Weiden- und Chinaschilfkulturen gegenübergestellt. Der Landwirt erzielt beim Anbau von Körnermais mit Förderbeiträgen 400 Franken Gewinn pro Hektar und Jahr. Im Vergleich dazu erzielt er beim Anbau von Chinaschilf 109 Franken Gewinn, beim Anbau von Weiden ergibt sich ein Verlust von 827 Franken.
- In steileren Gebieten, wo Fichten und Esche / Ahorn angebaut werden können, wird als Vergleich eine extensive Wiese gewählt. Mit einer extensiven Wiese lässt sich pro Hektar und Jahr etwa ein Gewinn von 700 Franken erzielen. Ein Agroforst-System Esche / Ahorn käme im Vergleich auf einen Verlust von 359 Franken und ein extensiven Anbau von Fichte würde einen Verlust von 1'210 ergeben.

- Aufgrund der Förderbeiträge sind derzeit die extensiven Wiese und die Körnermaiskultur aus rein wirtschaftlicher Sicht interessanter. Falls Förderbeiträge wegfallen oder die Biomassekulturen in ähnlichem Umfang gefördert würden, dann würden die Weidenkulturen höhere Deckungsbeiträge erzielen als die betrachteten traditionell landwirtschaftlichen Kulturen: der Verlust von 827 Franken pro Hektar und Jahr bei Weidenkulturen wäre unter diesen Voraussetzungen geringer als der Verlust beim Körnermais (1'118 Franken) und jenem einer extensiven Wiese (1'574 Franken).

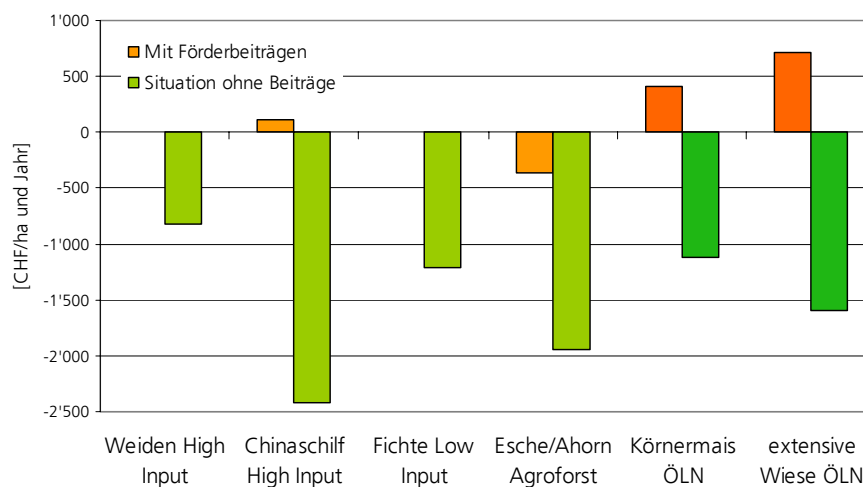


Abbildung 3:
Opportunitätskosten

Die Bindung von landwirtschaftlichen Flächen für den Anbau von mehrjährigen Biomassekulturen schränkt den Landwirten in seinem Handlungsspielraum ein. Zudem sind grosse Investitionen in den ersten Jahren notwendig. Die Ernte erfolgt je nach Kultur erst nach 20 Jahren. Diese langfristige Bindung von Flächen- und Geldkapital sowie den arbeitsintensiven Rückbau der Flächen zu Ackerland beurteilen die Landwirte als Nachteile von Biomassekulturen im Vergleich zu traditioneller Landwirtschaft (Skodawessely, 2008).

Umweltauswirkungen

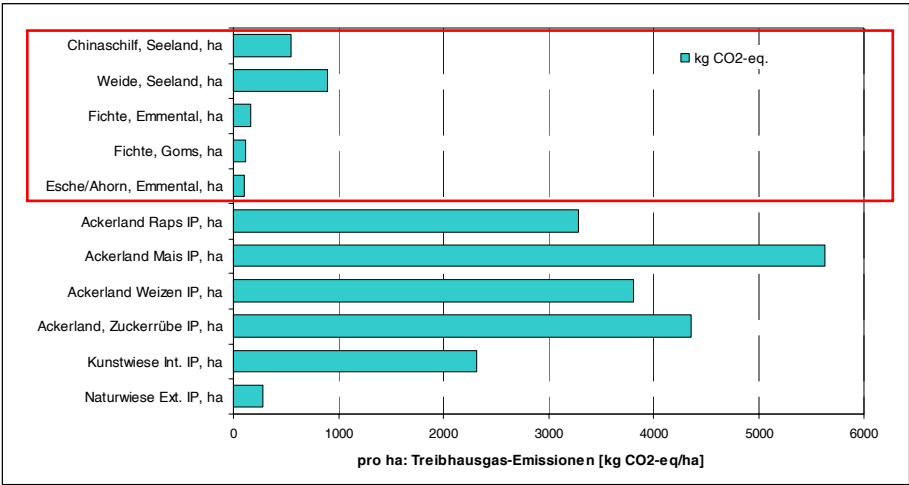
Bezüglich der Umweltauswirkungen schneiden die extensiven Anbausysteme (Low-Input Fichte und Agroforst-System Esche/ Ahorn) deutlich besser ab als die intensiven Anbausysteme Weiden und Chinaschilf.

Umweltauswirkungen
abhängig von
Intensität der Bewirtschaftung

Biomassekulturen weisen deutlich tiefere Treibhausgasemissionen auf als übliche landwirtschaftliche Systeme (siehe Abbildung 70). Fichte und Esche/Ahorn werden nicht gedüngt und haben daher extrem tiefe Treibhausgasemissionen. Durch den Anbau mehrjähriger Kulturen können die Treibhausgasemissionen pro Fläche zudem markant gesenkt werden. Extensiv genutzte Naturwiesen weisen sehr tiefe Werte auf, sie sind aber immer noch rund doppelt so hoch wie von Waldkulturen.

Treibhausgasemissionen:
Biomassekulturen mit
sehr tiefen Werten

Abbildung 4:
Treibhausgasemissionen
pro Hektar und Jahr



Fossiles CO₂ als
dominantes Treibhausgas

Die Abbildung 5 zeigt die jährlichen Emissionen der unterschiedlichen Treibhausgase bei der Nutzung von einer Hektare Fläche. Beim Anbau von Biomassekulturen ist fossiles CO₂ das dominante Treibhausgas. Dieses stammt bei Weidenkulturen primär von der energieintensiven Düngemittelproduktion und zum Teil aus dem Maschineneinsatz. Bei Fichtenkulturen und beim Agroforst-System Esche/Ahorn ist das fossile CO₂ fast ausschliesslich auf den Maschineneinsatz zurückzuführen. Beim Chinaschilf ist vor allem der maschinenintensive Rückbau für die erhöhten Emissionen verantwortlich.

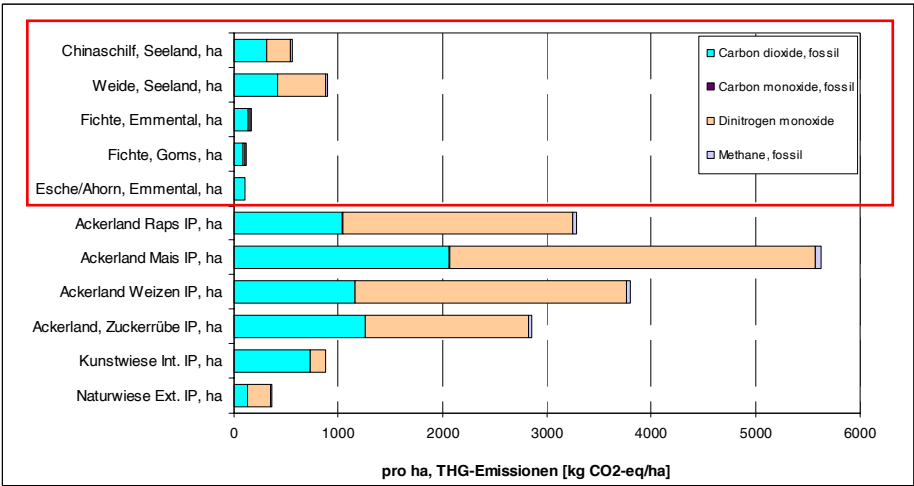
Geringe Lachgasemissionen bei
Chinaschilf und Weide

Neben CO₂ kommen bei Chinaschilf und Weide auch geringe Lachgasemissionen durch die Düngung ins Spiel. Die Lachgasemissionen von Chinaschilf und Weide sind deutlich geringer als jene von traditionellen Ackerlandkulturen, die sonst auf diesen Flächen angebaut würden. Dies beruht auf der Annahme, dass bei Chinaschilf und Weide kein Nitratreaching stattfindet.

Höhere Werte für die
landwirtschaftliche Produktion

Die landwirtschaftlichen Produkte weisen sowohl bezüglich CO₂ als auch Lachgas deutlich höhere Werte als die Biomassekulturen auf. Dies ist vor allem durch den höheren Einsatz von mineralischem Dünger bedingt.

Abbildung 5:
Treibhausgasemissionen nach
Substanzen pro Hektar und Jahr



Die Abbildung 6 zeigt das Ergebnis der beiden voll aggregierenden Methoden Umweltbelastungspunkte UBP06 und Ecoindicator EI99 in einer Darstellung. Die Ergebnisse können wie folgt kommentiert werden:

- Die hohen Werte für EI99 bei Chinaschilf und Weide beruhen primär auf Schwermetallemissionen, die aus der Düngung der Kulturen resultieren. Je intensiver der Anbau, desto höher ist die Auswirkung auf die Umwelt.
- Die Biomassekulturen Chinaschilf und Weide weisen bezüglich der UBP – Methode rund die Hälfte des gesamten Umweltimpacts auf im Vergleich mit den Ackerbaukulturen, die sie ersetzen. Das Low-Input-System Fichte und das Agroforst-System Esche/Ahorn sind mit sehr geringen Umweltbelastungen verbunden.

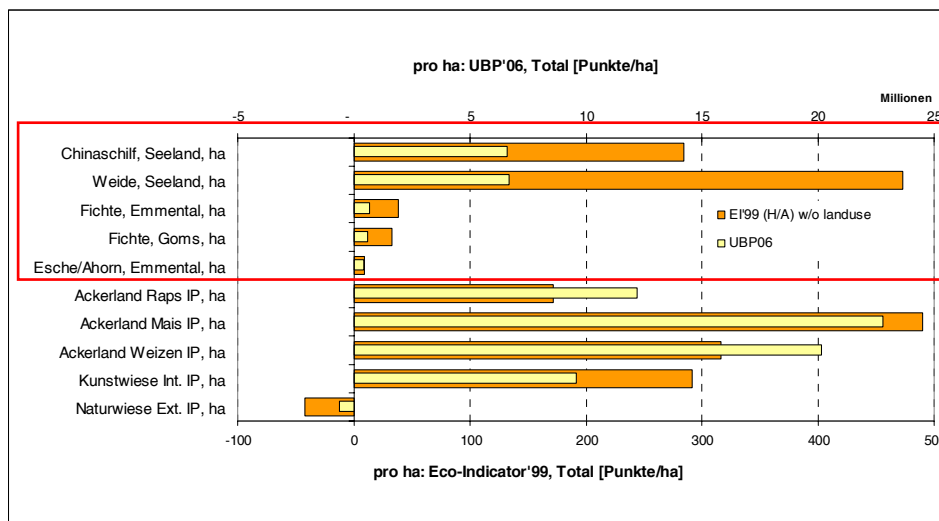


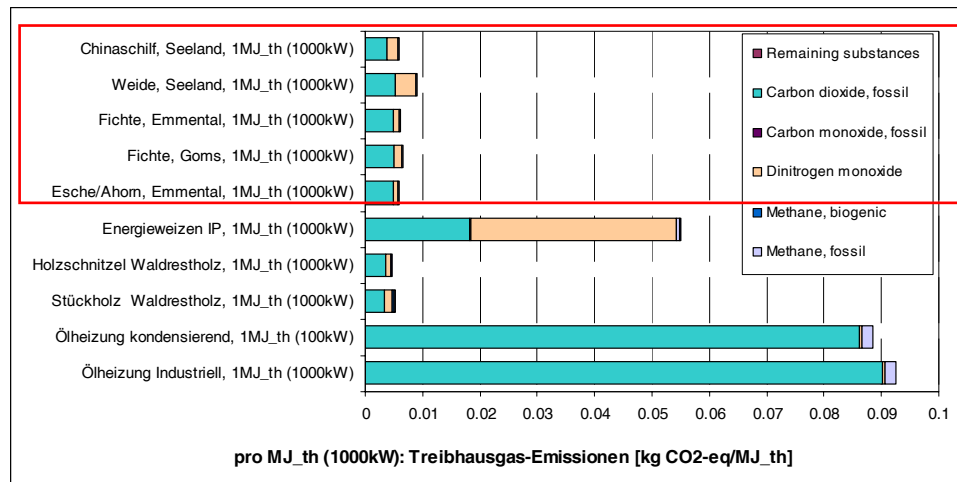
Abbildung 6:
Umweltbelastungspunkte im
Vergleich (pro Hektar und Jahr)

Wenn man die Wärmebereitstellung auf Biomassekulturen mit den fossilen Energieträgern (Wärme aus Ölheizungen) vergleicht, schneiden die Biomassekulturen im Hinblick auf die Umweltauswirkungen deutlich besser ab als Ölheizungen. Die Wärmeproduktion der untersuchten Biomassekulturen hat rund 90% tiefere Treibhausgasemissionen als eine Ölheizung (siehe Abbildung 7).

Umweltimpact pro MJ thermischer Energie:

Biomassekulturen mit 90%
tiefere Treibhausgasemissionen
als eine Ölheizung

Abbildung 7:
Treibhausgasemissionen bei
1'000 kW Heizung



Agroforst-Systeme
mit positiven
Umweltauswirkungen

Der Anbau von Biomassekulturen ist eine vergleichsweise extensive Bewirtschaftungsform, die auch positive Auswirkungen auf die Biodiversität haben kann. Sie bieten insbesondere Nistplätze für Vögel. Auch Bodenmikroorganismen finden in Biomassekulturen bessere Lebensbedingungen als in jährlich umgepflügten Äckern. Besonders hervorzuheben sind die positiven Auswirkungen der Agroforst-Systeme auf die Umwelt. Dieses Anbausystem bietet folgende Vorteile:

- Lebensraum für Vögel und Insekten (u.a. Nützlinge und Schädlinge)
- Verringert die Bodenerosion eines Feldes durch den Windwiderstand der Bäume
- Liefert Schatten, was bei kombinierter Tierhaltung dem Schutz und dem Komfort der Tiere im Sommer dient
- Liefert kostenlosen Dünger
- Kühlt im Sommer durch Verdunstung über die Blätter der Bäume

Ungünstige Auswirkungen von
Biomassekulturen auf den
Wasserhaushalt

Biomassekulturen können ungünstige Auswirkungen auf den Wasserhaushalt der Böden haben. Negative Auswirkungen entstehen insbesondere dann, wenn intensive Biomassekulturen auf bislang extensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen angebaut werden.

Landschaftsbild

Biomassekulturen haben einen grossen Einfluss auf das Landschaftsbild. Deshalb sind sie als Bestandteil in die Landschaft so zu integrieren, dass sie von der Bevölkerung akzeptiert werden. Für die Akzeptanz durch die Anspruchsgruppen vor Ort ist entscheidend, ob mit der Realisierung von Biomassekulturen das Charakteristische der Landschaft erhalten werden kann.

Biomassekulturen:
künstlich vs. ästhetisch

Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen können als künstlich wahrgenommen werden, sie können aber auch zur ästhetischen Aufwertung beitragen. Die Auswirkungen von Biomassekulturen auf das Land-

schaftsbild müssen je nach Kultur und Anbausystem und immer im Kontext mit der direkten Nachbarschaft am Standort beurteilt werden.

Der Ersatz von intensiven Agrarkulturen durch Biomassekulturen stösst weniger auf Widerstand, als die Realisierung von Biomassekulturen in natürlich wirkenden Landschaften. Beim Ersatz von intensiven Agrarkulturen könnten auch durchaus High-Input Systeme, wie Weiden oder Chinaschilf im Landschaftsbild akzeptiert werden.

High-Input Systeme in intensiven Agrargebieten werden akzeptiert

Die grössten Steuerungsmöglichkeiten und Synergien zwischen Energieholznutzung und einer Aufwertung des Landschaftsbildes bestehen bei Agroforst-Systemen. Dieses Anbausystem hat einen eher positiven Einfluss auf das Landschaftsbild. In der landschaftsplanerischen Gestaltung kann mit der Fortführung bestehender Strukturelemente (Wege, Hecken, ...) eine noch höhere Akzeptanz geschaffen werden. Die Fortführung und Ausdehnung bestehender Waldgebiete durch Biomassekulturen stösst allerdings in Berggebieten rasch auf Widerstand, da die Einwaldung bei den lokalen Akteuren eher negativ assoziiert ist.

Agroforst-System wertet Landschaftsbild auf

Der grösste Vorbehalt lokaler Akteure gegenüber Biomassekulturen besteht in der Angst vor dem Verlust der Eigenart. Diesem Aspekt muss bei der landschaftsplanerischen Gestaltung genügend Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Angst vor Verlust der Eigenart

Chancen von Biomassekulturen

Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen stehen im Spannungsfeld zwischen der Energie-, Klima-, Umwelt-, der Landwirtschafts- sowie der Waldpolitik.

Spannungsfeld Energie, Klima, Umwelt, Landwirtschaft und Wald

Biomassekulturen können einen Beitrag zur Substitution fossiler Energieträger leisten. Damit unterstützen sie die Schweizer Energie- und Klimapolitik.

Ersatz fossiler Energieträger

Fichtenkulturen im Voralpen- und Alpengebiet leisten einen Beitrag zur Rohstoffversorgung der Holzwirtschaft. Weidenkulturen sind weniger für die Holzverarbeitung von Interesse. Weiden gewinnen für die Energieversorgungsunternehmen an Bedeutung, sobald die Energiepreise steigen, um den Rohstoffversorgungsmix der Produktionsanlagen sicher zu stellen.

Rohstoffversorgung

Biomassekulturen sind in der Regel artenreicher als intensiv genutzte Ackerflächen. Es entstehen Lebensräume für Flora und Fauna, die teilweise 20 Jahre in Ruhe gelassen werden.

Lebensräume für Tiere und Pflanzen

Agroforst-Systeme gelten als naturnahe und ökologisch wertvoll Produktionsformen. Sie bieten gute Rückzugsgebiete und natürliche Lebensräume

Agroforst-Systeme: naturnah und ökologisch

für Vögel und Insekten. Agroforst-Systeme könnten auch mit seltenen Baumarten und Feldobstbäumen betrieben werden.

Positiv für
das Landschaftsbild

Agroforstsysteme wirken sich eher positiv auf das Landschaftsbild aus. Auch der rücksichtsvolle, in die Landschaft eingebettete Anbau von Fichten- und Weidenkulturen kann positiv bewertet werden.

Kluge Kombinationen

Mit Agroforst-Systemen können unterschiedliche Nutzungen und Leistungen auf der gleichen Fläche kombiniert werden: Beispielsweise könnten auf Grenzertragsflächen Futtermittelproduktion, Holzproduktion, Lebensräume für Flora und Fauna sowie eine Aufwertung des Landschaftsbild gleichzeitig realisiert werden.

Rentabilität bei angepasster
Förderung

Mit den Agroforst-Systemen kann die Landwirtschaft einen weiteren Beitrag an den Natur- und Landschaftsschutz leisten. Und das könnte an produktiven Standorten schon heute rentabel sein. Voraussetzung dafür wäre, dass die Direktzahlungen von bisher nur der bestockten Fläche auf die gesamte bewirtschaftete Fläche ausgedehnt würden.

Biomassekulturen können
Landwirtschaftsland erhalten

Auf Grenzertragsflächen wächst heute bereits Wald auf Kosten der Landwirtschaftsfläche. Mit dem Anbau von Biomassekulturen auf Grenzertragsflächen könnte verhindert werden, dass landwirtschaftliche Produktionsfläche zu Wald wird. Dafür müsste der rechtliche Status von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen eindeutig definiert werden.

Schutz vor Hangrutschungen

Der Anbau von Biomassekulturen kann in den Voralpen und Alpen die Auswirkungen von Extremereignissen mildern. Beispielsweise können Weidenkulturen als Massnahmen zur Sicherung von tiefgründigen Hangrutschungen und Bodeninstabilitäten angepflanzt werden.

Positive Ökobilanzen

Speziell die Fichtenkulturen und die Agroforst – Systeme Esche / Ahorn haben sehr günstige Ökobilanzen, da kaum Energie und Düngemittel bei der Bewirtschaftung aufgewendet werden.

Risiken von Biomassekulturen

Flächenkonkurrenz

Die Konkurrenz um fruchtbare landwirtschaftliche Flächen wird auch in der Schweiz immer stärker. Gleichzeitig wird die Versorgung mit im Inland produzierten Nahrungsmitteln zunehmend zum politischen Thema. Gerade dort, wo Nahrungsmittel am effizientesten produziert werden können, bestehen auch die grössten Konkurrenzen mit anderen Nutzungen (Wachstum des Siedlungsgebietes und der Verkehrsinfrastruktur, Erholungs- und Freizeitnutzungen, etc.).

Indirekte Auswirkungen
berücksichtigen

Da anzunehmen ist, dass der Anbau von Biomassekulturen zu einem Rückgang der einheimischen Nahrungsmittelproduktion und gleichzeitig zu einem gesteigerten Import von Nahrungs- und Futtermitteln führen wird,

sollten die indirekten Auswirkungen des von Nahrungs- und Futtermittelimports ebenfalls berücksichtigt werden. Die Nahrungs- und Futtermittelproduktion könnte beispielsweise in den entsprechenden Ländern zu einer Abnahme der Biodiversität führen.

Wenn ökologisch sensible Flächen für Biomassekulturen genutzt werden, sind negative Effekte auf die Umwelt zu erwarten. Es existieren derzeit noch keine Kriterien für die nachhaltige Bewirtschaftung von Biomassekulturen in der Schweiz.

Auswirkungen auf ökologisch sensible Flächen

Künftig wird der Wasserverfügbarkeit im Sommer und im Herbst – vor allem im Mittelland – grössere Bedeutung zukommen. Limitierender Faktor sind die geringen Niederschlagsmengen. Günstige Standorte für Fichten- und Weidenkulturen sind im Mittelland beschränkt.

Wasserhaushalt wird beeinflusst und...

Für Biomassekulturen sind grosse Investitionen in den ersten Jahren notwendig. Die Entscheidung, Biomassekulturen anzubauen, ist für den Landwirt eine langfristige: denn die Ernte erfolgt je nach Kultur erst nach 20 Jahren.

.. Fläche und Kapital über Jahre gebunden.

Ergebnisse der Studie im Überblick

In der Tabelle 2 sind die wichtigsten Resultate der Studie im Überblick dargestellt.

Tabelle 2: Übersicht der Auswirkungen von den Varianten

	Anbausysteme			
	High-Input Weiden	High-Input Chinaschilf	Low-Input Fichte	Agroforst-System Esche / Ahorn
Potenziale				
Technisch-ökologisches Potenzial (Mio. t TS/a)	5	4.2	4.4	3.5
Gesellschaftliches Potenzial (Mio. t TS/a)	0.66	0.47	1.04	0.69
Flächenbedarf - Technisches-ökologisches Potenzial (Mio. ha)	0.59	0.43	1.14	1.04
Flächenbedarf - Gesellschaftliches Potenzial (Mio. ha)	0.11	0.07	0.4	0.3
Ökonomische und rechtliche Aspekte				
Art der Bewirtschaftung	intensiv	intensiv	extensiv	extensiv
Arbeitsaufwand	gering	hoch	mittel	mittel
Wirtschaftlichkeit heute mit Förderbeiträgen	negativ	rentabel	negativ	negativ
Wirtschaftlichkeit 2025, Szenario 3, ohne Förderbeiträge	kosten-deckend	negativ	negativ	negativ
Umweltauswirkungen				
Treibhausgasemissionen (pro ha)	mittel - hoch	mittel	gering	gering
Umweltbelastungspunkte (pro ha)	hoch	mittel	gering	gering
Einfluss auf die Biodiversität in der Landwirtschaft	positiv	positiv	neutral	positiv
Einfluss auf den Wasserhaushalt in der Landwirtschaft	negativ	negativ	neutral	neutral
Landschaftsbild				
Wahrnehmung	neutral - positiv	neutral	neutral	positiv

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung.....	1
2	Ausgangslage, Aufgabenstellung.....	5
2.1	Holzangebot und -nachfrage in der Schweiz	5
2.1.1	Mobilisierung der Holzreserven aus dem Wald.....	7
2.1.2	Erschliessung neuer Holzquellen.....	9
2.1.3	Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen....	9
2.2	Untersuchungsfragen.....	10
3	Vorgehen.....	11
3.1	Generelle Methodik	11
3.1.1	Module	11
3.1.2	Begleitgruppe.....	12
3.2	Systembeschreibung	13
3.2.1	Systemabgrenzung	13
3.2.2	Auswahl von Baumarten.....	15
3.2.3	Anbausysteme.....	17
3.2.4	Varianten	19
3.3	Szenarien und Modellregionen	20
3.3.1	Szenarien	20
3.3.2	Modellregionen.....	22
4	Potenziale.....	23
4.1	Einleitung	23
4.2	Herleitung der Potenziale	23
4.2.1	Potenzialbegriffe	23
4.2.2	Vorgehen.....	25
4.2.3	Biomasseertrag.....	30
4.3	Modellierung	31
4.3.1	Variante Weiden.....	32
4.3.2	Variante Chinaschilf.....	32
4.3.3	Variante Fichte	34
4.3.4	Variante Esche / Ahorn	35
4.4	Technisch – ökologisches Potenzial	36
4.4.1	Erträge und Flächenpotenziale in der Schweiz	36
4.4.2	Räumliche Verteilung in der Schweiz.....	37
4.5	Gesellschaftliches Potenzial	47
4.5.1	Erträge und Flächenpotenziale in der Schweiz	47
4.5.2	Räumliche Verteilung in der Schweiz.....	49
4.5.3	Grenzertragsflächen	59
4.6	Fazit	60

5	Technologie und Logistik	63
5.1	Ausgangslage.....	63
5.1.1	Ziele	63
5.1.2	Prozess- und Logistikketten	63
5.2	Variante Weiden	65
5.2.1	Grundlagen	65
5.2.2	Prozesse	66
5.3	Variante Chinaschilf	68
5.3.1	Grundlagen	68
5.3.2	Prozesse	68
5.4	Variante Fichte	70
5.4.1	Grundlagen	70
5.4.2	Prozesse	71
5.5	Variante Esche / Ahorn	73
5.5.1	Grundlagen	73
5.5.2	Prozesse	74
5.6	Fazit.....	75
6	Ökonomische und rechtliche Aspekte	77
6.1	Einleitung.....	77
6.2	Rechtliche Rahmenbedingungen für Biomassekulturen	77
6.2.1	Walddefinition.....	77
6.2.2	Definition von Wald	78
6.2.3	Folgerungen und offene Fragen	80
6.3	Agrarpolitische Massnahmen	82
6.3.1	Einleitung	82
6.3.2	Mögliche Zahlungen an Biomassekulturen	82
6.3.3	Aktuelle Zahlungen für die untersuchten Varianten (2008)	84
6.4	Betriebswirtschaftliche Aspekte.....	85
6.4.1	Einleitung	85
6.4.2	Annahmen für die Berechnungen.....	86
6.4.3	Finanzieller Aufwand und Ertrag	86
6.4.4	Vergleich der untersuchten Varianten	94
6.4.5	Folgerungen	97
6.5	Regionalwirtschaft und Raumentwicklung.....	100
6.5.1	Einleitung	100
6.5.2	Allgemeine Aspekte und Auswirkungen	101
6.5.3	Mögliche Potenziale und Auswirkungen in Modellregionen	103
6.5.4	Folgerungen	105
6.6	Fazit.....	105
6.6.1	Rechtliche und wirtschaftliche Aspekte	105
6.6.2	Nutzungskonflikte	106

7	Umweltauswirkungen	108
7.1	Einleitung	108
7.2	Vorgehen und Methodik	109
7.2.1	Generelles Vorgehen	109
7.2.2	Attributive Ökobilanz.....	109
7.2.3	Prozesse der Ökobilanz	110
7.2.4	Analyse von kritischen Faktoren	111
7.2.5	Literaturrecherche	113
7.3	Ergebnisse der Ökobilanz	114
7.3.1	Umweltimpact-Assessment pro Hektare	114
7.3.2	Umweltimpact-Assessment pro MJ thermische Energie	117
7.4	Ergebnisse der Literaturrecherche	119
7.4.1	Ergebnisse im Überblick.....	119
7.4.2	Ergebnisse für Biel-Seeland	120
7.4.3	Ergebnisse für Region Emmental	121
7.4.4	Ergebnisse für die Region Goms.....	121
7.5	Fazit	122
8	Landschaftsbild	123
8.1	Einleitung	123
8.2	Vorgehen.....	123
8.3	Grundlagen: Landschaft und Landschaftsbild	124
8.3.1	Die Schweizer Landschaft	124
8.3.2	Die Landschaft im Wandel	125
8.3.3	Die Funktionen der Landschaft.....	125
8.3.4	Das Bild der Landschaft.....	126
8.3.5	Wahrnehmung von Biomassekulturen	127
8.4	Auswirkungen der Anbausysteme auf die Landschaft	128
8.4.1	Wechselwirkung Biomassekulturen und Standort... 129	
8.4.2	Auswirkung der untersuchten Biomassekulturen.... 129	
8.5	Visualisierungen des Landschaftsbildes.....	130
8.5.1	Visualisierung als Planungsinstrument	130
8.5.2	Ergebnisse der Visualisierung im Emmental.....	130
8.6	Akteure und Ansprüche	137
8.6.1	Akteure im Emmental.....	138
8.6.2	Befragungen im Emmental	138
8.6.3	Erkenntnisse aus den Befragungen.....	139
8.7	Fazit	140
9	Synthese.....	142
9.1	Erkenntnisse aus den Modulen	142
9.2	Energie	146
9.3	Landwirtschaft	148
9.4	Natur- und Landschaftsschutz.....	150

9.5	Wald.....	151
9.6	Klimaschutz	151
9.7	Klimawandel	152
9.8	Offene Fragen	153
10	Ausblick	155

Anhang

(Verzeichnis siehe im Anhang)

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beschreibung der Szenarien	III
Tabelle 2: Übersicht der Auswirkungen von den Varianten	XVI
Tabelle 3: Ausgewählte Baumarten und Begründung	16
Tabelle 4: Charakteristik High-Input System.....	18
Tabelle 5: Charakteristik Low-Input System	18
Tabelle 6: Charakteristik Agroforst-System	19
Tabelle 7: Priorisierte Varianten mit Kulturen und Anbausysteme	20
Tabelle 8: Beschrieb der Szenarien.....	21
Tabelle 9: Gemeindetypologien der Schweiz und Gewichtung	27
Tabelle 10: Grenzertragsflächen gemäss Arealstatistik	30
Tabelle 11: Übersicht des mittleren jährlichen Biomassezuwachses	31
Tabelle 12: Standortfaktoren für Weiden	32
Tabelle 13: Standortfaktoren für Chinaschilf.....	33
Tabelle 14: Flächen gemäss Arealstatistik für Fichte.....	34
Tabelle 15: Standortfaktoren für Fichte	34
Tabelle 16: Flächen gemäss Arealstatistik für Esche / Ahorn	35
Tabelle 17: Standortfaktoren für Esche / Ahorn	35
Tabelle 18: Technisch-ökologisches Potenzial: Erträge und Flächenpotenzial	36
Tabelle 19: Gesellschaftliches Potenzial: Erträge und Flächenpotenzial	47
Tabelle 20: Anbausysteme auf Grenzertragsflächen	60
Tabelle 21: Anfallende Produkte Biomassekulturen	64
Tabelle 22: Annahmen für den Anbau von Weiden.....	65
Tabelle 23: Annahmen für den Anbau von Chinaschilf	68
Tabelle 24: Annahmen für den Anbau von Fichte	70
Tabelle 25: Annahmen für den Anbau von Esche / Ahorn	73
Tabelle 26: Gesetzesgrundlagen für Biomassekulturen	79
Tabelle 27: Übersicht der landwirtschaftlichen Zahlungen.....	84
Tabelle 28: Annahmen für betriebswirtschaftliche Berechnungen.....	86
Tabelle 29: High-Input Weiden: Aufwand und Ertrag	86
Tabelle 30: High-Input Chinaschilf: Aufwand und Ertrag	89
Tabelle 31: Low-Input Fichte: Aufwand und Ertrag.....	90
Tabelle 32: Agroforst Esche / Ahorn: Aufwand und Ertrag	92
Tabelle 33: Charakterisierung der Modellregion Biel-Seeland	103
Tabelle 34: Charakterisierung der Modellregion Emmental	104
Tabelle 35: Charakterisierung der Modellregion Goms	104
Tabelle 36: Allokationsfaktoren	111
Tabelle 37: Substituierte Anbausysteme	112
Tabelle 38: Qualitative Bewertung der Biomassekulturen.....	119
Tabelle 39: Wechselwirkung Biomassekulturen und Standort.....	129
Tabelle 40: Merkmale der Biomassekulturen.....	129
Tabelle 41: Akteure im Emmental und Ansprüche.....	138
Tabelle 42: Übersicht der Auswirkungen von den Varianten	144
Tabelle 43: Potenziale und Heizwert von Biomassekulturen	147

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wirtschaftlichkeit mit Förderbeträgen	VII
Abbildung 2: Wirtschaftlichkeit ohne Förderbeiträge.....	VIII
Abbildung 3: Opportunitätskosten	IX
Abbildung 4: Treibhausgasemissionen pro Hektar und Jahr	X
Abbildung 5: Treibhausgasemissionen nach Substanzen pro Hektar und Jahr.....	X
Abbildung 6: Umweltbelastungspunkte im Vergleich (pro Hektar und Jahr)	XI
Abbildung 7: Treibhausgasemissionen bei 1'000 kW Heizung.....	XII
Abbildung 8: Holznutzung im Schweizer Wald	5
Abbildung 9: Entwicklung der Holznachfrage in der Schweiz.....	6
Abbildung 10: Übersicht der Module	11
Abbildung 11: Überblick der Prozesse und Rahmenbedingungen	14
Abbildung 12: Beispiel High-Input System mit Pappeln.....	17
Abbildung 13: Beispiel eines Low-Input Systems	18
Abbildung 14: Beispiel eines Agroforst-Systems.....	19
Abbildung 15: Vorgehen zur Berechnung der Potenziale	24
Abbildung 16: Tabu-Zonen für Biomassekulturen	25
Abbildung 17: Böden für die Nahrungsmittelproduktion	26
Abbildung 18: Jährlicher Niederschlag in der Schweiz	28
Abbildung 19: Bodeneignungskarte der Schweiz.....	29
Abbildung 20: Technisch - ökologisches Potenzial: Flächenanteil	37
Abbildung 21: Technisch – ökologisches Potenzial Weide.....	39
Abbildung 22: Technisch – ökologisches Potenzial Chinaschilf	41
Abbildung 23: Technisch – ökologisches Potenzial Fichte	43
Abbildung 24: Technisch – ökologisches Potenzial Esche / Ahorn	45
Abbildung 25: Gesellschaftliches Potenzial auf landwirtschaftlichen Böden	48
Abbildung 26: Gesellschaftliches Potenzial: Flächenanteil pro Kategorie	48
Abbildung 27: Gesellschaftliches Potenzial Weiden	51
Abbildung 28: Gesellschaftliches Potenzial Chinaschilf	53
Abbildung 29: Gesellschaftliches Potenzial Fichte.....	55
Abbildung 30: Gesellschaftliches Potenzial Esche / Ahorn	57
Abbildung 31: Übersicht der Grenzertragsflächen.....	59
Abbildung 32: Übersicht technisch-ökologisches und gesellschaftliches Potenzial	61
Abbildung 33: Prozesskette für Biomassekulturen.....	63
Abbildung 34: Doppelreihiger Anbau	65
Abbildung 35: Prozesse Variante Weiden.....	65
Abbildung 36: Setzmaschine für Weidenstecklinge	66
Abbildung 37: Vollernter	66
Abbildung 38: Rodungsfräse.....	67
Abbildung 39: Logistikkette	67
Abbildung 40: Prozesse Variante Chinaschilf	68
Abbildung 41: Anbau von Chinaschilf mittels einer Setzmaschine	69
Abbildung 42: Prozesse Variante Fichte.....	70
Abbildung 43: Eingewachsene Weideflächen oberhalb Rhäzuns	71
Abbildung 44: Mobilseilkran mit Prozessor.....	72
Abbildung 45: Astbündler	72
Abbildung 46: Abnahme des Transportvolumens.....	73
Abbildung 47: Prozesse Variante Ahorn.....	73
Abbildung 48: Umzäunung als Schutz vor Kühen und Wild	74
Abbildung 49: Forstraktor.....	74
Abbildung 50: Gliederung Ökonomische und rechtliche Aspekte	77
Abbildung 51: High-Input Weiden: Aufwand und Ertrag	87
Abbildung 52: High-Input Weiden: Kostenverhältnis der Prozesse	87
Abbildung 53: High-Input Weiden: Wirtschaftlichkeit.....	88
Abbildung 54: High-Input Chinaschilf: Aufwand und Ertrag	89
Abbildung 55: High-Input Chinaschilf: Kostenverhältnis der Prozesse	89
Abbildung 56: High-Input Chinaschilf: Wirtschaftlichkeit.....	90
Abbildung 57: Low-Input Fichte: Aufwand und Ertrag.....	91
Abbildung 58: Low-Input Fichte: Kostenverhältnis der Prozesse.....	91
Abbildung 59: Low-Input Fichte: Wirtschaftlichkeit	92

Abbildung 60: Agroforst Esche/Ahorn: Aufwand und Ertrag	93
Abbildung 61: Agroforst Esche/Ahorn: Kostenverhältnis der Prozesse	93
Abbildung 62: Agroforst Esche/Ahorn: Wirtschaftlichkeit	94
Abbildung 63: Gesamtbetrachtung Aufwand	94
Abbildung 64: Wirtschaftlichkeit mit Förderbeträgen	95
Abbildung 65: Wirtschaftlichkeit ohne Förderbeiträge	96
Abbildung 66: Arbeitsintensität der Varianten	97
Abbildung 67: Deckungsbeiträge	98
Abbildung 68: Opportunitätskosten	99
Abbildung 69: Prozesse der Ökobilanz	110
Abbildung 70: Treibhausgasemissionen pro Hektar und Jahr	115
Abbildung 71: Treibhausgasemissionen nach Substanzen pro Hektar und Jahr	115
Abbildung 72: Umweltbelastungspunkte im Vergleich (pro Hektar und Jahr)	116
Abbildung 73: Umweltbelastungspunkte mit Unterteilung (pro Hektar und Jahr)	117
Abbildung 74: Treibhausgasemissionen bei 1'000 kW Heizung pro Jahr	118
Abbildung 75: Treibhausgasemissionen bei 50 kW Heizung pro Jahr	118
Abbildung 76: Umweltbelastungspunkte pro Jahr bei 1'000 kW Heizung	119
Abbildung 77: Standort 1 Tal in Nahansicht	131
Abbildung 78: Standort 1 Tal in Nahansicht mit High-Input Weiden	132
Abbildung 79: Standort 2 mit Fernsicht auf Tal und Hügelzone	133
Abbildung 80: Standort 2: Weiden und Chinaschilf im Tal, Fichten in der Hügelzone	134
Abbildung 81: Standort 3 mit Fernsicht auf Tal und Hügelzone	135
Abbildung 82: Standort 3: Weiden im Tal, Fichten und Ahorn / Esche im Hügelgebiet	136
Abbildung 83: Bewertung der Nutzen der verschiedenen Anbausysteme	155

1 Einleitung und Zielsetzung

Klimaschutz, Energie und Versorgungssicherheit bestimmen immer stärker die öffentliche Diskussion. Steigende Ölpreise führen zu einer starken Nachfrage nach dem Rohstoff Holz. Regional sind schon heute Verknappungstendenzen festzustellen. Diese führen zu deutlich höheren Preisen für Energie- und Industrieholz. Die Preise einzelner Sortimente sind in den letzten Monaten um bis zu 50% gestiegen.

Stark steigende
Nachfrage nach Holz

Die Holz verarbeitende Industrie (Schnittholz, Holzwerkstoffe, Zellstoff) baut ihre Kapazitäten im In- und Ausland aus. Gleichzeitig wird Holz verstärkt als Brennstoff in Haushaltungen, Industrie und Gewerbe eingesetzt. Die für die Strom- und Wärmeproduktion geplanten Holzheizkraftwerke werden grosse Mengen an Energieholz verarbeiten. Das grösste Holzheizkraftwerk der Schweiz in Domat Ems benötigt rund 270'000 t TS¹³⁾, das in Basel im März 2008 in Betrieb genommene Werk verbrennt 50'000 t TS und das in Zürich geplante Holzheizkraftwerk Aubrugg wird bis zu 70'000 t TS Holz jährlich verwerten. Weitere solcher Anlagen sollen demnächst in der Schweiz realisiert werden. Dies wird zu einer weiter steigenden Nachfrage nach Holz führen. Auch die Chemie- und Automobilindustrie zeigt steigendes Interesse am Rohstoff Holz: Als Ausgangsstoff für Synthesen und für die Biotreibstoffproduktion.

Grosse Anzahl an geplanten
Holzheizkraftwerken

Holz wächst primär im Wald, der in der Schweiz fast einen Drittel der Landesfläche einnimmt. Motiviert durch steigende Holzpreise versuchen die Akteure aus der Wald- und Holzwirtschaft, mehr Holz aus den Schweizer Wäldern zu mobilisieren, vor allem im kleinparzelligen Privatwald. Studien in Deutschland zeigen aber, dass nur gerade 30% der Privatwaldbesitzer für eine zusätzliche Mobilisierung von Holzreserven gewonnen werden können (Holz-Zentralblatt, 2007b).

Mobilisierung von
Holzreserven im Wald

Ernst Basler + Partner AG hat Studien bezüglich des zusätzlich mobilisierbaren Holzpotenzials im Wald erarbeitet. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Energieholzpotenziale aus dem Wald eher überschätzt werden. Gespräche mit Akteuren aus der Holz- und Waldwirtschaft bestätigten die Ergebnisse. Die Holzindustrie Schweiz befürchtet Probleme in der Holzversorgung. Um die Zukunft der Holzverarbeitungsbetriebe in der Schweiz zu sichern, sind diese auf eine kostengünstige, kontinuierliche Versorgung mit dem Rohstoff Holz angewiesen.

Sorge um die
Rohstoffversorgung

13) Im Schweizer Wald sind im Jahr 2006 rund 1.42 Mio. m³ Energieholz genutzt worden. Dies entspricht rund 0.84 Mio. t TS Energieholz. Die von der Tegra Holz AG verarbeitete Energieholzmenge von 270'000 t TS entspricht rund 30% der gesamten im Schweizer Wald genutzten Energieholzmengen.

Neue Rohstoffquellen	Damit die Rohstoffverfügbarkeit für Holzindustrie, Biomassekraftwerke und Pelletproduktion gesichert und erhöht werden kann, sind daher neue Rohstoffquellen zu suchen. Holz wächst nicht nur im Wald, sondern fällt auch in der Landschaftspflege als qualitativ minderwertiges Sortiment in grösseren Mengen an. Diese könnten zusätzlich genutzt werden.
Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen	Eine weitere Möglichkeit zur Erhöhung der verfügbaren Rohstoffmengen ist der Anbau von Biomassekulturen ¹⁴⁾ auf landwirtschaftlichen Flächen. Weltweit stammen bereits 35% des Holzaufkommens aus Biomassekulturen von landwirtschaftlichen Flächen. Flächenmässig umfassen sie lediglich 5% der weltweiten Waldfläche (Holz-Zentralblatt, 2007a).
EU fördert schnell wachsende Baumarten	Im Ausland bestehen Bestrebungen, das Holzangebot mit schnell wachsenden Baumarten auf landwirtschaftliche Flächen zu erhöhen. Das von der EU festgelegte Ziel von 10% Biokraftstoffanteil ¹⁵⁾ im Jahr 2020 schafft Anreize, vermehrt Holz aus Biomassekulturen einzusetzen. Es ist zu erwarten, dass in der EU künftig Flächen statt für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion zur Produktion von nachwachsenden Rohstoffen genutzt werden. Österreich möchte beispielsweise bis im Jahr 2020 ein Viertel der landwirtschaftlichen Flächen für die Produktion von Energiepflanzen (inkl. schnell wachsende Baumarten) einsetzen.
Fehlende Grundlagen in der Schweiz	Wie sieht die Situation in der Schweiz aus? Bisher gibt es für die Schweiz erst wenige Studien, welche die Potenziale sowie Chancen und Risiken von Biomassekulturen z.B. mit schnell wachsenden Baumarten aufzeigen. Zuletzt wurden ähnliche Fragen im Jahre 1996 im Rahmen der Studie " <i>Projekt Energiegras/Feldholz</i> " (Hersener et al., 1996) untersucht. Die Resultate sind in vielen Bereichen nicht mehr aktuell.
Holzindustrie Schweiz und EBP erarbeiten Projektvorschlag	Aus diesen Gründen haben die Holzindustrie Schweiz und Ernst Basler + Partner AG im Februar 2007 einen Vorschlag erarbeitet, wie die Potenziale und Auswirkungen von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen in der Schweiz untersucht werden könnten. Der Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung vom Bundesamt für Umwelt, das Bundesamt für Energie, die Holzindustrie, die Perlen AG, die AEK Energie AG sowie der Basler Fonds haben Ende März 2007 finanzielle Mittel zur Verfügung gestellt, um das Projekt in Zusammenarbeit mit einer breit abgestützten Begleitgruppe auszuarbeiten.

14) In der vorliegenden Studie wird mit Biomassekulturen folgende Arten verstanden: Fichte, Esche, Ahorn, Weiden und Chinaschilf.

15) <http://www.euractiv.com/de/verkehr/energie-abkommen-eu-beschliet-10-ziel-okokraftstoffe/article-177843>: Die EU hat im Rahmen der fortlaufenden Verhandlungen am 5. Dezember 2008 über ihr Energie- und Klimapaket ein Abkommen geschlossen, in dem festgelegt wird, dass 10% des in der EU verwendeten Kraftstoffes aus erneuerbaren Quellen kommen muss. Dazu gehören unter anderem Biokraftstoffe, Wasserstoff und ökologisch erzeugter Strom.

Ziel dieser Studie ist abzuklären, ob ein grossflächiger Anbau von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen in der Schweiz in Frage kommt und welche Auswirkungen damit verbunden sind. Dafür werden ausgewählte Anbausysteme detailliert beschrieben. Ihre jeweiligen Ansprüche an den Boden, damit verbundene technische Prozesse, die Wirtschaftlichkeit und Auswirkungen auf Umwelt und Landschaft werden untersucht.

Zielsetzung der Studie

Somit lässt sich eine Aussage zum Potenzial von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen machen. Dies soll als Entscheidungsgrundlage für politische Akteure und private Unternehmungen dienen. Es soll aufgezeigt werden, welchen Beitrag der Anbau von Biomassekulturen für die Rohstoffversorgung in der Holzindustrie und Energiewirtschaft leisten kann und welche Chancen und Risiken mit einer verstärkten Nutzung von landwirtschaftlichen Böden mit Biomassekulturen verbunden sind.

Aussage dient als
Entscheidungsgrundlage für
Politik und Wirtschaft

2 Ausgangslage, Aufgabenstellung

2.1 Holzangebot und -nachfrage in der Schweiz

Im Jahr 2006 wurden in den Schweizer Wäldern 5.6 Mio. m³ Holz geerntet. Dies sind rund 400'000 m³ oder knapp 8% mehr als im Jahr 2005. Die Holzernte stieg somit zum vierten Mal in Folge und liegt 2006 26% über der durchschnittlichen Nutzungsmenge der Periode 1995-1999 vor dem Sturm Lothar (BAFU, 2008).

Steigende Holznachfrage

Das Spannungsfeld zwischen stofflicher und energetischer Verwertung hat sich im vergangenen Jahr weiter verschärft. Für die Forstbetriebe hat sich neben den traditionellen Märkten für Stamm- und Industrieholz mit dem Energieholzverkauf ein sehr stark wachsendes neues Marktsegment entwickelt (Holz-Zentralblatt, 2006a, siehe Abbildung 8).

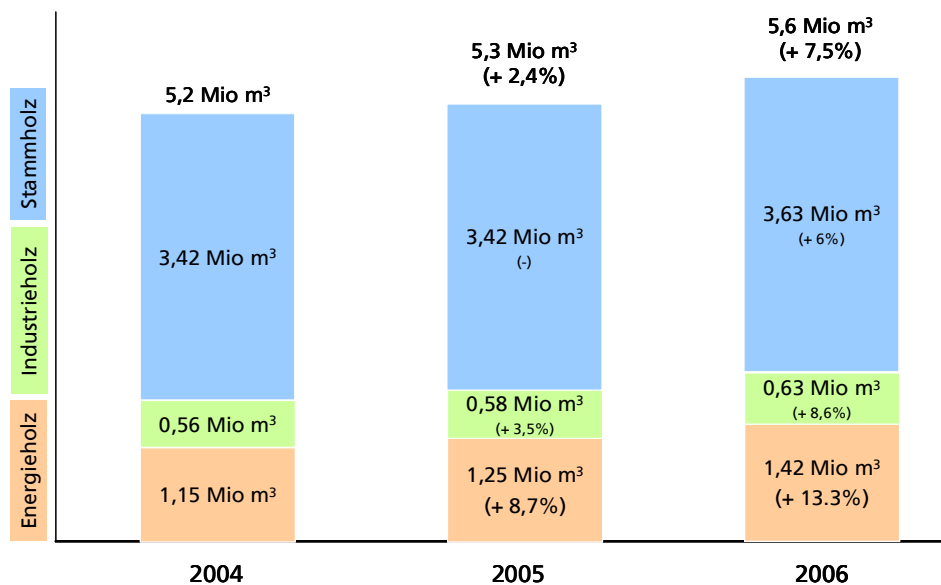


Abbildung 8:
Holznutzung im
Schweizer Wald¹⁶⁾

Die Nachfrage nach Stammholz stieg im Jahre 2006 um rund 6% auf 3.6 Mio. m³. Dies entspricht 64.7% der Gesamtnutzung. 1.6 Mio. m³ wurden exportiert. Die Nachfrage nach Stammholz wird weiter ansteigen und zu steigenden Holzpreisen auf dem Schweizer Markt führen. Bei Rohstoffknappheit in der Schweiz kann davon ausgegangen werden, dass der Rohstoff Holz aus dem internationalen Markt importiert wird.

Stammholz

16) BAFU (2007): Jahrbuch Wald und Holz 2007. Umwelt-Wissen Nr. 0807, Bundesamt für Umwelt, Bern: 175 S.

Sägereien in der Schweiz

In der Schweiz schneiden fünf Sägereien mehr als 100'000 m³ Rundholz ein. Rund 40% des Stammholzes werden von Sägereien in den Grössenklassen von 2'000 bis 10'000 m³ Rundholz eingeschnitten. Die grösste Herausforderung aus der Sicht der Holzwirtschaft liegt in einer kostengünstigen, kontinuierlichen Rohstoffversorgung der Sägewerke.

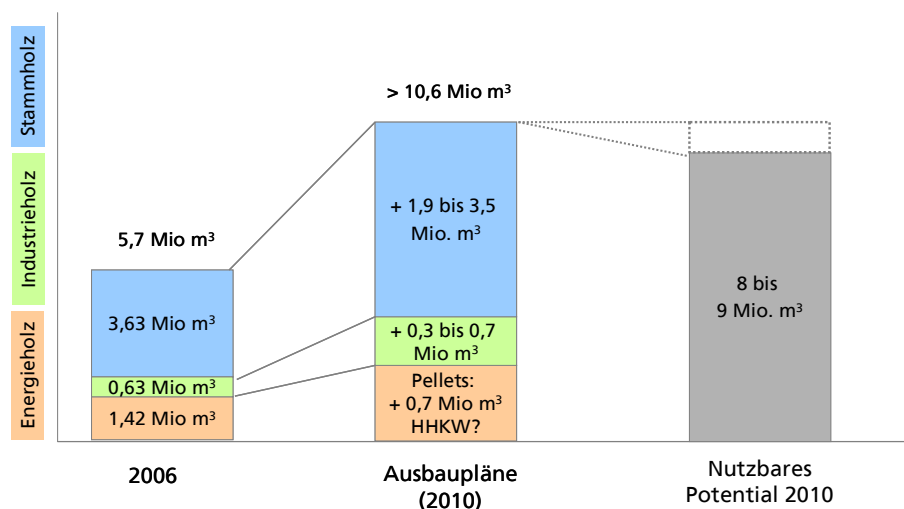
Industrieholz

Der Absatz an Industrieholz als Rohstoff für die Platten- und Papierfabrikation stieg im Jahre 2006 um rund 9% auf 0.63 Mio. m³. Dies entspricht 11% der Gesamtnutzung. Die Nachfrage nach kontinuierlicher Belieferung mit Industrieholz steigt.

Energieholz

Der Energieholzverkauf aus dem Wald nahm vom Jahre 2004 bis 2006 um 13% auf 1.42 Mio. m³ zu. Dies entspricht 23.7% der Gesamtnutzung. Durch den steigenden Preis beim Heizöl ist der Energieholzmarkt sehr stark in Bewegung geraten. Dies beeinflusst die Märkte für qualitativ schlechtes Sägerund-, Industrie- und Restholz. Es ist mit einer weiteren Zunahme der Nachfrage nach allen Energieholz-Sortimenten zu rechnen (siehe Abbildung 9).

Abbildung 9:
Entwicklung der Holznachfrage
in der Schweiz¹⁷⁾



17) BAFU (2007): Jahrbuch Wald und Holz. 2006. Holzindustrie Schweiz (2007): Rohstoffgipfel in Bern.

Strategien zur Holzversorgung

Die bisherige Nutzung des Schweizer Waldes wird nicht ausreichen, um die steigende Nachfrage nach Stamm-, Industrie- und Energieholz abzudecken. Zur Verbesserung der Holzversorgung stehen drei strategische Ansätze im Vordergrund, die im Folgenden kurz beschrieben werden:

Drei strategische Ansätze für die Sicherung der Holzversorgung

- Mobilisierung der Holzreserven aus dem Schweizer Wald
- Erschliessung neuer Holzquellen (u.a. Rest- und Altholz, Holz aus der Landschaftspflege, Import)
- Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen

Es gibt unterschiedliche Schätzungen zu den ungenutzten Holzreserven im Schweizer Wald. Holzenergie Schweiz (2007) schätzt das theoretisch zusätzlich nutzbare Potenzial zur energetischen Nutzung in der Schweiz auf ca. 5 Mio. m³ pro Jahr. Das Bundesamt für Umwelt (2007) hat in der Auswertung der LFI 3 Daten ein Nutzungspotenzial von rund 3.1 Mio. m³ ausgewiesen, das Bundesamt für Energie¹⁸⁾ (2004) schätzt das zusätzlich energetisch nachhaltig nutzbare Potenzial auf rund 3 Mio. m³. Die WSL (2003) schätzt die zusätzliche, bisher noch nicht vom Markt beanspruchte Menge Energieholz auf ungefähr 1 bis 1.5 Mio. m³ pro Jahr¹⁹⁾.

Die Holzverarbeitungsindustrie und die für die Strom- und Wärmeproduktion geplanten Holzheizkraftwerke verarbeiten grosse Mengen an Industrie- und Energieholz. Um die langfristige Versorgungssicherheit der Anlagen zu gewährleisten, ist die Diversifikation der Rohstoffquellen zentral: Es braucht Alternativen zum Energieholz aus dem Wald. Holz aus Schweizer Wäldern ist beschränkt verfügbar. Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen sind eine Möglichkeit, einen Beitrag zur Rohstoffversorgungssicherheit von Anlagen zu leisten.

2.1.1 Mobilisierung der Holzreserven aus dem Wald

Die Wälder werden in der Schweiz regional unterschiedlich intensiv bewirtschaftet. Auswertungen des dritten Landesforstinventars zeigen, dass im Mittelland in den letzten 10 Jahren Nutzungen und Mortalität sich auf rund 180% des Zuwachses belaufen (Brändli, 2007).

In den Wäldern im Mittelland wird mehr genutzt als nachwächst

In den Alpen und auf der Alpensüdseite ist die Situation anders. In den Alpen werden in den schlecht erschlossenen Wäldern nur 80%, auf der Alpensüdseite nur rund 40% des jährlich nachwachsenden Holzes von den Forstbetrieben geerntet. Einerseits sind einige Waldbestände vollständig

Gesamtschweizerisch ist der Zuwachs grösser als die Nutzung und Mortalität

18) BFE (2004): Potentiale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz.

19) WSL (2003): Schätzung des Potenzials an Energieholz im Schweizer Wald und Kalkulation der Bereitstellungskosten.

von der Nutzung ausgenommen (aufgrund schlechter Erschliessung oder Wirtschaftlichkeit), andererseits wird in bewirtschafteten Wäldern nicht der ganze Zuwachs genutzt. Gesamtschweizerisch ist der Zuwachs in den letzten 10 Jahren rund 10% grösser als die Nutzung und Mortalität.

Waldrestholz aus
Pflege und Ernte

Bei der Waldpflege und der Holzernte fallen im Wald Biomasse - Rückstände an. Beispielsweise wird das bei der Durchforstung anfallende Holz und Teile der bei der Stammholz - Ernte anfallenden Biomasse (Äste, Baumkronen etc.) im Wald liegen gelassen. Diese Potenziale werden nun teilweise genutzt. Welche Auswirkungen diese Nutzung auf den Boden- und Nährstoffhaushalt im Wald haben, ist noch nicht bekannt²⁰⁾.

Hemmnisse für die
Holzmobilisierung

Die zusätzliche Holzmobilisierung in den Schweizer Wäldern wird aufgrund folgender Hemmnisse erschwert:

- *Kleinstrukturiertheit und Eigentumsverhältnisse im Schweizer Wald:* In der Schweiz besitzen über 250'000 öffentliche und private Waldeigentümer Wald mit einer durchschnittlichen Parzellengrösse von 1.3 ha. Dies führt zu hohen Fixkosten und zum Einsatz ineffizienter Holzernteverfahren (BAFU, 2006).
- *Psychologische Barrieren bei den Waldeigentümern und Forstbetrieben:* Es bestehen psychologische Barrieren bei den Waldbesitzern zur Nutzung von Holz im Kleinprivatwald. Seit über 20 Jahren wird den Waldbesitzern erklärt, dass die Wertleistung der Waldbestände wichtiger ist als ihre Massenleistung und dass hohe Umtriebszeiten aus betriebswirtschaftlicher, naturschützerischer und auch waldästhetischer Sicht positiv wirken. Nun sollen die Vorräte und Umtriebszeiten wieder reduziert werden, was Verunsicherung auslöst (Holz-Zentralblatt, 2006b).
- *Hohe Betriebskosten:* Die hohen Holzernte- und Transportkosten in der Holznutzung führen zu geringen Erträgen für die Waldeigentümer.
- *Beschränkte nutzbare Waldfläche:* Die effektiv für die Holznutzung zur Verfügung stehende Waldfläche ist beschränkt. Die Schweizer Waldfläche enthält grosse Natur- und Landschaftsschutzgebiete, wo eine intensive Holznutzung nicht erlaubt ist²¹⁾.

Studien in Deutschland zeigen, dass ebenfalls nur ein kleiner Anteil der Waldbesitzer für eine zusätzliche Mobilisierung von Holzreserven gewonnen werden kann.

20) Die Tegra Holz AG als Betreiber des Holzheizkraftwerkes in Domat Ems arbeitet für die Beschaffung von Energieholz mit Astbündelungsmaschinen. Das Waldrestholz wird gebündelt und als Brennstoff energetisch genutzt.

21) BAFU (2008): 10% der Waldfläche sollen bis 2030 als Reservate ausgewiesen werden.

2.1.2 Erschliessung neuer Holzquellen

Stammholz wird in Sägereien, Zimmereien und Schreinereien zu Bauholz, Möbeln usw. verarbeitet. Dabei entstehen Produktionsabfälle, das Restholz. In der Schweiz fallen rund 580'000 t TS Restholz jährlich an²²⁾. Sie gelangen nicht zur Weiterverarbeitung in die Papier- und Zellstoffindustrie oder in die Holzwerkstoffindustrie. Die Restholzmengen werden von den Sägereien in grösserem Ausmass für energetische Zwecke, wie beispielsweise zur Befeuerung eigener Anlagen oder für die Pelletproduktion eingesetzt. Das auf dem Schweizer Markt zusätzlich zur Verfügung stehende zusätzlich nutzbare Potenzial wird als gering eingeschätzt (Resch, 2006).

Restholz

Als Altholz gelten Holzbauteile und -materialien, welche bei Gebäudeabbrüchen, Umbauten und Renovationen anfallen. Altholz darf nur in speziell bewilligten Altholzfeuerungen oder in Kehrichtverbrennungsanlagen verbrannt werden. Die Verbrennungsrückstände müssen zudem gesetzeskonform entsorgt werden (Holzenergie Schweiz, 2003). Die Schätzungen zum Altholzpotezial sind sehr unterschiedlich, unterliegen starken Schwankungen und sind dadurch schwierig durchzuführen. Die IG – Altholz²³⁾ geht von einem Altholzpotezial von 800'000 t pro Jahr aus. Davon werden 400'000 t für die Spanplattenproduktion nach Italien, Schweden, Deutschland und Österreich exportiert, 200'000 t in KVAs verbrannt, 130'000 t in Industriefeuerungen energetisch verwertet und der Rest von 70'000 t illegal verbrannt.

Altholz

Beim Unterhalt und bei der Pflege von Ufer- und Strassenböschungen, Verkehrsflächen und Naturschutzgebieten fällt Biomasse an, die heute noch wenig genutzt wird. Genaue Potenziale sind nicht bekannt.

Holz aus der
Landschaftspflege

2.1.3 Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen

Der Anbau von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen könnte einen Beitrag zur Bereitstellung von holzartiger Biomasse leisten und die klassischen Biomassequellen ergänzen.

Anbau von Baumarten auf
Landwirtschaftlichen Flächen

Einerseits kann der Anbau von Biomassekulturen auf Grenzertragsböden im Berggebiet eine interessante Option darstellen. Die Grenzertragsflächen, die kaum noch landwirtschaftlich genutzt werden und langsam verwalden, können so einen Beitrag zur Substitution fossiler Energieträger leisten.

Grenzertragsböden für den
Anbau von Biomassekulturen

22) Gemäss Bundesamt für Statistik (2002). Restholzmengen pro Kanton.

23) Telefonische Auskunft: W. Riegger, IG – Altholz.

Auswirkungen und
Nutzungskonflikte müssen
bekannt sein

Andererseits können Biomassekulturen auch auf fertilen landwirtschaftlichen Böden im Mittelland angebaut werden. Dabei stehen der hohe Flächenertrag und die effiziente Bewirtschaftung im Vordergrund. Solche Biomassekulturen lassen sich nur realisieren, wenn sie betriebswirtschaftlich interessant sind und zu keinen gravierenden Nutzungskonflikten führen.

2.2 Untersuchungsfragen

Vorausgesetzt, dass die Nachfrage nach dem Rohstoff Holz weiter steigt und die zusätzlichen Mengen nicht gänzlich über die Mobilisierung von Waldholz erschlossen werden können, wird dem Anbau von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen künftig grössere Bedeutung zukommen. Dies bietet Chancen und Risiken. Folgende Fragen sind zentral, um die Auswirkungen von Biomassekulturen auf Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt abzuschätzen:

Potenziale Welche Kulturen und Anbausysteme kommen in der Schweiz für Biomassekulturen auf landwirtschaftlicher Fläche in Frage? Welche Ertragspotenziale sind gesamtschweizerisch vorhanden? Welche Regionen sind besonders geeignet für den Anbau von Biomassekulturen? Sind eingewachsene Waldflächen in den Alpen und Voralpen potenzielle Standorte für Biomassekulturen?

Technologie und Logistik Mit welchen Anbausystemen und Technologien lassen sich Biomassekulturen am effizientesten nutzen? Welchen Aspekten der Rohstofflogistik ist besonders Rechnung zu tragen?

Ökonomische und rechtliche Aspekte Unter welchen Voraussetzungen sind Biomassekulturen im Anbau rentabel? Welche Rolle spielen die rechtlichen Aspekte? Wie sind Biomassekulturen aus regionalwirtschaftlicher Sicht zu bewerten?

Umweltauswirkungen und Landschaftsbild Wie sieht die Umweltbilanz von Biomassekulturen aus? Welche positiven bzw. negativen Auswirkungen haben Biomassekulturen auf die Biodiversität und das Landschaftsbild? Wie lassen sich die negativen Auswirkungen vermindern und die positiven Effekte optimieren?

3 Vorgehen

3.1 Generelle Methodik

3.1.1 Module

Die vorliegende Studie bearbeitet die in der Abbildung 10 dargestellten Module. Die Module Potenziale, Technologie und Logistik sowie ökonomische und rechtliche Aspekte bieten die Grundlage, um die Auswirkungen von Biomassekulturen auf Umwelt und Landschaft zu zeigen. Im Folgenden werden die Module kurz beschrieben.

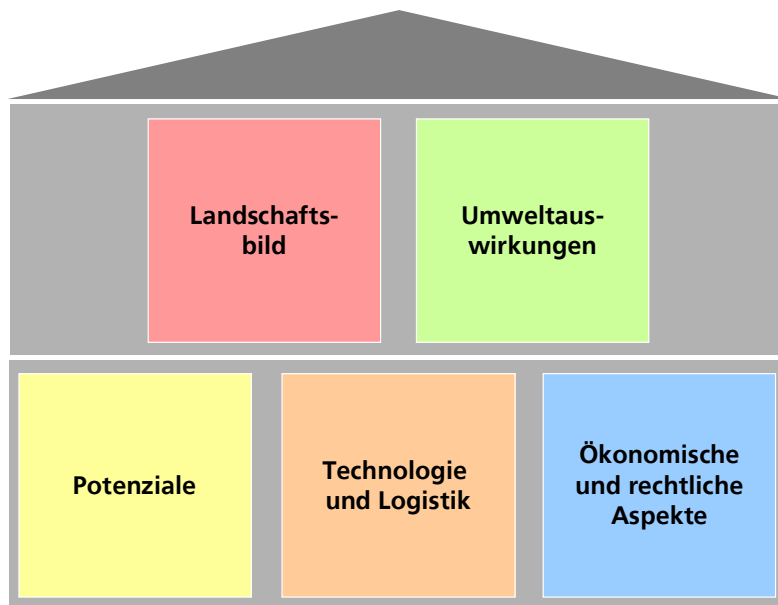


Abbildung 10:
Übersicht der Module

Im Modul Potenziale werden das technische – ökologische Potenzial und das gesellschaftliche Potenzial der Biomassekulturen berechnet und Standortkarten erarbeitet, um geeignete Regionen für Biomassekulturen zu identifizieren. Als Berechnungsinstrument dient ein Geografisches Informationssystem.

Potenziale

Vom Anbau bis zur Ernte von Biomassekulturen werden unterschiedliche Technologie und Logistikverfahren eingesetzt. Diese werden beschrieben, bewertet und beurteilt.

Technologie und
Logistik

Das Modul ökonomische und rechtliche Aspekte besteht aus den Teilen rechtliche Rahmenbedingungen, Betriebswirtschaft und regionalwirtschaftliche Auswirkungen.

Ökonomische und
rechtliche Aspekte

Umweltauswirkungen	Im Modul Umweltauswirkungen werden die Auswirkungen von Biomassekulturen auf die Biodiversität und die Umwelt dargestellt.
Landschaftsbild	Im Modul Landschaftsbild werden auf der Basis von Fotomontagen Bilder erarbeitet, um die Meinung der wichtigsten Anspruchsgruppen zu den landschaftlichen Veränderungen beurteilen zu können.

3.1.2 Begleitgruppe

Das Projekt wurde gemeinsam mit den folgenden Partnern erarbeitet, die auch in der Begleitgruppe vertreten sind:

Bundesamt für Umwelt	Das Bundesamt für Umwelt BAFU ist die Umweltfachstelle des Bundes und gehört zum Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK.
Bundesamt für Energie	Das Bundesamt für Energie BFE ist das Kompetenzzentrum für Fragen der Energieversorgung und der Energienutzung im Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK.
Holzindustrie Schweiz	Die Holzindustrie Schweiz ist die Dachorganisation der Schweizer Sägereien und verwandter Betriebe. Von derzeit 400 Mitgliedern betreiben 350 ein Sägewerk.
Perlen AG	Die 1872 gegründete Firma gehört heute zu den bedeutendsten Herstellern von Magazin- und Zeitungsdruckpapieren in der schweizerischen Papierindustrie.
AEK Energie AG	Die AEK Energie AG ist als Besitzerin und Betreiberin eines lokalen Verteilnetzes in der Region Solothurn verwurzelt und die führende Energieversorgerin am Jurasüdfuss. Sie ist der grösste Pelletproduzent in der Schweiz.
Basler Fonds	Ernst Basler + Partner AG unterstützt mit dem Basler Fonds die Auseinandersetzung mit Themen der längerfristigen Zukunft.
Bundesamt für Landwirtschaft	Das BLW gehört zum Eidgenössischen Volkswirtschaftsdepartement (EVD) und ist das Kompetenzzentrum des Bundes für den Agrarsektor.
Schweizerischer Bauernverband	Zusammengesetzt ist der Verband aus Vertretern von 25 kantonalen Berufsorganisationen und von 60 Fachverbänden. Die angeschlossenen Teilverbände vertreten rund 65'000 Bauernbetriebe in der Schweiz.
Holzenergie Schweiz	Holzenergie Schweiz fördert eine umweltgerechte, moderne und effiziente energetische Verwendung von Holz, dem zweitwichtigsten erneuerbaren und einheimischen Energieträger der Schweiz. Der Verein zählt rund 600 Mitglieder (Gemeinden, Betriebe der Wald- und Holzwirtschaft, Planer, Ingenieure, interessierte Privatpersonen).

3.2 Systembeschreibung

3.2.1 Systemabgrenzung

Sämtliche Aussagen dieser Studie beziehen sich auf den Anbau von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen²⁴⁾. Dies hat insbesondere Auswirkungen auf die rechtlichen Aspekte, Beitragszahlungen und die Wirtschaftlichkeit der Anbausysteme.

Konzentration auf
landwirtschaftliche Flächen

Die Rahmenbedingungen für den Anbau von Biomassekulturen sind in Abbildung 11 dargestellt:

24) Auf der Basis der Arealstatistik stehen rund 1.5 Mio. ha landwirtschaftliche Nutzflächen zur Verfügung.

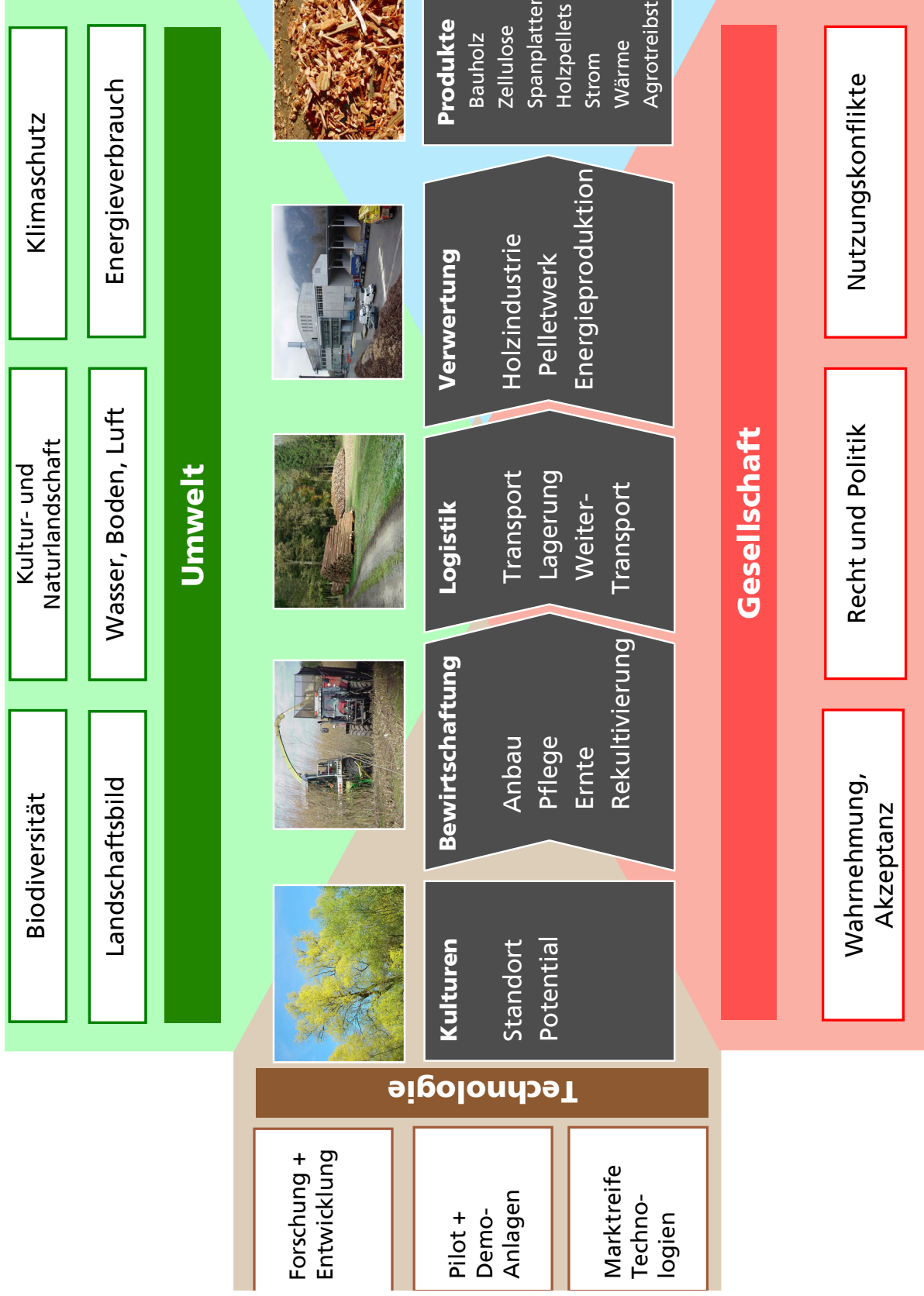


Abbildung 11:
Überblick der Prozesse und
Rahmenbedingungen

3.2.2 Auswahl von Baumarten

Es wird eine Auswahl von Baumarten²⁵⁾ getroffen, welche die an der Sitzung vom 24. Oktober 2007 formulierten Wünsche der Begleitgruppe berücksichtigt (siehe Tabelle 3). Folgende Kriterien werden für die Auswahl der Baumarten verwendet.

Auswahl der Forstpflanzen
nach Kriterien

- *Biomasseproduktion:* Der Anbau von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen hat zum Ziel, einen hohen Biomasseertrag pro Hektar und Jahr zu erzielen. Dieses Kriterium erfüllen beispielsweise Weiden, Pappel und Robinien. Sie gehören zu den schnellwachsenden Baumarten.
- *Standortansprüche:* Niederschlag, Exposition, Höhenlage und Boden sind Standortfaktoren, die einen wesentlichen Einfluss auf das Wachstum, die Mortalität und die Reproduktionsfähigkeit der Baumarten haben. Baumarten mit geringen Ansprüchen können auf verschiedenen Standorten angepflanzt werden und reagieren weniger sensibel auf klimatische Schwankungen.
- *Anbau und Bewirtschaftung:* Je nach Baumart fallen beim Anbau, Pflege und Ernte unterschiedlich hohe Kosten an. Für die Produktion von Edellaubholz, beispielsweise für Elsbeere, sind ein gerader Schaft und Astreinheit Voraussetzungen. Dafür sind höhere Aufwendungen als bei schnell wachsenden Baumarten wie Weide und Pappel notwendig.
- *Wertholzproduktion:* Edellaubwerthölzer erzielen hohe Marktpreise. Gute Holzqualität, gerader Schaft und Astreinigkeit sind Voraussetzung. Um dies zu erreichen, sind kostenintensive Pflege und Schutzmassnahmen notwendig. Beispielsweise produzieren Kirsche und Elsbeere qualitativ hochwertiges Holz.
- *Natur- und Umweltschutz:* Artenreiche Wälder sind nicht nur für die Biodiversität ein Gewinn, sondern verkraften auch extreme Belastungen wie Sturmschäden oder Borkenkäferepidemien. Seltene Baumarten wie Wildbirne und Elsbeere könnten vermehrt gefördert werden, um einen ökologischen Mehrwert zu generieren. Einheimische Arten stehen im Vordergrund für den Anbau von Biomassekulturen.

Darauf aufbauend wurden die in Tabelle 3 aufgelisteten Baumarten ausgewählt und mit ihren für die Standorte relevanten Eigenschaften beschrieben:

25) Inkl. Chinaschilf.

Tabelle 3:
Ausgewählte Baumarten
und Begründung

	Baumart	Eigenschaften
1	Weide (<i>Salix</i> sp.)	Schnellwüchsig, einfach im Anbau, anspruchslos, widerstandsfähig
2	Pappel (<i>Populus</i> sp.)	Schnellwüchsig, einfach im Anbau, anspruchslos, widerstandsfähig
3	Robinie (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	Stickstofffixierung, einfach im Anbau, umstritten (Neophyt)
4	Elsbeere (<i>Sorbus torminalis</i>)	Seltenes Wertholz und bedrohte Baumart
5	Kirsche (<i>Prunus avium</i>)	Wertholzproduktion, interessante Baumart für Agroforst-Systeme
6	Föhre (<i>Pinus</i> sp.)	Gedeiht auch subalpin, anspruchslos, viele Nebenprodukte
7	Wildbirne (<i>Pyrus pyraeaster</i>)	Seltene Baumart, Lebensraum für Kleintiere, positive Effekte auf das Landschaftsbild
8	Fichte (<i>Picea abies</i>)	Immergrün, wichtigste Baumart für Holzindustrie
9	Eiche (<i>Quercus petraea/robur</i>)	Wertholz, Lebensraum für Kleintiere, vielfältige Anbauformen
10	Hagebuche (<i>Carpinus betulus</i>)	Guter Zuwachs, im Verbund mit anderen Baumarten gepflanzt
11	Esche (<i>Fraxinus excelsior</i>)	Guter Zuwachs, Wertholz, auch vernässte Standorte möglich
12	Ahorn (<i>Acer pseudoplatanus/ platanoide</i> s)	Guter Zuwachs, Wertholz, auch vernässte Standorte möglich
13	Chinaschilf (<i>Miscanthus giganteus</i>)	Schnellwüchsig, einfach im Anbau, unverholzt, umstritten (Neophyt)

Von den betrachteten Baumarten werden fünf Baumarten gemeinsam mit der Begleitgruppe ausgewählt. In sämtlichen Modulen der Studie liegen Ergebnisse zu den folgend kurz beschriebenen Kulturen vor. Die restlichen Baumarten aus Tabelle 3 werden nur betreffend ausgewählter Kriterien bewertet:

Weiden als schnell wachsende
und anspruchslose Baumart

In Mitteleuropa wachsen ca. 50 Arten *Weiden* auf unterschiedlichsten Standorten. Aufgrund ihrer hohen jährlichen Zuwächse, der nahezu hundertprozentigen Anwuchs- und Regenerationsrate sowie geringen Anfälligkeit gegen Schäden (Frosthärte, Krankheitsresistenz) eignen sich Weiden sehr gut für den Anbau als Biomassekulturen.

Fichte als wirtschaftlich
wichtigste Baumart

Die *Fichte* hat sich wegen ihrer hohen Massenproduktion und der vielseitigen Verwendbarkeit ihres Holzes zur wirtschaftlich wichtigsten Baumart in der Schweiz entwickelt. Die Fichte hat in der Schweiz aber aktuell einen deutlichen Rückgang zu verzeichnen. Wie die ersten Ergebnisse des dritten Landesforstinventars (Brändli, 2007) zeigen, ist im gut erschlossenen Mittelland eine Vorratsabnahme von 22 Prozent im Verlaufe der letzten 11 Jahre zu verzeichnen. Gesamtschweizerisch resultiert eine Abnahme des Fichtenvorrates um rund 4 Prozent. Die Holzindustrie hat grosses Interesse am

Anbau und der Bewirtschaftung von Fichtenwäldern, um die Rohstoffversorgung der Holzverarbeitungsbetriebe auch in Zukunft sicherzustellen.

Esche und Ahorn weisen auf guten Standorten eine hohe Wertleistung auf. Sie dienen als wertvolle Mischbaumart zur Bodenverbesserung und zur ökologischen Bereicherung. Beide Baumarten sind Pionierbaumarten, sie wachsen auch auf ärmeren, vernässten Böden und erzielen in den ersten Jahren eine hohe Masseleistung. Früher wurde das Laub frisch oder als Laubheu getrocknet an das Vieh verfüttert.

Esche und Ahorn mit hoher Akzeptanz bei Landwirten

Chinaschilf gedeiht auf sonnigen, halbschattigen, eher feuchten Standorte auf durchlässigen Böden gut. Bei zusätzlich guter Nährstoffversorgung können sehr hohe Massenerträge erwartet werden.

Chinaschilf als Alternative zu den Gehölzpflanzen

3.2.3 Anbausysteme

In der vorliegenden Studie werden nicht nur einzelne Forstpflanzen, sondern auch unterschiedliche Anbausysteme geprüft. Folgende Anbausysteme werden untersucht, um Holz für die stoffliche und energetische Nutzung zu produzieren:

High – Input System

Beim High – Input System steht die Biomasseproduktion im Vordergrund. Auf diesen Flächen soll ein möglichst hoher Ertrag pro Hektare und Jahr erzielt werden. Ein hoher Mechanisierungsgrad vom Anbau bis zur Ernte und der Einsatz von Kunstdünger und Pflanzenschutzmittel kennzeichnen das System (siehe Abbildung 12).

Biomasseproduktion steht im Vordergrund



Abbildung 12:
Beispiel High-Input System
mit Pappeln

Tabelle 4:
Charakteristik
High-Input System

Charakteristik	Beschrieb
Standort	Gute bis sehr gute Wies- und Ackerlandflächen ²⁶⁾ Mindestabstand zu Natur- und Landschaftsschutzzonen wird gewährleistet
Anbauform	Intensive Bewirtschaftung, Monokulturen
Ernte	Vollmechanisierung
Nutzungsform	Grossflächig und Kurzumtrieb
Leistung Produkte	Hackschnitzel für stoffliche und energetische Nutzung

Low – Input System

Nachhaltiger und optimaler
Einsatz der Ressourcen

Low-Input Systeme sind Anbauformen, die ohne oder mit wenig Einsatz von Kunstdünger und Pflanzenschutzmitteln auskommen. Im Vordergrund stehen nicht die maschinellen Anbau- und Erntetechniken wie beim High Input System, sondern der nachhaltige und optimale Einsatz von lokal angepassten Ressourcen (siehe Abbildung 13).

Abbildung 13:
Beispiel eines
Low-Input Systems



Tabelle 5:
Charakteristik
Low-Input System

Charakteristik	Beschrieb
Standort	Flache bis steile Standorte
Anbauform	Extensive Bewirtschaftung Mischkulturen
Ernte	Manuelle und mechanisierte Abläufe
Nutzungsform	Kleinflächig und gestaffelt
Leistung Produkte	Holz für stoffliche und energetische Nutzung Erhaltung der Kulturlandschaft Erholungsraum Lebensraum für Flora und Fauna

Agroforst-System

Forst- und Landwirtschaft
auf derselben Fläche

Das Agroforst-System ist ein Landnutzungssystem, das eine forstwirtschaftliche mit einer landwirtschaftlichen Flächennutzung kombiniert. Es wird davon ausgegangen, dass auf derselben landwirtschaftlichen Fläche Bäume angepflanzt werden und Futter- und ev. Ackerbau betrieben wird. Als landwirtschaftliche Kulturen kommen einjährige Ackerkulturen und mehrjährige verholzte Pflanzen zur Biomasseproduktion mit Umtriebszeiten von bis zu 20 Jahren in Frage. Die Fläche bleibt als landwirtschaftliche Fläche

26) Gemäss Arealstatistik.

erhalten und wird auch bei mehrjährigen Kulturen vom Gesetzgeber nicht als Wald angesehen (siehe Abbildung 14).



Abbildung 14:
Beispiel eines
Agroforst-Systems

Charakteristik	Beschrieb
Standort	Landwirtschaftliche Flächen mit geringer bis hoher Produktivität Flache bis steile Standorte Keine Nass- und Trockenstandorte
Anbauform	Intensive und extensive Bewirtschaftung Mischkultur, mit Weideland oder Ackerfläche
Ernte	Erhöhter Mechanisierungsgrad
Nutzungsform	Mittelgrosse Flächen, lange Umtriebszeiten
Leistung	Produktion von Wertholz
Produkte	Hackschnitzel für stoffliche und energetische Nutzung Nahrungs- und Futtermittel Erhaltung der Kulturlandschaft

Tabelle 6:
Charakteristik
Agroforst-System

3.2.4 Varianten

Im Rahmen der Variantenentwicklung werden Kulturen und Anbausysteme miteinander kombiniert. Insgesamt werden sieben Varianten mit 11 Baumarten und Chinaschilf betrachtet. Für jede Kultur wird ein priorisiertes Anbausystem definiert. In Tabelle 7 sind die priorisierten Varianten grün dargestellt. Sie werden in den folgenden Kapiteln nach allen wirtschaftlichen, ökologischen und gesellschaftlichen Aspekten bewertet. Orange markierte Varianten werden nur bezüglich ausgewählter Aspekte in ausgewählten Modulen betrachtet²⁷⁾. Die Varianten und Kulturen sind in der Diskussion mit der Begleitgruppe gemeinsam ausgewählt worden.

27) Im Rahmen der vorliegenden Studie (Budget, Zeit) liegt der Fokus auf Baumarten, die primär für die Holzproduktion genutzt werden. Feldobstbäume wie Kirsche, Wildbirne und Elsbeere sind interessante Baumarten, die neben dem Rohstoff Holz auch Früchte produzieren. Diese wurden von der Begleitgruppe nicht ausgewählt.

Tabelle 7:
Priorisierte Varianten mit
Kulturen und Anbausysteme

Kulturen	Anbausysteme		
	High-Input	Low- Input	Agroforst
Weide			
Pappel			
Chinaschilf			
Fichte (Föhre)			
Esche / Ahorn (Eiche, Hagebuche)			
Elsbeere / Wildbirne / Kirsche			
Robinie			
	Priorisierte Varianten, die in allen Modulen untersucht werden		
	Varianten, die partiell in einzelnen Modulen untersucht werden		

3.3 Szenarien und Modellregionen

3.3.1 Szenarien

Entwicklung des
Erdölpreises

Im internationalen Erdölgeschäft driften das Angebot und die Nachfrage mittel- bis längerfristig auseinander. Grosse Erdölfelder in Mexiko, Nordsee und Alaska haben den Produktionszenit erreicht. Neuerdings hat auch der russische Ausstoss ein Plateau erreicht. Hinsichtlich Saudiarabien besteht wachsende Unsicherheit, da das Land keine unabhängige Reserveüberwachung erlaubt.

Vor diesem Hintergrund hat Goldman Sachs (GS) eine Studie veröffentlicht, in welcher ein Fasspreis von 200 \$ bis in zwei Jahren als durchaus realistisch deklariert wurde. Die gleiche Zahl war schon früher von der kanadischen CIBC World Markets genannt worden, und sogar der Chef der Opec, Chakib Khelil, äusserte sich im April 08 in ähnlichem Sinne²⁸⁾.

Besseres Saatgut und
optimierte Anbaumethoden

Eine Erhöhung des Erdölpreises schafft Anreize, in die Forschung und Entwicklung von Anbaumethoden, Züchtung, genetische Modifizierung von Saatgut und Produktion von Spezialdüngern und speziellen Anbau- und Erntemaschinen zu investieren. Dies senkt die Kosten und der durchschnittliche Biomassezuwachs wird erhöht. Beides wirkt sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit aus.

28) Angepasster Text aus NZZ, 8. Mai 2008

Je mehr der Anbau von Biomassekulturen an Attraktivität gewinnt, je mehr Akteure steigen ein, um Wissen und Erfahrungen zu sammeln. Mittels grossflächigem Anbau von Biomassekulturen können Fixkosten gesenkt und die Wertschöpfungsketten optimiert werden. Dies führt wiederum zu tieferen Kosten.

Wissen und Erfahrungen im
Anbau von Biomassekulturen

Ausgehend von einer Erhöhung des Erdölpreises im erwähnten Ausmass wurden drei Szenarien beschrieben. Die Erhöhung des Erdölpreises beeinflusst die Wirtschaftlichkeit der Biomassekulturen massgeblich. Einerseits erhöhen sich die Produktionskosten: Saatgut, Maschinen, Treibstoffe und Dünger werden teurer. Andererseits gewinnt Biomasse an Wert. Betreiber von fossilen Kraftwerken (Kohle, Gas), private Hausbesitzer mit Heizöl-Feuerungen oder Autofahrer werden versuchen, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu reduzieren. Als Alternative bietet sich die energetische Nutzung von Biomasse an, womit jene an Wert gewinnen wird und im Preis steigt. Dies alles führt zu steigenden Anreizen, den Anbau von Biomassekulturen zu fördern.

Höhere Erdölpreise fördern den
Anbau von Biomassekulturen

Die Szenarien beschreiben den erwarteten Zustand im Jahre 2025 bezüglich Erdölpreis, Biomassezuwachs und Kostenstruktur. Die Tabelle 8 beschreibt die Annahmen, die den drei Szenarien zugrunde liegen.

Szenarien 2025 ²⁹⁾	Erdölpreis	Forschung & Entwicklung	Kosten ³⁰⁾
Szenario 1: Einstieg	Erdölpreis auf dem Stand vom Mai 2008: 123 \$/Fass ³¹⁾	Biomassezuwachs analog heute.	Kosten analog heute.
Szenario 2: Schneller Einstieg	Erdölpreis: 175 \$/Fass (plus 43%)	Biomassezuwachs durch techn. Fort- schritt um 10%	Kosten von durch- schnittlich 20%
Szenario 3: Flächiger Anbau	Erdölpreis: 200 \$/Fass (plus 63%)	Biomassezuwachs durch techn. Fort- schritt um 15%	Kosten von durch- schnittlich 30%

Tabelle 8:
Beschrieb der Szenarien

29) Annahmen: Landwirtschaftliche Beitragszahlungen konstant, Dollarkurs: 1\$= 1 CHF. Der Holzpreis korreliert mit dem Erdölpreis mit Faktor 0.6 (nimmt der Erdölpreis um 10% zu, steigt der Holzpreis um 6%); eine Steigerung um 43% resp. 63% des Erdölpreises bedeutet also 26% resp. 38% Preissteigerung bei der Biomasse.

30) Einerseits Kostensteigerung durch steigende Energiekosten (Einfluss auf Treibstoff, Maschinen, Düngemittel, Herbizide etc.), andererseits leicht sinkende Kosten durch Lerneffekte. Lehmann et al. 2008 untersuchen die Thematik im Detail (Auswirkung auf Maschinen, Düngemittel, Gebäude etc.); in den hier betrachteten Szenarien gehen wir davon aus, dass die Kosten ca. mit Faktor 1/3 mit einer Erdölpreissteigerung korrelieren (lies: steigt der Erdölpreis um 1%, steigen die Produktionskosten um 1/3 %). Die Kosten steigen neben den Maschinen und Materialien auch bei den Arbeiten für Dritte (je nach Szenario um 13,2% resp. 20%) sowie den allg. Betriebskosten (6,6% resp. 10%)

31) Stand Mai 2008

Das Szenario 3 geht davon aus, dass bei einem Erdölpreis von 200 \$ pro Fass im Jahre 2025 der Biomassezuwachs um 15% höher liegt, bei einer gleichzeitigen durchschnittlichen höheren Kosten von 30% im Anbau.

3.3.2 Modellregionen

Die Ergebnisse der Module werden anhand konkreter Modellregionen vertieft. Es soll aufgezeigt werden, welche Auswirkungen die Biomassekulturen auf typische Regionen der Schweiz im Mittelland, Voralpen und Alpen haben. Die ausgewählten Regionen sind das Biel-Seeland im Mittelland, das Emmental in den Voralpen und das Goms in den Alpen. Die Regionen werden im Folgenden kurz charakterisiert und beschrieben.

Mittelland:
Biel-Seeland als bedeutende
Wirtschaftsregion

Das Berner Seeland ist eine intensiv ackerbaulich genutzte Region. Bekannt ist die Region als das grösste Frischgemüse-Anbaugebiet der Schweiz. Es werden auch Brotgetreide, Zuckerrüben und Futtergetreide angebaut. Das Gebiet ist ein typischer zentrumsnaher, halbstädtischer, ländlicher Raum im Agglomerations- und Mittellandgebiet. Neben der Landwirtschaft sind auch die Metall-, die Uhrenindustrie sowie der Grosshandel bedeutende Wirtschaftszweige.

Voralpen:
Emmental als typischer
ländlicher Raum

Die Region ist ein ländlicher Raum im Hügel- und Berggebiet. Bedeutende Wirtschaftszweige im Emmental sind die Wald- und Holzwirtschaft, Viehwirtschaft, Herstellung von Nahrungsmitteln sowie die Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren.

Alpen:
Goms als
hochgelegene Bergregion

Die Landwirtschaft im Goms, einer typischen Bergzone, besteht überwiegend aus biologischer Landwirtschaft (Wies- und Weideland). In höheren, schlecht erschlossenen Lagen, befinden sich alpwirtschaftliche Sömmerrungsweiden. Die Region ist eine abgelegene, hoch gelegene Bergregion mit gut erschlossener, ländlicher, touristischer geprägter Struktur. Im Vordergrund steht im Goms der Sommer- und Wintertourismus und die Land- und Forstwirtschaft.

4 Potenziale

4.1 Einleitung

Im Kapitel Potenziale geht es darum, die verfügbaren Flächenpotenziale und die zu erwartenden Erträge zu ermitteln, welche in der Schweiz unter spezifischen Bedingungen mit dem Anbau von Biomassekulturen erreicht werden könnten.

Flächenpotenziale und
Erträge ermitteln

Die Potenziale werden regional verteilt dargestellt. Die räumlich differenzierte Verteilung basiert auf unterschiedlichen Kriterien, welche ökologische, technische und gesellschaftliche Aspekte umfassen und einschränkend wirken. Die Restriktionen werden in einem geografischen Informationssystem (GIS) erfasst. Somit können die Ergebnisse regional aufgeschlüsselt und in Karten dargestellt werden.

4.2 Herleitung der Potenziale

4.2.1 Potenzialbegriffe

Bei der Abschätzung der Potenziale von Biomassekulturen muss zunächst das verfügbare Flächenpotenzial ermittelt werden. Im nächsten Schritt sind Annahmen zu den Baumarten und den zu erwartenden Erträgen zu treffen. Die Darstellung der Potenziale wird in den folgenden drei Schritten vorgenommen (siehe Abbildung 15).

Abbildung 15: Vorgehen zur Berechnung der Potenziale



Schritt 1: Theoretisches Potenzial Die Potenziale von Biomassekulturen sind von der verfügbaren landwirtschaftlichen Nutzfläche abhängig. Theoretisch stehen auf der Basis der Arealstatistik³²⁾ rund 1.5 Mio. ha landwirtschaftliche Nutzflächen für den Anbau von Biomassekulturen zur Verfügung³³⁾.

Der Ertrag der Pflanzen wird durch die Standortfaktoren wie Niederschlag, Exposition, Höhenlage oder Bodenverhältnisse in den Regionen beeinflusst.

Unrealistisches Szenario Das theoretische Potenzial entspricht also den Erträgen, die mit dem Anbau der Biomassekulturen auf sämtlichen landwirtschaftlichen Flächen der Schweiz produziert werden könnte. Diese Biomassemenge wird nicht errechnet, da es auf einem völlig unrealistischen Szenario aufbaut.

Schritt 2: Technisch- ökologisches Potenzial Viele der in der Arealstatistik aufgeführten landwirtschaftlichen Flächen befinden sich in steilem Gelände, sind schlecht befahrbar oder kaum erschlossen. Zudem gelten teilweise ökologische Auflagen bezüglich der möglichen Nutzung. Berücksichtigt man diese technischen und ökologischen Einschränkungen, verringert sich die nutzbare Fläche sowie der mögliche Ertrag im Vergleich zum theoretischen Potenzial auf das technisch-ökologische Potenzial.

Schritt 3: Gesellschaftliches Potenzial Gesellschaftliches Potenzial Auch in Zukunft sollen in der Schweiz auf guten landwirtschaftlichen Flächen vorwiegend Nahrungsmittel- und Futtermittel angebaut werden. Die besten Böden werden daher von der Nutzung durch Biomassekulturen ausgeschlossen. Weitere Kriterien werden zur Ermittlung des gesellschaftlichen Potenzials mitberücksichtigt:

- Minimale Beeinträchtigung des Landschaftsbildes und der Erholungsfunktion.
- Der volkswirtschaftliche Nutzen muss erkennbar sein: Dies ist beispielsweise der Fall, wenn Biomassekulturen als bestockte Waldfläche in steilen Lagen eine Schutzfunktion wahrnehmen.

32) Die Arealstatistik basiert auf der visuellen Interpretation der Bodenbedeckung und Bodennutzung anhand von Luftbildern. Für Punkte im regelmässigen Abstand von 100 m wird die Bodennutzung bestimmt. Die vielfältigen Bodennutzungen und -bedeckungen werden dabei anhand der vier Hauptbereiche Landwirtschaftsflächen, Siedlungsflächen, bestockte Flächen und unproduktive Flächen in 75 Grundkategorien eingeteilt. Die Arealstatistik weist rund 1.5 Mio. ha landwirtschaftliche Nutzflächen aus (inkl. Günstiges und ungünstiges Acker- und Wiesland, Heimweiden, Alpen- und Juraweiden, Heualpen und Bergwiesen)

33) 1.5 Mio. ha landwirtschaftliche Nutzflächen (inkl. Sömmerungsflächen). Fichten haben ihr Verbreitungsgebiet bis auf 2'200 m.ü.M.

4.2.2 Vorgehen

Einschränkungen für den Anbau von Biomassekulturen

Als Standorte für den Anbau von Biomassekulturen stehen grundsätzlich alle landwirtschaftlichen Nutzflächen zur Verfügung. Waldflächen gelten in der Studie nicht als verfügbare Flächenpotenziale für Biomassekulturen. Je nach Varianten werden unterschiedliche landwirtschaftliche Nutzflächen für den Anbau von Biomassekulturen genutzt.

**Verfügbare
Flächenpotenziale**

Einen wesentlichen Einfluss auf die Flächenpotenziale haben die folgenden ökologischen und technischen Einschränkungen:

Landwirtschaftliche Flächen, die in Schutzgebieten liegen, werden von der Nutzung ausgeschlossen. Zwischen den Schutzgebieten und den Biomassekulturen wird ein minimaler Sicherheitsabstand von 100 m eingehalten. Folgende Schutzgebiete werden berücksichtigt (siehe Abbildung 16):

**Ökologische
Einschränkungen**

- Auengebiete (gemäss Bundesinventar)
- Regionale und nationale Flachmoore
- Nationale Feuchtgebiete und Hochmoore
- Moorlandschaften und Trockenstandorte

Biomassenkulturen
Legende
Ausgeschlossene Schutzgebiete
Ausschluss

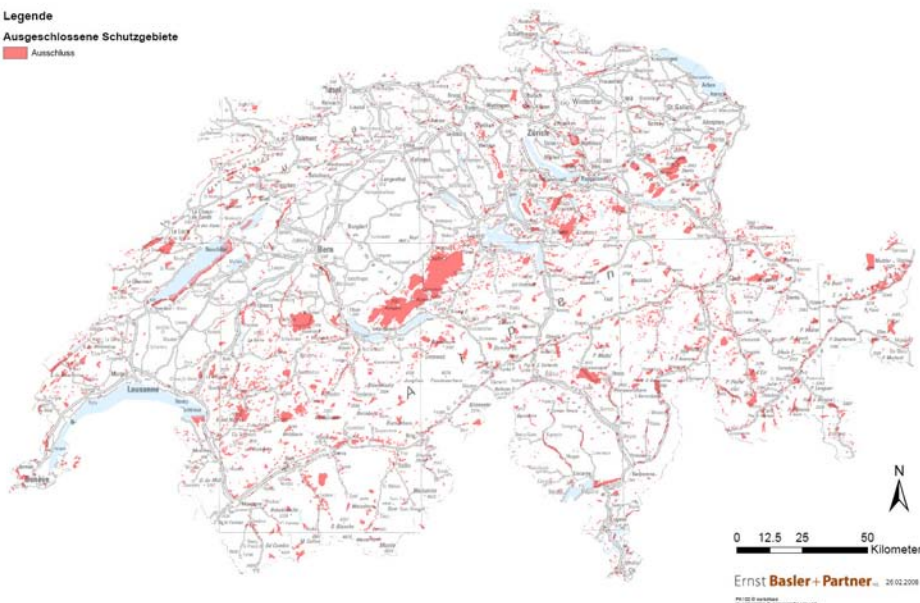


Abbildung 16:
Tabu-Zonen für
Biomassekulturen

Je nach Anbausystem werden steile bis sehr steile Gebiete aus der Nutzung ausgeschlossen. Beim High-Input Chinaschilf und Weiden werden landwirtschaftliche Flächen mit über 15 Prozent Hangneigung nicht für den Anbau berücksichtigt. Beim Agroforst-System Esche / Ahorn, respektive Low-Input Fichte werden Standorte mit über 60%, respektive 100% Hangneigung von der Nutzung ausgeschlossen. Die steilen Standorte sind häufig schlecht

**Technische
Einschränkungen**

erschlossen und können in der Regel nicht maschinell bewirtschaftet werden.

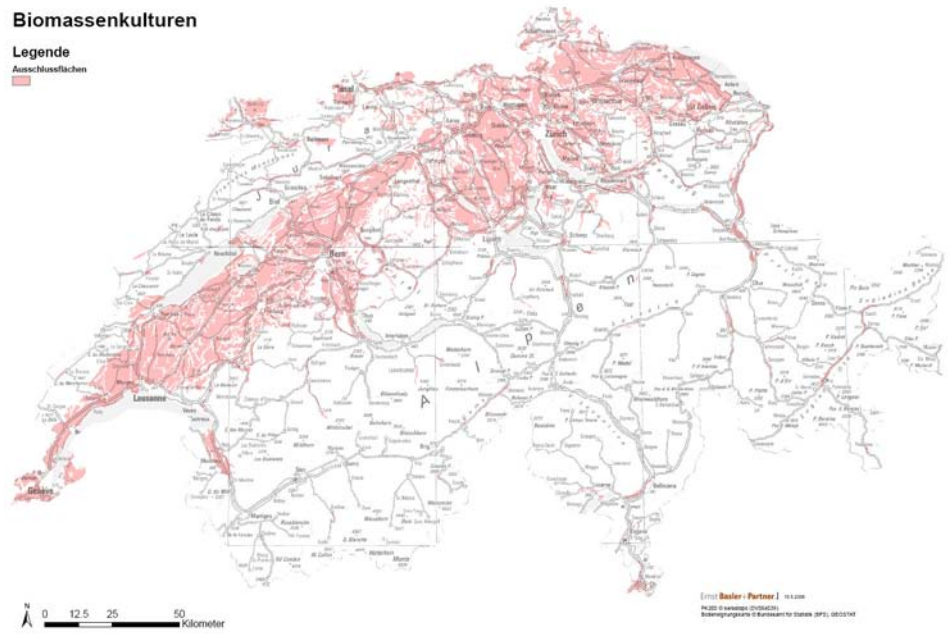
**Gesellschaftliche
Einschränkungen³⁴⁾**

Das gesellschaftliche Potenzial versucht aufzuzeigen, in welchen Regionen welche landwirtschaftlichen Flächen für den Anbau von Biomassekulturen in der Schweiz gesellschaftlich akzeptiert werden könnten. Für die Modellierung werden folgende Ausschlusskriterien definiert:

Für Nahrungsmittelproduktion
gut bis sehr gut geeignete
Flächen ausgeschlossen

Ein wichtiger Faktor für die nutzbaren Flächenpotenziale ist die Nahrungsmittelnachfrage. Um eine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion zu minimieren, werden zur Berechnung des gesellschaftlichen Potenzials jene landwirtschaftlichen Nutzflächen von der Nutzung ausgenommen, die sich gut bis sehr gut zur Produktion von Nahrungsmitteln (u.a. Getreideanbau) eignen (siehe Abbildung 17). Dies bedeutet, dass die Erträge aus den Flächen der Gruppen I bis IV der digitalen Bodeneignungskarte der Schweiz nicht ins gesellschaftliche Potenzial einfließen³⁵⁾.

Abbildung 17: Böden für die
Nahrungsmittelproduktion



Kein Anbau von
Biomassekulturen in
Tourismusregionen

Jede Gemeinde in der Schweiz wird einem Gemeindetyp zugeordnet. In Gemeinden mit hoher touristischer Nutzung fallen negative Auswirkungen auf das Landschaftsbild durch Biomassekulturen besonders auf und die gesellschaftliche Akzeptanz wird als gering eingestuft. Diese Gemeinden werden für den Anbau von Biomassekulturen ausgeschlossen (siehe Tabelle 9). In bereits landwirtschaftlich intensiv genutzten Gemeinden hat der Anbau von Biomassekulturen einen geringen Einfluss auf das Land-

34) Sachplan Fruchtfolgeflächen wurde in der Modellierung nicht berücksichtigt.
35) Die Bodeneignungskarte der Schweiz unterteilt die potenziellen Nutzflächen in 19 Kategorien. Je nach Kategorie erzielen Biomassekulturen auf den Flächentypen unterschiedliche Erträge. Dies wird bei der Beurteilung des Zuwachses mitberücksichtigt.

schaftsbild. Es wird davon ausgegangen, dass die Akzeptanz von Biomassekulturen in diesen Gemeinden gross ist. Deshalb erhalten beispielsweise agrarische Gemeinden den Maximalwert von 100%.

Nr.	Gemeindetyp	% Anteil
1	Zentren	100
2	Suburbane Gemeinden	80
3	Einkommensstarke Gemeinden	20
4	Periurbane Gemeinden	50
5	Touristische Gemeinden	0
6	Industrielle und tertiäre Gemeinden	50
7	Ländliche Pendlergemeinden	80
8	Agrar-gemischte Gemeinden	100
9	Agrarische Gemeinden	100

Tabelle 9:
Gemeindetypologien³⁶⁾ der
Schweiz und Gewichtung

Grossflächige Erholungsgebiete sollen vom Anbau von Biomassekulturen nicht erheblich beeinträchtigt werden. Deshalb werden nur 50% der zur Verfügung stehenden Flächen im Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) für den Anbau von Biomassekulturen genutzt³⁷⁾.

In BLN – Gebieten ist der
Anbau eingeschränkt

Zwischen Siedlungen und Biomassekulturen wird ein Abstand von durchschnittlich 100 m eingehalten. Innerhalb dieses Streifens werden keine Biomassekulturen angepflanzt. Mit dem Abstand wird berücksichtigt, dass die Mieter und Besitzer von Gebäuden keine grossflächigen Änderungen der Landschaft wünschen.

Minimaler Abstand zu
Siedlungen

Einflussfaktoren auf den Biomasseertrag

Der Biomasseertrag der Kulturen wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Im Wesentlichen sind dies:

- Genetik (Baumart und Sorte),
- Standortfaktoren (Niederschlag, Höhenlage, Exposition, Temperatur),
- Produktivität der Böden,
- Anbau (Pflanzverbund, Umtriebszeit, Düngung, Bewässerung, Pflanzenschutzmassnahmen).

36) Die Typologie der Gemeinden nach dem Zentren-Peripherien-Modell ist Teil der Räumlichen Typologien der Schweizer Statistik. Die geographische Stufe der Gemeindetypologie wurde 1988 definiert mit dem Ziel, über eine sachdienliche Klassifikation auf Niveau Gemeinden für demographische und sozio-ökonomische Beobachtungen sowie für raumplanerische Anliegen zu verfügen. Die erste Version von 1988 wurde 1990 und 2000 auf Basis der Volkszählungsergebnisse revidiert. Die aktuelle Version klassiert die 2896 Gemeinden der Schweiz (Stand 2000) nach 22 Gemeindetypen und 9 Haupttypen.

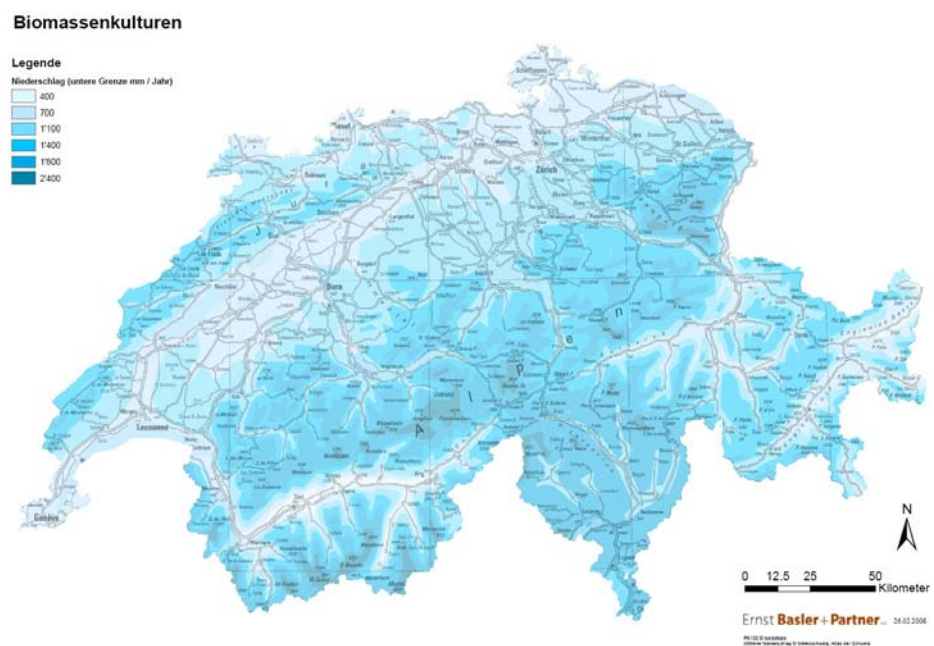
37) In der Schweiz gibt es insgesamt 162 BLN – Gebiete mit einer Fläche von 780'704 ha (ca. 18% der gesamten Fläche)

In die Modellierung fließen die Standortfaktoren, die Produktivität der Böden und Informationen zum Anbau ein.

Standortfaktoren

Niederschlag (siehe Abbildung 18), Exposition, Höhenlage und Bodenverhältnisse (siehe Abbildung 19) beeinflussen den Biomassezuwachs der Pflanzen. Die unterschiedlichen Standortansprüche der Arten fließen in die Modellierung des Biomassepotenzials ein. Beispielsweise bevorzugen Weiden eher Feuchtstandorte. Beim Chinaschilf ist die Höhenlage ein limitierender Faktor. Die Kulturpflanze kann wegen Schneedruckschäden nur unterhalb von 700 m.ü.M. angebaut werden.

Abbildung 18:
Jährlicher Niederschlag
in der Schweiz



Produktionsfähigkeit der Böden

Für den jährlichen Zuwachs spielt die Produktionsfähigkeit der Böden eine wesentliche Rolle. Zur Abschätzung der Produktivität auf den einzelnen Flächen werden die Daten aus der digitalen Bodeneignungskarte der Schweiz verwendet (siehe Abbildung 19).

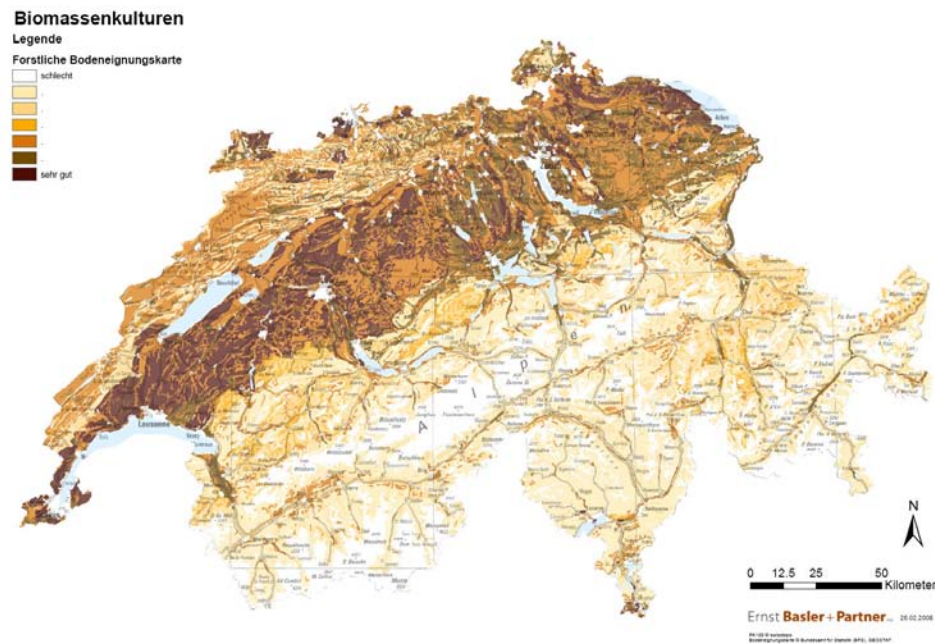


Abbildung 19:
 Bodeneignungskarte
 der Schweiz

Exkurs Grenzertragsflächen

Als Grenzertragsfläche bezeichnet man in der Landwirtschaft eine Anbaufläche, auf der sich der Aufwand für die Bewirtschaftung und der zu erzielende Ertrag die Waage halten. Solche Flächen gelten als potenzielle Anbaufläche für den Anbau von Biomassekulturen. Sie konkurrieren (meistens) nicht mit der Nahrungsmittelproduktion.

Es wird davon ausgegangen, dass Grenzertragsflächen folgende Kriterien erfüllen:

- Liegen über 800 Meter über Meer;
- Hangneigung ist grösser als 40 %;
- Liegen auf den in der Tabelle 10 ausgewiesenen Grundkategorien der Arealstatistik.

Für die Bestimmung der Grenzertragsflächen wird von folgenden landwirtschaftlichen Nutzflächen der Arealstatistik ausgegangen.

Modellierung Grenzertragsflächen

Tabelle 10:
Grenzertragsflächen gemäss
Arealstatistik

Nr. ³⁸⁾	Grundkategorien gemäss Arealstatistik	Unterteilungen gemäss Arealstatistik
82	Wies- und Ackerland	Übriges Wies- und Ackerland (Hangneigung > 40%)
83	Heimweiden	Heimweiden
84		Verbuschte Wiesen und Heimweiden
85	Maiensässe, Heualpen und Bergwiesen	Maiensässe, Heualpen und Bergwiesen
86	Alpen- und Juraweiden	Verbuschte Alp- und Juraweiden
87		Schafalpen, Wildheuplanggen
88		Günstige Alp- und Juraweiden
89		Versteinte Alp- und Juraweiden

4.2.3 Biomasseertrag

Biomasseertrag Weide

Biomasseerträge variieren je nach Baumart stark. Beispielsweise wurde in einem Gutachten von Degen (Degen, 2007) die Ergebnisse zur Produktion der Trockenmasse (t TS/ha und Jahr) von 16 Weide Anbauversuchen in Deutschland, Polen und Tschechien statistisch ausgewertet. Die Biomasseproduktion variierte für die Weide zwischen 1.8 und 29.6 t TS/ha und Jahr. Generell wird der Anbau von Weiden mit hohen Individuendichten empfohlen (> 10'000 N/ha). Jährliche Biomasseerträge über 20 t TS/ha sind in der Schweiz auch mit einer hohen Pflanzendichte pro Hektar nicht zu erreichen, weil der Einsatz von Kunstdünger und Pflanzenschutzmittel nur begrenzt möglich ist. Experten³⁹⁾ meinen, dass für Weiden in der Schweiz ein maximaler Biomassezuwachs von 15 t TS/ha und Jahr möglich ist. Dies aber nur auf den produktivsten Böden und in Regionen mit sehr günstigen Standortbedingungen. Dieser Wert fliesst in die Modellierung ein und wird je nach Potenzial um die ökologischen, technischen oder gesellschaftlichen Einschränkungen reduziert. Die Bestockungsdichte liegt bei 10'000 Weiden pro Hektar.

Biomasseertrag Chinaschilf

Die Erträge von Chinaschilf werden entscheidend von den Standortbedingungen geprägt. So erreicht Chinaschilf auf sandigen, grundwasserbeeinflussten Lehmböden ab dem dritten Standjahr stabile Erträge von 18 bis 20 t TS/ha und Jahr. Leichte sandige diluviale Böden bieten die Voraussetzung für Erträge von ca. 15 bis 18 t TS/ha und Jahr (LfULG, 2006). In der Schweiz zeigen Untersuchungen, dass Erträge zwischen 10 bis 20 t TS/ha und Jahr mit Chinaschilf erzielt werden können (Mediavilla et al., 1997). Für die Berechnung der Potenziale wird mit einem Wert von 16 t TS/ha und Jahr ausgegangen⁴⁰⁾. Die Bestockungsdichte liegt bei 10'000 Pflanzen pro Hektar.

38) Nummerierung gemäss Arealstatistik

39) Anton Bürgi, WSL (2008): Mündliche Mitteilung.

40) Jean-Louis Hersener (2007): Mündliche Mitteilung.

Auf sehr guten Standorten kann die Fichte in der Schweiz auf Waldböden rund 12 t TS/ha und Jahr erreichen (Schweizer, 2007). Darin ist der Derbholzzuwachs aber noch nicht enthalten. Als nutzbares Derbholz wird im deutschsprachigen Raum Holz mit einem Durchmesser von mindestens sieben Zentimeter bezeichnet. Die Bestockungsdichte wird auf 2'000 Individuen pro Hektar festgelegt. Für das Low-Input Fichte System wird mit einem Maximalwert von 10 t TS/ha und Jahr ausgegangen⁴¹⁾.

Biomasseertrag Fichte

Für das System Esche / Ahorn wird mit einem jährlichen Zuwachs von 11 t TS/ha und Jahr gerechnet. Das Agroforst-System kombiniert den Anbau von verholzenden mehrjährigen Pflanzen und landwirtschaftlichen Kulturen. Deshalb wird in der Studie davon ausgegangen, dass nur rund 7 t TS/ha und Jahr auf einem guten Standort erzielt werden können. Die Bestockungsdichte wird auf 1'000 Individuen pro Hektar festgelegt.

Biomasseertrag Esche / Ahorn

Kulturen und Anbausystem	Maximale Zuwachs ⁴²⁾ [t TS/ ha und Jahr]
High-Input Weide	15
High-Input Chinaschilf	16
Low-Input Fichte	10
Agroforst Esche / Ahorn	(11) 7

Tabelle 11:
Übersicht des mittleren
jährlichen Biomassezuwachses

4.3 Modellierung

In diesem Kapitel werden die Grundlagen der Potenzialmodellierung für alle untersuchten Varianten beschrieben. Die Darstellung im folgenden Kapitel ist nach folgendem Schema dargestellt:

- Verfügbare Flächenpotenziale
- Technische Einschränkungen
- Standortfaktoren
- Biomasseertrag

Die ökologischen und gesellschaftlichen Einschränkungen gelten für alle Modellierungen. Diese werden nicht für alle Varianten separat aufgelistet. Alle Annahmen sind im Detail im Anhang A1 beschrieben.

41) Anton Bürgi, WSL (2008): Mündliche Mitteilung.

42) In die Berechnung der Potenziale fließen die maximalen Beträge ein. Der maximale Zuwachs wird um die technischen und ökologischen Einschränkungen reduziert.

4.3.1 Variante Weiden

Verfügbare Flächenpotenziale	Die Variante Weiden in einem High-Input System wird nur auf den Wies- und Ackerlandflächen angebaut. Dies entspricht der Flächenkategorien 81 und 82 der Arealstatistik mit insgesamt 837'000 ha. Alle übrigen landwirtschaftlichen Flächen werden für den Anbau von Weiden ausgeschlossen.								
Technische Einschränkungen	Landwirtschaftliche Flächen mit über 15 Prozent Hangneigung werden für den Anbau von Weidekulturen nicht berücksichtigt. Diese sind nicht mit schweren landwirtschaftlichen Traktoren befahrbar, welche für die intensive Bewirtschaftung der Kulturen nötig sind.								
Standortfaktoren	Für Weiden sind die Standortfaktoren der Tabelle 12 von Bedeutung. In den im Anhang dargestellten Tabellen zur Höhenlage, Exposition, Niederschlag und Boden werden die daraus abgeleiteten Einschränkungen in Bezug auf den Biomassezuwachs im GIS-Modell aufgelistet.								
Tabelle 12: Standortfaktoren für Weiden	<table><tr><th>Standortfaktor</th><th>Weiden</th></tr><tr><td>Höhenlage (m.ü.M.)</td><td>Bis 1'800</td></tr><tr><td>Exposition</td><td>Alle</td></tr><tr><td>Bodenfeuchte</td><td>Feuchtstandorte</td></tr></table>	Standortfaktor	Weiden	Höhenlage (m.ü.M.)	Bis 1'800	Exposition	Alle	Bodenfeuchte	Feuchtstandorte
Standortfaktor	Weiden								
Höhenlage (m.ü.M.)	Bis 1'800								
Exposition	Alle								
Bodenfeuchte	Feuchtstandorte								
Biomasseertrag	Der für die Berechnung der Potenziale verwendete maximale jährliche Zuwachs pro ha liegt bei 15 t TS.								

4.3.2 Variante Chinaschilf

Verfügbare Flächenpotenziale	Für die Variante Chinaschilf in einem High-Input System werden nur die Wies- und Ackerlandflächen berücksichtigt. Dies entspricht der Flächenkategorien 81 und 82 der Arealstatistik mit insgesamt 837'000 ha. Alle übrigen landwirtschaftlichen Flächen werden für den Anbau von Chinaschilf ausgeschlossen.
Technische Einschränkungen	Landwirtschaftliche Flächen mit über 15 Prozent Hangneigung werden für den Anbau von Chinaschilf ausgeschlossen. Diese sind nicht mit schweren landwirtschaftlichen Traktoren befahrbar, welche für die intensive Bewirtschaftung der Kulturen nötig sind.
Standortfaktoren	Die für Chinaschilf relevanten Standortfaktoren sind in Tabelle 13 aufgelistet.

Standortfaktor	Chinaschilf
Höhenlage (m.ü.M.)	Bis 700
Exposition	Alle
Bodenfeuchte	Verlangt gute Wasserversorgung, Staunässe ungeeignet

Tabelle 13:
Standortfaktoren
für Chinaschilf

Im den im Anhang dargestellten Tabellen werden die daraus abgeleiteten Einschränkungen in Bezug auf den Biomassezuwachs aufgelistet.

Der für die Berechnung der Potenziale verwendete maximale jährliche Zuwachs pro ha liegt bei 16 t TS.

Biomassertrag

4.3.3 Variante Fichte

Verfügbare Flächenpotenziale

Als Standorte für die Variante Fichte in einem Low-Input System kommen insgesamt 1'463'750 ha der Arealstatistik in Frage. Folgende landwirtschaftliche Flächen werden berücksichtigt:

Tabelle 14: Flächen gemäss Arealstatistik für Fichte

Nr.	Grundkategorien	Nr.	Grundkategorien
81	Günstiges Wies- und Ackerland	86	Verbuschte Alp- und Juraweiden
82	Übriges Wies- und Ackerland	87	Schafalpen, Wildheuplanggen
83	Heimweiden	88	Günstige Alp- und Juraweiden
84	Verbuschte Wiesen und Heimweiden	89	Versteinte Alp- und Juraweiden
85	Maiensässe, Heualpen, Bergwiesen		

Technische Einschränkungen

Für den Anbau von Fichtenkulturen werden landwirtschaftliche Flächen mit bis zu 100 Prozent Hangneigung berücksichtigt.

Die für Fichte relevanten Standortfaktoren sind in Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15: Standortfaktoren für Fichte

Standortfaktoren	Fichte
Höhenlage (m.ü.M.)	300 – 2'200 (90% der Bestände von 500 bis 1'800)
Exposition	Alle
Bodenfeuchte	Empfindlich gegenüber Dürre und Frosttrocknis, bevorzugt niederschlagsreiche Regionen

Im insubrischen Klima wachsen Fichtenkulturen schlecht bis sehr schlecht. Deshalb kommen diese Standorte im Tessin für den Anbau von Biomassekulturen nicht in Frage.

Biomasseertrag

Der für die Berechnung der Potenziale verwendete maximale jährliche Zuwachs pro ha liegt bei 10 t TS.

4.3.4 Variante Esche / Ahorn

Als Standorte für die Variante Esche / Ahorn im Agroforst-System kommen insgesamt 1'524'920⁴³⁾ ha der Arealstatistik in Frage. Folgende Flächen werden berücksichtigt:

Verfügbare Flächenpotenziale

Nr.	Grundkategorien	Nr.	Grundkategorien
71	Rebanlagen	83	Heimweiden
72	Pergolareben	84	Verbuschte Wiesen und Heimweiden
75	Obstanlagen	85	Maiensässe, Heualpen, Bergwiesen
76	Geordnete Obstbaumbestände	86	Verbuschte Alp- und Juraweiden
77	Streuobst	87	Schafalpen, Wildheuplanggen
78	Gartenbauflächen	88	Günstige Alp- und Juraweiden
81	Günstiges Wies- und Ackerland	89	Versteinte Alp- und Juraweiden
82	Übriges Wies- und Ackerland		

Tabelle 16: Flächen gemäss Arealstatistik für Esche / Ahorn

Für den Anbau von Esche- und Ahornkulturen werden landwirtschaftliche Flächen mit bis 60% Prozent Hangneigung berücksichtigt. Steileres Gelände wird aus erschliessungstechnischen Gründen von der Nutzung ausgeschlossen. Bei Agroforst Systemen ist auch zu beachten, dass zusätzlich zur forstlichen Nutzung auch eine Beweidung oder eine jährliche Schnittnutzung im betreffenden Gelände möglich sein muss.

Technische Einschränkungen

Die für Eschen und Ahorn relevanten Standortfaktoren sind in der folgenden Tabelle aufgelistet:

Tabelle 17: Standortfaktoren für Esche / Ahorn

	Esche	Ahorn
Höhenlage (m.ü.M.)	Bis 1'400	300 – 1'800
Exposition	alle	Bis 1'300 Nordlagen, darüber Sonnenhänge
Bodenfeuchte	v.a. Feuchtstandorte, braucht reichlich Wasser, gedeiht aber auch an trockenen Jurahängen	Trockenresistent

Der für die Berechnung der Potenziale verwendete maximale jährliche Zuwachs pro ha liegt bei 7 t TS⁴⁴⁾.

Biomasseertrag

43) Für das Agroforst-System sind auch die in der Arealstatistik als landwirtschaftliche Flächen ausgedehnten Rebbau-, Obstbau- und Gartenbauflächen geeignet. Deshalb sind die verfügbaren Flächenpotenziale für Agroforst-Systeme höher als bei Fichtenkulturen.
44) Annahme, dass 50% der Fläche mit Bäumen bestockt, der Rest Weideland.

4.4 Technisch – ökologisches Potenzial

4.4.1 Erträge und Flächenpotenziale in der Schweiz

Die Tabelle 18 zeigt im Überblick das Flächenpotenzial (Hektar und Prozent) und die Erträge für das technisch – ökologische Potenzial für die vier betrachteten Varianten in der Schweiz.

Tabelle 18: Technisch-
ökologisches Potenzial: Erträge
und Flächenpotenzial

	Flächenpotenzial (ha)	Anteil verfügbare Flächenpotenziale (%)	Erträge (Mio. t TS/a)	Ø Ertrag pro Hektar (t TS/ha*a)
High-Input Weiden	588'608	39	5	8.5
High-Input Chinaschilf	434'233	29	4'2	9.7
Low-Input Fichte	1'144'930	75	4'4	3.8
Agroforst Esche / Ahorn	1'035'920	68	3'5	3.4

3.5 bis 5 Mio. t TS
Biomasseerträge

Je nach Varianten können zwischen 3.5 Mio. t TS und 5 Mio. t TS Biomasse jährlich produziert werden. High – Input Weiden erzielen mit rund 5 Mio. t TS die höchsten Erträge. Dafür müssten 39% der gesamten landwirtschaftlichen Flächen gemäss Arealstatistik für den Anbau von Biomassekulturen verwendet werden (siehe Abbildung 20).

Die Biomasseerträge für das Low-Input Fichte und das Agroforst-System Esche / Ahorn betragen 4.4 Mio. t TS, respektive 3.5 Mio. t TS. Um diese Erträge zu erreichen, sind über zwei Drittel der landwirtschaftlichen Flächen für den Anbau von Biomassekulturen notwendig. Chinaschilf hat im Vergleich zu den anderen Kulturen mit 9.7 t TS die höchsten durchschnittlichen Erträge pro Hektar und Jahr. Auf 30% der landwirtschaftlichen Fläche können rund 4.2 Mio. t TS Chinaschilf produziert werden.

Technisches-ökologisches Potenzial

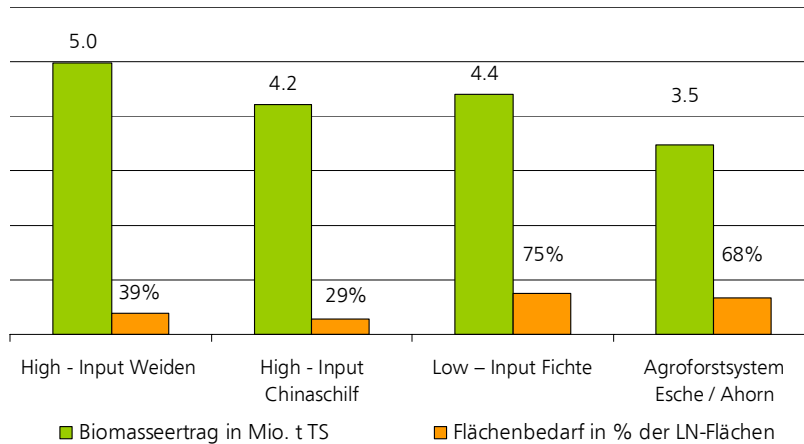


Abbildung 20:
Technisch - ökologisches
Potenzial: Flächenanteil

Generell produzieren die beiden High-Input Systeme Weiden und Chinaschilf auf gleicher Fläche höhere Biomasseerträge als die beiden extensiven Varianten Fichte und Esche / Ahorn.

Anteil
landwirtschaftliche Flächen:
High Input vs. Low Input

4.4.2 Räumliche Verteilung in der Schweiz

Abbildung 21 stellt die räumliche Verteilung des technisch – ökologischen Potenzials für die Variante High-Input Weiden dar. Die guten Standorte befinden sich im Jura und in den Voralpen. Erträge von 12 bis 15 t TS pro Hektar und Jahr lassen sich in den Regionen Yverdon – Morges, Thun – Bern, Luzern – Zug und zwischen dem Zürich- und Bodensee erreichen.

Max. Erträge von High-Input
Weiden im Jura und Voralpen

Die optimalen Standorte für den Anbau von Chinaschilf liegen in ähnlichen Regionen wie für die Variante Weiden (siehe Abbildung 22). Die Höhenlage ist der limitierende Faktor von Chinaschilfkulturen. Sie können lediglich bis auf 700 m.ü.M. angebaut werden.

Ähnliche Standorte von High-Input
Chinaschilf wie Weiden

Abbildung 23 bezieht sich auf die Variante Low-Input Fichte. Im Mittelland befinden sich keine günstigen Standorte für Fichtenkulturen. Limitierender Faktor sind die geringen Niederschlagsmengen. Regionen mit überdurchschnittlichen hohen Biomasseerträgen liegen in Gebieten mit hohen Niederschlagsmengen. Ein schmaler Streifen in den Voralpen, zwischen der Zentral- und Ostschweiz, weist geeignete Standorte für Fichtenkulturen auf.

Low-Input **Fichte** mit guten
Standorten in den Voralpen

Eine ähnliche Situation wie bei Fichte ist bei der Variante Esche / Ahorn zu erkennen. Günstige Standorte befinden sich im Jura und in den Voralpen (siehe Abbildung 24).

Ähnliche Standorte von
Agroforst-System **Ahorn / Esche**
wie Fichte

Technisches-ökologisches Potenzial Weide/Pappel [TS t/ha]

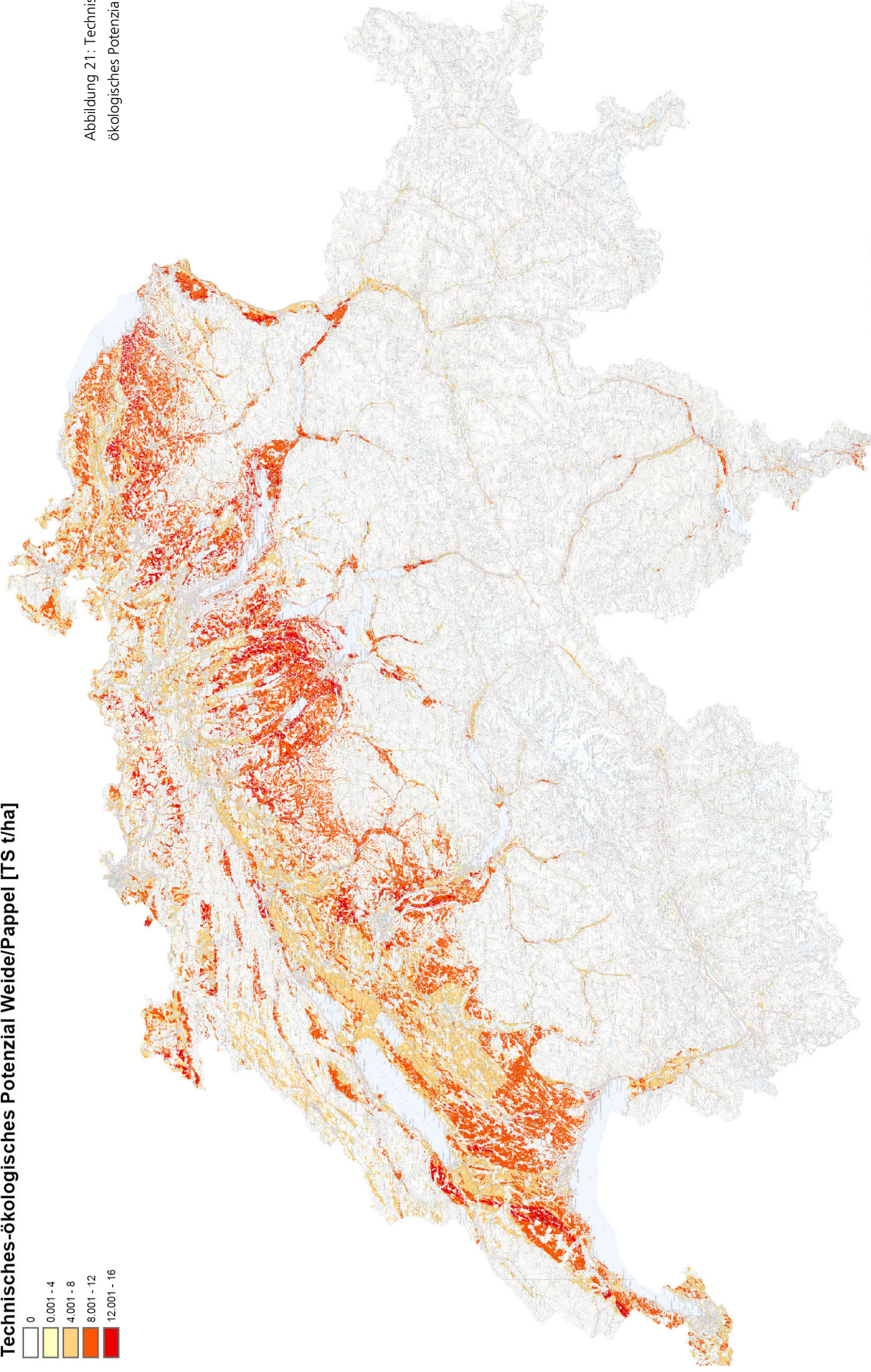
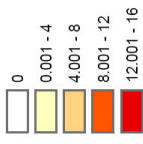


Abbildung 21: Technisch –
ökologisches Potenzial Weide

Ernst Basler + Partner 30.7.2008

PK200 © swissinfo (DV0640339)
Arealstatistik 1992/1997, Bodeneignungskarte © Bundesamt für Statistik (BFS), GEOSTAT
Mittlerer Niederschlag © Meteoschweiz, Atlas der Schweiz
Inventardaten Bundesamt für Umwelt

Technisches-ökologisches Potenzial Chinaschliff [TS t/ha]

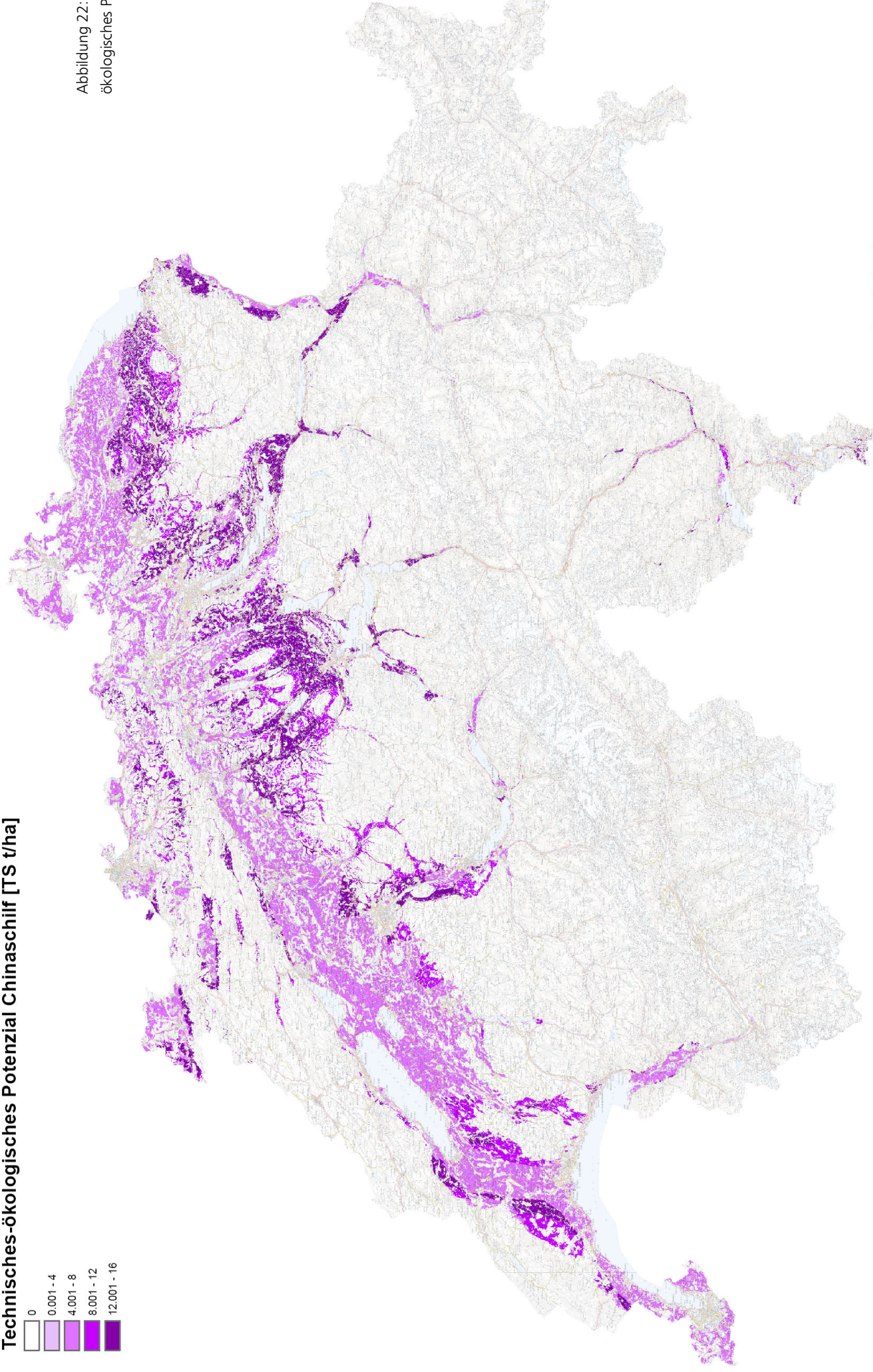
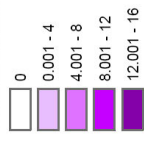


Abbildung 22: Technisch –
ökologisches Potenzial Chinaschliff

Ernst Basler + Partner AG 30.7.2008

PK200 © swisstopo (V064039)
Kantonale Eidgenössische Vermessungsbehörde © Bundesamt für Statistik (BFS), GEOSTAT
Mittlerer Niederschlag © MeteoSchweiz, Atlas der Schweiz
Inventardaten Bundesamt für Umwelt

Technisches-ökologisches Potenzial Fichte [TS t/ha]

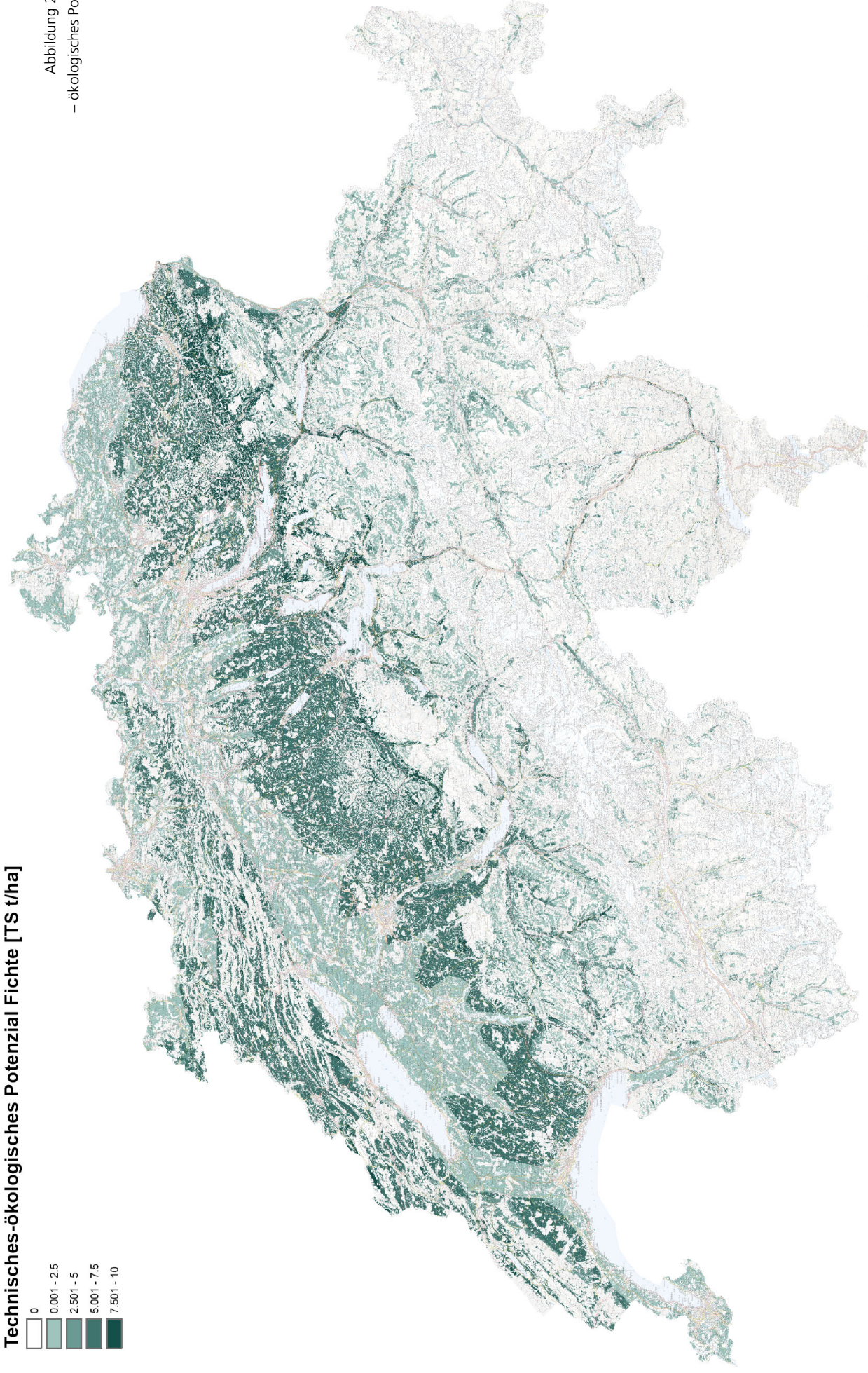
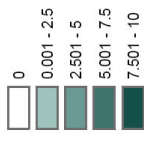


Abbildung 23: Technisch
– ökologisches Potenzial Fichte

Technisches-ökologisches Potenzial Esche/Ahorn [TS t/ha]

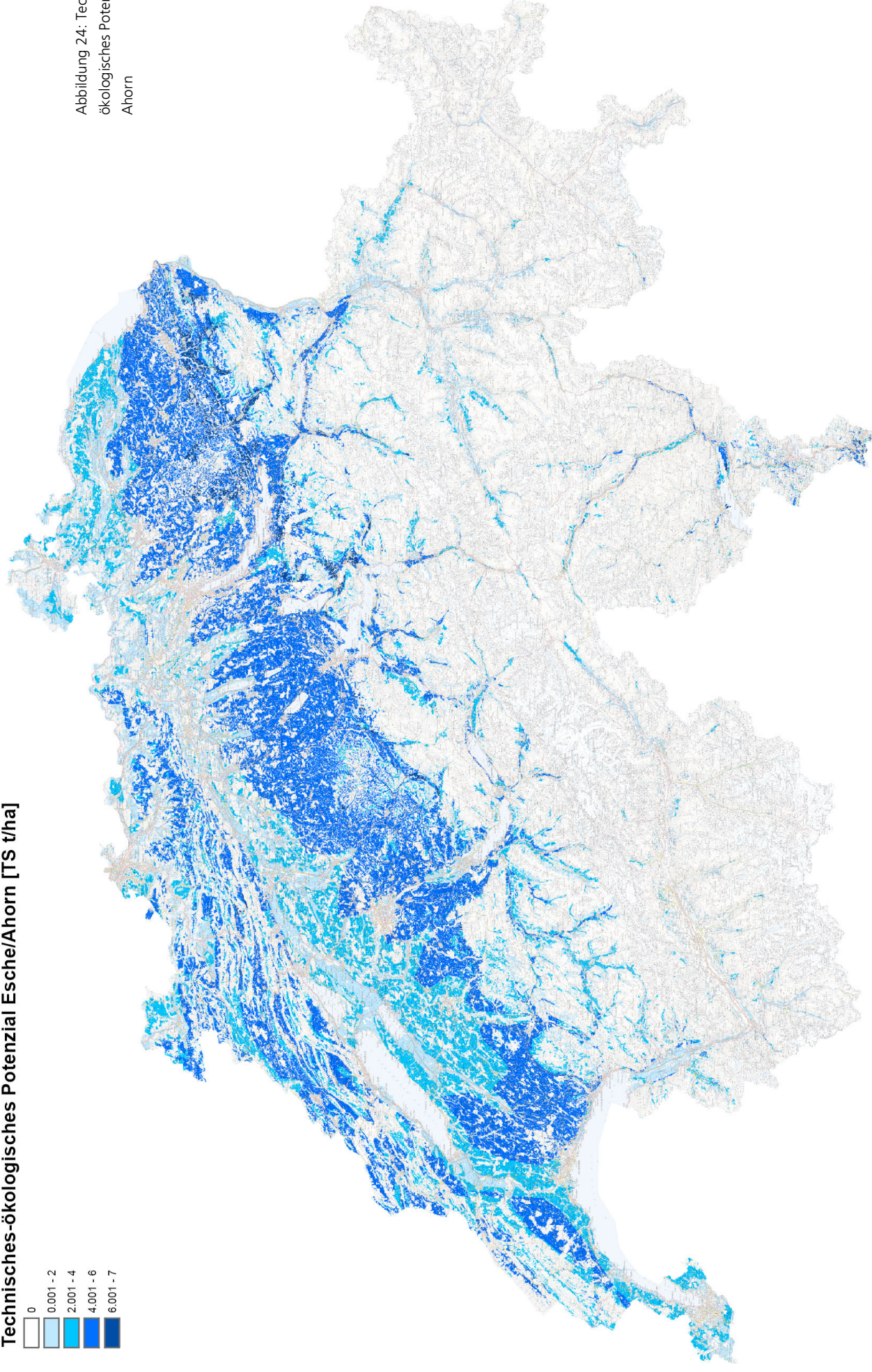
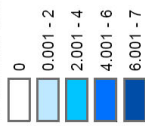


Abbildung 24: Technisch –
ökologisches Potenzial Esche /
Ahorn

Ernst Basler + Partner AG 30.7.2008

PK200 © swiss topo (DV054039)
Arealstatistik 1992/1997, Bodeneignungskarte © Bundesamt für Statistik (BFS), GEOSTAT
Mittlerer Niederschlag © MeteoSchweiz, Atlas der Schweiz
Inventardaten Bundesamt für Umwelt

4.5 Gesellschaftliches Potenzial

4.5.1 Erträge und Flächenpotenziale in der Schweiz

Die Tabelle 19 zeigt im Überblick die Flächenpotenziale und die Erträge für das gesellschaftliche Potenzial für die vier betrachteten Varianten in der Schweiz.

	Flächenpotenzial (ha)	Anteil verfügbare Flächenpotenziale (%)	Erträge (Mio. t TS/a)	Ø Ertrag pro Hektar (t TS/ha*a)
High-Input Weiden	112'842	7	0.66	5.9
High-Input Chinaschilf	72'291	5	0.47	6.5
Low-Input Fichte	405'472	27	1.04	2.5
Agroforst Esche / Ahorn	304'571	20	0.69	2.3

Tabelle 19: Gesellschaftliches Potenzial: Erträge und Flächenpotenzial

Das verfügbare Flächenpotenzial für den Anbau von Biomassekulturen beträgt unter Berücksichtigung der gesellschaftlichen Restriktionen je nach Varianten zwischen 72'000 ha und 405'000 ha. Auf diesen Flächen können Erträge von 0.47 Mio. t TS mit Chinaschilf, respektive 1.04 Mio. t TS mit Fichte produziert werden. Unter Berücksichtigung von ökologischen, technischen und gesellschaftlichen Aspekten sind dafür 5%, respektive 27% der gesamten landwirtschaftlichen Flächen gemäss Arealstatistik für den Anbau von Biomassekulturen notwendig (siehe Tabelle 19 und Abbildung 25).

0.47 Mio. bis 1.04 Mio. t TS
Biomasseerträge

Abbildung 25:
Gesellschaftliches Potenzial auf
landwirtschaftlichen Böden

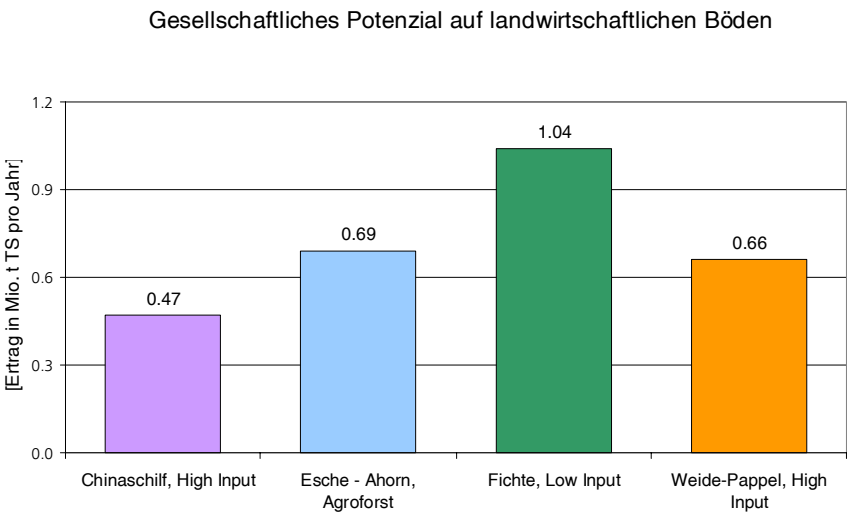
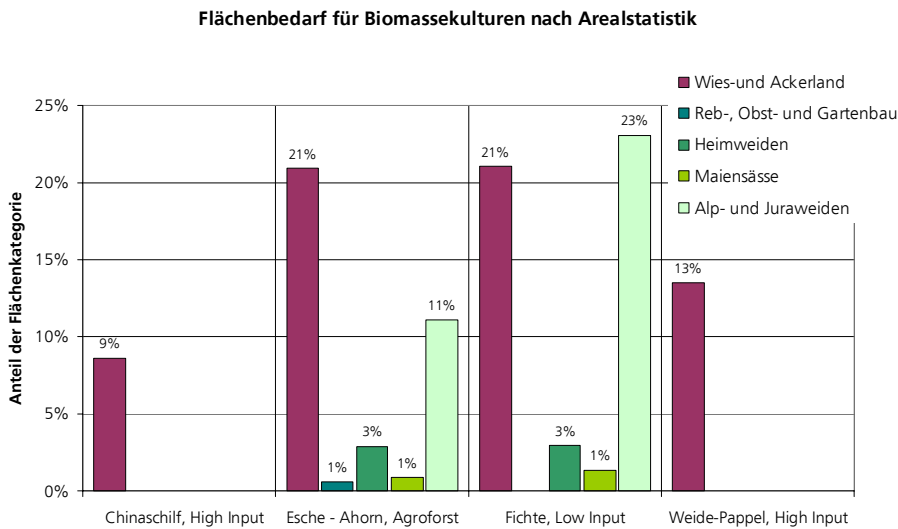


Abbildung 26 zeigt im Überblick den prozentualen Anteil des Flächenbedarfs für Biomassekulturen nach Arealstatistik für die Biomasseerträge. Bei den beiden High-Input Systemen werden ausschliesslich Wies- und Ackerlandflächen verwendet. Beim Low-Input Fichte und Agroforst Esche / Ahorn werden auch grosse Flächen an Grenzertragsflächen genutzt. Beispielsweise liegt der Flächenpotenzial für Fichtenkulturen hauptsächlich bei den Alp- und Juraweiden, Heimweiden und auf landwirtschaftliche Flächen in der Umgebung von Maiensässe. Dies sind ertragsschwache landwirtschaftliche Flächen, die nicht mit dem Anbau von Nahrungsmittel konkurrieren. Beim Agroforst Esche / Ahorn sieht die Situation ähnlich aus. Ein Teil der Flächen sind auch Grenzertragsflächen.

Abbildung 26:
Gesellschaftliches Potenzial:
Flächenanteil pro Kategorie



4.5.2 Räumliche Verteilung in der Schweiz

Abbildung 27 zeigt einen Überblick zum gesellschaftlichen Potenzial für High-Input Weiden. Die für den Anbau von Weiden geeigneten Standorte liegen hauptsächlich auf guten landwirtschaftlichen Nutzflächen. Deshalb bleiben nach Einbezug der Restriktionen nur noch wenige Flächen für den Biomasseanbau. Regionen mit potenziellen Flächen für High-Input Weiden liegen bei Olten – Langenthal, zwischen dem Zuger- und Vierwaldstättersee sowie im Zürcher Oberland.

High-Input Weiden

Eine ähnliche Situation zeigt sich beim High-Input Chinaschilf. Abbildung 28 zeigt eine Übersicht des gesellschaftlichen Potenzials für Chinaschilf.

High-Input Chinaschilf

Verfügbare Flächenpotenziale für den Anbau von Fichtenkulturen sind über die gesamte Schweiz verteilt. Das Flächenpotenzial ist mit über 400'000 ha gross. Zu berücksichtigen sind die eher niedrigen Erträge auf den Grenzertragsflächen. Interessante Standorte sind die Talsohlen der Voralpen (siehe Abbildung 29).

Low-Input Fichte

Das Verbreitungsgebiet ist beim Agroforst-System ähnlich wie bei den Fichtenkulturen. Das verfügbare Flächenpotenzial mit über 300'000 ha liegt tiefer als bei der Fichte. Dies ist auf das natürliche Verbreitungsgebiet von Esche / Ahorn zurückzuführen. Sie wachsen lediglich bis auf 1'400 m.ü.M. Die Fichte kommt bis auf 2'200 m.ü.M. vor (siehe Abbildung 30)

Agroforst-System Esche / Ahorn

Gesellschaftliches Potenzial Weide/Pappel [TS t/ha]

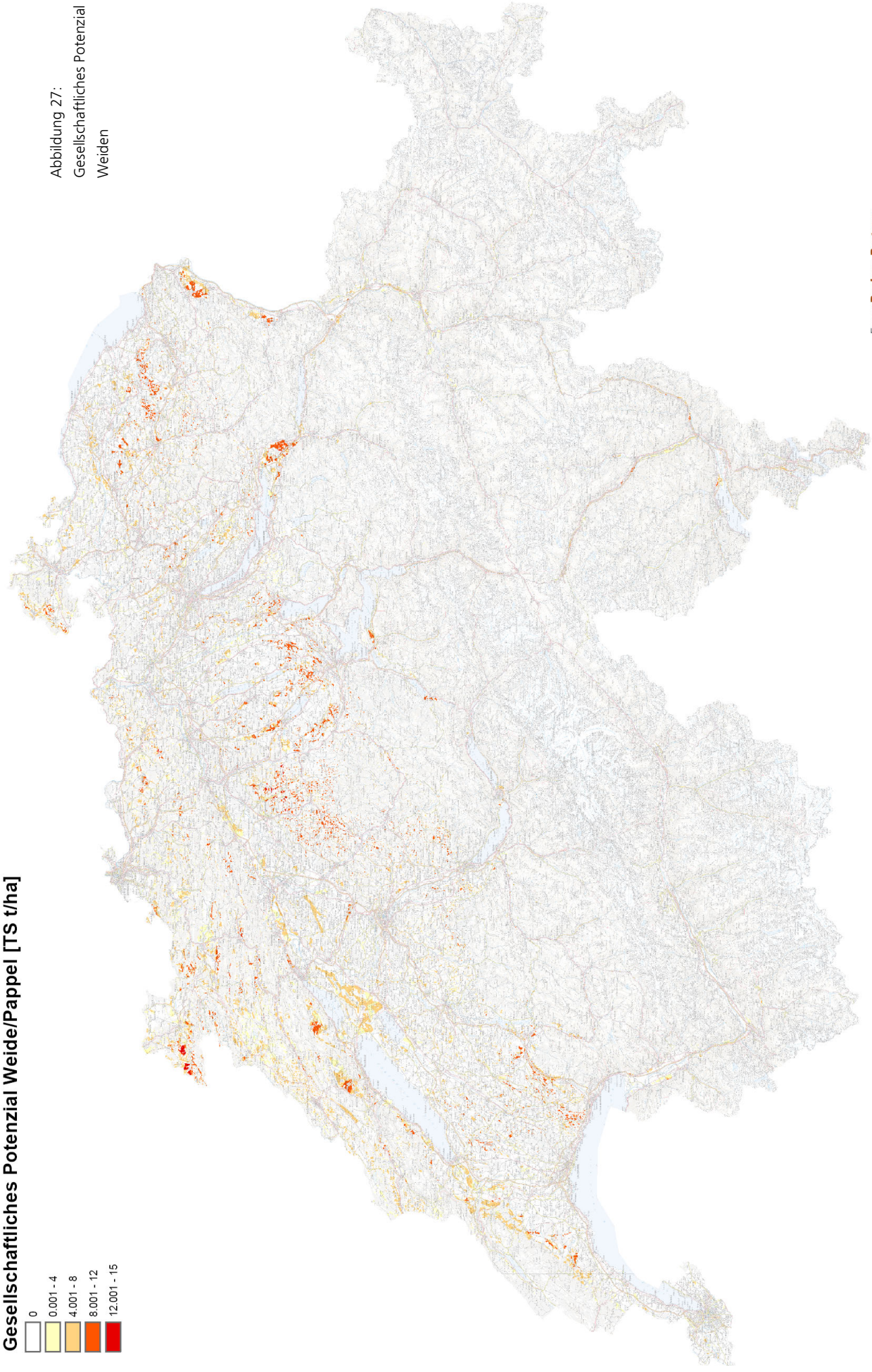
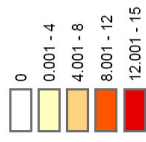


Abbildung 27:
Gesellschaftliches Potenzial
Weiden



Gesellschaftliches Potenzial Chinaschilf [TS t/ha]

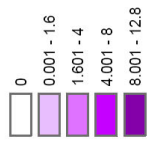
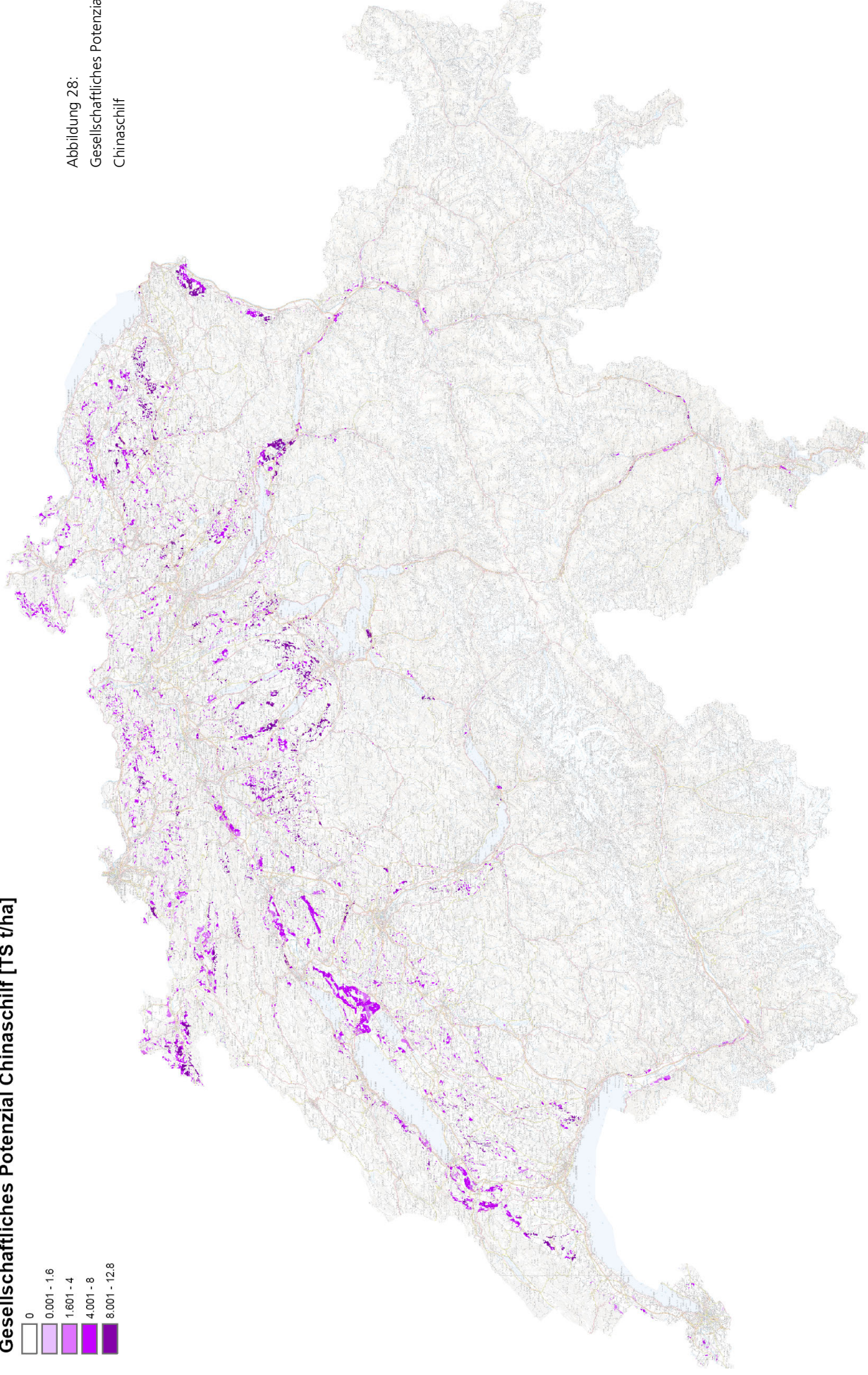


Abbildung 28:
Gesellschaftliches Potenzial
Chinaschilf



Ernst Basler + Partner AG 30.7.2008

PK200 © swissstop (D/084038)
Arealstatistik 1992/1997: Bodeneignungskarte © Bundesamt für Statistik (BFS), GEOSTAT
Mittlerer Niederschlag © Meteoschweiz, Atlas der Schweiz
Inventardaten Bundesamt für Umwelt

Gesellschaftliches Potenzial Fichte [TS t/ha]

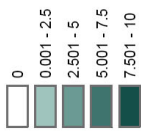


Abbildung 29:
Gesellschaftliches Potenzial
Fichte



Ernst Basler + Partner AG 30.7.2008

PK200 © swissstopo (DV08-4039)
Anaalstatik 1992/1997, Bodenreignungskarte © Bundesamt für Statistik (BFS), GEOSTAT
Mittlerer Niederschlag © MeteoSchweiz, Atlas der Schweiz
Inventardaten Bundesamt für Umwelt

Gesellschaftliches Potenzial Esche/Ahorn [TS t/ha]

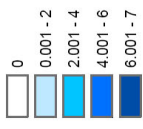
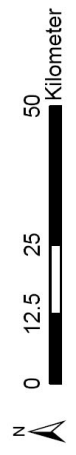
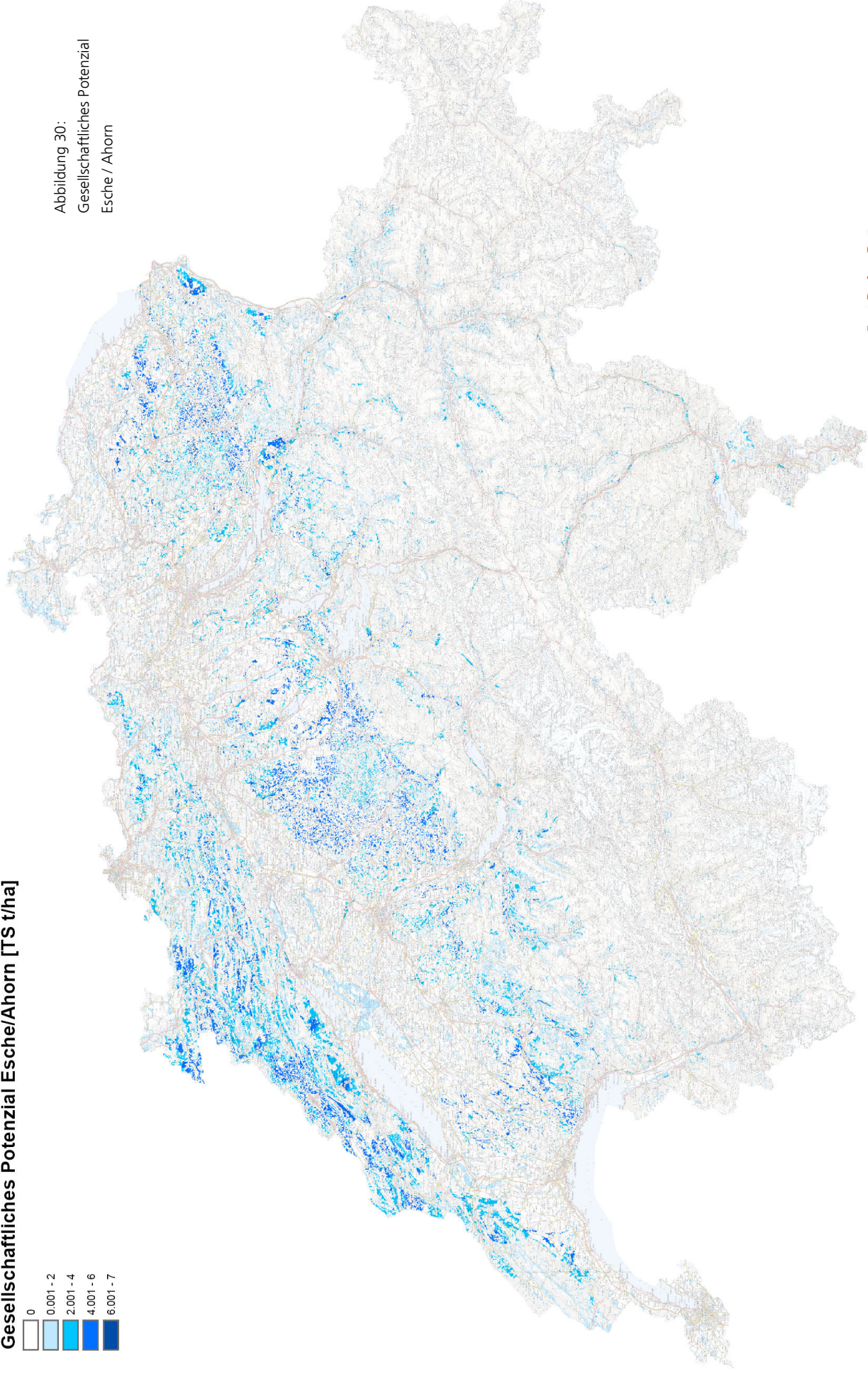


Abbildung 30:
Gesellschaftliches Potenzial
Esche / Ahorn



Ernst Basler + Partner AG 30.7.2008

PK200 © swisstopo (DV/054039)
Arealstatistik 1992/1997, Bodeneignungskarte © Bundesamt für Statistik (BFS), GEOSTAT
Klimatischer Niederschlag © MeteoSchweiz, Atlas der Schweiz
Hydrographischer Bundesamt für Umwelt

4.5.3 Grenzertragsflächen

Grenzertragsflächen befinden sich vor allem in den Voralpen und Alpen (Abbildung 31). Die theoretisch verfügbaren Flächenpotenziale der Grenzertragsflächen mit den Annahmen der Modellierung sind mit 223'240 ha gross⁴⁵⁾. Darin enthalten sind auch hochgelegene Alpen- und Juraweiden, Heualpen und Bergwiesen über 40 Prozent Hangneigung. Diese Flächen gelten theoretisch als potenzielle Anbauflächen für Biomassekulturen.

Grenzertragsflächen in den Voralpen und Alpen

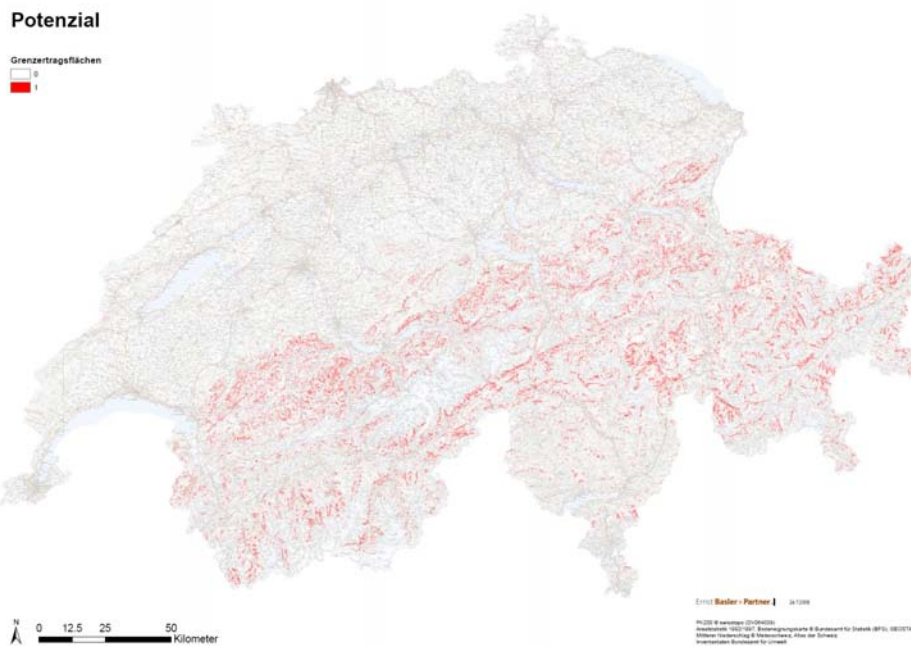


Abbildung 31: Übersicht der Grenzertragsflächen

Die Tabelle 20 gibt einen Überblick der Flächenpotenziale und Biomasseerträge für die vier Varianten. Weiden und Chinaschilf kommen für den Anbau auf Grenzertragsflächen nicht in Frage. Die Hangneigung über 40% erlaubt keine Vollmechanisierung vom Anbau bis zur Ernte der Biomassekulturen. Interessant ist das Potenzial für Fichtenkulturen: Mehr als die Hälfte der potenziellen Grenzertragsflächen könnten für den Anbau von Fichtenkulturen genutzt werden.

Fichtenkulturen auf Grenzertragsflächen

45) Die Grenzertragsflächen sind in den Flächenpotenzialen vom Kapitel 4.4 und 4.5 enthalten.

Tabelle 20:
Anbausysteme auf
Grenzertragsflächen

	Grenzertragsflächen (ha)	Biomasseertrag (t TS/a)
High-Input Weiden	0	0
High-Input Chinaschilf	0	0
Low-Input Fichte	124'430	178'054
Agroforst Esche / Ahorn	46'013	65'112

Die bestehenden Grenzertragsflächen⁴⁶⁾ können nicht alle für den Anbau von Biomassekulturen genutzt werden. Beispielsweise haben Esche und Ahorn das natürliche Verbreitungsgebiet bis auf 1'800 m.ü.M. Höher gelegene Grenzertragsflächen kommen deshalb für den Anbau von Esche und Ahorn nicht in Frage.

4.6 Fazit

Theoretisches Potenzial

Theoretisch stehen in der Schweiz gemäss Arealstatistik 1.5 Mio. ha landwirtschaftlich genutzte Flächen für den Anbau von Biomassekulturen zur Verfügung. Darin enthalten sind auch Grenzertragsflächen, die als potenzielle Anbauflächen prioritär für Biomassekulturen in Frage kommen.

Technisch – ökologisches Potenzial

Mit dem Anbau von Biomassekulturen könnten je nach Varianten zwischen 3.5 Mio. t TS und 5 Mio. t TS produziert werden. Um diese Erträge zu erhalten, sind zwischen 29 % und 75 % der landwirtschaftliche Nutzflächen für Biomassekulturen zu nutzen. Die 3.5 Mio. t TS übersteigt die gesamte aus den Schweizer Wäldern genutzte Holzmenge vom Jahr 2006.

Gesellschaftliches Potenzial

Um das gesellschaftliche Potenzial zu bestimmen, wurden die besten Böden, welche der Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln vorbehalten sind, für den Anbau von Biomassekulturen ausgeschlossen. Damit soll der Nutzungskonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion Rechnung getragen werden. Landschaftlich sensible Regionen wie Tourismus- wurden ausgeschlossen, BLN – Gebiete wurden zu 50% einbezogen. Unter Berücksichtigung dieser Kriterien liegen die verfügbaren Flächenpotenziale bei 72'000 ha (Chinaschilf) und 405'000 ha (Fichte). Auf diesen Flächen können Erträge zwischen 0.47 Mio. t TS mit Chinaschilf und 1.04 Mio. t TS mit Fichte erzielt werden. Bei Fichte und Esche / Ahorn werden dafür u.a. Grenzertragsflächen verwendet (siehe Abbildung 32).

46) Gemäss Arealstatistik 223'240 ha

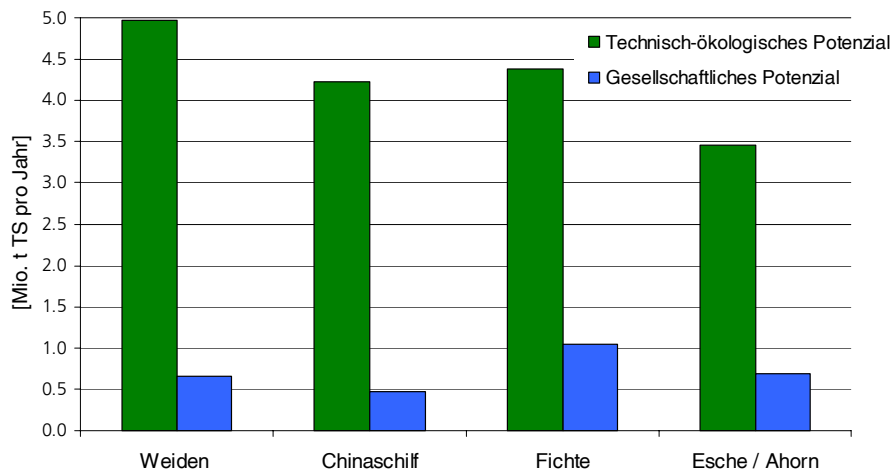


Abbildung 32: Übersicht technisch-ökologisches und gesellschaftliches Potenzial

Die High-Input Systeme Weiden und Chinaschilf produzieren fast doppelt so hohe Biomasseerträge auf der gleichen Fläche wie die beiden anderen Varianten.

Doppelt so hohe Biomasseerträge auf High-Input Systemen

Der Anbau von High-Input Weiden und Chinaschilf ist vor allem im Jura und in den Talsohlen der Voralpen geeignet. Biel-Seeland als typische Region im Mittelland weist viele geeignete Flächen für den Anbau von Biomassekulturen auf. Die maximalen Biomasseerträge können aber in dieser Region nur vereinzelt erreicht werden. Der limitierende Standortfaktor sind die geringen Niederschlagsmengen.

High-Input Weiden und Chinaschilf im Jura und in den Talsohlen der Voralpen

Die günstigsten Standorte für die Variante Fichten liegen in den Voralpen und im Jura. Speziell hervorzuheben ist das Gebiet in der Zentral- und Ostschweiz, wo Fichtenkulturen hohe Biomasseerträge erzielen. Ähnliche Ergebnisse zeigen die Agroforst-Systeme.

Low-Input Fichte mit günstigen Standorten in der Zentral- und Ostschweiz

In den Voralpen und Alpen bestehen grosse verfügbare Flächenpotenziale für den Anbau von Biomassekulturen. Häufig sind dies Grenzertragsflächen, die heute nicht mehr landwirtschaftlich genutzt werden. Die verfügbaren Flächenpotenziale auf Grenzertragsflächen sind gross. Der Biomasseertrag pro Hektar ist auf diesen Flächen aber gering.

Geringe Erträge für den Anbau von Biomassekulturen

5 Technologie und Logistik

5.1 Ausgangslage

5.1.1 Ziele

Im Modul Technologie und Logistik werden die technischen Schritte zur Bereitstellung der Biomasse für alle ausgewählten Varianten (siehe 3.2.4) beschrieben. Dies betrifft die Prozess- und Logistikketten vom Anbau bis zur Rekultivierung über einen Zeitraum von 20 Jahren. Die einzelnen Elemente der Prozess- und Logistikketten bilden jeweils das Produktionsinventar. Mit den Beschreibungen und Definitionen des Moduls Technologie und Logistik sollen die Grundlagen bereitgestellt werden für die Berechnung der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen (siehe Kapitel 6) der betrachteten Varianten.

5.1.2 Prozess- und Logistikketten

Bei allen Technologiestufen ist die Parzellengrenze auch die Systemgrenze. Die weiterführenden Logistikmassnahmen wie der Transport zur Schnitzel-feuerung oder ins Sägewerk werden für die Berechnung im Rahmen dieses Mandates nicht betrachtet. Die nachgelagerte Logistikkette wird jeweils für die Varianten kurz besprochen.

Parzellengrenze als
Systemgrenze

Die Prozesskette beschreibt, welche Behandlung die Kulturen, die Biomasse und die landwirtschaftlichen Flächen während 20 Jahren vom Anbau bis zur Rekultivierung erfahren. Die wichtigsten Prozesse werden in der folgenden Abbildung 33 dargestellt:

Logistikkette

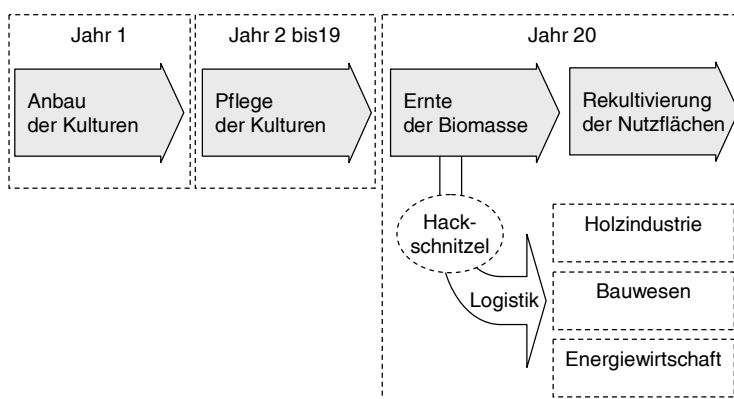


Abbildung 33:
Prozesskette
für Biomassekulturen

Die Bewirtschaftung von Biomassekulturen lässt sich in die Hauptprozesse Anbau, Pflege, Ernte und Rekultivierung unterteilen. Da es sich bei allen

Gliederung in Prozesse: Anbau,
Pflege, Ernte und Rekultivierung

betrachteten Kulturen um Dauerkulturen handelt, steht der Anbau immer am Anfang. Es wird angenommen, dass alle Kulturen 20 Jahre auf der Parzelle belassen werden. Für eine Folgekultur auf derselben Fläche ist normalerweise eine Rekultivierung notwendig.

Tabelle 21 zeigt eine Übersicht der anfallenden Produkte:

Tabelle 21:
Anfallende Produkte
Biomassekulturen

Variante	Stoffliche Nutzung	Energetische Nutzung
High Input Weide		Hackschnitzel
High Input Chinaschilf	Gebündelte Halme (Quaderballen)	Gebündelte Halme (Quaderballen)
Low Input Fichte	Industrieholz mit geringem Durchmesser (Trämel)	Hackschnitzel, Astbündel
Agroforst Esche / Ahorn	Industrieholz mit geringem Durchmesser (Trämel)	Hackschnitzel

Die Biomasse wird vom Feldrand mit LKWs und allenfalls per Bahn in die verarbeitenden Industrien transportiert.

- Anbau** Der Anbau umfasst die Saatbeetbereitung ohne irgendwelche Vorkulturen. Bei der einfachsten Variante z.B. einer Pflanzung mit der Pflanzhaue wird der Setzling direkt in die bestehende Vegetation eingepflanzt. Bei Ackerkulturen muss erst der Boden für den Anbau vorbereitet werden. In der aufwändigsten Variante heisst dies pflügen, fräsen und rückverdichten, damit anschliessend eine Pflanzmaschine die Setzlinge in den Boden bringen kann.
- Pflege** Die Pflege ist ein teilweise über die Jahre wiederkehrender Prozess. Bei Neupflanzungen ist oftmals die Konkurrenz der Unkräuter problematisch und ein Herbizid- oder Mäheinsatz erforderlich. Weitere Pflegemassnahmen sind Behandlungen gegen Schädlinge bzw. Pflanzenkrankheiten. Bei diesem Prozess wird generell ein Minimum an Pflegemassnahmen angenommen. Dies spart einerseits Kosten und verhindert andererseits negative ökologische Auswirkungen.
- Ernte** Die Ernte erfolgt ein- oder mehrmalig; bei Chinaschilf wird jährlich geerntet. Da die Handarbeit viel Aufwand bedingt sind die Produktionsinventare auf eine möglichst rationelle Bewirtschaftung ausgelegt. Teilweise wird mit Vollerntern eingefahren, bei Low-Input Kulturen kann aber auf manuelles Fällen mit der Kettensäge nicht verzichtet werden.
- Rekultivierung** Die letzte Stufe der Anbautechnik ist die Rekultivierung. Die einfachste Variante ist hierbei das „sich selbst überlassen“ eines Berghanges, indem er nach dem Kahlschlag wieder als Weide genutzt wird. Am aufwändigsten ist das Entfernen grosser Wurzelwerke von Bäumen, die auf Ackerland gepflanzt wurden und mittels Stockfräsen tief eingearbeitet werden müssen. Die Bodenstruktur kann dadurch zerstört werden. Im Anschluss an die

Rekultivierungsmassnahmen muss ein einwandfreies Saatbett für die Folgekultur zur Verfügung stehen.

5.2 Variante Weiden

5.2.1 Grundlagen

Weiden sind schnell wachsende Hölzer und können aufgrund des Stockausschlages mehrfach geerntet werden. Die Ernten erfolgen alle 5 Jahre. Die Bäume werden in Doppelreihen gepflanzt, um eine mechanische Ernte zu gewährleisten (siehe Abbildung 34).

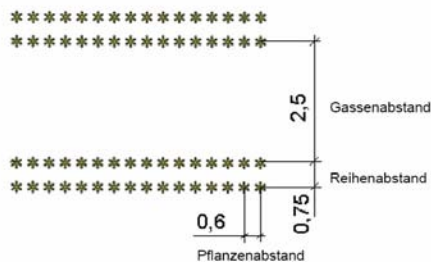


Abbildung 34:
Doppelreihiger Anbau⁴⁷⁾

In Abbildung 35 sind für die Variante Weiden die relevanten Prozesse schematisch dargestellt:

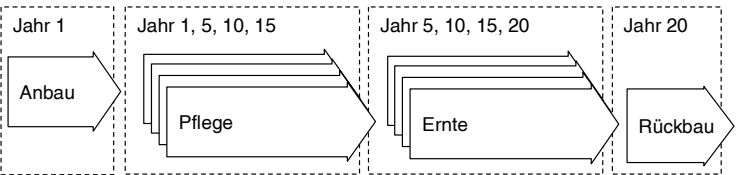


Abbildung 35:
Prozesse Variante Weiden

Die für Weiden angenommen Angaben sind in Tabelle 22 ersichtlich.

Kriterium	Beschrieb
Modellregion	Mittelland: Biel-Seeland
Minimale Anbaufläche (Prozesskosten)	5 ha ⁴⁸⁾
Hangneigung	< 15% ⁴⁹⁾
Erschliessung	Maschinell befahrbar, gute Feinerschliessung
Anbauform	doppelreihig

Tabelle 22:
Annahmen für den
Anbau von Weiden

47) Lewis, 2007.
48) Die minimale Anbaufläche von 5 ha ist für Schweizer Verhältnisse gross. Grössere Anbauflächen haben günstigere Prozesskosten zur Folge.
49) Eine Hangneigung bis 15% erlaubt die maschinelle Nutzung.

5.2.2 Prozesse

Anbau Da es sich um eine Dauerkultur handelt, ist ein Saatbeet bereitzustellen. Hierfür wird im ersten Jahr gepflügt, geeeggt und rückverdichtet. Die Stecklinge werden mit einer Spezialmaschine gesetzt (siehe Abbildung 36). Die Stecklingsproduktion erfolgt in spezialisierten Betrieben.

Abbildung 36:
Setzmaschine für
Weidenstecklinge⁵⁰⁾



Pflege Vor der Saatbereitung wird einmalig ein Totalherbizid ausgebracht. Kurz nach dem Pflanzen der Stecklinge erfolgt die Ausbringung eines Vorauf-
laufherbizids. Ab dem zweiten Jahr sind keine Pflegemassnahmen mehr vorgesehen. Bei mehr als einer Hektare kann auf einen Wildzaun verzichtet werden, sofern der Rehbestand nicht zu gross ist.

Ernte Für die Ernte werden reihenunabhängige, selbstfahrende Erntemaschinen (analog Maishäcksler) eingesetzt⁵¹⁾ (siehe Abbildung 37). Das Erntegut wird als Häckselgut direkt auf Kipper überladen und ab Feldrand lose in die Ver-
arbeitungsstätte oder ein Zentrallager gefahren. Es wird angenommen, dass der Vollernte von einem Lohnunternehmen bereitgestellt wird.

Abbildung 37:
Vollernte⁵²⁾



50) Röhricht und Rutscher, 2004.

51) Es bestehen Firmen, die hierfür den adaptierten Selbstfahrer vom Typ Jaguar anbieten

52) Foto Ingenieurbüro HERSENER

Nach einer Anbauzeit von 20 Jahren wird die Kultur durch eine andere ersetzt. Hierfür werden die Wurzelstöcke mittels einer Rodungsfräse in den Boden eingearbeitet (siehe Abbildung 38). Anschliessend folgt das Grubbern und Eggen als Vorbereitung für die Folgekultur.

Rückbau



Abbildung 38:
Rodungsfräse⁵³⁾

Das gesamte Erntegut fällt als Häckselgut an. Da in der Regel die Heizungsbetreiber nicht über eine unbeschränkte Lagerkapazität verfügen, müssen die Schnitzel zwischengelagert werden. Die Lagerung am Feldrand benötigt keine weiteren Transportanstrengungen. Dabei wird neben der Erntemaschine mit Kippanhänger noch ein zusätzlicher Traktor mit Kippanhänger eingesetzt. Das Traktorgespann fährt parallel zum Häckslers und wird durch dessen Seitenabwurf gefüllt. Während jeweils das Traktorgespann am Feldrand ablädt, häckseln der Selbsternter in den mitgeführten Kippanhänger und entlädt diesen jeweils nach Beendigung einer oder mehrerer Reihen. Hierdurch kann die Einsatzzeit des teureren Häckslers minimiert werden⁵⁴⁾.

Logistik

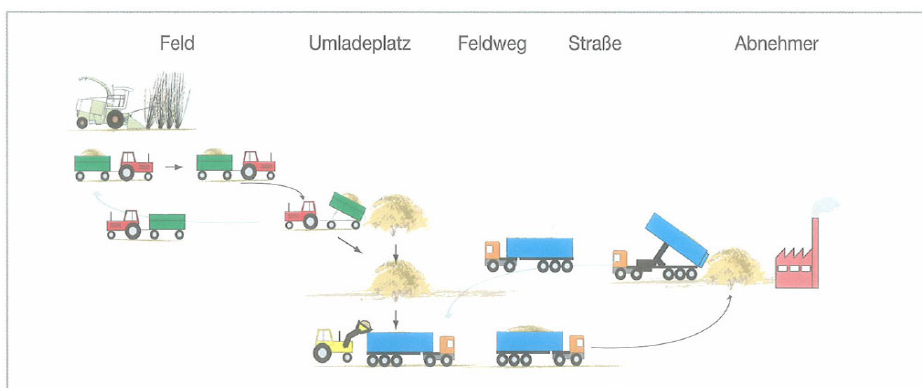


Abbildung 39:
Logistikkette⁵⁵⁾

53) AHWI, 2008

54) Optionen bez. Logistik siehe Anhang

55) Lewis, 2007

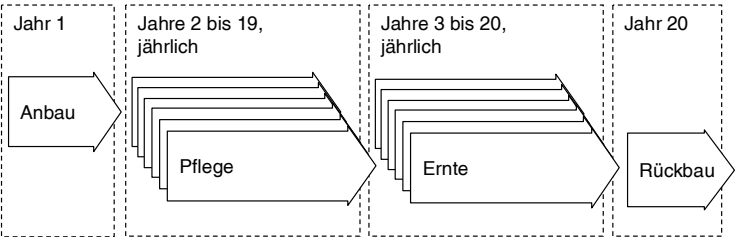
5.3 Variante Chinaschilf

5.3.1 Grundlagen

Chinaschilf ist eine mehrjährige, nicht einheimische Ackerkultur und wird sowohl für die stoffliche als auch für die energetische Nutzung eingesetzt. Gegenüber anderen Gräsern kann Chinaschilf als C4-Pflanze ein erhöhter Ertrag erbringen⁵⁶⁾. Die Pflanze bildet bis zum dritten Jahr ihr Wurzelsystem aus und es bedarf Pflegemassnahmen wie hacken und spritzen, um konkurrenzierendes Unkraut tief zu halten. Danach wird der volle Ertrag erreicht, und es kann alljährlich geerntet werden. Der Nährstoffbedarf ist sehr gering, da nach der Vegetationsperiode ein Grossteil der Nährstoffe im Wurzelsystem eingelagert wird.

In Abbildung 40 sind die mit der Variante Chinaschilf verbundenen Prozesse schematisch dargestellt:

Abbildung 40:
Prozesse Variante
Chinaschilf



Aufgrund der hohen Erträge wird Chinaschilf als High-Input System definiert. Folgende Rahmenbedingungen wurden angenommen (siehe Tabelle 23):

Tabelle 23:
Annahmen für den Anbau
von Chinaschilf

Kriterium	Beschrieb
Modellregion	Mittelland: Biel-Seeland
Minimale Anbaufläche (Prozesskosten)	5 ha
Hangneigung	< 15 %
Erschliessung	gute Feinerschliessung, befahrbar
Anbauform	Einreihig, Reihen- und Pflanzabstand 1m, d.h. 10'000 Pflanzen pro ha

5.3.2 Prozesse

Anbau Als Ackerkultur ist ein entsprechendes Saatbeet bereitzustellen. Hierfür wird im ersten Jahr gepflügt, geeggt und rückverdichtet. Mit einer Spezi-

56) Mitte der 90er Jahre wurden sehr hohe Erwartungen an die Pflanze geknüpft. Nach verschiedenen wissenschaftlichen Untersuchungen wird die Lage heute nüchterner betrachtet. Erträge über 20 Tonnen TS/ha sind nur unter optimalen Bedingungen zu erzielen. Auf weniger optimalen Standorten sind die Erträge mit Gräsern eines intensiven Futterbaus vergleichbar.

almaschine werden die Stecklinge gesetzt (siehe Abbildung 41). Die Stecklingsproduktion erfolgt durch Wurzelteilung in spezialisierten Betrieben. Nach der Grunddüngung bei der Saatbeetbereitung erfolgt keine weitere Düngung.



Abbildung 41:
Anbau von Chinaschilf mittels
einer Setzmaschine⁵⁷⁾

Im ersten und zweiten Jahr müssen konkurrenzierende Unkräuter durch Herbizideinsatz zurückgedämmt werden. Zudem wird mit einem Scharhackgerät zwischen den Reihen gehackt. Ab dem dritten Jahr ist als Pflegemassnahme nur noch eine jährliche Düngung mit 60 m³ pro ha Gülle vorgesehen.

Pflege

Das Chinaschilf wird jährlich mit einem Kreismäher geschnitten und abgelegt. Die Halme werden danach mittels Quaderballenpresse (ggf. mit Vorbauhacksler) verdichtet. Diese Quaderballen⁵⁸⁾ werden mittels Frontlader-Traktor am Feldrand gestapelt d.h. zu einer Miete aufgeschichtet. Die Miete wird in Handarbeit mit einer Plane gegen Feuchtigkeit geschützt.

Ernte

Nach einer Anbauzeit von 20 Jahren wird die Kultur durch eine andere ersetzt. Hierfür werden die Chinaschilftriebe in rund 50 cm Höhe mittels eines Kreismähers geschnitten. Hierdurch verliert die Pflanze an Kraft und treibt erneut geschwächt aus. Gegen das Wiederaustreiben von Wurzelschösslingen wird mit einem systemischen Herbizid gespritzt. Nun werden die Pflanzenreste mittels Grubber ausgerissen und mit einer Fräse in den Boden eingearbeitet⁵⁹⁾.

Rückbau

Das Erntegut fällt in Ballen an und wird auf dem Feld kostengünstig zwischengelagert. Je nach Anforderung des Käufers können die Ballen für kurze Transportdistanzen mittels Traktor und Anhänger oder bei grösseren Transportdistanzen mittels Lastwagen transportiert werden. Für das Aufladen wird wie bei der Ernte ein 70 KW-Traktor mit Frontlader eingesetzt. Damit lassen sich die Quaderballen problemlos laden. Je nach eingesetztem

Logistik

57) Foto Ingenieurbüro HERSENER

58) (0.9 x 0.8 x 2m = 1.4 m³)

59) Reto Burkard, BLW (2008): Mündliche Mitteilung: Neben der mechanischen Behandlung werden häufig grosse Mengen an Chemie für die Rekultivierung eingesetzt.

Feuerungssystem können die Ballen direkt (cigar burner) oder bei Kleinfeuerungen nur als Häcksel eingesetzt werden.

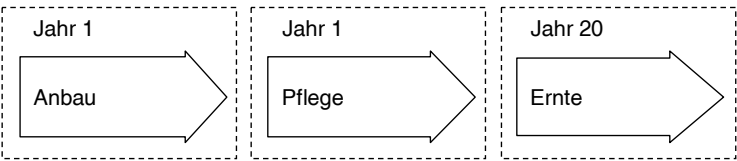
5.4 Variante Fichte

5.4.1 Grundlagen

Fichten können nur einmal geerntet werden. Das hier betrachtete Low-Input Anbausystem mit Fichte wird vor allem auf stillgelegten Weiden oder (Alp)wiesen erfolgen. Neben der Funktion als Holzlieferanten (Energieholz, Holz für stoffliche Nutzung) können die Fichten im Berggebiet auch als Schutz vor Lawinen dienen. Die Nutzungsdauer der Flächen beträgt 20 Jahre. Im Sinne einer erhöhten Produktion von Industrie- und Wertholz wäre eine Option mit einer Nutzungsdauer von 40 bis 50 Jahren von Interesse⁶⁰⁾.

In Abbildung 42 sind die mit der Variante Fichte verbundenen Prozesse schematisch dargestellt:

Abbildung 42:
Prozesse Variante Fichte



Folgende Rahmenbedingungen wurden angenommen:

Tabelle 24:
Annahmen für den
Anbau von Fichte

Kriterium	Beschrieb
Modellregion	Alpen: Goms
Anbausystem	Low Input
Minimale Anbaufläche (Prozesskosten)	5 ha
Hangneigung	40%
Erschliessung	Schlecht erschlossen, teilweise befahrbar
Anbauform	Einreihig, Pflanz- und Reihenabstand 2.5 m, d.h. 2000 Bäume/ha

60) Siehe Kapitel 6.2.3.

5.4.2 Prozesse

Der Anbau der Fichte kann auch auf Weiden oder Wiesland erfolgen. Steillagen bis 100% sind denkbar. Der Anbau erfolgt manuell. Eine Saatbettbereitung entfällt aufgrund der topografischen Verhältnisse im Berggebiet.

Anbau



Abbildung 43:
Eingewachsene Weideflächen
oberhalb Rhäzuns⁶¹⁾

Die Setzlinge werden mit einer Höhe von 30-50cm gepflanzt. Es braucht somit keine weiteren Massnahmen zur Unkrautunterdrückung. Bei Anlagen von mehr als einer Hektare kann auf einen Wildzaun verzichtet werden, sofern der Rehbestand nicht zu gross ist. Um einen verbesserten Aufwuchs zu ermöglichen und den Bergwiesen nicht sämtliche Nährstoffe zu entziehen, wird einmal in 20 Jahre eine geringe Menge Hofdünger (Gülle) ausgebracht.

Pflege

Die Bäume werden im Bestand mit der Motorsäge gefällt, mit dem Mobilseilkran als Vollbaum (mit Krone und Ästen) an die Waldstrasse gerückt und dort mit dem Prozessor (auf Radbagger) entastet und in Sortimentsstücke eingeschnitten. Die Äste werden aufgehäuft und anschliessend mit einem Astbündler transportfähig gemacht. Das Stammholz dient teilweise der stofflichen, das gebündelte Astholz der energetischen Nutzung.

Ernte

61) Foto Ingenieurbüro HERSENER

Abbildung 44:
Mobilseilkran mit Prozessor⁶²⁾



Rückbau Nach einer Anbauzeit von 20 Jahren werden die Fichten bodeneben abgesägt. Die Flächen (Weiden, Wiesland) werden danach entweder beweidet oder wiederum bestockt (versetzt). Der Einsatz von Wurzelfräsen ist im steilen Gelände nicht möglich. Die Wurzeln verbleiben im Boden und verrotten. Somit fallen keine zusätzlichen Kosten für den Rückbau an⁶³⁾.

Logistik Beim vorliegenden Beispiel wird die Biomasse sowohl stofflich als auch energetisch genutzt. Trotz der unterschiedlichen Aufbereitungsformen (Astbündel und Stammholz) kann der Transport direkt ab Waldstrasse mit Lastwagen erfolgen. Durch das Bündeln der Äste wird eine höhere Verdichtung erreicht, was sich sowohl auf das Transport- als auch das Lagervolumen auswirkt (siehe Abbildung 45).

Abbildung 45:
Astbündler⁶⁴⁾



62) Diese Maschinen ermöglichen auch in schwierigem Gelände den rationellen und schonenden Transport der kompletten Bäume an die Waldstrasse. Bildnachweis: www.wsl.ch

63) Welchen Einfluss die verbleibenden Wurzelstöcke auf die anschliessende Nutzung für die Nahrungs- oder Futtermittelproduktion haben, ist nicht bekannt.

64) Von Moos, 2006.

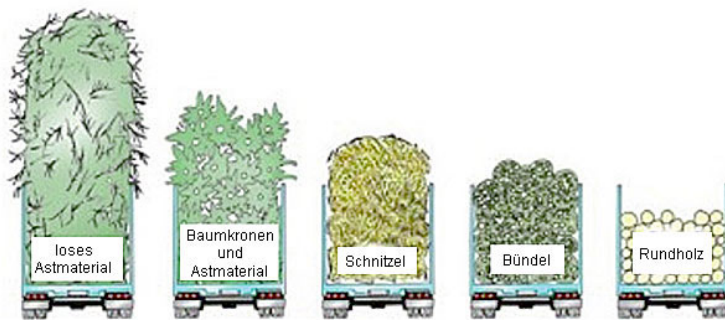


Abbildung 46:
Abnahme des
Transportvolumens

Je nach Einsatzzweck kann das gebündelte Material zwischengelagert oder direkt an die Feuerungsanlage geliefert werden. Fest installierte Häcksler ermöglichen den Betrieb von handelsüblichen Schnitzelfeuerungen. Das stofflich genutzte Stammholz wird in der Regel direkt vom Waldsammelplatz in die Sägerei geliefert.

5.5 Variante Esche / Ahorn

5.5.1 Grundlagen

Ahorn und Esche werden im Agroforst-System angebaut. Es wird angenommen, dass 100 Bäume/ha gepflanzt werden. Dadurch bleibt eine genügend grosse landwirtschaftlich nutzbare Fläche vorhanden. Die Bäume werden in Gruppen zu je 5 Stück gesetzt. Die Bäume werden nach 20 Jahren geerntet, wobei ein Teil stofflich, der Rest energetisch genutzt wird.

In Abbildung 47 sind die mit der Variante Esche / Ahorn verbundenen Prozesse schematisch dargestellt:

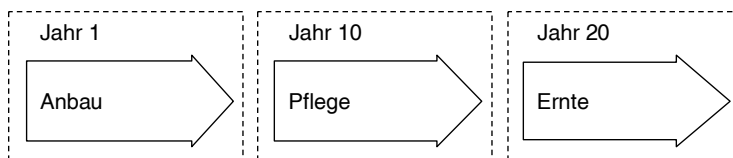


Abbildung 47:
Prozesse Variante Ahorn

Folgende Rahmenbedingungen wurden angenommen (siehe Tabelle 25):

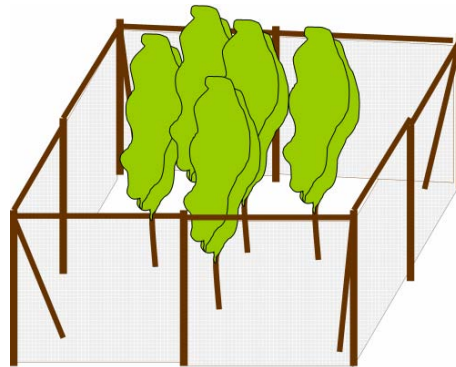
Kriterium	Beschrieb
Modellregion	Voralpen: Emmental
Minimale Anbaufläche (Prozesskosten)	7 ha
Hangneigung	40%
Erschliessung	Zufahrt gut, keine Feinerschliessung, teilweise befahrbar
Anbauform	Gruppenweise, 20 Gruppen à 5 Bäume pro ha, Verhältnis Esche Ahorn 50:50

Tabelle 25:
Annahmen für den
Anbau von Esche / Ahorn

5.5.2 Prozesse

Anbau Die Bäume werden manuell auf Grünland gepflanzt und mit einem Schutzzaun ummantelt. Der Zaun muss massiv sein, um Schutz gegen weidendes Vieh zu bieten und orientiert sich an den holzverstärkten Lösungen in jurassischen Wytweiden.

Abbildung 48:
Umzäunung als Schutz vor
Kühen und Wild



Pflege Vor der Saatbereitung wird der Pflanzboden einmalig mit der Rückenspritze von Unkraut befreit. Die Umzäunung wird nach 10 Jahren rückgebaut (siehe Abbildung 48).

Ernte Die Ernte erfolgt einmalig nach 20 Jahren. Die Bäume werden manuell mit der Kettensäge gefällt. Mit einer Winde werden die Vollbäume an die Strasse gerückt und dort manuell entastet (siehe Abbildung 49). Das Astmaterial wird gehäckselt und energetisch genutzt, das Schaftholz wird abgelängt und als Industrie- und evt. Wertholz genutzt.

Abbildung 49:
Forstraktor⁶⁵⁾



Rückbau Nach einer Anbauzeit von 20 Jahren wird die Kultur erneut durch ein Ahorn / Esche – Agroforstsystem ersetzt oder wieder in eine Weide umgewandelt. In beiden Fällen bleiben die Stöcke im Boden.

65) Durch den Einsatz eines Forstraktors können die Stämme an den Feldrand gezogen werden. (Fachschule Hohenlehen, 2008)

Die Stämme werden am Feldrand abgelegt (Systemgrenze) und von dort via Lastwagen in die Sägerei gefahren. Es wird angenommen, dass 80% der Biomasse energetisch und 20 % stofflich genutzt wird. Die Menge an Holz ist jedoch überschaubar, da nicht die ganze Fläche, sondern nur jeweils „Inseln“ mit den Eschen/Ahorn bepflanzt sind. Das Stammholz kann aufgrund der geringen Mengen direkt mit Traktor und Anhänger zur nächsten Sägerei gebracht werden.

Logistik

5.6 Fazit

Es werden nur die Prozesse vom Anbau bis zur Ernte definiert. Die nachfolgenden Logistik-Prozesse werden in der Studie nicht quantifiziert. Sie sind ausserhalb der Systemgrenze. Der Ankauf von Biomasse ab Feldrand entspricht der heutigen Praxis. Ökobilanz und Wirtschaftlichkeit der Systeme hängen auch von der nachgelagerten Logistik ab.

Systemgrenze: Anbau bis Ernte

Die betrachteten Varianten sind sehr unterschiedlich. Deshalb wurden für alle Varianten Produktionsinventare erstellt, die als Basis für die betriebswirtschaftlichen Berechnungen und für die Auswertung der Ökobilanz dienen.

Produktionsinventar für alle Varianten

Die Kulturen werden während 20 Jahren auf der landwirtschaftlichen Fläche belassen. Die Flächen sollen dann wieder für andere Kulturen zur Verfügung stehen. Daher fallen auf den Ackerbauflächen Kosten für die Rekultivierung an. Insbesondere beim Chinaschilf sind diese Kosten wesentlich⁶⁶⁾.

Hohe Kosten für die Rekultivierung bei Chinaschilf

Für die Varianten Fichte und Esche/Ahorn wurden keine Prozesse für die Rekultivierung berücksichtigt. Es ist ökologisch und ökonomisch sinnvoller, in Hanglagen den Boden nicht aufzubrechen und die Stöcke in der Erde verfaulen zu lassen. Die anschliessende Beweidung ist problemlos möglich, die Wurzelstöcke sind nach 20 Jahren noch klein und verfallen schnell. Entscheidet sich der Bauer als Folgekultur wiederum für den Anbau von Biomassekulturen, können die Pflanzen versetzt gepflanzt werden.

Keine Rekultivierungsmassnahmen bei Fichte und Esche / Ahorn

Die Pflege beinhaltet Massnahmen, um die Konkurrenz durch andere Pflanzen um Licht, Boden, Nährstoffe und Wurzelraum zu beseitigen. Zudem sollen Schädlinge bzw. Pflanzenkrankheiten bekämpft werden. Es wurde ein Minimum an Pflegemassnahmen für die Biomassekulturen eingesetzt. Durch eine intensivere Pflege liesse sich der Biomasseertrag leicht erhöhen. Im Sinne eher extensiver Bewirtschaftungsformen und damit ein-

Minimale Pflegemassnahmen für die Biomassekulturen

⁶⁶⁾ Kosten beinhalten das Mähen, die mechanische Bodenbearbeitung und das Spritzen vom Herbizid.

hergehenden guten Ökobilanzen und geringen Kapitalkosten wurde darauf verzichtet

6 Ökonomische und rechtliche Aspekte

6.1 Einleitung

Der Anbau von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen hängt wesentlich von den rechtlichen Rahmenbedingungen ab. Davon können u.a. allfällige landwirtschaftliche Förderbeiträge abgeleitet werden. Somit kann eine Aussage gemacht werden, ob die Kultur für den Landbesitzer aus betriebswirtschaftlicher Sicht interessant ist. Aus der Auswertung der rechtlichen Grundlagen und betriebswirtschaftlichen Überlegungen werden einzelne regional- und volkswirtschaftliche Aspekte beleuchtet (siehe Abbildung 50).

Gliederung in vier Teilen

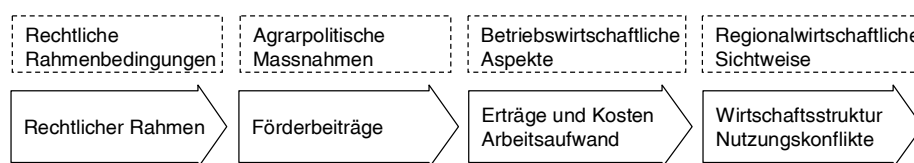


Abbildung 50:
Gliederung Ökonomische und rechtliche Aspekte

6.2 Rechtliche Rahmenbedingungen für Biomassekulturen

6.2.1 Walddefinition

Die rechtlichen Rahmenbedingungen können Einschränkungen für den Bewirtschafter bedeuten. Beim Anbau von Biomassekulturen geht es vor allem darum, ab wann eine bestimmte Fläche mit Bewirtschaftung durch Biomassekulturen der Walddefinition entspricht und damit nach derzeitigem Recht nicht mehr in Landwirtschaftsflächen umgewandelt werden dürfen. Für Landwirte bedeutet ein solcher Wandel im Rechtsstatus eine Einschränkung ihrer Nutzungsmöglichkeiten und eine Wertminderung des Bodens. In der vorliegenden Studie ist die Walddefinition von zentraler Bedeutung⁶⁷⁾.

Walddefinition ist entscheidend

67) Sollte die Walddefinition greifen, gelten die Bewirtschaftungsgrundsätze für Wald (z.B. WaG 1991, Art. 21 und 22). Diese werden hier jedoch nicht näher betrachtet, da die (Energie-) Holzproduktion im Wald nicht Gegenstand dieser Studie ist.

Kein Rechtsgutachten

Das vorliegende Kapitel hat nicht den Charakter einer eigenen Rechtsauslegung oder eines verbindlichen Rechtsgutachten. Es werden die relevanten Gesetzestexte und die bestehenden Interpretationen und Auslegungen (v.a. Bloetzer, 2002, 2004; Jaissle, 1994; Jenni, 1993) zusammengestellt und Schlussfolgerungen gezogen.

6.2.2 Definition von Wald

Anerkennung einer
Bestockung

Auf Bundesebene sind das Waldgesetz vom 4. Oktober 1991 (WaG, 1991), die Waldverordnung vom 30. November 1992 (WaV, 1992) sowie die Bundesgerichtsentscheide als rechtlicher Rahmen für die Anerkennung einer Bestockung als Wald von Bedeutung⁶⁸⁾. Eine Präzisierung erfahren die Bestimmungen in der kantonalen Gesetzgebung. Auf eine detaillierte Analyse der Situation in den Kantonen wird hier verzichtet.

Walddefinition:
Dynamischer Waldbegriff

Hinsichtlich der Walddefinition gilt grundsätzlich der dynamische Waldbegriff, der folgendermassen umschrieben wird: "*Gemäss Art. 2 Abs. 1 WaG gilt rechtlich jede Fläche als Wald, die tatsächlich von Waldvegetation bestockt ist und Waldfunktionen erfüllen kann bzw. erfüllt, unabhängig davon, ob sie durch Pflanzung oder durch natürlichen Einwuchs entstanden ist, mit oder ohne den Willen des Eigentümers, sowie unabhängig davon, welche Nutzung und welcher Zustand des Bodens in der Liegenschaftsbeschreibung im Grundbuch angegeben wird.*" (Bloetzer, 2004). Die Kriterien Waldvegetation und Waldfunktionen werden in der Waldgesetzgebung z.T. detaillierter behandelt. Wichtig ist, dass nur eine der Bedingungen erfüllt sein muss, damit eine Fläche als Wald gilt. Im Folgenden werden diese Konkretisierungen der Begriffe „Waldvegetation“ und „Erfüllen von Waldfunktionen“ behandelt und es wird auf Ausnahmen von diesen Regelungen hingewiesen.

Kantone definieren Breite, Fläche
und Alter der Bestockung

Innerhalb des gesetzlich festgesetzten Rahmens können die Kantone bestimmen, ab welcher Breite, Fläche und Alter eine einwachsende Fläche oder eine andere Bestockung als Wald gilt (WaG, 1991, Art. 2, Abs. 4). Solche Regelungen werden in den kantonalen Waldgesetzen und Waldverordnungen innerhalb folgender in der WaV (1991, Art. 1 Abs. 1, s.o.) festgelegten Grenzen getroffen:

- Fläche mit Einschluss eines zweckmässigen Waldsaumes: 200 – 800 m²
- Breite mit Einschluss eines zweckmässigen Waldsaumes: 10 – 12 m

68) In den letzten Jahren wurde – ausgelöst u.a. durch die Vergandung im Berggebiet und den Druck auf die Waldfläche im Mittelland – in der geplanten Revision des Waldgesetzes wieder eine Differenzierung der Walderhaltungsvorschriften erwogen (Bloetzer, 2004). Die Revision ist jedoch durch National- und Ständerat abgelehnt worden. Dadurch und durch den damit verbundenen Rückzug der Initiative "Rettet den Schweizer Wald" wird es vorerst bei den bisherigen Rechtsvorschriften bleiben.

- Alter der Bestockung auf Einwuchsflächen: 10 – 20 Jahre.

Prioritär ist jedoch die Erfüllung besonderer Wohlfahrts- oder Schutzfunktionen, so dass die Walddefinition auch bei kleineren oder jüngeren bestockten Flächen erfüllt sein kann.

Wohlfahrts- und Schutzfunktion sind prioritär

Baumkulturen, die auf offenem Land zur kurzfristigen Nutzung angelegt worden sind, gelten gemäss Art. 2 Abs. 3 WaG (WaG, 1991) nicht als Wald. Mit Baumkulturen sind vor allem Christbäume, Pappel- und Weidenkulturen sowie Energieholzgewinnung gemeint (Jenni, 1993; Jaissle, 1994). In der Botschaft zum Gesetz⁶⁹⁾ wird ein Zeitraum für den Umtrieb von bis zu 50 Jahren genannt.

"Baumkulturen" gelten nicht als Wald

In Tabelle 26 sind die relevanten Bestimmungen auf Gesetzes- und Verordnungsebene aufgeführt und im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Varianten von Biomassekulturen kommentiert⁷⁰⁾.

Gesetzestext	Konsequenz für Biomassekulturen	Offene Fragen
Waldgesetz, WaG (1991)		
Art. 2 Begriff des Waldes: ¹ Als Wald gilt jede Fläche, die mit Waldbäumen oder Waldsträuchern bestockt ist und Waldfunktionen erfüllen kann.	• Fichte, Weide, Ahorn und Esche sind Waldbäume (Pflanzenschutzverordnung). • Alle Varianten erfüllen Waldfunktionen (Nutzung, teilweise Schutz, Erholung).	
² Als Wald gelten auch: a. Weidwälder, bestockte Weiden (Wytweiden) und Selven; [...]	• Agroforst-System mit Esche/Ahorn ist Wald. • Bei Bestockung mit Nicht-Waldbäumen (z.B. Obstbäume) kein Wald.	Gibt es eine Bestockungsdichte, die mind. erreicht sein muss?
³ Nicht als Wald gelten isolierte Baum- und Strauchgruppen, Hecken, [...] Baumkulturen, die auf offenem Land zur kurzfristigen Nutzung angelegt worden sind, [...].	• <i>High-Input System</i>: Bei Bewirtschaftung als Kultur kein Wald ("kurzfristige Nutzung" bis max. 50 Jahre, vgl. Fussnote 69). • <i>Low-Input Fichte</i>: Bei Fichte wurden bisher v.a. Christbaumkulturen als Baumkulturen anerkannt. Ist die Kultur dafür nicht geeignet (zu alt, verwildert), gilt sie als Wald. Je nach Kanton gelten Fichtenkulturen ab einem Alter von 15 Jahren, bzw. 20 Jahren bereits als Wald (vgl. WaV, 1992, Art 1). • <i>Agroforst-System</i>: Isolierte Baumgruppen sind von der Walddefinition ausgenommen, wenn sie die Grenzwerte aus Absatz 4 (vgl. Fussnote 71) nicht überschreiten. Die Abgrenzung vieler isolierter Baumgruppen zu Waldweiden ist nicht präzisiert.	Fichtenkulturen als Baumkulturen auch zur Biomasseproduktion möglich? Abgrenzung von Varianten des Agroforst-Systems: Gelten als isolierte Baumgruppen (<i>kein Wald</i>) oder als Waldweide (<i>Wald</i>)?

Tabelle 26: Gesetzesgrundlagen für Biomassekulturen

69) Schweizerische Eidgenossenschaft, 1988, III 190; vgl. BGE 111 Ib 302 ff. E. 3

70) Detaillierte Version der Tabelle im Anhang

Waldverordnung, WaV		
Art. 1 Begriff des Waldes ¹ Die Kantone bestimmen die Grenzwerte, wann eine bestockte Fläche als Wald gilt ⁷¹⁾ .	Besonderer Funktionswert hat Priorität vor den kantonalen quantitativen Kriterien. Low-Input System mit Fichte ohne besondere Wohlfahrts- oder Schutzfunktion ist bis zu einem Alter von 15 oder 20 Jahren⁷²⁾ kein Wald (abhängig vom Kanton).	
² Erfüllt die Bestockung in besonderem Masse Wohlfahrts- oder Schutzfunktionen, so gilt sie unabhängig von ihrer Fläche, ihrer Breite oder ihrem Alter als Wald.	Low-Input Fichte kann im Berggebiet besondere Schutzfunktionen erfüllen. Gilt dann unabhängig von Alter oder Flächengrösse als Wald.	
Art. 2 Bestockte Weiden Wytweiden sind Flächen, auf denen Waldbestockungen und offene Weideplätze mosaikartig abwechseln und die sowohl der Vieh- als auch der Forstwirtschaft dienen.		Wie hoch muss der Bestockungsgrad sein, damit die Weide als Waldweide gilt?

6.2.3 Folgerungen und offene Fragen

Aus den berücksichtigten Gesetzesgrundlagen kann für die untersuchten Varianten Folgendes geschlossen werden:

Weiden bis 50 Jahre
gelten nicht als Wald

High-Input Weiden: Weiden gelten gemäss Art. 2 Abs. 3 WaG als Baumkulturen. Umtriebszeiten bis zu 50 Jahren sind möglich, ohne dass diese Flächen als Wald gelten. Unter der Annahme, dass die High-Input Systeme nur auf Flächen mit Hangneigung kleiner als 15% angebaut werden, ist eine Waldfeststellung aufgrund besonderer Schutzfunktionen ausgeschlossen, relevant könnte jedoch die Feststellung besonderer Wohlfahrtsfunktionen sein.

Fichten zwischen 10 bis 20
Jahren gelten als Wald

Low-Input Fichte: Bei einer Bewirtschaftung von Fichtenkulturen mit Umtriebszeiten <15 Jahren (und je nach Kanton sogar bis <20 Jahren) bleiben die Anbauflächen Landwirtschaftsland. Eine Behandlung von Fichtenkulturen als "Baumkulturen" gemäss WaG Art. 2 Abs. 3 (WaG, 1991) und damit eine längere Umtriebszeit von bis zu 50 Jahren ist bisher nicht üblich. Low-Input Systeme Fichte können in Hanglagen bis 100% angebaut werden. Aufgrund dieser bevorzugten Standorte kann eine Waldfeststellung aufgrund besonderer Schutzfunktionen (Lawinen, Erosion etc.) nicht ausgeschlossen werden.

71) Innerhalb der folgenden Bereiche: a. Fläche mit Einschluss eines zweckmässigen Waldsaumes: 200–800 m²; b. Breite mit Einschluss eines zweckmässigen Waldsaumes: 10–12 m; c. Alter der Bestockung auf Einwuchsflächen: 10–20 Jahre.

72) Über die Hälfte der Kantone schöpft den bundesrechtlichen Rahmen voll aus. Kein Kanton setzt die Grenze unter 15 Jahren.

Agroforst-System Esche/Ahorn, evtl. Hochstamm-Feldobstbäume: Generell gelten Flächen, auf denen die Nutzung von Weideflächen und Holzgewinnung (Waldbäume) kombiniert wird als Wald. Ausgeschlossen werden kann die Erfüllung der Walddefinition in folgenden Fällen:

Weideflächen mit Waldbäumen
gelten als Wald

- Pflanzung von Bäumen, welche keine Waldbäume sind (z.B. Obstbäume);
- Nutzung von Biomassekulturen mit Umtriebszeit zwischen 15 und 20 Jahren;
- Einhaltung von einem Abstand der Baumgruppen, dass sie gemäss WaG Art. 2 Abs. 3 (WaG, 1991) als isolierte Baumgruppen zu behandeln sind. In diesem Fall ist jedoch ein allfälliger Schutz gemäss Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) zu beachten.

High-Input Chinaschilf: Chinaschilf gilt als landwirtschaftliche Nutzpflanze und nicht als Waldbaum. Chinaschilfkulturen werden nicht zu Wald.

Einige Aspekte sind nicht ausreichend genau geregelt, um präzise aufzeigen zu können, wann eine Fläche zu Wald wird. Folgende Fragen sind derzeit offen:

Offene Fragen

- Wird der Begriff Baumkulturen in Art. 2 Abs. 3 WaG zukünftig so ausgelegt, dass auch der Anbau von Fichten auf landwirtschaftlichen Flächen als Baumkulturen behandelt werden, die über eine Umtriebszeit von bis zu 50 Jahren nicht zu Wald werden?
- Wo liegt die Grenze zwischen isolierten Baumgruppen (WaG, 1991, Art. 2 Abs. 3) und bestockten Weiden (WaG, 1991, Art. 2 Abs. 2)?
- Ab welcher Bestockungsdichte (gleichmässige Bestockung) mit Waldbäumen wird eine ehemalige Weide zur Waldweide und damit rechtlich zu Wald?

Baumkulturen vs.
Fichtenkulturen

Isolierte Baumgruppen vs.
bestockte Weiden

Bestockungsdichte: Wald vs.
Waldweide

6.3 Agrarpolitische Massnahmen

6.3.1 Einleitung

Förderbeiträge in der
Landwirtschaft

In der Landwirtschaft werden die zugunsten der Gesellschaft erbrachten öffentlichen Leistungen mit verschiedenen Zahlungen abgegolten. Die Zahlungen werden in Form von Direktzahlungen und Investitionshilfen gewährt.

Gesamtertrag:
Förderbeiträge plus
Ertrag aus Verkauf Biomasse

Neben den Aufwendungen für den Anbau und den Erträgen aus dem Verkauf der Produkte ist für das Betriebsergebnis die Höhe dieser Zahlungen entscheidend. Dementsprechend haben diese Zahlungen auch einen bedeutenden Einfluss auf die Entscheidungen der Landwirte, welche Kulturen sie anbauen.

In diesem Kapitel werden die aktuellen Zahlungen an die Landwirtschaft für die betrachteten Biomassekulturen in Kurzform zusammengestellt und analysiert. Detaillierte Angaben sind im Anhang A3 zu finden.

6.3.2 Mögliche Zahlungen an Biomassekulturen

**Spezielle Beiträge
für Biomassekulturen**

Die Grundlage für spezielle Beiträge an den Anbau von Biomassekulturen ist in Art. 59 (Nachwachsende Rohstoffe) des Landwirtschaftsgesetzes (LWG, 1998) geregelt.

Anbaubeitrag für
Faserpflanzen

Es wird ab 2009 ein Anbaubeitrag für Faserpflanzen (u.a. Chinaschilf) in Höhe von 1'000 Fr./ha gewährt. Für die anderen hier berücksichtigten Biomassekulturen werden keine speziellen Anbaubeiträge gewährt und sind in der AP 2011 auch nicht vorgesehen.

Im Folgenden werden jene Zahlungen an die Landwirtschaft aufgelistet und kurz diskutiert, welche für die einzelnen Varianten des Biomasseanbaus allenfalls relevant sind.

**Allgemeine
Direktzahlungen**

Die einzelnen Direktzahlungen an die Landwirtschaft sind in der Direktzahlungsverordnung (DZV) geregelt. Direktzahlungen werden bei Erfüllung des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) gewährt. Es werden allgemeine und ökologische Direktzahlungen unterschieden. Die Sätze der Beiträge werden nach Fläche oder Tierzahl abgestuft (siehe Anhang). Flächen mit Forstpflanzen sind nicht direktzahlungsberechtigt.

Flächenbeiträge

Der Bund richtet als Entgelt für die gemeinwirtschaftlichen Leistungen unabhängig von der Kultur allgemeine Flächenbeiträge aus. Für das offene Ackerland und die Dauerkulturen werden Zusatzbeiträge ausgerichtet (siehe Anhang).

Zudem könnten für das Anbausystem Agroforst Esche / Ahorn folgende landwirtschaftlichen Beiträge relevant werden:

- Hangbeiträge
- Beiträge an Raufutter verzehrende Nutztiere
- Beiträge an Raufutter verzehrende Nutztiere unter erschwerten Produktionsbedingungen

Zusätzliche
landwirtschaftliche Beiträge

Für das High-Input-System Chinaschilf wird wie erwähnt ein Anbaubeitrag für Faserpflanzen ausbezahlt.

Ökobeiträge dienen der Förderung besonders naturnaher und umweltfreundlicher Produktionsformen. Folgende Elemente des ökologischen Ausgleichs kommen für das Agroforst-System in Frage:

**Ökologische
Direktzahlungen**

- extensiv genutzte Wiesen
- wenig intensiv genutzte Wiesen
- Hochstamm-Feldobstbäume

Für die High-Input Systeme und das Low-Input System werden keine Ökobeiträge gezahlt. Für Agroforst-Systeme könnten Ökobeiträge dann beantragt werden, wenn Feldobstbäume verwendet werden und diese die geltenden Anforderungen an Hochstamm-Feldobstbäume erfüllen.

Keine Beiträge für
Forstpflanzen

Das Agroforst-System Esche / Ahorn könnte an den ökologischen Ausgleich angerechnet werden, wenn es sich um Waldweiden handelt, oder um Flächen mit einheimischen standortgerechten Einzelbäumen, die ebenfalls den Anforderungen der Direktzahlungen entsprechen⁷³⁾.

Ethobeiträge werden für die besonders tierfreundliche Haltung landwirtschaftlicher Nutztiere ausgerichtet. Dazu gehören besonders tierfreundliche Stallhaltungssysteme (BTS) und regelmässiger Auslauf im Freien (RAUS)⁷⁴⁾. Der Bund richtet zudem für den Schutz und die Pflege der Kulturlandschaft für Sömmerungsweiden Beiträge aus. Diese Beiträge könnten allenfalls für das Agroforst-System relevant sein.

Ethobeiträge für
tierfreundliche Haltung und
Sömmerungsbeiträge

Mit den Investitionshilfen im Bereich der Strukturverbesserungen werden die landwirtschaftlichen Infrastrukturen sowie die Lebens- und Wirtschaftsverhältnisse im ländlichen Raum verbessert.

Strukturverbesserungen

Unterstützt werden u.a. Projekte zur regionalen Entwicklung und zur Förderung von einheimischen und regionalen Produkten. Bei den Projekten zur regionalen Entwicklung werden primär Massnahmen zur Schaffung von Wertschöpfung in der Landwirtschaft gefördert⁷⁵⁾.

Vorwiegende Beteiligung
der Landwirtschaft als
Voraussetzung

73) Der Beitrag beträgt bei Hochstamm-Feldobstbäumen je Baum und Jahr 15 CHF, es werden max. 160 Bäume pro ha gefördert. Der maximale Beitrag beträgt demnach 2'400 CHF/ha.

74) Ethobeiträge haben im Jahr 2006 18'340 von 62'800 Betrieben erhalten.

75) Ziel ist, die branchenübergreifende Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft und landwirtschaftsnahen Sektoren, namentlich Gewerbe, Tourismus, Holz- und Forstwirtschaft zu stärken.

Starthilfe für Anlagen zur
Produktion erneuerbarer Energie

Im Bereich des landwirtschaftlichen Hochbaus können auch Anlagen zur Produktion von erneuerbarer Energie aus Biomasse mit rückzahlbaren Investitionskrediten unterstützt werden, sofern die Anlage mehrheitlich im Besitz von Landwirten ist und von den Landwirten betrieben wird. Es handelt sich dabei um Unterstützungsbeiträge, welche einen Beitrag dazu liefern können, dass sich der Biomasseanbau in einer Region mittelfristig etabliert⁷⁶⁾.

Ressourcenprogramm

Der Bund richtet zudem befristet für max. 6 Jahre Beiträge an regionale und branchenspezifische Projekte zur Verbesserung der Nachhaltigkeit bei der Nutzung natürlicher Ressourcen aus, wenn diese anschliessend selbsttragend sein werden.

6.3.3 Aktuelle Zahlungen für die untersuchten Varianten (2008)

In Tabelle 27 wird ein Überblick über die Zahlungen gegeben, welche derzeit für die untersuchten Varianten beansprucht werden können.

Tabelle 27: Übersicht der
landwirtschaftlichen Zahlungen

Beiträge in CHF/ha	Mittelland		Voralpen	Alpen
	High-Input Weiden	High-Input Chinaschilf ⁷⁷⁾	Agroforst E- sche/Ahorn	Low-Input Fichte
Flächenbeitrag	0	1'080	575	0
Zusatzbeitrag offenes Ackerland und Dauerkulturen	0	450	750 ⁷⁸⁾	0
Anbaubeitrag Faserpflanzen	0	1'000	0	0
Total	0	2'530	1'325	0

Förderbeiträge nur für
Chinaschilf und
Agroforst-Systeme

Derzeit werden von den untersuchten Anbausystemen nur für Chinaschilf und Agroforst-Systeme (unbestockter Flächenanteil) Beiträge ausgerichtet. Für Chinaschilf betragen diese insgesamt 2'660 CHF/ha.

Spezialfall
Agroforst-System

Das Agroforst-System Esche / Ahorn ist ein Spezialfall. Für den bestockten Anteil der Flächen ist nicht mit landwirtschaftlichen Beiträgen zu rechnen. Dementsprechend reduzieren sich die Beiträge proportional im Vergleich zur unbestockten Weide. Wenn die Kürzung der Direktzahlungen nicht durch höhere Erträge aus der Holzbiomasseproduktion ausgeglichen wird, wird für den Landwirt die Weidenutzung finanziell immer interessanter bleiben. Für den unbestockten Anteil (Annahme 50%) werden die landwirtschaftlichen Zahlungen einer extensiv bewirtschafteten Wiese berücksichtigt (total 1'325 CHF/ha).

76) Diese Leistungen können jedoch nicht als finanzieller Anreiz den Hektarerträgen zugerechnet werden. Sie werden daher hier nicht näher betrachtet.
77) Zahlungen 2009: Anbaubeitrag für Faserpflanzen (z.B. Chinaschilf) 1'000 CHF/ha, Flächenbeitrag 1'040 CHF/ha, Zusatzbeiträge 620 CHF/ha.
78) die Hälfte des Hektarbeitrages für extensive Wiesen

Der Anbau von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen kann dazu führen, dass nach 10 bis 20 Jahren die Fläche ihren ursprünglichen Rechtsstatus "landwirtschaftlicher Nutzfläche" verliert und zu Wald wird. Wenn die Umtriebszeit von Biomassekulturen verlängert würde, ohne dass die landwirtschaftliche Fläche zu Wald wird, könnten Agroforst-Systeme mit höheren Erträgen rechnen. In Deutschland beispielsweise wurden in einigen Bundesländern in den Waldgesetzen die Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Flächen aus der Walddefinition explizit herausgenommen (Bemmann 2007).

Beispiel Deutschland:
Kurzumtriebsplantagen gelten
nicht als Wald

Eine interessante Alternative zum hier untersuchten Agroforst-System stellt die teilweise Bepflanzung bisheriger Weideflächen mit Hochstamm-Feldobstbäumen dar⁷⁹⁾.

6.4 Betriebswirtschaftliche Aspekte

6.4.1 Einleitung

In diesem Kapitel werden der Aufwand und die Erträge für den Anbau von Biomassekulturen berechnet. Zuerst werden die Annahmen erläutert, auf welchen die betriebswirtschaftlichen Berechnungen beruhen. Daraufhin wird auf die Ergebnisse der Kulturen und Anbausysteme eingegangen.

Aufbau des Kapitels

Mithilfe von Szenarien wird aufgezeigt, bei welchem Aufwand und Ertrag mit dem Anbau von Biomassekulturen in der Landwirtschaft zu rechnen ist, beziehungsweise wie hoch die finanziellen Anreize für Biomassekulturen sein müssten, wenn der Anbau gefördert werden soll. Es werden Vollkostenrechnungen aufgrund aktuell geltender Kostenansätzen durchgeführt⁸⁰⁾. Je nach Variante und Szenario leisten die finanziellen Erträge Deckungsbeiträge an allgemeine betriebliche Kosten (z.B. Restarbeiten, allgemeine Betriebskosten etc.). In der Besprechung der Ergebnisse wird auf die Deckungsbeiträge der einzelnen Varianten eingegangen.

Durchführung von
Vollkostenrechnungen

Die Beträge betreffend Aufwand und Ertrag beziehen sich jeweils auf eine Fläche von 1 ha pro Jahr. Die direkten Kosten umfassen Personal-, Material- und Maschinenkosten.

79) Damit können im Voralpengebiet bei Nutzung als Weide Beiträge bis max. 4'333 CHF/ha ausgerichtet werden.

80) Die Kostenansätze beziehen sich auf heutige, durchschnittliche landwirtschaftliche Betriebe. Die Daten stammen von der FAT 2008.

6.4.2 Annahmen für die Berechnungen

Für die Berechnung der Erträge sind der durchschnittliche Zuwachs, der Preis für die Biomasse und die (Förder-) Beiträge für die Varianten relevant⁸¹⁾. In Tabelle 28 sind die wichtigsten Eingangsgrößen für jede Variante beschrieben.

Tabelle 28:
Annahmen für
betriebswirtschaftliche
Berechnungen

Variante	Standort	Setzlinge [N pro ha]	Ø Zuwachs [t TS/ ha*a] ⁸²⁾	Preis [CHF/t TS]	Beiträge [CHF/ha*a]
High-Input Weiden	Mittelland (flach, Ackerland)	10'000	12	163	0
High-Input Chinaschilf	Mittelland (flach, Ackerland)	10'000	15	140	2'530
Low-Input Fichte	Alpen Hangneigung 40%	2'000	7	177	0
Agroforst Esche / Ahorn	Voralpen Hangneigung 40%	100	4	204	1'325

6.4.3 Finanzieller Aufwand und Ertrag

Variante High-Input Weiden

Der Anbau von Weiden rentiert heute nicht (siehe Tabelle 29 und Abbildung 51). Erst im Szenario 3 (siehe Kap. 3.3, Tabelle 8) kann mit einem höheren Preis und Zuwachs ein Gewinn erzielt werden.

Tabelle 29:
High-Input Weiden: Aufwand
und Ertrag

	Aufwand [CHF] ⁸³⁾	Ertrag [CHF]	
Direkte Kosten	- 877	1'956	Verkauf Biomasse
Pachtzins	- 733	0	Lw. Beiträge
Restarbeiten	- 630		
Allg. Betriebskosten	- 543		
Total	- 2'783	1'956	
Verlust	- 827		

81) Es wird von einem mittelmässigen Standort ausgegangen, wo durchschnittliche jährliche Biomasseerträge erzielt werden können. Beispielsweise können bei Fichte maximale Erträge von 10 t TS/ha erzielt werden. Gerechnet wird mit 7 t TS/ha.

82) Die Werte entsprechen dem Zuwachs eines mittleren Standortes.

83) Der Aufwand wurde in Produktionsinventaren ermittelt, die sich auf Daten folgender Quellen stützen: Agroscope/ART 2007, Weber 2004, Frutig 2007, KTBL 2006, zudem mündliche Mitteilungen H. Ammann/WSL, Alexander Möndel/DE, Jean-Louis Hersener/Hersener, Thomas Bürgi/WSL und von Atzigen AG.

Beim Anbau von Weiden machen die direkten Kosten (Arbeit, Maschinen und Material) zusammen 31% der Gesamtkosten aus. Die restlichen Kosten sind Deckungsbeiträge an allgemeine Betriebskosten, Restarbeiten und Pachtzinsen. Der Ertrag aus dem Verkauf der Biomasse deckt heute bereits die direkten Kosten und den anfallenden Pachtzins.

Ertrag deckt direkte
Kosten und Pachtzins

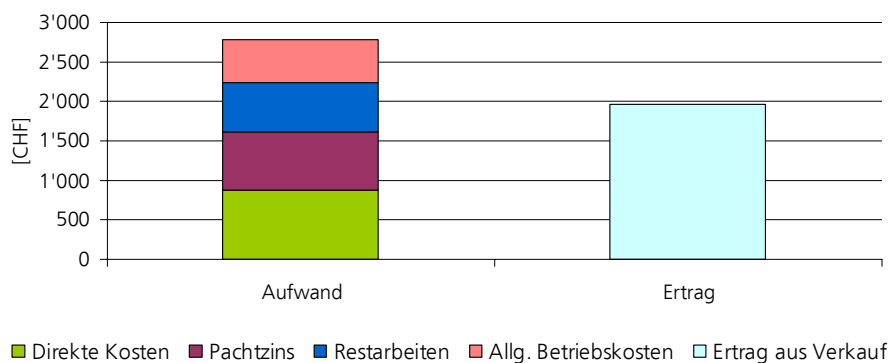


Abbildung 51:
High-Input Weiden: Aufwand
und Ertrag

Wie aus Abbildung 52 ersichtlich, fallen die meisten direkten Kosten beim Anbau der Weiden an (49%). Für Pflege, Ernte und Rückbau wird vergleichsweise wenig Arbeit geleistet.

Hohe Kosten
beim Anbau

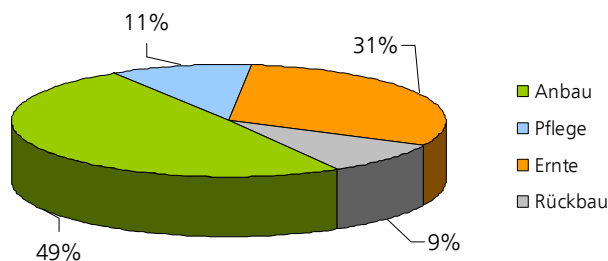


Abbildung 52:
High-Input Weiden:
Kostenverhältnis
der Prozesse

Im Szenario 3 kann ein kleiner Gewinn erzielt werden (siehe Abbildung 53). Der Ertrag aus dem Verkauf der Biomasse ist für die Wirtschaftlichkeit entscheidend. Abbildung 53 zeigt, dass je nach Szenario ein jährlicher Zuwachs von 13.6 t TS bis 17 t TS pro Hektar notwendig ist, um ein ausgeglichenes Betriebsergebnis zu erreichen. Es wird davon ausgegangen, dass die Biomasseerträge pro Hektar in Zukunft höher liegen. Die Züchtung von geeigneten Weidensorten für die energetische Nutzung steht noch am Anfang. Als neues Zuchtziel wird ein maximaler Biomasseertrag angestrebt. Ergänzend werden die Anbaumethoden ständig optimiert. Im Szenario 1 und 2 entsteht ein Verlust von 830, respektive 250 CHF pro Jahr. Im Szenario 3 resultiert ein Gewinn von 50 CHF pro Jahr und Hektar – dies ohne jegliche Förderbeiträge⁸⁴⁾.

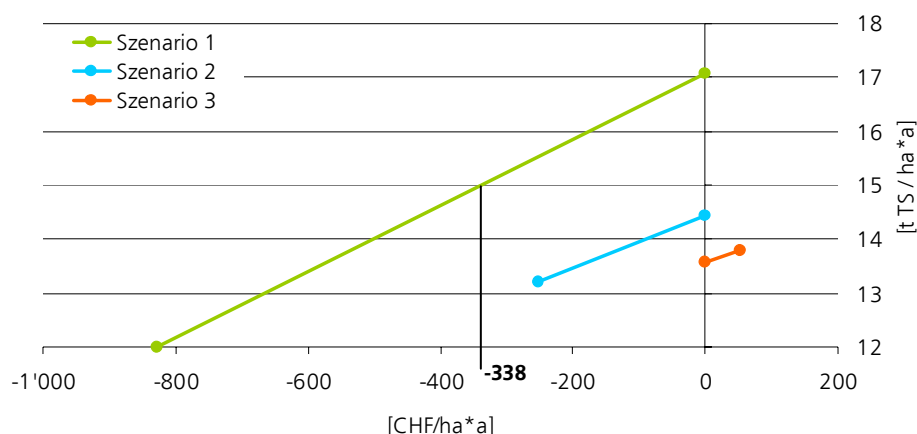
Züchtung und Optimierung der
Anbaumethoden verbessern
Zuwachs

84) Beim Szenario 1 wird von einem Erdölpreis von 123 \$/Fass ausgegangen. Der Biomassezuwachs bleibt konstant, Kosten bleiben gleich. Beim Szenario 2 wird von einem Erdölpreis von 175 \$/Fass ausgegangen. Der Biomassezuwachs ist durch technischen Fortschritt um 10% höher. Höhere

Wirtschaftlichkeit ist abhängig
vom Zuwachs pro Hektar

Die Berechnungen beruhen auf einem durchschnittlichen Zuwachs pro Hektar für Weiden. Auf sehr produktiven landwirtschaftlichen Böden mit günstigen Standortfaktoren ist ein Zuwachs von 15 t TS/ha und Jahr in der Schweiz möglich. Die Auswirkungen eines höheren Zuwachses auf die Wirtschaftlichkeit zeigt die Abbildung 53. Beispielsweise würde sich im Szenario 1 mit einem Zuwachs von 15 t TS pro ha und Jahr der Verlust auf 338 CHF pro ha und Jahr reduzieren (siehe Bsp.1 in Abbildung 53).

Abbildung 53:
High-Input Weiden:
Wirtschaftlichkeit



Variante High-Input Chinaschilf

Der Anbau von Chinaschilf rentiert. Die Ergebnisse hängen vorwiegend von den Förderbeiträgen ab.

Ertrag hängt stark von
Förderbeiträgen ab

Beim Anbau von Chinaschilf im High-Input System machen die direkten Kosten 56% der Gesamtkosten aus. Dies ist höher als bei den anderen Varianten (siehe Tabelle 30 und Abbildung 54). Die hohen direkten Kosten sind auf die intensive Bewirtschaftung der Kulturen zurückzuführen⁸⁵⁾. Chinaschilf ist eine einjährige Pflanze und wird jedes Jahr geerntet. Dies wirkt sich direkt auf die Kostenstruktur aus (siehe Tabelle 30).

Kosten von durchschnittlich 20%. Beim Szenario 3 wird von einem Erdölpreis von 200 \$/Fass ausgegangen. Der Biomassezuwachs ist durch technischen Fortschritt um 15% höher. Höhere Kosten von durchschnittlich 30%.

85) Im Vergleich zum Anbau von Nahrungsmitteln wie Mais oder Weizen extensiv, im Vergleich zu den anderen betrachteten Biomassekulturen intensiv.

	Aufwand [CHF]	Ertrag ⁸⁶⁾ [CHF]	
Direkte Kosten	- 2'474	1'960	Verkauf Biomasse
Restarbeiten	- 733	1'080	Flächenbeiträge
Pachtzins	- 630	1'450	Weitere Beiträge
Allg. Betriebskosten	- 543		
Total	- 4'381	4'490	
Gewinn		109	

Tabelle 30:
High-Input Chinaschilf:
Aufwand und Ertrag

Die Abbildung 54 zeigt, dass die direkten Kosten nicht alleine durch den Verkauf der Biomasse gedeckt werden können. Der Ertrag hängt stark von den Förderbeiträgen ab.

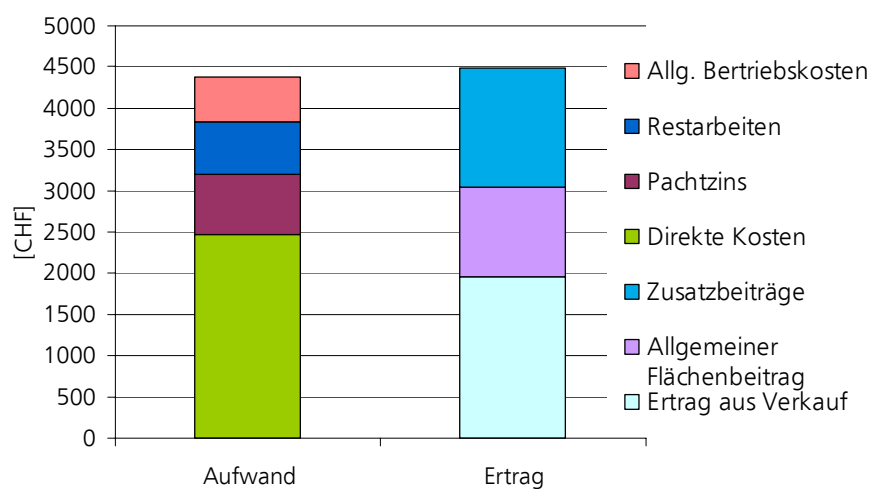


Abbildung 54:
High-Input Chinaschilf:
Aufwand und Ertrag

Die jährliche Ernte führt zu hohen direkten Kosten. Dies ist in der Abbildung 55 eindrücklich ersichtlich (67%). Für den Anbau werden 20% der finanziellen Ressourcen verwendet. Dies ist insofern viel, als es sich um einen jährlichen Prozess handelt. Die Kosten für den Rückbau sind über 20 Jahre gesehen fast vernachlässigbar.

Hoher Anteil der Kosten
bei der Ernte

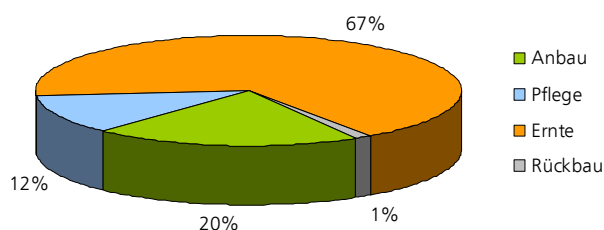


Abbildung 55:
High-Input Chinaschilf:
Kostenverhältnis der Prozesse

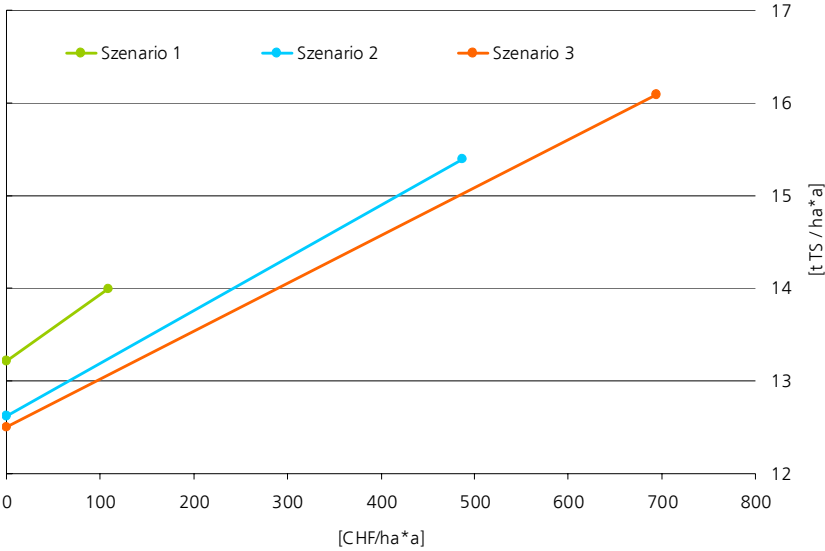
In allen Szenarien wird Gewinn erzielt (siehe Abbildung 56). Um ein ausgeglichenes Betriebsergebnis zu erreichen, sind jährliche Zuwachsraten von

Gewinn in allen Szenarien

86) Zahlungen 2009: Anbaubeitrag für Faserpflanzen (z.B. Chinaschilf) 1'000 CHF/ha, Flächenbeitrag 1'040 CHF/ha, Zusatzbeiträge 620 CHF/ha..

12.5 bis 13.2 t TS/ha und Jahr notwendig. Diese Erträge können bereits auf Standorten mit mittlerer Produktivität erreicht werden⁸⁷⁾.

Abbildung 56:
High-Input Chinaschilf:
Wirtschaftlichkeit



Variante Low-Input Fichte

Der Anbau von Fichten rentiert in keinen der betrachteten Szenarien. Beim Anbau von Fichtenkulturen im Low-Input System machen die direkten Kosten 34% der Gesamtkosten aus. Es handelt sich um einen extensive Bewirtschaftung mit drei einzelnen Eingriffen (Anbau, Pflege, Ernte). Die übrige Zeit können die Fichtenkulturen sich selbst überlassen werden. Der erwartete Verlust zu heutigen Bedingungen beträgt 1'210 CHF / ha und Jahr.

Tabelle 31:
Low-Input Fichte:
Aufwand und Ertrag

	Aufwand [CHF]	Ertrag [CHF]	
Direkte Kosten	- 841	1'404	Verkauf Biomasse
Restarbeiten	- 399	0	Flächenbeiträge
Pachtzins	- 630	0	Weitere Beiträge
Allg. Betriebskosten	- 579		
Total	- 2'449	1'239	
Verlust	- 1'210		

87) In Abbildung 56 wird bei Szenario 1 von einem Zuwachs von 14 t TS ausgegangen; somit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die 15 t TS (siehe Tabelle 28) erst ab dem 3. Jahr anfallen (Jahr 1: Zuwachs 0; Jahr 2: Zuwachs 10 t TS).

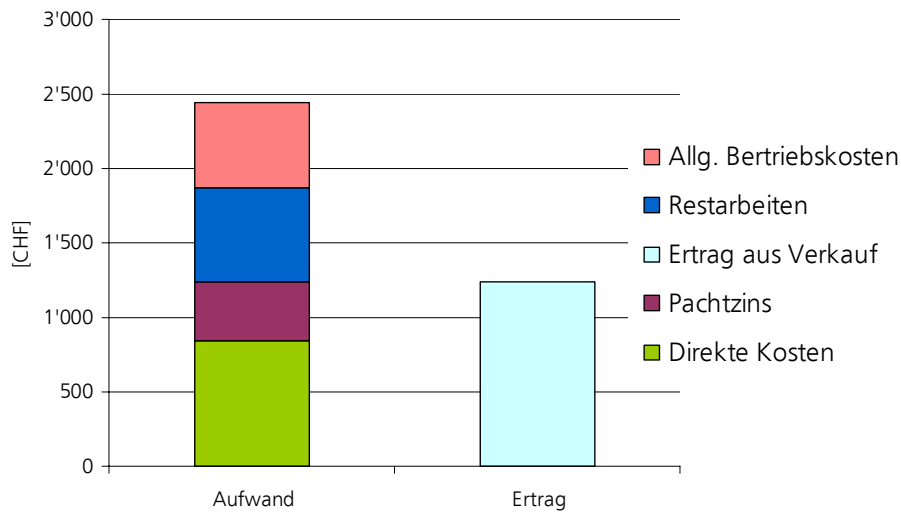


Abbildung 57:
Low-Input Fichte:
Aufwand und Ertrag

Die Abbildung 58 zeigt, dass praktisch sämtliche direkten Kosten beim Anbau und der Ernte der Fichten anfallen (48% respektive 49%). Für die Pflege werden 3% der Ressourcen eingesetzt. Auf eine Rekultivierung im Hanggelände wird verzichtet. Der Schaden durch ein Aufreissen des Bodens ist grösser als der Nutzen einer wurzelfreien Weidefläche. Die Anbau- und Ernteprozesse werden manuell ausgeführt. Sie sind deshalb arbeitsintensiv.

Anbau und Ernte mit
97% der Kosten

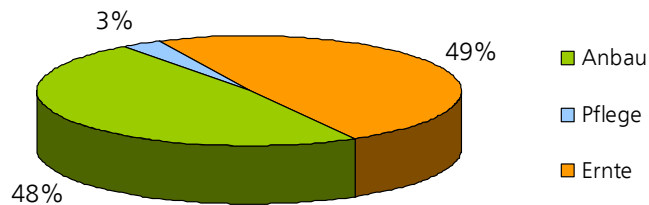
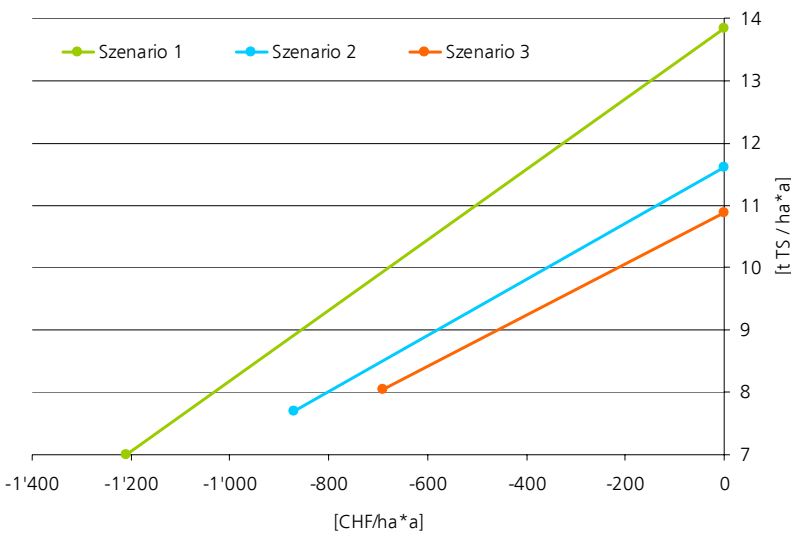


Abbildung 58:
Low-Input Fichte:
Kostenverhältnis
der Prozesse

Um ein ausgeglichenes Betriebsergebnis zu erreichen, ist ein mittlerer Zuwachs von 10.9 bis 13.8 t TS/ha und Jahr notwendig (siehe Abbildung 59). Nur auf den produktivsten Böden und unter günstigen Standortfaktoren können Fichtenkulturen rentabel betrieben werden. Eine Option ist die Verlängerung der Umtriebszeit, um die Rentabilität der Fichtenkulturen zu verbessern.

Verlängerung der Umtriebszeit
als Option für Fichtenkulturen

Abbildung 59:
Low-Input Fichte:
Wirtschaftlichkeit



Variante Agroforst Esche / Ahorn

Keine Rentabilität
ohne Förderbeiträge

Der Anbau von Esche / Ahorn im Agroforst-System rentiert mit keinem der betrachteten Szenarien. Ohne Förderbeiträge für die ökologisch und landschaftlich interessanten Baumgruppen im Weideland lassen sich Agroforstsysteme nicht rentabel betreiben.

Das Agroforst-System besteht aus einem bestockten Flächenanteil und einer Fläche, die einmal jährlich gemäht wird. Aufwand und Ertrag aus den Weideflächen (Mähen der Wiese, Verkauf des Heus, Förderbeiträge für extensive Wiesen in Hanglage) werden berücksichtigt⁸⁸⁾. Beim Anbau von Esche / Ahorn im Agroforst-System machen die direkten Kosten 44% der Gesamtkosten aus (siehe Abbildung 60). Dabei ist auch der Aufwand für das Mähen der extensiven Wiesen inbegriffen. Der erwartete Verlust zu heutigen Bedingungen beträgt 359 CHF pro ha und Jahr.

Tabelle 32:
Agroforst Esche / Ahorn:
Aufwand und Ertrag

	Aufwand [CHF]	Ertrag [CHF]	
Direkte Kosten Bäume	- 685	816	Verkauf Holz
Restarbeiten	- 540	0	Flächenbeitrag Bestockung
Pachtzins	- 399	0	Weitere Beiträge Bestockung
Allg. Betriebskosten	- 579	219	Ertrag Heu
Maschinen, Kapital Weideland	- 112	575	Flächenbeitrag ext. Weide
Arbeitskosten Weideland	- 405	750	Ökobeiträge ext. Weide
Total	- 2'719	2360	
Verlust	- 359		

88) Annahme: Verhältnis bestockte Fläche zu Weidefläche 1:1, ergo Förderbeiträge nur für 50% der Fläche.

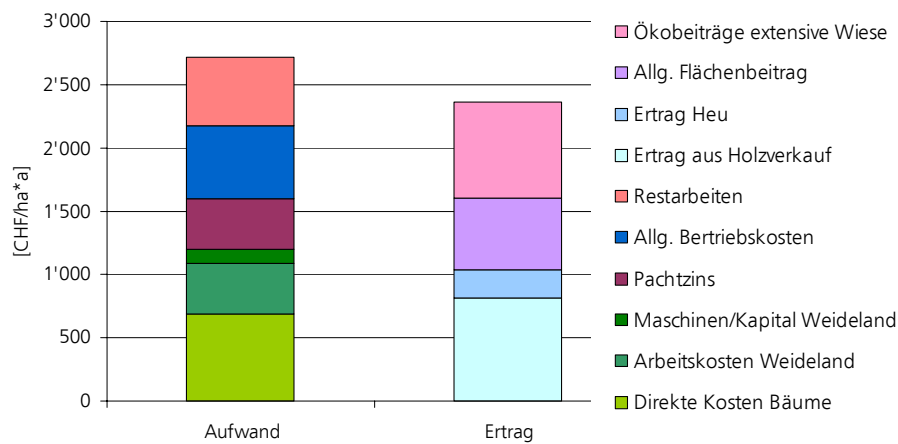


Abbildung 60:
Agroforst Esche/Ahorn:
Aufwand und Ertrag

Wie aus Abbildung 61 ersichtlich, fallen praktisch sämtliche direkten Kosten beim Anbau (42%) und der Ernte (53%) an. Für die Pflege werden 5% der finanziellen Ressourcen eingesetzt. Auf eine Rekultivierung im Hanggelände wird verzichtet. Die hohen Kosten beim Anbau hängen vor allem mit der stabilen Umzäunung der Bäume zusammen (Wild, temporäre Beweidung). Die Erntekosten fallen hauptsächlich beim alljährlichen Mähen der Wiese an.

Anbau und Ernte mit
95% der Kosten

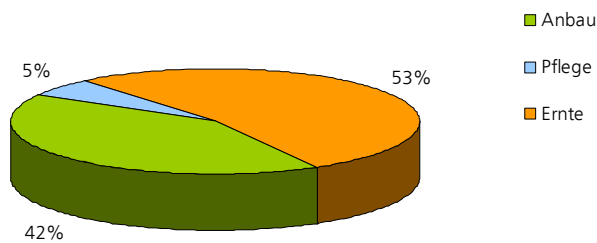
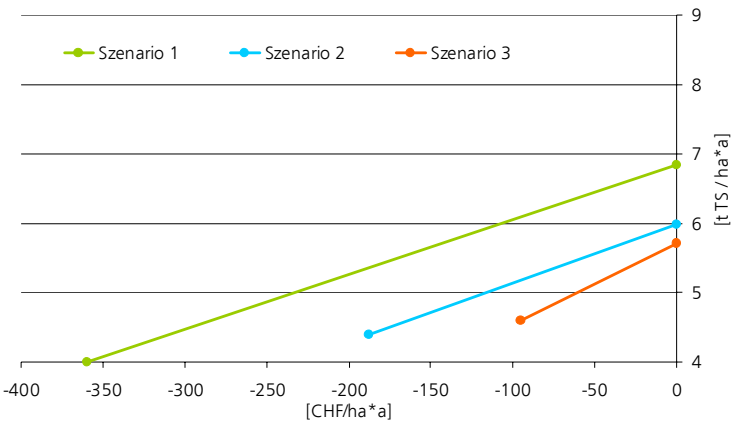


Abbildung 61:
Agroforst Esche/Ahorn:
Kostenverhältnis
der Prozesse

In keinem Szenario wird Gewinn erzielt (siehe Abbildung 62). Um ein ausgeglichenes Betriebsergebnis zu erreichen, sind mittlere jährliche Zuwachsraten von 5.7 bis 6.8 t TS pro ha und Jahr notwendig, was im Voralpengebiet bei einem Bestockungsgrad von 50% nicht zu erreichen ist.

Auch bei höheren
Energiepreisen kein Gewinn

Abbildung 62:
Agroforst Esche/Ahorn:
Wirtschaftlichkeit



Förderbeiträge für Agroforst-
Systeme auf der gesamten
Fläche: Hohe Rentabilität

Es wurde angenommen, dass für die bestockten Flächenanteile (50%) keine landwirtschaftlichen Förderbeiträge ausbezahlt werden. Würden für die bestockten Flächen ebenfalls Förderbeiträge zur Verfügung gestellt werden, sind Agroforst-Systeme sehr rentabel: Der Gewinn beträgt zwischen 684 und 949 CHF/ha und Jahr. Bei einer Auszahlung von zwei Dritteln der für eine vergleichbare extensive Wiese möglichen Förderbeiträge würden in Szenario 1 sämtliche Kosten gedeckt werden (Break Even Point).

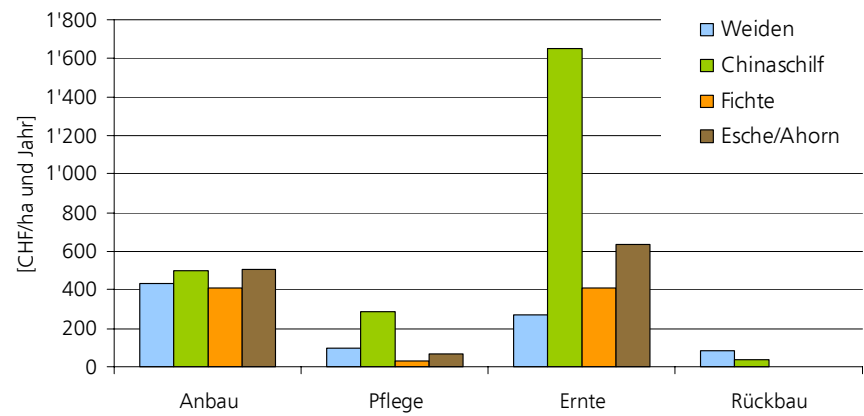
6.4.4 Vergleich der untersuchten Varianten

Intensität der Bewirtschaftung

Intensive Bewirtschaftung
bei Chinaschilf

Die Abbildung 63 zeigt, dass Chinaschilf am intensivsten bewirtschaftet wird. Hohe jährlichen Kosten verursacht die Ernte – in 20 Jahren wird das Chinaschilf 18mal geerntet (vom dritten Jahr an jedes Jahr). Die Kosten belaufen sich auf durchschnittlich 1'650 CHF pro ha und Jahr.

Abbildung 63:
Gesamtbetrachtung Aufwand



Anbau und Ernte sind
kostenintensive Prozesse in
allen Varianten

Anbau und Ernte sind für alle Varianten die ressourcenintensivsten Prozesse. Auffällig sind die homogenen Anbaukosten über alle Varianten. Die Prozesse sind allerdings sehr verschieden: Eine Vollmechanisierung bei Chi-

naschilf und Weiden, manuelle Prozesse bei Fichte und Esche / Ahorn. Der hohe Anteil der Kosten bei der Ernte der Agroforst-Systeme hat weniger mit der Bestockung als mit der Weide zu tun: es wird jedes Jahr gemäht.

Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung von Förderbeiträgen

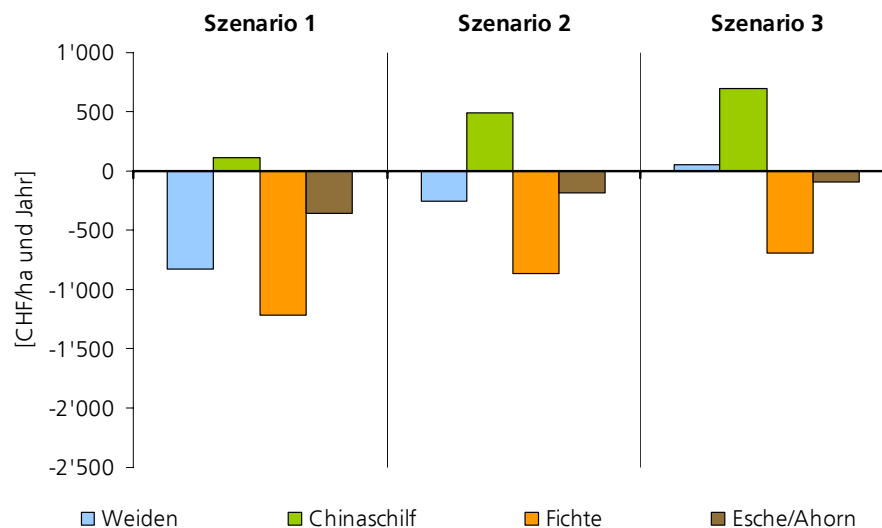


Abbildung 64:
Wirtschaftlichkeit mit
Förderbeiträgen

Einzig mit Chinaschilf lassen sich in allen Szenarien klare Gewinne erzielen, also auch mit heutigem Erdölpreis und Zuwachsraten (siehe Abbildung 64). Dies hängt stark mit den Förderbeiträgen zusammen.

Chinaschilf mit Gewinnen in
allen Szenarien

Die flache Kurve für Esche / Ahorn weist darauf hin, dass sie nicht sensitiv auf Preissteigerung auf der Ein- und Ausgabenseite ist. Bei den Weiden ist das Gegenteil der Fall: hohe Erträge aus dem Verkauf der Biomasse führen in Szenario 3, unabhängig von Förderbeiträgen, zu einem bescheidenen Gewinn.

Weiden mit grösstem
Entwicklungspotenzial

Wirtschaftlichkeit ohne Förderbeiträge

Chinaschilf und Esche / Ahorn schneiden ohne Förderbeiträge schlecht ab (siehe Abbildung 65). Beim Agroforstsystem ist der Biomasseertrag pro Hektar gering, weil nur die Hälfte der Fläche bestockt ist. Zudem lassen sich positive Externalitäten wie der ökologische und landschaftliche Mehrwert der Agroforst-Systeme mit den heutigen Fördersystemen nicht finanziell abgelenken. Bei Chinaschilf führt der Arbeitsaufwand in Kombination mit den tiefen Rohstoffpreisen für unverholzte Biomasse zu einem grossen Verlust.

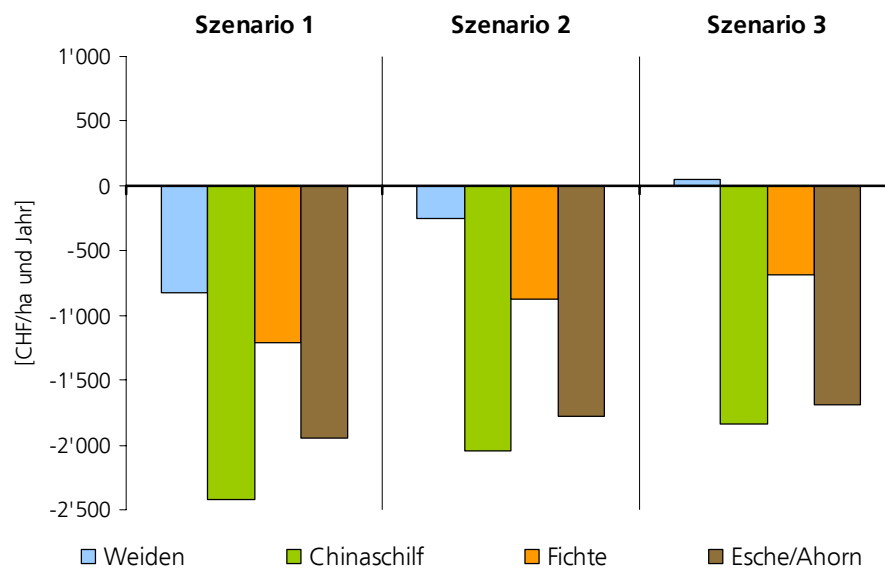
Ökologischer und
landschaftlicher Mehrwert von
Agroforst-Systemen wird nicht
gefördert

Die Variante Low-Input Fichte rentiert nicht. Mit einer längeren Umtriebszeit und der Konzentration auf produktiven Standorten lässt sich der Biomasseertrag stark erhöhen. Dies würde die Rentabilität der Fichtenkulturen verbessern. Allerdings würden die landwirtschaftlichen bestockten Flächen

Längere Umtriebszeiten als
Option: Waldbegriff als Thema

bei den heutigen rechtlichen Rahmenbedingungen innerhalb von wenigen Jahren (je nach Kanton zwischen 10 und 20 Jahren) zu Wald.

Abbildung 65:
Wirtschaftlichkeit ohne
Förderbeiträge



Weidekulturen sind auf mittleren Böden bereits in Szenario 2 nahezu kostendeckend. Auf produktiven Standorten könnte der Anbau von Weidenkulturen ohne Förderbeiträge rentabel betrieben werden.

Arbeitsaufwand

Die Abbildung 66 zeigt, dass die Arbeitsintensität der untersuchten Varianten sehr unterschiedlich ist⁸⁹⁾.

89) Der Aufwand wurde in Produktionsinventaren ermittelt, die sich auf Daten folgender Quellen stützen: Agroscope/ART 2007, Weber 2004, Frutig 2007, KTBL 2006, zudem mündliche Mitteilungen H. Ammann/WSL, Alexander Möndel/DE, Jean-Louis Hersener/Hersener, Thomas Bürgi/WSL und von Atzigen AG.

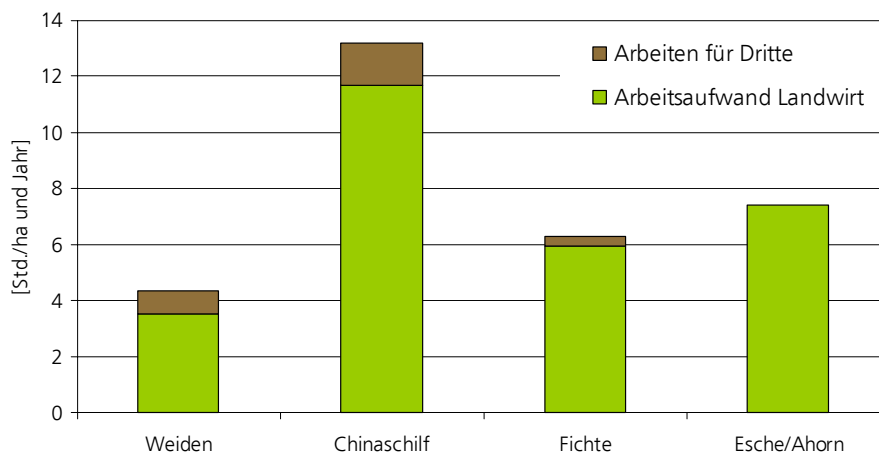


Abbildung 66:
Arbeitsintensität der Varianten

Am meisten Arbeitsstunden werden für die Bewirtschaftung von Chinaschilf aufgewendet. Der Anbau von Biomassekulturen ist im Vergleich zur Getreideproduktion arbeitsextensiv. Generell fällt wenig Arbeit für Dritte an (Unternehmer mit Spezialmaschinen). Interessant ist der hohe Arbeitsanteil im Agroforstsystem. Viele Prozesse werden manuell ausgeführt wie beispielsweise die Pflanzung, der Schutz der Baumgruppen mit stabilen Zäunen sowie das Mähen der Wiesen.

Biomassekulturen sind
arbeitsintensiv

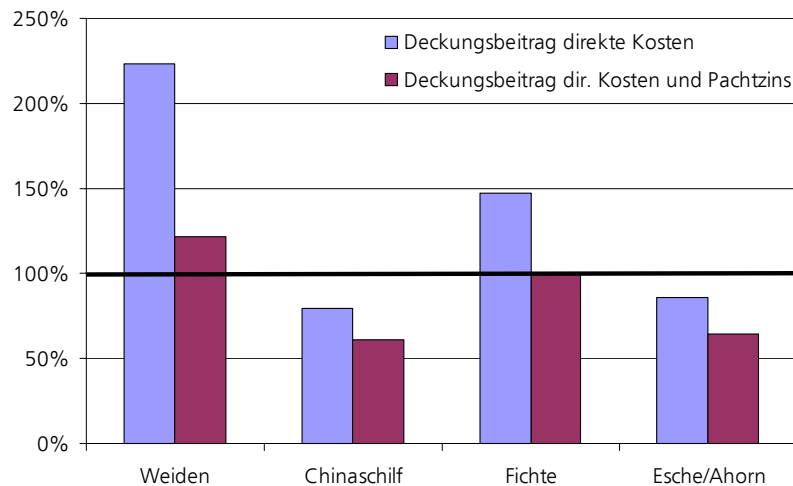
6.4.5 Folgerungen

Aus heutiger Sicht ist der Anbau von Biomassekulturen mit Ausnahme von Chinaschilf finanziell nicht interessant. Fällt der Anbaubeitrag für Faserpflanzen bei Chinaschilf weg, führt auch der Anbau von Chinaschilfkulturen zu Verlusten. Mit den Flächenbeiträgen und dem Anbaubeitrag für Faserpflanzen wird die wirtschaftlich ungünstigste Variante mit staatlichen Mitteln unterstützt.

Mit Ausnahme von Chinaschilf
ist der Anbau von Biomasse-
kulturen wirtschaftlich nicht
interessant

Betrachtet man anstatt der Vollkostenrechnung die Deckungsbeiträge, ergibt sich ein etwas anderes Bild (siehe Abbildung 67):

Abbildung 67:
Deckungsbeiträge



Chinaschilf kann Direktkosten
nicht decken

Mit den beiden Varianten High-Input Weiden und Low-Input Fichte werden die direkten Kosten durch den Verkauf der Biomasse gedeckt. Berücksichtigt man auch die Pachtzinsen, lassen sich mit Weiden und Fichte immer noch positive Beiträge an die Restarbeiten und die allgemeinen Betriebskosten erzielen. Bei Chinaschilf und Esche/Ahorn decken die Einnahmen aus dem Rohstoffverkauf die direkten Kosten nicht.

Förderung von Biomassekulturen
ist zu überprüfen

Aus wirtschaftlicher Sicht ist die Förderung von Biomassekulturen in der Schweiz zu prüfen. Die Kultur mit den schlechtesten wirtschaftlichen Perspektiven wird gefördert. Beispielsweise könnten die Förderbeiträge für das Agroforst-System erhöht werden, um den ökologischen und landschaftlichen Mehrwert einer Waldweide gegenüber einer intensiv genutzten Wiese Rechnung zu tragen. Entweder könnten Zahlungen für die bestockte Fläche oder der volle Flächenbeitrag für eine extensive Wiese ausbezahlt werden.

Im Zusammenhang mit den WTO – Verhandlungen wird die Landwirtschaft stärker liberalisiert werden. Agrarflächen, auf denen bestimmte (Überschuss-) Produkte wie Zucker und Ölfrüchte erzeugt werden, könnten als potenzielle Flächen für Biomassekulturen angesehen werden. Anbausysteme wie Weidenkulturen könnten dann nicht nur im Vergleich mit anderen Biomassekulturen, sondern auch im Vergleich mit Getreide wirtschaftlich konkurrenzfähig werden (Rolf, et al, 2007).

Opportunitätskosten für Landwirte⁹⁰⁾

Faktoren für die Wahl der
Kulturen

Die Landwirte sind in erster Linie bestrebt, die für eine gewisse Fläche rentabelste Kultur zu wählen. Daneben gibt es weitere Faktoren, die den Landwirt in seiner Wahl beeinflussen. Je nach Art, Grösse oder Lage des

90) Berechnungen nach Agridea/FiBL (Agridea/FiBL, 2007)

Betriebs spielen Kriterien wie die Verbesserung des Bodens (zum Beispiel durch schonende Fruchtfolgen), die Auslastung von Personal und Maschinen, die Absicherung gegen externe Risiken (Witterungsverhältnisse, Marktentwicklungen) eine wichtige Rolle. Zudem unterscheiden sich die ausgewählten Biomassekulturen stark in Bezug auf Arbeitsaufwand, Bodenbelastung oder Kapitalintensität, so dass der Landwirt je nach Situation mehrere Optionen wählen kann.

Die Abbildung 68 zeigt die Opportunitätskosten der Landwirte ohne Berücksichtigung von Fruchtfolgen.

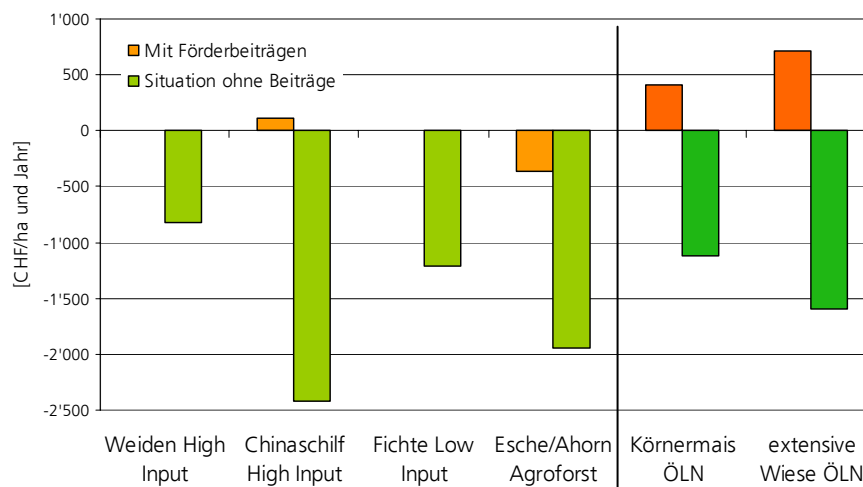


Abbildung 68:
Opportunitätskosten

Auf den für den Anbau von Chinaschilf und Weide geeigneten landwirtschaftlichen Flächen, pflanzt der Landwirt hauptsächlich Körnermais an. Dieser wird als Referenzwert den Weiden- und Chinaschilfkulturen gegenübergestellt. Der Landwirt erzielt mit den Förderbeiträgen mit dem Anbau von Körnermais pro Hektar und Jahr CHF 400 Gewinn. Im Vergleich dazu wird beim Anbau von Chinaschilf CHF 109 Gewinn, respektive beim Anbau von Weiden CHF 827 Verlust erzielt.

Chinaschilf und Weiden vs.
Körnermais

In steileren Gebieten, wo Fichten und Esche / Ahorn angebaut werden können, wird als Vergleich eine extensive Wiese gewählt. Mit einer extensiven Wiese lässt sich pro Hektar und Jahr etwa CHF 700 Gewinn erzielen, im Vergleich zu einem Verlust von CHF 359 mit dem Agroforst-System und CHF 1'210 mit einem extensiven Anbau von Fichte.

Fichten und Esche/Ahorn vs.
extensive Wiesen

Körnermais und extensive Wiese
wirtschaftlicher mit
Förderbeiträgen

Mit den Förderbeiträgen sind die extensiven Wiesen und die Körnermais-kultur aus rein wirtschaftlicher Sicht interessanter. Wenn die Förderbeiträge wegfallen oder die Biomassekulturen in ähnlichem Umfang gefördert würden, dann würden die Weidenkulturen höhere Deckungsbeiträge erbringen als die betrachteten traditionell landwirtschaftlichen Kulturen: der Verlust von CHF 827 / ha und Jahr ist geringer als jener mit Körnermais (CHF 1'118) und einer extensiven Wiese (CHF 1'574)⁹¹⁾.

Lange Bindung an Flächen- und
Geldkapital

Als Nachteile betrachten die Landwirte die langfristige Bindung von Flächen- und Geldkapital sowie der arbeitsintensive Rückbau der Flächen zu Ackerland (Skodawessely, 2008).

Klimawandel: Risiko für
Extremereignisse steigt

Die Biomassekulturen sind unterschiedlichen Risiken ausgesetzt. Beispielsweise können Extremereignisse (u.a. Unwetter, extreme Dürreperioden, etc.) Fichtenkulturen mit einer Umtriebszeit von 20 Jahren kurz vor der Ernte grossflächig zerstören. Die Landwirte brauchen für die (Vor-) Investition finanzielle Anreize, um die Ernte vorzufinanzieren. Dies hemmt die Landwirte, in den Anbau von Biomassekulturen einzusteigen.

6.5 Regionalwirtschaft und Raumentwicklung

6.5.1 Einleitung

Regionalwirtschaftliche
Auswirkungen

Der Anbau von Biomasse auf landwirtschaftlichen Flächen hat in ländlichen Regionen ab einem gewissen Ausmass Auswirkungen auf die Wirtschaftsstruktur. Je nach Ausgangslage entspricht der Anbau von Biomassekulturen einer Intensivierung oder Extensivierung der Landwirtschaft. Der Anbau von Biomassekulturen hat zudem Einfluss auf die nachgelagerten Branchen, die Beschäftigungslage und die regionale Wertschöpfung.

Allgemeine Zusammenhänge
und Einschätzungen - keine
Analyse

Im Folgenden wird darauf hingewiesen, welche Fragen aus regionalwirtschaftlicher Sichtweise zu beachten sind, wenn ein grossflächiger Anbau von Biomassekulturen angestrebt würde. Es wird darauf hingewiesen, welche Änderungen in den bestehenden Strukturen bei einem Anbau zu erwarten sind. Eine eigentliche regionalwirtschaftliche Analyse oder gar Beurteilung ist nicht beabsichtigt.

Aus regionalwirtschaftlicher Sicht sind folgende Fragen relevant:

91) Der Anbau von Weiden im betrachteten System (High Input) ist im Vergleich zum Anbau von Körnermais oder zu einer extensiven Wiese nicht intensiver und könnte auf den selben Böden geschehen.

Welchen Einfluss hat der grossflächige Anbau von Biomassekulturen auf die Anzahl Arbeitsplätze im landwirtschaftlichen Sektor? Was ist der Einfluss in vor- und nachgelagerten Branchen?

Beschäftigungslage

Wie ist die Wertschöpfungskette der Biomassekulturen im Vergleich zur Wertschöpfungskette der Nahrungs- und Futtermittelkulturen zu bewerten? Welcher Anteil der Wertschöpfung verbleibt in der Region?

Wertschöpfung

Führt der Anbau von Biomassekulturen zu einer Veränderung des landwirtschaftlichen Sektors, der vorgelagerten Branchen und der regionalen Ernährungswirtschaft? Werden bestehende Branchen gestärkt oder geschwächt? Können sich neue Branchen in der Region etablieren?

Wirtschaftsstruktur

Welche möglichen Entwicklungen sind aus regionalwirtschaftlicher Sicht möglichst zu vermeiden? Was wären geeignete Massnahmen dazu? Wie können die mit dem Anbau von Biomassekulturen zusammenhängenden Prozesse so gestaltet werden, dass sie für die Regionen möglichst positiv ausfallen?

**Politische
Einflussmöglichkeiten**

Im Folgenden werden einige allgemeine Zusammenhänge und mögliche Entwicklungen für Modellregionen im Hinblick auf diese Fragen aufgezeigt. Eine Beantwortung der genannten Fragen ist jedoch nicht allgemeingültig möglich, sondern wären stark vom spezifischen Einzelfall abhängig.

6.5.2 Allgemeine Aspekte und Auswirkungen

Folgende allgemeine Aussagen lassen sich im Hinblick auf die regionalwirtschaftlichen Auswirkungen von Biomassekulturen machen:

- Die Beschäftigungslage ist gerade in strukturschwachen Regionen von zentraler Bedeutung.
- Biomassekulturen sind gegenüber Nahrungs- und Futtermittelkulturen auf den guten bis sehr guten Standorten derzeit nicht konkurrenzkräftig. Der Anbau von Biomassekulturen kann jedoch im Rahmen des landwirtschaftlichen Strukturwandels zeitweilig eine interessante alternative Nutzungsform darstellen.
- Viele landwirtschaftliche Betriebe sind mit dem Tourismus verbunden. Direkt profitieren die Betriebe durch Bereitstellung von Übernachtungsmöglichkeiten und durch den direkten Verkauf von regionalen Produkten. Zudem hat die Nahrungs- und Futtermittelproduktion einen grossen Einfluss auf die Natur- und Kulturlandschaft. Der Anbau von Biomassekulturen würde beide Sektoren tendenziell beeinträchtigen.

Beschäftigungslage für
strukturschwache Regionen
zentral

Landwirtschaftlicher
Strukturwandel

Tourismus,
Landwirtschaft und
Biomassekulturen

Bereitstellung von Produkten aus Biomasse für auswärtige Abnehmer	• Der Anbau von Biomassekulturen könnte dann positive Auswirkungen haben, wenn diese einen positiven Einfluss auf die Import/Export-Bilanz der Region haben. Dies geschieht zum Beispiel durch den Verkauf von Sägeholz aus den regionalen Sägereibetrieben oder von Strom aus den eigenen Biomassekraftwerken. Allerdings ist in diesem Fall genau zu untersuchen, ob die erhöhte Wertschöpfung nicht durch den Wegfall von Arbeitsplätzen in nachgelagerten Betrieben überkompensiert wird.
Sogwirkung durch geplante Holz- und Energieprojekte	• Der Anbau von Biomasse ist dort interessant und würde zuerst dort betrieben, wo eine Nachfrage nach Biomasse besteht, bzw. wo sich diese entwickelt. Beispielsweise ist zu erwarten, dass sich die Betreiber von Biomassekraftwerken den Rohstoff über längerfristige Lieferverträge sichern. Geplante Holz- und Energieprojekte könnten eine Sogwirkung auf die Landwirtschaft haben.
Nachgelagerte Branchen stärker beeinflusst als vorgelagerte	• Vorgelagerte Branchen würden durch die Reduktion der Produktion von herkömmlichen Agrarprodukten und den Anbau von Biomasse vermutlich weniger beeinflusst als die nachgelagerten Branchen. Bei nachgelagerten Branchen wird z.B. die Bauwirtschaft durch den Anlagenbau bei Errichtung neuer Verarbeitungsanlagen gefördert. Der Tourismus als wichtige Einkommensquelle im ländlichen Raum dürfte kaum profitieren. Es sei denn, die Biomassekulturen leisten einen Beitrag für die Rohstoffversorgung von dezentralen Verarbeitungsanlagen in einer Bioenergieregion⁹²).
Förderung nachgelagerter Branchen zur Absatzsicherung	• Eine Förderung der ländlichen Regionen könnte erreicht werden, indem die Rahmenbedingungen für vor- und vor allem nachgelagerte Branchen interessanter gestaltet werden. Die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten wird so gesichert und gegebenenfalls erhöht. Im Idealfall würden die Landwirte aufgrund der geringeren Transportdistanzen höhere Preise für ihre Produkte erzielen und gegebenenfalls mehr absetzen können.
Standort der Verarbeiter	• Zentral für die Beurteilung der regionalwirtschaftlichen Wirkungen eines möglichen grossflächigen Anbaues von Biomassekulturen ist die Frage, wo die Verarbeiter der Produkte angesiedelt sind. Dort, wo neue Anlagen entstehen (z.B. dezentrale Energieproduktion), ist aus regionaler Sicht relevant, woher die Vorleistungen bezogen werden (Anlagenbau etc.).
Produktion von Biotreibstoffen	• Die mögliche Verbreitung des Anbaus von speziellen Biomassekulturen für die Produktion von Biotreibstoffen auf die Landwirtschaft wurde kürzlich in einer Studie der ETH untersucht (Peter et al., 2008). Dabei wurde ermittelt, dass der Einfluss auf das landwirtschaftliche Einkom-

⁹²) http://www.bioenergie-dorf.de/con/cms/front_content.php?idcat=13

men gering ist und sich der Biomasseanbau für die Treibstoffproduktion erst ab einem hohen Treibstoffpreisniveau von mehr als 2.7 CHF/Liter positiv auswirkt.

Wichtig ist bei regionaler Betrachtungsweise der Blick für andere Einflussgrößen auf die regionale Entwicklung. Diese dürften in vielen Fällen die Wirkungen eines Biomasseanbaues überlagern oder auch ausschlaggebend dafür sein, ob sich der Biomasseanbau überhaupt entwickeln kann.

6.5.3 Mögliche Potenziale und Auswirkungen in Modellregionen

Im Folgenden werden die derzeitigen Potenziale und möglichen regionalwirtschaftlichen Auswirkungen des Anbaues von Biomassekulturen für verschiedene Regionen diskutiert. Dazu werden die Regionen zunächst kurz tabellarisch porträtiert.

Mittellandregion Biel/Seeland

	Biel-Seeland
Geographie	Achsen- bzw. zentrumsnaher, halbstädtischer, ländlicher Raum im Agglomerations- und Mittellandgebiet ⁹³⁾ .
Wirtschaft	Bedeutende Wirtschaftszweige in Biel-Seeland sind der Pflanzenbau, die Metall- und Uhrenindustrie sowie der Grosshandel.
Biomassekulturen	Annahme: Mit dem Anbau von Biomassekulturen auf Ackerbauflächen (Weide, Chinaschilf) würde vor allem Getreide/Gemüse substituiert.

Tabelle 33:
Charakterisierung der
Modellregion Biel-Seeland

Die Flächenkonkurrenz ist in der Wirtschaftsregion Biel-Seeland sehr gross. Der Gemüseanbau dürfte sich aufgrund der weit besseren Wirtschaftlichkeit kaum durch Biomassekulturen verdrängen lassen. Zudem besteht ein hoher Umnutzungsdruck durch die Ansiedlung flächenintensiver Industrie.

Grosse Flächenkonkurrenz

Damit ein Anbau von Biomassekulturen im Seeland realistisch ist, müssten sich wesentliche Rahmenbedingungen massiv verändern. Der norwegische Konzern Borregaard hat die Zellstofffabrik in Riedholz (SO) im November 2008 geschlossen. Borregaard hat jährlich zwischen 360'000 bis 480'000 t TS Holz verarbeitet⁹⁴⁾. In der Wirtschaftsregion Biel/ Seeland bestehen keine Holzverarbeitungsbetriebe mehr, die in grösseren Mengen Holz kaufen würden.

Keine grossen
Holzverarbeitungsbetriebe in
unmittelbarer Nähe

93) Definition LANAT-Schwerpunktregion A, in der die Wirtschaftsregion Biel-Seeland liegt

94) Umrechnung m³ in t TS: 1 m³ entspricht 0.6 t TS.

Tabelle 34:
Charakterisierung der
Modellregion Emmental

Voralpenregion Emmental

	Emmental
Geographie	In mittlerer Distanz zu einem Zentrum gelegener ländlicher Raum im Hügel- und Berggebiet ⁹⁵⁾ .
Wirtschaft	Bedeutende Wirtschaftszweige im Emmental sind Tierhaltung, gemischte Landwirtschaft, Herstellung von Nahrungsmitteln sowie die Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren.
Biomassekulturen	Annahme: Mit dem Anbau von Biomassekulturen auf Wies- und Weideland (Agroforst-Systeme mit Esche und Ahorn) würde die Viehhaltung konkurriert.

Das Emmental ist ländlich geprägt, mit einer klein strukturierten Landwirtschaft, und gilt als einkommensschwache Region. Das beim Grosssägewerk in Luterbach geplante Holzheizkraftwerk wird die Nachfrage nach (Energie-)Holz ansteigen lassen. Für die vielen kleinen lokalen Holzverarbeitenden Betriebe wird die Rohstoffversorgung entsprechend schwieriger, andererseits würde sich die Absatzmöglichkeit für ihre Reststoffe verbessern. Der Anbau von Biomasse könnte zu einer Entspannung der Versorgungslage beitragen. Damit würde der Anbau von Biomassekulturen im Bereich der kleinen Holzverarbeitenden Betriebe eher zu einer Strukturerhaltung denn zu einem Wandel beitragen.

Tabelle 35:
Charakterisierung der
Modellregion Goms

Alpenregion Goms

	Goms
Geographie	Abgelegene, hoch gelegene Bergregion, gut erschlossene, ländliche, touristisch geprägte Struktur.
Wirtschaft	Bedeutende Wirtschaftszweige im Goms: Sommer- und vor allem Wintertourismus, Landwirtschaft.
Biomassekulturen	Annahme: Mit dem Anbau von Biomassekulturen auf Wies- und Weideland (Fichte) würde die Viehhaltung konkurriert.

Goms als touristisch attraktive
Bergregion

Die traditionelle Natur- und Kulturlandschaft und ein attraktives Landschaftsbild sind von zentraler Bedeutung für die Entwicklung eines nachhaltigen Tourismus im Goms. Entwicklungen, welche das touristische Potenzial einschränken würden, werden nicht unterstützt.

Energierregion: Steigende
Nachfrage nach Energieholz

Im Rahmen der Vision Energieregion Goms wird die Nachfrage nach Biomasse zur Energieproduktion weiter gefördert. Der Anbau von Biomassekulturen in der Talebene wird aus genannten Gründen (Tourismus) abgelehnt.

Weitere Entwicklungen
berücksichtigen

Im Goms ist damit zu rechnen, dass der Biomasseanbau eine Folge der sich entwickelnden Energiewirtschaft sein wird. Es wird zudem erwartet, dass die Ausstrahlungseffekte des geplanten Tourismus Resorts Andermatt in den nächsten Jahren andere Entwicklungen überlagern werden.

95) Definition LANAT-Schwerpunktregion B, in der die Wirtschaftsregion Emmental fast vollständig liegt

6.5.4 Folgerungen

Aussagen zu den regionalwirtschaftlichen Auswirkungen von Biomassekulturen lassen sich nicht generell für grössere Regionen oder gar die ganze Schweiz machen, sondern sind stark von den spezifischen Eigenheiten der Regionen abhängig.

Regionale Betrachtungen
entscheidend

Mit dem technischen Fortschritt und dem Strukturwandel in der Landwirtschaft wird die Anzahl der Beschäftigten in den nächsten Jahren weiter sinken. Es wird davon ausgegangen, dass der Anbau von Biomassekulturen die Beschäftigungsrückgänge in der Schweizer Landwirtschaft wenig verlangsamen könnten. Der Trend kann aber nicht umgekehrt werden, wie Studien in Deutschland zeigen⁹⁶⁾.

Effekte wie demographischer Wandel, Änderungen der internationalen Abkommen (Liberalisierung der Landwirtschaft), allgemein steigende Energiepreise (Mehreinnahmen durch bestehende Wasserkraftwerke etc.) haben einen weit grösseren Einfluss auf die Regionalwirtschaft als es ein flächiger Anbau von Biomassekulturen hätte.

Einfluss von Biomassekulturen
auf die Regionalwirtschaft eher
gering

Durch den Anbau von Biomassekulturen würden die heutigen und künftig voraussichtlich zunehmenden Konflikte um die produktiven Böden weiter zunehmen, insbesondere in den urbanen Regionen (Modellregion Biel-Seeland).

Flächenkonkurrenz je nach
Region sehr gross

6.6 Fazit

6.6.1 Rechtliche und wirtschaftliche Aspekte

In der vorliegenden Studie werden ausschliesslich Varianten von Biomassekulturen berücksichtigt, welche auf landwirtschaftlichen Flächen angebaut werden, ohne dass diese den Rechtsstatus als Landwirtschaftsland verlieren.

Landwirtschaftsland als
Rechtsstatus ist zentrale
Voraussetzung

Die rechtlichen Einschränkungen der Umtriebszeit für Holzbiomassekulturen auf Landwirtschaftsland wirken bei einigen Baumkulturen ertragsmindernd (Fichte, Esche / Ahorn)⁹⁷⁾. Beispielsweise kann das in Fichtenkulturen produzierte qualitativ minderwertige Holz nur energetisch genutzt werden. Die Dimensionen und Qualitäten des Holzes genügen den Anforderungen für die stoffliche Verwertung in einem Holzverarbeitungsbetrieb nicht. Es ist zu prüfen, ob die max. Umtriebszeit für Fichte nicht wie bei den "Baum-

Keine stoffliche Nutzung vom
Rohstoff Holz mit begrenzten
Umtriebszeiten

96) Rolf, M. et al. (2007)

97) Bei Fichtenkulturen ist die Umtriebszeit auf max. 20 Jahren begrenzt.

kulturen" im Landwirtschaftsland auf 50 Jahre verlängert werden kann. Um zu verhindern, dass Landwirtschaftsland zu Wald wird, sind Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen in den Bundesländern Bayern, Hessen und Schleswig-Holstein aus der Walddefinition explizit herausgenommen worden. Dies könnte auch in der Schweiz diskutiert werden.

Förderbeiträge für
Biomassekulturen

Die agrarpolitischen Massnahmen bestehen vor allem in den Direktzahlungen für den Anbau von Nahrungs- und Futtermittelkulturen. Alle Varianten erbringen vergleichbare gesellschaftlich erwünschte Effekte wie die Nutzung der Flächen zur klassischen Nahrungs- und Futtermittelproduktion, die der Ausschüttung der allgemeinen Direktzahlungen zu Grunde liegt. Im Vordergrund steht das naturnahe und umweltfreundliche Agroforst-System Esche / Ahorn: Diese Produktionsform erbringt einen bedeutenden ökologischen und landschaftlichen Nutzen (siehe Kapitel 7 und Kapitel 8). Das agrarpolitische Anreizsystem sollte daher bezüglich einem Einbezug von Biomassekulturen überprüft werden.

Wirtschaftlichkeit ist ohne
Förderung nicht gegeben

Der Anbau von Biomassekulturen ist nicht wirtschaftlich, solange diese nicht in vergleichbarem Umfang wie Nahrungs- und Futtermittelkulturen gefördert werden. Allerdings ist zu beachten, dass die Deckungsbeiträge teilweise positiv ausfallen. Je nach Betriebsgrösse (Landwirtschaftlicher Nutzfläche und Personalbestand) bestehen Anreize, dass Betriebe in den extensiven Anbau von Biomassekulturen einsteigen. Dafür kommen vor allem Betriebe in Frage, die an einer Extensivierung der Bewirtschaftung interessiert sind, z.B. wenn der Haupterwerb ausserhalb der Landwirtschaft liegt oder bei kleineren, auslaufenden Betrieben.

Weitere Förderungs-
massnahmen im Wald

Würde auch ein Übergang der landwirtschaftlichen Flächen in Wald akzeptiert, so könnten andere Förderungsmassnahmen genutzt werden. Beispielsweise könnten gemäss Waldgesetz Art. 36 finanzielle Mittel gewährt werden, wenn Wald mit besonderer Schutzfunktion entsteht oder entsprechende Jungwaldpflege durchgeführt wird.

6.6.2 Nutzungskonflikte

Konkurrenz zur
Nahrungsmittelproduktion

Ein aktuell diskutiertes Thema ist die Verdrängung von Nahrungsmittelproduktion durch den Anbau von Biomasse für die energetische Verwendung. Im Vordergrund steht die Frage, ob es vertretbar ist, dass bei weltweit steigenden Nahrungsmittelpreisen, welche in Entwicklungsländern bereits zu Versorgungsproblemen führen, auf landwirtschaftlichen Flächen die Nahrungsmittelproduktion durch Biomasseproduktion für die energetische Verwendung ersetzt wird.

Nachhaltigkeitskriterien für den
Anbau von Biomasse

Derzeit werden Vorschläge internationaler Nachhaltigkeitskriterien für biogene Treibstoffe erarbeitet. Das BAFU/ ABRO erarbeitet zurzeit die Treibstoffökobilanzverordnung (TrÖbiv). Hersteller und Importeure von Treib-

stoffen aus erneuerbaren Rohstoffen, die von einer Mineralölsteuererleichterung profitieren wollen, müssen nachweisen, dass die Produkte eine positive ökologische Gesamtbilanz aufweisen. Wie dieser Nachweis erbracht werden muss, regelt das UVEK mit einer departementalen Vorordnung⁹⁸⁾. Es kann davon ausgegangen werden, dass auch für den Biomasseanbau in der Schweiz vergleichbare Grundsätze gelten würden. Solche Nachhaltigkeitskriterien sollten auch beim Anbau von Biomassekulturen mitberücksichtigt werden.

Aus politischer Sicht stehen für den Anbau von Biomassekulturen vor allem Grenzertragsflächen in der Landwirtschaft im Vordergrund. Die für die Wirtschaftlichkeit der Varianten notwendigen Erträge können aber auf solchen Flächen heute nicht erreicht werden.

Grenzertragsflächen als pot.
Flächen für Biomasse

Grundsätzlich bedeutet die Substitution von Nahrungs- und Futtermittelkulturen durch Biomassekulturen zur energetischen Verwendung auf volkswirtschaftlicher Ebene eine steigende Versorgungssicherheit mit Energie und eine abnehmende Versorgungssicherheit bei Nahrungsmitteln.

Versorgungssicherheit:
Nahrungsmittel vs. Energie

Aus volkswirtschaftlicher Sicht sind Koppelprodukte zu berücksichtigen. So haben beispielsweise Biomassekulturen aus Blütenpflanzen höhere Imkereierträge zur Folge. Für Raps wird z.B. nach Schöpe (Schöpe, 2006) mit höheren Erträgen von 65 Euro/ha gerechnet.

Koppelprodukt von
Biomassekulturen

98) <http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=19469>

7 Umweltauswirkungen

7.1 Einleitung

Kulturen und Anbausystem beeinflussen die Umwelt	Der Anbau von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen hat Auswirkungen auf die Umwelt. Die Beurteilung hängt einerseits von den Kulturen und dem Anbausystem ab, andererseits von der heutigen landwirtschaftlichen Nutzung, die durch das neue Anbausystem ersetzt wird.
Auswirkungen von biogenen Treibstoffen auf die Umwelt sind besser bekannt	Bei Untersuchungen zu Umweltauswirkungen von Biomassekulturen stehen bisher der Anbau von Raps zur Biodieselproduktion, Mais zur Biogaserzeugung und Getreide und Zuckerrüben für die Herstellung von Bioethanol im Vordergrund.
Mangelnde Informationen bei holzartigen Biomassekulturen	Holzartige Biomassekulturen, die im Kurzumtrieb angebaut werden, werden erst seit Kurzem untersucht. Sie sind Gegenstand verschiedener noch nicht abgeschlossener Forschungsarbeiten ⁹⁹⁾ . Mehrjährige Biomassekulturen brauchen normalerweise eine weniger intensive Bodenbearbeitung und einen geringeren Herbizid- und Düngereinsatz als einjährige Kulturen wie Mais oder Raps. Aus Umweltsicht weisen sie daher Vorteile gegenüber einjährigen Biomassekulturen auf (siehe Kapitel 7.3).

99) Beispiele für laufende Forschungsarbeiten:

Am deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung werden beispielsweise im Verbundprojekt **Dendrom** der Einfluss von Kurzumtriebsplantagen auf Sickerwasserraten, Kohlenstoffspeicherungspotential, Biodiversität, Grundwassergüte und Bodenqualität untersucht. Ebenfalls mit Mitteln des deutschen Bundesministerium für Forschung und Bildung gefördert wird das Verbundprojekt **AGROWOOD**, ein Projekt der Technischen Universität Dresden in Zusammenarbeit mit der Martin-Luther-Universität Halle, dem Landesforstpräsidium, dem Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V., der Ostdeutschen Gesellschaft für Forstplanung mbH sowie der Universität Hamburg. Mit diesem Projekt soll erstmalig in Deutschland eine ganzheitliche und großflächige Lösung des Prozesses "Dendromasse aus Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Flächen" von der Standortanalyse über die wissenschaftlich begleitete technologische Umsetzung bis zur Verwertung in der Region entwickelt, demonstriert und hinsichtlich der Folgen bewertet werden. (vgl. <http://www.agrowood.de/index.php>)

Das Projekt RELU-Biomass untersucht seit 2006 die Auswirkungen von Weiden- und Chinaschilf-Plantagen in England einerseits in Ackerbaugebieten und andererseits in Grasland-Gebieten. Es liegen noch keine konkreten Resultate vor, da für solche Untersuchungen immer ein längerer Untersuchungszeitraum notwendig ist: <http://www.relu-biomass.org.uk/Research.php>

7.2 Vorgehen und Methodik

7.2.1 Generelles Vorgehen

Mittels einer von der EMPA durchgeführten attributiven Ökobilanz und einer Literaturlauswertung werden verschiedene Aspekte von Umweltauswirkungen der Biomassekulturen beurteilt. Die Beurteilung hängt sowohl von den Anbausystemen und Kulturen als auch von der heutigen landwirtschaftlichen Nutzung der Flächen ab.

Quantitative und qualitative
Beurteilung der
Umweltauswirkungen

Ziel der Ökobilanz ist die Beantwortung folgender Fragen:

- Was sind die Umweltauswirkungen von Biomassekulturen in der Schweiz?
- Sind die Kulturen besser oder schlechter als die Systeme, die durch sie ersetzt werden?
- Wo liegen die kritischen Faktoren in der Produktion?

Im Wesentlichen sind für die Beurteilung folgende Aspekte von ökologischer Bedeutung¹⁰⁰⁾:

- Biodiversität
- Wasserhaushalt
- Erosion
- Pflanzenbehandlungsmittel/Pflanzenschutzmittel
- Düngung
- Kohlenstoffhaushalt (CO₂-Speicherpotenzial)

7.2.2 Attributive Ökobilanz

Bei der attributiven Ökobilanz wird der gesamte Lebensweg "cradle to grave" vom Anbau der Pflanzen bis zur energetischen oder stofflichen Verwertung der Pflanzen betrachtet und quantifiziert. Nicht betrachtet werden mögliche indirekte Auswirkungen, beispielsweise durch den erhöhten Importbedarf von Nahrungsmitteln, wenn aus bisherigen Ackerflächen Energieflächen werden. Dies würde dem Vorgehen einer folgeorientierten (consequential) Ökobilanz entsprechen und ist nicht Bestandteil dieser Studie. Es werden nur Umweltaspekte und keine sozialen oder ökonomischen Kriterien erfasst.

Ökobilanz zeigt quantitative
Auswirkungen der
Biomassekulturen

¹⁰⁰⁾ Bodenbeschaffenheit und der Bodentyp wurden in den Umweltauswirkungen nicht explizit berücksichtigt.

Insbesondere die Aspekte Düngereinsatz sowie Verwendung von Pflanzenschutzmitteln (Herbiziden, Fungiziden, Insektiziden) und die Ermittlung der Treibhausgasbilanz sind dabei von Bedeutung. Die Resultate werden in Kapitel 7.3 erläutert. Die vollständige Ökobilanz ist im Anhang dargestellt.

Vergleichssysteme für Ökobilanz

Die Ökobilanz der vier betrachteten Anbausysteme und Kulturen wird mit folgenden Systemen verglichen:

- Auswirkungen pro Hektare für folgende heutige Schweizer Ackerbausysteme: Raps IP, Mais IP, Weizen IP, Gras als intensive Kunstwiese und Gras als extensive Naturwiese¹⁰¹).
- Nutzung der Biomassekulturen für die Produktion von Wärmeenergie (pro MJ Wärme): Vergleich mit normalem Waldholz und mit Heizöl für verschiedene Heizungstypen.

Umweltimpact-Assessment

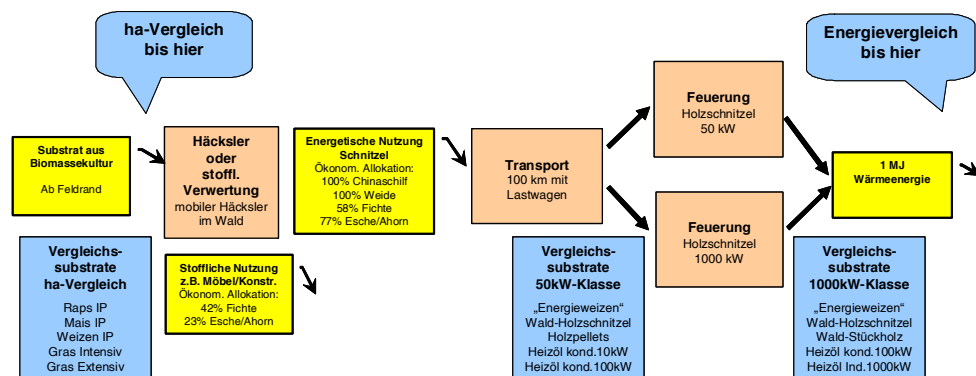
Die Berechnungen erfolgten in Analogie zu den Betrachtungen, wie sie in der Studie „Ökobilanz von Energieprodukten: Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen in der Schweiz“ (Zah et al., 2007) gemacht wurden.

Die Berechnung von Treibhausgasemissionen (THG) erfolgt nach IPCC Regeln (IPCC, 2006), die Berechnung der Aggregierten Umweltauswirkungen erfolgt nach der Methode der Ökologischen Knappheit (Umweltbelastungspunkte UBP06, Frischknecht, 2007) und nach Ecoindicator 99 (Goedkoop und Spriensma, 2001).

7.2.3 Prozesse der Ökobilanz

Die in der Ökobilanz betrachteten Prozesse sind in Abbildung 69 dargestellt.

Abbildung 69: Prozesse der Ökobilanz



101) Interessant wäre ein Vergleich mit einem High-Input System Gemüseanbau (Anteil Dünger, Herbizid etc.). Aufgrund der fehlenden Daten konnten keine Ökobilanzen erstellt werden.

Chinaschilf, Weide und Fichte werden ausschliesslich für die energetische Nutzung angebaut. Esche / Ahorn wird zu 20% stofflich verwertet, 80% bleibt für die energetische Nutzung übrig. Aus den angenommenen Marktpreisen resultiert eine ökonomische Allokation von 100% bei Chinaschilf, Weide und Fichte; 77% für Esche/Ahorn (siehe Tabelle 36).

Allokation

Substrat/System	Einheit	Chinaschilf (miscanthus)	Weide (willow-salix)	Fichte (spruce)	Fichte (spruce)	Esche/Ahorn (ash/maple)
Erlös stofflich	CHF/t	-	-	-	-	204
Erlös energetisch	CHF/t	140	163	160	160	175
Nutzung stofflich	%	0%	0%	0%	0%	20%
Nutzung energetisch	%	100%	100%	100%	100%	80%
Ökonom. Allokation auf Energieteil	%	100%	100%	100%	100%	77%

Tabelle 36: Allokationsfaktoren

Weitere Angaben über die Methodik sind im Anhang ersichtlich.

7.2.4 Analyse von kritischen Faktoren

Die nachfolgend aufgeführten kritischen Einschränkungen müssen bei der Interpretation der Ergebnisse dieser Studie berücksichtigt werden.

Landnutzungseffekte

Die direkte Landnutzung beinhaltet zwei Aspekte. Zum einen die Transformation (*transformation*) von der früheren Landnutzung zur gegenwärtigen. Zum anderen die Inanspruchnahme (*occupation*) des Landes durch die Kultivierung, die eine mehr diversivierte Verwendung des Landes, verhindert.

Direkte Landnutzungseffekte

In dieser Studie wurde die Landtransformation und Landinanspruchnahme entsprechend den Vorgaben von EBP in den Produktionsinventaren abgebildet. Mögliche Minderungen der Bodenqualität, beispielsweise durch Erosion und starke Bodenverdichtung wie sie im Zusammenhang mit dem Anbau von Chinaschilf auftreten können, sind nicht Gegenstand der Ökobilanz. Hingegen wurde der mechanische Aufwand und der Herbizideinsatz für die Rekultivierung berücksichtigt.

Indirekte Landnutzungseffekte beinhalten direkte aber auch indirekte Verdrängung von Nahrungsmittel und Naturflächen als auch daraus resultierende Veränderungen im Kohlenstoffgehalt des Bodens. Diese resultieren aus der Umwandlung von einer Landnutzung in eine andere. Es besteht noch keine einheitliche Methode, wie mit diesen Effekten umzugehen sind. Daher werden indirekte Landnutzungseffekte in dieser Studie nicht berücksichtigt.

Indirekte
Landnutzungseffekte

Biomassekulturen verdrängen
Ackerland und Weide

Die Tabelle 37 zeigt für die Regionen Biel-Seeland, Emmental und Goms, welche heutigen landwirtschaftlichen Vergleichssysteme mit dem Anbau von Biomassekulturen verdrängt werden würden.

Tabelle 37:
Substituierte Anbausysteme

Substrat	Geographie	Vergleichssystem/heute angebaut
Chinaschilf	Biel - Seeland	100% Ackerbau
Weide	Biel -Seeland	100% Ackerbau
Fichte	Emmental	100% Gras intensiv
Fichte	Goms	90% Gras extensiv; 10% Ackerbau
Ahorn/Esche	Emmental	100% Gras intensiv

Anbau von Biomassekulturen
führt zu Importen

Die landwirtschaftliche Fläche ist in der Schweiz begrenzt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Nahrungs- und Futtermittel der substituierten Flächen (z.B. Fleisch/Milch bei Weide, Gerste bei Ackerland) aus dem Ausland zu importieren ist. Dies würde, je nachdem in welchem Land und wie die zusätzliche landwirtschaftliche Produktion stattfindet, zu höheren negativen Umweltauswirkungen führen. Beispielsweise werden die landwirtschaftlichen Flächen auf Kosten natürlicher Ökosysteme ausgedehnt oder die heutige Produktion wird intensiviert (Reinhard 2008). Insbesondere ist dies beim Anbau von Chinaschilf und Weiden zu berücksichtigen. Beide Varianten werden hauptsächlich auf Wies- und Ackerlandflächen angebaut.

Schädigung natürlicher Ökosysteme

Keine Gefahr für Primärwälder
und ökologisch wertvollen
Gebieten

Bei den zur Diskussion stehenden Flächen handelt es sich um bereits längere Zeit landwirtschaftlich genutzte Flächen. Es besteht keine Gefahr der Gefährdung von Primärwäldern oder ähnlich ökologisch wertvollen Gebieten.

Düngung und Bewässerung

Organischer oder mineralischer
Dünger

Die mechanische Bearbeitung der Kulturen ist nur für einen sehr geringen Teil der Treibhausgasemissionen verantwortlich. In der Regel verursacht die Produktion von mineralischem Dünger nach den Lachgasemissionen den höchsten Beitrag zu den THG-Emissionen. Alle Varianten (ausser Weide) werden organisch gedüngt. Bei der Verwendung von mineralischem, anstatt organischem Dünger ist zu berücksichtigen, dass mit einem Anstieg der THG-Emissionen um bis zu 40% zu rechnen ist. Hintergrund ist die THG-intensive Produktion von mineralischem Dünger.

Die bei den Kulturen und Anbausystemen benötigten Düngemengen führen zu geringen Emissionen von Nitrat ins Grundwasser¹⁰²). Diese Mengen wurden berechnet, jedoch nicht in die Modellierung integriert. Es wird davon ausgegangen, dass bei guter ‚agricultural practice‘ mit einer vollständigen Aufnahme von Stickstoff durch die Kulturen gerechnet werden kann. Ist dies nicht der Fall, so würde das die THG-Emission und die UBP von Chinaschilf und Weide um bis zu 50% erhöhen¹⁰³). Hintergrund ist, dass ca. 2/3 der Lachgasemissionen aus den Nitratauswaschungen resultieren. Die Annahme von „best agricultural practice“ vermindert nicht nur die Gesamtumweltauswirkungen mittels UBP. Vielmehr führt die Annahme auch dazu, dass signifikant weniger THG-Emissionen emittiert werden.

Nitrat-Leaching ins Grundwasser

Durch die Anwendung von organischem und mineralischem Dünger werden Schwermetalle auf die genutzte Fläche eingetragen. Diese werden teilweise von der Pflanze akkumuliert, teilweise aber auch wieder direkt emittiert. Die Akkumulation durch die Pflanze wurde nicht berücksichtigt, da die durch die Pflanze aufgenommenen Schwermetalle während der Nutzung des Substrates wieder freigesetzt werden.

Schwermetallemissionen

In der vorliegenden Studie wurde nicht davon ausgegangen, dass die Anbauvarianten bewässert werden.

Bewässerung

7.2.5 Literaturrecherche

Die Aspekte Biodiversität, Wasserhaushalt und Erosion werden mit der Ökobilanz nicht genügend erfasst. Anhand von Literaturrecherchen werden diese Aspekte daher qualitativ beurteilt. Dabei geht es um den Vergleich der Biomassekulturen mit der verdrängten Nutzung. Indirekte Auswirkungen in der Form, dass die verdrängte Nutzung (z.B. Futtermittelproduktion) an einem anderen Ort realisiert wird und dort zu Umweltauswirkungen führt, werden hier nicht bewertet. Die Literaturrecherche liefert zudem Angaben zu Massnahmen, wie Kurzumtriebsplantagen möglichst umweltverträglich gestaltet werden können.

Qualitative Beurteilung von Biomassekulturen

Die Beurteilung der Umweltauswirkungen erfolgt für die drei Schweizer Regionen Biel-Seeland, Emmental und Goms. Als Anbausysteme werden die für die jeweiligen Regionen am wirtschaftlichsten realisierbaren Systeme gewählt. Die Situation mit den betrachteten neuen Anbausystemen wird mit der heutigen Situation verglichen, indirekte Auswirkungen durch die Verdrängung von heutigen landwirtschaftlichen Nutzungen werden nicht betrachtet.

Umweltauswirkungen werden in den Modellregionen dargestellt

¹⁰²) Diese Aussagen basieren auf der üblichen Methodik von Nemecek (Nemecek und Kägi, 2007).

¹⁰³) Ausgehend von den Ergebnissen pro ha (siehe Kapitel 4).

Biodiversität	Der Begriff Biodiversität kann auf alle Organisationsstufen der Natur bezogen werden, d.h. auf die genetische Vielfalt, Arten, Lebensräume, Ökosysteme und Landschaften. In der vorliegenden Studie wird unter der Biodiversität nicht nur die Artenvielfalt, sondern auch die Vielfalt der Lebensräume, Ökosysteme und Landschaften verstanden. Daher spielt auch die für die Biomassekultur verwendete Fläche eine wichtige Rolle in der Beurteilung von Umweltauswirkungen.
Wasserhaushalt	Unter Wasserhaushalt wird hier eine mögliche Veränderung der Grundwasserneubildung durch die Biomassekulturen verstanden.
Erosion	Unter Erosion wird die Abschwemmung von Humus und auch Nährstoffen verstanden. Sie findet v.a. dann statt, wenn Boden nicht bepflanzt oder erst ungenügend mit Wurzeln verfestigt ist.

7.3 Ergebnisse der Ökobilanz

7.3.1 Umweltimpact-Assessment pro Hektare

Systemgrenze	In diesem Teil wird ausschliesslich betrachtet, welches die Umweltauswirkungen durch die Nutzung von einer Hektare (1ha) sind. Der Ertrag spielt dabei keine Rolle.
Vergleichssubstrate	Als Vergleichssubstrate wurden ausgewählt: • Raps IP, CH z.B. Situation Seeland ('Ackerbau') • Mais IP, CH z.B. Situation Seeland • Weizen IP, CH z.B. Situation Seeland • Ackerland, Zuckerrübe z.B. Situation Seeland • Kunstwiese Intensiv, IP z.B. Situation Emmental • Naturwiese Extensiv, IP z.B. Situation Goms

Treibhausgaspotenzial

Sehr tiefe Treibhausgasemissionen für Biomassekulturen	Die Biomassekulturen weisen deutlich tiefere Treibhausgasemissionen auf als übliche landwirtschaftliche Systeme (siehe Abbildung 70). Die ungedüngten Varianten Fichte und Esche/Ahorn haben extrem tiefe Werte. Es zeigt sich, dass durch den Anbau mehrjähriger Kulturen die Treibhausgasemissionen pro Fläche markant gesenkt werden können. Extensiv genutzte Naturwiese weisen sehr tiefe Werte auf, sie sind aber ca. doppelt so hoch wie von Waldkulturen.
--	---

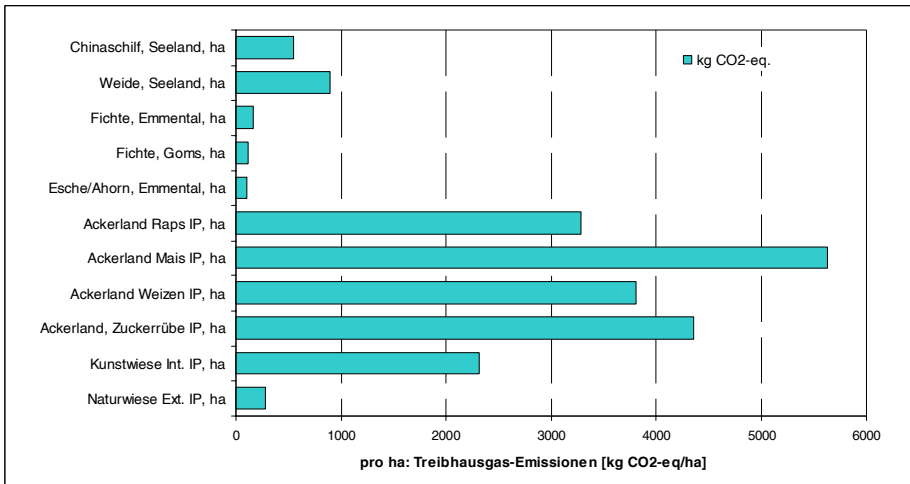


Abbildung 70:
Treibhausgasemissionen pro Hektar und Jahr

Die Abbildung 71 zeigt die Treibhausgasemissionen bei der Nutzung von einer ha Fläche nach Substanzen aufgeteilt. Beim Anbau von Biomassekulturen dominiert fossiles CO₂. Dieses stammt beim High-Input Weide primär von der energieintensiven Düngemittelproduktion und zum Teil vom Maschineneinsatz. Beim Low-Input Fichte und Agroforst-Systeme Esche/Ahorn reflektiert das fossile CO₂ fast ausschliesslich den Maschineneinsatz. Die erhöhten Emissionen von Chinaschilf resultieren unter anderem aus dem maschinenintensiven Rückbau.

Fossiles CO₂ dominiert bei Biomassekulturen

Bei Chinaschilf und Weide kommen geringe Lachgasemissionen durch die Düngung dazu. Im Vergleich zu den Ackerlandkulturen fallen diese jedoch wesentlich geringer aus. Dies beruht auf der Annahme, dass bei beiden Kulturen kein Nitratreaching stattfindet.

Geringe Lachgasemissionen bei Chinaschilf und Weide

Die landwirtschaftlichen Produkte weisen sowohl bezüglich CO₂ als auch Lachgas deutlich höhere Werte als die Biomassekulturen auf. Dies ist vor allem durch den höheren Einsatz von mineralischem Dünger und dessen Leaching bedingt.

Höhere Werte für landwirtschaftliche Produktion

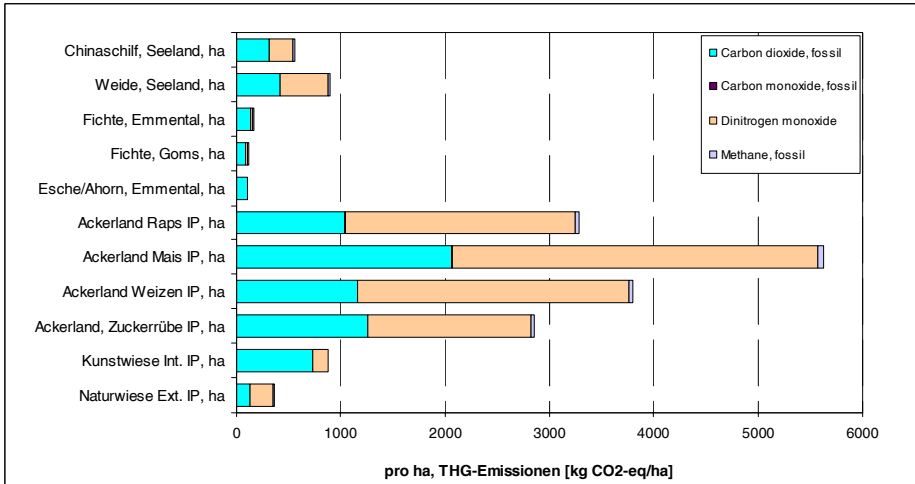


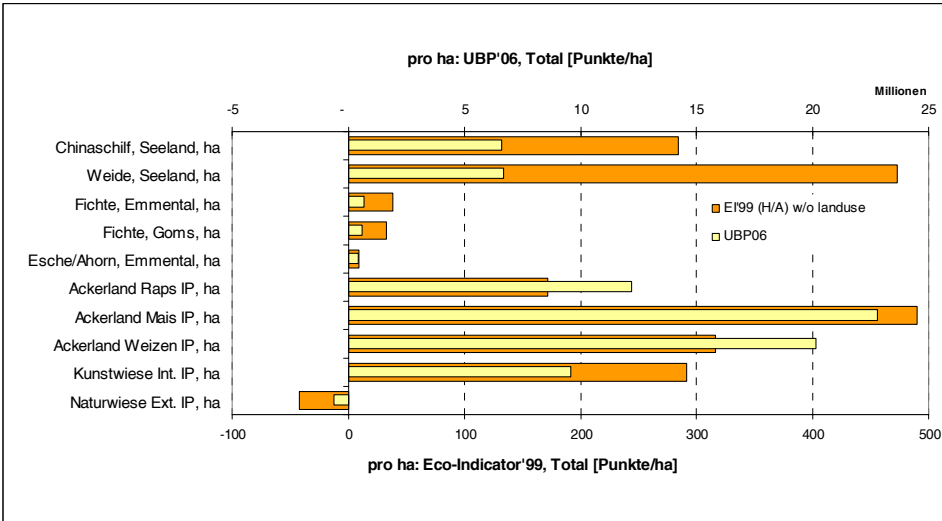
Abbildung 71:
Treibhausgasemissionen nach Substanzen pro Hektar und Jahr

Aggregierter Umweltimpact

Umweltbelastungen pro Hektar

Die Abbildung 72 zeigt das Ergebnis der beiden voll aggregierenden Methoden Umweltbelastungspunkte UBP06 und Ecoindicator EI99 in einer Darstellung. Es ist zu beachten, dass der EI ohne Einfluss des Landnutzens gezeigt wird, da dieser bei einer Erhöhung der Biodiversität, so wie es im Fall der Biomassekulturen im Vergleich mit Ackerbau der Fall ist, extreme Werte in den negativen Bereich (also eine extreme Verbesserung der ökologischen Situation) zur Folge hat. Dies ist eine bekannte Eigenart der Methodik, auf eine nähere Interpretation wird somit verzichtet.

Abbildung 72:
Umweltbelastungspunkte im Vergleich (pro Hektar und Jahr)



Die Ergebnisse können wie folgt kommentiert werden:

High-Input Systeme mit höheren Umweltbelastungen

Die hohen Werte für EI99 bei Chinaschilf und Weide beruhen primär auf Schwermetallemissionen, die aus der Düngung der Kulturen resultieren. Je höher die Anbauintensität, desto höher ist der Umweltimpact.

Low-Input und Agroforst-Systemen mit geringen Umweltbelastungen

Die Biomassekulturen Chinaschilf und Weide weisen bezüglich der UBP – Methode rund die Hälfte des gesamten Umweltimpacts auf im Vergleich mit den Ackerbaukulturen, die sie ersetzen. Das Low-Input Fichte und das Agroforst-System Esche/Ahorn haben sehr geringe Umweltbelastungen zur Folge.

Umweltbelastungen in Kategorien aufgeteilt

Abbildung 73 zeigt die Umweltbelastungspunkte mit Unterteilung in die verschiedenen Kategorien. Der grösste Teil der Umweltauswirkungen wird durch Emissionen in Luft und Boden verursacht. Bei Chinaschilf und Weide dominieren die Schwermetallemissionen (emission into ground water). Quelle für diese Emissionen ist bei Chinaschilf und Weide primär Cadmium, dass bei Chinaschilf durch den organischen, bei Weide durch den Mineraldünger eingetragen wird.

Auf dem Ackerland erfolgt ein Grossteil der Belastung durch Nitratauswaschungen (emission into top soil). Die Ursache für die Emissionen ins Oberflächenwasser bei Weide liegt in der Düngemittelproduktion.

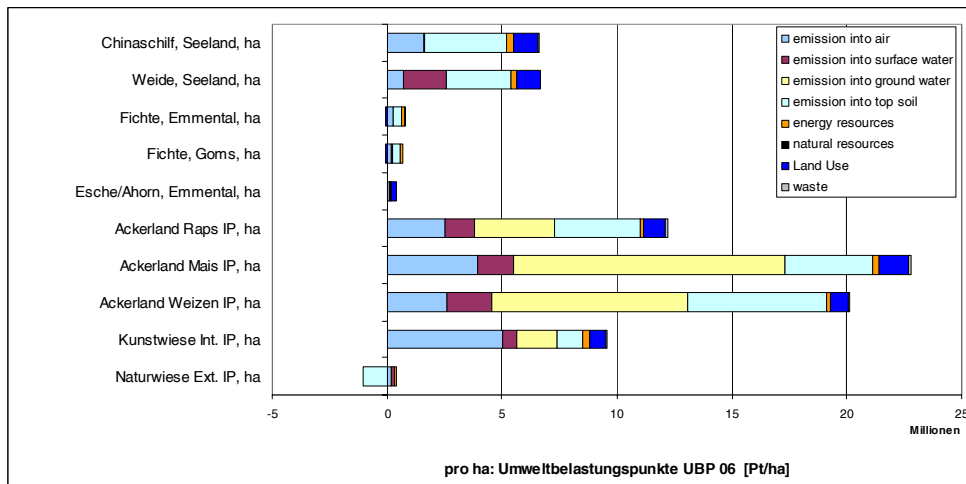


Abbildung 73: Umweltbelastungspunkte mit Unterteilung (pro Hektar und Jahr)

7.3.2 Umweltimpact-Assessment pro MJ thermische Energie

In diesem Teil wird ausschliesslich betrachtet, welches die Umweltauswirkungen durch die Produktion von einem Megajoule Wärme (1 MJ_{th}) sind. Als Vergleichssysteme (Substrate in Heizanlage verwertet) wurden ausgewählt:

Systemgrenze und Vergleichssysteme

Heizsystem im industriellen Massstab: 1000 kW (z. B. grösserer Wohnblock, industrielle Anlage, ganzer Dorfteil)

- „Energieweizen“
- Wald-Holzschnitzel (übliche Mischung aus Hartholz/Weichholz aus Waldrestholz)
- Wald-Stückholz (übliche Mischung aus Hartholz/Weichholz aus Waldrestholz)
- Heizöl kond.100kW (mittelgrosse Heizung für den privaten Bereich)
- Heizöl Ind.1000kW (industrielle Heizung)

Heizsystem im häuslichen Massstab: 50 kW (z. B. Mehrfamilienhaus, kleiner Wohnblock)

- „Energieweizen“
- Wald-Holzschnitzel (übliche Mischung aus Hartholz/Weichholz aus Waldrestholz)
- Holzpellets (Holzmischung)
- Heizöl kond. 10kW (Heizung für Einfamilienhaus)

- Heizöl kond. 100kW (mittelgrosse Heizung für den privaten Bereich)

Treibhausgaspotenzial

Wie Abbildung 74 zeigt, ergeben sich sehr ähnliche und sehr tiefe Werte für Brennstoffe aus Biomassekulturen und für die Verwertung von Waldrestholz. Die Wärmeenergie aus den 5 Kultursystemen hat rund 90% tiefere Treibhausgasemissionen als eine Ölheizung. Die Verfeuerung von „Energieweizen“ hat rund 6x höhere CO₂-Emissionen, als Brennstoffe aus Biomassekulturen verursachen. Bei der Berechnung für das 50 kW-Heizsystem ergeben sich minim höhere Werte, bedingt durch den leicht tieferen Wirkungsgrad einer kleineren Heizung.

Abbildung 74:
Treibhausgasemissionen bei
1'000 kW Heizung pro Jahr

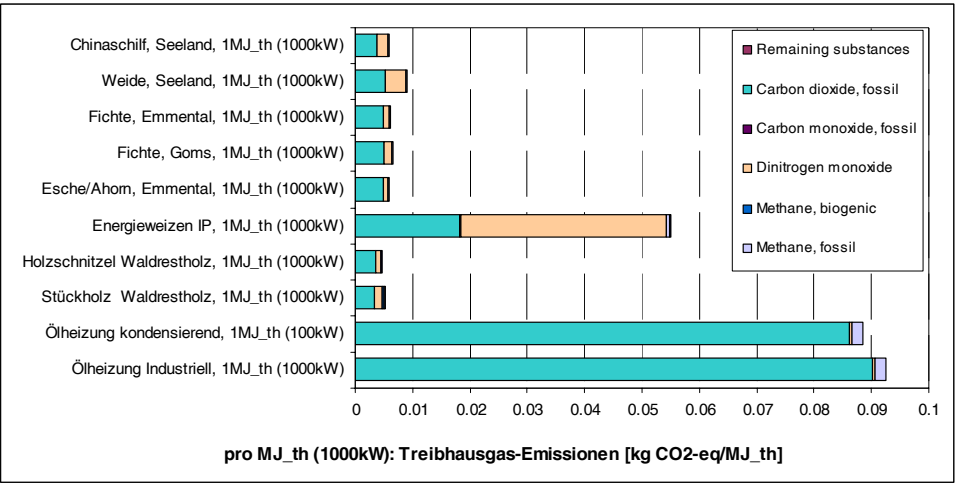
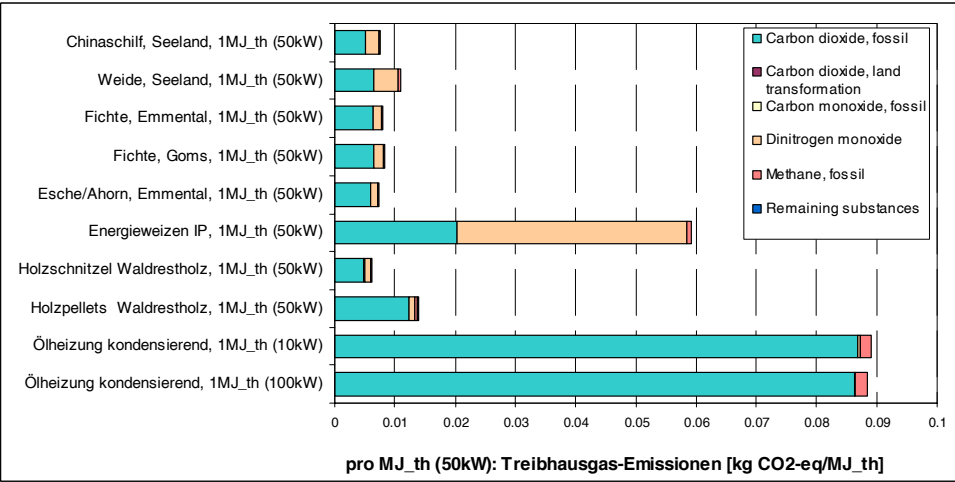


Abbildung 75:
Treibhausgasemissionen bei 50
kW Heizung pro Jahr



Aggregierter Umweltimpact

Die Bemerkungen zum aggregierten Umweltimpact beim Hektar - Vergleich gelten analog für den Wärmevergleich. Die Darstellung des EI99 erfolgt ohne den Anteil Landnutzung (siehe Abbildung 76). Es zeigen sich sehr ähnliche Umweltbelastungspunkte für alle Systeme mit Ausnahme von Energieweizen. Die UBP von Energieweizen sind ca. 6x höher als von einer normalen Ölheizung. Der Energieweizen weist hohe Grundwasser und Bo-

denbelastungen auf durch den intensiven Aufwand beim landwirtschaftlichen Anbau.

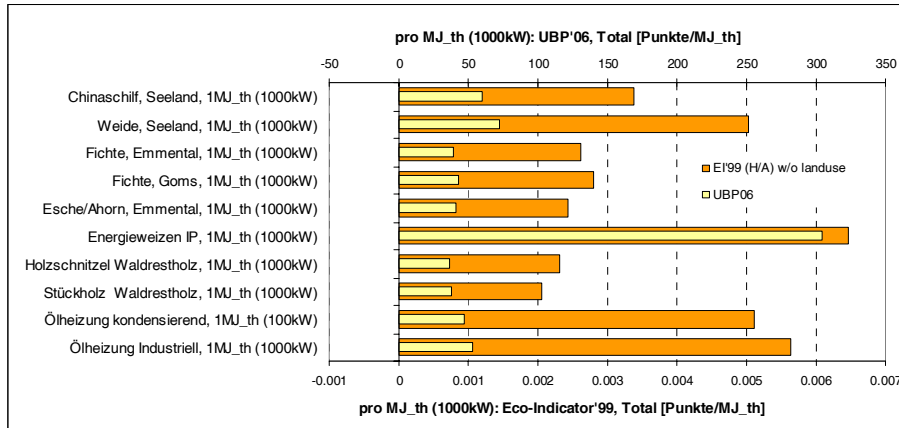


Abbildung 76:
Umweltbelastungspunkte pro
Jahr bei 1'000 kW Heizung

7.4 Ergebnisse der Literaturrecherche

7.4.1 Ergebnisse im Überblick

In Tabelle 38 sind die Resultate für die betrachteten Systeme in den drei Regionen qualitativ zusammengefasst. Die ausführlichen Ergebnisse der Literaturrecherche sind im Anhang aufgeführt. Weil der Vergleichszustand in den Regionen Biel-Seeland und Emmental ein heute intensives Futterbauggebiet ist, fallen die Auswirkungen der mehrjährigen Biomassekulturen in diesen Gebieten mehrheitlich positiv aus. In der Hochtalebene Goms in den Walliser Alpen sind die Auswirkungen praktisch neutral.

Mehrheitlich positive
Auswirkungen gegenüber
heutiger Situation

System	Biodiversität	Wasserhaushalt	Erosion
Biel-Seeland: High-Input System mit Weiden	+	--	+
Biel-Seeland: High-Input System mit Chinaschilf	+	-	o / +
Emmental: Agroforst-System mit Esche/Ahorn	+	o	o / +
Goms: Low-Input System mit Fichten	o / -	o	+

Tabelle 38:
Qualitative Bewertung der
Biomassekulturen

In der Tabelle werden die folgenden Symbole verwendet:

- + Verbesserung gegenüber der heutigen Situation
- o neutral / keine Veränderung
- resp. -- Verschlechterung gegenüber der heutigen Situation

Die Bewertung kann aufgrund der Literatur nur qualitativ durchgeführt werden, da auch die Literaturangaben meist recht qualitativ sind und nur

Bewertung nur qualitativ

für spezielle Systeme an spezifischen Orten Gültigkeit haben und nicht direkt auf die Situation in den betrachteten Schweizer Regionen übertragen werden können.

7.4.2 Ergebnisse für Biel-Seeland

Vergleichsbasis	Das High-Input System mit <i>Weiden</i> wird mit der heute bestehenden intensiven landwirtschaftlichen Nutzung (Acker- und Futterbau) verglichen.
Auswirkungen von Pappel- und Weidenkulturen auf Biodiversität positiv gegenüber intensiv genutzten Ackerbauflächen	Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass Biomassekulturen mit Pappel oder Weiden gegenüber intensiv genutzten Ackerflächen positive Auswirkungen auf die Biodiversität haben. Sie bieten insbesondere Nistplätze für Vögel, die in einer sonst ausgeräumten Landschaft keinen Platz mehr finden. Die Vogelviefalt in Biomassekulturen ist vergleichbar mit derjenigen in einem Niederwald und grösser als im umliegenden Ackerland. Dabei zeigen Biomassekulturen mit Weiden gewisse Vorteile. Auch Bodenmikrolebewesen finden in Biomassekulturen bessere Lebensbedingungen als in jährlich umgepflügten Äckern. Eine Landschaft mit Biomassekulturen bietet neue, zusätzliche Lebensräume gegenüber einer intensiven Ackerbaulandschaft.
Grundwasserneubildung kann durch Biomassekulturen vermindert werden	Weidenpflanzungen weisen von allen Biomassekulturen den höchsten Transpirationskoeffizient auf und können damit zu einer Verminderung der Grundwasserneubildung beitragen.
Auswirkungen von Chinaschilf-Kulturen auf Biodiversität leicht positiv gegenüber Ackerbauflächen	Auch für ein High-Input System mit <i>Chinaschilf</i> zeigt verschiedenen Untersuchungen, dass die Artenvielfalt in Chinaschilfkulturen leicht höher als auf Wiesen und Äckern ist. Über die gesamte Vegetationszeit bietet Chinaschilf ein vielfältiges Habitat. Der Wasserverbrauch ist für Chinaschilfkulturen geringer als für Weiden- oder Pappelkulturen, kann aber in gewissen Fällen trotzdem die Grundwasserneubildung reduzieren.
Punkto Erosionsverminderung sind alle mehrjährigen Kulturen positiv zu bewerten	Punkto Erosion sind alle mehrjährigen Pflanzungen den einjährigen Pflanzen überlegen. Durch die gute Durchwurzelung und dauernde Bodenbedeckung (ausser in der Anfangsphase der Kultur) wird die Erosionsgefahr stark reduziert.
Fazit für Biomassekulturen im Berner Seeland: Positive Umweltbilanz	Die betrachteten mehrjährigen Biomassekulturen weisen gegenüber den einjährigen Ackerbaukulturen aus Umweltsicht verschiedene Vorteile auf. Dies zeigt sich auch bei der Ökobilanz (vgl. Kapitel 7.4). Diese Aussage hat solange Gültigkeit wie die Pflanzungen auf heute intensiv bewirtschaftetem Ackerland stattfinden. Es wurde nicht untersucht, welche indirekten Auswirkungen mit dem Verdrängen der Futtermittelanbauflächen in andere Länder verbunden sind.

Es wurde nicht untersucht, welchen Wasserbedarf Weidenkulturen im Vergleich zu typischen Ackerbaukulturen wie Mais oder Raps aufweisen.

7.4.3 Ergebnisse für Region Emmental

Für die Region Emmental wird ein Agroforst-System mit Esche / Ahorn mit der heutigen Nutzung als Wies- und Weideland verglichen.

Vergleichsbasis

Agroforst-Systeme bringen durch die neuen Bäume ein ökologisch wichtiges zusätzliches Lebensraumelement in die Landschaft. Gegenüber reinem Wies- oder Ackerland bieten diese Systeme neue Lebensräume für Vögel, kleine Säugetiere und Gliederfüssler (Arthropoden) und erhöhen damit die Biodiversität deutlich. Sie sind auch vielfältiger als reine Weiden- oder Pappelkulturen. Mit dem Anbau von seltenen, ökologisch wertvollen Baumarten (z.B. Hochstammobstbäume) in Agroforst-Systemen könnte der ökologische Wert noch verstärkt werden.

Agroforst-Systeme erhöhen die Biodiversität gegenüber reinem Wies- und Ackerland

In der Region Emmental verändert sich der Wasserhaushalt durch die Einzelbaumpflanzungen nicht relevant. Allgemein haben Agroforst-Systeme positive Auswirkungen bezüglich Erosion, verglichen mit Wies- und Weideland ist jedoch kaum ein Unterschied zu erwarten.

Bezüglich Wasserhaushalt und Erosion sind Agroforst-Systeme neutral bis positiv zu bewerten

Im Vergleich zur heutigen Nutzung als Wies- und Weideland bringen Agroforst-Systeme für Biodiversität und bezüglich Erosion einer Verbesserung gegenüber heute.

Fazit für Agroforst-Systeme im Emmental: Positive Umweltbilanz

7.4.4 Ergebnisse für die Region Goms

Im Goms werden die Fichtenkulturen mit extensiven Wies- und Weideland aus überwiegend biologischer Viehwirtschaft verglichen. Diese landwirtschaftlichen Flächen weisen heute teilweise eine hohe Biodiversität auf.

Vergleichsbasis

In der Literatur wurden keine speziellen Angaben zu Fichtenkulturen auf landwirtschaftlichen Flächen gefunden. Es werden meist Fichtenpflanzungen auf Waldflächen betrachtet. Die Bewertung der Situation im Goms erfolgt daher aufgrund von Plausibilitätsüberlegungen.

Neutrale bis negative Auswirkungen auf Biodiversität

Die landwirtschaftlichen Flächen im Goms sind geprägt durch floristisch wertvolle Trockenwiesen und –weiden. Weil die Ausgangssituation heute ein ökologisch relativ wertvoller Zustand ist, wird davon ausgegangen, dass eine Bepflanzung dieser Flächen mit Fichten die Biodiversität eher verringert. Zu berücksichtigen ist aber, dass seit den 1980er Jahren sich die natürliche Wiederbewaldung auf solchen Grenzertragsflächen immer mehr ausdehnt. Der grösste Teil dieser Flächen liegen im Sömmerungsgebiet.

Der Wasserhaushalt wird dagegen kaum verändert und bezüglich Verhinderung von Erosion sind Waldflächen offenen Wiesen überlegen.

7.5 Fazit

Positive Effekte beim Anbau	Wie jede gesellschaftliche Aktivität sind auch der Anbau und die Nutzung von Biomassekulturen mit Umweltbelastungen verbunden. Diese sind aber den Alternativen im landwirtschaftlichen Anbau bzw. den Alternativen in der stofflichen und energetischen Nutzung gegenüberzustellen.
Klare Vorteile gegenüber klassischen landwirtschaftlichen Kulturen	Im Anbau haben die untersuchten Varianten klare Vorteile zu klassischen landwirtschaftlichen Kulturen. Dies kann dadurch begründet werden, dass es sich bei allen Varianten – auch bei den High-Input-Systemen – um vergleichsweise extensive bis sehr extensive Verfahren handelt.
Wärme kann also über Biomassekulturen ökologisch sinnvoll erzeugt werden.	Bei der Bereitstellung von Wärme zeigen alle Kulturen im Vergleich zu fossiler Wärme ein erhebliches Potenzial zur Einsparung von Treibhausgasen. Bei der Betrachtung des aggregierten Umweltimpactes schneiden ebenfalls alle Varianten positiv ab ¹⁰⁴⁾ . Bei der Variante High-Input-Chinaschilf und insbesondere High-Input Weiden ist die Entlastungswirkung allerdings wesentlich geringer. Wärme kann also über Biomassekulturen ökologisch sinnvoll erzeugt werden.

104) Russbildung bei der Verbrennung und Smogpotenzial wurden nicht berücksichtigt.

8 Landschaftsbild

8.1 Einleitung

Im vorliegenden Kapitel werden die Veränderungen der Landschaft durch Biomassekulturen aufgezeigt und im Hinblick auf die Wahrnehmung und Erwartungen untersucht. Es ist das Ziel dieses Moduls, die möglichen Widerstände gegen Biomassekulturen auf Landwirtschaftsflächen zu identifizieren und Voraussetzungen für die Akzeptanz von Veränderungen der Landschaft durch Biomassekulturen aufzuzeigen.

8.2 Vorgehen

In einem ersten Schritt werden die Einflüsse zusammengestellt, welche die Landschaft prägen. Es werden Grundlagen zur Wahrnehmung von Landschaftsveränderungen im Allgemeinen und insbesondere im Bezug auf Wald zusammentragen. Hierfür werden bestehende Studien und Publikationen ausgewertet.

Grundlagen: Wahrnehmung von Landschaftsveränderungen

Aufbauend auf den bisherigen Untersuchungen werden in einem zweiten Schritt die zentralen Erkenntnisse auf die Veränderungen des Landschaftsbildes durch Biomassekulturen übertragen. Die zu erwartenden konkreten Auswirkungen der einzelnen Biomassekulturen und Anbausysteme auf die Landschaft und auf das Landschaftsbild werden beschrieben.

Auswirkungen der Biomassekulturen und Anbausysteme auf das Landschaftsbild

Die theoretischen Erkenntnisse zur Wahrnehmung von Landschaftsveränderungen durch die Biomassekulturen und Anbausysteme werden für die Modellregion Emmental visualisiert und an einem Workshop im Emmental mit ausgewählten regionalen Akteuren diskutiert.

Wahrnehmung der visualisierten Biomassekulturen in der Region

8.3 Grundlagen: Landschaft und Landschaftsbild

8.3.1 Die Schweizer Landschaft

Im Landschaftskonzept Schweiz (BAFU, 1998) definiert der Bundesrat 1997 den Begriff der Landschaft als den *"gesamten Raum, innerhalb und ausserhalb von Siedlungen. Landschaft ist das Entstandene und Werden der natürlichen Faktoren wie Untergrund, Boden, Wasser, Luft, Licht, Klima, Fauna und Flora im Zusammenspiel mit kulturellen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Faktoren."*

Nutzung formt die Landschaft

Die Landschaft ist in der Schweiz geprägt durch die Nutzung des ländlichen Raumes. In der Kulturlandschaft spielt die Nahrungs- und Futtermittelproduktion eine zentrale Rolle. Die landwirtschaftliche Nutzung prägt somit die regionalen Unterschiede der Landschaft mit: der Gemüsebau in der Ostschweiz, die mittlerweile zum UNESCO Weltkulturerbe gehörende Terrassenlandschaft des Weinbaus entlang des Genfersees oder die Alpwirtschaft in den Berggebieten.

Landschaft als Spiegel der
Energieproduktion

Die Landschaft ist und war immer auch ein Spiegelbild der Energieproduktion. Insbesondere kann die Landwirtschaft als ursprüngliche Form einer kontrollierten Nutzung von Sonnenenergie betrachtet werden (Magnin, 2008). Dass diese Energie nicht nur in Form von Nahrungsmitteln vom Bauernhof kommt, ist keine neue Erfindung. Nicht umsonst spricht man bei Autos noch heute von Pferdestärken. Bis zur Hälfte des letzten Jahrhunderts wurden in Europa bis zu 30 Prozent der Agrarprodukte als Futter für Zugtiere eingesetzt. Indirekt wurde ein Teil der landwirtschaftlichen Fläche also schon lange für Futtermittel und damit für den Transport-Sektor zur Verfügung gestellt. Nahrung, Wohnung und Wärme: Das sind zentrale Bedürfnisse der Menschen. Und schon immer war es Aufgabe der Land- (und Forst) -wirtschaft, diese Grundbedürfnisse zu decken.

Wasserkraft schafft Stauseen

Grimsensee, Sihlsee oder Göscheneralpsee gehören heute zur Schweizer Landschaft. Die Stauseen sind aber Zeugen der vermehrten Wasserkraftnutzung und bilden zusammen mit den Übertragungsleitungen eine hydroelektrische Landschaft der Schweiz.

Erdöl prägt die Landschaft auch

Kaum etwas prägt die heutige Landschaft der Schweiz stärker als das dichte Netz aus Strassen, Übertragungsleitungen und anderen Transportinfrastrukturen und Logistikbauten. Letztlich sind dies die Auswirkungen der Nutzung fossiler Energieträger auf die Landschaft.

8.3.2 Die Landschaft im Wandel

Die Landschaft der Schweiz ist im Wandel. Dies hat unter anderem das Forschungsprogramm NFP 48¹⁰⁵⁾ ergeben. Besonders im Berggebiet wird die Landschaft homogener, einzelne Landschaftselemente und Lebensräume verschwinden. Als Gründe für diese Entwicklung seit der Mitte des vergangenen Jahrhunderts können folgende Treiber identifiziert werden:

Die Landschaft wird homogener

- Die zunehmend rationellere Landwirtschaft ist mit einer intensiveren Nutzung der Landschaft verbunden. Dadurch werden bestimmte Flächen wesentlich intensiver genutzt, andere fallen aus der landwirtschaftlichen Nutzung heraus.
- Durch die Mechanisierung entstand das Bedürfnis nach maschinengerechten Wegen und zugänglichen Parzellen.
- Generell kann in der Schweiz eine Zunahme an Siedlungen, Industrie und Verkehr beobachtet werden.
- Insbesondere in Berggebieten hat in diesem Zeitraum der Tourismus stark zugenommen.

Mit zunehmendem Wohlstand lässt sich zudem eine natürliche Wiederbewaldung in der Schweiz beobachten (Gellrich et al., 2007). Als Ursache für die Flächenzunahme des Waldes wird in der Literatur die Aufgabe von Landwirtschaftsfläche, vor allem an ertragsschwachen oder arbeitsaufwändigen Standorten genannt. Das Forschungsprogramm NFP 48 konnte aber keinen Zusammenhang zwischen Abwanderung und Wiederbewaldung feststellen. Am stärksten wächst der Wald auf der Alpensüdseite. Die absolute Zunahme der Waldfläche ist zwischen 1'400 und 1'800 Metern am höchsten. Relativ ist die Zunahme aber in den hohen Lagen bei 2'200 bis 2'400 Metern noch höher. Dies ist nicht nur Folge einer extensiveren Nutzung der Alpweiden, sondern auch eine Folge der zu beobachtenden Temperaturanstiege im Alpenraum. Die natürliche Waldgrenze verschiebt sich damit langsam nach oben. Gerade im Hochland verändert der Wald die Landschaft stark, aber langsam. Für eine volle Umtriebszeit braucht man im Gebirgswald gut 120 Jahre Geduld. In den Wäldern im Mittelland findet mit der allmählichen Klimaerwärmung und der Anwendung des naturnahen Waldbaus der Förster ein Wechsel vom Nadelwald zum Laubwald statt.

Vor allem der Laubwald wächst

8.3.3 Die Funktionen der Landschaft

Die Landschaft ist nicht nur Spiegel der Nutzung durch den Menschen, sie erfüllt auch unterschiedliche Funktionen. In der Literatur werden vor allem die folgenden Funktionen der Landschaft genannt:

Landschaft erfüllt viele Funktionen

- Schutz vor Naturgefahren

105) <http://www.nfp48.ch/>

- Erhalt der Biodiversität
- Erholung
- Versorgung mit Nahrungsmitteln
- Versorgung mit Energie
- Lebens- und Wohnraum
- Klimaschutz

Die Landschaft der Schweiz hat immer auch direkt eine ökonomische Dimension: Die touristische Attraktivität der Schweiz beruht hauptsächlich auf ihrer einzigartigen Landschaft. Eine Studie des Staatssekretariats für Wirtschaft hat ergeben, dass der landschaftliche Nutzen für den Schweizer Tourismus mindestens 2,5 Milliarden Franken pro Jahr beträgt. Bei einer Verschlechterung der landschaftlichen Qualitäten im Vergleich zu den umliegenden Ländern müsste der Schweizer Tourismus gemäss der secostudie (Forschungsstelle für Freizeit, Tourismus und Landschaft, 2002) mit erheblichen Einbussen von bis zu 30 Prozent weniger Touristen aus dem In- und Ausland rechnen.

8.3.4 Das Bild der Landschaft

Das Landschaftsbild
entsteht im Kopf

Das Bild der Landschaft entsteht im Kopf. Der Mensch nimmt die Landschaft, also den Raum mit Untergrund, Boden, Wasser, Luft, Licht, Klima, Fauna und Flora durch einen Filter seiner Vorstellungen wahr. Die Wahrnehmung der Landschaft durch einen Betrachter hängt von unterschiedlichen Faktoren ab:

- Dem kulturellen Hintergrund und der Prägung
- Der persönlichen Geschichte und der Kenntnisse
- Der momentanen Stimmung des Betrachters
- Der Jahreszeit und den aktuellen Witterungsbedingungen
- Der Perspektive

Ganzheitliches
Landschaftskonzept

Das Landschaftskonzept Schweiz berücksichtigt diese Aspekte und stellt das Verhältnis der Menschen zur Landschaft ins Zentrum. In einem ganzheitlichen Landschaftsverständnis müssen die Wahrnehmung, die Bewertung und Identifikation ebenso einbezogen werden wie die Interessen an der Nutzung der Landschaft.

Beurteilungskriterien für
Landschaft

Die Beurteilung ästhetischer Aspekte ist sehr subjektiv und somit ist die objektive Erfassung und Bewertung des Erscheinungsbildes einer Landschaft in der Praxis nicht ganz einfach. Für die Beurteilung einer Landschaft können u.a. folgende Kriterien aus der Literatur entnommen werden:

- *Natürlichkeit*: Die Landschaft entspricht einer Umgebung, die der Mensch als natürlich oder naturnah empfindet.

- *Vielfalt*: Die Landschaft bietet dem Betrachter viele einzelne, strukturierende Elemente, die ein vielfältiges Bild ergeben. Vielfalt drückt sich in Strukturen, Farben und Formen aus.
- *Eigenart*: Das Landschaftsbild hat einen eigenen, unverkennbaren Charakter, der es wieder erkennbar macht.
- *Ordnung*: Viele Kulturlandschaften erscheinen dem Betrachter geordnet. Die einzelnen Landschaftselemente orientieren sich entlang von topographischen oder menschlich geprägten Geländeformen.
- *Harmonie*: Die Summe der Landschaftselemente, Formen und Farben wirkt auf den Betrachter beruhigend, harmonisch.

Zwischen der Beurteilung des Landschaftsbildes und dem Nutzungsinteresse des Betrachters besteht ein direkter Zusammenhang. Nach dem Muster: "Was mir nützlich ist, finde ich schön", beurteilt ein Betrachter die ästhetische Qualität einer Landschaft anders, je nach dem, ob er diese vor allem als Lebens- und Wohnraum oder als Erholungs- und Freizeitraum nutzt (Lehmann et al., 2007).

8.3.5 Wahrnehmung von Biomassekulturen

Bäume sind in der Offenlandschaft ein traditionelles Element. In einigen Gegenden sind sie erst in den letzten 50 Jahren zunehmend aus der Agrarlandschaft verschwunden. Reeg und Konold haben in einer Studie die Wahrnehmung von Agroforst-Systemen im Landschaftsbild untersucht (Reeg und Konold, 2007). Gemäss der Studie werden die Biomassekulturen dort gut akzeptiert, wo die Landschaft bisher eher strukturarm und monoton war. Besonders gut werden lineare Anordnung entlang bestehender Strukturen, aber auch einzelbaumweise Mischung von Wertholz- mit Streuobstbäumen von den Befragten beurteilt. Auch eine lockere Anordnung von Bäumen auf Weiden erhält gute Noten in der Akzeptanz.

Gut akzeptiert: lineare Anordnung entlang bestehender Strukturen, lockere Anordnung

Dem gegenüber werden die Veränderungen der Landschaft durch Biomassekulturen in einer natürlich wirkenden Ausgangslandschaft eher schlecht akzeptiert. Schlecht schneiden regelmässige Anordnungen in Reihen ab. Noch schlechtere Akzeptanz erhalten allerdings unregelmässige Anordnungen in Reihen.

Schlecht akzeptiert: Anordnungen in Reihen

Menschen identifizieren sich mit der Landschaft ihrer Heimat. Für die Akzeptanz von Veränderungen im Landschaftsbild durch Biomassekulturen ist es zentral, ob der landschaftliche Charakter durch die Biomassekultur verloren geht, oder ob die Gegend ihr typisches Aussehen beibehält.

Landschaft als Heimat

Der Begriff des Authentischen ist eng mit dem der Heimat verbunden (Kianicka, 2004). In den Forschungsarbeiten des NFP 48 wird deutlich, dass die Einheimischen hiermit nicht nur den Erhalt der Kulturlandschaft verbinden, sondern durchaus auch ökonomisch bedingte funktionale Nutzungen der

Landschaft als authentisch für die Region bezeichnen. Die Studie zeigt, dass beispielsweise intensive Landnutzung, Golfplätze oder moderne Siedlungsentwicklungen von Aussenstehenden negativer beurteilt werden als von den Einheimischen.

Bevölkerung und Touristen
begrüssen Wiederbewaldung

Experten bewerten die Wiederbewaldung deutlich negativer als die breite Bevölkerung. Die befragten Mittelbündner beurteilen die Wiederbewaldung negativer als die Touristen oder die Gesamtschweizer Bevölkerung, weil sie für Personen aus der Region mehr als für Aussenstehende mit dem Verschwinden der Landwirtschaft verbunden ist (Gehrig, 2004, 2006). Und diese steht immer noch für die Existenzgrundlage. Für Personen von aussen hingegen scheint die Wiederbewaldung reizvoll zu sein – eine Landschaft, die sie an ihrem Wohnort nur selten erleben können (Hunziker, 2000).

8.4 Auswirkungen der Anbausysteme auf die Landschaft

Das Wo und das Wie bestimmen
die Auswirkungen auf das
Landschaftsbild

Aus den bisherigen Untersuchungen kann abgeleitet werden, dass für die Auswirkungen von Biomassekulturen auf das Landschaftsbild folgende Faktoren eine Rolle spielen:

- **Die Nachbarschaft (wo):** Darunter verstehen wir den Standort und die Ausgangslandschaft, in der die Biomassekultur entstehen soll. So gibt es Landschaften und Standorte, an denen Bäume immer schon oder bis vor kurzem präsent waren. Genau so gibt es Landschaften, deren Eigenart die Weite und Offenheit ist. Es macht für die Wahrnehmung einen Unterschied, ob die Ausgangslandschaft viele Strukturelemente enthält oder eher monoton, beispielsweise durch intensive Landwirtschaft geprägt ist. Es macht zudem einen grossen Unterschied für die Wahrnehmung des Landschaftsbildes, ob die angebaute Biomassekultur bereits in der Ausgangslandschaft vorkommt, oder ob sie ein Fremdkörper ist. Weiterhin ist es zentral, wie sich die Kultur oder das Anbausystem in die Nachbarschaft einfügt, ob bestehende Strukturen, wie Strassen, Flussläufe oder Wald aufgenommen werden, oder ob die Kultur wiederum ein Fremdkörper ist. Der Standort entscheidet zudem darüber, ob die Biomassekultur von bestehenden Siedlungen, Strassen und Wegen mehr oder weniger sichtbar ist.
- **Die Ausprägungsmerkmale (wie):** Darunter verstehen wir zum einen den einzelnen Baum einer Kultur, seine Farbe, Grösse und Form im Sommer und im Winter. Wir verstehen darunter aber auch Anordnung der Bäume in Reihen oder Gruppen, die Ausdehnung und Form und Fläche der Biomassekultur/ des Anbausystems, die Bepflanzungsdichte, die Ernte- und Umtriebszeiten.

8.4.1 Wechselwirkung Biomassekulturen und Standort

In den untenstehenden Tabellen werden die Wechselwirkungen zwischen Biomassekulturen und der Nachbarschaft beschrieben. Die unterschiedlichen beschriebenen Ausprägungen werden von Experten im Hinblick auf ausgewählten Kriterien der Landschaftswahrnehmung beurteilt. (*= trifft nicht zu), ***= trifft voll zu)

Merkmal	Natürlichkeit	Vielfalt	Eigenart	Ordnung	Harmonie
Die neue Kultur ist bereits Bestandteil des Landschaftsbildes.	**	*	**	***	***
Die Biomassekultur wird in bestehende Strukturelemente eingebettet.	***	*	***	***	***
Die Kultur passt zur bestehenden Bewirtschaftung der Landschaft.	***	*	***	***	***
Die Kultur stellt einen Bruch mit bestehenden Bewirtschaftungsformen dar.	**	***	*	*	*

Tabelle 39:
Wechselwirkung
Biomassekulturen und Standort

(* = trifft nicht zu), *** = trifft voll zu)

8.4.2 Auswirkung der untersuchten Biomassekulturen

In einem nächsten Schritt wurden die untersuchten Biomassekulturen im Hinblick auf die für das Landschaftsbild entscheidenden Merkmale beschrieben. Orange sind jene Felder markiert, bei welchen die Ausprägung der Merkmale beispielsweise durch die Wirtschaftlichkeit oder den angenommen Maschineneinsatz vorgegeben sind. Grün markiert sind jene Merkmale, welche eher im Hinblick auf die Bedürfnisse an das Landschaftsbild variiert werden können.

Merkmal	Chinaschilf	Weide	Esche/ Ahorn	Fichte
Höhe (m)	4	8-10	10-12	12
Farbe (Sommer)	Sattgrün	Hellgrün	Hellgrün	Immergrün
Anordnung	in Reihen	in Reihen	in Gruppen	In regelmässigen oder unregelmässigen Reihen
Minimale Ausdehnung	4	4	1	3

Tabelle 40: Merkmale der
Biomassekulturen

(ha)				
Flächenform	eckig	eckig	variabel	variabel
Bepflanzungsdichte	dicht	dicht	locker	dicht bis locker
Zusammensetzung	Monokultur	Monokultur	Mischkultur	Monokultur
Ernte	Jährlich	Alle 5 Jahre, oder variabel	Alle 20 Jahre	Alle 20 Jahre

8.5 Visualisierungen des Landschaftsbildes

8.5.1 Visualisierung als Planungsinstrument

Bilder sagen mehr über die
Landschaft als Worte

Bilder werden einfacher und direkter aufgenommen als Informationen in Texten, Daten und Diagrammen (Herrmann und Neumeier, 2004). Daher liegt es nahe, die visuelle Kommunikation auch in der Planung einzusetzen. Gerade, um Raum, Regionen oder räumliche Beziehungen zu beschreiben, ist die lineare Struktur von Texten weniger geeignet als Bilder. Für Planer sind Karten ein bewährtes Instrument. Entscheidungsträger und die lokale Bevölkerung sind aber häufig nicht an den Umgang mit und die Interpretation von Kartenmaterial gewöhnt. Hier ist es sinnvoll, Karten mit Fotos und/oder Fotomontagen zu ergänzen. Die Fortschritte in der Computertechnologie erlauben heute darüber hinaus eine geschickte Kombination von topografischen Daten, Vegetationsparametern und anderen Elementen, um realitätsnahe, virtuelle und dreidimensionale Darstellungen zu kreieren. Allerdings ist die realitätsgetreue dreidimensionale Visualisierung von natürlichen Waldtexturen der Biomassekulturen bis heute ein aufwendiges Verfahren.

Im Rahmen dieses Moduls sollte eine Visualisierungstechnik zur Anwendung kommen, welche bei vertretbarem Aufwand von Planern und Entscheidungsträgern im Planungsprozess in der Praxis eingesetzt werden kann.

8.5.2 Ergebnisse der Visualisierung im Emmental

Auswahl der Modellstandorte im
Emmental

Für die Modellregion Emmental wurden entsprechend den Ergebnissen aus dem Modul Potenziale Standorte ausgewählt, die im Hinblick auf die konkreten Umsetzungsmöglichkeiten von Biomassekulturen und den zu erwartenden Auswirkungen auf das Landschaftsbild weiter untersucht werden sollten.

Für die Modellregion Emmental wurden an drei ausgewählten Standorten die folgenden Visualisierungen erarbeitet:

Abbildung 77:
Standort 1 Tal
in Nahansicht



Abbildung 78:
Standort 1 Tal
in Nahansicht mit
High-Input Weiden



Abbildung 79:
Standort 2
mit Fernsicht auf Tal
und Hügellzone





Abbildung 80:
Standort 2 mit
Weiden und
Chinaschilf im Tal
Fichten in der
Hügelzone

Abbildung 81:
Standort 3 mit
Fernsicht auf Tal
und Hügellzone



Abbildung 82:
Standort 3 mit
Weiden im Tal,
Fichten und
Ahorn / Esche
im Hugelgebiet



8.6 Akteure und Ansprüche

Um die Wahrnehmung von Veränderungen im Landschaftsbild im Hinblick auf die Akzeptanz vor Ort abzuschätzen, müssen die relevanten Zielgruppen identifiziert werden und im Hinblick auf ihre Ansprüche und Interessen an der Landschaft untersucht werden.

Die Ansprüche der involvierten Akteure widersprechen sich teilweise oder sind komplementär. Im Folgenden werden die wichtigsten Interessensgruppen und ihre Ansprüche kurz vorgestellt:

Grosse Anzahl Akteure mit teils unterschiedlichen Ansprüchen

- **Landwirtschaftliche Betriebe:** Pächter, Bewirtschafter und/oder Eigentümer der landwirtschaftlichen Flächen. Pachtverträge haben eine Laufzeit von mindestens 6 Jahren. Während dieser Zeit bestimmen die Pächter darüber, wie die Felder bewirtschaftet werden, in Funktion von Marktpreisen der landwirtschaftlichen Produkte, der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, Risikoverteilungen, Arbeits- und Maschinenauslastung, Kapitalbedarf etc.
- **Industrielle Grossbetriebe der Holzwirtschaft:** Wichtigste Nachfrager des Rohstoffs Holz, sind auf eine günstige und sichere Versorgung mit qualitativ hochwertigem (Nadel-)Holz angewiesen. Biomassekulturen sollen möglichst den Energieholzbedarf künftiger Holzkraftwerke decken und somit die Nutzungskonkurrenz im Wald vermindern.
- **Betreiber von Biomassekraftwerken:** Betreiber der Anlagen mit grossem Rohstoffbedarf sind vor allem überregionale Energieversorger, die in grossen Mengen qualitativ minderwertiges Holz zu günstigen Konditionen einkaufen wollen. Biomassekulturen können einen entscheidenden Beitrag zur langfristigen, nachhaltigen Versorgung der Kraftwerke leisten.
- Politische Akteure der **Landwirtschaftspolitik:** Der Fokus der Politik liegt auf der sicheren Landesversorgung mit Lebensmitteln. Biomassekulturen sollen nur dort gefördert werden, wo keine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion entsteht.
- Politische Akteure der **Energiepolitik:** Erneuerbare Energieoptionen sollen entwickelt und gefördert werden. Biomasse stellt für die Schweiz ein wichtiges Potenzial dar und soll optimal genutzt werden. Der Beitrag von Biomassekulturen zur Produktion von Wärme, Strom und Treibstoff wird indirekt gefördert (Stichwort KEV).
- Politische Akteure der **Klima- und Umweltpolitik:** Die Treibhausgasemissionen sollen reduziert werden. Biomasse hilft mit, fossile Brennstoffe zu substituieren und somit Treibhausgasemissionen zu verringern. Allerdings sollen nur Anbausysteme gefördert werden, die eine sehr gute Ökobilanz aufweisen, das traditionelle Landschaftsbild erhalten und keine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion darstellen.

Ergebnisse aus einer Studie zum Landschaftsentwicklungskonzept Goms bieten hierfür Anhaltspunkte, die sich ebenfalls auf andere Regionen übertragen lassen (Beretta et al., 2007).

8.6.1 Akteure im Emmental

Für das Emmental wurden diese Erkenntnisse auf die regionalen Bedingungen angepasst und in der unten stehenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 41: Akteure im Emmental und Ansprüche

Akteurgruppe	Ansprüche und Bedürfnisse
Verwaltung/ Behörden	
Gemeindeverwaltung	Nachhaltige Landnutzung, Befriedigung möglichst aller Interessen (auch regionaler/ lokaler Partikulärinteressen)
Kantonsverwaltung	Nachhaltige Entwicklung der Region
Forstdienst	Rentable Waldbewirtschaftung, Erfüllung der unterschiedlichen Waldfunktionen
Regionalentwicklungsgruppen	
Pro Emmental	Nachhaltige Entwicklung der Region
Bauern	
Vollerwerbsbetriebe	Aufrechterhaltung des Betriebs, wirtschaftliche Perspektiven, zweites Standbein, tragbarer Arbeitsaufwand
Nebenerwerbsbetriebe	Idealistische Werte, Ausgleich, Freude an der Arbeit, Erhalt bestehender landwirtschaftlicher Strukturen
Einwohner	
Bewohner	Intaktes Landschaftsbild, tragbare Steuerbelastung
Grundbesitzer	Intaktes Landschaftsbild, tragbare Steuerbelastung, Möglichkeit der Wertsteigerung
Ferienhausbesitzer	Intaktes Landschaftsbild, Ruhe
Touristen	
Wintertouristen	Intaktes Landschaftsbild, Erhalt der Eigenart/ des Typischen, gute Infrastruktur
Sommertouristen	Intaktes Landschaftsbild, Erhalt der Eigenart/ des Typischen, gute Infrastruktur
Tourismusbetriebe	
Hoteliers/ Restaurants	Bedürfnisse der Touristen befriedigen
Weitere Organisationen	
Oil of Emmental	Nachhaltige Regionalentwicklung und Förderung erneuerbarer Energien im Emmental
Energie plus	Nachhaltige Regionalentwicklung und Förderung erneuerbarer Energien im Emmental
Naturschutzorganisationen	Schutz der Biodiversität und Erhalt der Landschaftsstruktur

8.6.2 Befragungen im Emmental

Im Rahmen eines Workshops am 10. Juni 2008 in Trub wurden die erarbeiteten Visualisierungen ausgewählten regionalen Vertretern aus dem Emmental vorgestellt. Basierend auf den visualisierten Landschaftsveränderungen durch Biomassekulturen werden folgende Fragen diskutiert:

- Wie werden die unterschiedlichen Ausgestaltungsvarianten der Landschaftsveränderungen durch Biomassekulturen wahrgenommen?
- Mit welchen Widerständen begegnen die ausgewählten Akteure Biomassekulturen auf Landwirtschaftsflächen?

- Welches sind die Voraussetzungen (Minimalanforderungen) an Biomassekulturen, welche von den Akteuren verlangt werden?

8.6.3 Erkenntnisse aus den Befragungen

Als Einstieg sammeln die Workshopteilnehmer Ihre Assoziationen und Vorstellungen zu Biomassekulturen in der Landschaft in einer Brainstorming-Runde. Hier kommen neben negativen Assoziationen ("eintönig", "langweilig", "schattig", "still", "dunkel") durchaus auch positive ("mehr Farben", "abwechselnd Sommer /Winter", "mehr Baumarten").

Im Folgenden werden die konkreten Widerstände der regionalen Akteure im Hinblick auf Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen genauer erfragt. Die grössten Bedenken haben die anwesenden Akteure im Hinblick auf den Verlust des Typischen. Für das Emmental identifizieren die Workshopteilnehmer dies als die teilweise waldfreien Hügel und eine klare Abgrenzung zwischen Berg/ Hügel und Tal. Mit einer Verwischung dieser Grenzen könnte "man vor lauter Bäumen den Wald nicht mehr sehen", befürchten die Emmentaler. Sie sehen in der typischen Landschaft eine Unique Selling Proposition für das Emmental im Bereich Tourismus. Hier gelte es sorgsam die ökonomischen Konsequenzen einer massiven Veränderung des Landschaftsbildes abzuwägen.

Widerstände gegen
Biomassekulturen

Ein weiterer Vorbehalt wird im Hinblick auf die langfristige Bewirtschaftung von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen angemerkt. Immer wieder stehen Landwirtschaftsbetriebe auch im Emmental vor der Frage der Nachfolgeregelung. Die Workshopteilnehmer äussern Bedenken, wie reversible eine Entscheidung für Biomassekulturen auf landwirtschaftliche Flächen ist, insbesondere wenn nach beispielsweise 20 Jahren Bewirtschaftung kein Nachfolger gefunden wird.

In einem nächsten Schritt werden die Visualisierungen der unterschiedlichen Ausgestaltungsvarianten der möglichen Landschaftsveränderungen durch Biomassekulturen von den Workshopteilnehmern beurteilt.

Beurteilung der visualisierten
Landschaftsveränderungen

- Visualisierung 1: Die Visualisierung der Weiden als Ersatz für Ackerkultur wurde von allen Workshopteilnehmern positiv aufgenommen.
- Visualisierung 2: Sowohl der Ersatz von Ackerland im Tal für Weidenkulturen, als auch der Ersatz von Ackerland im Tal für Chinaschilf wurde von den Workshopteilnehmern als annehmbar bezeichnet. Aufgrund der feldartigen Anordnung im Tal bleibt erkennbar: "Hier wird produziert". Die Workshopteilnehmer beurteilen dies als grundsätzlich positiv. Es entspricht Ihrer Erwartung an die Landschaft im Tal. Bezüglich der im Tal visualisierten Ausdehnung der Biomassekulturen geben die Workshopteilnehmer an, diese sei in etwa das für sie akzeptable Maximum. Die Visualisierung der Fichtenkulturen im Hügelgebiet wird wesentlich kontroverser diskutiert. Unabhängig von der konkreten Anordnung in Reihen oder der konkreten Flächenform, werden Bedenken,

bei der Ausdehnung des Waldes im Hüggebiet deutlich. Dadurch gehen mit den freien Flächen das Typische des Landschaftsbildes im Emmental verloren.

- Visualisierung 3: Der Ersatz von Ackerkultur durch linear in Reihen angeordnete Weiden wird gut akzeptiert. Die Höhe der Kulturen spielt nur aus der Nähe (insbesondere also für die direkten Anwohner) eine Rolle. Kontrovers wird wiederum die Fichtenkultur im Hüggebiet diskutiert. Entgegen unseren Vermutungen kommt allerdings hier die Visualisierung in Reihen mit einer klaren Abgrenzung zum natürlichen Waldbestand besser an, als eine Fortführung und Ausdehnung der bestehenden Waldform. Das Agroforst-System mit einzelnen verstreuten Ahornbäumen, wird als Aufwertung der Landschaft empfunden. Bei der Visualisierung eines stärker verdichteten Agroforst-Systems ist aus Sicht der Workshopteilnehmer die Grenze erreicht, ab der dieses den Gesamteindruck der für das Emmental typischen freien Flächen beeinträchtigt.

Minimalanforderungen aus Sicht
des Landschaftsbildes

Grundsätzlich stehen die Workshopteilnehmer aus dem Emmental der Idee von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen aufgeschlossen gegenüber. Es konnten im Verlauf des Workshops einige Voraussetzungen (Minimalanforderungen) an Biomassekulturen identifiziert werden:

- Hügel sollten teilweise waldfrei sein/ bleiben.
- Im Tal dürfen die Biomassekulturen, solange der Grundcharakter der Landschaft mit kleinräumigen Parzellen nicht verloren geht, in Reihen angeordnet sein. Eine andersartige Gruppierung würde im landwirtschaftsgeprägten Talgebiet eher als störend empfunden.
- Agroforst-Systeme werten die Landschaft sogar im Vergleich zur heutigen Situation auf.

8.7 Fazit

Biomassekulturen:
künstlich vs. ästhetisch

Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen können als künstlich wahrgenommen werden, sie können aber auch zur ästhetischen Aufwertung beitragen. Die Auswirkungen von Biomassekulturen auf das Landschaftsbild müssen je nach Kultur und Anbausystem und immer im Kontext mit der direkten Nachbarschaft am Standort beurteilt werden.

High-Input Systeme in intensiven
Agrargebieten wird akzeptiert

Der Ersatz von intensiven Agrarkulturen durch Biomassekulturen stösst weniger auf Widerstand, als die Realisierung von Biomassekulturen in natürlich wirkenden Landschaften. Beim Ersatz von intensiven Agrarkulturen könnten auch durchaus High-Input Systeme, wie Weiden oder Chinaschilf im Landschaftsbild akzeptiert werden.

Die grössten Steuerungsmöglichkeiten und Synergien zwischen Energieholznutzung und einer Aufwertung des Landschaftsbildes bestehen bei Agroforst-Systemen.

Agroforst-System wertet
Landschaftsbild auf

In der landschaftsplanerischen Gestaltung kann mit der Fortführung bestehender Strukturelemente (Wege, Hecken, ...) eine noch höhere Akzeptanz geschaffen werden. Die Fortführung und Ausdehnung bestehender Waldgebiete durch Biomassekulturen stösst allerdings in Berggebieten rasch auf Widerstand, da die Einwaldung bei den lokalen Akteuren eher negativ assoziiert ist.

Fortführung bestehender
Wäldern im Berggebiet mit
Biomassekulturen stösst auf
Widerstände

Die Wahrnehmung der Veränderungen des Landschaftsbildes durch Biomassekulturen ist individuell und von den Erwartungen der Akteure an die Landschaft geprägt. Bei der Planung von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen müssen die regionalen und lokalen Anspruchsgruppen und ihre Erwartungen identifiziert werden. So kann abgeschätzt werden, welche Kultur und welches Anbausystem an welchem Standort die grössten Akzeptanzchancen hat.

Erwartungen von lokalen
Anspruchsgruppen sind wichtig
für die Planung von
Biomassekulturen

Der grösste Vorbehalt lokaler Akteure gegenüber Biomassekulturen besteht in der Angst vor dem Verlust der Eigenart. Diesem Aspekt muss bei der landschaftsplanerischen Gestaltung genügend Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Angst vor Verlust der Eigenart

9 Synthese

Die wesentlichen Erkenntnisse dieser Studie werden in der Synthese miteinander in Beziehung und gesamthaft in einen grösseren Kontext gesetzt. Dabei werden insbesondere die möglichen Chancen und Risiken, welche mit dem Anbau von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen verbunden sein können, herausgearbeitet. Es werden konkrete Schritte für das weitere Vorgehen im Umgang mit den offenen Fragen, Chancen und kritischen Punkten im Hinblick auf Biomassekulturen entworfen.

9.1 Erkenntnisse aus den Modulen

Bedeutung der
Biomassekulturen steigt

Seit den 70er Jahren werden weltweit vermehrt Biomassekulturen mit schnell wachsenden Baumarten angepflanzt. Aufgrund steigender Preise für fossile Energieträger, vor dem Hintergrund der Klimaschutzthematik sowie dem Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum nimmt die Nachfrage nach Holz weiter zu. Biomassekulturen auf landwirtschaftliche Flächen erleben wachsende ökonomische Bedeutung. Es ist daher wichtig, die Chancen und Risiken dieser Entwicklung auch für die Schweiz zu untersuchen.

Vorgehen zur Untersuchung
der Auswirkungen

Es wurde abgeklärt, welche verfügbaren Flächenpotenziale bestehen und welche Erträge für Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen erwartet werden können. Basierend auf einem geografischen Informationssystem wurden ausgehend vom theoretisch verfügbaren Potenzial und basierend auf Einschränkungskriterien ein technisch-ökologisches¹⁰⁶⁾ und ein gesellschaftlich tragbares Potenzial¹⁰⁷⁾ modelliert. In einem betriebswirt-

106) **Technisch-ökologisches Potenzial:** Das theoretische Potenzial entspricht den Erträgen, die mit dem Anbau der Biomassekulturen auf sämtlichen landwirtschaftlichen Flächen der Schweiz produziert werden könnte. Die Standortfaktoren Niederschlag, Exposition, Höhenlage und Bodenverhältnisse beeinflussen den Biomassezuwachs der Pflanzen und werden in der Modellierung berücksichtigt. Die Summe der theoretischen Biomasseerträge wird nicht errechnet, da es auf einem völlig unrealistischen Szenario aufbaut. Viele der in der Arealstatistik aufgeführten landwirtschaftlichen Flächen befinden sich in steilem Gelände, sind schlecht befahrbar oder kaum erschlossen. Zudem gelten teilweise ökologische Auflagen bezüglich der möglichen Nutzung. Berücksichtigt man diese technischen und ökologischen Einschränkungen, verringert sich die nutzbare Fläche sowie der Biomasseertrag im Vergleich zum theoretischen Potenzial auf das technisch-ökologische Potenzial.

107) **Gesellschaftliches Potenzial:** In der Schweiz sollen auf guten landwirtschaftlichen Flächen vorwiegend Nahrungsmittel- und Futtermittel angebaut werden. Die besten Böden werden daher von der Nutzung durch Biomassekulturen ausgeschlossen. Weitere Kriterien werden zur Ermittlung des gesellschaftlichen Potenzials mitberücksichtigt: Kein Anbau von Biomassekulturen in Tourismusregionen, eingeschränkter Anbau in BLN – Gebieten und minimaler Abstand der Biomassekulturen zu Siedlungen.

schaftlichen Modul wurde ermittelt, wie viel Biomasse sich unter welchen (rechtlichen und ökonomischen) Rahmenbedingungen zu welchen Kosten produzieren lässt. In Zusammenarbeit mit der EMPA wurden die möglichen Auswirkungen auf Umwelt untersucht. Zudem wurden Erkenntnisse über die Wahrnehmung der Veränderung des Landschaftsbildes gesammelt. Die Bewirtschaftung von Biomassekulturen im Waldareal war nicht Bestandteil der Studie.

Im Rahmen der Studie wurden als Anbausysteme für Biomassekulturen ein High-Input System mit Weiden, ein High-Input System mit Chinaschilf, ein Low-Input System mit Fichten, und ein Agroforst-System mit Esche / Ahorn betrachtet. Um in gewissen Bereichen zudem konkretere Aussagen über die zu erwartenden regionalen Auswirkungen machen zu können wurden drei Modellregionen definiert: das Seeland, das Emmental und das Goms.

4 Anbausysteme und 3
Modellregionen

In Tabelle 42 sind für die vier untersuchten Anbausysteme jeweils die wichtigsten Erkenntnisse aus den Modulen zusammengefasst. Im Rahmen der Synthese sollen allgemeine Tendenzen aus den konkreten Ergebnissen der Studie abgeleitet werden. Aus diesem Grund spiegeln die in Tabelle 42 angegeben Werte eine verallgemeinernde Einschätzung auf der Basis der erarbeiteten Resultate. Je nach Region und Standort der landwirtschaftlichen Flächen können die Resultate selbstverständlich davon abweichen.

Ergebnisse der Module

Tabelle 42: Übersicht der Auswirkungen von den Varianten

	Anbausysteme			
	High-Input Weiden	High-Input Chinaschilf	Low-Input Fichte	Agroforst-System Esche / Ahorn
Potenziale				
Technisch-ökologisches Potenzial (Mio. t TS/a)	5	4.2	4.4	3.5
Gesellschaftliches Potenzial (Mio. t TS/a)	0.66	0.47	1.04	0.69
Flächenbedarf - Technisches-ökologisches Potenzial (Mio. ha)	0.59	0.43	1.14	1.04
Flächenbedarf - Gesellschaftliches Potenzial (Mio. ha)	0.11	0.07	0.4	0.3
Ökonomische und rechtliche Aspekte				
Art der Bewirtschaftung	intensiv	intensiv	extensiv	extensiv
Arbeitsaufwand	gering	hoch	mittel	mittel
Wirtschaftlichkeit heute mit Förderbeiträgen	negativ	rentabel	negativ	negativ
Wirtschaftlichkeit 2025, Szenario 3, ohne Förderbeiträge	kosten-deckend	negativ	negativ	negativ
Umweltauswirkungen				
Treibhausgasemissionen (pro ha)	mittel - hoch	mittel	gering	gering
Umweltbelastungspunkte (pro ha)	hoch	mittel	gering	gering
Einfluss auf die Biodiversität in der Landwirtschaft	positiv	positiv	neutral	positiv
Einfluss auf den Wasserhaushalt in der Landwirtschaft	negativ	negativ	neutral	neutral
Landschaftsbild				
Wahrnehmung	neutral - positiv	neutral	neutral	positiv

Technologisch – ökologisches Potenzial:
Weiden am grössten

Das technisch-ökologische Potenzial ist beim Anbau von Weiden am grössten: auf einer Fläche von 0.59 Mio. ha lassen sich rund 5 Millionen Tonnen Trockensubstanz Biomasse produzieren. Allerdings ist die Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion in diesem Fall sehr gross: Flächen, die sich sehr gut für die Produktion von Nahrungs- und Futtermittel eignen, ergeben auch den höchsten Biomasseertrag.

Gesellschaftliches Potenzial:
Fichte am grössten

Wenn neben den ökologischen und technischen auch gesellschaftliche Kriterien berücksichtigt werden, ergibt sich für die Fichtenkulturen das grösste Potenzial. 0.4 Mio. ha landwirtschaftliche Flächen bleiben unter den getroffenen Einschränkungen noch übrig. Diese Potenziale liegen vor allem auf den Grenzertragsflächen in den Voralpen und Alpen. Die werden heute entweder extensiv oder überhaupt nicht mehr landwirtschaftlich genutzt. Insgesamt könnten auf diesen Flächen rund 1 Mio. t TS Biomasse produziert werden.

Die High-Input Systeme Weiden und Chinaschilf produzieren fast doppelt so hohe Biomasseerträge auf der gleichen Fläche, wie die beiden anderen Anbausysteme. Allerdings müssen bei den High-Input Systemen die negativen ökologischen Auswirkungen der intensiven Bewirtschaftung betrachtet werden.

High-Input Systeme brauchen viel weniger Fläche

Der Arbeitsaufwand und die Art der Bewirtschaftung (intensiv vs. extensiv) unterscheiden sich bei den vier Anbausystemen und beeinflussen die Wirtschaftlichkeit. Noch entscheidender für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit sind die Förderbeiträge der Landwirtschaft. Unter den gegebenen Rahmenbedingungen rentiert nur der Anbau von Chinaschilf. Unter gewissen Bedingungen können auch Agroforst-Systeme von landwirtschaftlichen Direktzahlungen profitieren¹⁰⁸⁾.

Wirtschaftlichkeit ist von Förderbeiträgen abhängig

Die Entwicklung der Wirtschaftlichkeit von Biomassekulturen ist schwierig vorher zu sehen. Mit steigenden fossilen Energiepreisen und sinkenden landwirtschaftlichen Förderbeiträgen könnte der Anbau von Weiden rentieren. Mit längeren Umtriebszeiten könnte der Anbau von Fichtenkulturen auf landwirtschaftlichen Flächen attraktiver gestaltet werden. Das qualitativ höherwertige Holz könnte zu höheren Preisen an die Holzindustrie verkauft werden.

Bezüglich der Umweltauswirkungen schneiden die extensiven Anbausysteme (Low-Input Fichte und Agroforst-System Esche/ Ahorn) deutlich besser ab als die intensiven Anbausysteme. Generell haben die Biomassekulturen tiefe Treibhausgasemissionen und schneiden auch bezüglich Umweltbelastung im Vergleich zu den landwirtschaftlichen Anbausystemen sehr gut ab. Dies gilt sowohl für die Auswirkungen pro Hektar als auch für die Nutzung der Biomassekulturen für die Produktion von Wärmeenergie. Die Bereitstellung ist mit geringen negativen Umweltauswirkungen verknüpft. Der Anbau von Biomassekulturen ist eine vergleichsweise extensive, schonende Bewirtschaftungsform, die auch positive Auswirkungen auf die Biodiversität haben kann. Besonders hervorzuheben sind die positiven Auswirkungen der Agroforst-Systeme auf die Umwelt. Negative Auswirkungen haben die Biomassekulturen auf den Wasserhaushalt der Böden. Auf regionaler Ebene kann ein grossflächiger Anbau von Biomassekulturen in Gegenden mit bereits knappen Wasserressourcen zu Problemen für den Wasserhaushalt führen. Negative Auswirkungen können zudem entstehen, wenn intensive Biomassekulturen auf bislang extensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen angebaut werden.

Umweltauswirkungen abhängig von Intensität der Bewirtschaftung

108) Forstpflanzen sind von landwirtschaftlichen Direktzahlungen ausgeschlossen. Für ein Agroforst-System sind 50% der Fläche direktzahlungsberechtigt (Annahme), da sie nicht bestockt sind

Agroforst-Systeme haben
positiven Einfluss auf das
Landschaftsbild

Biomassekulturen haben einen grossen Einfluss auf das Landschaftsbild. Deshalb sind sie als Bestandteil in die Landschaft so zu integrieren, dass sie von der Bevölkerung akzeptiert werden. Dabei ist für die Akzeptanz durch die Anspruchsgruppen vor Ort entscheidend, ob mit der Realisierung von Biomassekulturen das Charakteristische der Landschaft erhalten werden kann. Agroforst-Systeme haben einen eher positiven Einfluss auf das Landschaftsbild.

Klimaschutz vs. Umwelt- und
Naturschutzziele

Seit acht Jahren hat die Schweiz ein CO₂-Gesetz, 2005 wurde der Klimarappen auf Treibstoffen eingeführt und seit Anfang 2008 gilt die CO₂-Abgabe auf fossilen Brennstoffen. Anlagen, die erneuerbare Energien nutzen, erhalten ab 1. Januar 2009 die kostendeckende Einspeisevergütung und Biotreibstoffe sind unter gewissen Anforderungen von der Mineralölsteuer befreit. Und auch in den Aktionsplänen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz bekennt sich der Bund zum Klimaschutz. Wenn mit der Förderung der Erneuerbaren Energien auch die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen durch Biomassekulturen intensiviert werden, könnten damit allenfalls Landschaften oder Lebensräume von Flora und Fauna unter Druck gesetzt werden.

Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen stehen demnach im Spannungsfeld zwischen der Energie-, Klima-, Umwelt-, der Landwirtschafts- sowie der Waldpolitik. Aus diesem Grund werden im Folgenden die Chancen und Risiken von Biomassekulturen in der Schweiz im Kontext mit den politischen Zielvorgaben in den erwähnten Politikbereichen beurteilt.

9.2 Energie

**Ziele der Schweizer
Energiepolitik**

Gemäss der Bundesverfassung Art. 89 setzen sich Bund und Kantone im Rahmen ihrer Zuständigkeiten für eine sichere und umweltverträgliche Energieversorgung sowie für einen sparsamen und rationellen Energieverbrauch ein. Der Bund legt Grundsätze über die Nutzung einheimischer und erneuerbarer Energien und über den sparsamen und rationellen Energieverbrauch fest.

KEV fördert energetische
Nutzung von Biomasse

Die Schweizer Energiepolitik strebt an, den Beitrag der erneuerbaren Energien an die Elektrizitätsproduktion bis 2030 um zusätzlich 5.4 TWh zu steigern. Ausdruck der entsprechenden Energiepolitik sind Ausbauziele zur energetischen Nutzung von Biomasse und Förderpolitiken, wie die ab dem 1. Januar 09 in Kraft tretende kostendeckende Einspeisevergütung (KEV).

Chancen

Tabelle 43 zeigt eine Übersicht zum gesellschaftlichen Potenzial von Biomassekulturen sowie ihrem Potenzial zur Stromproduktion. Daraus wird ersichtlich, dass der Beitrag von Biomassekulturen an die Zielerreichung in der Schweizer Energiepolitik relevant sein kann.

Beitrag der
Biomassekulturen

Varianten	Gesellschaftliches Potenzial (t TS / a)	Heizwert ¹⁰⁹⁾ (MWh / t TS)	Stromproduktionspotenzial ¹¹⁰⁾ (GWh)
High-Input Weiden	0.66	5.1	1'180
High-Input Chinaschilf	0.47	4.9	810
Low-Input Fichte	1.04	5.2	1'900
Agroforst-System Esche / Ahorn	0.69	5.1	1'230

Tabelle 43: Potenziale und Heizwert von Biomassekulturen

Unter der Annahme, dass das gesellschaftliche Potenzial vollständig für die energetische Nutzung verwendet werden würde, könnte:

- je nach Variante zwischen 810 bis 1'900 GWh Strom produziert werden. Das bedeutet, dass zwischen 10% und 25% der Stromproduktion des Kernkraftwerkes Gösgen durch energetische Nutzung von Biomasse substituiert werden.
- gut 10 weitere Biomassekraftwerke mit dem Rohstoff Holz versorgt werden.
- je nach Variante zwischen 151'000 bis 355'000 Haushalte mit Strom versorgt werden¹¹¹⁾.

Risiken

Vom Anbau der Biomassekulturen bis zur Einspeisung der Energie ins Netz werden verschiedene Prozesse durchlaufen. Der Energieaufwand für Logistik und Konversion ist beträchtlich. Um eine effiziente Nutzung des Rohstoffes und der landwirtschaftlichen Flächen zu gewährleisten, sind die effizientesten Konversionstechnologien einzusetzen. Einige Technologien sind noch in der Pilot- und Demonstrationsphase. Die Logistik muss weiter optimiert werden, insbesondere aus ökologischer Hinsicht.

Technologien in der Pilot- und
Demonstrationsphase

109) Quelle: Forschungsbericht: Methoden zur Übernahme von Energieholz, Energieverwertungsgesellschaft/ Holzforschung Austria, Golser et al. 2004; die Werte entsprechen dem oberen Heizwert und sind entsprechend zu verrechnen.

110) Primärer Heizwert, ohne Einbezug der Wirkungsgrade, die je nach Technologie unterschiedlich sind. Um das im Holz gespeicherte Wasser zu verdampfen, wird ca. 20% des Energieinhaltes benötigt. Ein modernes Biomassekraftwerk (Wirbelschicht, Dampfturbine) hat einen Gesamtwirkungsgrad von über 80%, wovon 35% Strom und 45% Wärme anfallen.

111) Der durchschnittliche Haushalt benötigt jährlich rund 5'400 kWh Energie in Form von Strom.

9.3 Landwirtschaft

Ziele der Landwirtschaft

Gemäss der Bundesverfassung Art. 104 sorgt der Bund dafür, dass die Landwirtschaft durch eine nachhaltige und auf den Markt ausgerichtete Produktion einen wesentlichen Beitrag leistet zur sicheren Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln, der Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen, der Pflege der Kulturlandschaft und der dezentralen Besiedlung des Landes.

Flächenkonkurrenz und Sicherung der Ernährung

Die Konkurrenz um fruchtbare landwirtschaftliche Flächen wird auch in der Schweiz immer stärker. Nach Jahren einer Extensivierungsphase in den 90er Jahren, ist die Produktion von Nahrungsmitteln wieder stärker in den Fokus des Interesses gerückt. Die Versorgung mit im Inland produzierten Nahrungsmitteln wird zunehmend zum politischen Thema. Gerade dort, wo Nahrungsmittel am effizientesten produziert werden können, bestehen auch die grössten Konkurrenzen mit anderen Nutzungen (Wachstum des Siedlungsgebietes und der Verkehrsinfrastruktur, Erholungs- und Freizeitnutzungen, etc.).

Grenzertragsflächen werden v.a. im Berggebiet zu Wald

Der Wald dehnt sich auf Flächen aus, deren landwirtschaftliche Bewirtschaftung sich nicht lohnt. Vor allem im Berggebiet erfordert die Bewirtschaftung von sogenannten Grenzertragsflächen bei geringem Ertrag einen hohen Arbeitsaufwand. Diese Flächen sind oft abgelegen und nicht maschinell zu bewirtschaften. Die flächengebundenen Direktzahlungen haben seit den 90er Jahren den Anreiz wesentlich erhöht, Wiesen und Weiden auch unter ungünstigen Bedingungen zu bewirtschaften¹¹²⁾.

Chancen

Rechtsstatus der landwirtschaftlichen Fläche mit Biomassekulturen sichern

Auf Grenzertragsflächen könnte der Anbau von Biomassekulturen aus Sicht der Landwirtschaft sinnvoll sein. Der Rechtsstatus der landwirtschaftlichen Nutzfläche kann bei einer Bewirtschaftung der Fläche für die Landwirte erhalten bleiben und die Flächen werden nicht zu Wald erklärt.

Bezüglich des Rechtsstatus von landwirtschaftlichen Flächen und Wald bestehen noch viele offene Fragen. Beispielsweise ist noch nicht klar definiert, ab welcher Bestockungsdichte landwirtschaftliche Flächen als Wald gelten. Die Bestockung könnte nach wirtschaftlichen und ökologischen Grundsätzen gesteuert werden.

Agroforst-Systeme als naturnahe und ökologisch sinnvolle Produktionsform

Agroforst-Systeme gelten als naturnah und ökologisch wertvoll. Sie bieten gute Rückzugsgebiete und natürliche Lebensräume für Vögel und Insekten. Die Auswirkungen auf die Landschaft werden eher positiv bewertet. Wür-

¹¹²⁾ <http://www.nfp48.ch/>

den für die bestockten Flächen ebenfalls Förderbeiträge zur Verfügung gestellt werden, können Agroforst-Systeme rentieren. Damit kann die Landwirtschaft einen weiteren Beitrag an den Natur- und Landschaftsschutz leisten.

Die Agroforst-Systeme könnten auch mit anderen Baumarten betrieben werden. Zum Beispiel wird in der Schweiz die Anzahl Feldobstbäume zu meist aus wirtschaftlichen Gründen stark reduziert. So ist im Baselbiet die Anzahl von 550'000 (50er Jahre) auf heute 130'000 reduziert worden. Ein Agroforst-System mit Birn-, Kirsch- und Apfelbaum oder seltenen Baumarten wie Elsbeere und Wildbirne ist möglich.

Die Züchtung von Baumarten für den Anbau von Biomassekulturen steht noch am Anfang der Entwicklung. Eine Maximierung des Biomasseertrags stellt bei vielen Arten ein neues Zuchtziel dar. Mit neuen Sorten und höheren Erträgen wird die Wirtschaftlichkeit verbessert. Hinsichtlich der Erträge und der gesellschaftlichen Akzeptanz von landwirtschaftlich gezüchteten Sorten bestehen aber noch viele offene Fragen.

Biomasseertrag als neues
Zuchtziel für neue Baumsorten

Die Liberalisierung der Landwirtschaft könnte dazu führen, dass einige in der Schweiz hergestellte landwirtschaftliche Produkte auf dem liberalisierten Weltmarkt nicht mehr abgesetzt werden können (u.a. Getreide, Zucker). Ein Abbau der Förderbeiträge und die im Vergleich zu anderen Ländern ungünstigen Produktionsbedingungen in der Schweiz würden die Wirtschaftlichkeit des Nahrungsmittelanbaus vermindern. Die frei werdenden Flächenpotenziale könnten für den Anbau von Biomassekulturen genutzt werden. Biomassekulturen sind klimatisch wenig anspruchsvoll, weniger arbeitsintensiv im Anbau und nicht kapitalintensiv, was auf einem liberalisierten Markt für einen Schweizer Landwirt von Vorteil sein kann.

Neue Rahmenbedingungen im
liberalisierten Markt

Risiken

Eine gewisse Flächenkonkurrenz zwischen dem Anbau von Biomassekulturen und der Nahrungs- und Futtermittelproduktion ist nicht zu vermeiden. Die für Biomassekulturen verwendeten landwirtschaftlichen Flächen stehen nicht mehr für die Produktion von landwirtschaftlichen Erzeugnissen zur Verfügung.

Konkurrenz zur Nahrungs- und
Futtermittelproduktion

Die Bindung von landwirtschaftlichen Flächen für den Anbau von mehrjährigen Biomassekulturen schränkt den Landwirten in seinem Handlungsspielraum ein. Zudem sind grosse Investitionen in den ersten Jahren notwendig. Die Ernte erfolgt je nach Kultur erst nach 20 Jahren.

Lange Bindung an Fläche
und Kapital

9.4 Natur- und Landschaftsschutz

Ziele des Natur- und Landschaftsschutzes

Gemäss der Bundesverfassung Art. 78 nimmt der Bund bei der Erfüllung seiner Aufgaben Rücksicht auf die Anliegen des Natur- und Heimatschutzes. Er schont u.a. Landschaften, sowie Natur- und Kulturdenkmäler und erlässt Vorschriften zur Erhaltung der Lebensräume und der Biodiversität.

Chancen

Agroforst-Systeme
vs. Low-Input
vs. High-Input

Biomassekulturen sind in der Regel artenreicher als Ackerflächen. Vor allem Agroforst-Systeme bieten Lebensräume für Flora und Fauna, die teilweise 20 Jahre in Ruhe gelassen werden. In intensiv genutzten landwirtschaftlichen Regionen können mit dem Anbau von Biomassekulturen temporäre Habitate für seltene Tier- und Pflanzenarten aufgebaut werden.

Agroforst-Systeme wirken
Landschaftsbild auf

Agroforst-Systeme wirken sich eher positiv auf das Landschaftsbild aus. Auch der rücksichtsvolle, in die Landschaft eingebettete Anbau von Fichten- und Weidenkulturen kann positiv bewertet werden. Mit dem Anbau von Biomassekulturen besteht die Möglichkeit, degradierte Flächen aufzuwerten. Grenzertragsflächen gelten als potenzielle Anbaugelände für Biomassekulturen. Solche Flächen befinden sich häufig in steilen Gebieten, wo Erosionsgefahr besteht. Bestockte Flächen reduzieren Wind- und Wassererosion.

Bessere Trinkwasserqualität

Biomassekulturen können einen positiven Einfluss auf den Wasserhaushalt haben. Die biologische Aktivität im Oberboden wird durch die schonende Bewirtschaftung (nur alle paar Jahre ein Eingriff) gefördert. Das Wasser versickert besser, der Oberflächenabfluss reduziert sich und die Trinkwasserqualität kann verbessert werden.

Risiken

Importe von Nahrung und Futter
auf Kosten von Regenwald

Da anzunehmen ist, dass der Anbau von Biomassekulturen zu einem Rückgang der einheimischen Nahrungsmittelproduktion und gleichzeitig zu einem gesteigerten Import von Nahrungs- und Futtermitteln führen wird, sollten die indirekten Auswirkungen des von Nahrungs- und Futtermittelimports ebenfalls berücksichtigt werden. Die Nahrungs- und Futtermittelproduktion könnte beispielsweise in den entsprechenden Ländern zu einer Abnahme der Biodiversität führen. Zudem wird beim Import von Nahrungsmitteln sehr viel Wasser bewegt. Die ökologische Bilanz ist abzuklären.

Artenverlust bei Nutzung von
Naturwäldern

Wenn ökologisch sensible Landschaften für Biomassekulturen genutzt werden, sind negative Effekte zu erwarten. Es existieren derzeit noch keine Kriterien für die nachhaltige Bewirtschaftung von Biomassekulturen in der Schweiz.

Biomassekulturen können negative Auswirkungen auf den Wasserhaushalt der Böden haben. Ein grossflächiger Anbau von Biomassekulturen kann daher in Regionen mit bereits knappen Wasserressourcen zu Problemen führen.

Wasserhaushalt

9.5 Wald

Gemäss der Bundesverfassung Art. 77 sorgt der Bund dafür, dass der Wald seine Schutz-, Nutzungs- und Wohlfahrtsfunktionen erfüllen kann. Es bestehen Konflikte, zum Beispiel zwischen der Erfüllung der Nutzungsfunktion und dem Erhalt der natürlichen Vielfalt.

Ziele der Waldpolitik

Chancen

Die steigende Nachfrage nach dem Rohstoff Holz wird nicht alleine mit den Ressourcen aus dem Wald gedeckt werden können¹¹³⁾. Eine Möglichkeit zur zusätzlichen Erhöhung der verfügbaren Rohstoffmenge ist der Anbau von schnell wachsenden Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen.

Beitrag zur Rohstoffversorgung

Der Anbau von Biomasse könnte den Nutzungsdruck auf die Ressourcen im Wald mindern oder diesen vor einer künftigen Übernutzung bewahren.

Biomassekulturen als Schutz vor Übernutzung

Einige Baumarten werden wegen ihrer Konkurrenzschwäche auf normalen Standorten von den Hauptbaumarten bedrängt oder sind wirtschaftlich unerwünscht. Sie sind daher selten geworden. Sie sind aber ein charakteristischer Bestandteil bestimmter Waldtypen und ökologisch besonderer Standorte und damit ein Gewinn für die Artenvielfalt¹¹⁴⁾. In Agroforst-Systemen könnte mit seltenen Baumarten (u.a. Kirsche, Elsbeere) Wertholz produziert werden, das im Markt vermehrt nachgefragt wird.

Agroforst-Systeme für Wertholzproduktion

9.6 Klimaschutz

Die Schweiz hat sich verpflichtet, einen Beitrag zur weltweiten Reduktion der Treibhausgasemissionen zu leisten. Der Treibhausgasausstoss soll um jährlich 1.5% gesenkt werden. In der CO₂-Gesetzgebung wird das Ziel

Klimaschutz: CO₂-Emissionen senken

113) Holz – Zentralblatt (2007): "Noch vor der Holzmobilisierung steht die Mobilisierung der Waldbesitzer". Nr. 8. p. 219.

114) <http://www.bafu.admin.ch/artenvielfalt/01020/01021/01025/index.html?lang=de>

formuliert, die CO₂-Emissionen bis 2010 um 10 Prozent (gegenüber dem Stand von 1990) zu senken.

Chancen

Günstige Ökobilanzen

Mit dem Anbau von Biomassekulturen lassen sich in der Schweiz grosse Mengen Energieholz produzieren, womit fossile Brennstoffe substituiert werden können. Die CO₂ – Emissionen werden massgeblich gesenkt. Speziell die Fichtenkulturen und Agroforst-Systeme Esche/Ahorn haben sehr günstige Ökobilanzen, da kaum Energie und Düngemittel aufgewendet werden bei deren Bewirtschaftung.

Risiken

Es besteht das Risiko, dass bei zu grossen Transportdistanzen und geringen Wirkungsgraden (Stichwort Wärmenutzung) bei der Konversion des Holzes in Nutzenergie die Treibhausgasbilanz verschlechtert wird. Infolge des steigenden Nahrungsmittelimports würden zudem zusätzliche Treibhausgasemissionen entstehen.

9.7 Klimawandel

Die Bewirtschaftung des Waldes und die landwirtschaftliche Produktion wird sich vor dem Hintergrund des Klimawandels in Zukunft an veränderte Umweltbedingungen anpassen müssen. Der waldbauliche Handlungsspielraum und der Umfang des Anbaus von Biomassekulturen werden sich möglicherweise deutlich verändern. Im Zusammenhang mit dem Klimawandel werden Extremereignisse wie Trockenheit, Wind, Hagel, Überschwemmungen, Murgänge und Rutschungen wahrscheinlich zunehmen.

Chancen

Verlängerte Vegetationsperiode

Die Folgen des Klimawandels sind bereits heute in Form eines früheren Austriebs und einer Verlängerung der Vegetationsperiode (um 5-6 Tage) zu beobachten.

Steigende Produktivität in höheren Lagen

Die Produktivität von Biomassekulturen wird sich mit ändernden Klimabedingungen spürbar verändern: Insbesondere in höheren Lagen dominiert eine verstärkte Produktivität durch die erwartete Erwärmung.

Sicherung von Hangrutschungen und Bodeninstabilitäten

Der Anbau von Biomassekulturen kann in den Voralpen und Alpen die Auswirkungen von Extremereignissen mildern. Beispielsweise können Weidenkulturen als Massnahmen zur Sicherung von tiefgründigen Hangrutschungen und Bodeninstabilitäten angepflanzt werden.

Risiken

Für die Zukunft muss davon ausgegangen werden, dass vermehrt Extremereignisse eintreten. Diese betrifft neben Stürmen vor allem ein Zusammenkommen von Trockenheit mit hohen sommerlichen Temperaturen. Hitzeperioden und warme Winter begünstigen Insekten, was z.B. bei Fichtenkulturen zu einem erhöhten Risiko des Borkenkäferbefalls führen kann.

Mehr Extremereignisse

In tieferen Lagen (v.a. Mittelland) könnte die Produktivität von Biomassekulturen unter zunehmender sommerlicher Trockenheit leiden. Damit verbunden ist ein zunehmendes Waldbrandrisiko.

Sinkende Produktivität durch Trockenheit in Tallagen

Künftig wird der Wasserverfügbarkeit im Sommer und im Herbst – vor allem im Mittelland und teilweise im Jura – grössere Bedeutung zukommen. Limitierender Faktor sind die geringen Niederschlagsmengen. Günstige Standorte für Fichten- und Weidenkulturen sind im Mittelland beschränkt. Die Fichte wird immer mehr in höhere Lagen verdrängt.

Wasserstress für Biomassekulturen

9.8 Offene Fragen

Die zentralen Hemmnisse für den Anbau von Biomassekulturen sind die fehlende Wirtschaftlichkeit und die kurzen Umtriebszeiten, die mit dem dynamischen Waldbegriff zusammenhängen.

Der dynamische Waldbegriff wirkt einschränkend für den Anbau von Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen. Folgende Fragen bezüglich des Rechtsstatus der landwirtschaftlichen Fläche sind zu klären:

Rechtsstatus:
Landwirtschaftliche Fläche vs. Walddefinition

- Könnten Biomassekulturen allenfalls aus dem Waldbegriff ausgenommen werden, wie dies in Deutschland bereits in einigen Bundesländern gemacht wurde?
- Aus welchen Gründen ist die Umtriebszeit von Fichten je nach Kanton auf 15 bis 20 Jahre beschränkt? Weshalb gelten Fichten nicht als Baumkulturen? Baumkulturen können bis 50 Jahre auf einer landwirtschaftlichen Fläche belassen werden, ohne dass die Fläche den Rechtsstatus verliert.
- Ab welcher Bestockungsdichte gilt eine kombiniert landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich genutzte Fläche als Wald? Dies ist eine zentrale Frage, um Agroforst-Systeme zu definieren.
- Ist es sinnvoll die Forstpflanzen vom landwirtschaftlichen Direktzahlungssystem auszuschliessen? Könnte der Anbau von seltenen Baumarten über landwirtschaftliche Zahlungen unterstützt werden?

**Förderbeiträge für
Biomassekulturen:**

Natürliche Bewaldung wird
verhindert

Die Waldfläche hat in den vergangenen 150 Jahren je nach Region um 30 bis 50 Prozent zugenommen. Der Wald dehnt sich vor allem auf Grenzertragsflächen aus. Mit der Vergandung gehen nicht nur wertvolle landwirtschaftliche Flächen verloren, sondern auch selten gewordene Lebensgemeinschaften der Kulturlandschaft.

Um die Bewaldung von landwirtschaftlichen Flächen zu verlangsamen, könnten Anreize geschaffen werden, dass auf solchen Grenzertragsflächen Biomassekulturen angebaut werden. So könnte der Rechtsstatus einer landwirtschaftlichen Fläche bewahrt bleiben.

- Welche Förderbeiträge (u.a. Flächenbeiträge, zusätzliche Landwirtschaftliche Beiträge und ökologische Direktzahlungen) kommen in Frage?
- Sind Agroforst-Systeme mit Förderbeiträgen zu unterstützen (u.a. Ökologische Direktzahlungen und Flächenbeiträge und zusätzliche landwirtschaftliche Beiträge wie z.B. Hangbeiträge)?
- Unter welchen Bedingungen und wie könnten solche Agroforst-Systeme in der Schweiz generell gefördert werden? Wie kann man verhindern, dass Einzelbäume zur Maximierung landwirtschaftlicher Zahlungen entfernt werden?
- Wie kann der Rechtsstatus von Grenzertragsflächen gesichert werden?
- Könnten Agroforst-Systeme auf Waldflächen im Bereich Biodiversität gefördert werden?
- Welche Beiträge müssten konkret für die Ausgestaltung von Agroforst-Systemen in der Schweiz geleistet werden, dass sie in der Praxis umgesetzt werden?
- Mit welchen Baumarten (Feldobstbäumen anstatt Esche / Ahorn) und welchen Nutzungen könnte die Wirtschaftlichkeit von Agroforst-Systemen verbessert werden?

10 Ausblick

Als Grundlage für den zukünftigen Umgang mit dem Thema Biomassekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen in der Schweiz werden im Rahmen eines Ausblicks fünf konkrete Realisierungsoptionen für Biomassekulturen eingehender betrachtet. Basierend auf den Erkenntnissen der Studie werden diese Optionen in Abbildung 83 bewertet, und es wird jeweils eine qualitative Einschätzung abgegeben. Folgende Optionen werden betrachtet:

- High-Input Chinaschilf
- Low-Input Fichte auf Grenzertragsflächen
- Agroforst-System mit Esche/Ahorn auf Grenzertragsflächen
- High-Input Weiden
- Agroforst-System mit seltenen Baumarten

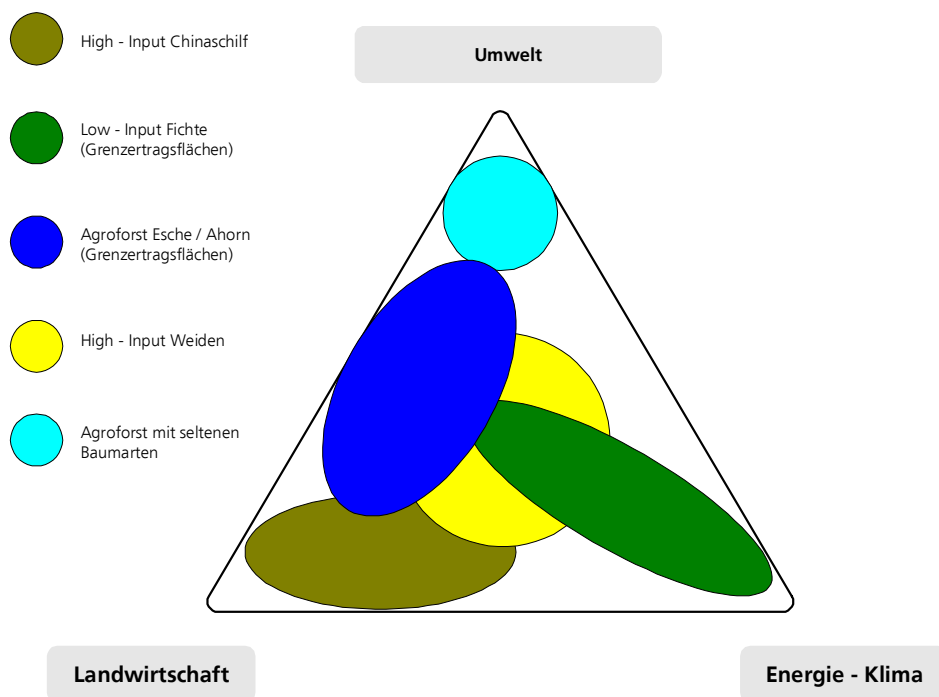


Abbildung 83:
Bewertung der Nutzen der
verschiedenen
Anbausysteme

Die Biomasseproduktion steht im Vordergrund. Es soll ein möglichst hoher Ertrag pro Hektar und Jahr erzielt werden. Die Prozesse sind vom Anbau bis zur Ernte voll mechanisiert. Der Anbau erfolgt grossflächig auf guten Ackerlandflächen.

Bereits nach drei Jahren erzielen die Landwirte erste Einnahmen. Die Wirtschaftlichkeit ist aufgrund der Förderbeiträge gewährleistet. Der Anbau hat aber negative Auswirkungen auf den Wasserhaushalt der Standorte. Ge-

Option 1:
High-Input Chinaschilf

eignete Standorte sind nur beschränkt vorhanden: Die geringen Niederschläge im Mittelland verhindern ein gutes Wachstum von Chinaschilf.

Einschätzung Diese Option erbringt hohe Flächenerträge und lohnt sich für den Landwirt auch wirtschaftlich. Es können jedes Jahr Einnahmen generiert werden. Ökologisch schneidet der Anbau von Chinaschilf, im Vergleich zu den anderen Biomassekulturen, schlechter ab und konkurriert die Nahrungsmittelproduktion. Chinaschilf ist als Neophyt umstritten. Zudem lässt sich die unverholzte Biomasse nicht gut vermarkten.

Option 2:
Low-Input Fichte auf
Grenzertragsflächen Für den extensiven Anbau von Fichtenkulturen werden weder Dünger noch Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Im Vordergrund steht der nachhaltige und optimale Einsatz von lokal angepassten Ressourcen im Voralpen- und Alpengebiet. Eine Vollmechanisierung ist nicht möglich.

Insgesamt bestehen in der Schweiz grosse Potenziale für Grenzertragsflächen. Sie wachsen ein und werden zu Wald. Gut erschlossene Standorte sind für den Anbau von Fichtenkulturen geeignet. Die Fichtenkulturen können mit erhöhten Energiepreisen wirtschaftlich betrieben werden.

Empfehlung Diese Option trägt zum Erhalt von landwirtschaftlichen Flächen im Berggebiet bei. Der steigende Nadelholzbedarf der Sägeindustrie könnte darüber gedeckt werden. Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit müsste die mögliche Umtriebszeit (heute max. 20 Jahre) aber verlängert werden.

Option 3:
Agroforst Esche / Ahorn auf
Grenzertragsflächen Das Agroforst-System mit Esche und Ahorn lässt sich mit der Bewirtschaftung extensiver Wiesen kombinieren. Die Fläche bliebe als landwirtschaftliche Fläche bestehen. Verlängerte Umtriebszeiten würden eine Wertholzproduktion ermöglichen.

Die verfügbaren Flächenpotenziale sind gross, die Flächenerträge sind gering. Allerdings wird auch Heu produziert, und die unbestockte Fläche ist förderberechtigt. Agroforst-Systeme haben positive Auswirkungen auf Umwelt und Landschaftsbild.

Einschätzung Diese Option stellt eine interessante Möglichkeit zum Erhalt landwirtschaftlicher Flächen in den Voralpen und Alpen dar. Sie leistet einen ökologischen Wert und trägt zur Aufwertung und zum Erhalt von Kulturlandschaften bei. Die Wirtschaftlichkeit wäre nur mit hohen Förderbeiträgen gegeben, die sich aber mit den vielen positiven Externalitäten begründen lassen.

Option 4:
High-Input Weiden Die Biomasseproduktion steht im Vordergrund. Für Standorte kommt Ackerland in Frage, das nicht primär für die Nahrungsmittelproduktion genutzt wird. Diese Standorte sind gut erschlossen und befahrbar, die Prozesse sind voll mechanisiert.

Ohne Einbezug der Förderbeiträge ist der Anbau von Weidenkulturen am rentabelsten. Geeignetes Sortenmaterial, Technologieentwicklung und

geeignete Fruchtfolgen führen zu Ertragssteigerungen in den nächsten Jahren. Die Kulturen werden nur alle fünf Jahre geerntet. Dies erhöht die Kapitalkosten, ist aber ökologisch interessant, da Habitate für Kleintiere, Insekten und Kräuter geschaffen werden.

Diese Option ist interessant im Hinblick auf eine effiziente Produktion von Energieholz für Biomassekraftwerkbetreiber. Neben einer vorteilhaften Ökobilanz, ist hier die gesellschaftliche Akzeptanz bei nicht zu grossflächigem Anbau gegeben.

Einschätzung

Der Fokus liegt hierbei auf der Förderung seltener Baumarten und Feldobstbäumen, dem Erhalt landwirtschaftlicher Flächen und der Aufwertung des Landschaftsbildes. Kirsche, Wildbirne, Elsbeere, Speierling u.a. Baumarten werden in Gruppen angepflanzt. Im Vordergrund steht die Wertholz- und Früchteproduktion.

Option 5:
Agroforst mit seltenen
Baumarten

Die Wirtschaftlichkeit kann nur erreicht werden, wenn die politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen angepasst würden. Förderbeiträge für die landschaftlichen und ökologischen Werte des Systems und die Erhöhung der Umtriebszeiten wären nötig, um genügend Anreize für Landwirte zu schaffen.

Es handelt sich um die ökologisch interessanteste Option, die nur durch starke staatliche Förderung für den Landwirt zu einer realen Alternative würde. Die Akzeptanz der Landwirte ist beim Anbau von Feldobstbäumen gegeben.

Einschätzung

Literaturverzeichnis

Einleitung und Zielsetzung

Hersener et al. (1996): "Schlussbericht Projekt Energiegras/Feldholz", Bundesamt für Energie, Tänikon.

Holz-Zentralblatt (2007a): "Holzmarkt boomt – Reaktionen der Forstwirtschaft", Holz-Zentralblatt, (5): 139-140.

Holz-Zentralblatt (2007b): "Noch vor der Holzmobilisierung steht die Mobilisierung der Waldbesitzer", Holz-Zentralblatt, (8): 219 S.

Ausgangslage und Aufgabenstellung

BAFU (2006): "Aktionsplan Schweizer Holz. Handlungsfelder und Szenarien zur Schweizer Ressourcenpolitik Holz", Bundesamt für Umwelt, Bern.

BAFU (2007): Jahrbuch Wald und Holz 2007. Umwelt-Wissen Nr. 0807, Bundesamt für Umwelt, Bern: 175 S.

BAFU (2007): Holznutzungspotenziale im Schweizer Wald auf Basis LFI 3.

BFS (2000): "Gemeindetypologie nach Zentren-Peripherien-Modell", Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.

BFE (2004): Potentiale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz.

BFS (2005): "Arealstatistik Schweiz: Zahlen – Fakten – Analysen", Bundesamt für Statistik, Neuchâtel: 99 S.

BFS (2008): "Agrarstatistik", Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.

Brändli, U.-B. (2007): "Erste Ergebnisse des dritten Landesforstinventars LFI 3. Vorratsabbau – auch durch Sturm und Käfer", Wald Holz (3), Nr. 8: 52-54.

Holzenergie Schweiz (2003): "Holzfeuerungen richtig betreiben. Einfach, sicher, umweltfreundlich."

Holzenergie Schweiz (2008): Holzenergie in der Schweiz: Entwicklung, Stand und Potenziale.

Holzindustrie (2007): Rohstoffgipfel vom Juni 2007 in Bern.

Holz-Zentralblatt (2006a): "Aufbruchstimmung in den Forstbetrieben", Holz-Zentralblatt, (52)

Mantau, U. (2007): "Wood resources availability and demands", UNECE Timber Committee and FAO European Forestry Commission.

Resch (2006): "Energiepotenzial der heimischen Wälder nutzen", Ökoenergie, (64).

WSL (2003): Schätzung des Potenzials an Energieholz im Schweizer Wald und Kalkulation der Bereitstellungskosten.

Vorgehen

NZZ (8. Mai 2008), Zürich.

WSL (2007): "Erste Resultate des dritten Schweizerischen Landesforstinventar", Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf.

Potenziale

Degen, B (2007): "Ansätze und Herausforderungen der pflanzenzüchterischen Optimierung von Energiepflanzen – Schwerpunkt schnell wachsende Baumarten.", Bargteheide.

LfULG (2006): "Miscanthus sinensis - Anbau und Verwertung von Chinaschilf. Erträge", Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.

Mediavilla, V. et al. (1997): "Biomasseproduktion mit Chinaschilf und einheimischen Gräsern" Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau Reckenholz (FAL), Zürich. Agrarforschung, 4(7): 295-298.

Schweizer, St. (2007): "Schweizerischer Forstkalender 2007, Anhang. Taschenbuch für Forstwesen, Holzgewerbe, Jagd. Ertragstabellen für Fichte und Buche.", Verlag Huber, Frauenfeld/Stuttgart/Wien.

WSL (2007): "Erste Resultate des dritten Schweizerischen Landesforstinventar", Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf.

Energieverwertungsagentur/ Holzforschung Austria, Golser et al. (2004): Forschungsbericht: Methoden zur Übernahme von Energieholz. pdf/

Technologie und Logistik

AHWI (2008): AHWI Maschinenbau GmbH, Herdwangen.
<http://www.ahwi.com/>.

Fachschule Hohenlehen (2008): Hollenstein/Ybbs. <http://www.lfs-hohenlehen.ac.at/page.asp/98.htm>.

Lewis, T. (2007): "Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen", Kooperationsplattform Forst Holz Papier, Wien.

Röhricht, Ch. und Ruscher, K. (2004): "Anbauempfehlungen für schnellwachsende Baumarten. Fachmaterial", Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung, Leipzig.

Von Moos, A. (2006): "Bündeltechnik: Äste sinnvoll nutzen statt teuer entsorgen.", Wald Holz, 87(1): 41-43.

Ökonomische und rechtliche Aspekte

Agridea/FiBL (2007): "Deckungsbeiträge. Getreide, Hackfrüchte, übrige Ackerkulturen, Futterbau, Spezialkulturen, Tierhaltung", Agridea in Zusammenarbeit mit dem FiBL: 170 S.

Agroscope / ART (2007): "Maschinenkosten 2008 – Kostenansätze Gebäudeteile und mechanische Einrichtungen". Helmut Ammann (Redaktion), zudem mündliche Mitteilungen des Redaktors.

Bemmann, A. et al. (2007): "Kurzumtriebsplantagen und Agroforst-Systeme – rechtliche Rahmenbedingungen", Fachtagung Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen, Freiburg i. Brsg.

Bloetzer, G. (2002): "Waldrecht, Natur- und Landschaftsschutzrecht, Jagdrecht", Skript zu den Vorlesungen Wald- und Naturschutzrecht I/II: 169 S.

Bloetzer, G. (2004): "Walderhaltungspolitik – Entwicklung und Urteil der Fachleute. Schriftenreihe Umwelt Nr. 364", Bundesamt für Umwelt, Bern: 189 S.

BLW (2007): "Agrarbericht 2007 des Bundesamtes für Landwirtschaft", Bundesamt für Landwirtschaft, Bern: 256 S.

DZV (1998): "Verordnung vom 7. Dezember 1998 über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Direktzahlungsverordnung, DZV)" Jaissle, St. M. (1994): "Der dynamische Waldbegriff und die Raumplanung", Dissertation, Universität Zürich, Zürich.

Frutig, F. und Thees, O. (2007): "Mechanisierte Holzernte in Hanglagen"; Wald und Holz 4/2007.

Jenni, H.-P. (1993): "Vor lauter Bäumen den Wald doch noch sehen: Ein Wegweiser durch die neue Waldgesetzgebung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 210", Bundesamt für Umwelt, Bern: 114 S.

KTBL (2006): Merkblatt "Produktion von Pappeln und Weiden auf landwirtschaftlichen Flächen".

LWG (1998): "Bundesgesetz über die Landwirtschaft (Landwirtschaftsgesetz, LwG) vom 29. April 1998 (Stand am 1. August 2008)", Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft

Peter, S. et al. (2008): "Wirkungen der Produktion von Erdölsubstituten aus Biomasse auf den Agrarsektor in der Schweiz" Professur für Agrarwirtschaft, Institut für Umweltentscheidungen, ETH Zürich, Zürich.

Rolf, M. et al. (2007): Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen. Basisanalysen. Arbeitsbericht Nr. 121. Büro für Technikfolgen – Abschätzung beim Deutschen Bundestag.

SBV (2006): "Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung 2005" Schweizerischer Bauernverband SBV

Schöpe, M. (2006): "Volkswirtschaftliche Effekte der Erzeugung von Biodiesel zum Einsatz als Kraftstoff" Institut für Wirtschaftsforschung, Universität München, München, ifo Schnelldienst 17/2006: 21-30

Schweizerische Eidgenossenschaft (1988): "Botschaft zu einem Bundesgesetz über Walderhaltung und Schutz vor Naturereignissen (Waldgesetz, WaG) vom 29. Juni 1988", Bundesblatt, 3: 173-238

Skodawessely, C. et al. (2008): "Einstellungen von Landwirten und Naturschutzverbänden zu Kurzumtriebsplantagen", Schweizerische Forstzeitschrift (159): 158-164

WaG (1991): "Bundesgesetz über den Wald (Waldgesetz, WaG) vom 4. Oktober 1991 (Stand am 1. Januar 2008)", Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft

WaV (1992): "Verordnung über den Wald (Waldverordnung, WaV) vom 30. November 1992 (Stand am 1. Juli 2008)", Schweizerischer Bundesrat.

Weber, R. und Frutig, F. (2004): "Mechanisierte Holzernte in Steil- und Gebirgslagen"; Wald und Holz 2/2004.

Umwelt

Ökologische Auswirkungen

Aretz, A. und Hirschl, B. (2008): "Holz von Landwirtschaftliche Flächen – Eine Option zur Angebotserhöhung und ihre ökologischen Wirkungen", Ökologisches Wirtschaften, (1).

Dupraz, C. et al. (2005): "Silvoarable Agroforestry for Europe (SAFE) – SAFE final report, Synthesis of the SAFE project".

Frischknecht, R. et al. (2007): "Overview and Methodology. Final report ecoinvent v2.0 No. 1", Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf

Goedkoop, M. und Spriensma, R. (2001): "The Eco-indicator 99: A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment" PRé Consultants B.V., Amersfoort, NL: 132 S.

IPCC (2006): "Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Agriculture, Forestry and Other Land Use", Volume 4

Karačić, A. (2005): "Production and Ecological Aspects of Short Rotation Poplars in Sweden", Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala

Karp, A. (2007): "Environmental impacts of energy crop production, Expert Consultation of JRC", EEA (Joint Research Centre of the EU Commission, European Energy Agency)

Lips, A. et al. (1999): "Besiedlung nachwachsender Rohstoffe durch Flora & Fauna", Agrarforschung (8):305-308

Nemecek T. und Kägi, T. (2007): "Life Cycle Inventories of Swiss and European Agricultural Production Systems. Final report ecoinvent V2.0 No. 15a", ART Agroscope Reckenholz, -Taenikon, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Zurich und Dübendorf. www.ecoinvent.ch

Palma, J. (2006): "Integrated assessment of silvoarable agroforestry at landscapescale", Dissertation Nr. 4014, Wageningen University.

Reinhard, J. (2008): "Consequences of increased biodiesel production/import in Switzerland: Consequential Life Cycle Assessment", EMPA/FHTW-Berlin, Masters Thesis.

Reinhardt, G. A. et al. (2004): "Naturschutzaspekte bei der Nutzung erneuerbarer Energien, F+E-Vorhaben FKZ 801 02 160.

Schardt, M. et al. (2007): "Spinnen reagieren sensibel – Artenvielfalt von Energiewäldern und Ackerland im ökologischen Vergleich" LWF aktuell, (61).

Volk, A.T. et al. (2004): "Growing fuel: a sustainability assessment of willow biomass crops" Review in Front Ecol Environ, The Ecological Society of America (8): 411-418.

Tubby, I. (2007): "Environmental impacts of Short Rotation Coppice and Short Rotation Forestry systems, Summary of discussions of the Expert Consultation of JRC", EEA (Joint Research Centre of the EU Commission, European Energy Agency).

Zah, R. et al. (2007): "Ökobilanz von Energieprodukten: Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen" Bundesamt für Energie, Bundesamt für Umwelt, Bundesamt für Landwirtschaft, Bern: 206 S.

Ökobilanzen

Agricultural Research Council (ARC), 2008. An agronomical evaluation of canola production in the summer rainfall area. Grain Crops Institute.

Agricultural Statistics (2007). Abstract of Agricultural Statistics, Department of Agriculture, Pretoria, South Africa.

Black A.S., Purnomol E., Young S.R. and Conyers M. (1998). N mineralisation and nitrification in crop and pasture soils. the Australian Society of Agronomy.

Cittadini, M. (2008). NOK Expert Opinion - Biodiesel Production Facility. Milan, Italy, Pöyry Energy srl: 39.

Freiermuth R. (2006). Modell zur Berechnung der Schwermetallflüsse in der Landwirtschaftlichen Ökobilanz - SALCA-Schwermetall, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART).

Frischknecht, R., H.-J. Althaus, G. Doka, R. Dones, T. Heck, S. Hellweg, R. Hirschler, N. Jungbluth, T. Nemecek, G. Rebitzer and M. Spielmann (2007). Overview and Methodology. Final report ecoinvent v2.0 No. 1. Dübendorf, CH, Swiss Centre for Life Cycle Inventories.

Frischknecht, R., R. Steiner and N. Jungbluth (2008). Ökobilanzen: Methode der ökologischen Knappheit - Ökofaktoren 2006. Zürich, öbu: 194.

Goedkoop, M. and R. Spriensma (2001). The Eco-indicator 99: A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Amersfoort, NL, PRé Consultants B.V.: 132.

IPCC (2006). "Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Agriculture, Forestry and Other Land Use " Volume 4.

Jungbluth, N., M. Faist, et al. (2007). Life Cycle Inventories of Bioenergy. Dübendorf, CH, Swiss Centre for Life Cycle Inventories: 641.

Menzi, H., Frick, R., Kaufmann, R. (1997). Ammoniak-Emissionen in der Schweiz: Ausmass und technische Beurteilung des Reduktionspotentials.

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz; Schriftenreihe der FAL 26, 107 p.

Nemecek T. & Kägi T. (2007) Life Cycle Inventories of Swiss and European Agricultural Production Systems. Final report ecoinvent V2.0 No. 15a. Agroscope Reckenholz-Taenikon Research Station ART, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Zurich and Dübendorf, CH, retrieved from: www.ecoinvent.ch.

Norse D. (2003). Fertilizers and World Food Demand Implications for Environmental Stresses, IFA-FAO Agriculture Conference, Rome, Italy, 26-28 March 2003.

Opal, C. (2008). "Roundtable on Sustainable Biofuels." Retrieved 7.4.08, 2008, from http://www.bioenergywiki.net/index.php/Main_Page.

Ramesohl, S. and F. Merten (2006). "Energy system aspects of hydrogen as an alternative fuel in transport." *Energy Policy* 34(11): 1251.

Reinhard, J. (2008): "Consequences of increased biodiesel production/import in Switzerland: Consequential Life Cycle Assessment"; EMPA/FHTW-Berlin, Masters Thesis.

Personal communication, Dr. Mkhize, Sept 2007, Chief Director, Engineering Services and Resources Management, Department of Agriculture South Africa

Personal communication, S. Moletsane, Sept 2007, Director, Maano Resources, South Africa

Prasuhn V. (2006). Erfassung der PO4-Austräge für die Ökobilanzierung - SALCA-Phosphor, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART). Available at: <http://www.art.admin.ch/themen/00617/00622/>

Schmid, M., Neftel, A., Fuhrer, J., 2000. Lachgasemissionen aus der Schweizer Landwirtschaft. FAL; Schriftenreihe der FAL 33, 131 p.

Spielmann M., Bauer C., Dones R. & Tuchschnid M. (2007). Transport services..ecoinvent report No. 14. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2007.

Styles, D., F. Thorne, et al. (2008). "Energy crops in Ireland: An economic comparison of willow and Chinaschilf production with conventional farming systems." *Biomass and Bioenergy* **32**(5): 407-421.

Tesfamariam, E. H. (2004). Modelling the soil water balance of canola *Brassica napus* L. (Hyola 60). *Faculty of Natural and Agricultural Sciences*. Pretoria, University of Pretoria. MSc: 135.

UVEK (2008). Verordnung des UVEK über den Nachweis der positiven ökologischen Gesamtbilanz von Treibstoffen aus erneuerbaren Rohstoffen (Treibstoff-Ökobilanzverordnung) - ENTWURF. B. UVEK, CH: 4.

Food and Agriculture Organisation (2006) Faostat Database Query, Retrieved 16 October 2007, from <http://faostat.fao.org/faostat/>

Walther U., Ryser J.-P. & Flisch R., (2001). Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (2001). Nährstoffgehalte pflanzlicher und tierischer Produkte, AGRAR Forschung 8(6), p. 74-76

Wolfensberger U. & Dinkel F. (1997). Beurteilung nachwachsender Rohstoffe in der Schweiz in den Jahren 1993-1996, FAT und Carbotech, im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft, Bern.

Zah, R., R. Hischier, et al. (2007). Ökobilanz von Energieprodukten: Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen. Bern, Bundesamt für Energie, Bundesamt für Umwelt, Bundesamt für Landwirtschaft: 206.

Landschaftsbild

BAFU (1998): "Landschaftskonzept Schweiz", Bundesamt für Umwelt, Bern: 133 S., www.landschaftskonzept.ch

Magnin, B. (2008): "Die Landschaft - Spiegelbild der Energiestrategien" Cours paysage et énergie

Gellrich, M. et al. (2007): "Natural forest regrowth as a proxy variable for agricultural land abandonment in the Swiss mountains: a spatial statistical model based on geophysical and socio-economic variables", Environmental Modeling and Assessment, 12(4): 269-278

Forschungsstelle für Freizeit, Tourismus und Landschaft (2002): "Naturnaher Tourismus in der Schweiz", Hochschule für Technik Rapperswil FTL-HSR, Abteilung Sozialpsychologie I, Universität Zürich im Auftrag des Staatssekretariats für Wirtschaft SECO

Lehmann, B. et al. (2007): "Landschaften und Lebensräume der Alpen – Zwischen Wertschöpfung und Wertschätzung. Reflexionen zum Abschluss des Nationalen Forschungsprogramms 48" vdf, Zürich

Reeg, T. und Konold, W. (2007): "groforstsysteme im Landschaftsbild – wie werden Sie bewertet, welche Rolle können Sie spielen?" Freiburg i. Brsg.

Gehrig, K. (2006): "Landscape Needs and Notions: Preferences, expectations, leisure motivation, and the concept of landscape from a cross-cultural perspective", WSL

Gehring, K. et al. (2004): "Welche Landschaft in den Alpen und wie lässt sich ein Konsens darüber finden?" Inf.bl. Forsch.bereich Landsch. WSL, Birmensdorf, (60): 1-3

Kianicka, S. et al. (2004): "Wie authentisch ist die Schweizer Alpenlandschaft für uns? Ein Schwerpunkt des NFP-48-Projekts «Zielvorstellungen und Konflikte hinsichtlich alpiner Landschaftsentwicklung»." Bündner Monatsblatt

Hunziker, M. (2000): "Einstellungen der Bevölkerung zu möglichen Landschaftsentwicklungen in den Alpen", Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf

Hunziker, M. (2007): "Wer will welche Landschaft?", Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf

Beretta C. et al. (2007): "Landschaftsentwicklungskonzept für die Gemeinde Münster" ETH, Zürich

Herrmann, S. und Neumeier, S. (2004): "Visualisierung der Veränderung der Landnutzung infolge Agrarpolitischer Rahmenbedingungen", KTBL Braunschweig

**AUF KEINEN FALL LETZTE SEITE LÖSCHEN,
ES ZERREIST DAS GANZE LAYOUT!**