

# **Das Langzeitgedächtnis der Vegetation Neue Resultate aus der Versuchsweide von 1930 bis 2004 auf der Schynigen Platte (2000 müM)**

- Otto Hegg, Bern -

## **Abstract**

In 1930, the first experiment on fertilization of alpine vegetation, the second in the world, was started. Dr. Werner Lüdi tried to get better fodder for cattle from the Geomontani-Nardetum, a vegetation type growing on extremely poor and acid soil, by fertilizing with N, P, K and ground limestone and their mixtures. He reached his goal with N, P, lime, manure and Thomas slag and published the results (LÜDI 1959). Fortunately his notes are preserved, so that on the basis new research is possible.

Since 1980 our goal of research is the influence of fertilizers on biodiversity: Which species are furthered by which fertilizer, which are checked, how does the changed competition work? The pasture contains species being very susceptible on fertilization or changes in management. On some examples such reactions are shown:

*Arnica montana* disappears with almost all fertilizers.

*Carlina acaulis* shows an amazing constancy in quadrates where it once made it to grow.

Typical species of the stronger fertilized Crepido-Festucetum rubrae are almost 70 years after the last fertilization still more frequent than in unfertilized plots.

The pH of the soil in the surfaces treated with lime is after almost 70 years still higher than in untreated plots.

Leaves of 7 species collected in fertilized quadrates contain almost 60 years later more N, P and Ca than leaves from untreated ones.

The last relevées from 2002 demonstrate for the first time the probable influence of fertilization from the air with N and with dust containing P and other nutrients including lime.

Many questions still are open and could to be answered by using this material.

## **1. Einleitung**

Nach dem ersten Weltkrieg hatte sich in der Schweiz das Bedürfnis verstärkt, die Selbstversorgung des Landes mit Nahrung zu sichern. In der Landwirtschaft wurde Vieles neu eingeführt, in der Alpwirtschaft waren die Möglichkeiten für Verbesserungen jedoch beschränkt. Auf vielen Alpen waren große Flächen von Nardeten bedeckt, einer sehr wenig produktiven Weide, die schlechtes Futter liefert.

1930 legte Dr. Werner Lüdi, damals Privatdozent am Botanischen Institut der Universität Bern, später Direktor des Geobotanischen Instituts Rübel in Zürich, einen großen Freilandversuch an, wie diese Weide verbessert werden könnte. Verschiedene Bewirtschaftungen (umgraben, schälen, abbrennen, natürlichen Rasen belassen) und

verschiedene Dünger (N, P, K, NK, NP, PK, NPK, Kalkmehl, Kalkmehl mit NPK, Thomasschlacke, Stallmist, Urgesteinsmehl, Kompost) wurden an je fünf Flächen von 2.25 m<sup>2</sup> eingesetzt, insgesamt 340 derartige Versuchsflächen in 64 Versuchsreihen. Alle ein bis zwei Jahre erntete Lüdi das Heu (abschneiden, Trockengewicht), alle 5 bis 10 Jahre machte er genaue floristische Analysen und schätzte die Deckung aller vorhandenen Pflanzenarten in Prozenten.

LÜDI (1959) publizierte den Erfolg seines Versuches. Es war ihm gelungen, die Borstgrasweide in eine produktivere Weide umzuwandeln, die dem *Crepidofestucetum rubrae* nahe steht, mit einer größeren Produktion von besserem Futter. Besonders mit NPK und mit Kalk, aber auch mit Thomasschlacke und Stallmist hatte er Erfolg. Anschließend wandte er sich verstärkt anderen Forschungsthemen zu, pflegte aber die Versuchsweide bis zu seinem Tod 1968 weiter.

Die Daten des Versuchs und die Dokumentation blieben erhalten. Seit 1980 ist unser Forschungsziel nicht mehr die Produktivität, sondern die Biodiversität und die Stabilität von Ökosystemen.

Hier werden einige ausgewählte Resultate und Fragen aus diesem zweitältesten Düngungsexperiment der Welt dargestellt.

## 2. Die Anlage der Weide

Lüdi hatte ein erstaunlich homogenes Gelände von ca. 2000 m<sup>2</sup> im nachher von ihm beschriebenen *Nardetum strictae* unterhalb des Alpengartens auf der Schynigen Plat-

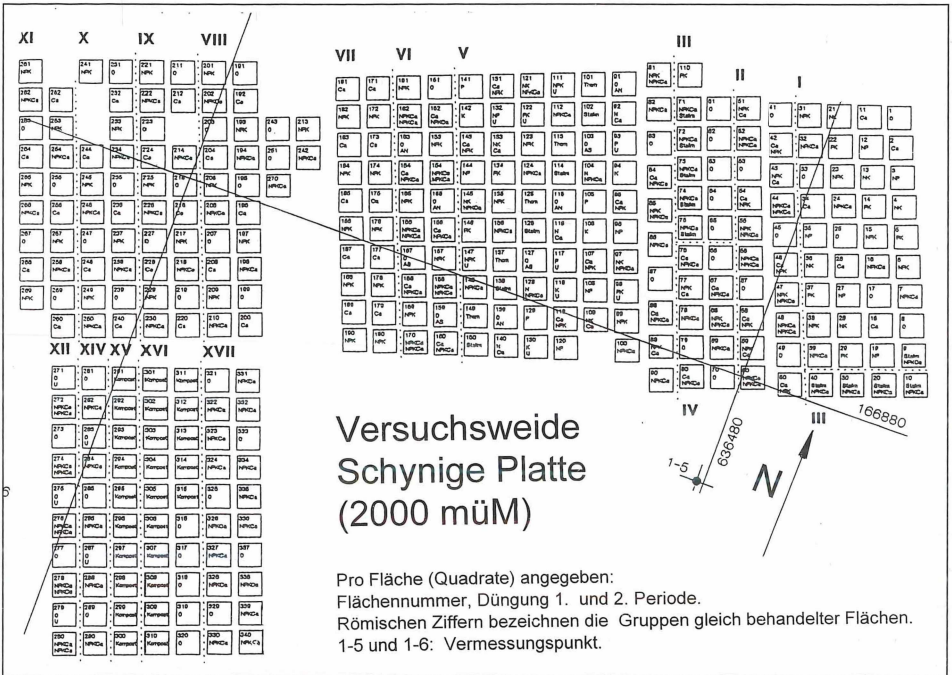


Abb. 1: Übersicht über die Versuchsweide auf der Schynigen Platte mit den 340 Flächen. Außerhalb der Reihen angeordnete sind Ersatz für wegen Inhomogenitäten ausgeschlossene Flächen. Die Quadrate haben 2 m Seitenlänge (1 m Untersuchungsfläche für die floristischen Analysen, 30 cm darum als Pufferfläche und für die Entnahme von Bodenproben usw., 40 cm Zwischenraum zur nächsten Fläche).

te gefunden. (Einige Inhomogenitäten schloss er aus dem Versuch aus und legte die Flächen in Lücken an, die er ebenfalls wegen Kalksteinen, die vorhanden waren, machen musste). Ab 1930 bis 1934 legte er die 340 Flächen an. Immer 10 Quadrate lagen in Reihen im Hang übereinander, sie waren nach 1970 dank der sauberen Anlage in „Zeilen und Spalten“ und vielen verbliebenen Markierungen gut wieder aufzufinden (Abb. 1). Es ist eine einmalige Chance, hier die Nachwirkungen der Maßnahmen Lüdís zu untersuchen.

### 3. Resultate aus der Weide

#### 3.1 Allgemeine Wirkungen

Die Dünger und ihre Kombinationen wirken unterschiedlich stark und lang. Sehr schnell und intensiv wirken NPK mit Kalkmehl, NPK allein und Stallmist. Kalk allein verändert die Vegetation langsamer, aber nachhaltig. Weniger stark, aber ebenfalls nachhaltig wirkt Thomasschlacke. Phosphor und Stickstoff bewirken eine schnelle, nicht sehr anhaltende Veränderung. Kali allein hat sehr geringen Einfluss, scheint aber in Verbindung mit Phosphor und oder Stickstoff deren Einfluss zu verstärken. Das gilt sowohl für Arten stark saurer Böden wie auch für stärker auf gute Nährstoffversorgung angewiesene.

#### 3.2 Die Einflüsse auf einzelne Arten

Am Beispiel von *Arnica montana* wird in Abb. 2 der Einfluss der verschiedenen eingesetzten Dünger gezeigt. Diese sehr ausführliche Art der Darstellung zeigt eindrücklich die unterschiedliche Reaktion der fünf gleich behandelten Flächen (als fünf kleine Säulen im einzelnen Histogramm; je die gleiche Fläche steht an der gleichen Stelle, sie lässt sich also über die Jahre verfolgen) und der verschiedenen Dünger (als einzelnes Histogramm von oben nach unten) von 1931 bis 1990.

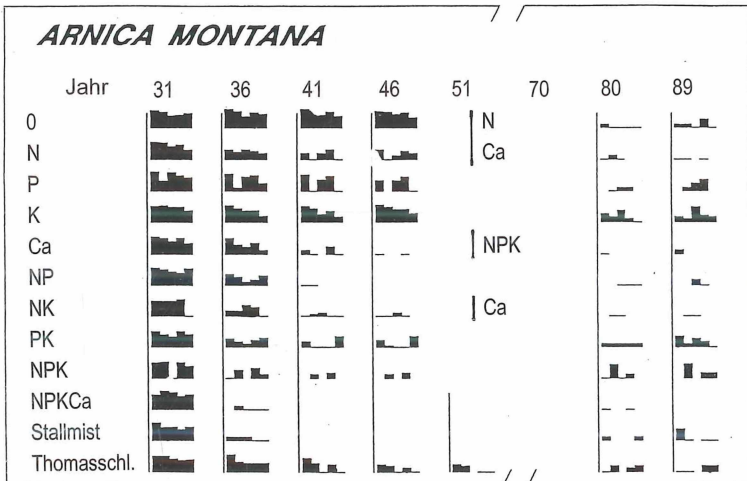


Abb. 2: Wirkung der verschiedenen Dünger auf *Arnica montana* als eine Art, die auf Dünger stark anspricht. Dargestellt sind alle Flächen einer Versuchsgruppe (V nach Lüdi), mit natürlichem Rasen und vielfältiger Düngung. Besonders empfindlich reagiert *Arnica* auf Kalk (Ca), P und N in verschiedenen Kombinationen. In einer zweiten Düngung der Flächen nach 1946 brachte Lüdi Stickstoff auf die früher ungedüngten Flächen. Die Art war deshalb 1980 aus diesen Flächen fast ganz verschwunden (erste Zeile).

Die unterschiedliche Wirkung der Dünger ist deutlich zu erkennen. Die ungedüngten Flächen bleiben bis 1950 stabil. In allen Varianten mit Beteiligung von N und / oder P verschwindet *Arnica* mehr oder weniger schnell, z.T. für lange Zeit. Gleich wirken Kalk, Thomasschlacke und Stallmist.

Diese Feststellungen gelten auch für andere Arten: Ähnlich wie *Arnica* gehen *Geum montanum*, *Campanula barbata*, *Pseudorchis albida* und andere Arten saurer Böden nach Düngung stark zurück. *Nardus stricta* dagegen wird durch P und N stark gefördert, während NPK mit Kalk oder Stallmist *Nardus* auf lange Zeit nahezu zum Verschwinden bringen. Am schnellsten wirken NPK und Kalk gemeinsam, die Wirkung bleibt auch am längsten erhalten. Arnika und Borstgras sind in diesen Flächen nach 10 Jahren ganz verschwunden, Arnika bleibt 60 Jahre weg.

Die Unterschiede der fünf parallel geführten Flächen sind auf die natürlichen Inhomogenitäten zurückzuführen, die in jedem Pflanzenbestand vorkommen, zum Teil wohl auch auf Kalkbrocken, die bis nahe an die Oberfläche kommen und etwas weniger sauren Boden verursachen. Das dürfte bei der Düngung NK bei der fünften und bei NPK bei der dritten Fläche die Ursache für das fast vollkommene Fehlen der *Arnica* sein, die hier in sämtlichen Jahren fehlt. Es wäre interessant, diesen Erscheinungen nachzugehen und die zeitliche und räumliche Homogenität zu analysieren.

In Abb. 2 muss berücksichtigt werden, dass Lüdi einzelne Flächen dieser Gruppe ab 1956 anders gedüngt hat. Sie sind gekennzeichnet durch die Angabe dieser Düngung vor dem Jahr 1970.

### 3.3 Die Einflüsse auf Artengruppen

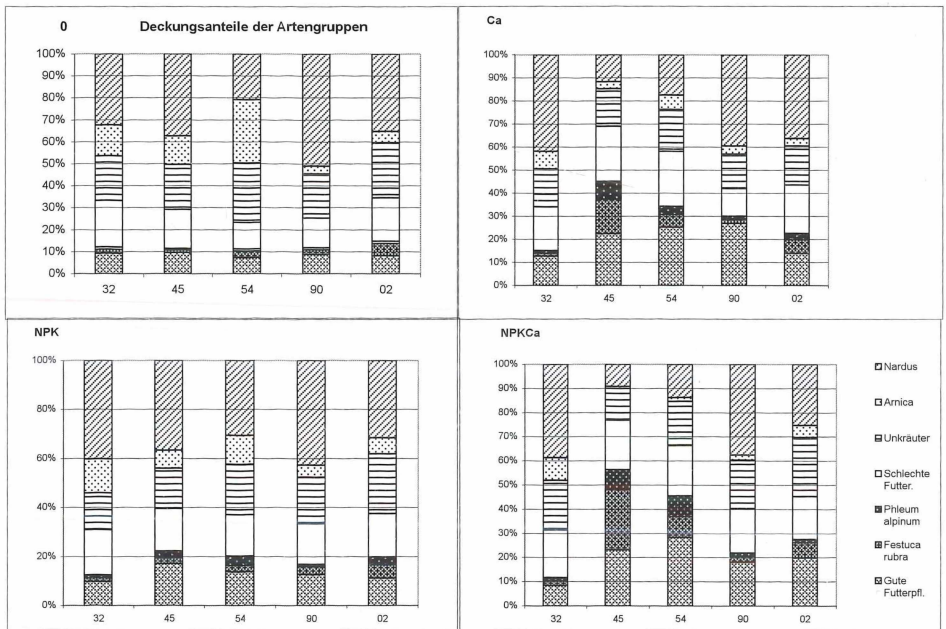


Abb. 3: Entwicklung der Artenzusammensetzung in 80 Flächen (aus Gruppen IIX bis XI nach Lüdi), von denen anfänglich die Hälfte umgegraben und die von 1930 bis 36 gedüngt wurden. Die Balken zeigen die Deckungsanteile von „Unkräutern“ (incl. *Arnica montana* und *Nardus stricta*), „schlechten“ und „guten Futterpflanzen“ (incl. *Festuca rubra*, *Poa alpina* und *Phleum alpinum*) nach der Definition von LÜDI (1959).



Wie die Zusammenfassung der gleich behandelten Quadrate zu Fünfergruppen in Abb. 2 die Übersicht erleichtert, hilft auch die Kombination von mehreren Arten, die nach ihren ökologischen Ansprüchen ähnlich reagieren. Lüdi hatte von der landwirtschaftlichen Praxis her die Arten zusammengefasst zu guten und schlechten Futterpflanzen und Unkräutern. Es liegt nahe, auch Säure- und Basenzeiger oder typische Arten verschiedener Pflanzengesellschaften zusammenzuziehen und deren Gruppendeckung oder Artenzahl darzustellen.

Abb. 3 zeigt eine solche Zusammenfassung nach dem Vorschlag von Lüdi. Er schrieb (LÜDI 1959) anhand dieser Gruppen, dass vor allem durch Düngung mit NPK und/oder Kalk die guten Futterpflanzen gefördert und die schlechten und vor allem die Unkräuter zurückgedrängt wurden. Abb. 3 zeigt die Entwicklung der Gruppendeckung in fünf zeitlichen Schritten für vier Düngungsvarianten (0, NPK, Kalk und NPK + Kalk) in 80 Quadraten. Die Wirkung von Kalk und NPK+Kalk ist in der rechten Hälfte deutlich zu erkennen, mit einer sehr starken Veränderung von 1932 bis 1945, und einem langsamen Zurückpendeln bis 2002. Kalk allein wirkt etwas weniger stark als NPK mit Kalk, aber ebenso lang anhaltend.

Besonders interessant ist hier die Abnahme der „Unkräuter“ (incl. *Nardus*, *Arnica*) und parallel dazu die Zunahme der „guten Futterpflanzen“ (incl. *Phleum alpinum*, *Festuca rubra*) von 1990 bis 2002. Es könnte sein, dass sich die Düngung aus der Luft mit N, aber auch mit Staub, der P und viele andere Pflanzennährstoffe sowie Kalk enthalten kann, auf das Ökosystem der Borstgrasweide auswirkt, besonders auch, da die Veränderungen in allen vier Düngungsvarianten im gleichen Sinn laufen. Dieser mögliche Einfluss deutet sich hier erstmals, dank den neuesten Aufnahmen aus dem Jahr 2002, in der Versuchsweide an, muss aber in Analysen in weiteren Gruppen erhärtet werden.

Abb. 4 zeigt die Anzahl Arten, die im *Crepido-Festucetum rubrae* und im *Nardetum* typisch sind und das Verhältnis der Artenzahlen der beiden Gruppen im Verlauf der Zeit. Die Daten stammen aus je fünf gleich behandelten Quadraten. Vergleicht man die Jahre 1945 und 2002, stellt man fest, dass die Anzahl der Arten des *Crepido-Festucetums* in den gedüngten Flächen deutlich zugenommen hat, in geringem Ausmaß auch in den ungedüngten Flächen. Die *Nardetum*-Arten, die 1945 in den gedüngten Varianten deutlich zurückgedrängt waren im Vergleich mit den ungedüngten, haben bis 2002 zugenommen, ohne aber die Anzahl der ungedüngten wieder erreicht zu haben. Die Anzahl typischer Arten des *Crepido-Festucetums* ist auch 2002 in den gedüngten Flächen noch deutlich höher als in den ungedüngten, während die typischen Arten des *Nardetums* unter den verschiedenen Düngungsbedingungen wieder etwa gleich häufig sind. Am deutlichsten kommt der immer noch vorhandene Unterschied im Quotienten (Arten der Milchkrautweide/Arten der Borstgrasweide) zum Ausdruck.

Dass nicht nur die Artenzahlen, sondern auch ihre Deckungen sich noch unterscheiden, zeigt Abb.5. Hier wurden die Deckungen aller Arten, die in einer der folgenden drei Gesellschaften häufig vorkommen, summiert:

- *Crepido-Festucetum rubrae*
- *Caricetum ferrugineae*
- *Nardetum*
- sowie Arten, die sich keiner der drei Gesellschaften klar zuordnen lassen.

Alle Flächen, die nicht mit Kalk gedüngt wurden, weisen eine signifikant höhere Deckung der Arten des *Nardetums* auf, jene, die 1935 zum letzten Mal mit Kalk gedüngt wurden, zeigen eine signifikant höhere Deckung der Arten aus *Caricetum fer-*

rugineae und Crepido-Festucetum rubrae. Dieser Graphik liegen die gleichen Daten zu Grunde wie Abb. 3.

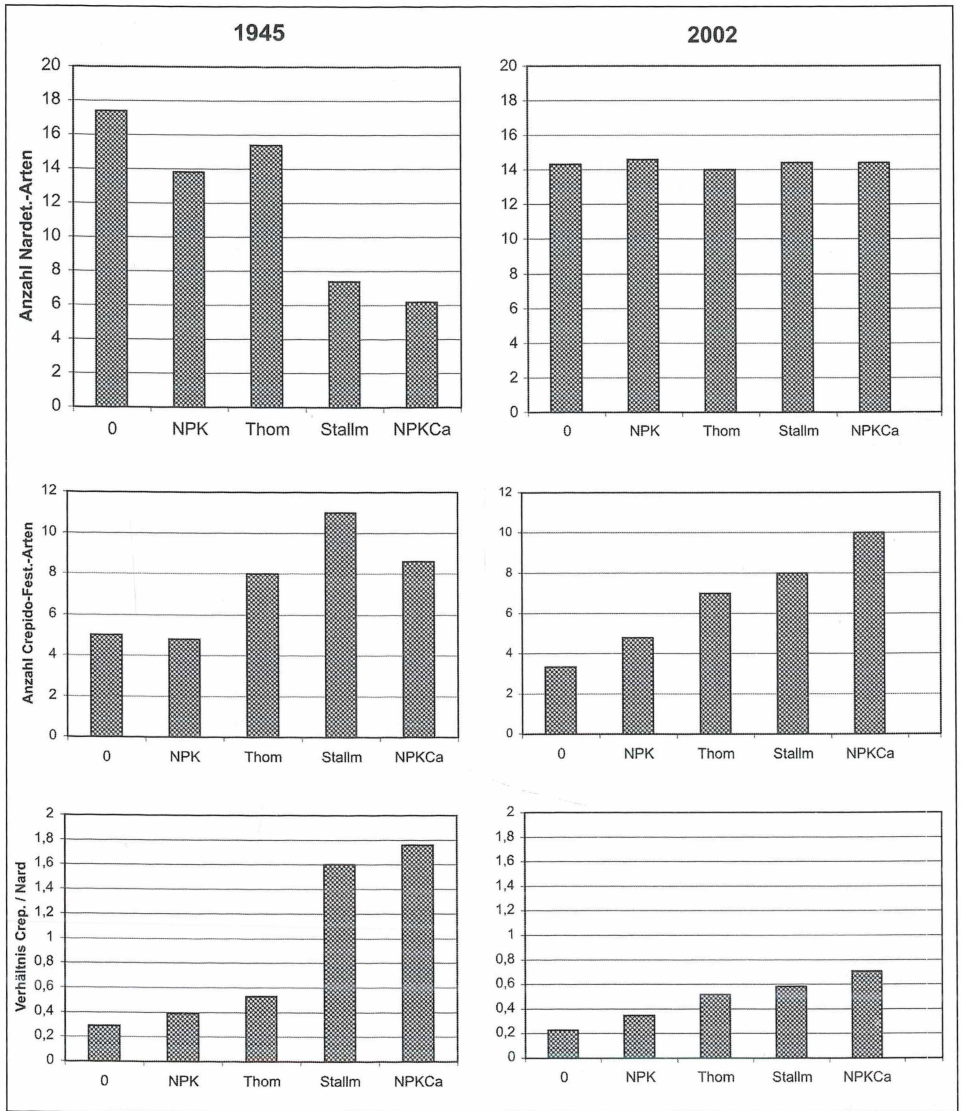


Abb. 4: Anzahl typischer Arten des Nardetums (oben), des Crepido-Festucetums rubrae (Mitte) und deren Verhältnis (unten) in den Jahren 1945 (links) und 2002 (rechts). Nach 10 Jahren Düngung und 3 weiteren Jahren ohne Düngung starker Rückgang der Nardetum-Arten in den gedüngten Flächen im Vergleich zur 0-Variante (ganz links) und im Verhältnis der Artenzahlen. 2002 immer noch vorhandene Wirkung der Düngungen, die 1942 letztmals vorgenommen wurden, besonders in der Anzahl der Crepido-Festucetum-Arten und wiederum im Verhältnis der beiden Gruppen. Die Kontrollgruppe erhielt leider zwischen 1946 und 1956 eine Düngung mit Stickstoff, deren Wirkung auf die Artenzahlen aber offenbar 2002 nahezu verschwunden war.

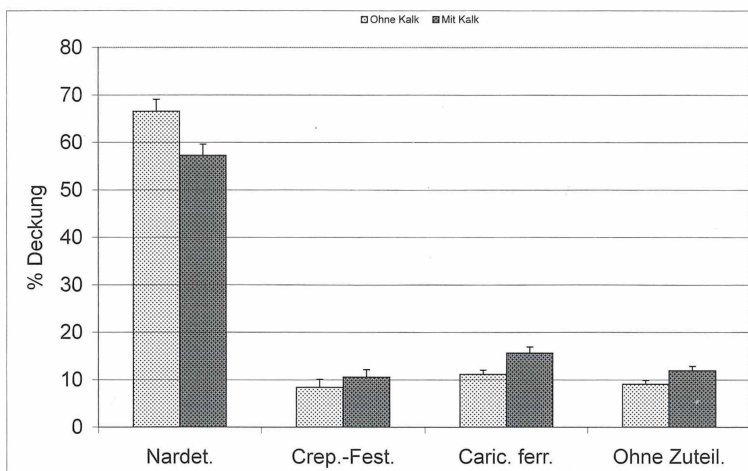


Abb. 5: Wirkung der Düngung mit Kalk auf die Deckung der Artengruppen „häufige Arten des Nardetums“ als Säurezeiger, „häufige Arten des Crepido-Festucetum rubrae“ als Nährstoffzeiger, und „häufige Arten des Caricetum ferrugineae“ als Zeiger neutraler bis schwach saurer Böden in den 80 Flächen der Abb. 3.

### 3.4 Einflüsse auf das Boden-pH

Auf das Boden-pH hatten nur jene Dünger einen Einfluss, die Kalzium enthalten, also Kalk, Thomasschlacke und Stallmist. Alle anderen Dünger ließen den Boden in den hier beobachteten Merkmalen unverändert. Abb. 6 zeigt den sehr starken und schnellen Einfluss von Kalk auf das Boden-pH. Seit 1955 haben sich die Werte jedoch wieder weitgehend ausgeglichen. Immerhin sind auch jetzt noch die Werte „mit Kalk“ am höchsten, auch bei Unterschieden von weniger als einer halben Einheit. Das gilt auch noch 2004; bei einer maximalen Differenz von 0.2 Einheiten ist der Durchschnitt mit Kalk in einer anderen Flächengruppe statistisch gesichert immer noch höher als jener ohne Kalk. Das entspricht den höheren Gehalten an adsorbierten  $\text{Ca}^{++}$ -Ionen in den Böden der gleichen Flächen (SPIEGELBERGER et. al. in Arbeit).

### 3.5 Einflüsse auf den Mineralstoff-Gehalt von Pflanzenblättern

1990 wurden von sieben Arten (*Arnica montana*, *Leontodon hispidus*, *Potentilla aurea*, *Geum montanum*, *Lotus alpestris*, *Trifolium pratense*, *Festuca rubra*) Blätter in möglichst allen Düngevarianten gesammelt und auf N, P und Ca analysiert. Es war für alle Arten möglich, einzelne Blätter aus allen Düngevarianten zu finden. Einzig *Arnica montana* wuchs in keiner der untersuchten Flächen, die Kalk zugefügt erhalten hatten.

Die Analyse ergab, dass der Gehalt an P für den Durchschnitt aller sieben Arten in jenen Flächen gesichert höher war, die Phosphor als Superphosphat, als Thomasschlacke oder mit Stallmist erhalten hatten.

Das gleiche gilt auch für Stickstoff, der doch als sehr beweglicher Pflanzennährstoff bekannt ist, der leicht aus dem Boden verschwindet. Die Stickstoffgehalte der Blätter aus Flächen, die je Stickstoff als Ammonnitrat, Ammonsulfat oder als Mist erhalten hatten, waren höher als jene, die nie solchen Dünger erhielten. Bei N und P sind die Unterschiede gering, aber statistisch gesichert.

Die Kalziumgehalte deuten die gleiche Tendenz an, aber mit Differenzierungen. Die Gehalte sind wesentlich unterschiedlicher, und *Leontodon hispidus* macht eine Aus-

nahme, indem hier in Blättern aus ungedüngten Flächen höhere Gehalte festgestellt wurden als in den mit Kalk gedüngten.

*Arnica montana* wächst noch immer nicht in mit Kalk in irgendeiner Form gedüngten Flächen, deshalb kann für diese Art kein Wert angegeben werden.

Zu untersuchen wäre die Wirkung von Superphosphat, Thomasschlacke und Stallmist auf den Gehalt an Kalzium. Es ist denkbar, dass dieses hier in eine Reaktion mit Phosphor tritt und z.B. als Apatit im Boden festgelegt wird, also trotz Düngung für die Pflanzen nicht verfügbar ist.

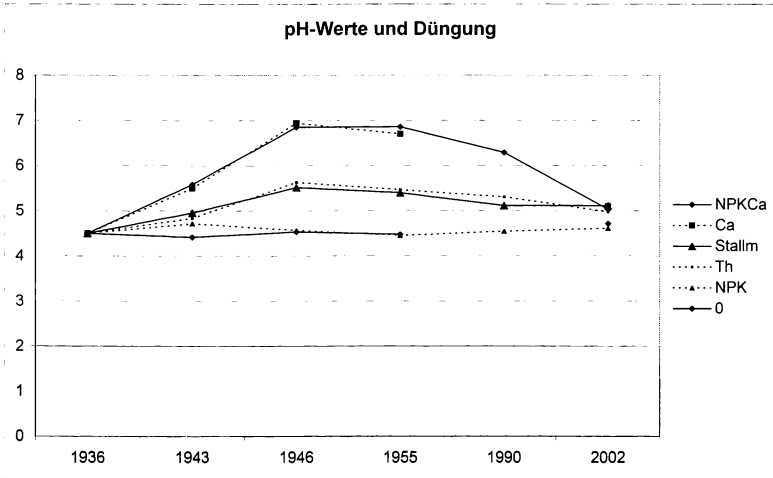


Abb. 6: Boden-pH und Düngung. Kalk bewirkt eine starke, Stallmist und Thomasschlacke eine moderate Erhöhung, die in beiden Fällen 2002 noch nicht ausgeglichen ist. Die anderen Dünger sind in diesem Zusammenhang ohne Einfluss.

### 3.6 Konstanz einzelner Arten

Es ist erstaunlich zu sehen, wie einzelne Arten über nahezu 70 Jahre hinweg in den gleichen Flächen wachsen, teils mit Eindringen in benachbarte, teils mit großer Konstanz nur in den betreffenden Flächen. Das betrifft etwa *Silene nutans*, die auf der Schynigen Platte ihre Obergrenze erreicht und an den etwas steileren Partien der Weide vorkommt. Aber auch *Knautia dipsacifolia* und *Carduus defloratus* haben sich nur sehr wenig ausgebreitet. Es sind Arten, die etwas kalkhaltigen Boden brauchen und die deshalb in ihrer Ausbreitung eingeschränkt sind. Vom pH des Bodens nach der Düngung mit Kalk her wäre für diese Arten das Wachstum durchaus auch in anderen Flächen möglich.

Als Beispiel der Konstanz seien in Abb. 8 die Vorkommen von *Carlina acaulis* in 80 Quadraten dargestellt:

1932 fehlte die Art in diesem Teil der Weide. 1937 war sie nur in einer einzigen Fläche (Nr. 244) vorhanden. 1954 werden im nicht umgegrabenen Teil (unten in der Abb.) mehrere NPK-Flächen neu besiedelt. LÜDI (1959) schreibt, dass die NPK-gedüngten Flächen etwa in dieser Zeit „zusammengebrochen“ sind. Damals habe es in diesen Flächen offene Flecken gegeben. *Carlina* konnte dort also möglicherweise in Lücken keimen und ist deshalb hier häufiger, ohne dass ein direkter Einfluss der Düngung vorausgesetzt werden muss. – Interessant ist, dass offenbar einmal besiedelte Flächen öfter besiedelt bleiben als dass *Carlina* in neue einwandern würde.



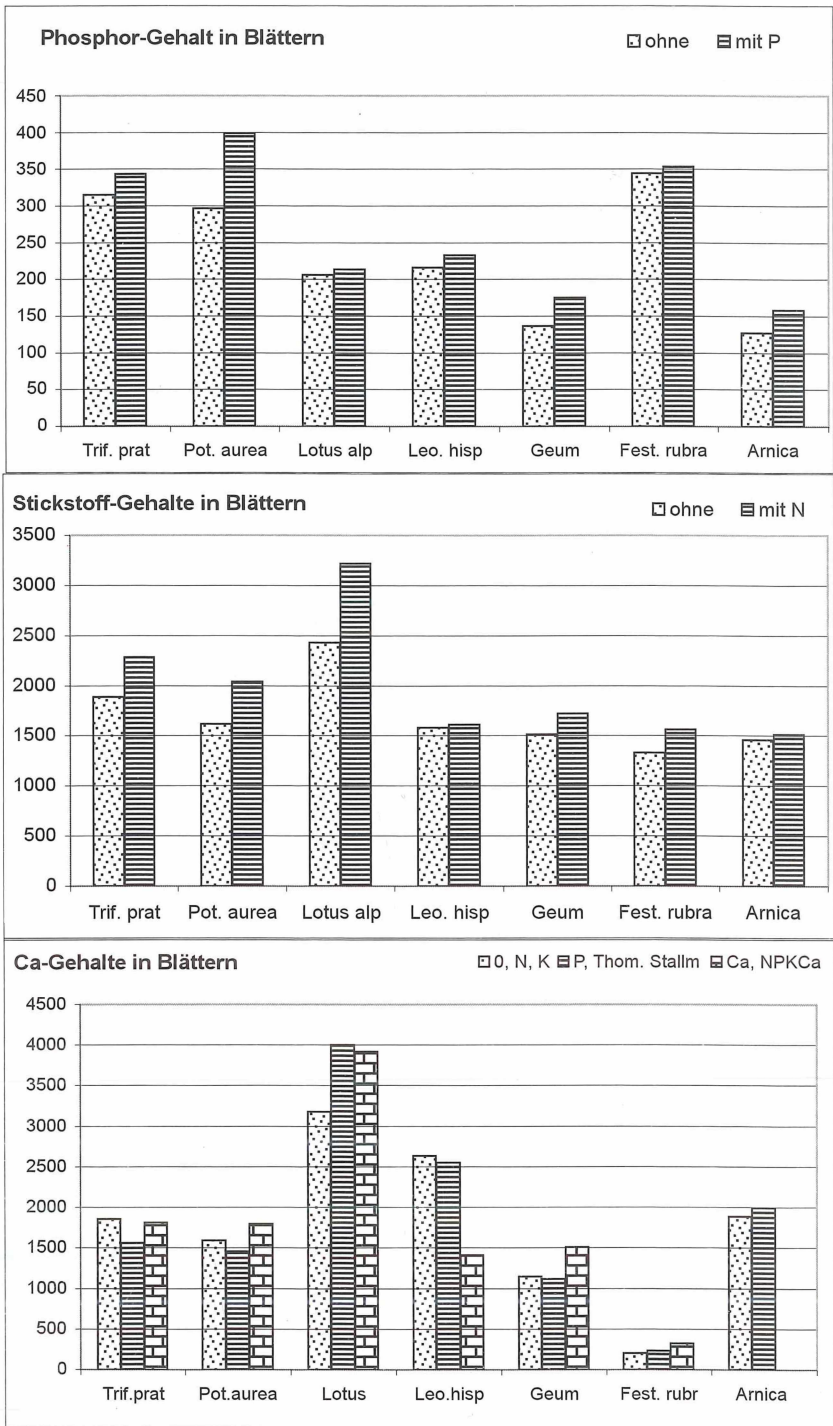


Abb. 7: Einfluss der Düngungen mit P, N und Kalk auf den Gehalt der Blätter von 7 Arten an P, N und Ca<sup>++</sup> (*Trifolium pratense*, *Potentilla aurea*, *Lotus alpinus*, *Leontodon hispidus*, *Geum montanum*, *Festuca rubra* und *Arnica montana*).

Nr.	Jahr					Nr.	Jahr					Nr.	Jahr					Nr.	Jahr				
	37	45	54	90	02		37	45	54	90	02		37	45	54	90	02		37	45	54	90	02
221						211	X	X	X	X	201					191					X		
222		X				212	X		X	X	202		X			192			X	X			
223			X	X		213					203					193		X	X	X			
224			X	X		214			X		204		X			194							
225						215					205					195		X	X	X	X		
226						216					206			X		196			X	X			
227						217					207			X		197					X		
228						218					208					198		X	X	X	X		
229						219					209					199				X			
230						220					210					200					X		
<b>umgegraben und angesät</b>																							
Nr.	Jahr					Nr.	Jahr					Nr.	Jahr					Nr.	Jahr				
	37	45	54	90	02		37	45	54	90	02		37	45	54	90	02		37	45	54	90	02
261						251						241		X		X			231		X	X	X
262						252		X	X	X		242							232			X	X
263		X				253						243							233				
264			X	X		254						244	X	X	X	X	X		234				
265	X	X	X	X		255	X	X	X	X		245							235				
266		X	X			256	X	X	X			246							236			X	
267						257				X		247							237				
268						258						248		X	X				238				
269		X				259		X	X			249							239			X	X
270						260						250		X					240	X	X	X	X
<b>nat.Rasen</b>																							
<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> NPK <input type="checkbox"/> Kalk <input type="checkbox"/> NPK+Kalk																							

Abb. 8: Übersicht über die Vorkommen von *Carlina acaulis* in den 80 Flächen der Abb. 3. Oben in der Figur wurde umgegraben, unten der natürliche Rasen belassen. Düngungen: 0, NPK, Kalk, NPK mit Kalk. Es ist auffällig, wie viele Quadrate nach der erstmaligen Besiedlung auch weiterhin *Carlina* aufweisen.

Für weitere Arten wäre möglicherweise eine genauere Untersuchung lohnend, ob sie sich in denselben Flächen halten konnten.

## 4. Diskussion

Aus den Resultaten aus der Versuchsweide und aus weiteren Beobachtungen lassen sich wichtige allgemeine Schlüsse ziehen:

### 4.1 Allgemeine Diskussion

Die Düngung mit Kalk hat den stark sauren Boden der Versuchsweide durch die Erhöhung des pH so nachhaltig verändert, dass auch 70 Jahre nach der letzten Kalkgabe sowohl die Artengarnitur als auch die Vegetationszusammensetzung, ebenso wie das pH des Bodens noch anders sind als in jenen Flächen, die keinen Kalk erhalten haben, die ihrerseits der anfänglichen Vegetation näher stehen. – Die Düngung mit NPK war lange Zeit ebenso deutlich sichtbar. Heute lässt sie sich noch schwach erkennen.

Was besonders erstaunt: auch die umgegrabenen Flächen unterscheiden sich von den als natürlicher Rasen belassenen Flächen kaum mehr, d.h. der Boden in seiner physikalisch-chemischen Zusammensetzung ist offenbar ausschlaggebend für das kon-

servative Verhalten der Borstgrasweide und wird durch das Entfernen der Vegetation und der obersten Bodenschichten weniger beeinflusst als durch die Düngung. Dieser Boden zeichnet sich aus durch hohen Säuregrad (pH ursprünglich um 4.5) und durch hohen Gehalt an organischer Substanz (im A-Horizont um 30%) und dadurch bedingt eine hohe Kationen-Austauschkapazität.

Für Ökosysteme solcher Extremstandorte (saurer Boden mit hohem Gehalt an organischer Substanz) hat offenbar eine einmalige Düngung eine sehr große Wirkung. Sie verursacht eine nachhaltige Veränderung des Bodens und damit der Zusammensetzung der Vegetation.

## 4.2 Erhaltung oligotropher Ökosysteme

Auch in der alpinen Stufe hat in vielen Vegetationstypen die Bewirtschaftung einen großen Einfluss auf die Ausgestaltung der Vegetation. Abb. 9 zeigt einige solche Eingriffe, welche die Vegetation verändern:

- Düngung bewirkt eine schnelle Eutrophierung.
- Ausmagerung des Bodens ist möglich, braucht aber lange Zeiträume.
- Art der Nutzung.
- Wegfallen der Nutzung.

In der Versuchsweide zeigte Lüdi, dass aus einem Nardetum innert 5 Jahren ein dem Crepido-Festucetum sehr nahe stehender Rasen entstehen kann. Für die Rückentwicklung genügten die seit der Düngung verflorenen nahezu 70 Jahre nicht.

Im Alpengarten wurde das Rumicetum alpinae neu eingerichtet. Dazu brauchte es etwa 5 Jahre intensive Düngung der eingepflanzten und angesäten Lägerpflanzen und eine fortgesetzte Düngung.

Die alten Läger im Schweizerischen Nationalpark bestehen heute noch, etwa 90 Jahre, nachdem 1914 die letzten Kühe dort geweidet haben. Die Eutrophierung und damit die Zerstörung der heute selten gewordenen Magervegetation ist in wenigen Jahren möglich, der Rückweg zurück zur Naturnähe braucht mindestens zehnmals mehr Zeit. Es kann sein, dass eine Regeneration überhaupt nicht möglich ist.

Abb. 9 zeigt auch, dass die Biodiversität im Verlauf der Eutrophierung abnimmt. Das Nardetum weist pro Quadratmeter rund 38 Arten auf, im Crepido-Festucetum sind es noch 27, im Rumicetum findet man noch 5. Mehr noch als die Artenzahl ist jedoch das Verschwinden der „besonderen“ Arten in kurzer Zeit von Bedeutung; mehrere dieser Gruppe sind noch über 60 Jahre nach der letzten Düngung nicht wieder eingewandert, auch wenn die nächsten Exemplare in der Nachbarfläche stehen, in etwa 2 Metern Distanz. Die selteneren Arten wurden ersetzt durch weit verbreitete.

Der Mechanismus der Erhaltung des Stickstoffes im Boden über die langen Zeiträume ist noch ungeklärt. Es ist sehr wahrscheinlich, dass hier die Mycorrhiza eine wichtige Rolle spielt, indem die Wurzelpilze die Mineralstoffe in niedrig molekularen, aber organischen Verbindungen (mindestens Aminosäuren) direkt aus der abgestorbenen organischen Substanz im Boden aufnehmen und an die höheren Pflanzen weiter geben, ohne dass im Boden je Nitrat oder Ammonium auftreten, ohne dass also eine Auswaschung möglich wird. Anders ist es kaum vorstellbar, dass der Stickstoff während 70 Jahren im Boden zurückbleibt und weder ausgewaschen noch als molekularer Stickstoff in die Luft austritt.

# Bewirtschaftung der alpinen Vegetation

## Borstgrasweide

Seit Jahrhunderten beweidet  
ohne Düngung  
200 g Heu pro m<sup>2</sup>  
**38 Arten pro m<sup>2</sup>, darunter 8 geschützte**  
geringer bis mittlerer Futterwert

↓ 5 Jahre düngen      ↑ über 70 Jahre mähen oder weiden

## Milchkrautweide

Seit langer Zeit regelmässig  
beweidet und gedüngt  
400 g Heu pro m<sup>2</sup>  
**27 Arten pro m<sup>2</sup>, alle häufig**  
Futterwert sehr hoch

↓ 5 Jahre intensiv düngen      ↑ über 100 Jahre ausmagern, mähen, ausgleichend düngen

## Läger

Einseitig mit Stickstoff überdüngt  
300 g Heu pro m<sup>2</sup>  
**5 Arten pro m<sup>2</sup>, alle häufig**  
sehr tiefer Futterwert



Artenzahl

Futterwert Produktivität

Nährstoffe

Zeichnungen E. Styrer  
O. Hegg 2004

Abb. 9: Durch die Bewirtschaftung der Alpen verändert sich auch in der alpinen Stufe die Pflanzendecke.



## Dank

Wir sind sehr glücklich, dass der Verein Alpengarten Schynige Platte an der Versuchswaide auf der Schynigen Platte großes Interesse hat und sie auch in Zukunft betreuen wird. So ist die Fortsetzung der Untersuchungen möglich.

Allen, die sich in letzter Zeit um die Versuchswaide in irgendeiner Form bemüht haben und die uns bei der Pflege und Auswertung unterstützt haben, sei hier sehr herzlich gedankt:

Verein Alpengarten Schynige Platte für die finanzielle Unterstützung der Forschung und die Ausführung der praktischen Arbeiten (Einzäunen und wieder Ablegen des Zaunes und alljährliches Mähen) und das gute Einvernehmen.

Der Bergschaft Ausser-Iselten für die Verpachtung der Weide und die Rücksicht in der Nachbarschaft und das gute Einvernehmen.

Früheren Studierenden am Botanischen Institut in Bern und Mitgliedern der Bernischen Botanischen Gesellschaft für Mitarbeit bei Feldaufnahmen und für Diskussionen.

Verena Hegg-Nebiker für Mitarbeit und intensive Diskussionen in allen Phasen der Arbeit.

## Zusammenfassung

1930 legte Dr. Werner Lüdi auf der Schynigen Platte ob Interlaken den ersten Düngungsversuch in der alpinen Stufe, den zweiten in der Welt an. Er wollte das *Geo montani-Nardetum*, eine sehr magere Alpweide, die schlechtes Futter liefert, verbessern. Er erreichte sein Ziel mit einer Düngung mit N, P, K, Kalk und deren Mischungen und mit Stallmist und Thomasschlacke und publizierte seine Resultate (LÜDI 1959). Glücklicherweise blieben seine Unterlagen alle erhalten, sodass auf dieser Grundlage weiter geforscht werden kann.

Seit 1980 ist unser Forschungsziel die Wirkung von Düngungen auf die Biodiversität: Welche Arten werden durch die Düngungen gefördert, welche gehemmt, wie spielt die veränderte Konkurrenz? Diese Weide enthält Arten, die auf sauren, extrem mageren Böden vorkommen, und die verschwinden, wenn gedüngt oder anders bewirtschaftet wird.

An einigen Beispielen werden solche Reaktionen gezeigt:

*Arnica montana* verschwindet bei fast allen Düngungen.

*Carlina acaulis* zeigt erstaunliche Konstanz in den Flächen, die sie einmal besiedelt hat.

Die typischen Arten der stärker gedüngten Weide des *Crepido-Festucetums rubrae* sind noch 70 Jahre nach der letzten Düngung häufiger als in ungedüngten Beständen.

Der pH-Wert des Bodens ist in den Flächen, die mit Kalk gedüngt wurden, nach fast 70 Jahren noch höher als in jenen ohne Kalk.

Die Gehalte von Blättern von 7 Arten an N, P und Ca, die auf Flächen gesammelt wurden, welche die entsprechenden Dünger erhalten hatten, sind 60 Jahre nach der Düngung höher als in jenen, die nicht gedüngt wurden.

Viele Fragen sind noch offen und harren der weiteren Bearbeitung des Materials.

## Literatur

- DÄHLER, W. (1992): Long term influence of fertilization in a Nardetum. The management of great quantities of data from permanent plots. – *Vegetatio* **103**: 135-140.
- DÄHLER, W. (1992): Long term influence of fertilization in a Nardetum. Results from the test plots of Dr. W. Lüdi on the Schynige Platte. – *Vegetatio* **103**: 141-150.
- DÄHLER, W. (1993): Langfristige Auswirkungen menschlicher Eingriffe in alpine Vegetation. Erhebungen, Aufbau einer Datenbank, erste Auswertungen zur Versuchsweide von W. Lüdi auf der Schynigen Platte (1930 - 1990). – *Geobot. Helv.* **69**, 139 S.
- FREY, E., F. OCHSNER & W. LÜDI (1947): Flechten und Moose in den Versuchsflächen einer Nardusweide auf der Schinigeplatte bei Interlaken. – *Ber. Geobot. Inst. Rübel*: 23-50.
- FREY, E., F. OCHSNER, & W. LÜDI (1958): Die Veränderung der Flechtenvegetation in den Versuchsflächen der Schinigeplatte von 1945 bis 1954. – *Ber. Geobot. Inst. Rübel*: 59-80.
- HEGG, O. (1984): Langfristige Auswirkungen von Düngung auf einige Arten des Nardetums auf der Schynigen Platte ob Interlaken. – *Angew. Bot.* **58** :141-146.
- HEGG, O. (1984): 50-jähriger Wiederbesiedlungsversuch in gestörten Nardetum-Flächen auf der Schynigen Platte ob Interlaken. – *Diss. Bot.* **72**: 159-166.
- HEGG, O. (1984): 50-jährige Dauerflächenbeobachtungen im Nardetum auf der Schynigen Platte ob Interlaken. – *Verh. Ges. Ökologie, Bern* **12**: 459 – 497.
- HEGG, O. (1992.): Long term influence of fertilization in a Nardetum. The experimental field of Dr. Werner Lüdi on Schynige Platte. – *Vegetatio* **103**: 133.
- HEGG, O., U. FELLER, W. DÄHLER & C. SCHERRER (1992): Long term influence of fertilization in a Nardetum. Phytosociology of the pasture and nutrient contents in leaves. – *Vegetatio* **103**: 151-158.
- LÜDI, W. (1928): Untersuchungen in den Pflanzengesellschaften des Alpengartens Schynige Platte. – *Jahresber. Alpengarten Schynige Platte*: 10-12.
- LÜDI, W. (1931): Wissenschaftliche Arbeiten. – *Jahresber. Alpengarten Schynige Platte*: 7-9.
- LÜDI, W. (1936): Experimentelle Untersuchungen an alpiner Vegetation. – *Ber. Schw. Bot. Ges.* **46**: 632-681.
- LÜDI, W. (1940): Die Veränderungen von Dauerflächen in der Vegetation des Alpengartens Schinigeplatte innerhalb des Jahrzehnts 1928/29 - 1938/39. – *Ber. Geobot. Inst. Rübel*: 93-148.
- LÜDI, W. (1940): Experimentelle Untersuchungen im subalpinen Nardetum. – *Verh. Schw. Natforsch. Ges.*: 160-162.
- LÜDI, W. (1941): Förderung der Selbstversorgung unseres Landes durch die Verbesserung der Alpweiden. – *Schw. Landw. Monatshefte* **19** (1), 6 S.
- LÜDI, W. (1941): Alpweide-Verbesserungsversuche auf der Schinigeplatte bei Interlaken. – *Bern. Bot. Ges.*: XVII-XX.
- LÜDI, W. (1948): Die Pflanzengesellschaften der Schinigeplatte bei Interlaken und ihre Beziehungen zur Umwelt. – *Veröff. Geobot. Inst. Rübel* **23**, 400 S.
- LÜDI, W. (1950): Experimental Investigations into the Sub-Alpine Nardetum. – *7th. Intern. Bot. Congr.*: 240-241.
- LÜDI, W. (1957): Erfahrungen mit künstlichen Pflanzengesellschaften im Alpengarten Schinigeplatte, Berner Oberland Bull. – *Jard. Bot. de l'état Bruxelles*: 605 – 621.
- LÜDI, W. (1959): Versuche zur Alpweideverbesserung auf der Schynigen Platte bei Interlaken. – *Beil. Jahresber. Alpengarten Schynige Platte*, 8 S.
- OCHSNER, F. (1958): Die Veränderungen der Moosflora in den Versuchsflächen der Schinigeplatte von 1945 bis 1954. – *Ber. Geobot. Inst. Rübel*: 80-92.
- TIDOW, S. (2002): Auswirkungen menschlicher Einflüsse auf die Stabilität eines subalpinen Borstgrasrasens. – *Geobot. Helv.* **75**, 230 S.
- TIDOW, S. (2000): Neues aus der Versuchsweide auf der Schynigen Platte. – *Beil. Jahresber. Alpengarten Schynige Platte*: 26.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. phil nat, Otto Hegg, Geobotanisches Institut der Universität Bern, Landorfstr. 55, CH 3098 Köniz.

hegg@ips.unibe.ch

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: [17](#)

Autor(en)/Author(s): Hegg Otto

Artikel/Article: [Das Langzeitgedächtnis der Vegetation Neue Resultate aus der Versuchsweide von 1930 bis 2004 auf der Schynigen Platte \(2000 müM\) 41-54](#)