

Naturprozesse in einem Lawinarsystem – das Beispiel Kalktal im Nationalpark Gesäuse (Ennstaler Alpen, Tamischbachturm)

Von Michael JUNGMEIER¹, Hanns KIRCHMEIR², Corinna HECKE³ &
Daniel KREINER⁴

Mit 11 Abbildungen und 1 Tabelle
Angenommen am 18. Juli 2015

Abstract: Natural processes of an avalanche system – the example Kalktal in the Gesäuse National Park (Ennstaler Alpen, Tamischbachturm). – The long-term conservation of large-scale ecological processes and related characteristic dynamics and species are one of the key tasks of IUCN category II national parks. Due to its exceptional landform configurations and high relief energies, most natural processes occurring within the borders of the national park are characterised by complex dynamics of disturbance. These dynamics are key factors determining the occurrence of certain life forms, habits and species. In the course of the project, this system was explored in detail by the example of an avalanche system in the eastern part of Gesäuse (Kalktal). An on-site vegetation mapping in combination with taking aerial pictures with a small UAV should allow for describing the avalanche system from an ecological point of view. On a more general level, the disturbance regime can be characterized by the parameters intensity and frequency. Intensity is being described by the habit types and species. The resulting analysis links occurring plant communities with the disturbance regime in a spatio-temporal context. The results are illustrated by so-called “Dynamograms”. The methods developed for the pilot study can also be applied for the documentation and illustration of other natural processes within the borders of Gesäuse National Park to create a comprehensive inventory of natural processes step by step.

Zusammenfassung: Nationalparks der IUCN Kategorie II sind speziell dazu ausgewiesen, großräumige Naturprozesse („large-scale ecological processes“) mit ihrer charakteristischen Dynamik und Artenausstattung langfristig zu sichern. Bedingt durch außergewöhnliche Reliefenergie sind viele Naturprozesse im Nationalpark Gesäuse durch komplexe Störungsdynamiken charakterisiert, welche Lebensformen, Wuchsformen und Artengarnituren bestimmen. Diese wurden am Beispiel eines Lawinarsystems im östlichen Gesäuse (Kalktal) exemplarisch untersucht. Anhand einer vegetationsökologischen Geländeerhebung in Kombination mit Drohnen-Luftbildern und einer umfassenden Analyse der erhobenen Daten versucht, das Lawinarsystem zu beschreiben. Dabei lassen sich die im System auftretenden Muster von Vegetationsgesellschaften in einem räumlichen und einem zeitlichen Zusammenhang mit dem Störungsregime darstellen. Abstrahiert lässt sich ein Störungsregime durch die Parameter Intensität und Frequenz charakterisieren. Die Intensität sowie auch die Frequenz bemessen sich an den Auswirkungen auf Wuchs- und Lebensformen und in weiterer Folge auf die Artengarnituren. Die Zusammenhänge zwischen Störung und Pflanzengesellschaft sind in räumlichen Struktogrammen und einem zeitlichen Dynamogramm dargestellt. Diese Darstellungsform würde es erlauben, in weiterer Folge die Naturprozesse im Nationalpark systematisch zu inventarisieren.

Keywords: natural processes, succession, vegetation dynamics, avalanche system, Gesäuse National Park.

- 1 Michael Jungmeier, E.C.O. Institut für Ökologie, Lakeside B07b, 9020 Klagenfurt; Institut für Geographie und Regionalforschung, Alpen-Adria-Universität; jungmeier@e-c-o.at
- 2 Hanns Kirchmeir, E.C.O. Institut für Ökologie, Lakeside B07b, 9020 Klagenfurt; kirchmeir@e-c-o.at
- 3 Corinna Hecke, E.C.O. Institut für Ökologie, Lakeside B07b, 9020 Klagenfurt; hecke@e-c-o.at
- 4 Daniel Kreiner, Nationalpark Gesäuse GmbH, Weng 2, 8913 Weng im Gesäuse Österreich; daniel.kreiner@nationalpark.co.at

1. Einleitung

In einem Nationalpark wird natürlichen Prozessen und Entwicklungen freier Raum gegeben (IUCN 2012). Der Nationalpark Gesäuse, der einzige Nationalpark der Steiermark, versucht dies seit dem Jahr 2002 in seiner Naturzone (derzeit 83 % der Gesamtfläche) langfristig zu ermöglichen. Das Gesäuse zeichnet sich durch eine besonders hohe Reliefenergie aus und dies bedingt eine Vielzahl von gravitativen, dynamischen Prozessen, wie Lawinen, Muren und Felsstürzen. „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 bis 2023 gegeben, wobei es vor allem um die ökologischen Zusammenhänge auf diesen Flächen gehen soll (MARINGER & KREINER 2012). Die Lawinenbahnen am Tamischbachturm beheimaten die artenreichsten Pflanzengesellschaften im Nationalpark Gesäuse. Ziel der folgend dargestellten Untersuchung war es unter anderem, die Ursachen dieser Vielfalt besser zu verstehen und eine Methodik zu entwickeln, die einen Vergleich mit anderen Lebensraumtypen ermöglicht.

Im Hinblick auf ihre räumliche und zeitliche Erstreckung sind natürliche Prozesse in sehr unterschiedlichen Skalen verortet. Atomare und subatomare Vorgänge sind ebenso Naturprozesse wie astronomische, etwa das Werden und Vergehen von Sternen oder Galaxien. Die enger gefassten biologischen Naturprozesse, auf die sich Naturschutz gemeinhin bezieht, umfassen immer noch ein weites Spektrum von physiologischen Vorgängen im Nano-Bereich bis hin zu evolutionären Prozessen, etwa bei der Artenbildung.

Im konkreten Fall bezeichnen die Autoren als Naturprozesse inter- und intraspezifische Phänomene, die sich anhand von Arten festmachen lassen. Dies sind zum Beispiel Vergesellschaftungen, Konkurrenz-Phänomene, Populationsentwicklungen, Gradationen, Sukzessionen oder ähnliches. Entwicklungs-Vorgänge, die sich mit Mitteln der Vegetationsökologie erfassen und raum-zeitlich beschreiben lassen, werden in dieser Studie also als „Naturprozesse“ bezeichnet. Diese pragmatische Einengung scheint im Hinblick auf den Bedarf in der praktischen Naturschutzarbeit gerechtfertigt. Naturprozesse sind demnach Muster im Raum und Muster in der Zeit, welche die Ökosysteme charakterisieren.

2. Untersuchungsgebiet und Fragestellung

Das Kalktal liegt im nordöstlichen Randbereich des Nationalpark Gesäuse, am Fuße des 2035 m hohen Tamischbachturms (siehe Abb. 1). Die Lawinenbahn hat ihr Einzugsgebiet im weiträumigen Kar zwischen Tamischbachturm und Almmauer, im Haindlkar mit der Schneidenplan. Bei extremer Schneehöhe können Lawinen hier durch Schneemassen aus dem Speerenkar östlich des Mitterriedels noch größere Wucht erreichen. Sie fahren dann durch das Kalktal ab, welches unmittelbar in die Enns mündet (vgl. HASITSCHKA 2011).

Im oberen Bereich des Kalktals vereinigen sich also zwei, mit niederliegenden, säbelwüchsigen Buchen (*Fagus sylvatica*), bestockte Lawinenrinnen. Im vorliegenden Artikel werden Buchen, die dieser Wuchsform entsprechen, als „Legbuchen“ bezeichnet. Die Rinne des Kalktales ist zwischen 150 und 300 m breit, südost-exponiert und etwa 750 m lang. Die Seehöhe reicht von etwa 840 m bis hinunter auf das Niveau der

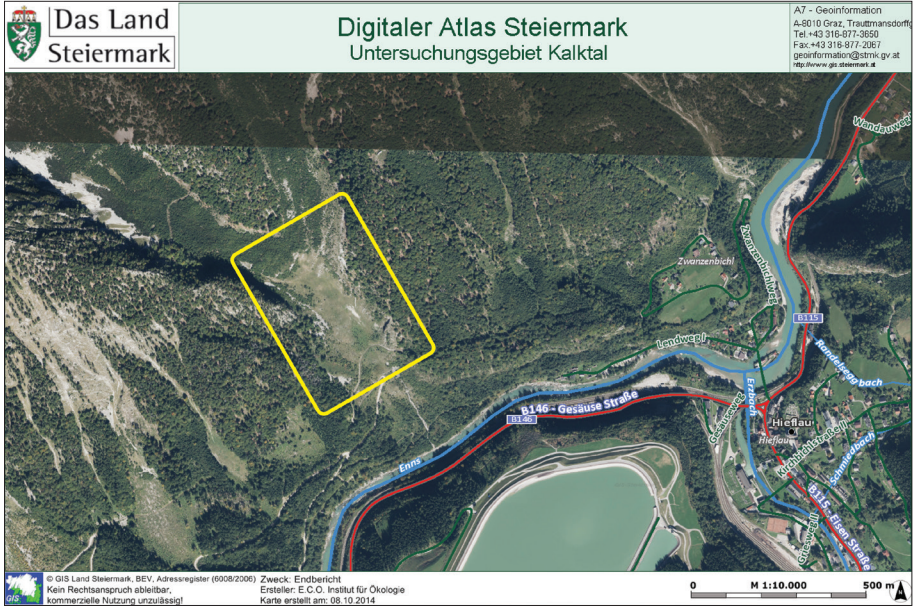


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes Kalktal im Nationalpark Gesäuse. Datengrundlage: Digitaler Atlas Steiermark

Fig. 1: Location of survey site Kalktal in Gesäuse National Park. Data source: Digital Atlas Steiermark

Enns (ca. 480 m). Die Rinne ist waldfrei, den Hauptanteil der Vegetation bilden Bunt-Reitgrasfluren in unterschiedlichen Ausprägungen.

Eine detaillierte Beschreibung von Vegetation, Vegetationsdynamik und Lawinerverhältnissen bieten BOHNER et al. 2009 sowie BOHNER et al. 2010. In einen größeren Zusammenhang stellen CARLI & ZIMMERMANN 2011 die „Wiederbewaldungsmuster auf lawinaren Waldlichtungsfluren“ im Gebiet. HASITSCHKA 2011 dokumentiert zahlreiche historische Lawinenabgänge im Bereich des Tamischbachturm und deren Folgen wie auch die Nutzungsgeschichte des ehemaligen Weidegebietes.

STANGL 2011 lässt diese historischen Daten in seine Dokumentation gravitativer Naturprozesse im Nationalpark Gesäuse einfließen und erstellt zudem eine Datenbank („GRANAT“), in der alle Ereignisse dieser Art festgehalten werden sollen.

Der Untersuchung dynamischer Standorte (Schutthalden, Schotterbänke im Flusslauf, Plaiken, Lawinenbahnen) widmen sich ebenfalls KLIPP & SUEN 2011, anhand 17 Dauerbeobachtungsflächen sollen Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung über die Zeit dokumentiert werden. Zum fixen Bestandteil der Datenerhebung im Nationalpark gehört die Biotopkartierung, die im Kalktal im Spätsommer 2011 und in den angrenzenden Lawinenrinnen zwischen 2011 und 2014 stattgefunden hat (KAMMERER 2011, EMMERER & KAMMERER 2014).

Daten für verschiedene Tiergruppen entstammen Untersuchungen in den Lawinenrinnen Scheibenbauernkar und Kalktal. Besonders den vegetationskargen Offenbereichen der Lawinenrinnen wird aus zoologischer Sicht, v.a. für die Tiergruppen Spinnen, Weberknechte und Laufkäfer, besondere Bedeutung zugesprochen. Diese Biotopflächen stellen den Lebensraum für etliche stenotope und gefährdete Arten dar (ÖKOTEAM 2007).

Übergeordnete Untersuchungen zum Thema Landschaftsmuster und -prozesse bieten TURNER et al. 2001.

Ein GEO Tag der Artenvielfalt 2010 erbrachte wertvolle weitere Informationen zur Artenausstattung der Lawinerinne Kalktal im Hinblick auf verschiedene Gruppen (Flechten, Spinnen und Weberknechte, Zikaden, Wanzen, Heuschrecken, Schmetterlinge, Vögel, Amphibien, Reptilien, ausgewählte Säugetiere). Es konnten 1016 Arten dokumentiert werden, davon allein 325 höhere Pflanzen, was die Lawinerinnen am Tamischbachturm gewissermaßen zum „Hot Spot“ der Biodiversität im Nationalpark Gesäuse macht (KREINER 2011). Die gesammelten Ergebnisse sind in KREINER & KLAUBER 2011 publiziert.

Somit liegt für das Gebiet eine Reihe von Daten aus unterschiedlichen Quellen vor. Für die Bearbeitung stellten sich folgende Fragen:

- Wie können die Naturprozesse im Lawinarsystem systematisch beschrieben werden?
- Wie sind sie in ihrer Bedeutung aus der Sicht des Nationalparks beziehungsweise des Naturschutzes zu bewerten?
- Kann aus den Ergebnissen eine Methode zur systematischen Inventarisierung von Naturprozessen im Nationalpark abgeleitet werden?

3. Angewandte Methode

Vegetation und Artenausstattung wurden anhand von 13 pflanzensoziologischen Aufnahmen dokumentiert und in weiterer Folge analysiert (Abbildung 2). Neun Aufnahmeflächen (A001 – A009) liegen entlang eines Transekts, der quer durch die Rinne gelegt wurde (SW nach NO-Verlauf). Zusätzlich wurden vier Aufnahmen längs entlang der Westseite des Hanges bzw. im zentralen Lawinenhang in einer Mulde unterhalb des Transekts gemacht (C001 – C004). Die Flächengröße der Aufnahmeflächen wurde auf den Vegetationstyp angepasst. Die kleinste Fläche mit 8m² (A004) beschreibt einen hinter einem Fels geschützten Sonderstandort, die zwei größten Flächen mit 20×20m bzw. 10×10m Fläche (C004 bzw. A009) dokumentieren die Buchenwälder und für alle übrigen Vegetationstypen wurden Quadrate von 25m² Fläche gewählt. Die Bearbeitung greift auf die Untersuchungen von EGGER 1996 zurück; das vom Autor entwickelte syndynamische Ökosystemkonzept liegt auch der vorliegenden Studie zugrunde.

Aus der Fragestellung, insbesondere der kleinflächigen Analyse, ergab sich der Bedarf nach hoch auflösenden Luftbildern. Dafür wurde ein UAV (unmanned aerial vehicle, Foto-Drohne) eingesetzt (Abbildung 3). Der Hexakopter der Eigenbau-Marke, E.C.O. pteryx, ermöglichte es, die Probeflächen parallel zur Vegetationserhebung zu befliegen und scharfe Luftbilder aus vergleichsweise geringen Höhen zu liefern. Einen Vergleich der Aufnahmequalität von UAV-Bildern zu Standard-Orthofotos bieten Abbildungen 4 und 5. Mit dem spezifisch konfigurierten Fluggerät konnten zudem auch schwer zugängliche Abschnitte der Lawinenbahn erfasst werden. E.C.O. pteryx verfügt über einen GPS-Logger, der die Flugroute automatisch dokumentiert. Die Bilder wurden später manuell georeferenziert und als Kartengrundlage zur Darstellung der kartierten Flächen genutzt. Die Bilder sind mit einer Canon EOS M Kompaktkamera aufgenommen und im Bereich des Transekts zu einer Panoramaaufnahme zusammengefügt (gestitcht) worden (Abbildung 6). Zusätzlich wurden Schrägluftaufnahmen zur Dokumentation der Topografie des Lawinenhangs angefertigt.

Die Vegetationsdaten wurden in die firmeneigene Datenbank E.C.O.tab eingearbeitet und zunächst mit dem Analysetool „TWINSPAN“ ausgewertet, die unterschiedlichen Lebensräume wurden syntaxonomischen Einheiten nach GRABHERR & MUCINA



Abb. 2: Lage der Aufnahmepunkte im Untersuchungsgebiet. Die Punkte A01-A09 liegen entlang eines Transekts, das vom westlichen, mit Hasel-Lawinargebüsch bestockten Bereich über die Buntreitgrasfluren und Schuttfluren im Zentralbereich bis zum Buchenwald im Ostteil reicht. Als Ergänzung wurden noch vier weitere Standorte (C01-C04) untersucht. Die Lage des Transekts und die Zusatz-Aufnahmeflächen wurden so gewählt, dass möglichst alle „Vegetationszonen“ der Lawinenbahn erfasst wurden.

Fig. 2: Location of plots within the survey site. The plots A001-A009 are located along a transect reaching from the western peripheral zones dominated by hazel shrubbery to Calamagrostis grassland and scree mixed with rocky grassland in the central area of the avalanche system to beech forest stands at the eastern parts of the area. Four plots (C001-C004) were additionally investigated. The location of the transect as well as the additional study plots was chosen to ensure adequate representation of all “vegetation zones” within the dynamic avalanche system.

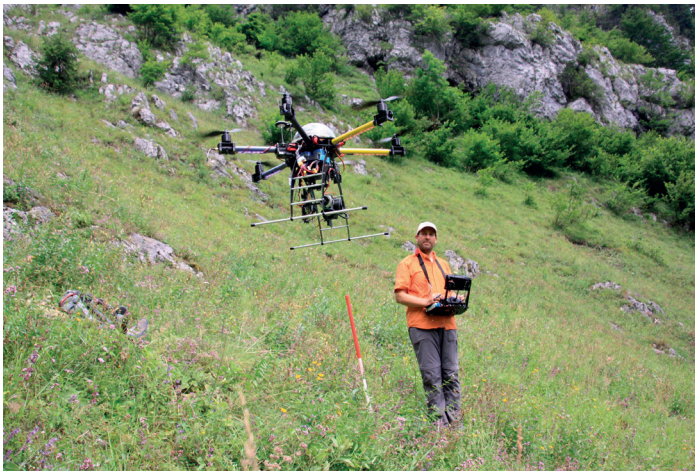


Abb. 3: E.C.O.pteryx im Einsatz. Der Hexakopter mit GPS-gestützter Flugsteuerung liefert hochauflösende Luftbilder von den Lebensräumen als Grundlage für die Geländekartierung. (Foto: E.C.O., Jungmeier)

Fig. 3: E.C.O.pteryx in action. The hexacopter is operated via GPS-supported flightcontrol and provides high-resolution aerial photos of habitats as a basis for a subsequent field mapping. (Photo: E.C.O., Jungmeier)

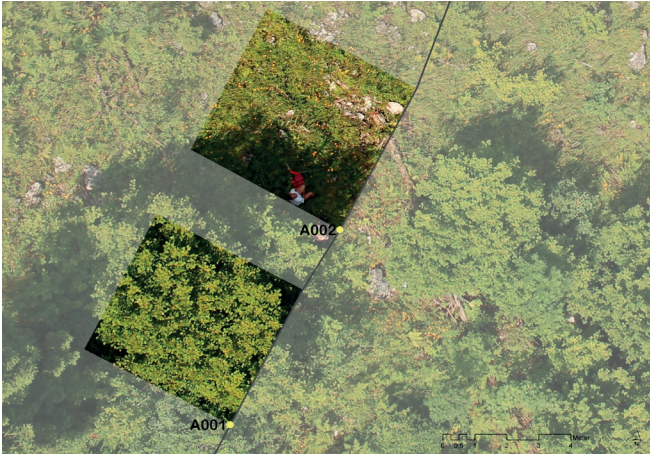


Abb. 4: Untersuchungsflächen A001 und A002. Die kartierten Flächen(hier Hasel-Lawinargebüsch, A001 und eine Bunt-Reitgrasflur, A002) wurden per GPS verortet und mit UAV-Luftbildern dokumentiert. (Foto: E.C.O.ptyryx/Kirchmeir, Bearbeitung in ArcMap).

Fig. 4: Survey plots A001 and A002. The mapped areas (here hazel shrubbery in areas exposed to avalanches, A001, and Calamagrostis grassland, A002, were located via GPS and documented by UAV-aerial photos. (Photo: E.C.O.ptyryx/Kirchmeir, edited in ArcMap).

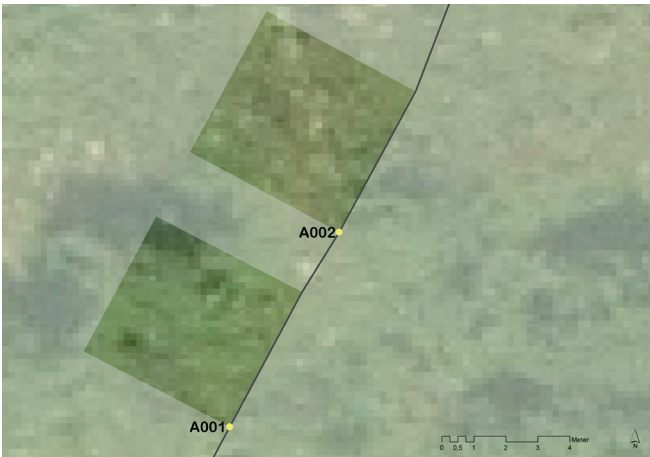


Abb. 5: Vergleich der Bildqualität zwischen Drohnenfoto und Orthofoto. Derselbe Bildausschnitt wie in Abbildung 4, hinterlegt mit einem Standard-Orthofoto mit einer Auflösung von ca. 15cm zeigt den deutlichen Qualitätssprung durch die UAV-Luftbilder. Am Standard-Orthofoto sind in diesem Maßstab nur noch Schattierungsunterschiede zu erkennen während das UAV-Luftbild die reiche Strukturierung des Lebensraumes mit Sträuchern, liegendem Totholz und vegetationsfreien Offenbereichen zeigt, teilweise sind sogar Baumarten voneinander unterscheidbar.

Fig. 5: Comparison of image resolution and quality between UAV-based photos and common orthophotos. This figure shows the same detail as Figure 4, but is based on a standard orthophoto with a resolution of about fifteen cm per pixel. It illustrates the significant increase in quality provided by UAV-based aerial photos. At this scale, only differences in the shading can be identified, whereas the UAV-based aerial photos show rich structuring of habitats and enable a differentiation of shrubs, lying deadwood and open space free of vegetation, as well as even tree species.

1993 bzw. nach MUCINA et al. 1993 zugeordnet. Die Vegetationseinheiten wurden einer Zeigerwert-Analyse nach ELLENBERG 1986 sowie einer Analyse der Lebensformen nach GRIME 1979 unterzogen. Relevante Zeigerwerte wurden in weiterer Folge in Struktogrammen aufbereitet. Diese abstrahieren das räumliche Gefüge der Vegetationseinheiten in einer Grafik. Ergebnis der Analysen ist ein Dynamogramm, welches das räumliche Nebeneinander der Vegetationseinheiten in ein zeitliches Gefüge bringt. So konnten die unterschiedlichen, in einander greifenden Sukzessionen und die lawinenbedingten Störungen in ihrem Gesamtbild dargestellt werden.

4. Ergebnisse

In den zentralen Bereichen der Lawinenrinne sind durchwegs rasige beziehungsweise hochstaudenreiche Vegetationseinheiten entwickelt. Die randlichen Bereiche der Lawinenrinne sind von Gebüsch umrahmt, die in weiterer Folge in geschlossene Waldbestände übergehen. In der Vegetationsanalyse lassen sich die folgenden Vegetationsformationen unterscheiden und charakterisieren:

Die in Klammer angeführten Kürzel beziehen sich auf die Darstellung der Lebensraumzonierung in Abbildung 7.

Buntreitgrasflur (CALA): Die Buntreitgrasfluren bestimmen in unterschiedlichen Ausprägungen die zentralen Bereiche der Lawinenbahn. Hier machen Frequenz und Intensität der Lawinenabgänge ein Aufkommen von Gehölzen unmöglich. Die Flächen sind steil, im Mikro-Relief homogen und nicht ganz flachgründig. Die Bestände sind der Gesellschaft des *Origanum-Calamagrostietum variae* (GRABHERR & MUCINA 1993) zuzuordnen und außerordentlich artenreich (vgl. auch BOHNER et al. 2009, BOHNER et al. 2010). Die Buntreitgrasflur ist generell als Glied der Sukzession zu verstehen, kann aber nach GRABHERR 1993 auf Lawinenbahnen den Charakter einer Dauergesellschaft haben. Neben den namengebenden Arten *Origanum vulgare* und *Calamagrostis varia* finden sich *Allium carinatum*, *Anthericum ramosum*, *Bupththalmum salicifolium*, *Carex alba*, *Clinopodium vulgare*, *Galium anisophyllum*, *Helicotrichon parlatorei*, *Teucrium chamaedrys* oder *Vincetoxicum hirundinaria* als bestandsbildende Arten.

Buntreitgrasflur mit Hochstauden (CALB): Die Gesellschaft ist in den tiefergründigen Bereichen der Lawinenrinne ausgebildet. Neben den namengebenden Arten *Calamagrostis varia* und *Origanum vulgare* finden sich hier *Arrhenatherum elatius*, *Cruciata laevipes*, *Geranium robertianum*, *Hypericum perforatum*, *Salvia verticillata*, *Urtica dioica*, *Vincetoxicum hirundinaria* oder *Daucus carota*. Die soziologische Einheit entspricht einem hochstaudenreichen *Origanum-Calamagrostietum variae*.

Buntreitgrasflur mit *Rhamnus*-Arten (CALC): In verflachten Bereichen unterhalb eines Felsens oder einer Geländestufe ist das kleinflächige Auftreten von *Rhamnus*-Arten (*R. cathartica*, *R. fallax*) festzustellen. Die Bestände sind pflanzensoziologisch zu den *Rhamno-prunetea*-Gesellschaften zu stellen, jedoch stark von Arten der Buntreitgrasflur durchsetzt.

Kalk-Felsrasen (FEL): Auf den flachgründigen Felsrippen des Untersuchungsgebietes treten artenreiche Felsrasen auf. Pflanzensoziologisch handelt es sich um eine Horstseggen-Halde, die zum *Seslerio-Caricetum sempervirentis* zu stellen ist. Die Gesellschaft ist typischerweise als lückiger bis dichter, halbhoher Rasen ausgeprägt. Neben den bezeichnenden Arten *Carex sempervirens* und *Sesleria albicans* treten auch *Athamanta cretensis*, *Carex alba*, *Kerneria saxatilis*, *Rhinanthus glacialis* oder *Silene nutans* auf.

Kalk-Schuttflur (SCH): In kleinflächigen Bereichen wird die Vegetationsdecke durch starken Lawineneinfluß offen gehalten, wobei augenscheinlich auch der humose Oberboden abgetragen wird. Die entstehende Kalk-Schuttflur ist pflanzensoziologisch



Abb. 6: Fototransekt quer zur Lawinenbahn (Einzelfotos gesticht). Der Transekt zeigt die untersuchte Vegetationsabfolge von den Buchenwaldstandorten (links), über die Lawinar-Haselbüsche und Bunt-Reitgrasfluren bis hin zu den Schuttflächen und Felsrasen (rechts). Wesentlicher Zonierungsfaktor ist das Lawinengeschehen. (Foto: E.C.O.ptyryx/Kirchmeir)

Fig. 6: Cross-gradient across the avalanche path (Single photos stitched together). The transect shows the vegetation succession starting with beech forest stands (left), subsequent areas dominated by hazel shrubbery and Calamagrostis grassland and scree mixed with rocky grassland (right). Main determining factors for zonation is the shaping power of avalanches. (Photo: E.C.O.ptyryx/Kirchmeir)

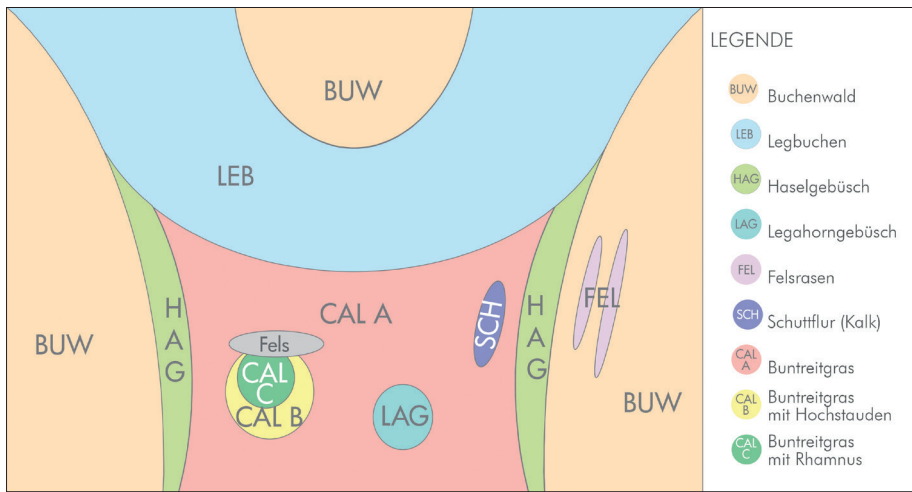


Abb. 7: Struktogramm, Lebensraumzonierung basierend auf Vegetationserhebungen im Lawinensystem Kalktal. Die Schematische Darstellung zeigt die Lebensraumzonierung in der Lawinenrinne. Der zentrale Bereich wird dominiert von Buntreitgrasfluren in unterschiedlichen Ausprägungen. Mit abnehmendem Lawineneinfluss steigt der Anteil an Gehölzen bis zur Entwicklung der Klimaxgesellschaft Buchenwald im Außenbereich der Lawinenrinne.

Fig. 7: Structogram, Zonation of habitats based on vegetation mapping in areas shaped by avalanches in the Kalktal. The schematic figure illustrates the zonation of habitats within the avalanche path. Calamagrostis-grassland with varying characteristics dominates the central area. As the impact of avalanches decreases, the share of woody plants rises. This allows for the development of beech forests, the climax plant community, at the peripheral zone of the avalanche system.

als Rumicetum scutati anzusprechen. Es finden sich neben *Rumex scutatus* unter anderem *Cardaminopsis arenosa*, *Kernera saxatilis*, *Melica ciliata*, *Sedum acre*, *Sedum album*, *Silene vulgaris* oder *Teucrium montanum* in den Flächen.

Haselgebüsch (HAG): Das Hasel-Lawinargebüsch bildet den Übergang vom Buchenwald, der außerhalb der lawinenbeeinflussten Fläche den vorherrschenden Waldtyp ausmacht, zur Offenfläche im direkten Lawineneinflussbereich. Die Flächen sind steil und mehrheitlich durch anstehendes Blockmaterial und das Auftreten von Totholz charakterisiert. Das Haselgebüsch wird zum mesophilen Haselgebüsch, dem *Senecio ovati-Coryletum* gestellt. Die vorherrschenden Arten sind neben *Corylus avellana* vor allem *Clematis vitalba*, *Buphthalmum salicifolium*, *Calamagrostis varia*, *Clinopodium vulgare*, *Picea abies*, *Salvia glutinosa*, *Laserpitium latifolium*, *Galium album*, *Geranium robertianum* und *Rubus idaeus*. Zudem treten Arten der Buntreitgrasfluren mit hoher Stetigkeit auf.

Ahorn-Legegebüsch (LAG): Das Gebüsch ist im unteren Auslauf des Lawinenhanges ausgebildet. Die Ahorne erreichen eine Höhe von drei bis fünf Metern und verweisen in ihrer Physiognomie auf die Lawinen-Ereignisse (Säbelwuchs, Kalli, Auslichtung). Es gibt viel liegendes Totholz auf der Fläche, der Ahorn wird teilweise stark von *Clematis* überwuchert. Das Hochstaudengestrüpp ist zum *Aceri-Salicetum appendiculatae* zu stellen. Zu *Acer pseudoplatanus* in Strauch- und Krautschicht gesellen sich *Asarum europaeum*, *Clematis vitalba*, *Circaea lutetiana*, *Galium album*, *Lamium maculatum*, *Mentha longifolia*, *Milium effusum*, *Urtica dioica* und *Rubus idaeus*.

Legbuchenwald (LEB): In den oberen Bereichen der Lawinenbahn sind großflächige Legbuchenbestände mit einem sehr ursprünglichen Charakter ausgebildet. Der weit ausladende Säbelwuchs verweist auf die Wucht der Lawineneignisse. Der Legbuchenwald entspricht in der floristischen Zusammensetzung dem *Saxifrago rotundifoliae-Fagetum*. Zum Artinventar dieser Flächen gehören in der Strauchschicht *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, *Acer pseudoplatanus*, *Corylus avellana* und *Clematis vitalba*, in der Krautschicht sind unter anderem *Asarum europaeum*, *Calamagrostis varia*, *Dryopteris carthusiana* und *Senecio ovatus* vertreten.

Buchenwald (BUW): Die randlichen Bereiche des Lawinenhanges sind mit Buchenwald bestockt. Die Böden sind tiefgründig. Die Bäume weisen meist starke Borkenschäden infolge von Steinschlag auf. Auf der Fläche findet sich viel liegendes aber auch stehendes Totholz. Der Wald ist dem *Helleboro-nigri-Fagetum* zuzurechnen. Neben der vorherrschenden *Fagus sylvatica* treten auch *Picea abies* und *Corylus avellana* auf. Der Unterwuchs ist charakterisiert durch *Asarum europaeum*, *Buphthalmum salicifolium*, *Brachypodium sylvaticum*, *Helleborus niger*, *Lamium galeobdolon*, *Clematis vitalba*, *Cyclamen purpurascens*, *Salvia glutinosa*, *Solidago virgaurea* oder *Viola reichenbachiana*.

Struktogramme: In den Struktogrammen wird versucht, die räumlichen Muster in der Vegetationszonierung mit der Synökologie der Vegetationstypen in Verbindung zu bringen. Grundlage ist eine schematische Darstellung der Verteilung der Vegetationstypen in der Rinne (Abbildung 7). Dabei zeigt sich, dass das Vegetationsmuster durch die Dominanz unterschiedlicher Lebensformen bestimmt ist. So zeigt die Analyse der Lebensformen (Abbildung 8), dass die Lawineneignisse die Verteilung der Phanerophyten (Gehölzpflanzen) bestimmen. Höherwüchsige Gehölzpflanzen können längerfristig nur bestehen, wo sie nicht durch periodische Störereignisse bzw. durch Lawinenabgänge hoher Intensität beeinträchtigt werden. Die Lichtzahlen und Nährstoffzahlen nach ELLENBERG 1986 zeichnen das Lawinengeschehen ebenfalls deutlich nach (Abbildungen 9 und 10). TURNER et al. 2001 halten ebenfalls fest, dass Störereignisse häufig das Angebot von Ressourcen wie Licht und Nährstoffen verändern. Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass rasig wachsende Lebensräume ohne Strauchschicht im zentralen Bereich des Lawinenhanges einen deutlich erhöhten Anteil an Volllichtpflanzen

haben. Mit der zunehmenden Anzahl strauichig wachsender Gehölze im Randbereich des Lawinhangs steigert sich auch der Anteil von schattentoleranten Arten in den Vegetationsaufnahmen. Stickstoffarmutzeiger sind deutlich häufiger auf den offenen, räsigen Gesellschaften im Lawineneinzugsgebiet anzutreffen als an Standorten, die mit Gebüsch und Wäldern bestockt sind.

Tab. 1: Aufnahmeflächen und entsprechende Bezeichnung bzw. pflanzensoziologische Einheit. Die pflanzensoziologische Zuordnung erfolgte nach GRABHERR & MUCINA 1993, MUCINA, GRABHERR & WALLNÖFER 1993 und WILLNER & GRABHERR 2007; die Einteilung der Prozesstypen beruht auf der Einteilung nach EGGER 2001.

Table 1: Study plots, their names and the corresponding phytosociological unit. Phytosociological units are based on GRABHERR & MUCINA 1993, MUCINA, GRABHERR & WALLNÖFER 1993 and WILLNER & GRABHERR 2007, the classification of process-types is based on the classification by EGGER 2001.

Fläche	Bezeichnung	Pflanzensoziologische Einheit	Prozesstyp
A001	Hasel-Lawinargebüsch	<i>Senecioni ovati-Coryletum</i>	Oszillationsprozess
A002	Buntreitgrasflur/Ausprägung mit Arten des Haselgebüschs	<i>Origano-Calamagrostietum variae</i>	Quasistabilprozess
A003	Buntreitgrasflur	<i>Origano-Calamagrostietum variae</i>	Quasistabilprozess
A004	Buntreitgrasflur/Ausprägung mit <i>Rhamnus</i> -Arten	<i>Origano-Calamagrostietum variae</i>	Quasistabilprozess
A005	Buntreitgrasflur	<i>Origano-Calamagrostietum variae</i>	Quasistabilprozess
A006	Buntreitgrasflur/Ausprägung mit Hochstauden	<i>Origano-Calamagrostietum variae</i>	Quasistabilprozess
A007	Kalk-Schuttflur	<i>Rumicetum scutati</i>	Quasistabilprozess
A008	Kalk-Felsrasen	<i>Seslerio-Caricetum sempervirentis</i>	Quasistabilprozess
A009	Buchenwald	<i>Helleboro nigri-Fagetum</i>	Azyklusprozess
C001	Ahorn-Legegebüsch	<i>Aceri-Salicetum appendiculatae</i>	Quasistabilprozess
C002	Legbuchenwald	<i>Saxifrago rotundifoliae-Fagetum</i>	Oszillationsprozess
C003	Hasel-Lawinargebüsch	<i>Senecioni ovati-Coryletum</i>	Oszillationsprozess
C004	Buchenwald	<i>Helleboro nigri-Fagetum</i>	Azyklusprozess

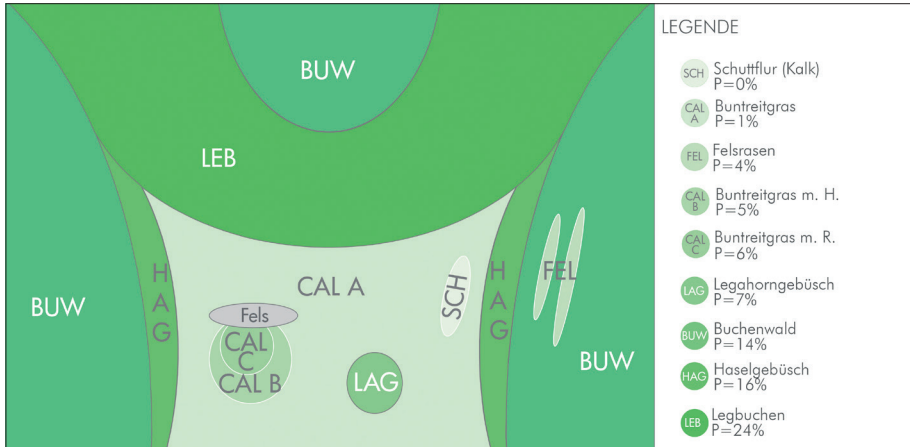


Abb. 8: Struktogramm, Anteil Phanerophyten im Lawinensystem Kalktal. Die Lebensraumzonierungen wurden kombiniert mit dem zugehörigen Anteil an Phanerophyten, der in der Vegetationserhebung bestimmt wurde. Gehölzfreie Bestände etablieren sich naturgemäß in den am stärksten gestörten Abschnitten der Lawinerinne, was in der schematischen Darstellung gut zu erkennen ist.

Fig. 8: Structogram, Proportion of phanerophytes in the dynamic avalanche system Kalktal. The zonation of habitats was combined with their related proportion of phanerophytes, which was determined by field mapping. Areas devoid of woody plants are usually located at the areas most disturbed within the avalanche path, which is illustrated by the schematic figure.

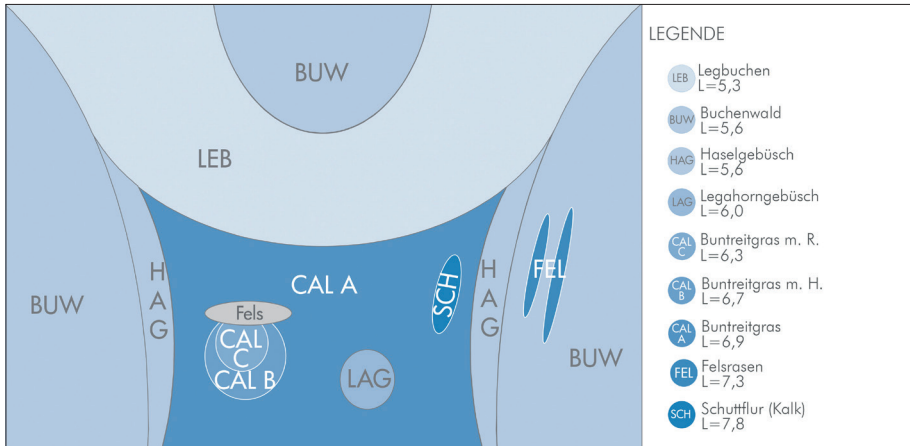


Abb. 9: Struktogramm, Verteilung der Lichtzeiger im Lawinensystem Kalktal. Die Schematische Darstellung zeigt die Lebensräume mit den durchschnittlichen Lichtzahlen (5,3 bis 7,8), die sich aus der Artenzusammensetzung der Vegetationsaufnahmen ergeben. Lichtliebende Pflanzen finden sich vorwiegend an Bereichen, die von Lawinen gehölzfrei gehalten werden. Das dichte Legbuchengebüsch beherbergt dagegen die meisten schattentoleranten Pflanzenarten.

Fig. 9: Structogram, Proportion of light indicator species in the dynamic avalanche system Kalktal. The schematic figure shows the habitat types within the avalanche system and their average light indicator value (5.3 to 7.8), which is calculated from the composition and abundance of species in specific habitat. Light-demanding plants mostly occur in open unshaded areas, which are kept free from woody plants by avalanches. The dense beech shrubbery is dominated by shade-tolerating plant species.

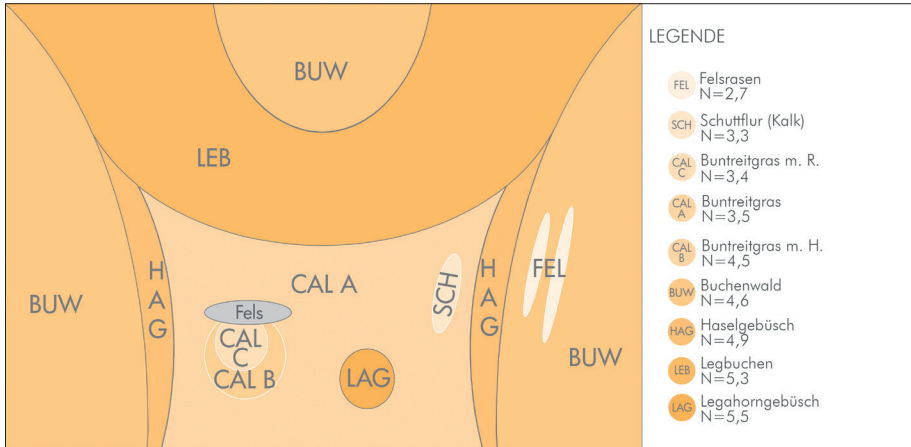


Abb. 10: Structogramm, Verteilung der Nährstoffzeiger im Lawinensystem Kalktal. Nährstoffe werden regelmäßig aus dem Lawinengang abtransportiert, was diesen Bereich zu einem mageren Standort macht (niedrige Stickstoffzahl). In geschützteren Bereichen wie Mulden oder in von Gehölzen bestockten Bereichen gibt es ein gesteigertes Nährstoffangebot und damit stickstoffliebende Hochstauden.

Fig. 10: Structogram, Distribution of nutrient-indicating species in the dynamic avalanche system Kalktal. Avalanches and related erosion frequently remove nutrients from the area, resulting in low-nutrient site conditions (low average nutrient indicator values). Areas protected from avalanches such as hollows and areas with a certain share of woody plants lead to more nutritious site conditions, where nitrophilous tall forbs prevail.

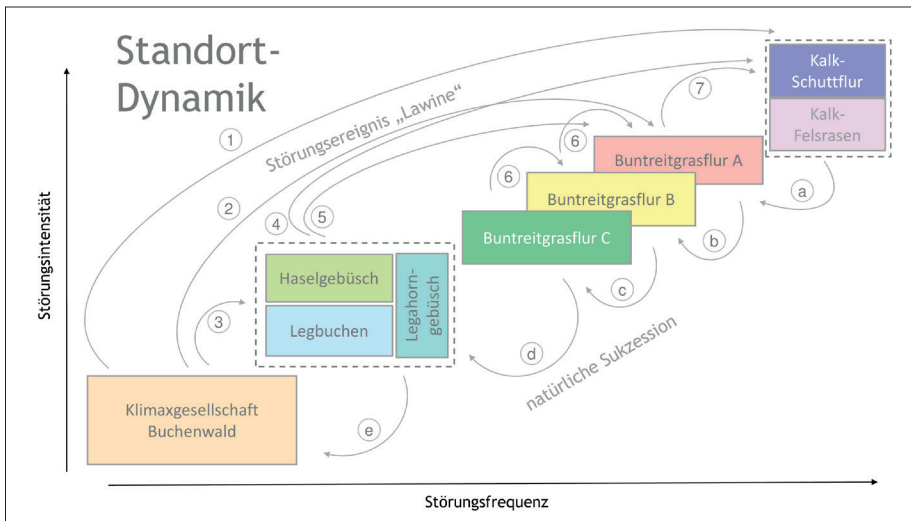


Abb. 11: Dynamogramm Lawinarsystem Kalktal. Das Dynamogramm bietet eine Übersicht über die dynamischen Beziehungen der Lebensräume zueinander, den Einfluss der Lawine und der natürlichen Sukzession. Die Pfeile deuten dabei die Entwicklungsrichtung der Lebensräume an.

Fig. 11: Dynamogram: Dynamic avalanche system Kalktal. The Dynamogram provides an overview of the dynamic interactions between the different types of habitats, the influence of avalanches and natural succession processes. Arrows indicate the direction of development of different habitats.

Dynamogramme: Die grafische Aufbereitung im Dynamogramm stellt die Vegetationseinheiten im Hinblick auf ihre Stellung im Sukzessionsgeschehen und damit in ihrer zeitlichen „Verbreitung“ dar. In den unterschiedlichen Bereichen haben die Störungen durch die Lawinen unterschiedliche Intensität und Frequenz und damit unterschiedliche Auswirkungen auf die Vegetation (vgl. Abbildung 11). In randlichen Bereichen außerhalb des Lawineneinflusses entwickelt sich die Klimaxgesellschaft des Buchenwaldes. Diese Bereiche sind nach EGGER 2001 höchstens langfristig-stochastischen Störungen ausgesetzt und damit Teil eines Azyklusprozesses. Die Vegetation hat hier also zwischen den Störungsintervallen genug Zeit, sich bis zum Terminalstadium zu entwickeln, sofern sich in der Zwischenzeit keine anderen Störereignisse ereignen. Unter zunehmendem Lawineneinfluss etablieren sich Dauergesellschaften, die mit Änderung des Lawinen-Regimes ineinander übergehen können. Die Zahlen (1–7) bezeichnen verschieden intensive Störungsereignisse, die Buchstaben (a–e) bezeichnen verschiedene, im Wesentlichen sekundäre Sukzessionen. Beispielsweise können (selten) Extremereignisse (1) einen Buchenwald unter Bodenabtrag bis zu einer offenen Kalkschuttflur degradieren. Weniger intensive, dafür häufigere Störungen (3) halten die Buchenwaldstandorte auf dem Niveau von Gebüsch, dominiert von Legbuche oder Hasel. Es handelt sich hierbei nach EGGER 2001 um einen durch langfristig-zyklische Störungen bedingten Oszillationsprozess, wo das Störungsintervall kürzer ist, als die klimatisch oder edaphisch bedingte Terminalphase. Weiter erhöhte Störungsfrequenzen führen zu mehr oder weniger stabilen Buntreitgrasfluren, hier wirkende Naturprozesse sind nach EGGER 2001 als Quasistabilprozesse zu werten, die zur Entwicklung eben dieser „quasistabilen“ Buntreitgrasfluren führen. Bei nachlassender Störung entwickelt sich die Vegetation „aufwärts“ zu einer Klimaxgesellschaft zurück. Diese kleinflächigen Muster gegenläufiger Prozesse charakterisieren das Lawinensystem und bilden durch die kleinräumige Standortvielfalt die Grundlage für den Artenreichtum des Gesamtsystems.

5. Diskussion

Die wissenschaftliche Erforschung raum-zeitlicher Prozesse ist für den Naturschutz von höchster Bedeutung. FELINKS & WIEGLEB 1998 warnen davor, dass „Prozessschutz ohne ausreichende wissenschaftliche Grundlagen als billige Variante des Naturschutzes eingestuft wird, die in nahezu jeder Situation beliebig Anwendung finden kann“. JEDICKE 1998 kritisiert ebenfalls, dass die Ziele in Naturschutz und Landschaftsplanung fast ausschließlich statisch definiert sind. Nach JUNGMEIER 1998 stellen Lawinenhänge wie jener im Kalktal Paradebeispiele für Disklimax-Gesellschaften dar. Die vorliegende Untersuchung stellt demnach einen Versuch dar, die Muster hinter der Einnischung verschiedener Arten und Biozönosen in dynamische Abläufe systematisch zu erfassen und zu beschreiben.

Ergebnisse dieser Untersuchung unterstreichen die Tatsache, dass sich Orte, die natürlichen Prozessen uneingeschränkt ausgesetzt sind, zu sehr formen- und artenreichen Lebensräumen entwickeln, die besonders schützenswert sind. Das zeigt sich auch in der Diversität der Standortansprüche verschiedener Arten. Lawinenbahnen stellen natürliche Korridore dar, in denen eine Linienmigration der Pflanzen zwischen verschiedenen Höhenstufen stattfinden kann. Der Lebensraum zahlreicher lichtbedürftiger Farn- und Blütenpflanzen wird dadurch ausgeweitet (zitiert in: BOHNER 2009). Bis zu 50 Pflanzenarten konnten auf einer Fläche von 25 m² dokumentiert werden, BOHNER 2009 spricht sogar von bis zu 71 Gefäßpflanzenarten. Aus diesem Grund ist es enorm wichtig, dass Naturprozesse – Lawinen seien hier nur als Beispiel genannt – zumindest in Nationalparks, die praktisch die letzten Wildnisgebiete Europas umfassen (vgl.

KIRCHMEIR 2014), ungehindert ablaufen können. Die erarbeitete Methode erlaubt eine Darstellung der Naturprozesse nach demselben Schema, das wiederum ermöglicht einen systematischen Vergleich zwischen den unterschiedlichen Arten von Naturprozessen.

In der vorliegenden Studie wurde das Hauptaugenmerk auf einen der großen „Leitprozesse“ gelegt. Für die Untersuchung von kleinräumigeren aber nicht minder spannenden Prozessen, wie z.B. dem Transport von Totholz und die Besiedlung durch Totholzbewohner oder Prozesse innerhalb der jeweiligen Dauergesellschaften besteht weiterer Forschungsbedarf.

Eine sukzessive Inventarisierung der Naturprozesse – unter anderem der Flussdynamik von Enns und Johnsbach, der Dynamik anthropogen veränderter Gesellschaften wie Fichtenforste nach natürlichen Störungsereignissen (CARLI et al. 2011) oder Bestandsumwandlung (CARLI 2012), in Zukunft auch im Vergleich zu unbehandelten Flächen oder die Dynamik von Klimax-Gesellschaften wie Alpine Rasen, Wälder und Moore – im Nationalpark Gesäuse befindet sich in Planung.

Der Nationalpark Gesäuse hat den Auftrag in seiner Naturzone eine freie Entwicklung der natürlichen Prozesse auf Dauer sicherzustellen. Eine weitere Aufgabe des Nationalparks ist es diese Entwicklung mit einer entsprechenden Langzeitforschung zu begleiten und ein Monitoring sicherzustellen, welches die Veränderungen in der Natur dokumentiert. Im Forschungskonzept des Nationalparks wird dazu folgendes Ziel festgehalten: *„Forschung hilft dabei, Wissen über das Wirkgefüge zwischen Fauna, Flora, Lebensräume und der Gesellschaft und den darin ablaufenden (dynamischen) Prozessen zu erlangen und zu verstehen. Mit ihrer Hilfe werden Zusammenhänge erkannt und die Entwicklung des Naturraumes im Nationalpark dokumentiert.“* (MARINGER & KREINER 2012). Damit liefert der Nationalpark Gesäuse – eingebettet in den Verbund der Forschungsplattform Eisenwurzten – einen wichtigen Beitrag zur ökologischen und sozio-ökologischen Langzeitforschung in Österreich (MIRTL et al. 2015).

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 (E.C.O.).

Literatur

- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG 2014: Digitaler Atlas Steiermark, http://gis2.stmk.gv.at/atlas/%28S%28vze45cm1vkinse1f4yquvrbs%29%29/init.aspx?karte=basis_bilder&ks=das&cms=da&massstab=800000.
- BOHNER A., HABELER H., STARLINGER F. & SUANJAK M. 2009: Artenreiche montane Rasengesellschaften auf Lawenbahnen 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.
- CARLI A., KREINER D., STANGL J. & ZIMMERMANN T. 2011: Vegetation und Verjüngung nach Störungsereignissen (Windwurf, Borkenkäferbefall) in Fichten-Altersklassenbeständen im Nationalpark Gesäuse. – Bericht im Auftrag der Nationalpark Gesäuse GmbH.

- CARLI A. 2012: Situation der natürlichen Walderneuerung auf Lichtungsfluren und in Umwandlungsbeständen (Nationalpark Gesäuse: Gstatterbodener Kessel, im Rohr). – Bericht im Auftrag der Nationalpark Gesäuse GmbH.
- EGGER G. 1996: Vegetationsökologische Untersuchung Seebachtal, Nationalpark Hohe Tauern. Band 1: Vegetation und Standortsdynamik alpiner Lebensräume. – Institut für Angewandte Ökologie, Klagenfurt.
- EGGER G. 2001: Prozesstypen alpiner Ökosysteme – prozessorientierte Ökosystemdarstellung am Beispiel eines lawinaren Urrasens im Nationalpark Hohe Tauern. – Symposium zur Forschung im Nationalpark Hohe Tauern vom 15.-17.11.2001 auf der Burg Kaprun: 122–126.
- EMMERER B. & KAMMERER H. 2014: Biotopkartierung Gesäuse. Teilbericht Hochkar Scheibenbauernkar, Haundlkar und Sperrenkar. grünes handwerk. – Bericht im Auftrag der Nationalpark Gesäuse GmbH. Graz.
- FELINKS B. & WIEGLEB G. 1998: Welche Dynamik schützt den Prozessschutz? Aspekte unterschiedlicher Maßstabebenen – dargestellt am Beispiel der Niederlausitzer Bergbaulandschaft. – Naturschutz und Landschaftsplanung. – Zeitschrift für angewandte Ökologie 30(8/9): 298–303.
- FISCHER M. A., ADLER W. & OSWALD K. 2005: Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. 2nd ed. – Land Oberösterreich, Biologiezentrum der OÖ Landesmuseen. Linz.
- 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.
- HALLER R., HAUENSTEIN P., ANDERWALD P., BAUCH K., JURGET 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.
- JEDICKE E. 1998: Raum-Zeit-Dynamik in Ökosystemen und Landschaften. Kenntnisstand der Landschaftsökologie und Formulierung einer Prozessschutzdefinition. – Naturschutz und Landschaftsplanung. Zeitschrift für angewandte Ökologie 30(8/9): 229–236.
- JUNGMEIER M., HAUSHERR H. & EGGER G. 1998: Konzept für ein vegetationsökologisches Dauerbeobachtungsprogramm im Nationalpark Hohe Tauern. Klagenfurt.
- KAMMERER H. 2011: Biotopkartierung Gesäuse. Teilbericht Kartierungsbereich Brett und Kalktal. grünes handwerk. – Im Auftrag der Nationalpark Gesäuse GmbH. Graz.
- KIRCHMEIR H. 2014: Assessment of the forest wilderness in the Kalkalpen National Park. – In prep.
- KLIPP S. & SUEN M. 2011: Dauerbeobachtung dynamischer Standorte im Nationalpark Gesäuse. Dokumentation. – Im Auftrag der Nationalpark Gesäuse GmbH.
- 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.
- MIRTL M., BAHN M., BATTIN T., BORSODORF A., ENGLISCH M., ERSCHBAMER B., FUCHSBERGER, J., GAUBE V., GRABHERR G., GRATZER G., HABERL H., KLUG H., KREINER D., MAYER R., PETERSEIL J., RICHTER A., SCHINDLER S., STOCKER-KISS A., TAPPEINER U., WEISSE T., WINIWARTER V., WOHLFAHRT G. & ZINK R. 2015: Forschung für die Zukunft – LTER-Austria White Paper 2015 zur Lage und Ausrichtung von prozessorientierter Ökosystemforschung, Biodiversitäts- und Naturschutzforschung sowie sozio-ökologischer Forschung in Österreich. LTER-Austria Schriftenreihe, Vol. 2.
- MUCINA L., GRABHERR G. & WALLNÖFER S. 1993: Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III. Wälder und Gebüsche. – G. Fischer. Jena, Stuttgart, New York.
- ÖKOTEAM 2007: Lawinenrinnen als bedeutsame Sonderlebensräume im Nationalpark Gesäuse. Spinnentiere und Insekten. Tamischbachturm: Kalktal und Scheibenbauernkar. Vorprojekt. – Unveröffentlichter Projektentwurf im Auftrag der Nationalpark Gesäuse GmbH.
- STANGL J. 2011: Lawinen als gravitativer Prozess – Grundlagen und Bestandsaufnahme im Nationalpark Gesäuse. – In: KREINER D. & KLAUBER J. 2011 (Red.): Vielfalt Lawine. Das Kalktal bei Hieflau. – Schriften des Nationalparks Gesäuse 6: 33–41.
- TURNER M., GARDNER R. & O'NEILL R. 2001: Landscape ecology in theory and practice: pattern and process. – Springer Verlag. New York, Berlin, Heidelberg.
- WILLNER W. & GRABHERR G. 2007: Die Wälder und Gebüsche Österreichs. Ein Bestimmungswerk mit Tabellen. – Elsevier GmbH. München.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 2016

Band/Volume: [145](#)

Autor(en)/Author(s): Jungmeier Michael, Kirchmeir Hanns, Hecke Corinna, Kreiner Daniel

Artikel/Article: [Naturprozesse in einem Lawinarsystem - das Beispiel Kalktal im Nationalpark Gesäuse \(Ennstaler Alpen, Tamischbachturm\) 17-31](#)