

Wie entwickelt sich die Vegetation nach hochgebirgstypischen Störungen?

Eine 10-Jahresbilanz

Störungen der Vegetation werden im Hochgebirge häufig durch geomorphologische Prozesse ausgelöst. 2005 wurden solche Störungen im Reintal/Wetterstein im Rahmen einer Diplomarbeit untersucht. 10 Jahre später wurden die Standorte mit den Störungstypen „Schwallflut“ und „einmaliger Lawinenabgang“ erneut aufgesucht um den Sukzessionsverlauf der Flächen zu dokumentieren. Die Ergebnisse werden in diesem Aufsatz vorgestellt.

Schlagnworte: **Alpen, Geomorphologie, Hochgebirge Störungen, Sukzession, Vegetationsdynamik**

1 Einleitung

Gebirge sind hochdynamische Lebensräume. Die Dreidimensionalität erzeugt eine hohe Reliefenergie. Diese löst häufig rasch verlaufende Massenprozesse, wie z.B. Muren, Steinschlag oder Lawinen aus. Vor allem in Kombination mit Schneeschmelze oder Sommergewittern spielen zudem auch fluviale Prozesse eine tragende Rolle.

Diese geomorphologischen Prozesse stören aber auch die Vegetationsdecke in unterschiedlichen Maßen. Unter **Störung** der Pflanzendecke versteht man hierbei einen Auslöseimpuls, der die Biomasse teilweise bzw. komplett zerstört. Am weitesten anerkannt ist die Definition von PICKETT/WHITE 1985, S. 7:

„A disturbance is any relatively discrete event in time that disrupts ecosystem, community, or population structure and changes resources, substrate availability, or the physical environment“

Trotz der negativ konnotativen Besetzung des Begriffes „Störung“ sind diese Störungen für viele Gemeinschaften und Habitate ein wichtiger ökologischer Faktor (WHITE/JENTSCH 2001; JENTSCH 2007; TURNER 2010; GRIME 2006, S. 80).

Da sie häufig zu freien Flächen oder Lücken führen, legen sie damit ein neues Raum- und/oder Ressourcenangebot frei (BÖHMER 1999; WHITE/JENTSCH 2001).

Dies beeinflusst die Artenzusammensetzung, die Vielfalt und Dynamik der Lebensgemeinschaften und schafft somit ein regelrechtes Mosaik an räumlichen und zeitlichen Mustern in der Vegetation.

- Bereits 2005 wurden im Reintal/Wettersteingebirge vielfältige Störungstypen untersucht, deren Ursache hochgebirgstypische geomorphologische Prozesse sind. Im Fokus stand dabei deren Auswirkung auf die Vegetationszusammensetzung und Sukzessionsvorgänge also die störungsbedingte

Vegetationsdynamik zu dokumentieren (SCHWABE 2007, SCHWABE et al. 2009, SCHWABE 2014).

Nach 10 Jahren wurden im Sommer 2015 die Referenzflächen erneut aufgesucht und die Sukzessionsvorgänge bei zwei Störungsarten kartiert. Diese beiden Störungsarten wurden aus folgenden Gründen ausgesucht:

Im August 2005 ergab sich ein außerordentliches Störungsereignis. Nach Starkregen brach der Damm eines ursprünglich durch einen Bergsturz aufgestauten Bergsees, der „Blauen Gumppe“. In Folge löste die Flutwelle eine Schwallflut aus, die die Terrassen der Partnach regelrecht umpflügte und die Fichten und restliche Vegetation im Uferbereich und kleinen Bachinseln stark beeinträchtigte (MORCHE et al. 2007, S. 5; SCHWABE 2007, SCHWABE et al. 2009, SCHWABE 2014).

Nun sollte kontrolliert werden ob bzw. wie sich die Pflanzendecke nach diesen Störungsereignissen innerhalb der 10 Jahre auf den Referenzflächen verändert hat.

- Ein weiterer Fokus der Untersuchungen im Jahr 2005 lag auf Störungen, die durch einmalige Lawineneignisse hervorgerufen wurden. Hierdurch entstanden Lücken im Waldbestand. Auswirkungen solcher Störungsereignisse wurden bisher kaum untersucht. Die Ergebnisse von 2005 dokumentierten, dass diese Flächen – im Widerspruch zur Intermediate Disturbance Theorie (CONNELL 1978) eine erstaunlich hohe Artenvielfalt hervorbringen. Dementsprechend wurden im Juli 2015
 - a) an zwei Stellen der Partnach unterhalb des Dammbrochs drei Mal zwei Flächen (ca. 1123 m ü NN, 1120 m ü NN und 110 m ü NN) mit der Größe 10m x 10m kartiert sowie
 - b) an zwei Stellen der Lawinenlücken mit je 3 Flächen pro Standort (ca. 1165 m ü NN und 1430 m ü NN) aufgenommen.

2 Das Arbeitsgebiet

Das Reintal liegt ca. 10 km südlich von Garmisch-Partenkirchen oberhalb der Partnachklamm im Wettersteingebirge. Es repräsentiert den Idealtyp eines klassisch eiszeitlich überprägten Trogtals mit übersteilten Seitenwänden. Vom tiefsten Punkt, dem Flusslauf der Partnach, bis zu den eingrenzenden Graten ist im Bereich des in der Einleitung beschriebenen Dammbrochs ein Höhenunterschied von durchschnittlich 1000 Metern gegeben. Dies führt zu hoher Reliefenergie, die sich auch in vielen Schutthalden an den Füßen der Hänge dokumentiert.

Das Wettersteingebirge gipfelt in der Zugspitze mit 2962 m ü NN. Geologisch findet sich im gesamten Bereich reiner heller Wettersteinkalk (UHLIG 1954). Der mittlere Jahresniederschlag liegt bei 1.800 bis 2.200 mm, die Jahresdurchschnittstemperatur bei +4, wobei weniger als 110 Tage/Jahr die 10° C Grenze und weniger als 180 Tage die 5 Grad C Grenze erreichen. Es gibt ca. 150 Tage mit Schneedecke (>1 cm), ca. 70 Eis- und mehr als 160 Frosttage (KOCH 2004, S. 58).

Dementsprechend liegen die untersuchten Vegetationsflächen in der Höhenstufe der subalpinen Nadelwälder (Plots 1-9: *Aposerido-Fagetum* – nordalpiner Fichten-Tannen-Buchenwald, Plots 10-12 *Homogynopiceetum* – subalpiner Alpenlattich Fichtenwald, auf den Flussterrassen, die jährlich durch Hochwasser gestört werden, wächst *Petasitetum paradoxo* -Alpenpestwurzflur (HERTEL 2008).

Abbildung 1 zeigt ein Schrägluftbild des Reintals mit der Lage der kartierten Vegetationsflächen.

3 Ergebnisse

3.1 Partnach: Störungstyp Schwallflut

Im August 2005 brach im Reintal der Damm eines aufgestauten Gewässers, der Blauen (= Vorderen) Gumpe. Die Flutwelle beeinflusste die tiefergelegenen Flussterrassen gewaltig. Die Vegetation wurde massivst gestört.

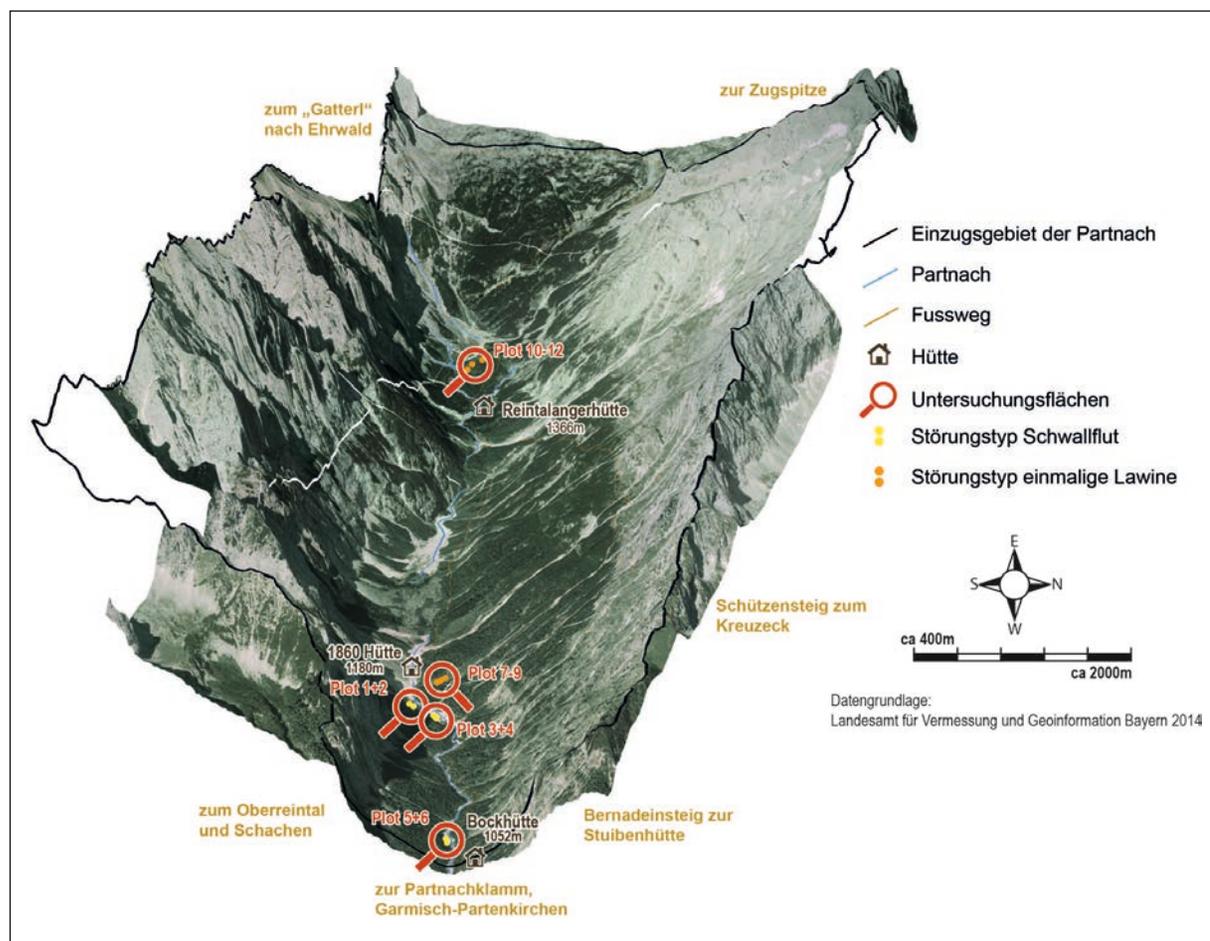


Abb. 1: Das Reintal im Wettersteingebirge (3-D Aufsicht) und Lage der Untersuchungsplots

3.1.1 Geomorphologische Prozesse und Störungsvorgang Partnachterrassen

Die Ursache des Ereignisses am 22./23. August 2005 war eine außergewöhnliche Wetterlage, ähnlich der Situation, die zum allseits bekannten Elbe-Hochwasser 2002 führte. Die Starkniederschläge überprägten das Reintal gravierend. Schwere Überschwemmungen verursachten zahlreiche Murgänge. Sowohl Erosion als auch Aufschotterung veränderten das Landschaftsbild. Ferner wurde während des Hochwasserereignisses, mit einem Spitzenabfluss von über 16 m³/s, der Damm der Blauen Gumppe durchbrochen (MORCHE et al. 2007).

Die Flutwelle des Dammbrochs mobilisierte lokal über 50.000 m³ an Sedimenten. Im Gegensatz zu allen bisherigen Hochwasserereignissen, bei denen die Einträge von umliegenden Hängen herangeführt wurden, stammten sie diesmal fast ausschließlich aus der Alluvion und dem Flussbett selbst (MORCHE und SCHMIDT 2012).

Davon wurden drei Viertel im Flussbett unterhalb des Durchbruchs und auf der folgenden Flussaue wieder abgelagert (MORCHE 2006, MORCHE et al. 2007, SCHWABE 2007, MORCHE/SCHMIDT 2012). Dementsprechend wurde auch die Vegetation inklusive Wurzelwerk komplett abgetragen. Selbst große Bäume wurden durch die Wucht des mitgeführten Materials an der Rinde verletzt, entwurzelt oder zersplittert und/oder mittransportiert und wieder abgelagert. Bis in über 3 m Höhe zeigten sie Marken vom Geschiebetrieb.

Für die Wiederbesiedelung bedeutete dies, dass sich keine Samenbank mehr im Boden befand. Eine Etablierung erfolgte über Saatgut, das von außen eingetragen wurde. Dementsprechend handelt es sich bei der Ansiedelungs- und Folgeprozessen um Primärsukzession, die stark zufallsgesteuert ist.

3.1.2 Standort Murkegel

In einer Verebnung, ca. 200 m unterhalb des Dammbrochs wurde die Flussaue im Verlauf der Partnach um mehrere Meter aufgeschottert. Die Vegetation auf den ehemaligen Flussterrassen wurde – wenn sie nicht beim Hochwasser vorher weggespült wurde – regelrecht überschüttet. Auf den Terrassen ragen nur Fichten (*Picea abies*) mit einer Höhe von über 2 m aus den Ablagerungen hervor.

Abbildung 2 zeigt diesen Standort. Oben links zeigen drei Fotos den Zustand der Terrassen, links vor der Flut, oben mittig zwei Wochen nach der Flut und oben rechts beim Kontrollbesuch 10 Jahre später. Der untere Teil der Abbildung zeigt zwei Detailfotografien einer Baumgruppe, auf der linken Seite vier Wochen nach dem Dammbbruch und rechts dieselbe Gruppe 10 Jahre später. Hier stellt sich deutlich das

nachhaltige Zerstörungspotential der Schwallflut dar. Die Baumgruppe ist zwischenzeitlich abgestorben.

An dieser Stelle wurden im Sommer 2005 nach der Schwallflut Vegetationsdaten erhoben. Die Aufnahmeflächen befinden sich im Randbereich am Ufer. Dort konnten wenige Bäume, die tief genug verwurzelt waren, das Schadensereignis überstehen.

Hier wurden 2015 nun erneut auf zwei benachbarten Terrassen jeweils zwei Flächen 10 x 10 m kartiert (= Standort „Murkegel“, Plots 1-4).

Folgende Arten wurden in allen 4 Plots gefunden: *Acer pseudoplatanus*, *Adenostyles glabra*, *Betula pubescens*, *Campanula cochleariifolia*, *Cystopteris montana*, *Lycopodium annotinum*, *Mycelis muralis*, *Petasites paradoxus*, *Salix triandra*, *Salix waldsteiniana*. In drei von vier Plots waren vorhanden: *Agrostis capillaris*, *Festuca rubra*, *Hieracium lachenalii*, *Picea abies*, *Potentilla erecta*, *Pritzelago alpina*, *Salix purpurea*, *Silene vulgaris*. In immerhin zwei Plots fanden sich *Asplenium viride*, *Epilobium collinum*, *Kernera saxatilis*, *Melica nutans*, nur einmal vertreten waren *Carduus defloratus*, *Carlina acaulis*, *Dryas octopetala*, *Hieracium bifidum*, *Hieracium murorum*, *Moehringia muscosa*, *Paris quadrifolia*, *Sorbus aucuparia*, *Veronica urticifolia*.

Die Bodendeckung ist mit < 5% sehr gering. Im Gesamten wurden auf den vier Plots nur 30 Arten gefunden, dabei in Plot 1: 25 Arten, in Plot 2: 18 Arten, in Plot 3: 20 Arten und Plot 4: 26 Arten. An Baumarten können nur die Pioniergehölze Ahorn (*Acer pseudoplatanus*), Birke (*Betula pubescens*), Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*) und drei Weidenarten (*Salix triandra*, *Salix waldsteiniana*, *Salix purpurea*) verzeichnet werden.

Die Struktur der gestörten Bestände zeigt beispielhaft Abbildung 3. Unten ist ein Foto der Vegetationsaufnahme abgebildet, oben die Strukturskizze in Aufsicht und deren Profile.

Die doch recht stattliche Anzahl an 20 Arten im Vegetationsplot 3 darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass viele Individuen nur einmal auftreten, bzw. große Flächen vegetationsfrei sind. Zudem handelt es sich meist kleinwüchsige, krautige oder annuelle Arten. Die Individuen siedeln eher geclustert, v.a. im Schutz von größeren Steinbrocken und umgestürzten Baumstämmen, bzw. Ästen.

Hier muss nochmals betont werden, dass die Strukturskizzen nur einen Teilaspekt dokumentieren, der nicht so verheerend ausfiel. In der Regel zeigen sich die Flächen, die in der Mitte der Partnach liegen und während der Schwallflut bzw. den annualen Frühjahrshochwässern stärker beansprucht wurden auch nach 10 Jahren noch vegetationsfrei.

Am Standort Murkegel konnte sich die Vegetation innerhalb der 10 Jahre also noch nicht erholen und die durch die Flut verschütteten Fichten sind in Folge der Überschüttungen teilweise bzw. komplett abgestorben.



Juli 2005



September 2005

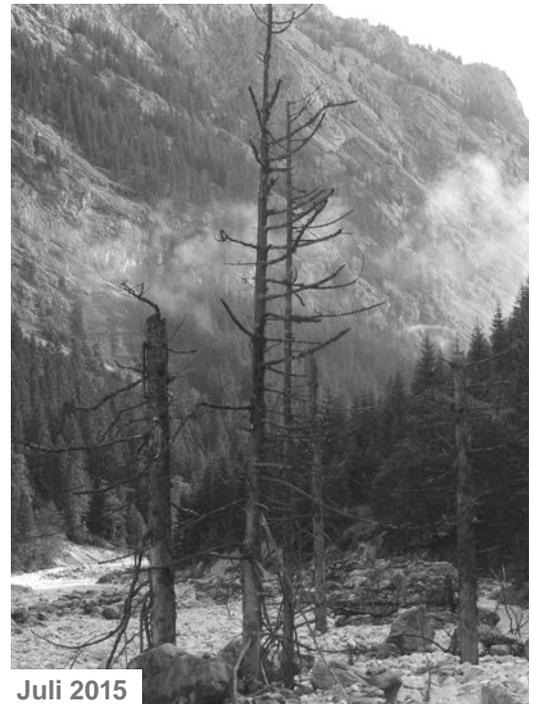


Juli 2015

Abb. 2: Standort Murkegel. Oben links: Juli 2015, vor der Schwallflut. Oben Mitte: September 2015, 2 Wochen nach der Schwallflut. Oben rechts: Juli 2015, 10 Jahre nach der Schwallflut. Unten links: Baumgruppe auf der Partnachterrasse im September 2005, 2 Wochen nach der Schwallflut. Unten rechts: dieselbe Baumgruppe 10 Jahre später im Juli 2015. Die Fichten sind abgestorben.



September 2005



Juli 2015

3.1.3 Standort Bockhütte

Circa 1300m flussabwärts (= Standort Bockhütte) verlangsamte sich die verheerende Flutwelle 2005 und schwächte sich bereits ab. Das Geschiebe schotterte die Terrassen nur um ca. 0,5-1 m auf. Die Vegetation wurde jedoch auch hier mechanisch gestört und/oder Pflanzen zum Teil weggespült. Spülrinnen tiefen bis zu 0,5 m ein.

Abbildung 4 dokumentiert beispielhaft mit 2 Bildpaaren aus 2005 zu 2015 diesen Standort. Das obere Bildpaar zeigt die Partnachterrasse mit Blick

flussabwärts. Das Bildpaar unten zeigt dieselbe Baumgruppe aber entgegen der Flussrichtung fotografiert.

Im Vergleich von 2015 zu 2005 zeigen sich einige Unterschiede. So haben sich die Kanten der Terrasse durch Erosion deutlich abgeflacht. Der Bachlauf auf der orografisch rechten Seite hat sich vertieft und führt nun ganzjährig Wasser. Eine Fichte, die im Jahr 2005 noch stehend abgebildet ist, liegt nun rechts umgestürzt im Bachlauf. Die Fichten auf der Terrasse treiben noch in den oberen Astbereichen aus und sind dort mit grünen Nadeln bedeckt, die unteren Partien sind aber abgestorben. Die Kante zwischen rechtem

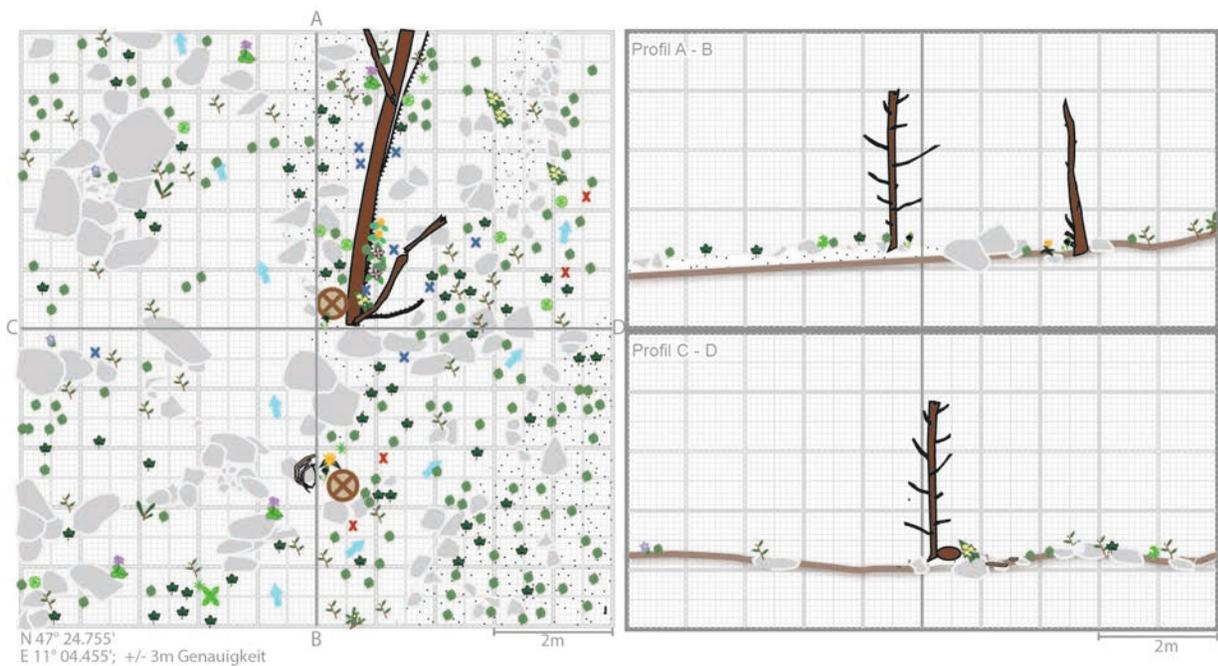


Abb. 3: Plot 3 in Detailansicht. Oben links: Aufsicht auf Plot 3. Oben rechts: Profil von Plot 3. Unten: Foto der Untersuchungsfläche im Jahr 2015, 10 Jahre nach der Schwallflut, im Vordergrund die Partnachterrasse mit den abgestorbenen Fichten

Bachlauf und erhöhter Terrasse ist v.a. mit Pestwurz (*Petasites paradoxus*) und Alpendost (*Adenostyles glabra*) sehr dicht bewachsen, zudem fällt der starke Graswuchs im erhöhten Bereich der Terrasse innerhalb der Baumgruppe auf. Tiefer gelegene Stellen, die auch bei jährlichen Hochwässern im Frühjahr überschwemmt werden, zeigen sich deutlich kahler. In

den vor Hochwasser geschützteren Lagen wachsen v.a. *Dryas octopetala*, Gräser, Annuelle und Kräuter ein.

Auf den beiden Vegetationsplots wurden 25 bzw. 31 Arten gefunden, also etwas mehr als auf den Flächen direkt unterhalb des Dammbereichs. Neben den Arten, die auch weiter oberhalb kartiert wurden, fanden sich zusätzlich *Crepis alpestris*, *Knautia dipsacifolia*, *Lamium*



Abb. 4: Standort Bockhütte: Fotovergleich der Partnachterrasse. oben: Blickrichtung Tal: Links: September 2005, 2 Wochen nach der Schwallflut und rechts: dieselbe Stelle im Juli 2015. Unten: Entgegen Fließrichtung: Links: September 2005, 2 Wochen nach der Schwallflut und rechts: dieselbe Stelle im Juli 2015

galeobdolon, *Lotus corniculatus*, *Melampyrum sylvaticum*, *Ranunculus montanus*, *Sesleria albicans*, *Thymus praecox*, *Vaccinium myrtillus*, *Viola biflora*. Allerdings finden sich im Vergleich zu den oberhalb gelegenen Terrassen direkt am Murkegel keine neuen Baumarten, obwohl der Wald direkt an die Terrassen anschließt.

Die Vegetationsbedeckung ist dichter, sie liegt bei ca. 20-25%. Hierbei ist das Bedeckungsmuster jedoch unregelmäßig verteilt. Dicht bewachsene Stellen wechseln mit unbewachsenen ab. Durch Bäume geschützte bzw. höher gelegene Bereiche wurden früher wiederbesiedelt. Auffällig ist auch die hohe Anzahl an Keimlingen aus dem Frühjahr von Birke und Ahorn. Etablierte Individuen, die bereits ein Frühjahrshochwasser überstanden haben, wurden jedoch nicht gefunden.

Jungpflanzen regenerieren nach einer Verheerung nur langsam (ROMME et al. 1998, S. 530). Sie sind verwundbarer und nicht so resistent gegenüber

nachfolgenden kleineren, wie z.B. den regelmäßigen annualen Frühjahrshochwässern, an die sich die Ufervegetation im Lauf der Evolution eigentlich angepasst hat. Die hohe Morphodynamik im Terrassenbereich machte hier eine Wiederansiedelung noch nicht überall möglich. Pioniere überwiegen auch an diesem Standort bei der oft zufallsgesteuerten Primärsukzession

3.1.4 Fazit Schwallflut

Der Standort mit geringerer mechanischer Schädigung und Aufschotterung entwickelte sich innerhalb 10 Jahren zur *Petasites paradoxus*-Flur. Die verheerend geschädigte Terrasse befindet sich noch in der Wiederansiedelungsphase und hat sich von den Schäden noch nicht erholt. Beim Vergleich der beiden Standorte auf den Partnachterrasse, die per Luftlinie nur 1300m entfernt voneinander liegen, wird deutlich, dass sie

sich in dieser kurzen Zeitphase bereits unterschiedlich entwickelt haben.

Sukzession nach Verheerungen unterscheidet sich von Wiederbesiedlungsprozessen kleinerer Störungen (TURNER 2010). Die Variabilität ist größer als bei kleineren Störungen und verursacht häufiger Zufallsereignisse. Künftige Sukzessionspfade können nur mit erheblichen Unsicherheiten prognostiziert werden.

3.2 Einmaliger Lawinenabgang

Neben der sehr seltenen Schwallflut als Störungstyp sind auch einmalige Lawinenabgänge - häufig durch Staublawinen ausgelöst - ein Phänomen, dessen Folgeprozesse auf die Vegetation und die störungsbedingten Sukzessionen kaum untersucht sind.

3.2.1 Geomorphologische Prozesse und Störungsvorgang Staublawinen

Als Lawine wird der „*gesamte Bewegungsvorgang der Schneemassen vom eigentlichen Anrissgebiet über die Sturzbahn bis ins Ablagerungsgebiet bezeichnet*“ (AMMANN 2003, S. 42).

Man unterscheidet regelmäßig wiederkehrende Lawinen, die meist in Lawinenrinnen abgehen und einmalige Lawinenabgänge. Solche entstehen bei sehr steilem Gelände oder wenn Schneemassen über Felsbänder abstürzen. Die Schneemassen können dabei Geschwindigkeiten zwischen 100–300 km/h erreichen (AMMANN 2003; HECKMANN 2006).

Die aus dem Lawinenabgang resultierenden Druckwellen können auch adulte Bäume entwurzeln. Die Fichten (*Picea abies*) als Flachwurzler sind hierbei besonders störanfällig. Es entstehen Lücken mit offenem Erdreich, Sonnenstrahlen dringen bis zum Waldboden vor. Die abgestorbenen Bäume bringen daher Licht in den Wald. Im Schutz des Totholzes und des Wurzelwerkes können sich aber auch schattentolerante Pflanzen etablieren.

Der benachbarte Bereich des Waldbodens bleibt bei dieser Art von Lawinen oft unbeschadet, wenn eine im Winter bereits vorhandene Altschneedecke die Kraut- und Strauchschicht schützt. In Folge solcher einmaliger Lawinenereignisse wachsen schattenliebende Waldarten und licht- und wärmeliebende Pioniergehölze sowie Gräser auf einem sehr heterogenen Standort dicht nebeneinander.

Im Gegensatz zu den Terrassen, wo die Vegetation sich komplett aus neu eingetragenen Samenbanken etablieren muss (Primärsukzession) befindet sich nach den einmaligen Lawinenabgängen häufig noch eine Samenbank im Boden. Zudem können sich Pflanzen aus den Rand- und Übergangsbereichen

zum geschlossenen Wald rascher etablieren. Somit handelt es sich bei der Wiederbesiedelung um Sekundärsukzession.

Im Sommer 2005 wurde auf zwei durch Staublawinen ausgelösten einmaligen Lawinenflächen eine sehr hohe Artenvielfalt nachgewiesen. Der Störungsvorgang ereignete sich in den Wintern 1999 (Standort TSV-1860-Hütte oberhalb der Vorderen Gumppe) bzw. im Jahr 2000 (Standort Oberer Anger (SCHWABE 2014: 70; nach Wehrle 2005, mündlich)).

Somit wurden die Vegetationsaufnahmen im Jahr 2005 nur fünf bzw. sechs Jahre nach dem Störungsereignis kartiert und zeigten ein sehr frühes Sukzessionsstadium auf.

2015 wurde nun überprüft, ob/welche Veränderungen im Zeitraum von 10 Jahren stattgefunden haben. Insbesondere lag der Schwerpunkt auf der Frage, ob das Aufwachsen junger Bäume und damit eine stärkere Beschattung diese Vielfalt, die sich so kurz nach der Störung zeigte, verringert hat, oder ob sie weiterhin besteht.

Hierzu wurde an den beiden Standorten jeweils drei Flächen untersucht. Die ersten drei Vegetationsplots befinden sich auf einer Störungsfläche nahe der Vereinshütte des TSV 1860 auf 1165 m ü NN, die anderen drei Kartierungen wurden am Oberen Anger, auf 1430 m ü NN erfasst. Die genauen Standorte können der Karte in Abbildung 1 entnommen werden.

3.2.2 Standort 1860 Hütte

Am Standort 1860 Hütte wurden 33, 45 und 31 Arten erfasst. Diese Artenzahlen sind für einen Bergwald immer noch sehr hoch, im Vergleich zum Jahr 2005 mit 51, 55 und 52 Arten hat die Vielfalt aber abgenommen.

Auch strukturell hat sich der Bestand innerhalb der 10 Jahre verändert. Abbildung 5 zeigt den Standort im Fotovergleich von 2005 und 2015. Durch die mechanische Beeinflussung der Staublawine ergaben sich viele Geländestufen. Deren Absätze und größere Fels- und Steinblöcke werden von einer Moos- und Krautschicht überwuchert. Totholz ist noch erkennbar, aber die Äste sind meist bereits komplett verrottet, auch bereits Stämme mit einem Durchmesser < 25 cm sind komplett überwuchert und stark zersetzt. Demzufolge wird das organische Material wieder sehr rasch in den Kreislauf zurückgeführt

In den lichtereren Bereichen wächst viel Gras, die Ahorne haben seit 2005 an Höhe gewonnen. Die Fichten wachsen in Gruppen eng zusammen. Hierbei fällt auf, dass Plot 9 in der Sukzession stärker vorangeschritten ist als die Plots 7 und 8. Die Fichten stehen sehr dicht und erreichen Höhen bis 3 m, während in Plot 7 und 8 die durchschnittliche Höhe zwischen 1,1 und 1,8 m liegt.



Abb. 5: Standort 1860-Hütte 6 bzw. 16 Jahre nach einmaligem Lawinenabgang: Fotovergleich der Waldentwicklung. Links oben: September 2005, rechts oben: derselbe Hang im Juli 2015: Ahorne und Fichten haben sich stark entwickelt. Links unten: September 2005, rechts unten: derselbe Hang im Juli 2015: Die Baumstümpfe sind vermodert und eingewachsen.

In Abbildung 6 werden die drei Vegetationsplots auf diesem Standort aus dem Jahr 2005 mit denen aus dem Jahr 2015 gegenübergestellt. Hierbei wurde das Hauptaugenmerk auf die Etablierung der Bäume gelegt. Um deren Bestandsstrukturen zu akzentuieren, werden sie in den Grafiken bunt hervorgehoben. Der Kreis stellt die Fläche an, die die Bäume über 1 m Höhe mit Ihrer Krone beschatten.

Ebenfalls eingezeichnet ist das Totholz. Nur durch gestrichelte Linien dargestellt ist das Totholz, das zwar noch nicht komplett verrottet ist, aber bereits komplett überwuchert wurde und sich in der Phase der kompletten Auflösung befindet. Würde man es in die Hand nehmen, würde es buchstäblich zerbröseln. Im oberen Teil der Abbildung sind die Vegetationsplots von 2005 abgedruckt, direkt darunter die von 2015.

Die Pionierart Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*), die im Jahr 2005 recht häufig auftrat und die sonnenliebende Mehlbeere (*Sorbus aria*) wurden 2015

auf den Plot nicht mehr angetroffen, dafür aber die Buche (*Fagus sylvatica*) und die Tanne (*Abies alba*).

Die Ahorne (*Acer pseudoplatanus*) und Fichten (*Picea abies*) haben sich gut etabliert und an Höhe gewonnen. Sie treten auch geclustert in sehr dicht stehenden Gruppen auf. Ein Trend Richtung mehr Beschattung und waldliebenden Arten kann schon in diesem zeitlichen Stadium vermerkt werden, auch wenn noch viele lichtliebende Arten und Gräser auftreten.

3.2.3 Standort Oberer Anger

Der Standort Oberen Anger liegt auf 1430 m ü NN gegenüber 1165 m ü NN an der TSV-1860-Hütte. Auf Grund der höheren Lage dauert die winterliche Schneebedeckung länger an. Die klimatischen Bedingungen verringern die Länge der Vegetationsperioden und somit das Wachstum der Vegetation sowie die

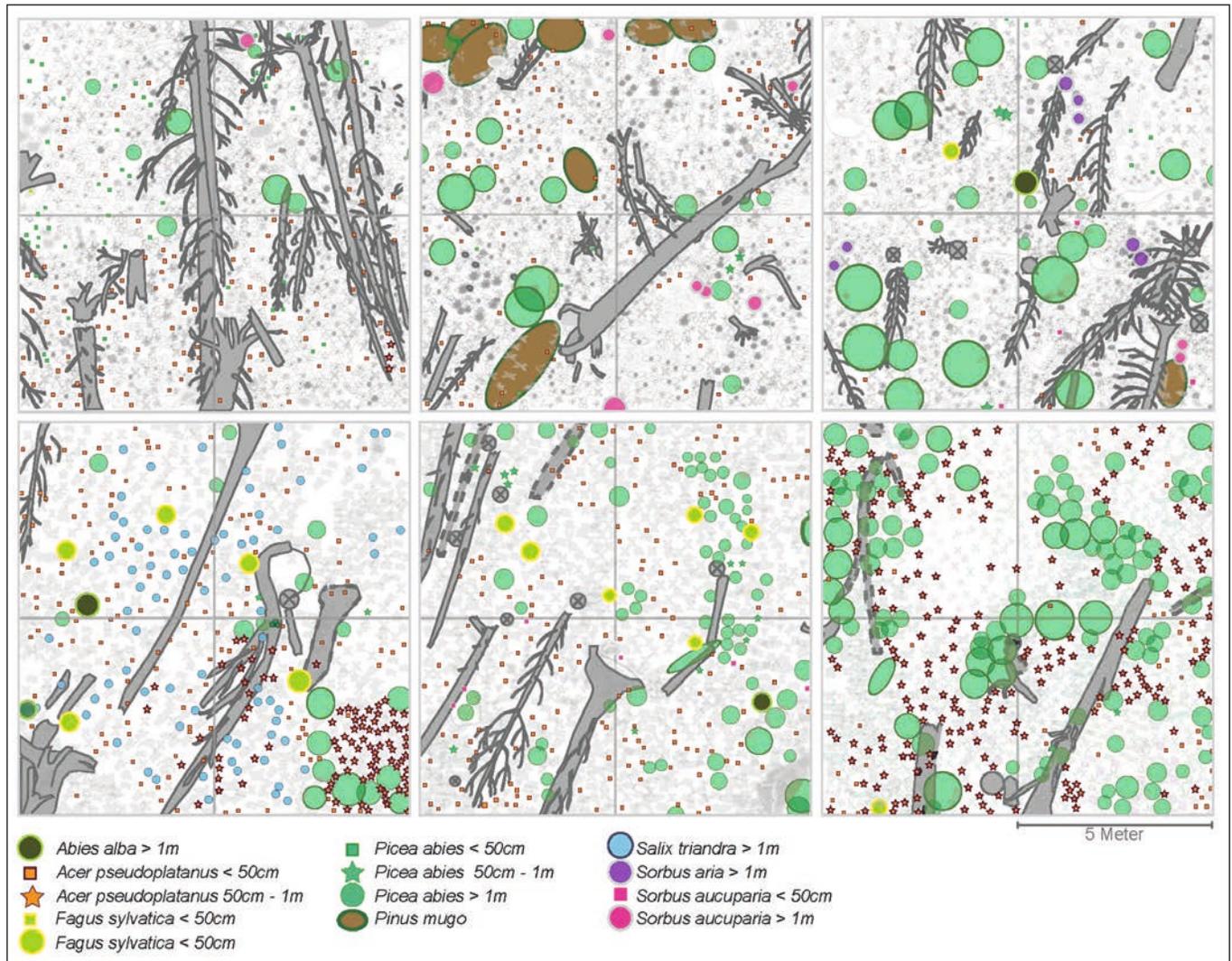


Abb. 6: Standort 1860-Hütte: Entwicklung der Baumarten. Oben: 3 Vegetationsplots aus dem Jahr 2005. Unten: 3 Vegetationsplots am selben Hang im Jahr 2015. Totholz, Kräuter, Sträucher und Gräser sind grau dargestellt, die Baumarten farbig.

Zersetzung des toten organischen Materials. Deshalb fielen die Veränderungen in den 10 Jahren – wie erwartet – nicht ganz so intensiv aus wie am tiefer gelegenen Standort.

2015 wurden auf den drei kartierten Flächen 44, 43 und 53 Arten vorgefunden. Im Jahr 2005 wurden noch 59, 53 und 47 Arten gezählt. Auch hier hat sich die Vielfalt etwas verringert. Das Holz ist verrottet und verfallen, bzw. mit Moos überwuchert, so auch die für 2005 charakteristischen Wurzelstöcke. Lücken und offenes Erdreich im ehemaligen Wurzelbereich sind nicht mehr erkennbar und mit kleinwüchsiger Vegetation wie Gräsern und Kräutern zugewuchert.

Am Oberen Anger stehen die Bäume im *Homogyno-Piceetum* (subalpiner Alpenlattich Fichtenwald) viel lichter als am tieferen Standort im *Aoserido-Fagetum* (nordalpiner Fichten-Tannen-Buchenwald). Aber auch hier fallen große grobe Felsblöcke auf, die

durch die Lawine mitgerissen wurden. Oftmals werden Sie bereits von Vegetation besiedelt. Insgesamt ist der Standort aber trockener und lichtreicher. Es fallen Blaubeerbestände auf und viele Ameisenhaufen, die auch bereits 2005 vorhanden waren. Der Untergrund und kleinere Steinblöcke werden von einer dicken Moos- und Krautschicht überwuchert. Das Totholz ist ebenfalls stark zerfallen und wird häufig bereits überwuchert.

Den Standort zeigt die Abbildung 7 mit zwei Bildpaaren eines lichtereren und eines etwas stärker bewachsenen Plots aus den Jahren 2005 und 2015. In den Strukturskizzen (siehe Abbildung 8) werden wieder drei Plots mit verschiedenen starker Einstrahlungsintensität miteinander verglichen. Hier wird deutlich, wie stark die Verrottung des organischen Materials fortgeschritten ist. Während 2005 kleine Äste noch vorhanden waren, sind diese 2015 komplett

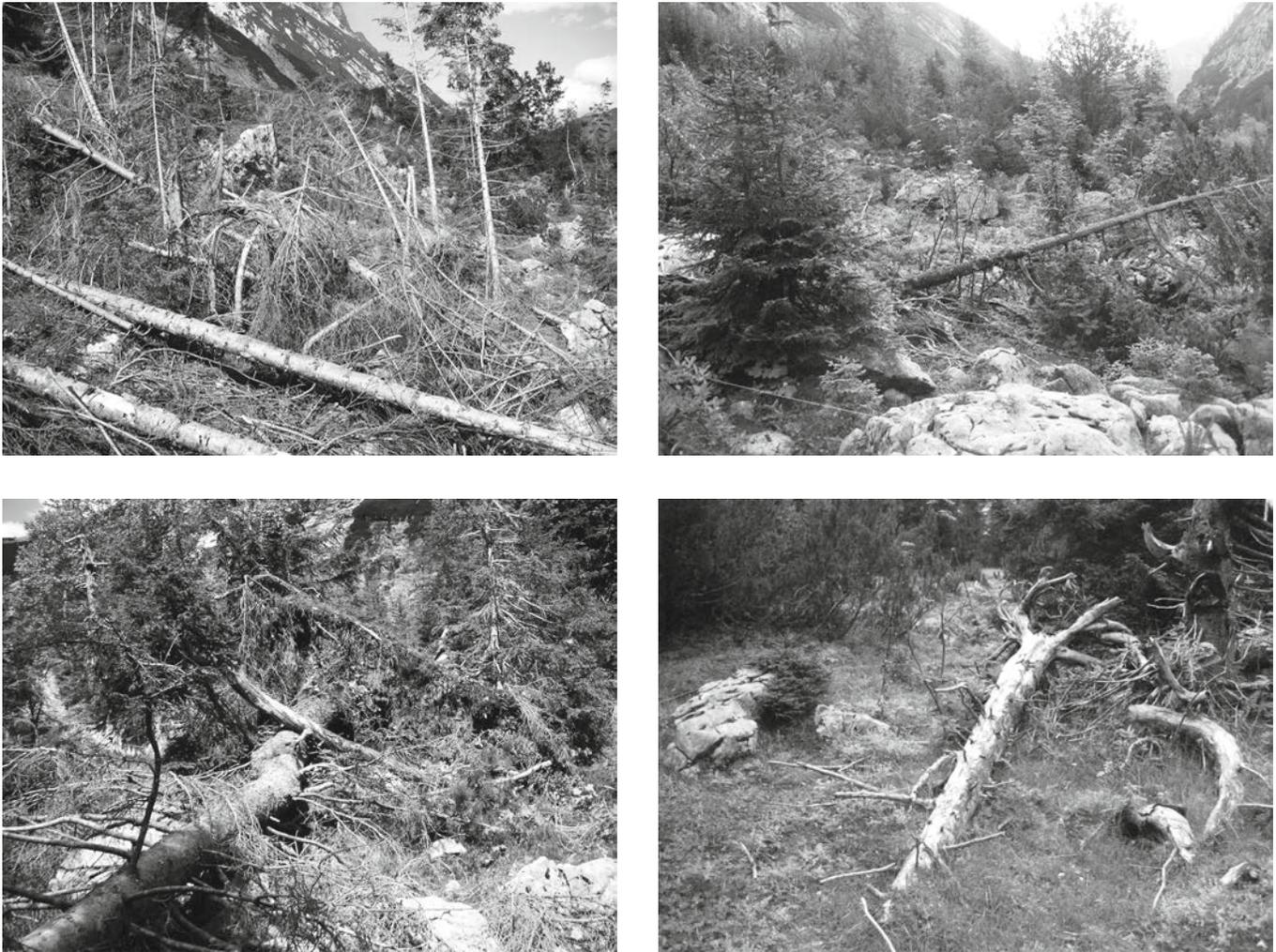


Abb. 7: Standort Oberer Anger, 5 bzw. 15 Jahre nach einmaligem Lawinenabgang. Fotovergleich der Waldentwicklung. Links oben: September 2005, rechts oben: derselbe Hang im Juli 2015. Links unten: September 2005, rechts unten: derselbe Hang im Juli 2015

verschwunden. Wurzelballen haben sich fast komplett abgetragen, es sind nur noch die Baumstümpfe übrig. Die Mehlsbeere (*Sorbus aria*), die 2005 auftrat, ist 2015 verschwunden. Stark etabliert haben sich Weiden wie *S. triandra*, *S. waldsteiniana* und *S. appendiculata*. Auch die Birke (*Betula pubescens*) kann Zuwachs vermelden. Die Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*) ist 2015 genauso stark vertreten wie 2005, die Fichten haben an Höhe um ca. 0,5-1m zugenommen, die Ahorne und die Latschenkiefer (*Pinus mugo*) haben sich im Deckungsgrad und Höhenwuchs kaum verändert.

4 Fazit

Innerhalb von nur 10 Jahren hat sich die Vegetation im Reintal auf den gestörten Flächen stark verändert. Auf den Flussterrassen sind die Fichten, die im Jahr

2005 durch eine Schwallflut gestört wurden, entweder massiv geschädigt oder sogar abgestorben. Am Standort der stärksten Schädigung zeigt sich nach 10 Jahren kaum Etablierung, während nur 1300m flussabwärts die Sukzession zur *Petasites-Paradoxus*-Flur belegt werden konnte.

15 bzw. 16 Jahre nach dem Abgang einer einmaligen Staublawine hat die Artenvielfalt, die 2005 belegt wurde, leicht abgenommen. Die Artenzusammensetzung hat sich soweit verändert, dass nun lichtliebende Arten und Pionierpflanzen etwas seltener vorkommen. Waldarten nehmen am tieferen Standort rascher zu als am höher gelegenen. Vor allem Ahorne und Fichten gehören zu den Gewinnern während des momentanen Sukzessionsprozesses.

Es bleibt spannend, wie sich die Flächen in den nächsten Jahren weiter entwickeln und ob neue Störungen eintreten, die die Artenzusammensetzung wieder komplett verändern können.

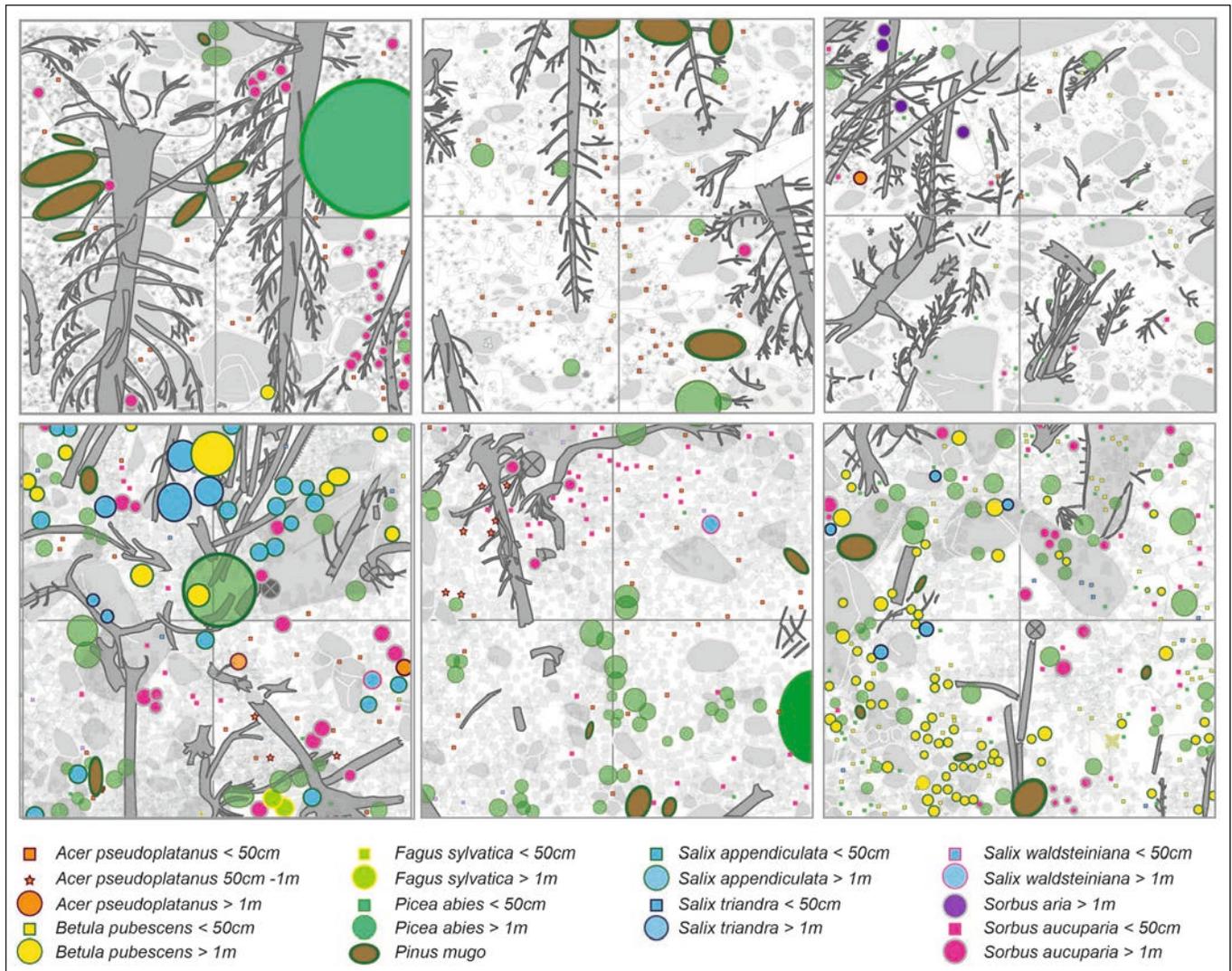


Abb. 8: Standort Oberer Anger: Entwicklung der Baumarten. Oben: 3 Vegetationsplots aus dem Jahr 2005. Unten: 3 Vegetationsplots am selben Hang im Jahr 2015. Totholz, Kräuter, Sträucher und Gräser sind grau dargestellt, die Baumarten farbig.

Literatur

- AMMANN, W. (2003): Lawinen - die dominierende Naturgefahr im Alpenraum. In: *HGG-Journal* 18, S. 41–52.
- BÖHMER, Hans Jürgen (1999): Vegetationsdynamik im Hochgebirge unter dem Einfluss natürlicher Störungen. Berlin: J. Cramer.
- CONNELL, J. H. (1978): Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. In: *Science* 199 (4335), S. 1302–1310.
- GRIME, J.P (2006): Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties: Wiley.
- HECKMANN, Tobias (2006): Untersuchungen zum Sedimenttransport durch Grundlawinen in zwei Einzugsgebieten der Nördlichen Kalkalpen. Quantifizierung, Analyse und Ansätze zur Modellierung der geomorphologischen Aktivität. München [u.a.]: Profil.
- HERTEL, Silke (2008): Naturräumliche Differenzierung des Reintals (Wettersteingebirge, Bayerische Alpen). unveröffentlichte Diplomarbeit, Erlangen.
- JENTSCH, Anke (2007): The Challenge to Restore Processes in Face of Nonlinear Dynamics – On the Crucial Role of Disturbance Regimes. In: *Restoration Ecology* (Vol. 15, No. 2), S. 334–339.
- KOCH, Florian (2004): Zur raum-zeitlichen Variabilität von Massenbewegungen und pedologische Kartierungen in alpinen Einzugsgebieten. Dendrogeomorphologische Fallstudien und Erläuterungen zu den Bodenkarten Lahnenwiesgraben und Reintal (Bayerische Alpen). Dissertation. Universität Regensburg, Regensburg. Geographie.
- MORCHE, David (2006): Aktuelle hydrologische Untersuchungen am Partnach-Ursprung (Wettersteingebirge), Oberbayern. In: *Wasserwirtschaft* (1-2), S. 53–58.
- MORCHE, David; SCHMIDT, Karl-Heinz (2012): Sediment transport in an alpine river before and after a dambreak flood event. In: *Earth Surface Processes and Landforms* (37), S. 347–353.
- MORCHE, David et al. (2007): Hydrology and Geomorphic Effects of a High-Magnitude Flood in an Alpine River. In: *Geografiska Annaler, Series A: Physical Geography* 89 (1), S. 5–19.
- PICKETT, Stewart T.; WHITE, P. S. (1985): The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Orlando

- ROMME, William H et al. (1998): Are Large, Infrequent Disturbances Qualitatively Different from Small, Frequent Disturbances? In: *Ecosystems*, S. 524–534.
- SCHWABE, Birgit (2007): Natürliche Störungen im Hochgebirge am Beispiel des Reintals, Wettersteingebirge. unveröffentlichte Diplomarbeit. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen, Erlangen. Institut für Geographie.
- SCHWABE, Birgit (2014): Geomorphologisch induzierte Störungen der Vegetation in einem alpinen Einzugsgebiet. Das Fallbeispiel Reintal, Wettersteingebirge, Bayern. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen. Naturwissenschaftliche Fakultät.
- SCHWABE, Birgit et al. (2009): Auswirkungen natürlicher Störungen auf die Pflanzendiversität im Reintal/Wettersteingebirge. In: *Mitteilungen der Fränkischen Geographischen Gesellschaft* (Band 56), S. 253–284.
- TURNER, Monica G. (2010): Disturbance and landscape dynamics in a changing world. In: *Ecology* 91 (10), S. 2833–2849.
- UHLIG, H. (1954): Die Altformen des Wettersteingebirges mit Vergleichen in den Allgäuer und Lechtaler Alpen (Forschungen zur Deutschen Landeskunde, 79).
- WHITE, Peter S.; JENTSCH, Anke (2001): The Search for Generality in Studies of Disturbance and Ecosystem Dynamics. In: *Progress in Botany* 62, S. 399–449.

Abstract

In High Mountain Ecosystems disturbances of vegetation are frequently induced by geomorphological processes. 2005 Those disturbances have been analyzed- in Reintal Valley, Wetterstein Mountains, Bavaria. Ten years later the sites were revisited. This report should document the succession paths of both types of disturbances heavy flood and single avalanche.

Tags: **alps, geomorphology, High mountains, disturbance, succession, vegetation dynamics**

Autorin: Birgit Schwabe, birgit.schwabe@fau.de, Institut für Geographie, FAU Erlangen-Nürnberg