

Die Verbreitung und Entwicklung der Grünerlenbestände in der Ostschweiz

Barbara Huber Abenis AG (CH)*
Monika Frehner Forstingenieurbüro Frehner (CH)

Expansion and development of Green Alder stands in eastern Switzerland

In many subalpine regions of Switzerland, the Green Alder (*Alnus viridis*) is expanding as summer pastures are abandoned. The Federal Office for the Environment has set up a research project to improve the understanding of the characteristics of Green Alder and the consequences of its expansion. This project is based on a literature search, interviews with experts and GIS-based analysis of the past and present occurrence of Green Alder in three areas of eastern Switzerland. The results show that Green Alder is present at all exposures in the research areas. It is not lime-intolerant, but is less present on well drained basic subsoils. It is much more widespread than hitherto believed. In the canton of Glarus as well as in the Surselva, the area of Green Alder stands has doubled in the past 75 years. Only a few have developed to high forest stands. Therefore Green Alder stands should be considered, at least in their optimum oceanic sites, as permanent association, and not pioneer forests. In many places a broad belt of Green Alder has developed at the upper treeline, which is preventing the establishment of other species (e.g. Spruce) which might be possible because of climate change. Without intervention, the Green Alder stands will in all likelihood continue to expand over the coming decades. The areas affected by this expansion should be identified as of now, and a decision taken as to whether or not to tolerate this expansion. It is important that planning measures (agriculture, forestry, regional development) be taken early enough.

Keywords: *Alnus viridis*, expansion of forest area, shrub forest, invasive species, summer pastures
doi: 10.3188/szf.2013.0087

* Quaderstrasse 7, CH-7000 Chur, E-Mail b.huber@abenis.ch

Die Grünerle (*Alnus viridis*) breitet sich in vielen Gebieten der Schweiz im subalpinen Bereich markant aus. Das Bundesamt für Umwelt (Bafu) unterstützt eine differenzierte Diskussion der Eigenschaften und Auswirkungen der Grünerle. Dazu ist zusätzliches Wissen über diese Strauchart und ihre Ansprüche im subalpinen Bereich nötig. Im vom Bafu in Auftrag gegebenen Forschungsprojekt «Grünerle» wurden daher Antworten auf folgende Fragen gesucht:

- Wie hat sich die Grünerle im Alpenraum entwickelt?
- Welches ist die ökologische Bedeutung der Grünerlenbestände für Fauna und Flora?
- Verhindert die Grünerle das Aufkommen von Nadelwald? Finden sich Beispiele von (ehemaligen) Grünerlenbeständen, die sich zu Nadelwäldern entwickelt haben oder im Begriff sind, Nadelwälder zu werden?
- Wodurch unterscheiden sich Grünerlenbestände, die sich zu Nadelwald entwickeln, von jenen, die als Grünerlenbestände verharren?

Das Forschungsprojekt beinhaltet eine Literaturrecherche, die Befragung von Experten zu den Eigenschaften und Auswirkungen der Grünerle sowie eigene Untersuchungen zur Verbreitung und Entwicklung der Grünerlenbestände in der Ostschweiz. Im vorliegenden Artikel werden die wichtigsten Erkenntnisse aus dem Projektbericht von Huber & Frehner (2012) zur Entwicklung der Grünerle in der Ostschweiz präsentiert.

Grünerlenbestände werden ab einem Bestockungsalter von 10 bis 20 Jahren zum Waldareal gezählt (Art. 1 Abs. 1c der Verordnung vom 30. November 1992 über den Wald, WaV; SR 921.01). Grünerlengebüsche (*Alnus viridis*, Unterallianz; Delarze & Gonseth 2008) sind eine natürliche, weit verbreitete Pflanzeneinheit. Grünerlen gelten als Pionierpflanzen, können aber auch Klimaxbestände bilden. Der frühere Kahlschlag der subalpinen Fichtenwälder und die Herabsetzung der Waldgrenze zur Schaffung von Kuhalpen begünstigen die Grünerle, indem ihr potenzielles Verbreitungsgebiet vergrössert wurde. Bei der Grünerle handelt es sich um eine ein-



Abb 1 Grünerlenbestände auf der Alp Mugg beim Eingang zum Weisstannental (SG).

heimische, invasive Art, welche sich in optimalen Lagen rasch ausbreitet (Anthelme et al 2007). Dies zeigt sich derzeit im Alpenraum, insbesondere im Bereich der Waldgrenze nach der Aufgabe von Sommerbetrieben. Die Grünerle weist eine effiziente Ausbreitungsstrategie auf: Die Neubesiedlung erfolgt mit einer grossen Anzahl leichter, flugfähiger Samen, die Regenerierung des eigenen Bestandes mit Ablegern. Sie besitzt Wurzelknöllchen, die mithilfe von aktinomyzotischen Bakterien (*Frankia alni*) Luftstickstoff fixieren und den Boden damit anreichern (Delarze & Gonseth 2008). Dies fördert die Bildung von nährstoffliebenden Hochstaudenfluren im Unterwuchs, welche zusätzlich zu den Grünerlen das Aufkommen von Hochwald erschweren oder gar verunmöglichen. Durch Nitratauswaschung kann zudem die Trinkwasserqualität beeinträchtigt werden (Bühlmann 2011).

Der grossflächige Einwuchs der Grünerle ist eine sehr dynamische Landbedeckungsveränderung mit weitreichenden ökologischen Auswirkungen (Abbildung 1). Wie Anthelme et al (2001) zeigen konnten, besteht ein positiver Effekt auf den Artenreichtum von Pflanzen bei einem Grünerlenanteil von 25 bis 50%, darüber wird der Effekt negativ. Für Birkhühner nimmt die Lebensraumqualität hingegen bereits ab einem Grünerlenanteil von 25% rasch ab. Grünerlenbestände sind aufgrund ihrer Unge-störtheit ein beliebter Sommerlebensraum für das Schalenwild (v.a. Rotwild). Das Vorkommen einzelner Grünerlenbestände oberhalb der Waldgrenze verringert die Fluchtdistanz der Wildtiere.

Die Wirkung der Grünerlenbestände auf Naturgefahrenprozesse ist überwiegend positiv: Die Grünerle stabilisiert den Boden und schützt vor

Bodenabtrag (Richard 1995, Stangl 2004). Rutschgefährdete und erosionsanfällige Hänge destabilisiert sie vermutlich weniger als Hochwald mit seinen schweren Bäumen mit hoch liegendem Schwerpunkt. Grünerlenbestände verringern den Oberflächenabfluss (Bunza 1978) und entwässern Hänge. Auf sehr stark verdichteten und häufig bis zur Oberfläche vernässten Böden wurzeln Weisserlen (*Alnus incana*) allerdings deutlich tiefer als die Grünerlen und sind damit besser geeignet für die Armierung der Böden (Rubli 1976). Beim Schneegleiten und bei der Lawinenbildung bestehen unterschiedliche Ansichten über ihre Wirkung (Richard 1995, Rubli 1976), und es zeigt sich, dass es auf die Art der Schneedeckenbildung ankommt (Huber & Frehner 2012). Bei Steinschlag ist die Grünerle bei kleinen Steindimensionen schutzwirksam.¹

Material und Methoden

Die Untersuchungen zur Verbreitung und Entwicklung der Grünerlenbestände in der Ostschweiz wurden in drei Gebieten durchgeführt: 1) im Kanton Glarus, 2) im südlichen Teil des Kantons St. Gallen (Weisstannen-, Tamina-, Calfeisen- und Cholschlagtal) und 3) in der Region Surselva im Kanton Graubünden. Im Kanton Glarus erfolgten die Auswertungen mithilfe der Bestandeskartierung (Kantonsforstamt Glarus; Felddaufnahmen 1997–2007) und der Waldstandortkartierung (Kägi;² Felddaufnahmen 2003–2007). Im Kanton St. Gallen wurde die Waldstandortkarte (Frehner et al;³ Felddaufnahmen 1990–2011) beigezogen und in der Surselva die Waldschadenkartierung des Projektes Sanasilva (Amt für Wald Graubünden; Infrarot-Luftbilder der Jahre 1985–1991). Da die Waldschadenkartierung nicht flächendeckend durchgeführt wurde, sondern sich auf das Haupttal und auf die Waldflächen eingangs der Seitentäler beschränkte, umfasst der untersuchte Perimeter nur einen Teil der Surselva. Mindestens 1800 ha Grünerlenbestände liegen entsprechend dem historischen Kartenmaterial von Hager (1916) ausserhalb der Untersuchungsfläche, und zwar vor allem in den spärlich bewaldeten Seitentälern und an der oberen Waldgrenze. Als Flächenvergleich dient jeweils die Gesamtwaldfläche der Gebiete. Diese beinhaltet sowohl den Hochwald als auch den Gebüschwald.

1 Laufende Doktorarbeit von Oliver Jancke, vgl. auch <http://www.irstea.fr/sites/default/files/ckfinder/userfiles/files/Taillis%20protection%20chutes%20pierres.pdf> (5.2.2013)

2 KÄGI B. Pflanzensoziologische Kartierung der Wälder im Kanton Glarus. Erstellt im Auftrag der Abteilung Wald und Naturgefahren des Kantons Glarus in den Jahren 1986 bis 2000.

3 FREHNER M, FREY HU, BURNAND J, PREISWERK T. Waldstandortkarten des Kantons St. Gallen. Erstellt im Auftrag des Kantonsforstamtes St. Gallen in den Jahren 1990–2011.

Der Kanton Glarus, das Weisstannental, das Cholschlagtal und der obere Teil des Calfeisental gehören zu den nördlichen Randalpen und sind durch ozeanisches Klima geprägt. Durch häufige Staulagen erreichen die jährlichen Niederschlagssummen durchschnittlich mehr als 1200 mm auf 1000 m ü. M. (Frehner et al 2009). Die Surselva, das Taminatal und das untere Calfeisental liegen in den nördlichen Zwischenalpen, welche von den Randalpen klimatisch abgeschirmt sind. Der Unterschied zu den nördlichen Randalpen liegt hauptsächlich in der jährlichen Niederschlagsmenge, welche auf 1000 m ü. M. weniger als 1200 mm beträgt. Das Klima hat einen ozeanischen (Seitentäler) bis kontinentalen Charakter (Tallagen).

In allen drei Untersuchungsgebieten wurden mithilfe von GIS-Analysen die heutigen Flächen der Grünerlenbestände ermittelt. Im Kanton Glarus und in der Surselva wurden zudem die historische Entwicklung verfolgt (Vergleich mit historischem Kartenmaterial von Hager 1916 respektive Wirz-Luchsinger 1928) und die inzwischen zu Hochwald ge-

wordenen ehemaligen Grünerlenbestände erfasst. Auf eine Verifizierung der Flächen im Gelände wurde verzichtet. Die Flächen wurden unterteilt in «konstante Grünerlenbestände seit 1928/1916», «neu hinzugekommene Grünerlenbestände seit 1928/1916» und «aktuell Hochwald, 1928/1916 Grünerlenbestände». Ebenfalls wurden die aktuell von Grünerlen besiedelten Standorte bezüglich ihrer Exposition, Höhenlage und Geologie untersucht. Bei Letzterer wurden die geologischen Einheiten (anhand geologischer und tektonischer Karten von Swisstopo) gutachtlich nach den folgenden Unterlagen gruppiert: Quartär, Moräne, Molasse, sauer durchlässig, sauer schwer, basisch durchlässig und basisch schwer.

Ergebnisse und Diskussion

Flächen und geografische Verbreitung – erklärbar anhand von Klimacharakteren?

In der Surselva (Projektperimeter) und dem Kanton Glarus bestehen aktuell Grünerlenflächen

	Kanton Glarus	Surselva (GR; nur Flächen innerhalb WSK-Perimeter)	Cholschlagtal (SG)	Weisstannental (SG)	Taminatal (SG)	Calfeisental (SG)
Gesamtwaldfläche inkl. Gebüschwald	20 878 ha	14 884 ha	466 ha	3110 ha	3579 ha	785 ha
Fläche des aktuellen Grünerlenbestandes	2536 ha	2542 ha	89 ha	702 ha	191 ha	228 ha
Anteil Grünerlen (aktuell) an Gesamtwaldfläche	12%	17%	19%	22%	5%	28%
Fläche der Grünerlenbestände 1928/1916	1307 ha	1126 ha				
Zunahme Grünerlenfläche im Vergleich zu 1928/1916	94% seit 1928	126% seit 1916				
Konstante Grünerlenbestände seit 1928/1916	1100 ha	766 ha				
Aktuell Hochwald, 1928/1916 Grünerlenbestände	bei 18 ha wahrscheinlich (1%)	bei 53 ha wahrscheinlich (5%)				
Exposition des aktuellen Grünerlenbestandes im Vergleich zur Gesamtwaldfläche	hohe Anteile in N-, NE- und NW-Lagen	hohe Anteile in N-, NE-, E-, W- und NW-Lagen	hohe Anteile in N-, E-, W- und NW-Lagen	hohe Anteile in N-, NE-, E-, SW-, W- und NW-Lagen	Anteile mit über 10% in N- und NE-Lagen	hohe Anteile in N-, NE-, E-, SW-, W- und NW-Lagen
Höhenlage, ab welcher der aktuelle Grünerlenbestand mind. 1/3 der Gesamtwaldfläche einnimmt	ab 1600 m ü. M.	ab 1700 m ü. M.	ab 1700 m ü. M.	ab 1700 m ü. M.	ab 1800 m ü. M.	ab 1700 m ü. M.
Geologie: Anteil aktuelle Grünerlenbestände im Vergleich zur Gesamtwaldfläche pro geologischer Unterlage	geol. Karte 1:25 000	tektonische Karte 1:500 000	geol. Karte 1:50 000	geol. Karte 1:50 000	geol. Karte 1:50 000	geol. Karte 1:50 000
sauer durchlässig	17%	16%	11%	23%	0	0
sauer schwer	0	0	0	0	keine %-Angabe möglich (35.3 ha)	0
basisch durchlässig	8%	15%	8%	7 %	1%	8%
basisch schwer	24%	0	0	22%	6%	28%

Tab 1 Ergebnisse zum Grünerlenvorkommen in den drei Untersuchungsgebieten. WSK-Perimeter: Perimeter der Waldschadenkartierung. Für detaillierte Angaben zur Herleitung der Werte siehe Huber & Frehner (2012).

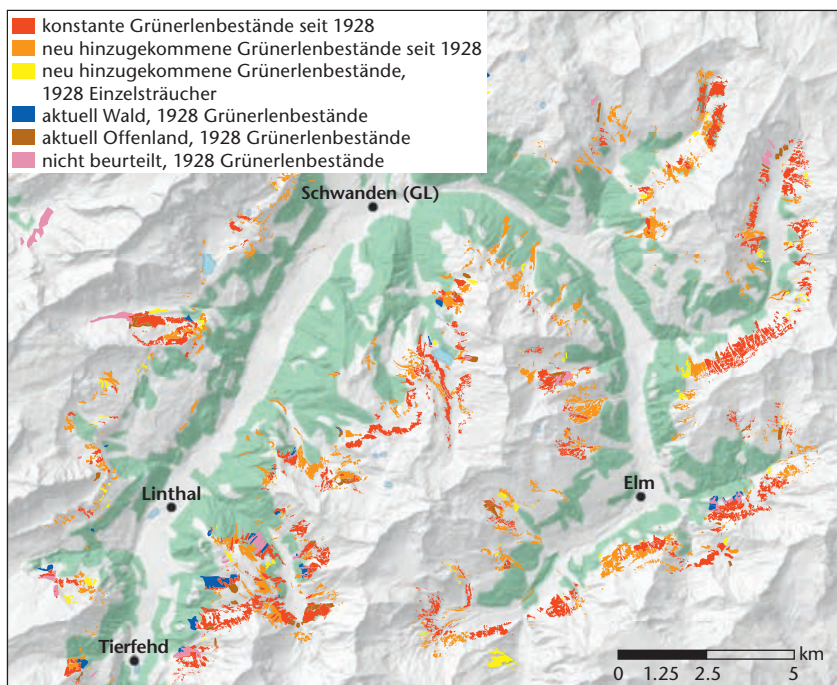


Abb 2 Lage der Grünerlenbestände im Kanton Glarus. Kartengrundlagen © Swisstopo

von je rund 2500 ha (Tabelle 1). In den Südtälern des Kantons St. Gallen sind es rund 1200 ha (wobei hier auch Flächen mit Übergängen zu Offenland dazurechnet werden). Der aktuelle Grünerlenanteil an der Gesamtwaldfläche beträgt im Kanton Glarus 12%, im Kanton St. Gallen ist er in drei der vier untersuchten Täler wesentlich höher (19–28%) und liegt nur im Taminatal mit rund 5% deutlich tiefer. In der Surselva beträgt der Grünerlenanteil innerhalb des Waldschadenperimeters 17%. Würde man die nicht beurteilten Flächen dazurechnen, läge er wahrscheinlich weit über 30%. Im Vergleich scheint der Grünerlenanteil im Kanton Glarus eher tief zu liegen. Berücksichtigt man jedoch, dass sich im Kanton Glarus die Waldfläche bis in submontane Lagen ausdehnt und die Grünerle vor allem in höheren Lagen vorkommt, ist dieser Anteil trotzdem relativ hoch.

Im Kanton Glarus ist die Grünerle im Norden weniger stark verbreitet als im Süden (Abbildung 2). Im Norden befindet sie sich aber in Ausbreitung. In der Surselva ist sie vor allem im oberen Teil und in den Seitentälern stark verbreitet, gegen Ilanz hin nimmt sie allmählich ab (nicht dargestellt).

Sowohl in den ozeanischen nördlichen Randalpen (Glarus, Weisstannen-, Cholschlag- und oberes Calfeisental) als auch den eher kontinental geprägten nördlichen Zwischenalpen (Surselva, unteres Calfeisental) ist die Grünerle weit verbreitet. Dies zeigt, dass die Verbreitung nicht auf subozeanische Gebiete eingeschränkt werden kann, wie dies Landolt et al (2010) und Lauber et al (2012) tun.

Richard (1969) stellte fest, dass die Grünerle im Sommer über 200 mm Wasser pro Monat verbraucht. Dieser Wert wird nur im Kanton Glarus und in Weisstannen erreicht, nicht aber in der Surselva

und in Vättis (Taminatal). Neben dem Niederschlag gibt es aber noch weitere Wasserlieferanten. So führt eine lange Schneebedeckung, wie dies im Kanton Glarus und im Weisstannental der Fall ist, zu guter Wasserversorgung bis in den Frühsommer. Auch kann das Vorhandensein von höher gelegenen Gletschern und Firnfeldern (Hager 1916, Wettstein 1999) das Vorkommen der Grünerle auch in kontinentalen Lagen fördern. Hohe Luftfeuchtigkeit, kühle Winde (z.B. Talwinde) und Nebel wirken ebenfalls günstig. Daneben schützt eine lange Schneebedeckung wesentlich vor Spätfrösten, Trockenstress und Temperaturextremen und verhindert das Aufkommen von Baumarten, die anfällig auf pathogene Schneepilze sind (z.B. Fichte).

Typisch für alle drei Untersuchungsgebiete ist die starke Verbreitung der Grünerle in den hinteren Tallagen. Zusätzlich zu den oben erwähnten Faktoren kann dies an der tiefer gelegenen oberen Waldgrenze (aufgrund von Kälteseen und kühlen Talwinden) und am meist grossen Anteil an Flächen im Transitbereich von Lawinen liegen (kein Aufkommen von Hochwald möglich). Auch ist der Flächenanteil an Sömmerungsbetrieben meist grösser, und damit besteht ein grosses Potenzial an zu besiedelnden Flächen. Zudem wurde früher den in diesen abgelegenen Lagen vorkommenden Hochwäldern oft weniger Sorge getragen, da sie keine oder nur geringe Schutzfunktion erfüllen mussten. Häufig sind denn auch nur noch wenige Reliktstandorte von Waldbäumen und damit eine geringe Anzahl Samenbäume vorhanden. Damit werden die Grünerlen kaum durch Bäume konkurrenziert.

Grosse Flächenzunahme und Bildung von Grünerlengürteln an der oberen Waldgrenze

In rund 75 Jahren verdoppelten sich die Grünerlenbestände sowohl im Untersuchungsperimeter in der Surselva (Zunahme um 126%) als auch im Kanton Glarus (Zunahme um 94%; Tabelle 1). Daraus wird deutlich ersichtlich, dass sich die Grünerle schneller ausbreitete, als dass sie durch aufkommenden Hochwald ersetzt werden konnte. Auch in den Südtälern des Kantons St. Gallen hat die Grünerle in den letzten Jahrzehnten vermutlich stark zugenommen, da ein Grossteil der Grünerlenbestände an der oberen Waldgrenze liegt und vor allem vergangende Sömmerungsgebiete bestockt.

Im Nordwestteil des Kantons Glarus gibt es kaum alte, dafür viele neue Grünerlenflächen. Das deutet darauf hin, dass die Grünerle ein grosses Ausbreitungspotenzial aufweist und sie wie viele andere Pionierpflanzen mehrere Kilometer weit entfernte Gebiete besiedeln kann.

Die Grünerle ist heute in allen drei Gebieten vor allem auf der subalpinen Stufe und oberhalb der aktuellen oberen Waldgrenze verbreitet (Tabelle 1). In diesen Lagen hatte die Grünerle entweder vor

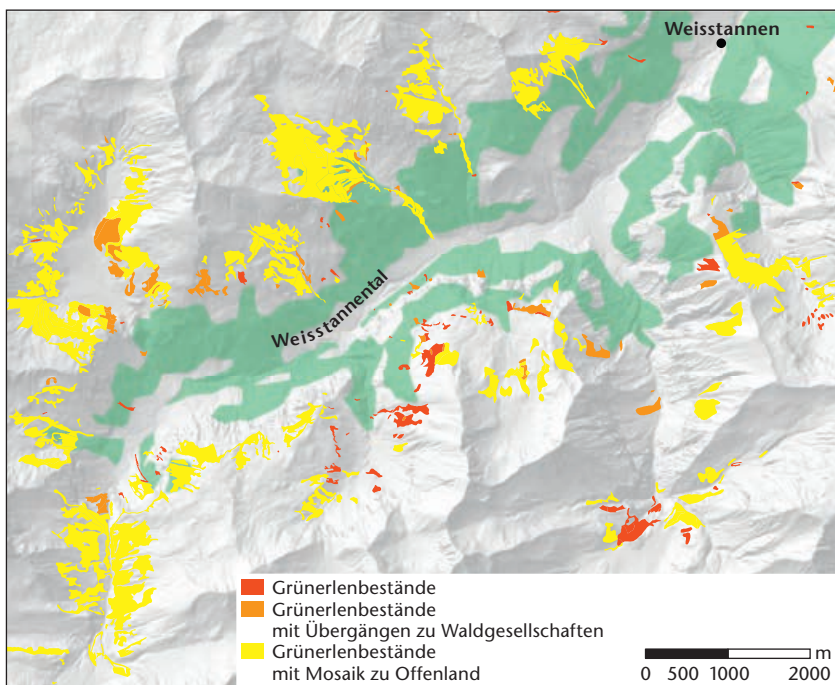


Abb 3 Grünerlenbestände im Weisstannental (SG). Kartengrundlagen © Swisstopo

75 Jahren bereits Bestand, oder sie ist seither eingewachsen. Ein Einwachsen von Grünerlenflächen zu Hochwald war selten festzustellen. Im Vergleich dazu sind die tiefer gelegenen Grünerlenflächen eher häufiger zu Hochwald geworden. Zwar weisen die Grünerlenbestände in tieferen Lagen einen höheren Zuwachs und eine grössere Bestandeshöhe auf als in der Waldgrenzregion (Wettstein 2001), aber die Konkurrenzkraft des Hochwaldes ist hier deutlich grösser als jene der Grünerle.

Die Flächenzunahme erfolgt in allen Gebieten vor allem an der oberen Waldgrenze. In den Südtälern des Kantons Glarus (Abbildung 2), aber auch in vielen Gebieten in der Surselva und im Weisstannental (Abbildung 3) befindet sich bereits heute an sehr vielen Lagen der oberen Waldgrenze ein geschlossener Grünerlengürtel, welcher in Hangrichtung bis zu mehrere 100 m breit werden kann (z.B. im Chrauchtal oder im Raminatal östlich von Elm). Dieser wird vielerorts den wegen des Klimawandels prognostizierten Anstieg der aktuellen Hochwaldgrenze verhindern, falls die Grünerlenbestände ein genügendes Verharrungsvermögen besitzen. Grünerlen schaffen ihr eigenes, ausgeglichenes Bestandesinnenklima (Wettstein 1999), vergrössern die Luftfeuchtigkeit im Bestand und reichern Nährstoffe im Boden an. Baumarten, welche aufgrund sich ändernder Konkurrenzverhältnisse nach oben ausweichen müssen und sich wegen ihrer Klimaresistenz für die Besiedlung der höheren Lagen eignen würden, können zwischen den nachrückenden, konkurrenzstärkeren Baumarten und dem Grünerlengürtel auf kleine Restbestände zurückgedrängt werden oder ganz verschwinden. Sie fehlen somit künftig als Samenbäume. Dies ist ein deutliches Zeichen dafür,

dass den Samenbäumen und den Reliktwäldchen Sorge getragen werden muss.

Die oft publizierte Hypothese, dass die Grünerle die potenzielle Hochwaldgrenze anzeigt und auf ehemaligen Fichtenstandorten stockt (z.B. Hager 1916, Delarze & Gonseth 2008), scheint im Kanton Glarus nicht zuzutreffen. Hier liegt die obere Grenze der Grünerlenbestände heute rund 200 Meter höher als die obere Waldgrenze (im Bereich der Sömmerungsgebiete anthropogen beeinflusst, bei steilen Flanken aber noch weitgehend natürlich). Im Weisstannental kam Perret (2005) zum Schluss, dass die Grünerle etwa 70 m weit über die klimatische Fichtenwaldgrenze steigt. Nach Frey (mündliche Mitteilung) ist dies auch im hinteren Calfeisental und in den Gebieten Vasöner Äpli und Mülitobel im Taminal der Fall. Für die Surselva können dazu keine Aussagen gemacht werden, da die Waldschadenkarte nur bis 2000 m ü. M. reicht.

Exposition – nicht nur Nordhänge werden besiedelt

Die aktuellen Grünerlenbestände sind im Kanton Glarus am stärksten in Nordwest- bis Nordostlagen, in der Surselva in West- bis Ostlagen und in den St. Galler Tälern in Nord- bis Ostlagen verbreitet (Tabelle 1). Aber überall finden sich auch ansehnliche Flächen in Südost- bis Südwestlagen: In Glarus sind es 15% der Flächen, in der Surselva 19% und in den vier Tälern des Kantons St. Gallen insgesamt 23%. Diese Resultate zeigen, dass die Grünerle weniger stark an Nordhänge gebunden ist, als bisher angenommen wurde (z.B. Delarze & Gonseth 2008, Körner & Hilscher 1978).

Die konstanten Grünerlenbestände sind ausgeprägter in West- bis Ostlagen verbreitet, während die neu hinzugekommenen Flächen viel breiter gestreut sind. Dabei stocken diese neuen Grünerlenbestände (meist vergandende Alpweiden) zum Teil wohl in für sie suboptimalen Lagen, sie hatten aber auch dort aufgrund der fehlenden Konkurrenz (keine Samenbäume in der näheren Umgebung) die Chance, sich zu etablieren.

Im Kanton Glarus scheint bei Flächen in Südwest- bis Nordostlage eher Hochwald aufkommen zu können als in Ost- bis Südlagen, in der Surselva eher in Nordost- bis Südostlagen und Südwest- bis Westlagen. Dies zeigt, dass sich Grünerlenflächen in suboptimalen Lagen eher zu Hochwald entwickeln können.

Geologie – die Grünerle ist nicht unbedingt kalkmeidend

Die Grünerle ist in den Untersuchungsgebieten gegenüber dem Gesteinsboden mehr oder weniger indifferent. Sie stockt weder nur auf kalkarmen Böden (Wirz-Luchsinger 1928, Landolt 1992), noch ist sie ein Säurezeiger (Lauber et al 2012, Landolt et

al 2010). Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass Grünerlen basisch schwere und sauer durchlässige geologische Unterlagen bevorzugen (Tabelle 1). Vorkommen können sie aber überall, auch auf basisch durchlässigen geologischen Unterlagen. Sauer schwere geologische Unterlagen kommen im Gebiet fast nicht vor, das Vorkommen der Grünerle auf diesen konnte deshalb nicht beurteilt werden.

Eine basisch schwere geologische Unterlage hat nicht immer einen kalkreichen Boden zur Folge. Diese Unterlagen verwittern relativ rasch, und die Verwitterung wird durch die Grünerle noch gefördert. Damit sinkt die Kalkgrenze, und es entstehen gut entwickelte Böden, ausser in steilen Lagen, wo die Kalkgrenze näher an der Oberfläche bleibt. Im Gegensatz dazu weisen die basisch durchlässigen geologischen Unterlagen wenig entwickelte Böden auf, die sich durch die Kalkgrenze nahe der Oberfläche und eine gute Wasserdurchlässigkeit auszeichnen. Bei den basisch durchlässigen Unterlagen gibt es Gesteinsarten, welche von der Grünerle eher gemieden oder nicht häufig besiedelt werden, so der Malmkalk, der Nummulitenkalk und der Schratzenkalk, alles massige Kalke mit sehr hohem Kalk- und tiefem Tonanteil, aus denen sich Böden mit einem geringen Wasserrückhaltevermögen bilden.

Nach Delarze & Gonseth (2008) kommen Grünerlenbestände besonders häufig in den Schieferzonen der Alpennordseite vor. Allerdings muss das häufige Auftreten der Grünerle auf Wildflynch (besonders im Kanton Glarus, im Weisstannen-, Calfeisen- und Taminatal) und auf Bündnerschiefer nicht ein Zeichen für ihre Vorliebe sein. Es kann auch die Folge davon sein, dass der Hochwald gerade auf den sanften Hängen des Bündnerschiefers den Weideflächen weichen musste und diese Standorte heute nach Aufgabe der Beweidung vermehrt durch die Grünerle besiedelt werden.

Aus Grünerlenflächen entstandener Hochwald kommt nur selten auf Schiefer oder Mergel vor. Auf diesen gut verwitterbaren Unterlagen, auf denen sich nährstoffreiche Böden mit üppiger Bodenvegetation bilden, kann sich die Fichte nur schwer neu ansiedeln. Dies könnte bedeuten, dass Grünerlenbestände auf basisch schweren geologischen Unterlagen eher verharren, während sie auf basisch durchlässigen und sauer durchlässigen eher vom Hochwald verdrängt werden.

Verhindert die Grünerle das Aufkommen von Hochwald?

Oft wird die Meinung vertreten, dass Grünerlenbestände von Fichtenwäldern abgelöst werden (z.B. Spatz et al 1978, Mayer & Ott 1991), dass es sich bei den Grünerlenbeständen also um ein Pionierstadium handle. Von einigen Autoren wurde das Aufkommen von Nadelwald belegt. Dies betrifft aber andere Untersuchungsgebiete und Klimaregionen (z.B.

Höchtl et al 2005), meist einzelne Bestände (Bahn et al 1994, Spatz et al 1978, Körner & Hilscher 1978) oder Grünerlenbestände ohne Hochstauden. Die Grünerle gilt aus forstlicher Sicht als Bodenverbesserer, da sie die Bodenbildung und die Durchlüftung des Bodens fördert und den Boden mit Stickstoff anreichert. Früher wurde die Grünerle daher als Vorbauart empfohlen (Bischoff 1987, Mayer & Ott 1991, Dokumentation von solchen Flächen in Hahn 2011).

Die GIS-Analysen haben gezeigt, dass im Kanton Glarus innerhalb von 75 Jahren lediglich rund 1% und in der Surselva etwa 5% der ursprünglichen Grünerlenbestände zu Hochwald geworden sind (Tabelle 1; wahrscheinlicher Einwuchs, keine Überprüfung im Feld). Damit dürfen zumindest in unseren Untersuchungsgebieten die Grünerlenbestände kaum als Pionierstadium mit Sukzession zu Hochwald betrachtet werden.

Ausserhalb der lawinenbeeinflussten Lagen vermuten wir aufgrund unserer Arbeit in den Untersuchungsgebieten, dass

- auf für Grünerlen optimalen, ozeanischen Standorten die Grünerle als Dauergesellschaft verharret und aufgrund ihrer grossen vegetativen Vitalität und effizienten Vermehrung/Regenerierung kein Hochwald aufkommen kann;
- auf suboptimalen, ozeanischen Standorten (Kuppen, flachgründige Lagen etc.) eine Entwicklung zu Hochwald eher möglich ist;
- in tieferen Lagen dank den vorhandenen Samenbäumen und vor allem bei kleinflächigeren Grünerlenbeständen es für den umliegenden Hochwald einfacher ist, den Bestand wieder zu schliessen;
- in noch stärker kontinentalen Lagen auf für Grünerlen suboptimalen Standorten ein Einwuchs zu Hochwald gut möglich ist (dies müsste aber noch überprüft werden).

Bei ingenieurb biologischen Massnahmen mit Grünerlen sollte man sich bewusst sein, dass man wahrscheinlich eine Dauergesellschaft pflanzt, was allerdings nicht negativ sein muss.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Ausbreitung der Grünerle schreitet in der Ostschweiz schnell voran und betrifft nicht bloss Gebiete, in welchen Lawinen den Einwuchs von Hochwald verhindern. Die Grünerle besiedelt nicht nur für sie optimale Lagen wie beispielsweise nord-exponierte, luftfeuchte Runsen, sondern breitet sich seit einigen Jahrzehnten vermehrt auch in suboptimalen Lagen in aufgegebenen Sömmerungsgebieten und auf Wildheufeldern aus. Die Standortansprüche der Grünerle sind weniger eng umgrenzt als bisher angenommen.

Die Grünerle verhindert in den Untersuchungsgebieten das Aufkommen von Hochwald



Abb 4 Beweidung mit Ziegen zur Bekämpfung der Grünerle. Bei Furt, oberhalb Wangsvilters (SG).

weitgehend, mindestens auf jenen Flächen, wo sie schon lange vorkommt. Für die in den letzten Jahrzehnten neu eingewachsenen Grünerlenflächen (z.T. in suboptimalen Lagen) kann mit dieser Untersuchung noch nicht beurteilt werden, wie stark der Hochwald einwachsen wird. Gleichzeitig fehlen jedoch in diesen Gebieten je länger, je mehr die Samenbäume des Hochwaldes.

Die Grünerle ist in weiten Bereichen der Untersuchungsgebiete im Begriff, an der oberen Waldgrenze einen zum Teil bis zu mehreren 100 m breiten Gürtel zu bilden. Es wird derzeit erwartet, dass dieser ein Höhersteigen der Waldbäume im Zuge des Klimawandels vielerorts verhindern wird.

Die Ausbreitung der Grünerlenbestände wird ohne Gegenmassnahmen in den nächsten Jahrzehnten sehr wahrscheinlich noch weiter zunehmen, insbesondere aufgrund der grossflächig frei werdenden und besiedelbaren Böden im Zuge der Aufgabe von Sömmerungsgebieten. Die Grünerlen sollten im ozeanischen Bereich nicht als temporäres Pionierstadium angesehen (und somit unterschätzt) werden, sondern als Dauergesellschaft in der Planung berücksichtigt werden. Es sollte daher frühzeitig bestimmt werden, wo eine Ausbreitung der Grünerle zugelassen werden kann und wo sie mit land- oder forstwirtschaftlichen Massnahmen eingeschränkt werden soll. Mögliche landwirtschaftliche Massnahmen zur Bekämpfung der Grünerle sind die Anpassung der Weidenutzung und das Zurückdrängen des Aufwuchses, beispielsweise mit Ziegen (Abbildung 4). Mögliche forstliche Massnahmen sind das Schützen und Verjüngen von Reliktwäldchen an der Peripherie sowie der Erhalt und das Aufbringen von Samenbäumen, allenfalls mit Stützpunktpflanzungen. Zudem kann bei rückläufiger Bestossung oder Aufgabe

von Sömmerungsgebieten in nicht lawinengefährdeten Lagen der Einwuchs der Alpweiden gelenkt werden, indem die gewünschten Baumarten wie die Fichte gefördert werden, bis die Grünerle keine Konkurrenz mehr darstellt.

In diesem Zusammenhang sind auch die politischen Prozesse im Rahmen der Anpassung der Waldgesetzgebung aufgrund der parlamentarischen Initiative 09.474 «Flexibilisierung der Waldflächenpolitik» und die im Parlament diskutierte Agrarpolitik 2014–2017 wichtig (BBl 2012 2075).

Eingereicht: 15. November 2012, akzeptiert (mit Review): 6. Februar 2013

Dank

Wir bedanken uns beim Bafu für die Unterstützung unserer Forschung, bei den Kantonen für die Bereitstellung der Daten und bei den befragten Fachpersonen für ihre wertvollen Auskünfte.

Literatur

- ANTHELME F, GROSSI JL, BRUN JJ, DIDIER L (2001) Consequences of green alder expansion on vegetation changes and arthropod communities removal in the northern French Alps. *For Ecol Manage* 145: 57–65.
- ANTHELME F, VILLARET JC, BRUN JJ (2007) Shrub encroachment in the Alps gives rise to the convergence of sub-alpine communities on regional scale. *J Veg Sci* 18: 355–362.
- BAHN M, CERNUSCA A, INDRIST M, KIRCHER F, TAPPEINER U (1994) Bestandesstruktur und Ökophysiologie von Grünerlen unterschiedlichen Alters. *Verh Ges Ökol* 23: 19–22.
- BISCHOFF N (1987) Begründung und pflegliche Nutzung von Gebirgswäldern: ein Lesebuch als Leitfaden. Bern: Eidgenössische Druck- und Verlagsanstalt. 379 p.
- BÜHLMANN T (2011) *Alnus viridis* increases the nitrogen concentration in the soil solution and leachate in the Swiss Alps. Basel: Universität Basel, Master Thesis. 34 p.
- BUNZA G (1978) Vergleichende Messungen von Abfluss und Bodenabtrag auf Almflächen des Stubnerkogels im Gasteiner Tal. In: Cernusca A, editor. *Oekologische Analysen von Almflächen im Gasteiner Tal*. Innsbruck: Wagner. pp. 315–334.
- DELARZE R, GONSETH Y (2008) Lebensräume der Schweiz. Ökologie – Gefährdung – Kennarten. Bern: Ott. 424 p.
- FREHNER M, BURNAND J, CARRARO G, FREY HU, LÜSCHER P (2009) Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Anhang 2A. Bern: Bundesamt Umwelt, Vollzug Umwelt.
- HAGER PK (1916) Erhebungen über die Verbreitung der wildwachsenden Holzarten im Voderreithal (Kanton Graubünden). Bern: Buechler. 331 p.
- HAHN P (2011) Zeitspuren im Entlebuch. Waldentwicklung und Landschaftswandel im 20. Jahrhundert. Bern: Haupt. 191 p.
- HOECHTL F, LEHRINGER S, KONOLD W (2005) Kulturlandschaft oder Wildnis in den Alpen? Fallstudien im Val Grande-Nationalpark und im Stronatal (Piemont/Italien). Bern: Haupt. 629 p.
- HUBER B, FREHNER M (2012) Forschungsprojekt Grünerle. Bericht erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (Bafu). Abenis AG Chur und Forstingenieurbüro Monika Frehner, Sargans. 193 p.

- KOERNER C, HILSCHER H (1978)** Wachstumsdynamik von Grünerlen auf ehemaligen Almflächen an der zentralalpiner Waldgrenze. In: Cernusca A, editor. Oekologische Analysen von Almflächen im Gasteiner Tal. Innsbruck: Wagner. pp. 187–193.
- LANDOLT E (1992)** Unsere Alpenflora. Brugg: SAC. 318 p.
- LANDOLT E ET AL (2010)** Flora indicativa. Oekologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. Bern: Haupt. 378 p.
- LAUBER K, WAGNER G, GYGAX A (2012)** Flora Helvetica. Bern: Haupt. 1656 p.
- MAYER H, OTT E (1991)** Gebirgswaldbau – Schutzwaldpflege: ein waldbaulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz. Stuttgart: Fischer. 587 p.
- PERRET R (2005)** Standortmerkmale, Strukturen und Dynamik des Waldgrenzökotons im Weisstannental (östliche Schweizer Voralpen, Kt. St. Gallen). Zürich: Univ Zürich, mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät, Dissertation. 201 p.
- RICHARD L (1969)** Une interprétation éco-physiologique de la répartition de l'aune vert (*Alnus viridis*). Doc. Carte Vég. Alpes 7: 7–23.
- RICHARD L (1995)** Ecologie des mégaphorbiaies subalpines à aune vert de la Vanoise et des régions environnantes (seconde partie) – Phytoécologie. Trav Sci Parc Nat Vanoise 19: 131–160.
- RUBLI D (1976)** Waldbauliche Untersuchungen in Grünerlenbeständen. Beih Schweiz Z Forstwes: 56. 81 p.
- SPATZ G, WEIS B, DOLAR DM (1978)** Der Einfluss von Bewirtschaftungsänderungen auf die Vegetation von Almen im Gasteiner Tal. In: Cernusca A, editor. Oekologische Analysen von Almflächen im Gasteiner Tal. Innsbruck: Wagner. pp. 163–180.
- STANGL R (2004)** Ingenieurbiologische Hangsicherungsmassnahmen in Wildbacheinzugsgebieten – Bestandesentwicklung und langfristige Wirksamkeit. Klagenfurt: Internationale Forschungsgesellschaft Interpraevent, Tagungspublikation Internationales Symposium Interpraevent 2004, Band 1 (3). pp. 295–305.
- WETTSTEIN S (1999)** Grünerlengebüsch in den Schweizer Alpen. Ein Simulationsmodell aufgrund abiotischer Faktoren und Untersuchungen über morphologische und strukturelle Variabilität. Bern: Universität Bern, philosophisch-naturwissenschaftliche Fakultät, Diplomarbeit. 62 p.
- WETTSTEIN S (2001)** Der Einfluss abiotischer Faktoren auf die Morphologie der Grünerle. Bot Helv 111: 31–44.
- WIRZ-LUCHSINGER H (1928)** Erhebungen über die Verbreitung der wildwachsenden Holzarten im Kanton Glarus. Bern: Eidgenössisches Departement Innern. 130 p.

Die Verbreitung und Entwicklung der Grünerlenbestände in der Ostschweiz

Die Grünerle (*Alnus viridis*) breitet sich infolge der Aufgabe der Sömmerungsgebiete in vielen Gebieten der Schweiz im subalpinen Bereich aus. Um den Stand des Wissens hinsichtlich der Eigenschaften und Auswirkungen der Grünerle aufzuarbeiten, wurde vom Bundesamt für Umwelt ein Forschungsprojekt initiiert. Dieses beinhaltet eine Literaturrecherche, die Befragung von Experten sowie GIS-Analysen in drei Untersuchungsgebieten der Ostschweiz zur heutigen und zur historischen Verbreitung der Grünerle. Die Untersuchungen zeigen, dass die Grünerle in der Ostschweiz in allen Expositionen vorkommt. Sie ist auch nicht kalkmeidend, stockt aber weniger oft auf basisch durchlässigen geologischen Unterlagen. Sie hat damit ein viel breiteres Standortspektrum als bisher vermutet. Sowohl im Kanton Glarus wie auch in der Surselva haben sich die Grünerlenbestände in den letzten 75 Jahren verdoppelt, und nur wenige sind zu Hochwald geworden. Grünerlenbestände sind damit zumindest auf den für sie optimalen ozeanischen Standorten nicht als Pionierphase, sondern als Dauerstadium zu betrachten. Vielerorts haben sich an der oberen Waldgrenze breite Grünerlengürtel gebildet, die weitgehend verhindern, dass Waldbäume (z.B. Fichte) im Zuge des Klimawandels in höhere Lagen aufsteigen können. Ohne Gegenmassnahmen werden sich die Grünerlenbestände in den nächsten Jahrzehnten mit grosser Wahrscheinlichkeit noch weiter ausdehnen. Von dieser Entwicklung betroffene Gebiete sollten bereits heute bezeichnet werden, und es sollte auch entschieden werden, ob man die weitere Ausbreitung der Grünerle zulassen will oder nicht. Wichtig ist, dass möglichst frühzeitig Vorkehrungen seitens der Land-, Forst- und Regionalplanung getroffen werden.

L'extension et le développement de peuplements d'aulnes verts en Suisse orientale

Dans beaucoup de régions subalpines de la Suisse, l'aulne vert (*Alnus viridis*) s'étend en raison de l'abandon des pâturages d'estivage. L'Office fédéral de l'environnement a initié un projet de recherche afin d'améliorer les connaissances concernant les propriétés et les conséquences de l'aulne vert. Ce projet se base sur une recherche de littérature, des entretiens avec des experts ainsi que l'analyse par des SIG de la répartition actuelle et historique de l'aulne vert dans trois zones en Suisse orientale. Les résultats démontrent que l'aulne est présent, en Suisse orientale, sur toutes les expositions. Il n'évite pas les sols calcaires, mais est moins présent sur des sous-sols basiques bien drainés. Il a donc une répartition écologique bien plus étendue que supposée jusqu'à présent. Dans le canton de Glaris tout comme en Surselva, la surface des peuplements d'aulnes verts a doublé ces derniers 75 ans. Rares sont ceux qui se sont développés en futaie. Les peuplements d'aulnes verts sont à considérer ainsi, du moins pour leurs stations optimales océaniques, comme paraclimax stable et non comme forêt pionnière. En maints endroits s'est formée à la limite supérieure de la forêt une large ceinture d'aulnes verts qui empêche l'établissement, devenu possible en raison du changement climatique, d'autres essences forestières (p. ex. épicéa). Sans intervention, les peuplements d'aulnes verts continueront très vraisemblablement à s'étendre encore davantage ces prochaines décennies. Les zones concernées par cette extension devraient être marquées dès aujourd'hui. Il faudra également décider si cette extension devrait être tolérée ou non. Il est important que des mesures soient prises suffisamment tôt de la part de la planification agricole, forestière et régionale.