

# Langzeitversuche im Grünland – mehr als nur ressourcenzehrende Nostalgie?

Erich M. Pötsch <sup>1\*</sup>, Jürgen Schellberg <sup>2</sup> und Michael Hejcman <sup>3</sup>

## Zusammenfassung

Noch existiert in Europa eine Anzahl an Langzeitversuchen im Grünland, die teilweise bereits vor mehr als hundert Jahren angelegt wurden. Die Erhaltung und Weiterführung dieser wertvollen Versuche erscheint trotz knapper werdenden Ressourcen von großer Bedeutung. Zahlreiche Forschungsfragen können heute mit weiterentwickelter Labortechnik, Messanalytik und Mathematik an bestehenden Langzeitversuchen bearbeitet werden, auf denen sich Biozönosen durch die langjährig andauernde und konstante Behandlung in einem Gleichgewicht befinden. Aktuelle Fragen wie etwa zum Klimawandel und dessen Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland, lassen sich nur in längeren Zeiträumen beantworten – auch dazu können Langzeitversuche einen wichtigen Beitrag leisten.

## Summary

There are still a few long-term experiments in grassland existing in Europe. Some of them have been established even more than hundred years ago. Despite limited resources, maintenance and continuation of these valuable experiments seem to be of great importance.

Numerous research questions can today be worked on by using developed laboratory technique, analyses and mathematics in existing long-term experiments, in which biocoenosis are in a equilibrium state throughout the long lasting and constant treatment,

Current questions like on climate change and its consequences on grassland ecosystems can only be answered in a long run – long-term experiments can also contribute to such highly relevant topics

## Was sind Langzeitversuche?

Laut Wikipedia ist eine Langzeituntersuchung eine methodisch angelegte, oft auch experimentelle Untersuchung zur empirischen Gewinnung von Informationen/Daten. Die Untersuchung umfasst zwingend einen außerordentlich langen Zeitraum, da sich das zu beobachtende Phänomen sehr selten ereignet oder sich seine Änderung extrem langsam vollzieht. In dem Untersuchungszeitraum wird der Versuchsaufbau in der Regel nicht verändert. Zu unterscheiden ist bei der Langzeituntersuchung einerseits zwischen der Langzeitstudie (also der „reinen Beobachtungsstudie“ bspw. in den Bereichen Soziologie, Psychologie, Medizin), bei der in das beobachtete System nicht eingegriffen wird, und andererseits dem Langzeitexperiment (im Sinne einer „Interventionsstudie“).

Was ist nun ein außerordentlich langer Zeitraum und ab welchem Zeitraum kann/darf ein Feldversuch als Langzeitversuch bezeichnet werden? Nachdem sich dazu keine offizielle Definition findet, bleibt es letztlich dem Versuchsansteller oder -betreuer selbst überlassen, den Zusatz „Langzeit“ zu vergeben. So bezeichnen Tilman *et al.* (2001) in ihrem Beitrag einen siebenjährigen Grünlandversuch bereits als „long-term experiment“, Rasmussen *et al.* (1998) wiederum setzen dafür eine mehr als 20-jährige Versuchsdauer voraus. Nach Auffassung der Autoren dieses Beitrages kann man erst dann von einem Langzeitversuch sprechen wenn:

- die Umstellungsphase abgeschlossen ist, sich also ein Equilibrium in Stoffflüssen, floristischer Zusammensetzung, Bodenleben etc. eingestellt hat
- die Variation der Erträge, der floristischen Zusammensetzung oder anderer Phänomene überwiegend auf Umweltbedingungen zurückzuführen ist und nicht auf die (noch) anhaltende Umstellung des Ausgangs-Pflanzenbestands auf das neue Gleichgewicht
- die ursprünglich vorgesehenen Behandlungen und die Bewirtschaftung des Versuchs konstant gehalten werden
- ein dauerhafter Bestand des Versuchs sowie dessen Beprobung, Analyse und Dokumentation gesichert ist.

Der dauerhafte Bestand eines Versuches sowie die konsequente und der ursprünglichen Versuchsplanung entsprechende Behandlung und Bewirtschaftung der Versuchsflächen erscheinen dabei die zentrale Grundvoraussetzung, um selbst bei zwischenzeitlich fehlenden Erhebungen und Beprobungen diese wertvollen und unersetzbaren Ressourcen zukünftig nutzen zu können. Im Idealfall besteht eine kontinuierliche Versuchsdurchführung inklusive umfassender Erhebungen, Analysen, Dokumentation sowie einer Sicherung von Rückstellproben für zukünftige Untersuchungen. Jenkinson *et al.* (1994) meinen dazu in einem Beitrag über den Nutzen der ältesten Europäischen Dauerversuche in Rothamsted (UK), die Mitte des 19. Jhd. angelegt wurden: „Hätten Lawes und Gilbert (die beiden

<sup>1</sup> Abteilung Grünlandmanagement und Kulturlandschaft, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 IRDNING-DONNERSBACHTAL

<sup>2</sup> Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz/Agrar- und Produktionsökologie, Universität Bonn, Katzenburgweg 5, D-53115 BONN

<sup>3</sup> Department of Ecology, Czech University of Life Sciences, Kamycka 1176, CZ-165 21 PRAGUE 6 - Suchdol

\* Ansprechpartner: Univ.-Doz. Dr. Erich M. PÖTSCH, erich.poetsch@raumberg-gumpenstein.at

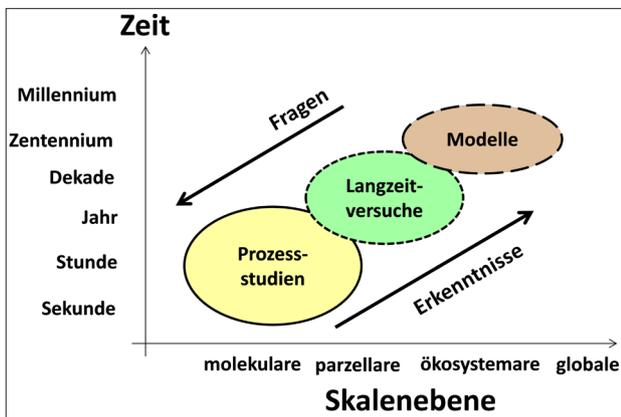


Abbildung 1: Beziehungsgeflecht zwischen Langzeitversuchen und Grundlagenforschung (nach Janzen, 2009).

Begründer dieser weltweit ältesten landwirtschaftlichen Forschungsstation) je gedacht, dass die Bodenproben, die sie 1881 so sorgsam gezogen haben, 100 Jahre später mittels Radiokarbonmethode für die Bestimmung des Kohlenstoffumsatzes untersucht werden?“.

Langzeitversuche genießen daneben aber auch eine große Wertschätzung, die weit über das rein wissenschaftliche Prestige hinausgeht. Janzen (2009) bezeichnet sie als sogenannte „listening places“ – als Plätze, an denen man den Puls der Erde spürt und geduldig wartet, bis man die sich langsam zeigenden Entwicklungstrends in unserem Ökosystem hören und sehen kann.

Langzeitversuche erlauben nicht nur die Gewinnung von Daten, die ohne diese niemals gewonnen werden könnten. Sie werfen auch zahlreiche Fragen auf, die auf einer kleineren Skalenebene im Bereich der Grundlagenforschung bearbeitet werden. Erkenntnisse aus diesen Prozessstudien regen zu neuen Messungen und Erhebungen in den Langzeitversuchen an, woraus wiederum neue Fragen entstehen. Janzen sieht in diesem Wechselspiel eine wichtige Stimulation einer produktiven Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Skalens- und Zeitebenen, in denen Langzeitversuche jedenfalls eine wichtige und zentrale Stellung einnehmen (Abbildung 1). Er verweist auch darauf, dass derartige Versuche in den kommenden Dekaden durch die steigenden (vor allem menschlichen) Belastungen zunehmend gebraucht werden. Er beschreibt an Hand von sieben Fragen deren bestmögliche Erhaltung für unsere Nachkommen:

1. Lassen sich sensitive Messgrößen zur Vitalität von Ökosystemen finden?
2. Sind diese Messgrößen für eine globale Anwendung geeignet?
3. Braucht es neue Versuche oder sollten bestehende ausgeweitet werden?
4. Können Langzeitversuche zum Labor für Grundlagenforschung werden?
5. Können wir die Humanwissenschaften besser in unsere Studien einbeziehen?
6. Können wir das Wesen und den wissenschaftlichen Wert von Langzeitversuchen besser kommunizieren?

## 7. Können wir unsere Nachfolger für Langzeitversuche begeistern?

In diese letzte Frage wären wohl auch die Geldgeber einzubeziehen, die letztlich die personellen und materiellen Ressourcen für die Langzeitversuche bereitstellen. So gesehen sind deren Fragen zur Sinnhaftigkeit einer Weiterführung von noch bestehenden Langzeitversuchen durchaus berechtigt und geben Anlass, ernsthaft darüber nachzudenken.

## Die Anfänge grünlandwirtschaftlicher Feldversuche in Österreich

Vor knapp 150 Jahren schrieb der Tiroler Priester und Wanderprediger Adolf Trientl (1818 – 1897) in einer Abhandlung zur Verbesserung der Alpenwirtschaft [sic]: „Welches sind nun die besten Alpengräser? Wir wissen darüber nicht mehr, als uns eben die Senner und Hirten nach ihren Beobachtungen zu erzählen pflegen. Man hat noch nie versucht, sie im Großen anzubauen und einzeln zu verfüttern, um ihre besondere Nährkraft und Wirkung zu erfahren. Es wäre dies eigentlich die Aufgabe einer alpwirtschaftlichen Versuchstation, welche wohl mehrere Jahre brauchen würde, um sie zu lösen.“ Trientl (1869) hat mit dieser Aussage nicht nur die Anlage eines alpinen Versuchsgartens im Salzkammergut initiiert (Weinzierl, 1909) sondern zugleich auch gemutmaßt, dass zur Beantwortung der gestellten Fragen ein längerer Zeitraum erforderlich ist. 1890 wurde schließlich auf der Vorder-Sandlingalm auf 1.400 m Seehöhe ein Versuchsgarten mit insgesamt 574 Parzellen mit 580! Einzelkulturen sowie 15 Mischungen eingerichtet (Weinzierl, 1902). Als Vorbild dazu diente ein im Jahr 1881 auf der Fürstenalpe bei Chur in der Schweiz angelegtes Versuchsfeld, das von Weinzierl mehrfach besichtigt wurde. Die nachfolgend sehr intensive Versuchs- und Erhebungsstätigkeit wurde infolge des ersten Weltkrieges und eines 1920 auftretenden Bergsturzes eingestellt. Fast hundert Jahre danach sind die Spuren dieses alpinen Feldversuches zumindest ansatzweise noch immer erkennbar (Abbildung 2). Anfang des 20. Jahrhunderts begann im Rahmen der vom k.k. Ackerbauministerium begründeten Moorwirtschaft Admont eine intensive Versuchstätigkeit zu unterschiedlichen ackerbaulichen und grünlandwirtschaftlichen Fragen, die bis zum Beginn des zweiten Weltkrieges anhielt. 1939 wurde dann in Admont die Reichsforschungsanstalt für alpine Landwirtschaft ins



Abbildung 2: Standort des Alpen Versuchsgartens auf der Vorder-Sandlingalm in Oberösterreich (© GIS-Steiermark, 2015).

Leben gerufen, die dann ab Kriegsende bis 1947 als „Staatliche Forschungsanstalt für alpine Landwirtschaft“ und bis zur Übersiedlung nach Gumpenstein im Jahre 1956 als „Bundesanstalt für alpine Landwirtschaft“ geführt wurde.

Genau in die wirtschaftlich schwierige und politisch instabile Zeit des zweiten Weltkrieges und der nachfolgenden Besetzung – das Gebiet um Admont lag zunächst in zwei Besatzungszonen (Amerikaner und Russen), später dann ausschließlich in der Englischen Besatzungszone – fiel die Planung und Anlage von zwei Feldversuchen am Versuchsfeld Admont. Der Stickstoffdüngungsversuch (Anlage 1944) und der Wiesendüngungsversuch (Anlage 1946) bilden heute das Herzstück der von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein nach wie vor erhaltenen und bewirtschafteten Dauerversuche im Grünland.

## Aktuelle Situation der Langzeitversuche in Österreich

Die in den *Tabellen 1* und *2* aufgelisteten und nach wie vor bestehenden Grünlandversuche der HBLFA Raumberg-Gumpenstein können mit einer Laufzeit zwischen 45 und 70 Jahren wohl tatsächlich als Langzeitversuche bezeichnet

werden. Einige davon wurden im Laufe der Zeit konzeptionell verändert und hinsichtlich der Faktorabstufungen aktuellen Erfordernissen bzw. Fragestellungen der heutigen landwirtschaftlichen Praxis angepasst. Andere wiederum – wie etwa auch die beiden ältesten Versuche in Admont (Versuche Nr. 317 und Nr. 320) – blieben bis heute unverändert. Natürlich sind die den Feldversuchen ursprünglich zugrunde liegenden Forschungsprojekte längst abgeschlossen und (hoffentlich) auch entsprechend publiziert (Schechtner, 1978; 1993a; 1993b). Somit könnte man bei nüchterner Betrachtung die Forderung ableiten, die Feldversuche aufzugeben und die dadurch frei werdenden Ressourcen (Personal, Fläche) anderweitig zu nutzen. Dagegen spricht allerdings eine ganze Reihe von Argumenten und Optionen. Langzeitversuche können beispielsweise zur Bearbeitung/Beantwortung nachfolgender Aspekte genutzt werden:

- Retrospektive Erfassung des Einflusses von Wetter- und Klimaänderungen (im Fall von tatsächlich langjährigen Versuchen) als konkreter Beitrag zur angewandten Klimafolgenforschung
- Genomanalysen zur Ermittlung der Anpassungsstrategie von Grünlandpflanzen an langfristig unterschiedliche Versuchsbedingungen (Düngung, Nutzung)

*Tabelle 1: Langzeitversuche im Grünland am Standort Gumpenstein.*

Versuchsbenennung/ Basisinformationen	Nährstoffmangel- versuch	Schnitthäufigkeits- versuch	Düngungs- und Nutzungsversuch	Gülfespezialversuch
Interne Codierung	432.A	434.A	433	484
Land	Österreich	Österreich	Österreich	Österreich
Akronym	GG1	GG3	GG4	GG2
Standort	Gumpenstein	Gumpenstein	Gumpenstein	Gumpenstein
Koordinaten	47°29'40"/14°06'11"	47°29'34"/14°06'13"	47°29'36"/14°06'12"	47°29'38"/14°06'10"
Seehöhe (m)	698	713	702	699
Exposition	SW	NE	N	N
Inclination	1 %	2 %	2 %	2 %
Jahr der Anlage	1960	1961	1961	1966
Anzahl an Varianten	14	10	18	21
Anzahl der Wiederholungen	3	4	3	4
Faktor Düngung	mineralisch	mineralisch/organisch	mineralisch/organisch	mineralisch/organisch
Faktor Nutzungsfrequenz/Jahr	3	2, 3, 4, 6	1, 2, 3	3
Versuchsdesign	split-plot	Blockanlage	Blockanlage	Blockanlage

*Tabelle 2: Langzeitversuche im Grünland am Standort Admont und Zachenschöberl.*

Versuchsbenennung/ Basisinformationen	Stickstoffdüngungs- versuch	Wiesendüngungs- versuch	Düngungs- und Nutzungsversuch	Kalkdüngungs- versuch	Dynamischer Almdüngungsversuch
Interne Codierung	317	320	494	469	470.B
Land	Österreich	Österreich	Österreich	Österreich	Österreich
Akronym	GG7	GG5	GG6	GG8	GG9
Standort	Admont	Admont	Admont	Zachenschöberl	Zachenschöberl
Koordinaten	47°34'60"/14°27'04"	47°34'58"/14°27'02"	47°34'52"/14°27'04"	47°27'48"/14°04'19"	47°27'48"/14°04'19"
Seehöhe (m)	633	633	635	1,297	1,297
Exposition	S	S	S	W	W
Inclination	1 %	1 %	1 %	30 %	30 %
Jahr der Anlage	1944	1946	1969	1964	1964
Anzahl an Varianten	4	24	20	8	16
Anzahl der Wiederholungen	4	3	4	4	4
Faktor Düngung	mineralisch	mineralisch/organisch	mineralisch/organisch	mineralisch/organisch	mineralisch/organisch
Faktor Nutzungsfrequenz/Jahr	3	3	1, 2, 3, 4	2	2
Versuchsdesign	Blockanlage	Blockanlage	split-plot	Blockanlage	Blockanlage

\*Ergänzend ist zu erwähnen, dass neben den in *Tabelle 1* und *2* angeführten Versuchen, noch zahlreiche mehr als 10-jährige Grünlandversuche an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein existieren.

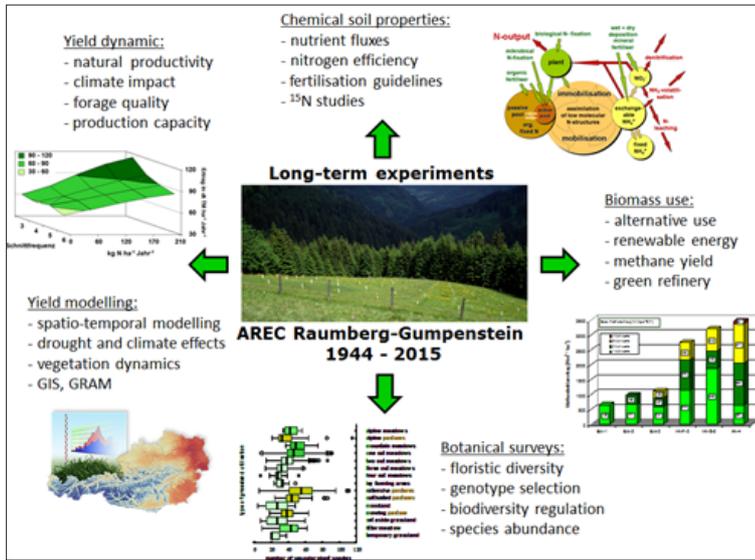


Abbildung 3: Forschungsaktivitäten basierend auf diversen Langzeitversuchen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

- Variabilität, Beeinflussung und Vorhersage von Ökosystemleistungen im Dauergrünland in Beziehung zur funktionalen Vielfalt
- Interaktionen zwischen Bodeneigenschaften und Pflanzeigenschaften im Equilibrium
- Identifikation von funktionalen Pflanzeigenschaften mit Relevanz für Ökosystemleistungen, -funktionen und -prozessen

Dafür könnten moderne Mess- und Analysenmethoden mit einem unschätzbaren Mehrwert an Informationen zur Vertiefung der bereits getroffenen Aussagen bzw. zum Verständnis von Prozessen und Zusammenhängen eingesetzt werden. Langzeitdatenreihen eignen sich auch hervorragend für Modellierungen, die heute für unterschiedlichste Bereiche angewandt werden. *Abbildung 3* zeigt eine Zusammenschau unterschiedlichster Forschungsaktivitäten, die unter Nutzung von bestehenden Langzeitversuchen an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein bearbeitet wurden. Konkrete Ergebnisse daraus flossen unter anderem in die Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLFUW, 2006; Gruber and Pötsch, 2007) ein, bzw. werden auch bei deren aktuell gerade laufenden Überarbeitung genutzt. Untersuchungen an Gumpensteiner Langzeitversuchen zeigten erstmals, dass die natürliche  $\delta^{15}\text{N}$ -Signatur von landwirtschaftlichen Ökosystemen nicht nur von der Art (organisch, mineralisch) und Menge (0-200 kg N/ha und Jahr) des zugeführten Düngerstickstoffs beeinflusst wird sondern auch, dass das  $\delta^{15}\text{N}$  in Pflanzen und Boden am besten durch eine input-output-Bilanzierung von Stickstoff erklärt werden kann (Watzka *et al.*, 2006). Der Nährstoffmangelversuch in Gumpenstein steht derzeit im Mittelpunkt eines beantragten Forschungsprojektes, bei dem es um die funktionelle Analyse von nicht-symbiontischen Stickstoff-Fixierern im Boden geht. Die langjährige, sehr unterschiedliche Düngung der Versuchsfelder und die damit verbundene Veränderung der Bodenbeschaffenheit lässt messbare Unterschiede hinsichtlich Diversität und Aktivität von  $\text{N}_2$ -Fixierern erwarten,

die, anders als in Langzeitversuchen, niemals nachweisbar wäre.

Ein starker Schwerpunkt wurde auch auf den Einfluss unterschiedlicher Düngungsniveaus und Nutzungshäufigkeiten auf Ertragsdynamik und Futterqualität gelegt, die in grünlandbasierten Regionen eine wichtige Rolle spielen (Gruber *et al.*, 2006; Buchgraber *et al.*, 2011; Pötsch, 2012; Schaumberger, 2011; Schaumberger *et al.*, 2012). Hinsichtlich der Biodiversität stand der Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungssysteme auf die botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes im Vordergrund (Pötsch, 1996; Pötsch, 1998). Spezifische Maßnahmen im österreichischen Agrarumweltprogramm ÖPUL wurden zur Erhaltung und Steigerung der floristischen Diversität von Wirtschaftsgrünland, das sowohl durch Intensivierung als auch durch Nutzungsaufgabe bedroht ist, entwickelt (Pötsch and Schwaiger, 2009; Bohner and Starlinger, 2011). Extensiv genutztes Grünland bietet eine signifikant höhere Arten- und Habitatvielfalt und

kann auch als Quelle zur Verbesserung der Biodiversität (Krautzer and Pötsch, 2009; Krautzer *et al.*, 2011) bzw. als Quelle für Genotypen für die weitere züchterische Bearbeitung genutzt werden (Krautzer *et al.*, 2007). Einige der Gumpensteiner Langzeitversuche wurden auch genutzt, um etwa Strategien zur alternativen Biomasseverwertung (z.B.

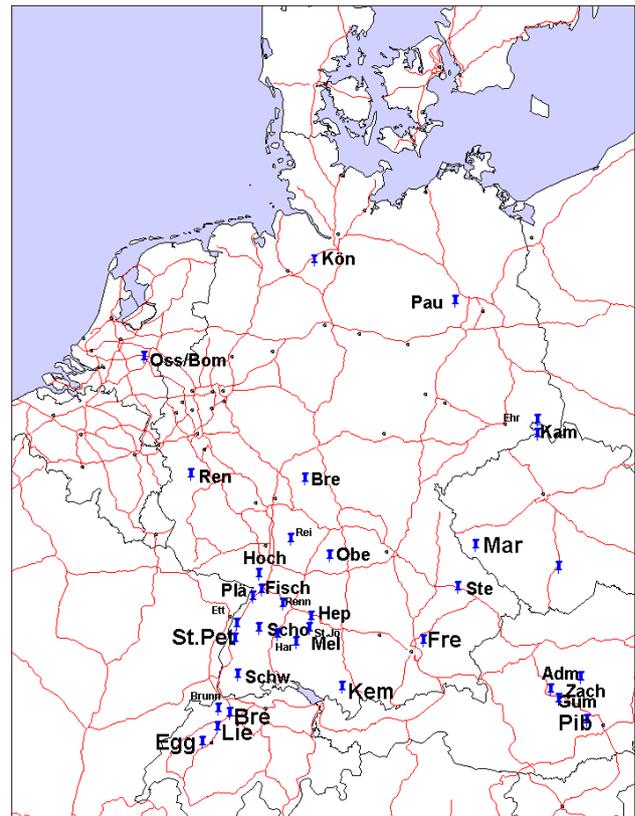


Abbildung 4: Geographische Verteilung von Grünlanddauerversuchen in den Niederlanden, der Schweiz, Tschechien und Österreich.

Methanproduktion, Heupellets als Brennstoff oder das Konzept der Grünen Bioraffinerie zur Gewinnung von wertvoller Milch- und Aminosäure) zu prüfen (Pötsch *et al.*, 2009).

## Langzeitversuche im Grünland – aktuelle Situation in ausgewählten Ländern

Tatsächlich existieren heute noch in zahlreichen europäischen Ländern Langzeitversuche im Grünland, deren wichtigste Grundinformationen (Standort, Höhenlage, Klimabedingungen, zuständige Institution und Ansprechpartner) an der Universität Bonn, Deutschland, erfasst wurden (*Abbildung 4*).

Neben den bereits genannten österreichischen Versuchen sind hier zwei Standorte in den Niederlanden (Bom Zuid, Ossekampen), zwei in Tschechien (Kamenicky, Mariánské Lázně), vier in der Schweiz (Bremgarten/Laupersdorf, Brunnersberg, Eggenalb und Liebefeld-Bern) und insgesamt 24 Standorte in Deutschland (Breungeshain, Ehrenberg, Ettenheim, Freising-Weihestephan, Hart, Hepsisau, Hochstetten, Kempfen, Melchingen, Oberstetten, Paulinenaue, Plättig, Reichelsheim, Rengen, Renningen, Schopfloch, Bernau, Schönau, Fröhnd, Mambach, Todtmoos, Steinach/Straubing, St. Johann und St. Peter) angeführt. Eine herausragende Rolle hinsichtlich aktueller Forschungsaktivitäten nehmen in Deutschland die Dauerversuche in Rengen ein (*Abbildung 5*). Zahlreiche Publikationen aus unterschiedlichsten Fachbereichen zeugen von der ungebrochenen Bedeutung dieser im Jahr 1941 angelegten Versuche, an denen Wissenschaftler aus unterschiedlichsten Ländern arbeiten (Schellberg *et al.*, 1999; Hejzman *et al.*, 2007; Hejzman *et al.*, 2009; Chytrý *et al.*, 2009; Ponsens *et al.*, 2010; Hejzman *et al.*, 2010a, 2010b; 2010c; 2010d; Hejzman *et al.*, 2011; Pavlu *et al.*, 2011; Schellberg and Pontes, 2012).

Der oben genannte Dauerversuch in Admont steht im Mittelpunkt einer intensiven Erhebungsphase in enger Kooperation zwischen den Universitäten Bonn und Prag sowie der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Bemerkenswert erscheinen in diesem Zusammenhang die großen Ähnlichkeiten im Versuchsdesign zwischen Rengen und Admont, was auch bestimmte vergleichende Untersuchungen zulässt. Derartige Ähnlichkeiten bestehen unter anderem auch zwischen dem Nährstoffmangelversuch an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein und dem in Steinach/Straubing bestehenden ältesten Grünlandversuch in Kontinentaleuropa (Hejzman *et al.*, 2014).

## Nostalgie oder Ressourcenverschwendung?

Natürlich schwingt aufgrund des beachtlichen Zeitraumes und der hinter den Langzeitversuchen stehenden Geschichte ein gewisses Maß an Nostalgie mit. Immerhin haben sich mehrere Generationen namhafter Wissenschaftler mit genau denselben Versuchsflächen beschäftigt und diese mit den jeweils zur Verfügung stehenden analytischen und statistischen Mitteln/Werkzeugen bearbeitet. Aufbauend auf dem Respekt und der Achtung für die Leistungen der ursprünglichen Versuchsansteller, entwickeln sich Neugier und Interesse zu einer immer stärker werdenden Verpflichtung und Verantwortung, dieses Erbe nicht nur zu erhalten sondern bestmöglich zu nutzen. Unter Einbeziehung der

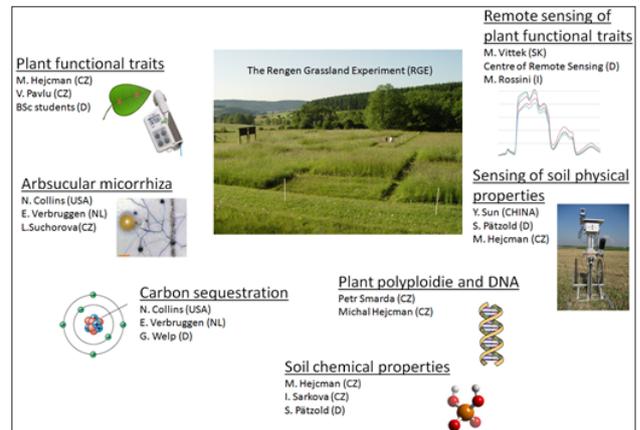


Abbildung 5: Forschungsaktivitäten basierend auf dem Langzeitversuch in Rengen, Deutschland.

aufgezeigten, aktuellen Aktivitäten und angesichts des allgegenwärtigen Klimawandels stellt sich jedenfalls nicht die Frage, ob wir uns die Weiterführung dieser Langzeitversuche leisten können sondern vielmehr die Frage, ob wir es uns leisten können sie aufzugeben!

Es gibt nämlich zahlreiche Argumente für deren Erhalt:

- Die Vergangenheit hat gezeigt, dass sich wegen der rasanten Entwicklung von Laboranalytik, Messtechnik und Mathematik stets neue und bis dato unerwartete Möglichkeiten für die Bearbeitung brennender Forschungsfragen eröffnen. Mit der Aufgabe von Dauerversuchen würde die Chance vergehen, auf zukünftige Fragen eine Antwort zu finden, weil es Jahrzehnte dauern würde, bis die gewünschten Langzeiteffekte eingetreten sind. Ein gutes Beispiel dafür bieten Fragen zu den Effekten des Managements auf das Edaphon, das auf Grünland einerseits weitgehend unerforscht ist, andererseits aber einen erheblichen Beitrag zur Produktivität und zur Ressourcennutzung leistet.
- Zukünftige Fragestellungen sind schwer zu prognostizieren. So hat sich vor 50 Jahren kaum jemand mit den Folgen des Klimawandels auseinandergesetzt, weil dieser nicht absehbar war. Es ist den Dauerversuchen zu verdanken, dass wir solche Effekte heute sichtbar machen können, angesichts der zahlreichen Limitierungen, denen Kurzzeitversuche unterliegen.
- Biozönosen in Langzeitversuchen auf Grünland sind meist nicht als Ganzes erfasst und bewertet. Vielmehr beschränken sich die aktuellen Fragestellungen auf Beziehungen zwischen Pflanze und Boden in Abhängigkeit vom Management. Langzeitversuche bieten jedoch die einmalige Chance, Biozönosen zu untersuchen, weil sich diese über lange Zeit ungestört entwickeln konnten und sich nunmehr im Gleichgewicht mit ihrer biotischen und abiotischen Umwelt befinden. Systembetrachtungen werden heute sehr viel stärker nachgefragt, u.a. weil Simulationsmodelle die Möglichkeit bieten, die Biozönosen in ihrer Komplexität abzubilden. Dies ist nur möglich, wenn durch langfristige Manipulation der Umwelt sehr unterschiedliche Biozönosen am gleichen Standort gegenübergestellt werden.

- Zwar haben sich die ursprünglichen Fragestellungen oft überlebt, aber es ergeben sich immer wieder neue Fragestellungen, die je nach Konzeption und Design der bestehenden Langzeitversuche entweder an diesen bearbeitet werden können oder unter Umständen sogar zur Anlage von neuen, potenziellen Langzeitversuche führen.

Angesichts des knapper werdenden Budgets für die Forschung braucht es daher immer wiederkehrend entsprechendes Lobbying bei Ministerien und der Forschungsförderung. Es braucht aber auch persönliches Engagement und Überzeugungsarbeit, um diese wertvollen Versuche für zukünftige Generationen zu erhalten. Janzen (2009) schlägt dazu unter anderem vor, eine gemeinsame, web-basierte Datenbank aufzubauen, eine Art gemeinsame Probenbibliothek zu errichten, die auch einen Austausch von Teilproben ermöglicht, sowie einheitliche Beprobungsprotokolle zu entwickeln. Der Aufbau eines derartigen Netzwerkes könnte tatsächlich einen essentiellen Beitrag leisten, der weit über die bloße Erhaltung und Weiterführung von bestehenden Langzeitversuchen hinausgeht.

Grünlandforschung ist eine komplexe, aber spannende Materie, die auch nach vielen Jahren immer wieder neue Überraschungen und Herausforderungen mit sich bringt. Jedenfalls sorgt sie aber für mehr Freude und Abwechslung als dies John Mainstone im sogenannten Pechtropfenexperiment beschieden war, das 1927 in Australien gestartet wurde. Damals wurde Pech in einen Glastrichter gefüllt und es dauerte zunächst drei Jahre bis es sich gesetzt hatte. Der Glastrichter wurde anschließend geöffnet, damit das Pech heraustropfen konnte – in 83 Jahren sind dabei insgesamt nur 8 Tropfen Pech nach unten getropft, was allerdings nie wirklich beobachtet wurde. Mainstone – Leiter des Fachbereichs Physik der Universität Queensland/Australien – hat mehr als 50 Jahre dieses Experiment betreut und ist letztlich verstorben, ohne auch nur einen einzigen Tropfen beobachtet zu haben.

## Literatur

- BMLFUW (2006): Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 6. Auflage, Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, Wien, 80 S.
- Bohner, A. and F. Starlinger (2011): Effects of abandonment of montane grasslands on plant species composition and species richness - a case study in Styria, Austria. 16th Symposium of the European Grassland Federation "Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions", Gumpenstein, Austria, Grassland Science in Europe, 16, August 29-31, 2011, 604-606.
- Buchgraber, K., A. Schaumberger and E. M. Pötsch (2011): Grassland Farming in Austria - status quo and future prospective. 16th Symposium of the European Grassland Federation "Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions", Gumpenstein, Austria, Grassland Science in Europe, 16, August 29-31, 2011, 13-24.
- Chytrý, M., M. Hejman, S. Hennekens and J. Schellberg (2009): Changes in vegetation types and Ellenberg indicator values after 65 years of fertilizer application: evidence from the Rengen Grassland Experiment, Germany. *Applied Vegetation Science* 12, 167-176. DOI:10.1111/j.1654.109X.2009.01011.x.
- Gruber, L. and E.M. Pötsch (2007): Calculation of nitrogen excretion of dairy cows in Austria. *Die Bodenkultur* 57 (2), 65-72.
- Gruber, L., J. Häusler, A. Steinwider, A. Schauer and G. Mairhofer (2006): Influence of cutting frequency in Alpine permanent grassland on nutritive value, DM yield and agronomic parameters. *Slovak Journal of Animal Science* 39, 26-42.
- Hejman, M., J. Schellberg and V. Pavlu (2011): Competitive ability of *Rhynanthus minor* L. in relation to productivity in the Rengen Grassland Experiment. *Plant, Soil and Environment* 57, 45-51.
- Hejman, M., J. Szakova, J. Schellberg, P. Srek and P. Tlustos (2009): The Rengen Grassland Experiment: soil contamination by trace elements (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn) after 65 years of fertilizer application. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 83, 39-50. DOI:10.1007/s10705-008-9197-8.
- Hejman, M., J. Schellberg and V. Pavlu (2010a): *Dactylorhiza maculata*, *Platanthera bifolia* and *Listera ovata* survive N application under P limitation. *Acta Oecologia* 36 (6), 684-688. Doi:10.1016/j.actao.2010.09.001.
- Hejman, M., J. Szarkova, J. Schellberg and P. Tlustos (2010b): The Rengen Grassland Experiment: relationship between soil and biomass chemical properties, the amount of applied elements and their uptake. *Plant and Soil* 333, 163-179. DOI 10.1007/s11104-010-0332-3.
- Hejman, M., M. Ceskova, J. Schellberg and S. Paetzold (2010c): The Rengen Grassland Experiment: Effect of Soil Chemical Properties on Biomass Production, Plant Species Composition and Species Richness. *Folia Geobotanica* 45, 125-142. DOI:10.1007/s12224-010-9062-9.
- Hejman, M., J. Szakova, J. Schellberg, P. Srek, P. Tlustos and J. Balik (2010d): The Rengen Grassland Experiment: bryophytes biomass and element concentrations after 65 years of fertilizer application. *Environmental Monitoring and Assessment* 166, 653-662. DOI:10.1007/s10661-009-1030-6.
- Hejman, M., L. Sochorová, V. Pavlu, J. Strobach, M. Diepolder and J. Schellberg (2014): The Steinach Grassland Experiment: Soil chemical properties, sward height and plant species composition in three cut alluvial meadow after decades-long fertilizer application. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 184, 76-97.
- Hejman, M., M. Klaudivová, J. Schellberg and D. Horsova (2007): The Rengen Grassland Experiment: Plant species composition after 64 years of fertiliser application. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122, 259-266.
- Janzen, H. (2009): Long-term ecological sites: musings on the future, as seen (dimly) from the past. *Global Change Biology* 15 (11), 2770-2778.
- Jenkinson, D.S., N.J. Bradbury and K. Coleman (1994): How the Rothamsted classical experiments have been used to develop and test models for the turnover of carbon and nitrogen in soil. *Long-term Experiments in Agricultural and Ecological Sciences*. CAB International, Wallingford, UK, 117-138.
- Krautzer, B. and E.M. Pötsch (2009): The use of semi-natural grassland as donor sites for the restoration of high nature value areas. 15th International Occasional Symposium of the European Grassland Federation (EGF): "Alternative functions of grassland", Brno, Grassland Science in Europe, 14, September 7-9, 2009, 478-492.
- Krautzer, B., A. Bartel, A. Kirmer, T. Sabine, B. Feucht, M. Wieden, P. Haslgrübler and E. M. Pötsch (2011): Establishment and use of High Nature Value Farmland. 16th Symposium of the European Grassland Federation "Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions", Gumpenstein, Austria, Grassland Science in Europe, 16, August 29-31, 2011, 457-469.
- Krautzer, B., W. Graiss, E. M. Pötsch and A. Blaschka (2007): Biodiversity in alpine grasslands as well as breeding questions regarding ecotypes. *Biodiversität in Österreich. Welchen Beitrag leistet die Land- und Forstwirtschaft in Österreich?* Gumpenstein, Austria, AREC Raumberg-Gumpenstein, June 28, 2007, 37-43.
- Pavlu, V., J. Schellberg and M. Hejman (2011): Cutting frequency versus N application: Effect of twenty years management on Lolio-

- Cynosuretum grassland. *Grass and Forage Science* 66, 501-515. DOI:10.1111/j.1365-2494.2011.00807.x.
- Ponsens, J., J. Hanson, J. Schellberg and B.M. Mösel (2010): Characterization of phenotypic diversity, yield and response to drought stress in a collection of Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth) accession. *Field Crops Research* 118, 57-72. DOI:10.1016/j.fcr.2010.04.008.
- Pötsch, E.M. (1996): Utilization of farm manure in alpine grassland regions and its effects on nutrient balances, nutrient content in forage and chemical soil parameters. 16th EGF-Meeting "Grassland and Land use systems", Session IV, 815-819, Grado, Italy.
- Pötsch, E.M. (1998): Über den Einfluß der Düngungsintensität auf den N-Kreislauf im alpenländischen Grünland. *Die Bodenkultur* 49 (1), 19-27, 1998.
- Pötsch, E.M. (2012): Optimale Grünlandbewirtschaftung in Bergregionen. 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung "Milchproduktion - Status quo und Anpassung an zukünftige Herausforderungen", LFZ Raumberg-Gumpenstein, 39, 25.-26. April 2012, 9-18.
- Pötsch, E.M. and E. Schwaiger (2009): Evaluation of the Austrian agri-environmental program ÖPUL in terms of biodiversity. 15th Meeting of the FAO CIHEAM Mountain Pastures Network "Integrated research for the sustainability of mountain pastures", Les Diablerets, Switzerland, October 7-9, 2009, 57-58.
- Pötsch, E.M., K. Buchgraber, R. Resch, J. Häusler, F. Ringdorfer, A. Pöllinger, J. Rathbauer and T. Amon (2009): Extensively used grassland as a basis of low input livestock systems and as a resource of energy and raw materials. 15th International Occasional Symposium of the European Grassland Federation (EGF): "Alternative functions of grassland", Brno, Czech Republic, *Grassland Science in Europe*, 14, September 7-9, 2009, 428-431.
- Rasmussen, P.E., K.W.T. Goulding, J.R. Brown, P.R. Grace, H.H. Janzen, and M. Korschens (1998): Agroecosystem - Long-term agroecosystem experiments: Assessing agricultural sustainability and global change. *Science* 282 (5390), 893-896.
- Schaumberger, A. (2011): Räumliche Modelle zur Vegetations- und Ertragsdynamik im Wirtschaftsgrünland. Dissertation, Technische Universität Graz, Institut für Geoinformation, 264 S.
- Schaumberger, A., E.M. Pötsch and H. Formayer (2012): GIS-based analysis of spatio-temporal variation of climatological growing season for Austria. 24th EGF General Meeting "Grassland - a European Resource", Lublin, Poland, *Grassland Science in Europe*, 17, June 3-7, 2012, 634-636.
- Schechtner, G. (1978): Auswirkungen von Düngung und Nutzung auf die botanische Zusammensetzung von Dauerwiesen und Dauerwiesenneuanlagen im Alpenraum. Bericht über die internationale Fachtagung „Bedeutung der Pflanzensoziologie für eine standortgemäße und umweltgerechte Land- und Almwirtschaft. Verlag BAL Gumpenstein.
- Schechtner, G. (1993a): Bedarfsgerechte Grünlanddüngung mit Phosphor, Kalium, Nebennährstoffen und Spurenelementen, BAL Gumpenstein, Heft 19.
- Schechtner, G. (1993b): Wirksamkeit der Kalkdüngung auf Grünland. *Die Bodenkultur*, Band 44, Heft 2, 135-152.
- Schellberg, J. and L. Pontes (2012): Plant functional traits and nutrient gradients on grassland. *Grass and Forage Science*, available online. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00867.x>.
- Schellberg, J., B.M. Mösel, W. Kühbauch and I. Rademacher (1999): Long-term effects of fertilizer on soil nutrient concentration, yield, forage quality and floristic composition of a hay meadow in the Eifel mountains, Germany. *Grass and Forage Science* 54, 195-207. DOI: 10.1046/j.1365-2494.1999.00166.x
- Tolman, D., P.B. Reich, J. Knops, D. Wedin, T. Mielke and C. Lehman (2001): Diversity and Productivity in a Long-Term Grassland Experiment. *Science* 294 (5543), 843-845.
- Trientl, A. (1869): Die almwirtschaftlichen Probleme vor mehr als 100 Jahren. Wiederveröffentlichung eines Manuskriptes aus 1869. *Der Alm- und Bergbauer*, Folge 6/7, 45. Jg., 1995, S 246-262.
- Watzka, M., K. Buchgraber and W. Wanek (2006): Natural 15N abundance of plants and soils under different management practices in a montane grassland. *Soil Biology and Biochemistry* 38 (7), 1564-1576.
- Weinzierl, T. (1902): Alpine Futterbauversuche, zugleich 2. Bericht über den alpinen Versuchsgarten auf der Sandlingalpe. Verlag W. Frick, Wien, 21 S.
- Weinzierl, T. (1909): Der alpine Versuchsgarten auf der Sandlingalm. Publikation Nr. 376 der k.k. Samen-Kontroll-Station in Wien, Verlag W. Frick, Wien, S. 276

