

# Die Muster der Wildnis – Am Weg zu einem Inventar der Naturprozesse im Nationalpark Gesäuse (Ennstaler Alpen)

Von Corinna HECKE<sup>1</sup>, Michael JUNGMEIER<sup>2</sup> & Daniel KREINER<sup>3</sup>

Mit 18 Abbildungen

Angenommen am 21. März 2018

**Summary: The patterns of wilderness – Preparing an inventory of natural processes in the National park Gesäuse (Ennstaler Alpen).** - In this paper, the authors examine the composition, patterns and succession of vegetation in four different ecosystems in Gesäuse National Park (Styria, Austria), that are characterised by certain disturbance regimes. The basic methodology for compiling an overall inventory of the region's natural processes is to be established in an attempt to describe the systems in terms of their spatial and temporal patterns using structograms and dynamograms. The detailed analysis will highlight the extent to which floodings, avalanches and mudflows contribute to local biodiversity. This confirms the importance of consequently protecting the natural processes in a manner consistent with an IUCN category II national park.

**Zusammenfassung:** Im vorliegenden Beitrag untersuchen die AutorInnen Vegetationszusammensetzung, Vegetationsmuster und Vegetationsabfolgen in vier störungsgeprägten Ökosystemen des Nationalparks Gesäuse (Steiermark). Mit dem Versuch, die Systeme in ihren räumlichen und zeitlichen Mustern in Form von Struktogrammen und Dynamogrammen zu beschreiben, soll die methodische Grundlage für ein Gesamtinventar der Naturprozesse im Gebiet erarbeitet werden. In der Detailanalyse wird sichtbar, in welchem Ausmaß Hochwässer, Lawinen und Murenabgänge zur standörtlichen Vielfalt und damit zur Biodiversität beitragen. Dies macht die Bedeutung eines konsequenten Schutzes von Naturprozessen deutlich, wie ihn ein Nationalpark der IUCN-Kategorie II vorsieht.

**Keywords:** Wilderness, natural processes, succession, vegetation dynamics, vegetation patterns, national park research, nature conservation

**Schlüsselwörter:** Wildnis, Naturprozesse, Sukzession, Vegetationsdynamik, Vegetationsmuster, Nationalparkforschung, Naturschutz

## 1. Einleitung

### 1.1 Diskurs zum Thema Wildnis

Wildnisgebiete sind ein wesentlicher Teil des europäischen Naturerbes. Der aktuelle naturschutzpolitische Diskurs um „Wildnis“ wirft eine Reihe von praktischen aber auch wissenschaftlichen Fragen auf (HUBER & JUNGMEIER 2016). So nimmt zum Beispiel die europäische Debatte wiederholt Bezug auf den US Wilderness Act von 1964, der Wildnisse pathetisch und unpräzise als Gebiete definiert, wo „die Erde und ihre

1 Corinna Hecke, E.C.O. Institut für Ökologie, Lakesidepark B07b, 9020 Klagenfurt; [hecke@e-c-o.at](mailto:hecke@e-c-o.at)

2 Michael Jungmeier, E.C.O. Institut für Ökologie, Lakesidepark B07b, 9020 Klagenfurt; Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt; [jungmeier@e-c-o.at](mailto:jungmeier@e-c-o.at)

3 Daniel Kreiner, Nationalpark Gesäuse GmbH, Weng 2, 8913 Weng im Gesäuse Österreich; [daniel.kreiner@nationalpark.co.at](mailto:daniel.kreiner@nationalpark.co.at)

Lebensgemeinschaften vom Menschen unbeeinflusst sind und wo der Mensch selbst nur als zeitweiliger Gast auftritt.“<sup>4</sup> In europäischen Landschaften, selbst in arktischen, hochalpinen oder sehr abgelegenen Gebieten, sind derartige Flächen kaum auszumachen. LUPP et al. (2011) konstatieren, dass der Wildnis-Diskurs in Mitteleuropa physische und räumliche Definitionen vermissen lässt. Sie sehen den Ruf nach Wildnis durch ethische, religiöse, pädagogische und kulturelle Motive bestimmt und verweisen auf NASH (2001) oder VINCENOTTI & TREPL (2009), wonach Wildnis eher eine bestimmte Geisteshaltung oder ein mentales Konstrukt sei.

Im erweiterten Kontext dieser Diskussionen wie auch verschiedener europäischer Initiativen und Strategien soll ein Inventar der Naturprozesse im Nationalpark Gesäuse einen naturwissenschaftlichen Zugang in die Diskussion einbringen. Dabei wird versucht, Wildnis als eine Summe von natürlichen Prozessen zu beschreiben und zu erfassen. Der vorliegende Beitrag fußt auf einer Beobachtung von ausgewählten natürlichen Prozessen im Nationalpark Gesäuse in den Jahren 2013 bis 2016. Das Forschungsvorhaben wurde vom Nationalpark Gesäuse mit Förderung aus dem Programm zur Entwicklung des Ländlichen Raumes (ELER) finanziert. Die Ergebnisse zum Lawinarsystem Kalktal sind bereits im Detail veröffentlicht (JUNGMEIER et al. 2016); um eine Gesamtübersicht der Ergebnisse zu gewährleisten, sind ausgewählte Ergebnisse im vorliegenden Beitrag wiederholt.

## 1.2 Wildnis als Summe natürlicher Prozesse

In naturwissenschaftlichen Definitionen und Beschreibungen von Wildnis spielen natürliche Prozesse eine wichtige Rolle. Gemäß Festlegung der *Wild Europe Initiative* ist ein Wildnisgebiet durch die entsprechenden Naturprozesse bestimmt. Das Gebiet muss groß genug sein, „um das effektive ökologische Ablaufen natürlicher Prozesse“<sup>5</sup> (WILD EUROPE INITIATIVE 2014) gewährleisten zu können. Diese Definition wird auch für die Europäische Richtlinie für das Management von Wildnisgebieten (European Commission 2013) wie auch für den *European Commission Wilderness Register* herangezogen. Auch in den EWQA, einem Kriteriensatz für *European Wilderness Quality Standard and Audit* (EUROPEAN WILDERNESS SOCIETY 2015) spielen ungestörte natürliche Prozesse eine wesentliche Rolle.

Wenig berücksichtigt ist in diesen Beschreibungen, dass „natürliche Prozesse“ sehr unterschiedliche Qualitäten sowie räumliche und zeitliche Maßstäbe haben. Es kann zunächst zwischen biotischen und abiotischen Prozessen unterschieden werden. Die ersteren reichen von biochemischen und zellularen Prozessen, über die Dynamik von Organismen und Populationen bis hin zu evolutiven Prozessen. Die letzteren reichen von atomaren und subatomaren Vorgängen über physikalische, geologische und klimatische Entwicklungen bis hin zu astronomischen Vorgängen.

In der vorliegenden Untersuchung beschränken die AutorInnen den Begriff Naturprozess auf natürliche Vorgänge, die mit Mitteln der Vegetationskunde erfasst und beschrieben werden können. Dies sind also inter- und intraspezifische Phänomene, die sich anhand von Arten, in diesem Fall Pflanzenarten, erfassen lassen. Diese pragmatische Abgrenzung schließt also selbst häufig genannte Naturprozesse wie tierische Wan-

---

4 “areas where the Earth and its community of life are untrammelled by man, where man himself is a visitor who does not remain” (US Wilderness Act, 1964)

5 „A wilderness is an area governed by natural processes. It is composed of native habitats and species, and large enough for the effective ecological functioning of natural processes. It is unmodified or only slightly modified and without intrusive or extractive human activity, settlements, infrastructure or visual disturbance.“ (Wild Europe Initiative, 2014)

derungen, ontogenetische oder phänologische Entwicklungen, Populationsdynamiken oder Artbildungsprozesse aus, erlaubt jedoch eine systematische Aufbereitung zumindest eines Segmentes natürlicher Prozesse. Die räumliche Auflösung dieser Prozesse liegt im Bereich zwischen Quadratdezimetern und Quadratkilometern, meist jedoch zwischen Quadratmetern und Hektaren. Die zeitliche Auflösung liegt zwischen einem Jahr und mehreren Jahrhunderten. Sowohl die räumliche als auch die zeitliche Dimension sind mit Mitteln eines Naturschutz- oder Nationalparkmanagements gestaltbar. Festzuhalten ist auch, dass auf dieser Maßstabsebene biotische und abiotische Faktoren in besonderem Maße miteinander verschränkt sind. Naturprozesse im Sinne der vorliegenden Studie sind demnach Muster im Raum und in der Zeit, welche die Ökosysteme charakterisieren.

### 1.3 Naturprozesse im Nationalpark Gesäuse

Wie von JUNGMEIER et al. (2016) dargelegt ist der 2002 eingerichtete Nationalpark Gesäuse für Naturprozessforschung in besonderem Maße prädestiniert. In der Naturzone (derzeit 83 Prozent der Fläche) sollen natürliche Prozesse ungestört ablaufen. Die Gesäuseberge sind durch hohe Reliefenergien charakterisiert. Dies bedingt eine Vielzahl von gravitativen, dynamischen Prozessen, wie Lawinen, Muren und Felsstürze. „Wildes Wasser – Steiler Fels“, mit diesen Schlagworten wird der Nationalpark Gesäuse verbunden. Daher wurde in der Nationalparkforschung auch ein Schwerpunkt auf die Inventarisierung (STANGL 2011) und Beobachtung (Monitoring) dieser Flächen gelegt (KLIPP & SUEN 2011, HALLER et al. 2013). Ein hoher Stellenwert wurde dem Thema auch im Forschungskonzept für die Jahre 2013–2023 gegeben, wobei es vor allem um die ökologischen Zusammenhänge auf diesen Flächen gehen sollte (MARINGER & KREINER 2012).

JUNGMEIER et al. (1998) haben versucht, die Naturprozesse im Nationalpark Hohe Tauern zu erfassen. Sie haben zehn „Leitprozesse“ herausgearbeitet, in ihrer Verbreitung modelliert und zusammenfassend beschrieben. Die Systematik kann in abgewandelter Form auch für den Nationalpark Gesäuse herangezogen werden:

- Primäre Sukzessionen (z.B. Vegetationsentwicklung auf primärem Substrat oder bei biogener Verlandung)
- Dynamik von Klimax-Gesellschaften (z.B. Vegetationsentwicklung von alpinen Rasen, Wäldern oder Mooren)
- Dynamik von anthropogenen Dauergesellschaften (z.B. Vegetationsentwicklung von genutzten oder nicht mehr genutzten Almweiden, Wiesen oder Mähdern)
- Dynamik von Disklimax-Gesellschaften (Vegetationsentwicklung in hochdynamischen und störungsgeprägten Ökosystemen)

Diese Bearbeitung greift auf Untersuchungen von EGGER (1996) zurück; das von diesem Autor entwickelte Syndynamische Ökosystemkonzept liegt auch der vorliegenden Studie zugrunde. Im konkreten Fall sollte der Schwerpunkt zunächst auf Disklimax-Gesellschaften liegen. In einem Screening wurden die folgenden vier Untersuchungsgebiete und deren vorherrschende Naturprozesse für Detailuntersuchungen ausgewählt:

#### **Alluvionen Johnsbach:**

Der Johnsbach ist ein rechtsufriger Zubringer zur Enns und entwässert ein Einzugsgebiet von 65 km<sup>2</sup> bei einer Lauflänge von ca. 13,5 km. Im Untersuchungsgebiet (vgl. Abbildung 1) zwischen Langgriesgraben (linksufrig) und Kainzenalbl (rechtsufrig) läuft der Bach als Durchbruchsstrecke durch verschiedene Kalke in Süd-Nord-Richtung. Von der Dynamik des Lebensraumes zeugen massive Eintragsrunsen von Witterschuttströmen, die in das Johnsbachtal einmünden. Seit 1817 sind mehrere Hochwasser dokumentiert, weshalb in den 1950er-Jahren große Maßnahmen zum Schutz der Infrastruk-

tur getroffen wurden (SEEBACHER 1979). Übergeordnetes Ziel war eine Erhöhung der Schleppkraft des Johnsbachs, die über Durchstiche und Regulierungen erreicht werden sollte. Verbauungsbegleitend wurden ab 1953 Aufforstungen getätigt, erst mit standortgerechten Arten, die aber später zusehends durch Fichten ersetzt wurden.

Nach rund 50 Jahren harter Verbauung wurde im Rahmen des LIFE Projekts „Naturschutzstrategien für Wald und Wildbach“ die Revitalisierung des Johnsbachs als ein Hauptziel festgelegt. Ökologische Maßnahmen wurden auf der gesamten Länge von 13,5 km und auf rund 20 ha benachbarter Fläche zwischen Ende September 2006 und Oktober 2009 umgesetzt und ermöglichen nun eine weitgehend natürliche Dynamik des Johnsbachs (HASEKE & KREINER 2011). Zu Standortdynamik, Biodiversität und Vegetationsentwicklung am Johnsbach liegen unter anderem Studien von FRITZE & PAILL (2008), GRÜNWALD (2014), KAMMERER (2008), KOMPOSCH et al. (2008), KREINER et al. (2011), RINDLER & RASCHER (2015) sowie THONHAUSER (2008) vor.

In unverbauten Bereichen des Bachlaufes, etwa oberhalb der Einmündung des Kainzenalblgrabens in den Johnsbach bestimmen Geschiebedynamik und Hochwasserereignisse die Entwicklung und Zonierung der Vegetation. Die Störungsereignisse sind episodisch und werfen je nach Stärke die natürlichen Sukzessionen unterschiedlich weit zurück.

#### **Umlagerungsbereiche Enns:**

Die Enns, das „Rückgrat“ des Gesäuse entspringt in den Radstädter Tauern und mündet nach einer Fließstrecke von rund 250 km bei Mauthausen in die Donau. Auf ihrem Weg prägt die Enns viele verschiedene Landschaftsbilder. Zwischen Admont und Hieflau hat sie sich tief in das rund 15 km lange Kerbtal eingeschnitten. Der schluchtartige Talabschnitt stellt den Beginn der Durchbruchsstrecke der Enns durch die nördlichen Kalkalpen dar. Die Kataraktstrecke der Enns im Gesäuse entspricht einem natürlich gestreckten Flusstyp. Durch die hier herrschende hohe Strömung und die damit verbundenen harschen Lebensbedingungen im Fluss verringert sich das Artenspektrum auf der Gesäusestrecke gegenüber jenem des Oberlaufs bis zum Gesäuseeingang. Huchen, Forelle, Alrutte, Äsche, Aitel und Koppe können als Leitarten, Bachneunauge, Strömer und Elritze als Begleitarten genannt werden (vgl. BLANDA et al. 2008).

Da sowohl die Bundesstraße B146 als auch die Eisenbahnstrecke zwischen Hieflau und Admont innerhalb des Gesäuse stete Begleiter der Enns sind, wurden in der Vergangenheit aus Sicherheitsgründen an mehreren Stellen Verbauungsmaßnahmen umgesetzt. Zumindest an den Zubringern (vor allem der Johnsbach im Süden) wurden mittlerweile umfassende Renaturierungsmaßnahmen in Angriff genommen (HASEKE & KREINER 2011, THONHAUSER 2008).

Auch in den unverbauten Abschnitten der Enns, etwa im Bereich Finstergraben und Räucherlboden, werden die natürlichen Prozesse stark durch die Geschiebedynamik und Hochwasserereignisse bestimmt. Das Störungsregime ist ähnlich wie am Johnsbach.

#### **Schuttrinnen Kühgraben:**

Der Kühgraben ist einer der hochdynamischen Mur- und Lawinenrinnen an den Südflanken des Buchsteins. Das Verwitterungsmaterial im Einzugsgebiet des Kühgraben ist von Dachsteinkalk dominiert. Dieser verwittert zwar nicht so rasch, wie Magnesium-Karbonat (= Hauptanteil des Dolomits), aufgrund der enormen Reliefenergie (Höhenunterschied von über 1.600 m auf einer Länge von 3.000 m) kommt es dennoch zu beachtlichen Erosionskubaturen. Mit Starkregenereignissen gerät die lockere Schuttmasse in Bewegung und „rinnt“ talwärts, wo sie die markante Rinne in der Landschaft formt und der Schutt sich schließlich wieder ablagert. Speziell die Schmelzwässer im Frühjahr verursachen den Abtransport des gelockerten Gesteinsmaterials hangabwärts in den Graben. Längs entlang der Rinne sind ältere Schotterkörper ausgebildet, die nur



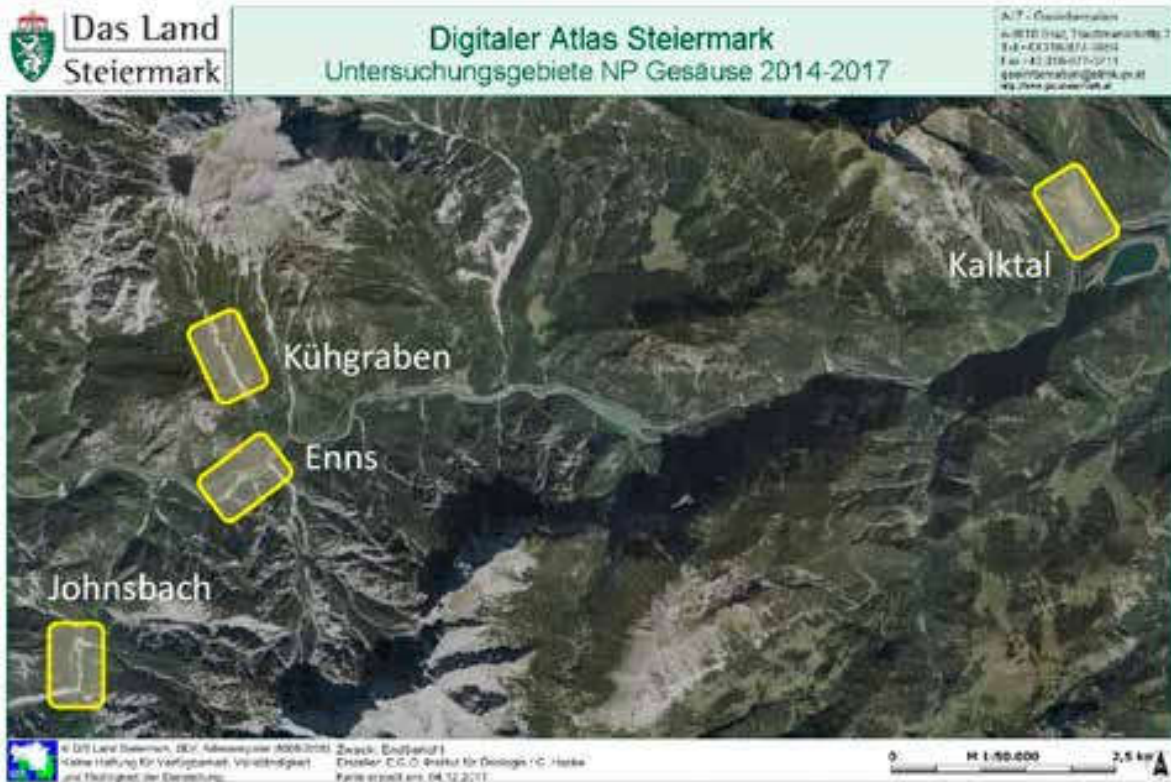


Abb. 1: Lage der Untersuchungsflächen Johnsbach, Enns, Kühgraben und Kalktal (Nationalpark Gesäuse, Steiermark); Datengrundlage: Digitaler Atlas Steiermark.

Fig. 1: Location of survey sites Johnsbach, Enns, Kühgraben and Kalktal (Gesäuse National Park, Styria); Source: Digitaler Atlas Steiermark.

bei Extremereignissen in Bewegung geraten und daher schon zum Teil mit kleinen Waldinseln bestockt sind. In Summe können also Kühgraben und der östlich gelegene Rotgraben als dynamische Systeme verstanden werden, in denen ganz spezielle Standortverhältnisse vorherrschen, die nur von einer hochspezialisierten Flora als Lebensraum genutzt werden können (vgl. KAMMERER 2008). Die Vegetation des Kühgrabens wurde im Rahmen der Biotopkartierung der Jahre 2006 und 2007 untersucht (KAMMERER 2008). Verschiedene ingenieurbioökologische Maßnahmen zur Stabilisierung der Bereiche hat SKACEL (2013) zusammengestellt.

Die hochwasserbedingten Umlagerungen von Verwitterungsmaterial bestimmen die natürlichen Prozesse in diesem Bereich. Durch episodische Erosion und Anlagerung entstehen Muster von unterschiedlich alten Reg- und Ruhschuttfeldern, welche die Vegetationsentwicklung bestimmen.

#### **Lawinarsystem Kalktal:**

Das Kalktal liegt im nordöstlichen Randbereich des Nationalpark Gesäuse, am Fuße des 2035 m hohen Tamischbachturm. Die Lawinenbahn hat ihr Einzugsgebiet im weiträumigen Kar zwischen Tamischbachturm und Almmauer, im Haindlkar mit der Schneidenplan. Bei extremer Schneehöhe kann das Lawinengeschehen manchmal durch Schneemassen aus dem Speerenkar östlich des Mitterriedels noch größere Wucht erreichen. Die Lawinenbahn führt durch das Kalktal, welches unmittelbar in die Enns mündet (HASITSCHKA 2011).

Im oberen Bereich des Kalktals vereinigen sich also zwei mit Legbuchen bestockte Lawinenrinnen und führen als eine rund 150 m bis 300 m breite Lawinenrinne ins Tal. In diesem Bereich ist die Rinne durchgehend waldfrei, den Hauptanteil der Vegetation



Abb. 2: Alluvionen am Johnsbach. Der Transekt deckt die untersuchte Vegetationsabfolge vom Voralpenleitenwald (links) über die Grobschotter-Pionierfluren zu Grauerlenwäldern und außen wieder Voralpenleitenwald (rechts) ab. Wesentlicher Zonierungsfaktor sind die Geschiebedynamik und Hochwasserereignisse am Johnsbach.

Fig. 2: Gravel banks at Johnsbach Creek. The transect covers vegetation zonation from *Acer pseudoplatanus*-dominated forest (left), pioneer vegetation on coarse gravel and riparian forests with *Alnus incana* to *Acer pseudoplatanus*-dominated forest (right).

bildet hier eine Bunt-Reitgrasflur (*Origano-Calamagrostietum variae*), die in mehreren Ausprägungen auftritt. Die Rinne ist südost-exponiert, rund 750 m lang und erstreckt sich ab der Vereinigung der zwei oberen Rinnen auf einer Höhe von rund 840 m bis ins Tal zur Enns auf etwa 480 m. Die Lawinenrinne, die im oberen Bereich noch relativ eng ist und von steilen Felsabbrüchen begrenzt wird, wird nach unten hin zusehends breiter und flacher.

Eine detaillierte Beschreibung von Vegetation, Vegetationsdynamik und Lawinenverhältnissen bieten BOHNER et al. (2009), BOHNER et al. (2010) sowie JUNGMEIER et al. (2016). In einen größeren Zusammenhang stellen CARLI & ZIMMERMANN (2011) die „Wiederbewaldungsmuster auf lawinaren Waldlichtungsfluren“ im Gebiet. HASITSCHKA (2011) dokumentiert zahlreiche historische Lawinenabgänge im Bereich des Tamischbachturmes, die zum Teil katastrophale Ausmaße annahmen.

Aktive Lawinenbahnen auf sehr flachgründigen, steinigen, nährstoffarmen, basenreichen Rendzinen in lokalklimatisch wärmebegünstigten steilen Hanglagen der montanen Höhenstufe zählen zu den arten-, blüten- und aspektreichsten und somit ökologisch wertvollsten Vegetationsformationen im Nationalparkgebiet (BOHNER et al. 2009).

Die Gräben und Rinnen unterhalb des Tamischbachturmes sind bestimmt durch das Lawinengeschehen und die damit verbundene Störungsdynamik. Die Lawinenabgänge sind periodisch, jedoch von unterschiedlicher Intensität.





Abb. 3: Umlagerungsbereiche Enns. Der Transekt zeigt die untersuchte Vegetationsabfolge vom Grauerlenwald (unten), über Schotterfluren und Weidenpioniergebüsche zu vegetationslosen Gewässerbereichen (oben). Wesentlicher Zonierungsfaktor sind die Geschiebedynamik und Hochwasserereignisse der Enns.

Fig. 3: Gravel banks alongside and within the river Enns. The transect shows the zonation of vegetation from riparian forests with *Alnus incana* (bottom), gravel banks and pioneer willow bush to areas free of vegetation. Bed-load dynamics and floodings are crucial factors for the zonation of vegetation in this area.



Abb. 4: Schuttrinnen Kühgraben. Der Transekt deckt die untersuchte Vegetationsabfolge von altem Ruhschutt mit Gehölzfragmenten (links) über Reg- und Ruhschutfelder unterschiedlicher Körnungen bis zum Buchenwald (rechts) ab. Wesentlicher Zonierungsfaktor ist die hochwasserbedingte Umlagerung der Schutfelder.

Fig. 4: Debris-flow channel Kühgraben. The transect covers the zonation of vegetation from old stable debris fields with fragments of woodland vegetation (left), stable and unstable debris fields of different grain size to beech forest (right). The crucial factor for the zonation of vegetation in this area is the flood-related relocation of debris fields.



Abb. 5: Lawinarsystem Kalktal. Der Transekt deckt die untersuchte Vegetationsabfolge von den Buchenwaldstandorten (links) über die Lawinar-Haselgebüsche und Bunt-Reitgrasfluren bis hin zu den Schutt- und Felsfluren (rechts) ab. Wesentlicher Zonierungsfaktor sind die Lawinenereignisse.

Fig. 5: Avalanche path Kalktal. The transect covers the zonation of vegetation from beech forest stands (left), subsequent areas dominated by hazel shrubbery and *Calamagrostis varia*-grassland to scree mixed with rocky grassland (right). Main determining factors for zonation is the shaping power of avalanches.

## 2. Fragestellung und Methode

### 2.1 Fragen

Im Zuge der Untersuchungen wurden die vier genannten Bereiche dokumentiert, was zur Beantwortung folgender Fragen beitragen soll:

- Wie können natürliche Prozesse in einer systematischen Weise beschrieben und vergleichend dargestellt werden (Methodenentwicklung)?
- Wie kann die Bedeutung dieser Prozesse aus der Sicht der Biodiversität, des Naturschutzes und des Nationalparkmanagements erfasst werden (Analyse)?
- Welche Schlüsse können für den Umgang mit natürlichen Prozessen gezogen werden?

Neben der Beantwortung dieser Fragen werden sämtliche Primärdaten für Datenbank- und GIS-Systeme des Nationalparks aufbereitet und entsprechend eingespielt (vgl. MARINGER und KREINER 2012).

### 2.2 Erfassung raum-zeitlicher Muster

Die Methode der Geländeerhebung ist von JUNGMEIER et al. (2016, S. 20ff) beschrieben, Details zu den jeweiligen Erhebungsdurchgängen sind von JUNGMEIER et al. (2014), Jungmeier et al. (2015) sowie HECKE & JUNGMEIER (2017) dargestellt.

Die Erfassung der Vegetation erfolgte anhand von insgesamt 47 pflanzensoziologischen Aufnahmen, 42 davon wurden entlang von insgesamt sechs Transekten gemacht. Da nicht immer alle Lebensraumtypen entlang der linearen Transekte lagen, wurden fünf Zusatz-Aufnahmen ergänzend etwas abseits der Transekte erhoben. Dabei wurden die Transekte normal auf die Prozessrichtung angelegt. Die Größe der jeweiligen Aufnahmefläche richtet sich nach Homogenität des Bestandes, Artenreichtum der Pflanzengesellschaft und Vegetationsverteilung im, sie liegt zwischen 4 m<sup>2</sup> für die offenen Schotterflächen und 400 m<sup>2</sup> in den Waldbeständen. Die Aufnahmen wurden entsprechend eingemessen und GPS-mäßig verortet. Die Vegetationserhebung wurde durch





Abb. 6: E.C.O. pteryx im Einsatz; UAV-Befliegung am Johnsbach.  
 Fig. 6: E.C.O. pteryx in action; UAV-flight mission at Johnsbach Creek.

hochauflösende Luftbilder gestützt, welche mit dem Hexakopter E.C.O. pteryx aufgenommen wurden. Das UAV (unmanned aerial vehicle, landläufig Drohne) verfügt über einen GPS-Logger, der die Flugroute automatisch dokumentiert, diese Geodaten werden anschließend mit den Bildern verknüpft. Aus den GPS-verorteten Einzelbildern wurde mit dem Programm pix4d ein georeferenziertes Orthofoto gerechnet, das manuell über dem Luftbild nachgebessert wurde und als Kartengrundlage zur Darstellung der kartierten Flächen dient. Das UAV-Luftbildmaterial erlaubt in einzigartiger Weise, die kleinräumigen Muster der Vegetation darzustellen (vgl. Abbildung 2, Abbildung 3, Abbildung 4, Abbildung 5).

Die Vegetationsdaten wurden über die firmeneigene Datenbank E.C.O.tab eingegeben und mit dem Analysetool TWINSPAN hinsichtlich ihrer floristischen Zusammensetzung ausgewertet. Ähnliche Aufnahmen wurden schließlich zur Charakterisierung einer Vegetationszone herangezogen. Die syntaxonomischen Einheiten folgen GRABHERR und MUCINA (1993) beziehungsweise MUCINA et al., (1993) und sind im Hinblick auf ökologische Parameter sowie auf Artenausstattung jeweils kurz beschrieben.

### 2.3 Struktogramme, Dynamogramme und weiterführende Analysen

Die Aufbereitung der Naturprozesse nimmt den Ansatz von EGGER (1996) als Ausgangspunkt. In den Struktogrammen wird das räumliche Gefüge des jeweiligen Naturprozesses als abstrahiertes Muster der entsprechenden Vegetationseinheiten, basierend auf deren tatsächlicher räumlicher Ausdehnung, dargestellt. Für die Analyse des zeitlichen Gefüges eines Naturprozesses wurde aus dem räumlichen Muster das (meist nahe-

liegende) zeitliche Muster des Prozesses als Abfolge unterschiedlicher Vegetationseinheiten generiert und in den Dynamogrammen entsprechend dargestellt.

Zur Analyse der Biodiversität wurden die Artenzahlen der einzelnen Vegetationseinheiten ausgewertet. Eine Analyse der Lebensformen nach GRIME (1979) sowie eine Zeigerwertanalyse nach ELLENBERG (1986) vervollständigen das Bild des jeweiligen Naturprozesses.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Alluvionen Johnsbach

Die Abfolge der Vegetation lässt klare, lineare Zonierungen entlang des Bachs erkennen. Das Spektrum der Vegetation reichte dabei von *Calamagrostio variaie-Piceetum* (untyp. Ausprägung als „Fichtenwald auf Buchenwaldstandorten“), also von Waldbereichen, in denen in der Vergangenheit die Fichte forstlich gefördert wurde, in der Randzone über Laubmischwälder aus Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*), Grau-Erle (*Alnus incana*) und Gemeiner Esche (*Fraxinus excelsior*) am Übergang zu reinen Grauerlenwäldern (*Alnetum incanae*) bis hin zu den im Störungszentrum gelegenen Schotterkörpern, die mit Alpenschwemmlingen und einer spezialisierten Flora, wenn auch sehr spärlich, besiedelt sind.

Abbildung 7 zeigt die Verteilung der Lebensräume entlang des Johnsbachs, der das zentrale „Störungselement“ darstellt. Wie die Vegetationsabfolgen im Bachsystem

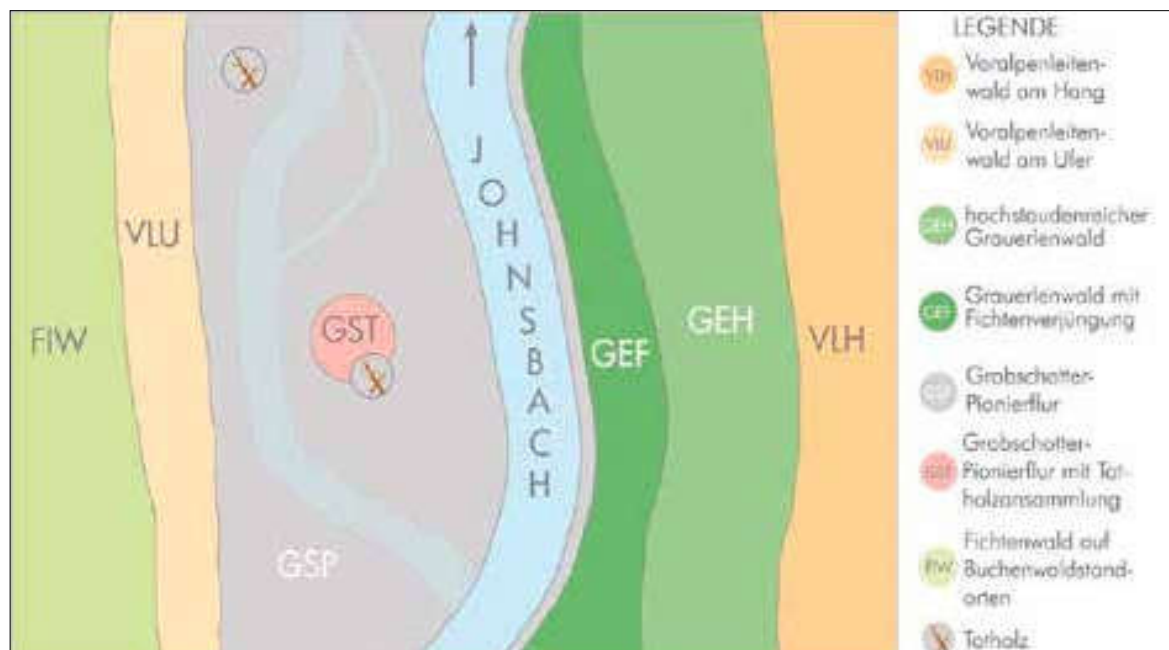


Abb. 7: Struktogramm Alluvionen Johnsbach, räumliche Muster gemäß Vegetationserhebung. Die Darstellung zeigt die Vegetationsabfolge von den vegetationsarmen Schotterfluren zu den Waldstandorten. Das angeschwemmte Totholz hat für die Ausprägung von Mikrostandorten eine wesentliche Bedeutung und durchbricht damit die flussparallelen Vegetationsmuster.

Fig. 7: Structogram of study site at Johnsbach Creek, spatial patterns based on vegetation mapping. The schematic figure illustrates the zonation of habitats from gravel banks with sparse vegetation cover to forest habitats. Washed up driftwood is an important factor in developing microhabitats that break with creek-parallel vegetation patterns.

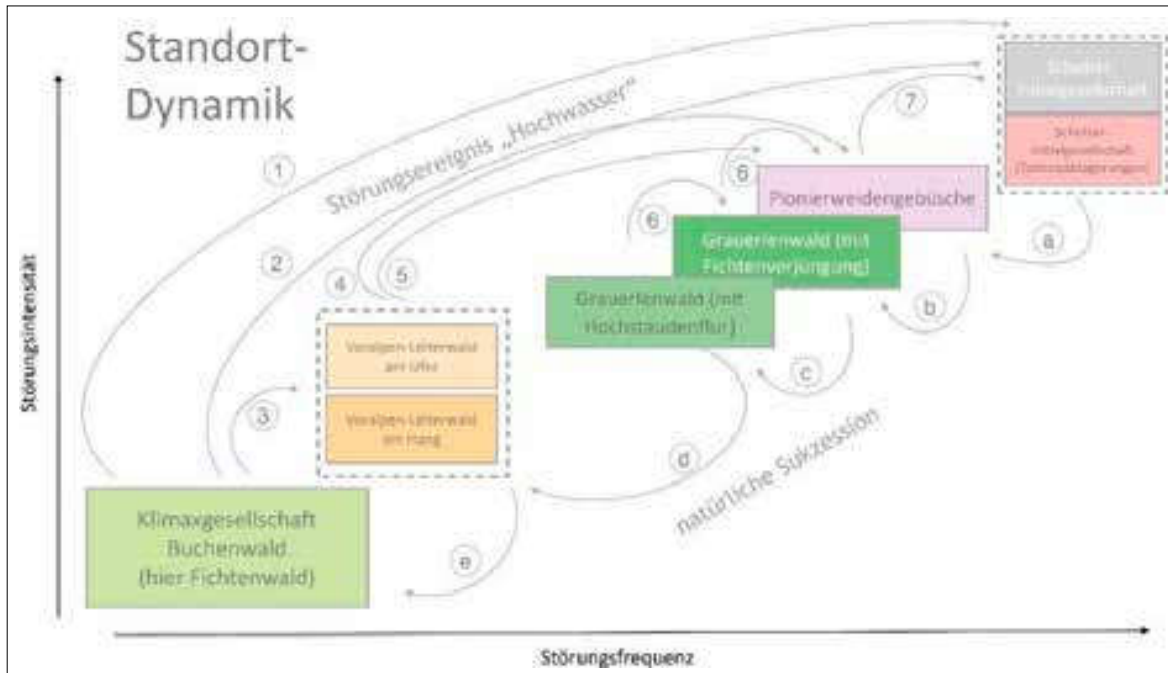


Abb. 8: Dynamogramm Alluvionen Johnsbach, zeitliche Muster gemäß Vegetationserhebung. Die Darstellung illustriert die zeitliche Abfolge der Vegetationseinheiten in einem Muster aus primären und sekundären Sukzessionen in Richtung eines Buchenwaldes als Klimax-Gesellschaft. Durch Hochwasser und Geschiebeumlagerungen des Johnsbaches wird die Entwicklung in unterschiedlichen Frequenzen und Intensitäten zurückgeworfen.

Fig. 8: Dynamogram of study site at Johnsbach Creek, temporal patterns based on vegetation mapping. The chart illustrates temporal succession of vegetation units within a pattern of primary and secondary succession towards a mature beech forest stand as a climax plant community. Floodings and bed-load dynamics of Johnsbach creek affect vegetation development at various frequencies and intensities.

„Johnsbach“, sprich einem periodisch gestörten Lebensraum zusammenhängen, ist in Abbildung 8 stark abstrahiert dargestellt.

Die Klimaxgesellschaft im Untersuchungsgebiet ist Kalk-Buchenwald (*Asperulo Fagetum* bzw. im Johnsbachtal gesamt gesehen Karbonatschutt-Fichten-Tannen-Buchenwald, *Adenostylo glabrae-Fagetum*). Die ursprünglichen Buchenwälder sind allerdings am untersuchten Standort, wie auch an vielen weiteren Standorten im Johnsbachtal, durch forstliche Maßnahmen beeinträchtigt beziehungsweise zu Fichtenforsten umgewandelt. Diese Wälder werden deshalb hier als Fichtenwald auf Buchenstandorten (*Calamagrostio variae-Piceetum*, untyp. Ausprägung) bezeichnet.

(1)(2) Bei besonders schweren Hochwasserereignissen können die Wassermassen auch Standorte der Klimaxgesellschaft Fichtenwald erreichen, die Bäume entwurzeln und mitreißen. Verbunden mit dem Geschiebetransport können so wieder offene Schuttfluren (*Myricario—Chondriletum*, fragmentarisch) an diesen Standorten entstehen.

(3) Weniger schwerwiegende Ereignisse beeinflussen die Vegetation dadurch, dass sie die Wasserversorgung, Nährstoffeintrag und andere Standortbedingungen verändern, was auf lange Sicht Arten begünstigt, die an solche Gegebenheiten angepasst sind und als typische Auwaldarten konkurrenzfähiger sind als andere.

(4) Laubmischwälder, die Bach- und Flusssedimente an von der Fließgewässerdynamik nur mehr schwach erfassten peripheren Zone von Auen besiedeln (*Carici pendulae-Aceretum pseudoplatani*), stehen ebenso im Einflussbereich der Hochwässer und können dementsprechend in ihrem Bestand umgewandelt werden.

(5)(6)(7) Grau-Erlen (*Alnus incana*), die mit stickstoffbildenden Bakterien eine Symbiose eingehen und damit zum besseren Nährstoffangebot im Boden beitragen, sind die typischen Besiedler der Uferbereiche von Fließgewässern und geraten damit schnell in die unmittelbare „Gefahrenzone“. Mit den mechanischen Belastungen im Überschwemmungsbereich kommt die Grau-Erle dank verschiedener vegetativer Vermehrungs- und Regenerationsstrategien in der Regel gut zurecht (DULLINGER 2001). Bei besonders starken Hochwasserereignissen können aber selbst Bäume von 10 m Höhe den Wassermassen zum Opfer fallen (dokumentiert im Kainzenalbl von KUEHS & KREINER 2015). Dies gilt ebenso für die Ahornmischwald-Standorte (*Carici pendulae-Aceretum pseudoplatani*) am Ufer.

Die Schotter-Initialgesellschaften (*Myricario—Chondriletum*) sind naturgemäß ständigen Umlagerungsprozessen ausgesetzt. Diese Lebensräume stellen die Kernzone und damit „Hotspot“ dynamischer Prozesse im Gewässersystem dar. Die offenen Grobschotter-Pionierfluren werden gewissermaßen zu einer Dauergesellschaft, wenn sie periodische Störungen durch Hochwasser erfahren. Durch immer wiederkehrende Anspülungen von Diasporen, Pflanzenteilen oder durch Samenflug gibt es hier ein reges Wechselspiel an Arten. Im Hinblick auf die sehr geringen Deckungswerte der Pionierfluren ist die Diversität doch beachtlich. Totholzansammlungen als Strukturelemente auf den Schotterbänken, bieten eine gewisse Abschirmungsfunktion, zumindest gegen kleinere Störereignisse. Dadurch ergibt sich eine Änderung der Standortverhältnisse, was auch Hochstauden und anderen ausdauernden krautigen Pflanzen eine zumindest bis zum nächsten größeren Hochwasser dauerhafte Etablierung ermöglicht.

Die natürliche Sukzession, sofern sie ungehindert ablaufen kann, ist die treibende Kraft, die die Entwicklung der Vegetation über Zwischenstufen in Richtung Klimaxgesellschaft fördert (a-e).

(a) Auf beruhigten Schuttfluren bilden Weidengebüsche (wenngleich auch hier am Johnsbach nur fragmentarisch ausgebildet) den Übergang zwischen Grauerlenwäldern und offenen Schotterfluren.

(b-e) Mit abnehmender Störungsintensität (d.h. mit zunehmendem Abstand vom Wildbach und dessen Schotterufer) ändert sich die Artenzusammensetzung erst in Richtung Grau-Erle, mit zunehmender Humusaufgabe in Richtung Ahorn-Mischwälder und schließlich bis zur Klimaxgesellschaft Buchenwald.

### 3.2 Umlagerungsbereiche Enns

An der Enns konnten auf einer Untersuchungsfläche von insgesamt (728 m<sup>2</sup>) 113 unterschiedliche Gefäßpflanzenarten dokumentiert werden, mit einer durchschnittlichen Artenzahl von 30 Arten je Vegetationsaufnahme.

Als Klimaxgesellschaft im Untersuchungsgebiet ist die Ahorn-Eschen-Hartholzau zu nennen, die sich nach KAMMERER (2007) auf der Ennsterrasse am Räucherlboden entwickelt hat. Am selben Standort finden sich auch seit der Auffassung der landwirtschaftlich genutzten Flächen auch Fichtenforste. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde allerdings keine Aufnahme in der Hartholzau gemacht, weshalb diese auch nicht nach Zeigerwerten charakterisiert und analysiert wurde. Die typischen Hartholzau-Standorte werden nicht oder nur sehr selten überschwemmt.

(1) Bei besonders schweren Hochwasserereignissen können die Wassermassen auch Standorte der Klimaxgesellschaft Ahorn-Eschenau erreichen, die Bäume entwurzeln und mitreißen. Verbunden mit dem Geschiebetransport würden so wieder offene Schuttfluren an diesen Standorten entstehen. Eine Überschwemmung dieser schon außerhalb der HQ 100-Zone gelegenen Au ist jedoch äußerst unwahrscheinlich.

(2) Der Grauerlenwald (*Alnetum incanae*) liegt näher an der Wasserlinie und damit



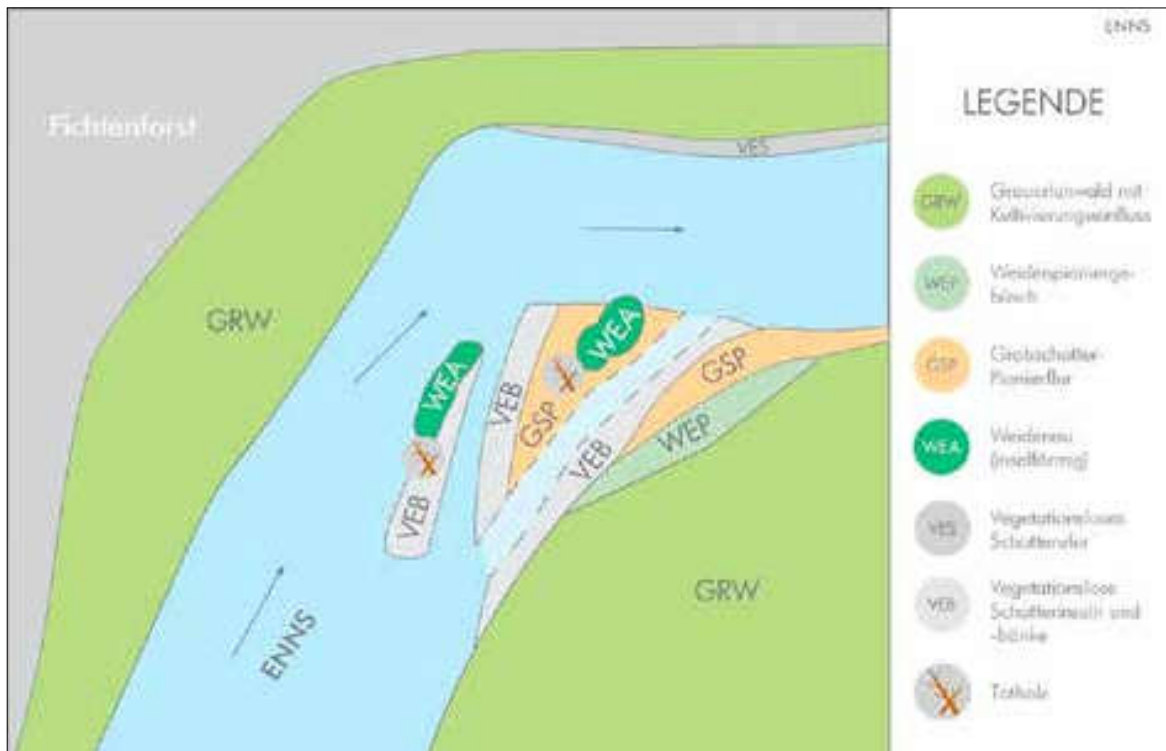


Abb. 9: Struktogramm Umlagerungsbereiche Enns, räumliche Muster gemäß Vegetationserhebung. Die Darstellung zeigt die Vegetationszonierung des hochdynamischen Flussraums. Hinter den angeschwemmten Tothölzern können sich Pionierhölzer etablieren, wodurch die flussparallele Zonierung der Vegetation durchbrochen wird.

Fig. 9: Structogram of study site at river Enns, spatial patterns based on vegetation mapping. The schematic figure illustrates the zonation of habitats at the highly dynamic riverside. Washed up driftwood serves as protection for pioneer plants, which alters river-parallel vegetation patterns.

im unmittelbaren Gefährdungsbereich bei Hochwasser. Mit den mechanischen Belastungen im Überschwemmungsbereich kommt die Grau-Erle (*Alnus incana*) dank verschiedener vegetativer Vermehrungs- und Regenerationsstrategien in der Regel gut zurecht (DULLINGER 2001). Wie den alten Luftbildern im Biotopkartierungsbericht von KAMMERER (2007) zu entnehmen, hat eine solche Überschwemmung zwischen 1954 und 1973 stattgefunden. Damals hat an der Stelle, wo heute die Schotterinseln mit kleinen Weidenbeständen liegen, ein Auwald gestanden.

(3)(4) Die Weidenauwälder und -pioniergebüsche (*Salicetum albae*, *Salicetum triandrae* bzw. *Salicetum incano-purpureae*) besiedeln ufernahe Bereiche, die selbst bei weniger starken Hochwasserereignissen im unmittelbaren Einflussbereich der Fließgewässer stehen. Sie sind daher den Kräften des Wassers ausgesetzt. Bei Entwurzelung der Bäume werden die Bestände schnell auf das Initialstadium der vegetationslosen Schotterufer und -bänke zurückgeworfen.

(5) Grobschotterpionierfluren (*Petasitetum nivei* bzw. *Myricario-Chondriletum*) besiedeln höhere Lagen über dem Mittelwasserspiegel, die gelegentlich überflutet und umgelagert werden und daher nur eine lockere Vegetationsbedeckung aufweisen. Die von grobem Geschiebe dominierten Bestände treten an gefällereicheren Fließgewässerabschnitten auf (vgl. AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG 2008) Die Ausdehnung und Abgrenzung der Bestände wechseln in Abhängigkeit von Überschwemmungsdynamik und Sukzessionsverlauf rasch. An naturnahen Gewässerabschnitten ist aber über größere Zeiträume ein Gleichgewicht zwischen beiden Prozessen vorhanden (MÜLLER & BÜRGER 1990).

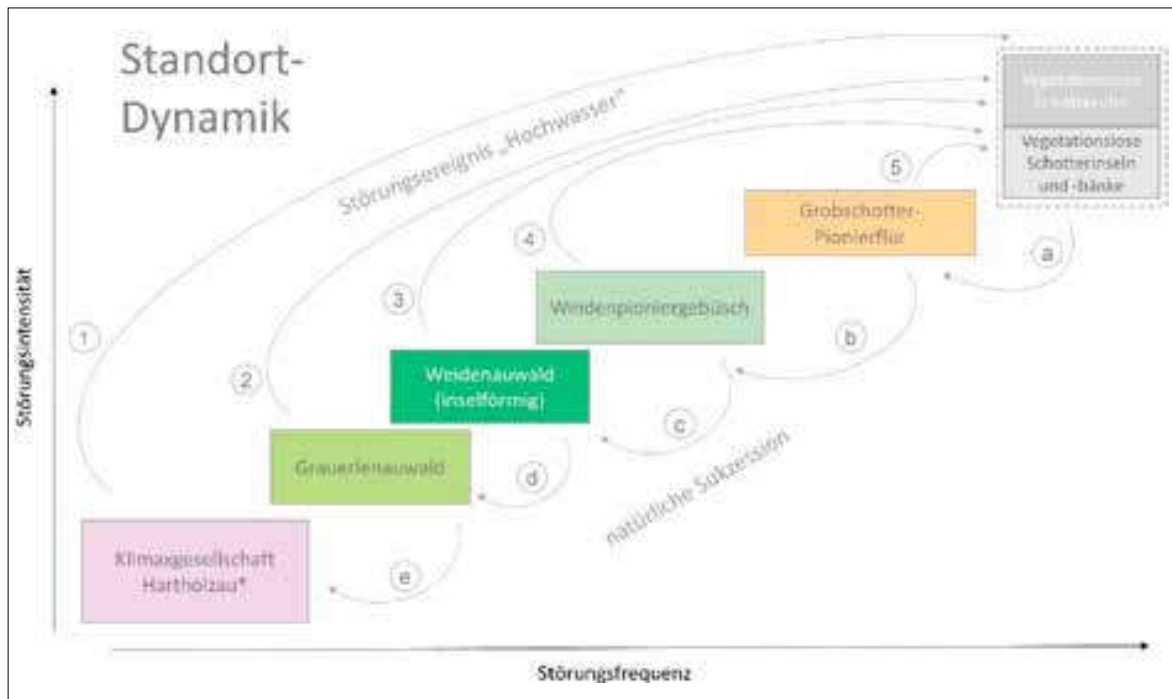


Abb. 10: Dynamogramm Umlagerungsbereiche Enns, zeitliche Muster gemäß Vegetationserhebung. Die Darstellung illustriert die zeitliche Abfolge der Vegetationseinheiten in einem Muster aus verschiedenen Sukzessionssträngen von den artenarmen Pionierfluren in Richtung einer Hartholzau als Klimaxgesellschaft. Durch Hochwasserereignisse an der Enns wird die Entwicklung in unterschiedlichen Frequenzen und Intensitäten zurückgeworfen.

Fig. 10: Dynamogram of study site at river Enns, temporal patterns based on vegetation mapping. The chart illustrates temporal succession of vegetation units from species-poor pioneer habitats to hard-wood floodplain forests as climax plant community. Floodings of river Enns affect vegetation development at various frequencies and intensities.

Die natürliche Sukzession, sofern sie ungehindert ablaufen kann, ist die treibende Kraft, die die Entwicklung der Vegetation über Zwischenstufen in Richtung Klimaxgesellschaft fördert (a-e).

(a) Ausgangsstadium für die Vegetationsentwicklung stellen vegetationslose Schotterufer bzw. -inseln und -bänke dar. Diese werden aufgrund ihrer niedrigen Lage über dem Mittelwasserspiegel regelmäßig überflutet und umgelagert und sind daher vegetationslos. Bei längerem Ausbleiben von Hochwässern kommt es zu einer lückigen Besiedlung durch Pionierarten (vgl. AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, 2008), hier hauptsächlich *Petasites paradoxus* neben Gehölzkeimlingen (*Salix eleagnos*, *Acer pseudoplatanus*, *Picea abies*) und den Gräsern (*Festuca gigantea*, *Brachypodium sylvaticum*, *Deschampsia cespitosa*, *Carex firma*). Durch immer wiederkehrende Anspülungen von Diasporen, Pflanzenteilen oder durch Samenflug gibt es hier ein reges Wechselspiel an Arten. Große Totholzansammlungen sind auch auf den Schotterbänken in der Enns zu beobachten. An Aufnahmen am Johnsbach konnte gezeigt werden, dass diese Totholzansammlungen eine Abschirmungsfunktion, zumindest gegen kleinere Störereignisse haben. Dadurch ergibt sich eine Änderung der Standortverhältnisse, was auch Hochstauden und anderen ausdauernden krautigen Pflanzen eine zumindest bis zum nächsten größeren Hochwasser dauerhafte Etablierung ermöglicht (JUNGMEIER et al. 2015).

(b) Auf beruhigten Schuttfluren bilden Weidengebüsche (*Salicetum incano-purpureae* und *Salicetum triandrae*) den Übergang zwischen Schotter-Pionierfluren und Weichholzauwäldern. Es werden konkurrenzarme offene Standorte zur Etablierung

benötigt, weshalb die Weidenpioniergebüsche auf eine ausgeprägte Gewässerdynamik angewiesen sind.

(c) Bei ausbleibenden Hochwässern werden die Bestände innerhalb weniger Jahre von reiferen Weichholzaunen (*Salicetum albae*) abgelöst. Diese Weidenauen sind im Untersuchungsgebiet nur inselförmig auf den Schotterbänken und ev. in einer sehr schmalen Uferrandzone (nicht im Schema dargestellt, da kaum vorhanden) vorhanden.

(d) Mit abnehmender Störungsintensität (d.h. mit zunehmendem Abstand vom Fließgewässer) ändert sich die Artenzusammensetzung in Richtung Grauerlenauwald (Beschreibung siehe oben).

(e) Die Randbereiche der Auen sind die höchstgelegenen Bereiche, die noch von Überschwemmungen erreicht und damit von der Ausbildung einer zonalen Vegetation ausgeschlossen werden. An solchen Standorten entwickeln sich Hartholzauwälder (hier mit Ahorn und Esche). Die Vorkommen sind häufig abgedämmt und dadurch nur mehr bei Extremereignissen einem Hochwasser ausgesetzt (vgl. AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG 2008).

### 3.3 Schuttrinnen Kühgraben

Durch die periodische Veränderung der Lebensräume werden für unterschiedlich spezialisierte Organismen, Pflanzen wie Tiere, ständig neue Nischen geschaffen. Auf einer Untersuchungsfläche von insgesamt (750 m<sup>2</sup>) konnten 129 unterschiedliche Gefäßpflanzenarten dokumentiert werden, mit einer durchschnittlichen Artenzahl von 27 Arten je Vegetationsaufnahme.

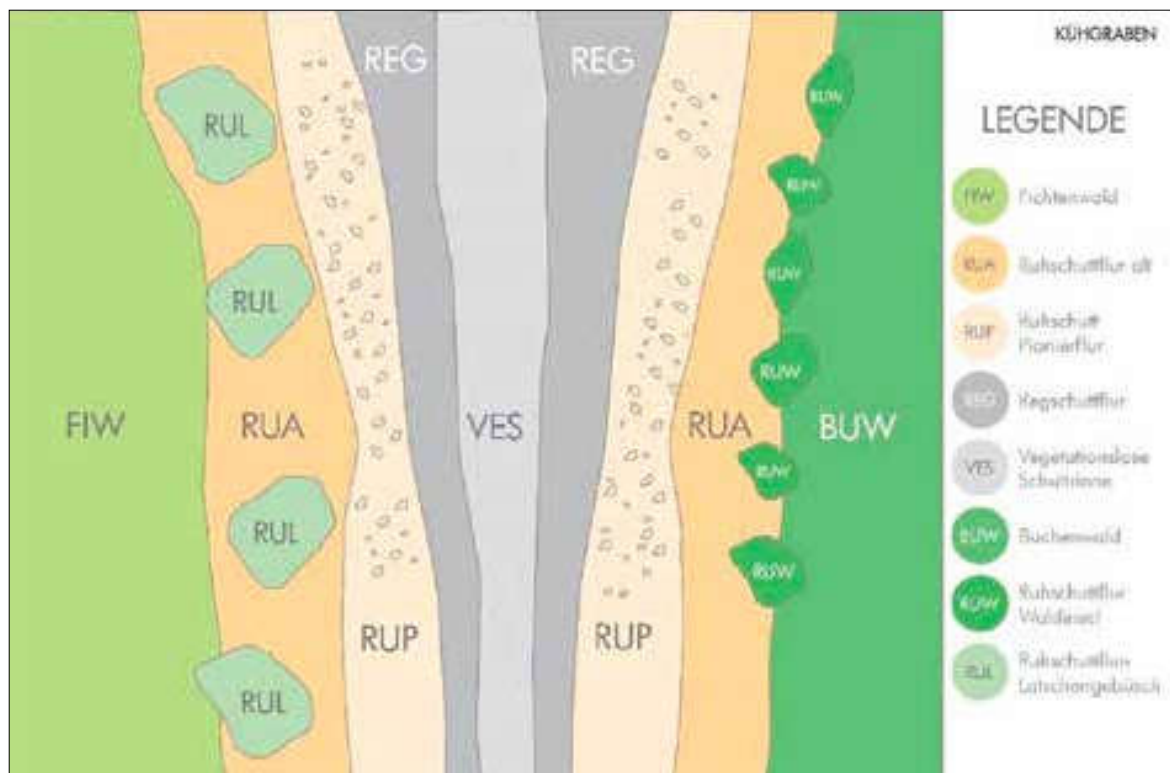


Abb. 11: Struktogramm Schuttrinnen Kühgraben, räumliche Muster gemäß Vegetationserhebung. Die Darstellung zeigt, dass die Vegetationsmuster den hangnormalen, unterschiedlich alten und unterschiedlich verfestigten Schuttkörpern folgen.

Fig. 11: Structogram of study site at Kühgraben, spatial patterns based on vegetation mapping. The schematic figure illustrates, that vegetation patterns stand in line with the debris fields of different age and stability that are developed in a right angle to the slope line (e.g. parallel to the debris channel).

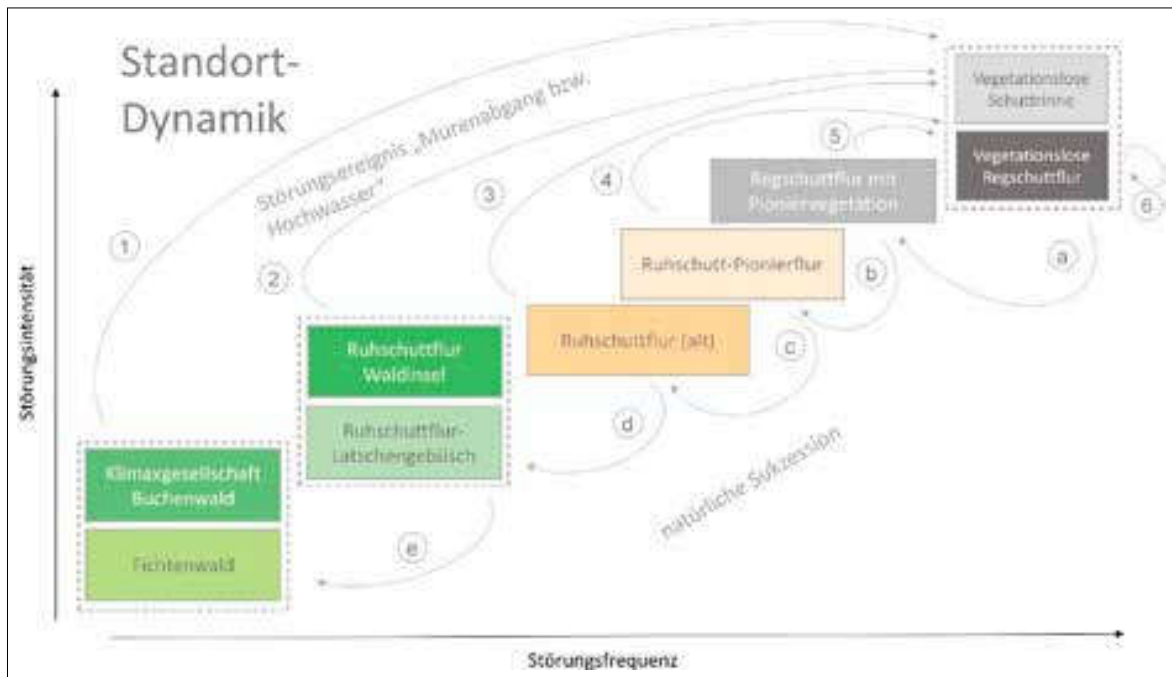


Abb. 12: Dynamogramm Schuttrinnen Kühgraben, zeitliche Muster gemäß Vegetationserhebung. Die Darstellung illustriert die zeitliche Abfolge der Vegetationseinheiten in einem Muster aus verschiedenen Sukzessionen von vegetationsfreien Schotterkörpern zum Buchen- beziehungsweise Fichtenwald als Klimaxgesellschaft. Vegetationsbestimmend ist der Grad der Verfestigung der Schotterkörper. Durch Mur- und Hochwasserereignisse wird die Entwicklung in unterschiedlichen Frequenzen und Intensitäten zurückgeworfen.

Fig. 12: Dynamogram of study site at Kühgraben, temporal patterns based on vegetation mapping. The chart illustrates temporal succession of vegetation units from debris fields free of vegetation to beech forests respectively spruce forests as climax plant communities. Vegetation development is determined by the degree of stabilization of debris fields. Debris flows and floodings affect vegetation development at various frequencies and intensities.

Die Klimaxgesellschaft im Untersuchungsgebiet ist der Buchenwald. Von KAMMERER (2008) wurde jedoch dokumentiert, dass diese Waldstandorte von Fichtenforsten eingenommen werden. Kleinräumig sind aber noch Buchenwaldbestände ausgebildet, wie hier westlich des Murgrabens. Die Waldfläche im Westen ist als Fichtenwald kartiert, es handelt sich um einen aufgeforsteten Buchenwald-Standort.

(1) Durch ein Extremereignis wird die Klimaxgesellschaft in eine vegetationslose Schuttflur zurückgeworfen, was den Ausgangspunkt der Sukzession darstellt.

(2) Die Waldinseln (*Carici albae-Piceetum*) sind jeweils auf kleine Sonderstandorte innerhalb der Ruhschuttfelder beschränkt. Sie liegen randlich im Einflussgebiet der Murabgänge (bzw. auch Überschwemmungen und Lawinenabgänge), wo sie ebenfalls auf das Ausgangsstadium der vegetationslosen Schuttfläche zurückgeworfen werden können.

(3) bis (5) Je zentraler die Schuttflur am Murgang liegt, desto wahrscheinlicher ist eine Rückführung in eine vegetationslose Schuttrinne bzw. die periodische Überlagerung mit Schuttmateriale unterschiedlicher Korngrößen.

(6) Die Instabilität und Trockenheit des Kies- und Schottermaterials in der zentralen Schuttrinne erlaubt zunächst keine (nennenswerte) Vegetationsentwicklung.

An den Abhängen zur Schuttrinne befinden sich Regschuttfluren mit feinerem Material, die bei ständigem Nachrieseln ebenso wie die flacheren Schuttfluren im zentralen Bereich die Entwicklung von Vegetation nicht zulassen.



(a) Die Vegetation der Karbonatregschutthalden wird stark von Exposition und dem Feinerdeanteil beeinflusst. Bei abnehmender Schuttbewegung kann sich eine Pioniervegetation (artenarm und mit geringer Deckung, *Petasitetum nivei*) ausbilden.

(b) Durch beginnende Verwitterung entsteht ein Rohboden, der mit einer Schuttflurvegetation (*Petasitetum nivei*) besiedelt werden kann. Diese trägt mit ihrem Wurzelwerk zur Festigung der Schutthalde bei. Die Ruhschutthalde liegt im Kühgraben auf erhöhtem Niveau über dem eingetieften Murgraben.

(c) Je älter die Schuttflur, desto besser kann sich die Vegetation entfalten, was sich in einer größeren Vegetationsbedeckung und höheren Artenzahlen äußert.

(d) Mit einem größeren Feinerdereichtum und zunehmender Bodenbildung erfolgt über gehölzreiche Sukzessionsstadien die Weiterentwicklung zu Gebüsch (*Erico carnea-Pinetum prostratae*) und Blockwäldern (*Asplenio-Piceetum*, vgl. AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG 2008).

(e) Die Latschengebüschinseln (*Erico carnea-Pinetum prostratae*) im Ruhschuttfeld können sich entweder als Dauergesellschaft etablieren oder bei ungestörter Boden- und Vegetationsentwicklung zum Klimaxwald hin weiterentwickeln.

### 3.4 Lawinarsystem Kalktal

In der vorliegenden Untersuchung konnten in 13 Aufnahmefflächen (758m<sup>2</sup> Untersuchungsfläche) insgesamt 176 Gefäßpflanzenarten nachgewiesen werden. Durchschnittlich wurden pro Vegetationsaufnahme 40 Arten dokumentiert.

(3) Gerat die Klimaxgesellschaft, in diesem Fall der Buchenwald (*Helleboro nigri-Fagetum*), in den Einfluss der Lawine, wandelt sich das Bild der Vegetation. Werden die

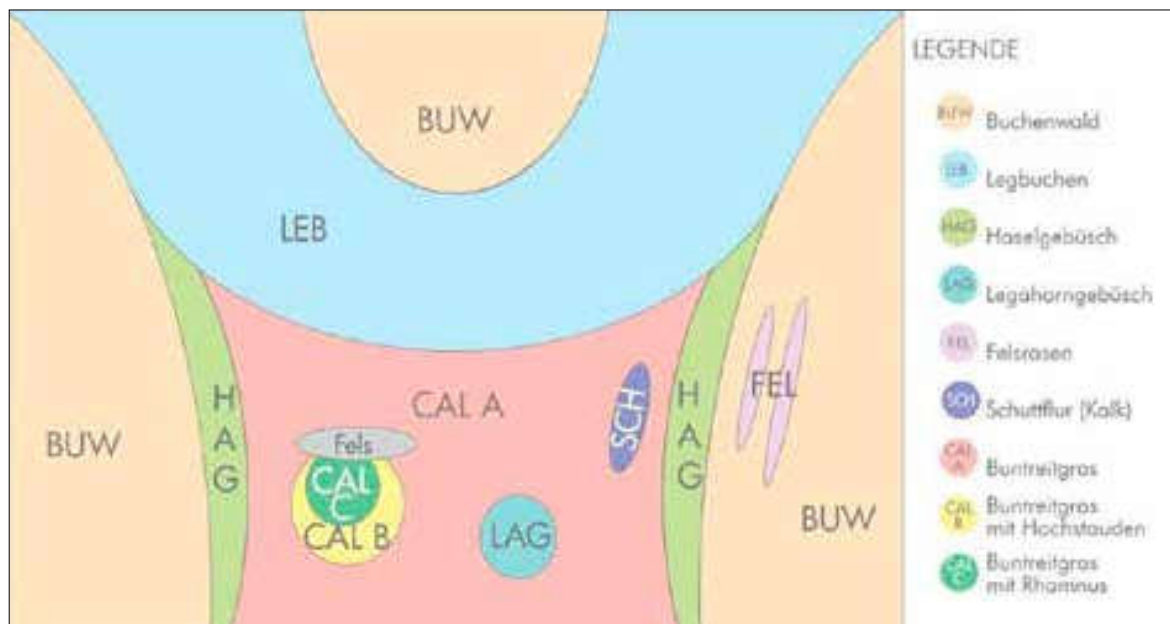


Abb. 13: Struktogramm Lawinarsystem Kalktal, räumliche Muster gemäß Vegetationserhebung. Die Darstellung zeigt, dass die hangnormalen Vegetationsmuster den Lawinenereignissen folgen. Im Untersuchungsraum münden zwei Lawinenbahnen in einander, wodurch Interferenzmuster entstehen.

Fig. 13: Structogram of study site at Kalktal, spatial patterns based on vegetation mapping. The schematic figure illustrates the zonation of habitats that is developed in a right angle to the slope line and thus in line with the avalanche path. At the upper area of Kalktal, two avalanche paths unite into one, which causes interference patterns.

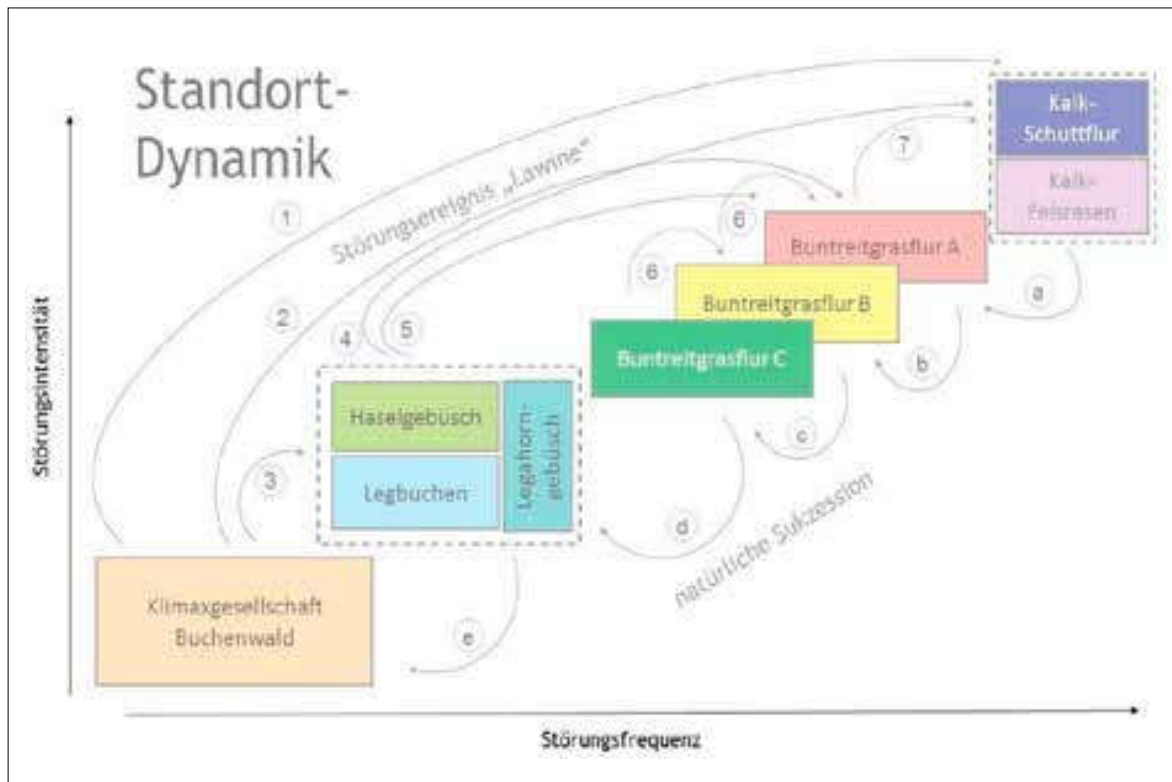


Abb. 14: Dynamogramm Lawinarsystem Kalktal, zeitliche Muster gemäß Vegetationserhebung. Die Darstellung illustriert die zeitliche Abfolge von anstehenden Fels- und Schuttfluren bis hin zum Buchenwald als Klimaxgesellschaft. Durch die regelmäßigen Lawineneignisse wird die Sukzession immer wieder zurückgeworfen und bildet mit den verschiedenen Buntreitgras-Fluren stabile Dauergesellschaften aus.

Fig. 14: Dynamogram of study site at Kalktal, temporal patterns based on vegetation mapping. The chart illustrates temporal succession of vegetation units from outcropping bedrock and debris fields to beech forests as climax plant communities. Due to periodic avalanches succession is put back regularly which causes the development of various *Calamagrostis varia*-grasslands as permanent plant communities.

Bäume nur beschädigt, wird sich in den Lücken strauchige Vegetation ausbilden. Dabei spielt weniger die Art der aufkommenden Sträucher eine Rolle als die Wuchsform. In der untersuchten Lawinenrinne kommen sowohl die gemeine Hasel als auch Legbuchen (*Fagus sylvatica*) und Legahorn (*Acer pseudoplatanus*) an solchen Standorten vor. Bei stärkeren Lawineneignissen, wo ganze Baumbestände mitgerissen werden, wird sich eine Buntreitgrasflur (*Origano-Calamagrostietum variae*) ausbilden (2). Diese wird gewissermaßen zu einer Dauergesellschaft, wenn sie periodische Störungen durch Lawinenabgänge erfährt (6). In etwas geschützteren Bereichen beginnen sich mehr Hochstauden und schließlich ausdauernde Sträucher zu etablieren (b)(c).

(4) An Standorten, die außerhalb des zentralen Lawineneinflussbereichs liegen, können sich in weiterer Folge auch höhere Gehölze ansiedeln, diese sind allerdings oft in Form von Krummholz ausgebildet (Legbuchen, Legahorngebüsch, *Saxifraga rotundifoliae*-Fagetum bzw. *Aceri-Salicetum appendiculatae*). Diese Gehölze werden nur durch besonders schwere Lawinenabgänge zerstört und wieder in das Primärstadium der Sukzession umgewandelt.

(1)(2)(7) Bei extremen Lawineneignissen wird der Boden abgetragen, wodurch sich Sonderstandorte mit Rohboden formen. Die Kalk-Schuttflur (*Rumicetum scutati*) und Kalk-Felsrasen (*Seslerio-Caricetum sempervirentis*) stellen also Sonderstandorte dar,

auf deren flachgründigen Böden bzw. hoch anstehendem Fels es nur speziellen Schuttpflanzen (v.a. Chamaephyten) möglich ist, dauerhaft zu siedeln.

Bestimmte standörtliche Gegebenheiten können diese ablaufenden Prozessmuster beeinflussen. So kann ein größerer Felsblock im Lawineneinzugsgebiet die Lebensräume unterhalb vor einer größeren Zerstörungswucht der Lawine abschirmen. Damit können sich an einem so geschützten Standort durch den Ablauf der Sukzession (b)(c)(d) höhere Sträucher als im ungeschützten Umfeld etablieren.

#### 4. Vergleich der Prozesse

Auf der Grundlage der Struktogramme können die einzelnen untersuchten Prozesse nunmehr vergleichend analysiert werden. Dabei werden die Vegetationsaufnahmen herangezogen, um Aussagen zur Verteilung von Lebensformen, Artenzahlen und Standortbedingungen in den jeweiligen Prozessen zu treffen.

Die vergleichende Darstellung der Lebensformen (vgl. Abbildung 15) zeigt am Beispiel der Verteilung der Phanerophyten eine deutliche Differenzierung innerhalb der einzelnen Prozesse. Erwartungsgemäß ist im Wirkzentrum der Störung der Gehölzanteil geringer und nimmt erst mit zunehmendem Abstand von der Störung zu. Bei Enns und Johnsbach ist das Bild dadurch verschoben, dass bei einer geringen Artenzahl kurzfristig einige Gehölzkeimlinge Fuß fassen können. Im Kalktal hingegen ist das Zentrum



Abb. 15: Verteilung von Lebensformen. Die Abbildung zeigt den Anteil von Phanerophyten (Gehölzpflanzen) an der jeweiligen Vegetationseinheit (oben links Johnsbach, oben rechts Enns, unten links Kühgraben, unten rechts Kalktal).

Fig. 15: Distribution of plant life forms. The figure shows the proportion of phanerophytes (woody plants) at the different habitat types (top left Johnsbach, top right Enns, bottom left Kühgraben, bottom right Kalktal).

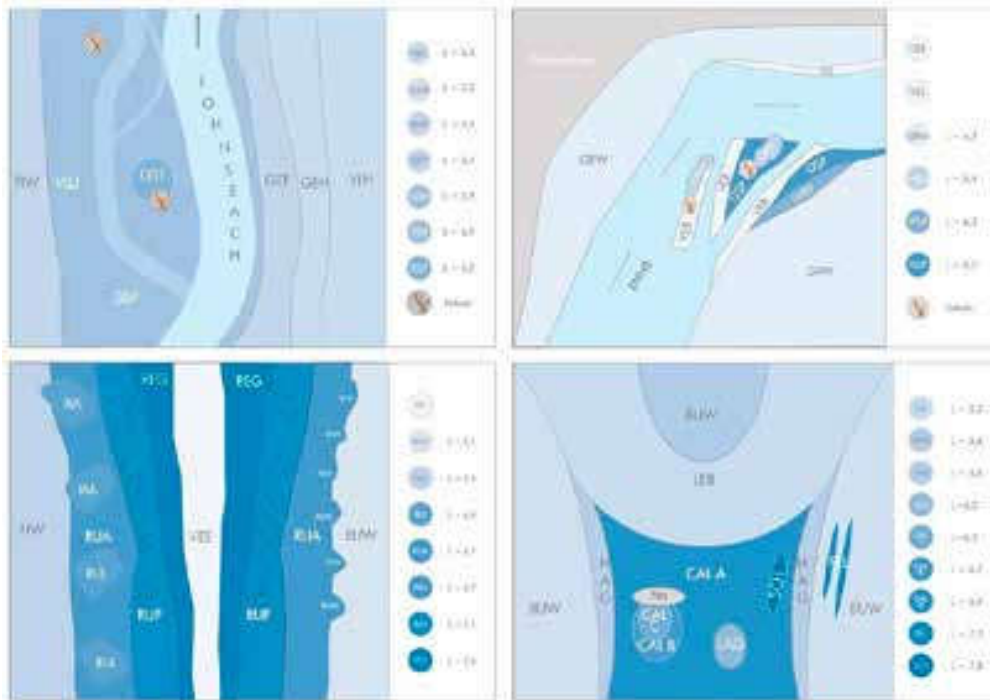


Abb. 16: Verteilung lichtliebender Arten. Die Abbildung zeigt die Lichtansprüche der einzelnen Vegetationseinheiten auf Grundlage der nach Deckung gewichteten Ellenberg-Zahlen der auftretenden Arten (oben links Johnsbach, oben rechts Enns, unten links Kühgraben, unten rechts Kalktal).

Fig. 16: Distribution of light demanding species. The figure shows the light demand of individual vegetation units based on the evaluation of Ellenberg's indicator values (weighted with cover) of present plant species (top left Johnsbach, top right Enns, bottom left Kühgraben, bottom right Kalktal).

des Lawinargeschehens trotz geschlossener Vegetationsdecke praktisch frei von Gehölzen, wobei nicht einmal Keimlinge oder Jungpflanzen festzustellen sind. Im Kühgraben ist das Wirkzentrum der Störung überhaupt vegetationsfrei.

Die vergleichende Darstellung der Lichtverhältnisse in den einzelnen Vegetationstypen zeigt, dass das Wirkzentrum der Störung lichtliebenden Arten verstärkt die Möglichkeit bietet, Fuß zu fassen. Diese werden mit Abstand von der Störung durch höherwüchsige Stauden und Gehölze sukzessive ausgedunkelt, weshalb ihr Anteil abnimmt. Dies ist in besonderer Deutlichkeit in den Murenrinnen des Kühgraben zu beobachten wie auch in den Lawinenrinnen des Kalktales zu beobachten. Im Bereich der beiden Flüsse ist das Bild durch vorübergehend auftretende Gehölzkeimlinge nicht so eindeutig.

Wie Abbildung 17 am Beispiel der Nährstoffzahlen zeigt, haben die natürlichen Prozesse auch im Hinblick auf andere Standortfaktoren Auswirkungen und tragen zu einem kleinteiligen Muster unterschiedlicher Bedingungen bei.

Diese unterschiedlichen Standortbedingungen finden nicht zuletzt auch einen Niederschlag in den durchschnittlichen Artenzahlen der einzelnen Vegetationseinheiten (vgl. Abbildung 18).



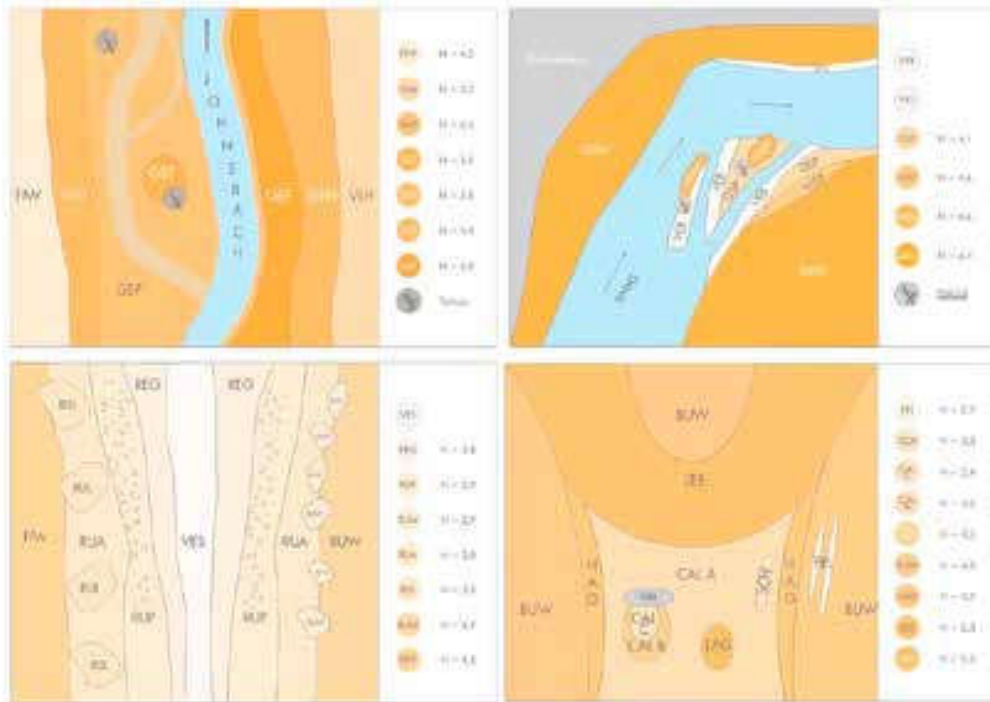


Abb. 17: Verteilung von Arten unterschiedlichen Nährstoffanspruchs. Die Abbildung zeigt die Nährstoffansprüche der einzelnen Vegetationseinheiten auf Grundlage von den nach Deckung gewichteten Ellenberg-Zahlen der auftretenden Arten (oben links Johnsbach, oben recht Enns, unten links Kühgraben, unten rechts Kalktal).

Fig. 17: Distribution of species with different nutrient demands. The figure shows the demand for nutrients of the different vegetation units based on the evaluation of Ellenberg's indicator values (weighted with cover) of present plant species (top left Johnsbach, top right Enns, bottom left Kühgraben, bottom right Kalktal).

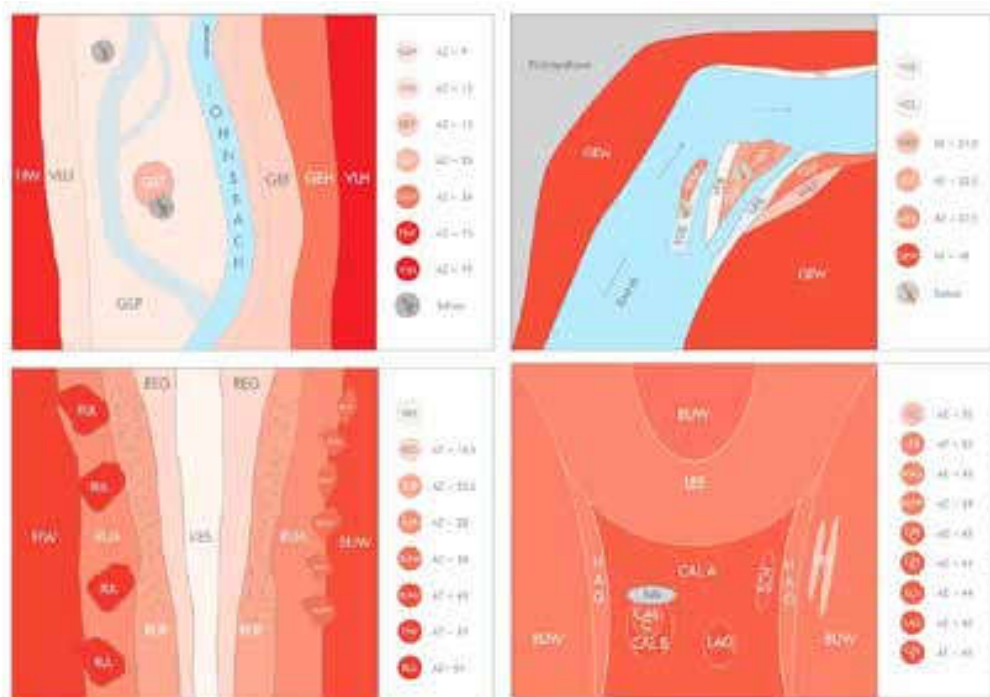


Abb. 18: Verteilung der Artenzahlen. Die Abbildung zeigt die durchschnittlichen Artenzahlen der einzelnen Vegetationseinheiten auf der Grundlage der Vegetationsaufnahmen (oben links Johnsbach, oben recht Enns, unten links Kühgraben, unten rechts Kalktal).

Fig. 18: Distribution of species numbers. The figure shows the mean species numbers of the different vegetation units based on the vegetational surveys (top left Johnsbach, top right Enns, bottom left Kühgraben, bottom right Kalktal).

## 5. Ausblick

Die Untersuchung der ausgewählten Naturprozesse zeigt die komplexen räumlichen und zeitlichen Muster, welche durch episodische und periodische Störungsereignisse entstehen. Diese sind durch die natürliche Sukzession hin zur Klimaxgesellschaft und die gegenläufigen Störungsregimes charakterisiert.

Mit der angewandten Methode wird ein Verfahren getestet, das es erlaubt, natürliche Prozesse zu erfassen und vergleichend nebeneinander zu stellen. Damit können die natürlichen Prozesse eines Gebietes, in diesem Fall des Nationalparks Gesäuse systematisch erfasst und zu einem Gesamtinventar geführt werden. Für die Dynamik in weitgehend störungsfreien Klimaxgesellschaften müssten Erhebungs- und Darstellungsmethoden noch angepasst werden. Nach derzeitigem Stand ist davon auszugehen, dass etwa 30 bis 40 weitere charakteristische Prozesse identifiziert werden können. Bei den primären Sukzessionen ist mit etwa fünf, bei dynamischen Prozessen innerhalb von Klimaxgesellschaften etwa mit 15 bis 20, in anthropogenen Dauergesellschaften mit etwa fünf und bei dynamischen Prozesse in Disklimax-Gesellschaften mit weiteren etwa fünf Prozessen zu rechnen. Auf der Grundlage entsprechender Erhebungen ließe sich eine Typologie der Prozesse sowie das Gesamtinventar erstellen. Es bleibt zu hoffen, dass diese Inventarisierung weitergeführt werden kann.

## Dank

Unser Dank gilt dem Management des Nationalparks Gesäuse für die finanzielle Unterstützung des Forschungsvorhabens. Für floristische und vegetationskundliche Unterstützung danken wir Andreas BOHNER (BAL Gumpenstein), für die grafische Aufbereitung Anna KOVAROVICS und Michael FERCHER (beide E.C.O.).

## Literatur

- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (HRSG.) 2008: Naturschutz in der Steiermark. Biotoptypen-Katalog der Steiermark. Eigenverlag, Graz, 504S.
- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG 2017: Digitaler Atlas Steiermark, [http://gis2.stmk.gv.at/atlas/%28S%28vze45cm1vkinsel4qyuvrsb%29%29/init.aspx?karte=basis\\_bilder&ks=da&cms=da&massstab=800000](http://gis2.stmk.gv.at/atlas/%28S%28vze45cm1vkinsel4qyuvrsb%29%29/init.aspx?karte=basis_bilder&ks=da&cms=da&massstab=800000). Letzter Zugriff am 11.08.2017
- BOHNER A., HABELER H., STARLINGER F. & SUANJAK M. 2009: Artenreiche montane Rasengesellschaften auf Lawinenbahnen des Nationalparks Gesäuse (Österreich). – *Tuexenia* 29: 97–120.
- BOHNER A., HABELER H., STARLINGER F. & SUANJAK M. 2010: Avalanches keep habitats open and species-rich in the montane and subalpine belt. – *eco.mont* 2(1): 53–58.
- CARLI A. & ZIMMERMANN T. 2011: Wiederbewaldungsmuster auf lawinaren Waldlichtungsfluren am Tamischbachturm in Abhängigkeit von Standort und Wildverbiss. – *Schriften des Nationalparks Gesäuse* 6: 42–55.
- EGGER G. 1996: Vegetationsökologische Untersuchung Seebachtal, Nationalpark Hohe Tauern. Band 1: Vegetation und Standortsdynamik alpiner Lebensräume. – Institut für Angewandte Ökologie. Klagenfurt.
- FRITZE M., PAILL W. 2008: Laufkäfer des Johnsbachtales im Nationalpark Gesäuse. In: *Der Johnsbach. Schriften des Nationalparks Gesäuse, Nationalpark Gesäuse GmbH (Hrsg.), Band 3*, Weng. S.160–169.
- GRABHERR G. & MUCINA L. 1993: Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II. Natürliche waldfreie Vegetation. – G. Fischer, Jena, Stuttgart, New York.

- GRIME J.P. 1979: Plant strategies and vegetation processes. Wiley, Chichester.
- GRÜNWARD T. 2014: Das Klimastationsmessnetz im Johnsbachtal und eine erste Auswertung der Daten. Magisterarbeit. Institut für Geographie und Raumforschung, Graz. 136 pp.
- HALLER R., HAUENSTEIN P., ANDERWALD P., BAUCH K., JURGEIT F., AICHHORN K., KREINER D., HÖBINGER T., LOTZ A. & FRANZ H. 2013: Beyond the inventory – Change detection at the landscape level using aerial photographs in four protected areas of the Alps. Forschungssymposium des Nationalparks Hohe Tauern. Mittersill.
- HASITSCHKA J. 2011: Schadenslawinen am Tamischbachturm. – Schriften des Nationalpark Gesäuse 6: 28–32.
- HECKE C. & JUNGMEIER M. 2017: Dokumentation von Naturprozessen im Nationalpark Gesäuse Teil 3: Dynamische Lebensräume im Murgraben Kühgraben und an der Enns (Bereiche Schotterbänke Finstergraben und Räucherlboden) - Endbericht. Studie im Auftrag von: Nationalpark Gesäuse GmbH, Bearbeitung: E.C.O. Institut für Ökologie, Klagenfurt, 72 S. plus Anhang.
- JUNGMEIER M., HAUSHERR H. & EGGER G. 1998: Konzept für ein vegetationsökologisches Dauerbeobachtungsprogramm im Nationalpark Hohe Tauern. Klagenfurt.
- JUNGMEIER M., KIRCHMEIR H., & HECKE C. 2014: Dokumentation von Naturprozessen im Nationalpark Gesäuse, Teil 1: Lawinensystem Kalktal - Endbericht. Studie im Auftrag von: Nationalpark Gesäuse GmbH, Bearbeitung: E.C.O. Institut für Ökologie, Klagenfurt, 45S. plus Annex.
- JUNGMEIER M., HECKE C. & KÖSTL T. 2015: Dokumentation von Naturprozessen im Nationalpark Gesäuse Teil 2: Gewässerdynamik am Johnsbach - Endbericht. Studie im Auftrag von: Nationalpark Gesäuse GmbH, Bearbeitung: E.C.O. Institut für Ökologie, Klagenfurt, 52S. plus Anhang.
- JUNGMEIER M., KIRCHMEIR H., HECKE C., KREINER D. 2016: Naturprozesse in einem Lawinarsystem – das Beispiel Kalktal im Nationalpark Gesäuse (Ennstaler Alpen, Tamischbachturm). Mitt. Naturwiss. Verein Steiermark, Bd. 145: 17–31.
- KAMMERER H. 2007: Biotopkartierung Gesäuse. Teilbericht Kartierungsbereich Enns. Projektbericht im Auftrag der Nationalpark Gesäuse GmbH. 32S.
- KAMMERER H. 2008: Vegetation im unteren und mittleren Johnsbachtal inklusive Humlechnergaben. In: Der Johnsbach. Schriften des Nationalparks Gesäuse, Nationalpark Gesäuse GmbH (Hrsg.), Band 3, Weng. S. 37–47.
- KLIPP, S. & SUEN, M. 2011: Dauerbeobachtung dynamischer Standorte im Nationalpark Gesäuse. Dokumentation. – Im Auftrag der Nationalpark Gesäuse GmbH. Graz.
- KOMPOSCH, C., BLICK, T., HORAK, P., BRANDL, K., PLATZ, A. & KOMPOSCH, B. 2008: Arachnidenreich Gesäuse – Spinnen und Weberknechte. In: Der Johnsbach. Schriften des Nationalparks Gesäuse, Nationalpark Gesäuse GmbH (Hrsg.), Band 3, Weng. S.160–169.
- KREINER D., CARLI A. & WERSCHONIG E. 2011: Naturschutzstrategien für Wald und Wildfluss im Gesäuse. Action F.2. Monitoring Johnsbach. Teilbericht Vegetationsmonitoring. 48S.
- KREINER D. & KLAUBER J. (Red.) 2011: Vielfalt Lawine. Das Kalktal bei Hieflau. – Schriften des Nationalparks Gesäuse 6.
- MARINGER A. & KREINER D. 2012: Forschungskonzept Nationalpark Gesäuse. Nationalpark Gesäuse GmbH. Weng.
- MUCINA L., GRABHERR G. & WALLNÖFER S. 1993: Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III. Wälder und Gebüsche. – G. Fischer. Jena, Stuttgart, New York.
- MÜLLER N. & BÜRGER A. 1990: Flussbettmorphologie und Auenvegetation des Lech im Bereich der Forchacher Wildflusslandschaft (Oberes Lechtal, Tirol). Jahrb. Ver. Schutz Bergwelt, München 55: 43–74.
- RINDLER R. & RASCHER E. 2015: SEDiment DYNamik – Xeis: Eine interdisziplinäre Untersuchung zum Sedimenthaushalt im Johnsbachtal. In: Im Gseis. Das Nationalpark Gesäuse Magazin 24: S.17.
- SEEBACHER F. 1979: Die Hydrologie der Enns und ihres Einzugsgebietets bis zum Gesäuse. Universität für Bodenkultur Wien, 114S.
- SKACEL M. 2013: Monitoring ingenieurbiologischer Maßnahmen im Kühgraben im Nationalpark Gesäuse unter Berücksichtigung geomorphologischer Prozesse. Universität für Bodenkultur Wien. Wien, 98S.

- STANGL J. 2011: Lawinen als gravitativer Prozess – Grundlagen und Bestandsaufnahme im Nationalpark Gesäuse. – In: KREINER D. & KLAUBER J. 2011 (Eds.): Vielfalt Lawine. Das Kalktal bei Hieflau. – Schriften des Nationalparks Gesäuse 6: 33–41.
- THONHAUSER, H. 2008: Verbauungsgeschichte und der daraus resultierende Gewässerstrukturwandel. In: Der Johnsbach. Schriften des Nationalparks Gesäuse, Nationalpark Gesäuse GmbH (Hrsg.), Band 3, Weng, S. 25–36.