

Wiederbewaldung und Stoffhaushalt auf Windwurfflächen im Kalkalpin

Ergebnisse von den SicAlp Untersuchungsflächen im Lattengebirge

Michael Kohlpaintner, Christian Huber und Axel Göttlein

Nach großflächigen Kalamitäten auf südexponierten Kalkstandorten ist eine rasche Wiederbewaldung anzustreben, um Standortdegradierungen zu verhindern. Im Lattengebirge bei Bad Reichenhall hat das Fachgebiet für Waldernährung und Wasserhaushalt der Technischen Universität München die Wiederbewaldung von Sturmwurfflächen im Rahmen des INTERREG-Projektes SicAlp sowie weiterer Projekte seit 2008 wissenschaftlich begleitet. Unter anderem wurden Saaten und Pflanzungen durchgeführt. Ein weiterer Schwerpunkt der Untersuchungen lag auf der Veränderung des Stoffhaushaltes nach großflächigen Störungen.

Im Januar 2007 hat der Sturm Kyrill im Lattengebirge bei Bad Reichenhall circa 150 ha fichtendominierten Bergwald geworfen. Das angefallene Sturmholz wurde bis zum Herbst 2007 aus Forstschutzgründen komplett aus der Fläche entfernt (Abbildung 1). Bei einer Höhenlage von 1.450 m ü. NN befindet sich das Untersuchungsgebiet im Übergangsbereich von der hochmontanen zur tiefsubalpinen Stufe und ist gekennzeichnet durch ein kühles (3–4 °C Jahresmitteltemperatur), humides (>2.000 mm Jahresniederschlag) Klima mit einer langen Schneebedeckung (i.d.R. bis Ende April/Anfang Mai).

Über dem anstehenden Dachsteinkalk liegt ein kleinräumiges Mosaik aus Fels-Humusböden, Rendzinen und Terra-Fuscae. Äolische Flugstaubeinträge, die in den Humusaufgaben deutlich anhand von Glimmerplättchen zu erkennen sind, dürften zu einer Verbesserung der Standortseigenschaften beitragen.

Die potenzielle natürliche Vegetation am Standort wäre ein Carbonat-Bergmischwald im Übergang zum tiefsubalpinen Carbonat-Fichtenwald. Vor dem Sturm war jedoch ein einschichtiger circa 200 Jahre alter Fichtenbestand mit wenigen

beigemischten Lärchen vorhanden, welcher während der Salinenwirtschaft begründet worden sein dürfte. Lichtmangel, Verbiss und Waldweide waren wohl die Ursachen, dass Naturverjüngung auf der Fläche weitgehend fehlte.

Wiederbewaldungsstrategien auf großen Kahlfeldern

Saat

Der 2008 angelegte *Saatversuch* im Lattengebirge mit Ausfallraten von über 50 % der Saatplätze lässt die Saat als Wiederbewaldungsstrategie für geräumte, südexponierte, humusreiche Kalkstandorte als fragwürdig erscheinen. Besonders der dunkle Humus weist bei Freilage sehr ungünstige mikroklimatische Bedingungen auf. Da er im direkten Sonnenlicht sehr stark austrocknet und sich seine oberste Bodenschicht bis über 70 °C erhitzen kann, bildet er ein sehr schlechtes Keimsubstrat. Daher scheint bei hohem Flächenanteil an Humusaufgaben (Fels-Humusböden) eine umgehende Pflanzung das Mittel der Wahl zu sein, um Nährstoffverluste und Humus-



Foto: M. Kohlpaintner

Abbildung 1: Geräumte Sturmwurffläche im Lattengebirge nach dem Sturm Kyrill (Aufnahme im Oktober 2007)



Foto: M. Kohlpaintner

Abbildung 2: Sowohl die Naturverjüngung als auch die gepflanzten Bäume wachsen in der Nähe von Wurzelstöcken deutlich besser.

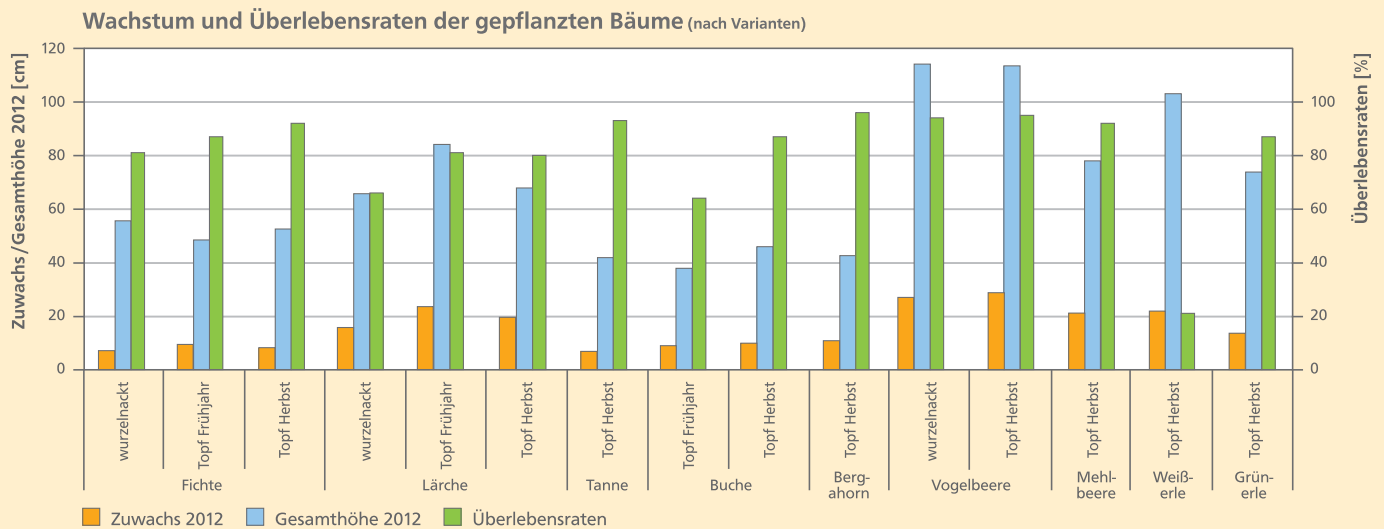


Abbildung 3: Zuwächse, Gesamthöhen und Überlebensraten der 2008 gepflanzten Baumarten im Jahr 2012; Pflanzvarianten: wurzelnackte Pflanzung sowie Topfpflanzung im Frühjahr oder Herbst

schwund zu mindern. Heller Mineralboden zeigt dagegen deutlich bessere Auflaufergebnisse. Eventuell wäre die Saat auf stark gestörten Standorten, auf denen viel Mineralboden freigelegt ist, als geeignetes Verfahren oder zumindest als Ergänzung zu einer Pflanzung in Betracht zu ziehen. Unter optimalen kleinstandörtlichen Bedingungen kann die Saat von Fichte, Lärche und Grauerle innerhalb von fünf Vegetationsperioden ähnliche Höhen erreichen wie die zum gleichen Zeitpunkt durchgeführte Pflanzung.

Pflanzung

Die 2008 gepflanzten Pionierbaumarten (Weißerle, Mehlbeere und Vogelbeere) und Baumarten mit Pioniercharakter (Lärche) zeigten deutlich höhere Zuwächse (meist > 20 cm im Jahr 2012) im Vergleich zu den Schlusswaldbaumarten Fichte, Buche, Tanne und Bergahorn (Abbildung 3). Die Überlebensraten waren bei den Topf-/Containerpflanzen meist höher als bei den wurzelnackten Pflanzvarianten. Jedoch wiesen die wurzelnackte gepflanzten Vogelbeeren ebenfalls sehr hohe Überlebensraten von über 90 % auf. Die Herbstpflanzungen hatten bis auf die Lärche geringere Ausfälle als die Frühjahrspflanzungen (ebenfalls Abbildung 3).

Idealer Kleinstandort (Boden, Wurzelstöcke und Begleitvegetation)

Humusaufgaben und eine hohe *Gesamtbodenmächtigkeit* wirken sich bei fast allen untersuchten Baumarten signifikant positiv auf das Pflanzenwachstum aus. Ebenfalls signifikant positiv ist die Nähe zu *Wurzelstöcken* zu bewerten (Abbildung 2). Ebenso vorteilhaft für die Pflanzenentwicklung sind an südexponierten Hängen Standorte, an denen die Pflanzen durch ein Hindernis vor der extremen Mittagssonne geschützt

sind. Hohe und dichte *Begleitvegetation* hat keinen negativen Einfluss auf die Entwicklung der Pflanzen. Sie ist eher als Zeiger für die Standortsgüte zu sehen (besonders wenn es sich um Nährstoffzeiger wie Himbeere, Holunder oder Weidenröschen handelt) und dient der Kunstverjüngung eventuell sogar als Strahlungsschutz. Die Ergebnisse zeigen, dass die optimale Auswahl des Kleinstandes einen entscheidenden Vorteil für die Entwicklung der Pflanzung hat. Aufgrund der hohen Kosten der Pflanzung im Gebirge ist dieser Aspekt besonders zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang sollte über ein einfaches Sondierungsverfahren (z.B. mit stabilen Fieberglasstäben) für die Pflanzung nachgedacht werden, mit dem die Bodentiefe (evtl. auch die Humusmächtigkeit) einfach und schnell überprüft werden kann. Dadurch könnte die Standortsauswahl optimiert sowie der Aufwand für das vergebliche Graben von Pflanzlöchern (weil zu geringmächtig) eingespart werden. Die höheren Pflanzenerfolge würden sicherlich die etwas zeitaufwendigere Standortssuche aufwiegen.

Nährstoffversorgung der Verjüngung

Die *Nährstoffgehalte der Verjüngung* zeigten bei fast allen künstlich eingebrachten Baumarten einen deutlichen Pflanzschock im Jahre 2009 an. Obwohl nur vital erscheinende Pflanzen beprobt wurden, wiesen einige Pflanzvarianten sogar extreme Nährstoffmängel auf. Nach 2009 stiegen die Nährstoffgehalte wieder an. Die Naturverjüngung auf der Sturmwurflläche war im Untersuchungszeitraum fast immer besser ernährt als die Kunstverjüngung. Nach vier bzw. fünf Vegetationsperioden zeigten sich bei den 21 nährstoffkundlich eingewerteten Pflanzvarianten in 19 Fällen Eisenmangel, in 15 Fällen Kaliummangel, in 14 Fällen Stickstoffmangel, in elf Fällen Phosphormangel und in zehn Fällen Schwefel- und Zinkmangel. Diese Nährstoffe scheinen an diesem Standort limitierend für das Pflanzenwachstum zu sein, wobei die ersten vier (Eisen, Kalium, Stickstoff und Phosphor) typische Man-

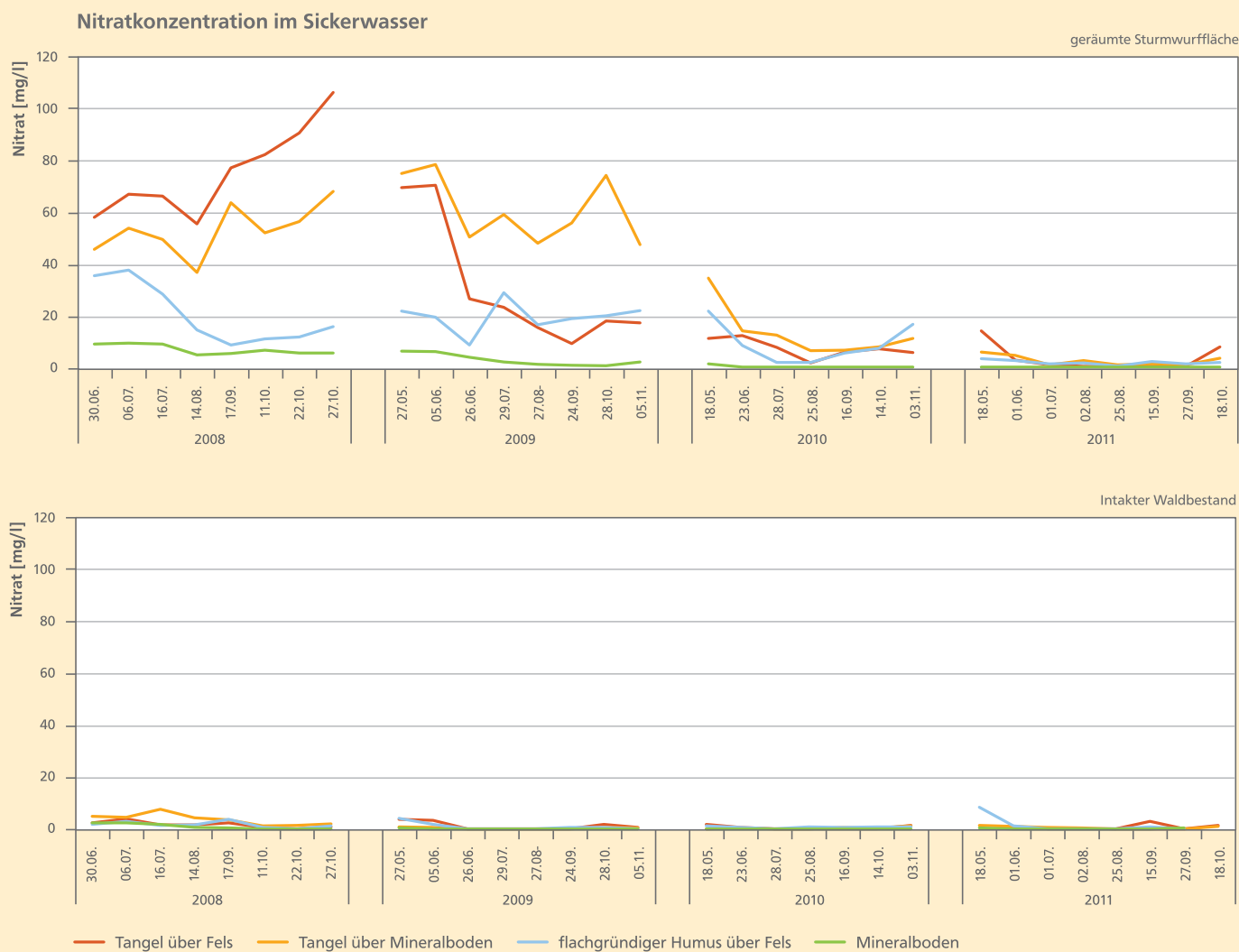


Abbildung 4: Verlauf der mittleren Nitratkonzentrationen im Sickerwasser verschiedener Bodenformen während der Vegetationszeit 2008–2011 auf der Sturmwurffläche (oben) und in einem nahegelegenen intakten Waldbestand (unten)

Veränderungen im Stoffhaushalt und Humusschwund auf Katastrophenflächen

gelelemente kalkalpiner Standorte sind. Die bisherigen Untersuchungen zur Nährstoffversorgung haben gezeigt, dass die Nährstoffkonzentrationen (auch bei der Naturverjüngung) starken jährlichen Schwankungen unterliegen.

Bei einem Vergleich der Ernährungssituation von Kunst- und Naturverjüngung auf Dolomit- und Kalkstandorten zeigten die Pflanzen auf Dolomit deutlich ausgeprägtere Nährstoffmängel als auf Kalk. Die meisten Baumarten waren auf Dolomit deutlich schlechter mit Stickstoff, Phosphor, Kalium und Mangan, teilweise auch mit Zink versorgt. Eisen war auf beiden Standorten meist im Mangel. Lediglich die Kiefer zeigte auf den untersuchten Dolomitstandorten eine ausreichende Versorgung mit Nährstoffen (außer Eisen) auf.

In Abbildung 4 ist deutlich zu sehen, dass die mittleren Nitratkonzentrationen auf der geräumten Sturmwurffläche (oben) unter allen beprobten Böden in den Jahren 2008–2010 um ein Vielfaches höher sind als im intakten Wald (Abbildung 4, unten). Die höchsten Konzentrationen finden sich unter den Tangelhumusauflagen. An Einzelmessplätzen wurden sogar Nitratkonzentrationen von bis zu 250 mg/l (Milligramm pro Liter) festgestellt. Solch hohe Werte kennt man bisher nur von Kahlschlägen im Flachland. Die Sickerwasseruntersuchungen haben zudem gezeigt, dass in den ersten drei Jahren nach der Katastrophe neben Stickstoff auch sehr hohe Verluste an Kalium, Schwefel und anderen Nährstoffen auftreten. Diese Nährstoffe fehlen der folgenden Waldgeneration.

Untersuchungen der Universität für Bodenkultur in Wien (Prof. Dr. Klaus Katzensteiner und Mitarbeiter) auf Flächen im Höllengebirge zeigten, dass innerhalb der ersten drei Jahre nach dem Sturmwurf im Mittel 2,6 cm Humusaufgabe aufgrund erhöhter Mineralisation und Erosion verloren gingen. Das entspricht 17 % der mittleren Gesamtbodentiefe an diesem Standort. Für die Jahre 2010 und 2011 wurden Kohlenstoffverluste infolge von Mineralisation von circa 10 t/ha (Tonnen pro Hektar) ermittelt. Dies zeigt, dass die Nährstoffe vor allem mit dem Sickerwasser ausgetragen werden. Der Kohlenstoff dagegen entweicht im Zuge der Mineralisation vor allem als CO₂ in die Atmosphäre. Mit dem Kohlenstoff gehen dem Standort auch Wasserspeicherkapazität und Austauschkapazität für Nährstoffe verloren. Es sollte in diesem Zusammenhang untersucht werden, ob ein weitgehendes Belassen des Schadholzes auf der Fläche die Nährstoff- und Kohlenstoffverluste verhindern kann.

Untersuchungen zur Nährstoffverfügbarkeit mithilfe von Ionenaustauscherharzen an verschiedenen Standorten haben gezeigt, dass bereits in einem sich auflösenden Altbestand (z.B. nach Borkenkäferbefall) die Mobilität von Stickstoff und Phosphor stark ansteigt. Dieses Nährstoffpotenzial geht verloren, wenn zu diesem Zeitpunkt keine Verjüngung vorhanden ist. Auf zusammengebrochenen und anschließend geräumten Flächen ist die Nährstoffverfügbarkeit am höchsten. Kalium scheint besonders mobil zu sein und innerhalb weniger Jahre nach der Störung ist ein Großteil davon ausgetragen. Bereits nach zwei bis drei Jahren lässt die Kaliumverfügbarkeit daher wieder nach. Aus diesem Grund ist es besonders wichtig, dass eine Vorverjüngung bereits vor der Bestandsauflösung etabliert ist, um die durch Mineralisation freiwerdenden Nährstoffe im Ökosystem zu halten. Dolomitstandorte sind diesbezüglich noch sensibler als Kalkstandorte.

Fazit

Die Saat erscheint zur Wiederbewaldung von südexponierten geräumten Sturmwurfflächen im Kalkalpin mit hohen Flächenanteilen an Humusaufgaben nicht zielführend.

Das Wachstum der gepflanzten Bäume in den ersten drei bzw. vier Vegetationsperioden war sehr gering und ein Pflanzschock anhand der Nährstoffkonzentrationen in den Nadeln bzw. Blättern war deutlich zu erkennen. Trotzdem machen die hohen Überlebensraten (meist >80 %) und eine deutliche Zuwachssteigerung in der vierten bzw. fünften Vegetationsperiode nach der Pflanzung Hoffnung auf eine erfolgreiche Wiederbewaldung. Die Pionierbaumarten und die Lärche zeigten 2012 durchweg höhere Zuwächse und Gesamthöhen als die Klimaxbaumarten Fichte, Tanne und Buche.

Für alle gepflanzten Baumarten gilt: Auf den Kleinstandort kommt es an! Je mächtiger die Bodentiefe und je dicker die Humusaufgabe, desto besser ist das Wachstum und die Vitalität der Pflanzen. Schutz vor der extremen Strahlung der Mittagssonne wirkt sich an den südexponierten Standorten ebenfalls positiv auf das Pflanzenwachstum aus. Eine üppige Begleitvegetation hat keine negativen Folgen für das Pflanzenwachstum. Sie scheint eher ein Zeiger für eine vorteilhafte Wasser- und Nährstoffversorgung zu sein. Der Auswahl des Kleinstandortes sollte bei der Pflanzung daher große Beachtung geschenkt werden.

Die größten Nährstoffausträge und Humusverluste auf der geräumten Sturmwurffläche fanden in den ersten drei Jahren nach dem Sturm statt. Auch eine schnelle Bepflanzung der Flächen oder eine Saat im Jahr nach dem Ereignis kann dies nicht verhindern. Die Kunstverjüngung entwickelt sich in diesen Hochlagen nur sehr langsam und erleidet zudem einen Pflanzschock, was die Nährstoffaufnahme zusätzlich einschränkt. Einzig eine bereits etablierte Vorverjüngung wäre in der Lage, die frei werdenden Nährstoffe zu nutzen und somit für den folgenden Bestand weitgehend zu erhalten. Um unsere Bergwälder fit für die Zukunft zu machen, müssen daher alle Maßnahmen ausgeschöpft werden, die eine üppige, natürliche und gemischte Verjüngung der Bestände ermöglichen.

Dr. Michael Kohlpaintner ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet für Waldernährung und Wasserhaushalt an der Technischen Universität München. Prof. Dr. Axel Göttlein leitet dieses Fachgebiet.

Prof. Dr. Christian Huber war wissenschaftlicher Mitarbeiter in diesem Fachgebiet und leitet heute die Professur für Ökologische Standortkunde an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf.

Korrespondierender Autor: kohlpaintner@forst.tu-muenchen.de

