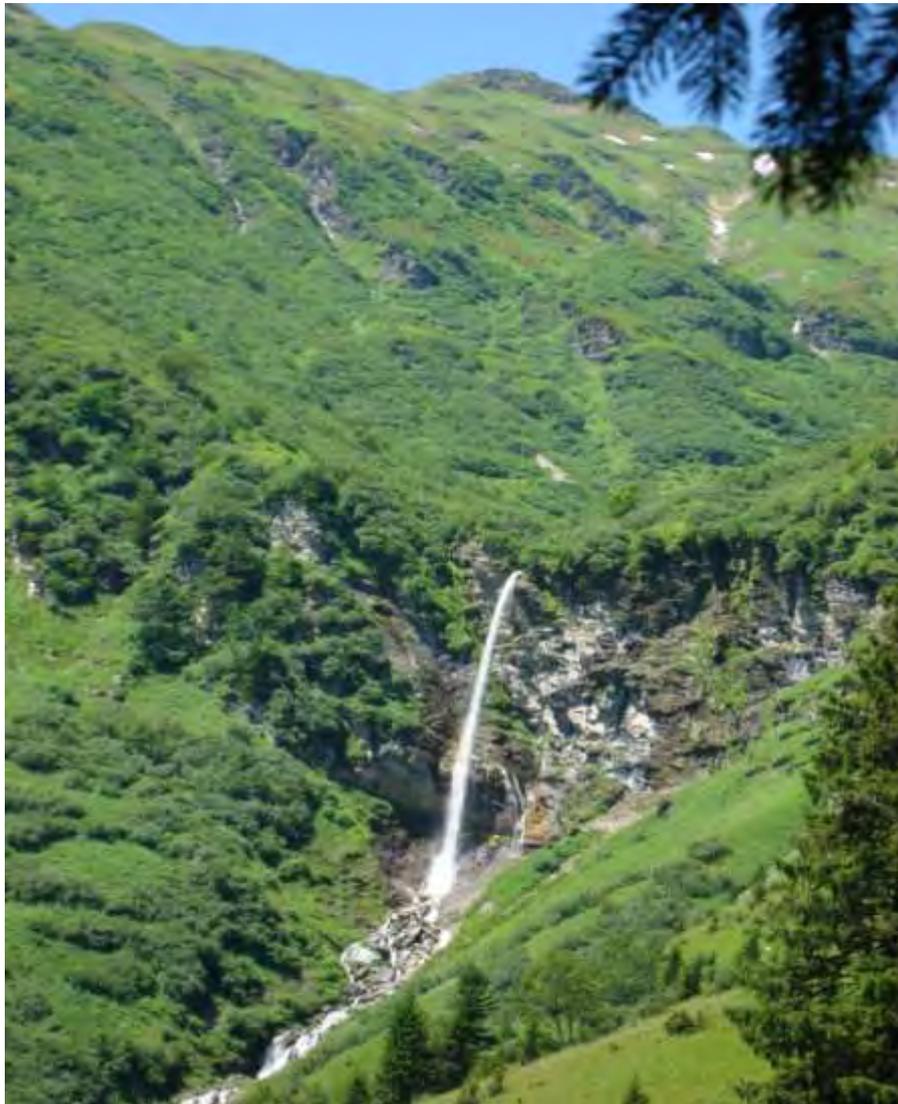


Bericht
Grünerle – Forschungsprojekt



Teil A: Literaturrecherche Grünerle

Teil B: Verbreitung der Grünerle in der Ostschweiz

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Projektverfasser:

Barbara Huber

ABENIS AG

Quaderstrasse 7
7000 Chur

Monika Frehner

Forstingenieurbüro
Sixer 9
7320 Sargans

Chur, 31.08.2012

Impressum

Auftraggeber

Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK). Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Projektgruppe

Barbara Huber, Abenis AG, Chur (Projektleitung, Konzept, Autorin)

Dr. Monika Frehner, Forstingenieurbüro, Sargans (Konzept, Autorin)

Romano Costa, Abenis AG, Chur (Konzept)

Corina Riedi, Abenis AG, Chur (Sachbearbeitung GIS)

Andreas Zischg, Abenis AG, Chur (Sachbearbeitung GIS)

Begleitung BAFU

Silvio Schmid (Leitung), Sabine Augustin, Nicole Imesch, Christian Kuchli, Stephane Losey.

Zitiervorschlag

Huber B., Frehner M. 2012: Forschungsprojekt Grünerle. Bericht erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern. Abenis AG Chur und Forstingenieurbüro Monika Frehner, Sargans.

Inhalt

Bericht Grünerle

Einleitung..... 8

Teil A:

1	Material und Methode	9
1.1	Literaturrecherche.....	9
1.2	Befragung von Spezialisten, Fachleuten.....	10
2	Artbeschreibung und Ökologie der Grünerle (unter besonderer Berücksichtigung der Schweiz)	10
2.1	Systematische Zugehörigkeit und Abgrenzung gegenüber anderen Erlen-Arten (insbesondere <i>Alnus brembana</i>)	11
2.2	Artbeschreibung der Grünerle	12
2.2.1	Morphologie	12
2.2.2	Phänologie	14
2.2.3	Fortpflanzung	14
2.2.4	Wachstum.....	16
2.3	Verbreitung	17
2.3.1	Horizontalverbreitung	17
2.3.2	Vertikalverbreitung	17
2.3.3	Historische Verbreitung / Ausbreitung.....	18
2.3.4	Heutige Ausbreitung der Grünerle infolge anthropogener Einflüsse	19
2.4	Standortsansprüche	20
2.4.1	Zeigerwerte der Grünerle.....	20
2.4.2	Physiologische und ökologische Amplitude	20
2.4.3	Pflanzensoziologische Einheit und Abgrenzung	21
2.4.4	Charakteristische Pflanzenarten des <i>Alnion viridis</i>	21
2.4.5	Detaillierte Standortsansprüche der Grünerle.....	22
2.5	Gefährdungen / Schäden.....	24
2.6	Verhindert die Grünerle das Aufkommen von Wald?.....	26
2.7	Ist die Grünerle eine invasive Art?	29
2.8	Zusammenfassung und Fazit	29
3	Welche Wirkung haben Grünerlenbestände auf Naturgefahrenprozesse?.....	31
3.1	Lawinenbildung, Schneegleiten, Schneeschurf, Kriechschnee.....	31
3.1.1	Hat die Grünerle Probleme mit solchen Standorten?.....	31
3.1.2	Welche Wirkung haben Grünerlenbestände auf Schneegleiten und Lawinenbildung?	31
3.2	Oberflächenabfluss.....	32

3.2.1	Welche Wirkung haben Standorte, welche oft durch Grünerlen besiedelt werden, auf den Oberflächenabfluss?.....	32
3.2.2	Welche Wirkung haben Grünerlenbestände auf den Oberflächenabfluss?	33
3.3	Erosion.....	34
3.3.1	Hat die Grünerle Probleme mit erosionsgefährdeten Standorten?.....	35
3.3.2	Welche Wirkung haben Grünerlenbestände auf das Erosionsvermögen?	35
3.4	Flachgründige Rutschungen	36
3.4.1	Hat die Grünerle Probleme mit solchen Standorten?.....	36
3.4.2	Welche Wirkung haben Grünerlenbestände auf flachgründige Rutschungen?.....	36
3.5	Steinschlag.....	38
3.6	Zusammenfassung und Fazit	39
4	Welches ist die ökologische Bedeutung der Grünerlenbestände?	40
4.1	Floristische Artenvielfalt im Vergleich zu anderen Pflanzengesellschaften.....	40
4.1.1	Seltene und gefährdete Gefässpflanzen	43
4.1.2	Seltene und gefährdete Moose.....	43
4.1.3	Seltene und gefährdete Flechten	44
4.1.4	Seltene und gefährdete Pilze	44
4.2	Untersuchungen zur Artenvielfalt der Fauna	45
4.2.1	Ökologische Bedeutung von Grünerlenbeständen für Säugetiere	46
4.2.2	Ökologische Bedeutung von Grünerlenbeständen für Vögel.....	49
4.2.3	Ökologische Bedeutung von Grünerlenbeständen für Amphibien und Reptilien.....	51
4.2.4	Ökologische Bedeutung von Grünerlenbeständen für Schnecken	51
4.2.5	Ökologische Bedeutung von Grünerlenbeständen für Arthropoden (Gliederfüsser) ...	51
4.3	Zusammenfassung und Fazit	56
Teil B:		
5	Wahl und Beschreibung der Untersuchungsgebiete.....	57
5.1	Gebietsauswahl	57
5.2	Beschreibung der Gebiete	57
5.2.1	Biogeographische Einheiten und Klimacharaktere	57
5.2.2	Geologie.....	60
5.2.3	Vegetationsverhältnisse und Höhenstufen	60
5.2.4	Natürliche und anthropogene obere Waldgrenze	62
6	Material und Methoden	63
6.1	Vorgehen	63
6.1.1	Datengrundlagen.....	63
6.1.2	Vorgehen historische Analyse	65

6.1.3	Auswertung der aktuellen Situation der Grünerlenverbreitung im Kanton St. Gallen .	70
6.1.4	Bestimmung der Gesamtwaldfläche (inkl. Gebüschwald) als Referenzfläche	70
6.1.5	Auswertung der Exposition und Höhenstufen	70
6.1.6	Auswertung der geologischen Eigenschaften	71
6.1.7	Auswertung des Einflusses von Naturgefahren	71
7	Ergebnisse	73
7.1	Kanton Glarus	73
7.1.1	Flächenanteile der Grünerlenbestände 1928 und heute, Kategorienbildung	73
7.1.2	Historische Entwicklung: Welche Flächen wuchsen mit Grünerlen ein?	74
7.1.3	Historische Entwicklung: Welche früheren Grünerlenflächen entwickelten sich zu Wald?.....	74
7.1.4	Geografische Verbreitung	76
7.1.5	Exposition	77
7.1.6	Höhenstufe	78
7.1.7	Geologie.....	80
7.1.8	Grünerlen im Einflussbereich von Naturgefahren	81
7.2	Surselva, Graubünden	82
7.2.1	Flächenanteile der Grünerlenbestände 1916 und in den 90er Jahren, Kategorienbildung	83
7.2.2	Historische Entwicklung: Welche Flächen wuchsen mit Grünerlen ein?	84
7.2.3	Historische Entwicklung: Welche früheren Grünerlenflächen entwickelten sich zu Wald?.....	86
7.2.4	Geografische Verbreitung	87
7.2.5	Exposition	90
7.2.6	Höhenstufe	92
7.2.7	Geologie.....	94
7.2.8	Grünerlen im Einflussbereich von Naturgefahren	96
7.3	Kanton St. Gallen	97
7.3.1	Flächenanteile	97
7.3.2	Geografische Verbreitung	98
7.3.3	Exposition	99
7.3.4	Höhenstufe	101
7.3.5	Geologie.....	103
7.3.6	Grünerlen im Einflussbereich von Naturgefahren	108
8	Diskussion	109
8.1	Übersicht	109
8.2	Flächenanteile und Verbreitung.....	117

8.3	Exposition	118
8.4	Höhenstufe	119
8.5	Geologie.....	119
8.6	Grünerlen im Einflussbereich von Naturgefahren	120
8.7	Diskussion der zu Hochwald werdenden ehemaligen Grünerlenflächen	121
8.7.1	Verhindert die Grünerle das Aufkommen von Nadelwald?	121
8.7.2	Finden sich Beispiele von (ehemaligen) Grünerlenbeständen, die sich in Nadelwälder verwandelt haben oder im Begriff sind Nadelwälder zu werden?.....	122
9	Fazit	123
Zusammenfassung:		
10	Zusammenfassung Teil A und B.....	124
10.1	Ausgangslage	124
10.2	Methodik	124
10.3	Ergebnisse, Folgerungen und Relevanz	125
10.4	Offene Fragen - Forschungsbedarf.....	126

Anhang

Pläne:

Grünerlenbestände im Kanton Glarus (Übersichtskarte 1:75'000).....	129
Grünerlenbestände im Kanton St. Gallen (Übersichtskarte 1:75'000).....	130
Grünerlenbestände in der Surselva, Kanton Graubünden (Übersichtskarte 1:85'000)	131
Grünerlen in Südost-Westlagen in der Surselva – mögliche Bestände von <i>Alnus brembana</i> ? (Übersichtskarte 1:85'000).....	132

Anhang A:

1	Verbreitung der Grünerle	133
2	Erläuterungen zur Verbreitung der Grünerle	134
3	Beispiele von Sukzessionsstadien und -folgen bei der Verbrachung	135
4	Ökologische Bedeutung: Schmetterlinge	137
5	Ökologische Bedeutung: Phytophage Käfer	139

Anhang B:

1	Kanton Glarus	141
1.1	Flächen	141
1.2	Ehemalige Grünerlenbestände, bei welchen aufgrund unserer Auswertungen Hochwald aufkommen konnte	142
1.3	Baumzeichen 1928 auf eingewachsenen Hochwaldflächen	143
1.4	Exposition	144
1.5	Höhenstufen.....	145

1.6	Geologie (geologische Spezialkarte, Vektorkarte Blatt 117, Massstab 1:50'000).....	146
1.7	Geologie (Tektonische Karte 1:500'000)	148
1.8	Naturgefahren	150
2	Surselva, Kanton Graubünden.....	151
2.1	Fläche	151
2.2	Kulturelle Nutzung 1916.....	152
2.3	Ehemalige Grünerlenbestände, bei welchen nach den Auswertungen Hochwald aufkommen konnte	153
2.4	Samenverbreitung einiger Baumarten	155
2.5	Exposition	156
2.6	Alnus brembana	157
2.7	Höhenstufen.....	158
2.8	Höhenlage und Exposition zusammengefasst.....	159
2.9	Geologie (GeoCover Vektordatensatz, Blatt 1213 und 132, Massstab 1:25'000).....	160
2.10	Geologie (Tektonische Karte 1:500'000)	162
2.11	Naturgefahren	164
3	Kanton St. Gallen	165
3.1	Fläche	165
3.2	Exposition	166
3.3	Höhenstufen.....	168
3.4	Geologie (Oberholzer Karte 1:50'000)	173
3.5	Geologie (Tektonische Karte 1:500'000)	177
3.6	Naturgefahren	180

Verzeichnisse

Abbildungen	183
Tabellen	184
Diagramme	186

Literatur

Literatur.....	189
www Adressen	197
nicht verwendete Literatur	197
Weitere Projekte, welche nicht weiter untersucht wurden	198

Einleitung

Das BAFU möchte zu einer differenzierten Diskussion der Eigenschaften und Auswirkungen der Grünerle beitragen. Dazu ist zusätzliches Wissen über die Grünerle und ihre Ansprüche im subalpinen Bereich vonnöten. Insbesondere soll der Stand des derzeitigen Wissens dargestellt und die Bandbreite der Eigenschaften und Auswirkungen der Grünerle aufgezeigt werden.

Folgende Fragen sollen beantwortet, bzw. Thesen dazu aufgestellt werden:

- Wie hat sich die Grünerle im Alpenraum entwickelt?
- Verhindert die Grünerle das Aufkommen von Nadelwald? Finden sich Beispiele von (ehemaligen) Grünerlenbeständen, die sich in Nadelwälder verwandelt haben oder im Begriff sind Nadelwälder zu werden?
- Welches ist die ökologische Bedeutung der Grünerlenbestände (z.B. als Wildeinstandsgebiet, etc.)?
- Wie unterscheiden sich die Grünerlenbestände, die sich zu Nadelwald entwickeln von jenen, die Grünerlenbestände bleiben?

Grünerlen gelten rechtlich als Wald und können auch Schutzwald darstellen. Die Grünerle breitet sich an vielen Orten im Alpenraum stark aus, insbesondere in der Waldgrenzregion aufgrund der Aufgabe von Sömmerungsbetrieben. Der grossflächige Einwuchs durch die Grünerle ist eine sehr dynamische Landbedeckungsveränderung mit weitreichenden ökologischen Auswirkungen.

Es ist wenig gesichertes Wissen bezüglich der Eigenschaften der Grünerle vorhanden. Im Gegensatz dazu sind folgende Ansichten häufig vertreten, sowohl in der Literatur als auch in der Praxis (in Klammern jeweils Meinungsvertreter / Autoren angegeben):

- „(Ein grosser Teil) der Grünerlenbestände stockt auf dem Boden ehemaliger Fichtenwälder“ (Wirz-Luchsinger, 1928; Hager, 1916).
- „Der obere Rand der Grünerlenverbreitung ist (möglicherweise) mit der ehemaligen Hochwaldgrenze identisch“ (Schröter, 1926).
- „Grünerlen sind kalkmeidend“ (Wirz-Luchsinger, 1928; Landolt, 1992; Oberdorfer 1994).
- „Grünerlen wachsen nur an feuchten Hängen“ (Delarze & Gonseth, 2008; Landolt, 1992; Oberdorfer, 1994; Körner & Hilscher, 1978; Ellenberg, 1996; Schedl, 1975; Reisigl & Keller, 1989).
- „Grünerlen wachsen v.a. an Nordhängen“ (Körner & Hilscher, 1978; Delarze & Gonseth, 2008).
- „Grünerlen wachsen nur in niederschlagsreichen Gebieten, ozeanischen Gebieten“ (mehrere Autoren; nach Landolt, 1992, ist die Grünerle in den trockenen zentralalpinen Tälern auf Nordhänge beschränkt).
- „Grünerlen wachsen auf nährstoffreichen Böden“ (Delarze & Gonseth, 2008; Landolt, 1992; Reisigl & Keller, 1989).
- „Grünerlenbestände werden von Fichtenwäldern abgelöst“ (Spatz et al, 1978; Mayer & Ott, 1991).
- „Grünerlenbestände eignen sich als Vorwald“ (Bischoff, 1987; Kasthofer, 1825; Mayer & Ott, 1991).

Ziel des Forschungsprojektes ist es unter anderem, einige dieser Hypothesen zu belegen oder zu widerlegen. Die vorliegende Arbeit soll zu einer konstruktiven Diskussion über die Rolle der Grünerle im Klimawandel und unter dem Aspekt der Landnutzungsveränderung beitragen.

Bericht Grünerle, Teil A

1 Material und Methode

1.1 Literaturrecherche

Anhand einer Literaturrecherche wird vorhandenes gesichertes Wissen aufgezeigt. Es wurden v.a. neuere Publikationen berücksichtigt. Bei fehlender Literatur wurden Werke bis in die 80er Jahre berücksichtigt, bei den Grundlagenwerken zur Grünerle wurden auch ältere einbezogen (Rubli, 1976; Richard, 1968, 1969, 1989, 1995). Für Angaben zur historischen Verbreitung der Grünerle wurde gezielt nach alten Werken gesucht (Hager, 1916; Wirz-Luchsinger, 1928; Bolleter, 1920; Kasthofer, 1822 und 1825). Für die ökologische Bedeutung der Grünerlenbestände wurde ebenfalls auf dem System WILDSWIS eine Datenbankabfrage gemacht. Für die Literaturrecherche wurden Abfragen im Internet, bei www.nebis.ch und bei den Universitäten der Schweiz bezüglich Dissertationen und Diplomarbeiten durchgeführt. Ausserdem wurde bei www.boku.ac.at, www.uibk.ac.at und www.bfw.ac.at nach Dissertationen gesucht und zusätzlich auch in www.interpraevent.at bezüglich Einwirkungen von Grünerlen auf Naturgefahren. Sehr hilfreich für die internationale Literatur war u.a. die folgende Internetseite (Auflistung von Literatur über *Alnus viridis*):

www.newcrops.uq.edu.au/listing/species_pages_A/Alnus_viridis.htm.

In der Schweiz existieren vor allem ältere Publikationen bezüglich Verbrachung (Bischof 1984, Walther & Julen 1986, Zoller & Bischof 1980, Zoller et al 1984). Neueren Datums sind einige Diplomarbeiten und Dissertationen bezüglich dem Waldgrenzökoton in verschiedenen Gebieten (Eggenberg 1994, Perret 2005, Schuhmacher 1998, Caminada 1998, Fischer 1999, Gelmi 1996, Schudel 1999). Arbeiten, welche ausschliesslich Grünerlenbestände behandeln sind eine ältere Untersuchung von Rubli („Waldbauliche Untersuchungen in Grünerlenbeständen“, 1976) und neuere Diplomarbeiten von Wettstein (1999; Simulationsmodell bezüglich Grünerlenverbreitung in den Schweizer Alpen), Mürner (1999; über Pilze und Moose in Grünerlenbeständen, inkl. sehr guten allg. Beobachtungen zu den Grünerlenbeständen) und Maurer (1991; ökophysiologische Felduntersuchungen). Weitere Arbeiten sind über Pilze (Küffer & Senn-Irlet, 2000), Biomasse (Wiedmer & Senn-Irlet, 2006) und über biomechanische Eigenschaften der Grünerlen (Gallenmüller, 1999) in der Schweiz publiziert worden.

Bei der Universität Basel wird ebenfalls bezüglich der Grünerle geforscht. Folgende Arbeiten wurden bereits abgeschlossen / publiziert:

- „N₂ Fixierung und Nitratkonzentrationen in der Bodenlösung von Grünerlengebüschen“. Abschluss 2009. Masterarbeit von Melanie Wagner. Betreuung Uni Trier (Prof. Thomas) und Uni Basel (Dr. Hiltbrunner).
- „*Alnus viridis* increases the nitrogen concentration in the soil solution and leachate in the Swiss Alps“. Abschluss Mai 2011. Masterprojekt von Tobias Bühlmann. Supervision: Prof. Körner, Dr. Hiltbrunner.
- „Wachstumslimitierung von *Alnus viridis* an der Baumgrenze der Schweizer Alpen“. Masterprojekt von Stephan Burkhard. Betreuung: Dr. Hoch, Dr. Hiltbrunner, Prof. Körner.
- „Interzeption in verschiedenen Vegetationstypen der subalpinen und alpinen Höhenstufen im Urserntal (CH)“. Abschluss 2010. Masterprojekt von Esther Lischer. Supervision: Prof. C. Körner, Dr. E. Hiltbrunner.
- „Die Verbuschung des Schweizerischen Alpenraumes“. Artikel von Hiltbrunner, E. & Zehnder, T. in „Inside“, Natur + Landschaft, Zeitschrift der Konferenz der Beauftragten für Natur- und Landschaftsschutz KBNL; BAFU, Natur und Landschaft (N+L) und Artenmanagement: 4/2010.

Zur Zeit laufen 4 Projekte, welche die Grünerle behandeln (noch keine Literatur vorhanden):

- „The *Alnus*-problem and the exceedance of critical loads for nitrogen in the Alps Acronym: ALNEX“. Start 2011. Doktorand Tobias Bühlmann. Betreuung durch Prof. Körner und Dr. Hiltbrunner. Policy-implementing Organisation durch B. Achermann, Sektion Luftqualität, BAFU und Forum Biodiversität durch D. Pauli.
- “The ecological and socio-economic consequences of land transformation in alpine regions: an interdisciplinary assessment and VALuation of current changes in the Ursern Valley, key region in the Swiss central Alps“. Laufzeit 2009 - 2012. Projektleiter Prof. Körner. Interdisziplinäres Projekt, Disziplinen sind Pflanzenökologie (C. Körner, E. Hiltbrunner), Boden / Umweltgeowissenschaften (C. Alewell), Hydrologie (R. Weingartner, Univ. Bern), Umweltökonomie (F. Krysiak) und als assoziierte Disziplin Geschichte (M. Schaffner).
- „Beweidungsprojekt mit Engadiner Schafen in Grünerlenbeständen (Experiment Gamsboden, Urserntal)“. Laufzeit 2011 - 2012, Abschluss Frühling 2012. Masterprojekt von Tobias Zehnder.
- „Wie können Grünerlen den Verbiss durch Weidetiere unter Umständen überleben?“ (noch nicht definitiver Titel). Masterprojekt von Florian Schreier, er hat im Sommer mit Feldarbeiten begonnen. Laufzeit ev. bis Herbst 2012.

Laufende Forschungsprojekte der Universität Basel, Departement Umweltwissenschaften, welche die Grünerle u.a. behandeln:

- “Land use effects on soil hydrology in alpine ecosystems“. PhD Projekt von M. Müller, betreut von Prof. C. Alewell. Teil des interdisziplinären Projektes im Urserntal, UR.

Abgeschlossene Arbeiten:

- “Soil erosion in the Alps – causes and risk assessment“. PhD-Projekt von K. Meusbürger.

International wird v.a. in Frankreich zum Thema Grünerlenbestände geforscht, v.a. Forschungsergebnisse von Richard und Anthelme. Desweiteren ebenfalls einige Literatur bezüglich Verbrachung (Körner & Hilscher 1978, Literaturliste Zischg et al, 2011) und Untersuchungen von Bahn et al (1994).

1.2 Befragung von Spezialisten, Fachleuten

Neben den kantonalen Diensten (GL: K. Winzeler, J. Walcher; SG: T. Dietschi; GR: B. Riedi, U. Bühler, L. Heitz) wurden zusätzlich Fachleute und Fachstellen bezüglich Informationen angefragt. Für das Kapitel „Ökologische Bedeutung der Grünerle“:

Vogelwarte (Pierre Mollet), Mark Struch (Amden-Projekt, Jäger, Jagdverwaltung Solothurn), Christa Mosler und Pia Schütz (WILDTIER SCHWEIZ), Dr. Benedikt Schmidt (karch), Christa Boschi (Wieselnetz Schweiz, Autorin „Schneckenfauna der Schweiz“), Ueli Bühler (Ornithologe, Fachbereich Waldökologie, AWN GR), Markus Flury (Tag- und Nachtfalterexperte, Mitarbeiter BDM Schweiz), Beat Werme-linger (Entomologe, WSL) und Adrienne Frei (Fachexpertin xylobionte Käfer).

2 Artbeschreibung und Ökologie der Grünerle (unter besonderer Berücksichtigung der Schweiz)

Die Ökologie der Grünerle wurde von verschiedenen Autoren durch verschiedene Abhängigkeiten von abiotischen Faktoren beschrieben. Nach Wettstein (1999) ist Vorsicht geboten, wenn man solche Abhängigkeiten als direkte „Ansprüche“ an die abiotische Umwelt verstehen wolle, da sie nicht unbedingt den physiologisch optimalen Bereich des Gedeihens bezeichnen. Es handle sich in erster Linie um statistische Korrelationen zwischen dem Auftreten eines Vegetationstyps einerseits, und be-

stimmten Klima- und Bodenfaktoren andererseits. Es handle sich nicht um direkte, physiologische Abhängigkeiten, sondern primär um indirekte, die sich aus dem Konkurrenzverhalten mit anderen Arten oder Vegetationstypen ergeben. Anmerkung Autoren: Wichtig bei der Interpretation der Grünerlenstandorte ist auch die Frage, ob die besiedelten Gebiete für die Grünerle optimal sind oder ob es Gebiete sind, in welchen sie geduldet / in welche sie zurückgedrängt wurde (vom Mensch). So erwähnt Bolleter (1920), dass die Grünerlen im Weisstannental damals stark zurückgedrängt wurden. In diesem Sinne sollen nachfolgende Ausführungen als eine Annäherung an das Potenzial der Grünerle verstanden werden.

2.1 Systematische Zugehörigkeit und Abgrenzung gegenüber anderen Erlen-Arten (insbesondere *Alnus brembana*)

In Mitteleuropa sind drei Erlenarten heimisch: Grün-, Grau- und Schwarzerle. *Alnus alnobetula* ist ein Synonym für *Alnus viridis*. In Europa bestehen folgende Subspezies (Maurer, 1991) von *Alnus viridis*: *subsp. viridis* (Alpenraum), *fruticosa* (im Norden verbreitet) und *suaveolens* (Korsika). Nachfolgend wird nur auf die Grünerlensubspezies im Alpenraum eingegangen und als *Alnus viridis* benannt.

Alnus brembana wird neu in Lauber et al (2007) ebenfalls als eine eigene Art aufgeführt (in Landolt et al, 2010 als „Kleinart“ erwähnt). Landolt beschrieb *Alnus brembana* bereits 1993 als eine eigene Art: „*Alnus brembana* ist eine Art der Südalpen, die sich gegenüber *A. viridis* durch ihre geringe Höhe und durch kleinere Blätter und Fruchtzapfen auszeichnet. Sie ist hauptsächlich auf Silikatgestein und geografisch auf die mittleren Südalpen beschränkt. Im Unterschied zu *A. viridis* wächst sie an zeitweise boden- und lufttrockenen, nährstoffarmen Standorten, die vor allem durch die Beweidung im Bereich des insubrischen Buchenwaldes entstanden sind. In ihren Beständen sind kaum Hochstaudenpflanzen anzutreffen. Heute bildet die Art an fast allen Fundorten Übergangs-Populationen mit *A. viridis*.“

Auch Wettstein (1999) kam bei seinen Untersuchungen auf das Ergebnis, dass es sich bei *Alnus brembana* um eine eigene Art handeln muss.

Die morphologischen Merkmale werden im Kap. 2.2.1 denjenigen der Grünerle gegenübergestellt.

In unserem Untersuchungsgebiet wurden von Landolt (1993) Vorkommen von *Alnus brembana* in folgenden Gebieten aufgezählt (wobei die Pflanzen im Vorderrheintal nicht in der Natur untersucht wurden, sondern aus Herbarien stammen und nach E. Landolt [schriftl. Mitt.] keine genauen Koordinaten vorhanden sind): Mompé-Medels und Muntatsch bei Disentis, bei Flanz (Brigels), Obersaxen (Anmerkung: vermutlich bei „Affeier“, bei Hager 1916 ebenfalls erwähnt), Cumanaglias-Neukirch (Anmerkung: Heute Surcuolm), Molina (Anmerkung: Nicht gefunden), St. Maria (Anmerkung: Nicht klar, ob es sich um das Gebiet beim Stausee „Lai da Sontga Maria“ auf dem Lukmanierpass handelt) und Muot da Falera (Anmerkung: Ausserhalb Perimeter). Ob es sich dabei um die Varietäten „microphylla“ handelt, welche Hager (1916) beschreibt, ist nicht bekannt. Von Stellen aus dem Kanton Glarus und St. Gallen sind E. Landolt keine Fundorte bekannt (Anmerkung: am ehesten möglich aufgrund des Klimas wären Fundorte im Taminatal oder Calfeisental).

Nach E. Landolt (schriftl. Mitt.) „sind die Vorkommen von *Alnus brembana* im Gebiet des Vorderrheintales nicht nur Einzelpflanzen, sondern ganze Populationen, die allerdings, da sie von grossen Populationen von *Alnus viridis* umgeben sind, zahlreiche Introgressionen dieser Art enthalten. Es gibt also innerhalb dieser Populationen meist nur einzelne "reine" *A. brembana*, aber zahlreiche Übergangsformen zwischen den beiden Arten. Es ist wahrscheinlich zu erwarten, dass *A. brembana* auch noch an anderen Orten in den südlichen Nebentälern des Vorderrheintales vorkommt (2 Funde mit Koordinatenangaben aus dem Valsertal). Allerdings ist anzunehmen, dass an allen diesen Stellen zumindest auf sehr feuchten und eher nordwärts gerichteten Standorten auch *A. viridis* auf ausgedehnten Flächen wächst.“

Im Teil B dieser Arbeit wird beim Untersuchungsgebiet Surselva bei der Interpretation der Resultate jeweils auf den möglichen Einfluss von *A. brembana* hingewiesen. Da keine Koordinaten der Fundorte vorliegen, wird auf das Ausscheiden / separate Auswerten dieser Gebiete verzichtet.

2.2 Artbeschreibung der Grünerle

2.2.1 Morphologie

Nachfolgend werden die morphologischen Merkmale von typischen Exemplaren von *Alnus viridis* und im Vergleich dazu von *Alnus brembana* aufgeführt (aus Landolt, 1993).

	<i>A. viridis</i>	<i>A. brembana</i>
Strauchhöhe	1.5–2.5(–4.0) m	0.4–1.5 m
Blatt		
Länge	3.0–6.0(–9.0) cm	0.8–3.0 cm
Breite	2.5–4.5(–6.5) cm	0.6–2.5 cm
Nervenzahl pro Seite	5–8(–10)	4–7
Anzahl Zähne zw. 2 Nerven	6–9	1–5
Stiellänge	0.7–2.0 cm	0.5–0.9 cm
Länge der Knospenschuppen	6–9 mm	3–5 mm
Zapfen		
Länge	0.8–1.5 cm	0.5–0.9 cm
Breite	0.6–1.0 cm	0.3–0.6 cm
Länge der Zapfenschuppe	3–4 mm	ca. 2 mm
Breite der Zapfenschuppe am Grund	1.0–1.5 mm	0.5–1.0 mm
Männliche Kätzchen		
Länge	3–6 cm	1–3 cm
Durchmesser	0.6–1.0 cm	0.4–0.6 cm
Länge der Staubbeutel	1.1–1.4 mm	0.7–1.1 mm

Tab. 1: Morphologische Eigenschaften von *A. viridis* und *A. brembana* (aus Landolt, 1993).

Die Grünerle hat allermeist eine säbelwüchsige, aufsteigende, strauchförmige, mehrstämmige Wuchsform. Sie weist eine sehr hohe Stammelastizität auf.

Erlen haben eingeschlechtige, einhäusige Blüten, die zu köpfchen- oder kätzchenförmigen Blütenständen vereint sind (Maurer, 1991).

2.2.1.1 Wurzeln, Knöllchenbakterien und Mykorrhizierung

Bezüglich des Wurzelsystems bestehen unterschiedliche Angaben: Nach Schedl (1975) weist die Grünerle anfänglich Pfahlwurzeln auf und zeigt erst später eine Herzwurzelform mit den knöllchenartigen Verdickungen wie bei anderen *Alnus*-Arten. Nach Stangl (2004) bildet sich bei ingenieurbio-logischen Massnahmen ein dichtes, oberflächennahes, weitverzweigtes Wurzelnetz aus den Grobwurzeln. Nach Landolt et al (2010) bildet die Grünerle eine dicke, verholzte Hauptwurzel und höchstens 10 % der Wurzelmasse befindet sich in einer Tiefe von 1 – 2 m.

Die Grünerlen leben in obligater Symbiose mit stickstofffixierenden Bakterien (*Actinomyceten*, Gattung *Frankia*), die in den Wurzeln die Wurzelknöllchenbildung auslösen. Die Grünerlen versorgen die Bakterien mit Assimilaten und die Bakterien können den atmosphärischen Stickstoff aufnehmen und ihn den Grünerlen in reduzierter Form zugänglich machen.

Die derzeitige zunehmende Verbuschung des Alpenraums durch die Grünerle bringt massive Änderungen für den Stickstoffhaushalt mit sich (nachfolgender Abschnitt schriftl. Mitt. von T. Bühlmann): Durch die Symbiose der Grünerle mit *Frankia*-Bakterien vermag die Erle bis zu 250 kg Stickstoff ha⁻¹y⁻¹ zu fixieren (Rehder, 1970; zitiert in Ellenberg, 2010). Diese Stickstoffmengen sind ein Vielfaches dessen, was als Düngung für Wiesen und Weiden dieser Höhenlage empfohlen wird (Arnold, 2009) und übertreffen auch die Stickstoffmengen, die über die Atmosphäre deponiert werden bei weitem (Hiltbrunner, 2005). Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass der Stickstoffbedarf von Pflanzen und Mikroorganismen massiv überschritten wird. Dies hat zur Folge, dass im Bodenwasser unter Grünerlenbeständen zwischen 2 und 6 mg Stickstoff L⁻¹, in angrenzenden Rinderweiden hingegen weniger als 0.05 mg L⁻¹ vorhanden ist (Bühlmann, 2011). Bei einem solchen Stickstoffüberschuss wird Nitrat als die mobilste Stickstoffform ausgewaschen (Auswaschungsrate von 8 bis 16 kg Stickstoff von Juli bis Oktober 2010 ha⁻¹) (Bühlmann, 2011) und kann dadurch die Wasserqualität beeinträchtigen. In Höhenlagen wo die Grünerle vorkommt, wird in Weiden und Wäldern praktisch kein Stickstoff ausgewaschen (Bühlmann, 2011; Thimonier, 2010). Laufende Studien des Botanischen Instituts der Universität Basel zeigen, dass Oberflächengewässer, welche durch Erlen fliessen, mehr Stickstoff enthalten als solche, in deren Einzugsgebiet keine Erlen wachsen. Die gemessenen Nitratkonzentrationen liegen aber weit unter dem Grenzwert für Fliessgewässer, da der grösste Teil des Wassers in den beprobten Bächen aus höheren Lagen ohne Erlen stammt und so zu einer Verdünnung führt. Ebenso konnte gezeigt werden, dass der Boden auf Grund der hohen Stickstoffeinträge versauert, was wiederum die Basensättigung reduziert, d.h. Nährstoffe gehen verloren. Deshalb kann man aus dieser Sicht bei der Grünerle nicht von einem Bodenverbesserer sprechen.

Grünerlengebüsche mit ihren Knöllchenbakterien fixieren viel Luftstickstoff, und es bildet sich im Unterwuchs meist eine sehr üppige Krautschicht mit Hochstauden aus. Während des Wachstums nehmen auch die Hochstauden viele Nährstoffe auf, die nährstoffreichen Blätter der Hochstauden werden im Herbst rasch abgebaut (mineralisiert), dabei kann es wiederum zu einer Nährstoffauswaschung (Nitrat) kommen.

Obwohl die Stickstoffeinträge aus der Atmosphäre (reduzierte und oxidierte Stickstoffverbindungen) seit den 80 Jahren leicht zurückgegangen sind, tragen diese auch zur Gesamtbelastung mit Stickstoff in die verschiedenen Ökosysteme und auch in Grünerlenbeständen bei. Die N₂-Fixierungsrate der Grünerle beträgt aber oftmals ein Mehrfaches der nass (Schnee, Regen) und trocken eingetragenen Stickstoffmengen an den montanen bis subalpinen Standorten (schriftl. Mitt. E. Hiltbrunner).

Die Grünerlen leben ausserdem in Symbiose mit Mykorrhizapilzen (Ektomykorrhizapilze), welche ihnen als Wasser- und Nährstoffzubringer dienen. Nach Mürner (1999) sind dies nicht viele Arten (bei ihm 17), es scheint aber, dass diese eine hohe Stetigkeit in den Untersuchungsflächen aufweisen.

2.2.2 Phänologie

Die Phänologie eines Grünerlenbestandes (inkl. Unterwuchs, Pilzflora, etc.) wird sehr schön und detailliert von Mürner (1999) beschrieben. Nachfolgend nur die wichtigsten Informationen. Die Vegetationszeit der Grünerle dauert etwa 4 - 5 Monate. Die Blütezeit ist von April bis Juli (Landolt et al, 2010), die Blätter folgen dem Blühen rasch. Nach Wirz-Luchsinger (1928) blühen die Erlen bisweilen schon, wenn noch Schnee liegt.

Die Blätter zeigen keine Herbstfärbung, dies bedeutet, es erfolgt keine oder nur eine geringe Zurückgewinnung der Nährstoffe (speziell Stickstoff). Eine Seneszenz tritt zwar nach Maurer (1991) ein, diese sorgt für stetig tiefere CO₂-Fixierungsraten, aber bis vor dem Blattfall resultieren noch immer positive Werte. Die Blätter werden in grünem Zustand abgeworfen. Nach Maurer (1991) können die Grünerlen diesbezüglich weniger sparsam sein, da sie aus der Symbiose mit den Bakterien genügend Stickstoff erhalten. Deshalb können sie die CO₂-Fixierung länger aufrecht erhalten, was ihnen vielleicht den entscheidenden Vorteil gegenüber anderen Laubbaumarten an der subalpinen Waldgrenze einbrachte. Die Grünerlen verlieren ihre Blätter sehr spät, sie werden meist schon eingeschneit, bevor sie ihre Blätter abgeworfen haben (oder diese fallen nicht ab, da sie frosttrocken sind). Durch den anhaftenden Nassschnee werden sie niedergedrückt und sind auf diese Weise vor Frösten und Frosttrocknis geschützt (Mürner, 1999). Wenn hingegen der erste Schnee trocken niederfalle, werden sie nicht niedergedrückt, ragen aus der Schneedecke und seien dann frostgefährdet.

Die weiblichen Kätzchen erscheinen erst im folgenden Frühjahr mit den Laubblättern, die männlichen Kätzchen schon im Herbst des Vorjahres. Die Zapfen reifen erst den folgenden Sommer und Herbst über.

2.2.3 Fortpflanzung

Die Grünerle weist zwei Verjüngungsstrategien auf:

- über Samenausbreitung, dies in der Ausbreitungsphase (Pionierphase),
- vegetativ über Ablegerbildung, dies innerhalb des bestehenden Grünerlenbestandes.

Nach Anthelme et al (2002) geschieht die Kolonisation der subalpinen Weiden durch Grünerlen exklusiv über die sexuelle Reproduktion, während die Regeneration im Bestandesinneren durch vegetative Vermehrung geschieht und nicht als eine „Kolonisations-Strategie“ benutzt wird, es wird auch vermutet, dass dies der Grund ist für ein Verdrängungsmechanismus gegenüber den Konkurrenten (Bäumen), welche die weitere Sukzession verhindert. Die Grünerle ist ein Lichtkeimer und würde sich mit blosser Samenausbreitung auf ihren besiedelten Standorten nicht halten können, hingegen durch die vegetative Vermehrung wird sie zum Dauerstadium. Die Ablegerbildung wird benutzt um die eigene, individuelle Lebensdauer (ca. 60 - 100 Jahre, relativ homogene Bestände) zu überdauern. Eine solche Vermehrungsstrategie kann helfen, den Fichteneinwuchs zu verhindern.

So kann die Grünerle die Vorteile beider Vermehrungsstrategien nutzen, da beide sehr dominant unter verschiedenen Voraussetzungen auftreten.

Nach Mallik et al (1996) besitzt die Grünerle dank ihrer Regeneration die Fähigkeit, in ungestörten (natürlichen), als auch in gestörten (nach forstlichen Eingriffen) Habitaten zu bestehen. Er teilt die Grünerle der Konkurrenzvegetation mit horizontaler Konkurrenzstrategie zu.

2.2.3.1 Sexuelle Reproduktion

Die Grünerlen sind ab einem Alter von etwa 15 Jahren fruktifizierend (Michiels, 1993). Die Fruktifikation erfolgt nach Michiels (1993) im wesentlichen bei Sprosslängen oberhalb 1.8 m, dort aber regelmässig und reichlich.

Bestände in höheren Lagen weisen einen höheren Anteil an leichteren und nicht vollständig ausgebildeten Samen auf als in den tieferen Lagen (Gallenmüller, 1999). Ausserdem stellte sie fest, dass in den Hochlagen die Pflanzen an den Südost-Rändern der Bestände deutlich mehr Zapfen und Samen bildeten als an den Nordwest-Rändern. Die Samenproduktion ist v.a. zuoberst bei der Pflanze für die bessere Dispersion (für die Besiedlung von neuen Standorten ohne Deckungsschicht).

Die Früchte sind sehr leicht, 2 mm gross und breit geflügelt. Das Tausendkorngewicht beträgt bei Gallenmüller (1999) zwischen 310 mg (höchste Lagen) und 518 mg (tiefere Lagen) pro 1'000 Samen. Die Samen werden mit dem Wind verfrachtet. Nach Zoller et al (1984) produzieren einige Sträucher, darunter die Grünerle, durch kleinflügelige Diasporen (Früchte) eine sehr hohe Zahl an potenziellen Nachkommen (anemochorer Ausbreitungsmechanismus), die durch Wind regional gut verteilt werden, so dass sie auch weit über ihr natürliches Areal sich in sekundären Sukzessionen bemerkbar machen können. Fichte, Lärche, Tanne und Bergföhre besitzen ebenfalls einen anemochoren Ausbreitungsmechanismus ihrer Diasporen, im Gegensatz zur Grünerle entsprechen deren grosse Flügel aber einem relativ grossen Gewicht. Die Ausbreitung ist auf kürzere Distanz eingerichtet als bei den Kleinflüglern. Nach Burga & Perret (1998) sind die kleinen Flügelnüsschen der Grünerle auch schwimmfähig, Ausbreitungssprünge von einigen Dutzend Kilometern werden möglich.

Keimversuche von Gallenmüller (1999) zeigten, dass die Keimrate mit zunehmender Meereshöhe der Herkunft der Samen unter den Versuchsbedingungen sinkt. Der festgestellte Keimverzug und die kurze Keimdauer stimmen nach Gallenmüller mit dem Pioniercharakter der lichtliebenden, Rohböden besiedelnden Grünerle überein. Nach Holtmeier (1989), zitiert in Gallenmüller (1999), stünden den Keimlingen in den Hochlagen weniger Reservestoffe zur Verfügung und aufgrund der herrschenden klimatischen Bedingungen sei die Verjüngung durch Sämlinge generell von geringerer Bedeutung und die vegetative Vermehrung durch Ableger trete in den Vordergrund. Nach E. Hiltbrunner haben die Grünerlenkeimlinge aber auch in Hochlagen ausreichend Reservestoffe.

2.2.3.2 Vegetative Vermehrung

Nach Rubli (1976) ist für die Erneuerung der Grünerlenbestände die Bildung von Adventivtrieben an den abgelegten Ästen von entscheidender Bedeutung. Sie werden in grosser Zahl und meistens in Gruppen an den Ablegern gebildet, erreichen aber normalerweise keine grösseren Durchmesser. Einige der alten Lohden (einzelner Stamm des Grünerlengebüschs) gehen aber selbst aus Adventivtrieben hervor. Sie können sich nach Rubli (1976) erst zu grösseren Dimensionen entwickeln, wenn durch Bruch eines oder mehrerer benachbarten Äste der Lichteinfall genügend gross wird.

Indem sich an einer Stelle mehrere Triebe gleichzeitig entwickeln, entsteht ein neuer Stock. So kann der abgelegte Ast durch die Bewurzelung und dank den Adventivtrieben ein höheres Alter erreichen. Die natürliche Erneuerung des Bestandes erfolgt nicht grossflächig, sondern zumeist nur durch einzelne oder Gruppen von Ästen.

Nach Stangl (2008) werden durch die Vergrösserung des Lichtraumes gute Bedingungen für die Regeneration geschaffen. Je grösser die Verjüngungslücke ist, je höher ist die Vitalität und je rascher das Wachstum von den bestehenden Stämmen und jungen Sprossen der Grünerle.

2.2.4 Wachstum

Nach Michiels (1993) weist die Grünerle für einen erfolgreichen Keimungs- und Anwuchsverlauf sehr hohen Feuchtigkeitsbedarf auf. Stückelberger (2000, Zwischenbericht) erstellte ebenfalls Keim- und Wachstumsversuche mit Grünerlen.

Nach Mössmer & Ammer (1994) ist die Grünerle wegen ihrem raschen Wachstum in der Lage, sich auch gegenüber dichter Bodenvegetation durchzusetzen. Selbst in stark verkrauteten Bodenvegetationstypen (Hochstaudenfluren) scheint sie nur geringe Anwuchsprobleme zu besitzen.

Nach Michiels (1993) sind die terminalen Jahrestriebblängen vergleichsweise hoch, im Mittel zwischen 12 - 15.4cm, je nach Grössenklasse. Die Wuchshöhe der Grünerle nimmt mit steigender Meereshöhe ab, ebenfalls die Jahrringbreite (Gallenmüller, 1999). Nach Körner & Hilscher (1978) ist der jährliche Radialzuwachs der Stämme der Grünerle mit 0.5 - 1.1 mm pro Jahr verglichen mit dem anderer Holzpflanzen an der Waldgrenze beträchtlich. Mürner (1999) machte die Beobachtung, dass wenn auf einer Fläche sich gleichzeitig Fichten und Grünerlen ausbreiten, die Fichte wegen dem schnellen Wachstum der Grünerle keine Chance hat und zurückbleibt.

Wettstein (1999) führte Untersuchungen über die Altersabhängigkeit der Zuwachsleistung anhand der Jahrringbreite bei Grünerlen durch. Es resultierte ein grosser Zuwachs bei jungen Grünerlen, der nur schwach mit zunehmendem Alter abnimmt. Das starke Wachstum bereits in den ersten Jahren passt zur Lebensstrategie einer Pionierpflanze mit raschem Ausbreitungsvermögen.

Nach Wiedmer & Senn-Irlet (2006) ist die Grünerle eine der produktivsten Pflanzen in höheren Lagen. Sogar Bäume wie Fichte oder Birke weisen eine tiefere Produktivität und Biomasse auf. Die totale oberirdische Gehölzbiomasse eines Grünerlenbestandes betrug 83.5 Tonnen pro Hektar. Die jährliche oberirdische Produktivität schätzen sie auf 6.18 Tonnen pro Hektar und Jahr. Düggelin & Abegg (2011) kamen auf tiefere Zahlen, bei einem Deckungsgrad von 100 % erhielten sie einen Wert von 74 m³ pro Hektar (es scheint, als hätten sie vor allem jüngere Grünerlenbestände untersucht, bei ihnen betrug der durchschnittliche Fussdurchmesser 3.1 cm, das Maximum desselben lag bei 9 cm und das mittlere Alter bei 24 Jahren).

Nach Rubli (1976) zählen die meisten Lohden zwischen 40 – 50 Jahrringen, das gefundene Höchstalter lag bei 110 Jahren. Das potenzielle Höchstalter der Stöcke ist nicht bekannt. Nach Körner & Hilscher (1978, Beobachtungen in Österreich; zitiert aus Wettstein, 1999) gelten die dichten Bestände mit 60 Jahren als alt und brechen dann in kurzer Zeit zusammen. Nach Beobachtungen von E. Hiltbrunner (schriftl. Mitt.) im Urserntal trifft dies aber nicht zu, Erlenbestände seien schon 100 Jahre alt und mehr und sie brechen nicht zusammen.

Die Altersbestimmung ist bei Grünerlen enorm schwierig, aufgrund ihrer vegetativen Erneuerungsweise kann jeweils nur das Alter einer Lohde bestimmt werden, nicht aber dasjenige des ganzen Strauches (Rubli, 1976).

Die Grünerle weist ein zerstreutporiges Holz auf.

2.3 Verbreitung

2.3.1 Horizontalverbreitung

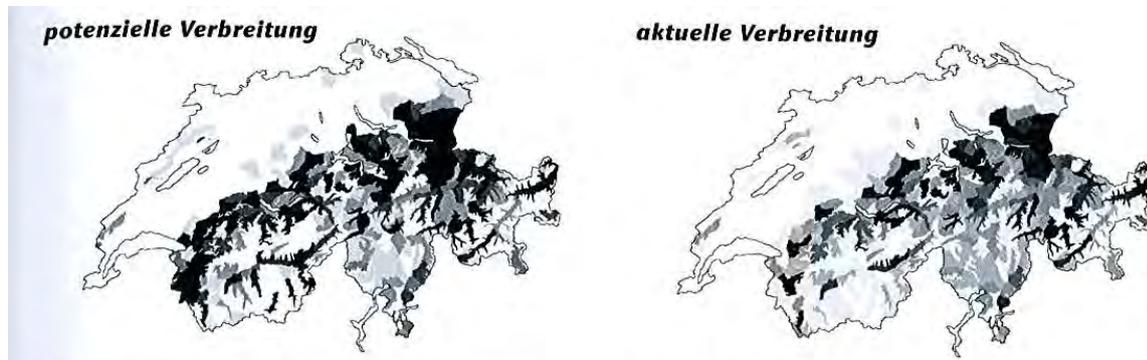


Abb. 1 + 2: Aktuelle und potenzielle Verbreitung des *Alnenion viridis* (Grünerlengebüsch) in der Schweiz (Delarze & Gonseth, 2008). Farblegende: Die Graustufe entspricht dem Grad der potenziellen oder aktuellen Verbreitung, gemessen am beobachteten Maximum. Die Gradierung reicht von weiss (0 %) bis schwarz (100 %, beobachtetes Maximum).

Nach Delarze & Gonseth (2008) sind Grünerlenbestände im Waldgrenzbereich über den ganzen Alpenbogen hinweg verbreitet, besonders häufig seien sie in den Schieferzonen der Alpennordseite. Im Mittelland und im Jura seien die meisten isolierten Grünerlenbestände heute verschwunden.

Nach Burga & Perret (1998) ist die Grünerle eine mittel- und südosteuropäische Gebirgspflanze. Die Grünerle ist in Europa endemisch und ihre Verbreitung erstreckt sich über den Alpenbogen, die Karpaten und Teile des Balkans. Im Anhang A befindet sich eine Verbreitungskarte von Richard (1969), sowie dessen Erklärungen bezüglich der Ausbreitung und deren Ursachen.

In Deutschland kommt sie nur in den Bayerischen Alpen und ihrem Vorland sowie im südlichen Schwarzwald vor (Michiels, 1993). In den Nordeuropäischen Mittelgebirgen (www.bguz.uzh.ch/download/ausstellungen/invasive_pflanzen/zusatztexte.pdf) kommt die Grünerle ursprünglich nicht vor, werde dort aber mit grossem Erfolg zum Erosionsschutz von Böschungen angepflanzt. Zur Zeit breite sich die Grünerle auch ohne den Menschen immer weiter aus. Ihr Vorkommen sei bisher noch nicht problematisch. Sollte sich zeigen, dass die Grünerle beginne, heimische Arten zu verdrängen, würden Massnahmen gegen sie eingeleitet werden müssen.

2.3.2 Vertikalverbreitung

Nach Landolt (1992) wächst die Grünerle zwischen 1'000 - 2'300m ü. M., nach Richard (1989) bevorzugt sie Höhenlagen zwischen 1'500 - 2'000 m ü. M.. Nach Richard (1969) korreliert die obere Verbreitungsgrenze der Grünerle mit der 10 Grad Juli - Isotherme. Wettstein (1999) widerspricht dem und ist der Ansicht, dass die Obergrenze recht genau mit der 8.5 Grad Juli - Isotherme übereinstimme. Mit 8.5 Grad liegt die Grenze ein Grad tiefer als jene der Fichte, die Lang (1990; zitiert in Wettstein, 1999) bei 9.5 Grad ansetzt. Das widerlegt auch die Hypothese, dass die Grünerle die potenzielle obere Waldgrenze anzeige. Die Temperaturdifferenz von einem Grad erlaubt nach Wettstein (1999) der Grünerle ca. 200 Meter über die Waldgrenze zu steigen, was mit Angaben anderer Autoren übereinstimme. Hager (1916) stellte in der Surselva fest, dass die Grünerle bis zu 250 m höher steigt als die anthropogene Waldgrenze.

Nach Perret (2005) liegt bei „potenziell-natürlichen Vegetationsverhältnissen“ im Weisstannental SG die klimatische Grünerlen-Bestandesobergrenze ca. 40 m oberhalb der klimatischen Fichtenbaum-

grenze und ca. 70 m oberhalb der klimatischen Fichten-Waldgrenze. Da durch die seit Jahrhunderten praktizierte Alpwirtschaft die Waldgrenze um rund 200 Höhenmeter nach unten gedrängt wurde, steigt auch hier die Grünerle über 200 m höher als die aktuelle Waldgrenze (siehe Resultate Teil B).

Nach Wettstein (1999) hat die Grünerle keine scharfe ökologische Untergrenze, die Grünerle komme auch in tieferen Lagen vor (meist herabgeschwemmt). Die untere Grenze ist nicht von Bedeutung, da hier unter der Konkurrenz mit anderen Gehölzen und dem Druck der menschlichen Nutzung eine bedeutsame Ausbreitung des Grünerlengebüschs unwahrscheinlich ist (Wettstein, 1999).

2.3.3 Historische Verbreitung / Ausbreitung

Nach Gobet et al (2010) war die Grünerle bereits früher ein „Kulturfolger“, so breitete sich die Grünerle im Wallis und Engadin in der Vergangenheit mehrmals stark aus (um 2000 v. Chr.; etc.) aufgrund menschlicher Tätigkeit (Kulturmassnahmen und Brandrodungen). In den Nord- und Zentralalpen erfolgte ebenfalls bereits um 4000 v. Chr. eine starke Ausbreitung der Grünerle (frühe Reaktion des Ökosystems auf neolithische Kulturmassnahmen [erste Brandrodungen, Überweidung] in den Alpen). Die Grünerle weist im Gegensatz zur Fichte eine grosse Feuertoleranz auf (Mürner, 1999).

Nach Burga & Perret (1998) erfolgte die Ausbreitung der Grünerle meist gleichzeitig mit der Einwanderung und Ausbreitung der Fichte, von Osten nach Westen gerichtet. Ab 5000 Jahre BP (vor heute) nehmen nach Burga & Perret (1998) die Grünerlen-Pollenanteile oft deutlich zu. Zwei Theorien sind vorhanden, dass die Ausbreitung aufgrund des damals vorherrschenden kühleren, feuchteren Klimas erfolgte oder bereits anthropogen bedingt war.

Durch die anthropogene Senkung der oberen Waldgrenze (ausführlich beschrieben in Hager, 1916) wurde vor allem die Arve auf wenige Reliktstandorte zurückgedrängt, aber ebenfalls die Fichte und die Lärche verloren ihr Terrain; im Gegensatz zu den Bäumen schaffte es die Grünerle (v.a. durch den Schutz der Schneedecke, siehe Mürner, 1999 und das Ertragen von Schneegleiten und Lawinenniederergängen), wieder in die Höhe zu steigen. Auch Bolleter (1920) beschreibt vom Weisstannental, SG, dass grossflächige Kahlschläge erfolgten und danach die Grünerle wieder aufsteigen konnte, die Fichte aber nicht. Ebenfalls kam Küttel (1990) für das Urserental zur Überzeugung, dass nicht mehr überall Fichtenwald aufkommen kann infolge veränderter Bedingungen – die heutigen Fichtenwälder seien in einer wärmeren Zeit entstanden (v.a. mit weniger Lawinenereignissen).

Nach Burga & Perret (1998) ist die Grünerle in den Voralpen ein „eingipfliger Entwicklungstyp“ (Höhepunkt der Ausbreitung lag zwischen dem Spätglazial und dem Postglazial) und in den Zentral- und Südalpen ein „progressiver Entwicklungstyp“ (noch heute Einwanderung und Ausbreitung). Vor allem der in den Voralpen seit dem Frühmittelalter einsetzende Grünerlen-Rückgang dürfte nach Burga & Perret (1998) hauptsächlich Ausdruck der Feuerholznutzung und der intensivierten Alpweidewirtschaft sein (Ausdehnung der Alpweiden v.a. auf früheren Grünerlen-Standorten); heute ist die Grünerle aber wieder in Ausbreitung (siehe Teil B).

2.3.4 Heutige Ausbreitung der Grünerle infolge anthropogener Einflüsse

Sehr viel Literatur und Untersuchungen bezüglich der Verbrachung sind bereits vorhanden (Maag et al [2001], Surber [1973], Gisi & Oertli [1981], Bierhals et al [1976], Arbeiten von Zoller, Bischof, Spatz, etc.), deshalb wird nur spezifisch auf die Grünerle eingegangen. Im Anhang A werden zur Information noch die verschiedenen Sukzessionsfolgen aus der Literatur abgebildet (auf Alpflächen allg. von Spatz et al [1978]; Gebiet bei Tavetsch, Surselva von Bischof [1984]).

Viele Alpbetriebe mit Milchverarbeitung haben inzwischen Mühe, genügend geeignete Tiere für die Sömmerung zu erhalten, oder werden zu Mutterkuhalpen (weniger Behirtung) umgewandelt oder ganz aufgegeben. Somit befindet sich die Grünerle erneut rasant in Ausbreitung. Da die Grünerle vom Grossvieh und den Schafen (ausser Engadinerschafe, E. Hiltbrunner, mündl. Mitt.) verschmäht wird, gilt sie als invasives Weideunkraut und wird durch die Alpweidewirtschaft (wie u.a. auch die Alpenrose) indirekt gefördert. Ziegen fressen mit Vorliebe Grünerlenblätter, der Ziegenbestand ist aber in den letzten 100 Jahren auf 1/7 des ursprünglichen Bestandes gefallen (Mürner, 1999). Nach Köstl (2010) stellen Ziegen aufgrund ihrer Physiologie und Fressgewohnheiten eine Alternative zu maschinellen Lösungen (Schwenden) dar. Dies belegt unter anderem die Studie aus Mutten, Graubünden, wo Ziegen innerhalb eines Alpsommers auf einer Fläche von 1,5 ha nahezu alle Grünerlen zum Absterben brachten.

Nach Richard (1995) nimmt die Ausbreitung der sekundären, anthropogenen Grünerlenbestände (siehe Kap. 2.6) vor allem infolge der Aufgabe der Beweidung stark zu, diese bilden in Nordlagen auf mittleren Verhältnissen stabile Dauergesellschaften.

Trittschäden in den Alpweiden durch schweres Vieh begünstigen ebenfalls die Grünerle (Rohbodenkeimer), aber auch Fichten.

Durch die Anfälligkeit von gewissen Wäldern gegenüber Naturereignissen (Windwurf, Lawinereignisse, etc.) und v.a. früherer, unangepasster forstlicher Eingriffe oder fehlender Eingriffe welche zur Überalterung der Bestände führte, wird ebenfalls eine Dezimierung von Hochwaldflächen / Klimaxwald herbeigeführt. Auf diesen Flächen breitet sich v.a. in Nordlagen ebenfalls die Grünerle aus und bildet wie bei den ursprünglichen Grünerlenbeständen dichte, vitale und dauerhafte Bestände.

Die Autoren, E. Hiltbrunner (mündl. Mitt.) und Mürner (1999) sind der Ansicht, dass der Klimawandel vorerst weit weniger einen Einfluss auf die Ausbreitung der Grünerle ausübt als die Aufgabe oder Extensivierung von landwirtschaftlicher Bewirtschaftung.

Als schwerwiegendster Grund für die Vergandung der subalpinen Weiden und ehemaligen Mähwiesen wird das Ausbleiben des jährlichen oder mindestens zweijährlichen Schnittes (= halbschüriger Schnitt) erachtet (Mürner, 1999). Für diese Pflege scheinen heute einfach die nötigen Arbeitskräfte zu fehlen, oder die Mühe dafür wird als nicht mehr lohnend eingeschätzt. Nach Rubli (1976) erträgt die Grünerle den jährlichen Schnitt nicht bei der Wildheugewinnung. Nach E. Hiltbrunner (schriftl. Mitt.) reicht bei Wildheuplanggen evt. ein Schnitt pro Jahr, um den Einwuchs aufzuhalten, da es sich um relativ trockene Standorte handelt. Ansonsten treibe die Grünerle nach einem Schnitt aber eher verstärkt aus. Wird ein Grünerlenast geschnitten, treiben anschliessend alle am Ast verbleibenden Knospen aus. Liegengelassene Grünerlenäste können sich schnell bewurzeln und bilden bald neue Sträucher (Hiltbrunner & Zehnder, 2010). Wird die mechanische Bekämpfung einmalig durchgeführt, erstarken die Grünerlen paradoxerweise. Die Grünerle kann nur zurückgedrängt werden, wenn die Bekämpfung mehrmals wiederholt wird.

2.4 Standortsansprüche

2.4.1 Zeigerwerte der Grünerle

Zeigerwerte *Alnus viridis* (Lauber et al, 2007): B.4w24-422-n (= Bergpflanze. Feuchtigkeitszeiger/wechselfeucht/Säurezeiger/Nährstoffzeiger – Lichtzeiger/Gebirgs- und boreale Pflanzen [Hauptverbreitung in der subalpinen Stufe]/Hauptverbreitung in Gebieten mit subozeanischem Klima: Spätfröste und grosse Temperaturextreme nicht vertragend - sommergrüner Nanophanerophyt).

Anmerkungen Autoren: Dass *Alnus viridis* ein Säurezeiger ist, wurde widerlegt, sie ist indifferent gegenüber dem pH-Wert. Ebenfalls ist die Bezeichnung Nährstoffzeiger nicht ganz korrekt, da sie auch auf nährstoffarmen Böden aufkommen kann (anspruchlos), aber dadurch, dass sie selber Nährstoffe anreichert, wird der besiedelte Standort nährstoffreich.

Zeigerwerte *Alnus brembana* (Lauber et al, 2007): B.3w23-422-n (= Bergpflanze. Zeiger mittlerer Feuchtigkeitsverhältnisse/wechselfeucht/Säurezeiger/weder auf sehr nährstoffarmen noch auf stark gedüngten Böden - Rest dito *Alnus viridis*).

Landolt et al (2010) führen noch weitere Zeigerwerte auf, unter anderem dass die Grünerle schwermetalltolerant ist und eine Konkurrenzstrategie „intermediär zwischen Konkurrenz- und Stress-Strategie“ aufweist.

Bei *Alnus brembana* erwähnt Landolt et al (2010) noch, dass ihr Lebensraum neben Grünerlengebüschen auch subalpin-alpine Rasen sind (auch felsige Rasen).

2.4.2 Physiologische und ökologische Amplitude

Die beobachtete Verbreitung einer Baum- oder Strauchart stellt das „ökologische Potenzial“ (Ellenberg, 1953; zitiert in Zimmermann & Bugmann 2008) oder die „realisierte Nische“ (Hutchinson, 1957; zitiert in Wettstein, 1999) dar, für jede Art gibt es unter Konkurrenz bestimmte Limiten, die nicht überschritten werden können, auch wenn dies rein physiologisch möglich wäre (Wettstein, 1999). Dies erlaubt keine direkten Rückschlüsse auf das „physiologische Potenzial“ gemäss Ellenberg (1953) oder die „fundamentale Nische“ nach Hutchinson (1957; diese beschreibt die ererbte Möglichkeit zu gedeihen). Um aber beispielsweise die Reaktionsgeschwindigkeit der Grünerle auf Klimaänderungen abschätzen zu können, wäre das physiologische Potenzial (ohne Konkurrenzeinfluss) vonnöten. Ebenfalls ist das Ökogramm von *Alnus viridis* als Art nicht bekannt, aber als Pflanzengesellschaft.

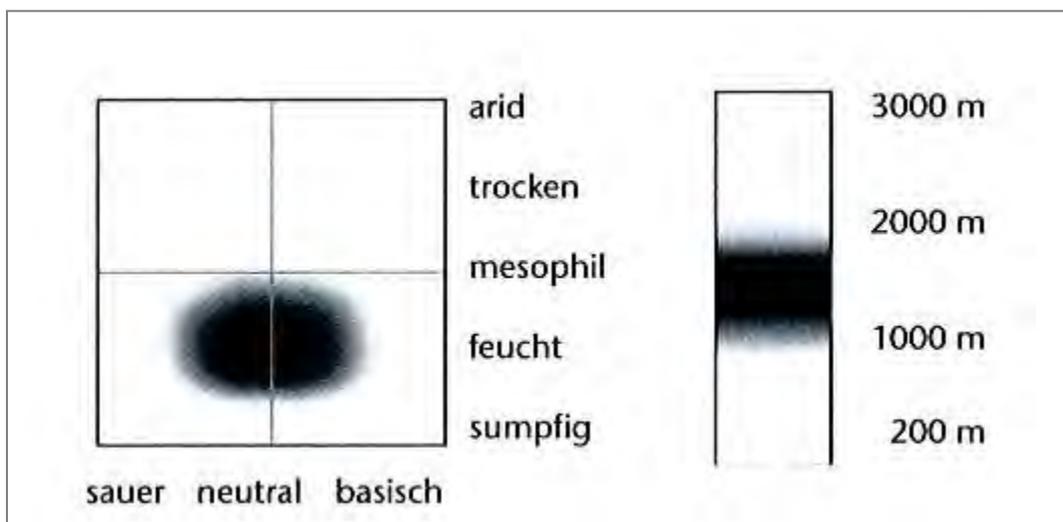


Abb. 3: Ökogramm *Alnus viridis* (Grünerlengebüsch; Delarze & Gonseth, 2008).

2.4.3 Pflanzensoziologische Einheit und Abgrenzung

Alnus viridis ist Charakterart des *Alnenion viridis* (Delarze et al, 1998), dem „Grünerlengebüsch“. Nach Delarze & Gonseth (2008) sind Grünerlengebüsche subalpine Strauchgesellschaften, in denen entweder die Grünerle oder die Grossblättrige Weide (*Salix appendiculata*) dominiert. Häufig gedeiht im Unterwuchs eine üppige Krautschicht, die in ihrer Zusammensetzung mit den subalpinen Hochstaudenfluren vergleichbar ist (*Adenostylion*). Nach Delarze & Gonseth (2008) gibt es aber auch Varianten mit Alpenrosen (*Rhododendron ferrugineum*) oder Farnen (*Athyrium spp.*). Anmerkung der Autoren: Entscheidend ist die Frage, ob sich über die Zeit hinweg alle Varianten zu der hochstaudenreichen Variante entwickeln (diese ist stark verjüngungshemmend), oder ob bei der Variante mit Alpenrosen eher Hochwald aufkommen kann als bei der Farn- und der Hochstaudenvariante. Mürner (1999; Untersuchung in der Innerschweiz) unterschied von 33 Grünerlenbeständen elf verschiedene Ausprägungsformen, kam aber zum Schluss, dass es sich meist um instabile Gesellschaften handelt, und die ursprünglichen Kräuter und Gräser nach und nach von den Farnen und Hochstauden verdrängt werden.

In der Praxis reicht nach Delarze & Gonseth (2008) gewöhnlich die Dominanz der Grünerle oder der Weiden mit über 3 m Höhe als Entscheidungsmerkmal, um die Einheit zu erfassen. Bei den Waldstandortskartierungen in den Kantonen wurde meist nur Grünerlengebüsch (SG: Alvi, GL: AV) ausgeschieden und keine feineren Unterscheidungen vollzogen. Abgrenzungen zu anderen Waldgesellschaften oder zu Offenland wurden mit Übergängen (z.B. Alvi/u) oder Mosaiken (Alvi/57V) ausgeschieden (siehe Erklärungen in Teil B, Kap. 6.1).

Perret (2005) führte Kartierungen im Weisstannental im Waldgrenzökoton aus und fand folgende Übergänge von Grünerlenbeständen zu anderen Vegetationseinheiten:

- Häufig zu Einheit 16 (nicht oder nur extensiv beweidete, nährstoffreiche Standorte – Hochstaudenfluren/*Adenostylo-Cicerbitetum*);
- Mässig häufig zu den Einheiten 18 (Fichtenwälder/*Vaccinio-Piceion*: der Alpenlattich-Fichtenwald/*Homogyno-Piceetum* und der Hochstauden-Fichtenwald/*Adenostylo alliariae-Piceetum*) und 19 (Alpenrosen-Vaccinienheiden/*Rhododendro ferruginei-Vaccinietum*);
- Selten zu den Einheiten 2 (nicht beweidete, mässig bis schwach saure Standorte [v.a. Rutschhänge und Lawinare] – Windhalmwiesen/*Agrostion schraderianae*), 6 (nicht oder selten auch extensiv beweidete Mischgesellschaften in kühleren Lagen – unsicherer Gesellschaftsanschluss), 12 (frische bis mässig feuchte Standorte - Frauenmantel-Rasenschmielenfluren/*Alchemillo-Deschampsietum caespitosi* [inkl. Gamsläger]) und 15 (Viehlägerstellen - Alpenampferfluren/*Rumicetum alpini*).

2.4.4 Charakteristische Pflanzenarten des *Alnenion viridis*

Nach Delarze & Gonseth (2008) sind Grünerle (*Alnus viridis*) und Bastard-Rispengras (*Poa hybrida*) charakteristisch für Grünerlengebüsche, und ihre Begleitflora vermischt sich mit derjenigen der subalpinen Hochstaudenfluren. Häufig dominant vorkommende, aber nicht ausschliesslich in Grünerlengebüsch vorkommende Hochstaudenarten sind (nach Delarze & Gonseth [2008], Landolt [1992] und Mürner [1999]) die Grossblättrige Schafgarbe (*Achillea macrophylla*), Alpendost (*Adenostyles alliariae*), Rundblättriger Steinbrech (*Saxifraga rotundifolia*), Alpenmilchlattich (*Cicerbita alpina*), Meisterwurz (*Peucedanum ostruthium*), Eisenhut (*Aconitum sp.*), Berg-Kerbel (*Chaerophyllum cicutaria*) und Villars Kälberkopf (*Chaerophyllum villarsii*). Weitere häufige Arten sind die Grossblättrige Weide (*Salix appendiculata*), Spiess-Weide (*Salix hastata*), Zweiblütiges Veilchen (*Viola biflora*), Busch-Greiskraut (*Senecio hercynicus*) und die folgenden Farne: Alpen-Waldfarn (*Athyrium distentifolium*), Bergfarn (*Oreopteris limbosperma*), Breiter Wurmfarne (*Dryopteris dilatata*) und der Dornige Wurmfarne (*Dryopteris carthusiana*). Trockenheitszeiger fehlen völlig. Jene Grünerlenbestände, die noch in Entwicklung sind, weisen oft andere Pflanzen auf, z.B. Heidelbeere (*Vaccinium*

myrtillus), Alpenrose (*Rhododendron sp.*), Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*), Borstgras (*Nardus stricta*), etc..

2.4.5 Detaillierte Standortsansprüche der Grünerle

Siehe dazu auch die Ergebnisse der Untersuchungsgebiete, Teil B, Kap. 8.3, 8.4 und 8.5.

2.4.5.1 Klimacharakter

Die Grünerle bevorzugt ozeanisch geprägtes Klima (Wettstein, 1999). Bei genügender Wasserversorgung wächst sie jedoch auch in kontinental geprägten Gegenden ihres Verbreitungsareals.

Die Grünerle bevorzugt Gebiete mit reichlich Niederschlag. Forschungen von Richard (1969) zeigen, dass Grünerlenbestände während eines Sommermonats mehr als 200 mm Wasser transpirieren, was oft über der Niederschlagshöhe liegt. Dies kann nach Richard die Vorliebe der Grünerle für Nordhänge der subalpinen Stufe erklären, wo die Evapotranspiration durch geringere mittlere Temperaturen vermindert ist und wo die Wasserversorgung durch die Verzögerung der Schmelze von Schnee und Firn sichergestellt ist. Somit kann nach Richard (1989) die Wasserversorgung im Sommer zum limitierenden Faktor werden. Nach Richard (1989) kommen die Grünerlenbestände an wärmeren Standorten (z.B. Westhängen) und in tieferen Lagen v.a. entlang von Bächlein und in Runsen auf. Auf den trockeneren West- und Osthängen dominiere die Alpenrose. Ob aufgrund der hohen Transpirationsraten bei der Grünerle wie bei der Schwarzerle (Stangl, 2008) bei Wasserstress dies zu sommerlichem Blattfall führt, und ob bei Trockenstress eine Reduktion der Transpirationsraten einsetzt, ist nicht bekannt.

Die Grünerle (Richard, 1990) bevorzugt Gebiete mit hohen Schneemengen im Winter. Lagen mit lange verbleibender Schneedecke dienen ihr v.a. als Schutz vor Frosttrocknis und als zusätzlicher Wasserlieferant im Frühling / anfangs Sommer. Nach Richard (1969) benötigt die Grünerle eine sechsmonatige Schneedecke. Ebenfalls Richard (1969) erwähnt die mittlere Dauer der Schneebedeckung bei Stationen in der Nähe von Grünerlenbeständen von 210 Tagen im Jahr. Nach Richard (1990) bevorzugt sie eingeschlossene Täler am Fuss von Gebirgsmassiven (über 3'000 m hoch), welche schneereich sind.

Wettstein (1999) erwähnt, dass Richard (1969) vielfach die Vorliebe für ozeanisch geprägtes Klima betont und einen „typischen Bereich“ des Kontinentalitätsindex (K) nach Gams (Anmerkung Autoren: $K = \arctan * \text{Meereshöhe [m]} / \text{Jahresniederschlag [mm]}$) von 35 bis 50 Grad angibt. Nach der Auswertung von Wettstein (1999) liegen 50 % der Grünerlengebüsche zwischen 45 und 55 Grad (Achtung: nicht direkt vergleichbar, da ein veränderter Gamswinkel mit Jahrestemperatur statt Höhe über Meer verwendet wurde). Es ist nach Wettstein (1999) darauf hinzuweisen, dass der Abhängigkeit von ozeanischem Klima ein echter physiologischer Anspruch zugrunde liegt, der bei Betrachtung des Bestandesklimas noch viel deutlicher erkennbar wird: Durch die lange Schneebedeckung entsteht eine Abschwächung der extremen Temperaturen nach unten. Daraus resultiert eine geringere Häufigkeit von Bodenfrösten, so dass Grünerlenbestände selbst in kontinental geprägten Klimaregionen lokal ein Bestandesklima mit ozeanischem Charakter aufweisen (Mürner, 1999).

Bei den Modellierungen kam Wettstein (1999) aber zum Schluss, dass die Kontinentalität in der Simulation die schwächste Einflussgrösse sei, was vermutlich darauf zurückzuführen sei, dass Temperatur- und Feuchtigkeitshaushalt im Bestandesklima sich oft recht stark vom lokalen Klima unterscheidet. Auch in den kontinental geprägten, inneren Alpentälern können sich die Grünerlen - einmal etabliert - ein feuchtes und ausgeglichenes Bestandesklima einrichten.

Ebenfalls bei Modellierungen von Wettstein (1999) zeigte sich ein auffällig indifferentes Verhalten der Grünerle bezüglich Jahres- und Juliniederschlag, welches mit dem Vorhandensein von Kompensa-

tionsfaktoren (lange Schneebedeckung, Gletscher, Firne, etc.; siehe Teil B, Kap. 8.2) nicht vollständig erklärt werden konnte. Eine Vorliebe für niederschlagsreiche Gebiete scheint trotzdem zu existieren. Wettstein (1999) vermutet, dass ein anderer Parameter (zum Beispiel Anzahl Niederschlagstage) die Verteilung besser zum Ausdruck bringen würde. Eggenberger (1995), welcher das Waldgrenzökoton untersuchte, kam zum Schluss, dass der Jahresniederschlag und die Strahlungsverhältnisse (Näherung durch Niederschlagshäufigkeit) die treffendsten Faktoren sind für die Modellierung der Verbreitung der Pflanzengesellschaften innerhalb des Waldgrenzökotons.

In einem biogeographischen Vergleich von Waldgrenzen erkennt Eggenberg (1995) im Vorhandensein bzw. im Fehlen von Grünerlengebüschchen an der Waldgrenze eine wichtige differenzierende Bedeutung für eine Aufteilung in verschiedene biogeographische Regionen.

2.4.5.2 Exposition / Steilheit / Relief

Nach Richard (1989) und anderen Autoren bevorzugt die Grünerle vor allem Nordhänge. Wiedmer & Senn-Irlet (2006) erwähnen, dass im Urserntal oft auch Grünerlenbestände in untypischen Lagen, z.B. auf südexponierten Weiden, gefunden wurden.

Nach Schuhmacher (1998) nehmen die Grünerlenbestände in steileren Lagen stark zu, sie sind vor allem oberhalb einer Neigung von 40 % vertreten (Anmerkung Autoren: ev. auch weil die Grünerlenbestände nur dort geduldet wurden). Nach Bischof (1984) können auch an Südhängen an relativ trockenen Standorten gegen die obersubalpine Stufe Grünerlen-Strauchgruppen vorkommen.

Tranquillini (1969) stellt fest, dass das physiologische Verhalten der Grünerle völlig übereinstimmt mit den Standortsansprüchen der Art, welche, wie er aufzeigen konnte, bei Wind zwar stark transpiriert, doch ihre Photosynthese energisch einschränkt. Die Grünerle wächst hauptsächlich in wasserzügigen Rinnen, die gegen Wind stets weitgehend abgeschirmt sind. Er kommt zum Schluss, dass die verschiedenen Standortsansprüche der Holzarten mit dem Verhalten ihrer beiden Gaswechselprozesse im Wind in bestem Einklang stehen und dieses Verhalten für die windabhängige Verteilung der Vegetation in der subalpinen Stufe eine bedeutende Rolle spielt.

2.4.5.3 Schattentoleranz / Lichtcharakter

Nach Michiels (1993) ist die Grünerle einerseits bei voller Belichtung, aber auch bis in den Halbschattbereich hinein existenzfähig. Nach den Zeigerwerten von Landolt et al (2010) sind Grünerlen auch Halbschattenpflanzen, ertragen aber meist (wie die übrigen Laubbaumarten) nicht unter 10 % der relativen Beleuchtungsstärke.

2.4.5.4 Boden

Nach Michiels (1993) werden zur Ansamung feuchte Mineralböden bevorzugt, Rohböden sind nur bei stetiger Wasserzufuhr zur Etablierung geeignet. Das bevorzugte Substrat der Grünerle sei ein humoser Mineralboden mittlerer bis hoher Entwicklungstiefe. Die Grünerle erträgt im Gegensatz zu *Alnus glutinosa* keine staunassen (Bischof, 1984) und sauerstoffarmen Böden. Nach Rubli (1976) sind die Grünerlen nicht fähig, stark tonhaltige Bodenschichten zu durchwachsen.

Nach Landolt (1992) wachsen Grünerlen auf feuchten (*widerlegt durch Hager 1916*), kalkarmen Böden (*Widerlegung in Teil B*). Landolt (1992) erwähnt ausserdem die:

- Humuszahl: 3. Pflanzen mit Hauptverbreitung auf Böden mit mittlerem Humusgehalt (meist als Mull vorhanden), nur selten auf Roh- oder Torfböden wachsend;
- Dispersitätszahl (und Durchlüftungsmangelzahl): 4. Pflanzen mit Hauptverbreitung auf skelettarmen Böden.

men, meist feinsandig-schluffigen (staubigen), +/- gut durchlüfteten Böden (mittlerer Durchmesser der Feinerdepartikel meist 0,002 - 0,05 mm); auf Grobschutt und Felsen nicht vorkommend. Zeiger schwerer Böden.

Nach Machatschek & Kurz (2006) ist die Grünerle eine Meliorationspflanze, die in Symbiose mit Bakterien Stickstoff sammelt und mit Mykorrhizapilzen vorhandene Auflagen aus Rohhumus und saurer Streu abzubauen vermag. Auf diesem Wege dienen Grünerlenbestände zur Regeneration ausgeharter und degradierter Weideböden.

Nach Ellenberg (2010) werden die Grünerlen auf Kalk- und Dolomitgestein meistens durch Legföhren ersetzt, weil sich diese auf durchlässigen Böden besser zu entwickeln vermögen. Dadurch entsteht der Eindruck, dass die Grünerle kalkmeidend ist und die Legföhre kalkliebend. Es sind aber beide Arten gegen den Säuregrad indifferent. So wuchert, wo karbonatreiches Gestein genügend wasserhaltende Kraft besitzt, auch die Grünerle.

Die Grünerle gedeihe aufgrund ihres Feuchtigkeitsbedürfnisses am besten auf undurchlässigen Silikatgesteinen und Tonschiefern (Holtmeier, 1976, Richard, 1968; zitiert aus Ellenberg, 2010).

Nach Wettstein (1999) stellen sich die geotechnischen Standortsfaktoren als stärkste Einflussgrößen für das Auftreten des Grünerlengebüschs heraus. Die Kriterien, nach denen die Geotechnische Karte der Schweiz erstellt worden ist, stimmen offensichtlich sehr gut mit den Kriterien überein, auf die es beim Auftreten des Grünerlengebüschs ankomme. Für die Ausbildung des Gebüschs sei weder die Tektonik noch die mineralische Zusammensetzung der Gesteine und dessen Auswirkung auf den Boden entscheidend. Vielmehr spielen Durchlässigkeit und Stabilität des Untergrunds eine entscheidende Rolle, Kriterien, die auch in der Verwendung der Gesteine als Baugrund oder Baustoff wichtig sind. Der hohe Besiedlungsgrad der Grünerle im Rätikon beweist nach Wettstein (1999) die starke Kompensationsfähigkeit der geologischen Unterlage (grosse Vorkommnisse von Wildfölysch).

2.5 Gefährdungen / Schäden

- Schäden durch Einwirkung von Naturgefahren: siehe Kap. 3.
- Schäden durch Frosteinwirkung: Spätfröste werden schlecht ertragen von Grünerlen.
- Schäden durch Pilz- und Komplexkrankheiten, sowie Trockenstress:

Das **Triebsterben bei der Grünerle** wurde bis anhin in der Schweiz (1997 / 98 im Gotthardgebiet, im oberen Simmental und im Oberengadin, 1989 / 90 in der Innerschweiz; Meier et al, 1999), in den italienischen Alpen (mehrere 100 ha; Pisetta et al, 2005) und in Österreich (2 Regionen im Jahr 2001, Steyrer & Tomiczek, 2002) beobachtet. Nach Meier et al (1998) vertrocknen die Blätter der erkrankten Ruten ab Juli und verfärben sich rotbraun. Die Verfärbungen erfassen ganze Bestände oder sind mosaikartig verteilt. Charakteristisch sind Rindennekrosen, die meist auf eine Stammseite beschränkt sind. Diese sind in frühen Stadien leicht an der rötlichen Farbe feststellbar, später wird die Rinde grau und lässt massenhaft winzige pustelförmige Pilzfruchtkörper erkennen (aus Steyrer & Tomiczek, 2002). Diese Schwächeparasiten gehören zu den Schlauchpilz-Familien Valsaceae (mehrheitlich *Cryptodiaporthe oxystoma*) bzw. zu den Melanconidaceae (*Melanconis alni*). Untersuchungen in Italien konnten die Pathogenität der beiden Pilzarten nicht bestätigen (Maresi & Ambrosi, 1999; zitiert in Steyrer & Tomiczek, 2002), ihre Untersuchungen ergaben, dass die Schäden mit hoher Wahrscheinlichkeit durch schneearme Winter hervorgerufen werden, vor allem, wenn die Dauer der Schneedecke im ausgehenden Winter signifikant verkürzt ist, dürfte es bei dieser Strauchart zu Trockenstress kommen. Nach Meier et al (1998) können solche Wasserdefizite auch während der Vegetationsruhe, infolge anhaltend starker Sonneneinstrahlung bei gleichzeitig gefrorenem Boden entstehen. Nach E. Hiltbrunner (schriftl. Mitt.) tritt das Triebsterben nach Beweidung mit Engadinerschafen häufiger auf, evt. sei dies mitentscheidend für das Absterben von Grünerlen nach Beweidung mit Engadinerschafen.

Bei der **Phytophthora-Wurzelhalsfäule der Erlen** (LWF, 2004) gilt als Verursacher der Krankheit, die auch die Grünerle (bisher nur in Versuchen, im Freiland z.Z. nicht relevant) schädigen kann, ein neuer, bisher unbekannter Pilz der Gattung *Phytophthora* (vermutlich durch Hybridisierung entstanden). Die Krankheit breitet sich in Europa schnell aus. Weitere Infos:

www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/lwf_merkblatt_6/index_DE.

Weitere Pilzschäden können nach Cech (1999) durch Wurzelfäule (*Armillaria sp.*) entstehen oder ein Zurücksterben der Krone infolge verschiedener Kleinpilze (*Ophiovalsa suffusa, etc.*) kann eintreten.

Schäden durch Insektenfrass:

Z.B. durch *Cryptorrhynchus lapathi* (Cech, 1999), *Leiopus nebulosus*, *Luperus flavipes* (Pisetta et al 2005), sowie *Agelastica alni*, *Melasoma aeneum* und *Polydrosus sericeus* (Benz, 1997) siehe dazu auch Kap. 4.2.5 und <http://www.wsl.ch/forest/wus/diag/index.php>: Diagnose online: Baum- und Wald-Krankheiten der WSL, Birmensdorf.

Schäden durch Wildeinwirkungen:

Nach Michiels (1993) ist von den Schadeneinwirkungen vor allem der Wildverbiss bedeutsam. Ein spürbarer Rückgang des Verbisses erfolge bei Sprosslängen oberhalb 1.8 m (siehe auch Kap. 4.2.1).

2.6 Verhindert die Grünerle das Aufkommen von Wald?

Die Grünerle gilt im forstlichen Bereich als Bodenverbesserer und wurde früher als Vorbauart empfohlen (Kasthofer, 1825; Mayer & Ott, 1991; Bischoff, 1987). Bei Hahn (2011) werden solche Aufforstungen mit Grünerlen beschrieben, aber auch die Schlussbaumarten wurden meistens gepflanzt (einzig beim Beispiel Hürndliegg kommen vielerorts auch Fichten und einzelne Bergahorne natürlich auf).

Ob ein Einwuchs auf natürliche Weise möglich ist, wird nachfolgend erläutert.

Richard (1990) unterscheidet drei Typen von Grünerlenbeständen:

1. Ursprüngliche Grünerlenbestände (hochstaudenreich, an der oberen Waldgrenze, v.a. an Nordhängen).
2. Sekundäre Grünerlenbestände (auf natürliche Weise entwaldete Standorte [v.a. durch Lawinen-niedergänge] v.a. an Nordhängen).
3. Sekundäre, anthropogene Grünerlenbestände (entwaldete Gebiete für die Weidenutzung).

Die letztgenannten Grünerlengebüsche sind nach Richard (1990) oft weniger kräftig als die anderen zwei Typen, mit weniger Hochstauden, manchmal bilden sich Alpenrosen-Grünerlengebüsche. Eine langsame Entwicklung führt zu hochstaudenreichen Fichten- oder Arvenwäldern. In stark ausgeprägten Hanglagen fördert die Grünerle das Schneekriechen und die Rückkehr des Klimaxwaldes dauert sehr lange oder wird unmöglich. In diesem Fall sind in der Landschaft die sekundären, anthropogenen Grünerlenbestände kaum von den ursprünglichen Grünerlenbeständen unterscheidbar.

Nach Richard (1995) nimmt die Ausbreitung der sekundären, anthropogenen Grünerlenbestände vor allem infolge der Aufgabe der Beweidung stark zu, diese bilden in Nordlagen auf mittleren Verhältnissen stabile Dauergesellschaften. Bei sekundären, anthropogenen Grünerlenbeständen, welche sich in Schneisen (wegen Strassenbau, Freihalten von Leitungen, Skiliften, etc.) innerhalb der Waldgebiete bildeten, wird angenommen, dass diese sich relativ schnell wieder zu Klimaxwald bilden.

Im Buch „Gebirgsnadelwälder“ (Ott et al, 1997) werden folgende Definitionen aufgeführt:

- **Pionierbaumart:** Art der frühen Sukzessionsstadien. Sie zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:
 - Nahezu jährliche Fruktifikation und Bildung grosser Mengen durch Wind und Wasser weit verbreiteter Samen von früher Jugend an.
 - Geringe Schattentoleranz.
 - Unempfindlich gegen Klimaextreme.
 - Ausserordentlich schnelles Jugendwachstum, meist geringe Lebensdauer.

Anmerkung Autoren: Eine Weiterentwicklung zur Klimaxgesellschaft ist möglich.

- **Dauerwaldbaumart:** Pionierbaumart, die nicht durch Klimaxbaumarten verdrängt wird, da ein Faktor (z.B. Schutt, Lawinen) dauernd der Weiterentwicklung entgegenwirkt. Anmerkung Autoren: Die Dauergesellschaft ist etwas ähnliches wie der Sonderwaldstandort in NaiS (Frehner et al, 2005). **Sonderwaldstandorte** sind azonale Standortstypen, die durch andere Standortsfaktoren als Bodensäure bzw. Nährstoffverfügbarkeit und durchschnittliche Bodenfeuchte bestimmt sind. Standortsfaktoren, die einen Sonderwaldstandort bestimmen, sind z.B. bewegter Schutt oder Blockschutt.
- **Klimaxbaumart:** Art der späten Sukzessionsstadien. Genügend lange Entwicklungsräume vorausgesetzt, verdrängt sie die Pionierbaumarten auf den weitaus meisten Standorten. Sie zeichnet sich durch die folgenden Eigenschaften aus:
 - Erst in höherem Alter einsetzende Fruktifikation, ergiebige Samenjahre in Intervallen, begrenzte Verbreitbarkeit der Samen.

- Hohe Schattentoleranz.
- Empfindlich gegen Klimaextreme.
- Langsames Jugendwachstum, lange Lebensdauer.

Anmerkungen Autoren: Klimaxgesellschaft: Standort ist meist im Oekogramm NaiS (Frehner et al, 2005) dargestellt. Die Klimaxgesellschaft ist etwas ähnliches wie der **Hauptwaldstandort** in NaiS.

Analog zu diesen Definitionen schliessen wir uns der Meinung von Richard (1990) an, dass die Grünerle im Allgemeinen bei Nr. 1 eine Dauergesellschaft / Klimaxgesellschaft, bei Nr. 2 eine Dauergesellschaft und bei Nr. 3 eine Pioniergesellschaft bildet, die bei vorhandenen Samenbäumen möglicherweise wieder einwachsen kann zu Hochwald (je weniger ozeanisch das Klima, desto wahrscheinlicher der Einwuchs).

In der Literatur wird von einigen Autoren das Aufkommen von Nadelwald als möglich aufgeführt oder belegt. Dies betrifft aber andere Untersuchungsgebiete / Klimaregionen (Tasser, mehrere Publ.; Waldner 1992; Höchtl et al, 2005), meist einzelne Bestände (Bahn et al, 1994; Spatz et al, 1978; Körner & Hilscher, 1978) oder Grünerlenbestände mit anderer Vegetation im Unterwuchs (nicht Hochstauden).

Nach Körner & Hilscher (1978; zitiert aus Wettstein, 1999) sind die dichten Bestände mit 60 Jahren alt und brechen dann in kurzer Zeit zusammen, so dass für die Waldbäume durch den erhöhten Lichteinfall bessere Keimungsbedingungen entstehen. Nach Bahn (1994) ist ein Einwuchs möglich, wenn eine Überalterung von Grünerlenbeständen eintritt und sich dadurch die Blattmasse und somit der Übershirmungsgrad verringert. Bei Spatz et al (1978) treten mit zunehmender Überalterung der Grünerlenbestände Fichtensämlinge zahlenmässig stärker hervor. Nach Waldner, 1992 (Gebiet Sölker Tauern, Österreich) kommt die Fichte in ihrem Schutz gut hoch, was man besonders an der obersten Waldgrenze beobachten könne. Bischoff (1987), Hager (1916) und Schuhmacher (1998) sind der Meinung, dass infolge der Beweidung der Einwuchs von Fichtenwald nicht möglich ist.

Mürner (1999) ist der Ansicht, dass, je älter und unberührter ein Erlenbestand ist, desto intoleranter ist er gegenüber Fichten.

Nach Rubli (1976) sind Grünerlenbestände aber ausserordentlich stabil und zeigen über die Zeit kaum strukturelle Veränderungen. Es ist weder ein Absterben von ganzen Gebüschgruppen noch eine flächenweise Verjüngung feststellbar. Durch die vegetative Vermehrung von Grünerlen entstehen nach Rubli (1976) sehr resistente Dauergesellschaft, nach Störungen wie z.B. Steinschlag schliesst sich die Lücke innerhalb kürzester Zeit wieder. Nach Rubli (1976) können einzig auf trockeneren oder skelettreichen Standorten Weiden, Birken oder Vogelbeeren eingesprengt sein. Die üppigen Hochstaudenfluren verunmöglichen praktisch das Aufkommen von Baumarten.

Bei Perret (2005) konnten in den meist hochstaudenreichen Grünerlenbeständen des Weisstannentals nur sehr vereinzelt Fichten angetroffen werden. Seines Erachtens liegen die Gründe dafür in der langen Schneebedeckung der Flächen (Gefahr von Pilzschäden), in Schneebewegungen (Entwurzeln der Bäume) sowie in ungünstigen Keimbedingungen für Fichtensamen (Lichtmangel). Mürner (1999), welcher eine Diplomarbeit in der Innerschweiz über Pilze in Grünerlenbeständen machte, fand bei Feldaufnahmen in 33 verschiedenen Grünerlenbeständen bloss in 3 Beständen aufkommende Fichten und zwar in jenen Gebieten, bei denen die ökologischen Voraussetzungen aufgrund von Wasserstress ungünstig waren. Er stellte (zusätzlich zu jenen von Perret, siehe oben) bei Feldaufnahmen die folgenden Hinderungsgründe für das Aufkommen von Fichten im Grünerlenbusch fest:

- Die bei Grünerlen aufgekommenen Fichtenjungpflanzen können während der langen Schneebedeckung (5 - 8 Monate) nicht assimilieren und sind dem Schneeschimmel (*Herpotrichia nigra*) ausgesetzt, einem Ascomyceten, der eine relative Luftfeuchte von 90 % benötigt und deshalb nur unter Schnee wächst (zitiert aus Strasburger, 1991).

- Die aufgekomenen Fichtenjungpflanzen bleiben wegen des wind- und sonnengeschützten Mikroklimas im Innern des Grünerlengebüsches nach Regenfällen und nach dem Morgentau noch lange nass. In diesem Zustand können sie von parasitischen Pilzen, z.B. vom Goldschimmel (*Chrysomyxa rhododendri*) befallen werden, denn die Pilzsporen sind für die Keimung auf ein feuchtes Milieu angewiesen.
- Wasserzügige und staunasse Böden können Fichten krankheitsanfällig machen, nicht aber Grünerlen.
- Die Jungpflanzen werden durch das Blätterdach des Grünerlenbusches beschattet, damit sind die Lichtverhältnisse für die Assimilation sogar im Sommer kaum optimal. Anmerkung Autoren: Das Blätterdach ist vermutlich dichter als jenes von Vogelbeere und Birke, beides sind ideale Vorwaldarten.
- Gegen Bodenbewegungen sind die vegetativ aktiven Grünerlen tolerant, nicht aber die Fichten, die keine Ausläufer bilden können.
- Feuertoleranz: Nach Bränden kann sich die Grünerle vegetativ regenerieren, nicht aber die Fichte.

Bei mehrjährigen Beobachtungen von Mürner (Biel im Schächental, 1'740 m ü. M.) zeigte sich, dass Grünerlen sehr viel schneller wachsen als Fichten. Wird ein für beide Sämlinge gleich günstiger Boden gleichzeitig durch beide Arten besiedelt, so hat die Fichte das Nachsehen. Nur dort, wo die Fichte schon vor der Grünerle da war, konnte sie sich gegen ihren Konkurrenten durchsetzen.

Desweiteren erwähnt Mürner (1999), dass sowohl Grünerle wie Fichte für ein gutes Gedeihen auf ihr eigenes, nicht miteinander kompatibles Artenset von Mykorrhizapartnern wie auch Saprobionten angewiesen zu sein scheinen. Nach Mürner (1999) drängt sich die folgende These auf: Die Fichtensämlinge können zwischen den Grünerlen nur schlecht aufwachsen, weil ihnen die nötigen Pilzpartner im Boden fehlen, denn dieser ist bereits durch die Pilzpartner der Erlen besetzt.

2.7 Ist die Grünerle eine invasive Art?

Nach Anthelme (2007) ist die Grünerle infolge ihres negativen Einflusses auf die Artenvielfalt eine invasive Art, ihre Ausbreitung auf aufgegebenen Alpweiden habe aber keinen negativen Effekt auf das Ökosystem (Anmerkung: Widerlegt durch Resultate von T. Bühlmann), wie es bei invasiven Arten definiert ist. Diese Eigenschaft macht die Grünerle zu einem interessanten Modell für eine einheimische invasive Art, die nach der Nutzungsaufgabe folgt.

Anthelme (2007) erwartet, dass sich die Grünerle in den nächsten Jahren stark ausbreitet, die drei Hauptgründe für eine Sukzession sind:

- Das Vorhandensein von geeigneten Lagen für die Kolonisation infolge der Bewirtschaftungsaufgabe.
- Das Vorhandensein eines Besiedlers (Grünerle, bereits natürlich weit verbreitet).
- Eine effiziente Ausbreitungsstrategie der eindringenden Pflanze (Grünerle, schnelle horizontale Ausbreitung, ein grosses Beharrungsvermögen durch die vegetative Vermehrung und eine hohe Samenproduktion mit weitreichender Ausbreitung).

Aus diesen Gründen kann die Abnahme der Artenvielfalt auf regionaler Skala zu einem ernstem Problem für die Erhaltung der subalpinen Graslandgesellschaften werden (Anthelme, 2007). Die Frage, ob die Ausbreitung der Grünerle auf aufgegebenem Land lokal kontrolliert werden soll ist somit relevant.

2.8 Zusammenfassung und Fazit

Die Grünerle ist aus folgenden Gründen in der Besiedelung von neuen Gebieten und im Beharren in bereits besiedelten Gebieten sehr erfolgreich:

- Vermehrungstechnik: Zur Neubesiedlung neuer Gebiete leichte, in grosser Anzahl auftretende flugfähige Samen, zur Regenerierung des eigenen Bestandes grosse vegetative Vitalität durch Ablegerbildung (Beharrungsvermögen).
- Eigene Stickstoffversorgung durch Aktinomyzeten (*Frankia alni*) führt zu grosser Produktivität.
- Gesicherte Wasser- und Nährstoffaufnahme mit Hilfe der Ektomykorrhizapartner.
- Die Grünerle ist ein Kulturfolger.
- Die Grünerle ist nach Anthelme (2007) eine einheimische invasive Pflanze.
- Die Grünerle weist eine grosse ökologische Amplitude auf; beispielsweise erfolgten historische Ausbreitungen der Grünerle nach Brandrodungen (Zeichen für Warmphasen) und während Kaltphasen.
- Der frühere Kahlschlag der subalpinen Fichtenwälder und die Herabsetzung der Waldgrenze zur Schaffung von Kuhalpen begünstigten die Grünerle durch eine Vergrösserung des potentiellen Verbreitungsgebietes.
- Die heutige Aufgabe und Extensivierung von Sömmerungsgebieten fördert die Grünerle.
- Bei der Neubesiedlung von vergandenden Flächen und ehemaligen Fichtenstandorten kommt der Grünerle zugute, dass sie schneller wächst als die Fichte.
- Die Grünerle gilt aus forstlicher Sicht als ein Bodenverbesserer, da sie die Bodenbildung und die Durchlüftung des Bodens fördert und den Boden mit Stickstoff anreichert (schnelleres Wachstum von Folgebestand bei Aufforstungen; Bischoff, 1987).

- Die Grünerle bildet ihr eigenes Bestandesinnenklima, dies ist mit ein Grund für ihr Beharrungsvermögen.

Die Grünerle benötigt folgende Bedingungen:

- Idealerweise (sub)ozeanisches Klima.
- Gegenüber dem Säuregrad ist sie indifferent. Sie meidet trockene Böden wie Kalkböden mit wenig Wasserspeicherkapazität und höchstens wenig Hangwassereinfluss.
- Genügend Feuchtigkeit, diese kann bei ungenügendem Niederschlag auch durch weitere Faktoren (lange Schneebedeckung, Gletschernähe, Nebel, etc.) kompensiert werden.
- Eine genügend lange Schneebedeckung als Schutz vor Spätfrösten, Trockenstress und grossen Temperaturextremen, die lange Schneedecke verhindert wiederum das Aufkommen von Baumarten (Pilzbefall).
- Optimale Standorte für die Grünerle sind Zufuhrlagen, Lawinenrunsen, Rutschhänge in der subalpinen Höhenstufen, speziell in West-Nord-Ostlagen.

Ein Einwuchs von Hochwald kann am ehesten auf suboptimalen Lagen und bei sekundären, anthropogenen Grünerlenbeständen erfolgen.

Die Standortseigenschaften (Exposition, Höhenstufen, Geologie) und der Einwuchs von Hochwald wird im Teil B in Kap. 8 ausführlicher diskutiert.

3 Welche Wirkung haben Grünerlenbestände auf Naturgefahrenprozesse?

Nach Mössmer & Ammer (1994) beruht die Fähigkeit einer Gehölzpflanze auf erosions- und schneegleitgefährdeten Standorten nicht nur zu überleben, sondern aktiv auch gewisse Schutzfunktionen zu übernehmen, zum einen auf der Widerstandsfähigkeit ihres oberirdischen Sprosssteiles gegen mechanische Beanspruchung, zum anderen auf der Fähigkeit zur Bildung eines intensiven Wurzelwerks mit ausreichender Zug- und Scherfestigkeit. Beide Vorzüge besitzt die Grünerle. Die mechanische Beanspruchung ist auch bei Steinschlag wichtig, und das intensive Wurzelwerk beim Oberflächenabfluss.

Die Prozesstypen Oberflächenabfluss, Erosion, flachgründige Rutschung, Schneegleiten und Flurbrand werden im PLANAT Projekt „PLANAT Aktionsplan 2009-2011; Einzelprojekt B 11: Auswirkungen der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung auf die Naturgefahren“ (Zischg, Flury et al, 2011) detailliert beschrieben, nachfolgend werden nur Ergänzungen welche spezifisch die Grünerle betreffen noch aufgeführt.

3.1 Lawinenbildung, Schneegleiten, Schneeschurf, Kriechschnee

3.1.1 Hat die Grünerle Probleme mit solchen Standorten?

Nach Mössmer & Ammer (1994; Untersuchungen zu Pioniereigenschaften von Gehölzen in schneegleitgefährdeten Schutzwaldlagen im montanen und subalpinen Bereich der Bayerischen Kalkalpen) ist die Grünerle zusammen mit der Legföhre die am besten geeignete Strauchart für Standorte mit starken Schneebewegungen bzw. Lawinenabgängen, beide jedoch sind nicht geeignet, Schneeabgänge dauerhaft zu unterbinden. Im Gegensatz dazu sind Lärchen, Bergahorn und Vogelbeere nur geeignet bei mässigem Schneegleiten und die Fichte ist empfindlich gegenüber Schneegleiten.

Im Winter werden ganze Bestände infolge des Schneedrucks auf den Boden gepresst, sie entgehen somit den abgehenden Schneebrettern (Gallenmüller, 1999). Dies ist aufgrund der sehr hohen Stammelastizität möglich und durch ihren Säbelwuchs, dieser ist nach Mürner (1999) auch der Grund für die hohe Schneedruck- und Lawinentoleranz.

3.1.2 Welche Wirkung haben Grünerlenbestände auf Schneegleiten und Lawinenbildung?

Newesely et al (2000) untersuchten zur Erklärung der Anfälligkeit für das Schneegleiten den Einfluss der Geländefaktoren (Hangneigung, Exposition, Seehöhe) sowie den Einfluss der Bewirtschaftung. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Anfälligkeit der Alpflächen für das Schneegleiten mit dem Rückgang der Bewirtschaftung deutlich zunimmt. Besonders hohe Gleitraten konnten dabei auf niedrigen, weichen Zwergstrauchbeständen ermittelt werden. Größere Zwergsträucher oder Bäume wirken hingegen als Hindernisse und stabilisieren die Schneedecke derart, dass die Gleitraten wieder stark zurückgehen.

Nach Salm (1982) können Grünerlen zu Schwimmschnee führen infolge lockerem, schwach verdichtetem Schnee (zwischen den Lohden).

Nach Richard (1995) wirkt die Grünerle einerseits wie ein instabiler Faktor auf die Schneedecke, andererseits wie ein guter Schutz des Bodens vor Abtrag durch Schneegleiten und Lawinen. Er erwähnt, dass die Grünerle dem Schneegleiten keinen Widerstand bietet.

Nach Mössmer & Ammer (1994) ist die Grünerle in der Lage, bodennahe Gleitbewegungen zu reduzieren. Damit könne sie gefährdeten Baumarten wie der Fichte das Aufwachsen ermöglichen. Den Abgang von Lawinen kann sie jedoch durch das Ablegen der elastischen Zweige nicht verhindern.

Bei der Lawinenhäufigkeit gibt es gegensätzliche Meinungen (Folgerungen aus Beobachtungen, kein gesichertes Wissen):

- Nach Mürner (1999) werden im Winter die Grünerlen durch den kriechenden Schnee auf den Boden gedrückt und so zu einer idealen Rutschbahn geformt, die den Lawenniedergang begünstigt, sodass jeden Winter statt einer einmaligen verheerenden Katastrophe mehrere harmlosere Ereignisse stattfinden können. Grünerlen verhindern also nicht etwa Lawinen, sie fördern diese sogar, vermindern damit aber das Risiko von waldzerstörenden Katastrophenlawinen.
- Nach Frehner et al (2005) können Grünerlen, die völlig mit Schnee überdeckt sind, die Lawinenbildung durch die elastischen Bewegungen der Äste fördern. Zudem ist dort die Bildung von Schwimmschnee ausgeprägt. Sind die Bestände grossflächig ausgebildet, so können die Lawinen im Vergleich zum Freiland etwas weniger häufig aber grösser sein.

Nach Rubli (1976, aus Beobachtungen gefolgert) ist die Wirkung von Grünerlenbeständen auf die Kriech- und Gleitbewegung des Schnees und auf Lawinenbildung unterschiedlich je nach Beschaffenheit der Schneedecke:

- Bei allmählichem Einschneien und geringer Schneemächtigkeit werden die Äste der Erlen zwar durchgebogen, ragen aber noch aus der Schneedecke und festigen diese durch ihre armierende Wirkung. Mit zunehmender Schneehöhe werden die Äste aber nach unten gepresst. Durch das Setzen der Schneedecke und Abschmelzen unterhalb der Äste können schliesslich Lohden auf den Boden zu liegen kommen, die ursprünglich aufrecht waren.
- Bei plötzlich einsetzenden, ausgiebigen Nassschneefällen im Frühwinter werden die Erlenäste auf den Boden gelegt. Auf dieser Unterlage setzt sich der Schnee ungleichmässig und durch erhöhten Luftzutritt wird die Schwimmschneebildung gefördert. So könne beobachtet werden, dass an Grünerlenhängen Schneerutsche entstehen, wo in topographisch ähnlichen Hangteilen in der nächsten Umgebung die Schneedecke noch intakt bleibt.

3.2 Oberflächenabfluss

Oberflächenabfluss ist der Teil des Niederschlags, der nicht durch Interzeption an der Vegetationsdecke zurückgehalten wird und nicht in den Boden eindringen und versickern kann (Zischg et al, 2011). Somit ist der Oberflächenabfluss von der Vegetation und der geologischen Unterlage abhängig. Eine Bedeckung des Bodens durch Vegetation erhöht die Interzeption des Niederschlags, schützt den Boden vor der kinetischen Energie der Regentropfen, erhöht die Rauigkeit der Bodenoberfläche und erhöht die Evapotranspiration (Zischg et al, 2011).

Beim Oberflächenabfluss ist es wichtig, zu unterscheiden, welche Einflüsse hat der Standort an sich, unabhängig von der Besiedlung durch die Grünerle (Steilheit, geologische Unterlage, Relief, Exposition, etc.) und welchen Einfluss üben die Grünerlenbestände als Vegetationsdecke aus. Ausserdem ist zu berücksichtigen, in wie weit die Grünerle diese Standorte „wählt“ oder dort ist, weil sie dort konkurrenzlos ist.

3.2.1 Welche Wirkung haben Standorte, welche oft durch Grünerlen besiedelt werden, auf den Oberflächenabfluss?

Grünerlen besiedeln oft Zufuhrlagen, welche somit einen erhöhten Oberflächenabfluss aufweisen. Ausserdem besiedeln sie oft Expositionen, welche weniger Verdunstung aufweisen (Schattenlagen). Auch dies führt zu erhöhtem Oberflächenabfluss. Ausserdem stocken Grünerlen oft auf wenig durchlässigen Böden (schwer basisch oder schwer saure Unterlage, siehe Teil B, Kap. 8.5), bei welchen das Infiltrationsvermögen reduziert ist.

3.2.2 Welche Wirkung haben Grünerlenbestände auf den Oberflächenabfluss?

Nach Richard (1995) regelt die Grünerle den Wasserkreislauf. Die relativ tiefen, durchlässigen und gut gebundenen Böden (feinerdreich) absorbieren schnell und halten temporär einen Teil des Wassers zurück. Die dichte Krautschicht und die zahlreichen, gebogenen Stämme bremsen den Oberflächenabfluss. Auch schmilzt der Schnee langsamer zwischen den Stämmen und im Sommer trägt die Evapotranspiration der Hochstauden dazu bei, die Gewitterregen schwammartig aufzusaugen.

Bei den Grünerlen setzt der Blattfall sehr spät im Herbst ein, meist erst nach dem ersten Schneefall (Mürner, 1999), somit wird während der langandauernden Vegetationsperiode ein Teil des Niederschlags durch Interzeption an der Vegetationsdecke (einerseits Blätterdach, andererseits Unterwuchs, Hochstauden) zurückgehalten und der Boden ist während den starken Sommerniederschlägen durchgehend vor Verschlammungsprozessen an der Bodenoberfläche geschützt (keine Herabsetzung des Infiltrationsvermögens durch Zerstörung der Bodenaggregate).

Bunza (1978, zitiert in Füreder et al, 2003) führte einen Beregnungsversuch auf Flächen mit unterschiedlicher Vegetation durch:

1. Subalpine Rasengesellschaft mit 30 % Grünerlen (Brachevegetation).
2. 90 % Grünerlen (Brachevegetation).
3. Ohne Bewuchs (im Bereich planierter Skipisten).

Der Oberflächenabfluss war bei Fläche 2 am niedrigsten und bei fehlendem Bewuchs (Fläche 3) am höchsten. Bewirtschaftete Flächen entsprechen ungefähr der Fläche 1. Bodenabtrag trat bei keiner der Flächen auf.

Da Grünerlenbestände einen sehr hohen Deckungsgrad aufweisen, kann nach Wagner et al (2009) angenommen werden, dass der Oberflächenabfluss sehr gering ist.

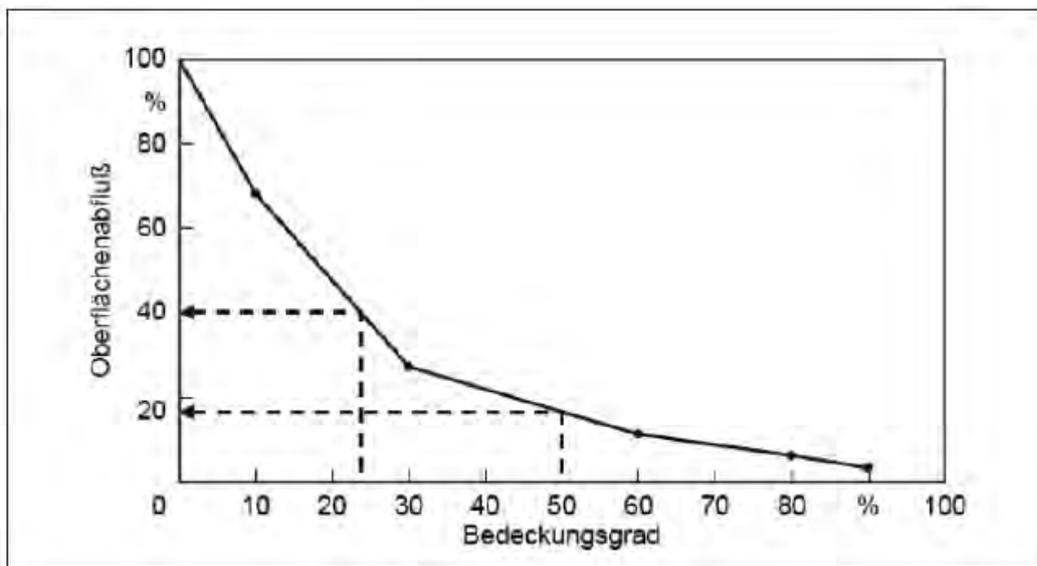


Abb. 4: Einfluss des Bodenbedeckungsgrades auf den Oberflächenabfluss (Wagner et al, 2009).

Nach Tobias (2003) erhöhen die Unebenheiten an der Bodenoberfläche durch Wurzeln und Sprosse die Rauigkeit und verringern somit die Fliessgeschwindigkeit des Oberflächenwassers. Ausserdem trägt die Vegetation durch Wurzelausscheidungen wesentlich zur Aggregatbildung im Boden bei und dies ermöglicht eine schnelle Infiltration.

Die Grünerle weist zusätzlich eine sehr hohe Transpiration auf (Richard, 1969; in Sommermonaten

über 200 mm), was dem Boden ständig Wasser entzieht und somit einer Bodensättigung und dem daraus folgenden Oberflächenabfluss entgegenwirkt.

Die Grünerle wirkt durch ihre Durchwurzelung des Bodens der Bodenverdichtung entgegen. Bodenverdichtung hat zur Folge, dass erstens Niederschlagswasser nicht mehr in den Boden eindringen kann und zweitens dass das Porenvolumen und damit die potenzielle Wasserspeicherkapazität verringert wird (Zischg et al, 2011).

Markart (2004) erstellte eine Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflusses. Dabei wird einerseits die Vegetationsbedeckung, aber auch der Standort (Boden) und die Nutzung mitberücksichtigt. Dabei beurteilt er die Bodenrauigkeit bei Grünerlenbeständen als ziemlich rau und der Abflussbeiwert fällt je nach Bodeneigenschaften in die Klassen 3 - 4.

Gesellschaft	Standort/Boden	Nutzung	Hydrologische Eigenschaften	Rauhigkeitsklasse	Abflussbeiwertklasse
1 Grünerle, (Lawinenbahn) im oberen Bereich vergesellschaftet mit Latsche bzw. Zwergsträuchern	Grob-Boden, Humusauflage, flachgründiger Karbonat-Grob-Boden auf subanste-hendem Fels, vergrast mit freien Felsflächen	keine	mf-ff , rascher Oberflächenabfluss und oberflächennaher Abfluss aus den mit Fels durchsetzten Bereichen, der sich auf den freien Felsflächen sammelt und konzentriert abfließt oder versickert	4-5	4
2 Grünerle, (Lawinenbahn)	Grob-Boden mit Feinanteil, Humusauflage, flachgründiger Karbonat-Boden auf subanste-hendem Fels	keine, ev. im linken unteren Bereich geringe Weideintensität	f-ff , nur oberflächennahe Einsickerung des Abflusses möglich. Z.T. Bildung von Return-flow kein Hangwasserzug, keine Vernässung	4-5	3*
3 Grünerle (ohne Abb.)	Grob-Boden eingebettet in Feinanteil; Fein-Boden z.T. dicht	keine/ geringe Weideintensität	Hangwasserzug, i.d.R. hohe Vorbefeuchtung	4-5	4

Tab. 2: Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflusses. Anmerkung: * wird bei Markart nicht erläutert im Text. mf = trocken - mässig frisch; f = frisch; ff = sehr frisch - feucht. Aus Markart, 2004.

Der Abflussbeiwert 3 bedeutet ein Oberflächenabfluss von 31 - 50 % des Niederschlags, somit mittlere Abflussverhältnisse; der Abflussbeiwert 4 bedeutet ein Oberflächenabfluss von 51 - 75 % des Niederschlags; der Abflussbeiwert 5 bedeutet ein Oberflächenabfluss von > 75 % des Niederschlags, somit eine sehr hohe Abflussdisposition.

Im Vergleich mit Vegetationseinheiten, welche ähnliche Standorte wie die Grünerlen besiedeln (z.B. subalpine Kammgrasweiden und Rostseggenhalden, Abflussbeiwertklasse 4 - 5; alpine Mähwiesen mit Weide [Milchkraut-Mähwiese - alpine Fettweide], Abflussbeiwertklasse 3 - 4), schneidet die Grünerle gut ab.

3.3 Erosion

Die Erosionsgefährdung eines Standortes hängt einerseits von der Art und Stärke der Erosionsfaktoren, aber auch von der Widerstandskraft des Bodens (aufgrund verschiedener physikalischer und chemischer Bodeneigenschaften, wie Textur, Struktur, etc.), der armierenden Wirkung der Vegetationsdecke und der Aktivität der Bodenfauna ab.

3.3.1 Hat die Grünerle Probleme mit erosionsgefährdeten Standorten?

Die Grünerle hat keine Probleme mit der Besiedlung von Rohböden oder instabilen Böden. Noch zu aktive Erosionshänge scheint sie aber auch nicht zu besiedeln (Beispiel Schilstal). Durch Ablegerbildung kann sie sich vegetativ vermehren und Nährstoffe vorerst vom Mutterstock beziehen.

Nach Rubli (1976) stehen in Hochlagen nur wenige Laubbaum- und Straucharten zur Sicherung erosionsgefährdeter Hänge zur Verfügung. Die Grünerle wird durch den hangabwärts wandernden Schnee weniger geschädigt als die Weide und gedeiht besser auf Rohböden als die Vogelbeere.

3.3.2 Welche Wirkung haben Grünerlenbestände auf das Erosionsvermögen?

Auch hier bestehen unterschiedliche Ansichten bezüglich der Wirkung der Grünerlen. Eine positive Wirkung wird von folgenden Autoren erwähnt:

Nach Tobias (2003) stellen die Grünerlen mit ihrem kräftigen Wurzelwerk die nötige Bodenfestigung her. Auch nach Rubli (1976) weist die Grünerle eine erhebliche Bedeutung als Erosionsschutz auf.

Stangl (2004 und 2007) untersuchte die langfristige Wirksamkeit von ingenieurb biologischen Hangsicherungsmaßnahmen in Österreich. Sie kam zum Schluss, dass durch den Schutz der geschlossenen Vegetationsdecke folgende Bedingungen durch die Grünerle wesentlich verbessert werden:

- Stabilisierung der oberflächennahen Bodenschichten durch weitreichende Wurzelnetze mit ausgezeichneter Tiefenwirkung durch den Lagenbau (Heckenbuschlagen).
- Schutz des anbruchfähigen Materials vor mechanisch wirkenden Kräften wie Schlagregen ebenso wie Schwerkraft und Druck des Eigengewichts.

Gleichzeitig weist sie aber auch darauf hin, dass keine Sukzession zu Hochwald erfolgt aufgrund ihres dichten geschlossenen Bestandes und die Grünerle auf diesen instabilen Standorten Klimaxgesellschaft wird. Nach Stangl (2004) wären, um eine Artenumwandlung zu erzielen, grossflächige Schnittmassnahmen und intensive Aufforstungen unter absoluter Wildfreistellung notwendig.

Nach Mürner (1999) konnte die bodenstabilisierende Wirkung der Grünerle immer wieder eindrücklich beobachtet werden, und zwar kleinflächig an steilen Bachborden, als Schuttstauer und Schuttkanalierer an stotzigen Rutschhängen, sowie grossflächig an breiten Lawinen- und Steinschlaghängen.

Nach Richard (1995) fixieren Grünerlenbestände neue Böden einerseits durch ihre Bewurzelung, welche an Vegetationseinheiten auf Geröll erinnern, andererseits durch die netzartigen feinen Gewebe, welche die dicken Rhizome der Hochstauden im Unterwuchs umgeben. Ausserdem schützen die zu Boden gebogenen Stämme im Winter den Bodenabtrag durch Lawinen. Die Grünerle konsolidiert auch die steilen Ufer / Böschungen von Gebirgsbächen, Runsen, Schluchten und von Strassenböschungen oder kann mit Stecklingen hervorragend zur Stabilisation von künstlichen Erddämmen benutzt werden.

Grünerlen kommen ursprünglich in Nordeuropäischen Mittelgebirgen nicht vor, werden dort aber mit grossem Erfolg zum Erosionsschutz von Böschungen angepflanzt (www.bguz.uzh.ch/download/ausstellungen/invasive_pflanzen/zusatztexte.pdf). Die Grünerle gilt als Hangbefestiger an der Waldgrenze von besonderer ökologischer Bedeutung (www.botgarten.uni-tuebingen.de/tiki/tiki-index.php?page=Gr%C3%BCnerlenbest%C3%A4nde).

Die Wurzeln der Grünerle halten den Boden zusammen, was ihn schwerer erodierbar macht. Zudem werden in den Nischen der Wurzelstöcke abgeschwemmte Bodenpartikel zurückgehalten (Sedimentrückhalt). Nach Graf (1997; zitiert in Stückelberger, 2000) tragen die mit der Grünerle in Symbiose lebenden Mykorrhizapilze durch ihre Hyphen und Exkretionen zur Bodenaggregation und Erosionsminderung und somit direkt zu einer Stabilisation des Bodens bei.

Eher negativ wird die Grünerle durch folgende Autoren beschrieben:

Bei der Vergandung von ehemaligen Weideflächen werden die für Weiden typischen Arten durch die Grünerle verdrängt, so dass sich keine feste Grasnarbe mehr ausbilden kann, was die Erosion begünstigen könnte (Denzler, 2008).

Nach Machatschek & Kurz (2006) entstehen unter den lang belassenen Grünerlenaufwüchsen durch sich steigernde biogene Aufdüngung aufgrund des natürlichen Nährstoffeintrags erhöhte Bodengare-Bedingungen, welche zu einer Förderung der Erosion führen können. Erfolgt aufgrund von Schwendungen eine Schaffung von Viehweiden, so können einerseits die Nährstoffe durch die Beweidung abgeführt und andererseits durch Vertritt die Grasnarbe und die Böden verfestigt werden. Die richtige Entscheidung des richtigen Umgangs mit den Grünerlenschwendungen liege wiederum in einer sachkundigen Beurteilung der Standorte.

Die Blaikenbildung und somit die Entstehung von Blaikenerosion wurde durch Karl (1983) vor allem auf nicht mehr bewirtschafteten Bergwiesen und Wildheuplanggen der alpinen Stufe oberhalb der geschlossenen Waldgrenze beobachtet. Wir nehmen an, dass die Blaikenbildung in älteren Grünerlenbeständen, welche den typischen Unterwuchs mit Hochstauden aufweisen, kein Thema mehr ist, da Hochstauden nicht zur Blaikenbildung neigen (nur nicht mehr geschnittene, lange Grashalme).

3.4 Flachgründige Rutschungen

Nach Tobias (2003) ist die wesentliche Grundvoraussetzung für die stabilisierende Wirkung der Vegetation, dass die Pflanzen ihren Einfluss innerhalb des räumlichen Wirkungsbereichs der mechanischen Prozesse ausüben können. In Bezug auf die Massenbewegungen heisst das im wesentlichen, die Pflanzen müssen in der Lage sein, mit ihren Wurzeln die Gleitflächen zu durchbrechen. Hierfür muss einerseits das Substrat durchwurzelbar sein, andererseits darf die Gleitfläche nicht tiefer als der Wurzelhorizont liegen. Im Freiland reicht der Einflussbereich des Hauptwurzelraums bis in eine Tiefe von max. 1 m (Rickli & Bucher 2003; zitiert in Tobias 2003). Der Einfluss der Vegetation auf die Disposition von Rutschungen kann allgemein sowohl positiv als auch negativ sein (siehe dazu Kapitel 3.3.1 in Zischg et al, 2011).

Stüchelberger (2000) beschreibt in seinem Zwischenbericht den Stand der Forschung im Zusammenhang mit den Wirkungen von Organismen bei oberflächennahen Rutschungen im durchwurzelten Boden.

3.4.1 Hat die Grünerle Probleme mit solchen Standorten?

Nein, aber sie wurzelt hier weniger tief als bei durchlässigen Standorten (siehe unten Untersuchungen von Rubli, 1976; interessant wäre ein Vergleich der Durchwurzelungstiefe mit der Fichte, wir nehmen an, dass die Grünerle auf solchen Böden mindestens so tief wurzelt wie die Fichte).

3.4.2 Welche Wirkung haben Grünerlenbestände auf flachgründige Rutschungen?

Die festigende Wirkung der Pflanzen liegt bei Hangrutschen in der Erhöhung der Scherfestigkeit. Nach Tobias (2003) spielt dabei die Erhöhung der Saugspannung durch den Wasserentzug die wichtigste Rolle. Dadurch werde in erster Linie die Häufigkeit der Wassersättigung des Bodens vermindert. In zweiter Linie erhöhe die Vegetation die Scherfestigkeit des Bodens durch die armierende Wirkung der Wurzeln. Diese Wirkungsweise komme allerdings erst bei gesättigtem Boden zum tragen, d. h. wenn aus bodenmechanischer Sicht der schlimmste Fall eingetreten ist.

Nach Schwarz et al (2008) wirken einerseits die Wurzeln an der Basis stabilisierend, aber auch kön-

nen ausgedehnte Wurzelnetzwerke zur lateralen Verstärkung beitragen und Flächen von 1000 bis 2000 m² stabilisieren (Reneau und Dietrich, 1987, zitiert in Schwarz et al, 2008). Gerade in Hängen mit komplizierter Topographie können die Baumwurzeln Kräfte im ganzen Hang optimal verteilen. Die verstärkende Wirkung der Pflanzenwurzeln in einem Hang, der ins Rutschen gerät, hängt vom Ausmass der Verschiebung der Bodenmassen ab, da nicht alle Wurzeln zur gleichen Zeit und unter den gleichen Bedingungen brechen. Das Ziel des von Schwarz et al (2008) entwickelten Modells besteht darin, für verschiedene Waldstandorte die Stabilität abzuschätzen und Vorschläge für die Baumpflege von Schutzwäldern abzuleiten – es müsste abgeklärt werden, ob eine solche Stabilitätsabschätzung auch für Grünerlenbestände möglich ist.

Meusburger (2010) untersuchte die Auftretenshäufigkeit von Rutschungen in Abhängigkeit von der Vegetationsdecke im Urserntal (UR).

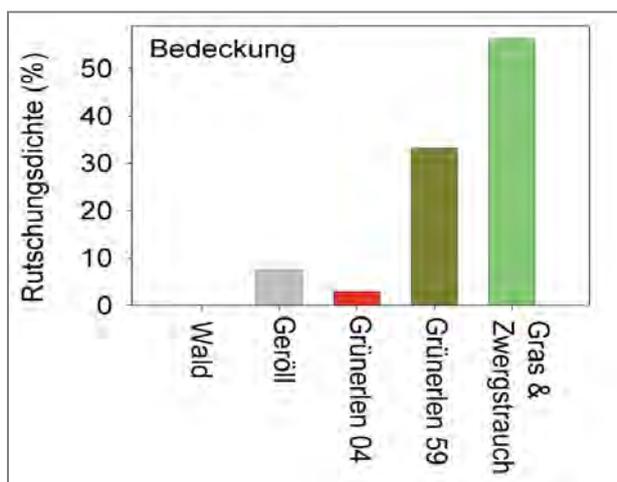


Abb. 5: Rutschungsdichte nach Vegetationsbedeckung (aus Meusburger et al, 2008).

Bei Untersuchungen im Urserntal (UR), wo seit 1959 die Grünerlenbestände um etwa einen Drittel zugenommen haben, konnten nach Meusburger (2010) in jungen Grünerlenbeständen nur wenig Rutschungen gefunden werden, sie wirken nicht destabilisierend. Die jungen Grünerlenbestände stocken an untypischen Standorten, an den Hängen zwischen den Runsen und an Südhängen. Hingegen betrug die Rutschungsdichte bei älteren Grünerlenbeständen über 30 %. Die älteren Grünerlenbestände befinden sich an typischen Standorten (feuchte Standorte wie Runseneinhänge und Gräben an Nordhängen). Besonders diese feuchten und steilen Lagen nahe bei Runsen seien empfänglich für Rutschungen.

Bei den Untersuchungen von Rickli (2001) entstanden viele Rutschungen an der Grenze zwischen verschiedenen Vegetationen bzw. Standorten, beispielsweise 28 Rutschungen im Übergang zwischen Wald und Weide oder deren 18 im Übergang zwischen Grünerlengebüsch und von Fels durchsetzten Grasbändern.

Vegetation /Standort	im Übergang zu						Total
	1)	2)	3)	4)	5)	6)	
1) Wald	116	28	1	7	1	5	158
2) landwirtschaftlich genutzt, Weide		85	-	-	-	1	86
3) Alpenerlen			8	2	-	18	28
4) Lawinenzug				4	-	-	4
5) Runsenflanke					3	-	3
6) Grasband zwischen Fels						1	1

Tab. 3: Auf den untersuchten Rutschflächen beobachtete Vegetation bzw. Sonderstandorte sowie Übergänge (aus Rickli, 2001).

Nach Rubli (1976) leistet die Grünerle zur Erschliessung unvollkommen durchlässiger Böden praktisch keinen direkten Beitrag (siehe Abbildung 6). Rubli (1976) beschreibt, dass vor 20 bis 30 Jahren grössere Aufforstungen mit Grünerlen in den nördlichen Randalpen vor allem in den Flyschgebieten durchgeführt wurden. Dabei habe sich gezeigt, dass die Grünerle mit ihren Wurzeln verdichtete Bodenhorizonte nicht zu durchdringen vermag, wie dies etwa bei der Schwarzerle der Fall ist. Die Wurzeln verlaufen nach Rubli meistens in den oberen, humusreicheren Bodenschichten. Bei experimentellen Versuchen in Kisten mit einer Lehmschicht stellte er fest, dass bei den Grünerlen überhaupt keine Wurzeln die Lehmschicht durchstossen hatten, sondern nur wenige zwischen Lehmschicht und Kistenwand wuchsen. Unterhalb der Lehmschicht beträgt der Anteil der Wurzeln in Prozent der gesamten Trockenmasse bei der Grünerle total 11 %, bei den Weiss- und Schwarzerlen 21 %. Inwieweit diese Ergebnisse auf Freilandflächen übertragbar sind, sei dahingestellt.

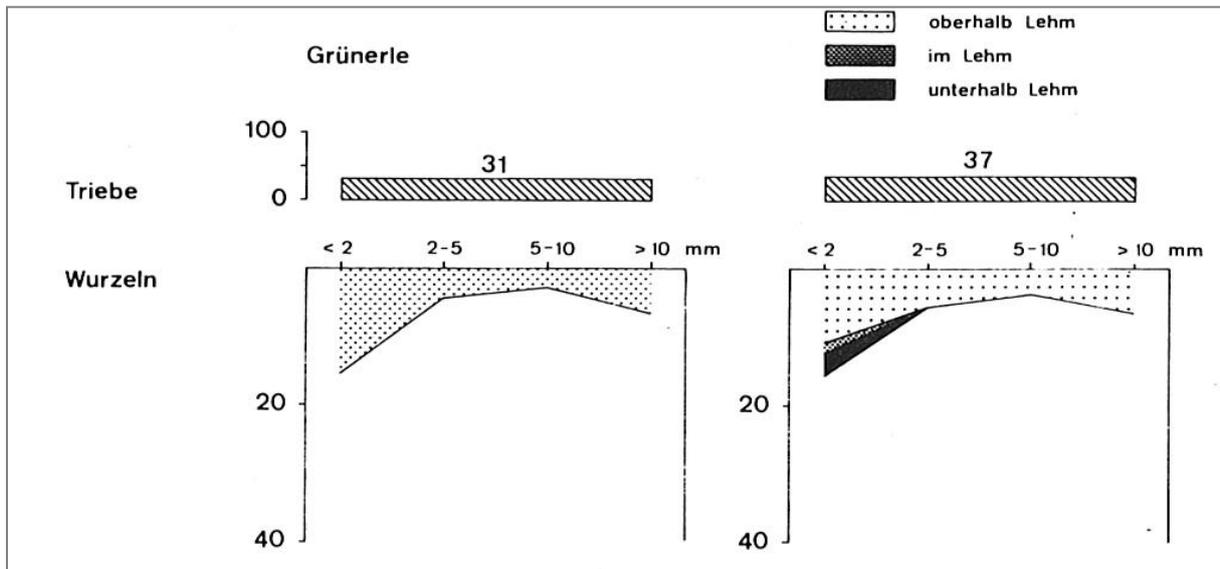


Abb. 6: Verteilung der Wurzelmasse nach Wurzelstärke (Gramm Trockenmasse pro Pflanze) im Versuch I 1970 (keine Freilandversuche). Links Normalböden, rechts Böden mit Lehmschicht (aus Rubli, 1976).

Nach Rubli (1976) spielen die Grünerlenbestände auch eine Rolle bei der biologischen Hangentwässerung durch ihre verhältnismässig hohen Transpirationsmengen. Grünerlenblätter erreichen Werte von etwa 1'000 Liter pro Hektar in einer Stunde im Sommer, jene von den Hochstauden im Unterwuchs sogar zwischen 5'000 und 11'000 Liter pro Stunde.

3.5 Steinschlag

Grünerlenbestände können durch ihre Stammelastizität und ihrem schnellen Regenerationsvermögen (Bildung von Adventivwurzeln am Stamm möglich) auch auf steinschlaggefährdeten Hängen überdauern und weisen eine grosse Resistenz gegen Überschüttung auf (Mürner, 1999). Durch Schäden entstandene Lücken können sich sehr schnell wieder schliessen aufgrund der grossen Zahl von vorhandenen Adventivtrieben (Gallenmüller, 1999).

Nach Mürner (1999) kann ein am Boden liegender Stamm, der durch Steinschlag von seinem Wurzelstock abgetrennt wurde, sich durch Absenkerbildung neu bewurzeln und als selbständiges Individuum weiterwachsen. Nach Gallenmüller (1999) ist dies der Fall, wenn die gebrochenen Äste vor dem Bruch über eine ausreichende Bewurzelung verfügten.

3.6 Zusammenfassung und Fazit

Die Grünerle weist sowohl positive (überwiegend) als auch negative Einflüsse auf Naturgefahrenprozesse auf.

Prozess	Positiver / negativer Einfluss	Prozess	Positiver / negativer Einfluss
Schneegleiten	+	Erosion	+
Lawinenbildung	+/-	Flachgründige Rutschungen	+
Schneeschorf	+	Stabilisierung von Gerinneabhängungen	+
Oberflächenabfluss	+	Steinschlag: Kleine Durchmesser Grosse Durchmesser	+ Kein Einfluss

Tab. 4: Übersichtstabelle bezüglich Einfluss von Grünerlen auf Naturgefahrenprozesse. Legende: + / - = positive / negative Wirkung der Grünerlen auf Naturgefahrenprozesse.

Die Grünerle besiedelt Sonderstandorte wie Lawinenbahnen, Bachrutschen, Erosions- und Rutschhängen. An diesen Standorten ist sie meist Dauergesellschaft:

- Da aufgrund häufiger Lawenniedergänge keine andere Baumart aufkommen kann.
- Weil sie dort konkurrenzlos ist, und die Grünerle im Gegensatz zu anderen Baumarten weniger Probleme mit instabilen Böden, Rohböden, hoher Bodenfeuchtigkeit etc. hat.
- Weil sie das Aufkommen von anderen Baumarten verhindert durch ihre vegetative Vermehrungsstrategie.

Die Grünerle ist ein Bodenstabilisierer und schützt vor Bodenabtrag. An instabilen Hängen ist sie vermutlich weniger destabilisierend als Hochwald mit schweren Bäumen mit hoch liegendem Schwerpunkt. Bei verdichteten Böden sind die Weiss- und die Schwarzerle besser geeignet, da die Grünerle diese Böden nicht durchwächst. Bei ingenieurbioologischen Massnahmen mit Grünerlen sollte man sich im Klaren sein, dass man eine Dauergesellschaft pflanzt (muss nicht nur negativ sein), somit kann man sich hohe Kosten sparen (Pflanzen von weiteren Pflanzenarten zur Erhöhung der Biodiversität, etc. erübrigt sich, Einbringen von Fichten je nach Standort wenig erfolgsversprechend).

Die Grünerle ist in den meisten Fällen sicher eine bessere Alternative als beispielsweise Rostseggenhalden, Zwergstrauchgesellschaften oder Weiden (verdichtete Böden).

4 Welches ist die ökologische Bedeutung der Grünerlenbestände?

Die folgenden Angaben stammen von Befragungen von Fachleuten und aus der Literaturrecherche. Bei den Wildtieren wurde zusätzlich durch WILDSWIS eine Datenbankabfrage ausgeführt. Nicht behandelt wurde die Beeinflussung der Gewässer als Lebensraum durch den erhöhten Nitratreintrag durch die Grünerlenbestände.

Die Angaben der Gefährdung (Rote Listen) und der Priorität (Liste der National Prioritären Arten, BAFU 2011) beziehen sich auf die gesamte Schweiz.

Liste der National Prioritären Arten:	Rote Listen Kategorien, zusammengefasst:
Priorität: 1 = sehr hoch 2 = hoch 3 = mittel 4 = mässig	Gefährdung: 0 = ausgestorben (EX/RE) 1 = vom Aussterben bedroht (CR) 2 = stark gefährdet (EN) 3 = gefährdet / verletzlich (VU) 4 = potenziell gefährdet (NT)

Tab. 5: Legende Priorität und Gefährdung.

4.1 Floristische Artenvielfalt im Vergleich zu anderen Pflanzengesellschaften

Nach Spatz & Weis (1980; zitiert in Maag et al, 2001) werden Rote Liste Arten im Berggebiet durch die Bewirtschaftungsaufgabe zurückgedrängt. Nach Höfer et al (2010) ist die stärkste Veränderung der Artenzusammensetzung der Pflanzen- und Tiergemeinschaften bei der Nutzungsaufgabe durch die zu erwartende z.T. sehr rasch fortschreitende Ausbreitung der Grünerle zu erwarten. Richard (1995) erwähnt, dass die starke Ausbreitung der sekundären Grünerlenbestände begleitet werde von einer Monotonisierung der Landschaft und einer floristischen Verarmung.

Nach Maag et al (2001) weisen im Berggebiet Flächen, welche extensiv bewirtschaftet werden, die höchste floristische Artenvielfalt auf. Sobald der Einwuchs durch Sträucher und Bäume fortschreitet, geht sie deutlich zurück. So seien die Klimaxwälder (Fichtenwald, Lärchenwald) und die stabilen Grünerlenbestände ausgesprochen artenarm.

Nach Perret (2005), welcher floristische Untersuchungen im Weisstannental (SG) machte, ist der Naturschutzwert von Grünerlenbeständen (*Alnetum viridis*) gering (3 Punkte). Dies, da die Pflanzengesellschaft sehr grossflächig vorkommt (jeweils Weisstannental und benachbarte Gebiete als Referenzfläche betrachtet), sehr häufig ist, nur 31 - 45 Gefässpflanzenarten enthält und nur eine gesamt-schweizerisch oder regional seltene Art vorkommt (im Weisstannental Alpenakelei [*Aquilegia alpina*]). Den gleichen Punktwert (den niedrigsten im Weisstannental) erhält unter anderem auch der Alpenlattich-Fichtenwald (*Homogyno-Piceetum*) und der Hochstauden-Fichtenwald (*Adenostylo alliarie-Piceetum*), sowie die Alpenrosen-Vaccinienheiden (*Rhododendro ferruginei-Vaccinietum*).

Mürner (1999) fand in 33 Grünerlen-Untersuchungsflächen in der Innerschweiz insgesamt 161 Gefässpflanzenarten, seine Grünerlenbestände wiesen aber insgesamt 11 verschiedene Ausprägungsformen auf, auch junge, initiale Alneten waren enthalten. Die jungen Grünerlengebüsche (weisen noch Pflanzen-Vertreter der Vorläufer-Gesellschaft auf) und die alten Grünerlenbestände welche an weniger günstigen Lagen stockten, sind artenreich. Artenarm sind hingegen alte Grünerlenbestände welche an für Erlen günstigen Lagen wachsen. Durchschnittlich waren bei Mürner (1999) 26 Arten häufige Begleiter und Charakterarten der Grünerlenbestände.

Reisigl & Keller (1989) verglichen den Artenreichtum von verschiedenen Pflanzengesellschaften der subalpinen Stufe miteinander.

Pflanzengesellschaft	Artenzahl
Subalpiner Ahorn-Buchenwald (<i>Aceri-Fagetum</i>)	50
Subalpiner Fichtenwald (<i>Piceetum subalpinum</i>)	30
Legföhrengbüsch (<i>Pinetum mugii</i>)	30
Grünerlengbüsch (<i>Alnetum viridis</i>)	30
Alpenrosenheide (<i>Rhododendro ferruginei-Vaccinietum</i>)	30
Heide der Behaarten Alpenrose (<i>Rhododendro hirsuti-Vaccinietum myrtilli</i>)	25
Hochstaudenfluren	30

Tab. 6: Mittlere Artenzahlen verschiedener Pflanzengesellschaften der subalpinen Stufe (Reisigl & Keller, 1989).

Zoller & Bischof (1980) zeigten, dass die grösste floristische Diversität eindeutig auf extensiv bewirtschaftetem Grünland liegt. Nach Höchtl et al (2005) nehmen infolge des Verbrachungseffektes die Lichtzeiger zugunsten von Halbschatten- und Schattenarten in den ehemaligen Wiesen und Weiden ab.

Zoller et al (1984) untersuchten die Entwicklung der mittleren Artenzahl bei verschiedenen Stadien der Brachlegung (ausgehend von gemähten, nicht von beweideten Flächen).

Südhang	M ₀		M ₁	M ₂	M _{3/4} *	M ₅
Obergoms	70	100 %	83 %	71 %	31 %	28 %
Bedretto	74	100 %	91 %	77 %	34 %	32 %
Urseren	65	100 %	89 %	78 %	31 %	-
Tavetsch	65	100 %	89 %	78 %	37 %	38 %
Mittel	68	100 %	88 %	76 %	33 %	33 %
Zahl der Aufnahmen	101		150	95	65	40
Nordhang						
Obergoms	71	100 %	83 %	58 %	31 %	28 %
Bedretto	69	100 %	90 %	83 %	41 %	40 %
Urseren	68	100 %	89 %	74 %	31 %	-
Tavetsch	66	100 %	80 %	64 %	27 %	27 %
Mittel		100 %	86 %	70 %	33 %	32 %
Zahl der Aufnahmen	87		67	74	61	64

Tab. 7: Mittlere Artenzahlen von Gefäßpflanzen in verschieden bewirtschafteter Rasenvegetation und in verschiedenen Sukzessionsstadien brachliegender Halbtrockenrasen (Zentralalpen). Nach Zoller et al (1984, abgeändert). Erklärungen: M₀ = Ungedüngter Halbtrockenrasen, gemäht (*Polygalo - Poetum violaceae*, Südexp.; *Geo montani - Nardetum*, Nordexp.). M₁ = Initialbrache. M₂ = Vollbrache. M_{3/4} = Aufwuchs. M₅ = Wald. * = Grünerle (*Alnus viridis*).

Sobald sich die Gebüsche / Pioniergehölze auszubreiten beginnen, ist sofort ein rascher Rückgang zu beobachten. Detailliertere Angaben zu „M_{3/4}“ (Aufwuchs) fehlen, es ist beispielsweise nicht bekannt, welches Alter die Grünerlenbestände aufwiesen. Bei Untersuchungen von Zoller & Bischof (1980) ergaben Aufnahmen im Obergoms, dass es wesentlich ist, mit welchen Gehölzarten die Besiedlung erfolgt.

	Mähw., chem. Äcker	Mähw., chem. Äcker	Mager- wiesen	Bis 10 J. brach, tiegrün- dig	Bis 10 J. brach, flachgrün- dig	10-30 J. Zwergstr. Aufwuchs	Aufw. <i>Betula</i>	Aufw. <i>Larix</i>	Aufw. <i>Alnus viridis</i>	Aufw. <i>Picea</i>	Alter <i>Larix</i> - Bestand	Alter <i>Picea</i> - Bestand
Südhang												
Anzahl Aufnahmen	28	15	25	16	10	25	11	12	14	12	13	13
Mittlere Artenzahl pro Aufnahme- fläche	34	61	70	54	62	50	45	40	22	17	47	20
Northang												
Anzahl Aufnahmen	-	-	27	16	-	11	-	12	13	12	12	19
Mittlere Artenzahl pro Aufnahme- fläche	-	-	71	59	-	52	-	35	22	16	39	20

Tab. 8: Gesellschafts- bzw. bestandesspezifische Diversität von *Nardetalia*-Magerrasen und ihrer brachliegenden Folgestadien im Obergoms (Zoller & Bischof, 1980).

Nach Zoller und Bischof (1980) weisen Birken- und Lärchenaufwuchs eine viel höhere Artenvielfalt auf als einwachsende Flächen mit Grünerlen, noch schlechter als Letztere schnitt dichter Fichtenaufwuchs ab (siehe Tab. 8). Auch beim Hochwald kann nicht eine einzige Zahl sämtliche Waldtypen darstellen (wie in Tab. 7). Die Artenvielfalt ist ausser von der Baumartenmischung auch enorm abhängig vom Schlussgrad des Waldes.

Anthelme et al (2003) untersuchten den Einfluss von der Ausbreitung der Grünerlen auf die Pflanzendiversität. Es resultierte, dass die Artenvielfalt mit zunehmender Grünerlenbedeckung abnahm. Die Expansion der Grünerlenbestände auf das subalpine Grasland führt zu beträchtlichen Umweltveränderungen, welche meistens negative Effekte auf die Erhaltung der Gefässpflanzendiversität ausübt. Die Grünerle scheint die Diversität im subalpinen Gürtel zu beeinträchtigen, indem sie eine ihr eigene Pflanzenzusammensetzung einleitet.

In einer späteren Untersuchung (2007) kam Anthelme zum Schluss, dass die Grünerle trotz ihres negativen Einflusses (ab einem Deckungsgrad von 25 - 50 %, bei 25 % besteht der grösste Artenreichtum) auf den Artenreichtum der Pflanzen auch positive Einwirkungen hat. Sie fungiert bei geringerem Deckungsgrad als eine zusätzliche Pflanzeneinheit mit Pflanzen im Unterwuchs, welche ohne das Blätterdach der Grünerle nicht auf diesen Standorten bestehen könnten, aber auch durch die höhere Strukturvielfalt und vor allem durch ihre bodenverbessernden Eigenschaften, v.a. in der Humusschicht, und den positiven Effekt beim Oberflächenabfluss. Zu bedenken ist, dass dieser geringe Deckungsgrad von 25 % nur temporär haltbar ist (hoher Ausbreitungsdruck), dies ist nur ein kurzer Zustand in einem sehr dynamischen System.

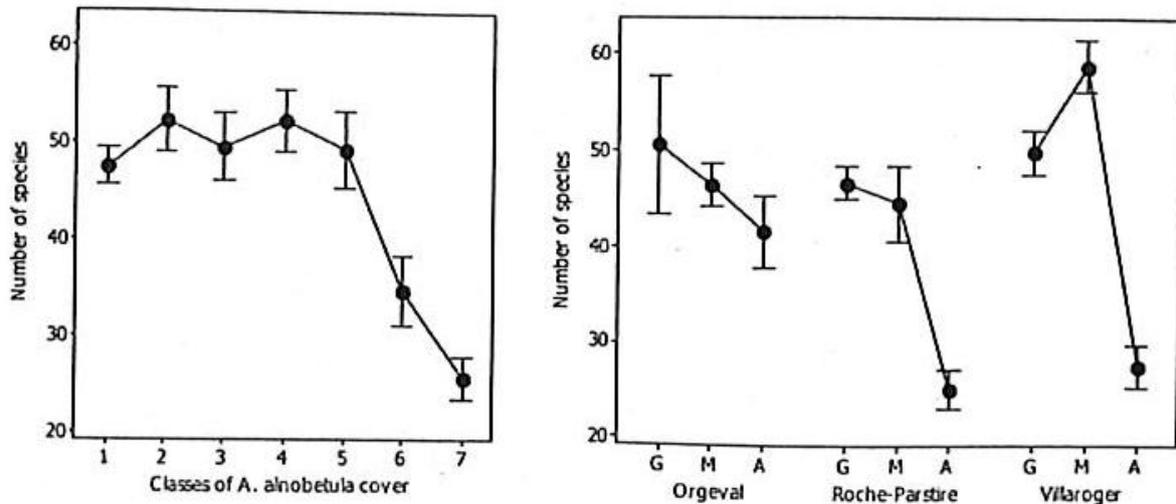


Abb. 7: Zusammenhang zwischen der mittleren Anzahl Pflanzenarten und dem Deckungsgrad der Grünerlenbestände. A) mit Grünerlen-Deckungsklassen (1: keine Grünerlen, 2: $\leq 1\%$, 3: 1 - 5 %, 4: 5 - 25 %, 5: 25 - 50 %, 6: 50 - 75 %, 7: $> 75\%$). B) mit Sukzessionsfolgen in verschiedenen Regionen (entlang einem Regengradienten). G: Grasland, M: Mosaik, A: Grünerlenbestände. Aus Anthelme (2007).

Anthelme (2003) bezeichnet den negativen Effekt der Grünerle auf die Artenvielfalt durch den Verlust in der räumlichen Diversität von Habitaten. Er schlägt vor, die Grünerle als monopolistisch zu bezeichnen, weil sie durch ihre Dichte die meisten anderen heimischen Pflanzen daran hindert, in Koexistenz zu leben (sie somit verdrängt).

4.1.1 Seltene und gefährdete Gefässpflanzen

Seltene und gefährdete Gefässpflanzen kommen fast keine in den Grünerlenbeständen in der Nordschweiz vor. Mürner (1999) fand Türkenbund (*Lilium martagon*, CH geschützt), in oder am Rande von lichten Grünerlenbeständen sowie den Knotenfuss (*Streptopus amplexifolius*, nur regionale Gefährdung). Bei Perret (2005) kommt Alpenakelei (*Aquilegia atrata*, regional geschützt) vor in Grünerlenbeständen im Weisstental.

In der Südschweiz kommt nach www.crsf.ch der Siebenstern (*Trientalis europaea*, VU), nach Mürner (1999) auch die Pfingstrose (*Paeonia officinalis*, VU) und im Unterengadin das Heilglöckchen (*Cortusa matthioli*, NT) vor. Im Wallis nach Delarze & Gonseth (2008) das Durieus Weidenröschen (*Epilobium duriae*, EN).

4.1.2 Seltene und gefährdete Moose

Einzig gefundene spezifische Literatur zu den Moosen in Grünerlenbeständen war Mürner 1999 (er erwähnt, dass angenommen werden kann, dass seine umfangreiche Liste der Moose in Grünerlenbeständen die erste in ihrer Art ist).

Mürner (1999) hat in 33 Untersuchungsflächen 87 Moosarten als Begleiter von Grünerlengebüsch ausgewiesen. 23 Arten gehören zu den Lebermoosen, 64 Arten zu den Laubmoosen. Die gefundenen Arten wurden von den Autoren mit der inzwischen neu überarbeiteten Roten Liste verglichen (Version 2004). Folgende Arten sind gefährdet: *Jungermannia confertissima* (NT), *Pohlia prolifera* (NT), *Pohlia nutans* (EN), *Sphagnum capillifolium* (NT), keine davon gilt als prioritäre Art der Schweiz. Einige aufgeführte Arten wurden inzwischen in Unterarten unterteilt, welche z.T. Gefährdungen aufweisen

(diese wurden nicht weiterverfolgt). Bei den folgenden Moosen scheint der Name geändert zu haben: *Plagiothecium cavifolium*, *Rhytidiadelphus subpinnatus*, *Cephalozia lammersiana* und konnten deshalb nicht zugeordnet werden.

Nach Mürner (1999) betrug die Deckung der Moose 24 %. Er ist überzeugt, dass die Moose damit eine gewisse Bedeutung für das Mikroklima des Grünerlengebüsches haben, indem sie als Wasserretensoren Feuchteschwankungen puffern und dadurch, dass sie fallende Regentropfen auffangen und den Boden dadurch vor Oberflächenerosion schützen.

4.1.3 Seltene und gefährdete Flechten

Es sind keine Untersuchungen bekannt. Von den Autoren wird angenommen, dass das Mikroklima für die Flechten eher zu feucht ist. Bei Mürner (1999) kamen in 33 Untersuchungsgebieten nur 5 Flechtenarten vor.

4.1.4 Seltene und gefährdete Pilze

Folgende Autoren untersuchten die Pilzflora in Grünerlenbeständen: Favre (1960; zitiert in Brunner & Horak 1990); Brunner & Horak (1990); Küffer & Senn-Irlet (2000); Dorninger (1993) und Mürner (1999).

Die Präsenz von Hochstauden im Unterwuchs hilft, eine konstant hohe Luftfeuchtigkeit im Bestandesinneren der Grünerlenbestände zu erhalten, welche ideale Bedingungen für das Wachstum der Pilze aufweist.

Nach Delarze & Gonseth (2008) gibt es keine Charakterarten für Grünerlenbestände, aber folgende Pilzarten gelten als Arten, die im Grünerlengebüsch häufig auftreten, aber weniger strikte an ein Milieu gebunden sind (jene mit * sind aber ausschliesslich mit *Alnus viridis* vergesellschaftet, nach Mürner [1999]; Brunner & Horak [1990] und Küffer & Senn-Irlet [2000]): *Alpova diplophloeus**, *Clitocybe alnetorum*, *Cortinarius alno-betulae**, *Lactarius alpines**, Schuppenmilchling (*Lactarius lepidotus*), *Marasmius alniphilus*, *Peniophora aurantiaca*, Grünerlentäubling* (*Russula alnetorum*) und *Rutstroemia bolaris**. Weitere Arten, welche nur an Grünerlen vorkommen (Küffer & Senn-Irlet, 2000) sind *Plicatura nivea*, *Saccoblastia farinacea* und ev. auch *Sistotrema alni*. Nach Mürner (1999) ebenfalls Favres Grünerlenrötling (*Entoloma favrei*) und nach Brunner & Horak (1990) zusätzlich *Lactarius obscuratus* und *Cortinarius atropusillus*.

Mürner (1999) fand in seinen 33 Untersuchungsflächen insgesamt 200 Pilzsippen, welche als fakultative oder obligate Grünerlenbegleiter angesprochen werden. Folgende Pilz-Grossgruppen waren vertreten: Myxomyceten (2 Arten), Ascomyceten (85), Basidiomyceten (117). Nur 17 Arten konnten als Mykorrhizapilze bezeichnet werden, alle anderen Arten sind saprobe Pilze, die das Holz und die Streue im Grünerlenbusch abbauen. Die Mycelien der Mykorrhizapilze, insbesondere der Milchlinge (*Lactarius*) und Erlenschnitzlinge (*Alnicola*) decken grosse Flächen ab und sind allgegenwärtig, dies zeigt, dass sie als Wasser- und Nährstoffzubringer für die Grünerlenbestände sehr wichtig sind.

Die gefundenen Arten wurden von den Autoren mit der inzwischen neu überarbeiteten Roten Liste der Grosspilze verglichen (Version 2007; da Mürner Pilze bis zu einer Grösse von ca. 1/5mm erhob, ist die nachfolgende Aufzählung nicht vollständig). Folgende gefährdete Arten sind in der Roten Liste aufgeführt und z.T. nur auf *Alnus viridis* bekannt (in Klammer Gefährdungsstatus und Prioritätsstatus der Schweiz): *Clitocybe favrei* (EN, Prio. 3), *Clitocybe marginella* (VU, Prio. 4), *Mollisia ramealis* (NT), *Mycena adonis* (VU, Prio. 4), *Mycena grisellina* (CR, Prio. 1), *Mytilodiscus alnicola* (NT; nur an *Alnus viridis*), *Neottiella vivida* (VU, Prio. 4), *Psilocybe inquilina* (NT), *Stropharia albocyanea* (VU, Prio. 4; nur auf *Alnus viridis*), *Tapesia rosae* (VU, Prio. 4). Bei mindestens acht Arten wurde die Gefährdung im Verbreitungsatlas der Schweiz (www.swissfungi.ch) nicht erhoben, da zu wenig gemeldete Funde vorhanden sind.

Bei Untersuchungen von Küffer & Senn-Irlet (2000) wurden zusätzlich noch folgende gefährdeten Basidiomyceten gefunden: *Asterostroma cervicolor* (VU, Prio. 4) und *Galzinia incrustans* (VU, Prio. 4).

Nach Küffer & Senn-Irlet (2000) nimmt die Artenzahl bei den holzbesiedelnden Basidiomyceten zu, je älter das Grünerlengebüsch ist und je mehr zersetzt ein Stamm ist.

Nach Dorninger (1993), welche die Pilzsoziologie von Grau- und Grünerlenbeständen im Tirol (Österreich) und in den Haute Savoien (Frankreich) untersuchte, konnten in 4 Jahren 298 verschiedene Pilzarten gefunden werden, 81 Ascomyceten und 217 Basidiomyceten. 139 wuchsen davon ausschliesslich unter *Alnus viridis*.

Folgende Arten werden von der Universität Tübingen für Grünerlengebüsche erwähnt (www.botgarten.uni-tuebingen.de/tiki/tiki-index.php?page=Gr%C3%BCnerlenbest%C3%A4nde):

Erlen leben in obligater Symbiose mit Erlenschnitzlingen (*Naucoria*-Arten) und diversen anderen spezifischen Pilzen, die Ektomykorrhizen bilden, z.B.: Erlengrübling (*Gyrodon lividus*), Erlenschleierling (*Cortinarius alnetorum*), *Cortinarius alneus*, *Cortinarius helvelloides*, Lila Milchling (*Lactarius lilacinus*). Die Grünerle hat mehrere spezifische Mykorrhizapilze, z.B.: *Cortinarius alnobetulae*, *Cortinarius badiovestitus*, *Cortinarius sinapizans*, Erlenhautkopf (*Dermocybe alnophila*), Grünerlentäubling (*Russula alnetorum*), *Lactarius brunneohepaticus*, Schuppenmilchling (*Lactarius lepidotus*) und Winziger Milchling (*Lactarius pusillus*).

4.2 Untersuchungen zur Artenvielfalt der Fauna

Zoller et al (1984) haben für das Schweizer Berggebiet festgestellt, dass auf Brachland die ökologische Diversität erhöht ist und dass im Auseinanderstreben der Sukzessionslinien und infolge unterschiedlicher Entwicklungsgeschwindigkeiten eine grössere Zahl ökologischer Nischen entsteht. Deshalb sind die Brachflächen (vor allem Initialbrachen) von Ittig & Nievergelt (1977) und Erhardt (1981) positiv gewertet worden, wobei dieser Effekt bald wieder rückläufig ist, je stärker die Flächen mit Gebüsch oder aufkommendem Hochwald einwachsen, insbesondere wenn es sich nur um eine oder wenige Gehölzarten handelt. Nach Ittig & Nievergelt (1977) erscheint Brachland in der Strauchphase insgesamt als bedeutende Winteräsungsfläche für Hase, Reh und Rotwild (Anmerkung Autoren: Tiefer liegendes Untersuchungsgebiet und nicht reine Grünerlenbestände).

Nach Huber & Bergler (2006) bringt dieses Vegetationsmosaik innerhalb eines breiten Übergangsbereiches zwischen geschlossenem Wald und offener Alpfläche einen enorm hohen Anteil an Grenzlilien mit sich. Sowohl waldbewohnende als auch alpine Tierarten finden in diesem kleinflächigen Nebeneinander von Lebensraumstrukturen beste Lebensbedingungen („patchiness“).

Nach Maag et al (2001) gibt es einen Einbruch der Artenzahlen, wenn Grünerlen Überhand nehmen.

4.2.1 Ökologische Bedeutung von Grünerlenbeständen für Säugetiere

Es wurde eine Datenbankabfrage durch WILDSWIS erstellt. Es resultierten eine sehr geringe Anzahl Publikationen zum Grünerlengürtel als Lebensraum / Wildeinstand. Folgende Literatur wurde gefunden: Remonti et al (2007), Anthelme et al (2003), Malkova et al (2000) und Hamer et al (1991).

Nachfolgend werden allgemeine Infos aufgeführt (aus Befragung von Fachleuten und Literatur), aber auch einen Bezug zu den Untersuchungsgebieten geschaffen durch Beobachtungen im Banngebiet „Graue Hörner“ im Weisstannental (Schwitter et al, 2004) und teils von den anderen Untersuchungsgebieten.

Nach Huber & Bergler (2006) fanden durch die Absenkung der Waldgrenze durch Rodung und Schwenden auf den ausgedehnten Alpweiden Huftiere aus angrenzenden Lebensräumen (z.B. Rotwild, Gams) ein zusätzliches Angebot an Äsung und eine Erweiterung ihres Lebensraumes.

Nach Delarze & Gonseth (2008) liegt der biologische Wert der Grünerlen darin, dass sie ein Biotop sind, in dem sich der Mensch kaum fortbewegen kann, was sie als Unterschlupf für jagdbare Tiere bedeutungsvoll macht. Dies trifft vor allem auf Rotwild und Gämsen zu. Grünerlenbestände, meist zwischen Hochwald und Alpweiden liegend, dienen als Wildeinstandsgebiete / Rückzugsgebiete. Ob dies ein optimaler Lebensraum oder eine Ausweichmöglichkeit ist, sei dahingestellt.

Nach Reimoser & Reimoser (2002) ist die Grünerle beim Schalenwild eine beliebte Verbisspflanze, ebenfalls beliebt zum Fegen / Schlagen, aber nicht zum Schälen.

Ein gegenteiliges Problem erfolgte in Österreich in den Sölker Tauern (Waldner, 1992). Aufgrund eines grossflächigen Grünerlensterbens seien wertvolle Rot- und Gamswildbiotope verschwunden und Wildschadenprobleme im Hochwald entstanden. Die Grünerle sei bevorzugte Äsung für das Wild und ein Einstand, indem sie sich absolut sicher fühlten (Verkürzung der Fluchtdistanzen auf 30 – 40 m). Dies bedeutet kaum Stress für die Wildtiere. Er betont, dass die Funktion der Grünerle als Pufferzone zwischen Hochwald und Wild, indirekt auch forstlich von grosser Bedeutung ist (im beschriebenen Gebiet wechselt das Rotwild im Winter in Fütterungseinstände!).

Während der Jagd werden nach M. Struch (mündl. Mitt.) die Grünerlen als Deckung aufgesucht, so ist eine Bejagung nicht möglich, ausser wenn man sie raustreiben würde, wird aber nicht gemacht.

4.2.1.1 Gämsen

Nach M. Struch (mündl. Mitt.) gehören die Grünerlenbestände am ehesten zum Lebensraum der Wechselgämsen, aber nicht mit derselben Bedeutung wie beim Rotwild. Ebenfalls ist laut dem Schafberg-Bulletin (2004) der Gebüschwald ein zentrales Element des Sommereinstands von sogenannten Wechselgämsen; im Gegensatz dazu verlassen die Waldgämsen ihren Lebensraum unterhalb der oberen Waldgrenze nicht und leben dort ganzjährig (Baumann & Struch, 2000). Struch et al (2003) beobachteten im Untersuchungsgebiet Amden, dass die klar zunehmende Nutzung der aufgegebenen Schafalp hauptsächlich durch Alpingämsen und Gämsen aus dem unmittelbar angrenzenden Gebüschwald erfolgte. Nach M. Struch (mündl. Mitteilung) nutzen vor allem Gämsböcke gerne die Grünerlenbestände als Sommerlebensraum.

Nach Meile (1985) benutzt die Gämse die Grünerlenbestände vor allem zur Setzzeit. Die Gämse scheint ähnliche Standortsansprüche wie die Grünerle zu haben: Nach Meile bevorzugt sie kalte Schatten- bzw. Nordhänge und fühlt sich in steilen Lagen sicherer. Wenn Deckungsgelegenheiten (wie Grünerlen) vorhanden sind, zeigen Gämse kürzere Fluchtdistanzen. Meile erwähnt, dass die Gämse ein Nahrungsgeneralist ist, ... so seien auch schon Gämsen mit 98 % Erlen im Pansen gefunden worden.

Nach Ackermann & Tschirky (2004) bieten im Banngebiet „Graue Hörner“ ausgedehnte, mit Felsen

durchsetzte alpine Weiden, Schluchten, gut strukturierte Steilhänge, Grünerlengebüsche an der Waldgrenze sowie Waldgebiete den Gämsen ein reichhaltiges Angebot an geeigneten Lebensräumen.

Nach Waldner (1992) profitiert das Gamswild ganzjährig von der Grünerle.

4.2.1.2 Rotwild

Nach M. Struch (mündl. Mitteilung) werden Grünerlenbestände sehr gern als Lebensraum im Sommer von Rotwild genutzt (von beiden Geschlechtern). Nach A. Righetti (in Schnieper, 1989) nutzen Rothirsche ihren Lebensraum unterschiedlich, je nach Nahrungs- und Deckungsangebot. Subalpiner Fichtenwald biete schlechte Nahrung sowie wenig Deckung und werde deshalb kaum genutzt. Hochstauden-Grünerlenbestände in Lawinhängen (keine Bäume, dichte Kraut- und Strauchschicht, viele Gräser) bieten gute Nahrung sowie Deckung und werden intensiv genutzt. Montane Weiden und Fettwiesen liefern gute Nahrungsbedingungen, aber keine Deckung und werden aus diesem Grund nur nachts genutzt. Im Sommer wählten die Tiere in Rhigettis Untersuchungsgebiet Einstände mit einem grossen Angebot an Gräsern und Kräutern, eiweissreiche Pflanzen, die für die Sommerernährung wichtig sind und vor allem an nordwestlich oder nordöstlich exponierten Hängen wachsen. Wurden die Tiere gestört, flüchtete das Rotwild in Gebiete mit dichtem Strauchbewuchs, der sowohl Deckung wie Nahrung liefert.

Auch nach Ackermann & Tschirky (2004) halten sich Rothirsche im Sommer gerne in Grünerlenbeständen auf. Ausgedehnte Grünerlenbestände und aufgelockerte Wälder an der oberen Waldgrenze bieten in Kombination mit den grossflächigen alpinen Weiden reichhaltig Nahrung, Deckung und Schutz vor Störungen.

In den Untersuchungen durch Zweifel-Schielly (2005) mit besonderem Rotwild im Glarnerland wurden die Grünerlenbestände leider nicht vom Hochwald unterschieden. Dies könnte ev. noch nachgeholt werden und würde wertvolle Ergebnisse über diesen wenig beachteten Lebensraum liefern.

Nach E. Hiltbrunner (schriftl. Mitt.) hält sich das Wild im Urserntal (UR) auch bevorzugt in den Grünerlenbeständen auf, da es im Urserntal fast keinen Wald hat (< 1 % des oberen Reuss Einzugsgebietes) und somit keine Alternative besitzt. Sie nimmt an, dass wenn das Urserntal mehr Wald hätte, hätte es wohl auch mehr Hirsche im Wald.

Eigene Beobachtungen (kein gesichertes Wissen) bei den Waldstandortkartierungen scheinen zu zeigen, dass sich die Hirsche in den Grünerlengebüschen sehr sicher und ungestört fühlen (auf alle Fälle im Sommer). Bei der Alp Valtnov im Weisstannental schreckte eine Gruppe Hirsche auf und flüchtete sehr geräuschvoll, ebenfalls im Weisstannental konnte eine (sich sicherühlende) liegende Hirschkuh in den Erlenstauden beobachtet werden und einmal ein umherziehender Hirschtier in einem luftfeuchten, hinteren Taleinhang im Übergang von Hochwald zu Grünerlen. Es scheint, als rechneten die ansonst (im Vergleich zu Gämsen und Rehen) sehr scheuen Tiere nicht damit, dass jemand freiwillig diese Stauden betritt, und scheinen weniger aufmerksam zu sein als sonst.

4.2.1.3 Rehwild

Nach BAFU (2010) ist das Rehwild in seinem Raumanpruch an das Vorhandensein deckungsreicher Strukturen gebunden, welche ihm Sicherheit bieten. Dabei reagiert es sehr flexibel und sucht von Windwurfflächen bis hin zu Schilfgebieten, von Grünerlenbeständen bis hin zu Maisfeldern vieles als Einstände auf. Das Vorkommen von Rehen in vollständig waldlosen, dafür aber sehr grossflächig offenen Ackerbaugebieten (Feldrehe) bis hin zu Einständen an der alpinen Waldgrenze unterstreicht die diesbezügliche Plazität des Rehs. In aller Regel sind solche Vegetationsstrukturen mit einem

kleinräumig hohen Angebot an kraut- und staudenreicher Äsung verbunden. Jene Tiere, die im Sommer in der Waldgrenzregion leben, führen saisonale Migrationen aus, ansonsten sind Rehe jedoch standorttreu mit sehr kleinen jährlichen Einstandsgebieten.

Nach Ackermann & Tschirky (2004) besiedelt das Reh im Sommer die mit Wiesen und Weiden durchsetzten unteren Hanglagen, reich strukturierte Waldgebiete, aber auch aufgelockerte Wälder und Grünerlenbestände an der oberen Waldgrenze. Die Bestandesdichte nimmt aber mit zunehmender Höhenlage ab.

4.2.1.4 Schneehasen

Nach Slotta-Bachmayr (2000) ist der Bereich um die Waldgrenze ein wichtiges Überwinterungsgebiet für die Schneehasen. Sträucher, Bäume und grössere Felsblöcke bieten dabei Schutz vor Wind, Strahlung, aber auch vor Prädatoren (Angriffen aus der Luft). Schneehasen halten sich deshalb auch gerne in der Nähe dieser Deckung auf, selbst zur Nahrungssuche entfernen sie sich nicht weit davon.

Nach Slotta-Bachmayr & Loidl (1995) bevorzugen Schneehasen gut strukturierte Lebensräume, die ihnen Deckung und Nahrung bieten. Es weisen 40 % der Grünerlenstämme verbissene Zweige auf, Weiden werden aber noch stärker bevorzugt. Eine deutliche Präferenz von Büschen zeigt sich nur während der Vegetationsperiode. Im Sommer suchen Schneehasen gezielt Büsche und Felsbereiche auf, aber auch im Winter konnten die höchsten Spurendichten in lichten Nadelwäldern und im Bereich von Grünerlengebüsch festgestellt werden.

Im Weisstannental (nach Ackermann & Tschirky, 2004) befinden sich wichtige und gut frequentierte Lebensräume von Schneehasen auf der Malanseralp, Sardonaalp, Alp Egg, Brändlisberg und Valtnov. Diese Gebiete sind mit Erlengebüsch und Zwergsträuchern reichhaltig strukturiert.

E. Hiltbrunner (schriftl. Mitt.) vermutet aufgrund eigener Beobachtungen, dass die Bedeutung der Grünerlen als Winteräsung für die Schneehasen evt. überbewertet werden (ebenso für Birkhühner). Sie konnte im Verlaufe der Jahre einige Schneehasen beobachten, ein bevorzugtes Aufsuchen (anhand von Spuren) in der Nähe von Grünerlenbeständen konnte sie nicht feststellen. Dies auch aufgrund dessen, da Grünerlenäste und Büsche im Winter nicht zugänglich sind und unter mehreren Metern Schnee begraben sind.

Nach Bryant et al (1983) und Clausen et al (1986) führen Phenolgehalte in den Nadeln der Waldföhre (*Pinus sylvestris*) und in der Grünerle (*Alnus crispa*) zu einem verminderten Hasenverbiß, speziell bei Schneehase (und *Lepus americanus*).

(www.mil.brandenburg.de/sixcms/media.php/4055/Beitr_Wild%C3%B6kol_Bd45.pdf).

4.2.1.5 Kleinsäuger und Kleinraubtiere

C. Boschi, Wieselnetz (schriftl. Mitteilung) hat im Safiental (GR) in lockeren, niedrigen Grünerlenbeständen einmal Mauswieselspuren beobachtet. Einen direkten Einfluss von Grünerlenbeständen auf Mauswiesel und Hermelin erwartet sie aber nicht. Aber Wiesel könnten von abgestorbenen Grünerlen und den daraus entstehenden Asthaufen oder sonstigen Unterschlüpfen unter toten Bäumen profitieren. Das könnte sich evtl. auch für die Wühlmäuse positiv auswirken, welche die Hauptbeute für Wiesel darstellen.

Bei den Untersuchungen von Remonti et al (2007) war die häufigste Tierart in Grünerlenbeständen die Waldmaus.

4.2.2 Ökologische Bedeutung von Grünerlenbeständen für Vögel

4.2.2.1 Allgemein

Bei Spaar & Pfister (2000, unveröffentlicht), welche die Vogelarten nach Lebensräumen einteilen, wird der Gebüschwald nicht separat behandelt, sondern dem Hochwald zugeteilt.

Nach P. Mollet (schriftl. Mitt.) ist die Grünerle für Vögel vermutlich nicht schlecht, solange sie kleinflächig als Deckungsstruktur offene Weiden heterogener macht. Deckt sie hingegen grossflächig dicht und flächendeckend, ist sie für Vögel wohl kaum wertvoll, weil zu gleichförmig.

U. Bühler (mündl. Mitt.) vermutet, dass wegen ihres Insektenreichtums Grünerlengebüsche möglicherweise im Herbst eine grosse Bedeutung als Rastgebiete für ziehende insektenfressende Vögel haben, vielleicht ähnlich wie Feuchtgebiete (da halten sich Insektenfresser auf ihrem Zug jeweils ein paar Tage lang auf und fressen sich Gewicht an).

4.2.2.2 Singvögel

Bei Delarze & Gonseth (2008) gilt die Klappergrasmücke als Charakterart der Grünerlenbestände.

Meier & Schmid (2008) zählen zusätzlich die Heckenbraunelle zu den Charakterarten von Grünerlen- und Legföhrenbeständen. Nach P. Mollet (schriftl. Mitteilung, gemäss Niklaus Zbinden) hält sich die Gartengrasmücke häufig und wirklich gerne in Grünerlen auf. Nach Meier & Müller (2008) erreicht die Gartengrasmücke in Grün- und Grauerlenbeständen die höchste Dichte im Berggebiet. Keine dieser Arten zählt zu den gefährdeten Arten.

Nach Mollet (schriftl. Mitt.) sind Arten wie Zitronengirlitz, Erlenzeisig, und Birkenzeisig typische alpine Arten, die sich ganz sicher ab und zu in solchen Grünerlen drin aufhalten, doch werden sie vermutlich Grünerlen weder essentiell benötigen noch werden sie Probleme bekommen, wenn Grünerlenbestände sich ausdehnen.

Nach U. Bühler werden im Vogelbuch Oberengadin-Bergell-Valposchiavo Angaben über Bestandsaufnahmen aus 8 Flächen mit Grünerlengebüschen veröffentlicht. Leider werden nur Stetigkeiten und keine Dichten angegeben. Da figurieren: Buchfink (I), Amsel (III), Heckenbraunelle (V), Klappergrasmücke (IV), Alpenbirkenzeisig (IV), Zaunkönig (III), Ringdrossel (IV), Birkhuhn (X), Singdrossel (II), Wacholderdrossel (I), Gartengrasmücke (IV), Hänfling (keine Angabe der Stetigkeit). Die Stetigkeiten sind offenbar so definiert: I: 1 - 20 %; II: 21 - 40 %; III: 41 - 60 %; IV: 61 - 80 %; V: 81 - 100 %. „X“ bedeutet wahrscheinlich einmal gesehen mit sehr geringer Stetigkeit.

Im Banngebiet „Graue Hörner“ bilden nach Good (2004) auch die baum- und buschbestandenen Weiden abwechslungsreiche Lebensräume. In den Erlenbüschen lebe die Gartengrasmücke und von den Spitzen kleiner Fichten singe die Heckenbraunelle, die hier zu den häufigsten Vogelarten zählt. Auch der Zilpzalp brütet ausserhalb geschlossener Nadelwälder im gesamten Gebiet bis zur Waldgrenze hinauf, in Grünerlenbeständen sogar noch darüber.

Nach Mollet et al (2005) erfolgt eine Bestandesabnahme bei Vögeln infolge Einwuchs durch das Grünerlengebüsch, der gegenwärtige Rückgang und das lokale Verschwinden der Ringdrossel dürfte auf diesen Prozess zurückzuführen sein, regional ebenso die Bestandsabnahmen beim Birkhuhn.

4.2.2.3 Raufusshühner

Nach Huber & Bergler (2006) hat sich der Lebensraum von Tierarten der alpinen Offenflächen deutlich nach unten erweitert (z.B. für Alpenschneehuhn) durch die Absenkung der Waldgrenze durch Rodungen und laufendes Schwenden.

Alpweiden bieten mit ihren eingestreuten Baumzeilen und Grünerlen dem Birkwild ganzjährig einen idealen Lebensraum (Huber & Bergler, 2006).

Nach Zeitler (2003) führt abnehmende Nutzung und Unterhalt der Alpweiden zu abnehmenden Birkhuhnbeständen, dies sei in verschiedenen Gebieten in den Alpen dokumentiert worden. Nach Zeitler (2003) kann aber auch das grossflächige Entfernen der Grünerlen zu Bestandeseinbussen führen.

Wenn der Grünerlenanteil zu hoch wird, erfolgt eine Verdrängung der Birkhühner aus ihrem optimalem Lebensraum (Zbinden & Salvioni, 2003). In Gebieten, in denen die Fläche der Zwergstrauchgesellschaften gleich geblieben ist oder sich sogar ausgedehnt hat, hängt die Nachwuchsrate nur von der Temperatur ab. Wo Grünerlen oder dichter Hochwald die Zwergstrauchfläche zurückdrängen, nimmt die Nachwuchsrate ab.

Nach Anthelme (2001) liegt ein geeigneter Deckungsgrad bei der Grünerle für die Birkhühner zwischen 10 – 50 %, da bei dieser Deckung die Beeinflussung der Vegetationsdecke (Beerensträucher) noch gering ist (siehe Abb. 8).

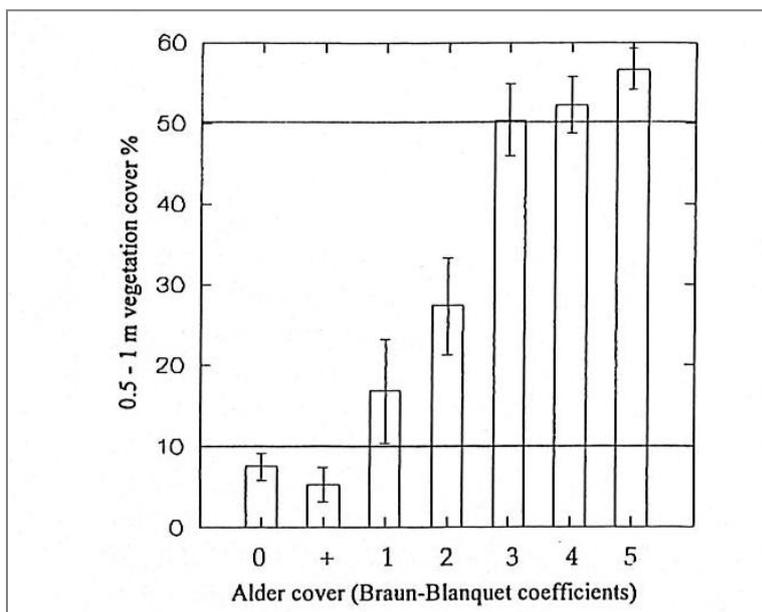


Abb. 8: Einfluss der Grünerlendichte auf die 0.5 – 1 m Vegetationsdecke. Die schwarzen Balken zeigen die untere und obere Grenze für ein geeignetes Birkhuhnhabitat an; die Grünerlen-Deckungsklassen bedeuten: 0: keine Grünerlen, +: $\leq 1\%$, 1: 1 - 5 %, 2: 5 - 25 %, 3: 25 - 50 %, 4: 50 - 75 %, 5: $> 75\%$ (aus Magnani, 1987, zitiert nach Anthelme, 2001).

Die Birkhühner ernähren sich im Winter unter anderem von der Grünerle. Pauli (1978) schliesst aus seinen Untersuchungen, dass der Gehalt an UE (= umsetzbarer Energie) der Hauptfaktor für die Nahrungsselektion im Winter darstellt bei den Birkhühnern. Nach Pauli gehört die Grünerle zur bevorzugten Winternahrung, weil sie reicher an Gesamtzucker und an verdaulichem Rohprotein ist als die Baumnahrung (Lärchentriebe und Arvennadeln). Infolge dem niedrigeren Rohfasergehalt seien Grünerlentriebe auch relativ leicht verdaulich.

Dem Alpenschneehuhn und dem Steinhuhn kann die Grünerle als Winternahrung dienen. Nach Zeitler (2000) ernähren sich Alpenschneehühner während des Winters vorwiegend von Pflanzen der Krautschicht auf den abgewehrten Gratlagen, nutzen jedoch auch immer wieder ergiebigeren Pflanzenarten, z.B. Grünerlenknospen in tieferen Lagen.

Im Trentino, Italien bilden nach Sitzia (2009) die Grünerlen auch für Haselhühner ein idealer Lebensraum. Nach Hahn et al (2005) werden aber Grünerlenbestände, einschichtige Wirtschaftswälder so-

wie homogene dichte Bestände ohne Lichtungen durch das Haselhuhn gemieden.

4.2.3 Ökologische Bedeutung von Grünerlenbeständen für Amphibien und Reptilien

B. Schmidt, Karch, meldete (schriftl. Mitt.), dass ihnen keine Studien über die Bedeutung der Grünerlen als Lebensraum für Amphibien und Reptilien bekannt sind. Es sei aber durchaus denkbar, dass Grünerlenbestände von Amphibien und Reptilien genutzt werden. Für Amphibien und Reptilien spiele aber in der Regel nicht so sehr die Pflanzenart eine Rolle, sondern mehr die Struktur der Vegetation.

Nach Brodmann-Kron & Grossenbacher (1994) kommt der Alpensalamander (*Salamandra atra atra*) unter anderem im Krummholzgürtel (Legföhren und Grünerlengürtel) vor.

4.2.4 Ökologische Bedeutung von Grünerlenbeständen für Schnecken

C. Boschi, Autorin vom Buch „Schneckenfauna der Schweiz“, meldete (schriftl. Mitt.), dass ihr leider keine Studien über die Schneckengesellschaften in Grünerlenbeständen bekannt seien. Die Schnecken in den verschiedenen Baumgesellschaften seien im Allgemeinen schlecht erforscht. Ihrer Meinung nach bieten Grünerlen aber sicher im subalpinen Lebensraum zusätzliche Mikrolebensräume mit einem anderen (feuchteren) Mikroklima und erhöhen die Strukturvielfalt. Das könne sich aufgrund ihrer Erfahrungen nur positiv auf die Vielfalt der Schneckenarten in einem Gebiet auswirken. Umso mehr wenn es auch abwechslungsweise etwas Geröll oder Graspatrien gibt.

4.2.5 Ökologische Bedeutung von Grünerlenbeständen für Arthropoden (Gliederfüsser)

Zu den Arthropoden gehören so unterschiedliche Tiere wie Insekten, Tausendfüßer, Krebstiere, Spinnentiere (z.B. Spinnen, Skorpione, Milben) und die ausgestorbenen Trilobiten.

In der Schweiz konnte einzig eine Untersuchung über Kurzflügelkäfer in Grünerlenbeständen gefunden werden. M. Flury (BDM Schweiz), B. Wermelinger (WSL) und A. Frei waren keine weiteren Forschungen bekannt.

Untersuchungen zur Arthropodenfauna in Grünerlenbeständen wurden im Ausland von Anthelme (2001) im Norden Frankreichs durchgeführt, von Colpi (1984) in Italien und zum Teil bereits etwas länger seither von Grissemann (1983), Friess (2000), Schedl (1970, 1975) und Thaler et al (1978) in Österreich.

Nach Schedl (1975) kommen als phytophage Insekten mit mehr oder weniger stadienmäßiger Bindung an die Grünerle vor allem Vertreter folgender Ordnungen bzw. Unterordnungen in Betracht: *Saltatoria* (Springschrecken), *Psocoptera* (Flechtlinge, Rindenläuse, etc.), *Thysanoptera* (Fransenflügler), *Homoptera* (Pflanzenläuse), *Coleoptera* (Käfer), *Hymenoptera-Symphyta* (Pflanzenwespen) und *Lepidoptera* (Schmetterlinge).

Grissemann (1983) fand über 144 Arten von Arthropoden in Grünerlenbeständen.

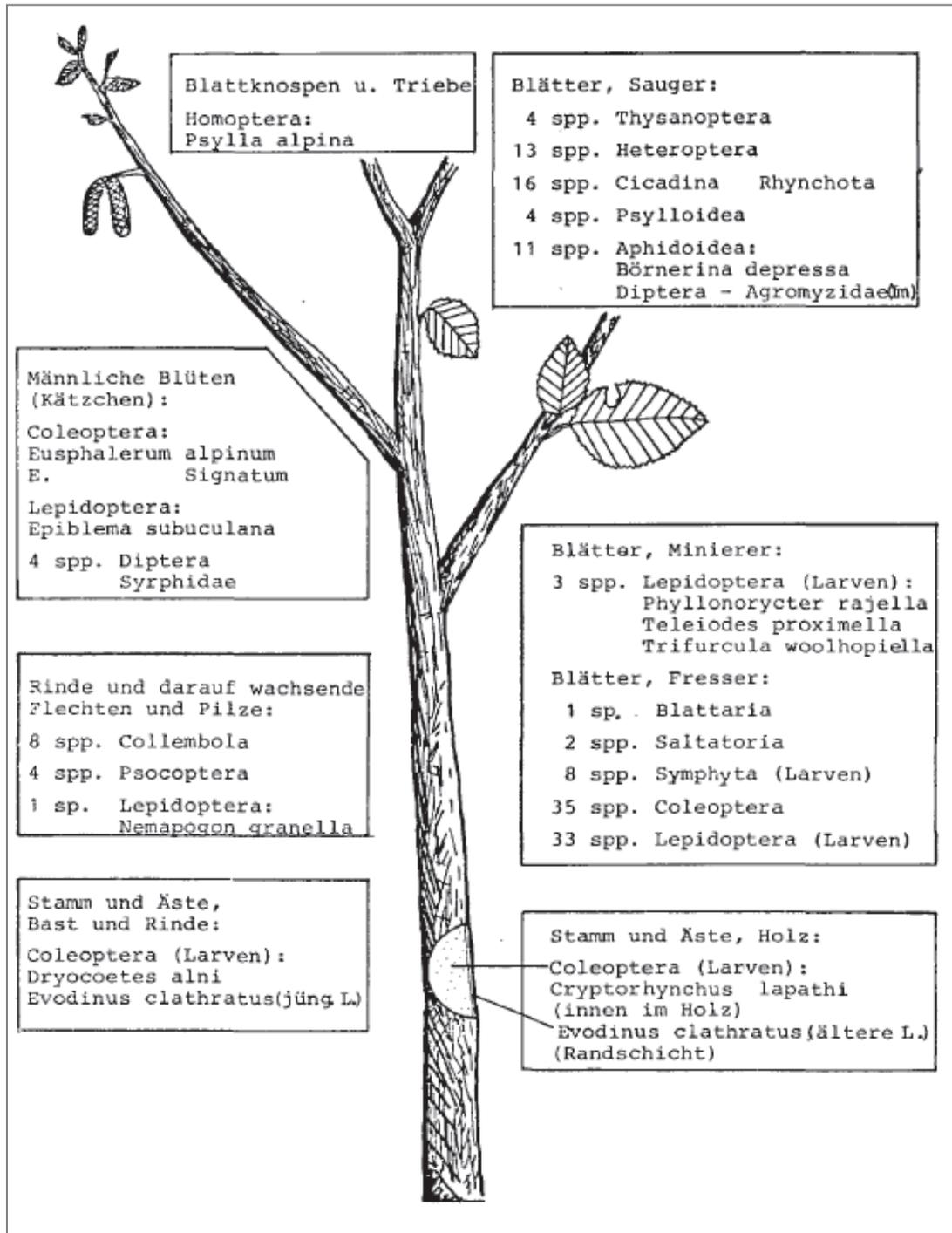


Abb. 9: Strukturteile der Grünerle als mögliche Mikrohabitate für phytophage Insekten (aus Grissemann, 1983).

Nach Friess (2000), welcher die Heteropteren (Wanzen) untersuchte, heben sich die Aufnahmen des subalpinen Grünerlenbestandes stark von den anderen untersuchten Standorten ab, da lediglich sieben Wanzenarten erfaßt werden konnten. Auch Nahrungsspezialisten konnten an Grünerlen nicht festgestellt werden.

Höfer (2010) machte Untersuchungen zu Webspinnen (*Araneae*), Weberknechten (*Opiliones*), Tausend- (*Diplopoda*) und Hundertfüsser (*Chilopoda*).

Bei den Heuschrecken führt nach Rösli & Steffen (2004) die Aufgabe der Nutzung von Wiesen und Weiden längerfristig zum Lebensraumverlust: Zunächst verbrachen die Flächen, wodurch diejenigen Arten verschwinden, die auf lockeren Bewuchs angewiesen sind. Saumarten profitieren vorübergehend. Es folgt eine Verbuschung der Fläche, die schliesslich zu Hochwald führt. Die Artenvielfalt geht stark zurück.

Nach Schedl (1975) leben die Larvenstadien der südlichen Zartschrecke (*Leptophyes laticauda*) in der Südschweiz u.a. auch an Grünerlen, teils phytophag, teils räuberisch. Die Art ist in den Südalpen und im nördlichen Mediterran verbreitet. Ebenfalls die Alpine Gebirgsschrecke (*Miramella alpina*) lebe bevorzugt an Biotopen mit höherer Feuchtigkeit montan bis subalpin an Laubbäumen und u.a. auch an Grünerlen.

Als Beispiele wird nachfolgend bei den Schmetterlingen und den Käfern die Artenvielfalt an Grünerle aufgezeigt.

4.2.5.1 Schmetterlinge

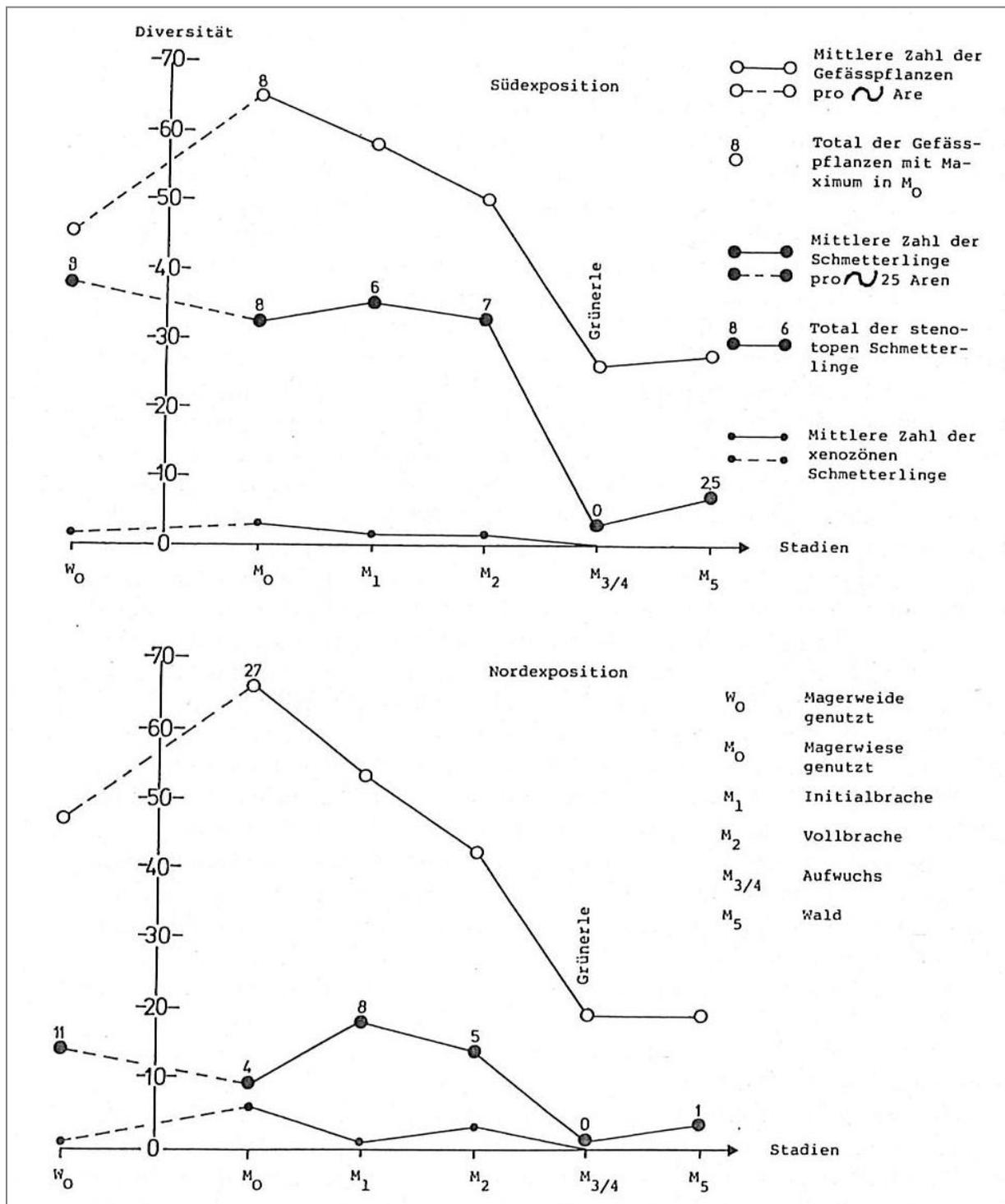


Abb. 10: Mittlere Artenzahlen von Gefässpflanzen und tagaktiven Schmetterlingen bei verschiedener Bewirtschaftung und in verschiedenen Sukzessionsstadien brachliegender Halbtrockenrasen im Tavetsch (GR). Zusammenstellung nach Bischof (1981, 1984) und Erhardt (1981). Aus Zoller et al (1984).

Die Gesamtzahl der Schmetterlinge ist an Nordhängen allgemein geringer. Die Zahlen oberhalb der schwarzen Punkte im Diagramm zeigen die Anzahl an stenotopen (die innerhalb sämtlicher untersuchter Vegetationstypen nur gerade hier vorkommen) Schmetterlingen auf.

Nach SBN (1987) gefährdet die Verbuschung mit Grünerlengebüsch und Zwergstrauchheiden den Lebensraum „felsige, lückige Rasen mit Schotter im Gebirge“, welcher für folgende gefährdete Arten / Leitarten den Lebensraum darstellt:

- Alpenweissling (*Pontia callidice*)
- Veilchenscheckenfalter (*Hypodryas cynthia*)
- Gletscherfalter (*Oeneis glacialis*)
- Schillernder Mohrenfalter (*Erebia tyndarus*)
- Mohrenfalterart (*Erebia styx*; Priorität 3, RL 4a)
- Gelbbindenmohrenfalter (*Erebia meolans*; Priorität 4, RL 3)
- Graubrauner Mohrenfalter (*Erebia pandrose*)
- Darwins Wiesenvögelchen (*Coenonympha darwiniana*; Priorität 3, RL 4b)
- Sackträgerarten (*Epichnopterix montana*, *Melasina ciliaris*)
- Gletscherbär (*Grammia quenseli*; Priorität 4, RL 4a[e])
- Matterhornbär (*Holoarctia cervini*; Priorität 1, RL 2[e])
- Engadiner Bär (*Arctia flavia*; Priorität 4, RL 4a[e])

Es gibt aber auch Tagfalter, welche als Charakterarten für Grünerlenbestände angesehen werden können:

- Der Ähnliche Perlmutterfalter (*Boloria napea*) bevorzugt feuchtere Waldstellen und fliegt bevorzugt in der Nähe von Grünerlengebüschen.
- Eine weitere Charakterart der Grünerlengebüschen ist der Ähnliche Mohrenfalter (*Erebia eriphyle*) (Weidmann, 2004; Delarze & Gonseth, 2008).
- Der Alpen-Maivogel (*Euphydryas intermedia*; Priorität 4, RL 4) besiedelt lockere Bergwälder mit vielen Lichtungen, Strauchfluren (*Alnus viridis*, *Rhododendron*) oder Lawinenzüge (SBN, 1987, Bd. 3; BDM-Kursunterlagen).

Andere Arten, wie der Dunkle Feuerfalter (*Lycaena tityrus*) und der Doppelaugen-Mohrenfalter (*Erebia oeme*) sind bevorzugt in den feuchteren Rostseggenhalden oder in der Nähe von Grünerlengebüschen anzutreffen (Weidmann, 2004). Arten, welche Grünerlenbestände unter anderem nutzen, sind:

- Alpen-Perlmutterfalter (*Boloria thore*; Priorität 2, RL 2), dieser lebt in Lawinenzügen und anderen lichten Waldpartien. Die Raupe lebt am Gelben Bergveilchen (*Viola biflora*) (BDM-Kursunterlagen; SBN, 1987, Bd. 3; Delarze & Gonseth, 2008).
- Der Storchschnabel-Bläuling (*Aricia eumedon*) ist eine Art der Hochstaudenfluren im Gebirge (Delarze & Gonseth, 2008).

Weitere Schmetterlingsarten, welche an *Alnus viridis* vorkommen und als wahrscheinlich monophag (= sehr enges Nahrungsspektrum) gelten: *Bucculatrix cidarella*, ein Zwergwickler; *Epiblema subuculana*, ein Wickler; *Lithocolletis alpina*, eine Blätttüttenmotte; der Grünerlen-Trugfalter (*Eriocrania alpinella*); die Erlenknospenmotte (*Coleophora fuscedinella*) und *Phyllonorycter alpina*, eine Blätttüttenmotte.

4.2.5.2 Käfer

Es kamen bei sämtlichen gesichteten Untersuchungen der Käferfauna keine prioritären oder gefährdeten Arten vor. Die Rote Liste der Holzkäfer der Schweiz ist zur Zeit in Bearbeitung.

Im Anhang A ist eine Auflistung der gefundenen phytophagen (pflanzenfressenden) Käferarten aufgeführt. Nach Colpi (1994) ist in Anbetracht der hohen Lagen der Untersuchungsgebiete die Entomofauna in Grünerlengebüsch relativ vielfältig. Nach Colpi ist *Ctenicera cuprea aeruginosa*, ein Schnellkäfer, eine Charakterart für Grünerlen. Nach Delarze & Gonseth (2008) sind dies ebenfalls die Kurzflügler *Mycetoporus montanus* und *Oxypoda alni*. Ausschliesslich monophage Arten (nur von einer Pflanzenart sich ernährend) sind einzig: *Luperus viridipennis*, ein Blattkäfer und *Polydrusus ruficornis*, ein Rüsselkäfer, welcher monophag auf Erlenarten vorkommt.

4.3 Zusammenfassung und Fazit

Bisher wurden wenige Untersuchungen in der Schweiz bezüglich der ökologischen Bedeutung der Grünerlenbestände gemacht. Was besser untersucht wurde, ist der Vergleich zwischen Offenland und Verbrachung (z.T. sind diese Flächen mit Grünerlen bestockt).

Grünerlenbestände sind eine natürliche Pflanzengesellschaft, welche ev. in einigen Gebieten auch ohne menschlichen Einfluss eher häufig auftreten können (z.B. Weisstannental, Perret 2005). Sie ist neben dem Hochwald und dem Offenland ein weiteres Strukturelement, welches eingestreut und in nicht allzu grossem Ausmass eine Bereicherung, vor allem für die Fauna, darstellen kann. Dieser Zustand der Bereicherung ist meist aber nur von kurzer Dauer, da sich die Grünerle sehr schnell ausbreitet und der Deckungsgrad nicht konstant bleibt.

Für viele Tierarten sind die Grünerlen einerseits eine Bereicherung durch die zusätzliche Strukturierung des Geländes, aber bei vielen Arten kippt es bereits bei einem Deckungsgrad von 25 - 50 %, und die Arten- und Individuenzahl wird rückläufig (zB. Birkhuhn, Tagfalter, etc.).

Nur wenige prioritäre Tier- und Pflanzenarten scheinen auf Grünerlen angewiesen zu sein. Einzig bei den Pilzen fällt die hohe Artenzahl auf (Pilze sind aber vermutlich auch die am besten untersuchten Spezies in der Schweiz in Grünerlenbeständen). Bezüglich der Insekten sind nur Untersuchungen aus dem Ausland vorhanden und es ist nicht bekannt, ob alle Arten auch in der Schweiz vorkommen.

Grünerlenbestände sind ein beliebter Sommerlebensraum bei Schalenwild (v.a. Rotwild) aufgrund der Ungestörtheit. Eingestreute Grünerlenbestände im Offenland verringern die Fluchtdistanzen von Wildtieren und dienen als Nahrungsquelle.

Bericht Grünerle, Teil B

5 Wahl und Beschreibung der Untersuchungsgebiete

5.1 Gebietsauswahl

Als Untersuchungsgebiete dienen der Kanton Glarus, der südliche Teil des Kantons St. Gallen und die Region Surselva im Kanton Graubünden. Die ersten beiden Gebiete liegen im Hauptverbreitungsgebiet der Grünerlen, die Surselva eher im Randbereich (bisherige Annahme). In sämtlichen Gebieten fehlen bis anhin Untersuchungen zur Verbreitung der Grünerle. Die Wahl der Untersuchungsgebiete wurde auch aufgrund des Vorhandenseins von historischen Karten (für den Kt. Glarus und die Surselva) festgelegt. Des Weiteren arbeiteten M. Frehner und B. Huber bei der Kartierung der Waldstandorte im St. Galler Berggebiet mit und M. Frehner ebenfalls im Kanton Glarus. In der Surselva bei Sedrun befindet sich ausserdem das Untersuchungsgebiet von M. Frehners Doktorarbeit und B. Huber arbeitete bei den Wald-Inventuraufnahmen für das Gebiet Disentis/Val Russein mit.

5.2 Beschreibung der Gebiete

Für folgende Untersuchungsgebiete liegen sehr detaillierte Beschreibungen bereits vor: Surselva (Schuhmacher, 1998; Hager, 1916), Weisstannental (Perret, 2005) und Glarus (Wirz-Luchsinger, 1928). Nachfolgend werden deshalb nur die wichtigsten Werte kurz erwähnt.

5.2.1 Biogeographische Einheiten und Klimacharaktere

Der Kanton Glarus und der Kanton St. Gallen gehören zu den nördlichen Randalpen und sind durch ozeanisches Klima geprägt. Das Weisstannental, Cholschlagtal und der Kanton Glarus sind ozeanischer als das Taminatal, das Calfeisental und die Surselva. Diese sind eher kontinental. Durch häufige Staulagen erreichen die jährlichen durchschnittlichen Niederschlagssummen mehr als 1'200 mm auf 1'000 m ü. M. (Frehner et al, 2005). In den Nord-Süd ausgerichteten Tälern kann es im Zusammenspiel mit dem Föhn zu vergleichsweise hohen Temperaturen kommen. Im Kanton Glarus macht sich nach Wirz-Luchsinger (1928) im Sernftal schon die Nähe des regenarmen Vorderrheintals bemerkbar.

Die Surselva liegt in den nördlichen Zwischenalpen, welche von den Randalpen klimatisch abgeschirmt sind (Frehner et al, 2005). Im Vergleich zu den nördlichen Randalpen liegt der Unterschied hauptsächlich in der jährlichen Niederschlagsmenge, welche bei weniger als 1'200 mm auf 1'000 m ü. M. liegt. Das Klima hat einen ozeanisch (Seitentäler) bis kontinentalen (Tallagen) Charakter. Nach Mayer & Ott (1991) steigen mit zunehmender Meereshöhe die Niederschläge erheblich an, so dass grosse klimatische Gegensätze zwischen den warm-trockenen-subkontinentalen Tallagen (subkontinental = gemässigt kontinental) und feucht-kühl-subozeanischen Gipfellagen bestehen. So ist nach Hager (1916) der Talboden viel trockener als das regenreiche hintere Vorderrheintal und die Seitentäler (dies aufgrund der Süd- und Südwestwinde, welche sich an den Gebirgshängen entladen und den grossen Regenmengen vom Tödi her). Weitere Gründe für die Klimaunterschiede sind nach Hager (1916) der Talnebel, hohe sommerliche Erwärmung und starke Verdunstung.

Die nachfolgende Karte zeigt den Jahresmittelwert des Niederschlags in der Periode 1981 – 2010.

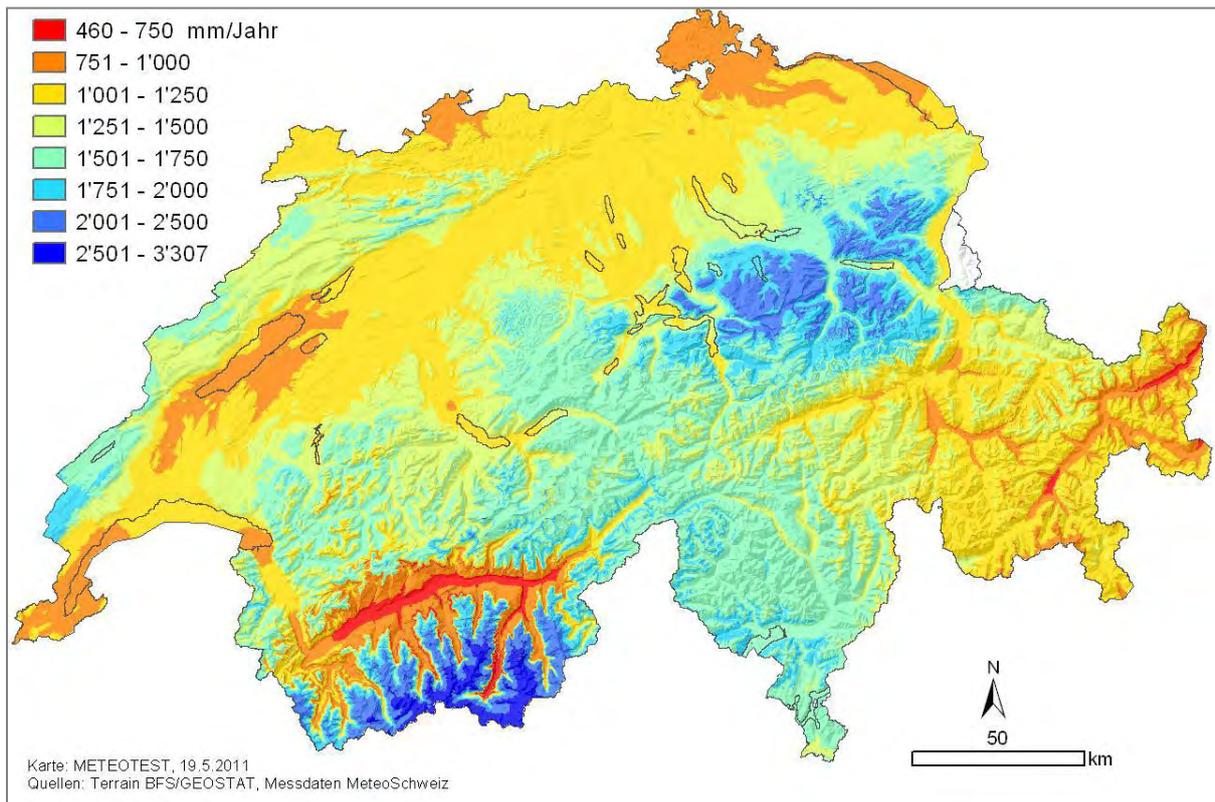


Abb. 11: Flächenhafte Berechnung des Niederschlags, Zeitspanne 1981 - 2010 (Jahresmittelwert). Die Werte schwanken zwischen 500 und 3'400 mm pro Jahr (aus Remund et al, 2011).

Die grössten Regenmengen fallen im Kanton Glarus nach Wirz-Luchsinger (1928) im Juni, Juli und August, während sich im Winter oft längere Zeit keine Niederschläge ereignen. Somit gehört Glarus zu den Kantonen mit ausgesprochenem einmaligem Maximum im Sommer. Im Weisstannental sind die Verhältnisse ähnlich. Im Taminatal und in der Surselva ist der Sommerniederschlag geringer.

Die Schneemengen sind in den drei Gebieten unterschiedlich. Das Glarnerland und die St. Galler Täler sind Teil des schneereichen Bogens, welcher sich vom Tessin über die Gotthard- und Grimselregion, das Goms, die Zentralschweiz, die Glarner Alpen gegen das Toggenburg und den Alpstein erstreckt. Die Surselva gehört nach Auer (2003) hingegen zu den Regionen, deren Schneehöhen unter dem schweizerischen Mittel liegen.

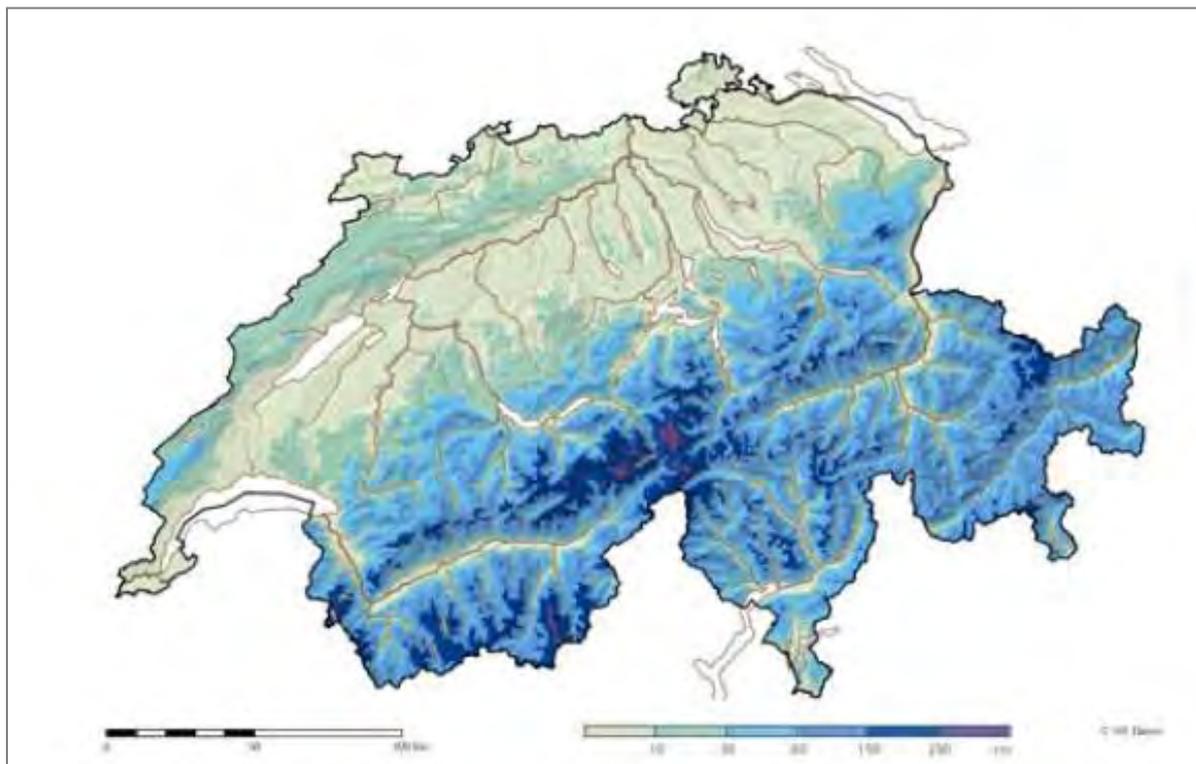


Abb. 12: Mittlere Schneehöhen in der Schweiz (Wintermittel November bis April, 1983-2002) (nach Auer 2003).

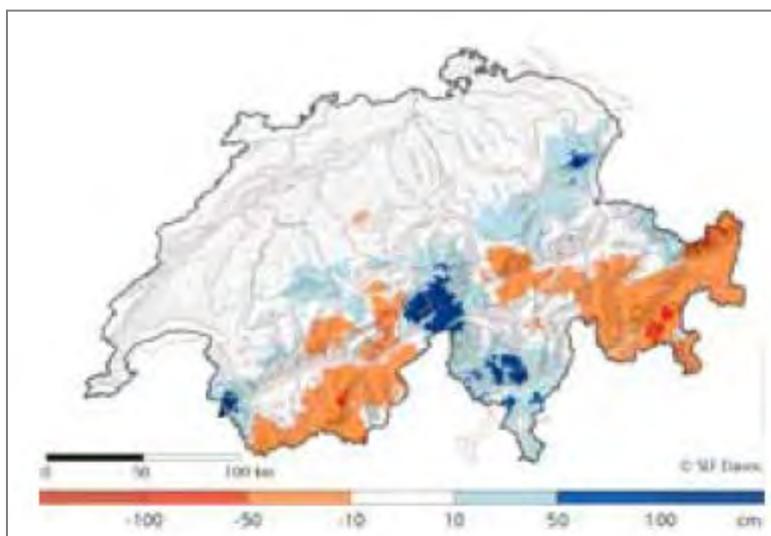


Abb. 13: Regionalklimatologische Unterschiede in der Schneehöhenverteilung (Abweichung vom gesamtschweizerischen Mittel) (nach Auer, 2003; Herleitung siehe Auer, 2004).

Auer (2003) stellte die relativen Schneehöhen im Vergleich zum gesamtschweizerischen Mittel dar, so kommen die regionalklimatologischen Unterschiede in der Schneehöhenverteilung deutlich zur Geltung. Es lassen sich Gebiete erkennen, die im Vergleich zum Mittelwert überdurchschnittliche (positive Abweichungen, in blauer Farbe, Untersuchungsgebiete Glarus und Südtäler St. Gallen) oder unterdurchschnittliche (negative Abweichungen, in roter Farbe, Surselva) Schneehöhen aufweisen.

Wichtig sind auch die Winde (da diese die Luftfeuchtigkeit mitprägen, welche für das Vorkommen der Grünerle ausser dem Niederschlag und der Schneedecke ebenfalls massgebend sein kann). Die Nord-Südtäler in den nördlichen Randalpen sind vom Föhn geprägt. In der Surselva sind nach Hager (1916) der regenspendende Südwestwind, der kühle, aber gemilderte Ostwind und der Föhn (v.a. für die wärmeliebende Vegetation) wichtig, der Nordwind fehlt.

5.2.2 Geologie

Die in dieser Studie untersuchten Gebiete können grob in zwei unterschiedliche geologische Einheiten eingeteilt werden. Der Kanton Glarus, der südliche Teil des Kantons St. Gallens sowie die untere Surselva gehören zu den Helvetischen Decken. In der oberen Surselva dominieren kristalline Gesteine des Gotthard- und Aarmassivs und dazwischen liegt keilförmig zwischen Trun und dem Oberalppass das Tavetscher Zwischenmassiv (bestehend aus Paragneisen).

Die Helvetischen Decken bestehen hauptsächlich aus Sedimenten (mesozoischen, tertiären sowie permischen Alters, Labhart, 1993), welche bei der Alpenbildung teils stark gefaltet wurden. Detaillierte Angaben zur Geologie der Untersuchungsgebiete siehe Kap. 7.1.7, 7.2.7 und 7.3.5, sowie Hager, 1916; Wirz-Luchsinger, 1928; Schuhmacher, 1998 und Perret, 2005.

5.2.3 Vegetationsverhältnisse und Höhenstufen

Höhenstufen in den Untersuchungsgebieten:

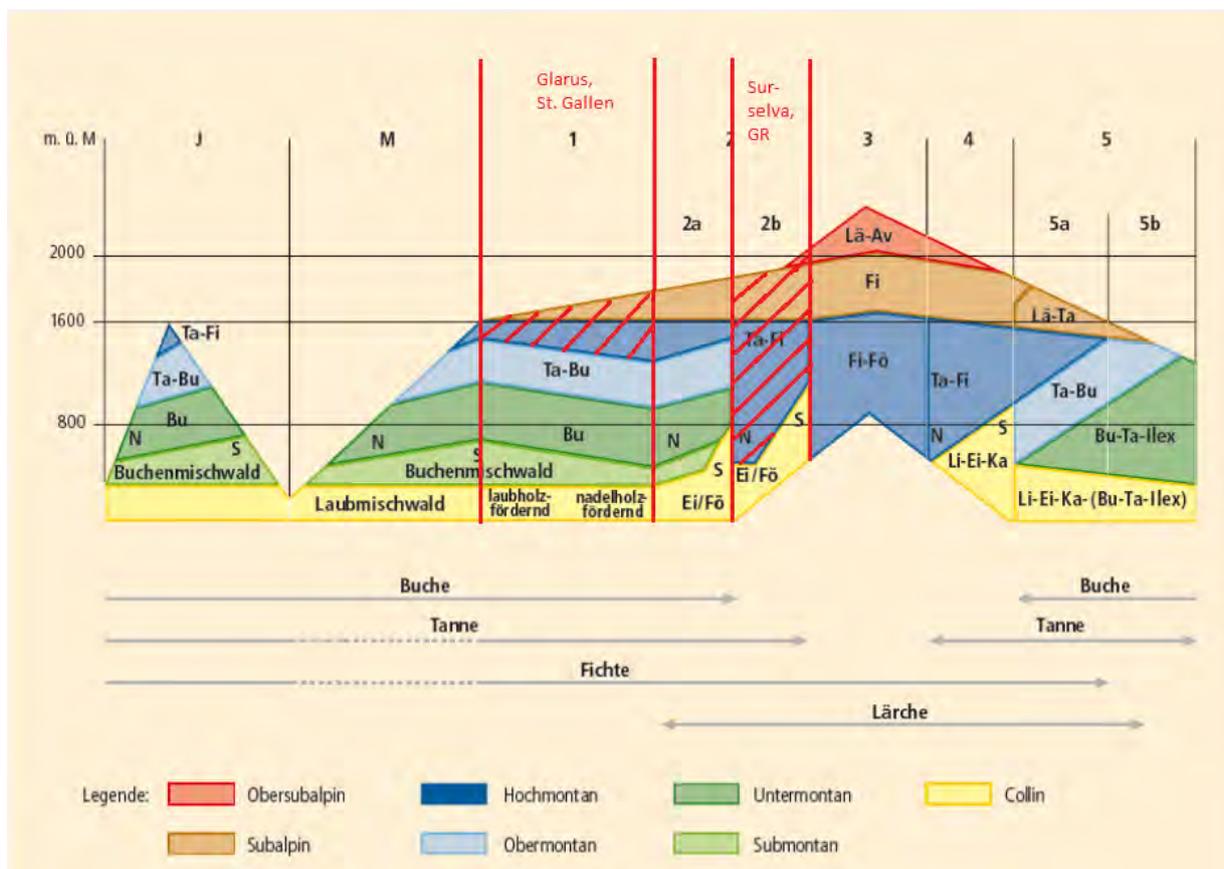


Abb. 14: Einordnung der Untersuchungsgebiete in Standortsregionen nach NaiS (Frehner et al, 2005) und hauptsächliche Verbreitung der Grünerlenbestände innerhalb der Höhenstufen (rot schraffiert) (aus Frehner et al, 2005, abgeändert).

Nachfolgend werden die Untersuchungsgebiete kurz beschrieben:

Standortsregion	1 Nördliche Randalpen	2 Nördliche Zwischenalpen
Betroffene Untersuchungsgebiete	Glarus, Weisstannental, Cholschlagtal, Teile vom Calfeisental	Surselva, GR, Taminatal, Teile vom Calfeisental
Charakter	gegen N- und W-Windeinflüsse exponierte Gebirgszüge, in den Tälern Südföhn, lokal klimatisch begünstigte Gebiete an grösseren Seen und in Spalierlagen.	Tief eingeschnittene Täler, gegen N geöffnet (2a) oder durch Randalpen abgeschirmt (2b; Surselva).
Klimatyp	ozeanisch	ozeanisch bis kontinental
Temperatur und Einstrahlung	mässige tägliche und jahreszeitliche Temperaturschwankungen; relativ kühle Durchschnittstemperaturen; Perioden mit Föhn und hohen Temperaturen.	grössere tägliche und jahreszeitliche Temperaturschwankungen als in den nördlichen Randalpen.
Niederschläge	Siehe Kap. 5.2.1	Siehe Kap. 5.2.1
Allgemeines zur Waldvegetation und Hauptbaumarten	Hochmontan: Tannen-Fichtenwälder. Subalpin: Fichtenwälder.	Hochmontan, subalpin: Tannen-Fichtenwälder oder Fichtenwälder. Diese Stufe nimmt stark zu und drängt die obermontane Stufe (Tannen-Buchen-Wälder) an Nordhängen gegen unten weg. Die Tanne erreicht nur noch an Schattenhängen von Tälern, in denen die Talsohle unter 1'000 m ü. M. liegt, zonale Bedeutung. In den übrigen Gebieten löst sich das Tannen-Areal in Relikte auf. In der hochmontanen und subalpinen Stufe spielt die Lärche auf den meisten Standorten eine wichtige Pionierrolle, im Prättigau und Vorderreintal fehlt sie aber weitgehend. Oberalpin: Arvenwälder.
Höhenstufen nach Nais (jeweils m ü. M.) In Klammer: meist	Hochmontan: 1'200 (1'300) bis (1'600) 1'700, mittlere Stufengrenze: 1'600. Subalpin: 1'500 (1'600) bis (1'800) 1'900.	Hochmontan: 700 bis (1'600) 1'700, mittlere Stufengrenze: 1'650. Subalpin: 1'500 (1'600) bis (1'900) 2'000, mittlere Stufengrenze: 1'850. Oberalpin: Über 1'800 (1'900).

Tab. 9: Beschreibung der Untersuchungsgebiete anhand der Standortsregionen nach Nais (Frehner et al, 2005; ergänzt).

Zu den einzelnen vorkommenden Waldgesellschaften siehe Ökogramme in Nais (Frehner et al, 2005).

5.2.4 Natürliche und anthropogene obere Waldgrenze

Im Kanton Glarus wird die mittlere obere Waldgrenze von Wirz-Luchsinger (1928) bei 1'780 m angenommen. Die obersten Horste und Waldzungen erreichen in den verschiedenen Gebieten im Mittel folgende Höhen: Hirzligebiet 1'630 m, Rautigebiet 1'720 m, Glärnischgebiet 1'750 m, Freiberg 1'850 m, Sernftal 1'800 m, Schild-Mürtschen 1'730 m. Die mittlere obere Baumgrenze liegt bei ca. 1'820 m (oft aber über 1'900 m), Krüppelgrenze im Mittel bei ca. 2'000 m. Wirz-Luchsinger (1928) nimmt an, dass die einstige Waldgrenze nicht weit über die damaligen (1928) Zungen und Horste hinausreichte.

Nach Hager (1916) ist die durchschnittliche – lokal allerdings stark variierende – Höhengrenze des geschlossenen Waldes auf 1'900 m ü. M. herabgesunken; er beobachtete 1916 in der ganzen Surselva nur wirtschaftliche obere Waldgrenzen. Die ursprüngliche obere Waldgrenze lag bei 2'150 m ü. M., die Kampfzone der Baum- und Krüppelgrenze reichte bis 2'300 m ü. M..

Perret et al (2004) erwähnt, dass durch die seit Jahrhunderten praktizierte Alpwirtschaft die Waldgrenze (im Weisstannental) um rund 200 Höhenmeter nach unten gedrängt wurde. Im Banngebiet „Graue Hörner“ dürfte die natürliche Waldgrenze durchschnittlich bei etwa 2'000 m ü. M. liegen.

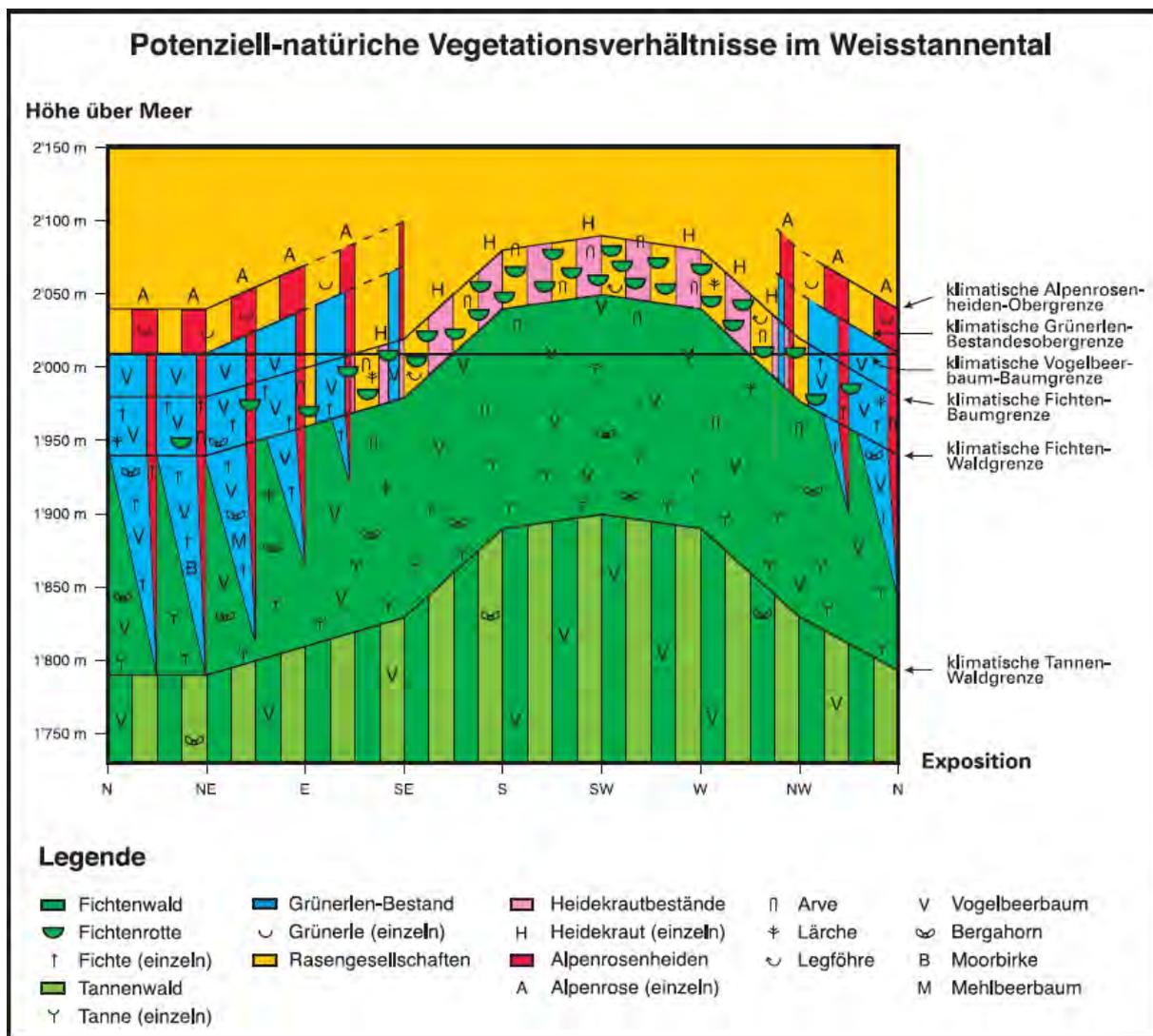


Abb. 15: Potenziell-natürliche Vegetationsverhältnisse in gleichmässig geneigten, mässig steilen Hängen (Neigung ca. 50 – 100 %) auf bezüglich Basengehalt intermediärer Unterlage (v.a. Verrucano- und Flyschschiefer) im Weisstannental (aus Perret, 2005). Geltungsbereich der einzelnen Höhenobergrenzen: Kartierbereich der orographisch linken Talseite; im kartierten Gebiet der orographisch rechten Talseite liegen die einzelnen Höhengrenzen jeweils 50 - 70 m tiefer.

6 Material und Methoden

6.1 Vorgehen

Da die Arbeiten den Winter über erfolgen sollten, musste die Methodik so gewählt werden, dass keine Feldaufnahmen nötig sind.

In den drei Untersuchungsgebieten wurden jeweils die heutigen Flächenanteile der Grünerlenbestände ausgewertet, die historische Entwicklung verfolgt (Glarus und Surselva) und die zu Hochwald gewordenen Grünerlenbestände ermittelt (Glarus und Surselva).

Für die Untersuchungsgebiete Glarus, Surselva (GR) und die Südtäler des Kantons St. Gallen stehen unterschiedliche Grundlagen zur Verfügung. Die vorhandenen Daten sind in Kapitel 2.1.1 aufgelistet. Aufgrund dieser unterschiedlichen Datengrundlagen musste für jedes Gebiet eine unterschiedliche Vorgehensweise für die Auswertung der Grünerlenbestände gewählt werden. Dies betrifft hauptsächlich die Auswertung der historischen Daten für die Regionen Glarus und Surselva.

In den Kantonen Glarus und St. Gallen bestehen aktuelle Waldstandortskartierungen, bei welchen auch die Grünerlenbestände kartiert wurden (Bezeichnung: „AV“ [GL] oder „Alvi“ [SG]). Bei diesen Waldstandortskartierungen werden nicht nur einzelne Waldgesellschaften ausgeschieden, sondern auch sogenannte „Übergänge“ und „Mosaik“. Da die Standorte sich in der Natur kontinuierlich ändern, gibt es Flächen, bei denen der tatsächliche Standort zwischen zwei im Kartierschlüssel beschriebenen Standortstypen liegt. In diesem Fall wird ein Übergang zwischen zwei Standortstypen kartiert, wobei der dominierende Standortstyp vorangestellt wird und der andere in Klammer hinten angehängt wird. Flächen, in denen zwei bis drei Standorte häufig wechseln, werden als Mosaik kartiert, der häufigere Standortstyp wird vorangestellt, die anderen nach einem „/“ hinten angestellt. Flächen mit aufgelöstem Hochwald wird als Mosaik mit „waldfrei“ (Bezeichnung „u“) kartiert, dabei wurde der Waldstandort immer vorangestellt, auch wenn der waldfreie Flächenanteil mehr als 50 % beträgt.

Für die Standortanalyse wurden Exposition, Höhenlage, Geologie und Einfluss von Naturgefahren bestimmt. Die Vorgehensweise war in allen Regionen gleich. Abweichungen gab es aufgrund unterschiedlicher Datengrundlagen lediglich bei der Geologie sowie dem Einbezug der Naturgefahren, wobei das Grundprinzip der Auswertung beibehalten wurde.

6.1.1 Datengrundlagen

Die nachfolgenden Datengrundlagen, welche pro Region sehr unterschiedlich ausfallen, wurden für die GIS-Auswertungen verwendet.

Für alle Gebiete vorhandene Daten:

- Landeskarten 25'000, Pixelkarten.
- Orthofotos: SWISSIMAGE LEVEL 1 / LEVEL 2.
- Digitales Geländemodell DHM2 (Auflösung 2 m, swissALTI3D 1.0, GRID Format 2 m).
- Tektonische Karte 1:500'000.

Kanton Glarus:

- Wirz-Luchsinger (1928): Erhebungen über die Verbreitung der wildwachsenden Holzarten im Kanton Glarus. Hrsg. Eidg. Departement des Innern, Bern.
- Layer Gebüschwald aus Bestandeskartierung Glarus (Feldaufnahmen zwischen 1997-2007): Auscheidung erfolgte auf der Basis von stereoskopischer Luftbildinterpretation.
- Layer Waldgesellschaften Glarus (Feldaufnahmen zwischen 2003-2007): Die Grünerlenbestände wurden als AV ausgeschieden oder als AV mit Übergängen zu anderen Waldgesellschaften.

Anmerkungen K. Winzeler, Kreisforstingenieur im Kt. GL: Zwischen diesem Layer und demjenigen der Bestandeskartierung und somit Gebüschwälder gibt es Differenzen, weil die Waldgesellschaften kartiert wurden als die Bestandeskartierung noch nicht erfolgt war. Die Bestandeskartierung ist bezüglich dem Wald und seiner Abgrenzung vollständiger und oft auch lagegetreuer.

- Geologische Spezialkarte, Vektorkarte Blatt 117, Massstab 1:50'000.
- SilvaProtect-Daten. Dataset EVENT zu den Prozessen Lawinen und Hangmuren, Kt. Glarus.

Surselva, Kanton Graubünden:

- Hager (1916): Erhebungen über die Verbreitung der wildwachsenden Holzarten im Vorderrheintal (Kanton Graubünden). Hrsg. Eidg. Departement des Innern, Bern.
- Waldschadenkartierung (WSK) des Projektes Sanasilva (Grundlage: Infrarot-Luftbilder im Massstab 1:9'000 von den Jahren 1985-1991) im Format Coverage der folgenden Gemeinden: Andiast, Breil/Brigels, Disentis, Flond, Medel, Obersaxen, Pigniu, Rueun, Schlans, Siat, Sumvitg, Surcuolm, Trun, Tujetsch und Waltensburg.
- GeoCover Vektordatensatz, Blatt 1'213 und 132, Massstab 1:25'000.
- Geologische Generalkarte, Pixelkarte Blatt 7, Massstab 1:200'000.
- Gefahrenhinweiskarten-Daten für Lawinen und Rutschung. AWN, Graubünden. Grundlage SilvaProtect II, Flächen verifiziert vom Kanton Graubünden.
- Naturgefahren-Ereigniskarte, Ausschnitt Surselva. AWN, Graubünden. Erfassung der Ereignisse ab dem Jahr 2000 (v.a. für Bevölkerung relevante Ereignisse, z.B. im Einflussbereich von Dörfern, Infrastruktur, etc.), bekannte ältere Ereignisse (grössere Ereignisse oder solche mit projektbezogenen historischen Analysen) wurden ebenfalls eingetragen. Quelle StorMe AWN, Graubünden.

Kanton St. Gallen:

- Waldstandortskarte Kanton St. Gallen (Feldaufnahmen zwischen 1990-2008). Die Grünerlenbestände wurden als AV ausgeschieden oder als AV mit Übergängen zu anderen Waldgesellschaften oder Offenland.
- Geologische Generalkarten, Pixelkarte Blatt 3 und 4, Massstab 1:200'000.
- Geologische Karte der Alpen zwischen Linthgebiet und Rhein, 1:50'000, Oberholzer, J. (1920).
- SilvaProtect-Daten. Dataset EVENT und INTERSECT zu den Prozessen Lawinen und Hangmuren, Kt. St. Gallen.
- Ereigniskataster SG (StorMe) St. Gallen (Metadatensatz vom 23.11.2011). Die Datenerhebung erfolgt seit 1997, teilweise wurden aber auch historische Ereignisse erfasst.

6.1.2 Vorgehen historische Analyse

Die historische Entwicklung der Grünerlenbestände kann für den Kanton Glarus sowie für die Surselva vorgenommen werden. Für diese Regionen liegen historische Karten inklusive Erläuterungen der Verfasser aus den Jahren 1928 bzw. 1916 vor. Im Ergebnisteil soll beides berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wird bei Bedarf jeweils ein Abschnitt „Vergleich mit Angaben aus Autor (Jahr)“ beige-fügt. Aufgrund der unterschiedlichen Datengrundlagen wird die Vorgehensweise der Auswertungen nachfolgend für die jeweiligen Regionen beschrieben. Bei der Interpretation der Resultate gilt es die Unsicherheit, entstanden durch die Lageungenauigkeit und des Massstabs der historischen Kartierung, zu berücksichtigen.

Nicht überprüft werden konnte jeweils, ob heute zu Hochwald eingewachsene ehemalige Grünerlenflächen aus Aufforstungen entstanden, und ob Grünerlenbestände ev. künstlich entstanden (Stabilisierung von Rutschgebieten, Grünerle als Vorbau).

6.1.2.1 Kanton Glarus

Der Layer Gebüschwald aus der Bestandeskartierung Glarus ist der aktuellste und detaillierteste Datensatz (mündl. Mitteilung K. Winzeler), weshalb dieser als Vorlage übernommen und falls nötig mit dem Layer Waldgesellschaften Glarus ergänzt wurde. Im Layer Gebüschwald aus der Bestandeskartierung des Kantons Glarus sind nebst Grünerlen auch Legföhren und Weisserlen dargestellt, welche in den Auswertungen nicht thematisiert werden und somit vorgängig gelöscht werden mussten. Der Layer Waldgesellschaften beinhaltet zudem die Kategorie Grünerlenbestände (AV), teils mit Übergängen zu Wald. Letztere machen einen sehr kleinen Anteil aus und werden in der Auswertung nicht berücksichtigt. Resultat der Überlagerung dieser beiden Layers ist der definitive Grünerlenbestand, welcher bei den anschliessenden Auswertungen verwendet wurde. Bei geringen Unterschieden zwischen den Layern Gebüschwald und Waldgesellschaften, wurden diese nicht berücksichtigt und ausschliesslich die Kartierung des Gebüschwaldes übernommen. Wenn jedoch im Layer Gebüschwald keine Flächen ausgeschieden wurden, jedoch bei den Waldgesellschaften Flächen als Grünerlenbestand kartiert waren, so wurden diese Flächen mit den vorhandenen Luftbildaufnahmen verifiziert und entsprechend zugeteilt.

Die historische Karte aus dem Jahr 1928 wurde eingescannt und mittels Georeferenzierung ins Koordinatensystem eingepasst. Die kartierten Grünerlenbestände mussten anschliessend digitalisiert werden, wobei die von Wirz-Luchsinger (1928) vorgenommene Unterteilung in „dichter Grünerlenbestand“ und „Einzelsträucher“ übernommen wurde.

Die Überlagerung der drei Grundlagen, bestehend aus Gebüschwald, Waldgesellschaften und Grünerlenbestände von 1928, zeigt in den meisten Fällen nur eine ungefähre Übereinstimmung. Zudem hat es Abweichungen von bis zu 100 m zwischen der historischen gegenüber der aktuellen Karte. Aus diesem Grund konnte der Vergleich nicht automatisch erstellt, sondern musste für jede Fläche einzeln beurteilt werden. Das Zuordnen der historischen Grünerlenbestände zu der heutigen Gebüschwaldausscheidung liegt somit einer subjektiven Beurteilung zugrunde. Dank den Felsschraffuren und den Höhenlinien konnte die Lage der Erlenbestände auf der historischen Karte jedoch sehr gut einer möglichen heutigen Position zugewiesen werden. Diese Unsicherheit gilt es bei der Interpretation der Daten zu berücksichtigen. Es wird angenommen, dass die Kartierung von 1928 eher grossflächig vorgenommen wurde und dabei kleine, nicht von Grünerlen bestockte Runsen zwischen den Grünerlenbeständen ebenfalls mit einbezogen wurden. In einem solchen Fall wird die heutige, detailliertere Gebüschwaldkartierung übernommen.

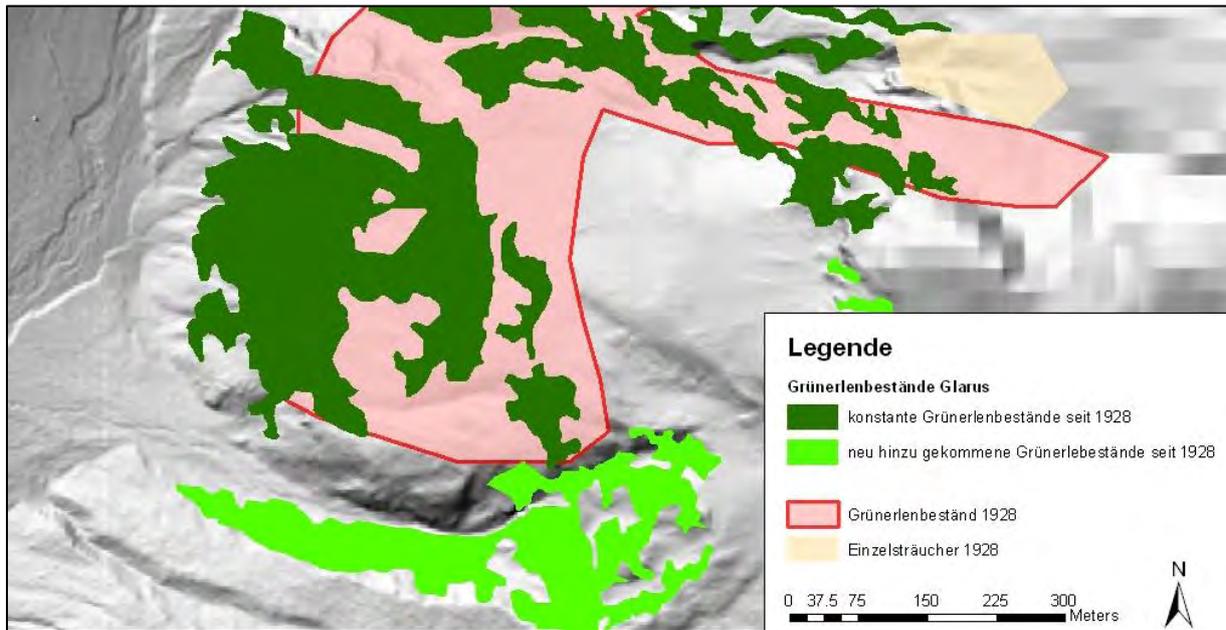
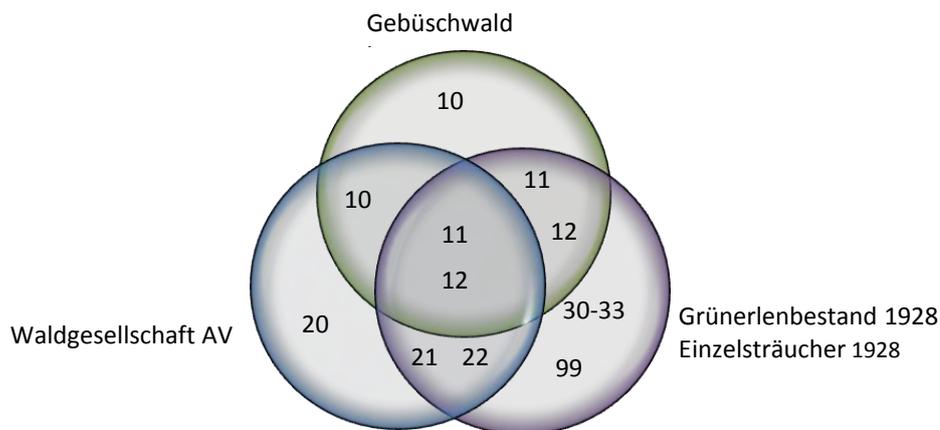


Abb. 16: Beispiel der historischen Kartierung überlagert mit der aktuellen Gebüschwaldausseidung. Deutlich zu erkennen in diesem Bildausschnitt ist der Versatz, welcher in diesem Fall aufgrund des Bachlaufes deutlich verifiziert werden konnte.



Nr.	Legende	Fazit aus heutiger Sicht
10	Layer Gebüschwald ¹	Neu hinzu gekommene Grünerlenbestände
11	Layer Gebüschwald ¹ überlappend mit Grünerlen flächig 1928	Konstante Grünerlenflächen seit 1928
12	Layer Gebüschwald ¹ überlappend mit Grünerlen Einzelsträucher 1928	„Verdichtete“ Grünerlenfläche
20	Nur Layer Waldgesellschaften AV ²	Neu hinzu gekommene Grünerlenflächen

¹ Ohne Legföhren und Weisserlen, Überlappung mit Waldgesellschaft möglich

Nr.	Legende	Fazit aus heutiger Sicht
21	Nur Layer Waldgesellschaften AV ² überlappend mit Grünerlen flächig 1928	<i>Konstante Grünerlenflächen seit 1928</i>
22	Nur Layer Waldgesellschaften AV ² überlappend mit Grünerlen Einzelsträucher 1928	<i>„Verdichtete“ Grünerlenfläche</i>
30	Nur Grünerlen flächig 1928, ohne Baumzeichen (BZ), heute Offenland (OL) auf Luftbild	<i>(Neu) Offenland</i>
31	Nur Grünerlen flächig 1928, mit Baumzeichen, heute Offenland auf Luftbild	<i>(Neu) Offenland</i>
32	Nur Grünerlen flächig 1928, ohne Baumzeichen, heute Waldgesellschaft	<i>Neu Waldgesellschaft</i>
33	Nur Grünerlen flächig 1928, mit Baumzeichen, heute Waldgesellschaft	<i>Neu Waldgesellschaft</i>
99	Nicht beurteilt	<i>Nicht beurteilt</i>

Tab. 10: Übersicht der bei der GIS-Auswertung gebildeten Kategorien.

Auf Flächen, welche 1928 als Grünerlenbestände kartiert wurden und aktuell als Hochwald ausgedehnt sind, wurden die Flächen zudem auf Baumzeichen in der Karte 1928 überprüft. Dies gibt Hinweise, ob damals bereits mögliche Samenbäume vorhanden waren, und ob damals bereits Zeichen für ein Einwachsen oder ein Nebeneinander (Mosaik) von Grünerlenflächen und Hochwald vorhanden war.

6.1.2.2 Surselva, Kanton Graubünden

Die Waldschadenkartierung (WSK) im Rahmen des Projektes „Sanasilva“ bildet die Grundlage für die nachfolgenden Auswertungen. Der Perimeter der WSK ist nur grob abgrenzbar, da die Aufnahmen nicht flächendeckend erhoben wurden und sich die „bearbeiteten“ Flächen aufgrund der Luftbilddaufnahmen hauptsächlich auf Lagen unterhalb von 2'000 m ü. M. und auf die Haupttäler beschränken (diese Fläche wird nachfolgend als „innerhalb des Perimeters“ benannt). Dadurch fehlen in den meisten Seitentälern und im Bereich der Waldgrenze (nachfolgend „ausserhalb des Perimeters“) aktuelle Informationen. Innerhalb dem Perimeter der WSK wurden ebenfalls viele Gebiete nicht bearbeitet (z.B. Schattenlagen). Insgesamt wurden rund 61 % der kartierten Grünerlenbestände aus 1916 in- (30 %) und ausserhalb (31 %) des WSK-Perimeters in der Waldschadenskartierung als *nicht bearbeitet* vermerkt. Diese Bereiche wurden für die Auswertungen nicht berücksichtigt.

In der WSK-Karte wurde zwischen Hochwald (Jungwuchs/Dickung, Stangenholz, Baumholzstufen und stufigem Bestand) und Gebüschwald unterschieden. Die Gebüschwald-Definition lautet: Dauergesellschaft von Sträuchern und strauchartigen Gehölzen und Bäumen. Mindestens 2/3 der bestockten Fläche ist mit strauchartigen Bäumen oder Sträuchern bedeckt (Scherrer et al, 1990). Somit können diese Flächen auch einzelne Bäume beinhalten (z.B. auf Geländerippen oder Blöcken). Diese Möglichkeit bestand aber ebenfalls im Jahr 1916 bei der Karte von Hager (Grünerlenbestände mit Baumzeichen). Die Kategorie Gebüschwald der WSK enthält nebst den Grünerlen auch Legföhren und

² Ohne Übergänge oder Mosaik zu Waldgesellschaften oder Offenland, mit Verifizierung im Luftbild

Weisserlen, welche für die Auswertungen ausgeschlossen wurden. Flächen, welche in den 90er Jahren zwar als Gebüschwald ausgeschieden wurden, jedoch auf dem aktuellen Luftbild nicht als solche zu erkennen waren und zudem bereits in der Kartierung von 1916 als Waldbestände ausgeschieden wurden, sind in der Folge nicht als Gebüschwald berücksichtigt, da die Vermutung nahe liegt, dass es sich dabei um Schlag- bzw. Sturmflächen handelt.

Auch für die Surselva musste die historische Karte eingescannt und mittels Georeferenzierung ins Koordinatensystem eingepasst werden. Die kartierten Grünerlenbestände wurden anschliessend digitalisiert, wobei die Unterteilung nach Hager 81916) in „Grünerlen in Beständen“ und „Grünerlen in kleinen Gruppen“ vorerst übernommen wurde. „Grünerlen in kleinen Gruppen“ machten einen sehr geringen Anteil aus und waren nicht eindeutig von normalen Beständen zu unterscheiden, weshalb sie in den nachfolgenden Untersuchungen zusammengefasst wurden.

Aufgrund der guten Lagegenauigkeit der historischen Karte konnten die Überlagerungen automatisch generiert werden. Diese Ergebnisse wurden jedoch nachträglich im Luftbild verifiziert und allfällige offensichtliche Verschiebungen durch die Unsicherheit der historischen Karte korrigiert. Dies betrifft hauptsächlich Runsen mit regelmässigen Lawenniedergängen, eingebettet in dicht bestockte Flächen. Sofern die Kartierung in diesem Fall in der Waldfläche zu liegen kommt, geht man davon aus, dass damit die Runse dargestellt wurde. Der Vergleich mit der Felsschraffur und Zeichnung der Topographie auf der historischen Karte bestätigt solche Annahmen. In der nachfolgenden Abbildung ist ein Beispiel einer deutlichen Verschiebung der Kartierung aus der historischen Karte mit der aktuellen Gebüschwaldausscheidung zu erkennen.

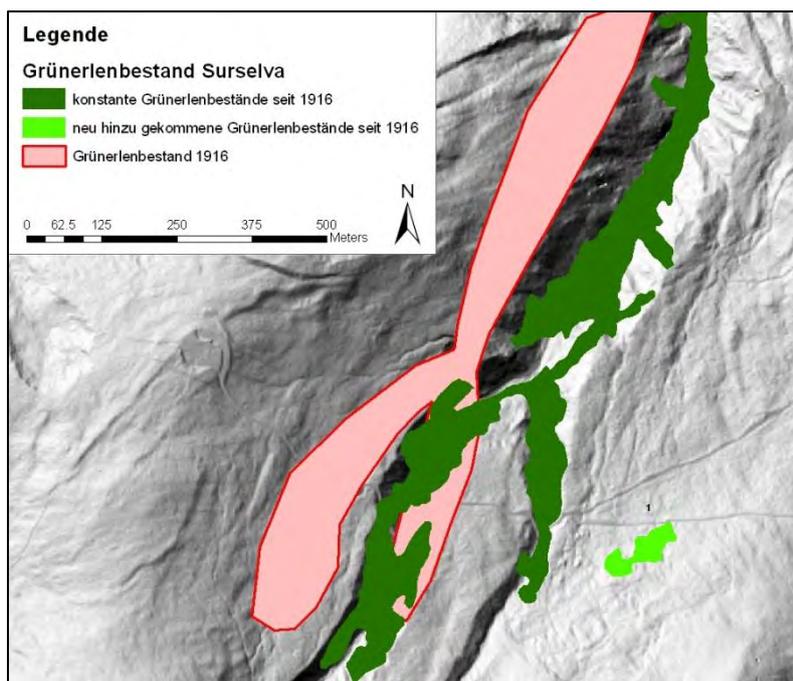
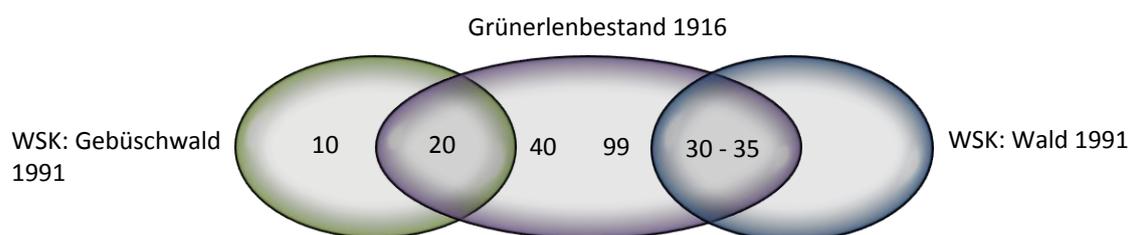


Abb. 17: Ein Beispiel eines deutlichen Versatzes der historischen Kartierung (rosa) im Vergleich mit der aktuellen Verbreitung (grün) und der Topographie.

Durch die Überlagerung der Waldschadenkartierung und den digitalisierten Grünerlenbeständen von 1916 entstanden die unten aufgeführten Kategorien. Die Waldfläche stammt wie der Gebüschwald aus dem Layer der Waldschadenkartierung.



Nr.	Legende	Fazit aus heutiger Sicht
10	Gebüschwald aus WSK	<i>Neu hinzu gekommene Grünerlenbestände</i>
20	Gebüschwald aus WSK überlappend mit Grünerlen 1916	<i>Konstante Grünerlenflächen seit 1916</i>
30	Grünerlen 1916 überlappend mit Jungwuchs/Dickung	<i>Neu Hochwald</i>
31	Grünerlen 1916 überlappend mit Stangenholz	
32	Grünerlen 1916 überlappend mit WSK schwachem Baumholz	
33	Grünerlen 1916 überlappend mit WSK mittlerem Baumholz	
34	Grünerlen 1916 überlappend mit WSK starkem Baumholz	
35	Grünerlen 1916 überlappen mit WSK stufigem Bestand	
40	Grünerlen 1916, WSK Offenland (dauernd od. vorübergehend unbestockt)	<i>Neu Offenland</i>
99	Grünerlen 1916 jedoch in WSK nicht bearbeitete Fläche	<i>Nicht beurteilt</i>

Tab. 11: Übersicht der bei der GIS-Auswertung gebildeten Kategorien.

In der historischen Karte von 1916 sind neben den Informationen zu den „Gehölzen“ auch Hinweise zu „Kulturland und Weide“ vermerkt. Alle Flächen, welche bei der Auswertung als „neu hinzu gekommene Grünerlenbestände“ resultieren, sind in Bezug auf die frühere landwirtschaftliche Nutzung betrachtet und analysiert worden.

Ehemalige Grünerlenbestände, welche in der Waldschadenkartierung als Waldflächen beurteilt sind, wurden auf Baumzeichen in der historischen Karte von 1916 überprüft für die Beurteilung, ob Samenbäume bereits vorhanden waren welche den Einwuchs überhaupt erst möglich machen und ob bereits 1916 erste Anzeichen vom Einwachsen der Fläche sichtbar waren.

6.1.3 Auswertung der aktuellen Situation der Grünerlenverbreitung im Kanton St. Gallen

Für den Kanton St. Gallen liegt eine Waldstandortskarte vor, in welcher die einzelnen Waldgesellschaften unterschieden werden. Die Grünerlenbestände wurden als „alvi“ ausgeschieden. Drei unterschiedliche Kategorien wurden gebildet, reine Grünerlenbestände (alvi), Flächen mit Übergängen oder Mosaik zu Waldgesellschaften (alvi(xy); alvi/xy), sowie Grünerlen mit Mosaik zu Offenland (alvi/u). Die letzte Kategorie wurde zum Teil aus Gegenhangansprachen erhoben und bildet somit nur ein ungefähres Wert.

Die Verbreitung der Grünerlen im Kanton St. Gallen konzentriert sich hauptsächlich auf das Cholschlag-, Weisstannen-, Tamina- und Calfeisental. Aus diesem Grund wurde der Schwerpunkt der Auswertungen auf diese Täler gelegt und das restliche Kantonsgebiet nur beschreibend in die Auswertungen mit einbezogen.

6.1.4 Bestimmung der Gesamtwaldfläche (inkl. Gebüschwald) als Referenzfläche

Um die erhaltenen Werte für die Grünerlenbestände in Relation setzen zu können wurden die oben aufgeführten Auswertungen betreffend der Exposition, Höhenstufe, geologische Grundlage und Einfluss durch Naturgefahren auch für die gesamte Waldfläche (jeweils inkl. Gebüschwald) berechnet.

6.1.4.1 Kanton Glarus

Die Gesamtwaldfläche im Kanton Glarus wird in diesem Projekt (um die gleichen Referenzflächen zu haben) dem Layer Waldgesellschaften (inkl. AV [=Grünerlenbestände]) und ergänzenden Flächen aus dem Layer Gebüschwald aus der Bestandeskartierung (jenen Flächen, die in der älteren Kartierung der Waldgesellschaften noch nicht enthalten waren) gleichgesetzt und nachfolgend als **Waldfläche GL** bezeichnet. Sie entspricht somit nicht der aktuellen kantonalen Waldfläche.

6.1.4.2 Surselva, Kanton Graubünden

Die Waldfläche (inkl. Gebüschwald) für die Surselva stammt aus der Waldschadenkartierung. Daraus wurden alle Flächen berücksichtigt, welche als „beurteilt“ bezeichnet waren. Sie wird in den folgenden Auswertungen als **Waldfläche Surselva** bezeichnet.

6.1.4.3 Kanton St. Gallen

Die Gesamtwaldfläche (inkl. Gebüschwald) in den untersuchten Tälern des Kanton St. Gallens wurde von der Waldstandortskartierung St. Gallen übernommen, jeweils inklusiv Gebüschwald (auch inkl. Mosaik zu waldfrei). Für die Auswertungen wird die Fläche als **Waldfläche SG** bezeichnet.

6.1.5 Auswertung der Exposition und Höhenstufen

Anhand des digitalen Geländemodells können topographische Standorteigenschaften ausgeschieden werden. Zur Vereinfachung der Auswertung wurden die Expositionswerte in 8 Kategorien der Himmelsrichtungen (N, NO, O, SO, S, SW, W, NW) unterteilt. Die Flächen der Grünerlenbestände konnten anschliessend den entsprechenden Kategorien zugeteilt (Raster 2 x 2 m) und ausgewertet werden.

Auch bei der Bestimmung der Höhenstufe wurde das digitale Geländemodell zuerst in Klassen eingeteilt. Dabei wurden jeweils 100 Höhenmeter zusammengefasst. Mit einer Überlagerung konnten die Flächenangaben der Grünerlenbestände der jeweiligen Höhenstufe zusammengefasst und analysiert werden.

Auf eine Auswertung der Reliefeigenschaften (Hang-, Mulden- oder Kretenlagen) wurde aus Zeitgründen verzichtet.

6.1.6 Auswertung der geologischen Eigenschaften

Detaillierte und flächendeckende geologische Karten sind für die Schweiz zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht vorhanden, weshalb die Auswertung nicht für alle Gebiete einheitlich erfolgen konnte. Um die Auswertung übersichtlicher zu gestalten wurden die geologischen Einheiten gruppiert nach den folgenden geologischen Unterlagen:

- Quartär
- Moräne
- Molasse
- sauer durchlässig
- sauer schwer
- basisch durchlässig
- basisch schwer

Die Aufteilung in diese Gruppen erfolgte gutachtlich durch M. Frehner.

Moränen, welche aus den verschiedensten Gesteinen zusammengesetzt sind, müssen für jede Kartengrundlage einzeln analysiert werden. Bei Gebieten auf basisch durchlässiger Unterlage ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass im Boden noch Basen vorhanden sind. Bei den Gebieten mit basisch schwerer Unterlage hat sich der Boden teilweise so weit entwickelt, dass die Basen im Wurzelraum ausgewaschen sind.

Die detaillierten Aufteilungen der geologischen Einheiten in die oben aufgeführten Kategorien befinden sich jeweils im Anhang B.

Die Auswertung erfolgte mittels Überlagerung der kartierten Grünerlenbestände mit der geologischen oder tektonischen Karte. Für den Kanton Glarus konnte dies automatisch generiert werden (Karte im Massstab 1:50'000). Für den untersuchten südlichen Teil des Kantons St. Gallen liegen keine Vektorkarten vor, so beschlossen wir, die Informationen aus der alten Oberholzerkarte zu nehmen (Karte im Massstab 1:50'000. Die Einteilung in die Kategorien wurde von Hand vorgenommen), da diese eine viel grössere Aussagekraft hat als die Generalkarte im Massstab 1:200'000. Für die Surselva liegen zwei Kartenblätter von Trun und Ilanz als Vektordatensatz vor (Karten im Massstab 1:25'000), welche wiederum automatisch ausgewertet werden konnten. Für die obere Surselva liegt lediglich die geologische Generalkarte im Massstab 1:200'000 vor, wobei hier die Auswertung wiederum von Hand hätte vorgenommen werden müssen. Dieser Aufwand hätte den Rahmen dieser Arbeit gesprengt und die Genauigkeit und Qualität wäre nicht deutlich besser ausgefallen als bei der tektonischen Karte im Massstab von 1:500'000, welche als Vektordatensatz vorliegt, weshalb wir uns entschieden, diese für die Auswertung herbeizuziehen. Da bei der tektonischen Karte geologische Schichten mit verschiedenen Eigenschaften zusammengefasst wurden (Bsp. Trias) kann man die Einteilung nicht so eindeutig machen wie in den übrigen Gebieten.

Mit der Auswertung dieser tektonischen Karte erhielt man für die Flächen der Grünerlenbestände in allen Untersuchungsgebieten vergleichbare Resultate.

6.1.7 Auswertung des Einflusses von Naturgefahren

Naturgefahren, wie Lawinenniedergänge oder oberflächliche Rutschungen, beeinflussen die Waldentwicklung. Um diese Standorte potentieller Naturgefahren ausfindig zu machen, stehen Daten aus dem Projekt SilvaProtect (EVENT) sowie aus StorMe-Aufzeichnungen zur Verfügung.

Mit Hilfe der Überlagerung dieser Daten mit den Grünerlenbeständen sollte einerseits aufgezeigt werden, bei welchen Grünerlenbeständen das Aufkommen von Hochwald grundsätzlich möglich sein sollte (der Aufwuchs wird nicht durch häufig wiederkehrende Lawinenniedergänge erschwert / verunmöglicht). Andererseits kann durch die Überlagerung aufgezeigt werden, ob die Grünerle vermehrt auf rutschgefährdeten Hängen stockt und dort ev. auch Dauer- oder Klimaxgesellschaften bildet (kein Einwuchs von Hochwald möglich).

Die SilvaProtect-Daten weisen auf Flächen mit potentieller Gefährdung durch Naturgefahren hin, dies ohne Berücksichtigung von Wald oder Schutzmassnahmen. Für die Prozessklasse Lawinen wird unterschieden in Lawinen, welche ausserhalb des Waldes oder im Wald anbrechen. Es wurden 300-jährliche Lawineneignisse simuliert und zwischen kleinen, mittleren und grossen Anrissvolumen unterschieden. Um eine Aussage betreffend des Aufkommens des Waldes machen zu können, sind diese Daten nicht geeignet, da einzig die 30-jährlichen Lawineneignisse das Aufkommen von Hochwald permanent verhindern.

Aufgrund dessen wurden für den Kanton Glarus die kleineren, relativ häufigen Lawinen mittels eines vereinfachten Verfahrens modelliert und mit den Grünerlenbeständen überlagert. Somit konnten die Grünerlenbestände unterschieden werden in Bestände, welche sich theoretisch zu Hochwald entwickeln könnten und Bestände, bei denen aufgrund von wiederkehrenden Lawinenniedergängen kein Aufkommen von Hochwald möglich ist.

Die Anrissgebiete wurden nach den Verfahren von Ghinoi & Chung (2005) und Hegg (1997) modelliert. Bei den Hangneigungsbereichen blieb man im oberen Bereich (38 - 50°). Ausgehend von den modellierten Anrissgebieten wurden die Auslaufbereiche mit dem Trajektorienmodell D16 (Meissl, 1998) und dem random-wal-Ansatz (Gamma, 2000) modelliert. Das Trajektorienmodell wurde bereits mehrfach für die Erstellung von Gefahrenhinweiskarten verwendet. Für die Bestimmung der Reichweite von Fließlawinen wurde der von Perla et al (1980) modifizierte Voellmy Ansatz (Voellmy, 1955) verwendet. Dieses Verfahren erfordert nicht die a priori – Festlegung des Beginns der Auslaufzone wie im Verfahren nach Salm et al. (1990). Im Unterschied zum Voellmy Ansatz wird die Lawine als finite Masse behandelt. Die Modellierung erfolgt auf Basis der Newton'schen Bewegungsgleichung, in der die Änderung des Impulses mit der Summe der wirkenden Kräfte gleichgesetzt wird (Heckmann, 2006). Die Reibungsparameter wurden so gewählt, dass das Modell kleinere, relativ häufig eintretende Lawinen nachbilden kann.

Für die Regionen Surselva und St. Gallen konnte mit der Überlagerung der Grünerlenbestände mit den StorMe-Daten eine ähnliche Auswertung vorgenommen werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass in der Surselva erst ab dem Jahr 2000 systematisch Ereignisse (siehe Kap. 6.1.1) erhoben wurden und im Kanton St. Gallen ab 1997. Innerhalb des WSK-Perimeters in der Surselva scheinen die Ereignisse ziemlich homogen erhoben worden zu sein (ausser in manchen Seitentälern, dort scheinen zu wenig Ereignisse eingetragen worden zu sein), ebenfalls im Kanton St. Gallen im Weisstental. Im Taminatal scheint die Datengrundlage bereits weniger vollständig, und im Cholschlag- und Calfeisental fehlen die Aufzeichnungen fast gänzlich.

Die SilvaProtect-Daten für die Prozessklasse Rutschung beinhaltet sowohl Hangmuren wie auch flachgründige Rutschungen. Für den Kanton Glarus musste der vorhandene Datensatz, bestehend aus den Trajektorien der Reichweite, auf die Startzonen reduziert werden. Für die Surselva und den Kanton St. Gallen lag bereits eine vereinfachte Version der Daten vor. Die Überlagerung mit den Grünerlenbeständen konnte somit ausgewertet werden.

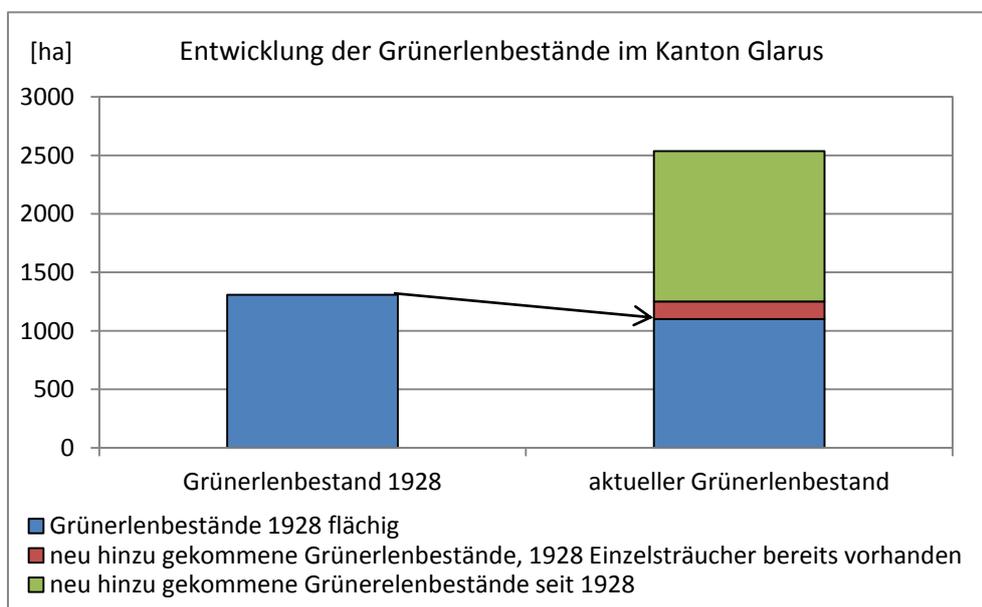
7 Ergebnisse

7.1 Kanton Glarus

Im Kanton Glarus werden die Daten von Wirz-Luchsinger (1928) mit der Bestandeskartierung, der Waldstandortskartierung und bei Unsicherheiten mit den aktuellsten Orthofotos verglichen (siehe Kap. 6.1.2.1). Die Bestandeskartierung erfolgte in den Jahren 1997 - 2007, die Waldstandortskartierung in den Jahren 2003 - 2007. Somit sind die Daten ziemlich aktuell. Die Zeitspanne zwischen den historischen Aufnahmen und den neuen beträgt zwischen 69 - 79 Jahre, was in etwa vergleichbar ist mit der Zeitspanne in der Surselva.

7.1.1 Flächenanteile der Grünerlenbestände 1928 und heute, Kategorienbildung

Im Kanton Glarus sind aktuell 2'536 ha mit Grünerlen bestockt (siehe Übersichtskarte vom Kt. Glarus). Verglichen mit der gesamten Waldfläche (Waldfläche GL, Definition siehe Kap. 6.1.4.1, insgesamt 20'878 ha) beträgt ihr Anteil 12 %.



Diagr. 1: Entwicklung der Grünerlenbestände im Kanton Glarus, von 1928 bis heute.

Die Verbreitung der Grünerlenbestände hat sich seit 1928 stark verändert. 1928 betrug die Fläche der Grünerlenbestände 1'307 ha. Vergleicht man die gesamte Fläche mit Grünerlenbeständen von 1928 mit der aktuellen Situation, so hat es heute fast doppelt so viele Grünerlenbestände (2'536 ha, Zunahme um 94 %).

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist jedoch zu berücksichtigen, dass zum einen Standorte früherer Grünerlenbestände heute zu Hochwald (bei 99 ha möglich, wobei z.T. bereits 1928 Baumzeichen in der Karte markiert waren, oder heute es immer noch Hochwald mit Übergang zu Grünerlenbeständen sind; Auswertung und Erklärungen siehe Kap. 7.1.3) oder Offenland wurden (108 ha, z.T. gerodete Flächen, aber auch Flächen mit Unsicherheiten aufgrund der Kartierung, auf diese Flächen wird nicht weiter eingegangen). Andererseits kamen auch sehr viele Grünerlenflächen neu hinzu, insgesamt 1'436 ha. Von diesen neu mit Grünerlen bestockten Flächen waren 1928 nur 14 % bereits mit Einzelsträuchern oder Gruppen von Grünerlen bewachsen. Somit beträgt die Fläche der seit 1928 konstant gebliebenen Grünerlenbestände 1'100 ha, das heisst mindestens 84 % der Grünerlenflächen von 1928 blieben somit unverändert und bilden seither Dauergesellschaften.

Vergleich mit Angaben aus Wirz-Luchsinger (1928)

Angaben zu seit langem konstanten Flächen: "...die Grünerle wird von den Älplern als Tros bezeichnet, wie etwa das Gebiet Tros im Mürttschengebiet, das Wildreservat Rauti-Tros, die Alp Trosgi (Eingangs Krauchtal) und Kalbertros (Diestal)".

7.1.2 Historische Entwicklung: Welche Flächen wuchsen mit Grünerlen ein?

Dies konnte nicht beurteilt werden, da keine Daten bezüglich Offenlandnutzung von 1928 vorhanden sind. Aufgrund des gehäuften Vorkommens im Bereich der oberen Waldgrenze (22 % oberhalb 1'800 m ü. M., 63 % oberhalb 1'600 m ü. M.) und der geografischen Verbreitung kann angenommen werden, dass vieles ehemaliges Landwirtschaftsland (Alpbetriebe, Wildheuplanggen, etc.) ist.

7.1.3 Historische Entwicklung: Welche früheren Grünerlenflächen entwickelten sich zu Wald?

Während der Zeitspanne zwischen 1928 und 2011 nahmen die Grünerlenbestände um 207 ha ab. Bei 99 ha (7,6 % der Grünerlenfläche von 1928) besteht die Möglichkeit, dass diese zu Hochwald einwuchsen. 108 ha waren im Jahr 1928 mit Grünerlen bestockt und heute ist es Offenland (z.T. gerodete Flächen, bei einzelnen Flächen ist dies sogar im Luftbild erkennbar).

Auf Flächen, welche 1928 als Grünerlenbestände kartiert wurden und aktuell als Hochwald ausgedehnt sind, wurden die Flächen auf Baumzeichen in der Karte 1928 überprüft. Dies gibt Hinweise, ob damals bereits mögliche Samenbäume vorhanden waren, und ob damals bereits Zeichen für ein Einwachsen oder ein Nebeneinander (Mosaik) von Grünerlenflächen und Hochwald vorhanden waren. Anmerkungen zu den Baumzeichen: Birken und je nach Standort auch Bergahorn sind Pioniergehölze, welche somit erst den Beginn von Einwuchs zu Hochwald anzeigen. Legföhren sind ebenfalls Gebüschwald.

Waldtyp und vorkommende Waldgesellschaften bei eingewachsenen Flächen:

Waldtyp	Waldgesellschaften GL	Bezeichnungen NaIS (gleiche Reihenfolge wie bei GL)	Fläche [ha]
Montane Buchenwälder auf kalkreichen Böden	12	12a	0.80
Montane Orchideen-Buchenwälder warmer Lagen auf flachgründigen Böden	17	17	0.80
Obermontane Tannen-Buchenwälder	18b, 20	18M, 20	4.67
Edellaubwälder auf feuchtnassen Böden	21, 21g	21	4.89
Hochmontane Tannen-Fichtenwälder	50, 51	50, 51	2.65
Subalpine Fichtenwälder	57a, 57b, 57f, 60a, 60b	57S, 57C und 57V, 60A, 60, 60*	16.56
Total			30.37

Tab. 12: Waldtyp und vorkommende Waldgesellschaften bei eingewachsenen Flächen. Kategorie 32: Nur Grünerlen flächig 1928, ohne Baumzeichen 1928, heute Waldgesellschaft.

Von den ehemaligen Grünerlenflächen (ohne vorhandene Einzelbäume/Samenbäume) entwickelten sich möglicherweise 19 ha zu Nadelwald, 1.6 ha zu Buchenwald, 4.7 ha zu Tannen-Buchenwald und 4.7 ha zu Edellaubwäldern.

Waldtyp	Waldgesellschaften GL	Bezeichnungen NaiS (gleiche Reihenfolge wie bei GL)	Baumzeichen	Fläche [ha]
Obermontane Tannen-Buchenwälder	18b	18M	Fichte, Buche	2.77
Edellaubwälder auf feuchtnassen Böden	21	21	Fichte, Berg- ahorn, Birke	8.68
Hochmontane Tannen-Fichtenwälder	48b	48	Fichte	0.98
Subalpine Fichtenwälder	57a, 57b, 57f, 60a, 60b	57S, 57C und 57V, 60A, 60, 60*	Fichte, Berg- föhre, Arve, Legföhre, Buche, Birke	46.52
Kalk-Föhrenwälder und hochmontane Fichtenwälder trockener Lagen	69(59)	69(72)	Arve	2.25
Moorwälder	71	71	Fichte, Berg- föhre, Arve	7.73
Total				68.93

Tab. 13: Waldtyp und vorkommende Waldgesellschaften bei eingewachsenen Flächen. Kategorie 33: Nur Grünerlen flächig 1928, mit Baumzeichen 1928, heute Waldgesellschaft. Anmerkung: Bei den Fichten handelt es sich um Fichtengruppen oder Einzelbäumen nach Definition von Wirz-Luchsinger (1928).

Von den ehemaligen Grünerlenflächen (mit vorhandenen Einzelbäumen/Samenbäumen) entwickelten sich möglicherweise 57 ha zu Nadelwald, 2.8 ha zu Tannen-Buchenwald und 8.7 ha zu Edellaubwäldern.

Zum Teil beinhalten die heutigen Waldgesellschaften noch immer Übergänge zu AV (Grünerlenbestände; siehe detaillierte Tab. im Anhang B, Kap. 1.2 und 1.3); bei der Tab. 13 mit Baumzeichen sind dies 12 ha, bei der Tab. 12 ohne Baumzeichen 2 ha. Ausserdem gibt es Waldgesellschaften (nachfolgend nur noch NaiS-Bezeichnungen verwendet), bei denen die Grünerle in der Strauchschicht stark vertreten sein kann (als hochstete Art) wie bei 60* (Buntreitgras-Fichtenwald), bei 60 (Typischer Hochstauden-Fichtenwald) und 60A (Hochstauden-Fichtenwald mit Alpenwaldfarn), insgesamt 12.6 ha bei Kategorie 32 und 41.2 ha bei Kategorie 33 (ohne jene Bestände, welche Übergänge zu AV haben). Ebenfalls kann der Ahorn-Buchenwald (21, stockt an feuchten, sehr nährstoffreichen Standorten in der hochmontanen und subalpinen Stufe auf konsolidiertem Hangschutt aus basen- und tonreichen Schichten; Ahornwälder können auch eine Pionierphase von anderen Waldgesellschaften sein) einen hohen Anteil Grünerlen haben (8.7 ha bei Kategorie 33 und 4.9 ha bei Kategorie 32) – eventuell ist es bei diesen Beständen überall kein Einwuchs zu Hochwald, sondern eine unterschiedliche Ansprache der Kartierer; bei insgesamt 61.9 ha bei Kategorie 33 und 19.5 ha bei Kategorie 32; siehe Anhang 1.2 und 1.3.

Weitere stark vertretene Waldgesellschaften bei den möglicherweise eingewachsenen Flächen sind ausser 21, 60*, 60 und 60A auch die Waldgesellschaft 20 (Hochstauden-Tannen-Buchenwald, 4.4 ha) und 57S (Alpenlattich-Fichtenwald mit Torfmoos, 4.7 ha).

Somit kann von einem **wahrscheinlichen Einwuchs zu Hochwald** (siehe Erläuterungen im vorletzten Abschnitt) von 10.9 ha bei Kategorie 32 und 7 ha bei Kategorie 33 ausgegangen werden. Die **total**

17.9 ha zu Hochwald eingewachsenen Flächen entsprechen 1.4 % der Grünerlenfläche von 1928 oder 0.7 % der gesamten aktuellen Grünerlenfläche.

Eine Überprüfung der Flächen im Feld ist zu empfehlen. In den nachfolgenden Auswertungen ist unter „Waldfläche, 1928 Grünerlen“ jeweils der ursprüngliche Wert gemeint (99 ha, die Gesamtheit der möglicherweise eingewachsenen Grünerlenflächen).

Es stocken 58 % der allenfalls zu Hochwald gewordenen ehemaligen Grünerlenbestände in Hanglagen, 38 % in Runsen und 4 % auf Fels.

7.1.4 Geografische Verbreitung

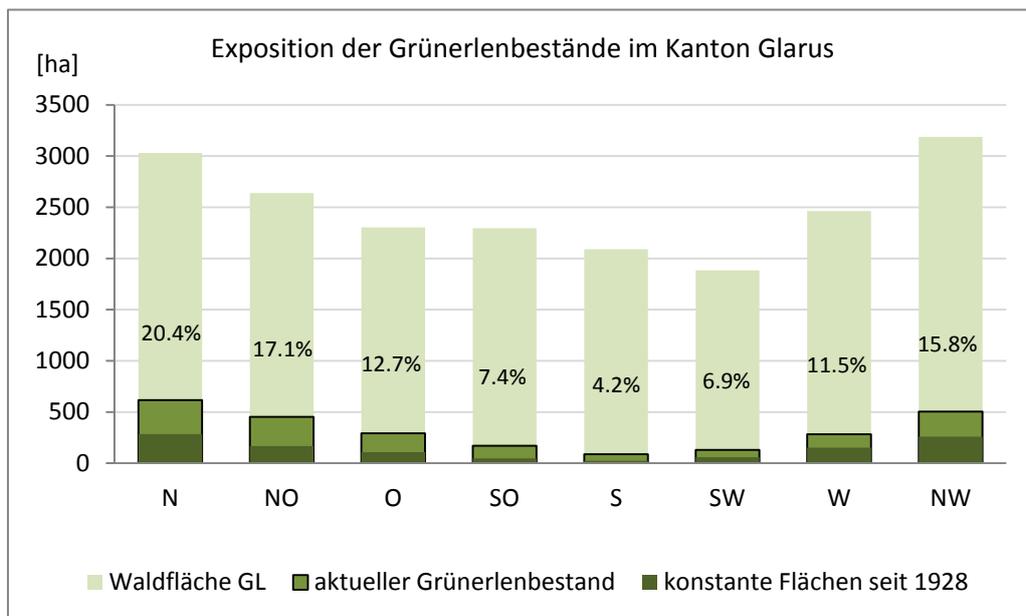
Ein grosser Anteil der aktuellen Grünerlenbestände liegt in den beiden Südtälern (siehe Übersichtskarte Kanton Glarus). Aber auch im übrigen Kantonsgebiet kommen sie regelmässig vor. Einzig im Klöntal (sehr viel Kalkgesteine: Quintner-, Seewer-, Schratten-, Valanginienkalk, etc.) kommen fast keine Grünerlenbestände vor.

Die konstanten Flächen sind ebenfalls v.a. in den Südtälern verteilt, besonders zuhinterst in den Seitentälern und an der oberen Waldgrenze. Im nördlichen Kantonsteil und im Haupttal zwischen Mollis und Schwanden hat es nur einzelne wenige konstante Flächen. Im Klöntal keine.

Nur sehr wenige neu hinzugekommene Grünerlenbestände hat es im Klöntal, an den Westhängen des Haupttales (oberhalb Schwanden, Ennenda, Netstal, Richtung Schilt) sowie entlang dem Walensee. Im Waldgebiet hat es ebenfalls nur wenige neue Flächen, das meiste scheint im Waldgrenzbereich zu liegen. Im restlichen Kantonsgebiet gibt es sehr viele neu hinzugekommene Grünerlenbestände, auffallend viele liegen auch im nordwestlichen Kantonsteil, westlich vom Haupttal (Obersee-, Schwändi- und Niederurnental). Das Resultat, dass im Nordwestteil des Kantons Glarus fast ausschliesslich neue Grünerlenflächen und solche aus Einzelsträuchern von Grünerlen entstanden resp. vorhanden sind, deutet darauf hin, dass die Grünerle ein grosses Ausbreitungspotenzial aufweist. Die Distanzen von den am nächsten gelegenen, 1928 als Einzelsträucher kartierten Flächen sind bis zu 3 km entfernt. Jene bis zu flächigen Grünerlenbeständen von 1928 bis zu 8 km (ev. noch näherliegende Grünerlenbestände im Kanton Schwyz).

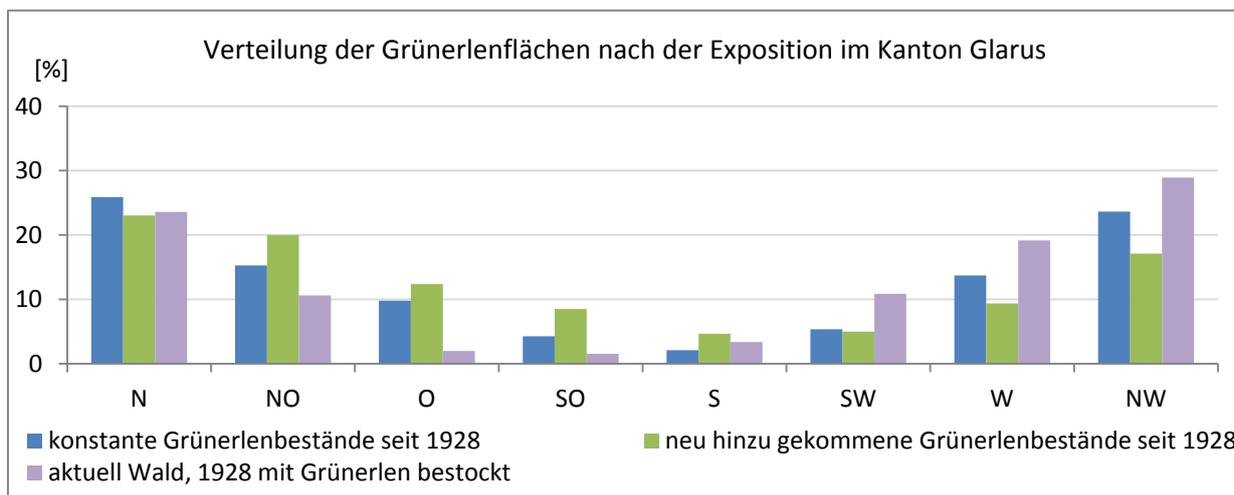
Die zu Hochwald gewordenen Flächen liegen v.a. bei Linthtal, Tierfehd, im hinteren Durnachtal, im Raminatal östlich von Elm und beim Fronalpstock.

7.1.5 Exposition



Diagr. 2: Exposition der Grünerlenbestände im Verhältnis zur Waldfläche GL. Anmerkung: Die Prozentzahlen zeigen den aktuellen Grünerlenanteil an der Waldfläche GL an.

Die Verbreitung der Grünerlenbestände unterscheidet sich von der Verteilung der Waldfläche GL über die Expositionen. Grünerlen sind überproportional in Nordlagen und unterproportional in Süd- lagern vertreten. Die Hauptverbreitung der aktuellen Grünerlenbestände liegt auf Nordwest- bis Nordosthängen (insgesamt 1'574 ha). Ebenfalls stark verbreitet sind sie in Ost- und Westlagen, weniger häufig in Südost- bis Südwestlagen (insgesamt 387 ha). Die prozentuale Verteilung betreffend der Exposition der Grünerlenbestände ist zwischen den Jahren 1928 und 2011 ähnlich geblieben.



Diagr. 3: Prozentuale Verteilung der verschiedenen Grünerlenkategorien nach der Exposition.

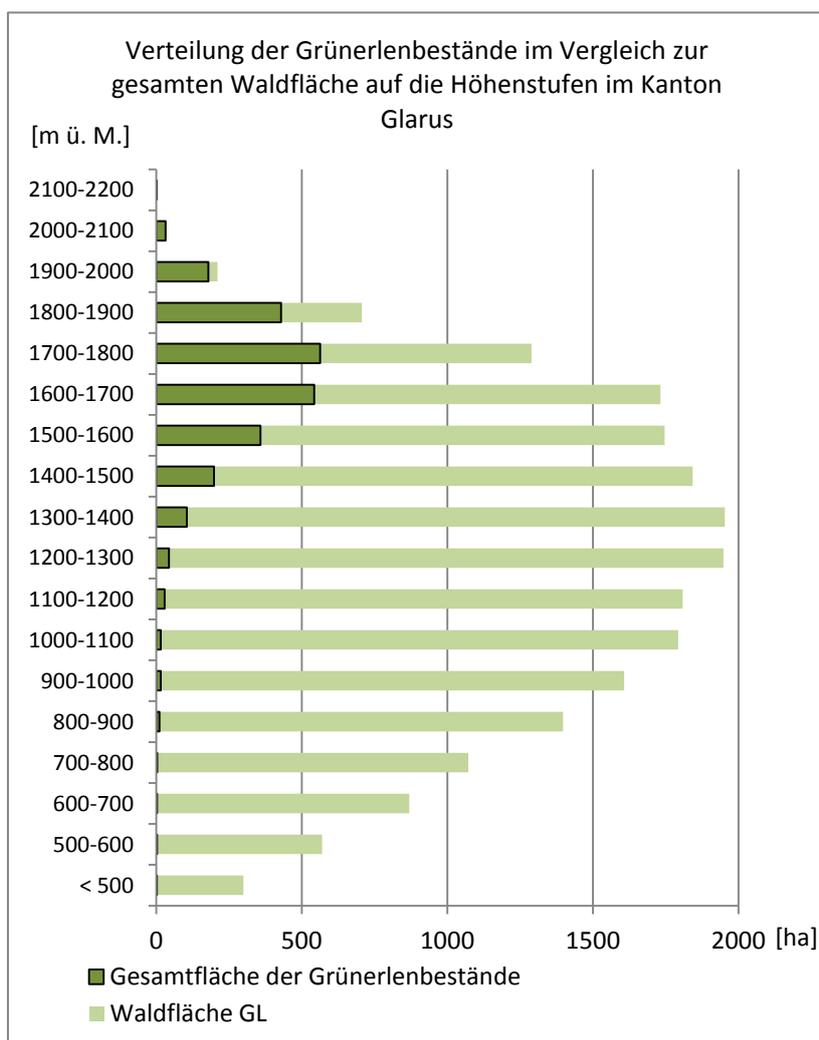
Bei der Verteilung der Grünerlenbestände auf die Expositionen (unabhängig von der Waldfläche GL) fällt auf, dass bei den Südlagen (Südost-Südwest) der Prozentanteil bei den neu hinzugekommenen Flächen dreimal höher liegt (18 %) und bei den zu Hochwald eingewachsenen Flächen 2.5mal höher liegt (16 %) als bei den konstant gebliebenen Flächen (6 %). Die zu Hochwald einwachsenden Flächen sind in Süd- bis Nordwestlagen prozentual stärker vertreten als die konstanten Grünerlenflächen. Die

neu hinzu gekommenen Grünerlenbestände sind auf Nordost-Südhängen stärker vertreten als die konstanten Flächen.

Vergleich mit Angaben aus Wirz-Luchsinger (1928)

„Die Grünerle hat eine grosse Vorliebe für Nord- und Osthänge. ... Vorkommnisse an Westlagen sind seltener. ... Die Grünerle meidet sogar Südlagen nicht (Bächital, Oberblegi, Ochsenfeld im Klöntal), das beruht auf der im allgemeinen höheren Luftfeuchtigkeit im Kanton Glarus. In Südlagen ist gewöhnlich nur an Bächen und Quellbildungen genügend andauernde Bodenfeuchtigkeit vorhanden. ... Im Sernftal wächst die Grünerle in Südlagen v.a. auf der subalpinen Höhenstufe, an Nordhängen fällt sie zur Hälfte in den Rhodoretumgürtel hinein“.

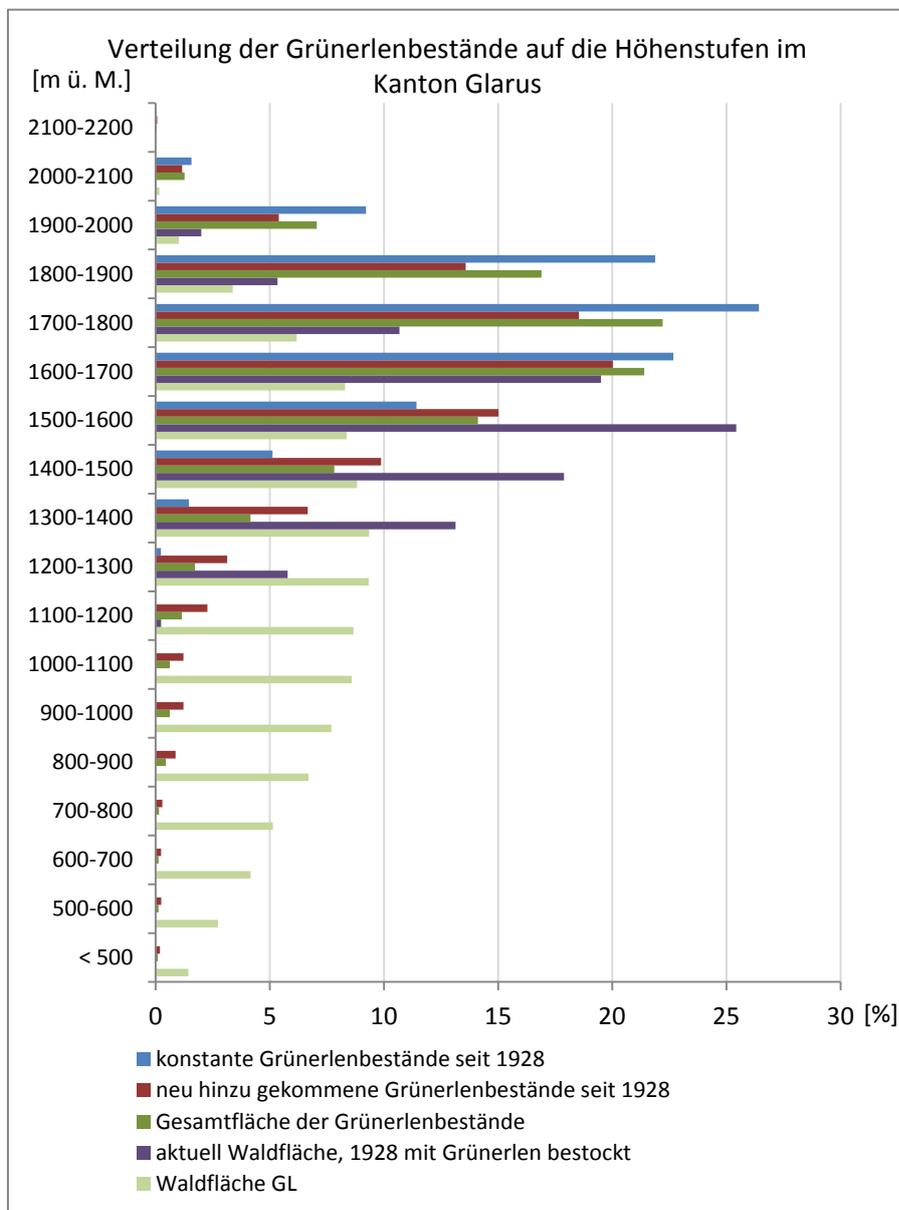
7.1.6 Höhenstufe



Diagr. 4: Verteilung der Grünerlenbestände [ha] im Verhältnis zur Waldfläche GL.

Grünerlenbestände kommen zwischen 400 m ü. M. und 2'150 m ü. M. vor. Die Hauptverbreitung liegt oberhalb 1'400 m ü. M.. Unterhalb 1'400 m ü. M. wächst sie v.a. entlang der Bachläufe und wird mit den Lawinenrutschen nach unten verbreitet. 31 % der Grünerlenbestände wachsen unterhalb von 1'600 m ü. M. (v.a. in der hochmontanen Höhenstufe). Oberhalb von 1'600 m ü. M. in der subalpinen

Höhenstufe stocken die restlichen 69 %. Diese Verbreitung ist zwischen den Jahren 1928 und 2011 in etwa ähnlich geblieben (ausser das Wirz 1928 unterhalb von 1'100 m ü. M. keine Grünerlenbestände mehr erhoben hat). Zwischen 1'600 - 1'700 m ü. M. macht der Grünerlenanteil an der Waldfläche GL bereits über ein Drittel aus, zwischen 1'800 - 1'900 m ü. M. bereits über zwei Drittel und darüber ist der Waldanteil nur noch spärlich.



Diagr. 5: Flächenanteile der Grünerlenbestände des Kanton Glarus im Verhältnis zur Waldfläche GL.

Die prozentuale Verteilung der seit 1928 konstanten Grünerlenflächen über die Höhenstufen liegt im Gegensatz zu den aktuellen Grünerlenflächen etwa um 100 m nach oben verschoben, das heisst, die konstanten Flächen befinden sich eher in höheren Lagen. Im Gegensatz dazu ist die Verteilung der neu hinzugekommenen Grünerlenflächen gegenüber den aktuellen Grünerlenflächen eher leicht nach unten verschoben.

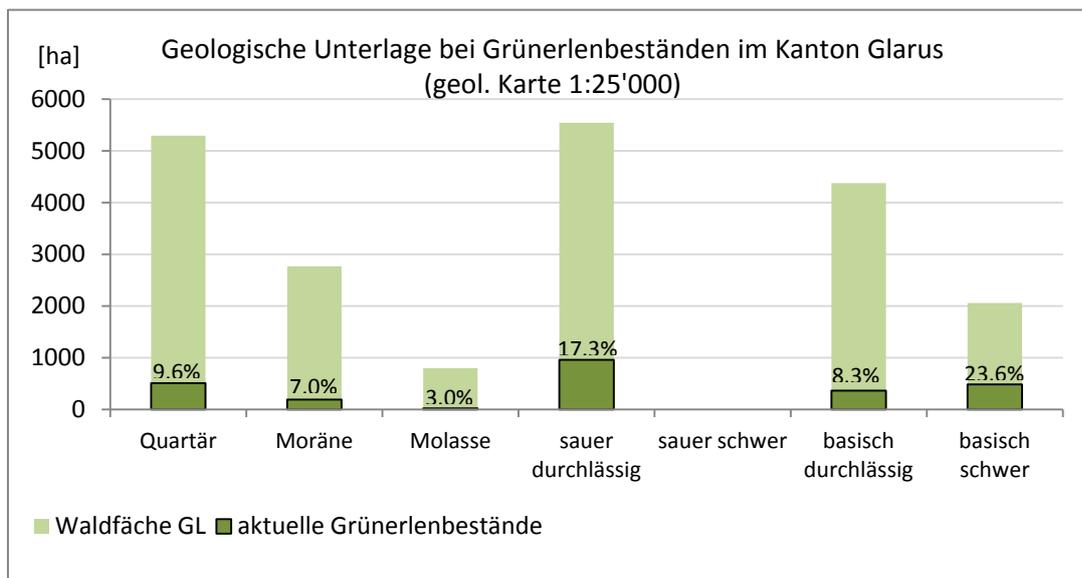
Die zu Hochwald eingewachsenen ehemaligen Grünerlenflächen liegen hauptsächlich zwischen 1'200 -1'900 m ü. M., am meisten zwischen 1'500 – 1'600 m ü. M. im hochmontanen Bereich (25 %). Im subalpinen Bereich befinden sich 38 % der einwachsenden Flächen, in der obermontanen Höhenstufe (Annahme bis 1'400 m ü. M.) noch 19 %.

Vergleich mit Angaben aus Wirz-Luchsinger (1928)

„Vor allem in der subalpinen Stufe ausgedehnte Grünerlenbestände. ... Die mittlere obere Grenze der Trosbestände liegt bei 1'950 m ü. M., im Maximum bis 2'100 m ü. M. (bei Tschermannen gegen den Silberspitz bei 2'150 m ü. M.). ... Der höchste beobachtete Strauch wächst am Risetenpass auf 2'200 m ü. M.“ „Es wird häufig die Ansicht vertreten, dass ein grosser Teil der Alneten auf dem Boden ehemaliger Fichtenwälder stehen“. Wirz-Luchsinger nimmt an, dass dies für Teile der Alneten auf Altenoren, am Matzlenstock, im Krauch- und Mühlebachtal usw. der Fall ist. Weitaus die meisten Alneten und v.a. die höchstgelegenen seien ohne Zweifel ursprünglich.

Auch bei unserer Auswertung steigt die Grünerle bis etwa 200 m höher als die Waldfläche.

7.1.7 Geologie



Diagr. 6: Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen im Verhältnis zur Waldfläche GL.

Ein hoher Anteil (23.6 %) von Grünerlen stockt auf basisch schwerer Unterlage (häufiges Vorkommen auf Wildflysch, Blattengratmergel und auf Stadschiefer, Globigerinenschiefer) und bei saurer durchlässiger Unterlage (17.3 %; häufiges Vorkommen auf Altdorfer Sandstein, Konglomeraten, Phylliten). Geringerer Anteil bei basisch durchlässig (8.3 %; einzig häufiges Vorkommen auf mittlerem und unterem Lias und basischen Eruptiva), da bei dieser Unterlage das Wasserspeichervermögen geringer ist. Es existieren keine sauren, schweren geologischen Unterlagen im Kanton Glarus.

Zu Hochwald eingewachsene Grünerlenbestände: 55 % stocken auf saurem durchlässigem Gestein, 15 % auf basisch durchlässigem Gestein und 13 % auf basisch schwerem Gestein. Im Vergleich zur Gesamtfläche der Grünerlenbestände liegt der Anteil bei der sauren durchlässigen geologischen Unterlage bei den neu entstandenen Hochwaldflächen um knapp 20 % höher. Bei den basisch durchlässigen geologischen Unterlagen liegen die neu entstehenden Hochwaldflächen im Gegensatz zu den konstant bleibenden Grünerlenflächen fast doppelt so hoch. **Dies könnte bedeuten, dass Grünerlenflächen auf basisch schweren geologischen Unterlagen eher verharren, während Grünerlenbestände auf basisch und sauren durchlässigen geologischen Unterlagen eher zu Hochwald einwachsen können, dass Baumarten gegenüber der Grünerle konkurrenzfähiger auf durchlässiger geologischer Unterlage sind.**

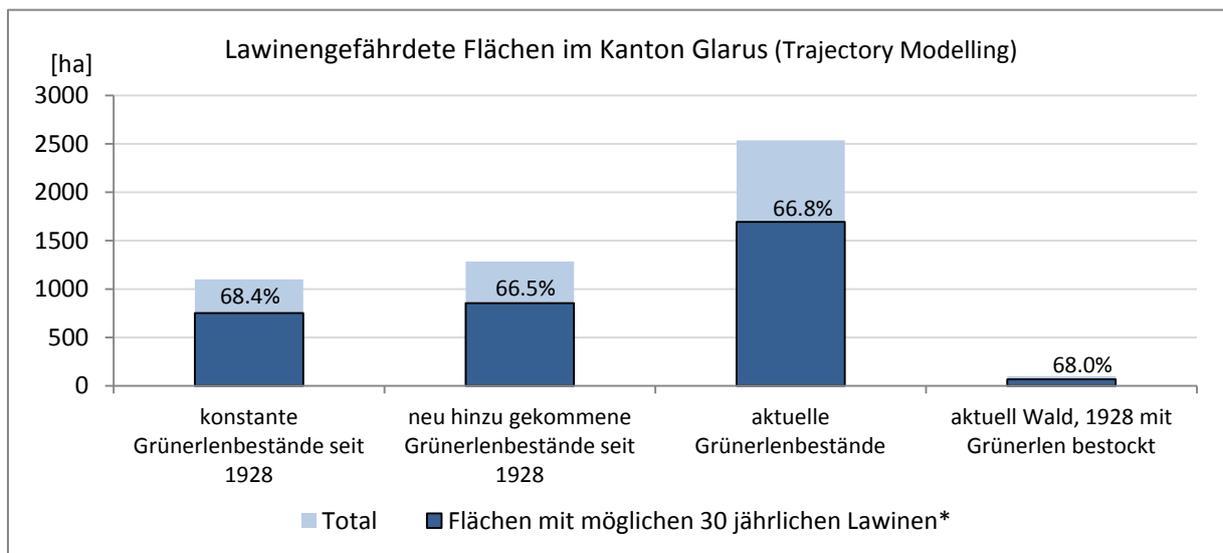
Geologische Unterlage	konstante Grünerlenbestände seit 1928	neu hinzu gekommene Grünerlenbestände seit 1928	Gesamtfläche der Grünerlenbestände	neue Hochwaldfläche, 1928 mit Grünerlen bestockt	Waldfläche GL
	%	%	%	%	%
Quartär	17.05	22.88	20.10	11.62	25.40
Moräne	7.06	7.49	7.61	4.79	13.29
Molasse		1.83	0.93		3.83
sauer durchlässig	46.43	32.83	37.88	55.24	26.60
sauer schwer					
basisch durchlässig	8.82	17.76	14.35	15.37	21.00
basisch schwer	20.63	17.21	19.13	12.97	9.88
Summe	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tab. 14: Prozentanteile der geologischen Unterlagen bei den verschiedenen Grünerlenkategorien und bei der Waldfläche GL. Grau schattiert sind auffallend abweichende Werte (geologische Karte 1:25'000).

Vergleich mit Angaben aus Wirz-Luchsinger (1928)

„Am mächtigsten ist das Alnetum viridis auf Flyschböden des Sernftals. Auf Flysch sind die grössten Grünerlenbestände im Kanton Glarus. ... Im Kanton Glarus trifft es nicht zu, dass die Grünerle kalkmeidend ist. Zum Teil wächst ein Strauch direkt an Kalkfelsen. Entscheidend ist viel mehr der Wasserreichtum eines Standortes als seine chemische Struktur. ... Im Sernftal wachsen Grünerlen auf kalkreichem Flysch, im Glärnisch- und Rautigebiet auf Jura- und Kreideketten.“

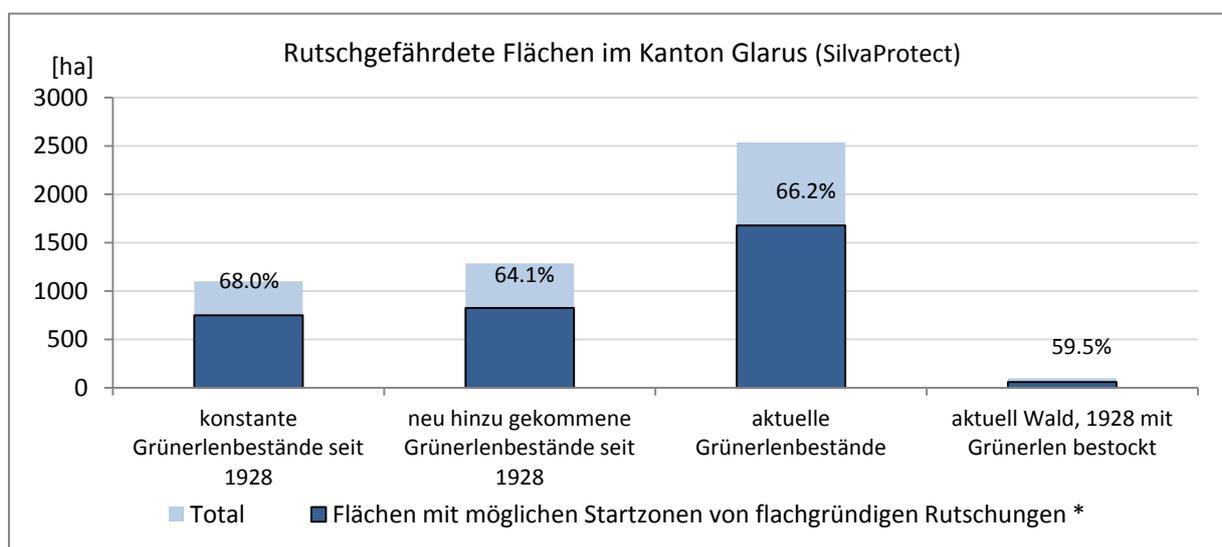
7.1.8 Grünerlen im Einflussbereich von Naturgefahren



Diagr. 7: Lawinengefährdete Flächen im Kanton Glarus. Daten aus der Simulation mit Trajectory Modelling. * = ohne Berücksichtigung von Wald oder Schutzbauten.

Die Simulation der 30-jährlichen Lawinen im Kanton Glarus zeigt prozentual keine markanten Unterschiede zwischen Grünerlenbeständen und dem Wald. Von den aktuellen Grünerlenbeständen befinden sich rund 67 % auf lawinengefährdeten Flächen (vgl. Diagramm 7). Bei der Waldfläche GL (inkl. Gebüschwald!) beträgt dieser Anteil 61 %. Aus der Auswertung der SilvaProtect Daten für das 300-jährliche Ereignis gehen ähnliche Zahlen hervor. So kommen rund 76 % der aktuellen Grünerlenbestände sowie rund 81 % der Waldfläche GL in solch lawinengefährdeten Flächen zu liegen.

Auch die Grünerlenbestände, welche seit 1928 zu Hochwald einwachsen, sind bei den 30-jährlichen Lawinen auf 68 % der Fläche und bei SilvaProtect sogar bei 92 % der Fläche von Lawinenniedergängen bedroht. Bei SilvaProtect liegen diese Werte sogar höher als bei den konstanten und neu hinzugekommenen Grünerlenbeständen (siehe Anhang). Diese Ergebnisse zeigen, dass mit diesen Modellierungen keine Aussagen gemacht werden können, ob das Fehlen von aufkommendem Hochwald in den Grünerlenbeständen auf regelmässige Lawinenniedergänge zurückzuführen ist oder weil die Grünerle durch ihr vitales Regenerationsvermögen den Einwuchs von Baumarten verhindert. Deshalb werden diese Ergebnisse in den übrigen Untersuchungsgebieten jeweils nicht mehr beschrieben (Resultate jeweils im Anhang einsehbar).



Diagr. 8: Rutschgefährdete Flächen im Kanton Glarus aus SilvaProtect Daten ermittelt. * = ohne Berücksichtigung von Wald oder Schutzbauten.

Die Überlagerung der rutschgefährdeten Flächen (SilvaProtect) und der Grünerlenbestände zeigt, dass rund 66 % auf solchen potentiellen Flächen stocken. Im Vergleich zur Gesamtwaldfläche, von welcher 65 % auf rutschgefährdeten Hängen wächst, kann prozentual kein markanter Unterschied festgestellt werden. Die zu Hochwald eingewachsenen Grünerlenbestände liegen zu 11 % weniger häufig auf rutschgefährdeten Flächen als die konstant bleibenden Grünerlenflächen. Ob infolgedessen eher Hochwald aufkommen konnte, ist unsicher. Auch hier scheint das Modell SilvaProtect wenig geeignet zu sein, um zu belegen, dass Grünerlen im Vergleich zu Hochwald vermehrt auf rutschgefährdeten Gebieten stocken und somit eine geeignete Strauchart ist für die Stabilisierung von Erosions- und Rutschgebieten.

7.2 Surselva, Graubünden

In der Surselva wurden die Daten von Hager (1916) und der Waldschadenkartierung (WSK, siehe Kap. 6.1.1) verglichen. Bei der Waldschadenkartierung wurden Luftbilder der Jahre 1985 – 1991 ausge-

wertet. Nachfolgend wird jeweils die Bezeichnung „in den 90er Jahren“ für die neueren Daten verwendet. Somit sind die neueren Daten nicht die aktuellsten, aber die Zeitspanne zwischen den historischen Aufnahmen und den neuen beträgt zwischen 69 - 75 Jahre, was in etwa vergleichbar ist mit der Zeitspanne in Glarus.

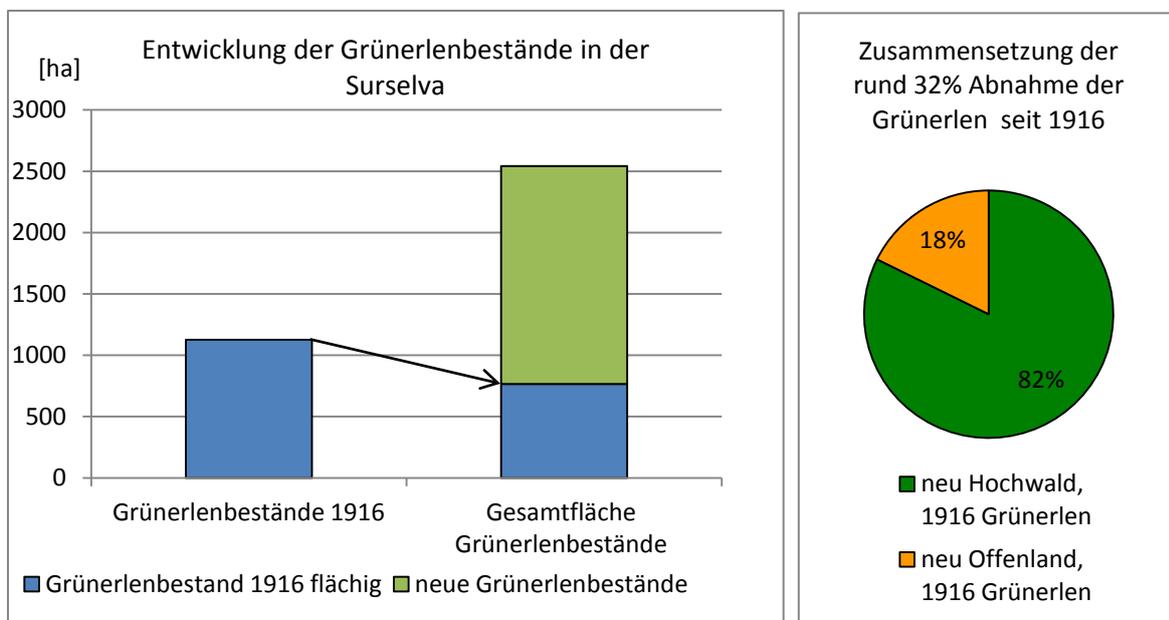
Sehr wichtig ist, dass der Untersuchungsperimeter nicht die ganze Region umfasst, sondern nur den Waldschadenperimeter. Bei diesem liegen die oberen Perimetergrenzen jeweils bei ca. 2'000 m ü. M. und die kleinen Seitentäler wurden ebenfalls nicht mit einbezogen (siehe Kap. 7.2.4.1).

In der Surselva waren in den 90er Jahren innerhalb des WSK-Perimeters rund 2'500 ha mit Grünerlen bestockt (weitere 889 ha Grünerlenflächen von 1916 liegen zwar ebenfalls innerhalb des WSK-Perimeters, wurden aber nicht in die Auswertung mit einbezogen, da sie bei der Waldschadenkartierung als „nicht beurteilte Flächen“ eingetragen sind, siehe Erklärungen in Kap. 6.1.2.2). Ausserhalb des Perimeters liegen weitere grossflächige Grünerlenbestände (aus der Kartierung von 1916 ist ersichtlich, dass dieser Anteil bereits damals über 900 ha betrug), welche aufgrund der fehlenden neueren Daten ebenfalls nicht berücksichtigt werden können. Somit kann davon ausgegangen werden, dass in der Region Surselva die Gesamtheit der Grünerlenbestände um mindestens 1'800 ha höher liegt (bereits 1916 der Fall, heute vermutlich noch höher, da ein Grossteil dieser Flächen in den hinteren Tälern liegt und im Bereich der Waldgrenze und somit die Chance für ein Aufkommen von Hochwald aus den Grünerlenflächen eher gering ist).

In den nachfolgenden Kapiteln werden nur die Grünerlenbestände in die Auswertung mit einbezogen, welche innerhalb der von der WSK berücksichtigten Gebiete liegen (einzig bei der geografischen Verbreitung werden noch die zusätzlichen besiedelten Gebiete aufgeführt).

7.2.1 Flächenanteile der Grünerlenbestände 1916 und in den 90er Jahren, Kategorienbildung

Verglichen mit der gesamten Waldfläche (Waldfläche Surselva, Definition siehe Kap. 6.1.4, insgesamt 14'885 ha) macht die in der Untersuchung berücksichtigte Fläche an Grünerlenbeständen (2'542 ha, Bestand in den 90er Jahren) einen Anteil von 17 % aus.



Diagr. 9: Entwicklung der Grünerlenbestände in der Surselva, von 1916 bis in die 90-er Jahre.

Die Verbreitung der Grünerlenbestände hat sich seit 1916 stark verändert. 1916 betrug die Fläche der Grünerlenbestände 1'126 ha innerhalb des beurteilten WSK-Perimeters. Vergleicht man die gesamte Fläche mit Grünerlenbeständen von 1916 mit der aktuellen Situation, so hat es heute mehr als doppelt so viele Grünerlenbestände (2'542 ha, Zunahme um 126 %) wie 1916.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass Standorte früherer Grünerlenbestände heute zu Hochwald werden konnten, dies ist bei etwa 297 ha möglich (Auswertung in Kap. 7.2.3), wobei z.T. bereits 1916 Baumzeichen in der Karte markiert waren, oder heute es immer noch Hochwald mit Übergang zu Grünerlenbeständen sein könnte, oder angenommen werden kann, dass aufgrund des Alters der Bäume diese bereits im Jahre 1916 vorhanden waren, aber 1916 eher als Gebüschwald mit Einzelbäumen interpretiert wurden (siehe Kap. 7.2.3). Ebenfalls können Standorte früherer Grünerlenbestände heute zu Offenland geworden sein (64 ha, z.T. gerodete Flächen; diese Flächen wurden nicht näher überprüft).

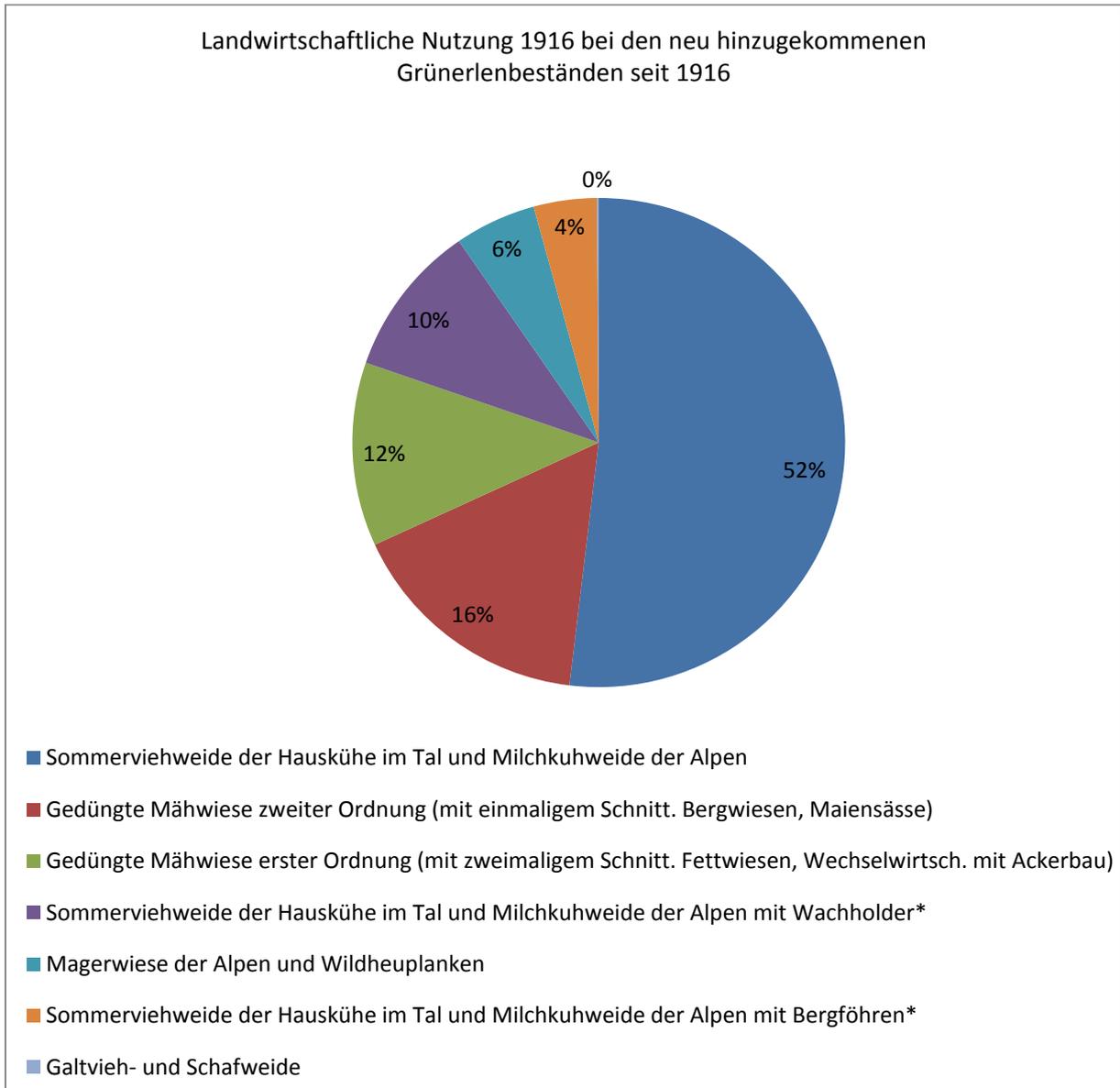
Andererseits kamen auch sehr viele Grünerlenflächen neu hinzu, insgesamt 1'777 ha (70 % der heutigen Grünerlenflächen innerhalb des beurteilten WSK-Perimeters sind neu eingewachsene).

Somit beträgt die Fläche der seit 1916 konstant gebliebenen Grünerlenbestände 766 ha, das heisst 68 % der bearbeiteten Grünerlenfläche von 1916 blieben somit unverändert und bilden seither Dauergesellschaften. Vergleicht man die neu hinzugekommenen Grünerlenflächen mit den konstanten Flächen, ergibt sich sogar ein Flächenzuwachs von 132 %.

7.2.2 Historische Entwicklung: Welche Flächen wuchsen mit Grünerlen ein?

In der Surselva sind von Hager (1916) ebenfalls Daten bezüglich der Offenlandnutzung von 1916 vorhanden. So ist es möglich, Aussagen über die frühere Nutzung der inzwischen mit Grünerlen eingewachsenen Flächen aufzuzeigen.

Von den 1'777 ha neu zu Grünerlen gewordenen Flächen seit 1916 wurden mindestens 729 ha früher landwirtschaftlich genutzt. Bei 464 ha der neuen Grünerlenflächen waren im Jahr 1916 Hochwald (mit Zeichen für Nadelwald, des weiteren Bergföhren- und Grauerlenbestände) oder Gebüschwald (aus Weidenarten bestehend). Weitere 582 ha sind Alpenrosengürtel oder Flächen mit Fels- und Nivalflora.



Diagr. 10: Landwirtschaftliche Nutzung 1916 bei den neu hinzugekommenen Grünerlenbeständen seit 1916. Definitionen Legende nach Hager. * = nach Hager (1916) Zeichen für vernachlässigte Rodung / Weidpflege.

Bei der Sparte „Sommerviehweide der Hauskühe im Tal und Milchkuhweide der Alpen“ liegt der Grossteil der Flächen im Bereich der oberen Waldgrenze, somit kann davon ausgegangen werden, dass es sich um unterbestockte / aufgegebene Alpen handelt. Diese Flächen sind im ganzen Perimeter verteilt, v.a. im Val Zagravia, Val Sumvitg, Val Nalps, zwischen Tschamut und Rueras, nördlich von Rueras und Sedrun, im Val Russein, auf Alp da Stiarls / Alp Dado bei Andiaast und Alp Ranasca bei Pigniu. Nach Hager (1916) sind „die Alpweiden vom Alpenrosengürtel und üppigem Vaccinietum Myrtilli und Vac. uliginosi und von Juniperus montana teils umschlossen, teils durchsetzt infolge vernachlässigter Rodung“.

Der Anteil an Galtvieh- und Schafweiden ist hier sehr tief, da der Grossteil dieser Flächen vermutlich ausserhalb des WSK-Perimeters liegt (oberhalb 2'000 m ü. M. und in den hinteren Talkesseln).

Ansammlungen von mit Grünerlen eingewachsenen Flächen von „Magerwiesen der Alpen und Wildheuplanken“ finden sich nördlich von Rueras und Sedrun, zwischen Oberalppass und Tschamut und im Val Russein oberhalb Alp Cavrein.

7.2.3 Historische Entwicklung: Welche früheren Grünerlenflächen entwickelten sich zu Wald?

Die GIS-Analyse ergab, dass 296 ha der ehemaligen Grünerlenflächen von 1916 bei der Waldschadenkartierung als Hochwald angesprochen wurden. Diese 296 ha wurden auf der alten Karte auf Baumzeichen (Grundfarbe Grünerlen mit weiteren Zeichen überlagert) überprüft.

Nr.	Bedeutung	Baumzeichen	[ha]
30	Grünerlen 1916 überlappend mit Jungwuchs/Dickung (WSK)	kein Zeichen	19.18
		Einzelbäume	6.06
		überlagert mit NW	7.18
31	Grünerlen 1916 überlappend mit Stangenholz (WSK)	kein Zeichen	13.11
		Einzelbäume	4.94
		überlagert mit NW	1.27
32	Grünerlen 1916 überlappend mit schwachem Baumholz (WSK)	kein Zeichen	5.39
		Einzelbäume	4.71
		überlagert mit NW	3.49
33	Grünerlen 1916 überlappend mit mittlerem Baumholz (WSK)	kein Zeichen	65.93
		Einzelbäume	16.43
		überlagert mit NW	37.90
34	Grünerlen 1916 überlappend mit starkem Baumholz (WSK)	kein Zeichen	15.49
		Einzelbäume	9.27
		überlagert mit NW	9.99
35	Grünerlen 1916 überlappend mit stufigem Bestand (WSK)	kein Zeichen	39.28
		Einzelbäume	29.11
		überlagert mit NW	7.34
	Total	kein Zeichen	158.38
	Total	Einzelbäume	70.53
	Total	überlagert mit NW	67.16
	Gesamttotal		296.06

Tab. 15: Ehemalige Grünerlenbestände, bei welchen möglicherweise Hochwald aufkommen konnte. Anmerkung: NW = Nadelwald (meist Fichte). Zusammenfassung aus Tab. in Anhang A, Kap. 2.3.

Es wird angenommen, dass bei Flächen, welche im WSK mit Jungwuchs/Dickung, Stangenholz oder schwachem Baumholz angesprochen wurden, der Einwuchs von Hochwald seit 1916 wahrscheinlich ist. Bei den WSK-Flächen ab mittlerem Baumholz wird angenommen, dass diese Bäume bereits 1916 vorhanden waren und somit nicht frisch einwachsen, somit der Einwuchs weniger wahrscheinlich ist.

Diese Flächen könnten einerseits etwa identisch mit 1916 sein, aber unterschiedlich angesprochen worden sein (bei WSK Hochwald, wenn weniger als 2/3 der Fläche Gebüschwald ist), oder sie könnten sich zu Hochwald verdichtet haben (Einwuchs von weiteren Bäumen, Bildung eines geschlossenen Bestandes, Rückschlüsse aufgrund des Deckungsgrades sind nicht möglich, da beim WSK Deckungsgrade zwischen 20 – 60 % zu einer Kategorie zusammengefasst wurden). Ausserdem ist anzumerken, dass bei Luftbildauswertungen wie dem WSK mittleres und starkes Baumholz fast nicht unterscheidbar sind und somit ein grosser Unsicherheitsfaktor besteht.

Bei den in Tab. 15 beurteilten Flächen waren bei knapp der Hälfte der Flächen bereits 1916 Samenbäume vorhanden. Vorhandene Samenbäume (als Einzelbäume oder überlagertem Nadelwald) waren v.a. Fichten (43 ha mit Einzelbäumen und 67 ha überlagernd mit Nadelwald), Arven (17 ha), Lärchen (11 ha) und Weisstannen (4 ha). Ob die Grünerlenbestände von 1916 mit Laubbäumen überlagert waren, ist nicht bekannt, da in der von uns bearbeiteten Karte von Hager (1916) nur *Fagus silvatica*, *Alnus incana*, *Quercus sessiliflora* (Traubeneiche, alter Name) und *Salix* sp. erhoben wurden. Auf einer weiteren nicht von uns bearbeitete Karte von Hager (1916) befinden sich noch Angaben zu *Betula pendula* und *B. tomentosa*, *Populus tremula*, *Fraxinus excelsior* und *Acer pseudoplatanus* und *A. platanoides*.

Laubwälder in der Surselva in höheren Lagen können Dauergesellschaften darstellen. Oft sind es aber auch wirtschaftsbedingte, relativ stabile Pionierstadien der hochmontanen Tannen-Fichtenwälder.

Somit ist wahrscheinlich, dass die Flächen, welche bei der WSK-Kartierung als WSK mit Jungwuchs/Dickung, Stangenholz oder schwachem Baumholz angesprochen wurden und kein Baumzeichen aufweisen, mit Nadelholz eingewachsene Flächen darstellen (**insgesamt 53.4 ha**). **Dies ergibt einen Anteil von 4.7 % an der Grünerlenfläche von 1916 und 2 % von der gesamten Grünerlenfläche!**

Ein möglicher Einwuchs könnte noch bei den gestuften Beständen bestehen (jenen ohne Baumzeichen). Dies sind weitere 39 ha. Fraglich ist, ob bei den Flächen, welche 1916 keine Baumzeichen aufwiesen, aber heute mittleres bis starkes Baumholz aufweisen, ein Einwuchs stattfand oder die Flächen nicht deckungsgleich sind (Fehler von 1916 oder bei Luftbildauswertung bei WSK). Dies wären weitere 81 ha.

Die Flächen, welche bereits 1916 eine Überlagerung mit Nadelwald aufweisen (67 ha; z.B. mit Grünerlen bestockte Runsen in Waldgebieten) sind vermutlich eher darauf zurückzuführen, dass diese Flächen unterschiedlich genau beurteilt wurden.

Eine Überprüfung der Flächen im Feld wäre nötig, aber wäre ebenfalls mit vielen Unsicherheiten behaftet, da die WSK-Kartierungen vor gut 20 Jahren stattfanden. In den nachfolgenden Auswertungen ist unter „Waldfläche, 1916 Grünerlen“ der ursprüngliche Wert jeweils gemeint (296 ha, die Gesamtheit der möglicherweise eingewachsenen Grünerlenflächen).

7.2.4 Geografische Verbreitung

Die Grünerlenbestände (gesamthaft, inkl. jener ausserhalb des WSK-Perimeters) in der Surselva liegen v.a. in der oberen Surselva, in den südlichen Seitentälern (v.a. Val Sumvitg, Val Medel, Val Gierm und Val Nalps; siehe Tab. 16) und in den nördlichen Tälern Val Russein und Val Frisal. Richtung Ilanz nimmt die Anzahl Grünerlenbestände ab.

Die konstanten Flächen sind ebenfalls v.a. in der oberen Surselva und in den oben aufgeführten Seitentälern verteilt, besonders zuhinterst in den Seitentälern und an der oberen Waldgrenze. Richtung Ilanz hat es einzig bei Obersaxen und im hinteren Teil des Val Gronda bei Tavanasa noch grössere Ansammlungen von konstanten Grünerlenbeständen.

Neu hinzugekommene Grünerlenbestände kommen überall vor. Auffallend ist die grosse Anzahl entlang der oberen Waldgrenze im Haupttal (bei den konstanten Grünerlen nicht der Fall). Auch ist eine grössere Verbreitung als bei den konstanten Flächen Richtung Ilanz ersichtlich, auch dies deutet auf eine Arealausdehnung der Grünerlenbestände hin.

Die zu Hochwald eingewachsenen Grünerlenflächen liegen verstreut im ganzen Gebiet, auffallend wenige liegen in der oberen Surselva (vermutlich fehlende Samenbäume und Lawinenbeeinflussung). Grössere Ansammlungen von zu Hochwald gewordenen Flächen befinden sich Eingangs Val Russein, bei Scatlé bei Brigels, bei Surcuolm, im mittleren Teil des Val Sumvitg und des Val Medel.

Vergleich mit Angaben aus Hager (1916)

Stärkste Verbreitung der Grünerlenbestände in den regenreichen Seitentälern, besonders jene, welche sich an das Adula- und St. Gottardmassiv anlehnen. Ebenfalls stark verbreitet sind sie in den hinteren Tallagen, wo feuchte Gletscherwinde ins Tal ziehen: Val Maigels, Val Cornera, Val Nalps, Val Cristallina-Uffiern, Val Caverdiras-Russein, Val Viglotz-Somvix.

Die heutigen Grünerlenbestände, ob geschlossene oder offene, haben zum grössten Teil das Areal früherer Koniferenbestände in Besitz genommen. Beispiel Val Cristallina: die lebenden Baumrelikte seien Zeugen einer riesigen Walddepression, nicht nur der ursprünglichen Baumgrenze.

Bestände mit Grünerlen finden sich in Erosionsschluchten der mittleren und oberen subalpinen Stufe. Zweifellos besass die ursprüngliche klimatische Kampfzone innerhalb der Baum- und Krüppelgrenze eine natürliche Vegetation des *Alnetum viridis*, wo edaphische und topografische Faktoren ein solches begünstigten.

7.2.4.1 Gebiete ausserhalb des WSK-Perimeters

Nachfolgend werden die Grünerlenbestände von 1916, welche ausserhalb des WSK-Perimeters liegen (Seitentäler und oberhalb von 2'000 m ü. M.) ausgewertet.

Es wurde angenommen, dass falls Samenbäume im Umkreis von 100 m vorhanden sind, ein Aufkommen der Fichten möglich sein sollte (Vereinfachung der Samenverteilung aus Anhang 2.4: Hauptverbreitung der Fichtensamen im Bereich von etwa 2 Baumhöhen, in Windrichtung auch weiter, Verbreitung aufwärts nur bei günstigen Windverhältnissen).

Talschaft	Gemeinde	Fläche [ha]	Verbreitung zwischen [m ü. M.]	Wald/Samenbäume 1916 im Umkreis v. 100 m vorhanden	Wald/Samenbäume heute im Umkreis v. 100 m vorhanden ¹
Alp Nual	Tujetsch	11.71	1600 - 2100	im Ostteil selten Fi-E.b.	nein
Alp da Laus	Sumvitg	13.68	1800 - 2200	nein	nein
Alp da Stiarls	Waltensburg	2.57	1700 - 1900	ja, Fi-Einzelb.	nein
Milez-Surpalits	Tujetsch	17.80	1600 - 2200	nein	nein
Mundaun	Luven/Mundaun	19.28	1100 - 1600	ja, Fi-Einzelb. u. Fi-Wald	ja, dito
Obersaxen	Obersaxen	6.32	1200 - 2000	nein	nein
Ondadusa	Tujetsch	1.21	1800 - 2000	ja, Fi-Einzelb. u. Fi-Wald	ja, dito
Plidutscha	Tujetsch	1.21	2000 - 2200	nein	nein
Ranasca Dado	Andiaast	4.47	1800 - 2000	ja, Fi-Einzelb.	nein
Val Acletta	Disentis	2.38	1600 - 1800	ja, Fi-Wald	ja, dito
Val Clavaniev	Disentis	3.40	1600 - 1900	ja, Fi-Wald	ja, dito
Val Cristallina	Medel	192.45	1500 - 2200	ja, Arven- und Fi-Einzelb.	ev. selten Einzelb.
Val Curnera	Tujetsch	94.54	1600 - 2200	im Norden einz. Arven	nein
Val Frisal	Breil/Brigels	26.58	1500 - 2000	Richt. Brigels Fi-E.b. u. Fi-W.	Richt. Brigels Fi-E.b. u. Fi-
Val Gierm	Medel	2.53	1700 - 1900	ja, Fi-Einzelb.	nein
Val Giuv	Tujetsch	13.77	1600 - 2200	nein	nein
Val Gronda	Obersaxen	22.26	1700 - 2000	ja, Fi-Einzelb.	nein
Val Lavaz	Medel/Sumvitg	16.79	1500 - 2200	nein	nein
Val Lumpegna	Disentis	5.39	1700 - 1900	ja, Fi-Einzelb.	nein
Val Medel	Medel	54.87	1100 - 2200	ja, Arven- und Fi-Einzelb.	nein
Val Milà	Tujetsch	15.42	1600 - 2200	ja, Fi-Einzelb.	nein
Val Murtes	Sumvitg	7.38	1600 - 1900	ja, Fi-Einzelb. u. Fi-Wald	ja, dito
Val Nalps	Tujetsch	90.36	1600 - 2200	im Norden einz. Arven u. Fi	nein
Val Plattas	Medel	3.41	1700 - 1900	ja, einzelne Arven	nein
Val Pulanera	Tujetsch	1.41	1800 - 2000	nein	nein
Val Punteglias	Trun	11.52	1500 - 2200	ja, Fi-Einzelb.	nein
Val Rabius	Sumvitg	15.57	1600 - 2000	ja, Fi-Einzelb.	ja, Fi-Einzb. u. Fi-Wald
Val Russein	Disentis/Sumvitg	148.67	1300 - 2200	im Süden einz. Fi u. Fi-Wald	ja, dito
Val Strem	Tujetsch	6.26	1600 - 2000	ja, Arven- und Fi-Einzelb.	ja, Einzelb.
Val Sumvitg	Sumvitg/Trun	52.50	1200 - 2200	ja, vereinzelt Fi-Einzelb.	nein
Val Val	Tujetsch	3.13	1900 - 2100	nein	nein
Val Vallesa	Sumvitg	10.82	1700 - 2100	nein	nein
Val Zavragia	Trun	2.99	1700 - 2000	ja, Fi-Einzelb.	ja, dito
Val da Siat	Ruschein	24.42	1500 - 2000	ja, Fi-Wald	ja, dito
Val la Buora	Medel	14.55	1700 - 2200	ja, Arven-, Lä-E.b. u. Fi-Wald	ja, dito
Total		921.60			

Tab. 16: Verteilung der Grünerlenbestände von 1916 in den Seitentälern der Surselva ausserhalb des WSK-Perimeters. ¹ = anhand LK 25'000 und Orthofoto.

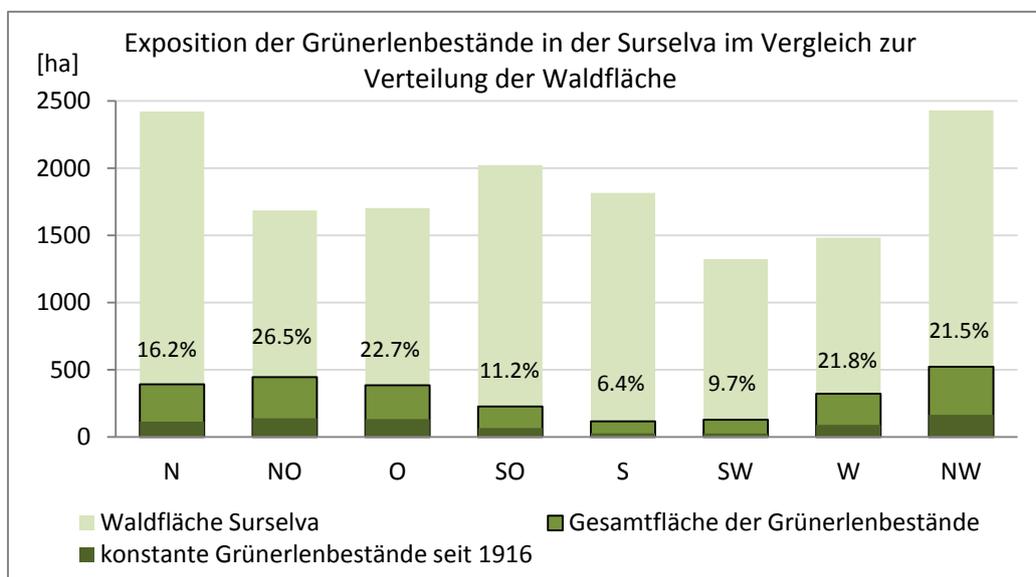
16 Täler sind aktuell ohne Baumbestand, davon waren nur fünf bereits 1916 baumlos. In sieben Tälern waren 1916 noch Arven vorhanden, heute vermutlich nur noch in drei Tälern. Der ehemalige Arvengürtel wies bereits 1916 nur noch restliche Überbleibsel auf, diese verschwanden seither ganz oder wurden noch zerstückelter im Vergleich zu 1916. Die Arve wäre aber eine wichtige Baumart beim Klimawandel, da sie sich gut nach oben ausbreiten kann.

Im hinteren Teil von Tälern liegt die Waldgrenze meistens tiefer aufgrund der Talwinde, diese werden bei vorhandenen Gletschern und Firnen noch zusätzlich verstärkt.

Vergleich mit Angaben aus Hager (1916)

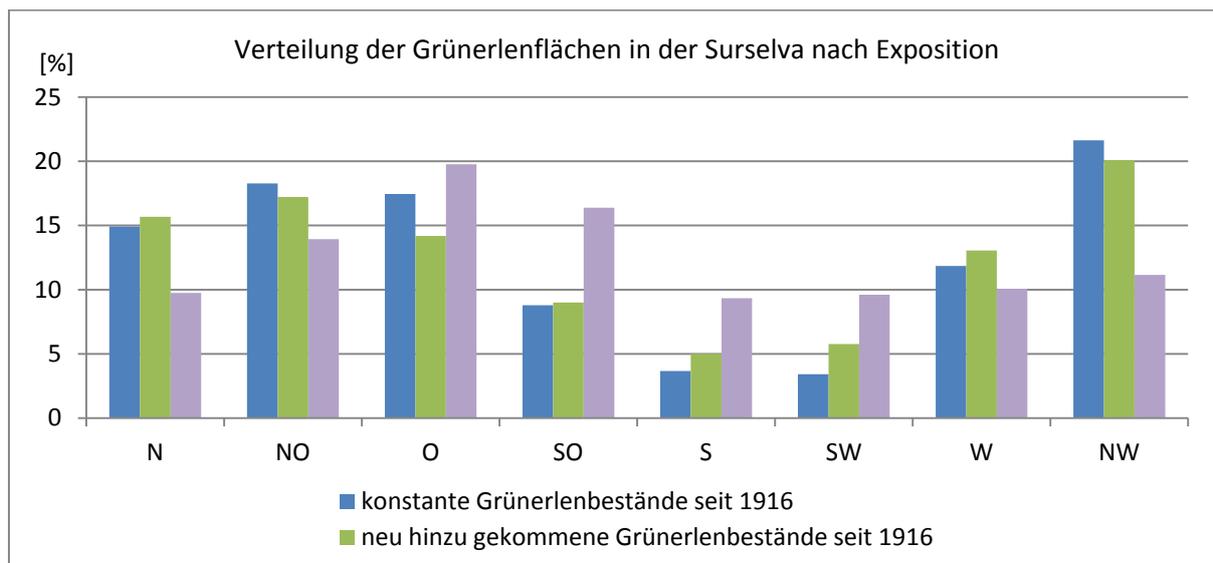
Bei Hager besteht eine Tabelle (S. 74) mit Angaben zur oberen wirtschaftlichen Waldgrenze im Haupttal und in den Seitentälern, Angaben über Baumarten und Bemerkungen über Walddepression, Alpnutzung, Ausdehnung der Grünerlenbestände etc.. Ein Vergleich mit den Ergebnissen der WSK ist nicht möglich, da diese Gebiete meist ausserhalb des Perimeters liegen.

7.2.5 Exposition



Diagr. 11: Exposition der Grünerlenbestände im Verhältnis zur Waldfläche Surselva. Anmerkung: Prozentzahlen zeigen den aktuellen Grünerlenanteil an der Waldfläche Surselva an.

Die Verteilung der Grünerlenbestände sowie der Waldfläche Surselva auf die Expositionen sind sich nicht sehr ähnlich. Die Hauptverbreitung der Gesamtfläche der Grünerlenbestände liegt auf Nordwest- bis Osthängen (insgesamt 1'747 ha), wobei der Anteil in Nordlagen etwas tiefer liegt als beim Wald. In geringerem Ausmass stocken die Grünerlen an Südost- bis Südwestlagen (insgesamt 473 ha). Die prozentuale Verteilung betreffend der Exposition der Grünerlenbestände ist zwischen den Jahren 1916 und den 90er Jahren ähnlich geblieben. Bei den konstanten Flächen ist der Anteil bei den Süd- und Südwestlagen verschwindend klein (jeweils zwischen 3 - 4 %).



Diagr. 12: Prozentuale Verteilung der verschiedenen Grünerlenkategorien nach der Exposition.

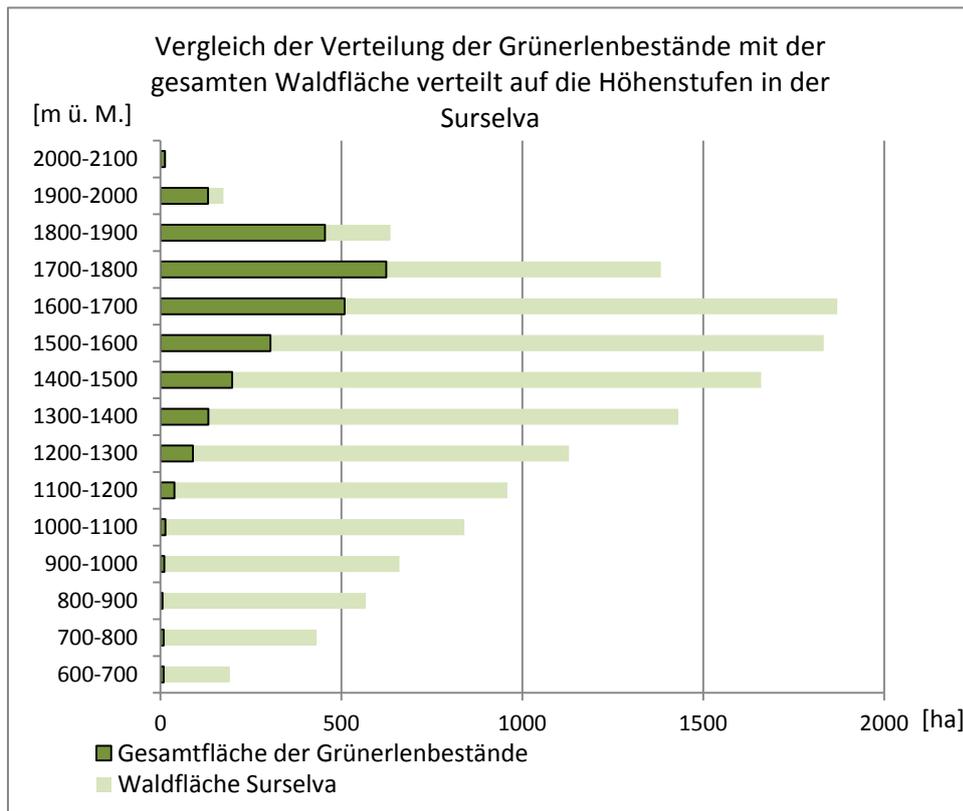
Bei der Verteilung der Grünerlenbestände auf die Expositionen (unabhängig von der Waldfläche Surselva) sind die konstanten Flächen und die neu hinzugekommenen Flächen ziemlich ähnlich verteilt, einzig bei den Süd- bis Westlagen liegt der Prozentanteil bei den neu hinzugekommenen Flächen etwas höher (24 %) als bei den konstanten Flächen (19 %). Die Verteilung bei den zu Hochwald eingewachsenen Flächen ist auffällig anders. Die grössten Flächenanteile liegen dort bei Nordost- bis Südostlagen, und die Süd- bis Nordlagen sind ansonsten überall um 10 %.

Abgrenzung zu *Alnus brembana*:

Nach E. Landolt (schriftl. Mitteilung) sind Bestände, welche sich an Südost-, Süd- und Westhängen befinden (mindestens in den im Teil A in Kap. 2.1 aufgeführten Gebieten), mögliche Standorte von *Alnus brembana*. Auf der Karte im Anhang sind diese Flächen zusammengefasst. Dies ergibt ein Flächentotal von 785 ha (31 % von gesamten Grünerlenbeständen; 209.6 ha sind konstante Flächen und 575 ha neu hinzugekommene Grünerlenflächen) auf Südost- bis Westlagen. Dabei sind jene Grünerlenbestände, welche ausserhalb des WSK-Perimeters liegen und jene, welche innerhalb liegen, aber vom WSK nicht beurteilt wurden, nicht einbezogen (wenn man von diesen Flächen den gleichen %-Satz annimmt, kämen somit nochmals 560 ha dazu, das ergäbe eine zu überprüfende Fläche von ungefähr 1'360 ha).

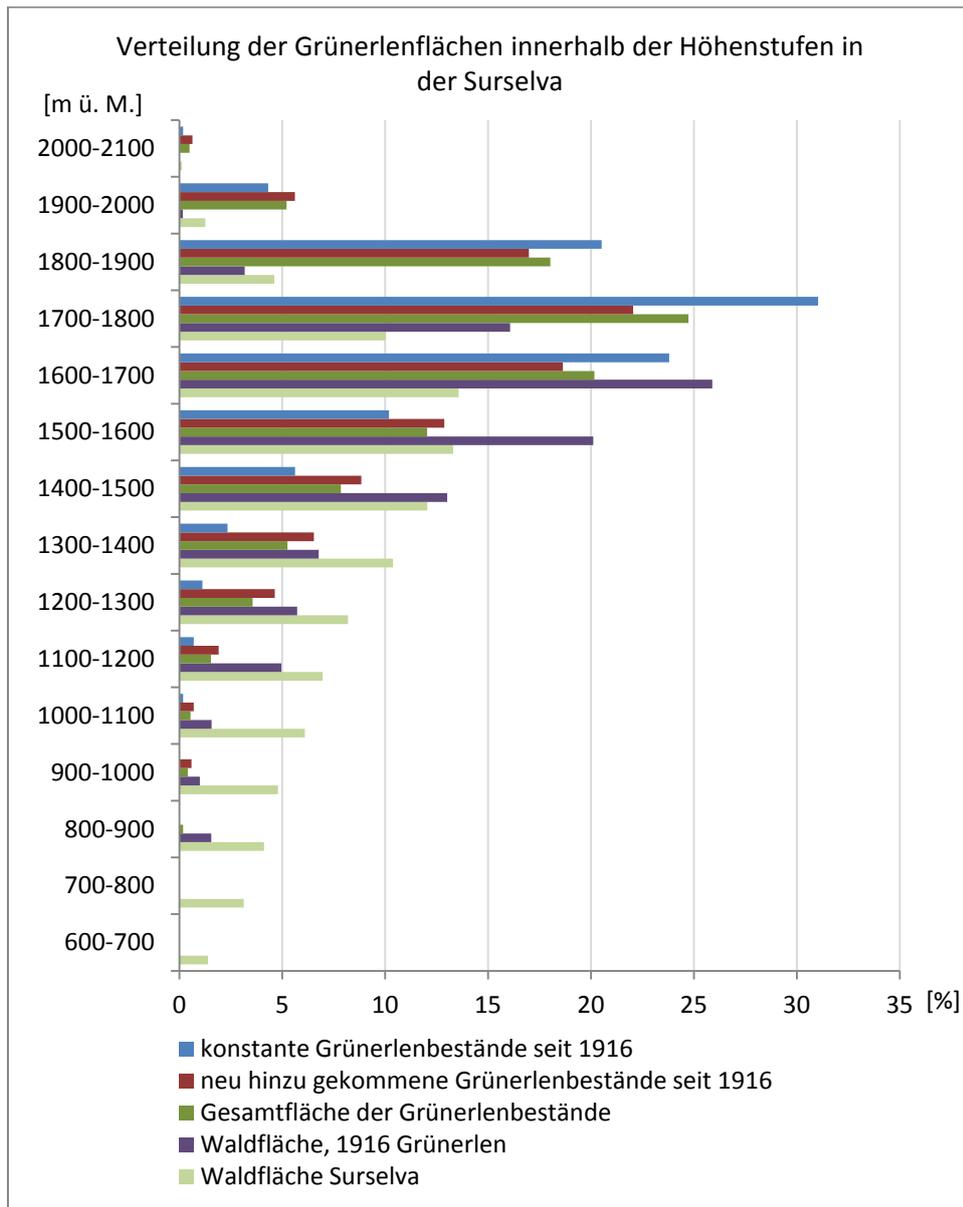
Alnus viridis ist nach der Literatur v.a. an Nordwest- bis Ostlagen anzutreffen. Ob der Anteil in Südost- bis Westlagen bei den neu hinzugekommenen Grünerlenbeständen (32 %, siehe Anhang) um 5 % höher liegt als bei den konstanten Flächen (27 %) wegen einer allfälligen Ausbreitung von *Alnus brembana* (welche nach Landolt [1993] indifferent bezüglich Exposition ist und auch an Südlagen verbreitet vorkommen kann), ist ungewiss.

7.2.6 Höhenstufe



Diagr. 13: Verteilung der Grünerlenbestände [ha] im Verhältnis zur Waldfläche Surselva. Anmerkung: Oberhalb 1'900 – 2'000 m ü. M. sind die ha-Werte nicht repräsentativ, da dort die Grenze des WSK-Perimeters liegt.

Grünerlenbestände kommen hauptsächlich oberhalb von 1'200 m ü. M. vor und reichen bis 2'200 m ü. M., wobei oberhalb von 1'900 – 2'000 m ü. M. die ha-Werte nicht repräsentativ sind, da dort die Grenze des WSK-Perimeters liegt. Ausserhalb des Perimeters (somit oberhalb 1'900 – 2'000 m ü. M.) stocken zum Teil noch weitere, nicht im WSK bearbeitete Grünerlenbestände bis zu einer Höhe von 2'200 m ü. M. (siehe dazu auch Kap. 7.2.4.1). Unterhalb von 1'200 m ü. M. wächst die Grünerle v.a. entlang der Bachläufe und wird mit den Lawinenrutschen nach unten verbreitet. Die Hauptverbreitung der Waldfläche Surselva liegt zwischen 1'000 – 1'800 m ü. M.. 31 % der Grünerlenbestände wachsen unterhalb von 1'600 m ü. M. (hochmontane Höhenstufe). Oberhalb von 1'600 m ü. M. in der subalpinen Höhenstufe stocken 63 %, in der obersubalpinen Stufe die restlichen 6 % (siehe dazu Anmerkung bei Diagr. 13). Zwischen 1'700 – 1'800 m ü. M. macht der Grünerlenanteil an der Waldfläche Surselva bereits fast die Hälfte aus, oberhalb von 1'800 m ü. M. beträgt der Anteil jeweils bereits über 70 %. Oberhalb 1'900 m ü. M. ist der Waldanteil nur noch gering.

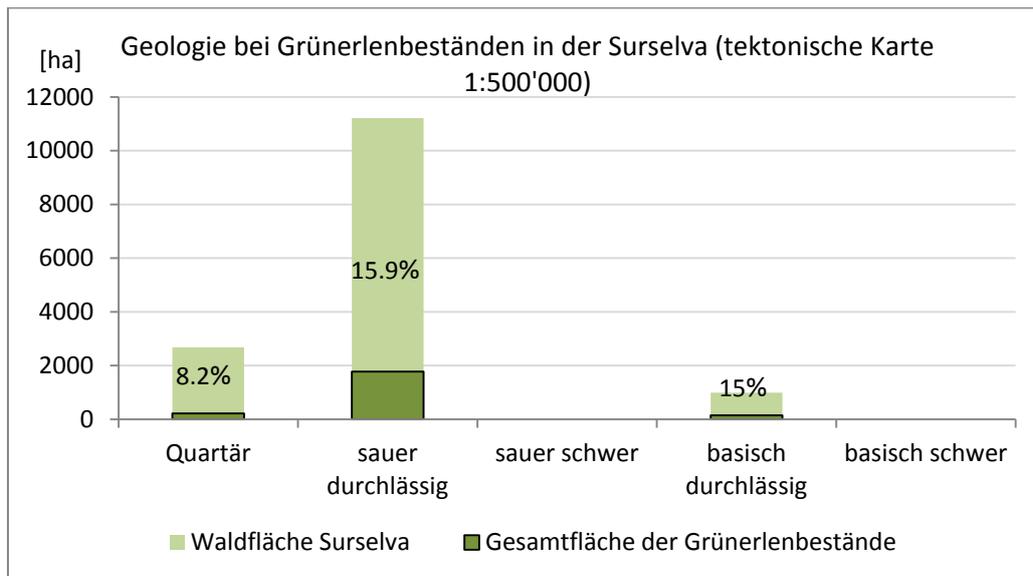


Diagr. 14: Flächenanteile der Grünerlenbestände der Surselva im Verhältnis zur Waldfläche Surselva. Siehe Anmerkung Diagr. 13.

80 % der konstanten Flächen liegen oberhalb von 1'600 m ü. M. (siehe Anmerkung bei Diagr. 13). Die zu Hochwald eingewachsenen Flächen liegen v.a. zwischen 1'400 – 1'800 m ü. M..

Es wurde noch überprüft, ob die Höhenstufenverteilung in Südlagen (SO-SW) anders gelagert ist als in Nordlagen (NW-NO), dies ist aber nicht der Fall (Anhang A), die Verteilung über die Höhenstufen ist sehr ähnlich.

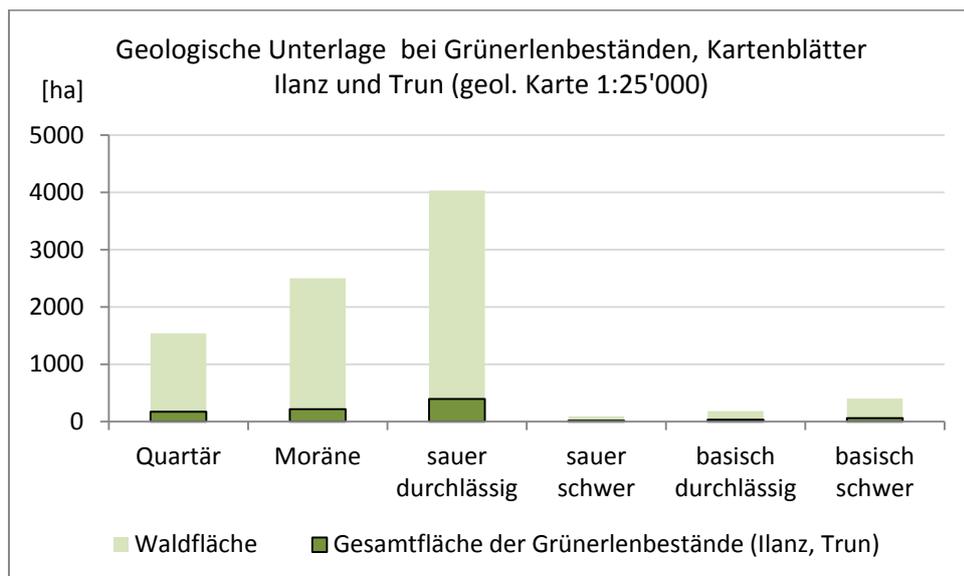
7.2.7 Geologie



Diagr. 15: Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen im Verhältnis zur Waldfläche Surselva. Anmerkung: Bei Quartär sind ebenfalls die Moränen enthalten.

Nachfolgend werden die geologischen Einheiten aus der tektonischen Karte 1:500'000 ausgewertet, da im Massstab 1:25'000 bis anhin nur 2 Kartenblätter existieren. In der Surselva dominieren saure Gesteinsunterlagen. Auch die Grünerlenbestände stocken vor allem auf saurer durchlässiger Unterlage (1'778 ha, 16 %-Anteil von Gesamtwaldfläche). V.a. auf Granit, Grandiorit und Quarzdiorit sind die Grünerlen im Vergleich zur Gesamtwaldfläche sehr häufig vertreten (497 ha, 70 % von der Waldfläche!), ebenfalls auf Metagranitoiden (149 ha, 38 % der Gesamtwaldfläche) und auf Gneisen und Glimmerschiefern (676 ha, 17 % von Gesamtwaldfläche). Auf basischer durchlässiger Unterlage beträgt der Grünerlenanteil im Vergleich zum Gesamtwald 15 %, dies ist der gleiche Prozentsatz wie bei durchlässig sauren Böden; dabei dominieren flächenmässig Lias (91 ha) und Trias (43 ha). Auch auf Malm kommen in geringem Ausmass Grünerlen vor (12 ha). In geringerem Ausmass kommen Grünerlen auch auf Quartär vor (220 ha, 8 % von Gesamtwaldfläche; v.a. auf Moräne [159 ha]).

Im Untersuchungsgebiet Surselva kommen fast keine sauren und basisch schweren geologischen Unterlagen vor.



Diagr. 16: Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen im Verhältnis zur Waldfläche in den Gebieten Ilanz und Trun.

Die zu Hochwald eingewachsenen ehemaligen Grünerlenflächen stocken in der Surselva zu 80 % auf durchlässig saurem Gestein, 9 % auf durchlässig basischem und 11 % auf Quartär. Bei der Surselva stimmen diese %-Sätze im Verhältnis ziemlich gut überein sowohl mit den seit 1916 konstanten Grünerlenflächen, den neu hinzugekommenen Grünerlenflächen, als auch dem Gesamtwald. Somit gibt es bei der Surselva bei den neu zu Hochwald einwachsenden Flächen nur geringfügige Unterschiede zu den übrigen Kategorien. Der Anteil bei den sauren durchlässigen Unterlagen ist wie bei den anderen Kategorien sehr hoch (80 %). Einzig bei den basisch durchlässigen Böden beträgt der Anteil 4 % mehr als bei den konstanten Grünerlenflächen, auch dies würde mit der Theorie, dass Grünerlen auf basisch durchlässiger Unterlage eher einwachsen, übereinstimmen.

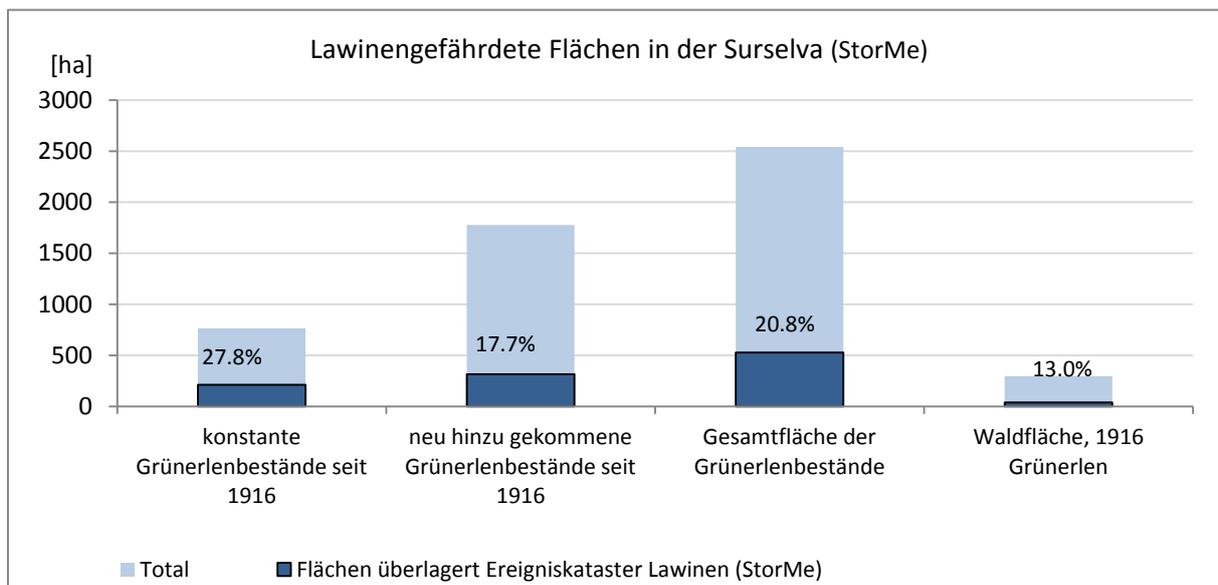
Geologische Einheit	konstante Grünerlenbestände seit 1916	neu hinzu gekommene Grünerlenbestände seit 1916	Gesamtfläche der Grünerlenbestände	neue Hochwaldfläche, 1916 mit Grünerlen bestockt	Waldfläche Surselva (in WSK beurteilt)
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Quartär	9.08	10.86	10.24	11.11	18.00
sauer durchlässig	85.70	81.10	82.84	79.81	75.32
sauer schwer					
basisch durchlässig	5.22	7.85	6.92	9.08	6.65
basisch schwer	0.00	0.19	0.00	0.00	0.02
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tab. 17: Prozentanteile der geologischen Unterlagen bei den verschiedenen Grünerlenkategorien und bei der Waldfläche Surselva. Grau schattiert sind auffallend abweichende Werte (tektonische Karte 1:500'000).

Vergleich mit Angaben aus Hager (1916)

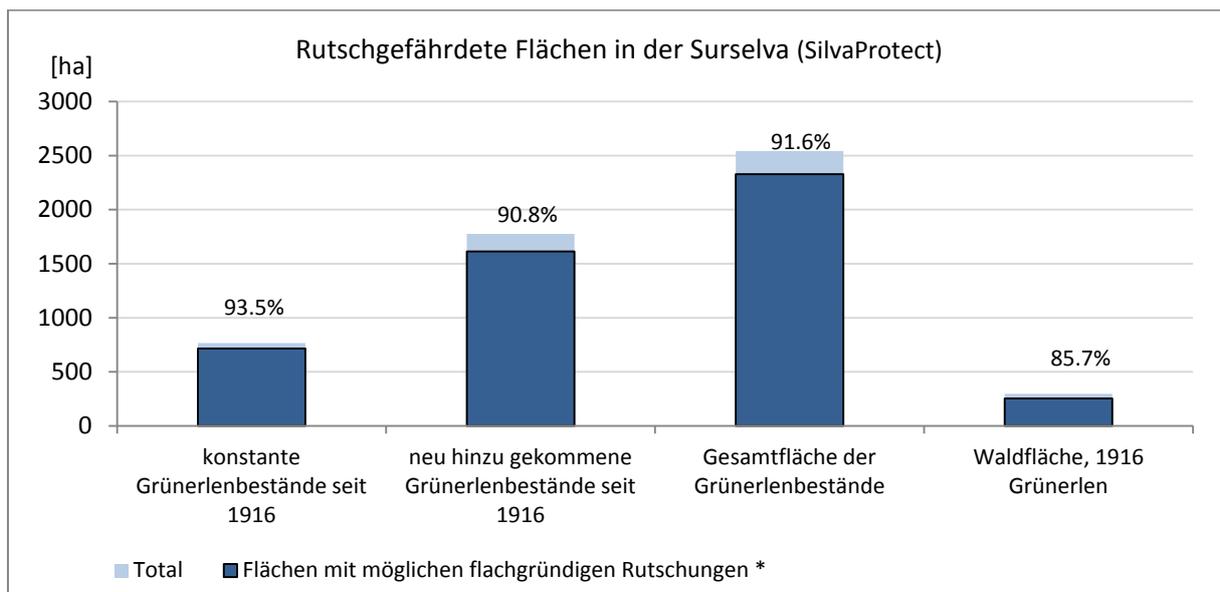
„Die Grünerle verhält sich mehrheitlich indifferent in Bezug auf den Feuchtigkeitsgrad der Unterlage, sie meidet sogar stark wasserzügige Unterlagen. ... Sie besiedelt Standorte mit sehr trockener Unterlage wie auch mässig feuchter gleich gern, wenn reichlich atmosphärische Feuchtigkeit vorhanden ist und der Standort wenn möglich windexponiert ist. ... Auch felsiger, trockener Untergrund kann besiedelt werden (z.B. entlang von Gebirgsbächen). ... Die Grünerle ist mehrheitlich kalkmeidend. ... Rascher Wasserabfluss der grösstenteils silikatreichen Unterlage, besonders auf Südlagen häufig Wassermangel (auch viele Alpweiden in Südlage). ... In der Zone der Jura- und Kreideformation (linkes Vorderrheintal vom Val Russein ostwärts) sind die Legföhren begünstigt.“

7.2.8 Grünerlen im Einflussbereich von Naturgefahren



Diagr. 17: Lawinengefährdete Flächen in der Surselva (StorMe).

Die StorMe-Daten (systematisch erfasst erst seit 2000) zeigen auf, dass in der Surselva mindestens 21 % der aktuellen Grünerlenbestände von Lawinenniedergängen betroffen sind. Von den konstanten Grünerlenbeständen macht dieser Anteil mindestens 28 % aus. Von der Gesamtwaldfläche (inkl. Gebüschwald!) in der Surselva stocken mindestens 7 % auf Flächen mit Lawineneignissen. Von den Flächen, welche sich von Grünerlenbeständen zu Hochwald entwickelt haben, liegen mindestens 13 % in Gebieten mit registrierten Lawineneignissen. Diese Werte liegen sicher zu tief, sind aber realistischer als die Ergebnisse von SilvaProtect.

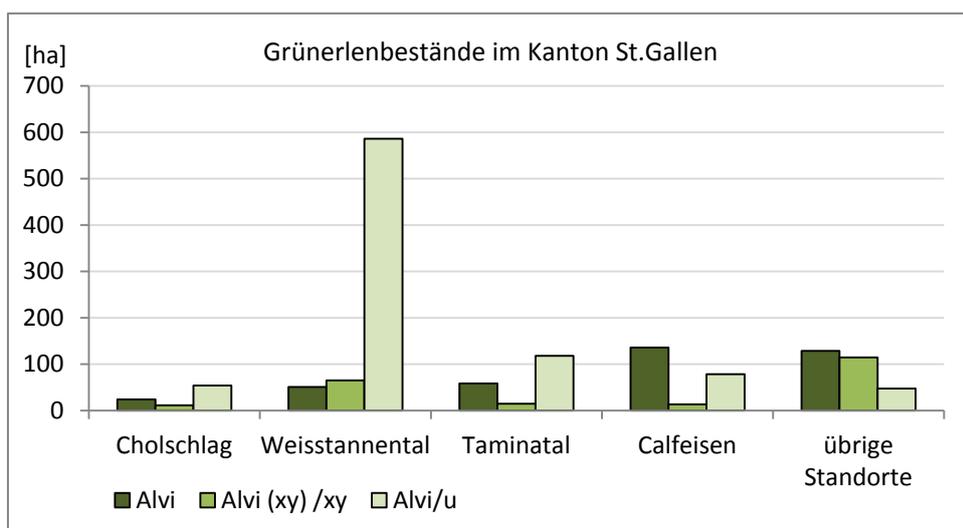


Diagr. 18: Rutschgefährdete Flächen in der Surselva aus SilvaProtect Daten. (* ohne Berücksichtigung von Wald oder Schutzbauten).

Beinahe die gesamte Fläche der Grünerlenbestände in der Surselva liegt nach SilvaProtect auf Flächen mit potenziellen flachgründigen Rutschungen. In Zahlen bedeutet dies, dass über 90 % der gesamten, konstanten und neu hinzugekommenen Grünerlenbestände auf rutschgefährdeten Flächen stocken. Bei den mit Hochwald eingewachsenen Grünerlenbeständen stocken 86 % auf rutschgefährdeten Gebieten. Im Vergleich dazu wächst 29.5 % der Gesamtwaldfläche (inkl. Gebüschwald) in der Surselva auf rutschgefährdeten Flächen.

7.3 Kanton St. Gallen

7.3.1 Flächenanteile



Diagr. 19: Flächenanteile der Grünerlenbestände in den untersuchten Gebieten im Kanton St. Gallen. Definitionen Alvi siehe Kap. 6.1.

Im Kanton St. Gallen stocken insgesamt 1500 ha Grünerlenbestände, verglichen mit der gesamten Waldfläche sind dies 2.5 %. Ein Grossteil davon befindet sich im Gebiet südlich der Seez, v.a. im Cholschlag- (89 ha), Weisstannen- (702 ha), Tamina- (191 ha) und Calfeisental (228 ha). Insgesamt stocken in den vier Tälern 1'210 ha, bei einer Waldfläche von total 7'940 ha. Dies ist ein Grünerlenanteil von bereits 15 %.

Tal	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Offenland	Grünerlen insgesamt	Anteil von Gesamtwaldfläche	Gesamtwaldfläche inkl. Gebüschwald
	Alvi	Alvi (xy) /xy	Alvi/u	Total	[%]	[ha]
Cholschlag	24	11	54	89	19	466
Weisstannental	51	65	586	702	22	3110
Taminatal	58	15	118	191	5	3579
Calfeisen	136	13	78	228	28	785
Total	269	105	836	1210		7940

Tab. 18: Flächenanteile der verschiedenen Grünerlenkategorien und der Kategorie „Grünerlen insgesamt“ im Verhältnis zur jeweiligen Waldfläche. Definitionen Alvi siehe Kap. 6.1.

Schaut man noch die %-Anteile in den einzelnen Tälern an, fällt das Calfeisental mit einem enorm hohen Grünerlenanteil von 28 % auf (wenig Wald, viele Lawinenschneisen) und das Weisstannental mit 22 %. Bei ähnlicher Waldfläche unterscheiden sich die Anteile der Grünerlen im Taminatal mit 5 % sehr stark vom Weisstannental. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass das Weisstannental einen grösseren Anteil an Alpflächen (und somit durch die Grünerle besiedelbare Flächen) besitzt als das Taminatal (schroffer, steilere Hangflanken [und somit weniger Fläche], v.a. östliche Talseite). Ein wesentlicher Unterschied ist aber auch, dass im Taminatal die Legföhre optimale Standortverhältnisse hat und den Boden der Grünerle streitig macht. Im Weisstannental und Cholschlagtal wurden keine Legföhren kartiert.

Im restlichen Kantonsgebiet stocken nur noch 291 ha Grünerlen. Die Anteile der Grünerlenbestände mit Übergängen oder Mosaik zu Waldgesellschaften sind im Cholschlag, Tamina- und Calfeisental sehr gering, das lässt darauf schliessen, dass sich Hochwald und Grünerlen wenig überlappen. Im Gegensatz dazu ist dieser Anteil bei den übrigen Grünerlenbeständen im Kanton St. Gallen hoch (keine Konzentration von Grünerlenbeständen im Bereich oder oberhalb der Waldgrenze wie bspw. im Weisstannental).

7.3.2 Geografische Verbreitung

Im Cholschlagtal befinden sich die Grünerlenbestände vor allem im hinteren Talkessel. Auffällig ist einerseits die Verteilung der Grünerlengebüsche zwischen der oberen anthropogenen Waldgrenze und den Alpbetrieben, aber auch die grosse Anzahl Grünerlenbestände im Übergang zu Offenland unterhalb Cholschlag Chläui. Beides Zeichen für eine Extensivierung der Alpbetriebe.

Im Weisstannental stocken vor allem Grünerlenbestände im hinteren Talkessel bei den Alpen Obersiez, Walabütz, Foo, aber auch weiter talauswärts bei den Alpen Obertüls, Naserina, Galans, Vermol, Valtüsch und Valtnov. Der Grossteil sind Grünerlenbestände im Übergang zu Offenland. Diese starke Verbreitung widerspricht sich vollständig mit der Beschreibung von 1920 von Bolleter (siehe

unten), welcher sie noch als „prächtig“ und „Relikte“ bezeichnete. Ebenfalls ein Zeichen, dass die Grünerlen stark im Vormarsch sind (oder keine Weidepflege mehr erfolgt wie früher üblich war).

Im Taminatal hat es einzig bei der Alp Zanai, im Gebiet Zanuz, beim Vasöner Äpli, dem Weertobel unter dem Muntaluna, beim Ladilser Äpli und unterhalb des Berger Calandas bei Guaggis ausgedehnte Grünerlenbestände. Gegen Süden nimmt die Anzahl Legföhrenbestände zu.

Im Calfeisental stocken die Grünerlen an allen Hangflanken, einerseits auf den steilen, mit Felsbändern durchzogenen Lawinhängen der Nordseite (fast ausschliesslich reine Alvi), aber auch bei den Alpen Sardona, Plattenalp, Malanseralp und zwischen Egg und Brändlisberg (v.a. Übergänge zu Offenland).

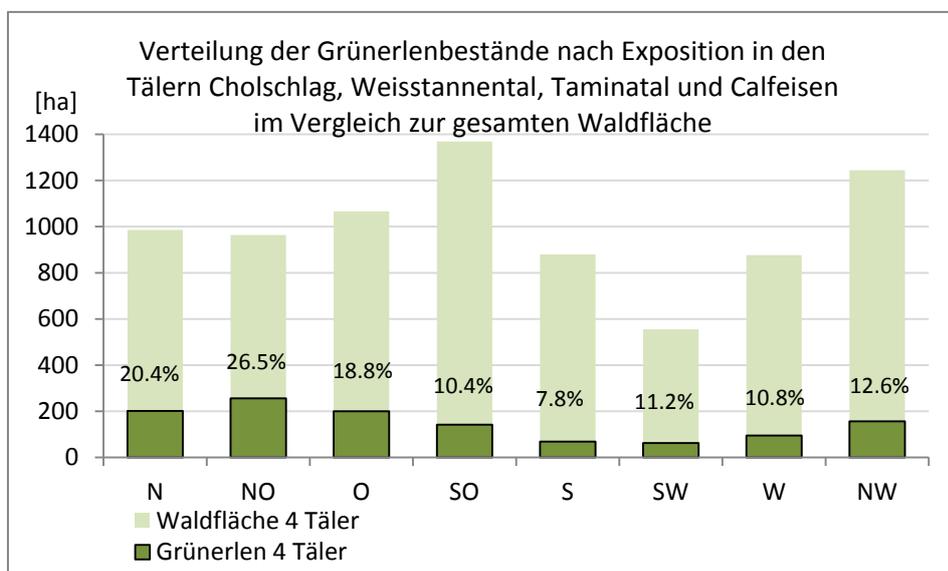
Im übrigen Kantonsgebiet stocken relativ wenig Grünerlenbestände, im Toggenburg, Rheintal und Seeztal, sowie auf den Flumserbergen, im Schilstal und im Murgtal gibt es noch einige Flächen (Flächenangaben siehe Anhang A).

Weisstannental: Vergleich mit Angaben aus Bolleter (1920)

„Prächtige Grünerlenbestände bedecken Hänge auf Gafarra, Valtüsch, Ober-Siez, Laui, Galans und Matels. ... Die heutigen Alnetum viridis-Bestände sind Relikte. Der moderne Wirtschaftsbetrieb macht sich im Sinne einer Dezimierung geltend. Unberührte Bestände finden sich an steilen, unzugänglichen Schluchthängen.“

Bereits an der Wortwahl von Bolleter (1920) kann man feststellen, dass die Grünerle vor über 90 Jahren im Weisstannental noch nicht so stark verbreitet war wie heute!

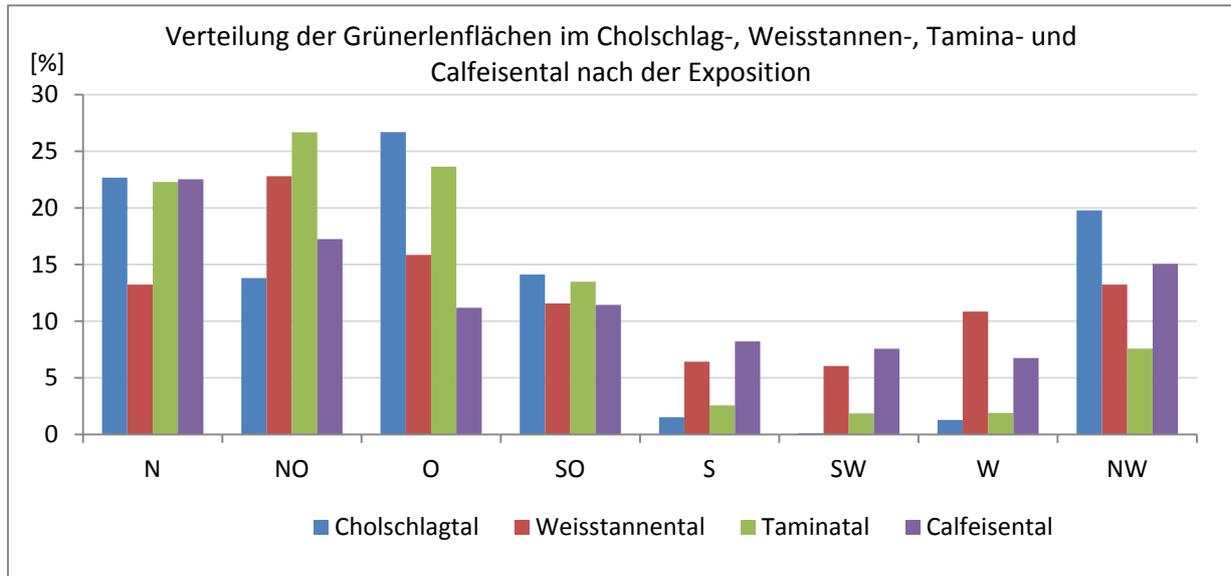
7.3.3 Exposition



Diagr. 20: Exposition der Grünerlenbestände im Verhältnis zur Waldfläche der vier Täler insgesamt. Anmerkung: Prozentzahlen zeigen den aktuellen Grünerlenanteil an der „Waldfläche 4 Täler“ an.

Sämtliche vier Täler zusammengenommen ergibt, dass im Verhältnis zur Waldfläche der vier Täler überproportional viele Grünerlenbestände auf Nord-, Nordost- und Osthängen stocken. Aber auch die Anteile in Südost-Südwestlagen sind relativ gut vertreten (273 ha, 23 % der gesamten Grünerlenfläche). Bei der Auswertung der einzelnen Täler sind die Unterschiede zum Teil deutlicher, bspw. im Cholschlagtal sind die Süd- und Südwestlagen sehr gering vertreten im Vergleich zur Waldfläche, hingegen sind im Calfeisental die Unterschiede der Südlagen (v.a. Alpgebiete) gegenüber den restli-

chen Expositionen nur gering (Nordlagen sehr steil [somit geringerer Flächenanteil], Kalk, z.T. Legföhren, kein Hochwald).



Diagr. 21: Prozentuale Verteilung der Grünerlenbestände der vier Täler nach der Exposition.

Bei der prozentualen Verteilung der Grünerlenflächen, unabhängig von der jeweiligen Waldfläche, sieht man ebenfalls, dass die Unterschiede beim Weisstannental und Calfeisental eher gering sind, im Gegensatz zum Taminatal und dem Cholschlagtal. Auffallend ist, dass Südostlagen in allen vier Tälern weit häufiger besiedelt werden als Westlagen!

Bei den einzelnen Kategorien (Alvi, Alvi(xy)/xy, Alvi/u) fällt auf, dass bei den reinen Grünerlenbeständen (Alvi) vor allem Nordost- bis Nordwestlagen in allen Tälern sehr häufig sind und die Südlagen meist sehr gering vertreten sind. Dies deutet darauf hin, dass es sich bei den reinen Alvi eher um dichte Flächen auf optimalen Standorten handelt (Zufuhrlagen und Schatthänge). Bei den Grünerlenbeständen mit Übergang zu Offenland ist die Verteilung zum Teil deutlich anders. So stocken im Calfeisental weitaus am meisten Grünerlenflächen in Südost-Südwestlagen, in den Südlagen befinden sich die einwachsenden Alpbetriebe, in den Nordflanken die Lawinenzüge (dichte Grünerlenbestände).

Weisstannental: Vergleich mit Angaben aus Bolleter (1920)

„Das Alnetum viridis bildet besonders an steilen, schattigen Hängen (Ost- und Nordlagen) ausgehnte, dichte Gehölze.“

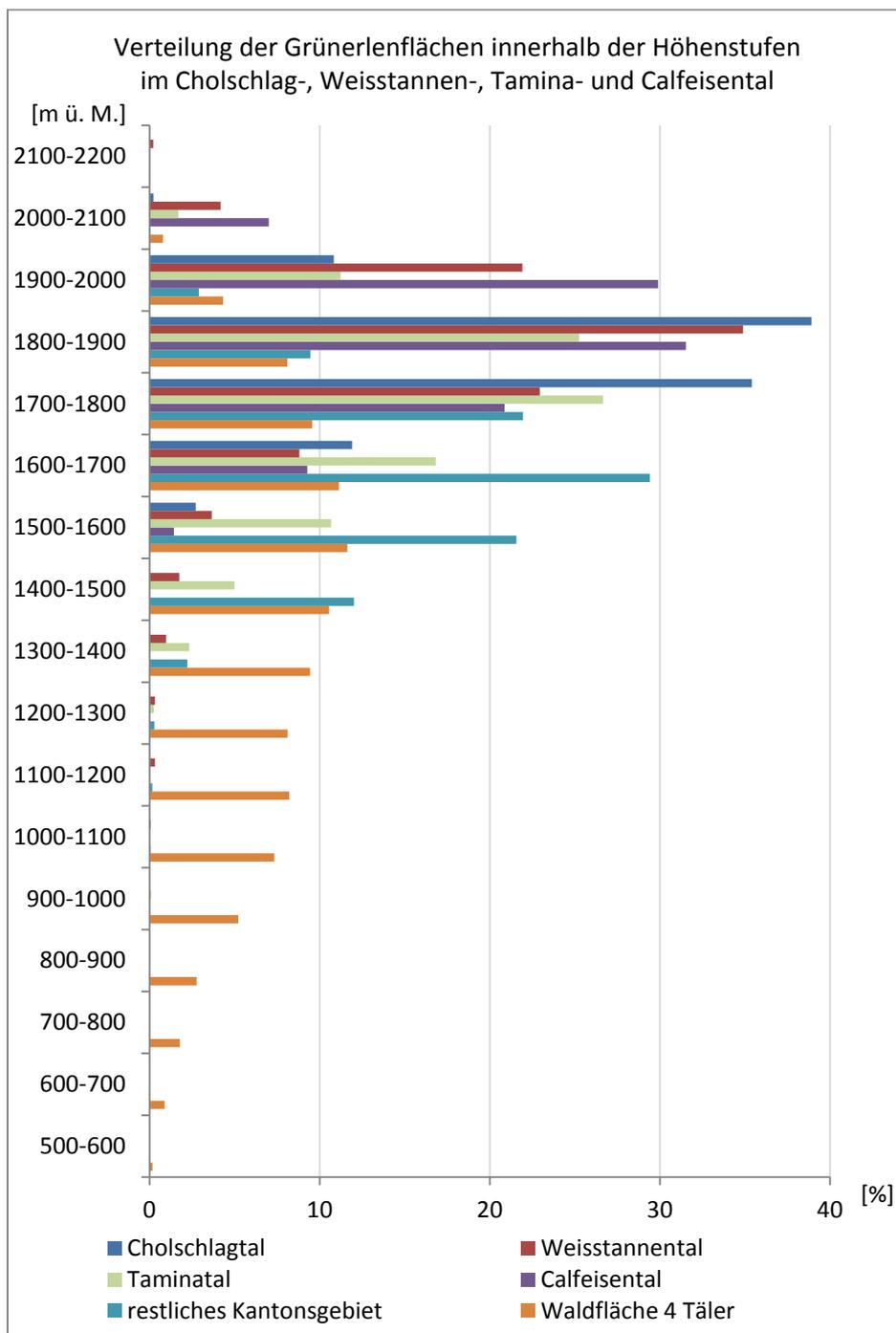
7.3.4 Höhenstufe

Die Verteilung der Grünerlenbestände im Vergleich zur gesamten Waldfläche über die Höhenstufen hinweg (siehe Diagramm im Anhang 3.3) ist ähnlich wie in den übrigen Untersuchungsgebieten. Die Grünerle stockt oberhalb von 1'300 m ü. M., ihre Hauptverbreitung liegt zwischen 1'700 – 2'000 m ü. M.. Oberhalb 1'700 m ü. M. beträgt der Grünerlenanteil bereits über ein Drittel der Waldfläche, oberhalb 1'800 m ü. M. sogar zwei Drittel! Oberhalb 2'100 m ü. M. kommt sie nur noch in geringem Ausmass vor (übereinstimmend mit Bolleter, 1920).

Im Weisstannental nimmt die Grünerle bereits ab 1'700 m ü. M. über die Hälfte der Waldfläche ein, oberhalb 1'800 m ü. M. sogar über 80 %. Anders sieht es im Taminatal aus, dort beträgt der Grünerlenanteil nie über 50 % und der Hochwald steigt ebenso hoch wie die Grünerlenbestände.

Weisstannental: Vergleich mit Angaben aus Bolleter (1920)

„Das *Alnetum viridis* findet sich sowohl als Unterholz an lichten Stellen des Nadelwaldes, als auch als Hauptbestand in der darüber liegenden Baum- und Krüppelzone. ... *Alnus viridis* beginnt bei ca. 1'400 m ü. M. häufig zu werden; sie reicht im Mittel bis 2'050 m ü. M. (Wannekopf 2'100 m ü. M., Tülls 2'000 m ü. M., Foo 2'050 m ü. M., Valtnov 2'000 m ü. M., Valtüsch 2'000 m ü. M., Gafarra 2'050 m ü. M.).“



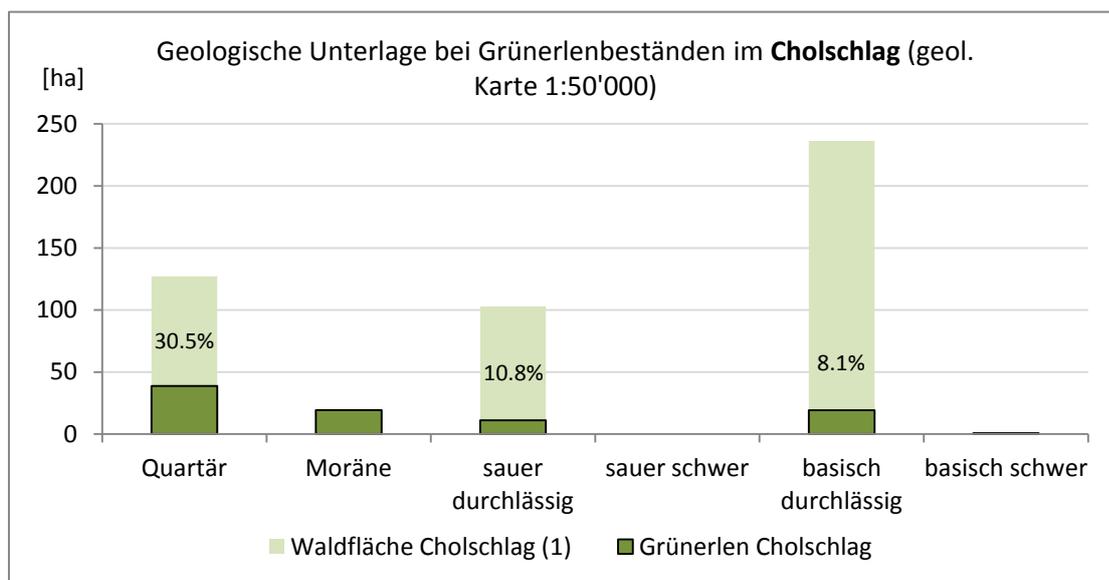
Diagr. 22: Flächenanteile der Grünerlenbestände der vier Täler im Verhältnis zur Waldfläche der vier Täler insgesamt.

Bei der prozentualen Verteilung der Grünerlenbestände in den einzelnen Tälern liegt der höchste Prozentsatz bei allen Tälern zwischen 1'800 – 1'900 m ü. M., ausser beim Taminatal (100 m tiefer) und beim restlichen Kantonsgebiet (200 m tiefer). Der höchste Prozentsatz bei der Waldfläche (alle vier Täler zusammen genommen) liegt 300 m tiefer als bei den Grünerlen, zwischen 1'500 – 1'600 m ü.M.. Die prozentuale Verteilung der Waldfläche ist im Gegensatz zu den Grünerlenanteilen sehr ausgeglichen. Im Cholschlagtal stocken die Grünerlen fast ausschliesslich (74 %) zwischen 1'700 - 1'900 m ü. M.!

7.3.5 Geologie

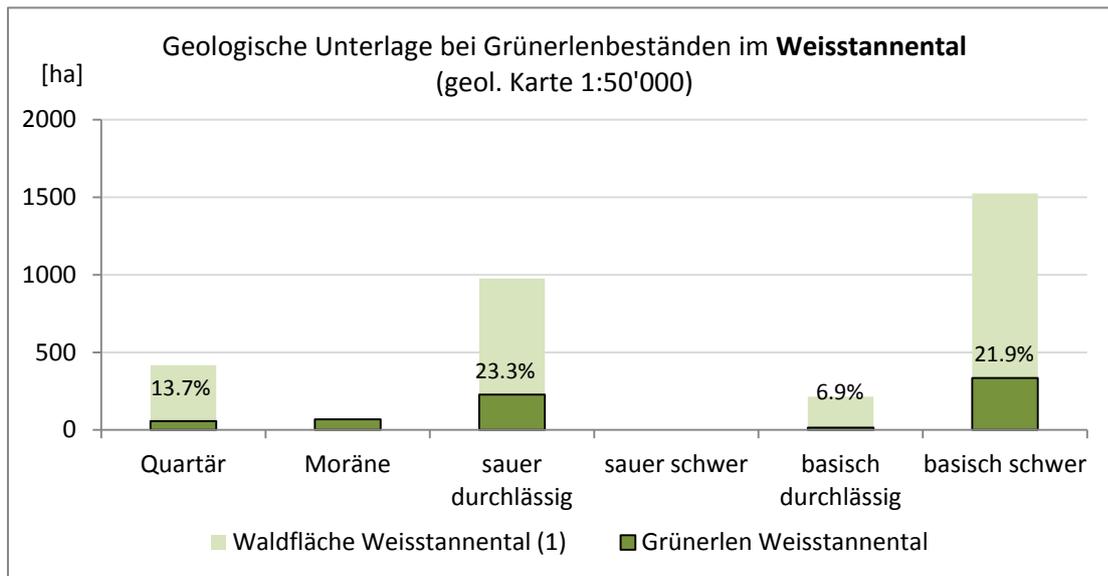
Bei den nachfolgenden Diagrammen wurden die Hektar-Werte der Grünerlenbestände jeweils aus der geologischen Karte 1:50'000 (Oberholzer, 1920) erhoben aufgrund besserer Genauigkeit und grösserer Aussagekraft, während die Hektar-Werte der Gesamtwaldfläche aus der tektonischen Karte 1:500'000 stammen. Dies hat u.a. zur Folge, dass bei der Gesamtwaldfläche beim Quartär zusätzlich die Moränen enthalten sind. Aus diesem Grund wird bei der Interpretation jeweils das Quartär und die Moränen bei den %-Anteilen zusammengefasst. Auch kann aus diesen unterschiedlichen Grundlagen für die Grünerlenbestände einerseits und die Waldfläche andererseits, nicht immer %-Anteile angegeben werden (bei Unstimmigkeiten jeweils weggelassen in den Diagrammen).

Cholschlagtal:



Diagr. 23: Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen im Verhältnis zur Waldfläche (inkl. Gebüschwald). Legende: (1) = Zahlen aus der Auswertung der tektonischen Karte 1:500'000. Gesamtwald = Waldgesellschaften inkl. Alvi.

Im Cholschlagtal befinden sich Grünerlenbestände vor allem auf Quartär (39 ha) und Moräne (19 ha), somit beträgt der Anteil an der Gesamtwaldfläche 45.7 % (Quartär und Moräne zusammengefasst). In geringerem Masse sind die Grünerlen auf saurer durchlässiger geologischer Unterlage (11 ha, v.a. auf Quarten-Formation) und basischer durchlässiger geologischer Unterlage (19 ha, v.a. Lias) vertreten.

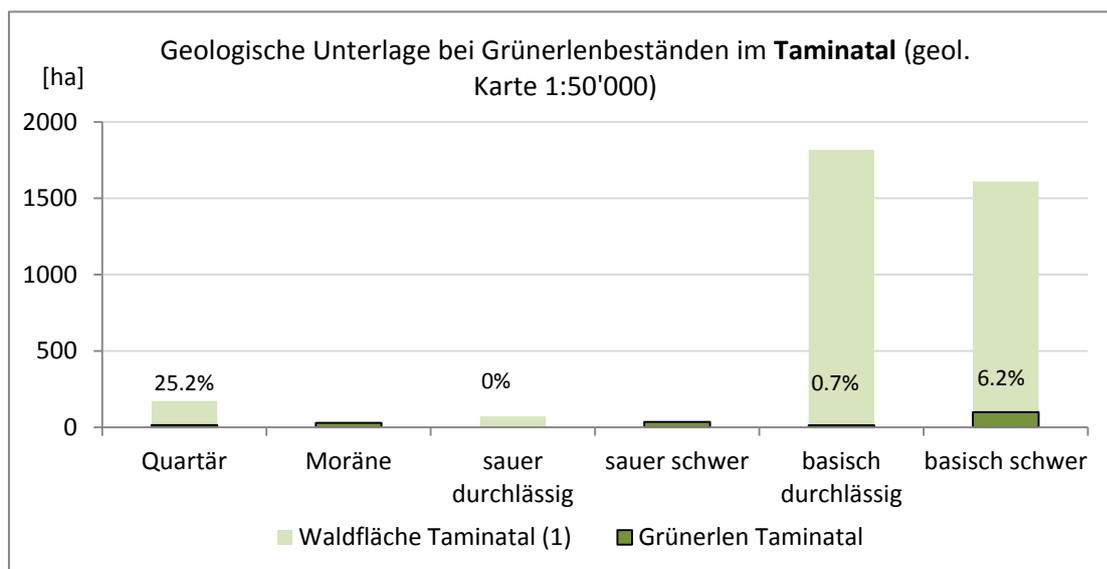
Weisstannental:

Diagr. 24: Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen im Verhältnis zur Waldfläche (inkl. Gebüschwald). Legende: (1) = Zahlen aus der Auswertung der tektonischen Karte 1:500'000. Gesamtwald = Waldgesellschaften inkl. Alvi.

Im Weisstannental stocken Grünerlenbestände sehr häufig auf basisch schwerem Gestein (334,6 ha, insgesamt 21.9 % der Gesamtwaldfläche; vor allem auf Wildflysch und Blattengratschichten). Ebenfalls stark vertreten sind die Grünerlen auf saurem durchlässigen Gestein (227,6 ha, 23.3 % der Gesamtwaldfläche; v.a. auf Verrucano und Quarten-Formation). Der basische, durchlässige Nummulitenkalk scheint für die Grünerle nicht ideal zu sein (Gebiet Foo).

Weisstannental: Vergleich mit Angaben aus Bolleter (1920)

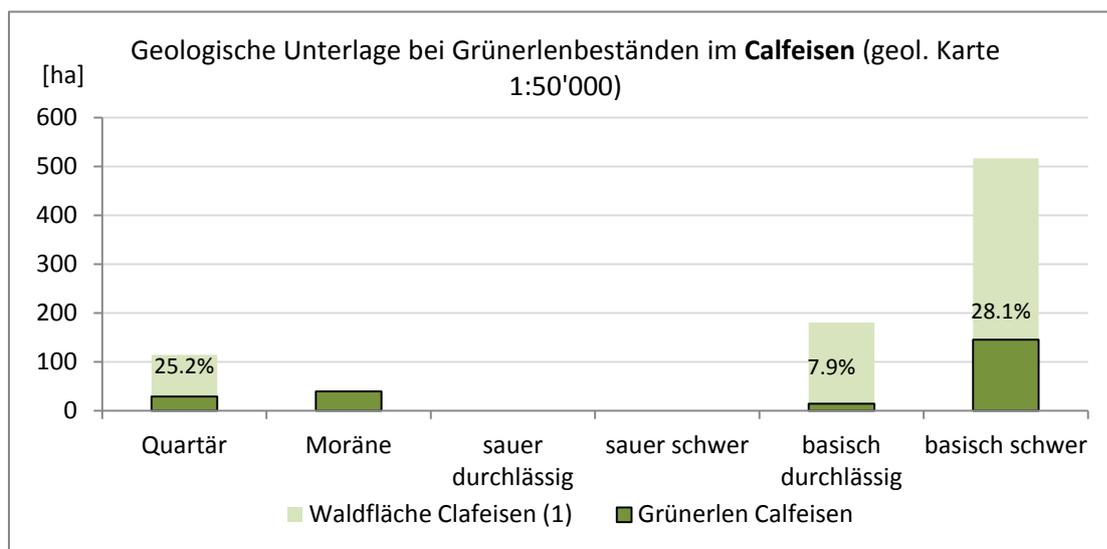
„Das Alnetum viridis bildet besonders ... auf Schiefer und Verrucano ausgedehnte, dichte Gehölze.“

Taminatal:

Diagr. 25: Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen im Verhältnis zur Waldfläche (inkl. Gebüschwald). Legende: (1) = Zahlen aus der Auswertung der tektonischen Karte 1:500'000. Gesamtwald = Waldgesellschaften inkl. Alvi.

Beim Taminatal ist der Grünerlenanteil an der Gesamtwaldfläche sehr tief (5.2 %) im Vergleich zu den anderen drei Tälern (alle über 19 % liegend). Der Anteil an basischem Gestein im Taminatal ist sehr hoch. 99 ha der Grünerlenbestände stocken auf basisch schwerer geologischer Unterlage (6.2 % des Gesamtwaldes; v.a. auf Wildflysch und Globigerinenmergel) und in geringerer Masse auf saurer schwerer geologischer Unterlage (35 ha, v.a. Sandsteine und Dachschiefer). Der Anteil an der Gesamtwaldfläche bei Quartär und Moräne beträgt 25.1 %. (43,2 ha). Sehr wenig Grünerlen stocken auf Schraffenkalk und Malmkalk, beides sind sehr massige Kalke, das heisst, sie enthalten viel Kalk und nur wenig Tonanteile. Wenn sie verwittern bleibt nur wenig Material zurück, da ja der Kalk in Wasser aufgelöst wird.

Im Taminatal stocken im südlichen Teil vermehrt Legföhren statt Grünerlen. Die Legföhren sind vor allem auf Seewerkalk, Malmkalk und auf Felsbändern (auch von saurem Gestein). Diese Gesteinsformen werden von den Grünerlen allesamt nur wenig besiedelt.

Calfeisental:

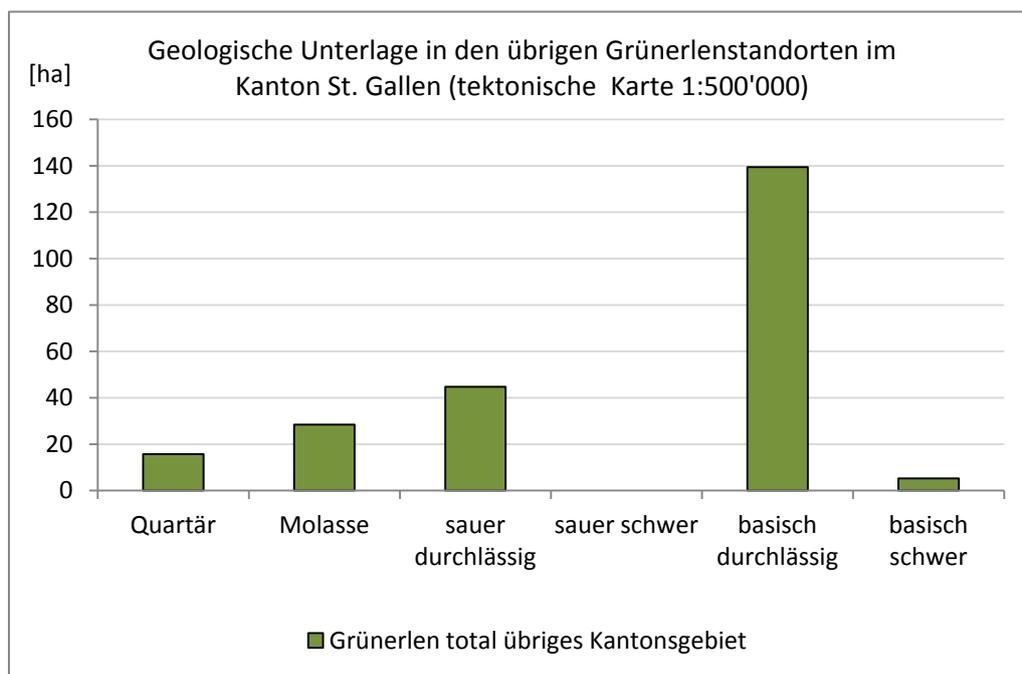
Diagr. 26: Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen im Verhältnis zur Waldfläche (inkl. Gebüschwald). Legende: (1) = Zahlen aus der Auswertung der tektonischen Karte 1:500'000. Gesamtwald = Waldgesellschaften inkl. Alvi.

Das Calfeisental ist das Tal mit dem höchsten Grünerlenanteil (28 %). Es kommen keine sauren Gesteine vor. Die Grünerle bevorzugt gut verwitterte Böden, es wachsen 145.4 ha Grünerlenbestände auf basisch schwerer geologischer Unterlage. Diese liegen v.a. auf Wildflysch und in geringerem Ausmass auch auf Globigerinenmergel. Ein grosser Anteil der Quartär- und Moräneböden wird ebenfalls von den Grünerlen bedeckt (59.8 % im Vergleich zum Gesamtwald). Der Wildflysch umfasst den grössten Teil des Calfeisentals oberhalb Ancapaa. Der Flysch ist petrographisch recht heterogen. Massige Felsbänke aus silikatreichem, basenarmem Sandstein wechseln mit stark geschieferten, stark tonigen, basenreichen Schichten. Hangrutschungen und stark gepresste Schichten mit tonigen Gleit-horizonten sind keine Seltenheit. Es existiert eine Abnahme des Basengehaltes von Ost nach West. Beim Gamserälpli stocken auf Wildflysch Grünerlen und beim angrenzenden Blockschutt und Gehängeschutt wachsen Legföhrenbestände.

Der Schwemmkegel bei Alp Sardona wird nicht von Grünerlen besiedelt, dies sind aber vermutlich auch die besten Weideböden und deshalb nicht einwachsend.

Zusammenfassung der vier Täler (Diagramm siehe Anhang 3.4):

Im Vergleich zur Verteilung des Gesamtwaldes bevorzugt die Grünerle klar sauer durchlässige Unterlagen (20.7 % der Gesamtwaldfläche, v.a. Flächen im Weisstannental), Moräne- und Quartärgestein (35.5 %) und basisch schwere geologische Unterlagen (15.9 %, ausser im Cholschlagtal weit verbreitet, v.a. Wildflysch). Den geringsten Flächenanteil weist sie auf basisch durchlässigen geologischen Unterlagen (2.5 %) auf. Flächenmässig stocken Grünerlenbestände am häufigsten auf basisch schweren (580 ha) und sauren durchlässigen geologischen Unterlagen (239 ha).

Zusammenfassung des übrigen Kantonsgebietes:

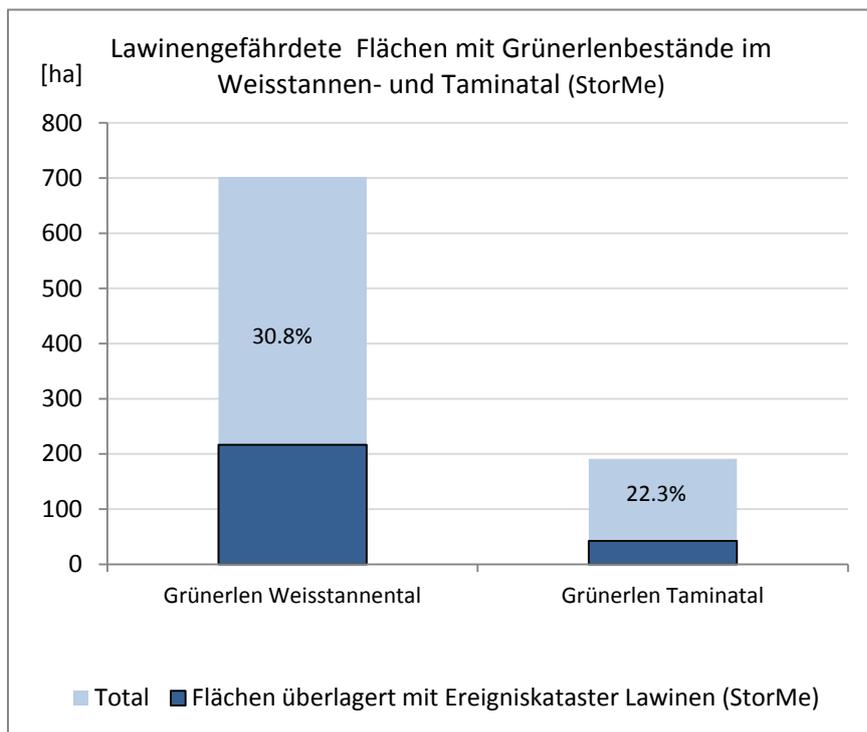
Diagr. 27: Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen des übrigen Kantonsgebietes.

Bezüglich der Verteilung der Grünerle und ihrer geologischen Unterlage siehe Anhang 3.5. Der hohe Anteil an basisch durchlässiger Unterlage kommt daher, dass ein Grossteil des Toggenburgs aus Ober- und Unterkreide besteht. Bei der sauer durchlässigen Unterlage dominiert der Verrucano (Flumserberge, Schilstal, Murgtal und Wangs-Vilters). Ein möglicher Grund, weshalb im Toggenburg nicht mehr Grünerlenbestände anzutreffen sind, könnte sein, da viel massiger Kalk vorkommt (basisch durchlässig) und der Anteil von steilen Lagen mit wenig durchlässigen Böden klein ist. Ebenfalls sind gute Lagen für Grünerlen eher noch durch die Landwirtschaft besetzt.

Im Rheintal kommen einerseits bei Werdenberg Grünerlen vor, diese sind z.T. aufgeforstet (z.B. im Einzugsgebiet des Trübbaches). Bei Hurscht, Werdenberg wuchs eine Alp ein, ein Zeichen, dass auch hier die Grünerle keine Probleme aufweist beim Besiedeln von vergandenden Flächen (Oberkreide, Nordosthang). Beim Voralpsee bestehen grossflächige Grünerlenbestände auf steilen Lawinhängen (Unterkreide).

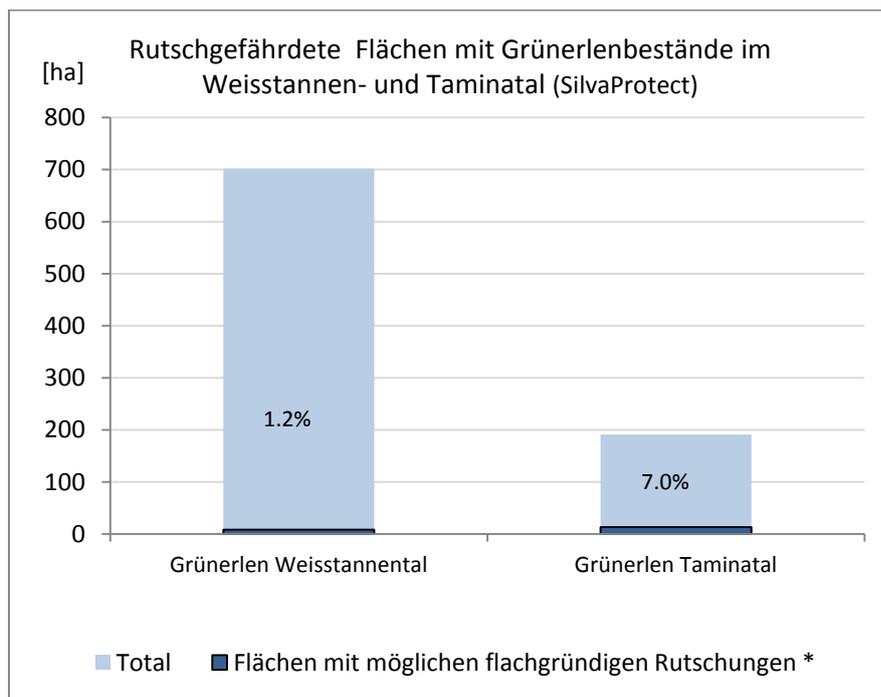
In den Flumserbergen, dem Schilstal und dem Murgtal kommt der Verrucano v.a. als Blockschutt vor, dies scheint für die Grünerlen eine weniger geeignete Unterlage zu sein. Im Murgtal stocken deshalb und aufgrund der steilen Felswände eventuell eher Legföhren. Im Schilstal stockte vor dem Sturm Vivian ein geschlossener Wald. Nach Vivian entstanden viele Erosionsstellen. Diese sind eventuell noch zu aktiv als dass die Grünerlen einwachsen könnten. Im Schilstal ist ausserdem die Alpwirtschaft noch stark verbreitet und der Beweidungsdruck eventuell noch genügend hoch (keine rückläufigen Zahlen bei den Tierzahlen wie auf dem Grossteil der Alpen in der Schweiz).

7.3.6 Grünerlen im Einflussbereich von Naturgefahren



Diagr. 28: Lawinengefährdete Flächen mit Grünerlenbeständen im Weisstannental und Taminatal.

Bei den untersuchten Tälern im Kanton St. Gallen scheinen einzig beim Weisstannental und in geringerem Masse im Taminatal die vergangenen Ereignisse im StorMe (systematische Aufnahmen seit 1997) flächig und ziemlich vollständig erhoben worden zu sein. Aus diesem Grund wurden nur diese beiden Täler ausgewertet. Im Weisstannental sind mindestens 31 % der Grünerlenbestände von Lawinenniedergängen betroffen, im Taminatal sind es noch 22 %. Diese Werte liegen sicher zu tief, sind aber realistischer als die Ergebnisse von SilvaProtect.



Diagr. 29: Rutschgefährdete Flächen mit Grünerlenbeständen im Weisstannental und Taminatal.

Die rutschgefährdeten Flächen nach SilvaProtect mit Grünerlenbeständen machen einen deutlich geringeren Anteil aus, als die lawinengefährdeten Flächen. So beträgt der Anteil im Weisstannental nur 1.2 %, im Taminatal 7 %. Dieser Unterschied zwischen dem Weisstannental und dem Taminatal ist nicht auf die Geologie zurückzuführen, da im Weisstannental der Anteil des rutschanfälligen Wildflysches viel höher ist als im Taminatal.

8 Diskussion

8.1 Übersicht

	Glarus	Surselva, GR (nur Flächen innerhalb WSK!)	Cholschlag	Weisstannental	Taminatal	Calfeisen
Gesamtwaldfläche inkl. Gebüschwald	20'878 ha	14'884 ha	466 ha	3'110 ha	3'579 ha	785 ha
Fläche des aktuellen Grünerlenbestandes	2536 ha	2'542 ha	89 ha	702 ha	191 ha	228 ha
Anteil Grünerlen an Gesamtwaldfläche	12 %	17 %	19.1 %	22.4 %	4.9 %	28.3 %
Zunahme Grünerlenfläche im Vergleich zu früher (gesamthaft, nicht nur konstanter Anteil)	94 %	126 %				
Anteil von neu hinzugekommenen Grünerlen des aktuellen Grünerlenbestandes	57 % (1'285 ha)	70 % (1'777 ha)				
konstante Grünerlenbestände	1'100 ha	766 ha				
Anteil ehemaliger Grünerlenbestände (an Gr.e.best. v. 1928 u. 1916), bei welchen inzwischen Hochwald aufkommen konnte	Bei 99 ha möglich (7.6%); bei 17.9 ha wahrscheinlich (1.4%)	Bei 297 ha möglich (26%); nur bei 53 ha wahrscheinlich (4.7%)				
Exposition: Aktueller Grünerlenbestand im Vergleich zur Gesamtwaldfläche	Überproportional NW-NO	Überproportional W-NW und NO-O	Überproportional NW und O	Überproportional N-O, im Mittel SW-W	Überproportional N-O	Überproportional W-O
Exposition: Neu hinzugekommene Grünerlen	Überproportional NW-O	Überproportional W-NW und NO-O				
Exposition: Zu Hochwald eingewachsene Flächen	Überproportional SW-N	Überproportional NO-SO und SW-W				
Höhenstufen: Aktueller Grünerlenbestand im Vergleich zur Gesamtwaldfläche	Ab 1'600 m über ein Drittel Grünerlen	Ab 1'700 m über ein Drittel Grünerlen	Ab 1'700 m über ein Drittel Grünerlen	Ab 1'700 m über ein Drittel Grünerlen	Ab 1'800 m über ein Drittel Grünerlen	Ab 1'700 m über ein Drittel Grünerlen
Höhenstufen: Neu hinzugekommene Grünerlen	Ab 1'900 m über ein Drittel Grünerlen	Ab 1'800 m über ein Drittel Grünerlen				

Höhenstufen: Zu Hochwald eingewachsene Flächen	Hauptverbreitung zwischen 1'500-1'700m.	Hauptverbreitung zwischen 1'500-1'800m.				
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	17.3 %	15.9 %	10.8 %	23.3 %	0	0
sauer schwer	0	0	0	0	Keine %-Angabe möglich (35.3 ha)	0
basisch durchlässig	8.3 %	15 %	8.1 %	6.9 %	0.7 %	7.9 %
basisch schwer	23.6 %	0	0	21.9 %	6.2 %	28.1 %

Tab. 19: Zusammenfassung Resultate der verschiedenen Untersuchungsgebiete.

8.2 Flächenanteile und Verbreitung

In allen untersuchten Gebieten ausser dem Taminatal beträgt der Flächenanteil der Grünerle über 12 % (im Verhältnis zur Waldfläche inkl. Gebüschwald), im Weisstannental und im Calfeisental sogar über 20 %. Bei der Surselva beträgt der Grünerlenanteil innerhalb des Waldschadenperimeters bereits 17 % (würde man die nicht bearbeiteten Flächen von 1916 ebenfalls noch dazu nehmen [mit dem Wissen, dass sich dieser Anteil seither ebenfalls verändert hat], käme man auf einen Grünerlenanteil von über 30 %!). Es bestehen keine wesentlichen Unterschiede zwischen den ozeanischen nördlichen Randalpen und den eher kontinental geprägten nördlichen Zwischenalpen. Das zeigt, dass die Verbreitung nicht auf bspw. „ozeanische Gebiete“ eingeschränkt werden kann, sondern eine feinere Ansprache erfolgen muss im Sinne von Mayer & Ott (1991), welche betonen, dass die grossen klimatischen Gegensätze zwischen den warm-trockenen-subkontinentalen Tallagen und den feucht-kühl-subozeanischen Gipfellagen beträchtlich sein können.

Richard (1969) stellte fest, dass die Grünerle im Sommer über 200 mm Wasser pro Monat verbraucht. Nach Meteoschweiz erreichen das im Monat Juli einzig die Messstationen Braunwald, Klöntal, Urnerboden und annähernd Elm, Glarus, Tierfeld, Weisstannen (Werte aus Tabelle www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_schweiz/tabellen.Par.0011.DownloadFile.ext.tmp/niederschlagssummen.pdf; die Niederschlagsmenge nimmt aber mit der Höhe über Meer zu). Es gilt aber noch weitere Faktoren zu berücksichtigen ausser dem Niederschlag, welche als Wasserlieferanten der Grünerle dienen können (und somit der Niederschlag auch tiefer liegen kann!):

- Lange Schneebedeckung, dies trifft vor allem im Kt. Glarus und im Weisstannental zu (Wasserlieferant bis im Frühsommer).
- Das Vorhandensein von höher gelegenen Gletscher oder Firnfelder (Hager, 1916; Wettstein, 1999), dies kann das Vorkommen im Alpeninnern gegenüber den Randalpen und Voralpen wesentlich begünstigen.
- Luftfeuchtigkeit, Wind (kühle, rauhe Winde, z.B. Talwinde) und Nebel entscheidend (Hager 1916 war sogar der Überzeugung, dass schon die häufigen Bergnebel der subalpinen Stufe die ökologischen Ansprüche des *Alnetum viridis* befriedigen).
- Ebenfalls Bachnähe (Hager, 1916).

Verbreitung

Im Kanton Glarus ist die Grünerle im Norden weniger stark verbreitet als im Süden, 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.

Typisch ist in allen drei Gebieten die grosse Verbreitung in hinteren Tallagen, zusätzlich zu den oben erwähnten Faktoren kann dies auch weitere Gründe haben:

- Tiefer gelegene obere Waldgrenze.
- Grösserer Flächenanteil an Sömmerungsbetrieben - somit mehr zu besiedelnde Brachflächen.
- Den ehemaligen Wäldern wurde weniger Sorge getragen, da sie früher in diesen abgelegenen Lagen keine oder nur geringe Schutzfunktion erfüllen mussten – somit nur noch wenig Reliktstandorte von Waldbäumen und damit geringe Anzahl Samenbäume – geringe Konkurrenz durch Baumarten.

Flächenzunahme

In etwa 75 Jahren verdoppelten sich die Grünerlenbestände sowohl in der Surselva (Zunahme um 126 %; die Zunahme insgesamt liegt ev. noch einiges höher, da die Seitentäler nicht innerhalb des Untersuchungsperimeters liegen) als auch im Kanton Glarus (Zunahme um 94 %). Daraus wird sehr deutlich ersichtlich, **dass sich die Grünerle schneller ausbreitete, als dass sie durch aufkommenden Hochwald ersetzt werden konnte**. Bei den Südtälern des Kantons St. Gallens erfolgte sehr wahrscheinlich ebenfalls eine grosse Zunahme in den letzten Jahrzehnten, da ein Grossteil der Grünerlenbestände (meist Alvi/u; Grünerlenbestände mit Mosaik zu Offenland) an der oberen Waldgrenze liegt und damit zum Grossteil vergandene Alpgebiete bestocken.

Die Flächenzunahme erfolgt in allen Gebieten vor allem an der oberen Waldgrenze. In den Südtälern des Kanton Glarus, aber auch in vielen Gebieten in der Surselva und im Weisstannental befindet sich bereits heute an sehr vielen Lagen an der oberen Waldgrenze ein geschlossener Grünerlengürtel, z.T. mit einer mehreren 100 m breiten Höhenausdehnung (bspw. Chrauchtal, Raminatal östlich von Elm, etc.). **Dieser Grünerlengürtel wird vielerorts den prognostizierten Anstieg der aktuellen Hochwaldgrenze aufgrund des Klimawandels verhindern**. Dies kann dazu führen, falls die Grünerlenbestände ein genügendes Verharrungsvermögen besitzen (schaffen ihr eigenes ausgeglichenes Innenklima, vergrössern die Luftfeuchtigkeit im Bestand, verbessern den Boden, etc.; in einigen Gebieten verharren sie seit Tausenden von Jahren, obwohl das Klima inzwischen sich geändert hat seit dem Optimum während der Ausbreitungsphase), dass Baumarten, welche aufgrund sich ändernder Konkurrenzverhältnisse nach oben ausweichen müssen und geeignete Baumarten bezüglich Klimaresistenz in höheren Lagen wären, zwischen den nachrückenden konkurrenzstärkeren Baumarten und der **Barrierewirkung der Grünerlengürtel** auf kleine Restbestände zurückgedrängt / oder verschwinden werden und somit als Samenbäume künftig fehlen.

- ➔ Dies ist ein deutliches Zeichen, dass den Samenbäumen und den Reliktwäldchen Sorge getragen werden muss.

Das Resultat, dass im Nordwestteil des Kantons Glarus fast ausschliesslich neue Grünerlenflächen und solche aus Einzelsträuchern von Grünerlen vorhanden sind, deutet darauf hin, **dass die Grünerle ein grosses Ausbreitungspotenzial aufweist und eine Neubesiedlung über eine mehrere Kilometer weite Entfernung möglich ist**.

8.3 Exposition

Die aktuellen Grünerlenbestände sind im Kanton Glarus stärker in Nordwest- bis Nordostlagen, in der Surselva in West- bis Ostlagen und in den St. Galler Tälern in Nord- bis Ostlagen verbreitet. Aber überall finden sich auch ansehnliche Anteile in Südost- bis Südwestlagen, in Glarus 15 %, in der Surselva 19 % und in den vier Tälern des Kantons St. Gallen insgesamt 23 %. **Dies zeigt, dass die Grünerle weniger stark an Nordhänge gebunden ist, als bisher publiziert wurde**.

Die konstanten Flächen sind noch ausgeprägter in West- bis Ostlagen, hingegen sind die neu hinzugekommenen Flächen viel breiter gestreut. Das weist darauf hin, dass die neu besiedelten Flächen (meist vergandene Alpweiden, vor allem in den letzten Jahrzehnten stark zunehmend) zum Teil auf suboptimalen Expositionen / Lagen liegen, die Grünerle aber auch dort aufgrund fehlender Konkurrenz (keine Samenbäume in der näheren Umgebung) gute Chancen hat, sich zu etablieren.

Ebenfalls scheint in Glarus bei Flächen in Südwest- bis Nordostlagen eher Hochwald aufkommen zu können als in Ost- bis Südlagen, in der Surselva eher auf Nordost- bis Südost- und Südwest- bis Westlagen. Dies zeigt, dass Grünerlenflächen in suboptimalen Lagen auch eher wieder einwachsen.

8.4 Höhenstufe

Die Grünerle ist in allen drei Gebieten vor allem in der subalpinen Stufe und über der aktuellen oberen Waldgrenze verbreitet. Bei den höher gelegenen Grünerlenflächen handelt es sich eher um neu hinzugekommene oder konstante Flächen. Die tiefer gelegenen Grünerlenflächen haben eher die Chance, zu Hochwald einzuwachsen, dies obwohl die Grünerlenbestände in tieferen Lagen dichter sind und eine grössere Bestandeshöhe aufweisen als in der Waldgrenzregion. Dass tiefere Flächen eher einwachsen können, hat vermutlich die folgenden Gründe:

- Das grössere Angebot an Samenbäumen.
- Der Schutz der angrenzenden Waldbestände (eher einem Waldinnenklima entsprechend). In der Praxis zeigt sich, dass sich Fichten schwieriger verjüngen lassen in Gebieten, wo Fichtenwald heute fehlt, als innerhalb der Waldfläche. Küttel (1990) folgert, dass ausgedehnte Wälder das richtige Mesoklima für ihre eigene Regeneration und Ausdehnung schaffen. Wird der Hochwald abgeholzt, so erschweren sich auch die Bedingungen für eine Wiederbesiedlung.
- Im Boden hat es bereits oder noch immer die benötigten Mykorrhizapartner. Im Fichtenwald werden die Fichtenjungpflanzen über das gemeinsame Pilzgeflecht der fichtenspezifischen Mykorrhizapilze mit Altbäumen von diesen ernährt. In reinen Grünerlengebüschungen fehlen solche "Ammen" - Bäume (Mürner, 1999).
- Der Boden ist besser entwickelt in tieferen Lagen als auf den Alpweiden (durch Viehtritt verdichtet, ausgehagert).
- Eventuell ist auch eher Moderholz von umgefallenen Bäumen aus den angrenzenden Beständen vorhanden für eine erfolgreiche Ansamung von Fichten (trotz Hochstauden) oder Einzelbäume in Grünerlenbeständen dienen dem Jungwuchs als „Ammenbäume“ oder die Verjüngung erfolgt durch Ablegerbildung (durch adventive Bewurzelung der bodennahen Äste an der Talseite der Fichte bilden sich neue Stämme).

Die oft bis anhin publizierte Hypothese, dass Grünerlenflächen die potenzielle Hochwaldgrenze anzeigen, scheint in Glarus nicht der Fall zu sein (bereits 1928 durch Wirz-Luchsinger hinterfragt). Heute liegt die obere Grenze der Grünerlenbestände ca. 200 Meter höher als die obere Waldgrenze (im Bereich der Sömmerungsgebiete anthropogen beeinflusst, bei steilen Flanken aber noch weitgehend natürlich). Zu einem ähnlichen Ergebnis kam Perret (2005) für das Weisstannental. Er kam zum Schluss, dass die Grünerle etwa 70 m höher als die klimatische Fichten-Waldgrenze steigt. In der Surselva können, da der WSK-Perimeter nur bis 2'000 m ü. M. reicht, keine Aussagen dazu gemacht werden, da in der Surselva nur noch eine anthropogene Waldgrenze besteht. Diese liegt etwa 200 m tiefer als die potenzielle Waldgrenze.

Andererseits erfolgt die Umwandlung von Grünerlenbeständen zu Hochwald eher in den tieferen Lagen. Falls dies aufgrund der besseren klimatischen Bedingungen erfolgt, kann davon ausgegangen werden, dass infolge der Klimaerwärmung mehr Grünerlenbestände zu Hochwald einwachsen. Falls dies aber aufgrund des Vorhandenseins von mehr Samenbäumen erfolgt, werden in Zukunft nicht vermehrt Grünerlenbestände zu Hochwald einwachsen.

8.5 Geologie

Die Grünerle ist mehr oder weniger indifferent gegenüber dem Gesteinsboden. Grünerlen bevorzugen basisch schwere und sauer durchlässige geologische Unterlagen. Vorkommen können sie aber überall, auch auf basisch durchlässigen und auf sauren schweren geologischen Unterlagen (die Letzteren kommen aber in den Untersuchungsgebieten auch fast nicht vor). Eine basisch schwere geologische Unterlage muss nicht immer einen kalkreichen Boden aufweisen! Da diese Unterlagen relativ gut verwittern und die Verwitterung durch die Grünerle noch zusätzlich gefördert wird (Grünerlenbestände armieren durch ihr Wurzelwerk den Boden, somit geht die Bodenentwicklung schneller von-

statten und der Kalk wird eher ausgewaschen) entstehen gut entwickelte Böden, das heisst, die Kalkgrenze sinkt tiefer und es entstehen eher Braunerden, ausser bei steilen Lagen, dort liegt die Kalkgrenze näher an der Oberfläche. Im Gegensatz dazu weisen die basisch durchlässigen geologischen Unterlagen wenig entwickelte Böden auf, es entstehen eher Rendzinen und die Kalkgrenze liegt nahe bei der Oberfläche. Bei den basisch durchlässigen Unterlagen gibt es Gesteinsarten, welche die Grünerle eher meidet oder nicht häufig besiedelt (am wenigsten günstig für die Grünerle), dies sind jene aus massigen Kalken, welche einen sehr hohen Kalkanteil und nur wenig Tonanteile aufweisen, z.B. Malmkalk, Nummulitenkalk und Schrattenkalk. Der Seewerkalk hingegen weist mehr Tonanteile auf. Daraus resultieren besser entwickelte Böden und diese werden wiederum eher von Grünerlen besiedelt.

Nach Delarze & Gonseth (2008) sind Grünerlenbestände besonders häufig in den Schieferzonen der Alpennordseite vertreten. Das häufige Auftreten von Grünerlen auf Wildflysch (besonders im Kt. Glarus, Weisstental, Calfeisental und Taminatal) und Bündnerschiefer muss nicht ein Zeichen für eine Vorliebe dafür sein, es kann auch bedeuten, dass der Hochwald früher von sanften Hanglagen (Bündnerschiefer) verdrängt wurde für die Weidegewinnung und heute der Grünerle vermehrt solche Standorte zur Besiedelung zur Verfügung stehen (durch Aufgabe der Beweidung).

Rubli (1976) beschreibt, dass vor 20 bis 30 Jahren grössere Aufforstungen mit Grünerlen in den nördlichen Randalpen vor allem in den Flyschgebieten durchgeführt wurden. Dabei habe sich gezeigt, dass die Grünerle mit ihren Wurzeln verdichtete Bodenhorizonte nicht zu durchdringen vermag, wie dies etwa bei der Schwarzerle der Fall ist.

Auch auf Quartär und Moräne kommen die Grünerlen häufig vor. Moränen, welche aus den verschiedensten Gesteinen zusammengesetzt sind, müssen für jede Kartengrundlage einzeln analysiert werden. Bei Gebieten auf basisch durchlässiger Unterlage ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass im Boden noch Basen vorhanden sind. Bei den Gebieten mit basisch schwerer Unterlage hat sich der Boden teilweise so weit entwickelt, dass die Basen im Wurzelraum ausgewaschen sind.

Ausserdem zeigt sich im Taminatal, dass kalkige Böden mit Mergel (basisch schwere geologische Unterlage [westliche Talseite]) eher mit Grünerlen besiedelt werden und dass kalkige Böden, welche mit Felsen durchsetzt sind, eher Legföhrengelände sind (aufgrund besserer Durchlässigkeit und somit weniger Wasserrückhaltevermögen, trockener [östliche Talseite]).

Zu Hochwald eingewachsene ehemalige Grünerlenflächen kommen nicht häufig auf Schiefer und Mergel vor (gut verwitterbare Gesteine – gehemmte Waldfähigkeit), da es auf schweren Böden schwieriger ist, dass Hochwald aufkommt. Dies könnte bedeuten, dass Grünerlenflächen auf basisch schweren geologischen Unterlagen eher verharren, während Grünerlenbestände auf basisch und sauren durchlässigen geologischen Unterlagen eher zu Hochwald einwachsen können, dass Baumarten gegenüber der Grünerle konkurrenzfähiger auf durchlässiger geologischer Unterlage sind.

8.6 Grünerlen im Einflussbereich von Naturgefahren

Eigentlich sollte anhand der Auswertungen aufgezeigt werden, wo eine Entwicklung von Grünerlenflächen zu Hochwald aufgrund von häufig wiederkehrenden Lawinnenniedergängen oder Rutschaktivität verhindert wird. Bei den 30-jährlichen Lawineneignissen ist kein Aufkommen von Hochwald möglich, bei den 100- und 300-jährlichen hingegen schon (Hochwald wird aber beim Eintreffen von Ereignissen wieder zerstört).

Die Auswertung des Einflusses von Naturgefahren konnte aufgrund der vorhandenen Daten nicht zufriedenstellend durchgeführt werden. Die Daten von SilvaProtect (Event) beinhalten alle potentiellen Flächen, welche von 300-jährlichen Lawinen bzw. oberflächlichen Rutschungen betroffen sein könnten, ohne jegliche Berücksichtigung des Waldes oder vorhandener Schutzmassnahmen. Das Trajektorienmodell weist realistischere Zahlen auf als SilvaProtect, zeigt aber ebenfalls keine wesent-

lichen Unterschiede zwischen Flächen, wo Hochwald stockt / aufkommen konnte und Grünerlenbeständen.

Die Daten aus den StorMe-Aufzeichnungen liefern realistischere Werte, sind aber stark von der Erhebung vor Ort abhängig (in abgelegenen Seitentälern bspw. werden weniger Lawinenereignisse erhoben). Diese Erhebung der Ereignisse liegt nicht flächendeckend für die Untersuchungsgebiete vor und wird erst seit kürzerer Zeit systematisch erfasst (Surselva seit 2000, St. Gallen seit 1997).

So ergaben einzig die Ergebnisse für das Weisstannental und das Taminatal (umfangreiche Aufzeichnungen in StorMe) annähernd realistische Werte. Es wird angenommen, dass der realistische Anteil lawinenbeeinflusster Grünerlenbestände im Bereich zwischen den Zahlen von StorMe und dem Trajektorienmodell liegt.

Die Auswertung der rutschgefährdeten Flächen zeigte bei allen Untersuchungsgebieten ebenfalls keine Tendenz, dass Grünerlen eher auf solchen Flächen Dauerstadien bilden und kein Hochwald aufkommen kann.

8.7 Diskussion der zu Hochwald werdenden ehemaligen Grünerlenflächen

Richard (1990) unterscheidet drei Typen von Grünerlenbeständen (siehe Kap. 2.6, Teil A):

1. Ursprüngliche Grünerlenbestände (hochstaudenreich, an der oberen Waldgrenze, v.a. an Nordhängen).
2. Sekundäre Grünerlenbestände (auf natürliche Weise entwaldete Standorte [v.a. durch Lawinen-niedergänge] v.a. an Nordhängen).
3. Sekundäre, anthropogene Grünerlenbestände (entwaldete Gebiete für die Weidenutzung).

Wir schliessen uns der Meinung von Richard (1990) an, dass im Allgemeinen Nr. 1 Dauergesellschaften / Klimaxgesellschaften bildet, Nr. 2 Dauergesellschaften und Nr. 3 eine Pioniergesellschaft bildet, die bei vorhandenen Samenbäumen möglicherweise wieder einwachsen kann zu Hochwald (je weniger ozeanisch das Klima, desto wahrscheinlicher der Einwuchs).

Wir vermuten aufgrund unserer Arbeit in den Untersuchungsgebieten, dass:

- Auf normalen, ozeanischen Standorten die Grünerle als Dauergesellschaft verharret.
- Auf speziellen (Kuppenlagen, flachgründige Lagen, etc.), ozeanischen Standorten (suboptimale Lagen) ein Einwuchs eher möglich ist.
- In tieferen Lagen aufgrund genügend vorhandener Samenbäume und vor allem bei kleinflächigeren Grünerlenbeständen es für den umliegenden Hochwald einfacher ist, den Bestand wieder zu schliessen.
- Auf noch stärker kontinentalen Lagen auf suboptimalen Lagen ein Einwuchs gut möglich ist (dies müsste aber noch überprüft werden).

8.7.1 Verhindert die Grünerle das Aufkommen von Nadelwald?

Im Kanton Glarus sind innerhalb von 75 Jahren weniger als 2 % und in der Surselva weniger als 5 % der ursprünglichen Grünerlenbestände zu Hochwald eingewachsen (wahrscheinlicher Einwuchs, siehe Tabelle 11). **Daraus wird sehr deutlich, dass vor 75 Jahren die Grünerlenbestände nur in wenigen Fällen ein Sukzessionsstadium für Hochwald waren.** Die Grünerlen sollten im ozeanischen Bereich nicht als temporäre Pionierphase angesehen (und somit unterschätzt), sondern als Dauergesellschaft in der forstlichen und landwirtschaftlichen Planung mitberücksichtigt werden. Zum Beispiel könnte bei nicht lawinengefährdeten Lagen welche brachgelegt werden, die Naturverjüngung von Fichten und Lärchen vorzeitig aktiv gefördert werden, damit ein genügender Vorsprung gegenüber der

Grünerle entstehen kann und das Aufkommen von Hochwald für die Zukunft wahrscheinlicher ist. Die natürliche Ansamung von Bäumen ist aber wiederum nur möglich, wenn noch Samenbäume und Reliktwäldchen in der näheren Umgebung (ca. 100 m) vorhanden sind.

Nicht überprüft wurde, ob heute zu Hochwald eingewachsene ehemalige Grünerlenflächen aus Aufforstungen entstanden (könnte in der Surselva in einzelnen Gebieten der Fall sein), oder zur Stabilisierung von Rutschgebieten eingebaut wurden oder früher die Grünerle als Vorbau für das natürliche Aufkommen von Klimaxwald angepflanzt wurde (von Kasthofer, 1825, Bischoff, 1987 und Mayer & Ott, 1991 noch empfohlen, in Hahn, 2011 für Flächen in Luzern dokumentiert).

Für wirklichkeitsgetreue Angaben müssten die Flächen im Feld überprüft und die Förster nach der Entstehungsart befragt werden!

Offen ist die Frage, ob in den 75 Jahren ev. so wenig Einwuchs zu Hochwald erfolgte, weil bis in die Zeit von Hager die Grünerle nur an steilen Hängen, Runsen, etc. geduldet wurde. Gleichzeitig sind dies optimale Standorte für die Grünerle und deshalb eher Dauer- oder Klimaxstadien. Die grossflächige Ausbreitung der Grünerle auf suboptimalen Standorten (v.a. aufgegebene Alpen, Wildheuf Flächen, anthropogen verursachte Grünerlenbestände) fand erst in den letzten Jahrzehnten statt. Die Entwicklungsdynamik dieser Grünerlenflächen zu Hochwald ist anhand der konsultierten Fachliteratur und der Beobachtungen noch nicht mit Bestimmtheit voraussehbar. Gleichzeitig fehlen in diesen suboptimalen Gebieten auch je länger je mehr Samenbäume für die natürliche Wiederbewaldung.

Da in der Surselva die Grünerlen nur innerhalb des WSK-Perimeters erhoben wurden, und dieser im Bereich von maximal 2'000 m ü. M. endet, wurden hauptsächlich die Grünerlenbestände unterhalb der aktuellen Waldgrenze ausgewertet. Somit liegen die Grünerlenbestände mehrheitlich im Bereich der heutigen Hochwaldflächen. Dies hat zur Folge, dass der Prozentsatz der zu Hochwald einwachsenden Flächen im Verhältnis zu den einwachsenden Flächen des Kanton Glarus eher höher liegen sollte (im Kanton Glarus befinden sich über 8 % der Grünerlenbestände oberhalb der aktuellen Waldgrenze [Annahme um 1'900 m ü. M.] und liegen somit auch oberhalb der heutigen Hochwaldflächen), da die Grünerlen von Hochwald / Samenbäumen hypothetisch umgeben sind.

In der Literatur wird von einigen Autoren das Aufkommen von Nadelwald als möglich aufgeführt oder belegt. Dies betrifft aber andere Untersuchungsregionen/ Klimazonen, meist einzelne Bestände oder andere Vegetationen im Unterwuchs (keine Hochstauden) als in unseren Untersuchungsgebieten.

8.7.2 Finden sich Beispiele von (ehemaligen) Grünerlenbeständen, die sich in Nadelwälder verwandelt haben oder im Begriff sind Nadelwälder zu werden?

Von den weniger als 7.6 % Flächen im Kanton Glarus, welche **möglicherweise** mit Bäumen eingewachsen sind, entwickelten sich 76 ha, das heisst über die Hälfte zu Nadelwald. Der Grossteil wurde als 60* (Reitgras-Fichtenwald) angesprochen, eine Waldgesellschaft mit natürlicherweise stetem Vorkommen von Grünerlen im Unterwuchs. Bei einem Grossteil der Flächen waren bereits 1928 Samenbäume vorhanden. Weitere 1.6 ha entwickelten sich möglicherweise zu Buchenwald, 7.5 ha zu Tannen-Buchenwald und 13.4 ha zu Edellaubwäldern.

In der Surselva ist keine Aussage möglich, da eine solche Auswertung sich zu aufwändig gestalten würde aufgrund der komplexen Struktur der vorhandenen Datengrundlagen (WSK). Es wird aber angenommen, dass ein Grossteil des entstandenen Hochwaldes aus Fichten besteht (höherer Anteil als im Kanton Glarus).

Zur Frage, „wie unterscheiden sich die Grünerlenbestände, die sich zu Nadelwald entwickeln von jenen, die Grünerlenbestände bleiben?“ siehe entsprechende Kapitel bezüglich Exposition, Höhenstufe und Geologie (4.3, 4.4, 4.5). Für weitere Aussagen müssten die eruierten Flächen im Feld überprüft und die Standortsunterschiede beurteilt werden.

9 Fazit

Die Grünerle wird unterschätzt, zu wenig wahrgenommen (ausser wenn sie bereits grossflächig vorhanden ist). Auf Grund der vorliegenden Untersuchungen können folgende Schlüsse gezogen werden:

- In den Grünerlenbeständen der Untersuchungsgebiete ist ein Einwachsen von Fichten bisher fast nicht möglich. → **Die Grünerle verhindert im Gebiet das Aufkommen von Nadelwald weitgehend, mindestens auf jenen Flächen, wo die Grünerle schon lange vorkommt.** Auf den in den letzten Jahrzehnten neu eingewachsenen Grünerlenflächen kann mit dieser Untersuchung noch nicht beurteilt werden, wie stark die Flächen mit Nadelbäumen einwachsen können.
- In der Surselva haben in den meisten untersuchten Seitentälern die Nadelbäume in den letzten 75 Jahren abgenommen. In diesen Gebieten fehlen neu die Samenbäume von Fichte und Arve, auf diesen Flächen ist das natürliche Aufkommen von Nadelwald wegen der fehlenden Samenbäumen nicht möglich.
- Die Grünerle ist im Begriff, in sämtlichen Untersuchungsgebieten (ausser Taminatal) im Bereich der Waldgrenze einen Grünerlengürtel zu bilden. Mit dem Klimawandel steigt die Waldgrenze, die Baumarten wandern in die Höhe – dies ist bei einem z.T. mehrere 100 m breiten Grünerlengürtel an der heutigen oberen Waldgrenze sehr oft nicht möglich. Dass es der Grünerle auch irgendwann zu trocken wird ist möglich, aber dadurch, dass sie ihr eigenes Bestandesinnenklima schafft (feuchter und ausgeglichener) besitzt die Grünerle ein beachtliches Verharrungsvermögen.

Desweiteren sind ihre Standortsansprüche weniger eng zu sehen:

- Die Grünerle wächst nicht nur in ozeanischen Gebieten, sie kommt auch in kontinentaleren Lagen auf (Surselva).
- Die Grünerle ist nicht auf Nordwest- bis Ostlagen beschränkt – sie kann auf allen Expositionen vorkommen.

Die Grünerle ist nicht kalkmeidend, sie bevorzugt aber basisch schwere oder saure durchlässige geologische Unterlagen. Sie ist weniger häufig auf basisch durchlässigen geologischen Unterlagen, vor allem massigen Kalken mit hohem Kalkanteil und wenig Ton oder Silikat. Saure schwere Unterlagen kamen im Gebiet zu wenig vor für Aussagen.

Bericht Grünerle, Zusammenfassung

10 Zusammenfassung Teil A und B

10.1 Ausgangslage

Die Grünerle breitet sich in vielen Gebieten der Schweiz im subalpinen Bereich aus. Das BAFU wollte zu einer differenzierten Diskussion der Eigenschaften und Auswirkungen der Grünerle beitragen. Dazu war zusätzliches Wissen über die Grünerle und ihre Ansprüche im subalpinen Bereich vonnöten. Insbesondere soll in der vorliegenden Arbeit der Stand des derzeitigen Wissens dargestellt und die Bandbreite der Eigenschaften und Auswirkungen der Grünerle aufgezeigt werden.

Folgende Fragen waren für das BAFU zu beantworten:

- Wie hat sich die Grünerle im Alpenraum entwickelt?
- Verhindert die Grünerle das Aufkommen von Nadelwald? Finden sich Beispiele von (ehemaligen) Grünerlenbeständen, die sich in Nadelwälder verwandelt haben oder im Begriff sind Nadelwälder zu werden?
- Welches ist die ökologische Bedeutung der Grünerlenbestände (z.B. als Wildeinstandsgebiet, etc.)?
- Wie unterscheiden sich die Grünerlenbestände, die sich zu Nadelwald entwickeln von jenen, die Grünerlenbestände bleiben?

10.2 Methodik

Anhand einer Literaturrecherche wurde vorhandenes gesichertes Wissen aufgezeigt. Es wurden v.a. neuere Publikationen berücksichtigt.

Neben den kantonalen Forstdiensten wurden zusätzlich Fachleute und Fachstellen bezüglich Informationen angefragt, insbesondere bezüglich der ökologischen Bedeutung der Grünerlenbestände in Bezug auf Fauna und Flora.

Als Untersuchungsgebiete dienten der Kanton Glarus, der südliche Teil des Kantons St. Gallens und die Region Surselva im Kanton Graubünden. Die ersten beiden Gebiete liegen im Hauptverbreitungsgebiet der Grünerlen, die Surselva eher im Randbereich (bisherige Annahme). In sämtlichen Gebieten fehlen bis anhin Untersuchungen zur Verbreitung der Grünerle. Die Wahl der Untersuchungsgebiete wurde auch aufgrund des Vorhandenseins von historischen Karten (für den Kt. Glarus und die Surselva) festgelegt.

In den drei Untersuchungsgebieten wurden mit Hilfe von GIS-Analysen jeweils die heutigen Flächenanteile der Grünerlenbestände ausgewertet, die historische Entwicklung verfolgt (Glarus und Surselva) und die zu Hochwald gewordenen Grünerlenbestände ermittelt (Glarus und Surselva). Ebenfalls wurden die von Grünerlen besiedelten Standorte bezüglich ihrer Exposition, Höhenlage und der geologischen Unterlage untersucht. Auch wurde versucht, die Beeinflussung der Standorte durch Naturgefahrenprozesse zu bestimmen.

10.3 Ergebnisse, Folgerungen und Relevanz

Die Hypothesen in der Einleitung wurden durch die Ergebnisse der GIS-Analyse und die Literaturrecherche z.T. widerlegt. Bei der Eruierung der Standortsansprüche zeigte sich, dass die ökologische Amplitude der Grünerle viel breiter ist als bisher angenommen wurde. Somit wird die Grünerle unterschätzt in ihrem Potenzialgebiet.

Folgende wichtige Resultate ergab die vorliegende Arbeit:

- Die Grünerlenbestände haben sich in den letzten 75 Jahren sowohl im Kanton Glarus als auch in der Surselva verdoppelt.
- Grünerlengebüsche sind an vielen Standorten im ozeanischen Gebiet keine Pionierphase, sondern Dauerstadium.
- Grünerlengebüsche wuchsen im Untersuchungsgebiet in den letzten 75 Jahren zu weniger als 5 % zu Hochwald auf.
- Es zeigte sich, dass sich vielerorts an der oberen Waldgrenze breite Grünerlengürtel gebildet haben, infolge dessen können die Baumarten vielerorts bei der Erwärmung des Klimas nicht wie vorhergesagt nach oben wandern.
- Die Grünerle hat ein viel breiteres Standortsspektrum als bisher vermutet, in den Voralpen, aber auch den inneren Randalpen kommt sie auf allen Expositionen vor.
- Sie ist nicht kalkmeidend, stockt aber weniger oft auf basisch durchlässigen geologischen Unterlagen.
- Die Grünerle reicht z.T. weit über die aktuelle (aber auch potenzielle – siehe Glarus, Weisstannental) Hochwaldgrenze hinaus, ist also nicht gleichzusetzen mit der potenziellen Hochwaldgrenze.

Grünerlenbestände fördern zwar die Bodenbildung, aber nicht das Aufkommen von Hochwald. Die Resultate zeigen deutlich auf, dass wenn ein durchgehender Grünerlengürtel verhindert werden soll, aktiv eingegriffen werden sollte (unter Berücksichtigung, dass die Grünerle an für sie optimalen Lagen eine natürliche Pflanzeneinheit darstellt und sie z.T. auch natürlich [nicht nur aufgrund von anthropogenen Ursachen] ein häufiges Vorkommen aufweisen kann [z.B. Weisstannental; Perret, 2005]).

Die Grünerle ist eine natürliche Pflanzengesellschaft und kann bei nicht Überhandnehmen zur Bereicherung der Landschaft und Biodiversität beitragen. Meist ist dieser Zustand aber nur eine kurze Übergangsphase, da es sich bei der Grünerle um eine invasive Art, also auf optimalen Lagen eine sich schnell ausbreitende Art handelt. Aufgrund dessen, dass sich der Mensch nur ungerne und mühsam in Grünerlenbeständen fortbewegt, werden die Grünerlenbestände als Lebensraum (v.a. im Sommer durch Rotwild und Gämsen) und Rückzugsort genutzt, die Grünerlenbestände sind aber auch wichtig als Schutz vor Prädatoren und als Futterquelle. Eingestreute Grünerlenbestände oberhalb der Waldgrenze verringern die Fluchtdistanzen der Wildtiere. Wenn der Grünerlenanteil zu hoch wird, nimmt die Lebensraumqualität bspw. für Birkhühner, Tagfalter, etc. rasch ab und deren Bestände nehmen ab oder Arten verschwinden ganz aus den Gebieten. Es ist bis anhin in der Schweiz (mit Ausnahme von Pilzen) fast keine Forschungsarbeit im Bereich der Biodiversität in Grünerlenbeständen betrieben worden.

Bei den Einflüssen auf Naturgefahren überwiegen die positiven Wirkungen (verringert Oberflächenabfluss, stabilisiert Erosionshänge, entwässert Hänge, etc.). Ausserdem gilt die Grünerle im forstlichen Sinne als Bodenverbesserer (geeignet als Vorbau). Beim Schneegleiten und der Lawinenbildung bestehen unterschiedliche Ansichten und es zeigt sich, dass es auf die Schneedeckenbildung ankommt. Bei Steinschlag ist sie bei kleinen Steindimensionen schutzwirksam.

Aufgrund ihres Verhaltens als Kulturfolger (indirekte Förderung durch den Menschen) sollte sie aber als invasive, einheimische Art angesehen werden (Anthelme, 2007). Ausserdem können Grünerlenbestände die Trinkwasserqualität beeinträchtigen (Nitratauswaschung, laufende Untersuchungen an der Universität Basel). Die Ausbreitung der Grünerlenbestände wird in den nächsten Jahrzehnten sehr wahrscheinlich noch weiter ungehindert zunehmen. Für die Grünerle sind die bevorstehenden trockenen Sommer eventuell nicht so günstig, aber die grossflächig frei werdenden und besiedelbaren Böden (aufgegebene Sömmerungsgebiete) sind dafür umso günstiger.

Gebiete, welche sehr wahrscheinlich grossflächig einwachsen, sollten bestimmt und Entscheidungen, ob man dies zulassen / sich damit abfinden will oder nicht, gefällt werden (auch Frage des Tourismus und Landschaftsbildes). Falls nicht, sollten möglichst früh (viel kostengünstiger) Vorkehrungen zur Einschränkung der Ausbreitung seitens Land-, Forst- und Regionalplanung getroffen werden.

Wesentliche mögliche Massnahmen können das Schützen und Verjüngen von Reliktwäldchen an der Peripherie und den Erhalt und das Aufbringen von Samenbäumen sein (allenfalls Stützpunktpflanzungen; Schutz vor Schneegleiten, etc.). Desweiteren ist ein koordiniertes Vorgehen von Land- und Forstwirtschaft sinnvoll, um bei unterbestockten / aufgegebenen Sömmerungsgebieten den Einwuchs der Alpweiden zugunsten der Waldbäume zu lenken (Baumarten fördern, bis Konkurrenz durch Grünerle kein Problem mehr darstellt). Diese Massnahmen sind auch im Hinblick auf den Klimawandel sinnvoll.

10.4 Offene Fragen - Forschungsbedarf

Bei folgenden Themen bestehen offene Fragen:

- Was passiert mit den neu eingewachsenen Grünerlenbeständen auf suboptimalen Standorten – wachsen diese eher zu Hochwald ein (falls genügend Samenbäume in der näheren Umgebung vorhanden sind)? Siehe Teil B, Kap. 8.7.1.
- Entscheidend ist die Frage, ob sich über die Zeit hinweg alle Varianten der Grünerlenbestände zu der hochstaudenreichen Variante entwickeln (stark verjüngungshemmend), oder ob bei der Variante mit Alpenrosen eher Hochwald aufkommen kann als bei der Farn- und Hochstaudenvariante.
- Verbreitung von *Alnus brembana* in der Surselva (siehe Teil A, Kap. 2.1 und Teil B, Kap. 7.2.5). Unserer Ansicht nach würde es sich lohnen, diese Standorte zu überprüfen. Nach E. Landolt (schriftl. Mitt.) sind *Alnus brembana*-Bestände in diesen Tälern schon von weitem sichtbar. Er würde nur solche Bestände kontrollieren, wenn sie sich auch noch an Südost-, Süd- und Westhängen befinden. Im Gegensatz zu den *Alnus viridis*-Beständen, die eine Höhe von 2 – 3 m erreichen, sind die *A. brembana*-Bestände kaum über 1.5 m hoch.
- Ev. wäre es möglich, mit dem von Schwarz et al (2008) entwickelten Modell, welches für verschiedene Waldstandorte die Stabilität von Rutschhängen abschätzt, auch diejenige von Grünerlenbeständen abzuschätzen, um gesicherte Werte zu erhalten.
- Es ist bloss ein Ökogramm unter Konkurrenzeinfluss von Grünerlenbeständen bekannt. Wichtig wäre aber zu wissen, wo liegen die Grenzen der Grünerle unter Konkurrenzausschluss (z.B. bei brachfallenden Flächen). Um beispielsweise die Reaktionsgeschwindigkeit der Grünerle auf Klimaänderungen abschätzen zu können, wäre das physiologische Potenzial (ohne Konkurrenzeinfluss) vonnöten. Ev. könnten dazu Aussagen bezüglich Standortsgrenzen gemacht werden, wenn man ihre Ausbreitungsgrenzen (geografisch) erhebt, z.B.: Ab welchem Niederschlag hat sie Mühe, bei welchem Niederschlag kommt sie nur noch in Zufuhrlagen vor, hat sie nur in schneereichen Gebieten eine Chance, etc.?
- Für wirklichkeitstreuere Angaben bezüglich dem Einwuchs von Grünerlenflächen zu Hochwald müssten die Flächen im Feld überprüft werden.

- Zur Frage der ökologischen Bedeutung der Grünerlenbestände für Wildtiere wäre ev. eine Überlagerung der Telemetrie-Ergebnisse vom Rotwild im Kanton Glarus von Zweifel-Schielly (2005) mit dem Grünerlenlayer des Kantons Glarus möglich, so könnten auf einfache Art mit bestehenden Unterlagen Aussagen über die Nutzung von Grünerlen als Lebensraum gemacht werden.

Aus unserer Sicht besteht bei folgendem Thema **Handlungsbedarf** und wir empfehlen dazu ein Folgeprojekt mit folgendem Inhalt:

„Wie und wo kann man einem flächigen Einwuchs durch Grünerlen vorgeifen und ihn womöglich mit strategischen Massnahmen und vorzeitigen, kleineren landwirtschaftlichen und forstlichen Massnahmen verhindern?“. Die folgenden Fragen sind zu beantworten:

- In welchen Gebieten besteht Handlungsbedarf? (Grober Überblick über die Verhältnisse in der Schweiz, wo ist und vor allem wo wird die Grünerle zum Problem).
- Wie könnte man durch strategische vorausschauende Planung (v.a. bei der Schnittstelle Landwirtschaft und Forst) einen grossflächigen Einwuchs verhindern?
- Wie könnten Subventionsmittel angepasst und lenkend eingesetzt werden (Schnittstelle Planat-Einzelprojekt B 11; Zischg et al, 2011), um teure Folgemassnahmen zu verhindern?
- Gibt es Erfahrungen mit waldbaulichen Massnahmen, welche die Umwandlung von Grünerlenbestände in Hochwald zum Ziel hatten? (Bereits Kasthofer [1822] empfahl, die Grünerle als Vorbau zu pflanzen, bspw. an der Waldgrenze als Windschutz mit Zwischenpflanzungen von Fichten...; ebenfalls Mayer & Ott [1991], Bischoff [1987], etc.. Im Kanton Luzern sind bei Hahn [2011] solche Flächen dokumentiert). Waren aufwendige Pflanzungen nötig um die Schlussbaumarten einzubringen oder ging es auch mit Naturverjüngung durch geeignete waldbauliche Eingriffe? Während früher die Grünerlen extra als Vorbau zur Bodenverbesserung gepflanzt wurden, bestehen sie heute schon in grossem Ausmass und schaffen eigentlich günstige Voraussetzungen für das Aufbringen von Schlussbaumarten (Bodenverbesserung, -stabilisierung).
- Gibt es forstliche Massnahmen zum Erhalt und der Verjüngung der Reliktwäldchen und Samenbäume in der Peripherie (wichtig auch im Hinblick auf den Klimawandel!)?
- Wie und mit welchen Massnahmen (durch Alpgenossenschaft, Landwirtschaftsamt, Forst) kann bei unterbestockten / aufgegebenen Sömmerungsgebieten der Einwuchs der Alpweiden frühzeitig zugunsten der Waldbäume gelenkt werden?
- Ebenfalls soll aufgezeigt werden, bei welchen Situationen ein Eingreifen bereits zu spät ist / die Kosten sprengt.

Bericht Grünerle, Pläne

- Grünerlenbestände im Kanton Glarus (Übersichtskarte 1:75'000)
- Grünerlenbestände im Kanton St. Gallen (Übersichtskarte 1:75'000)
- Grünerlenbestände in der Surselva, Kanton Graubünden (Übersichtskarte 1:85'000)
- Grünerlen in Südost-Westlagen in der Surselva – mögliche Bestände von *Alnus brembana*? (Übersichtskarte 1:85'000)

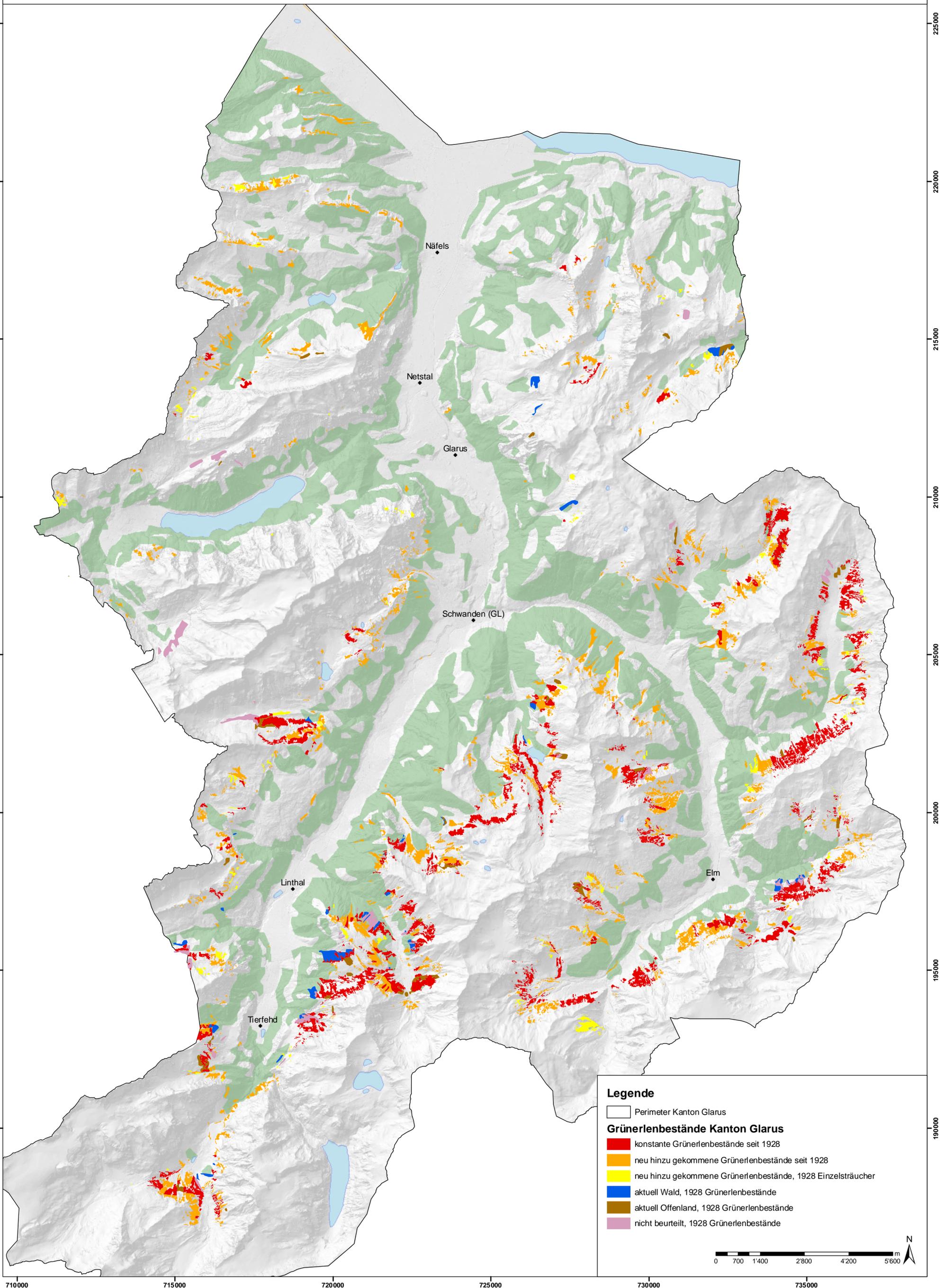
Grünerlenbestände im Kanton Glarus

Übersichtskarte 1:75'000

Abenis AG, Chur, 09.05.2012

Forschungsprojekt "Grünerle", im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU

Kartengrundlagen: © Swisstopo



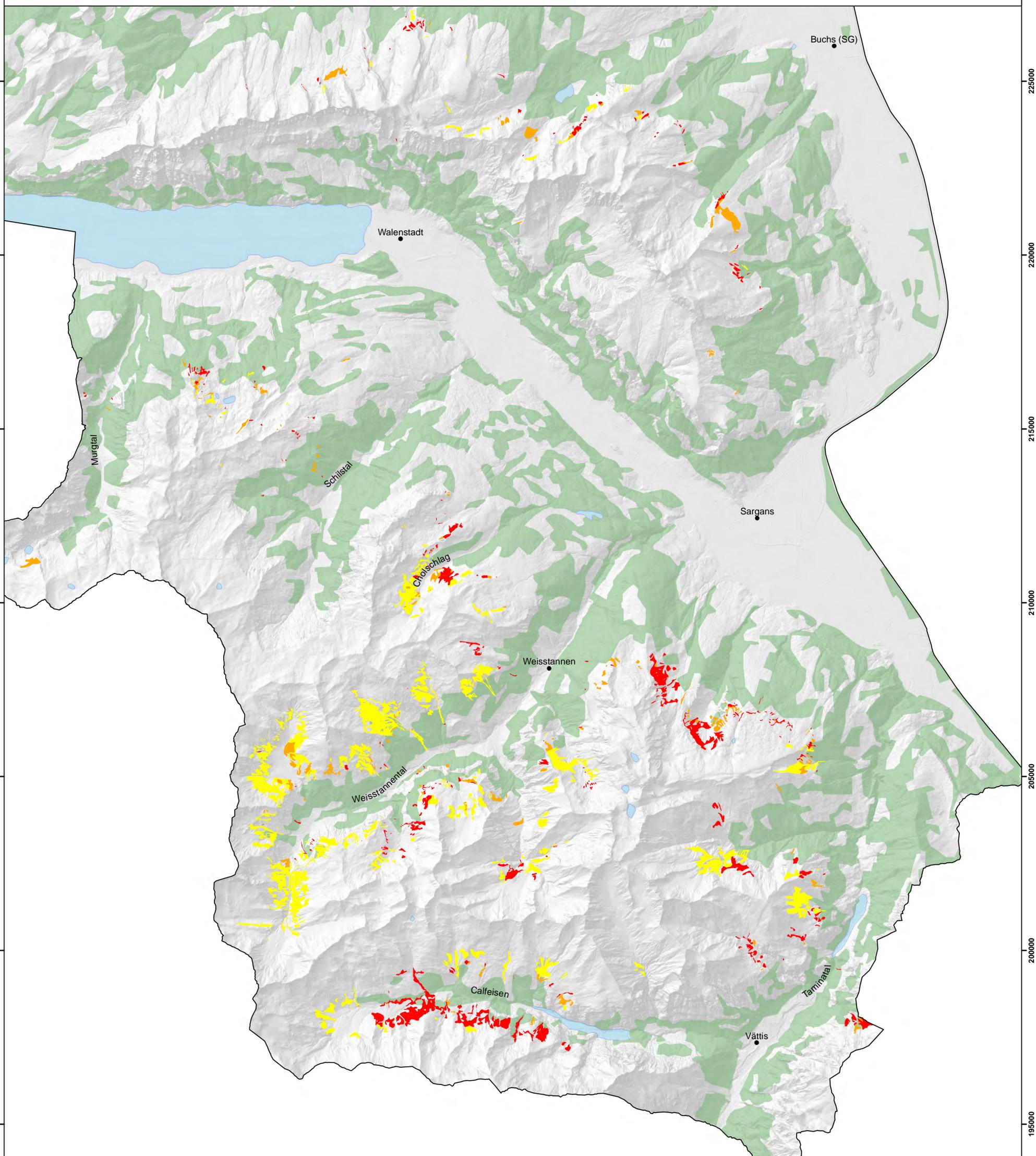
Grünerlenbestände im Kanton St. Gallen

Übersichtskarte 1:75'000

Abenis AG, Chur, 09.05.2012

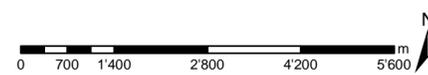
Forschungsprojekt "Grünerle", im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU

Kartengrundlagen: © Swisstopo



Legende

-  Kantonsgrenze St.Gallen
- Grünerlenbestände in St.Gallen**
-  Grünerlenbestände (Alvi)
-  Grünerlenbestände mit Übergängen (Alvi (xy) oder Mosaik (Alvi/xy) zu Waldgesellschaften)
-  Grünerlenbestände mit Mosaik zu Offenland (Alvi/u)



735000

740000

745000

750000

755000

760000

225000

220000

215000

210000

205000

200000

195000

190000

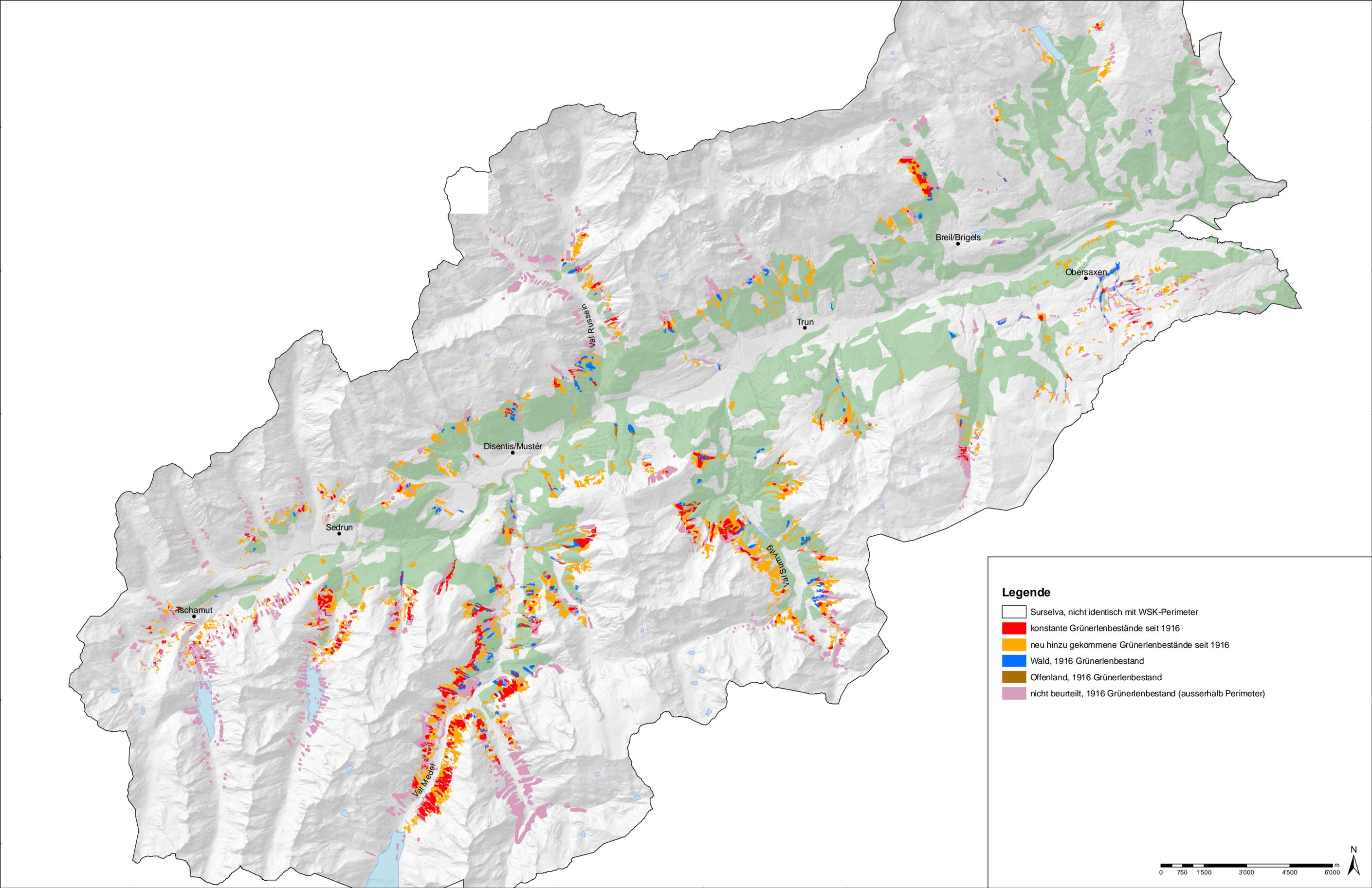
Grünerlenbestände in der Surselva, Kanton Graubünden

Übersichtskarte 1:85'000

Abenis AG, Chur, 09.05.2012

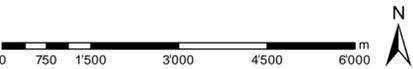
Forschungsprojekt "Grünerle", im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU

Kartengrundlagen: © Swisstopo



Legende

- Surselva, nicht identisch mit WSK-Perimeter
- konstante Grünerlenbestände seit 1916
- neu hinzu gekommene Grünerlenbestände seit 1916
- Wald, 1916 Grünerlenbestand
- Offenland, 1916 Grünerlenbestand
- nicht beurteilt, 1916 Grünerlenbestand (ausserhalb Perimeter)



695000 700000 705000 710000 715000 720000 725000 730000 735000

160000 165000 170000 175000 180000 185000

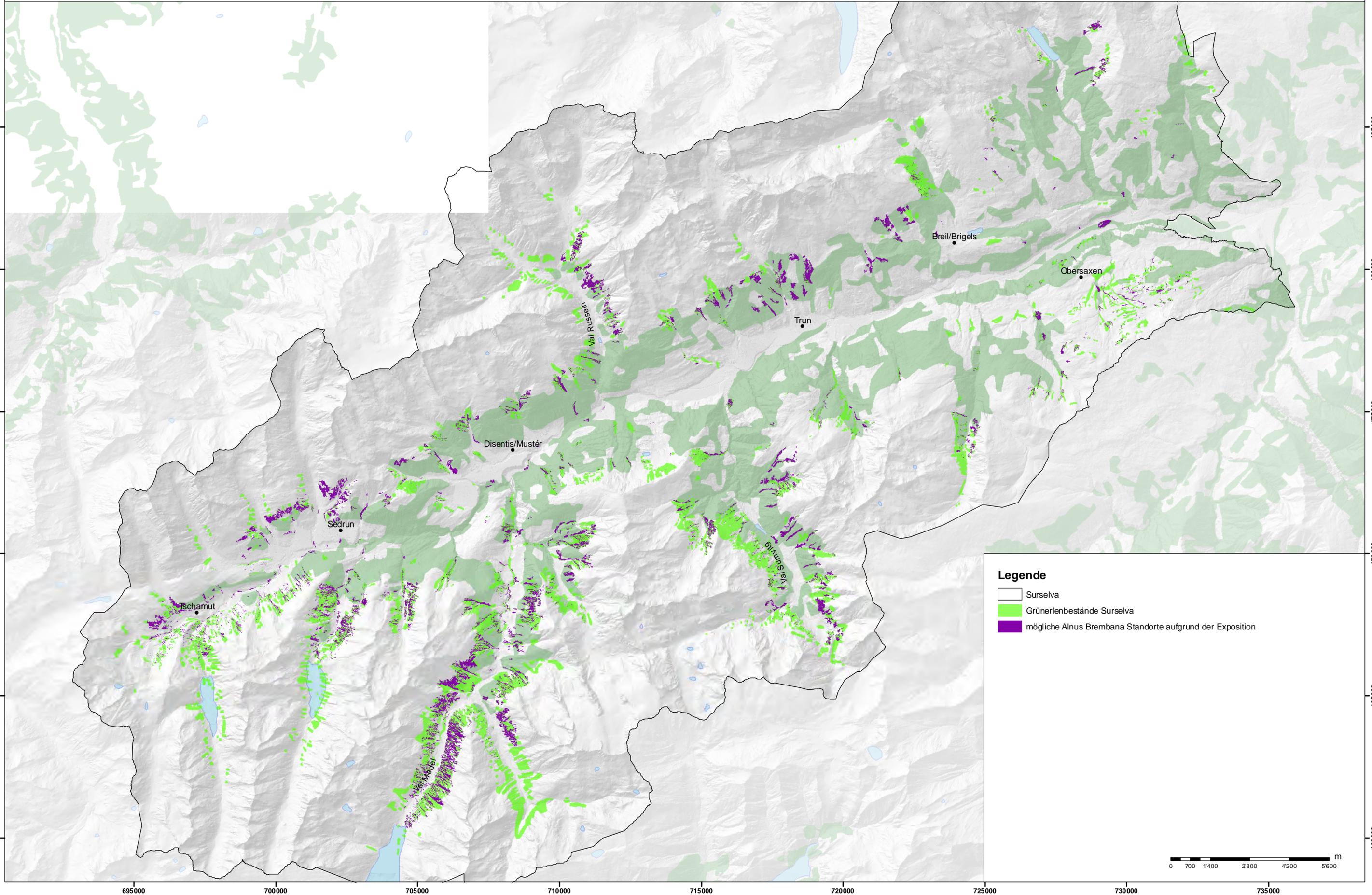
Grünerlen in Südost-Westlagen in der Surselva - mögliche Bestände von *Alnus brembana*?

Übersichtskarte 1:85'000

Abenis AG, Chur, 09.05.2012
Kartengrundlagen: © Swisstopo

Gebiete mit nachgewiesenen Vorkommen siehe Kap. 5.1

Forschungsprojekt "Grünerle", im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU



Bericht Grünerle, Anhang Teil A

1 Verbreitung der Grünerle

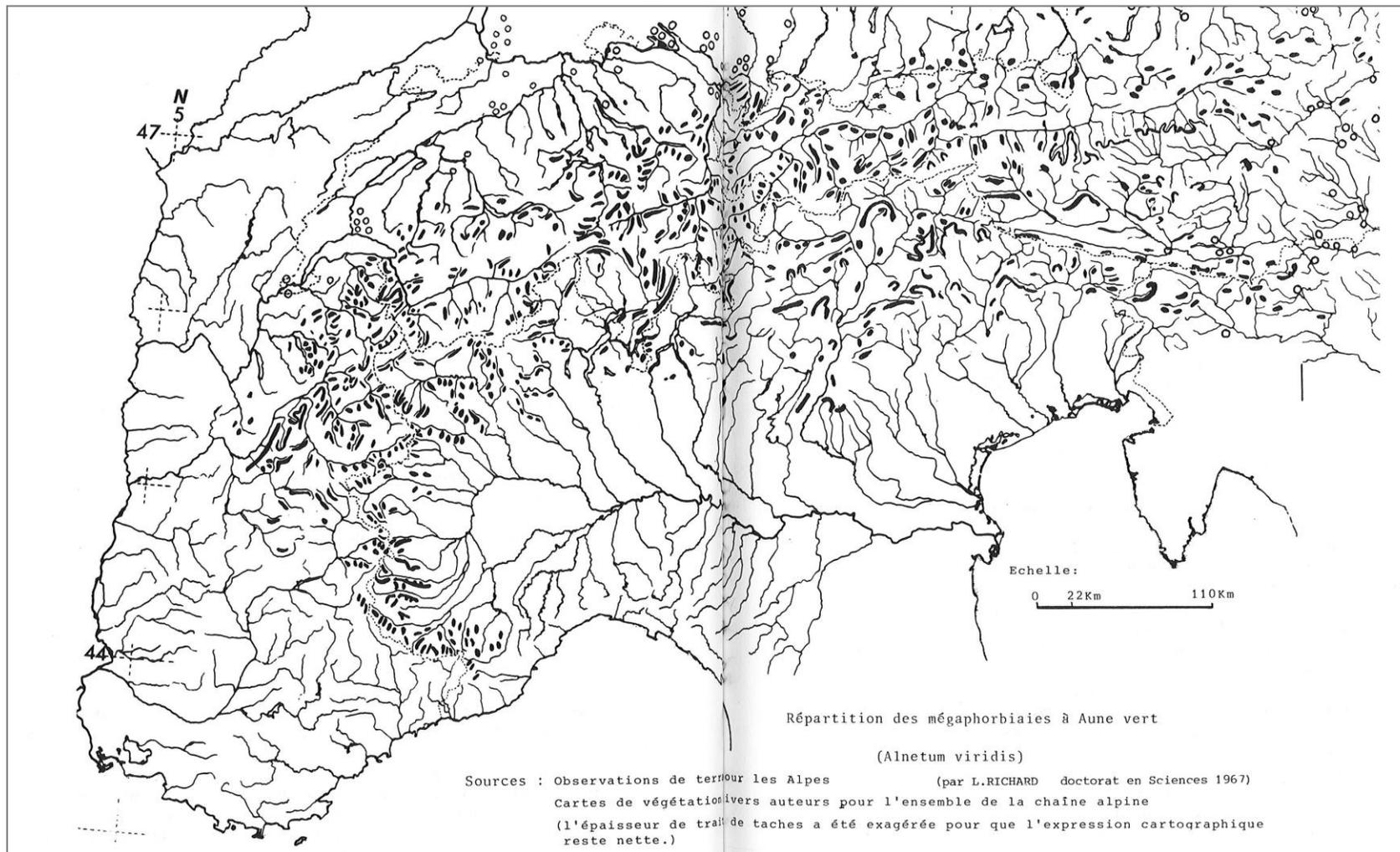


Abb. 18: Verbreitung der Grünerle über den Alpenbogen und dessen Randbereiche (nach Richard, 1989).

2 Erläuterungen zur Verbreitung der Grünerle

Aus Richard, 1989:

III. – AIRE DE RÉPARTITION ALPIENNE DE L'*ALNUS VIRIDIS* CHAIX

A. METHODOLOGIE

La carte de répartition de l'aune vert dans les Alpes (L. RICHARD, 1969) a été affinée, après consultation des travaux récents de cartographie de la végétation.

B. RESULTATS (fig. 12)

a) Absence ou très faible implantation de l'Alnetum dans des régions où apparaissent des facteurs limitants :

- Alpes sud-occidentales françaises aux étés secs et chauds. Cette péjoration climatique est aggravée, dans les massifs subalpins méridionaux (Sud-Vercors) et les chaînes provençales, par la dominance de substrats calcaires et par les faibles

altitudes. La limite méridionale des vastes aunaies, dans les Alpes françaises, se situe à proximité du Col du Lautaret, au Bois de la Madeleine ;

- massifs subalpins, de hauteurs modestes, où des calcaires massifs constituent l'essentiel des sommets. Malgré des facteurs climatiques favorables, les aunaies y sont rares et localisées sur quelques affleurements de marnes. Citons le Vercors septentrional, la Chartreuse, une partie des Bauges. On peut y rattacher le Haut-Jura et les chaînons du Jura méridional ;

- une partie des Dolomites pour des raisons surtout édaphiques ;

- vallées internes aux étés secs et aux hivers peu neigeux. Cette situation est aggravée quand les montagnes environnantes ne portent pas de glaciers (bassin de Suse, Moyenne-Maurienne). Lorsque de hautes chaînes encadrent le bassin principal, des aunaies peuvent s'implanter dans des vallées suspendues, à haute altitude (1 900-2 100 m) : Val d'Aoste, Valais suisse.

b) **Extension optimum des brousses d'aune vert**, là où se juxtaposent de bonnes conditions lithomorphologiques, climatiques et biotiques. Les hautes chaînes cristallines bien arrosées, les massifs préalpins dépassant 2 500 m d'altitude avec de vastes affleurements de grés et de schistes réunissent ces conditions. Citons en particulier :

• les Préalpes : Chablais français, Alpes bernoises, Préalpes autrichiennes du Nord ;

• l'axe cristallin dans ses parties externes et intermédiaires, des Alpes dauphinoises aux Alpes orientales. Pour les Alpes sud-occidentales, seule la façade piémontaise assez bien arrosée porte des aunaies développées. L'optimum se situe sur les flancs nord ou nord-ouest des plus hauts massifs : Belledonne, Mont-Blanc, Alpes pennines, Gothard, Wildspitz, Tauern. Une seconde zone, à haute densité d'aunaies, caractérise le Tessin et les régions environnantes très pluvieuses (Bernina).

c) **Stations dispersées**, là où les facteurs favorables dominent irrégulièrement. Citons le massif subalpin des Bornes-Aravis où de belles aunaies caractérisent les klippes (roches charriées) et des affleurements de grés siliceux. Autres exemples : les terminaisons orientales des Préalpes et des chaînes cristallines (Alpes de Styrie), les Préalpes gardésannes.

3 Beispiele von Sukzessionsstadien und -folgen bei der Verbrachung

1. Sukzessionsschema in der hochmontanen bis subalpinen Stufe auf frischem oder nährstoffreichem Standort					
Bewirtschaftete Weiden und Mähder (<i>Nardetum</i> bzw. <i>Festucetum rubrae</i> und <i>Poa-Prunellatum</i> , <i>Trisetetum</i>)	Langgrasrasen mit einwandernder Heidelbeere und Grünerle	Langgrasrasen mit wolligem Reitgras, Zwergsträuchern und zahlreichen Grünerlen	Grünerlenbestand mit Gräsern und Hochstauden und kaum Zwergsträuchern	Langsames Einwandern von Lärche, Zirbe und Fichte	Subalpiner Fichtenwald mit Lärche und Zirbe (<i>Piceetum subalpinum</i>)
2. Sukzessionsschema in der hochmontanen und subalpinen Stufe auf trockenerem oder ausgehagertem Standort					
Bewirtschaftete Weiden und Mähder (<i>Nardetum</i> bzw. <i>Festucetum rubrae</i>)	Kurzgrasrasen mit einwandernden Zwergsträuchern (Heidelbeere, Rauschbeere, Preiselbeere)	Kurzgrasrasen mit viel Zwergsträuchern, aufkommenden Latschen und Alpenrosen	Von Latsche bzw. Alpenrose durchsetzte Zwergstrauchheiden	Langsames Einwandern von Lärche, Zirbe und Fichte	Subalpiner Fichtenwald mit Lärche und Zirbe (<i>Piceetum subalpinum</i>)
3. Sukzessionsschema in der oberen subalpinen Stufe auf feuchtem, nährstoffreichem Standort					
Bewirtschaftete Weiden und Mähder (<i>Poa-Prunellatum</i> , Feuchtwiesen)	Langgrasrasen mit Hochstauden und Grünerlen				Grünerlengebüsch (<i>Ainetum viridis</i>)
4. Sukzessionsschema in der oberen subalpinen Stufe auf trockenerem oder ausgehagertem Standort					
Bewirtschaftete Weiden (<i>Nardetum</i> , beweidete <i>Curvuletum</i> und <i>Vaccinienheiden</i>)	Kurzgrasrasen mit Zwergsträuchern, aufkommende Alpenrosen oder Latschen	Alpenrosen mit Latschengebüschen und Zwergsträuchern (<i>Rhodoreto-Vaccinetum</i>)	Langsames Einwandern von Lärche und Zirbe	Langsames Einwandern von Lärche und Zirbe	Zirben-Lärchenwald (<i>Larici-Pinetum cembrae</i>)
5. Sukzessionsschema in der unteren alpinen Stufe					
Bewirtschaftete Weiden (<i>Nardetum</i> , beweidete <i>Curvuletum</i> und <i>Vaccinienheiden</i>)	Kurzgrasrasen mit zunehmendem Anteil an Zwergsträuchern				Zwergstrauchheiden (<i>Empetro-Vaccinetum</i>)
6. Sukzessionsschema in der alpinen Stufe					
Bewirtschaftete Weiden (<i>Nardetum</i> , beweidete <i>Curvuletum</i> und andere Naturrasen)					Naturrasen (<i>Capricetum curvulae</i> , <i>Festucetum violaceae</i> und andere)

Tab. 20: Wichtige Sukzessionsschemata auf aufgelassenen Almflächen (nach Spatz et al, 1978, zitiert in Maag, 2001), von links nach rechts: Sukzessionsstadien (bewirtschaftetes Stadium bis Klimaxstadium).

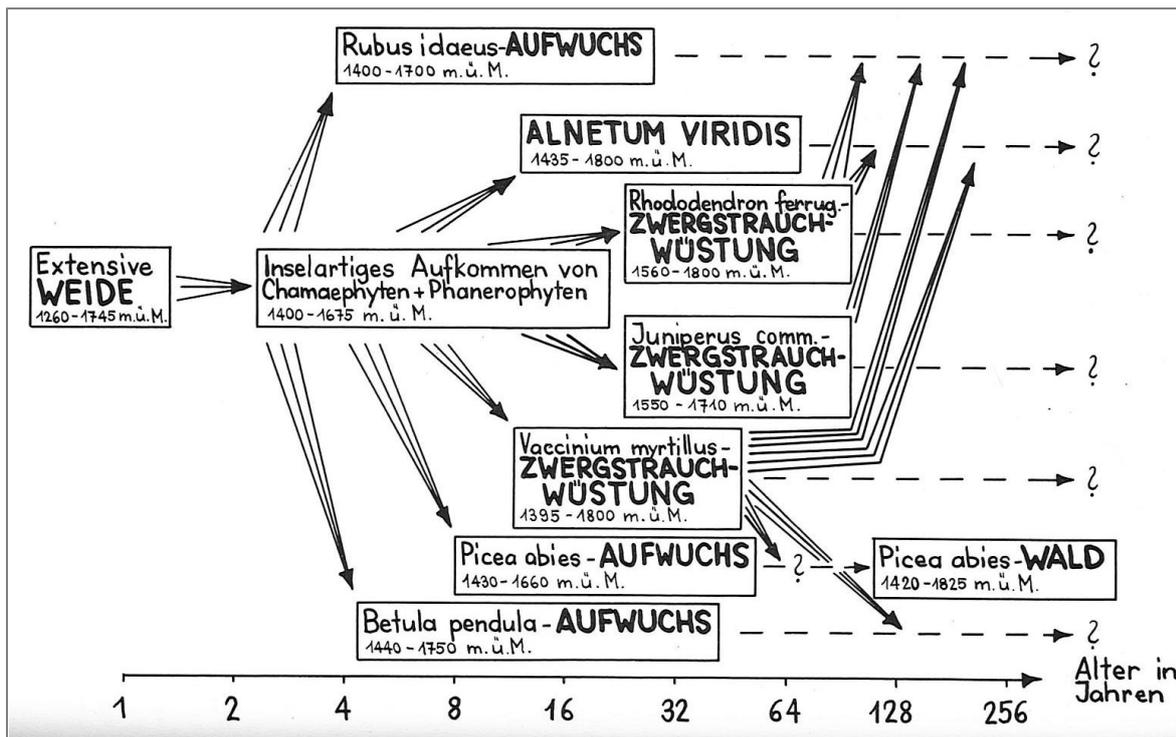


Abb. 19: Tavetsch Nordhang: Schematische Darstellung der untersuchten Sukzessionsfolgen aus Extensiv-Weiden (aus Bischof, 1984).

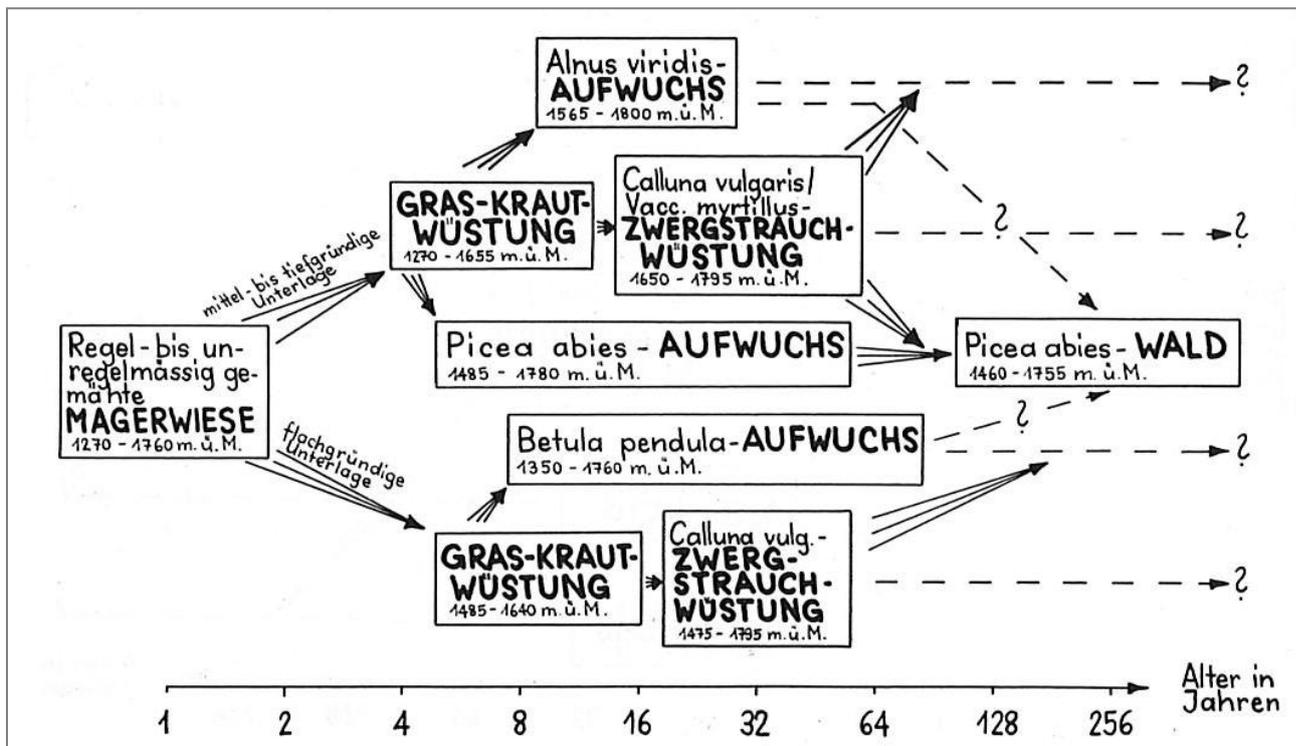


Abb. 20: Tavetsch Südhang: Schematische Darstellung der untersuchten Sukzessionsfolgen aus ungedüngten Mähwiesen (aus Bischof, 1984).

4 Ökologische Bedeutung: Schmetterlinge

Nachfolgend sind die übrigen Schmetterlinge (nicht im Teil A aufgeführt; v.a. Nachtfalter und „Kleinschmetterlinge“), welche bei Untersuchungen in Grünerlenbeständen gefunden wurden, aufgelistet. Keines ist eine Prioritätsart der Schweiz.

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Familie	Bemerkungen	Literatur
Nachtfalter:				
<i>Falcaria lacertinaria</i>	Birken-Sichelflügler	Drepanidae (Eulenspinner und Sichelflügler)	Raupennahrungspflanze	SBN, Bd. 2
<i>Achlya flavicornis</i>	Gelbhorn-Eulenspinner	Drepanidae (Eulenspinner und Sichelflügler)	Raupennahrungspflanze	SBN, Bd. 2
<i>Ochropacha duplaris</i>	Zweipunkt-Eulenspinner	Drepanidae (Eulenspinner und Sichelflügler)	Raupennahrungspflanze	SBN, Bd. 2
<i>Synanthedon spheciformis</i>	Erlen-Glasflügler	Sesiidae (Glasflügler)	im Holz, polyphag	SBN, Bd. 3; Brauns
<i>Synanthedon culiciformis</i>	Kleiner Birken-Glasflügler	Sesiidae (Glasflügler)	im Holz	SBN, Bd. 3; Brauns
<i>Trichiura crataegi (ariae)</i>	Weißdornspinner	Lasiocampidae (Glücken)	polyphag	SBN, Bd. 3; Schedl
<i>Eriogaster arbusculae</i>	Alpen-Wollafter	Lasiocampidae (Glücken)	Nicht selten an <i>A. viridis</i>	SBN, Bd. 3, Colpi; Schedl
<i>Lasiocampa quercus</i>	Eichenspinner	Lasiocampidae (Glücken)	Polyphag, bevorzugt an <i>A. viridis</i> u. <i>Sorbus aucuparia</i>	SBN, Bd. 3; Schedl
<i>Macrothylacia rubi</i>	Brombeerspinner	Lasiocampidae (Glücken)	u.a. an <i>A. viridis</i>	Schedl
<i>Pheosia gnoma</i>	Birken-Zahns spinner	Notodontidae (Zahns spinner)	polyphag	SBN, Bd. 3
<i>Odontosia carmelita</i>	Mönch-Zahns spinner	Notodontidae (Zahns spinner)		Colpi
<i>Cossus cossus</i>	Weidenbohrer	Cossidae (Holzbohrer)	u.a. an <i>Alnus sp.</i>	WSL, Diagnose online
„Kleinschmetterlinge“:				
<i>Eriocrania alpinella</i>	Grünerlen-Trugfalter	Eriocraniidae (Trugmotten)	Blattminierer, an <i>A. viridis</i> , ev. noch an weiteren Futterpflanzen	M. Flury, BDM; Schedl; Grisseman n
<i>Phyllonorycter alpina</i>		Gracillariidae (Blatttüttenmotten, Miniermotten und Faltenminierer)		M. Flury, BDM
<i>Lithocolletis alpina</i>		Gracillariidae (Blatttüttenmotten, Miniermotten und Faltenminierer)	Blattminierer auf <i>Alnus viridis</i> , wahrscheinlich monophag	Colpi; Schedl

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Familie	Bemerkungen	Literatur
<i>Coleophora serratella</i>	Erlenknospenmotte	Coleophoridae (Miniersackträger, Sackträgermotten)		Brauns
<i>Bucculatrix cinderella</i>	-	Bucculatricidae (Zwergwickler)	auf <i>Alnus viridis</i>	
<i>Epiblema subuculana</i>		Tortricidae (Wickler)	Frass an Blütenkätzchen, monophag	Grisseman n
<i>Nemapogon granella</i>	Kornmotte	Tineidae (Echte Motten)	Frass an Rinde u. darauf wachsenden Flechten und Pilzen	Grisseman n
<i>Stigmella viridicola</i>		Nepticulidae (Zwergminiermotten)	Gangminierer (Blätter), monophag	Schedl

Tab. 21: In Grünerlenbeständen vorkommende Schmetterlingsarten. Verwendete Literatur: SBN, Bd. 2 und 3, 1987; Brauns, 1991; Schedl, 1975; Grisseman n, 1983; Colpi, 1984; WSL, Diagnose online. Ausserdem mündliche Mitteilung von M. Flury, BDM.

Weitere Arten, welche unter anderem auch an *Alnus viridis* vorkommen, werden in Schedl, 1975 und Grisseman n, 1983 aufgelistet.

5 Ökologische Bedeutung: Phytophage Käfer

Phytophage Käfer, an Grünerle / in Alneten vorkommend. Keines ist eine Prioritätsart der Schweiz.

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Familie	Ernährung, Lebensraum	Literatur
<i>Trachys minutus</i>		Bucestridae	xylophag	Schedl
<i>Agrilus viridis</i>		Bucestridae	xylophag	Benz, WSL, Brauns ¹⁾
<i>Evodinus clathratus</i>		Cerambycidae (Bockkäfer)	Xylophag, polyphag	Schedl, Colpi, Grisse- mann
<i>Oxymirus cursor</i>		Cerambycidae (Bockkäfer)	polyphag, xylophag	Colpi
<i>Saperda scalaris</i>		Cerambycidae (Bockkäfer)	Polyphag, xylophag	Colpi
<i>Ctenicera cuprea aerugi- nosa</i>		Elateridae (Schnellkäfer)	Charakterart f. <i>A. viridis</i>	Colpi
<i>Goniostena (Phytodecta) interposita</i>		Chrysomelidae (Blattkäfer)	eurytop	Böhme, Colpi, Schedl, Grisse- mann
<i>Phytodecta intermedia</i>		Chrysomelidae (Blattkäfer)	eurytop	Schedl
<i>Luperus viridipennis</i>		Chrysomelidae (Blattkäfer)	Monophag (Colpi 1984)	Böhme, Colpi, Schedl, Grisse- mann
<i>Galeruca lineola</i>	Gelber Weidenblattkäfer	Chrysomelidae (Blattkäfer)	Nicht mo- nophag	Brauns ¹⁾
<i>Agelastica alni</i>	Blauer Erlenblattkäfer	Chrysomelidae (Blattkäfer)		Brauns ¹⁾ , Benz, Colpi, WSL
<i>Melasoma aenum</i>	Erzfarbener Erlenblattkäfer	Chrysomelidae (Blattkäfer)	eurytop	Benz, Böhme
<i>Crepidodera peirolerii</i>		Chrysomelidae (Blattkäfer)		Grisse- mann
<i>Cryptorhynchus lapathi</i>	Erlenwürger	Curculionidae (Rüsselkäfer)		Benz, Brauns ¹⁾ , Schedl
<i>Polydrusus sericeus</i>	Grüner Glanzrüssler	Curculionidae (Rüsselkäfer)		Benz, Brauns ¹⁾
<i>Polydrusus amoenus</i>		Curculionidae (Rüsselkäfer)		Schedl, Colpi, Grisse- mann
<i>Otiorrhynchus frigidus</i>		Curculionidae (Rüsselkäfer)		Schedl, Grisse- mann
<i>Otiorrhynchus salicis</i> (lepidopterus)		Curculionidae (Rüsselkäfer)		Schedl, Grisse- mann, Colpi
<i>Polydrusus ruficornis</i>		Curculionidae (Rüsselkäfer)	Monophag an <i>Alnus</i> sp.	Böhme, Colpi, Schedl, Grisse- mann

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Familie	Ernährung, Lebensraum	Literatur
Deporaus betulae		Attelabidae (Dickkopfrüssler)	polyphag	Colpi
Dryocoetes alni		Scolytidae		Böhme ¹⁾ , Schedl, Colpi
Xyloterus domesticus	Buchennutzholzborkenkäfer			Brauns ¹⁾

Tab. 22: In Grünerlenbeständen vorkommende Käferarten. Legende: 1) bei Alnus spp. vorkommend; 2) WSL Diagnose online. Verwendete Literatur: Benz (1997), Brauns (1991), Böhme (2001), Colpi (1984), Grissemann (1983), Schedl (1975).

Bei Colpi (1984, Untersuchungen in Italien) werden noch weitere polyphage Blattkäfer (Chrysomelidae) und Rüsselkäfer (Curculionidae) aufgeführt. Von folgenden Autoren wurden noch weitere Käferfamilien in Grünerlenbeständen untersucht:

- Thaler (1978, Österreich): Laufkäfer (Carabidae) und Kurzflügler (Staphylinidae),
- Colpi (1984, Italien): Kurzflügler (Staphylinidae), Weichkäfer (Cantharidae),
- Höfer (2010, Deutschland): Laufkäfer.

Bericht Grünerle, Anhang Teil B

1 Kanton Glarus

1.1 Flächen

	Fläche der einzelnen Kategorien	Anteil des Grünerlenbestandes 1928	Anteil des aktuellen Grünerlenbestandes	Anteil der aktuellen Grünerlenbestände an der Gesamtwaldfläche im Kanton GL
	[ha]	[%]	[%]	[%]
Grünerlenbestand 1928 flächig	1307.61	100.00	51.55	
Grünerlenbestand 1928 flächig inkl. Einzelsträucher	1458.43	111.53	57.50	
aktueller Grünerlenbestand	2536.37	193.97	100.00	12.15
neue Grünerlenbestände aus Einzelsträucher 1928	150.83	11.53	5.95	0.72
neu hinzu gekommene Grünerlenbestände seit 1928	1285.08	98.28	50.67	6.15
konstante Grünerlenbestände seit 1928	1100.47	84.16	43.39	5.27
aktuell Offenland, 1928 mit Grünerlen bestockt	107.84	8.25	4.25	
aktuell Wald, 1928 mit Grünerlen bestockt	99.30	7.59	3.92	0.48
Abnahme der Grünerlenbestände seit 1928 (Wald+Offenland)	207.14	15.84	8.17	
Waldfläche im Kanton Glarus	20878.67			

Tab. 23: Flächenanteile der Grünerlenbestände im Kanton Glarus.

1.2 Ehemalige Grünerlenbestände, bei welchen aufgrund unserer Auswertungen Hochwald aufkommen konnte

Waldgesellschaft	Exposition	Höhenstufe	Gelände	Fläche [ha]
21(AV)	W	1500-1600	Hang	1.48
12(18b) und 20j und 21	S	1200-1300	Runse	0.80
17	NO	1200-1300	Runse	0.33
17	NO	1200-1300	Hang	0.47
18b	NW	1400-1500	Hang	0.29
20	NO	1200-1300	Runse	2.14
20	NO	1200-1300	Hang	0.49
20	NO	1500-1600	Runse	0.64
20	O	1500-1600	Hang	0.26
20 pic	NO	1300-1400	Hang	0.85
21	W	1500-1600	Runse	0.07
21j	SW	1500-1600	Hang	0.29
21 und 20	O	1300-1400	Runse	0.53
21!	NW	1500-1600	Hang	0.60
21g	NW	1500-1600	Runse	0.88
21g	SW	1500-1600	Runse	0.54
21g	W	1500-1600	Runse	0.50
50	W	1500-1600	Hang	0.31
51	W	1500-1600	Hang	2.35
57a (48b) W	O	1300-1400	Hang	2.08
57a W	NO	1600-1700	Hang	0.46
57a W	NO	1700-1800	Hang	0.19
57b	NW	1500-1600	Runse	0.41
57b	W	1300-1400	Runse	0.29
57f (AV)	SW	1500-1600	Runse	0.51
60a und 21 pic	NW	1500-1600	Hang	6.62
60b	S	1500-1600	Hang	1.01
60b	S	1700-1800	Hang	0.11
60b	SW	1500-1600	Runse	1.10
60b	W	1300-1400	Fels	0.72
60b	W	1500-1600	Runse	1.37
60b	W	1500-1600	Hang	1.39
60b	W	1600-1700	Hang	0.30
Total				30.37

Tab. 24: Ehemalige Grünerlenbestände des Kanton Glarus, aus welchen sich Hochwald entwickelte.

1.3 Baumzeichen 1928 auf eingewachsenen Hochwaldflächen

Waldgesellschaft	Baumzeichen	Exposition	Höhenstufe	Gelände	Fläche [ha]
18b	A1	W	1500-1600	Hang	1.16
18b	B1	S	1200-1300	Runse	1.22
18b	B1	SW	1200-1300	Runse	0.39
21	A1	NO	1500-1600	Hang	0.40
21 und 21picW	B4	SO	1500-1600	Hang	4.59
21j und 21w und 48bW	B5	W	1300-1400	Hang	3.70
48b	A1	NW	1300-1400	Hang	0.98
57a	A1, A4, A6	S	1400-1500	Hang	1.28
57a	A1, A4, A6	SO	1500-1600	Hang	0.70
57b	A1	W	1600-1700	Runse	0.32
57f(AV)	A1	NW	1200-1300	Fels	3.00
60a und 60b und 69(60b)	A5	W	1500-1600	Hang	7.81
60b	A1	SW	1500-1600	Hang	0.97
60b(AV)	B1	SO	1200-1300	Runse	1.15
60b und 17	A1	W	1200-1300	Runse	22.00
60b und 48b	B1, B5	W	1300-1400	Runse	2.55
60b und 69	A5	SW	1500-1600	Hang	6.74
69(59)	A6	W	1600-1700	Hang	2.25
71 und 57a(AV)	A1, A4, A6	S	1500-1600	Hang	7.73
Total					68.93

Tab. 25: Ehemalige Grünerlenbestände mit Baumzeichen des Kantons Glarus, aus welchen sich Hochwald entwickelte.

Erklärung Baumzeichen:

A1	Fichtengruppen und Einzelbäume
A2	Fichtenkrüppel
A3	Weisstanne
A4	Bergföhre
A5	Legföhre
A6	Arve
B1	Buchen
B4	Bergahorn
B5	Hängebirke

1.4 Exposition

	Grünerlenbestand 1928 flächig			konstante Grünerlen- bestände seit 1928			neu hinzu gekommene Grünerlenbestände seit 1928			neue Grünerlenbe- stände aus Einzel- sträucher 1928			aktueller Grünerlenbe- stand		
	[ha]	[%]	(b) [%]	[ha]	[%]	(b) [%]	[ha]	[%]	(b) [%]	[ha]	[%]	(b) [%]	[ha]	[%]	(b) [%]
N	328.55	25.10	10.84	285.07	25.88	9.41	296.06	23.04	9.77	35.78	23.72	1.18	616.91	24.31	20.36
NO	193.93	14.82	7.35	168.16	15.27	6.37	256.73	19.98	9.73	27.24	18.06	1.03	452.13	17.82	17.14
O	126.41	9.66	5.49	107.74	9.78	4.68	158.90	12.37	6.90	25.94	17.20	1.13	292.58	11.53	12.70
SO	60.17	4.60	2.62	46.92	4.26	2.04	109.38	8.51	4.76	13.74	9.11	0.60	170.03	6.70	7.41
S	34.42	2.63	1.65	23.22	2.11	1.11	59.86	4.66	2.86	5.08	3.37	0.24	88.16	3.47	4.22
SW	82.17	6.28	4.36	59.01	5.36	3.13	64.00	4.98	3.40	6.26	4.15	0.33	129.28	5.10	6.86
W	179.92	13.75	7.31	151.10	13.72	6.14	120.34	9.36	4.89	11.97	7.94	0.49	283.41	11.17	11.51
NW	303.39	23.18	9.52	260.15	23.62	8.16	219.78	17.10	6.89	24.80	16.44	0.78	504.73	19.89	15.83
Total	1308.97		6.58	1101.37		5.54	1285.04		6.46	150.82		0.76	2537.23		12.75

	aktuell Hochwald, 1928 mit Grünerlen bestockt			aktuell Offen- land, 1928 mit Grüner- len bestockt		nicht beur- teilt, 1928 mit Grüner- len bestockt		Waldfläche GL	
	[ha]	[%]	(b) [%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	(a) [ha]	[%]
N	23.53	23.59	0.78	19.95	18.50	41.82	27.39	3030.24	15.23
NO	10.59	10.62	0.40	15.18	14.07	26.28	17.21	2638.31	13.26
O	1.98	1.99	0.09	16.69	15.47	9.02	5.91	2304.18	11.58
SO	1.53	1.54	0.07	11.72	10.87	8.99	5.88	2295.49	11.54
S	3.37	3.37	0.16	7.84	7.27	4.87	3.19	2089.62	10.50
SW	10.83	10.86	0.57	12.33	11.43	7.69	5.03	1884.36	9.47
W	19.09	19.14	0.78	9.73	9.02	15.60	10.22	2462.42	12.38
NW	28.83	28.90	0.90	14.41	13.36	38.43	25.17	3188.57	16.03
Total	99.76		0.50	107.85		152.69		19893.21	

Tab. 26: Exposition der Grünerlenbestände des Kantons Glarus. (b) = %-Anteil der Waldfläche GL (a).

1.5 Höhenstufen

Höhe	Grünerlenbestände 1928 flächig		konstante Grünerlenbestände seit 1928		neu hinzu gekommene Grünerlenbestände seit 1928		neu hinzu gekommene Grünerlenbestände, 1928 Einzelsträucher		aktuelle Grünerlenbestände		aktuell Hochwald, 1928 Grünerlen		aktuell Offenland, 1928 Grünerlen	nicht beurteilt, 1928 Grünerlen	Waldfläche GL		
	[m ü. M.]	[ha]	(b) [%]	[ha]	(b) [%]	[ha]	(b) [%]	[ha]	(b) [%]	[ha]	(b) [%]	[ha]	(b) [%]	[ha]	[ha]	(a) [ha]	[%]
1	< 500				2.46	0.82			2.46	0.82					299.55	1.43	
2	500-600				3.12	0.55			3.12	0.55					569.55	2.73	
3	600-700				3.09	0.36			3.09	0.36					868.99	4.16	
4	700-800				3.77	0.35			3.77	0.35					1071.93	5.13	
5	800-900				11.16	0.80			11.16	0.80					1397.40	6.69	
6	900-1000				15.60	0.97			15.60	0.97					1607.06	7.70	
7	1000-1100				15.68	0.87			15.68	0.87					1792.86	8.59	
8	1100-1200	0.23	0.01		29.13	1.61			29.13	1.61	0.23	0.01		0.39	1808.39	8.66	
9	1200-1300	8.28	0.43	2.54	0.13	40.27	2.07	0.94	0.05	43.75	2.25	5.74	0.29		4.24	1948.00	9.33
10	1300-1400	30.96	1.59	16.03	0.82	85.64	4.38	3.73	0.19	105.39	5.40	13.04	0.67	1.89	11.68	1953.10	9.35
11	1400-1500	80.26	4.36	56.32	3.06	126.91	6.89	15.15	0.82	198.38	10.77	17.76	0.96	6.18	21.52	1842.32	8.82
12	1500-1600	162.98	9.33	125.74	7.20	192.99	11.05	39.19	2.24	357.93	20.50	25.25	1.45	11.98	34.96	1746.30	8.36
13	1600-1700	283.69	16.38	249.54	14.41	257.30	14.85	35.93	2.07	542.77	31.34	19.37	1.12	14.78	36.50	1732.12	8.30
14	1700-1800	335.86	26.05	290.76	22.55	238.27	18.48	34.22	2.65	563.25	43.69	10.60	0.82	34.49	27.89	1289.21	6.17
15	1800-1900	269.12	38.11	240.73	34.09	174.53	24.72	13.33	1.89	428.59	60.69	5.30	0.75	23.09	12.53	706.15	3.38
16	1900-2000	117.33	55.66	101.36	48.09	69.36	32.90	8.31	3.94	179.03	84.93	1.99	0.94	13.98	2.94	210.80	1.01
17	2000-2100	18.62	55.08	17.26	51.04	14.91	44.11	0.03	0.08	32.19	95.23	0.02	0.06	1.35	0.06	33.81	0.16
18	2100-2200	0.28	25.16	0.19	16.56	0.90	79.37			1.09	95.93			0.10		1.13	0.01
19	2200-2300																
20	> 2300																
Total		1307.61		1100.47		1285.08		150.83		2536.37	12.15	99.30		107.84	152.70	20878.67	

Tab. 27: Verteilung der Grünerlenbestände des Kantons Glarus über die Höhenstufen. (b) = %-Anteil der Waldfläche GL (a).

1.6 Geologie (geologische Spezialkarte, Vektorkarte Blatt 117, Massstab 1:50'000)

	Grünerlen- bestände 1928 flächig	konstante Grünerlen- bestände seit 1928	neu hinzu gekommene Grünerlen- bestände seit 1928	aktuelle Grünerlen- bestände	neu hinzu gekommene Grünerlen- bestände, 1928 Einzel- sträucher	aktuell Hochwald, 1928 Grün- erlen	aktuell Of- fenland, 1928 Grün- erlen	nicht beur- teilt, 1928 Grünerlen	Waldfläche GL
Geologische Unterlage	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
Quartär	217.26	187.62	293.89	509.80	28.29	11.60	18.04	32.51	5294.18
Moräne	95.07	77.65	96.18	192.93	19.10	4.78	12.64	13.36	2770.09
Molasse	0.00	0.00	23.56	23.56	0.00	0.00	0.00	0.00	799.34
sauer durchlässig	609.85	510.93	421.69	960.51	27.88	55.12	43.80	38.58	5543.63
sauer schwer	0	0	0	0	0	0	0	0	
basisch durchlässig	123.48	97.09	228.14	363.98	38.76	15.34	11.05	53.75	4377.67
basisch schwer	262.30	227.05	221.14	484.98	36.79	12.94	22.31	14.50	2059.40
Summe	1307.96	1100.34	1284.60	2535.77	150.83	99.78	107.84	152.70	20844.31

Tab. 28: Verteilung der Grünerlenbestände des Kantons Glarus aufgrund der geologischen Unterlage (anhand geologischer Spezialkarte).

Geologie, Einteilung nach Kategorien:**Quartär**

- Delta im alten "Linthsee" bei Schänis
- Alluvialböden, Talsohlen
- Bachschuttkegel
- Bergsturz mit lückenhafter Moränenbedeckung
- Bergsturz, Blockschutt
- Gehängeschutt
- Ried, Sumpf
- Rutschung
- Schotter
- Torfmoor
- Trockene Schuttkegel

Moräne

- Linth- und Rheingletschermoräne
- Lokalmoräne
- Moräne heutiger Gletscher

Molasse

- Oberes Stampien
- Unteres Stampien (Horwerschichten)

sauer durchlässig

- Altdorfersandstein und Dachschiefer
- Diorit und Amphibolit
- Gault s. l.
- Granit und Hornblendegranit, porphyrische Randfazies
- Melsersandstein
- Paraschiefer und Paragneise i. allg.
- Quartenschiefer
- Quarzporphyr und Quarzporphyrit
- Sandstein-Dachschiefer-Gruppe
- Sardonaquarzit
- Syenit, Monzonit, Quarzmonzonit
- Taveyannazsandstein
- Tonschiefer, Sandsteine, Arkosen mit Anthrazitflözen
- Vorwiegend Konglomerate und Breccien, Sernifit
- Vorwiegend Phyllite

sauer schwer (keine)**basisch durchlässig**

- Basische Eruptiva
- Brisischichten
- Dogger i. allg.
- Kieselkalk (Hauterivien)
- Lochseitenkalk
- Mittlerer und unterer Lias, z.T. Lias i. allg.
- Nummulitenschichten
- Nummulitenschichten, Nummulitenkalkbänken
- Oberer Rötidolomit
- Oberer Schrattenkalk

- Oberer Öhrlikalk
- Öhrlimergel
- Öhrlichichten i. allg. (z.T. Valanginienkalk-Öhrlichichten)
- Quintnerkalk i. allg.
- Rötidolomit, z.T. Trias i. allg.
- Schrattenkalk i. allg.
- Seewerkalk
- Seewerkalkartiger Kalk (Turonien)
- Seewerschichten i. allg. (Turonien-Cénomaniens)
- Trias i. allg.
- Turriliten-, Knollen- und Concentricusschichten
- Unterer Rötidolomit
- Unterer Öhrlikalk
- Unterer Schrattenkalk
- Valanginien und Öhrlichichten i. allg.
- Valanginienkalk

basisch schwer

- Amdenerschichten, Senonmergel
- Blattengratmergel
- Drusberg- und Altmansschichten
- Drusberg- und Altmansschichten (z.T. Drusberg-schichten-Kieselkalk)
- Eocaene Mergel
- Orbitolinaschichten
- Posidonomyenschiefer, Oberer Lias
- Rauhwacke
- Schiltschichten
- Seewerschiefer
- Senonmergel
- Stadschiefer, Globigerinenschiefer, z.T. incl. Pectinidenschiefer
- Valanginienmergel
- Wildflys i. allg.
- Zementsteinschichten

1.7 Geologie (Tektonische Karte 1:500'000)

	konstante Grünerlen- bestände seit 1928	neu hinzu ge- kommene Grünerlen- bestände seit 1928	neu hinzu ge- kommene Grünerlen- bestände, 1928 Einzelsträucher	Gesamtfläche der Grünerlen- bestände	neu Hochwald, 1928 mit Grün- erlen bestockt	Waldfläche GL	Verteilung der Grünerlen im Vergleich zur Gesamtwald- fläche
Geologie Unterlage	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[%]
Quartär	31.30	60.51	4.25	96.05	0.40	2868.39	3.35
Molasse		21.42		21.42	0.00	968.28	2.21
sauer durchlässig	294.36	352.88	20.12	667.36	21.65	3771.10	17.70
sauer schwer	131.06	91.54	5.17	227.77	6.29	539.86	42.19
basisch durchlässig	323.70	462.48	81.96	868.14	14.58	8175.58	10.62
basisch schwer	320.04	296.26	39.32	655.62	56.86	4555.53	14.39
Total	1100.47	1285.08	150.83	2536.37	99.78	20878.73	

Tab. 29: Verteilung der Grünerlenbestände des Kantons Glarus aufgrund der geologischen Unterlage (anhand tektonischer Karte).

Geologie, Einteilung nach Kategorien:**Quartär**

- Alluvionen
- Hangschutt
- Moraene, mit Wall; inkl. rezente Moraene
- Oberflächengewässer
- Postglaziale Bergsturzmasse
- Schuttkegel

Molasse

- Chattien (USM)
- Rupelien (UMM)
- *Total Molasse*

sauer durchlässig

- Amphibolithe
- Gneise und Glimmerschiefer (inkl. Migmatite und Phyllite; vorw. Metased.)
- Granite, Granodiorite, Quarzdiorite
- Oberkarbon (- Unterperm)
- Perm (Verrucano)
- Rhyolithe, Dazit (inkl. Ignimbrite, Granophyre)

sauer schwer

- Flysch du Meilleret, Sardona-Flysch, Feuerstaetter Decke

basisch durchlässig

- Abgeschertes und eingewickelter Suedhelvetikum (Schuppenzone von Einsiedeln und Wildhaus, Blattengrat-Komplex, Ragazer Flysch, Unterlage des Faehnernspitz, Schuppenzone von Liebenstein)
- Dogger
- Lias
- Malm
- Oberkreide
- Trias
- Unterkreide

basisch schwer

- Globigerinenschiefer, neritische Sandsteine und Kalke (Nummuliten-, Lithothamnienkalke)
- Gurnigel-, Schlieren- und Waageitaler Flysch, Flysch des Voirons
- Nordhelvetischer Flysch (Matter Formation, Engi-Dachschiefer, Altdorfer Sandstein, Gres du Val d'Illiez, Gres de Taveyanne)
- Subalpiner Flysch (z.T. nordhelvetisch)

1.8 Naturgefahren

Anmerkung: * bedeutet ohne Berücksichtigung von Wald und Schutzbauten.

Lawinengefährdete Flächen (Trajectory Modelling)

	konstante Grünerlen- bestände seit 1928 [ha]	neu hinzu gekommene Grünerlen- bestände seit 1928 [ha]	aktuelle Grünerlen- bestände [ha]	aktuell Hoch- wald, 1928 mit Grünerlen bestockt [ha]	Waldfläche GL [ha]
Flächen mit möglichen 30 jährlichen Lawinen*	752.64	854.80	1692.95	67.56	12666.30
Restliche Flächen	347.84	430.28	843.42	31.74	8212.37
Total	1100.47	1285.08	2536.37	99.30	20878.67
%-Anteil der lawinengefährdeten Fläche	68.39	66.52	66.75	68.04	60.67

Tab. 30: Lawinengefährdete Flächen (Trajectory Modelling); Kanton Glarus.

Lawinengefährdete Flächen (SilvaProtect)

	konstante Grünerlen- bestände seit 1928 [ha]	neu hinzu gekommene Grünerlen- bestände seit 1928 [ha]	aktuelle Grünerlen- bestände [ha]	aktuell Hoch- wald, 1928 mit Grünerlen bestockt [ha]	Waldfläche GL [ha]
Flächen mit möglichen 300 jährlichen Lawinen*	801.10	1006.62	1935.30	91.32	16985.90
Restliche Flächen	299.37	278.46	601.07	7.98	3892.77
Total	1100.47	1285.08	2536.37	99.30	20878.67
%-Anteil der lawinengefährdeten Fläche	72.80	78.33	76.30	91.96	81.36

Tab. 31: Lawinengefährdete Flächen (SilvaProtect); Kanton Glarus.

Rutschgefährdete Flächen (SilvaProtect)

	konstante Grünerlen- bestände seit 1928 [ha]	neu hinzu gekommene Grünerlen- bestände seit 1928 [ha]	aktuelle Grünerlen- bestände [ha]	aktuell Hoch- wald, 1928 mit Grünerlen bestockt [ha]	Waldfläche GL [ha]
Flächen mit möglichen Startzonen von flachgründigen Rutschungen*	748.47	824.31	1678.11	59.11	13634.11
Restliche Flächen	352.00	460.77	858.26	40.19	7244.56
Total	1100.47	1285.08	2536.37	99.30	20878.67
%-Anteil der rutschgefährdeten Fläche	68.01	64.14	66.16	59.53	65.30

Tab. 32: Rutschgefährdete Flächen (SilvaProtect); Kanton Glarus.

2 Surselva, Kanton Graubünden

2.1 Fläche

Kategorie:	[ha]
Gebüschwald aus WSK (ohne Überlappung mit 1916)	1776.74
Gebüschwald WSK überlappend mit Grünerlen 1916	765.55
Grünerlen 1916 überlappend mit Jungwuchs/Dickung, WSK	32.49
Grünerlen 1916 überlappend mit Stangenholz, WSK	19.32
Grünerlen 1916 überlappend mit schwachem Baumholz, WSK	13.59
Grünerlen 1916 überlappend mit mittlerem Baumholz, WSK	120.87
Grünerlen 1916 überlappend mit starkem Baumholz, WSK	34.75
Grünerlen 1916 überlappen mit WSK stufigem Bestand, WSK	75.90
Grünerlen 1916 keine Überlappung mit Gebüschwald WSK, Offenland	63.76
Grünerlen 1916 jedoch in WSK nicht beurteilte Fläche	1810.86

Tab. 33: Flächenanteile der Grünerlenbestände in der Surselva.

Zustand:	[ha]
Grünerlenbestand 1916 flächig	1126.22
Gesamtfläche Grünerlenbestand WSK	2542.29
neu hinzu gekommene Grünerlenflächen seit 1916	1776.74
konstante Grünerlenbestände seit 1916	765.55
Aktuell Hochwald, 1916 Grünerlen	296.91
Aktuell Offenland, 1916 Grünerlen	63.76
Grünerlenbestand 1916 flächig jedoch in WSK nicht beurteilt	1810.86
Totale Grünerlenfläche 1916	2937.08

Tab. 34: Flächenanteile der Grünerlenbestände in der Surselva.

2.2 Kulturelle Nutzung 1916

Nr.	Bedeutung	Fläche [ha]	Anteil [%]
11	Nadelwald	393.62	22.17
42	Sommerviehweide der Hauskühe im Tal und Milchkuhweide der Alpen	378.47	21.32
27 / 17	Alpenrose mit Wachholder	309.69	17.44
27	Alpenrose	255.14	14.37
32	Gedüngte Mähwiese zweiter Ordnung (mit einmaligem Schnitt. Bergwiesen, Maisensässe)	118.43	6.67
31	Gedüngte Mähwiese erster Ordnung (mit zweimaligem Schnitt. Fettwiesen, Wechselwirtsch. mit Ackerbau)	88.60	4.99
42 / 17	Sommerviehweide der Hauskühe im Tal und Milchkuhweide der Alpen mit Wachholder*	73.73	4.15
41	Magerwiese der Alpen und Wildheuplanken	38.93	2.19
15	Bergföhre, geradestämmig, Legföhre, Krummholz	31.34	1.77
42 / 15	Sommerviehweide der Hauskühe im Tal und Milchkuhweide der Alpen mit Bergföhren*	30.27	1.70
24	Grauerle incl. Der Salices des Auenwaldes	24.85	1.40
25	Weidenbestände (Salix sp.)	14.48	0.82
27 / 15	Alpenrose mit Berföhre	9.92	0.56
44	Fels- und Nivalflora	7.26	0.41
43	Galtvieh- und Schafweide	0.81	0.05
Total		1775.55	100

Tab. 35: Kulturelle Nutzung (1916) der inzwischen eingewachsenen Grünerlenbestände in der Surselva.

2.3 Ehemalige Grünerlenbestände, bei welchen nach den Auswertungen Hochwald aufkommen konnte

Nr.	Bedeutung	Baumzeichen	Bedeutung	[ha]	[%]
30	Grünerlen 1916 überlap- pend mit Jung- wuchs/Dickung	0	kein Zeichen	19.18	6.46
		1	Fichte	2.23	0.75
		4	Lärche	0.08	0.03
		7	Legföhre	0.07	0.02
		8	Arve	1.89	0.64
		20	überlagert mit Nadelwald	7.18	2.42
		140	Fichte und Lärche	1.76	0.59
		170	Fichte und Legföhre	0.10	0.03
31	Grünerlen 1916 überlap- pend mit Stangenholz	0	kein Zeichen	13.11	4.42
		1	Fichte	2.24	0.75
		3	Weisstanne	2.70	0.91
		20	überlagert mit Nadelwald	1.27	0.43
32	Grünerlen 1916 überlap- pend mit wks schwachem Baumholz	0	kein Zeichen	5.39	1.82
		1	Fichte	2.76	0.93
		8	Arve	1.31	0.44
		20	überlagert mit Nadelwald	3.49	1.17
		680	Bergföhre und Arve	0.64	0.21
33	Grünerlen 1916 überlap- pend mit wks mittlerem Baumholz	0	kein Zeichen	65.93	22.20
		1	Fichte	9.51	3.20
		3	Weisstanne	0.04	0.01
		4	Lärche	1.79	0.60
		7	Legföhre	0.61	0.21
		8	Arve	4.75	1.60
		20	überlagert mit Nadelwald	37.90	12.76
		140	Fichte und Lärche	0.17	0.06
		170	Fichte und Legföhre	0.01	0.00
		180	Fichte und Arve	0.17	0.06
34	Grünerlen 1916 überlap- pend mit wks starkem Baumholz	0	kein Zeichen	15.49	5.22
		1	Fichte	5.83	1.96
		2	Zwergfichte	1.42	0.48
		3	Weisstanne	0.54	0.18
		4	Lärche	1.03	0.35
		8	Arve	0.45	0.15
		20	überlagert mit Nadelwald	9.99	3.37
		35	Grünerlen 1916 überlap- pen mit wks stufigem Be- stand	0	kein Zeichen
1	Fichte			10.95	3.69
2	Zwergfichte			1.69	0.57
3	Weisstanne			1.01	0.34
4	Lärche			4.17	1.41

Nr.	Bedeutung	Baumzeichen	Bedeutung	[ha]	[%]
		7	Legföhre	0.17	0.06
		8	Arve	5.22	1.76
		20	überlagert mit Nadelwald	7.34	2.47
		140	Fichte und Lärche	2.37	0.80
		170	Fichte und Legföhre	0.96	0.32
		180	Fichte und Arve	1.01	0.34
		680	Bergföhre und Arve	1.43	0.48
		780	Legföhre und Arve	0.28	0.10
Hochwald mit Baumzeichen Total				138.54	46.66
Hochwald Total				296.91	

Tab. 36: Ehemalige Grünerlenbestände der Surselva, bei welchen Hochwald aufkommen konnte.

Zusammengefasst nach Baumzeichen:

Baum- zeichen	Baumart	[ha]	[%]
1	Fichte	33.53	24.20
2	Zwergfichte	3.10	2.24
3	Weisstanne	4.29	3.10
4	Lärche	7.07	5.10
5	Waldföhre	0	0.00
6	Bergföhre	0	0.00
7	Legföhre	0.85	0.61
8	Arve	13.63	9.84
140	Fichte und Lärche	4.30	3.11
170	Fichte und Legföhre	1.07	0.77
180	Fichte und Arve	1.18	0.85
680	Bergföhre und Arve	2.07	1.49
780	Legföhre und Arve	0.28	0.21
20	überlagert mit Nadelwald	67.16	48.48
	Total	138.54	

Tab. 37: Ehemalige Grünerlenbestände der Surselva, bei welchen Hochwald aufkommen konnte; zusammengefasst nach Baumzeichen.

2.4 Samenverbreitung einiger Baumarten

(aus Frehner et al, 2005. Nach Burschel & Huss, 1987; Schölch et al, 1994; Lässig et al, 1995; Schütz, 1999)

Transporthilfsmittel	Samengewicht	Verteilungsmedium	Baumarten	Samenverteilung
Flugvorrichtungen	Sehr leicht	Wind	Pappel, Weide, Birke	Bis mehrere km
Flugvorrichtungen	Leicht bis mittel	Wind	Ulme, Esche, Ahorn, Linde, Fichte, Tanne, Lärche	Zu 50 % im Kronenbereich. Genügend Samen im Bereich von etwa 2 Baumhöhen, in Windrichtung auch weiter, Verbreitung aufwärts nur bei günstigen Windverhältnissen
Luftgefüllte Schwimmkissen	Leicht	Wasser	Erle	Überwiegend im Kronenbereich, bei Vorhandensein von Wasser auch Ferntransport möglich
Ohne	Mittelschwer	Vögel	Kirsche, Eibe, Vogelbeere, Elsbeere, Mehlbeere	Teilweise im Kronenbereich, teilweise unregelmässig verschleppt (bis mehrere km)
Ohne	Schwer	Vögel (z. B. Häher), Nager (z. B. Eichhörnchen, Mäuse)	Eiche, Buche, Arve, Hasel	Buche überwiegend im Kronenbereich oder wenig darüber hinaus, ausserdem unregelmässige Verbreitung über grössere Flächen. Eiche, Arve und Hasel: starke Verbreitung durch Häher

Tab. 38: Samenverbreitung einiger Baumarten (aus Frehner et al, 2005).

2.5 Exposition

	Grünerlenbestand 1916			konstante Grünerlenbestände seit 1916			neu hinzu gekommene Grünerlenbestände seit 1916			Gesamtfläche der Grünerlenbestände		
	[ha]	[%]	(b) [%]	[ha]	[%]	(b) [%]	[ha]	[%]	(b) [%]	[ha]	[%]	(b) [%]
N	147.48	13.09	6.09	114.26	14.92	4.72	278.56	15.68	11.50	392.81	15.45	16.22
NO	195.90	17.39	11.63	139.93	18.28	8.30	305.84	17.22	18.15	445.77	17.53	26.46
O	202.51	17.98	11.89	133.69	17.46	7.85	252.09	14.19	14.80	385.78	15.17	22.65
SO	124.28	11.03	6.14	67.26	8.78	3.32	159.89	9.00	7.90	227.15	8.93	11.23
S	60.33	5.36	3.32	28.05	3.66	1.54	88.99	5.01	4.90	117.05	4.60	6.45
SW	60.24	5.35	4.55	26.15	3.41	1.98	102.38	5.76	7.74	128.53	5.06	9.72
W	129.35	11.49	8.73	90.69	11.85	6.12	231.92	13.05	15.65	322.62	12.69	21.77
NW	206.16	18.31	8.48	165.61	21.63	6.81	356.94	20.09	14.69	522.55	20.55	21.50
Total	1126.25		7.57	765.64		5.14	1776.61		11.94	2542.25		17.08

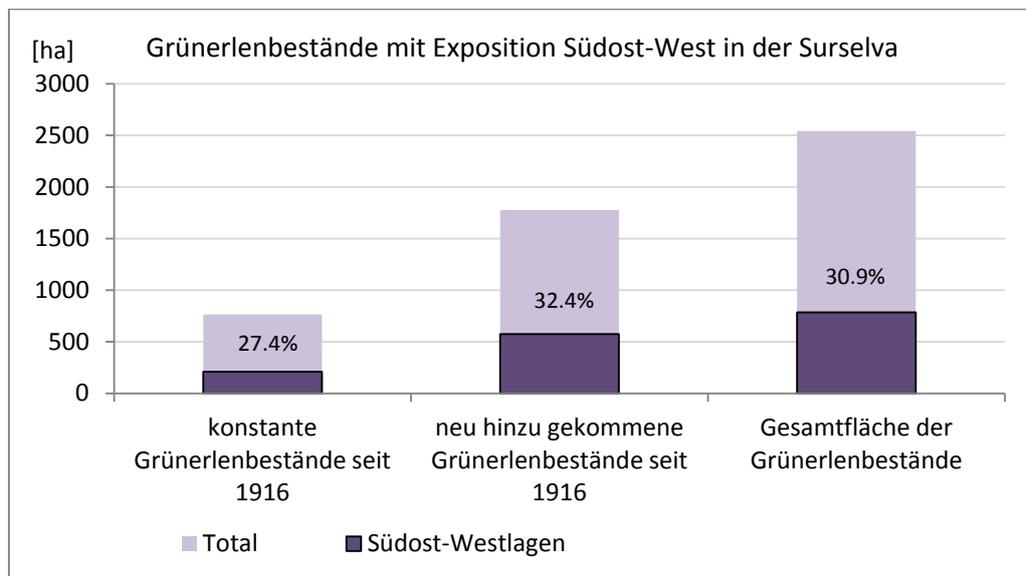
	Aktuell Hochwald, 1916 Grünerlen			Aktuell Offenland, 1916 Grünerlen		nicht beurteilt, 1916 Grünerlen		Waldfläche Surselva	
	[ha]	[%]	(b) [%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	(a) [ha]	[%]
N	28.94	9.75	1.20	4.29	6.73	261.51	14.56	2421.33	16.27
NO	41.38	13.94	2.46	14.59	22.89	284.62	15.84	1684.93	11.32
O	58.71	19.77	3.45	10.12	15.87	292.03	16.26	1703.19	11.44
SO	48.65	16.39	2.40	8.37	13.14	188.12	10.47	2022.93	13.59
S	27.73	9.34	1.53	4.54	7.13	131.72	7.33	1816.05	12.20
SW	28.51	9.60	2.16	5.58	8.76	159.55	8.88	1322.93	8.89
W	29.88	10.06	2.02	8.78	13.78	216.39	12.05	1482.18	9.96
NW	33.09	11.14	1.36	7.46	11.71	262.52	14.61	2430.20	16.33
Total	296.88		1.99	63.73		1796.47		14883.73	

Tab. 39: Exposition der Grünerlenbestände in der Surselva. (b) = %-Anteil der Waldfläche Surselva (a)

2.6 Alnus brembana

	konstante Grünerlenbestände seit 1916 [ha]	neu hinzu gekommene Grünerlenbestände seit 1916 [ha]	Gesamtfläche der Grünerlenbestände [ha]
Südost- bis Westlagen	209.65	575.35	785.00
Nordwest- bis Ostlagen	555.90	1201.39	1757.29
Total	765.55	1776.74	2542.29
%-Anteil möglicher Standorte, auf welchen Alnus brembana vorkommen könnte	27.39	32.38	30.88

Tab. 40: %-Anteil möglicher Standorte (aufgrund der Exposition), auf welchen Alnus brembana vorkommen könnte in der Surselva.



Diagr. 30: Grünerlenbestände mit Exposition Südost-West in der Surselva.

2.7 Höhenstufen

	Höhe	Grünerlenbestand 1916		konstante Grünerlenbestände seit 1916		neu hinzu gekommene Grünerlenbestände seit 1916		Gesamtfläche der Grünerlenbestände		Aktuell Hochwald, 1916 Grünerlen		aktuell Offenland, 1916 Grünerlen	nicht beurteilt, 1916 Grünerlen	Waldfläche Surselva	
		[m ü. M.]	[ha]	(b) [%]	[ha]	(b) [%]	[ha]	(b) [%]	[ha]	(b) [%]	[ha]			(b) [%]	[ha]
1	< 500														
2	500-600														
3	600-700					8.91	4.64	8.91	4.64					192.03	1.39
4	700-800					8.94	2.07	8.94	2.07			0.02		431.73	3.13
5	800-900	3.02	0.53			5.48	0.97	5.48	0.97	3.02	0.53		2.73	567.39	4.12
6	900-1000	3.66	0.55	0.06	0.01	10.35	1.57	10.41	1.58	2.98	0.45	0.62	5.81	660.50	4.79
7	1000-1100	8.56	1.02	1.42	0.17	12.20	1.45	13.62	1.62	4.68	0.56	2.45	6.25	840.07	6.09
8	1100-1200	21.97	2.29	5.32	0.55	33.48	3.49	38.80	4.05	14.79	1.54	1.86	32.12	958.83	6.96
9	1200-1300	27.16	2.41	8.60	0.76	81.31	7.20	89.91	7.96	17.08	1.51	1.48	44.92	1129.08	8.19
10	1300-1400	40.02	2.80	17.92	1.25	114.66	8.01	132.58	9.26	20.21	1.41	1.89	55.88	1430.99	10.38
11	1400-1500	89.65	5.40	43.05	2.59	155.05	9.34	198.09	11.93	38.85	2.34	7.75	87.37	1659.98	12.04
12	1500-1600	148.22	8.09	77.99	4.25	225.78	12.32	303.77	16.57	60.04	3.28	10.20	139.82	1833.17	13.30
13	1600-1700	275.20	14.71	182.18	9.74	326.73	17.47	508.92	27.21	77.29	4.13	15.73	229.95	1870.33	13.57
14	1700-1800	300.65	21.74	237.57	17.18	386.57	27.96	624.14	45.14	47.97	3.47	15.11	374.83	1382.69	10.03
15	1800-1900	172.59	27.16	157.04	24.72	297.75	46.86	454.79	71.58	9.48	1.49	6.07	418.00	635.38	4.61
16	1900-2000	34.15	19.60	33.03	18.96	98.41	56.49	131.44	75.44	0.51	0.29	0.62	302.34	174.22	1.26
17	2000-2100	1.38	8.23	1.38	8.22	11.13	66.26	12.51	74.48	0.00	0.00		89.40	16.79	0.12
18	2100-2200												21.42		
19	2200-2300														
20	> 2300														
Total		1126.22		765.55		1776.74		2542.29	18.44	296.91		63.76	1810.86	13783.20	

Tab. 41: Verteilung der Grünerlenbestände der Surselva über die Höhenstufen. (b) = %-Anteil der Waldfläche Surselva (a).

2.8 Höhenlage und Exposition zusammengefasst

	Höhe	Nordwest-Nordost		Südost-Südwest	
		Gesamtfläche der Grünerlenbestände		Gesamtfläche der Grünerlenbestände	
		[m ü. M.]	[ha]	[%]	[ha]
1	< 500				
2	500-600				
3	600-700	5.62	0.42	1.95	0.42
4	700-800	7.36	0.55	1.19	0.26
5	800-900	3.95	0.29	0.45	0.10
6	900-1000	5.25	0.39	2.25	0.48
7	1000-1100	2.54	0.19	8.47	1.82
8	1100-1200	14.32	1.06	12.80	2.75
9	1200-1300	40.05	2.97	25.36	5.45
10	1300-1400	69.47	5.15	30.67	6.59
11	1400-1500	104.44	7.74	43.89	9.43
12	1500-1600	164.98	12.23	58.34	12.53
13	1600-1700	263.55	19.53	93.54	20.09
14	1700-1800	334.47	24.79	103.88	22.31
15	1800-1900	246.44	18.27	71.56	15.37
16	1900-2000	78.92	5.85	10.56	2.27
17	2000-2100	7.80	0.58	0.66	0.14
18	2100-2200				
19	2200-2300				
20	> 2300				
Total		1349.16		465.58	

Tab. 42: Verteilung der Grünerlenbestände in der Surselva; Höhenlage und Exposition zusammengefasst.

2.9 Geologie (GeoCover Vektordatensatz, Blatt 1213 und 132, Massstab 1:25'000)

	Grünerlenbestand 1916	konstante Grünerlenbestände seit 1916	neu hinzu gekommene Grünerlenbestände seit 1916	Gesamtfläche der Grünerlenbestände	Aktuell Hochwald, 1916 Grünerlen	Offenland, 1916 Grünerlen	nicht beurteilt, 1916 Grünerlen	Waldfläche Surselva
Geologische Einheit	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
Quartär	61.12	35.52	135.93	171.45	21.90	3.70	91.98	1538.17
Moräne	110.53	62.55	154.02	216.57	43.02	4.96	182.45	2500.58
sauer durchlässig	177.07	89.15	304.80	393.94	69.37	18.56	248.44	4033.93
sauer schwer	8.21	3.24	11.39	14.63	4.57	0.39	7.92	88.61
basisch durchlässig	6.90	3.53	27.74	31.27	3.19	0.19	24.97	183.53
basisch schwer	19.59	14.25	45.25	59.50	3.11	2.23	16.09	401.55
Summe	383.43	208.24	679.12	887.36	145.16	30.03	571.84	8746.36

Tab. 43: Verteilung der Grünerlenbestände der Surselva aufgrund der geologischen Unterlage (anhand GeoCover Vektordatensatz).

Geologie, Einteilung nach Kategorien:**Quartär**

- Alluvion ebener Talböden, Firn u. Gletscher
- Bachschuttkegel
- Bergsturz
- Fels- bzw. Blocksturzablagerung, Anhäufung von Sturzblöcken
- Rezente Alluvion
- Rutschung, Schlipf
- Spät- bis postglaziale Terrasse: fluviatiler Schotter, See- und Deltasedimente
- Sumpf, Ried
- Trockener Schuttkegel, Gehängeschutt (z.T. auch abgerutschter Moränenschutt)

Moräne

- Glazialschutt, diluvial bis rezent
- Lokalmoräne (? Egesen-Stadium)
- Moräne der letzten Eiszeit

Fortsetzung siehe nächste Seite

sauer durchlässig

- Ältere krist. Schiefer, teils Ortho-, teils Paragesteine
- Ältere krist. Schiefer, teils Ortho-, teils Paragesteine: Vorherrschend Streifengneis
- Basaler Quarzit
- Biotitgneis
- Biotitgneis mit Einlagerung von Hornblendeschiefer u. Amphibolit
- Biotithornfels, hornfelsartiger Biotitgneis
- Breccien. u. Konglomerate (z.T. serizitisch-gneisig, ("Ilanzer Verrucano"))
- Chiestolith-Hornfels
- Diabasische Grünschiefer
- Diorit u. Gabbrodiorit
- Diorit u. Gabbrodiorit, schiefrig-metamorph
- Dioritische Gesteine der nördlichen Gneiszone; Diorit u. Gabbrodiorit der südlichen Intrusivzone
- Dioritische Gesteine, schiefrig-metamorph
- Gneisig-schiefrige Konglomerate u. Breccien
- Granatamphibolit
- Granatführende Gneise u. Hornfelse
- Granatführender Orthoklasgneis
- Grauer Metarhyolith ("Waltensburger Verrucano"), assoziiert mit Sandsteinen und Feinkonglomeraten mit Vulkanit- und Kristallinkomponenten
- Grober Sandkalk, Quarzit ("Obere Stgir-Serie")
- Grünliche Serizitgneise und -schiefer, mit vereinzelt Quarzgeröllen, lokal tuffitisch
- Grünlicher Quarzit, z.T. Feldspat führend
- Grünschiefer, mit spilitischen und tuffitischen Einschaltungen
- Hellbrauner Serizitschiefer bis -quarzit
- Hornblendegranit u. Granodiorit der südlichen Intrusivzone
- Hornblendeschiefer u. Amphibolit
- Meist blassgrüne, gneisartige Sandsteine und Konglomerate mit Kristallingeröllen, lokal schiefrig bis phyllitisch ("Ilanzer Verrucano auct.")
- Migmatitischer Chlorit- bis Biotitgneis mit Feldspat-Augen, z.T. stark tektonisiert ("Augengneis der unteren Val Gronda")
- Muskovit-Alkalifeldspatgneise (mit Plagioklas) sowie z.T. quarzreicher Muskovitgneis (ohne Plagioklas), lagig bis flachlinsig
- Normaler Aaregranit
- Paraschiefer u. -gneise (Serizit-(Chlorit-) gneise, -schiefer, -quarzite u. -phyllite)
- Paraschiefer u. -gneise (Serizit-, Chlorit-, Muskovit- u. Biotitgneise u. -schiefer, Serizitquarzite u. -phyllite, Arkose - u. Psammitgneise
- Peridotitische Derivate in Serizitschiefern (Serpentin, Giltstein, Talkschiefer etc.)
- Porphyrtiger Granit u. Granodiorit
- porphyrische Randfazies
- porphyrische Randfazies, geschiefert, z.T. myloni-

tisch

- Porphyrit, Diabas u. Melaphyr
- Punteglas-Granit
- Quarten-Formation: hellgrüne und dunkelrote Serizitphyllite mit dolomitischen Linsen
- Quartenschiefer (z.T. Chloritoidschiefer)
- Quarzporphyr
- Quarzporphyr (inkl. Tuffe)
- Quarzporphyr u. Quarzporphyrit
- Saure Granite der nördlichen Schieferzone
- Saurer Granit der zentralen Intrusivzone
- Syenit, Monzonit u. Quarzmonzonit
- Überwiegend silbergraue bis grünliche Quarz-Serizitphyllite (Knötchenphyllit von Meierhof")
- Wechsellagerung von +/- stark verschieferten Sandsteinen, Tuffiten und sandigen Phylliten

sauer schwer

- Bunte, fleckige Schiefer (Breccienschiefer); bunte (tuffartige) Breccie
- Fuchsitreiche Schiefer
- Grau-silbergrau bis leicht rötlich-grünlich gefärbte, feinkörnige Schiefer
- Knotenschiefer
- Kohlige schwarze Tonschiefer, Arkosen u. Breccien
- Schwarze Tonschiefer mit Silt- und Feinsandsteinlagen ("Coroi-Serie")

basisch durchlässig

- Dogger (Fe-Oolith, Echinodermenbreccie, Fe-Sandstein, Opalinusschiefer)
- Granitgneis, z.T. mit chloritisiertem Granat
- Karbonatische Linsen u. Lagen (Siderit-Breunerit)
- Konglomeratgneis
- Rötidolomit (inkl. Quarzit)
- Röti-Formation: Dolomit, Rauwacke
- Trias i. Allg.

basisch schwer

- "Lias von Meierhof": schwarze Tonschiefer mit dünnen Sandkalkbänken
- Bündnerschiefer
- Phyllitgruppe (blaugraue, violette u. grünlichgraue Tonschiefer mit verschiedenen Einlagerungen); Kalksandsteinbänke
- Rauwacke
- Schwarze Schiefer m. Kalk - u. Quarzitbänken

2.10 Geologie (Tektonische Karte 1:500'000)

	konstante Grünerlenbestände seit 1916	neu hinzu gekommene Grünerlenbestände seit 1916	Gesamtfläche der Grünerlenbestände	Aktuell Hochwald, 1916 Grünerlen	Waldfläche Surselva	Verteilung der Grünerlen im Vergleich zur Gesamtwaldfläche
Geologie	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[%]
Quartär	69.45	150.29	219.74	33.00	2680.04	8.20
sauer durchlässig	655.81	1121.97	1777.77	236.96	11212.01	15.86
sauer schwer						
basisch durchlässig	39.93	108.61	148.55	26.96	990.53	15.00
basisch schwer		2.60	0.00	0.00	2.80	0
Total	765.19	1383.47	2146.06	296.91	14885.38	

Tab. 44: Verteilung der Grünerlenbestände der Surselva aufgrund der geologischen Unterlage (anhand tektonischer Karte 1:50'000).

Geologie, Einteilung nach Kategorien:**Quartär**

- Alluvionen
- Hangschutt
- Moraene, mit Wall; inkl. rezente Moraene
- Oberflächengewässer
- Postglaziale Bergsturzmasse
- Rutschmasse
- Sackungsmasse
- Schuttkegel
- Spaet- bis postglaziale Schotter in den Alpen

sauer durchlässig

- Amphibolithe
- Diorite, Gabbros
- Gneise und Glimmerschiefer (inkl. Migmatite und Phyllite; vorw. Metasedimente)
- Granite, Granodiorite, Quarzdiorite
- Metagranitoide (Intrusionsalter nicht gesichert)
- Metagranitoide, altpalaeozoisches (kaledonisches) Intrusionsalter
- Metagranitoide, jungpalaeozoisches (variszisches) Intrusionsalter
- Oberkarbon (- Unterperm)
- Perm (Verrucano)
- Rhyolithe, Dazit (inkl. Ignimbrite, Granophyre)
- Syenite, Monzonite

sauer schwer (keine)**basisch durchlässig**

- Dogger
- Lias
- Malm
- Trias
- Trias - Dogger
- Unterkreide

basisch schwer

- Globigerinenschiefer, neritische Sandsteine und Kalke (Nummuliten-, Lithothamnienkalke)

2.11 Naturgefahren

Anmerkung: * bedeutet ohne Berücksichtigung von Wald und Schutzbauten.

Lawinengefährdete Flächen (StorMe)

	konstante Grünerlenbe- stände seit 1916	neu hinzu gekommene Grünerlenbe- stände seit 1916	Gesamtflä- che der Grünerlenbe- stände	Aktuell Hochwald, 1916 Grüner- len	Waldfläche Surselva
	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
Flächen überlagert Ereigniskatas- ter Lawinen (StorMe)	212.98	315.03	528.01	38.66	930.23
Restliche Flächen	552.57	1461.71	2014.27	258.25	12852.97
Total	765.55	1776.74	2542.29	296.91	13783.20
%-Anteil der lawinengefährdeten Fläche	27.82	17.73	20.77	13.02	6.75

Tab. 45: Lawinengefährdete Flächen (Trajectory Modelling); Surselva.

Rutschgefährdete Flächen (SilvaProtect)

	konstante Grünerlenbe- stände seit 1916	neu hinzu gekommene Grünerlenbe- stände seit 1916	Gesamtfläche der Grüner- lenbestände	Aktuell Hochwald, 1916 Grüner- len	Waldfläche Surselva
	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
Flächen mit möglichen flachgründigen Rutschungen *	715.46	1613.49	2328.95	254.59	4059.95
Restliche Flächen	50.08	163.25	213.33	42.32	9723.25
Total	765.55	1776.74	2542.29	296.91	13783.20
%-Anteil der rutschgefährdeten Fläche	93.46	90.81	91.61	85.74	29.46

Tab. 46: Lawinengefährdete Flächen (SilvaProtect); Surselva.

3 Kanton St. Gallen

3.1 Fläche

Kategorien	Bedeutung			Fläche [ha]	[%]
1	Alvi			397.89	26.51
2	Alvi (xy)/xy			219.15	14.60
3	Alvi/u			883.81	58.89
	Total			1500.85	

Tab. 47: Anteile der Grünerlenflächen aufgrund der Kategorien 1-3, Kanton St. Gallen.

Tal/Region	Alvi	Alvi (xy) /xy	Alvi/u	Total
Calfeisen	136.02	13.48	78.44	227.94
Cholschlag	23.93	11.28	53.96	89.17
Churfirsten	7.51	10.68	5.19	23.38
Federispitz-Speer-Speermürli	7.18	12.88	7.23	27.29
Grosssee-Flumserberg	8.32	12.68	7.71	28.71
Hoher Kasten	0.69	0.69		1.37
Murgtal	0.66	7.81		8.47
Schilstal	2.01	3.12	0.26	5.39
Stockberg-Neuenalpspitz- Mittelberg	2.37			2.37
Taminatal	58.43	14.72	117.92	191.07
Teselalp		5.11	5.10	10.21
Wangs-Vilters	77.99	17.68	1.78	97.45
Weisstannental	50.76	65.18	586.05	701.99
Werdenberg	22.01	43.86	20.15	86.02
Total				1500.85

Tab. 48: Geografische Verbreitung der Grünerlenflächen im Kanton St. Gallen.

Waldfläche in St. Gallen:	[ha]	[%]
gesamte Waldfläche	59100.24	
davon Grünerlenbestände	1500.85	2.54

3.2 Exposition

	Cholschlag						Weisstannental					
	Grün- erlen- bestand	Grünerlen bestand mit Mosa- ik oder Übergang	Grünerlen im Über- gang zu Offenland	Grünerlen Chol- schlag	Anteil von Wald- fläche	Gesamte Wald- fläche	Grün- erlen- bestand	Grünerlen bestand mit Mosa- ik oder Übergang	Grünerlen im Über- gang zu Offenland	Grünerlen Weiss- tannental	Anteil von Wald- fläche	Gesamte Wald- fläche
	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[%]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[%]	[ha]
N	10.74	2.86	6.62	20.22	17.96	112.55	9.52	6.57	76.09	92.19	25.78	357.62
NO	1.03	1.62	9.66	12.31	13.31	92.54	7.85	12.70	138.24	158.79	37.46	423.92
O	1.26	2.11	20.43	23.79	33.06	71.98	4.21	7.07	99.14	110.42	26.90	410.49
SO	1.49	0.89	10.21	12.59	14.83	84.89	2.80	6.35	71.42	80.57	14.85	542.46
S	0.22	0.08	1.06	1.36	4.99	27.21	1.29	3.31	40.18	44.77	14.16	316.28
SW	0.01	0.00	0.08	0.09	4.53	2.06	1.03	9.07	32.03	42.12	21.46	196.31
W	0.44	0.31	0.40	1.15	18.86	6.08	5.98	11.76	57.88	75.62	22.27	339.51
NW	8.75	3.38	5.51	17.65	25.61	68.91	16.53	7.86	67.73	92.13	17.61	523.16
Total	23.94	11.26	53.97	89.16	19.12	466.22	49.20	64.69	582.71	696.60	22.40	3109.75

	Taminatal						Calfeisen					
	Grün- erlen- bestand	Grünerlen bestand mit Mosa- ik oder Übergang	Grünerlen im Über- gang zu Offenland	Grünerlen Taminatal	Anteil von Wald- fläche	Gesamte Wald- fläche	Grün- erlen- bestand	Grünerlen bestand mit Mosa- ik oder Übergang	Grünerlen im Über- gang zu Offenland	Grünerlen Calfeisen	Anteil von Wald- fläche	Gesamte Wald- fläche
	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[%]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[%]	[ha]
N	12.49	2.65	23.71	38.86	10.21	380.76	43.65	1.26	5.11	50.02	37.18	134.53
NO	15.14	3.12	28.24	46.50	13.81	336.70	29.01	0.94	8.34	38.29	34.57	110.75
O	8.92	2.82	29.47	41.21	7.83	526.33	12.39	0.52	11.92	24.83	43.61	56.95
SO	5.31	2.68	15.52	23.51	3.75	627.10	5.80	2.21	17.39	25.41	22.24	114.23
S	2.33	0.63	1.51	4.48	1.26	355.23	4.18	1.27	12.78	18.23	10.04	181.52
SW	2.37	0.86	0.02	3.25	1.21	267.71	2.24	3.62	10.93	16.79	18.97	88.50
W	2.57	0.55	0.18	3.31	0.67	494.94	4.67	2.61	7.71	14.98	41.40	36.18
NW	6.92	1.01	5.28	13.21	2.24	590.29	28.69	0.89	3.85	33.43	53.99	61.93
Total	56.05	14.34	103.94	174.34	4.87	3579.07	130.63	13.33	78.03	221.98	28.29	784.60

Total der 4 Täler						
	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Offenland	Grünerlen 4 Täler	Anteil von Waldfläche	Waldfläche 4 Täler
	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[%]	[ha]
N	76.41	13.35	111.52	201.28	20.4	985.47
NO	53.03	18.38	184.49	255.90	26.5	963.91
O	26.78	12.52	160.96	200.25	18.8	1065.74
SO	15.39	12.15	114.54	142.08	10.4	1368.68
S	8.01	5.29	55.54	68.85	7.8	880.24
SW	5.64	13.56	43.06	62.25	11.2	554.59
W	13.66	15.23	66.17	95.05	10.8	876.71
NW	60.90	13.15	82.38	156.42	12.6	1244.29
Total	259.82	103.62	818.64	1182.08	14.89	7939.63

Tab. 49: Exposition der Grünerlenflächen im Cholschlag-, Weisstannen-, Tamina- und Calfeisental.

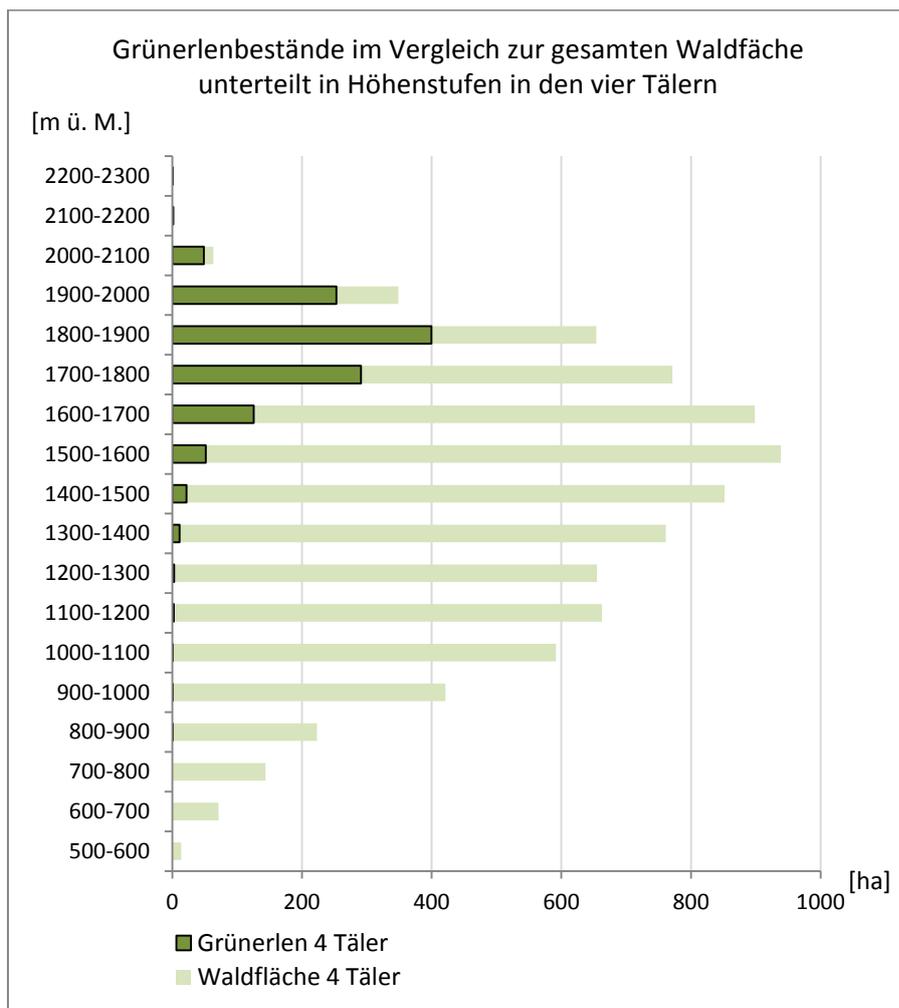
3.3 Höhenstufen

	Cholschlag						Weisstannental						
	Höhe	Grüner- len- bestand	Grünerlen bestand mit Mosa- ik oder Übergang	Grünerlen im Über- gang zu Offenland	Grünerlen Chol- schlag	Anteil von Wald- fläche	Gesamte Wald- fläche	Grüner- len- bestand	Grünerlen bestand mit Mosa- ik oder Übergang	Grünerlen im Über- gang zu Offenland	Grünerlen Weiss- tannental	Anteil von Wald- fläche	Gesamte Wald- fläche
	[m ü. M.]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[%]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[%]	[ha]
1	< 500												
2	500-600											0.00	4.79
3	600-700											0.00	13.43
4	700-800											0.00	36.38
5	800-900											0.00	65.04
6	900-1000											0.00	114.59
7	1000-1100								0.01	0.40	0.41	0.21	193.13
8	1100-1200					0.00	0.29	0.56	0.72	0.92	2.19	0.81	271.02
9	1200-1300					0.00	6.08	0.31	0.77	1.14	2.22	0.80	277.72
10	1300-1400					0.00	39.15	0.52	1.90	4.35	6.76	2.23	303.27
11	1400-1500					0.00	59.54	1.69	2.97	7.59	12.25	3.87	316.12
12	1500-1600	1.37	1.04		2.42	2.49	97.15	2.88	5.68	17.11	25.67	7.25	354.03
13	1600-1700	5.43	4.65	0.53	10.61	9.62	110.31	3.99	15.13	42.69	61.82	17.24	358.54
14	1700-1800	11.27	3.55	16.75	31.58	35.76	88.32	17.56	21.58	121.83	160.98	50.34	319.82
15	1800-1900	5.58	2.00	27.13	34.71	63.28	54.85	18.73	12.77	213.34	244.84	80.40	304.54
16	1900-2000	0.27	0.04	9.35	9.66	93.32	10.35	4.48	3.36	145.96	153.80	93.05	165.28
17	2000-2100			0.20	0.20	100.00	0.20	0.00	0.30	29.00	29.30	90.45	32.39
18	2100-2200							0.04		1.46	1.50	98.68	1.52
19	2200-2300									0.26	0.26	100.00	0.26
20	> 2300												
Total		23.93	11.28	53.96	89.17	19.13	466.24	50.76	65.18	586.05	701.99	22.41	3131.87

	Taminatal						Calfeisen						
	Höhe	Grüner- len- bestand	Grünerlen bestand mit Mosa- ik oder Übergang	Grünerlen im Über- gang zu Offenland	Grünerlen Taminatal	Anteil von Wald- fläche	Gesamte Wald- fläche	Grüner- len- bestand	Grünerlen bestand mit Mosa- ik oder Übergang	Grünerlen im Über- gang zu Offenland	Grünerlen Calfeisen	Anteil von Wald- fläche	Gesamte Wald- fläche
	[m ü. M.]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[%]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[%]	[ha]
1	< 500												
2	500-600					0.00	8.84						
3	600-700					0.00	57.78						
4	700-800					0.00	107.39						
5	800-900	0.03			0.03	0.02	158.02						
6	900-1000	0.19			0.19	0.06	306.68						
7	1000-1100				0.00	0.00	398.56						
8	1100-1200				0.00	0.00	389.43					0.00	2.02
9	1200-1300			0.46	0.46	0.13	357.86					0.00	13.30
10	1300-1400	0.21	0.27	3.95	4.43	1.19	371.94					0.00	46.91
11	1400-1500	1.10	0.86	7.60	9.56	2.42	395.51					0.00	80.45
12	1500-1600	6.45	3.25	10.67	20.38	5.57	366.00	3.12	0.11	0.01	3.25	2.68	121.30
13	1600-1700	15.34	3.41	13.39	32.15	10.98	292.91	16.93	2.59	1.60	21.13	15.45	136.77
14	1700-1800	21.92	5.01	24.02	50.94	22.79	223.54	33.80	7.65	6.10	47.56	34.03	139.75
15	1800-1900	12.50	1.83	33.93	48.26	32.62	147.93	47.56	3.08	21.23	71.87	49.02	146.60
16	1900-2000	0.69	0.09	20.67	21.45	29.80	71.98	30.52	0.04	37.59	68.15	67.51	100.94
17	2000-2100			3.22	3.22	41.21	7.82	4.08		11.90	15.98	69.43	23.01
18	2100-2200					0.00	0.33			0.01	0.01	100.00	0.01
19	2200-2300												
20	> 2300												
Total		58.43	14.72	117.92	191.07	5.22	3662.50	136.02	13.48	78.44	227.94	28.10	811.05

	Übrige Grünerlenstandorte Kt. SG				Total der 4 Täler						
	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Offenland	Total übrige Grünerlenstandorte	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Offenland	Total Grünerlen 4 Täler	Anteil von Waldfläche	Waldfläche 4 Täler	
	[m ü. M.]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[%]	[ha]	
1	< 500										
2	500-600								0.00	13.62	
3	600-700								0.00	71.21	
4	700-800								0.00	143.77	
5	800-900					0.03			0.03	0.02	223.05
6	900-1000					0.19			0.19	0.05	421.27
7	1000-1100	0.07	0.05		0.12	0.00	0.01	0.40	0.41	0.07	591.69
8	1100-1200	0.06	0.39		0.45	0.56	0.72	0.92	2.19	0.33	662.75
9	1200-1300	0.48	0.32		0.80	0.31	0.77	1.60	2.68	0.41	654.95
10	1300-1400	2.81	1.91	1.73	6.45	0.72	2.18	8.29	11.19	1.47	761.26
11	1400-1500	20.04	8.22	6.67	34.93	2.79	3.83	15.19	21.80	2.56	851.63
12	1500-1600	25.94	27.79	8.95	62.68	13.82	10.08	27.80	51.71	5.51	938.48
13	1600-1700	30.43	44.19	10.87	85.49	41.70	25.79	58.22	125.71	13.99	898.53
14	1700-1800	33.69	19.32	10.80	63.81	84.55	37.80	168.71	291.05	37.73	771.43
15	1800-1900	14.42	5.66	7.39	27.47	84.38	19.67	295.62	399.67	61.12	653.92
16	1900-2000	0.73	6.63	1.03	8.39	35.96	3.53	213.57	253.05	72.60	348.55
17	2000-2100	0.07	0.00		0.08	4.08	0.30	44.31	48.70	76.78	63.42
18	2100-2200					0.04	0.00	1.48	1.51	81.39	1.86
19	2200-2300					0.00	0.00	0.26	0.26	100.00	0.26
20	> 2300										
Total		128.75	114.49	47.44	290.68	269.13	104.66	836.37	1210.17	14.99	8071.67

Tab. 50: Verteilung der Grünerlenflächen aufgrund der Höhenlage; Cholschlag-, Weisstannen-, Tamina- und Calfeisental.



Diagr. 31: Verteilung der Grünerlenbestände [ha] der vier Täler im Verhältnis zu deren Waldfläche.

Grünerlenstandorte im ganzen Kanton SG							
	Höhe	Grünerlen- bestand	Grünerlen- bestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Offenland	Grünerlen	Anteil von Waldfläche	Gesamte Waldfläche SG
	[m ü. M.]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[%]	[ha]
1	< 500					0.00	2606.13
2	500-600					0.00	5188.52
3	600-700					0.00	5530.57
4	700-800					0.00	6434.08
5	800-900	0.03			0.03	0.00	6038.68
6	900-1000	0.19			0.19	0.00	5156.69
7	1000-1100	0.07	0.06	0.40	0.53	0.01	4933.26
8	1100-1200	0.62	1.11	0.92	2.64	0.06	4604.95
9	1200-1300	0.80	1.09	1.60	3.48	0.09	4029.52
10	1300-1400	3.53	4.09	10.02	17.64	0.48	3710.50
11	1400-1500	22.83	12.04	21.86	56.74	1.75	3236.69
12	1500-1600	39.77	37.88	36.74	114.39	4.39	2606.03
13	1600-1700	72.13	69.97	69.09	211.20	10.69	1976.58
14	1700-1800	118.24	57.12	179.51	354.87	25.39	1397.64
15	1800-1900	98.80	25.33	303.01	427.14	46.48	919.05
16	1900-2000	36.69	10.16	214.60	261.44	62.92	415.52
17	2000-2100	4.16	0.30	44.31	48.78	70.19	69.49
18	2100-2200	0.04		1.48	1.51	78.40	1.93
19	2200-2300			0.26	0.26	100.00	0.26
20	> 2300						
Total		397.89	219.15	883.81	1500.85	2.55	58856.11

Tab. 51: Verteilung der Grünerlenflächen aufgrund der Höhenlage; ganzer Kanton St. Gallen.

3.4 Geologie (Oberholzer Karte 1:50'000)

	Cholschlag				Weisstannental			
	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grasland	Gesamte Waldfläche (1)	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grasland	Gesamte Waldfläche (1)
Geologie	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
Quartär	6.14	7.09	25.56	127.14	7.07	13.36	36.50	416.74
Moräne	5.87	1.97	11.53	0.00	11.73	6.48	49.83	0.00
sauer durchlässig	3.37	1.01	6.70	102.86	4.69	21.75	201.15	976.38
sauer schwer				0.00				0.00
basisch durchlässig	8.56	1.22	9.46	236.24		1.15	13.69	214.03
basisch schwer			0.71	0.00	27.26	22.43	284.88	1524.73
Total	23.93	11.28	53.96	466.24	50.76	65.18	586.05	3131.87
Summe pro Region	89.17				701.99			

	Taminatal				Calfeisen			
	Grünerlen- bestand	Grünerlen- bestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Über- gang zu Grasland	Gesamte Wald- fläche (1)	Grünerlen- bestand	Grünerlen- bestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Über- gang zu Grasland	Gesamte Wald- fläche (1)
Geologie	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
Quartär	9.67		4.60	172.60	20.52	0.84	7.47	114.37
Moräne	5.12	0.94	22.91	0.00	2.49	0.41	36.64	0.00
sauer durchlässig				71.27				0.00
sauer schwer	6.03	3.27	25.95	0.00				0.00
basisch durchlässig	11.34	2.07		1818.77	10.27	2.81	1.10	180.19
basisch schwer	26.27	8.44	64.46	1610.27	102.74	9.41	33.24	516.50
Total	58.43	14.72	117.92	3672.90	136.02	13.48	78.44	811.05
Summe pro Region	191.07				227.94			

Tab. 52: Verteilung der Grünerlenbestände aufgrund der geologischen Unterlage (anhand Oberholzer Karte 1:50'000). (1) = Zahlen aus der Auswertung der tektonischen Karte 1:500'000.

Geologie, Einteilung der Kategorien bei der Oberholzer Karte (1:50'000):

Quartär

- Bergsturz
- Gehängeschutt
- Ried, Sumpf
- Schwemmkegel

basisch durchlässig

- Malmkalk (Quinten-Formation)
- Nummilitenkalk
- Prodchamm - Spitzmeilen - Sexmoar - Formation (Lias)
- Rötidolomit
- Schrattenkalk
- Seewerkalk (Seewer-Formation)

Moräne

- Lokalmoräne

basisch schwer

- Blattengratschichten
- Globigerinenmergel
- Rauwacke
- Wildflys

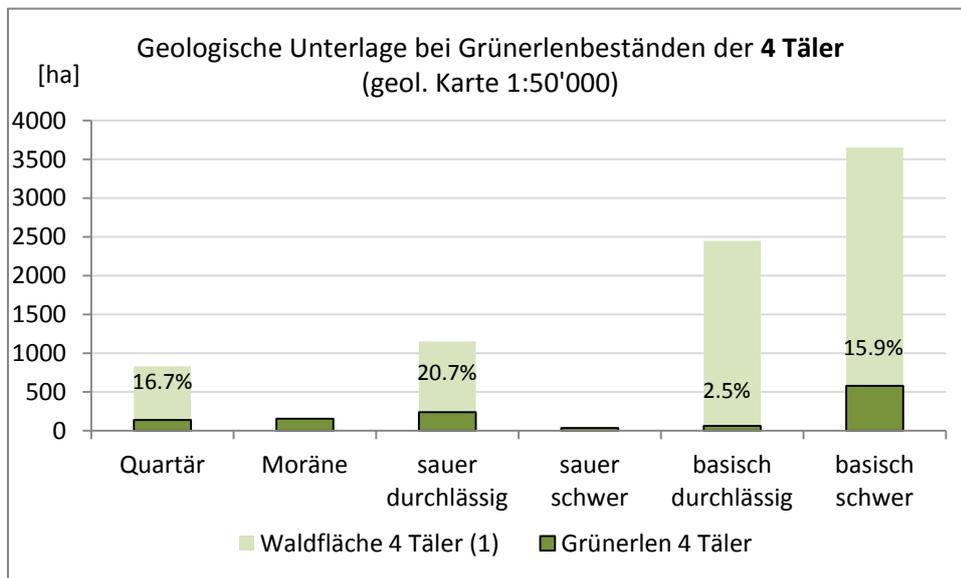
sauer durchlässig

- Grundgebirge (Plagioklasgneis)
- Quarten-Formation
- Verrucano

sauer schwer

- Sandsteine und Dachschiefer

Zusammenfassung der vier Täler:



Diagr. 32: Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen der vier Täler im Verhältnis zur Waldfläche (inkl. Gebüschwald). Legende: (1) = Zahlen aus der Auswertung der geotechnischen Karte 1:500'000. Gesamtwald = Waldgesellschaften inkl. Alvi.

Geologische Unterlage in den übrigen Kantonsgebieten:

Region	Gebiet	Geologie	Kategorie	Bemerkungen	[ha]
Toggenburg	Federispitz-Speer-Speermürli	Chattien (USM)	Molasse		27.29
Toggenburg	Churfürsten	Oberkreide	Basisch durchlässig		10.32
Toggenburg	Churfürsten	Unterkreide	Basisch durchlässig		13.06
Toggenburg	Stockberg-Neuenalpispitz-Mittelberg	Chattien (USM)	Molasse		1.11
Toggenburg	Stockberg-Neuenalpispitz-Mittelberg	Oberkreide	Basisch durchlässig		0.01
Toggenburg	Stockberg-Neuenalpispitz-Mittelberg	Unterkreide	Basisch durchlässig		1.25
Toggenburg	Teselalp-Wildhaus	Oberkreide	Basisch durchlässig	angrenzend an Alpgebiet, Nordhang	0.00
Toggenburg	Teselalp-Wildhaus	Unterkreide	Basisch durchlässig	angrenzend an Alpgebiet, Nordhang	10.21
Rheintal	Wangs-Vilters	Abgeschertes und eingewickeltes Suedhelvetikum (Schuppenzone von Einsiedeln und Wildhaus, Blattengrat-Komplex, Ragazer Flysch, Unterlage des Faehnernspitz, Schuppenzone von Liebenstein)	Basisch schwer		5.24
Rheintal	Wangs-Vilters	Flysch du Meilleret, Sardona-Fysch, Feuerstaetter Decke	Basisch schwer		57.12
Rheintal	Wangs-Vilters	Moraene, mit Wall; inkl. rezente Moraene	Quartär		15.51
Rheintal	Wangs-Vilters	Perm (Verrucano)	Sauer durchlässig		19.58
Rheintal	Werdenberg	Oberkreide	Basisch durchlässig		43.96
Rheintal	Werdenberg	Unterkreide	Basisch durchlässig		42.07
Rheintal	Hoher Kasten	Unterkreide	Basisch durchlässig		1.37
Flumserberg		Lias	Basisch durchlässig		1.77
Flumserberg		Perm (Verrucano)	Sauer durchlässig		15.84
Flumserberg		Trias	Basisch durchlässig		11.10
Murgtal		Perm (Verrucano)	Sauer durchlässig		8.47
Schilstal		Lias	Basisch durchlässig		1.48
Schilstal		Moraene, mit Wall; inkl. rezente Moraene	Quartär		0.21
Schilstal		Perm (Verrucano)	Sauer durchlässig		0.85
Schilstal		Trias	Basisch durchlässig		2.85

Tab. 53: Geologische Unterlage in den übrigen Gebieten des Kantons St. Gallens.

3.5 Geologie (Tektonische Karte 1:500'000)

	Cholschlag					Weisstannental				
	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grasland	Grünerlen Cholschlag	Gesamte Waldfläche	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grasland	Grünerlen Weisstannental	Gesamte Waldfläche
Geologie	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
Quartär	0.05	0.50	0.00	0.55	127.14	1.31	1.80	10.46	13.56	416.74
Molasse	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sauer durchlässig	0.40	4.73	15.31	20.44	102.86	6.41	18.16	191.35	215.92	976.38
sauer schwer	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
basisch durchlässig	23.49	6.05	38.65	68.19	236.24	0.02	2.00	7.13	9.15	214.03
basisch schwer	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.02	43.22	377.10	463.35	1524.73
Total	23.93	11.28	53.96	89.17	466.24	50.76	65.18	586.05	701.99	3131.87
Summe pro Region	89.17					701.99				

	Taminatal					Calfeisen				
	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grasland	Grünerlen Taminatal	Gesamte Waldfläche	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grasland	Grünerlen Calfeisen	Gesamte Waldfläche
Geologie	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
Quartär	0.00	0.00	0.00	0.00	172.60	1.49	2.01	23.47	26.97	114.37
Molasse	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sauer durchlässig	0.00	0.00	0.00	0.00	71.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sauer schwer	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
basisch durchlässig	13.71	3.41	0.24	17.36	1818.77	2.61	3.06	1.10	6.78	180.19
basisch schwer	44.72	11.31	117.68	173.71	1610.27	131.92	8.40	53.87	194.19	516.50
Total	58.43	14.72	117.92	191.07	3672.90	136.02	13.48	78.44	227.94	811.05
Summe pro Region	191.07					227.94				

	Total 4 Täler					Übrige Grünerlenstandorte			
	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grasland	Grünerlen - 4 Täler	Gesamte Waldfläche	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grasland	Total übrige Grünerlenbestände
Geologie	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
Quartär	2.84	4.31	33.93	41.08	830.85	15.57	0.14	0.00	15.71
Molasse	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.30	12.88	7.23	28.41
sauer durchlässig	6.81	22.89	206.66	236.36	1150.51	27.18	14.74	2.83	44.75
sauer schwer	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
basisch durchlässig	39.83	14.52	47.12	101.48	2449.22	34.19	69.67	35.59	139.45
basisch schwer	219.65	62.94	548.66	831.25	3651.49	2.48	0.98	1.78	5.24
Total	269.13	104.66	836.37	1210.17	8082.07	87.72	98.41	47.44	233.56
Summe pro Region	1210.17					233.56			

	Total			
	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grasland	Total Grünerlen
Geologie	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
Quartär	18.41	4.45	33.93	56.80
Molasse	8.30	12.88	7.23	28.41
durchlässig sauer	33.99	37.63	209.50	281.11
schwer sauer	0.00	0.00	0.00	0.00
durchlässig basisch	74.02	84.20	82.72	240.93
schwer basisch	222.14	63.92	550.44	836.49
Total	356.85	203.07	883.81	1443.73
Summe	1443.73			

Tab. 54: Verteilung der Grünerlenbestände aufgrund der geologischen Unterlage (anhand tektonischer Karte 1:500'000).

Geologie, Einteilung nach Kategorien:**Quartär**

- Hangschutt
- Moraene, mit Wall; inkl. rezente Moraene
- Oberflächengewässer
- Postglaziale Bergsturzmasse
- Schuttkegel

Molasse

- Chattien (USM)

sauer durchlässig

- Gneise und Glimmerschiefer (inkl. Migmatite und Phyllite; vorw. Metasedimente)
- Perm (Verrucano)

sauer schwer (keine)**basisch durchlässig**

- Dogger
- Lias
- Malm
- Trias
- Oberkreide
- Unterkreide

basisch schwer

- Abgeschertes und eingewickelter Suedhelvetikum (Schuppenzone von Einsiedeln und Wildhaus, Blattengrat-Komplex, Ragazer Flysch, Unterlage des Faehnernspitz, Schuppenzone von Liebenstein)
- Flysch du Meilleret, Sardona-Flysch, Feuerstaetter Decke
- Globigerinenschiefer, neritische Sandsteine und Kalke (Num-

- muliten-, Lithothamnienkalke)
- Nordhelvetischer Flysch (Matter Formation, Engi-Dachschiefer, Altdorfer Sandstein, Gres du Val d'Illicz, Gres de Taveyanne)

3.6 Naturgefahren

Lawinengefährdete Flächen (StorMe)

	Weisstannental						Taminatal					
	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grasland	Grünerlen Weisstannental	Anteil von Waldfläche	Gesamte Waldfläche	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grasland	Grünerlen Taminatal	Anteil von Waldfläche	Gesamte Waldfläche
Flächen überlagert mit Ereigniskataster Lawinen (StorMe)	13.67	20.99	181.97	216.63	48.08	450.59	1.66	3.50	37.37	42.53	40.16	105.92
Restliche Flächen	37.09	44.19	404.09	485.36	18.10	2681.28	56.77	11.22	80.55	148.54	4.16	3566.98
Total	50.76	65.18	586.05	701.99	22.41	3131.87	58.43	14.72	117.92	191.07	5.20	3672.90
%-Anteil der lawinengefährdeten Fläche	26.94	32.21	31.05	30.86		14.39	2.84	23.80	31.69	22.26		2.88

Grünerlenstandorte im ganzen Kanton SG						
	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grassland	Grünerlen SG	Anteil von Waldfläche SG	Gesamte Waldfläche SG
Flächen überlagert mit Ereigniskataster Lawinen (StorMe)	33.11	35.96	229.35	298.42	25.44	1173.10
Restliche Flächen	364.78	183.19	654.46	1202.43	2.08	57927.14
Total	397.89	219.15	883.81	1500.85	2.54	59100.24
%-Anteil der lawinengefährdeten Fläche	8.32	16.41	25.95	19.88		1.98

Tab. 55: Lawinengefährdete Flächen (StorMe); Weisstannental, Taminatal und Kanton St. Gallen.

Rutschgefährdete Flächen (SilvaProtect)

	Cholschlag			Weisstannental					
	Grünerlen Cholschlag	Anteil von Waldfläche	Gesamte Waldfläche	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grasland	Grünerlen Weisstannental	Anteil von Waldfläche	Waldfläche Weisstannental
Flächen mit möglichen flachgründigen Rutschungen *	0.00	0.00	0.01	0.61	0.28	7.49	8.38	2.12	395.56
Restliche Flächen	89.17	19.13	466.23	50.15	64.91	578.56	693.61	25.35	2736.31
Total	89.17	19.13	466.24	50.76	65.18	586.05	701.99	22.41	3131.87
%-Anteil der rutschgefährdeten Fläche	0.00	0.00	0.00	1.21	0.42	1.28	1.19		12.63

	Taminatal						Calfeisen		
	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grasland	Grünerlen Taminatal	Anteil von Waldfläche	Waldfläche Taminatal	Grünerlen Calfeisen	Anteil von Waldfläche	Gesamte Waldfläche
Flächen mit möglichen flachgründigen Rutschungen *	7.64	2.52	3.13	13.29	1.44	923.92	0.00	0.00	4.83
Restliche Flächen	50.79	12.20	114.79	177.78	6.47	2748.98	227.94	44.55	511.67
Total	58.43	14.72	117.92	191.07	5.20	3672.90	227.94	44.13	516.50
%-Anteil der rutschgefährdeten Fläche	13.08	17.10	2.65	6.96		25.16	0.00		0.94

Total der 4 Täler						
	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grasland	Grünerlen 4 Täler	Anteil von Waldfläche	Gesamte Waldfläche
Flächen mit möglichen flachgründigen Rutschungen *	8.26	2.79	10.62	21.67	1.64	1324.33
Restliche Flächen	418.04	77.11	693.35	1188.50	18.39	6463.18
Total	426.30	79.90	703.97	1210.17	15.54	7787.51
%-Anteil der rutschgefährdeten Fläche	1.94	3.50	1.51	1.79	10.53	17.01

Grünerlenstandorte im ganzen Kanton SG						
	Grünerlenbestand	Grünerlenbestand mit Mosaik oder Übergang	Grünerlen im Übergang zu Grasland	Grünerlen SG	Anteil von Waldfläche	Waldfläche SG
Flächen mit möglichen flachgründigen Rutschungen *	10.41	11.87	13.30	35.58	0.72	4963.93
Restliche Flächen	387.48	207.28	870.51	1465.27	2.71	54136.31
Total	397.89	219.15	883.81	1500.85	2.54	59100.24
%-Anteil der rutschgefährdeten Fläche	2.62	5.42	1.51	2.37		8.40

Tab. 56: Rutschgefährdete Flächen (SilvaProtect); Flächen Kanton St. Gallen.

Verzeichnisse

Abbildungen

- Abb. 1 + 2: Aktuelle und potenzielle Verbreitung des *Alnenion viridis* (Grünerlengebüsch) in der Schweiz (Delarze & Gonseth, 2008). Farblegende: Die Graustufe entspricht dem Grad der potenziellen oder aktuellen Verbreitung, gemessen am beobachteten Maximum. Die Gradierung reicht von weiss (0 %) bis schwarz (100 %, beobachtetes Maximum). 17
- Abb. 3: Ökogramm *Alnenion viridis* (Grünerlengebüsch; Delarze & Gonseth, 2008). 20
- Abb. 4: Einfluss des Bodenbedeckungsgrades auf den Oberflächenabfluss (Wagner et al, 2009)... 33
- Abb. 5: Rutschungsdichte nach Vegetationsbedeckung (aus Meusburger et al, 2008). 37
- Abb. 6: Verteilung der Wurzelmasse nach Wurzelstärke (Gramm Trockenmasse pro Pflanze) im Versuch I 1970 (keine Freilandversuche). Links Normalböden, rechts Böden mit Lehmschicht (aus Rubli, 1976). 38
- Abb. 7: Zusammenhang zwischen der mittleren Anzahl Pflanzenarten und dem Deckungsgrad der Grünerlenbestände. A) mit Grünerlen-Deckungsklassen (1: keine Grünerlen, 2: $\leq 1\%$, 3: 1 - 5 %, 4: 5 - 25 %, 5: 25 - 50 %, 6: 50 - 75 %, 7: $> 75\%$). B) mit Sukzessionsfolgen in verschiedenen Regionen (entlang einem Regengradienten). G: Grasland, M: Mosaik, A: Grünerlenbestände. Aus Anthelme (2007). 43
- Abb. 8: Einfluss der Grünerlendichte auf die 0.5 – 1 m Vegetationsdecke. Die schwarzen Balken zeigen die untere und obere Grenze für ein geeignetes Birkhuhnhabitat an; die Grünerlen-Deckungsklassen bedeuten: 0: keine Grünerlen, +: $\leq 1\%$, 1: 1 - 5 %, 2: 5 - 25 %, 3: 25 - 50 %, 4: 50 - 75 %, 5: $> 75\%$ (aus Magnani, 1987, zitiert nach Anthelme, 2001). 50
- Abb. 10: Mittlere Artenzahlen von Gefässpflanzen und tagaktiven Schmetterlingen bei verschiedener Bewirtschaftung und in verschiedenen Sukzessionsstadien brachliegender Halbtrockenrasen im Tavetsch (GR). Zusammenstellung nach Bischof (1981, 1984) und Erhardt (1981). Aus Zoller et al (1984). 54
- Abb. 11: Flächenhafte Berechnung des Niederschlags, Zeitspanne 1981 - 2010 (Jahresmittelwert). Die Werte schwanken zwischen 500 und 3'400 mm pro Jahr (aus Remund et al, 2011). 58
- Abb. 12: Mittlere Schneehöhen in der Schweiz (Wintermittel November bis April, 1983-2002) (nach Auer 2003). 59
- Abb. 13: Regionalklimatologische Unterschiede in der Schneehöhenverteilung (Abweichung vom gesamtschweizerischen Mittel) (nach Auer, 2003; Herleitung siehe Auer, 2004). 59
- Abb. 14: Einordnung der Untersuchungsgebiete in Standortsregionen nach NaiS (Frehner et al, 2005) und hauptsächliche Verbreitung der Grünerlenbestände innerhalb der Höhenstufen (rot schraffiert) (aus Frehner et al, 2005, abgeändert). 60
- Abb. 15: Potenziell-natürliche Vegetationsverhältnisse in gleichmässig geneigten, mässig steilen Hängen (Neigung ca. 50 – 100 %) auf bezüglich Basengehalt intermediärer Unterlage (v.a. Verrucano- und Flyschschiefer) im Weisstannental (aus Perret, 2005). Geltungsbereich der einzelnen Höhenobergrenzen: Kartierbereich der orographisch linken Talseite; im kartierten Gebiet der orographisch rechten Talseite liegen die einzelnen Höhengrenzen jeweils 50 - 70 m tiefer. 62

Abb. 16:	Beispiel der historischen Kartierung überlagert mit der aktuellen Gebüschwaldausscheidung. Deutlich zu erkennen in diesem Bildausschnitt ist der Versatz, welcher in diesem Fall aufgrund des Bachlaufes deutlich verifiziert werden konnte.....	66
Abb. 17:	Ein Beispiel eines deutlichen Versatzes der historischen Kartierung (rosa) im Vergleich mit der aktuellen Verbreitung (grün) und der Topographie.....	68
Abb. 18:	Verbreitung der Grünerle über den Alpenbogen und dessen Randbereiche (nach Richard, 1989).....	133
Abb. 19:	Tavetsch Nordhang: Schematische Darstellung der untersuchten Sukzessionsfolgen aus Extensiv-Weiden (aus Bischof, 1984).....	136
Abb. 20:	Tavetsch Südhang: Schematische Darstellung der untersuchten Sukzessionsfolgen aus ungedüngten Mähwiesen (aus Bischof, 1984).	136

Tabellen

Tab. 1:	Morphologische Eigenschaften von <i>A. viridis</i> und <i>A. brembana</i> (aus Landolt, 1993).	12
Tab. 2:	Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflusses. Anmerkung: * wird bei Markart nicht erläutert im Text. mf = trocken - mässig frisch; f = frisch; ff = sehr frisch - feucht. Aus Markart, 2004.	34
Tab. 3:	Auf den untersuchten Rutschflächen beobachtete Vegetation bzw. Sonderstandorte sowie Übergänge (aus Rickli, 2001).	37
Tab. 4:	Übersichtstabelle bezüglich Einfluss von Grünerlen auf Naturgefahrenprozesse. Legende: + / - = positive / negative Wirkung der Grünerlen auf Naturgefahrenprozesse.....	39
Tab. 5:	Legende Priorität und Gefährdung.	40
Tab. 6:	Mittlere Artenzahlen verschiedener Pflanzengesellschaften der subalpinen Stufe (Reisigl & Keller, 1989).	41
Tab. 7:	Mittlere Artenzahlen von Gefäßpflanzen in verschieden bewirtschafteter Rasenvegetation und in verschiedenen Sukzessionsstadien brachliegender Halbtrockenrasen (Zentralalpen). Nach Zoller et al (1984, abgeändert). Erklärungen: M_0 = Ungedüngter Halbtrockenrasen, gemäht (<i>Polygalo - Poetum violaceae</i> , Südexp.; <i>Geo montani - Nardetum</i> , Nordexp.). M_1 = Initialbrache. M_2 = Vollbrache. $M_{3/4}$ = Aufwuchs. M_5 = Wald. * = Grünerle (<i>Alnus viridis</i>).....	41
Tab. 8:	Gesellschafts- bzw. bestandesspezifische Diversität von <i>Nardetalia</i> -Magerrasen und ihrer brachliegenden Folgestadien im Obergoms (Zoller & Bischof, 1980).....	42
Tab. 9:	Beschreibung der Untersuchungsgebiete anhand der Standortsregionen nach NaiS (Frehner et al, 2005; ergänzt).	61
Tab. 10:	Übersicht der bei der GIS-Auswertung gebildeten Kategorien.	67
Tab. 11:	Übersicht der bei der GIS-Auswertung gebildeten Kategorien.	69
Tab. 12:	Waldtyp und vorkommende Waldgesellschaften bei eingewachsenen Flächen. Kategorie 32: Nur Grünerlen flächig 1928, ohne Baumzeichen 1928, heute Waldgesellschaft.	74
Tab. 13:	Waldtyp und vorkommende Waldgesellschaften bei eingewachsenen Flächen. Kategorie 33: Nur Grünerlen flächig 1928, mit Baumzeichen 1928, heute Waldgesellschaft. Anmerkung: Bei den Fichten handelt es sich um Fichtengruppen oder Einzelbäumen nach Definition von Wirz-Luchsinger (1928).	75

Tab. 14:	Prozentanteile der geologischen Unterlagen bei den verschiedenen Grünerlenkategorien und bei der Waldfläche GL. Grau schattiert sind auffallend abweichende Werte (geologische Karte 1:25'000).	81
Tab. 15:	Ehemalige Grünerlenbestände, bei welchen möglicherweise Hochwald aufkommen konnte. Anmerkung: NW = Nadelwald (meist Fichte). Zusammenfassung aus Tab. in Anhang A, Kap. 2.3.....	86
Tab. 16:	Verteilung der Grünerlenbestände von 1916 in den Seitentälern der Surselva ausserhalb des WSK-Perimeters. ¹ = anhand LK 25'000 und Orthofoto.	89
Tab. 18:	Flächenanteile der verschiedenen Grünerlenkategorien und der Kategorie „Grünerlen insgesamt“ im Verhältnis zur jeweiligen Waldfläche. Definitionen Alvi siehe Kap. 6.1. ..	98
Tab. 19:	Zusammenfassung Resultate der verschiedenen Untersuchungsgebiete.	111
Tab. 20:	Wichtige Sukzessionsschemata auf aufgelassenen Almflächen (nach Spatz et al, 1978, zitiert in Maag, 2001), von links nach rechts: Sukzessionsstadien (bewirtschaftetes Stadium bis Klimaxstadium).....	135
Tab. 21:	In Grünerlenbeständen vorkommende Schmetterlingsarten. Verwendete Literatur: SBN, Bd. 2 und 3, 1987; Brauns, 1991; Schedl, 1975; Grisseman, 1983; Colpi, 1984; WSL, Diagnose online. Ausserdem mündliche Mitteilung von M. Flury, BDM.....	138
Tab. 22:	In Grünerlenbeständen vorkommende Käferarten. Legende: 1) bei Alnus spp. vorkommend; 2) WSL Diagnose online. Verwendete Literatur: Benz (1997), Brauns (1991), Böhme (2001), Colpi (1984), Grisseman (1983), Schedl (1975).	140
Tab. 23:	Flächenanteile der Grünerlenbestände im Kanton Glarus.	141
Tab. 24:	Ehemalige Grünerlenbestände des Kantons Glarus, aus welchen sich Hochwald entwickelte.	142
Tab. 25:	Ehemalige Grünerlenbestände mit Baumzeichen des Kantons Glarus, aus welchen sich Hochwald entwickelte.	143
Tab. 26:	Exposition der Grünerlenbestände des Kantons Glarus. (b) = %-Anteil der Waldfläche GL (a).....	144
Tab. 27:	Verteilung der Grünerlenbestände des Kantons Glarus über die Höhenstufen. (b) = %-Anteil der Waldfläche GL (a).....	145
Tab. 28:	Verteilung der Grünerlenbestände des Kantons Glarus aufgrund der geologischen Unterlage (anhand geologischer Spezialkarte).....	146
Tab. 29:	Verteilung der Grünerlenbestände des Kantons Glarus aufgrund der geologischen Unterlage (anhand tektonischer Karte).....	148
Tab. 30:	Lawinengefährdete Flächen (Trajectory Modelling); Kanton Glarus.....	150
Tab. 31:	Lawinengefährdete Flächen (SilvaProtect); Kanton Glarus.	150
Tab. 32:	Rutschgefährdete Flächen (SilvaProtect); Kanton Glarus.....	150
Tab. 33:	Flächenanteile der Grünerlenbestände in der Surselva.	151
Tab. 34:	Flächenanteile der Grünerlenbestände in der Surselva.	151
Tab. 35:	Kulturelle Nutzung (1916) der inzwischen eingewachsenen Grünerlenbestände in der Surselva.....	152
Tab. 36:	Ehemalige Grünerlenbestände der Surselva, bei welchen Hochwald aufkommen konnte.	154

Tab. 37:	Ehemalige Grünerlenbestände der Surselva, bei welchen Hochwald aufkommen konnte; zusammengefasst nach Baumzeichen.	154
Tab. 38:	Samenverbreitung einiger Baumarten (aus Frehner et al, 2005).	155
Tab. 39:	Exposition der Grünerlenbestände in der Surselva. (b) = %-Anteil der Waldfläche Surselva (a).....	156
Tab. 40:	%-Anteil möglicher Standorte (aufgrund der Exposition), auf welchen <i>Alnus brembana</i> vorkommen könnte in der Surselva.....	157
Tab. 41:	Verteilung der Grünerlenbestände der Surselva über die Höhenstufen. (b) = %-Anteil der Waldfläche Surselva (a).	158
Tab. 42:	Verteilung der Grünerlenbestände in der Surselva; Höhenlage und Exposition zusammengefasst.	159
Tab. 43:	Verteilung der Grünerlenbestände der Surselva aufgrund der geologischen Unterlage (anhand GeoCover Vektordatensatz).	160
Tab. 44:	Verteilung der Grünerlenbestände der Surselva aufgrund der geologischen Unterlage (anhand tektonischer Karte 1:50'000).	162
Tab. 45:	Lawinengefährdete Flächen (Trajectory Modelling); Surselva.	164
Tab. 46:	Lawinengefährdete Flächen (SilvaProtect); Surselva.	164
Tab. 47:	Anteile der Grünerlenflächen aufgrund der Kategorien 1-3, Kanton St. Gallen.....	165
Tab. 48:	Geografische Verbreitung der Grünerlenflächen im Kanton St. Gallen.	165
Tab. 49:	Exposition der Grünerlenflächen im Cholschlag-, Weisstannen-, Tamina- und Calfeisental.	167
Tab. 50:	Verteilung der Grünerlenflächen aufgrund der Höhenlage; Cholschlag-, Weisstannen-, Tamina- und Calfeisental.	170
Tab. 51:	Verteilung der Grünerlenflächen aufgrund der Höhenlage; ganzer Kanton St. Gallen. .	172
Tab. 52:	Verteilung der Grünerlenbestände aufgrund der geologischen Unterlage (anhand Oberholzer Karte 1:50'000). (1) = Zahlen aus der Auswertung der tektonischen Karte 1:500'000.	174
Tab. 53:	Geologische Unterlage in den übrigen Gebieten des Kantons St. Gallens.	176
Tab. 54:	Verteilung der Grünerlenbestände aufgrund der geologischen Unterlage (anhand tektonischer Karte 1:500'000).	178
Tab. 55:	Lawinengefährdete Flächen (StorMe); Weisstannental, Taminatal und Kanton St. Gallen. 180	
Tab. 56:	Rutschgefährdete Flächen (SilvaProtect); Flächen Kanton St. Gallen.	182

Diagramme

Diagr. 1:	Entwicklung der Grünerlenbestände im Kanton Glarus, von 1928 bis heute.	73
Diagr. 2:	Exposition der Grünerlenbestände im Verhältnis zur Waldfläche GL. Anmerkung: Die Prozentzahlen zeigen den aktuellen Grünerlenanteil an der Waldfläche GL an.	77
Diagr. 3:	Prozentuale Verteilung der verschiedenen Grünerlenkategorien nach der Exposition... 77	
Diagr. 4:	Verteilung der Grünerlenbestände [ha] im Verhältnis zur Waldfläche GL.....	78

Diagr. 5:	Flächenanteile der Grünerlenbestände des Kanton Glarus im Verhältnis zur Waldfläche GL.	79
Diagr. 6:	Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen im Verhältnis zur Waldfläche GL..	80
Diagr. 7:	Lawinengefährdete Flächen im Kanton Glarus. Daten aus der Simulation mit Trajectory Modelling. * = ohne Berücksichtigung von Wald oder Schutzbauten.	81
Diagr. 8:	Rutschgefährdete Flächen im Kanton Glarus aus SilvaProtect Daten ermittelt. * = ohne Berücksichtigung von Wald oder Schutzbauten.	82
Diagr. 9:	Entwicklung der Grünerlenbestände in der Surselva, von 1916 bis in die 90-er Jahre. ...	83
Diagr. 10:	Landwirtschaftliche Nutzung 1916 bei den neu hinzugekommenen Grünerlenbeständen seit 1916. Definitionen Legende nach Hager. * = nach Hager (1916) Zeichen für vernachlässigte Rodung / Weidpflege.	85
Diagr. 11:	Exposition der Grünerlenbestände im Verhältnis zur Waldfläche Surselva. Anmerkung: Prozentzahlen zeigen den aktuellen Grünerlenanteil an der Waldfläche Surselva an.	90
Diagr. 12:	Prozentuale Verteilung der verschiedenen Grünerlenkategorien nach der Exposition.	91
Diagr. 13:	Verteilung der Grünerlenbestände [ha] im Verhältnis zur Waldfläche Surselva. Anmerkung: Oberhalb 1'900 – 2'000 m ü. M. sind die ha-Werte nicht repräsentativ, da dort die Grenze des WSK-Perimeters liegt.	92
Diagr. 14:	Flächenanteile der Grünerlenbestände der Surselva im Verhältnis zur Waldfläche Surselva. Siehe Anmerkung Diagr. 13.	93
Diagr. 15:	Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen im Verhältnis zur Waldfläche Surselva. Anmerkung: Bei Quartär sind ebenfalls die Moränen enthalten.	94
Diagr. 16:	Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen im Verhältnis zur Waldfläche in den Gebieten Ilanz und Trun.	95
Diagr. 17:	Lawinengefährdete Flächen in der Surselva (StorMe).	96
Diagr. 18:	Rutschgefährdete Flächen in der Surselva aus SilvaProtect Daten. (* ohne Berücksichtigung von Wald oder Schutzbauten).	97
Diagr. 20:	Exposition der Grünerlenbestände im Verhältnis zur Waldfläche der vier Täler insgesamt. Anmerkung: Prozentzahlen zeigen den aktuellen Grünerlenanteil an der „Waldfläche 4 Täler“ an.	99
Diagr. 21:	Prozentuale Verteilung der Grünerlenbestände der vier Täler nach der Exposition.	100
Diagr. 22:	Flächenanteile der Grünerlenbestände der vier Täler im Verhältnis zur Waldfläche der vier Täler insgesamt.	102
Diagr. 23:	Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen im Verhältnis zur Waldfläche (inkl. Gebüschwald). Legende: (1) = Zahlen aus der Auswertung der tektonischen Karte 1:500'000. Gesamtwald = Waldgesellschaften inkl. Alvi.	103
Diagr. 24:	Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen im Verhältnis zur Waldfläche (inkl. Gebüschwald). Legende: (1) = Zahlen aus der Auswertung der tektonischen Karte 1:500'000. Gesamtwald = Waldgesellschaften inkl. Alvi.	104
Diagr. 25:	Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen im Verhältnis zur Waldfläche (inkl. Gebüschwald). Legende: (1) = Zahlen aus der Auswertung der tektonischen Karte 1:500'000. Gesamtwald = Waldgesellschaften inkl. Alvi.	105

Diagr. 26:	Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen im Verhältnis zur Waldfläche (inkl. Gebüschwald). Legende: (1) = Zahlen aus der Auswertung der tektonischen Karte 1:500'000. Gesamtwald = Waldgesellschaften inkl. Alvi.	106
Diagr. 27:	Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen des übrigen Kantonsgebietes. ...	107
Diagr. 28:	Lawinengefährdete Flächen mit Grünerlenbeständen im Weisstannental und Taminatal.	108
Diagr. 29:	Rutschgefährdete Flächen mit Grünerlenbeständen im Weisstannental und Taminatal. ...	109
Diagr. 30:	Grünerlenbestände mit Exposition Südost-West in der Surselva.....	157
Diagr. 31:	Verteilung der Grünerlenbestände [ha] der vier Täler im Verhältnis zu deren Waldfläche.	171
Diagr. 32:	Geologische Unterlage bei den Grünerlenbeständen der vier Täler im Verhältnis zur Waldfläche (inkl. Gebüschwald). Legende: (1) = Zahlen aus der Auswertung der geotechnischen Karte 1:500'000. Gesamtwald = Waldgesellschaften inkl. Alvi.	175

Quellen

Quellen von Kartenmaterial siehe Auflistung in Kap. 6.1.1, Teil B.

Literatur

- Ackermann, G. & Tschirky, R. (2004): Die wildlebenden Säugetiere in einer vielfältigen Gebirgslandschaft. Beitrag in: Eidgenössisches Jagdbanngebiet Graue Hörner. Entstehung, Natur, Nutzung. Hrsg. Schwitter, R., Tschirky, R., Weidmann, P., Good, A.. Alpenland Vlg., Schaan, FL.
- Anthelme, F., Grossi, J.L., Brun, J.-J., Didier, L. (2001): Consequences of green alder expansion on vegetation changes and arthropod communities removal in the northern French Alps. *Forest Ecology and Management* 145. 57-65.
- Anthelme, F., Cornillon, L. & Brun, J.-J. (2002): Secondary succession of *Alnus viridis* (Chaix) DC. in Vanoise National Par, France: coexistence of sexual and vegetative strategies. *Ann. For. Sci.* 59, S. 419-428.
- Anthelme, F., Michalet, R., Barbaro, L., Brun, J.-J. (2003): Shrub Cover (*Alnus viridis* DC.) on Vegetation Diversity at the Upper Treeline in the Inner Western Alps. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, Vol. 35, Nr. 1, 2003.
- Anthelme, F., Villaret, J.-C. & Brun, J.-J. (2007): Shrub encroachment in the Alps gives rise to the convergence of sub-alpine communities on regional scale. *Journal of Vegetation Science* 18: 355-362.
- Anthelme, F., Michalet, R., Barbaro, L., Brun, J.-J. (2003): Environmental and spatial influences of shrub cover (*Alnus viridis* DC.) on vegetation diversity at the upper treeline in the inner western Alps. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 35(1): 48-55.
- Arnold, B. (2009): Düngungsnorm und Nährstoffgehalte. (Online; accessed 30.4.2011). <http://www.agrigate.ch/de/pflanzenbau/ackerbau/1245/>.
- Auer, M. (2003): Regionalisierung von Schneeparametern – Eine Methode zur Darstellung von Schneeparametern im Relief. Publikation Gewässerkunde Nr. 304. (2004: Zusammenfassung).
- BAFU (2008): *SilvaProtect-CH - Phase I. Projektdokumentation.*
- BAFU (Hrsg., 2010): *Wald und Wild – Grundlagen für die Praxis. Wissenschaftliche und methodische Grundlagen zum integralen Management von Reh, Gämse, Rothirsch und ihrem Lebensraum. Umwelt-Wissen Nr. 1013. Bern.*
- BAFU (2011): *Liste der National Prioritären Arten. BAFU, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1103.*
- Bahn, M., Cernusca, A., Indrist, M., Kircher, F. & Tappeiner, U. (1994): Bestandesstruktur und Ökophysiologie von Grünerlen unterschiedlichen Alters. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie*, Band 23, S. 19-22.
- Baumann, M. & Struch, M. (2000): *Waldgemsen. Eine Studie im Auftrag der Eidg. Forstdirektion.*
- BDM-Kursunterlagen: *Tagfalter der Schweiz.*
- Benz, G. & Zuber, M. (1997): *Die wichtigsten Forstinsekten der Schweiz. Vdf Vlg., Zürich. 2. Aufl.*
- Bischof, N. (1984): *Pflanzensoziologische Untersuchungen von Sukzessionen aus gemähten Magerrasen in der subalpinen Stufe der Zentralalpen.*
- Bischoff, N. (1987): *Pflege des Gebirgswaldes. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale. Bern.*

- Böhme, J. (2001): Phytophage Käfer und ihre Wirtspflanzen in Mitteleuropa. Ein Kompendium. Bioform Vlg., Heroldsberg.
- Bolleter, R. (1920): Vegetationsstudien aus dem Weisstannental. Dissertation an der Universität Zürich.
- Brauns, A. (1991): Taschenbuch der Waldinsekten. G. Fischer Vlg., Stuttgart, Jena.
- Brodmann-Kron, P. & Grossenbacher, K. (1994): Unsere Amphibien. Veröffentlichungen aus dem Naturhistorischen Museum Basel, 4.
- Brunner, I. & Horak, E. (1990): Mycoecological analysis of *Alnus* associated macrofungi in the region of the Swiss National Park as recorded by J. Favre (1960). *Mycologia Helvetica* 4: 111-139.
- Bühlmann, T. (2011): *Alnus viridis* increases the nitrogen concentration in the soil solution and leachate in the Swiss Alps. Masterarbeit, Universität Basel.
- Burga, C. A. & Perret, R. (1998): Vegetation und Klima der Schweiz seit dem jüngeren Eiszeitalter. Ott Vlg., Thun.
- Cech, T. (1999): Alder Decline in Austria. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien.
- Colpi, C. & Masutti, L. (1984): Reperti sull'entomofauna epigea di popolamenti di *Alnus viridis* (Chaix) D.C. nel parco naturale di Paneveggio-Pale di S. Martino (Dolomiti Trentine). *Acta Biologica. Studi Trentini di Scienze Naturali*. Vol. 61.
- Delarze, R. & Gonseth, Y. (2008): Lebensräume der Schweiz. Ökologie – Gefährdung – Kennarten. Ott Vlg., Bern.
- Denzler, L. (2008): Noch kaum erforschte Erosion in den Alpen (NZZ, 30.4.2008).
- Dorninger, A. J. (1993): Pilzsoziologie von Grau- und Grünerlenbeständen. Institut für Mikrobiologie; Naturwissenschaftliche Fakultät; Universität Innsbruck.
- Düggelin, C. & Abegg, M. (2011): Modelle zur Biomasse- und Holzvolumenschätzung im Schweizer Gebüschwald. *Schweiz. Z. Forstwes.* 162, 2: 32-40.
- Eggenberg, S. (1994): Dynamik der Vegetation an der Waldgrenze und die Abhängigkeit ihrer Zusammensetzung vom Klima. Dissertation an der Universität Bern.
- Ellenberg, H. & Leuschner, C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 6. Aufl., UTB Vlg., Stuttgart.
- Erhardt, A. (1981): Der Einfluss der Intensivdüngung und der Verbrachung von Magerwiesen und Extensivweiden auf die tagaktiven Gross-Schmetterlinge im Tavetsch (GR). Diss. Univ. Basel.
- Frehner, M., Wasser, B., & Schwitter, R. (2005): Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bern, BUWAL. Vollzug Umwelt.
- Frey, H.U. (1995): Waldgesellschaften und Waldstandorte im St. Galler Berggebiet. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Zürich 126a.
- Friess, T. (2000): Beitrag zur Kenntnis der an Grau-, Grün- und Schwarzerlen (*Alnus* spp.) vorkommenden Heteropteren (*Wanzen*) in Südösterreich. Beiträge zur Entomofaunistik 1: S. 57-71.
- Füreder, T., Schrott, A. & Streitberger, A. (2003): Probleme der Extensivierung in der Almwirtschaft. Vorlesungsunterlagen Nutzung und Probleme der physikalischen Umwelt, SS 2003.
- Gallenmüller, F., Bogenrieder, A. & Speck, T. (1999): Biomechanische und ökologische Untersuchungen an *Alnus viridis* (Chaix) DC. in verschiedenen Höhenlagen der Schweizer Alpen. WSL Bericht Nr. 347.

- Ghinoi, A. & Chung, C.-J. (2005): STARTER: a statistical GIS-based model for the prediction of snow avalanche susceptibility using terrain features--application to Alta Val Badia, Italian Dolomites. *Geomorphology* 66 (1-4).
- Gobet, E., Vescovi, E. & Tinner, W. (2010): Vom Eis zum Feuer – Klima und Umwelt nach der Eiszeit. *Mitteilungsblatt von "Archäologie Schweiz"* 33 (2): 10-14.
- Good, A. (2004): Das Jagdbanngebiet Graue Hörner – vielfältiger Lebensraum für 75 Vogelarten. Beitrag in: *Eidgenössisches Jagdbanngebiet Graue Hörner. Entstehung, Natur, Nutzung.* Hrsg. Schwitter, R., Tschirky, R., Weidmann, P., Good, A.. *Alpenland Vlg., Schaan, FL.*
- Graf, C., Böll, A. & Graf, F. (2003): Pflanzen im Einsatz gegen Erosion und oberflächennahe Rutschungen. *WSL, Merkblatt 37.*
- Grisseman, A. (1983): Über die Arthropodenbesiedlung von Grünerlen (*Alnus viridis* CHAIX) in Alneten mit besonderer Berücksichtigung der phytophagen Arten. *Ber. nat.-med. Verein Innsbruck. Band 70. S. 173-198.*
- Hager, P. K. (1916): Erhebungen über die Verbreitung der wildwachsenden Holzarten im Vorderrheintal (Kanton Graubünden). Hrsg. Eidg. Departement des Innern, Bern.
- Hahn, P. (2011): Zeitspuren im Entlebuch. *Waldentwicklung und Landschaftswandel im 20. Jahrhundert.* Haupt Vlg., Bern.
- Heckmann, T. (2006): Untersuchungen zum Sedimenttransport durch Grundlawinen in zwei Einzugsgebieten der Nördlichen Kalkalpen - Quantifizierung, Analyse und Ansätze zur Modellierung der geomorphologischen Aktivität. München, Wien.
- Hegg, C. (1997): Zur Erfassung und Modellierung von gefährlichen Prozessen in steilen Wildbacheinzugsgebieten. *Geographica Bernensia* G52.
- Hiltbrunner, E., Schwikowski, M., Körner, C. (2005): Inorganic nitrogen storage in alpine snow pack in the Central Alps (Switzerland). *Atmospheric environment* 39:2249–2259.
- Hiltbrunner, E. (2007): Bodenschutz in Steillagen - die Bedeutung der alpinen Vegetation. *Bodenerosion in den Alpen, 13.9.2007.*
- Hiltbrunner, E. & Zehnder T. (2010): Die Verbuschung des Schweizerischen Alpenraumes. *Natur + Landschaft, Inside. Zeitschrift der Konferenz der Beauftragten für Natur- und Landschaftsschutz KBNL; BAFU, Natur und Landschaft (N+L) und Artenmanagement: 4/2010.*
- Hobi, M. (2004): Das Banngebiet als Wirtschaftsraum – die Alpwirtschaft. Beitrag in: *Eidgenössisches Jagdbanngebiet Graue Hörner. Entstehung, Natur, Nutzung.* Hrsg. Schwitter, R., Tschirky, R., Weidmann, P., Good, A.. *Alpenland Vlg., Schaan, FL.*
- Höchtl, F., Lehringer, S. & Konold, W. (2005): Kulturlandschaft oder Wildnis in den Alpen? Fallstudien im Val Grande-Nationalpark und im Stronatal (Piemont / Italien).
- Höfer, H., Hanak, A., Urban, R. & Harry, I. (2010): Biodiversität in der Kulturlandschaft. Das Projekt Einödsberg – Begleituntersuchungen zur geänderten Weidenutzung auf einer Allgäuer Alp. *Andrias, 18.*
- Huber, T. & Bergler, F. (2006): ALP Austria. Programm zur Sicherung und Entwicklung der alpinen Kulturlandschaft. *Wildökologie und Jagd. BMLFUW.*
- Ittig, R. & Nievergelt, N. (1977): Einfluss von Brachland auf das Verteilungsmuster einiger Wildtierarten in einem begrenzten Gebiet des Mittellands. *Natur und Landschaft, 52. Heft 6.*
- Kägi, B. (2000): Auswertung der Vegetationsaufnahmen. Beschreibung der Kartier-Einheiten. *Pflanzensoziologische Kartierung der Wälder im Kanton Glarus. Mollis, GL.*

- Karl, J. (1983): Zur Erosionsgefährdung von brachgelegten Wiesen und Weiden im Berggebiet. *Geographica Helvetica*.
- Kasthofer, K. (1822): Bemerkungen auf einer Alpenreise über den Susten, Gotthard, Bernardin, und über die Oberalp, Furka und Grimsel. Mit Erfahrungen über die Kultur der Alpen und einer Vergleichung des wirtschaftlichen Ertrags der Bündenschen und Bernischen Alpen. Nebst Betrachtungen über die Veränderungen in dem Klima des Bernischen Hochgebirgs. Aarau.
- Kasthofer, K. (1825): Bemerkungen auf einer Alpenreise über den Susten, Gotthard, Bernardin, Oberalp, Furka und Grimsel. Aarau.
- Körner, C. & Hilscher, H. (1978): Wachstumsdynamik von Grünerlen auf ehemaligen Almflächen an der zentralalpiner Waldgrenze. Veröffentlichungen der Österreichischen MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, Band 2. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.
- Körner, C., Jussel, U. & Schiffer, K. (1978): Transpiration, Diffusionswiderstand und Wasserpotential in verschiedenen Schichten eines Grünerlenbestandes. Veröffentlichungen der Österreichischen MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, Band 2. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.
- Köstl, T. (2010): Landscape and vegetation succession of an abandoned alpine pasture – perspectives for recultivation of the Lafenberg Alm, Styria. Dipl.arb. Univ. Wien.
- Küttel, M. (1990): Der subalpine Schutzwald im Urserental – ein inelastisches Ökosystem. *Botanica Helvetica* 100/2. 183-197.
- Küffer, N. & Senn-Irlet, B. (2000): Diversity and ecology of corticioid basidiomycetes in green alder stands in Switzerland. *Nova Hedwigia*, 71. 1-2. S. 131-143.
- Labhart, T. P. (1993): *Geologie der Schweiz*. Ott Vlg., Thun.
- Landolt, E. (1993): Die systematische und pflanzensoziologische Stellung von *Alnus brembana* (Betulaceae) in den Südalpen. *Fragm. Flor. Suppl.* 2(2): 521-537.
- Landolt, E. (1992): *Unsere Alpenflora*. SAC Vlg., Brugg.
- Landolt, E. et al (2010): *Flora indicativa. Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen*. Haupt Vlg., Bern.
- Lauber, K., Wagner, G., Gyga, A. & Aeschmann, D. (2007): *Flora Helvetica*. Haupt Vlg., Bern.
- Leitinger, G. (2003): *Modellierung von Schneegleitprozessen (Passeiertal, Stubaital)*. Diplomarbeit. Innsbruck.
- Leitinger, G., Höller, P., Tasser, E., Walde, J. & Tappeiner, U. (2008): Development and validation of a spatial snow-glide model. *Ecological Modelling* 211(3-4), 363-374.
- Leitinger, G., Tappeiner, U., Tappeiner, G. & Walde, J. (2004): How is snowgliding influenced by vegetation? 3.Tagung „Zoologische und botanische Forschung in Südtirol“. Bozen.
- Maag, S., Nösberger, J. & Lüscher, A. (2001): Mögliche Folgen einer Bewirtschaftungsaufgabe von Wiesen und Weiden im Berggebiet. In: *Ergebnisse des Komponentenprojektes D, Polyprojekt PRIMALP*. ETH Zürich.
- Machatschek, M. & Kurz, P. (2006): *ALP Austria. Programm zur Sicherung und Entwicklung der alpinen Kulturlandschaft. Biodiversität*. Hrsg. Lebensministerium.at.
- Mallik A.U., Bell, F.W. & Gong, Y. (1997): Regeneration behavior of competing plants after clear cutting: implications for vegetation management, *For. Ecol. Manage.* 95. 1-10.

- Markart, G., Kohl, B., Schauer, T., Sotier, B., Bunza, G. & Stern, R. (2004): Eine einfache Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes bei Starkregen. BFW-Dokumentation, Teil 3.
- Maurer S. (1991): Oekophysiologische Felduntersuchung der Grünerle (*Alnus viridis* (Chaix) DC. subsp. *Viridis*) an der subalpinen Waldgrenze während der Vegetationsperiode. Diplomarbeit, Universität Zürich, Institut für Pflanzenbiologie.
- Mayer, H. & Ott, E. (1991): Gebirgswaldbau – Schutzwaldpflege: ein waldbaulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz. 2. Aufl., Fischer Vlg., Stuttgart; New York.
- Meier, F., Engesser, R. Forster, B. & Odermatt, O. (1998): Forstschutz-Überblick 1998. WSL, Birmensdorf.
- Meier-Zwicky, C. & Schmid, H. (2008): Die Vögel Graubündens. Desertina Vlg., Chur.
- Meile, P. (1985): Ökologie der Gemse. 1. Teil: Habitat, Nahrung, Konkurrenz. Wildbiologie. 2/13. Infodienst Wildbiologie & Ökologie.
- Meusburger, K. & Alewell, C. (2007): Auswirkungen natürlicher und anthropogener Einflüsse auf die Bodenstabilität. Bodenerosion in den Alpen, 13.9.2007.
- Meusburger, K. & Alewell, C. (2008): Impacts of anthropogenic and environmental factors on the occurrence of shallow landslides in an alpine catchment (Urseren Valley, Switzerland). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 8: 509-520.
- Michiels, H.-G. (1993): Die Stellung einiger Baum- und Straucharten in der Struktur und Dynamik der Vegetation im Bereich der hochmontanen und subalpinen Waldstufe der Bayerischen Kalkalpen. Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 135.
- Mössmer, E.-M. & Ammer, U. (1994): Pioniereigenschaften von Gehölzen in Schneegleitgefährdeten Schutzwaldlagen im montanen und subalpinen Bereich der Bayerischen Kalkalpen. Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 140.
- Mollet, P., Birrer, S., Naef-Daenzer, B., Naef-Daenzer, L., Spaar, R. & Zbinden, N. (2006): Situation der Vogelwelt im Schweizer Wald. Avifauna Report Sempach 5.
- Moser, D. M., Gyax, A., Bäumler, B., Wyler, N. & Palese, R. (2002): Rote Liste der gefährdeten Arten in der Schweiz: Farn- und Blütenpflanzen. Reihe Vollzug Umwelt. BAFU, Bern.
- Mürner, R. (1999): Grünerlengebüsche der Innerschweiz – Untersuchungen zur Vegetation, Ökologie und Dynamik, mit besonderer Berücksichtigung der Moose und Pilze. MSc. thesis, Universität Bern.
- Newesely, C., Tasser, E., Spadinger, P. & Cernusca, A. (2000): Effects of land-use changes on snow gliding processes in alpine ecosystems. *Basic and Applied Ecology*, 1: 61-67.
- Oberdorfer, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 7. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Pauli, H.-R. (1978): Nährstoffversorgung des Birkhuhns. *Orn. Beob.* 75.
- Perla, R., Cheng, T. & McClung, D. (1980): A Two-Parameter Model of Snow-Avalanche Motion. *Journal of Glaciology* 26.
- Perret, R., Schwitler, R. & Weidmann, P. (2004): Die Pflanzenvielfalt der Hochlagen – zur Vegetation. Beitrag in: Eidgenössisches Jagdbanngebiet Graue Hörner. Entstehung, Natur, Nutzung. Hrsg. Schwitler, R., Tschirky, R., Weidmann, P., Good, A.. Alpenland Vlg., Schaan, FL.
- Pisetta, M., Maresi, G. & Salvadori, C. (2005): Il disseccamento dell'ontano verde in Trentino. *Terra trentina*, Nr. 11.

- Reimoser, F. & Reimoser, S. (2002): Richtiges Erkennen von Wildschäden am Wald. Zentralstelle Österr. Landesjagdverbände.
- Reisigl, H. & Keller, R. (1989): Lebensraum Bergwald. Alpenpflanzen in Bergwald, Baumgrenze und Zwergstrauchheide. Gustav Fischer Vlg., Stuttgart und New York.
- Remonti, L., Balestrieri, A. & Prigioni, C. (2007): Role of fruits in the diet of small mustelids (*Mustela* sp.) from the western Italian Alps. *European Journal of Wildlife Research* 53: 35-39.
- Schnieper, C. (1989): Unsere Wildtiere. Mit Schweizer Forschern unterwegs. Mondo Vlg.
- Schröter, C. (1926): Das Pflanzenleben der Alpen. Raustein, Zürich.
- Remund, J., Frehner, M., Walthert, L., Kägi, M. & Rihm, B. (2011) : Schätzung standortsspezifischer Trockenstressrisiken in Schweizer Wäldern. Schlussbericht / Version 2.3. WSL, Birmensdorf.
- Richard, L. (1968): Écologie de l'aune vert (*Alnus viridis*): facteurs climatiques et édaphiques. Doc. Carte Veg. Alpes 6. 107-158.
- Richard, L. (1969): Une interprétation éco-physiologique de la répartition de l'aune vert (*Alnus viridis*). Doc. Carte Veg. Alpes 7. 7-23.
- Richard, L. (1989): Écologie des mégaphorbiaies subalpines à aune vert de la Vanoise et des régions environnantes (première partie) - Compréhension de la répartition actuelle des aulnaies. *Trav. Sci. Parc Nat. Vanoise* 17. 127-158.
- Richard, L. (1995): Écologie des mégaphorbiaies subalpines à aune vert de la Vanoise et des régions environnantes (seconde partie) – Phytoécologie. *Trav. Sci. Parc Nat. Vanoise* 19. 131-160.
- Rickli, C. (2001): Vegetationswirkungen und Rutschungen. Untersuchungen zum Einfluss der Vegetation auf oberflächennahe Rutschprozesse anhand der Unwetterereignisse in Sachseln OW am 15.8.1997. BAFU, Bern.
- Rösli, T. & Steffen, M. (2004): Heuschrecken der Schweiz. SVS, Schweiz.
- Rubli, D. (1976): Waldbauliche Untersuchungen in Grünerlenbeständen. Dissertation, ETH Zürich. Beiheft SZF Nr. 56.
- Salm, B., Burkard, A. & Gubler, H. (1990): Berechnungen von Fließlawinen. *Mitteilungen des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung* 47.
- Salm, B. (1982): Lawinenkunde für Praktiker. SAC Vlg., Brugg.
- Schedl, W. (1970): Plannipedia (Insecta, Neuroptera) der subalpinen und höheren Stufen der Ötztaler Alpen (Tirol, Österreich).
- Schedl, W. (1975): Zur Kenntnis der phytophagen Insekten der Grünerle *Alnus viridis* (CHAIX) DC. *Berichte der Arbeitsgemeinschaft für Ökologische Entomologie in Graz*. Heft 6.
- Scherrer, H. U., Gautschi, H. & Hauenstein, P. (1990): Flächendeckende Waldzustandserfassung mit Infrarot-Luftbildern. *Schlussberichte Programm Sanasilva 1984-1987; Teilprogramm Nr. 3*. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Bericht 318.
- Schnyder, N., Bergamini, A., Hofmann, H., Müller, N., Schubiger-Bossard, C. & Urmi, E. (2004): Rote Liste der gefährdeten Moose der Schweiz. BAFU, Vollzug Umwelt.
- Schuhmacher, K. (1998): Das Waldgrenzökoton im Wandel. Vegetationsgeographische Untersuchungen im Vorderrheintal. Unveröff. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Zürich.

- Schwarz, M., Lehmann, P., Cohen, D. & Or, D. (2008): Neue Ansätze zur Quantifizierung des Wurzeinflusses auf die Stabilität von Rutschhängen. FAN-Agenda, 2/2008.
- Schweizerischer Bund für Naturschutz (SBN; 1987): Schmetterlinge und ihre Lebensräume. 3 Bände.
- Senn-Irlet, B., Bieri, G. & Egli, S. (2007): Rote Liste der gefährdeten Grosspilze der Schweiz. BAFU, Vollzug Umwelt.
- Sitzia, T. (2009): Ecologia e Gestione dei Boschi di Neoformazione nel Paesaggio del Trentino. Trento: Provincia autonoma di Trento.
- Slotta-Bachmayr, L. (2000): Überleben im Hochgebirge. Wie der Alpenschneehase mit den rauen Umweltbedingungen in Hochgebirge zurecht kommt. Wildbiologie, 2/23. Infodienst Wildbiologie & Ökologie.
- Slotta-Bachmayr, L., Loidl, B. & Winding, N. (1995): Biologie und Ökologie des Alpenschneehasen. Projektbericht. Nationalparkinstitut des Hauses der Natur, Salzburg.
- Spaar, R. & Pfister, H.P. (2000, unveröffentlicht): Vogelarten als Indikatoren: Eine Systematisierung zur Beurteilung von Lebensräumen. Vogelwarte Sempach.
- Spatz, G., Weis, B. & Dolar, D.M. (1978): Der Einfluss von Bewirtschaftungsänderungen auf die Vegetation von Almen im Gasteiner Tal. Veröffentlichungen der Österreichischen MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, Band 2. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.
- Stangl, R. (2003): Ingenieurbiologische Hangsicherungsmaßnahmen in Wildbacheinzugsgebieten – Bestandesentwicklung und langfristige Wirksamkeit. Interpraevent, 2004.
- Stangl, R. (2007): Hedge brush layers and live crib walls – stand development and benefits. Hrsg.: Stokes et al: Eco- and Ground Bio-Engineering: The use of vegetation to improve slope stability, S. 287-296.
- Steyrer, G. & Tomiczek, C. (2002): Forstschutz aktuell. Forstschutzsituation 2001 in Österreich. BFW, Wien.
- Struch, M., Fankhauser, R. & Bieri, K. (2003): Schafe und Gamsen – Die Auflösung der Schafnutzung am Amdener Schafberg. – Schlussbericht.
- Struch, M., Fankhauser, R. & Bieri, K. (2004): Haben Schafe die Gamsen vom Schafberg vertrieben? Schafberg-Bulletin, August 2004. BAFU, Bern.
- Stüchelberger J. (2000): Scherfestigkeit in durchwurzeltten Bodenproben. Zwischenbericht.
- Thaler, K., De Zordo, I., Meyer, E., Schatz, H. & Troger, H. (1978): Arthropoden auf Almflächen im Raum von Badgastein (Zentralalpen, Salzburg, Österreich). Veröffentlichungen der Österreichischen MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, Band 2. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.
- Thimonier, A., Pannatier, E., Schmitt, M., Waldner, P., Walthert, L., Schleppi, P., Dobbertin, M. & Kraeuchi, N. (2010): Does exceeding the critical loads for nitrogen alter nitrate leaching, the nutrient status of trees and their crown condition at Swiss long-term forest ecosystem research (LWF) sites? European Journal of Forest Research 129:443–461.
- Tobias, S. (2003): Einführung in die Ingenieurbiologie. Skriptum. WSL, Birmensdorf.
- Tranquillini, W. (1969): Photosynthese und Transpiration einiger Holzarten bei verschieden starkem Wind. Centralblatt für das gesamte Forstwesen; Bd. 86. Wien.

- Uhlig, M., Dorn, S., Bachofen, C., Vogel, J. & Mody, K. (2011): Grünerlen als bedeutender Lebensraum subalpiner Kurzflügelkäfer (Coleoptera: Staphylinidae) im Urserental (Kanton Uri, Schweiz). Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft, Ausgabe 84, S. 141-149.
- Voellmy, A. (1955): Über die Zerstörungskraft von Lawinen. Schweizerische Bauzeitung 73.
- Wagner, K., Janetschek, H. & Neuwirth, J. (2009): Die Wechselwirkungen zwischen Landwirtschaft und Hochwasserrisiko. Ergebnisse des Projektes AWI/162/07, Teilprojekt der Forschungs-kooperation Flood Risk II des Lebensministeriums.
- Waldner, E. (1992): Grünerlensterben erhöht Wildschäden. Österreichische Forstzeitung, Band: 103, Nr. 11.
- Walther, P. & Julen, S. (1986): Unkontrollierte Waldflächenvermehrung im Schweizer Alpenraum. Bericht 282, WSL, Birmensdorf.
- Weidmann, P. (2004): Bunte Artenvielfalt – die Tagfalter. Beitrag in: Eidgenössisches Jagdbanngebiet Graue Hörner. Entstehung, Natur, Nutzung. Hrsg. Schwitter, R., Tschirky, R., Weidmann, P., Good, A.. Alpenland Vlg., Schaan, FL.
- Wettstein, S. (1999): Grünerlengebüsch in den Schweizer Alpen. Ein Simulationsmodell aufgrund abiotischer Faktoren und Untersuchungen über morphologische und strukturelle Variabilität. Diplomarbeit, Universität Bern.
- Wiedmer, E. & Senn-Irlet, B. (2006): Biomass and primary productivity of an *Alnus viridis* stand – a case study from the Schächental valley, Switzerland. Bot. Helv., 116, 55-64.
- Wirz-Luchsinger, H. (1928): Erhebungen über die Verbreitung der wildwachsenden Holzarten im Kanton Glarus. Hrsg. Eidg. Departement des Innern, Bern.
- Zbinden, N. & Salvioni, M. (2003): Die Hühnervögel der Tessiner Berge. Schweiz. Vogelwarte, Sempach. Avifauna Report Sempach, 3.
- Zeitler, A. (2003): Maintaining black grouse wintering habitats by alpine pasture management plans. Sylvia 39/2003 Suppl..
- Zeitler, A. (2000): Folgen der technischen Beschneidung für Wildtiere und Regeln für verträgliche Beschneidung. Bay. LfU Fachtagung.
- Zimmermann, N. & Bugmann, H. (2008): Die Kastanie im Engadin – oder was halten Baumarten von modellierten Potenzialgebieten? Schweiz. Z. Forstwesen 159:326-335.
- Zischg, A., Flury, C., Costa, R., Huber, B. & Berger, S. (2011): PLANAT Aktionsplan 2009-2011; Einzelprojekt B 11: Auswirkungen der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung auf die Naturgefahren. Schlussbericht.
- Zoller, H. & Bischof, N. (1980): Stufen der Kulturintensität und ihr Einfluss auf Artenzahl und Artengefüge der Vegetation. Phytocoenologia 7 (Festband Tüxen), S. 35-51.
- Zoller, H., Bischof, N., Erhardt, A. & Kienzle, U. (1984): Biocoenosen von Grenzertragsflächen und Brachflächen in den Berggebieten der Schweiz. Hinweise zur Sukzession, zum Naturschutzwert und zur Pflege. Phytocoenologia 12 (2/3), S. 373-394.
- Zweifel-Schielly, B. (2005): Spatial and nutritional ecology of GPS-collared red deer in an alpine region: the role of forage availability and quality. Diss. ETH Zürich.

www Adressen

- www.bguz.uzh.ch/download-/ausstellungen/invasive_pflanzen/zusatztexte.pdf
- www.botgarten.uni-tuebingen.de/tiki/tiki-index.php?page=Gr%C3%BCnerlenbest%C3%A4nde
- www.crsf.ch
- flora.nhm-wien.ac.at/Seiten-Arten/Alnus-alnobetula.htm
- www.meteoschweiz.ch
- www.mil.brandenburg.de/sixcms/media.php/4055/Beitr_Wild%C3%B6kol_Bd45.pdf
- www.newcrops.uq.edu.au/listing/species_pages_A/Alnus_viridis.htm
- www.swissfungi.ch
- www.vogelwarte.ch
- www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/lwf_merkblatt_6/index_DE
- www.waldwissen.net/waldwirtschaft/waldbau/genetik/lwf_projekt_bmelv/index_DE
- www.wsl.ch/forest/wus/diag/index.php

nicht verwendete Literatur

- Alewell, C. (2007): Bodenerosion in den Alpen - Wissenschaftlicher Workshop.
- Bahn, M. (2001): Effects of land-use changes on plants in mountain ecosystems.
- Bierhals, E., Gekle, L., Hard, G. & Nohl, W. (1976): Brachflächen in der Landwirtschaft. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Schrift 195. Landwirtschaftsverlag Münster – Hiltrup.
- Brüchert, F., Gallenmüller, F., Bogenrieder, A. & Speck, T. (2003): Stem mechanics, functional anatomy and ecology of *Alnus viridis* and *Alnus glutinosa*. Feddes Repertorium Volume 114, Issue 3-4, S. 181–197.
- Caminada, M. (1998): Vegetationsgeographische Untersuchungen zum aktuellen Zustand des Waldgrenz-Ökotons und seiner Dynamik in den insubrischen Alpen (Val Morobbia). Unveröff. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Zürich.
- Fernand, D. (2010): Expansion of green alder (*Alnus alnobetula* [Ehrh] K. Koch) in the northern French Alps: a palaeoecological point of view. Comptes Rendus Biologies (2010). Volume: 333, Issue: 5, S. 424-428.
- Fischer, T. (1999): Waldgrenzökoton und Wiederbewaldungsdynamik im Gebiet des Morteratschgletschers. Unveröff. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität.
- Gelmi, D. (1996): Vegetationsgeographische Untersuchungen zur Waldgrenze im Unterengadin (Val S-charl). Unveröff. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Zürich.
- Gisi, U. & Oertli, J.J. (1981): Ökologische Entwicklungen in Brachland verglichen mit Kulturwiesen: III. – Mikrobiologische Veränderungen im Boden. Acta Oecologica / Oecologia Plantarum 2(16), Nr. 2: 165-175.
- Hamer, D., Herrero, S. & Brady, K. (1991): Food and habitat used by grizzly bears, *Ursus arctos*, along the continental divide in Waterton Lakes National, Park, Alberta. Can. Field Nat. 105(3): 325-329.

- Kircher, F. (1993): Untersuchungen zur Altersstruktur, Wachstumsdynamik und Bestandesstruktur an Grünerlen im Nationalpark Hohe Tauern.
- Malkova, P., Bejcek, V., Stastny, K., Simova, P. & Tomsova, H. (2000): Ecology of the Black grouse (*Tetrao tetrix*) on the Gruenwald Peat Bog in the Krusne Hory Mts. *Cahiers d'Ethologie* 20(2-4): 421-438.
- Meusburger, K. & Alewell, C. (2009): On the influence of temporal change on the validity of landslide susceptibility maps. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9: 1495-1507.
- Meusburger, K. (2010): Soil erosion in the alps – causes and risk assessment. Dissertation, Universität Basel.
- Richard, L. (1967): L'aire de répartition de l'aune vert (*Alnus viridis*, Chaix), *Doc. Carte Veg. Alpes* 5. 80-113.
- Richard, L. (1967): L'aune vert, *Alnus viridis*, DC. Anatomie, répartition, écologie, étude phytosociologique de l'aulnaie verte. Thèse de Doctorat, Université de Grenoble.
- Schudel, K. (1999): Waldgrenzökoton im Val da Camp. Unveröff. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Zürich.
- Spatz G. (1980): Succession patterns on mountain pastures. *Vegetatio* 43. 39-41.
- Stangl, R. (2008): *Alnus* ssp. zur Rutschungsaufforstung am Beispiel der Stambachmure, Oberösterreich. Eine Quantifizierung der ingenieurbioologischen Leistung von Erlenbeständen. Diss. BOKU Wien.
- Tasser, E., Mader, M. & Tappeiner, U. (2003): Effects of land use in alpine grasslands on the probability of landslides. *Basic and Applied Ecology* 4. S. 271-280.
- Van Miegrot, H. & Cole, D.W. (1985): Acidification sources in red alder and douglas-fir soils – importance of nitrification. *Biology and Fertility of Soils*, 43, S. 843-847.
- Van Miegrot, H., Cole, D.W. & Foster, N.W. (1992): Nitrogen distribution and cycling. In: Johnson, D.W., Lindberg, S. E., eds. *Atmospheric deposition and forest nutrient cycling*. Springer Vlg. New York. S. 178-195.
- Weitzer, C., Florineth, F. & Doppler, F. (1998): Untersuchungen über die Wirksamkeit von Pflanzen in Einzugsgebieten des Forsttechnischen Dienstes der Wildbach- und Lawinenverbauung Wien. Universität für Bodenkultur. Institut für Landschaftsplanung und Ingenieurbioologie
- Zekveld, C. & Markham, J. (2011): Exposure to aphids increases alder growth and nitrogen fixation. *Botany* 89: 255-261.

Weitere Projekte, welche nicht weiter untersucht wurden

- Institute of Vertebrate Biology, Brno, Tschechien. Homolka, M. & Heroldova, M.: Relationship between shrubby vegetation cover and ungulate habitat preference in forest environment.
- Istituto Nazionale per la fauna selvatica, Ozzano Emilia, Bologna, Italien: Fasoli, N. et al: Spatial patterns and habitat selection in a high density chamois (*Rupicapra rupicapra*) population in an alpine protected area.