

Erich Tasser - Ulrike Tappeiner

Wenn der Bauer mäht...

Ökologische Folgen von Landnutzungsänderungen

Die Landwirtschaft im Alpenraum ist schon seit geraumer Zeit im Umbruch. Noch vor 50 Jahren nutzten die Bauern die wenigen günstigen Lagen im Talbereich für den Anbau von Getreide und Ackerfrüchten. Das Heu wurde auf den steilen Talhängen und auf den hochgelegenen Bergmähdern gewonnen. Heute hat sich dies geändert: Viele Flächen in den Gunstlagen sind intensiviert, Grenzertragsflächen extensiviert oder sogar brachgelegt. Beide Entwicklungen sind mit folgenschweren ökologischen Veränderungen verbunden – positiven aber auch negativen.

Einleitung

Es gibt viele Ursachen für die Änderungen in der landwirtschaftlichen Nutzung: seien es der vermehrte Einsatz von Maschinen, neue Produktionstechniken oder verbesserte Züchtungen. Der wichtigste Einschnitt erfolgte jedoch durch den Wechsel der Landwirtschaft von der Eigenversorgung in Richtung Markt. Damit stand der Bauer auf einmal einem Problemen gegenüber, das er bisher in dieser Härte nicht kannte: der weltweiten Konkurrenz. Dies erforderte ein Umdenken, eine Neuorientierung, in vielen Fällen sogar eine Aufgabe. In den Alpen gaben etwa in den vergangenen 20 Jahren (1980-2000) fast 40 % der Bauern auf, wobei sich über die Alpenstaaten ein durchaus heterogenes Bild ergibt (Abbildung 1). In Deutschland und Österreich wurden nach Streifeneder et al. (in Vorbereitung) in den letzten 20 Jahren rund ein Viertel der Betriebe geschlossen, in Slowenien mehr als die Hälfte. Zusätzlich bewirtschaften von den verbliebenen Bauern etwa 70% ihren Betrieb im Nebenerwerb.

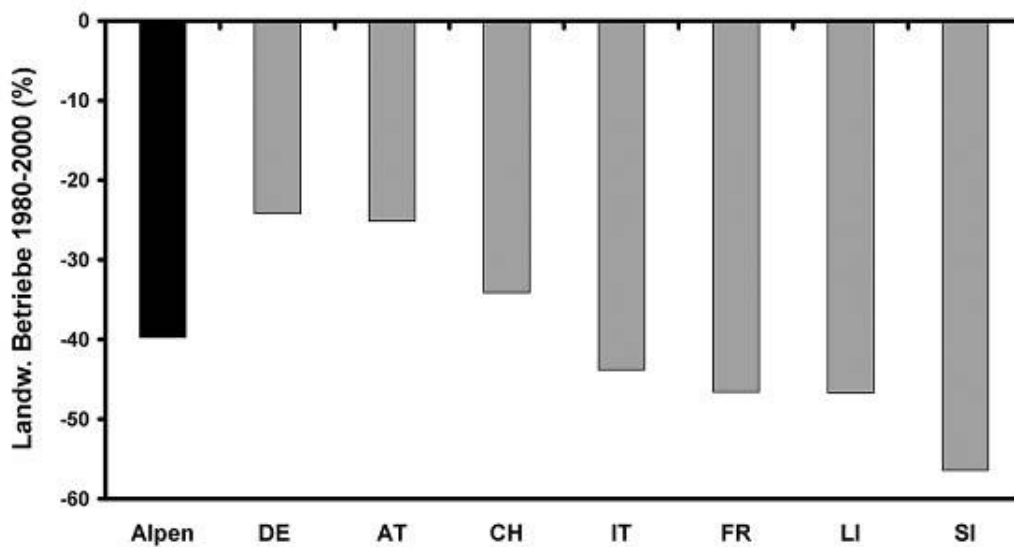


Abbildung 1: Abnahme der landwirtschaftlichen Betriebe im Alpenraum in den letzten 20 Jahren (nach Streifeneder et al., in Vorbereitung)

Die Folgen auf die Landschaft sind beachtlich. Im Durchschnitt liegen heute ca. 20 % der landwirtschaftlichen Flächen brach, in manchen Regionen sogar an die 70 % (Abbildung 2; Tasser et al., in Vorbereitung). Gleichzeitig wurden aber auch viele Gunstlagen intensiviert. All diese Änderungen haben Spuren in der Landschaft und ihre ökologische Funktion hinterlassen (MacDonald et al. 2000).

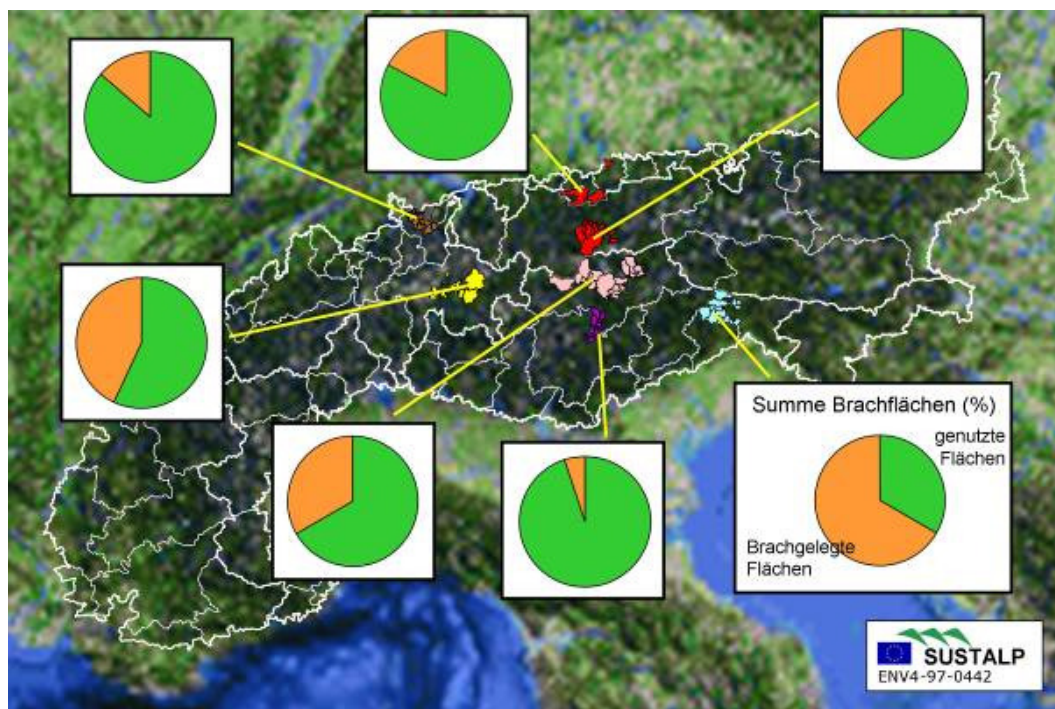


Abbildung 2: Anteil der brachgelegten Flächen im Zeitraum 1865 – 2003 ausgewählten Region des Alpenraumes (verändert nach Tasser et al., in Vorbereitung).

Um landwirtschaftliche induzierte Landschaftsveränderungen und deren ökologischen Folgen in europäischen Gebirgen zu quantifizieren, wurden in den letzten Jahren mehrere integrierte Forschungsprojekte durchgeführt. Speziell im Alpenraum liefen die beiden EU-FP4 Projekte ECOMONT (Cernusca et al. 1999b) und SUSTALP (Tappeiner et al., 2003), sowie das INTERREG II- Programm INTEGRALP (Tasser et al. 2001) ab. Das EU-FP5 Projekt CARBOMONT (<http://botany.uibk.ac.at/forschung/forschungsprojekte/carbomont/>) untersuchte zudem in einem europaweiten Querschnitt die Kohlenstoffkreisläufe.

Die folgenden Ergebnisse stützen sich primär auf die Untersuchungen, die im Rahmen von ECOMONT und INTEGRALP entlang eines Nord-Süd-Transektes quer über die Alpen vom Monte Bondone (Trentino, Italien) über das Passeiertal (Südtirol, Italien) bis hin zum Stubaital und Lechtal (Tirol, Österreich) durchgeführt wurden. Die Untersuchungsgebiete unterscheiden sich nicht nur in der naturräumlichen Ausstattung (Geologie, Klima und Exposition) sondern auch in ihrer agrarischen Entwicklung (Tappeiner et al. 2003). Aus Sicht der Landwirtschaft gehört das Lechtal und das Gebiet im Trentino zu den landwirtschaftlichen Rückzugsgebieten: viele Hofaufgabe und großflächige Brachlegungen, eine deutliche Überalterung der Bauern und ein hoher Anteil an kleinen Betrieben charakterisieren diese Regionen. Das Passeiertal ist typisch für viele Bereiche in den Ostalpen mit einer dynamischen Spezialisierung auf Viehwirtschaft, eine enge Verflechtung zwischen Landwirtschaft und Tourismus und eine starke Zunahme der Nebenerwerbsbetriebe. Das Stubaital ist eine Tourismushochburg, mit einer unterdurchschnittlichen Beschäftigung in der Landwirtschaft und sehr vielen Nebenerwerbsbetrieben. In allen drei Regionen findet man heute verschiedene Brachestadien in unmittelbarer Nähe von unterschiedlich intensiv genutzten Flächen. Dies ermöglichte uns, vergleichende Analysen bei gleichen Standort- und Klimaverhältnissen durchzuführen. Die Untersuchungen selbst fanden auf zwei unterschiedlichen Ebenen statt: zum einen auf der Ökosystem-Ebene und zum anderen auf der Landschaftsebene.

Es wurden Untersuchungen zur Vegetationszusammensetzung, Bestandesstruktur und Produktivität, Mikroklima, Ökophysiologie, Energie- und Wasserhaushalt sowie Bodeneigenschaften und Erosionsanfälligkeit (Trittschäden, Blaiken, Oberflächenabtrag und Schneegleiten) durchgeführt. Bemerkenswert sind die Spezialuntersuchungen zur Schnittstelle Vegetation – Boden mit Hauptaugenmerk auf die biochemischen Zyklen. Weiters wurden auch mikrobiologische und zoologische Untersuchungen durchgeführt, um Aussagen zur Biodiversität zu erhalten. Viele dieser Freilandergebnisse dienten als Eingangsgrößen für Modelle (Cernusca et al. 1999b). Inhaltliches Ziel dieser Modelle war es, eine Verbindung zwischen der Ökosystem- und der Landschaftsebene herzustellen und zugrunde liegende Prozesse und die dazugehörigen treibenden Kräfte zu erkennen.

Wichtige Ergebnisse

In Abhängigkeit von Standortfaktoren, der Landnutzung und ihrer Intensität entwickeln sich nicht nur ganz spezielle Pflanzengesellschaften, sondern es gibt auf Auswirkungen auf deren Strukturen und Funktionen. Einige der wesentlichen Veränderungen möchten wir nachfolgend erläutern und diskutieren:

1. **Landnutzungsänderung und Biodiversität:** Wie unsere Ergebnisse zeigen, haben innerhalb der letzten 150 Jahre überall die Waldflächen auf Kosten der Grünlandflächen zugenommen. Besonders Ungunstlagen wie Almmähder und steile Hanglagen sind aus der Bewirtschaftung genommen worden und bewalden sich wieder (Abbildung 3). In den Gunstlagen kam es hingegen zu einer Ausräumung und Monotonisierung der Landschaft. Früher wechselten sich Ackerflächen mit Grünlandflächen, unterbrochen durch Flurgehölze und Ackerraine, häufig ab. Heute beherrschen hingegen in tieferen Lagen der Obst- und Gemüseanbau und in höheren Lagen die Grünlandwirtschaft das Bild.

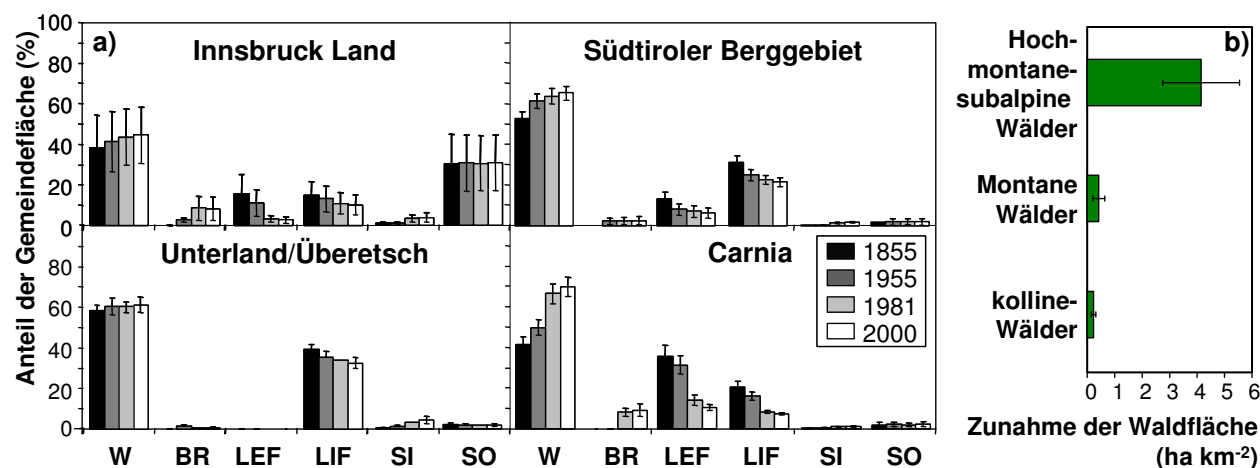


Abbildung 3: (a) Landnutzungsentwicklung in ausgewählten Regionen des Alpenraums und (b) Waldflächenzunahme in unterschiedlichen Höhenstufen. W = Waldnutzung; BR = Brachflächen; LEF = landwirtschaftlich extensive genutzte Flächen; LIF = landwirtschaftlich intensiv genutzte Flächen; SI = Siedlungsraum; SO = Sonstiges. (verändert nach Tasser et al., 2007)

Die derzeitige Vegetationsverteilung – so haben Simulationen gezeigt – wird dabei zu 55 % von den natürlichen Standortfaktoren beeinflusst; nimmt man die menschliche Nutzung noch zusätzliche Information auf, so steigt der Erklärungswert auf über 80 % (Tappeiner et al. 1998, Tasser and Tappeiner, 2002). Dies zeigt die besondere Bedeutung der Nutzung für die aktuelle Vegetationsverteilung auf. Gleichzeitig mit der bewirtschaftungsbedingten Vegetationsverschiebung kommt es auch zu einer Veränderung der Biodiversität (Olsson et al. 2000). Folgende Zusammenhänge konnten wir diesbezüglich nachweisen (Tabelle 1, Abbildung 4; Tasser et al., 2006):

Mikroorganismen: Durch Brachlegungen nimmt die bakterielle Biomasse und damit wahrscheinlich die bakterielle Diversität im Boden zugunsten einer pilzlichen Biomasse ab (Zeller et al. 2001). Damit verringern sich auch die mikrobiellen Abbauprozesse im Boden.

Tabelle 1: Die Diversität von ausgewählten Organismengruppen auf unterschiedlich bewirtschafteten Flächen. Biodiversität ● = hoch; ● = mittel; ● = gering; ? = keine Untersuchungsergebnisse

	Nutzung		Brache	Wald
	intensiv	extensiv		
bakterielle Biomasse		●	●	?
pilzliche Biomasse		●	●	?
Gefäßpflanzen	●	●	●	●
Primär- und Sekundärersetzer (Lumbricidae, Chilopoda, Diplopoda, Diptera)	●	●	●	?
Primärkonsumenten (Orthoptera)	●	●	●	●
Sekundärkonsumenten (Coleoptera)	●	●	●	●

Fauna: Brachflächen weisen im Allgemeinen eine deutlich geringere taxonomische Vielfalt bei Primär- und Sekundärsetzern auf als genutzte Flächen, wobei besonders auf extensiv genutzten Flächen eine hohe Diversität nachgewiesen werden konnte (Seeber et al. 2004). Dies gilt für Regenwürmer (Lumbricidae), Hundertfüßler (Chilopoda), Doppelfüßer (Diplopoda) und Mücken-Larven (Diptera). Eine Extensivierung bzw. Aufgabe der Nutzung führt zudem bei Heuschrecken (Orthoptera) und Laufkäfern (Coleoptera) zu einer tendenziellen Abnahme der Vielfalt (Bonavita et al. 1999, Guido und Gianelle 2001).

Gefäßpflanzen: Traditionelle, extensive Nutzungsformen besitzen die höchste Artenvielfalt bei Gefäßpflanzen (Tasser et al. 2001, Tasser und Tappeiner 2002). Eine Erhöhung der Mahd- und Düngungsintensität führt dabei zu einer starken Reduktion der Vielfalt im Grünlandbereich von durchschnittlich 48 Arten auf ca. 16 Arten. Auch eine Brachlegung reduziert durch die einsetzende Sekundärsukzession die Artenvielfalt, wobei im geschlossenen Sekundärwald ein Minimum erreicht wird. Da die Gefäßpflanzenvielfalt positiv mit der Durchwurzelungsintensität der Böden korreliert (Tasser et al. 2001), führt eine Abnahme der Vielfalt auch zu einer Abnahme der Durchwurzelung (Abbildung 5b).

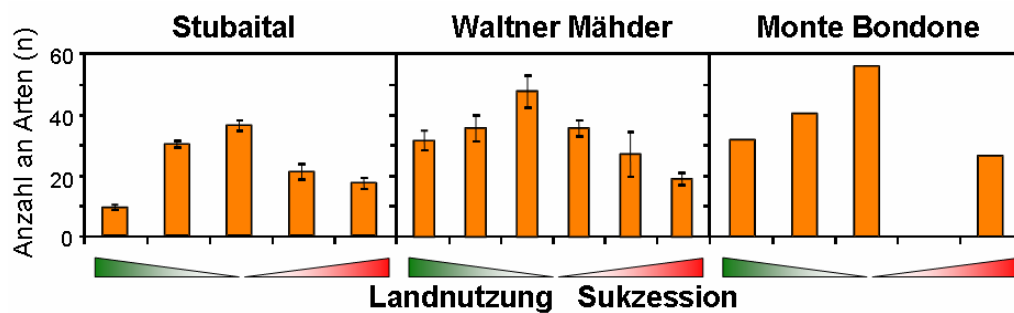


Abbildung 4: Veränderung der Artenvielfalt von Gefäßpflanzen in einem Nor-Südtranssekt über den Alpenbogen.

Landschaftsebene: Durch die kleinräumigen Standortunterschiede, sowie durch die vielfältigen Nutzungsformen (Mähder, Weiden, Brachflächen) ist heute der Alpenraum jener Großraum in Europa, der auf engstem Raum besonders viele unterschiedliche Ökosysteme beheimatet. Die hohe Ökosystemvielfalt, besonders von naturnahen und extensiv genutzten Formen, erhöht dabei die durchschnittliche Gefäßpflanzenvielfalt pro Fläche und besonders stark ihre absolute Vielfalt (Tappeiner et al. 1998, Tasser et al. 2001, Tasser und Tappeiner 2002). Gleichzeitig steigert der kleinflächige Wechsel zwischen Kulturlandschaft und Naturlandschaft die Artenvielfalt der Fauna (Avifauna: Hilpold, in Vorbereitung; Insekten: Guido and Gianelle 2001). Monokulturen reduzieren hingegen die Vielfalt.

Natürlich sind nicht alle Landschaftsregionen im Alpenraum gleichwertig. Untersuchungen in den Zentralalpen (Tasser et al., in Vorbereitung) verdeutlichen, dass gerade die Almregion besonders wertvoll ist. Durch die enge Verzahnung von traditioneller Kulturlandschaft mit den unterschiedlichsten Nutzungsformen und der Naturlandschaft stellt sie den „hot spot“ der Biodiversität in den Alpen dar. Dies gilt nicht nur für die Landschaftsebene sondern auch für die Artenebene. In Südtirol konnten z.B. für die Almregion 515 Arten auf sauren Böden und 580 Arten auf basischen Böden nachgewiesen werden - somit ist sie die artenreichste Region überhaupt.

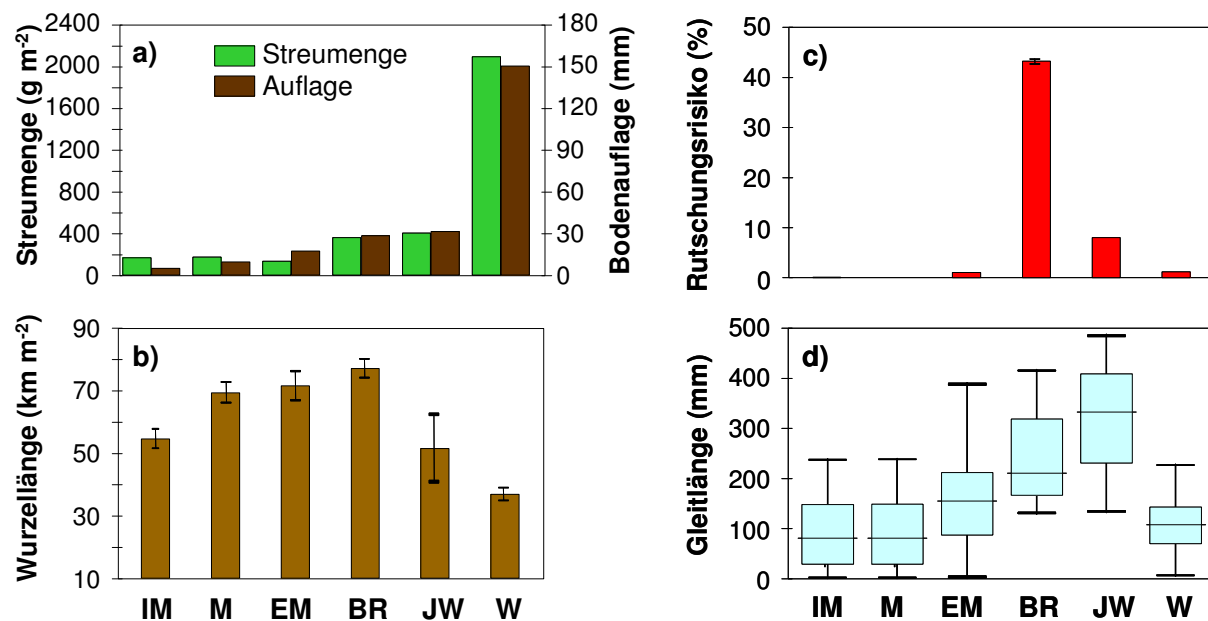


Abbildung 5: Veränderung (a) der anfallenden Streumenge und der Mächtigkeit der Bodenauflage, (b) der Durchwurzelungsintensität, (c) des Erosionsrisikos für Translationsbodenrutschungen (Blaiken) und (d) der durchschnittlichen Schneegleitdistanz auf unterschiedlich genutzten und brachgelegten Flächen. IM = intensiv genutztes Grünland, M = traditionel genutztes Grünland, EM = extensiv genutztes Grünland, BR = Brachfläche, JW = Jungwald und W = Wald (verändert nach Tasser et al. 2006).

2. **Landnutzungsänderung und biogeochemische Zyklen:** Landnutzungsänderungen wirken sich nach unseren Ergebnissen in vielerlei Hinsicht auf die biogeochemische Zyklen aus (Abbildung 6).

Folgen der Intensivierung: Durch die Intensivierung der Grünlandwirtschaft kommt es zu einem alljährlichen Düngeeintrag, zumeist als organischer Dünger, wodurch sich das Nährstoffangebot für die Pflanzen verbessert. Der pflanzenverfügbare Stickstoff ist eng mit der Netto-Stickstoffmineralisation (NNM) korreliert. Die Mineralisation ist dabei der Schlüsselprozess für die Bereitstellung von pflanzenverfügbarem Stickstoff (Zeller et al. 2000, 2001). Die Untersuchungen des NNM ergaben eine signifikante Zunahme bei Nutzungsintensivierungen und in der Folge wiederum eine erhöhte Freisetzung von Stickstoff (N_{min} , Summe von NO_3 und NH_4). Zusätzlich kommt es durch die Mahd zu einer C-Entnahme aus dem Ökosystem. Die Folge einer Intensivierung ist somit ein geringerer Anfall von C und eine erhöhter Abbau, was insgesamt zu einer Abnahme des C/N-Verhältnisses im Boden und geringen Nährstoffpools führt (Gamper and Tasser 2002). Gerade die verbesserte Verfügbarkeit des Stickstoffs ist in der Folge wiederum mitverantwortlich für die Artenzusammensetzung der Vegetationsdecke (Olf et al. 1994, Tasser and Tappeiner, 2002). Neue Arten wandern ein, die das verbesserte Nährstoffangebot zu nutzen wissen. Diese Arten besitzen ein auf dem Blattniveau als auch auf dem Pflanzenlevel erhöhte

Photosynthesekapazität, einen erhöhten Pflanzenstickstoffgehalt und einen erhöhten Ausnutzung des Stickstoffs im Photosyntheseprozess. Dies führt wiederum zu einer Erhöhung der CO₂- Aufnahme der Pflanzen (Cernusca et. al. 1999b). Durch die höhere Produktivität der bereits vorhandenen Arten und durch das Einwandern von nitrophilen und meist höherwüchsigen Wiesenarten wird der Bestand höher. Damit verschlechtert sich das Lichtklima für kleinwüchsige Sommerarten derart, dass sie zunehmend verdrängt werden. Weiters werden durch die Mahd aber auch alle anderen Arten, die sich nur langsam entwickeln (z.B. Zwergsträucher) und somit bis zum Mahdtermin nicht genügend ausdifferenziert sind, aus dem Bestand verdrängt. Zusammenfassend bedeutet dies also, dass global gesehen eine Intensivierung der Grünlandnutzung zu einer erhöhten Nährstofffreisetzung, geringen Nährstoffpools und einem erhöhten CO₂- Aufnahme im Ökosystem führt.

Folgen der Brachlegung: Durch den Wegfall der Mahd kommt es zu noch schwerwiegenderen Veränderungen im Ökosystem. Primär verursacht das Ausbleiben der Mahd einen plötzlichen Anstieg der jährlich anfallenden Streu. Die Akkumulation dieses Pflanzenmaterials führt zu gravierenden Veränderungen im Austauschverhalten der Ökosysteme (Tappeiner and Cernusca 1998): (1) ein größerer Anteil der absorbierten Einstrahlungsenergie wird in sensible Wärme umgewandelt; die latente Wärme nimmt damit ab, (2) die Nutzung der photosynthetisch aktiven Strahlung geht zurück und (3) damit verschlechtert sich insgesamt durch die Brachlegung die Bestandesphotosynthese und die Wassernutzungseffizienz. Durch den vermehrten Streuanfall und Abbau kommt es zudem zu Veränderungen im Bodenchemismus. Die vermehrt gebildeten Huminsäuren führen zu einer Versauerung des Bodens, zu Verschiebungen in den Ionenverhältnissen und zu einer beginnenden Podzolierung des Bodens. Die Vegetationszusammensetzung verändert sich. Säureliebende bzw. säuretolerante Arten wie Zwergsträucher wandern aufgrund der veränderten Nährstoffsituation und der ausbleibenden Mahd ein.

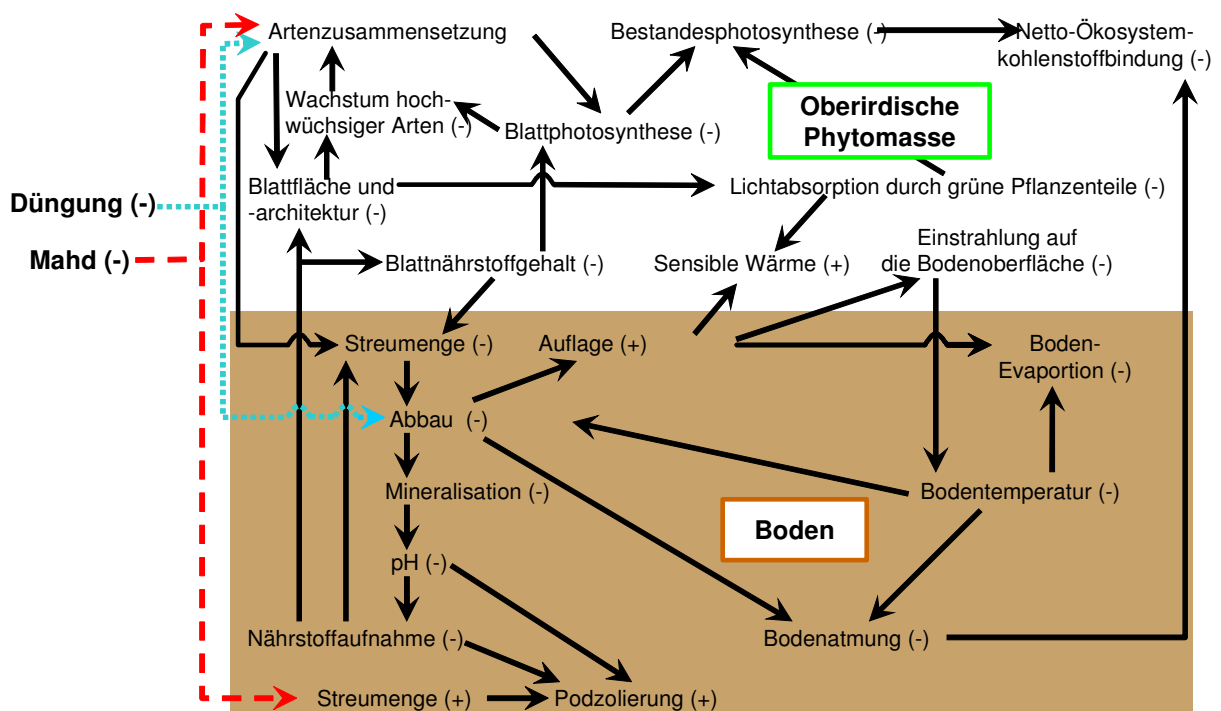


Abbildung 6: Auswirkungen der Brachlegung von landwirtschaftlich genutzten Grünlandflächen auf einige Schlüsselprozesse (verändert nach Cernusca et al. 1999a). Die Pfeile geben Zusammenhänge und Folgewirkungen an, (+) und (-) weisen auf positive bzw. negative Effekte der Brachlegung hin.

Die als Streu anfallende Biomasse setzt sich damit vermehrt aus schwerer abbaubaren Pflanzenbestandteilen zusammen (z.B. verholzte Teile oder Teile mit viel Zellulose), wodurch die Abbaurrate weiter sinkt (Gamper and Tasser, 2002). Die Folgen dieser Veränderungen zeigen sich in der mikrobiellen Biomasse und der NNM. Der pilzliche Anteil an der mikrobiellen Biomasse nimmt stark zu (Zeller et al. 2001), wodurch es zu einer Verringerung des NNM kommt. Der Abbauprozess wird in Summe dadurch entscheiden verlangsamt. Brachlegungen führen somit zu einer Abnahme der Bodenatmung, welche wiederum mit einer Abnahme des Streuabbaus und einer geringeren Nährstoffverfügbarkeit gekoppelt ist. Der Anteil der nicht zersetzten Biomasse nimmt in den höheren Bodenschichten kontinuierlich zu (Abbildung 5a). Damit ergibt sich ein Beschattungseffekt auf die Bodenoberfläche, die Bodentemperatur der oberen Bodenschichten nimmt ab, was sich wiederum direkt auf den Bodenchemismus auswirkt. So konnte etwa eine positive Korrelation zwischen dem Brachealter einer Fläche und deren Kohlenstoffspeicherung bzw. ein negativer Zusammenhang mit der Stickstoffmenge gefunden werden. Insgesamt nimmt aber durch den starken Anstieg der Auflage der gebundene Nährstoffpool zu.

3. **Landnutzungsänderung und Hydrologie:** Die Böden der untersuchten Landnutzungstypen weisen alle sehr ähnliche bodenphysikalische Eigenschaften auf. Es gibt, so die bisherigen Untersuchungen, nur geringe Unterschiede in der Aggregatstabilität im A-Horizont. Diese wirken sich jedoch merklich auf die Wasserspeicherfähigkeit und die Infiltration aus. Es kommt zu einer Abnahme derselben vom intensiv genutzten Grünland zu extensive genutzten Flächen, auf der anderen Seite nimmt die Wasserspeicherfähigkeit und Infiltration in Richtung Brachflächen und Waldflächen wiederum zu (Cernusca et al. 1999b). Diese Unterschiede wirken sich aber insgesamt nicht signifikant auf den Bodenwasserhaushalt aus. Deutliche Unterschiede ergeben sich jedoch bei der Evapotranspiration der untersuchten Landnutzungstypen: Wälder und Mähwiesen geben deutlich mehr Wasser an die Atmosphäre ab als etwa Weiden und Brachflächen. Die Abgabe liegt zwischen 38-58 % des Niederschlags. Der Rest versickert oder fließt zu einem geringen Teil oberflächlich ab und speist damit die Bäche (Tasser et al. 2001). Modellierungen des Gebietswasserhaushaltes von Kleinstezugsgebieten zeigen die daraus resultierenden Folgen: Bei einer gänzlichen Brachlegung der bisher genutzten Flächen und einer anschließenden Wiederbewaldung derselben wäre z.B. mit einer Reduktion des Gebietsabflusses von 7-52 % zu rechnen.

4. **Landnutzungsänderung und Erosionsrisiko:** Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Anfälligkeit der Ökosysteme gegenüber Bodenerosion und Schneegleiten mit der Reduzierung bzw. Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung zunimmt (Newesely et al. 2000, Tasser et al., 2004, Leitinger et al., in Vorbereitung) (Abbildung 5c, 5d). Grundsätzlich sind extensiv genutzte Flächen weniger erosionsanfällig als Brachflächen und intensiv genutzte Flächen. Dabei spielt jedoch nicht die Landnutzung selbst die entscheidende Rolle, sondern Prozesse, die dadurch in der Vegetation und im Boden ausgelöst werden. So konnten wir für die Gefährdung für Translationsbodenrutschungen nachweisen, dass gerade die nutzungsbedingte Durchwurzelung der Böden ein wesentlicher Faktor ist. Nimmt die Durchwurzelung zu, so nimmt das Erosionsrisiko ab. Die Durchwurzelungsintensität ist dabei am höchsten auf extensiv genutzten Flächen und jungen Brachen (Tasser et al. 2001) (Abbildung 5b). Für den Oberflächenantrag wirkt sich hingegen die Vegetationsbedeckung aus. Auch diese steht wiederum im direkten Zusammenhang mit der Nutzung. Aufgrund der geringen Pflanzenbedeckung auf intensiv genutzten Grünlandflächen und Weiden wird oberflächlich signifikant mehr abgetragen als auf extensiv genutzten Flächen. Neben der Schneehöhe und der Hangneigung spielt die Landnutzung auch beim Schneegleiten und der damit verbundenen Lawinenbildung eine entscheidende Rolle. Sowohl Mahd- als auch Weidenutzung führen zu einer Abnahme der Gleitraten, wohingegen die Aufgabe der Bewirtschaftung zu einer deutlichen Erhöhung führt. Dies hängt

wiederum mit Bestandeseigenschaften zusammen. Auf Brachflächen wachsen bevorzugt langhalmige Grasbestände und niedrigwüchsige Zwergstrauchbestände, die das Schneegleiten fördern. Erst mit dem Aufkommen von hochwüchsigen Zwergstrauchbeständen und Jungbäume nimmt das Schneegleiten wiederum ab.

Schlussfolgerungen

Durch den Vergleich der erhaltenen Ergebnisse und unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung für den Alpenraum lassen sich aus der Sicht der Autoren folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Die beste Bewirtschaftungsform ist die extensive Nutzung, wobei eine Nutzung auch in Intervallen von mehreren Jahren durchgeführt werden könnte. Solche Nutzungsformen sollten soweit als möglich gefördert werden.
- Eine flächendeckende Förderung der Nutzung auf Grenzertragsflächen wird langfristig nicht tragbar sein, daher sollten gering geneigte und somit nicht erosionsgefährdete Flächen in erster Linie einer extensiven Weidenutzung zugeführt werden. Dadurch könnten Kulturlandschaften mit geringem Aufwand großflächig offen gehalten werden.
- Steile Flächen sollten hingegen aufgeforstet werden. Die Zeitspanne der ökologisch instabilen Sukzessionsstadien würde damit verkürzt.
- Eine flächendeckende Wiederbewaldung sollte möglichst vermieden werden, da ein erheblicher Verlust an Landschafts- und Artenvielfalt einhergeht. Zusätzlich gehen Kulturflächen verloren.
- Eine intensive Nutzung sollte keinesfalls großflächig auf steilen und instabilen Hängen durchgeführt werden, besonders dann nicht, wenn dafür neue Erschließungswege notwendig werden.
- Die unbeaufsichtigte Brachlegung von Flächen mit schwierigen Standortvoraussetzungen sollte möglichst verhindert werden, da dies über viele Jahre hinweg instabile Sukzessionsstadien mit einer Reihe negativer Folgeerscheinungen mit sich bringt.

Literatur:

- Cernusca, A., Bahn, M., Bayfield, N., Chemini, C., Fillat, F., Graber, W., Rosset, M., Siegwolf, R., Tappeiner U., Tenhunen, J., 1999a (eds.). ECOMONT Ecological effects of land-use changes on Terrestrial Mountain Ecosystems. Final report. Innsbruck, 224 pp.
- Cernusca, A., Tappeiner, U., Bayfield, N., 1999b. Land-Use Changes in European Mountain Ecosystems. ECOMONT – Concept and Results. Blackwell, Berlin, 368 pp.
- Gamper, S., Tasser, E., 2002. Soil development depending on land use and vegetation changes in sub-alpine areas. In: R. Bottarin and U. Tappeiner (eds.), *Interdisciplinary Mountain Research*. Blackwell, Berlin, pp. 180-191.
- Guido, M. and Gianelle, D., 2001. Distribution patterns of four Orthoptera species in relation to microhabitat heterogeneity in an ecotonal area. *Acta Oecologica* 22/3: 175-185
- MacDonald, D., Crabtree, J.R., Wiesinger, G., Dax, T., Stamou, N., Fleury, P., Gutierrez Lazpita, J., Gibon, A., 2000. Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: Environmental consequences and policy response. *Journal of Environmental Management* 59: 47-69.
- Newesely, Ch., Tasser, E., Spadinger, P. and Cernusca, A., 2000. Effects of land-use changes on snow gliding processes in alpine ecosystems. *Basic and Applied Ecology* 1: 61-67.
- Olf, H., Berendse, F. and De Visser, W. 1994. Changes in mineralization, tissue nutrient concentrations and biomass compartmentation after cessation of fertilizer application to mown grassland. *Journal of Ecology* 82: 611-620.
- Olsson, E.G.A., Austrheim, G. and Grenne, S.N., 2000. Landscape change patterns in mountains, land use and environmental diversity, Mid-Norway 1960–1993. *Landscape Ecology* 15: 155-170.
- Tappeiner, U., Cernusca, A., 1998. Effects of land-use changes in the Alps on exchange processes (CO₂, H₂O) in grassland ecosystems. In: K. Kovar, U. Tappeiner, N. E. Peters and R. G. Craig (eds), *Hydrology, Water Resources and Ecology in Headwaters*. IAHS Publ. 248, 131-138 pp.
- Tappeiner, U., Tappeiner, G., Hilbert, A. and Mattanovich, E. (2003): *SUSTALP. Evaluation of EU-Instruments: Their contribution to a Sustainable Agriculture and Environment in the Alps*. Blackwell, Berlin.
- Tappeiner, U., Tasser, E. and Tappeiner, G., 1998. Modelling vegetation pattern using natural and anthropogenic influence factors: preliminary experience with a GIS based model applied to an Alpine area. *Ecological Modelling* 113: 225-237.
- Tasser, E., Tappeiner, U. and Cernusca, A. 2001. *Südtirols Almen im Wandel*. Europäische Akademie Bozen 28, Bozen, 269 pp.
- Tasser, E. and Tappeiner, U., 2002. The impact of land-use changes in time and space on vegetation distribution in mountain areas. *Applied Vegetation Science*.
- Tasser, E., Mader, M., Tappeiner, U. (2003) Effects of land use in alpine grasslands on the probability of landslides. *Basic and Applied Ecology* 4: 271-280.
- Tasser, E., Tappeiner, U. 2004. Mensch, Landnutzung und Biodiversität. In: Landesverband für Vogelschutz (ed.) *Biodiversität in den Alpen*. LBV, Hilpoltstein (D): 34-37.
- Tasser, E., Teutsch, A., Nogglar, W., Tappeiner U. (2007) Land-use changes and natural reforestation in the Eastern Central Alps. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118: 115–129.
- Zeller, V., Bardgett, R.D. and Tappeiner, U., 2001. Site management effects on soil microbial properties of subalpine meadows: a study of land abandonment along a north-south gradient in the European Alps. *Soil Biology and Biochemistry* 33: 639-649.
- Zeller, V., Bahn, M., Aichner, M. and Tappeiner, U., 2000. Impact of land-use changes on nitrogen mineralization in subalpine grasslands in the Southern Alps. *Biology and Fertility of Soils* 31(5): 441-448.

Autoren:

Erich Tasser¹ und Ulrike Tappeiner^{1,2}

¹ Europäische Akademie Bozen

<http://www.eurac.edu/index>

² Universität Innsbruck, Institut für Ökologie

<http://www.uibk.ac.at/ecology/index.html.de>