



Jens Weber

*„Natur erleben und erhalten im Ost-Erzgebirge“
Bielatalstraße 28, 01773 Altenberg, Stadtteil Bärenstein
Tel. 035054-28649; email: jens@osterzgebirge.org*

Kalkungskonzeption

für Naturschutz-Grünland

im Müglitztalgebiet

Bärenstein, 15. November 2021

erarbeitet im Auftrag der Naturschutzstation Osterzgebirge e.V.

Artenreiche Wiesen sind gleichermaßen hochkomplexe Ökosysteme wie Zeugnisse jahrhundertelanger, wechselvoller Kulturgeschichte.

Heutige Naturschutzbemühungen konzentrieren sich jedoch allzuoft auf nur ganz wenige Teilaspekte: auf das Vorkommen und die Vergesellschaftung höherer Pflanzen, auf Mahdfrequenz und -zeitpunkte, gegebenenfalls noch auf Habitate für Insekten und Bodenbrüter.

Angesichts anthropogener Einflüsse wie Eutrophierung, Klimaerwärmung oder auch von Säureeinträgen ist es heute wichtiger denn je, Wiesen und Weiden als Gesamt-Ökosysteme aufzufassen, einschließlich der Organismen und Faktoren, die sich der Kenntnis des - im Wortsinne! - oberflächlichen Betrachters/Pflegers entziehen.

Das Leitbild für die grünlandgeprägte Landschaft des Ost-Erzgebirges bezieht sich nahezu ausschließlich auf die historisch relativ kurze "Bergwiesen-Epoche" (Mitte 19. bis Mitte 20. Jahrhundert) - die vorausgegangen Prägungen, z.B. durch tausendköpfige Schafherden, sind ebenso vergessen wie die meisten Kultivierungsmaßnahmen, die zum Entstehen der Wiesen beigetragen haben. Dazu gehörte unter anderem die Kalkung landwirtschaftlicher Nutzflächen.

Stattliches Knabenkraut und andere Orchideen, Trollblume, Feuerlilie, Sterndolde, Wiesen-Primel - viele der einstmals wiesentypischen, heute gefährdeten Pflanzenarten des Ost-Erzgebirges gelten als "Basenzeiger". Standardmäßige Pflege durch ein- oder zweischürige Mahd reicht offensichtlich nicht, um ihnen einen guten Erhaltungszustand zu sichern.

Mit vorliegender Arbeit soll für das Gebiet des oberen Müglitztales gezeigt werden, ob und auf welche Weise mit Wiesenkalkung zur Wiederherstellung günstiger Existenzbedingungen artenreichen Grünlands beigetragen werden kann.



Inhalt

1	Warum kalken?	3
1.1	Wirkungen von Kalk	5
1.1.1	Bodenchemie	7
1.1.2	Bodenstruktur	11
1.1.3	Bodenleben	12
1.1.4	Pflanzenernährung	14
1.1.5	Artenvielfalt und Naturschutz	16
1.2	Bodenversauerung (mangels Kalk)	20
1.2.1	Natürliche Ursachen	20
1.2.2	Anthropogene Ursachen	21
2	Grünlandgeschichte und Kalkdüngung	24
2.1	Kalköfen im 18./19. Jahrhundert	25
2.2	Bergwiesenepoche (Mitte 19. bis Mitte 20. Jahrhundert)	27
2.3	Thomasphosphat	31
2.4	Saurer Regen	33
2.5	Naturschutzstrategie "Aushagerung"	36
3	Bodenzustände und Kalkungspraxis aktuell	39
3.1	Parameter	39
3.2	Forstliche Bodenzustandserhebungen und Waldkalkungen	41
3.3	Grünland-Kalkungsempfehlungen in der Landwirtschaft	44
3.4	Bodenmessprogramm Sachsen	49
3.5	Untersuchungen mit Schwerpunkt Naturschutz/Landschaftspflege im oberen Müglitztal	53
3.5.1	Landschaftspflegeuntersuchungen am Versuchsgut Börnchen	53
3.5.2	Vegetationserfassungen im Geisingberggebiet	56
3.5.3	Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben "Grünlandverbund Oelsen"	59
3.5.4	Neuausweisung von Grünland-Flächennaturdenkmalen	60
3.5.5	Biotoppflegeflächen der Grünen Liga Osterzgebirge	61
3.5.6	Ergänzende eigene Aufnahmen 2021	63
4	"Naturschutzwiesen" im oberen Müglitztal	67
4.1	Geogene Bedingungen im Untersuchungsgebiet	68
4.2	Naturschutzbedeutsame Grünlandtypen des Ost-Erzgebirges	72
4.3	Grünland in Schutzgebieten	79
4.3.1	Naturschutzgebiete und Flächennaturdenkmale	79
4.3.2	NATURA 2000	85
4.4	Biotoppflegeförderung und Kalkung	94
5	Kalken ja oder nein - und wenn ja: wieviel, wie oft?	96
5.1	Korrelationen zwischen pH-Wert und anderen Parametern	96
5.2	Pro und Contra Naturschutzwiesenkalkung zusammengefasst	106
5.3	Empfehlungen für die Naturschutz-Kalkungspraxis	108
5.4	Ansatz zur Kostenkalkulation	113
	Zusammenfassung und Ausblick	115
	Literatur:	116



1 Warum kalken?

Zu den prägenden Standortfaktoren der meisten osterzgebirgischen Ökosysteme gehören von Natur aus mäßig bis stark saure Ausgangsgesteine - von den wenigen, räumlich eng begrenzten Basalt- und Kalk-Vorkommen abgesehen. Natürliche Lebensgemeinschaften, die nach der Eiszeit entstanden und deren Reste möglicherweise noch in naturnahen Waldrelikten oder Mooren erhalten sind, haben sich entsprechend dieser ökologischen Bedingungen entwickelt.

Anders jedoch die von Menschen und deren Nutztieren-/pflanzen geprägten Kulturlandschaften. Die Standortfaktoren der Felder und Forsten, Wiesen und Weiden des Ost-Erzgebirges erfuhren im Verlaufe von mindestens 800 Jahren Landnutzungsgeschichte vielfältige Überprägungen. Dies geschah (und geschieht) durch unbeabsichtigte nutzungsbedingte Überstrapazierung der Böden einerseits, sowie durch bewusste "Bodenverbesserungen" andererseits. Dazu gehörte insbesondere zwischen 18. und Mitte 20. Jahrhundert die Düngung mit Kalk und kalkhaltigen Düngemitteln.

Hinzu kamen und kommen immer großräumigere und grundlegendere anthropogene Einflüsse auf die Standortbedingungen:

- **Säureeinträge** aus der Energiegewinnung (Braunkohleverstromung → Schwefeldioxid → schweflige Säure / Schwefelsäure), sowie des Verkehrs und anderer Verbrennungsprozesse (Oxydation mit hohen Temperaturen → Stickoxide → salpetrige Säure / Salpetersäure)
- **Eutrophierung** durch direkte und indirekte Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft (v.a. Gülle, Kunstdünger → Ammoniak → Ammonium - trägt außerdem zur Versauerung bei) sowie wiederum aus Verkehr und anderen Hochtemperatur-Verbrennungsprozessen (Stickoxide → Salpetersäure → Nitrate)
- **Technisierung der Landnutzung** (schwere Maschinen, auch bei der Biotoppflege → großflächige Bodenverdichtungen → Sauerstoffmangel und vermindertes Wasserhaltevermögen der Böden)
- Verschiebungen der Artenzusammensetzung durch **Neobiota** (z.B. stickstoffbindende Wurzelbakterien von Lupinen; generell nur sehr wenig Kenntnisse über das Ausmaß der Neobiota-Problematik unter Bodenorganismen)
- **Klimawandel** mit Hitzeereignissen und immer längeren Vegetationsperioden (u.a. Intensivierung von Bodenprozessen, aber auch deren drastische Ausbremsung während Dürrephasen)

Unter diesen Bedingungen die Biologische Vielfalt bewahren zu wollen, stellt "den Naturschutz" vor enorme Herausforderungen. Auf alle Fälle scheint es wichtig, die "Resilienz" von Arten und Biotopen zu fördern. Pflanzen, die mangels ausreichender Basenverfügbarkeit bereits am Rande ihres ökologischen Toleranzbereichs angekommen sind, werden vermutlich viel eher Opfer klimawandelbedingter Dürrephasen als solche mit optimaler Nährelementversorgung.

"Kalkversorgung der Böden hat großen Einfluss auf die natürlichen Bodenfunktionen. Bei sehr niedrigen pH-Werten können die Lebensraumfunktionen für Pflanzen und Bodenorganismen sowie die Filter- und Pufferfunktionen gegen schädliche Stoffeinträge in ihrer natürlichen Ausprägung beeinträchtigt sein."¹

¹ FELDWISCH et al. (2007), S. 2

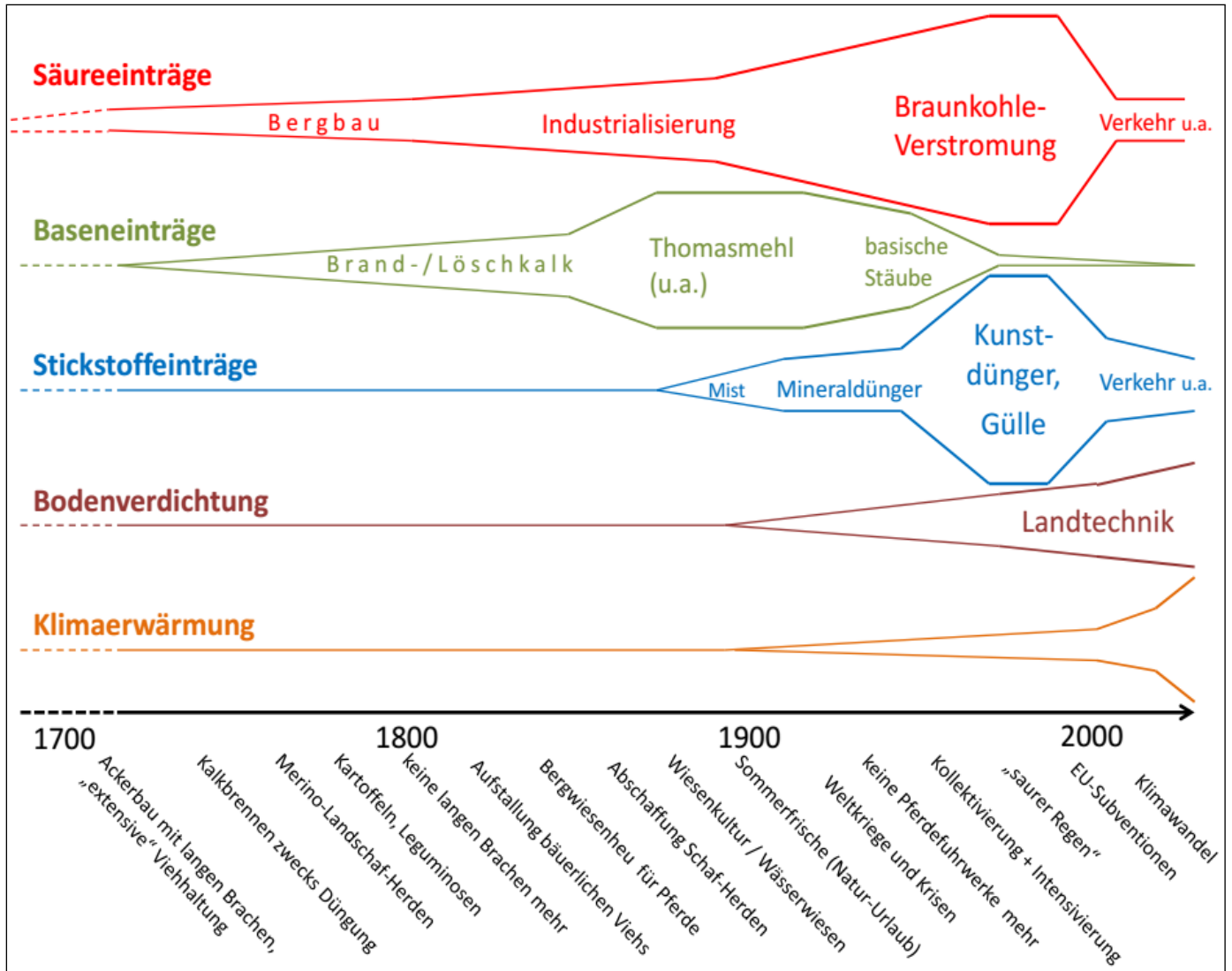


Abb. 1: schematische Darstellung der historischen Entwicklung anthropogener Einflüsse auf die Böden von naturschutzbedeutsamen Grünlandflächen im Ost-Erzgebirge



1.1 Wirkungen von Kalk

Im Vergleich zu anderen Nährelementen kommt dem Kalzium innerhalb der Pflanzen-Organismen nur eine relativ untergeordnete Rolle zu. So wird beispielsweise der Schließmechanismus von Spaltöffnungen über den Kalziumspiegel im Zellsaft gesteuert², und auch beim Aufbau der Zellwände ist Kalzium beteiligt³.

Weitaus bedeutender sind die indirekten Wirkungen auf die Vegetation - über die vielfältigen Reaktionen des Kalziums im Boden. Vor allem über die Beeinflussung der Wasserstoffionenkonzentration - messbar als pH-Wert - und die damit einhergehende Verfügbarkeit von Nährelementen einerseits sowie phytotoxischen Stoffen andererseits kommen dem Kalzium entscheidende Steuerungsfunktionen zu. Schon vor langer Zeit war in der Landwirtschaft bekannt: "Durch Kalkzufuhr wird der Boden tätig, warm und krümelig. Wir düngen mit Kalk also zunächst den schweren Boden und erst in zweiter Linie die Pflanzen."⁴

Die Wirkpfade des Kalziums im Boden lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- chemische Prozesse:

Bindung von Wasserstoffionen → Neutralisierung von Säuren → **Erhöhung des pH-Wertes**

→ Erhöhung der Basensättigung an den Sorptionskomplexen der Böden → Erhöhung der Kationenaustauschkapazität → **Verfügbarkeit von Nährelementen** (N, P, Mg, ...)

→ **Reduktion** der Pflanzenverfügbarkeit von toxischen **Schwermetallen** und **Aluminiumionen**

- physikalische Prozesse:

Bildung "krümeliger" Aggregatstrukturen der Bodenteilchen → **Stabilisierung des Bodengefüges**

→ Erhöhung der Widerstandskraft gegen Bodenverdichtung / -verschlammung → **Verringerung des Erosionsrisikos**

→ Erhöhung des Porenvolumens → **besseres Wasserhaltevermögen** (auch in Trockenzeiten!) und "mehr Raum für Atemluft"

- biologische Prozesse:

Aktivierung des Bodenlebens → **Optimierung des Humuszustandes** (z.B. Abbau von Rohhumusdecken)

→ **Aufschluss von Pflanzennährstoffen**

→ weitere Erhöhung des Porenvolumens → **Förderung des Wurzelwachstums**

² <https://www.spektrum.de/news/was-steuert-die-bewegungen-der-spaltoeffnungen/575409>, abgerufen 10.10.21

³ STRASBURGER et al. (1983), S. 342

⁴ ZIMMERMANN (1952), S. 84



Wirkungsspektrum der Kalkdüngung

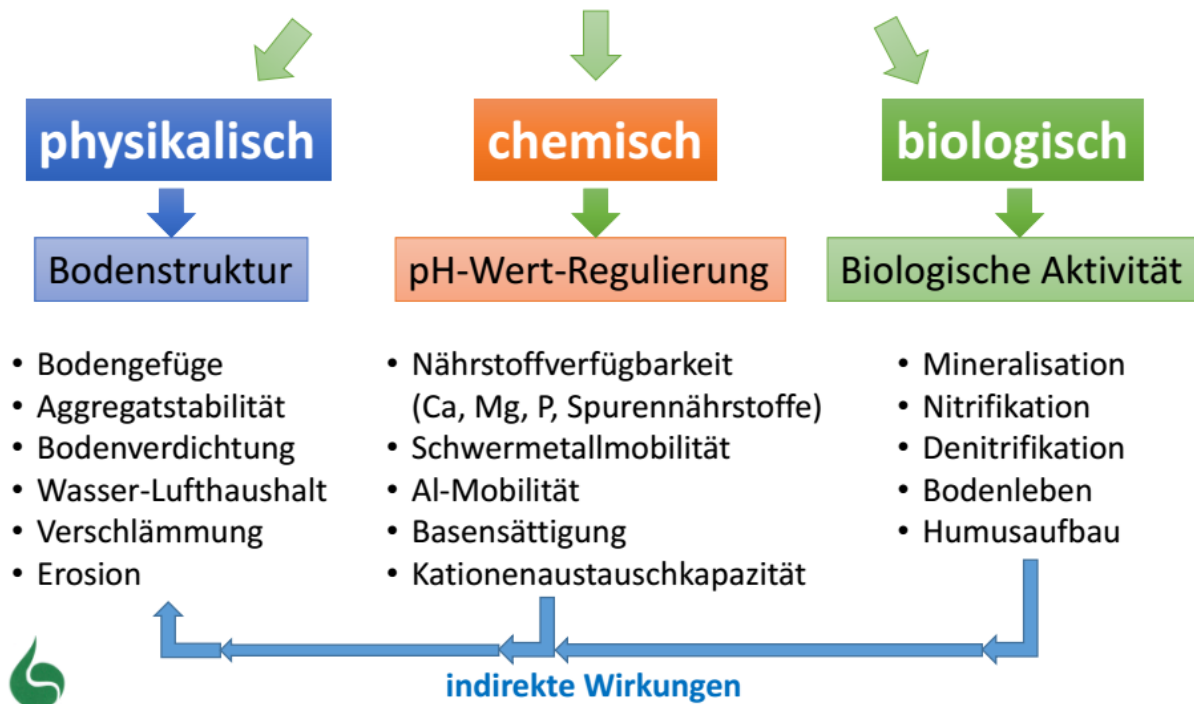


Abb. 2: Wirkungsspektrum von Kalkdüngung, aus: WEBER (2000)

Bereits Ernst Klapp, der Altmeister der "Grünlandwissenschaften", benannte folgende Wirkungen des Kalkes⁵:

- a) zunächst oberflächliche, allmählich aber doch einige Zentimeter eindringende Entsäuerung des Bodens;
- b) dementsprechend "Wandlung des Pflanzenbestands zum Besseren", besonders deutlich auf kleearmen Flächen mit Magerbodenflora;
- c) Förderung der Bodengare und insbesondere einer Reihe wichtiger Bakterienarten;
- d) Verbesserung der Nährstoffausnutzung, in besonderem Maße z.B. der Phosphatdünger, aber auch des Stickstoffs;
- e) Aufhebung nachteiliger Wirkung starker Düngung mit sauren Düngern, Jauche und Gülle auf Bestand und Futterwert, sowohl durch Förderung des Kleewuchses wie durch Erhöhung des Kalkgehalts im Futter.

Beim Grünland nicht unbeachtet bleiben sollte darüber hinaus auch die Bedeutung von Kalzium für die Ernährung derjenigen, die den Aufwuchs als Weidefutter, Heu oder Silage fressen. Der Kalkbedarf tierischer Organismen ist ungleich größer als der von Pflanzen. ("Endlich wird der Knochenweiche jüngerer Tiere vorgebeugt."⁶)

⁵ KLAPP (1938), S. 202

⁶ KIEL (1950), S. 32



1.1.1 Bodenchemie

Die wahrscheinlich weitaus wichtigste Wirkung von Kalk (bzw. Calcium-Ionen) im Boden besteht in der Fähigkeit zum **Neutralisieren von Säuren**⁷, der sogenannten "Pufferung" über die Bindung der Ionen an den Tonmineralen, Oxiden und Humusbestandteilen des Bodens⁸. Diese Bindung freier Protonen im Boden gehört für die hier lebenden Organismen - einschließlich Pflanzenwurzeln - zu den grundlegenden Existenzbedingungen.

Die Kationenbelegung an diesen "Bodenaustauschern" wird (im neutralen Bereich) von Ca^{2+} (ca. 70 %), in geringerem Maße von Mg^{2+} (10 %) bestimmt.⁹ In kalkarmen Böden, wie sie im Ost-Erzgebirge vorherrschen, ist die sogenannte **Verbraunung** der wichtigste natürliche Puffermechanismus. Dabei werden vorrangig die bei der Gesteinszersetzung freigelegten primären Glimmerminerale (neben anderen Silikaten) in Tonminerale umgewandelt¹⁰. Die Bindung von Wasserstoffionen erfolgt im Austausch gegen Erdalkali-Ionen (Ca^{2+} , Mg^{2+}), auch als "Entbasung" bezeichnet.¹¹ Bis zu einem gewissen Grad ist der Austauschprozess reversibel.

Steigert sich jedoch darüber hinaus der Eintrag von Säuren in das System, werden schließlich auch die Tonminerale selbst angegriffen - und setzen dabei u.a. Aluminium-Ionen frei. Diese wirken auf die meisten Bodenorganismen und auf Pflanzenwurzeln toxisch. Einmal zerstörte Tonminerale sind nicht mehr wiederherstellbar, pH-Werte unter etwa 4,5 haben damit irreversible Folgen.

Je nach pH-Wert - der Menge der zu neutralisierenden Protonen - wirken also unterschiedliche chemische Austauschprozesse an den Bodenteilchen. Auch wenn deren Übergänge natürlich fließend sind, werden sogenannte **Pufferbereiche** (PB) definiert:¹²

Carbonat-PB	pH 8,6 - 6,2
Silikat-PB	pH 6,2 - 5,0
Austauscher-PB	pH 5,0 - 4,2
Aluminium-PB	pH 4,2 - 3,0
Eisen-PB	pH < 3,0

Die pH-Angaben beziehen sich auf Messungen in Wasser. Die bei der Bodenanalyse gebräuchlichen Messverfahren in Kaliumchlorid- oder Kalziumchloridlösungen ergeben Werte, die jeweils bis zu 0,7 / 0,8 pH-Einheiten unter diesen Grenzen liegen können¹³.

Eine Übersicht über die jeweils zugrundeliegenden Prozesse gibt die aus dem "Sächsischen Waldbodenbericht" entnommene Darstellung - siehe Abb. 3.

⁷ DLG (2021), S. 7

⁸ SCHEFFER / SCHACHTSCHABEL (2002), S. 126ff

⁹ PIHL (2009), Folie 27

¹⁰ WEBER (2007a), S. 121

¹¹ FIEDLER / HOFMANN (1984), S. 25

¹² AD-HOC-AG BODEN (2005), S. 369

¹³ AUTORENKOLLEKTIV (1985) S. 161; SCHEFFER / SCHACHTSCHABEL (2002), S. 135



Carbonat-Puffer	(pH größer 6,2)	<i>neutral</i>
Entkalkung der Böden durch Umwandlung von Calciumkarbonat in Calciumhydrogencarbonat als typischer bodenbildender Prozess. Rasche Streuzersetzung führt zur Ausbildung von Mull-Humusformen mit einer geringen Mächtigkeit und einer zügigen Einarbeitung in den Mineralboden durch Bodenwühler. Typisch ist das Fehlen des Oh-Horizontes in der Auflage. Optimale Wachstumsbedingungen für alle Waldbäume.		
Silikat-Puffer	(pH 6,2 bis 5,0)	<i>sauer bis schwach sauer</i>
Bodenbildung wird gesteuert durch Verlehmung und Verbraunung. Die Verwitterung primärer Silikate wie Glimmer, Feldspat und Quarz ist die vorherrschende Pufferreaktion. Intensive Freisetzung von Kationen als Nährstofflieferanten. Übergangsformen in der Auflage vom Mull zum mullartigen Moder. Ausbildung eines geringmächtigen Oh-Horizontes. Nährstoffangebot für Waldbäume im optimalen Bereich.		
Austauscher-Puffer	(pH 5,0 bis 4,2)	<i>stark sauer</i>
Fortschreitende Verwitterung unter Freisetzung von Al-Ionen aus Tonmineralen und Silikatbruchstücken (Ausbildung von Al-Hydroxo-Kationen). Verdrängung der wichtigen Nährkationen wie Calcium, Magnesium und Kalium von Austauscherplätzen durch Aluminium und Verlagerung dieser Nährelemente in die Tiefe, ggf. Auswaschung mit der Bodenlösung. Beginnende Podsolierung unter Ausbildung eines Auswaschungs-/ Eluvialhorizontes (Ae). Reduzierte Abbautätigkeiten in der Auflage führen zur Ausbildung eines mullartigen Moders bis Moders.		
Aluminium-Puffer	(pH 4,2 bis 3,8)	<i>stark bis sehr stark sauer</i>
Auswaschung von Nährstoffen auf fortgeschrittenem Niveau durch die Freisetzung von Al-Ionen aus den zuvor gebildeten Al-Hydroxo-Kationen. Zerstörung der Tonminerale und Herabsetzung der Basensättigung. Wurzelschädigungen infolge der Al-Toxizität setzen ein. Durch die Akkumulation der anfallenden Streufallmengen bilden sich inaktivere Humusformen wie Moder und Rohhumus aus.		
Aluminium-Eisen-Puffer	(pH 3,8 bis 3,0)	<i>sehr stark sauer</i>
Typische Reaktion ist die Mobilisierung von Eisen mit Huminstoffen. Die Säurepufferung vollzieht sich im Zuge der Auflösung von Eisenhydroxiden. Deutlicher Säurestress und Wachstumsstörungen sind die Folge. Humusformen werden dominiert durch den inaktiven Rohhumus mit einer deutlichen Grenze zum Mineralboden.		
Eisen-Puffer	(pH kleiner 3,0)	<i>äußerst sauer</i>
Die gesamte Pufferung wird durch die Auflösung von Fe-Oxiden aufrechterhalten. Gleichzeitig findet eine Tiefenverlagerung von Eisen statt. Dieser Prozess ist dominierend bei der Podsolierung von Böden. Mächtige Rohhumusaufgaben sind die Folge einer eingeschränkten bis fehlenden Bodenfauna in Form von Bodenwühlern.		

Abb. 3: Übersicht über die Pufferbereiche, aus: Sächsischer Waldbodenbericht 2018¹⁴

Mit den Pufferprozessen einher geht nicht nur die Verfügbarkeit der dabei gebundenen bzw. freigesetzten Erdalkali-Ionen Ca^{2+} und Mg^{2+} . Auch alle weiteren Elemente der Bodenminerale weisen ein bestimmtes pH-Spektrum auf, in dem sie jeweils löslich sind - d.h. von den Pflanzen und Bodenlebewesen aufgenommen werden können.

¹⁴ SACHSENFORST (2018), S. 46



Hohe Säurebelastungen (= niedrige pH-Werte) führen zur Freisetzung von zahlreichen Stoffen, die zumindest in größerer Menge stark phytotoxisch wirken. Dazu gehören zum einen **Schwermetalle** wie Cadmium, Zink und Blei.

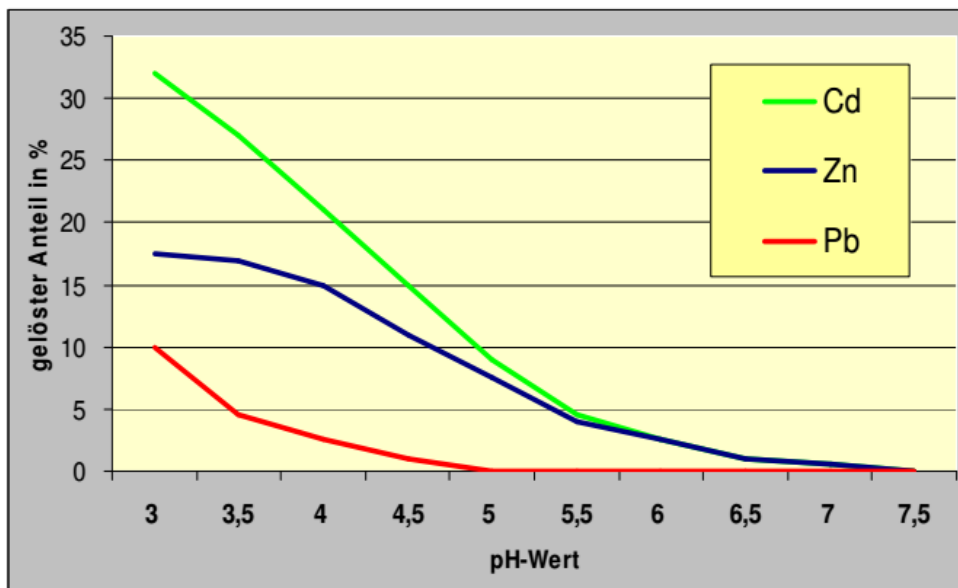


Abb. 4: Löslichkeit von Cadmium, Zink und Blei in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens; aus PIHL (2009)¹⁵

Zum anderen werden bei der Zerstörung der Tonminerale unter (sehr) niedrigen pH-Bedingungen aber auch größere Mengen **Aluminium-Ionen** (und in geringerem Maße Mangan) freigesetzt, die für die meisten Pflanzen (und andere Lebewesen) stark giftig sind.

Ebenfalls pH-Wert-abhängig ist die Pflanzenverfügbarkeit von essentiellen Nährelementen wie Phosphor und Stickstoff.

Besonders **Phosphor**, der in den Gesteinen des Ost-Erzgebirges ohnehin nicht sehr reichlich vorhanden ist (zwischen 0,01 % im Quarzporphyr und 0,21 % in den Graugneisen, nur Basalt liegt deutlich darüber)¹⁶, kann bei niedrigen pH-Werten (unter 5,5) zum Mangel-Nährstoff werden. Und zwar nicht nur für Pflanzen, sondern auch die damit ernährten Tiere in der Landwirtschaft. "Die Phosphorwerte des Aufwuchses unserer Untersuchungsflächen sind so niedrig, dass man das Heu eigentlich kaum noch guten Gewissens als Futter verkaufen kann.", so die Aussage der ehemaligen Leiterin des Versuchsgutes Börnchen vor zwanzig Jahren¹⁷.

Im Gegensatz dazu steht **Stickstoff** in den meisten Ökosystemen aufgrund jahrzehntelanger Eutrophierung im Überfluss zu Verfügung: das sogenannte Stickstoffbilanzsaldo verharrt nach wie vor auf einem sehr hohen Überschuss-Niveau (siehe Abb. 5). In Sachsen ist tendenziell eine deutliche Steigerung zu verzeichnen.¹⁸

¹⁵ PIHL (2009): Folie 32

¹⁶ KARST et al. (1965), S. 47

¹⁷ AUERSWALD, bei einer Exkursionsführung am 21.7.2001

¹⁸ BMEL (2020) S. 84

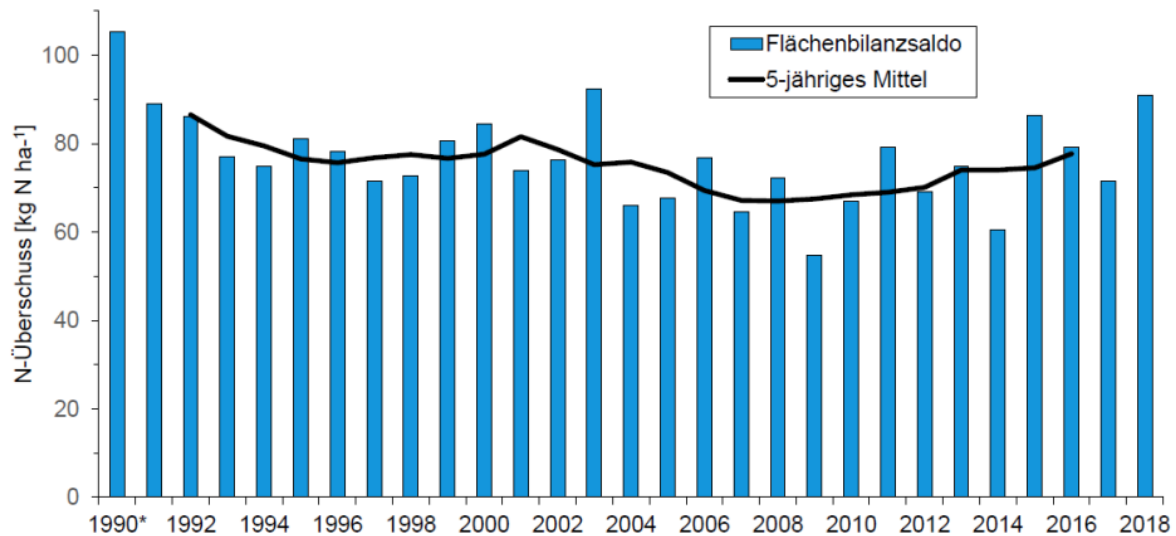


Abb. 5: Stickstoffflächenbilanzsaldo Deutschland, aus: Nitratbericht 2020 der Bundesregierung

Bei pH-Werten unter 4,5 bis 5 ist ein Großteil des Stickstoffs in den Böden gebunden und steht damit den Pflanzen nur sehr eingeschränkt zur Verfügung. Eine Folge von pH-Wert-Erhöhen durch Kalkung kann die **Mobilisierung** dieser **Stickstoffdepots** sein¹⁹. Diese Wirkung war schon früher den Bauern bekannt und ist in dem Spruch "Kalk schafft reiche Väter und arme Söhne" verankert. (Damals war "Eutrophierung" noch ein völlig unbekanntes Phänomen - es ging vielmehr darum, mit den wenigen Nitratvorräten im Boden möglichst sorgsam zu haushalten.)

Was bei ertragsorientierter Landwirtschaft erwünscht sein mag - maximaler Stickstoffumsatz in Biomasse - ist für die Zielstellung "Artenvielfalt" in Naturschutz-Grünland in aller Regel kontraproduktiv. Durch pH-Wert-Erhöhung forcierter Aufwuchs von (konkurrenzstarken, hoch- und dichtwüchsigen) Gräsern und Stauden erfordert zumindest zusätzlichen Pflegeaufwand, z.B. eine zweite oder dritte Mahd. Dies ergeben auch die Erfahrungen aus dem E+E-Projekt Oelsen.²⁰

Die Abwägung "Versauerung versus Eutrophierung" stellt das grundlegende Dilemma bei allen Kalkungsüberlegungen für Naturschutz-Grünland dar!

¹⁹ HEYBURN et al. (2017)

²⁰ HÖLZEL, schriftlich, 6.10.21)

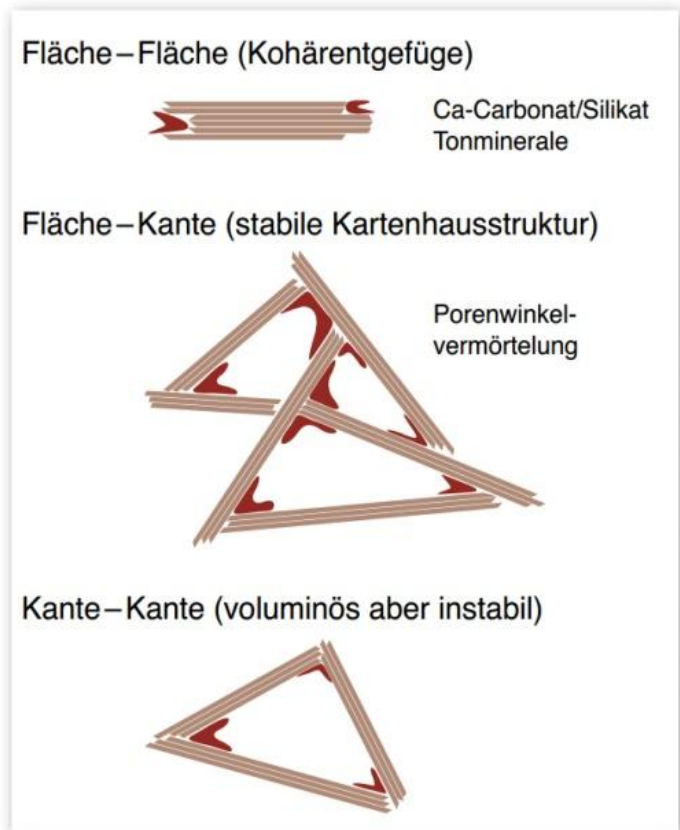


1.1.2 Bodenstruktur

Bei der Verwitterung des Ausgangsgesteins sind es vor allem die Schichtsilikate (hier: die Glimmer), die zu Tonmineralen umgewandelt werden und damit die Bodenbildung prägen. Ihr plattiges Gefüge führt bei Böden mit einem hohen Anteil an Tonmineralen zu einem erheblichen Risiko der Bodenverdichtung.

Kalzium-Ionen wirken dieser Verdichtung entgegen, mit ihrer positiven Ladung stemmen sie sozusagen die Schichten auseinander. Anstatt einer engen Abfolge von Tonmineralplatten entsteht ein sogenanntes "Kartenhausgefüge". Dabei stehen einzelne Tonschichten in bestimmten Winkeln zueinander, wobei diese Winkel durch die Anlagerung von Kalk "vermörtelt" werden und dem somit entstandenen "**Krümel-Gefüge**" Stabilität verleihen. Der als "Flockung" bezeichnete Vorgang nimmt mit steigender Kalzium-Konzentration zu. Für ein derart nachhaltig stabilisiertes Bodengefüge ist eine Ca-Sättigung an den Bodenaustauscher-Aggregaten von mindestens 60 % erforderlich.²¹

Abb. 6: Lagerungsformen der Tonminerale mit Kalzium; aus: DLG-Merkblatt 456: Hinweise zur Kalkdüngung (2021)



Zusätzlich stabilisiert wird das Gefüge in den Oberböden dadurch, dass die zweifach positiv geladenen Kalziumionen (Magnesium ebenfalls) sowohl an Tonmineralen als auch an Humusteilchen andocken können. Über derartige "Kalziumbrücken" bilden sich **stabile Ton-Humus-Komplexe**.²¹

Das Wissen um die positiven Kalkwirkungen auf die Bodenstruktur war in der Landwirtschaft seit langem präsent: "Toniger, zäher Boden wird durch die Zufuhr von fein verteiltem Branntkalk lose, flockig, er ballt nicht mehr zusammen."²²

Aufgrund ihres hohen Porenreichtums sind derartige lockere Böden günstig für den Gasaustausch (und damit die Atmung von Wurzeln und Bodenorganismen) sowie für Wasserinfiltration und -speicherung. Der oberflächliche Wasserabfluss wird reduziert, damit ebenso das Risiko von Erosion und Verschlammung. Eine stabile Krümelstruktur macht Böden widerstandsfähiger gegen Belastungen mit schweren Maschinen und verbessert das Wasserspeichervermögen auch in Dürrezeiten.

Dabei gilt naheliegenderweise: je toniger der Boden, desto höher muss der pH-Wert sein.²³ Die meisten Gneisböden des Ost-Erzgebirges gehören hinsichtlich der Bodenart in die Kategorie "Sandiger Lehm", mit Tonanteilen zwischen 10 und 25 %.²⁴ Damit ist "Bodenverdichtung" durchaus auch hier ein ernstzunehmendes Thema, insbesondere bei maschinenbefahrenen Flächen in Land- und Forstwirtschaft.

²¹ DLG (2021), S. 6

²² ZIMMERMANN (1958), S. 83

²³ SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (2002), S. 135

²⁴ WEBER (2007a), S. 118; LfULG (o.J.): Steckbrief Braunerde über Gneis



1.1.3 Bodenleben

"Unsere meisten Böden der Wiesen, häufig auch der Weiden, zeigen eine saure Reaktion. Nützliche Kleinlebewesen, die unersetzlich für alle notwendigen Umsetzungen im Boden sind, verlangen einen neutralen Bodenzustand."²⁵

Böden sind lebende Systeme, das Edaphon (die Gesamtheit der Bodenorganismen) gehört in gleichem Maße dazu wie die unbelebte Materie. Sie sorgen für **Durchmischung und Lockerung** der verschiedenen Schichten, sind für das "Recycling" der sich in der Humusaufgabe akkumulierenden Biomasse verantwortlich, machen Nährelemente pflanzenverfügbar.

Nach DUNGER (1998) sorgen Bodentiere in Kombination mit Mikroben auf verschiedene Wirkungsweisen für Dekompostierung und **Humusbildung**:

- Aufbrechen von organischen Hüllschichten ("Nussknackereffekt") → Zugang für Mikroorganismen zu Zellinhaltsstoffen;
- Zerkleinerung von kompakten Pflanzenresten → Vergrößerung der Oberflächen (der Angriffsflächen für Mikroorganismen, "Palletierungseffekt");
- Mehrzahl der Mikro- und Mesofauna ist mikrobiophag, d.h. "Beweidung" von Mikroorganismen → Erhöhung der Stoffwechselleistungen der Mikrobenkolonien;
- Saprophage Arten nehmen Kotballen nach einer Zeitspanne der Besiedlung mit Mikroorganismen auf → ähnlicher Vorgang wie Aufschluss organischer Substanzen bei Wiederkäuern ("Außenmageneffekt");
- andere - oft symbiotische - Wechselwirkungen zwischen Bodentieren und Mikroorganismen.

Die von Bodenlebewesen abhängigen Prozesse sind mithin sehr komplex und noch bei weitem nicht ausreichend erforscht. Damit einher gehen einerseits die Pflanzenverfügbarkeit der im Humus enthaltenen Nährstoffe und die Bildung von stabilen Dauerhumus-Komplexen andererseits. Wichtig ist es dafür, "eine artenreiche, reaktionsbereite und leistungsfähige Bodenfauna durch biologisch einsichtige Wirtschaftsweise zu erhalten."²⁶

Ihr Wirkungs- und Vermehrungsoptimum haben **die meisten Bodenlebewesen im neutralen bis schwach sauren pH-Bereich**.²⁷ Die optimalen pH-Werte liegen nach STÖVEN für Bakterien zwischen 6,0 und 9,0, für Ringelwürmer zwischen 5,5 und 7,5 und Regenwürmer zwischen 6,5 und 8,0.²⁸

Auch die Untersuchungen von Sachsenforst  sehr deutlich gezeigt, wie überaus positiv sich die Waldkalkungen auf die Besiedlung mit Regenwürmern auswirken. Auf ungekalkten Flächen mit pH-Werten von 3,5 in der Humusschicht konnten maximal 8 Regenwürmer pro Quadratmeter nachgewiesen werden (auf manchen Untersuchungsflächen: Null). Auf gekalkten Flächen mit pH-Wert 4,7 stieg deren Zahl auf 48 bis 202 pro m². Rechnerisch lag die durchschnittliche Biomasse der Regenwurmfauna bei nur 9 kg/ha bei den ungekalkten - aber 135 kg/ha bei den gekalkten Flächen.²⁹

Vor allem im Aluminiumpufferbereich (pH < 4,2) scheint es infolge der freigesetzten toxischen Substanzen (Al³⁺, Schwermetalle) zum weitgehenden Erliegen der meisten biologischen Prozesse in den Böden zu kommen.

²⁵ KIEL (1950), S. 37

²⁶ DUNGER (1998), S. 72f

²⁷ DLG (2021), S. 8

²⁸ WEBER (2020), Folie 28

²⁹ ANDREAE et al. (2020), S. 33

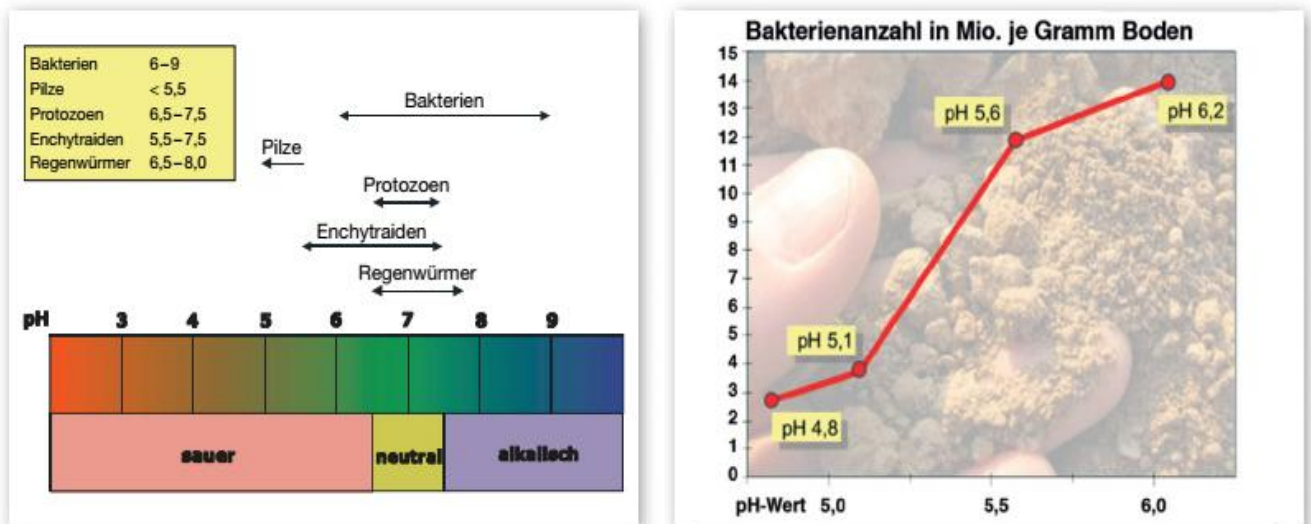


Abb. 7 und 8: optimale pH-Bereiche von Bodenorganismen; aus DLG-Merkblatt 456: Hinweise zur Kalkdüngung (2021)

Wie aus Abb. 7 ersichtlich wird, gilt die Bevorzugung von Böden mit neutraler Reaktion im Durchschnitt nicht für Pilze. Wahrscheinlich ist dies auch bei den meisten Mykorrhiza-Bildnern der Fall. Ihnen kommt im sauren Milieu offenbar eine besondere Bedeutung für die Pflanzenernährung zu. Es gibt daher durchaus auch kritische Überlegung hinsichtlich Kalkungsmaßnahmen: "Der Erhalt der zur Ektomykorrhizierung befähigten Pilzflora ist vor allem auf bodensauren Standorten von großer Bedeutung für die Ernährung der Waldbäume. Waldkalkung verändert die Pilzflora und gefährdet damit die Funktionalität der Waldernährung. Diese Umstellung der Pilzflora erfordert dann nach einem Abklingen der Kalkungswirkung erneute Kalkungen – der Wald 'hängt am Tropf der Kalkung'."³⁰ Allerdings heißt es an anderer Stelle im gleichen Papier auch: "Auch Mykorrhizapilze reagieren empfindlich auf Al^{3+} -Toxizität."³¹

In Klimawandelzeiten nicht unwichtig: humose, biologisch aktive Böden stellen bedeutende **Kohlenstoffspeicher** dar.³² Vermutlich infolge höherer Mikroorganismen-Dichte und -Aktivität vermag Kalkung den C-Gehalt von Böden erhöhen.³³

Allerdings kann eine zu rasche pH-Wert-Veränderung, z.B. durch Düngung mit Branntkalk, auch die "Zersetzung und Verwesung des Humus ... außerordentlich beschleunigen."³⁴

Zu den problematischsten Erscheinungen heutiger Grünland-Biotoppflege gehören die dichten **Streufilzdecken**, die sich aus Altgras und Mahdresten bilden. Die Ursachen dafür mögen vor allem in mangelhafter Biotoppflege liegen (Unternutzung mit nur einschüriger Mahd, fehlende Vor- und Nachbeweidung, hoch eingestellte Mähwerke, unzureichende Beräumung des Mähgutes) und auch durch forciertes Biomasseaufkommen infolge längerer Vegetationszeiten sowie Eutrophierung begründet sein. Möglicherweise spielt hier aber ebenfalls ein gebremster Abbau der Streufilzaufgabe durch ungünstige Bedingungen für die Bodenlebewesen eine Rolle. Offensichtlich (und "fühlbar") ist die oberflächliche Verdichtung der meisten Grünland-

³⁰ REIF et al. (2014), S. 15

³¹ ebd., S. 10

³² https://www.mpg.de/4705567/Kohlenstoffspeicher_Boden, abgerufen 20.10.21

³³ HEYBURN et al. (2017), S. 2010

³⁴ ZIMMERMANN (1958), S. 83



flächen infolge Befahrung mit schwerem Gerät. Infrage kommt jedoch außerdem die Inaktivierung des Edaphons durch Bodenversauerung.

Im landwirtschaftlichen Bereich bekannt ist die verringerte Umsetzung von organischen Materialien wie Ernterückständen bei sauren Böden.³⁵ Und auch im Sächsischen Waldbodenbericht wurde festgestellt: "Eine klare Abstufung der pH-Werte von biologisch aktiven, auflagehumusarmen Standorten bis hin zu weniger aktiven Rohhumusdecken wird deutlich."³⁶

1.1.4 Pflanzenernährung

Wie in Abschnitt 1.1.1 bereits dargelegt, ist die Funktion von Kalzium als Pflanzennährstoff selbst von eher untergeordneter Bedeutung. Dies wissen Landwirte seit langem: "Leidet ein Boden unter Kalkmangel, so ist damit nie der Kalk als Nährstoff, sondern als Bodenaufbaustoff gemeint."³⁷ pH-Werte nahe des neutralen Bereichs sichern die Pflanzenverfügbarkeit der Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Magnesium. Hinsichtlich der Versorgung mit Kalium, das in den Zellen vorrangig den Wasserhaushalt regelt, kann es bei einem Überangebot von Kalzium zu einem "Antagonismus" kommen.³⁸ Davon dürften die meisten sauren Erzgebirgsböden jedoch weit entfernt sein.

Die Verfügbarkeit der Pflanzennährstoffe hängt aber auch von weiteren Faktoren ab. Insbesondere mangelnde Wasserversorgung lässt Mängel des Kalk- und Nährstoffangebots sehr scharf hervortreten.³⁹ Falls sich Dürrephasen wie 2018-2020 im Zuge des Klimawandels häufen, könnte daraus ein noch größerer Kalziumbedarf der meisten Böden im Ost-Erzgebirge resultieren.

Bei pH-Werte unter 5,0 besteht das **Risiko von Säureschäden an Wurzeln**, unter pH 4,5 verschärft sich die Situation immer mehr infolge des Überangebots von Aluminium (und Mangan) aus der Zerstörung der Tonminerale und der Freisetzung aus Oxiden. Wurzelschäden wirken sich in der Regel auf das gesamte Pflanzenwachstum aus.⁴⁰ Dabei sind die Erkenntnisse zum Wurzelwachstum bei verschiedenen pH-Niveaus und damit einhergehenden Nährstoffverfügbarkeiten durchaus widersprüchlich. Während im allgemeinen "die günstige Wirkung des Kalkes auf eine gedrungene, kräftige Wurzelentwicklung"⁴¹ bzw. "verstärktes Wurzelwachstum und damit erhöhte Nährstoffaufnahme"⁴² postuliert werden, kommen beispielsweise Untersuchungen in England zum gegenteiligen Schluss. Dort zeigte sich, dass sich mit besserer Nährstoffverfügbarkeit die Wurzelmasse verringerte. Die Pflanzen konnten vielmehr ihre Ressourcen auf ihre oberirdischen Teile verlagern. Kalkung führte stattdessen zu vermehrter Stickstoffmineralisierung durch Abbau von Wurzelbiomasse.⁴³

Aller Wahrscheinlichkeit nach hilft die **Symbiose mit Mykorrhiza-Pilzen**, die mit sinkenden pH-Werten abnehmende Nährstoffverfügbarkeit an den Wurzeln auszugleichen. Die meisten dieser Bodenpilze scheinen saures Milieu zu bevorzugen: "Der optimale Säurewert (pH-Wert) im Boden für eine Mykorrhiza liegt zwischen pH 4,0 und 5,0, über 7,0 wird kaum noch Mykorrhiza gebildet."⁴⁴ Es ist demzufolge durchaus denkbar, dass allzu drastische pH-Wert-

³⁵ PIHL (2009), Folie 40

³⁶ SACHSENFORST (2018), S. 48

³⁷ SCHMALFUSS (1955), S. 200

³⁸ ebd., S. 198

³⁹ KLAPP (1938), S. 27

⁴⁰ DLG (2021), S.7

⁴¹ KIEL (1950), s. 38

⁴² LfULG 2006

⁴³ HEYBURN et al. (2017)

⁴⁴ <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/mykorrhiza/44673> (abgerufen 20.10.2021)



Erhöhungen infolge intensiver Kalkung auch Beeinträchtigungen der Pflanze-Pilz-Wechselwirkungen im Wurzelbereich nach sich ziehen können.

Generell gilt, dass **innerhalb eines relativ weiten pH-Spektrums die Biomasseproduktion von Grünland-Ökosystemen eher von anderen Faktoren abhängt als dem Säuregrad.**

Wird allerdings ein kritischer Wert unterschritten, dann zeigt sich dies durchaus nicht nur in Artenverarmung, sondern auch in Wuchsdepressionen. "Im allgemeinen sind die Einflüsse der Bodenreaktion nur schwach ausgeprägt; bei starker Bodenversäuerung aber bleiben die Erträge sehr niedrig. Genau das Gleiche gilt für den Kalkgehalt des Bodens."⁴⁵ "Eine Kalkung hat auf gutem Grünland keine größere Bedeutung, weil die Grünlandpflanzen im allgemeinen eine schwachsaure Reaktion des Bodens lieben. Der Kalkbedarf wird in der Regel durch kalkhaltige Mineraldüngemittel und Kompost gedeckt. Auf schlechtem, versauerndem Grünland ist jedoch eine Kalkdüngung nach einer Entwässerung notwendig."⁴⁶

Aus landwirtschaftlicher Sicht wird mitunter betont, dass der Sicherung eines günstigen pH-Niveaus Bedeutung zukommt hinsichtlich der Förderung von Leguminosen (wegen der damit einhergehenden Stickstofffixierung).⁴⁷ Tatsächlich gehören einige der auf den Wiesen des Ost-Erzgebirges vorkommenden Schmetterlingsblütler zu den Arten mit höherem R-Zeigerwert (Hornklee, Zaun-Wicke, Wiesen-Platterbse). Demgegenüber jedoch repräsentiert die Berg-Platterbse mit R-Wert 3 eher das saure Spektrum der Bergwiesen. Die Lupine, als Neophyt mit hohem Beeinträchtigungspotential für artenreiches Grünland, ist mit R-Wert 4 wahrscheinlich nicht durch Kalkung zurückzudrängen.

Durch die Ernte von Heu oder Silage werden den Wiesen alljährlich beträchtliche Mengen der Nährelemente entzogen. Es ist davon auszugehen, dass lediglich Stickstoff infolge großräumiger Eutrophierung passiv wieder zugeführt wird.

Abb. 9: durchschnittlicher jährlicher Nährstoffentzug durch

Grünlandnutzung (www.agravis.de/de/pflanzenbau/gruenland/duengung)

Grundnährstoffe

Ertrag dt/ha TM	Nährstoffentzug kg/ha			
	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO
Wiesen:				
40	30	100	10	40
55	40	140	15	60
75	70	220	35	105
90	85	270	45	140
110	100	330	80	195
Weiden:	20	60	15	30

Diese **einseitige Stickstoffversorgung** führt zur ebenso einseitigen Förderung von einigen wenigen N-Verwertern, die sich ansonsten relativ indifferent gegenüber dem pH-Wert und der damit verbundenen Verfügbarkeit der übrigen Nährstoffe zeigen. Sollen Wiesen jedoch nachhaltig gesundes Futter liefern und Lebensräume für eine bestmögliche Biologische Vielfalt bieten, sollte darauf Wert gelegt werden, dass nicht nur die Stickstoffentzüge ausgeglichen werden, sondern auch alle anderen Nährelemente zur Verfügung stehen. Kalzium kommt wegen seiner bodenverbessernden Wirkungen dabei eine Schlüsselrolle zu.

"Sehr wesentlich ist eine vielseitige Düngung unseres Grünlandes, da wir es hier mit Mischbeständen zu tun haben, die die verschiedensten Ansprüche stellen. ... Starke einseitige Stick-

⁴⁵ KLAPP (1938), S. 27

⁴⁶ VIEWEG/ROSENKRANZ (1955), S. 385

⁴⁷ LfULG (2006)



stoffdüngung fördert die Gräser in ihrer Entwicklung, unter Umständen auch manche Unkräuter."⁴⁸

Nicht zu unterschätzen ist in diesem Zusammenhang außerdem die Weidetierhaltung: "Eine Großvieheinheit liefert jährlich über 200 kg an wertvollen Kationen zur Abpufferung von Bodensäuren. Ohne Düngung kommt nicht nur das Pflanzenwachstum, sondern auch das Bodenleben zum Stillstand. ... Auch eine Ergänzungsdüngung mit Kalk und Phosphor kurbelt den Kreislauf an."⁴⁹

1.1.5 Artenvielfalt und Naturschutz

Mehrere vegetations- und bodenkundliche Untersuchungen haben auch im Ost-Erzgebirge gezeigt: **höhere pH-Werte bedeuten in der Regel eine höhere Diversität in der Pflanzenwelt.**⁵⁰ Früher galt in der Grünlandwirtschaft, dass die Verfügbarkeit von Nährelementen wie Kali und Phosphor "Bestandesvereinfachung" verhindert - und damit die Sicherheit der Ernten gewährleistet. "Dies gilt insbesondere für Wiesen."⁵¹

Auch in den sächsischen Forsten bestätigten die Begleituntersuchungen zu den Waldkalkungen, dass die Artenvielfalt mit der Kalkungsintensität in den Fichtenforsten bis zu einem gewissen Grad zunimmt (ab der dritten Kalkung setzt dann offenbar "Sättigung" ein). Mehrere standorttypische Arten werden gefördert, was einen im Durchschnitt leichten Trend zur Wiederherstellung der natürlichen Vegetation erkennen lässt. Dem steht jedoch eine starke **Zunahme von Störungszeigern** (Stickstoffzeiger, Ruderalarten) gegenüber (z.B. Acker-Kratzdistel, Knaulgras, Hohlzahn, Huflattich, Brennnessel, Brombeere ...). Es ist zu erwarten, dass die Fortsetzung der Waldkalkungen deren dauerhafte Etablierung in den betreffenden Beständen zementieren wird.⁵²

Es scheint bislang nicht allzuviel systematische Forschung zum **Verhalten von gefährdeten Pflanzenarten des Offenlandes bei unterschiedlichen pH-Werten** zu geben, zumindest nicht unter in-situ-Konkurrenzbedingungen. Ein Beispiel für derartige Untersuchungen stammt aus niederländischen Heidegebieten. Demzufolge hat dort Kalkung signifikant die Keimung von Teufelsabbiss, Sumpf-Herzblatt und Echtem Augentrost gefördert (wobei deren dauerhafte Etablierung noch infrage stand wegen geringer Nährstoffverfügbarkeit). Auch Lungen-Enzian zeigte starke Zunahme, ausschließlich auf den gekalkten Versuchsflächen tauchte Sumpf-Sitter auf. Die Artenzahl insgesamt war positiv korreliert mit Ca^{2+} , Mg^{2+} und pH-Wert, negativ mit Al^{3+} und NH_4 .⁵³ "Wenn der pH-Wert unter 5 fällt, verschwinden vor allem die gefährdeten Arten."⁵⁴

Weniger auf standardisierten wissenschaftlichen Experimenten, sondern mehr auf feldbiologischen Erfahrungen beruhen die vielfach verwendeten **Ökologischen Zeigerwerte nach ELLENBERG**⁵⁵. Die Reaktionszahl R gibt für viele Pflanzenarten das Verhalten gegenüber

⁴⁸ KIEL (1950), S. 31

⁴⁹ GALLER (2010), S. 21f

⁵⁰ HACHMÖLLER 2000, SCHMIEDE 2004, LOCHSCHMIDT 2018

⁵¹ KIEL (1950), S. 38

⁵² BAUMANN et al. (2019a), ANDREAE et al. (2020)

⁵³ ROEM et al. (2002), S. 941ff

⁵⁴ ebd., S. 938

⁵⁵ ELLENBERG (1996), S.1020ff



Bodenreaktion bzw. Basen-/Kalkgehalt der Standorte wird  Auffällig ist dabei, dass **viele Grünlandarten offenbar weitgehend indifferent** gegenüber den Säure-/Basenbedingungen sind. Im Falle der in dieser Studie berücksichtigten Wiesen und Weiden macht der Anteil der Arten mit R-Wert "x" ca. 42 % aus. Die Verteilung der Pflanzen mit Zeigerwert bezüglich Bodenreaktion zeigt eine bemerkenswerte Zweigipfeligkeit bei den "Säurezeigern" (R-Wert 3) und den "Schwachsäure- bis Schwachbasenzeigern" (R-Wert 7).

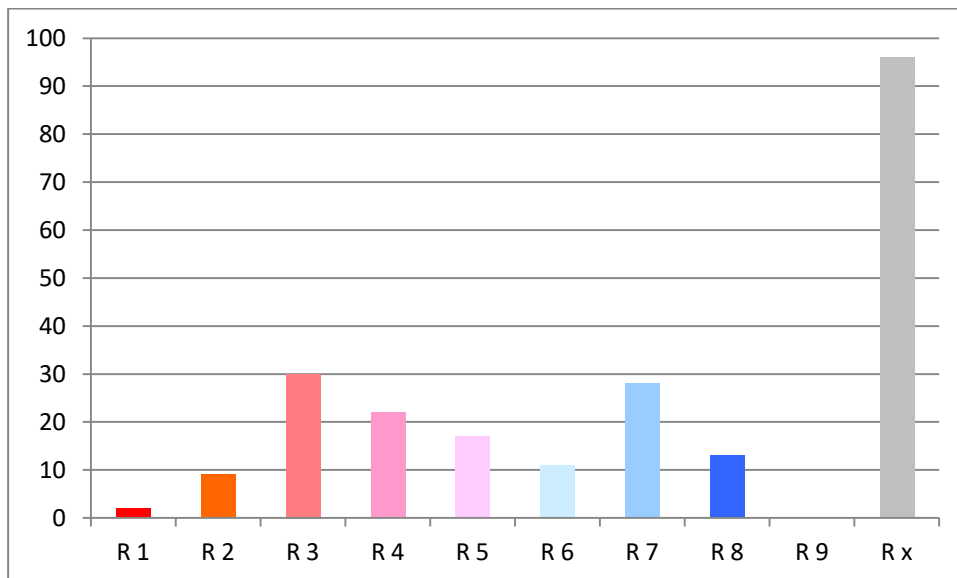


Abb. 10: Zeigerwerte der im Oberen Müglitztal auf Grünland vorkommenden Pflanzenarten

Allerdings ist bei der Anwendung der Zeigerwerte auch kritische Vorsicht geboten. Dies betonte ELLENBERG auch immer wieder selbst: "Erschwert wird die Beurteilung auch dadurch, daß manche Arten aus zahlreichen physiologischen Rassen bestehen, deren Konkurrenzverhalten unterschiedlich ist." Beispiel Ruchgras: "aus gekalktem Boden (pH 7) entnommene Populationen wachsen am besten auf kalkhaltigem Boden, aus saurem Boden (pH 4) stammende besser auf saurem, und zwar einerlei, ob die Testkulturen mit Samen oder Ausläufern begründet wurden."⁵⁶

Der überwiegende Teil der **Zielarten des Wiesennaturschutzes im Ost-Erzgebirge** hingegen bevorzugt wahrscheinlich eher basenreichere Standortsbedingungen. Unter den Pflanzen der Roten Liste Sachsens ("gefährdet", "stark gefährdet", "vom Aussterben bedroht"), die auf den im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Flächen vorkommen, dominieren Schwachsäure- bis Basenzeiger:

						Sile. nuta.	Pulm. obs.	
						Sedu. tele.	Gera. palu.	
						Prim. elat.	Prim. veri.	Vale. dioi.
						Onon. rep.	Brom. ere.	Phyt. spic.
						List. ovt.	Astr. majo.	Geum riva.
		Viol. can.				Dact. mja.	Orch. mas.	Caru. carv.
		Poly. vulg.				Dact. mac.	Arab. hirs.	Briz. medi.
		Care. echi.				Colc. autu.	Lili. bulb.	Rhin. mino.
		Lath. lini.	Geni. tinc.			Trol. euro.	Erio. lati.	Meny. trif.
		Arni. mon.	Thes. pyr.	Scor. hum.	Mel. nem.			
Pedi. sylv.								
R-Wert 1	R-Wert 2	R-Wert 3	R-Wert 4	R-Wert 5	R-Wert 6	R-Wert 7	R-Wert 8	indifferent

Abb. 11: Arten der Roten Liste Sachsen auf den im Rahmen der Kalkungskonzeption betrachteten Grünlandflächen (rot: "vom Aussterben bedroht", gelb: "Vorwarnliste")

⁵⁶ ebd., S. 821



Genauer analysiert hatte die Grüne Liga Osterzgebirge die **Bevorzugung basenreicherer Standorte durch das Stattliche Knabenkraut** (R-Wert 8) im Rahmen eines Biotopverbundprojekts vor über 20 Jahren.⁵⁷ Bei den Orchideenvorkommen rund um Glashütte fallen zwei bemerkenswerte Bindungen auf: Erstens finden sich die meisten der noch mehr oder weniger vital wirkenden Populationen im Umfeld von ehemaligen Bergbauhalden. Zu den Begleitmineralen des bei Glashütte gewonnenen Silbererzes gehörte vor allem Kalkspat - der als "taubes Material" auf den Halden landete. Zweitens gedeihen die meisten Exemplare *Orchis mascula* unter - oder nicht allzuweit entfernt von - Eschen. Es kann gemutmaßt werden, dass die Eschen mit ihrem intensiven Wurzelsystem Kalzium-, Magnesium- und andere Ionen aus tieferen Bodenschichten hervorholen und mit ihrer leicht zersetzlichen Laubstreu wieder den Oberböden zuführen.

Ein weiteres Vorkommen des Stattlichen Knabenkrautes, das sich in den vergangenen 10 bis 20 Jahren prächtig entwickelt hat, befindet sich im FND Schilfbachtal. Abgesehen von einigen geringfügigen Kalkungen in der Vergangenheit wirkt sich hier offensichtlich die Nachbeweidung mit Schafen außerordentlich positiv aus. Vermutlich werden über den Schafskot den Böden die entsprechenden Pflanzennährstoffe zugeführt.

Im Bereich Oelsen führte spezielle Pflege mitsamt Kalkung ebenfalls zu positiven Entwicklungen beim Staatlichen Knabenkraut: "Ich kalke z.B. eine Fläche seit 10 Jahren regelmäßig (alljährlich) im Herbst und Frühjahr, mittlerweile mit ca. 0,5kg/m² Dolomit (das ist schon ganz schön viel!), was zu einem deutliche Anstieg der Individuenzahl u.a. bei *Orchis mascula* (pH-Wert ist von 4,5 auf 5,6 (KCL) angestiegen) führte. ... Entscheidend für den Erfolg während der Phase einer Entwicklungskalkung ist, wie allgemein auch bei anderen Flächen, eine optimale Vegetationsstruktur (möglichst licht und niedrig) und ein hoher Anteil kleinflächiger offener Rohbodenstandorte, vor allem ab August bis nächsten Mai. Die angesprochene Fläche wird deshalb von mir im Herbst mit Motorsense nachgemäht und gründlich ausgereicht - das ist entscheidend!"⁵⁸

Übermäßig saure Verhältnisse stellen vermutlich nicht nur für basiphile Arten ein Problem dar, selbst für den klassischen "Säurezeiger" **Arnika** (R-Wert 3) sind irgendwann die Toleranzgrenzen erreicht: "Eine zu starke Versauerung (unter pH 4,5) ist jedoch schädlich, weil es dann u. a. zu toxischen Wirkungen von Aluminium-Ionen kommen kann." ... "Bodenversauerung ... wirkt sich insbesondere auf die Keimung und Keimungsetablierung aus und schränkt die generative Vermehrung ebenfalls ein."⁵⁹ Auf niederländischen Heideflächen zeigte sich die Bedeutung von Mykorrhiza, Arnika auch im stark sauren Milieu existenzfähig zu halten.⁶⁰

Womöglich ist es auch auf Reaktionen der Mykorrhiza-Pilze zurückzuführen, wenn "namentlich die mykotrophen Arten ... der Kalk- und Nährstoffzufuhr weichen."⁶¹

Seit jeher wird mit Kalkung von Grünland nicht nur allgemeine Bodenverbesserung, sondern auch die Zurückdrängung von Pflanzen mit geringem Futterwert oder auch giftigen Arten beabsichtigt: "Kalk und Mergel verbessern moorige, versumpfte und mit Moos überzogene Wiesen. Auch wende man dazu die Düngung mit Thomasschlackemehl und Kainit an. Dadurch entwickelt sich ein kräftiger Pflanzenwuchs, Moose und schädliche Unkräuter gehen

⁵⁷ GRÜNE LIGA (1999), S. 155ff

⁵⁸ HÖLZEL, pers. Mitt. 6.10.2021

⁵⁹ RICHTER/HANSPACH (2013), S. 32, 36

⁶⁰ HEIJNE et al. (1996)

⁶¹ KLAPP (1938), S. 135

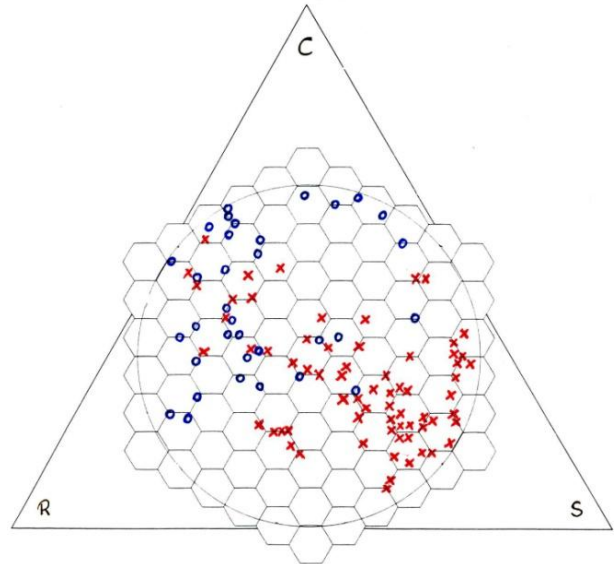


dabei zu Grunde.⁶² Explizit erwähnt wird in der älteren Literatur z.B. die Bekämpfung von Herbstzeitlosen.⁶³ Bei einem R-Wert von 7 mag der Erfolg der Bekämpfung mittels Kalkung bei *Colchicum* allerdings fraglich erscheinen. Nichtsdestotrotz: auf der heutigen Roten Liste sind auch zahlreiche Pflanzenarten mit geringem Futterwert verzeichnet.

Den Vorteilen eines ausgeglichenen Säure-Basen-Haushalts für die Existenzbedingungen der meisten Pflanzenarten, ggf. herbeigeführt durch Kalkung, stehen einige Wirkungen entgegen, die möglicherweise der Biodiversität des Grünlandes (und den Zielarten des Naturschutzes) zum Nachteil gereichen können:

1. Förderung von Arten, die bei optimaler Nährstoffversorgung besonders konkurrenzkräftig sind. Sie können dann die sog. Stresstoleranzstrategen verdrängen und für Ruderalstrategen keine Freiräume mehr lassen.

Abb. 12: Einordnung typischer Arten der Magerwiesen (rot) und eutrophen Grünländer (blau) des Ost-Erzgebirges in das triangulare Schema nach GRIME et al. (1988), C = Competitors, R = Ruderals, S = Stress tolerators; aus: Biotopverbundprojekt Bärenstein⁶⁴



2. Verdrängung insbesondere von Pflanzengemeinschaften des sauren Milieus (Arten, die sich bei Standortverhältnissen im niedrigen pH-Bereich eingenischt haben). Solche aus Naturschutzsicht negativen Auswirkungen der Waldkalkungen wurden beispielsweise auf die acidophytische Moosflora der Fichtenwälder dokumentiert.⁶⁵

3. Anflug und womöglich dauerhafte Etablierung von nitrophilen Störungszeigern nach Kalkung. Dies ist zumindest für die Waldkalkungen in Sachsen offensichtlich und nachgewiesen.⁶⁶ Womöglich fördert dies auch die auffällige Ausbreitung von Neophyten wie Drüsigem Springkraut (auch fernab von Gewässern) und Telekie in den Fichtenforsten des Ost-Erzgebirges.

Im Grünland profitiert, nach eigenen Beobachtungen, wahrscheinlich Löwenzahn von Kalkungen auf Naturschutzflächen. Systematische Untersuchungen gibt es in der Region dazu jedoch nicht.

Unbedingt hingewiesen werden soll jedoch auch darauf, dass sich Biologische Vielfalt im Grünland - und anderswo! - nicht nur auf die (oberirdische) Vegetation beschränkt. Die **Vielfalt an Bodenlebewesen**, die durch günstige pH-Bedingungen gefördert werden, **gehört ebenfalls zur Biodiversität!**⁶⁷

⁶² SCHLIPF (1898), S. 273

⁶³ KÖNIG (1906), S. 110

⁶⁴ GRÜNE LIGA (1997), S. 49

⁶⁵ BAUMANN et al. (2019b)

⁶⁶ BAUMANN et al. (2019a)

⁶⁷ DUNGER (1998)



1.2 Bodenversauerung (mangels Kalk)

Im humiden Klima gemäßigter Breiten, wo ein Großteil der Niederschläge versickert und dabei Ionen aus den Böden auswäscht, gehört Versauerung - über längere Zeiträume - zu den natürlichen Bodenprozessen.⁶⁸ Diese natürliche Versauerung wird jedoch durch nutzungsbedingten Entzug von basischen Nährelementen, die Düngung mit sauer reagierenden Düngern, vor allem aber durch Säureeinträge infolge von Immissionen, bei weitem übertroffen. Versauerung tritt dann ein, wenn die Menge der freien Wasserstoffionen/Protonen (aus natürlichen und anthropogen bedingten Quellen) die Pufferfähigkeit/ Säureneutralisationskapazität (SNK) des Bodens überfordert.

1.2.1 Natürliche Ursachen

Die allermeisten Gesteine des Ost-Erzgebirges verfügen nur über geringe Gehalte an Erdalkalien (v.a. Kalzium und Magnesium), die bei der Verwitterung freigesetzt werden. Insofern ist die natürliche Pufferfähigkeit der Böden hier begrenzt. pH-Werte im mehr oder weniger sauren Bereich gehören zu den naturgegebenen Standortfaktoren der Region. Die dabei aktiven Prozesse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen⁶⁸:

- Die erste natürliche Quelle der Bodenversauerung besteht in der **Lösung des atmosphärischen Kohlendioxids** im Niederschlagswasser. Dies führt zu einem natürlichen pH-Wert des Regenwassers um 5,5⁶⁹ (Tendenz theoretisch sinkend aufgrund zunehmender CO₂-Gehalte der Luft).
- Durch **Atmung von Bodenlebewesen und Wurzeln** liegen im Boden die CO₂-Konzentrationen jedoch meist weit höher als in der Atmosphäre. Dies kann hier zu einer weiteren Absenkung des pH-Wertes im Bodenwasser bis etwa 5,0 führen. Tieferer Werte sind auf diese Weise jedoch kaum möglich, da die aus Kohlendioxid und Wasser entstehende Kohlensäure H₂CO₃ unterhalb dieser Grenze fast vollständig in nicht-dissoziierter Form existiert - d.h. keine zusätzlichen freien Wasserstoffionen freigibt.
- Weitaus stärker kann sich demgegenüber die **Nährelementaufnahme der Pflanzen** auswirken. Dabei werden über die Wurzeln Kationen aus der Bodenlösung entzogen. Vordergründig handelt es sich zwar um einen Gleichgewichtsprozess, da im natürlichen Kreislauf die Biomasse (mitsamt des größten Teils der Kationen) beim Absterben der Pflanzen wieder dem Boden zugeführt wird. Tatsächlich ist dieses prinzipielle Gleichgewicht aber zeitlich entkoppelt. Insbesondere während der Aufwuchsphase übersteigt die Nährstoffaufnahme der Wurzeln die Rückführung toter organischer Substanz bei weitem. Aber auch räumlich sind Kationenentzug und -rückführung entkoppelt, abgestorbene Biomasse landet zunächst auf der Oberfläche und bildet die Humusauflage.
- Die **Mineralisierung des Humus** durch Mikroorganismen erfolgt zu einem großen Teil über Nitrifizierung. Dabei entsteht u.a. Salpetersäure HNO₃.
- Mit dem nach unten gerichteten Transport des Bodenwassers werden Kationen in tiefere Bodenschichten verlagert (**Podsolierung**) oder ganz aus dem Boden ausgespült. Die

⁶⁸ ANDREAE et al. (2020), S.6f

⁶⁹ https://www.dwd.de/DE/forschung/atmosphaerenbeob/zusammensetzung_atmosphaere/aerosol/inh_nav/regeninhaltstoffe_node.html (abgerufen 21.10.2021)



natürliche Auswaschung von Kalzium kann jährlich zwischen 150 und 300 kg/ha betragen.⁷⁰ (Andere Autoren gehen sogar von deutlich höheren Werten aus.)

Bodenartengruppe	Nutzung	Niederschläge		
		niedrig < 600 mm	mittel 600 – 750 mm	hoch > 750 mm
leicht (S, l'S)	Acker	300	400	500
	Grünland	150	250	350
mittel (sL bis t'L)	Acker	400	500	600
	Grünland	200	300	400
schwer (tL, T)	Acker	500	600	700
	Grünland	250	350	450

Abb. 14: Jährliche Kalkverluste durch Auswaschung und Neutralisation (kg/ha CaO), rot markiert: Grünlandverhältnisse im Ost-Erzgebirge; aus: DLG-Merkblatt 456 Hinweise zur Kalkdüngung

Diesen natürlichen Prozessen des Basenentzugs wirkt die Verwitterung der den Böden zugrundeliegenden Gesteine entgegen. Dabei werden Kationen freigesetzt, die über den Pufferkomplex der Bodenteilchen auch die zeitlichen Entkopplung von Nährstoffaufnahme und Biomasserückführung ausgleichen können - innerhalb geogener Grenzen. Bei von Natur aus basenarmen Gesteinen wie den Gneisen, vor allem aber den Porphyren und Graniten, des Ost-Erzgebirges sind diese Grenzen des Puffervermögens recht eng.

1.2.2 Anthropogene Ursachen

Seit Beginn der Besiedlung des Erzgebirges fügte der Mensch den natürlicherweise schon entkoppelten Prozessen von Nährstoffentzug und -rückführung eine wesentliche räumliche Komponente hinzu: vor allem in hof-fernen Lagen wurde fast ausschließlich geerntet, während die wertvollen organischen Dünger für die hof-nahen Äcker und "Krauthgärten" vorbehalten waren. Die Nährstoffverlagerung betraf die Wälder (z.B. über Streugewinnung) ebenso wie die "Extensiväcker". Die Hutung auf den Viehtriften wurde wahrscheinlich gezielt so gesteuert, dass der Kot der Schafe (und Ziegen) nicht verloren ging. Mit der Aufstallung des bäuerlichen Viehs und der Einführung der Wiesenwirtschaft im 19. Jahrhundert verschärfte sich das Ungleichgewicht zwischen Nährelemententzug auf den einen Flächen und der Konzentration der daraus resultierenden organischen Abprodukte andernorts weiter. Während auf den Straßen der Städte der Pferdemist zum ernsthaften hygienischen Problem wurde, mangelte es auf den Heuwiesen des Ost-Erzgebirges an organischem Dünger. Mit der globalisierten Nahrungsgüterwirtschaft einerseits und der Überfrachtung der Landschaften mit Substanzen nicht-natürlichen Ursprungs andererseits sind die Nährstoffgleichgewichte heute endgültig aus der Balance geraten.

Die nutzungsbedingten Ursachen der Bodenversauerungen, insbesondere bei Grünland, lassen sich wiederum folgendermaßen darstellen:

- **Nährstoff-/Kationenentzug durch Ernte** und andere Biomasseentfernung: "Die durch die Heuernte entzogene Menge Nährstoffe kommt der durch Kartoffeln oder Futterrüben ausgeführten Menge Nährstoffe sehr nahe."⁷¹ Eine Übersicht über den mit Heugewinnung

⁷⁰ AUTORENKOLLEKTIV (1985), S. 157

⁷¹ KÖNIG (1906), S. 92



verbundenen jährlichen Entzug von basisch wirksamen Substanzen gibt Abb. 9. Je nach Aufwuchs bzw. Erntemenge werden alljährlich zwischen 4.000 und fast 20.000 kg Kalzium von einem Hektar Wiese entzogen, außerdem zwischen 1.000 und 8.000 kg Magnesium! Allein dies dürfte die bei der Verwitterung von Gneisen, erst recht Graniten und Porphyren jährlich freigesetzte Menge an Ca- und Mg-Ionen bei weitem übersteigen.

- Entzogen werden dem Boden aber nicht nur basische Nährelement-Kationen, sondern mit der organischen Substanz vor allem auch Kohlenstoff und Stickstoff (sowie Phosphor). Wird insbesondere Stickstoff über **ammoniumhaltige Düngemittel** zurückgegeben, so reagieren diese sauer und belasten den Kalziumhaushalt zusätzlich.⁷² Dies ist auch bei **Gülle** der Fall.
- **Bodenbearbeitung** (z.B. Grünlandumbruch, wie er in mehrjährigem Abstand praktiziert werden muss, wenn der formale Flächenstatus als "Ackerland" erhalten bleiben soll) führt zu verstärkter Mineralisation von Humus, wiederum unter Entstehung von Salpetersäure.

Durch eine umsichtige Kreislauf-Landwirtschaft können die nutzungsbedingten Versauerungsprozesse zweifelsohne minimiert werden.

Wesentlich dramatischer entwickelte sich die Situation seit dem 20. Jahrhundert infolge der großräumigen **Säureinträge aus der Verbrennung fossiler Energieträger**.

"Rauchschäden" gab es lokal und regional bereits zuvor, ganz sicher auch in Verbindung mit Bodenversauerungen (wenngleich der Erstbeschreiber der **Schwefeldioxid**-Waldschäden, Adolph Stöckhardt, 1850 das Problem der Bodenversauerung noch nicht beachtete⁷³). Doch erst mit der großtechnischen Nutzbarmachung von - schwefelreicher! - Braunkohle in Ostdeutschland und Nordböhmen kam es zu extrem hohen Konzentrationen von SO_2 und daraus resultierend $\text{H}_2\text{SO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$. Zusätzlich entstanden und entstehen bei Verbrennungsprozessen mit hohen Temperaturen (z.B. in Kfz-Motoren) **Stickoxide**. NO und NO_2 reagieren mit Wasser zu $\text{HNO}_2/\text{HNO}_3$.

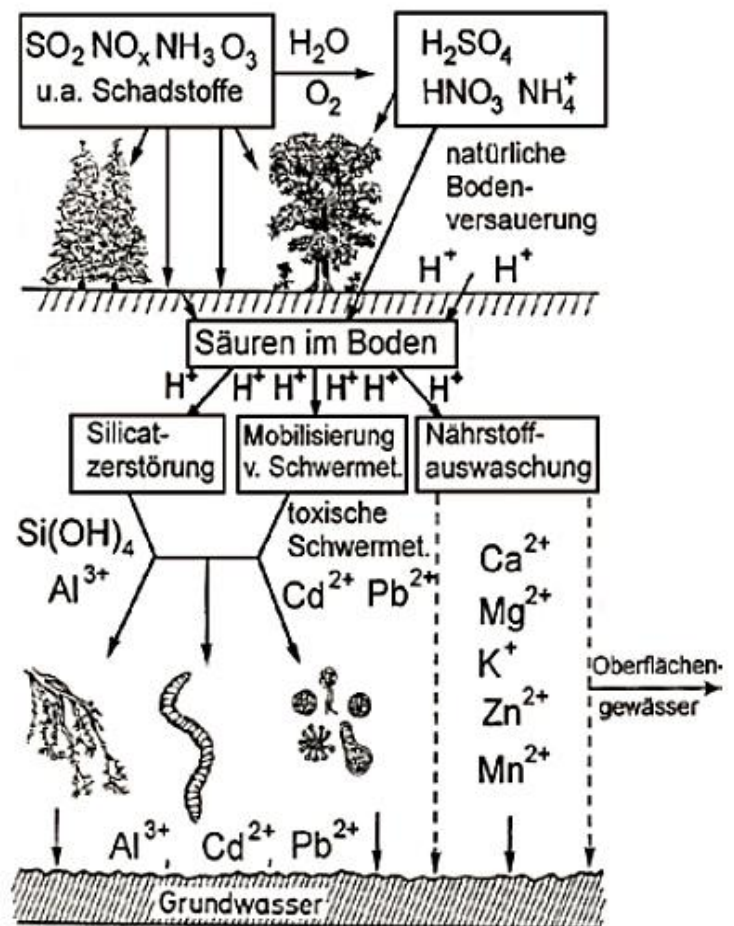


Abb. 15: Bodenversauerung durch Luftschadstoffe;
aus: Leitfaden zur forstlichen Bodenschutzkalkung in Sachsen⁷⁴

⁷² AUTORENKOLLEKTIV (1985), S. 157

⁷³ ANDREAE et al. (2020), S. 14

⁷⁴ ebd., S. 12 (nach BRÜMMER 1987)



In Anlehnung an ein landwirtschaftliches Bodenkunde-Lehrbuch von 1985⁷⁵ lassen sich die Auswirkungen von Bodenversauerung auf die "fruchtbarkeitsbestimmenden Bodeneigenschaften" so zusammenfassen:

- **Zerstörung der Krümelstruktur** infolge herabgesetzter biologischer Aktivität, verbunden mit Bodenverdichtungen und -verschlümmungen;
- **Zerstörung der organo-mineralischen Verbindungen** durch Auflösung der Ca-Brücken;
- **Zerstörung der Kristallstruktur von Tonmineralen**;
- **Erhöhung der Verlagerungsneigung** von anorganischen und organischen Kolloiden **in den Unterboden**;
- **Erhöhung der Auswaschungsgefahr** sorptiv gebundener Pflanzennährstoffe;
- **Einschränkung der Phosphornachlieferung** durch Bildung von stabileren Al- und Fe-Phosphaten;
- Intensivierung von Verwitterungsprozessen;
- gehemmte Bakterientätigkeit, einseitige Förderung von Pilzen, **verminderte biologische Gesamtaktivität**;
- einseitige Förderung der Bildungsbedingungen von **Rohhumus**.

Dass dies nicht ohne Folgen für die Biodiversität bleiben kann, liegt auf der Hand. Sicher handelt es sich bei vielen botanischen Zielarten heutigen Grünlandnaturschutzes um Spezialisten, die sich über Jahrhunderte an Landnutzungsformen angepasst haben, die alles andere als "nachhaltig" waren hinsichtlich der Bodenfruchtbarkeit (z.B. Borstgrasrasen!). Doch auch deren ökologischer Toleranzbereich ist begrenzt. "Wenn der pH-Wert unter 5 fällt, verschwinden vor allem die gefährdeten Arten." - so das Ergebnis von Untersuchungen in einer Heidelandschaft.⁷⁶

⁷⁵ AUTORENKOLLEKTIV (1985), S. 164

⁷⁶ ROEM et al. (2002), S. 938



2 Grünlandgeschichte und Kalkdüngung

Die Wiesen und Weiden des Ost-Erzgebirges sind das Ergebnis einer sehr wechselvollen, facettenreichen, komplexen Landnutzungsgeschichte. Vieles davon dürfte nach wie vor in den Böden "gespeichert" sein. Wenn es gelingen soll, die historisch gewachsene Artenvielfalt der Kulturlandschaft Ost-Erzgebirge erhalten zu wollen, bedarf es einer umfassenden Berücksichtigung all der Bedingungen und Ereignisse, die in ihrer Summe zur Herausbildung heutiger Grünland-Ökosysteme geführt haben. Als ein Aspekt - unter vielen weiteren - muss auch Kalkung mit ins Kalkül gezogen werden.

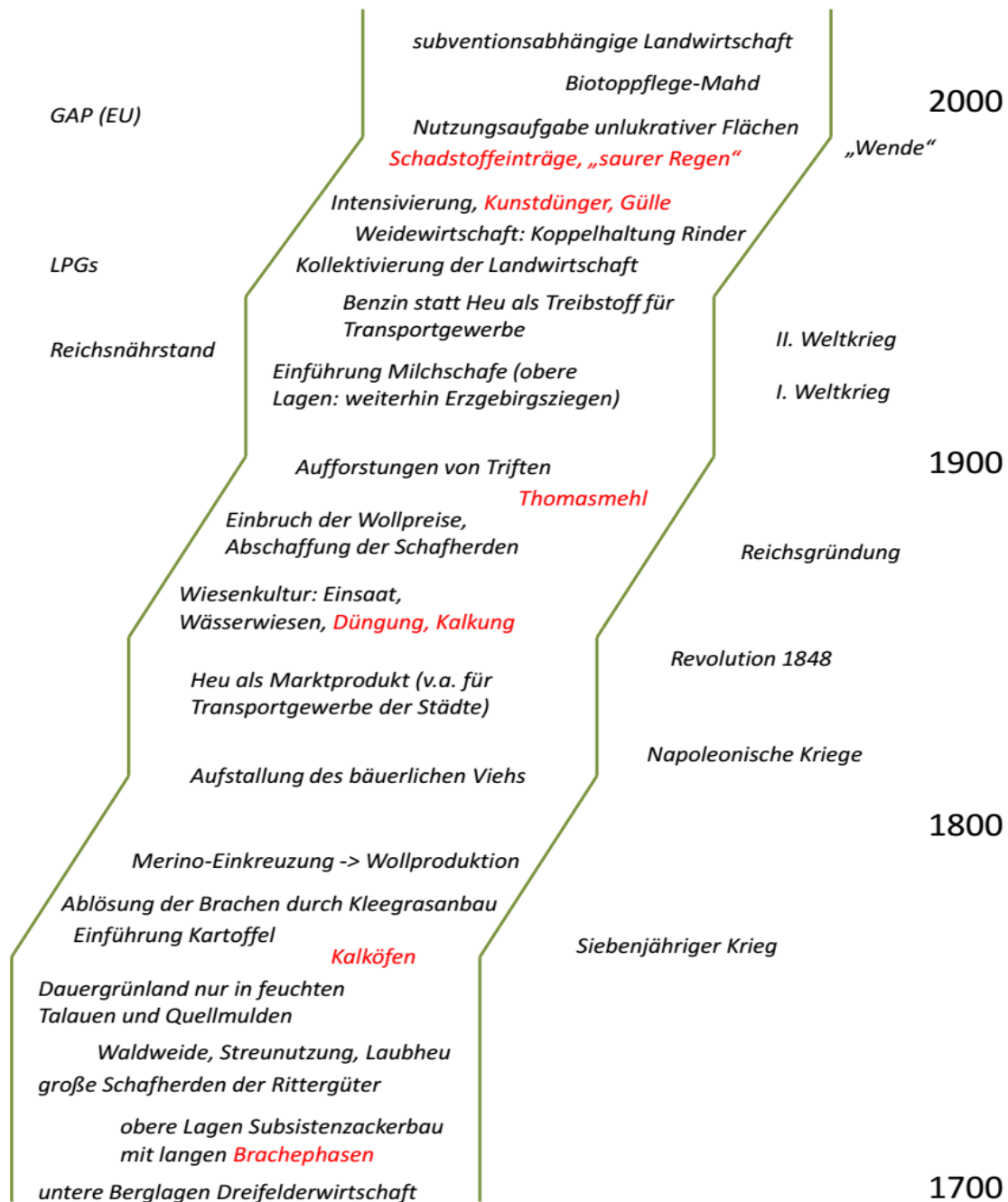


Abb. 16: historische Entwicklungsabschnitte des Grünlands im Ost-Erzgebirge



2.1 Kalköfen im 18./19. Jahrhundert

Bei diesem Abschnitt handelt es sich um eine zusammenfassende Darstellung der Inhalte des für diesen Zweck in Auftrag gegebenen Sondergutachtens

"Die Ausbreitung der Kalkdüngung und ihre Einflüsse auf die sächsische Landwirtschaft" von Christoph Bieberstein - siehe Anhang 1

Es ist anzunehmen, dass im 18. Jahrhundert - nach mehreren hundert Jahren nutzungsbedingten Nährstoffentzugs - viele der Extensiväcker im Ost-Erzgebirge und anderswo erschöpft waren. Wie im Kapitel 1.2.2 dargelegt, geht Nährstoffentzug in Regionen mit saurer geologischer Grundlage mangels genügender Verwitterungs-Nachlieferung von Kationen auch mit einer Absenkung der pH-Werte einher. Dies wiederum zieht die Festlegung der ohnehin nur noch geringen Stickstoffreserven nach sich. Die Flächen mit Kalk zu düngen, dürfte deshalb oft als Option erwogen worden sein.

Doch einer Kalkung standen praktische Schwierigkeiten und ernstzunehmende Vorbehalte entgegen: Man benötigte zunächst streufähiges, kalziumhaltiges Material. Dies konnte zum einen Mergel sein. Solche kalkhaltigen Sedimente stehen beispielsweise im Böhmisches Mittelgebirge und im Raum Dresden an - wahrscheinlich viel zu weit entfernt, um zu vertretbaren Kosten ins Ost-Erzgebirge gebracht zu werden. Die zweite Möglichkeit bestand darin, Kalkgestein soweit zu erhitzen, bis sich das harte Kalziumkarbonat zu pulverisierbarem Kalziumoxid und Kohlendioxid spaltete. Doch dieses Kalkbrennen erfordert hohe Temperaturen, wofür wiederum nicht genügend Holz(kohle) zur Verfügung stand.

Davon abgesehen: auch wenn die Altvorderen wahrscheinlich nicht um die bodenchemischen Prozesse wussten, so war ihnen mit Sicherheit klar, dass eine solche Stickstoffmobilisierung nur kurzfristigen Erfolg brachte: "Kalk schafft reiche Väter und arme Söhne". Auch die Bezeichnung "ausgemergelt" geht auf derartig erschöpfte Böden zurück.

In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts kam es zu tiefgreifenden Veränderungen in der sächsischen Landwirtschaft. Verstärkt durch die verlustreiche Niederlage im Siebenjährigen Krieg (1756-63), aber sicher auch infolge der jahrhundertelangen Übernutzung der Böden, stand es sehr schlecht um die Nahrungsmittelversorgung im Kurfürstentum. Vor allem 1771/72 forderte eine durch Missernten verursachte katastrophale Hungersnot viele Opfer.⁷⁷ Es war offensichtlich, dass neue Wege beschritten werden mussten. In dieser Zeit wurde unter anderem die Kartoffel im Erzgebirge eingeführt (und am Ende von den Erzgebirglern auch akzeptiert!). Der Anbau von Klee und anderen Leguminosen ließ allmählich die zum Teil zehn Jahre langen, zur Bodenregenerierung vorher erforderlichen Brachephasen⁷⁸ überflüssig werden. Die aus Spanien eingeführten und mit den heimischen Landschaften gekreuzten Merinos brachten eine hervorragende Wollschafzucht hervor, die nicht nur die Entstehung der sächsischen Tuchmanufakturen ermöglichte, sondern auch für die nächsten hundert Jahren weite Teile der Fluren prägte.⁷⁹

Eine weitere Neuerung wurde durch den ebenfalls im 18. Jahrhundert forcierten Ausbau der Steinkohleförderung im Döhlener Becken (1743: "Steinkohlen-Mandat"⁸⁰) ermöglicht: **Kalkbrennöfen, die mit Steinkohle beschickt wurden** und faktisch im Dauerbetrieb arbeiten konnten. In diesen Öfen wurden von oben immer abwechselnd Lagen von Kalkstein und Kohle eingesetzt, die dann nach unten gemeinsam durchbrannten und ein Brantkalk-Kohleasche-Gemisch ergaben. Das so gewonnene Düngemittel bestand somit nicht nur aus

⁷⁷ NAUMANN (1998), S. 166; <https://www.erzgebirgische-heimatblaetter.de/teuerung-und-hungersnot-im-erzgebirge-1771-und-1772.html> (abgerufen 21.10.2021)

⁷⁸ FISCHER (1938)

⁷⁹ WEBER (2020), S. 4f

⁸⁰ <https://www.freital.de/Unsere-Stadt/Informationen-zur-Stadt/Chronik/Bergbau-Industriegeschichte>, abgerufen 21.10.2021

⁸¹ GRÜNE LIGA (2001), S. 36



2.2 Bergwiesenepoche (Mitte 19. bis Mitte 20. Jahrhundert)

"Noch sind die Zeiten nicht fern, wo man die Wiesen als ein Naturgeschenk ansah, die aus und durch sich selbst dem Landwirte das nötige Futter liefern; höchstens die Bewässerung desselben wurde für nützlich und notwendig erachtet."⁸²

Erst gegen Mitte des 19. Jahrhunderts begannen Mähwiesen die Landschaft des (oberen) Ost-Erzgebirges zu prägen.⁸³ Dauergrünland gab es zuvor wahrscheinlich fast nur in den Talauen und Quellmulden, wo es für Ackerbau zu nass war.⁸⁴

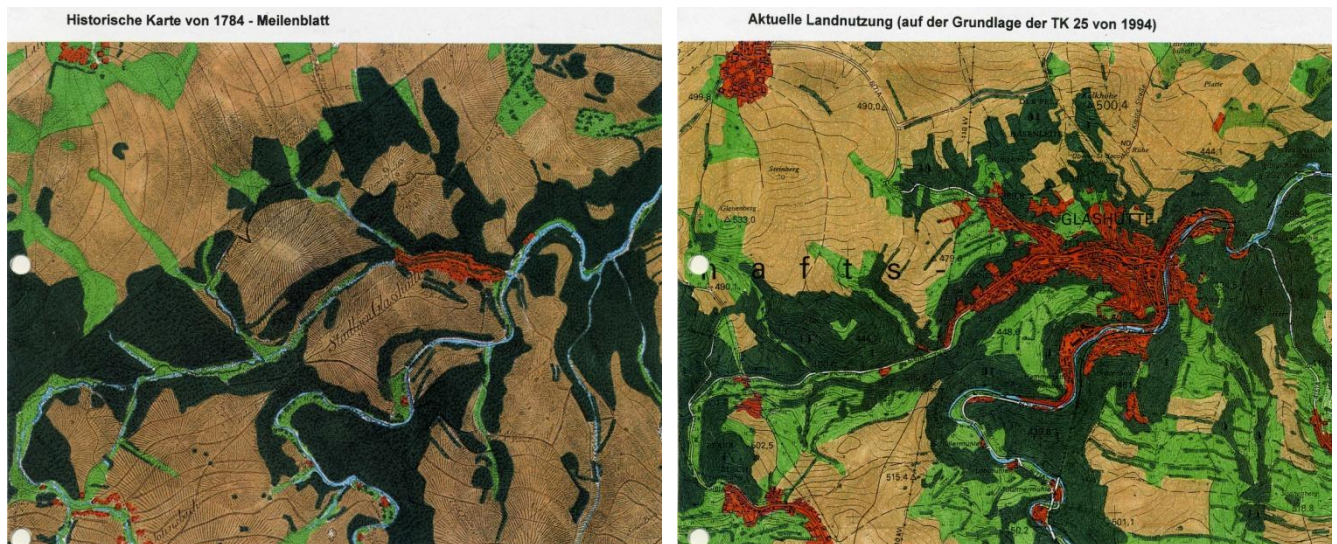


Abb. 18: Landnutzungsformen um Glashütte Ende des 18. und Ende des 20. Jahrhunderts

Die heutige strikte Trennung in Acker einerseits und Grünland andererseits hat es vermutlich damals noch nicht gegeben. Beides wurde im bäuerlichen Betrieb eher als Einheit gesehen: "Wiesen erhalten und bereichern den Nährstoffvorrat des Ackers. Hierin liegt die hauptsächliche Bedeutung der Wiesen im Wirtschaftssystem der Landwirtschaft."⁸⁵ D.h. also: Nährstoffe wurden über die Verwertungskette Heu - Stallmist den Wiesen entzogen und als organische Düngung den Äckern zugeführt.

Grünlandcharakter hatten bis in 19. Jahrhundert jedoch sicher auch die für die natürliche Bodenregeneration erforderlichen langjährigen Brachen, die von gutsherrschaftlichen Schafherden beweidet wurden. Aber erst mit dem Bau der "neuen Chausseen" (Müglitztalstraße 1855 bis Glashütte, 1864 bis Altenberg) gab es die Möglichkeit, für "gutes, **kräuterreiches Gebirgsheu**" einen lukrativen Absatzmarkt zu erreichen: das sich rapide entwickelnde Verkehrsgewerbe in den Großstädten, wo eine immer größere Zahl Pferde Futter benötigten. Der Heumarkt an der Dresdner Annenkirche hatte weit über die Stadtgrenzen hinausreichende Bedeutung.

Damit lohnte es sich zunehmend, vor allem die hoffernen und ertragsarmen Äcker in Wiesen umzuwandeln. Hinzu kamen nach Abschaffung der Merinolandschafherden ab 1870⁸⁶ die zahlreichen Triften und Magerweiden (um besonders feine, wertvolle Wolle zu erzielen, durften die "Elektorschafe" nur sehr magere Kost bekommen - Borstgrasrasen und ähnliche Magerflächen müssen damals weit verbreitet gewesen sein!).

⁸² KÖNIG (1906), S. 92

⁸³ für eine ausführlichere Darstellung siehe WEBER (2007b), S. 179 ff

⁸⁴ HACHMÖLLER et al. (2010), S. 19

⁸⁵ KÖNIG (1906), S.

⁸⁶ WEBER (2020), S. 6



Der für die Umwandlung in Heuwiesen betriebene Aufwand umfasste eine weite Spannbreite. Generell unterschied man zwischen "Naturwiesen" und "Kulturwiesen"⁸⁷ - und unter letzteren wurden vor allem "Riesel- und Wässerwiesen" verstanden.⁸⁸ Derartige **Wiesenbewässerungssysteme** haben bis Mitte des 20. Jahrhunderts auch im Ost-Erzgebirge noch existiert und waren vermutlich auch gar nicht selten. Noch 1937 bestand eine "Be- und Entwässerungsgenossenschaft Johnsbach und Umgebung"⁸⁹. Inzwischen sind sie weitgehend in Vergessenheit geraten (zumindest für Naturschutz und Landschaftspflege). Nach heutigen Maßstäben muss die Anlage und Unterhaltung der Grabensysteme sehr aufwendig gewesen sein. Aber sie lieferten mit dem abgezweigten Bachwasser zumindest ein Minimum an Nährstoffen: "Der Wert der Wiesen für die Wirtschaft besteht hauptsächlich darin, daß sie weniger Kulturarbeit und - namentlich wenn sie bewässerbar sind - weniger Dünger kosten ..."⁹⁰

Die Kultur der "künstlichen Wiesen" beschränkte sich jedoch nicht nur auf Bewässerungssysteme. Wahrscheinlich in viel größerem Umfang als heute noch vorstellbar wurde der **"Graswuchs durch Aussäen von Samenmischungen"** gebildet⁹¹. Womöglich gehen die Glatthafer-, Goldhafer- und Fuchsschwanzwiesen weitgehend auf Einsaat mit Handelssaatgut zurück.⁹² Viele Bärwurz-Bergwiesen des oberen Ost-Erzgebirges wurden noch bis ins 20. Jahrhundert hinein in mehrjährigem Wechsel mit **"Feldgrasfutteranbau"** (sowie in Kombination mit Ziegenbeweidung) bewirtschaftet.

Bei der Heuwiesen-Kultur kam der Kalkung wahrscheinlich eine große Bedeutung zu. Dabei dürfte es nicht nur um Nährstoffmobilisierung für Ertragsmaximierung gegangen sein, sondern auch um die Inhaltsstoffe des Heus, das für eine ausgewogene Ernährung der Dresdner Fuhrwerkspferde nötig war. In einem landwirtschaftlichen Grünland-Lehrbuch vom Anfang des 20. Jahrhunderts wird die Anlage von Wiesen wie folgt dargestellt:

- Tieflockerung des Bodens mehrere Monate vor Einsaat
- Mai - Anfang Juni "... wird der Boden zereggt und **mit Kalk oder Mergel gedüngt**. Letztere werden scharf untergeeggt und der Boden zum zweiten Mal flach gepflügt."
- Herbst: "Nach dem Eineggen oder höchstens flachen Umpflügen des Kalks oder Mergels läßt man wieder einige Wochen liegen, pflügt alsdann tief (20 - 25 cm) ..., **düngt mit Kainit und Thomasmehl** und eggt diese ein. Nach der Vorbereitung ist der Boden für die Einsaat im nächsten Frühjahr fertig"⁹³

Thomasphosphat spielte in dieser Zeit eine kaum zu überschätzende Rolle in der Landwirtschaft. Näheres dazu im nächsten Kapitel.

Nach derselben Quelle wurde in den Gebirgsgegenden auf den Wiesen auch Stallmist gedüngt, der dort eine "vorzügliche Wirkung" entfaltet.⁹⁴ Mistdüngung war auch auf den Bergwiesen des Ost-Erzgebirges üblich.⁹⁵

Jedoch: "Die früher allgemein verbreitete Kompostbereitung und Verwendung zur Düngung ist immer mehr zurückgegangen, wohl vorwiegend wegen mangelnder Arbeitskräfte und dann auch wegen der bequemerer Anwendung der künstlichen Düngung."⁹⁶

⁸⁷ HEMPEL (2008), S. 3

⁸⁸ KÖNIG (1906), S.

⁸⁹ GRÜNE LIGA (2001), S. 34

⁹⁰ SCHLIPF (1898), S. 254

⁹¹ ebd., S. 253

⁹² HEMPEL (2008), S. 14

⁹³ KÖNIG (1906), S. 26

⁹⁴ ebd. S. 120

⁹⁵ HACHMÖLLER et al. (2010), S. 20 u. 63

⁹⁶ ebd. S. 121



Die **Kultivierung von Mähwiesen scheint bereits nach wenigen Jahrzehnten ihren Zenit erreicht** zu haben. Grünlandexperten wie KLAPP (1938) und KIEL (1950) beklagen, dass es in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts keine weiteren Ertragssteigerungen mehr gegeben hat. "Das Grünland hat den Anstieg der Ackererträge nicht mitgemacht, seine Erträge bleiben noch heute hinter denen der Vorkriegszeit (*gemeint ist: 1. Weltkrieg, JW*) zurück ..." ⁹⁷ "Der Stillstand hat seinen Grund darin, daß man vom Grünland dauernd Leistungen ohne Gegenleistung abverlangt." ⁹⁸ Hinsichtlich der Wiesendüngung stünden "die Bedeutung des Kalks und die auf Grünland verwendeten Mengen ... in einem völligen Mißverhältnis."

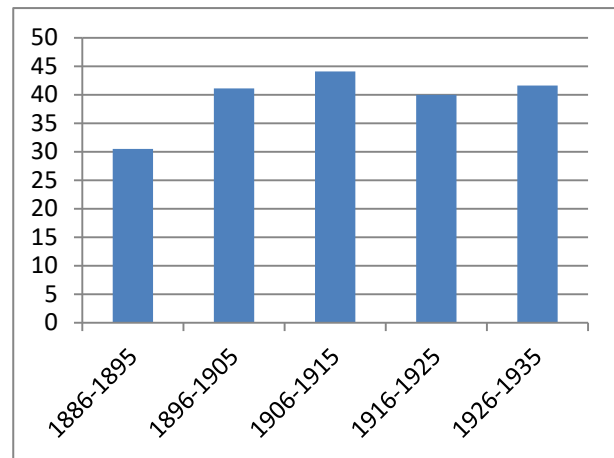


Abb. 19: durchschnittliche Grünlanderträge in Deutschland 1886 - 1935; nach KLAPP (1938)

Konstatiert wird weiterhin: "Der größte Teil unserer ausgesprochenen Mähwiesen befindet sich in einem sehr schlechten Zustand. Minderwertige Gräser und Unkräuter nehmen einen verhältnismäßig großen Anteil des Pflanzenbestandes ein." ⁹⁹ Das Nebeneinander von hochwertigen Futterpflanzen einerseits, die durch die Wiesenkultur gefördert wurden, und den althergebrachten, jetzt unerwünschten "Unkräutern" andererseits brachte offenbar eine beachtliche Artenfülle hervor: "Im Mittel zahlloser Wiesenuntersuchungen fanden wir je Einzelfläche rund 15 Gräser, 7 Schmetterlingsblütler und 38 sonstige Arten, d.h. zusammen 60 Arten. ... Die Artenzahl ist geringer auf gut gepflegten und höher auf verwahrlosten Flächen." ¹⁰⁰ Auf solche Zahlen kommt man heute nur noch bei den besterhaltenen Naturschutzwiesen - damals repräsentierten sie den Durchschnitt der Wiesen in Deutschland!



Abb. 20: Faltblatt für Düngekalk 1953

⁹⁷ KLAPP (1938), Vorwort

⁹⁸ KIEL (1950), S. 7

⁹⁹ ebd., S. 64

¹⁰⁰ KLAPP (1938), S. 127



Wahrscheinlich war in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ein Kulturniveau (ein Grad der "Intensivierung") erreicht und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts beibehalten worden, bei dem sich ein ökologisches Gleichgewicht vieler verschiedener Pflanzenarten einstellen konnte - Dominanzstrategen gleichermaßen wie Toleranz- und Ruderalstrategen (competitors - stress tolerators - ruderals). "Auf diesem mäßigen Intensivierungsniveau sind die sehr artenreichen, blütenbunten Fettwiesen des halbextensiven bis halbintensiven Kulturgraslandes angesiedelt."¹⁰¹

Wie groß die Rolle der Kalkdüngung dabei war, lässt sich kaum bestimmen angesichts der vielfältigen anderen Maßnahmen bei der Wiesenkultur. Aber eines darf als sicher gelten: auf stark versauerten Wiesenböden dürften kaum 60 Arten gedeihen - *im Mittel!*

Die hohe Biodiversität blieb für das osterzgebirgische Grünland bis ca. 1960 prägend. Ein- bis zweischürige Mähwiesen (sicherlich größtenteils kombiniert mit Vor- und Nachweide mit Ziegen und leichten Rindern) machten mindestens 60 % des Gesamtgrünlandes aus, und dieses wiederum hatte einen Anteil von 20 bis 30 % an der landwirtschaftlichen Nutzfläche.¹⁰²

Dies änderte sich dann sehr rasch mit der Kollektivierung und der staatlichen Steuerung der neuen LPGs. Dokumentiert ist dies unter anderem durch APITZSCH (1964) für das Gebiet um Altenberg, wo "... durch die sozialistische Umgestaltung der Landwirtschaft im Jahre 1961 der größte Teil des ertragreichen Grünlandes in Weideflächen umgewandelt und sofort in Nutzung genommen wurde."¹⁰³ Allein schon durch die **Einführung intensiver Umtriebsweide** (mit Koppelzäunen) setzte rasch eine Homogenisierung der Vegetation ein. Offenbar reichte die Trittbelastung auf den bis zur Überweidung genutzten Rinderkoppeln aus, das vorherige, über rund hundert Jahre eingestellte ökologische Gleichgewicht zu kippen.

Die Entwicklung in Richtung "Intensivgrünland" setzte sich in den nachfolgenden Jahrzehnten vielerorts noch fort mit "industriemäßigen Produktionsmethoden": Umbruch und **Einsaat von Hochleistungsgräsern**, Drainage ("**Melioration**") von nahezu allen feuchten Quellmulden, Kunstdüngern und großen Mengen an **Rindergülle**. Rindergülle wirkt erheblich bodenversauernd.¹⁰⁴ ("*Intensiv*" bezieht sich übrigens ausschließlich auf den Einsatz von Energie in Form von Düngemitteln, Kraftstoffen etc. Hinsichtlich des Einsatzes menschlicher Arbeit waren die früheren Landwirtschaftsmethoden um ein Vielfaches intensiver - auch wenn dabei "nur" sog. Extensivgrünland herauskam!)

In welchem Ausmaß Kalk bei der Grünlanddüngung verwendet wurde, konnte im Rahmen dieser Studie nicht quantifiziert werden. Im Vergleich zur standardmäßigen NPK-Düngung spielte die Kalkung wahrscheinlich eine eher untergeordnete Rolle: "Kalk - auf Grasland meist als CaCO₃ ausgebracht - wird im 3- bis 5-jährigen Turnus so bemessen, daß ein schwach saurer Reaktionsbereich (pH 5,8 - 6,2) im Boden erhalten bleibt. ... Kalk verändert direkt weder den Ertrag noch die Futterqualität (Ca-Gehalt) in nennenswerter Weise."¹⁰⁵

Nach wenigen Jahrzehnten sozialistischer Landwirtschaft mit industriemäßigen Vorgaben und viel zu hohen Weidetierzahlen waren von den einstmalen sehr artenreichen Mähwiesen im oberen Müglitztal - wie auch anderswo - nur noch wenige Reste übriggeblieben. Diese fanden sich zum einen im arg verkleinerten Naturschutzgebiet Geisingbergwiesen, des weiteren auf Hangbereichen bei Glashütte und Schlottwitz, die mit Schafen des Dippoldiswalder Volksgutes abgehütet wurden, sowie auf privat genutzten Splitterflächen in den Siedlungen.

¹⁰¹ BÖHNERT (2009), S. 19

¹⁰² ebd., S 26, zit. nach HUNDT 1964

¹⁰³ APITZSCH (1964), S. 205

¹⁰⁴ FIEDLER (1990), S. 172

¹⁰⁵ MARKGRAF / WIESNER (1980), S. 183



Verständlich, dass Naturschützer mit Wehmut auf die Zeiten zurückblicken, als vielfältiges Grünland mit enormer Artenfülle das Ost-Erzgebirge prägte wie kaum eine andere sächsische Landschaft! Von den bunten Bergblumenwiesen hatten schon Ende des 19. Jahrhunderts die Dresdner Heimatkundler geschwärmt, die seit Ende des 19. Jahrhunderts mit den "Sommerfrischlern" in die Region kamen. Doch auch die Beschreibungen dieser Besucher erfassten nur einen kleinen Teil der Geschichte, die hinter der Entwicklung dieses artenreichen Grünlands stand. Die Schafherden, die über Jahrhunderte zuvor die Landschaft geformt hatten, waren wegen des Wollpreis-Absturzes Jahrzehnte zuvor schon verschwunden. Die Besucher kamen in der Regel im Sommer und beobachteten vor allem die Mahd der Wiesen durch zahlreiche Senser. Was sie weitaus weniger dokumentierten, waren all die anderen Maßnahmen der Wiesenkultur: Wässerwiesensysteme, Einsaat von Futtergräsern, Vor- und Nachweide mit Ziegen, ... und eben auch Düngung/Kalkung. Dabei spielte beispielsweise der Einsatz von Thomasmehl in dieser Zeit eine sicher nicht zu unterschätzende Rolle.

2.3 Thomasphosphat

Neben den Basenbildnern Kalzium und Magnesium gehört auch Phosphor von Natur aus zu den Mangel-elementen in den Böden über den meisten Grundgesteinen des Erzgebirges.

Mitte des 19. Jahrhunderts war die positive Wirkung von Phosphor auf das Pflanzenwachstum erkannt worden, aber phosphorhaltige Düngemittel blieben vorerst kaum verfügbar und teuer. Dies änderte sich sehr schnell nach 1879/80, als eine verbesserte Methode der Stahlherstellung (benannt nach einem seiner "Erfinder, Sydney Thomas) in der Metallurgie Einzug hielt. Beim Thomas-Verfahren wird der Eisenschmelze Kalk zugesetzt, der das im Stahl unerwünschte Phosphor bindet. Als Abprodukt fiel dabei eine Schlacke an, die vor allem aus Calcium- und Phosphor-, aber auch noch aus anderen Verbindungen bestand. Das daraus gewonnene Thomasmehl kam alsbald als begehrter Dünger in den Handel.



Haben Sie Ihre Wiese schon gedüngt?

Thomasmehl wird als Phosphorsäuredünger für Wiesen wie auch für Klee- und Luzernefelder mit bestem Erfolge auf allen Bodenarten angewandt. Je zeitiger die Düngung ausgeführt wird, um so sicherer ist bei der Heu- und Grummet-Ernte die Wirkung zu spüren. Man bemesse die Thomasmehlgabe um so stärker, je schwerer der zu düngende Boden ist und je größere Futtererträge man von ihm verlangt. Besonders in den ersten 3 bis 4 Jahren gebe man, um den Boden erst einmal genügend mit Phosphorsäure anzureichern, das Thomasmehl nicht zu knapp, d. h. wenigstens 500—700 kg, besser sogar 800—1000 kg pro Hektar. In den späteren Jahren kann man dann zu etwas schwächeren Gaben übergehen. Düngungen mit noch nicht einmal 400 kg pro Hektar, wie sie hin und wieder noch ausgeführt werden, sind jedoch als zu schwach zu bezeichnen. Höchsterträge wird man bei so schwachen Düngungen nie ernten.

Durch die Düngung mit Thomasmehl, unter Zugabe von Kali, werden nicht nur viel größere Mengen geerntet, sondern auch der Nährwert des geernteten Futters ist ein viel größerer.

Abb. 21: Werbezettel 1912



"Die Thomasschlacke ist eine bei der Entphosphorung des Eisens abfallende, sehr phosphorreiche Eisenschlacke, welche für moorige, humusreiche und leicht sandige Böden in neuerer Zeit sehr in Aufnahme gekommen ist. Das Schlackemehl enthält 20-22% Phosphorsäure, 50% Kalk, 12% Eisen."¹⁰⁶

"Eines der am häufigsten angewendeten Düngephosphate ist das Thomasphosphat oder Thomasmehl. Es wird als Nebenprodukt bei der Stahlerzeugung aus phosphorhaltigem Roheisen gewonnen. Dem geschmolzenen Roheisen wird nach dem Thomasverfahren der Phosphor durch Oxydation desselben zu P_2O_5 mittels Luftsauerstoff und Bindung der Phosphorsäure mittels zugesetzten Kalkes entzogen. Die entstehende Thomasschlacke schwimmt auf dem Metallbad und wird von diesem abgegossen, erstarren gelassen und dann fein gemahlen (Thomasmehl) ... Die Phosphorsäure erweist sich ungefähr in dem Maße für Pflanzen zugänglich, als sie in 2%iger Zitronensäure löslich ist. Nach dem Gehalt in Zitronensäure löslicher Phosphorsäure (14-17% P_2O_5) wird das Düngemittel bewertet. Daneben ist der Kalkgehalt (45-50% CaO) des Thomasphosphats wichtig, der zum Teil als CaO vorhanden ist und ihm die Eigenschaften eines basisch wirkenden Düngers verleiht. Außerdem ist noch sein Gehalt an Spurenelementen hervorzuheben (Mangan, Vanadium)"¹⁰⁷

Bei der Dosierung kalkulierte man zu Beginn des 20. Jahrhunderts mit 200 kg Thomasmehl pro Hektar auf mittelertragreichen Heuwiesen.¹⁰⁸ Später stiegen die Mengeneempfehlungen auf 300 kg/ha an.¹⁰⁹

Dabei standen zweifellos die 14-17% Phosphoranteil im Mittelpunkt des Düngelinteresses. Doch fast die Hälfte der Substanz war Kalk. "Der zweckmäßigste Phosphorsäuredünger ist das Thomasmehl, das besonders auf Hochmoor- und sauren Mineralböden anzuwenden ist. Damit ist zugleich eine Kalkzufuhr verbunden."¹¹⁰ Dies blieb mit Sicherheit nicht ohne Auswirkungen auf die pH-Werte der Wiesenböden.

Im Müglitztal wurde Thomasmehl als "bester und billigster Wiesendünger" (Zeitungswerbung) von den Bahnhöfen aus verkauft.¹¹¹ Noch in den 1950er Jahren war Thomasmehl offenbar als Düngemittel im Gebrauch. Danach ging die Produktion in der Stahlindustrie zurück, das Thomasverfahren wurde von anderen Schmelzverfahren abgelöst. Thomasmehl ist deshalb heute kaum noch erhältlich. Der als Abprodukt heutiger Stahlherstellung angebotene "Konverterkalk" ist weitgehend phosphorfrei.

Eine ähnliche Beliebtheit wie Thomasmehl erfuhr ab Ende des 19. Jahrhunderts Kainit - als Kalium-(Magnesium-)Dünger. "In neuerer Zeit wird für Moorzweiden fein gepulvertes Thomasschlackenphosphat mit Kainit, von ersterem 1 Ctr., von Kainit 3 - 4 Ctr. pro 1/4 Hektar verwendet."¹¹²

Wobei jedoch ausgerechnet Kalium in den meisten Böden des Ost-Erzgebirges von Natur aus ausreichend zur Verfügung steht.

¹⁰⁶ SCHLIPF (1898), S. 83

¹⁰⁷ SCHMALFUSS (1955), Ergänzung zu S. 244

¹⁰⁸ KÖNIG (1906)

¹⁰⁹ Richtzahlen und Tabellen für die Landwirtschaft, 1961, S. 183

¹¹⁰ VIEWEG/ROSENKRANZ (1955), S. 357

¹¹¹ GRÜNE LIGA (2001), S. 35

¹¹² SCHLIPF (1898), S. 254



2.4 Saurer Regen

Wahrscheinlich schon seit Beginn der Besiedlung des Ost-Erzgebirges und damit einhergehender Bergbauaktivitäten gab es in der Region lokale Säure-Einträge, vor allem im Umfeld von Erzschnmelzen. Mit der Industrialisierung und der zunehmenden Verwendung von Kohle als Energieträger weiteten sich die Immissionen aus, entlang der Eisenbahnstrecken und um die gewerblichen Zentren.

Ab Ende des 19. Jahrhunderts begann immer mehr **schwefelreiche Braunkohle** die Energieversorgung beiderseits des Erzgebirges zu dominieren. Neben unzähligen lokalen Emittenten - auch die Öfen in den Wohnungen, die Heizungen in den Betrieben wurden mit Kohle geheizt - belasteten vor allem die Großkraftwerke im Leipziger Raum und in Nordböhmen die Luft im Ost-Erzgebirge. Die geografische Nähe und die vorherrschende Hauptwindrichtung Südwest, aber auch der besondere Schwefelreichtum der in den Tagebauen des Nordböhmisches Beckens abgebauten Braunkohle, bedingten zeitweise extreme Konzentrationen von SO_2 in den oberen Gebirgslagen.

Anfang der 1990er Jahre emittierten allein die zehn größten nordtschechischen Kraftwerke rund 850.000 t SO_2 , und außerdem 300.000 t NO_x . Beide Gase reagieren mit Luftfeuchtigkeit zu starken Säuren. Dem gegenüber standen ca. 180.000 t Staub. Dessen basische Eigenschaften vermochten anfangs noch einen Teil der Säuren etwas zu neutralisieren. Doch gerade der Staub sorgte als weithin sichtbare "Rußfahnen" über den Kraftwerken für Entsetzen in der Bevölkerung - und ließ sich vergleichsweise einfach durch die Nachrüstung mit Elektrofiltern halbwegs in den Griff bekommen.

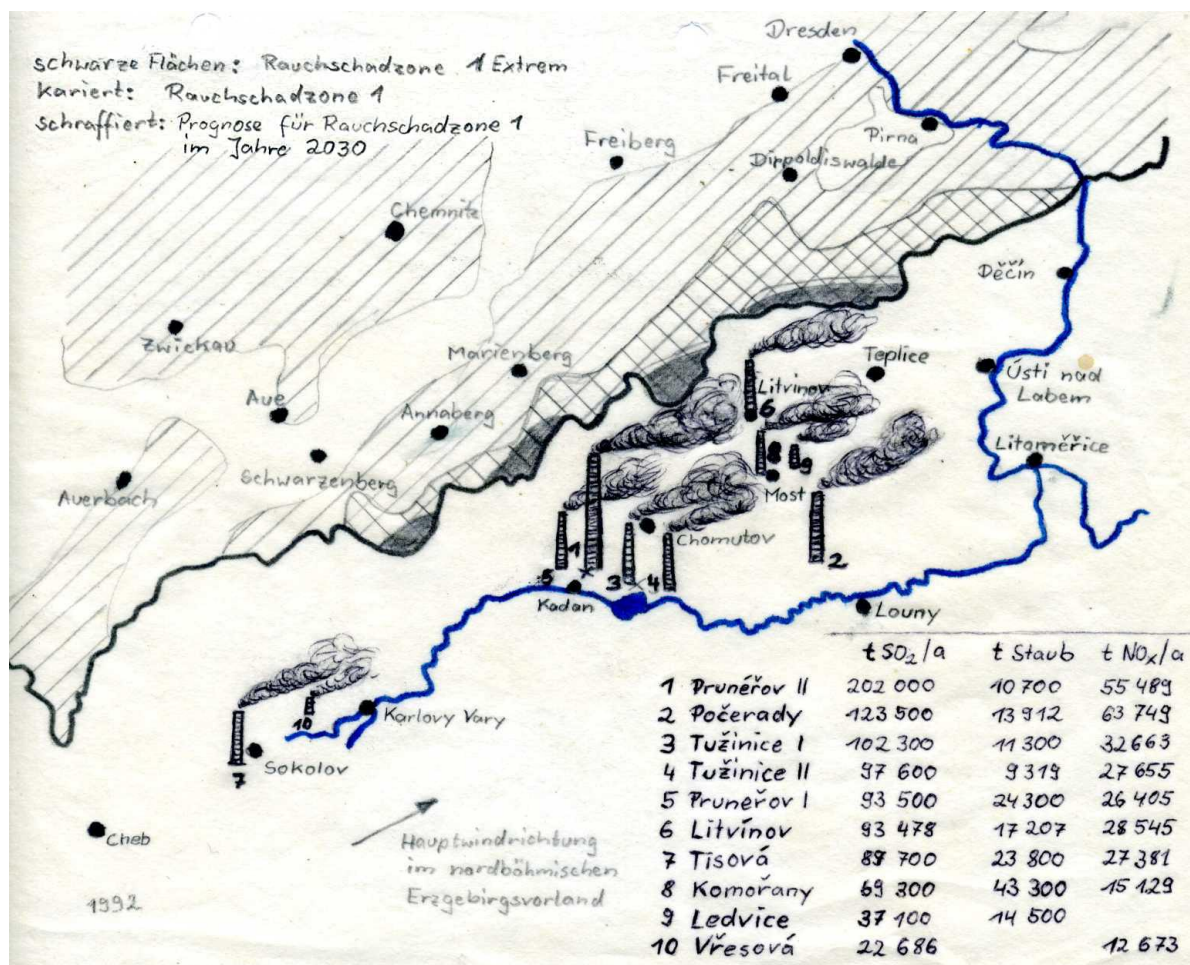


Abb. 22: Emissionen tschechischer Kraftwerke um 1990, aus einem Informationsblatt der Grünen Liga Osterzgebirge 1992 (die Zahlen stammten aus einer inoffiziellen tschechischen Statistik)



Die Braunkohleverstromung im Lausitzer und im Mitteldeutschen Revier stand den tschechischen Anlagen hinsichtlich der Emissionen keinesfalls nach: "Bis 1950 wurden somit in beiden Revieren bei der - meist im Umfeld der Tagebaue durchgeführten - Verstromung der Kohle 23 Mio. Tonnen Schwefel emittiert. Bis 1990 kamen noch weitere 84 Mio. Tonnen hinzu. Wäre diese Emission allein auf der Landesfläche Sachsens niedergegangen, so wären 58 Tonnen Schwefel pro Hektar deponiert worden: Fast anderthalb LKW-Züge!"¹¹³

1956 berichteten Forstleute erstmals aus dem Raum Deutscheinsiedel über Schädigungen der Fichtenbestände, die offenkundig in Zusammenhang mit dem hier über die Gebirgspässe besonders konzentriert einfallenden "**Böhmischen Nebel**" standen.¹¹⁴ Diese bei Süd(west)-Wetterlagen oft tagelang über den Kammbereichen des Ost-Erzgebirges liegenden Kondensationswolken oder auch Inversionsnebel sind prinzipiell natürliche meteorologische Erscheinungen. Doch reicherten sich in dem Nebelniederschlag die aus den Kraftwerksabgasen resultierenden Säuren zu extrem hohen Konzentrationen an. Der Nebel wird insbesondere von den im Kammbereich dominierenden Fichten "ausgekämmt" oder lagert sich als Raufrost ("Anraum") an den Bäumen an. Die pH-Werte in diesem gefrorenen Nebelniederschlag lagen bei 3 bis 4.¹¹⁵

Wegen dieser starken Deposition "in der Vertikalen" lagen die auf den Versuchsflächen der Forstverwaltung und der TU Dresden gemessenen Säureeinträge im Wald nachweisbar beim drei- bis vierfachen Wert gegenüber den Freiflächen.¹¹⁶ Es ist allerdings davon auszugehen, dass in der kleinteiligen, strukturreichen Steinrückenlandschaft des Ost-Erzgebirges ebenfalls überdurchschnittliche Belastungen auf die zwischen den Gehölzriegeln gelegenen "Naturschutzwiesen" auftraten.

Ab den 1980er Jahren ergriffen die Schwefeldioxid-Waldschäden - samt Säureeinträgen - das gesamte Ost-Erzgebirge. Mitunter wurden Halbstunden-Spitzenwerte von $4.000 \mu\text{g SO}_2 / \text{m}^3$ gemessen¹¹⁷ (weit oberhalb der Geruchsschwelle, die bei den meisten Menschen bei wenigen hundert $\mu\text{g SO}_2 / \text{m}^3$ liegt). Die Forstwirtschaft definierte "Schadzonen". 1991 umfasste die Schadzone I extrem ("Bestände abgestorben") über 6.000 Hektar, die Schadzone I rund 32.000 Hektar ("weitgehend abgestorben"), Schadzone II rund 78.000 ha ("deutliche Schäden, Nadelverluste über 50 %").¹¹⁸ Das obere Müglitztal lag in Schadzone I und II, der Kammbereich bei Fürstenau/Fürstenwalde war "I extrem".

Weithin herrschte nach 1989/1990 die Annahme, dass sich mit der politischen "Wende" auch das Problem der Schadstoffbelastungen und Waldschäden lösen würde. Doch dem war zunächst mitnichten so. Vor allem die tschechischen Kraftwerke liefen unverändert weiter (der Strom wurde, nach tschechischen Hintergrundinformationen aus jener Zeit, zu günstigen Preisen an die damaligen "Bayernwerke" verkauft!).

¹¹³ ANDREAE et al (2020), S. 15

¹¹⁴ GEYER (2007), S. 256

¹¹⁵ BEER / WEBER 2007, S. 57

¹¹⁶ ANDREAE et al. (2020), S. 18

¹¹⁷ LIEBOLD/DRECHSLER (1991), S. 492

¹¹⁸ ebd.

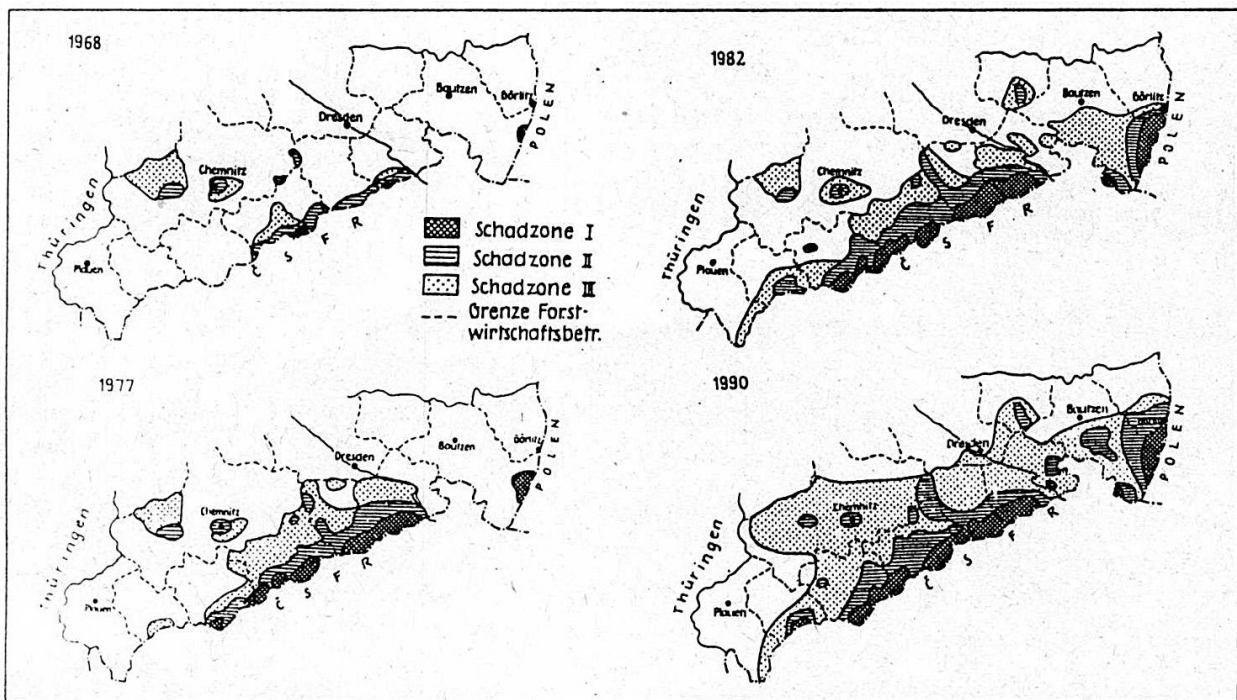


Abb. 23: Entwicklung der Schadzonen in der Forstwirtschaft (aus: LIEBOLD & DRECHSLER (1991))

Infolge einer langanhaltenden Inversionswetterlage gab es 1996/97 "erneut eine drastische Verschlechterung des Zustandes der Bestände"¹¹⁹ Viele Erzgebirgler waren nicht mehr gewillt, diese Entwicklung hinzunehmen. Es bildeten sich Bürgerinitiativen, so v.a. in Reitzenhain und, unter maßgeblicher Mitwirkung der Grünen Liga Osterzgebirge, in Altenberg die BI "Gesunder Wald".¹²⁰ Demonstrationen und andere Aktionen sorgten für bundesweites Aufsehen - und bewegten die Politik beiderseits des Erzgebirgskammes zum Handeln.

In Sachsen gab es ein großangelegtes Umrüstungsprogramm für Braunkohlefeuerstätten aller Art. In Nordböhmen wurden marode Altkraftwerke durch emissionsärmere Neuanlagen ersetzt bzw. andere Kraftwerke mit moderner Filtertechnik nachgerüstet. Seither sind die SO_2 -Konzentrationen in der Luft deutlich gesunken.

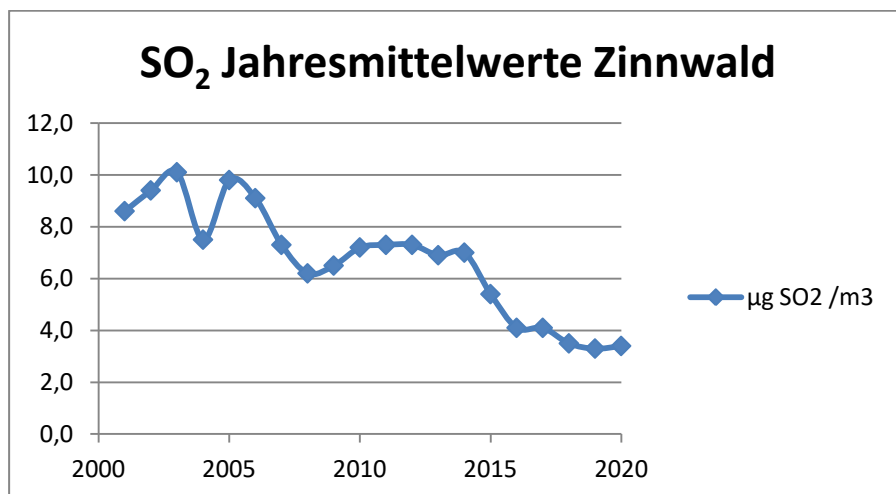


Abb. 24: Schwefeldioxid-Durchschnittswerte in Zinnwald-Georgenfeld;
Quelle: https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/luftonline/Recherche_XML.aspx

¹¹⁹ SML (1997)

¹²⁰ GEYER (2007), S. 260



2.5 Naturschutzstrategie "Aushagerung"

Im Allgemeinen gilt heute die **Eutrophierung** - im Sinne von Stickstoffübersversorgung - von Lebensräumen als eine der Hauptbedrohungen für die Biologische Vielfalt. Dies spiegelt sich sowohl in den Gefährdungsursachen wider, die in den Roten Listen aufgeführt sind, als auch in Befragungen von Naturschutzpraktikern.¹²¹

Dies betrifft zweifelsohne auch die meisten Grünlandflächen im Ost-Erzgebirge, die innerhalb weniger Jahrzehnte durch überreichlich Gülle und/oder Kunstdünger von ihrem jahrhundertelangen Stickstoffmangeldasein in Zustände der Übersversorgung katapultiert wurden. Die einstmals weithin landschaftsprägenden Borstgrasrasen und Magerwiesen sind heute auf wenige Restbereiche zurückgedrängt, mitsamt der daran gebundenen Vielfalt konkurrenzschwacher Pflanzenarten und den wiederum davon abhängigen Tierarten. Flächenmäßig bestimmend sind heute artenarme Grünländer, von wenigen nitrophilen Gräsern und Stauden beherrscht.

Und auch auf den Reststandorte, die von direkter Landwirtschafts"intensivierung" bisher nicht betroffen waren, besteht die Gefahr der Nährstoffanreicherung: durch atmosphärische N-Einträge (weiträumige Verdriftung von Stickstoffdüngern, vor allem aber auch Stickoxide aus dem Verkehr und anderen Quellen) einerseits, andererseits durch Humusakkumulation mangels ausreichender Pflege und Einträgen von Laub etc. von umgebenden Gehölzen.

Es ist daher ein naheliegender Ansatz, die Eutrophierung "zurückdrehen" zu wollen - im Sinne der Wiederherstellung der historisch gewachsenen Artenvielfalt. Dafür müssen zum einen weitere Stickstoffeinträge verhindert werden. Hinsichtlich direkter Düngungsmaßnahmen lässt sich dies durchaus steuern: durch Ausschluss bei Fördermaßnahmen wie der Biotoppflegemahd¹²² oder durch Schutzgebietsvorschriften ("kein Stickstoff" bei vielen LRT in den FFH-Managementplänen). Die indirekten Einträge zu reduzieren ist weitaus schwieriger und selbst bei geänderten sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen allenfalls langfristig wirksam.

Tatsächlich aber kommt es nicht nur darauf an, zusätzliche Eutrophierung zu vermeiden. Der in den letzten Jahrzehnten akkumulierte Stickstoffüberschuss muss eigentlich den Ökosystemen wieder entzogen werden, um Lebensräume für heute gefährdete Arten wiederherzustellen. Dies ist oft mit hohem Aufwand verbunden - und meist leider mit ungewissem Ausgang.

"Während schwachwüchsige Bestände durch Düngung leicht in Fettwiesen überführt werden können, gelingt die entgegengesetzte Entwicklung, wüchsige Bestände auszuhagern, nur sehr mühsam. ... Rote-Liste-Arten sind überwiegend Zeiger für Stickstoffmangel, viele sind an magere Lebensräume angepasst."¹²³

Praktisch die einzige realistische Möglichkeit für ein solches "Aushagern" oder "Ausmagern" von Biotopen ist die verstärkte **Abschöpfung von Biomasse**, bei Grünland vor allem über mehrschürige Mahd. Diese Zielstellung findet sich regelmäßig im Wiesen-Naturschutz, so auch beim Naturschutzgroßprojekt "Bergwiesen im Osterzgebirge": "Im Rahmen der im Pflegeplan formulierten Entwicklungsziele erfolgt die Mahd ... mit dem Ziel der Aushagerung intensiv bewirtschafteter oder brachliegender Flächen"¹²⁴

Offenkundig lassen sich im Gebiet des Geisingbergs diesbezüglich durchaus Erfolge feststellen. Hier wurde das Konzept differenzierter Mahd langfristig und mit hohem Begleitaufwand umgesetzt.

¹²¹ BÜNDNIS90/GRÜNE (2014), S. 24, 37ff

¹²² Förderrichtlinie Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen – RL AUK/2015, Abschnitt 5.2.3.2/5.2.3.3

¹²³ BÖHNERT (2009), S. 28f

¹²⁴ MENZER (2003), S. 38



Aber abgesehen davon, dass dies andernorts oft an den eng begrenzten Biotoppflegekapazitäten scheitert, kann derartig erhöhte Nutzungshäufigkeit **auch unerwünschte Folgen** nach sich ziehen: Begrenzung der zeitlichen Möglichkeiten zum Blühen und Fruchten von botanischen Zielarten und der Larvenentwicklung von Insekten, Störung von Bodenbrütern, zusätzliche Bodenverdichtung durch mehrfaches Befahren mit schwerer Technik, um nur einige Aspekte zu nennen.

Viel zu wenig berücksichtigt wird beim Ruf nach "Ausmagern", dass dabei nicht nur Stickstoffverbindungen aus dem System entnommen werden, sondern auch alle anderen Nähr Elemente, die die Pflanzen aufgenommen haben. Stickstoff selbst gelangt über die indirekte Eutrophierung wieder zurück ins System, und zwar wahrscheinlich in Größenordnungen, die über den Düngermengen liegen, wie sie vor den 1960er Jahren auf den meisten Grünländern üblich waren. "Ob eine restlose Ausmagerung lediglich durch jährlichen Entzug des Mähgutes gelingt, muss man freilich bezweifeln, vor allem in Anbetracht der zunehmenden atmosphärischen Eutrophierung."¹²⁵

Fortgesetztes "Ausmagern" hingegen kann Nährstoffe, die ohnehin im Mangel sind, zum begrenzenden ökologischen Minimumfaktor machen, auch für Zielarten des Naturschutzes. Dies kann im naturgegeben phosphorarmen Ost-Erzgebirge z.B. die P-Versorgung betreffen. Im NSG Geisingberg wurde festgestellt, "... dass große Teile des ehemaligen Intensivgrünlandes inzwischen relativ niedrige Nährstoffkonzentrationen aufweisen, z.B. Phosphatgehalte des Gehaltsklasse 'sehr niedrig' (< 2 mg/100 g) oder 'niedrig' (2 - 10 mg/100g)."¹²⁶

Mit Nährstoffentzug geht in der Regel auch eine Basenverarmung, mithin Versauerung, einher (siehe Abschnitt 1.2.2) - wenn dem nicht durch Kalkung entgegengewirkt wird. "Ein Abtransport des Mähguts ohne Nährstoffrückführung kann auf Dauer zu Aushagerungen führen, die der Erhaltung von LRT zuwiderlaufen kann. ... Durch extensive Nutzungsformen kann der pH-Wert des Bodens soweit absinken, dass die natürlichen Bodenfunktionen beeinträchtigt werden."¹²⁷

Hinsichtlich der Basenversorgung anspruchsvollere Pflanzenarten (die einstmals womöglich durch Wiesenalkung gefördert worden sein könnten), drohen bei auf der Strecke zu bleiben, zumal wenn auch andere Ursachen zur Versauerung beigetragen haben. So sind (nicht nur) im Oelsener Raum basiphytische Arten wie Wiesen-Primel, Sonnenröschen und Geflecktes Ferkelkraut trotz aufwendiger Pflege zurückgegangen. "Als eine der Ursachen für diese Rückgänge kommen starke Immissionen von Schwefeldioxid aus den böhmischen Braunkohle-revierern in Betracht."¹²⁸ *Möglicherweise aber auch wegen ungenügender Basennachlieferung, weil im Vergleich zur Bergwiesenepoche Naturschutzflächen heute kaum noch gekalkt werden?*

Dass Basennachschub in Form von Kalkung hilfreich sein kann, zeigte sich im E-/E-Projekt Oelsen bei einigen Extensivgrünlandarten vor allem auf Bergwiesenstandorten sowie stark sauren Standorten von Rotschwingelrasen, wie Busch-Nelke.¹²⁹

Die Landschaftspflegeversuche am Versuchsgut Börnchen in den 1990er bis Mitte der 2000er Jahre brachten folgende Erkenntnisse:

¹²⁵ ELLENBERG (1996), S. 831

¹²⁶ HACHMÖLLER et al. (2009b), S. 79

¹²⁷ FELDWISCH et al. (2007), S. 11

¹²⁸ HACHMÖLLER et al. (2010), S. 63

¹²⁹ ebd., S. 200



- "Allgemein kann gesagt werden, dass im Verlauf der Projektzeit eine gewünschte Aushagerung in den Nutzungsvarianten stattgefunden hat. Eine Ausbildung artenreicher Grünlandgesellschaften hat sich bislang aber noch nicht im erhofften Maße eingestellt."¹³⁰
- "Nährstoffmangel wurde weniger durch den Ausfall von Nährstoffzeigern als Vielmehr durch deren phänotypische Ausprägung (Schwachwuchs) offensichtlich."¹³¹
- "Die Auswirkungen von Maßnahmen der Landschaftspflege bzw. extensiven Nutzung auf zuvor intensiv genutztem Grünland waren i.d.R. hinsichtlich des Ertragsrückganges bedeutender als die qualitativen Änderungen der Artenzusammensetzung der Bestände."¹³²

Nicht zuletzt muss berücksichtigt werden, dass das von Naturschutzwiesen geerntete Mähgut auch guten Gewissens als Tierfutter verwendbar sein sollte. Sa kann sich "Phosphormangel im Grünlandfutter sehr nachteilig auf die Tiere auswirken"¹³³, und: "Besonders auf Jungviehweiden ist der Kalk zur Bildung des Knochengerüsts der wachsenden Tiere notwendig."¹³⁴

¹³⁰ DÖRING (2009), S. 114

¹³¹ ebd. S. 116

¹³² ebd. S. 117

¹³³ VIEWEG/ROSENKRANZ (1955), S. 357

¹³⁴ KIEL (1950), S. 37



3 Bodenzustände und Kalkungspraxis aktuell

In der Landwirtschaft sind regelmäßige Bodenuntersuchungen zur Düngerbedarfsermittlung nach Düngeverordnung vorgeschrieben; im Forst dienen Bodenzustandserhebung und zahlreiche ergänzende Analysen als Grundlage für die Waldschutzkalkungen; die Abteilung Boden des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie betreut ein Bodenmessnetz mit Dauerbeobachtungsflächen. Für einige naturschutzbedeutsame Grünlandlandflächen im Ost-Erzgebirge wurden in der Vergangenheit pH-Wert-Ermittlungen im Rahmen von botanischen oder landschaftspflegerischen Arbeiten vorgenommen. Für vorliegende Arbeit erfolgten 21 weitere Aufnahmen.

Allerdings beruhen all die daraus resultierenden Daten und Informationen auf teilweise sehr unterschiedlichen Untersuchungsbedingungen, -zielstellungen, -methoden. Dennoch soll hier versucht werden, aus der Zusammenschau der verschiedenen Verfahren und Datensätze Erkenntnisse für die Kalkung von Naturschutzwiesen zu gewinnen.

3.1 Parameter

Die entscheidende Größe zur Beurteilung der Bodenverhältnisse ist eigentlich die **Basensättigung**: wie hoch ist der Anteil von Kalzium+Magnesium+Natrium+Kalium unter den am Puffersystem des Bodens verfügbaren Ionen ("Kationenaustauschkapazität")?¹³⁵ Davon hängen die chemischen, physikalischen und biologischen Bodenbedingungen ab, die Pflanzenernährung und letztlich die Konkurrenzverhältnisse unter den Organismen. Doch die Basensättigung selbst zu messen, erfordert relativ aufwendige Laborarbeit.

Da jedoch zwischen den freien Kationen der Bodenlösung und am Sorptionskomplex ein Gleichgewicht besteht, gilt: je mehr H^+ in der Bodenlösung, desto höher der Anteil von H^+ auch am Sorptionskomplex.¹³⁶ Daraus ergibt sich folgende Beziehung:

Basensättigungsgrad			pH-Wert ($CaCl_2$)
		%	
BS1	sehr basenarm	< 5	< 3,3
BS2	basenarm	5 bis < 20	3,3 bis < 3,8
BS3	mittelbasisch	20 bis < 50	3,8 bis < 4,8
BS4	basenreich	50 bis < 80	4,8 bis < 6,0
BS5	sehr basenreich bis basengesättigt	80 bis 100	>= 6,0

aus: *Bodenkundliche Kartieranleitung*¹³⁶

Weil wiederum Ca^{2+} unter den Kationen im Puffersystem (nicht zu saurer Böden) dominiert, ergibt sich mithin eine enge Beziehung zwischen pH-Wert und Kalziumsättigung an den Austauschern¹³⁷, und damit ist der pH-Wert geeignet als Gradmesser für die Kalkversorgung eines Standortes¹³⁸

Prinzipiell kann der pH-Wert einer Bodenprobe in Wasser (pH_{H_2O}) oder in Salzlösung (pH_{KCl} , pH_{CaCl_2}) bestimmt werden. **In $CaCl_2$ -Lösung gemessene pH-Werte liegen um 0,6 (+/- 0,2)**

¹³⁵ SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (2002), S. 210

¹³⁶ AD-HOC-AG BODEN (2005), S. 371

¹³⁷ DLG (2021), S. 9

¹³⁸ LfULG (2006)



Einheiten unter den in H₂O gemessenen Werten ("in Böden mit Illit/Smectit-Dominanz")¹³⁹, bzw. bei Messung in KCl-Lösung um 0,3 - 0,7 Einheiten.¹⁴⁰

Bei den Werten, die aus der sächsischen Bodendatenbank und anderen früheren Untersuchungen in diese Studie einbezogen wurden, fällt auf, dass vor allem ältere Messungen in Wasser und Kaliumchlorid erfolgten, während heute Messung in Kalziumchlorid der Standard ist. Für die Vergleiche in Kapitel 5 wurden zu den pH_{H₂O}-Werten 0,6 hinzuaddiert, die pH_{KCl} mit pH_{CaCl₂} gleichgesetzt.

Wobei durchaus hinterfragt werden müsste, wie realistisch die Werte in sehr stark versauerten, mithin kalziumarmen Böden sind: "Mit der 0,01 M CaCl₂-Lösung wird eine Bodenlösung simuliert, wie sie in Ackerböden des gemäßigt-humiden Klimabereichs vorherrscht. Dagegen sind die Bodenlösungen sehr saurer Böden ärmer an Salzen und besonders an Ca, so dass hier meist in H₂O gemessen wird."¹⁴¹

Nach ihrem pH-Wert (gemessen in 0,01 M CaCl₂) werden Böden in Säurebereiche eingestuft, wobei sich die verwendeten Abstufungen geringfügig unterscheiden:

pH-Bereich	Bezeichnung nach SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL ¹⁴²	pH-Bereich	Bezeichnung nach Bodenkundlicher Kartieranleitung ¹⁴³	Kurzzeichen
7,0	neutral	6,8 - <7,2	neutral	s0
		6,1 - <6,8	sehr schwach sauer	s1
6,0...6,9	schwach sauer	5,4 - <6,1	schwach sauer	s2
5,0...5,9	mäßig sauer	4,7 - <5,4	mäßig sauer	s3
4,0...4,9	stark sauer	4,0 - <4,7	stark sauer	s4
3,0...3,9	sehr stark sauer	3,3 - <4,0	sehr stark sauer	s5
< 3,0	extrem sauer	<3,3	extrem sauer	s6

Entsprechendes gilt für das alkalische Spektrum, das aber für die Böden des Ost-Erzgebirges nicht relevant ist (und deshalb hier nicht betrachtet wird).

Die pH-Werte unterliegen einer Vielzahl von Einflussfaktoren. Sie sind beispielsweise abhängig von der Aktivität der Bodenorganismen und Pflanzenwurzeln sowie von der Wasserverfügbarkeit und können deshalb jahreszeitlich schwanken¹⁴⁴, und sie unterscheiden sich je nach Bodentiefe. Zumeist nimmt der pH-Wert - und mithin die Basensättigung - zu, je tiefer man in den Boden vordringt. Für eine Regel-Braunerde über Gneis gibt das LfULG einen pH-Wert von 5,5 im Oberboden und 6,0 im Unterboden an¹⁴⁵:

Horizont	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	pH CaCl ₂	Humus (%)
Ap	17	39	44	5,5	3,7
Bv	15	36	49	6,0	1,4
II iICv	15	43	42	6,0	1,7

Abb. 25: Bodensteckbrief "Braunerde aus Gneis" (LfULG)

¹³⁹ SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (2002), S. 135

¹⁴⁰ AUTORENKOLLEKTIV (1985), S. 161

¹⁴¹ SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (2002), S. 135

¹⁴² ebd., S. 129

¹⁴³ AD-HOC-AG BODEN (2005), S. 367

¹⁴⁴ AUTORENKOLLEKTIV (1985), S. 162

¹⁴⁵ LfULG (o.J.)



Mit Kalkungsmaßnahmen werden i.d.R. nur die Humusschicht und allenfalls die obersten Zenti- bis Dezimeter des Mineralbodens erreicht, insofern der Kalkdünger nicht eingepflügt werden kann. In einem bei SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL aufgeführten Versuch zeigte sich bei der Kalkung von Grünland über feinsandigem Lehm nach neun Jahren eine Tiefenwirkung von maximal 20 cm, unabhängig von der Kalkmenge (10 bis 40 Tonnen!), erst nach 23 Jahren waren Auswirkungen bis in 60 cm Tiefe nachweisbar.¹⁴⁶ Ähnlich sind auch die Erfahrungen mit den wiederholten Forstkalkungen in Sachsen: im Humushorizont nimmt der pH-Wert mit der Anzahl der Kalkungen zu, aber im Mineralboden zeigen sich nur bis in 5 cm tiefe Auswirkungen (darunter nur noch marginale Veränderungen).¹⁴⁷

Hinsichtlich des anzustrebenden pH-Wertes von "Kulturböden" wird bei SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL¹⁴⁸ ausgeführt: "Der optimaler pH-Wert hängt von einer Reihe ... ökologisch wirksamer Bodeneigenschaften ab, die unterschiedlich auf die Veränderung des pH-Wertes reagieren. Hierzu gehören die toxische Wirkung von Al und Mn, die Verfügbarkeit von Makro- und Mikronährstoffen, die Mobilität von toxischen Schwermetallen, der Humusabbau und das Bodengefüge. Auch Gesichtspunkte wie die Vielfalt der Ackerwildkrautflora oder die Ca-Konzentration der Gewässer können hier geltend gemacht werden."

Der pH-Wert sollte so hoch liegen, dass

- keine toxisch wirkenden Konzentrationen von Al und Mn auftreten;
- Phosphor pflanzenverfügbar wird;
- Mikroorganismen ausreichend aktiv sein können.

"Bei Böden mit < 4 % organischer Substanz und ... > 13 % Ton zwischen 6,0 und 6,5." (Dies trifft gemäß der in Abb. 25 gezeigten Werte auch für die Braunerdeböden über dem im Ost-Erzgebirge vorherrschenden Gneis zu.) Jedoch heißt es kurz darauf: "Bei **Grünland** sind auf Mineralböden **pH-Werte im Oberboden von 5,0 ... 5,5 ausreichend** zur Erzeugung von Futter guter Qualität (Zusammensetzung der Gräser, Gehalt an Mikronährstoffen)." ...

"Versuche haben gezeigt, dass eine Anhebung des pH auf über 6 zu keinen gesicherten Mehrerträgen führt."¹⁴⁹

3.2 Forstliche Bodenzustandserhebungen und Waldkalkungen

Als Reaktion auf das in den 1980er Jahren für Schlagzeilen sorgende "Waldsterben" infolge "Sauren Regens" erfolgte seit Ende der 1980er Jahre in den westlichen Bundesländern, Anfang der 1990er Jahre auch in Sachsen eine Bodenzustandserhebung (BZE 1) in den Wäldern. 2006 bis 2008 folgte eine Wiederholungsaufnahme (BZE2). In den kommenden Jahren ist eine dritte bundesweite Bodenzustandserhebung geplant. Im gleichen Stichprobenraster (8 x 8 km) wie bei der jährlichen Waldzustandserhebung werden umfangreiche Datensätze zu Standortverhältnissen und Ernährung der Hauptbaumarten erhoben. In Sachsen erfolgte eine zusätzliche Verdichtung auf ein Raster von 4 x 4 km.¹⁵⁰

Fokussierte sich das ursprüngliche Interesse vor allem auf die Bodenversauerung, ist heute der Untersuchungsauftrag wesentlich weiter gefasst und bezieht sich auch auf die Informationsgewinnung hinsichtlich Schwermetallbelastungen, Stickstoffsättigung/ Eutrophierung,

¹⁴⁶ SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (2002), S. 133

¹⁴⁷ ANDREAE et al. (2020), S. 32

¹⁴⁸ SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (2002), S. 134

¹⁴⁹ ebd, S. 135

¹⁵⁰ SACHSENFORST (2018), S. 9



Kohlenstoffspeicherung, Wasserhaushalt und Klimaänderungen.¹⁵¹ Dennoch bilden die Ergebnisse der Bodenzustandserhebung eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die Kompensationskalkung von säurebelasteten Wäldern in den sächsischen Mittelgebirgen. 2012 erfolgte dafür innerhalb der Kalkungskulisse eine erneute Aufnahme im 4 x 4 km-Raster.¹⁵²

Von den insgesamt 279 Aufnahmepunkten der BZE 2 liegen 5 im oberen Müglitztal, davon blieb eine Fläche ungekalkt, je zwei Flächen wurden bisher zwei- und dreimal gekalkt.

Der Sächsische Waldbodenbericht konstatiert folgende Veränderungen zwischen den beiden Durchgängen der Bodenzustandserhebung in Sachsen:

- **deutliche Verbesserung des Humuszustandes** (Rohhumus BZE 1: 25 % -> BZE 2: 10 %)

- **geringfügige pH-Zunahme** um durchschnittlich 0,1 - 0,2 Einheiten; aber: auf ungekalkten Standorten des Hügellandes Abnahmen des pH-Wertes in der organischen Auflage um -0,2;

Im Vergleich dazu steigen auf den gekalkten Standorten die pH-Werte im Humus um durchschnittlich 0,4 Einheiten (ein- bis zweimal gekalkt) bzw. 0,7 pH-Einheiten (drei- bis viermal gekalkt) an. **Ungekalkte Standorte** innerhalb der Kalkungskulisse zeigen **keine pH-Wert-Veränderung** zwischen beiden Inventuren.¹⁵⁴

- **effektive Austauschkapazität weitgehend unverändert**: Dominanz von Al schwankt zum Zeitpunkt beider Inventuren zwischen 43 und 79 %, Eisen bleibt stabil, Mangan im Oberboden leicht rückläufig, geringfügige Mg-Erhöhung im Oberboden infolge Kalkung, Ca: einer Zunahme in den obersten 5 cm stehen stetige Abnahmen in den anderen Tiefenstufen gegenüber.¹⁵⁵

- **Basensättigung: Erhöhung in den oberen 5 cm**, Verringerung in den darunter liegenden Bereichen (trotz Kalkung!)¹⁵⁶

- **Anstieg der R-Zeigerwerte nach Ellenberg** innerhalb der "Fichtengruppe", jedoch insgesamt **kaum signifikant**.¹⁵⁷

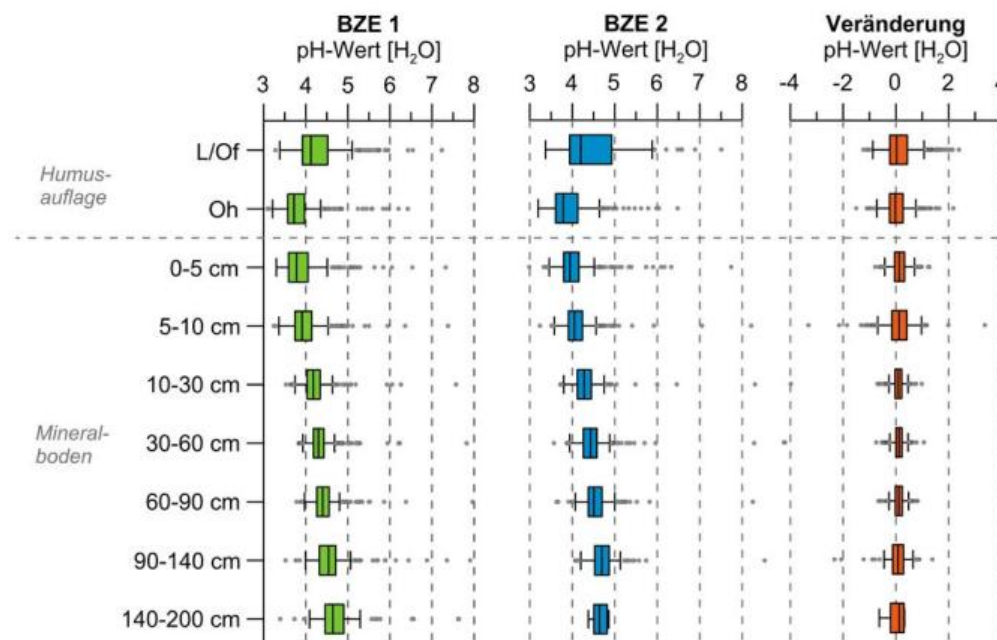


Abb. 26:
Veränderungen
der Boden-pH-
Werte zwischen
BZE 1 und BZE 2
(aus: Sächsischer
Waldbodenbericht
2018)

¹⁵¹ SACHSENFORST (2006)

¹⁵² ANDREAE et al. (2020), S. 30

¹⁵³ SACHSENFORST (2018), S. 28

¹⁵⁴ ebd., S. 48

¹⁵⁵ ebd., S. 52

¹⁵⁶ ebd., S. 54

¹⁵⁷ ebd., S. 104



Als - zunächst ebenso verzweifelte wie kostenintensive - Maßnahme zur Stabilisierung der von extrem hohen SO₂-Immissionen belasteten und dahinsterbenden Fichtenforsten begann Mitte der 1990er Jahre die Kompensationskalkung per Agrarflieger, teilweise auch Militärhubschrauber. Von 1986 bis 2020 wurden in Sachsen über 400.000 Hektar Wald gekalkt. (Die jährlichen Kosten belaufen sich auf ca. 1,2 Mio €¹⁵⁸, finanziert seit 2007 zum größten Teil über 30,6 Millionen Euro EU-Fördergelder.¹⁵⁹).

Aus den Zahlen im Leitfaden zur Forstlichen Bodenschutzkalkung¹⁶⁰ ergibt sich eine einmalige Kalkung auf ca. 28 % aller gekalkten Flächen, zweimalig auf 35 %, dreimalig auf 25 % und viermalig oder häufiger auf etwa 12 %. Ein Sonderfall ist das Kahleberggebiet, wo über manchen Flächen seit den 1980er Jahren sogar schon neunmal (!) Kalkdünger abgeladen wurde. **Die durchschnittliche Kalkmenge, die den gekalkten Forsten über 30 Jahre zugutegekommen ist, beträgt 7 t - infolge durchschnittlich zweimaliger Kalkung.**

Innerhalb der sogenannten Kalkungskulisse werden - unabhängig von der Eigentumsart - alle Wälder einbezogen, außer:

- Flächen, die bereits innerhalb der letzten 10 Jahre gekalkt wurden;
- Naturschutzflächen
- nasse und wechselfeuchte Standorte, Bachauen;
- Schlucht- und Steilhangwälder, Trockenstandorte;
- Standorte mit pH > 3,8 (KCl) oder Basensättigung > 15 %
- Humus-C/N-Verhältnis < 20
- Edellaubholzbestände (nur in Ausnahmefällen)
- Kulturen auf Freiflächen ("wegen verstärkter Mineralisation und der Gefahr von Nitratauswaschungen")

Standorte mit besserer Nährstoffversorgung (Nährkraftstufen "reich" und "kräftig") kommen nur dann in Betracht, wenn die Basensättigung in den oberen 30 cm nachweisbar kleiner als 15 % ist. Außerdem ist jeweils ein Mindestabstand von 25 - 50 m zu Ausschlussflächen einzuhalten.¹⁶¹

Angesichts der Großflächigkeit der Kalkungsmaßnahmen ist trotz dieser Ausschlussflächen davon auszugehen, dass auch walddnahe Wiesen eine gelegentliche Minimalkalkung durch Windverdriftung oder Unachtsamkeit der Hubschrauberpiloten mit abbekommen haben. Generell jedoch resultiert aus den sehr unterschiedlichen Depositionen eine **sehr eingeschränkte Vergleichbarkeit der Bodenverhältnisse von Wäldern und Wiesen.**

Dies betrifft allerdings nicht nur die Kalkung, sondern mehr noch die vorausgegangenen Säureeinträge. Diese sind in den Wäldern des Erzgebirges, an denen sich der Nebelniederschlag in Form von "Anraum" (Raueis) ablagern konnte und von den hier vorherrschenden Fichten ausgekämmt wurde, erheblich höher gewesen als im Offenland (siehe Kapitel 2.4). Wobei wiederum die zwischen kleinteiligen Steinrückenstrukturen oder an Waldrändern gelegenen (Naturschutz-)Wiesen vermutlich stärker von solchen sauren Niederschlagsablagerungen betroffen waren als ausgeräumte Agrarflächen.

Die gemessenen pH-Werte unter den immissionsgeschädigten Fichtenforsten liegen oft in sehr stark sauren Bereichen, deutlich unter 4, die Basensättigung im Mineralboden teilweise im einstelligen Bereich. Aus diesen extrem niedrigen Werten resultieren sehr moderate

¹⁵⁸ Geschäftsbericht Sachsenforst 2019, S. 52,

<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/29741/documents/57149> (abgerufen 30.10.2021)

¹⁵⁹ <https://www.wald.sachsen.de/bodenschutzkalkung-5838.html> (abgerufen am 30.10.2021)

¹⁶⁰ ANDREAE et al. (2020), S. 24

¹⁶¹ ANDREAE et al. (2020) S. 46ff, S. 60



Ziele für die Waldkalkungen: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ mind. 4,2 (= pH_{KCl} 3,8) bzw. Basensättigung >15 % in 30 cm Tiefe¹⁶². Für viele Zielarten des Wiesennaturschutzes wäre dies sehr wahrscheinlich viel zu wenig.

Die Erreichbarkeit selbst dieser bescheidenen Ziele - in 30 cm Tiefe - mag durchaus infrage zu stellen sein, wenn durch Kalkungen in der Regel nur die Humusauflage und die obersten Zentimeter des Mineralbodens beeinflussbar sind: "Eine Tiefenwirkung durch die Zugabe von Magnesium und Calcium in den mineralischen Oberboden ist lediglich bis 10 cm Tiefe nachweisbar. In der sich anschließenden Tiefenstufe (10-30 cm) sind die Reaktionen nur marginal ausgeprägt und nur nach sechs- bis achtmaligen Kalkungen sichtbar (höhere Spannweite)."¹⁶³

Dessen ungeachtet beruht auf dieser Zielsetzung die Bemessung der Kalkungsmengen. Nachdem früher auch höhere Dosen verabreicht wurden, gilt seit 2012 in Sachsen die Standardmenge von 3 Tonnen pro Hektar, der Wiederholungsturnus ist auf mindestens zehn Jahre festgelegt.¹⁶⁴ Vorgeschrieben sind Dolomitzkalken, die zu mindestens 80 % aus CaCO_3 und MgCO_3 bestehen müssen, dabei aber zu mindestens 25 % aus MgCO_3 .¹⁶⁵

Entsprechend des Sächsischen Waldbodenberichts zeigen sich nach über drei Jahrzehnten Waldkalkung folgende Effekte¹⁶⁶:

- **Erhöhung der Basensättigung in der Humusauflage** (bereits nach ein- bis zweimaliger Kalkung); Tiefenwirkung nur bis 10 cm Tiefe nachweisbar, darunter nur nach sechs- bis achtmaliger Kalkung (Ungekalkte Standorte: Rückgang der BS)
- **Erhöhung des pH-Wertes in der Humusauflage**: ungekalkt 3,5 - 4,0; sechs- bis achtmalige Kalkung 5,5; im Mineralboden nur bis 5 cm deutlich, darunter nur bei sechs- bis achtmaliger Kalkung
- Erhöhung Austauschkapazität ebenfalls nur in der Humusauflage deutlich
- positive Auswirkungen auf die **Schwermetallbindung** (S.110)
- kein Abbau der Kohlenstoffvorräte

3.3 Grünland-Kalkungsempfehlungen in der Landwirtschaft

21,2 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche Sachsens ist als Dauergrünland eingestuft, dies entspricht reichlich 10 % der Landesfläche. Davon wiederum gelten 65.000 Hektar (34 %) als Wiesen und 4.400 ha als "ertragsarmes Dauergrünland". Unter den gegebenen agrarökonomischen Bedingungen steht bei vielen dieser Flächen nicht optimale botanische Vielfalt (z.B. im Interesse einer ausgewogenen Tierernährung), sondern Ertragsmaximierung im Mittelpunkt der Düngeempfehlungen. Auch der "Bestimmung des Kalkbedarfs von Acker- und Grünlandböden" des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA)¹⁶⁸ liegt die Zielrichtung zugrunde: "intensiv genutztes

¹⁶² JACOB & ANDREAE (2015), ANDREAE et al. (2020), S. 22

¹⁶³ ANDREAE et al. (2020), S. 31

¹⁶⁴ ebd., S. 28

¹⁶⁵ ebd., S. 52

¹⁶⁶ SACHSENFORST (2018), S. 60f, S. 110

¹⁶⁷ SMEKUL (2021), S. 24, S. 80

¹⁶⁸ VDLUFA (2020), <https://www.vdlufa.de/Dokumente/Veroeffentlichungen/Standpunkte/0-9-kalk.pdf>, abgerufen am 15.10.2021



Grünland mit hohen Anteilen an Deutschem Weidelgras bzw. Wiesenfuchsschwanz ... vor allem, wenn die Bestände weitgehend regelmäßig mit Gülle gedüngt werden ..."¹⁶⁹

Für Ertragsmaximierung - ohne Rücksicht auf Artenvielfalt - ist vor allem Stickstoff das Mittel der Wahl. Die Stickstoffüberschüsse der Böden steigen nach wie vor¹⁷⁰:

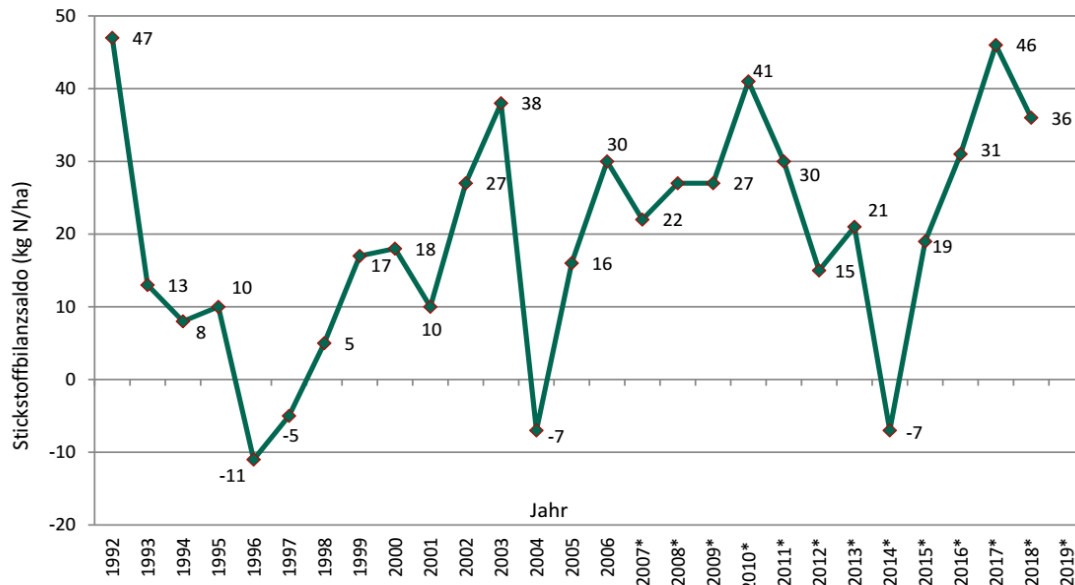


Abb. 27: Stickstoffbilanzsalen von landwirtschaftlich genutzten Böden; aus Sächsischer Agrarbericht 2020

Bei einer derart einseitigen Stickstoffüberfrachtung der Böden können andere Pflanzen-nährstoffe in den Mangelbereich geraten. So hat der Anteil der sächsischen Agrarflächen mit geringer und sehr geringer Phosphorversorgung zwischen 2000 und 2017 immer weiter zugenommen.¹⁷¹

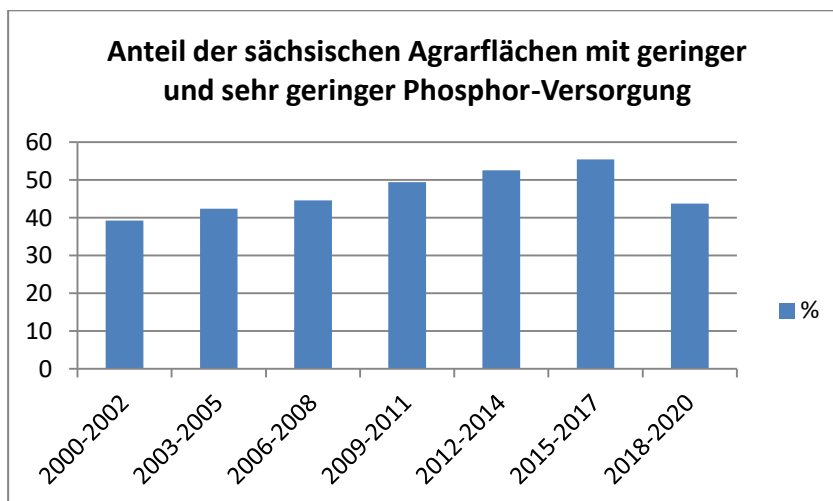


Abb. 28: Phosphormangel sächsischer Agrarflächen, Daten aus dem "Agrarbericht in Zahlen" (SMEKUL 2021)
(Der Rückgang ab 2018 kann auf eine veränderte Erhebungsmethodik zurückzuführen sein.)

Um gravierende Nährstoffungleichgewichte zu vermeiden, verlangt die aktuelle Düngeverordnung (DüV): "Vor dem Aufbringen von wesentlichen Nährstoffmengen an Stickstoff (N)

¹⁶⁹ DIEPOLDER/RASCHBACHER (2015), S. 85

¹⁷⁰ SMEKUL (2021), S. 131

¹⁷¹ SMEKUL (2021), S. 130



oder Phosphat (P_2O_5) hat der Betriebsinhaber den Düngbedarf der Kultur für jeden Schlag oder jede Bewirtschaftungseinheit nach den Vorgaben des § 4 DüV zu ermitteln. Diese einheitlichen Vorgaben gelten für Ackerland und Grünland.¹⁷² Landwirte müssen in einem Zeitabstand von wenigstens 6 Jahren die Bodengehalte an Grundnährstoffen sowie den pH-Wert ermitteln (lassen).

Auf landwirtschaftlichen Grünlandflächen über Gneis ergibt sich aus diesen regelmäßigen Bodenuntersuchungen laut Aussage eines leitenden Mitarbeiters des größten Agrarunternehmens im oberen Müglitztal¹⁷³ die durchaus überraschende Erkenntnis, dass neben Phosphor tendenziell auch Schwefel zum Mangel-element wird. Nach den extremen S-Depositionen in der Gegend noch vor wenigen Jahrzehnten wäre dies kaum zu erwarten. Neben Kalium sei hingegen auch Magnesium "immer ausreichend vorhanden". Die **pH-Werte liegen in der Regel zwischen 5 und 6** (in größeren Höhenlagen geringer als in den unteren Lagen). Die Grünlandflächen der Liebenauer Agrar GmbH werden seit vielen Jahren kaum oder gar nicht gekalkt. Für die ausreichende Versorgung mit einigen wichtigen Nährstoffen - über den der Vegetation nach auch hier reichlich vorhandenen Stickstoff hinaus - ist wahrscheinlich die Rückführung organischen Düngers auf die Grünlandflächen ausreichend.

Zwecks Beurteilung der Kalkversorgung und des Kalkdüngedarfs landwirtschaftlicher Böden hat der VDLUFA pH-Klassen bzw. Kalkversorgungsklassen definiert:

pH-Klasse / Kalkversorgung	Beschreibung von Zustand und Maßnahme	Kalkdüngungsbedarf
A sehr niedrig	Erhebliche Beeinträchtigung von Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit. Signifikante Ertragsverluste.	Gesundungskalkung
B Niedrig	Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit suboptimal. Signifikante Ertragsverluste bei kalkanspruchsvollen Kulturen.	Aufkalkung
C anzustreben	Optimale Bedingungen für Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit.	Erhaltungskalkung
D Hoch	Die Bodenreaktion ist höher als anzustreben.	keine Kalkung
E sehr hoch	Die Bodenreaktion ist wesentlich höher als anzustreben. Nährstoffverfügbarkeit, Ertrag und Qualität können negativ beeinflusst werden.	keine Kalkung, keine Anwendung alkalisch wirkender Düngemittel

Abb. 29: Kalkversorgungsklassen für Landwirtschaftsböden; aus: *Hinweise zur Kalkdüngung*, DLG-Merkblatt 456

Der Kalkbedarf hängt dabei von der Bodenart (insb. dem Tongehalt), dem Humusgehalt und der Nutzung ab¹⁷⁴:

- je höher der Tongehalt, desto höher der optimale pH-Wert
- je höher der Humusgehalt, desto niedriger der optimale pH-Wert (wegen guter Pufferwirkung der organischen Substanz)
- Grünland 0,5 pH-Einheiten weniger als Acker (wegen intensiver Durchwurzelung der obersten 10 cm)

¹⁷² LfULG (2021)

¹⁷³ Raik Bellmann, pers. Mitteilung, 1.10.21

¹⁷⁴ DLG (2021), S. 10



Daraus ergibt sich folgendes Schema zur **Ermittlung des optimalen pH-Bereichs für Grünland** (aus der Sicht ertragsorientierter Landwirtschaft):

Bodenarten- gruppe	Bodenart (Tongehalt in %)	Humusgehalt des Bodens (%)		
		≤ 15	15,1–30	> 30
		pH-Werte der Klasse C		
1	Sand (bis 5)	4,7–5,2	4,3–4,7	
2	Schwach lehmiger Sand (5–12)	5,2–5,7	4,6–5,1	
3	Stark lehmiger Sand (12–17)	5,4–6,0	4,8–5,4	
4	Sandiger/schluffiger Lehm (17–25)	5,6–6,3	5,0–5,7	
5	Toniger Lehm bis Ton (über 25)	5,7–6,5	5,1–5,9	
6	Moorböden ¹⁾			4,3 ²⁾

Abb. 30: Rahmenschema für Grünland zur Einstufung des Bodens in pH-Klasse C; aus: Hinweise zur Kalkdüngung, DLG-Merkblatt 456

Vorherrschende Bodenart auf den Gneisböden des Ost-Erzgebirges ist (stark) sandiger Lehm (vgl. Abb. 25). Die Humusgehalte der nicht-organischen Erzgebirgsböden liegen im einstelligen Bereich, wie auch dem nachfolgenden Ausschnitt aus einer Karte der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe¹⁷⁵ zu entnehmen ist:

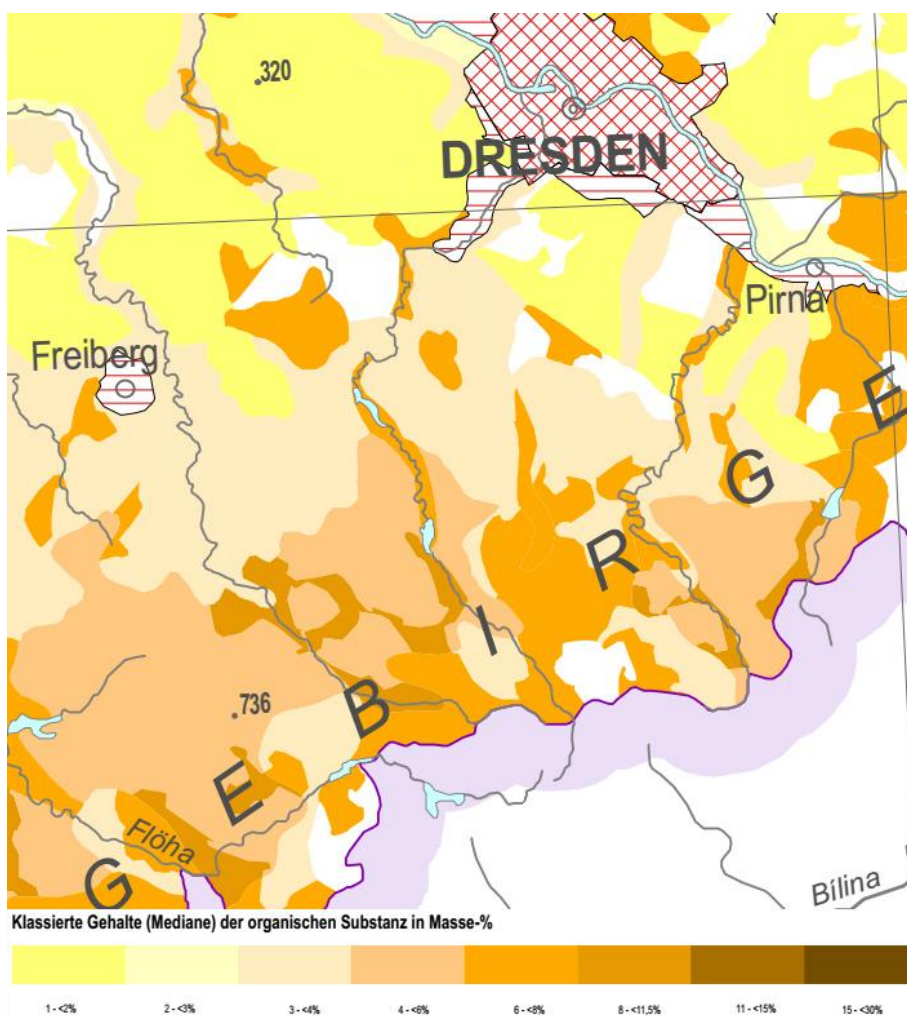


Abb. 31: Gehalte an organischer Substanz in Oberböden Deutschlands¹⁷⁵

¹⁷⁵ <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/humusstatus-der-boeden#humusgehalte-in-deutschland> (abgerufen am 15.10.2021)



Daraus ergibt sich für hiesige Grünlandböden ein - aus ertragsorientiert-landwirtschaftlicher Sicht - optimaler pH-Wert-Bereich von 5,4 bis 6,0.

In einer Präsentation des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie wird für "stark lehmigen Sand bis schluffigen Lehm" bei einem Humusgehalt von weniger als 15 % ein Ziel-pH-Wert-Bereich von 5,4 bis 5,7 angegeben, für dessen Sicherung aller vier Jahre eine Erhaltungskalkung von 6 dt CaO/ha erforderlich sei.¹⁷⁶

Eine detaillierte Kalkungsmatrix stellt das Sächsische Ministerium für Energie, Klima, Umwelt und Landwirtschaft über seine Internetseite bereit:

pH-Wert	Humusgehalt ≤ 15,0 %				
	Bodenart				
	S	SI	SL	L	IT
		IS	sL		T
	Kalkmenge in dt CaO/ha				
3,5	30	40	50	57	68
3,6	28	40	50	57	68
3,7	25	40	50	57	68
3,8	23	40	50	57	68
3,9	21	37	50	57	68
4,0	19	35	50	57	68
4,1	16	32	47	57	68
4,2	14	29	43	57	68
4,3	12	27	40	54	63
4,4	9	24	37	50	59
4,5	7	22	33	46	55
4,6	5	19	30	42	51
4,7	4	16	27	38	47
4,8	4	14	24	35	43
4,9	4	11	20	31	38
5,0	4	9	17	27	34
5,1	0	6	14	23	30
5,2	0	5	10	19	28
5,3	0	5	7	16	22
5,4	0	5	6	12	17
5,5	0	5	6	8	13
5,6	0	0	6	7	9
5,7	0	0	6	7	8
5,8	0	0	0	7	8
5,9	0	0	0	7	8
6,0	0	0	0	0	8
6,1	0	0	0	0	8
6,2	0	0	0	0	0
6,3	0	0	0	0	0
6,4	0	0	0	0	0
6,5	0	0	0	0	0
6,6	0	0	0	0	0
6,7	0	0	0	0	0
6,8	0	0	0	0	0
6,9	0	0	0	0	0
7,0	0	0	0	0	0
7,1	0	0	0	0	0

Abb. 32: Kalkungsbedarf für 4 Jahre zur Erreichung und Erhaltung eines optimalen pH-Bereichs auf Grünland;
Quelle: https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Kalk-Duengerbedarf_Gruenland1.pdf

¹⁷⁶ WEBER (2020), Folie 33



Über die tatsächliche Bedeutung der Kalkung für landwirtschaftliche Wiesen und Weiden gehen die Meinungen offenbar auseinander. Die Grünlandexperten des Sächsischen LfULG meinen: "Die Bedeutung einer ausreichenden Kalkversorgung des Grünlandes wird oftmals unterschätzt, obwohl diese zur Erhaltung standortgerecht zusammengesetzter und leistungsfähiger Pflanzenbestände ... unerlässlich ist."¹⁷⁷

Demgegenüber erbrachten bayrische Langzeitversuche auf gedüngten und begüllten Vielschnittwiesen, dass zusätzliche Kalkung "... zwar teilweise Auswirkungen auf den pH-Wert (hat), jedoch waren positive Effekte auf Pflanzenbestand, Futterwertzahl und Ertrag nicht nachweisbar."¹⁷⁸ Wie schon in Kapitel 1.1.4 betont, ist für die reine Biomasseproduktion der pH-Wert innerhalb eines relativ weiten Spektrums eher unerheblich.

3.4 Bodenmessprogramm Sachsen

Das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie ist zuständig für das Monitoring von Bodenkenngößen, um die gesetzliche Verpflichtung zur nachhaltigen Sicherung der Bodenfunktionen, der Abwehr von schädlichen Bodenveränderungen und der Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu erfüllen.¹⁷⁹ Die Überwachungsaufgaben werden auf zwei Wegen wahrgenommen¹⁸⁰:

- Bodenmessnetz (landesweite Rasteraufnahme 4 x 4 km)
- Bodendauerbeobachtungsflächen

Eine erste **landesweite Bestandesaufnahme im 4x4-km-Raster** erfolgte in den 1990er Jahren. Daran schlossen sich seither verschiedene, regional begrenzte "Sondermessnetze" in Bergbaugebieten und "Auenmessprogramme" an. Keines davon betrifft das Gebiet des oberen Müglitztales. Im Zentrum des Interesses steht jeweils die Erkenntnisgewinnung zu Bodenbelastungen durch verschiedene Schadstoffe.

Eine landesweite Wiederholungsaufnahme gab es bisher nicht. Damit ist leider auch kein Vergleich zwischen den damaligen und den aktuellen Verhältnissen möglich, wie dies bei der forstlichen Bodenzustandserhebung durchaus interessante Erkenntnisse gebracht hat (siehe Kapitel 3.2).

Hinsichtlich der durchschnittlichen pH-Werte bestätigte die damalige Auswertung die deutlichen Unterschiede zwischen Wald und Offenland:

Bodenhorizont	pH (KCl)
Acker, Ap-Horiz.	5,7
Acker, Unterboden	5,7
Grünland, Ah-Horiz.	5,0
Grünland, Unterboden	5,0
Forst, Oh-Horiz.	3,2
Forst, Ah-Horiz.	3,4
Forst, Unterboden	3,9

Abb. 33: durchschnittliche Bodenazidität im landesweiten Bodenmessnetz, zweite Hälfte 1990er Jahre; aus: LfULG (2001): Bodenmonitoring in Sachsen, S. 8

¹⁷⁷ LfULG (2006)

¹⁷⁸ DIEPOLDER/RASCHBACHER (2015), S. 85

¹⁷⁹ nach §1 Bundesbodenschutzgesetz

¹⁸⁰ LfULG (2001), s. 7



Auch wenn die Werte der forstlichen Böden noch viel mehr Anlass zu großer Sorge geben, konstatierte das LfULG für das Grünland: **"Die in den mineralischen Oberböden von Grünlandstandorten angetroffenen pH-Werte von 5,0 liegen an der Untergrenze des empfohlenen pH-Intervalls von 5,0 bis 5,5."**¹⁸¹

Detailliert wurden damals die Ergebnisse der systematischen sachsenweiten Bodenmessnetz-Erfassungen im digitalen "Bodenatlas des Freistaates Sachsen, Teil 3", mit zahlreichen Tabellen und Karten aufgearbeitet.¹⁸²

Leitbodenassoziation (LBA)	Nr. LBG vgl. Abb. 3-2/Probenzahl	Leitbodengesellschaften (LBG)	pH-Wert (KCl)									
			organische Auflagen		mineralischer Oberboden						Unterboden	
			P50	P90	Wald		Acker		Grünland		P50	P90
Ranker, Braunerden, Podsole und Pseudogleye aus periglaziären Umlagerungsdecken über Festgestein	1/24	Ranker und Braunerde aus Hanglehm über basenreichem Festgestein	3,0	--	3,5	--	5,8	6,3	5,6	--	4,9	6,0
	1.1/8	Basalt, Phonolith	3,0	--	3,5	--	5,7	--	5,4	--	5,0	--
	1.2/16	Diabas, Serpentin, Gabbro	3,4	--	3,5	--	5,8	6,1	5,8	--	4,8	5,9
	2/150	Braunerde aus Hanglehm über mäßig basenreichem Festgestein	3,2	3,6	3,2	3,6	5,5	6,3	4,7	6,1	4,6	5,9
	2.1/91	Paragneis	3,1	3,5	3,1	3,5	5,3	6,4	4,9	6,1	4,8	5,7
	2.2/46	Granodiorit, Monzonitoid	3,3	3,6	3,4	3,8	5,5	6,8	4,3	--	4,4	5,9
	2.3/13	Granulit	3,2	--	3,3	--	5,7	--	4,9	--	5,3	6,3
	3/145	Podsol-Braunerde aus Hanglehm über basenarmem Festgestein	3,0	3,4	3,1	3,5	5,5	6,3	5,2	5,9	4,3	5,7
	3.1/40	Glimmerschiefer	3,1	3,4	3,0	3,6	5,3	5,9	4,5	6,0	4,0	5,4
	3.2/52	Phyllit	3,0	3,5	3,1	3,6	5,7	6,2	5,2	5,9	4,2	6,1
	3.3/53	Tonschiefer	3,0	--	3,1	3,5	5,6	6,7	5,2	6,3	4,8	6,0
	4/65	Braunerde-Podsol aus Hanglehm über basenarmem Festgestein	3,0	3,5	3,1	3,5	5,1	5,7	4,8	6,2	4,2	5,3
	4.1/27	Granit	2,8	3,4	3,1	3,5	5,3	--	5,1	6,2	4,3	5,4
	4.2/23	Metagranitoid/Metarhyolithoid	3,0	--	2,9	--	4,9	--	4,4	--	4,3	5,3
	4.3/15	saure Vulkanite	3,1	3,9	3,2	3,5	5,7	--	4,7	--	3,7	5,7
	5/26	Podsol und Braunerde-Podsol aus Hangsand über Sandstein	3,1	3,6	3,1	3,4	6,0	--	4,6	--	3,8	5,1
	6,7/27	Pseudogley aus Hanglehm über Rotliegendesedimenten	3,4	--	3,5	--	5,5	7,0	4,6	--	4,5	6,4

Abb. 34: Substrat- und nutzungsbezogene pH-Hintergrundwerte; aus: Bodenatlas des Freistaates Sachsen, Teil 3 - Bodenmessprogramm, Tabelle 4.1(Ausschnitt); rot umrandet: im Oberen Müglitztal relevante Bedingungen

Aus diesem Tabellenausschnitt geht hervor, dass bei den im Untersuchungsgebiet vorherrschenden Grünlandböden die durchschnittlichen pH-Werte teilweise noch deutlich unter 5 lagen. Wobei einige Ergebnisse schwer erklärbar scheinen: Braunerden über mäßig basenreichem Festgestein liegen mit pH 4,7 beträchtlich unter Podsol-Braunerde über basenarmem Festgestein (pH 5,2).

Der zweite Teil des sächsischen Bodenmonitorings besteht (seit 1996) in insgesamt 55 **Dauerbeobachtungsflächen**. Dies ist eingebettet in ein bundesweit abgestimmtes Programm aller Bundesländer. Die Bodendauerbeobachtungsflächen sollen Informationen liefern zu:

- "bodendynamische Prozesse als Steuerungsfaktoren der Bodenfunktionen";
- "repräsentative Daten zum aktuellen Bodenzustand";
- "Zeitmessreihen für Prognosemodelle";
- "im Rahmen des integrierten Umweltmonitorings"¹⁸³

¹⁸¹ LfULG (2001), S. 8

¹⁸² abrufbar unter <https://www.boden.sachsen.de/bodenatlanten-17235.html> (31.10.2021)

¹⁸³ LfULG (2020)



Leider liegen keine veröffentlichten Auswertungen aus den Bodendauerbeobachtungsflächen hinsichtlich der Entwicklung der pH-Werte, Basensättigungen oder anderer Kennwerte vor, die für die Abschätzung der Kalkungsbedürftigkeit von Grünland relevant wären. Auch lassen sich die Messwertreihen nicht öffentlich abrufen (wie etwa die der Luftschadstoffe unter www.luft.sachsen.de).

Außerdem befindet sich in unmittelbarer Nähe des oberen Müglitztales keine Bodendauerbeobachtungsfläche - die nächsten BDF liegen bei Hennersdorf und Seifersdorf (und sind durch kaum vergleichbare Standortbedingungen - Acker! - geprägt). Insofern wurde im Rahmen dieser Studie auf eine Auswertung der Daten verzichtet.

Weiterhin führt das LfULG eine umfangreiche **Bodendatenbank** mit zahlreichen Aufnahmewerten aus unterschiedlichen Untersuchungen. Das daraus resultierende Datenmaterial ist sehr heterogen, teilweise Jahrzehnte alt, die pH-Werte nach verschiedenen Methoden (H_2O , KCl, CaCl_2) und in jeweils anderen Horizontabgrenzungen erhoben.

Dankenswerterweise hat ein Mitarbeiter des LfULG für das Untersuchungsgebiet die vorhandenen Grünland-Bodenaufnahmen aus der Datenbank herausgefiltert und für diese Studie bereitgestellt.¹⁸⁴ Die insgesamt 93 Aufnahmepunkte wurden anschließend nach Relevanz für die der Kalkungskonzeption zugrundeliegende Fragestellung beurteilt. 50 Datensätze mussten verworfen werden, vor allem wenn es sich um "intensiv" bewirtschaftete Grünland-Acker-Wechselnutzungen handelt oder die entsprechenden Aufnahmepunkte inzwischen bebaut wurden bzw. aus anderen Gründen nicht mehr existieren.

Auch die 43 nun in die Analyse einbezogenen "LfULG-Datensätze" weisen eine große Spannweite auf, zeitlich wie methodisch. Die ältesten Aufnahmen stammen von Ende der 1980er Jahre, die jüngsten von 2017. Anfang der 1990er Jahre war noch pH-Messung in KCl-Lösung das Standardverfahren. In den Auswertungen im Rahmen dieser Studie wurden diese Werte gleichgesetzt mit den späteren, in CaCl_2 gemessenen. Die zugrundeliegenden Gesteine repräsentieren nahezu die gesamte geologische Palette des Gebiets: Quarzporphyr (8 x), Granitporphyr (15 x), Gneise (17 x), Basalt (3 x).

Die pH-Werte der (mineralischen) Oberböden umfassen eine weite Spanne von 3,7 bis 6,4, im Durchschnitt 4,9.

¹⁸⁴ Raphael Benning, 6.1.2021 per email



Abb. 35: Grünland-Bodenaufnahmen aus der LFULG-Bodendatenbank, die im Rahmen der Kalkungskonzeption berücksichtigt wurden



3.5 Untersuchungen mit Schwerpunkt Naturschutz/Landschaftspflege im oberen Müglitztal

Seit den 1990er Jahren konzentrierten sich im oberen Müglitztal - einschließlich des darin eingebetteten Geisingberggebiets - zahlreiche Projekte und wissenschaftliche Studien mit Zielrichtung Botanik/Vegetationskunde und Landschaftspflege/Naturschutz. Bei einigen wurden - teilweise eher als Zusatzinformation - auch Boden-pH-Werte mit aufgenommen.

Das Thema Wiesenkalkung spielt in den Biotoppflege-Überlegungen der Grünen Liga Osterzgebirge seit langem eine Rolle: "Auf alle Fälle erscheint eine nachhaltige Kalkung der meisten Wiesen unabdingbar, wenn die basiphilen Florenelemente (z.B. Stattliches Knabenkraut) langfristig erhalten werden sollen."¹⁸⁵ Nach eher sporadischen und "homöopathischen" Kalziumkarbonat-Gaben auf einigen Pflegeflächen sollte mit der Arbeit von LOCHSCHMIDT (2018) die fachliche Grundlage für umfangreichere Kalkungsmaßnahmen gelegt werden. An diese Arbeit knüpft diese Konzeption an. In diesem Rahmen werden auch die anderen im Gebiet angesiedelten Untersuchungen berücksichtigt.

3.5.1 Landschaftspflegeuntersuchungen am Versuchsgut Börnchen

Das Landwirtschaftliche Versuchsgut Börnchen (bei Dittersdorf) war einer von drei Standorten, an denen in den 1990er und frühen 2000er Jahren Landschaftspflege-Variantenuntersuchungen im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, (Landwirtschaft) und Geologie stattfanden. (Die anderen beiden Orte waren Gopplasgrün im Vogtland und Forchheim im Mittleren Erzgebirge.) Eine zusammenfassende Auswertung findet sich bei DÖRING (2009). Ein Ziel bestand darin, über "Extensivierung" ehemals intensiv genutzten Grünlandes dieses hinsichtlich seiner Naturschutzbedeutung aufzuwerten.

Da in Börnchen auch schon zu DDR-Zeiten im Auftrag der damaligen Karl-Marx-Universität Leipzig landwirtschaftliche Versuche durchgeführt worden, lagen hier schon vergleichbare Bodenuntersuchungen ab 1987 vor. Bis 2004 erfolgten im Rahmen des LfULG-Projekts jährlich - jeweils im Frühjahr und Herbst - Folgebeprobungen. Untersucht wurden die Bodenschichten 0 - 20 cm Tiefe und 20 - 40 cm Tiefe, und zwar auf pH-Wert und die Gehalte von NO_3 , NH_4 , P, K, Mg sowie (nur in einigen Jahren) Humus. Hinzu kam ein umfangreiches floristisches-vegetationskundliches Monitoring.

Die durch die verschiedenen Pflegeverfahren einschließlich Reduzierung von Düngung bzw. vollständigen Düngeverzicht (je nach Versuchsfläche) erreichten Effekte in den Böden spiegeln die nachfolgenden Abbildungen wider.

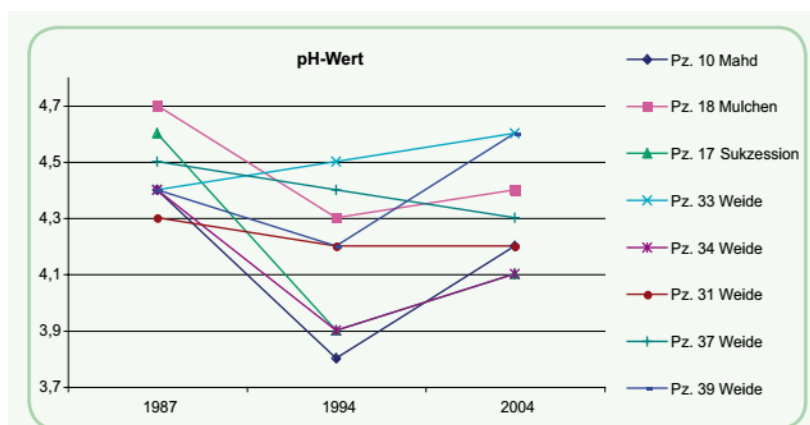


Abb. 36: Entwicklung der Boden-pH-Werte während der Landschaftspflegeversuche am Versuchsgut Börnchen; aus: DÖRING (2009)

¹⁸⁵ GRÜNE LIGA (2001), S. 169



"Die Entwicklung des pH-Wertes weist sowohl zwischen den Jahren innerhalb des Beobachtungszeitraumes als auch im Vergleich zwischen den Untersuchungsflächen keine eindeutige Entwicklung auf."¹⁸⁶ Vermutlich stand der mehr oder weniger steile Abfall des Boden-pH-Wertes (um 0,1 bis 0,6 Einheiten) Ende der 80er/Anfang der 90er Jahre in Zusammenhang mit den starken Schwefeldioxidbelastungen und den daraus resultierenden Säureeinträgen, die in dieser Zeit ihren Höhepunkt erreichten. Aus dem Diagramm lässt sich eine anschließende Erholung vermuten. Da die betreffenden Flächen nicht gekalkt wurden, dürfte dies ohne aktives Zutun geschehen sein.

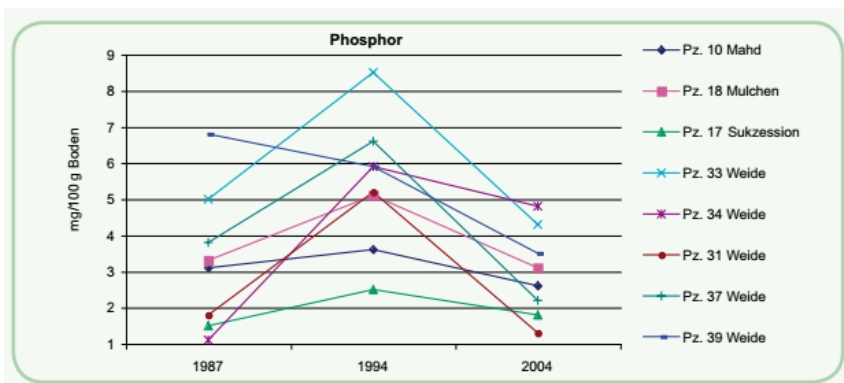


Abb. 37: Entwicklung der Phosphor-Bodenwerte während der Landschaftspflegeversuche am Versuchsgut Börnchen; aus: DÖRING (2009)

"Die Phosphorversorgung des Bodens bewegt sich insgesamt auf einem sehr niedrigen Niveau, wobei insgesamt im Verlauf der Jahre bezogen auf die Gesamtuntersuchungsfläche eine Senkung des P-Gehaltes feststellbar war."¹⁸⁷ Die dem pH-Wert gegenläufige Entwicklung der Phosphorgehalte lassen sich kaum erklären.

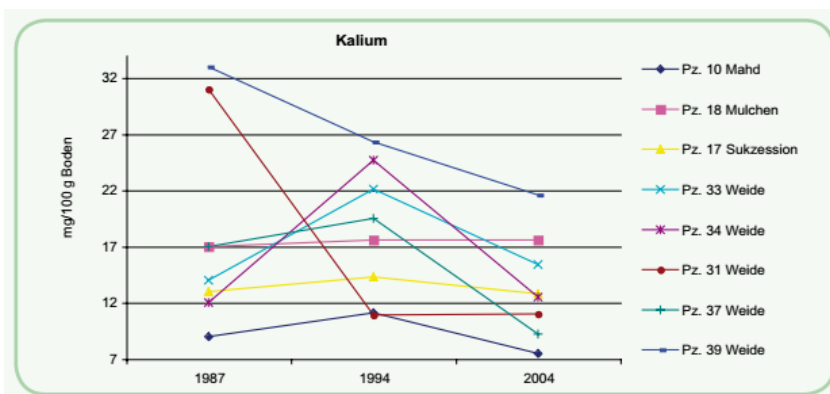


Abb. 38: Entwicklung der Kalium-Bodenwerte während der Landschaftspflegeversuche am Versuchsgut Börnchen; aus: DÖRING (2009)

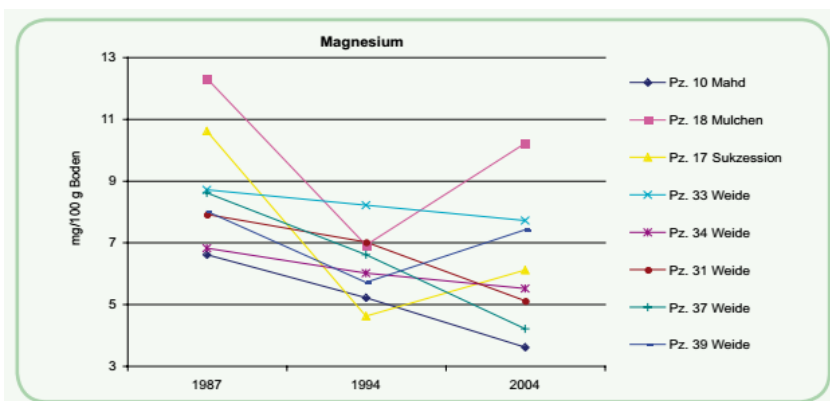


Abb. 39: Entwicklung der Magnesium-Bodenwerte während der Landschaftspflegeversuche am Versuchsgut Börnchen; aus: DÖRING (2009)

¹⁸⁶ DÖRING (2009), S. 92

¹⁸⁷ ebd.



Durch den Verzicht auf Düngung (bzw. auf einigen Versuchsflächen stark reduzierten Düngemengen) konnten die meisten Bereiche erfolgreich "ausgemagert" werden:

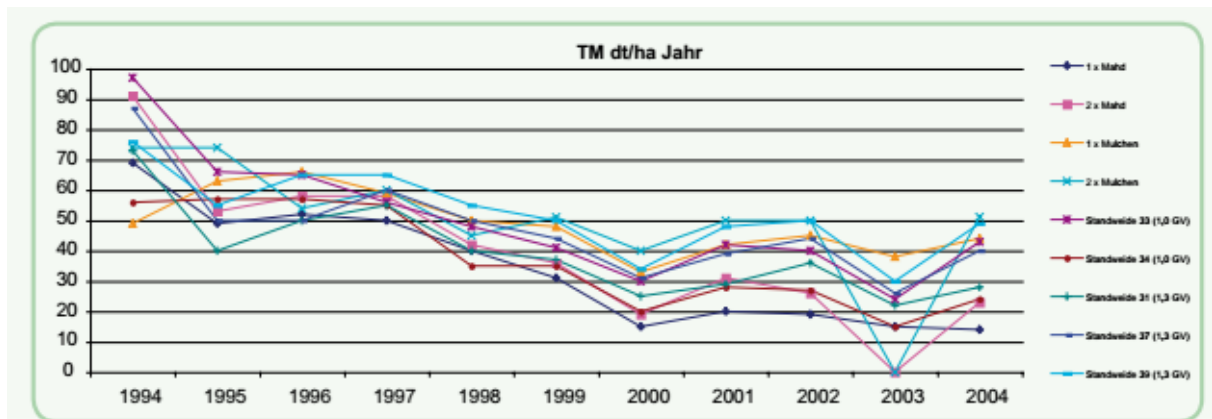


Abb. 40: Ertragsentwicklung während der Landschaftspflegeversuche am Versuchsgut Börnchen; aus: DÖRING (2009)

"Insgesamt wird ersichtlich, dass sich die Erträge am Versuchsstandort Börnchen in allen Varianten nach einem sehr starken Rückgang im ersten Drittel der Versuchsperiode etwa ab Mitte des Beobachtungszeitraumes auf einem je nach Variante niedrigen bis sehr niedrigen Niveau stabilisierten."¹⁸⁸

Eine nennenswerte Erhöhung der Artenvielfalt zog dies jedoch nicht nach sich. Einzig bei der Variante "Extensivbeweidung mit Nachmahd" ließ sich ein "Trend zu einer größeren Artenvielfalt" erkennen.¹⁸⁹ "Eine Ausbildung artenreicher Grünlandgesellschaften hat sich noch nicht im erhofften Maße eingestellt."¹⁹⁰

Der vagen Hoffnung, dass derart ausgehagerte Flächen vielleicht doch eines Tages mehr Raum für größere Artenvielfalt bieten, standen zunächst Ertragseinbußen von meist weit mehr als 50 % gegenüber, außerdem ein deutlich geringerer Futterwert. Die Vermutung liegt nahe, dass insbesondere Phosphormangel und (zu) niedrige pH-Werte die Regeneration artenreichen Grünlands behindern.

Im Rahmen dieser Studie wurden die pH-Werte von fünf Untersuchungsflächen des Versuchsgutes Börnchen aus den Jahren 1994 bis 2000 gemittelt. Die Werte stammen aus dem Rohdatenmaterial, das von den Mitarbeitern des Versuchsgutes dankenswerterweise zur Verfügung gestellt wurde.

Abb. 41: Grünlandflächen der Bodenaufnahmen am Versuchsgut Börnchen



¹⁸⁸ DÖRING (2009), S. 96

¹⁸⁹ ebd., S. 102

¹⁹⁰ ebd. S. 114



3.5.2 Vegetationserfassungen im Geisingberggebiet

Seit über hundert Jahren, seit den floristischen Beschreibungen von DRUDE, NAUMANN und anderen, stehen die Geisingbergwiesen im Fokus der Botaniker. Das vielgestaltige geologische Mosaik wie auch die Kleinteiligkeit der Landnutzung bieten beste Möglichkeiten zur vegetationskundlichen Klassifizierung von Bergwiesen. Mit den Arbeiten von Manfred APITZSCH (1964) und Rudolf HUNDT (1964) liegen auch bodenkundliche Begleituntersuchungen aus der Mitte des 20. Jahrhunderts vor - aus der Anfangszeit der "sozialistischen Umgestaltung der Landwirtschaft".

Interessanterweise wiesen **schon Anfang der 1960er Jahre mehrere der untersuchten Wiesen saure bis stark saure Verhältnisse** auf, z.T. auch auf basaltbeeinflussten Standorten. Die von APITZSCH aufgenommenen Boden-pH-Werte lagen Mai-Juli zwischen 4,0 und 5,5, August-Oktober zwischen 4,6 und 5,8. Doch standen damals die pH-Werte nicht im Mittelpunkt der Betrachtungen. Es ging eher um den Faktor Stickstoff, der damals noch ein Mangel-element war (zumindest hinsichtlich landwirtschaftlicher Nutzung): "Die durchschnittliche Stickstoffzahl nach ELLENBERG läßt erkennen, daß allgemein eine starke Bedürftigkeit des Bodens an diesem wichtigen Nährstoff besteht. Der Säuregrad des Bodens wurde nicht zum Vergleich herangezogen, da die Grünlandgemeinschaften nur in Extremfällen eindeutig darauf reagieren."¹⁹¹

In seiner Dissertation verglich Bernard HACHMÖLLER (2000) auch eigene Bodenproben mit denen von HUNDT (1964) auf den gleichen Wiesenflächen¹⁹²:

	pH-Wert		P (mg/100g)		K (mg/100g)		Humus %	
	63/64	96/97	63/64	96/97	63/64	96/97	63/64	96/97
<i>Geranio trisetetum</i> , <i>Nardus stricta</i> Subass.	3,7	4,3	2,5	< 1	15	10,6	11,2	11
<i>Bromus erectus</i> Variante	5,3	4,7	1	< 1	6,5	9,1		
trennartenlose Variante	4,6	4,6	1	< 1	7,4	8,9		
<i>Trollius europaeus</i> Variante	4,3	4,45	1,75	< 1	8,5	10,3	10,6	9,7

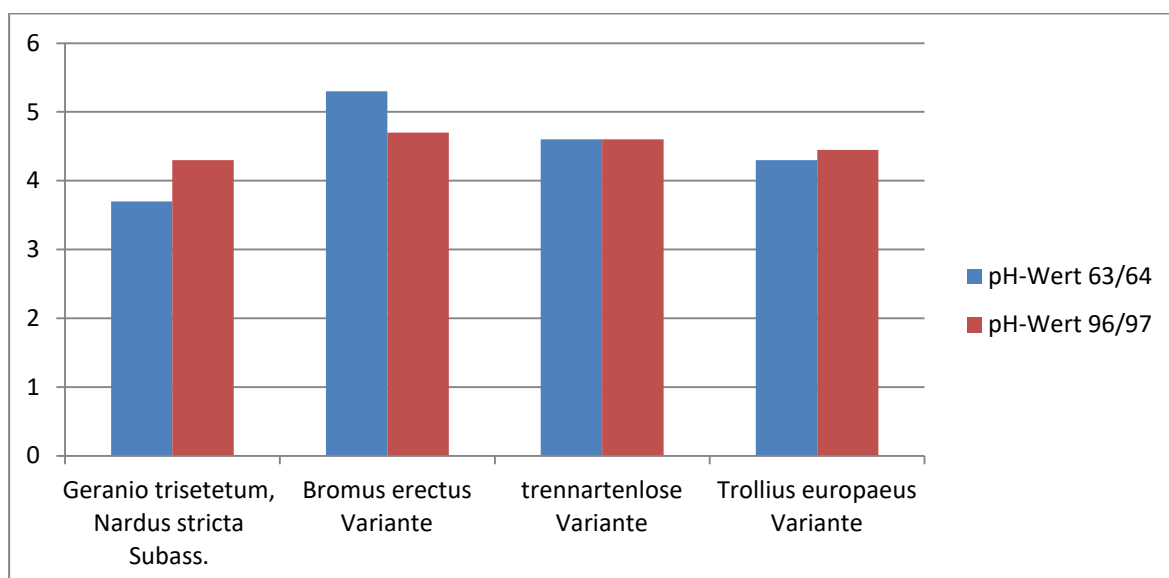


Abb. 42: Veränderungen der pH-Werte zwischen den Aufnahmen von HUNDT (1964) und HACHMÖLLER (2000)

¹⁹¹ APITZSCH (1964), S. 201

¹⁹² HACHMÖLLER (2000), S. 114



Es ist auffällig, dass sich **mit Ausnahme des Rückgangs der Phosphorwerte keine eindeutigen Trends zwischen den über drei Jahrzehnte auseinanderliegenden Datensätzen** erkennen lassen - ungeachtet seitheriger Nutzungsänderungen, Eutrophierungen und, vor allem, Säureeinträge infolge extremer Schwefeldioxid-Immissionen.

Vor allem erstaunt die Entwicklung der pH-Werte. In der zu den Borstgrasrasen vermittelnden *Nardus stricta* Subassoziation der Bergwiesen ist der pH-Wert nach diesem Vergleich sogar deutlich angestiegen, und auch bei der Trollblumenvariante zeigt sich ein leichter Anstieg. Nur bei der Variante mit aufrechter Trespe (eine Besonderheit am Geisingberg-Osthang) ergeben die Werte einen pH-Rückgang.

Eine Versauerungstendenz als Begründung für Kalkungsnotwendigkeit lässt sich daraus nicht herleiten!

Bei späteren "floristisch-vegetationskundlichen Erfolgskontrollen im Naturschutzgroßprojekt 'Bergwiesen im Osterzgebirge'" wurde versucht, anhand von ELLENBERG-Zeigerwerten Entwicklungstendenzen von 1993 bis 2007 aufzuzeigen.¹⁹³

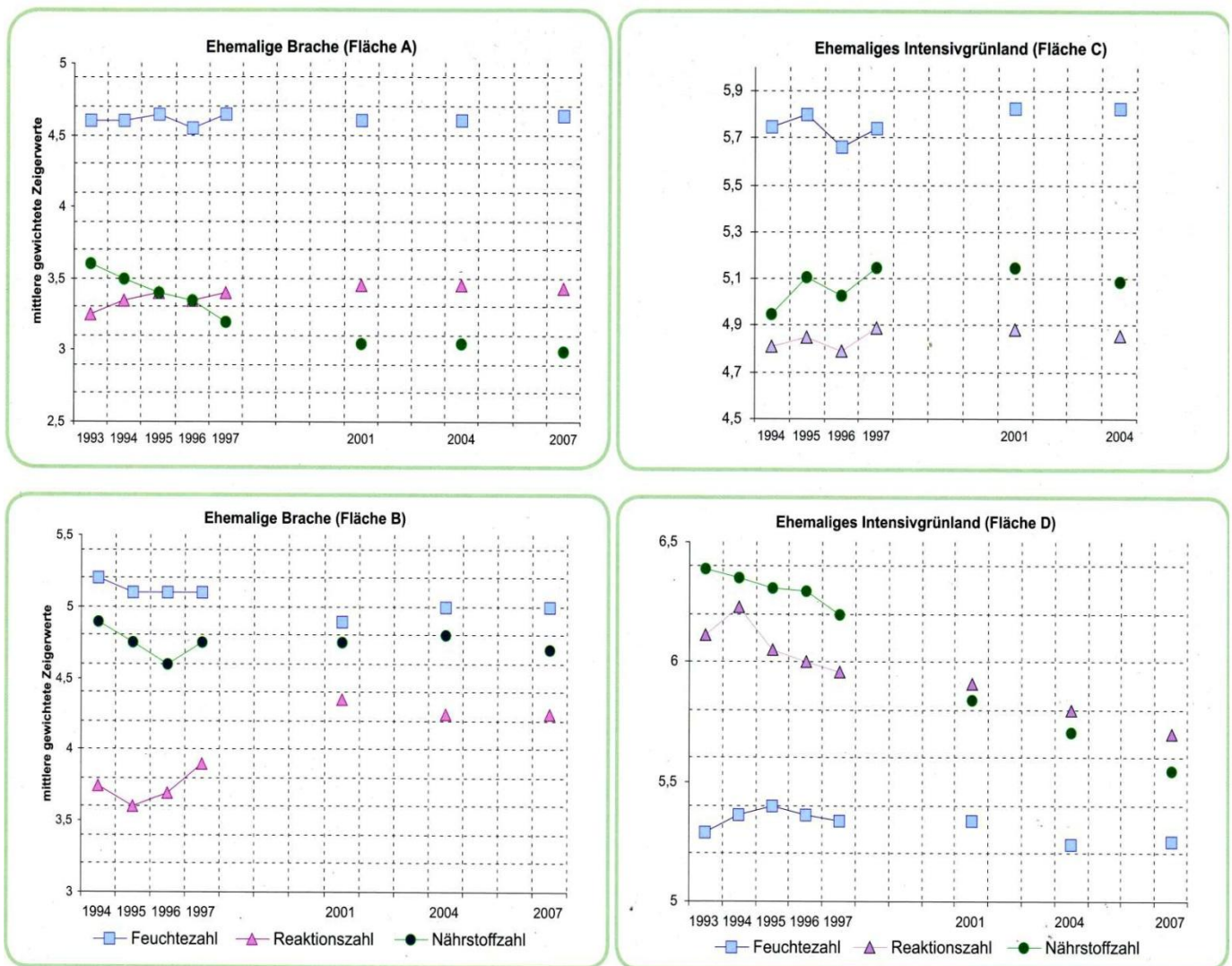


Abb. 43: Entwicklung der mittleren Feuchte-, Reaktions- und Nährstoffzahlen (nach ELLENBERG) auf vier Entwicklungsflächen am Geisingberg; aus: HACHMÖLLER et al. (2009)

¹⁹³ HACHMÖLLER et al. (2009b)



- Bei der ehemaligen Brache A ("Huckelwiese") verbleibt der mittlere R-Wert relativ konstant zwischen 3,2 und 3,4 (vorrangig Säurezeiger). Die Fläche am Geisingberg-Osthang wurde 1992 entbuscht und entwickelt sich in Richtung Borstgrasrasen, aber: "Zwischen 2001 und 2007 kam es auf der Fläche A kaum noch zur Neuansiedlung weiterer Arten.", "So konnten sich in den letzten Jahren kaum noch neue Arten etablieren, und floristische Defizite gegenüber den Borstgrasrasen im Alt-NSG sind bestehen geblieben. Diese können einerseits durch die stark bodensauren Standorte, andererseits aber auch durch das Fehlen der Nachbeweidung bedingt sein."¹⁹⁴
- Die bis 1997 brachliegende Wiese B (Osthang unterhalb der Bahnlinie) verzeichnete nach Wiederaufnahme der Pflege eine beträchtliche Steigerung der mittleren R-Zahl von 3,6 auf 4,2, danach verblieb der Wert mehr oder weniger auf diesem Niveau. Der zuvor dichte Bestand aus Bärwurz, Weichem Honiggras, Rotem Staußgras und Gemeinem Rispengras wurde gemäht und mit Schafen nachbeweidet, was zu einem deutlichen Anstieg der Artenzahlen einherging.
- Beim ehemaligen "Intensivgrünland" C handelt es sich um die Nachbarfläche der bekannten Klengelsteigwiese. Auf der früher mit Rindern beweideten, aber kaum gedüngten Fläche nahm bis 2007 die Zahl der Arten frischer, nährstoffreicher Standorte zu, jedoch noch ohne Magerkeitszeiger (was sich seither jedoch geändert hat). Während des Untersuchungszeitraums blieb der R-Zeigerwert relativ konstant zwischen 4,8 und 4,9 ("Mäßigsäurezeiger").
- Auffällig ist die deutlich rückläufige Tendenz des mittleren R-Wertes beim ehemaligen "Intensivgrünland" D (unterhalb der "Liftwiese"), von 6,2 auf 5,7. Bis Anfang der 1990er Jahre war die Fläche sehr artenarm, ab 2001 begann sich auf manchen Probeflächen Artenzunahme abzuzeichnen.

Von den freundlicherweise durch Bernard HACHMÖLLER zur Verfügung gestellten Boden- und Vegetationsdaten aus den 1990er Jahren flossen 11 Aufnahmen in diese Studie ein:



Abb. 44: Grünlandflächen der Bodenaufnahmen am Geisingberg aus HACHMÖLLER (2000)

¹⁹⁴ HACHMÖLLER et al. (2009b), S. 73



3.5.3 Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben "Grünlandverbund Oelsen"

Zwar nicht im oberen Müglitztal gelegen, aber unter naturräumlich durchaus vergleichbaren Verhältnissen durchgeführt, soll hier kurz auf die für die Fragestellung relevanten Ergebnisse des E-und-E-Projekts "Grünlandverbund im Osterzgebirge am Beispiel der Oelsener Höhe" eingegangen werden. Dieses fand in zwei Projektphasen unter Leitung des Landesvereins Sächsischer Heimatschutz von 2003 bis 2007 und von 2013 bis 2016 am Ostrand des Osterzgebirges statt und widmete sich der Suche nach geeigneten Methoden zur Wiederherstellung eines Verbundes artenreicher Grünlandbiotope.

Eine (eher untergeordnete) Rolle in den umfangreichen Versuchen zur Wiesenentwicklung spielte auch Kalkung: "Mit CaCO_3 (Kalziumkarbonat) gekalkt wurden insbesondere artenarme Rotschwingel- und Bärwurzweiden auf stark sauren Standorten, vor allem mit dem Ziel, durch eine bessere Basenversorgung den Artenreichtum zu erhöhen. Auf ausgewählten Standorten wurde auch eine Düngung mit Stallmist durchgeführt."¹⁹⁵ Wenngleich der Zeitraum zwischen der Kalkausbringung und der 2009 publizierten Zwischenbilanz wahrscheinlich zu kurz war, um die Auswirkungen umfassend beurteilen zu können, zeichneten sich folgende Erkenntnisse ab:

- Schnelle Erfolge sind (nur) in Kombination mit sehr drastischen Maßnahmen, insbesondere Oberbodenabtrag, zu erzielen.
- Günstig ist das Zusammenwirken von Mähgutübertragung "mit zusätzlichen Maßnahmen zur Konkurrenzabschwächung, Strukturverbesserung (z.B. Nachbeweidung) und Aushagerung (Oberbodenabtrag) bzw. Bodenverbesserung (Kalkung, Aufdüngung) kombiniert wird."¹⁹⁶

Mike HÖLZEL, der im E-und-E-Projekt die Versuche leitete und auch weiterhin im Gebiet aktiv ist, kommt zu folgender Einschätzung: "**Grundsätzlich führt Kalkung nach unseren Erkenntnissen im Oelsener Gebiet zu einer Nährstoffmobilisierung** (im Ergebnis höher Biomasse!). Da eine Veränderung des Boden-pH vielfältigen Einfluss auf die Pflanzenverfügbarkeit von Nährstoffen haben kann, betrifft dies nicht nur den Stickstoff. Der Stickstoff spielt aber im Osterzgebirge sicher eine sehr große Rolle. ... Dann ist eine **zweischürige Mahd eigentlich das absolute "MUSS" für mindestens fünf Jahre nach Kalkung**, um keine negativen Entwicklungen zu bekommen. Beachtet werden muss auch, dass sich in Oelsen regelmäßig gekalkte Borstgrasrasen grundsätzlich in Richtung magere Bergwiesen entwickeln - und man eventuell dann ein Problem mit dem LRT-Erhaltungszustand bekommt. Diese Flächen haben aber ein sehr hohes Artenpotential (sind die artenreichsten Flächen in Oelsen überhaupt, da sich Kennarten der Borstgrasrasen, Bergwiesen sowie Frischwiesen vereinen) und sind meiner Meinung nach naturschutzfachlich deutlich höherwertig einzuschätzen, als die artenverarmten Borstgrasrasen. Irgendwann verringert sich der 'Eutrophierungseffekt' durch Kalkung, insbesondere, wenn man nur noch eine 'Erhaltungskalkung' und keine 'Entwicklungskalkung' mehr durchführt."¹⁹⁷

Auch Mike HÖLZEL betont die Potentiale von Oberbodenabtrag im Rahmen der Oelsener Versuche. Für großräumige Anwendung auf Naturschutzweiden ist dies natürlich keine realistische Option.

¹⁹⁵ HACHMÖLLER et al. (2009a), S. 45

¹⁹⁶ ebd. S. 45

¹⁹⁷ HÖLZEL schriftl., 6.10.21



3.5.4 Neuausweisung von Grünland-Flächennaturdenkmalen

Seit den 1990er Jahren bemühte sich die Grüne Liga Osterzgebirge immer wieder um die Komplettierung des FND-Systems durch Unterschutzstellung von besonders artenreichen, charakteristischen Grünlandbiotopen.¹⁹⁸ Ralf SCHMIEDE, damals Geografiestudent in Dresden, erarbeitete im Rahmen einer Belegarbeit die fachlichen Grundlagen für einen offiziellen Unterschutzstellungsantrag - der zunächst leider von der Naturschutzbehörde abgelehnt wurde. Dennoch wurde das Vorhaben weiterentwickelt, und Ralf SCHMIEDE verfasste eine umfangreiche Diplomarbeit zur "Vegetationskundlichen Analyse und u  naturschutzfachlichen Bewertung ausgewählter Grünlandbiotope im Osterzgebirge".¹⁹⁹

Für 16 besonders wertvolle Wiesenflächen erfolgten detaillierte Kartierungen mitsamt Vegetationsaufnahmen und Bodenanalysen. Alle diese Flächen konnten dann 2013 innerhalb eines größeren Sammelantrags doch noch als FND ausgewiesen werden.

Im Rahmen der Arbeit wurde unter anderem auch aufgezeigt, dass **höhere Artenvielfalt im Grünland in der Regel auch mit höherem pH-Wert** einhergeht²⁰⁰:

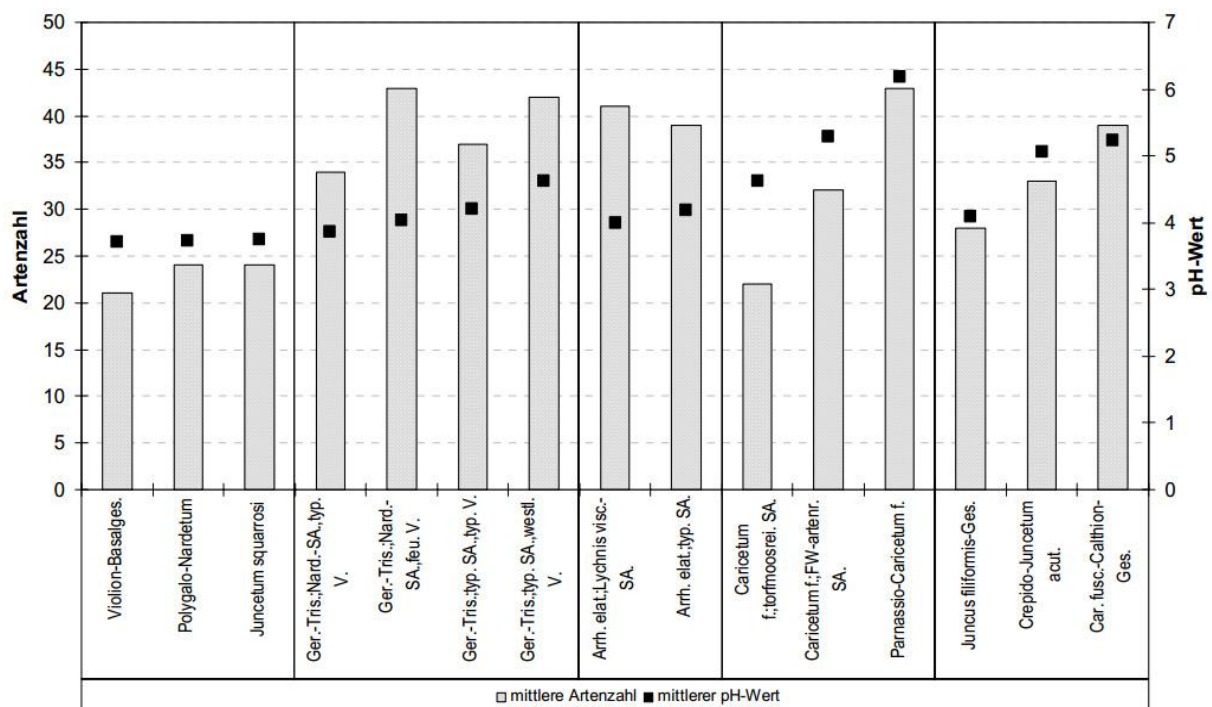


Abb. 45: Korrelation zwischen mittlerem pH-Wert und mittlerer Artenzahl; aus: SCHMIEDE (2004)

Von den untersuchten und nunmehr als FND unter Schutz gestellten Wiesen wurden in dieser Studie berücksichtigt: "Alm"-Wiese Glashütte am Cunnersdorfer Weg; Wiese an der Sonnenleite Glashütte; Bekassinenwiese Johnsbach; Wiese am Klärwerk Lauenstein; Wiesen am Steinbruch Lauenstein; Bielaquellwiese am Sportlerlager Altenberg (ehem. Philipp-Müller-Lager); Schwarzwasserwiese bei Altenberg (ehem. Wiese Sanatorium Altenberg).

¹⁹⁸ GRÜNE LIGA 1997, S. 103; GRÜNE LIGA 1999, S. 237; GRÜNE LIGA 2001, S. 148

¹⁹⁹ SCHMIEDE (2004)

²⁰⁰ ebd., S. 78

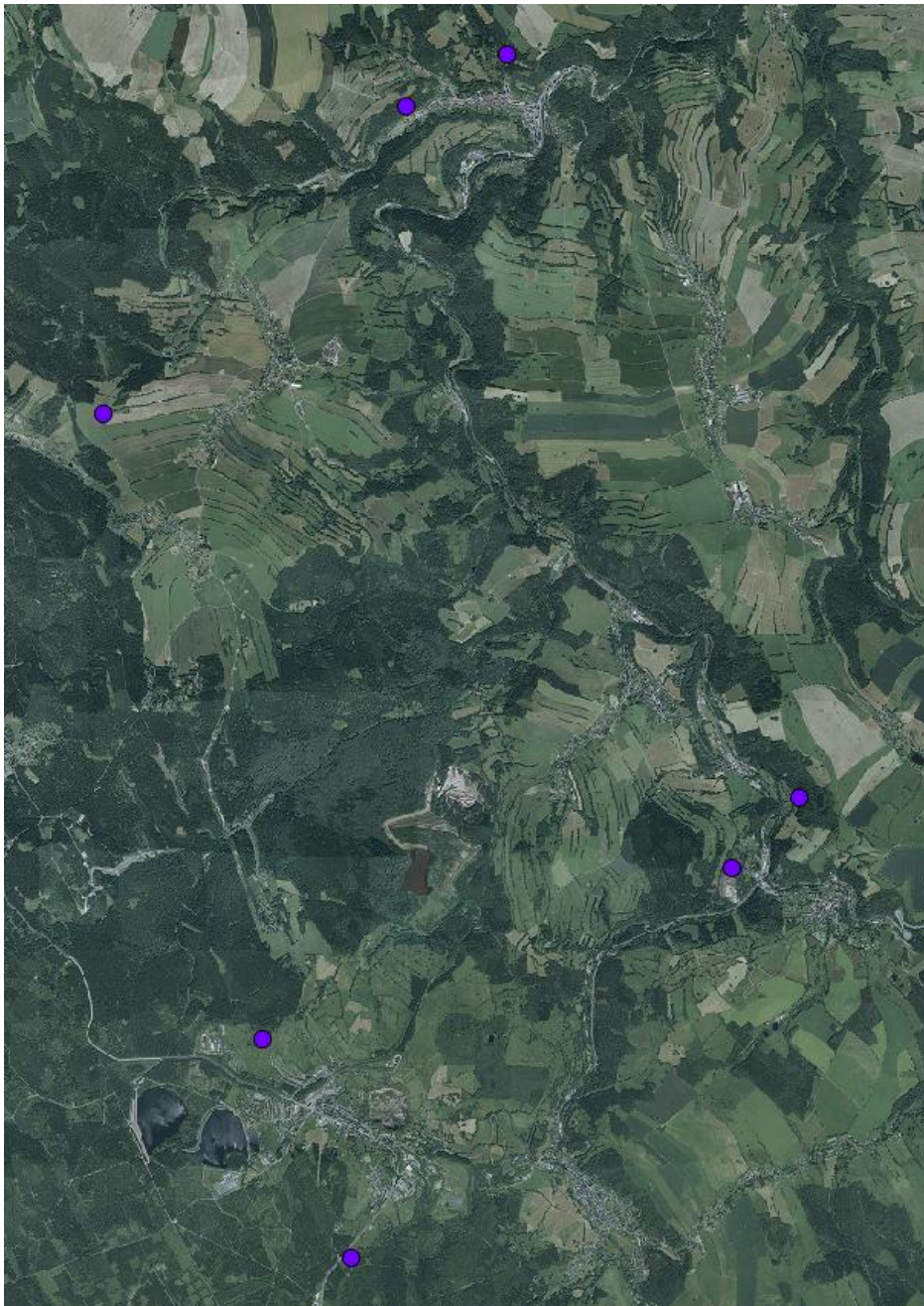


Abb. 46:
Grünlandflächen der
Bodenaufnahmen für
FND-Ausweisung, aus
SCHMIEDE (2004)

3.5.5 Biotoppflegeflächen der Grünen Liga Osterzgebirge

Im Rahmen ihrer begrenzten - weitgehend ehrenamtlichen - Kapazitäten bemüht sich die Grüne Liga Osterzgebirge um eine möglichst optimale Pflege der von dem Verein betreuten Naturschutzwiesen. Dazu gehören teilweise portionierte Mahd ebenso wie die Kombination mit Schafbeweidung (wo immer möglich) und auch zahlreiche spezielle Maßnahmen wie das Ausharken von einzelnen Wiesenbereichen, Mähgutübertragung oder auch kleinflächiger Oberbodenabtrag und Einsaat von diasporenreichem "Scheunenkehricht". Dennoch zeigt sich auf mehreren Flächen, dass hinsichtlich der Artenvielfalt zwar die Erhaltung eines gewissen "Bergwiesen-Mindeststandards" gesichert werden kann, für etliche der Zielarten die bisherigen Biotoppflegebemühungen aber nicht ausreichend scheinen. Im Wissen um die frühere Wiesenkultur (siehe Kapitel 2) wurden daher auch schon bisher auf manchen Flächen geringfügige Kalkmengen ausgebracht. Abgesehen von einzelnen Wiesen (wie FND Schilfbachtal und Müllerwiese im Bielatal), wo aber auch Nachbeweidung mit Schafen betrieben wird,



zeigten sich daraufhin noch kaum Effekte. Offenbar waren die eingesetzten Mengen an Kalkmergel und Kalziumkarbonat-Granulat viel zu gering (meist sicher unter 100 kg/ha), um wirklich erkennbare Auswirkungen hervorzubringen. Ein wissenschaftlichen Kriterien genügendes Monitoring fand allerdings nicht statt.

Vor einigen Jahren entschloss sich die Grüne Liga Osterzgebirge, für einige Biotoppflegeflächen Kalkung umfangreicherer Ausmaßes zu prüfen. Dies betrifft vor allem Wiesen mit Zielarten, die bekanntermaßen basenreichere Bodenbedingungen bevorzugen (R-Werte nach ELLENBERG >5).

Als fachliche Grundlage dafür erstellte Frank LOCHSCHMIDT eine "Auswertung der Bodenreaktionen für ausgewählte Pflegeflächen der Grünen Liga Osterzgebirge e.V. und daraus abgeleitete Kalkungsempfehlungen"²⁰¹.

Dafür wurden von 11 Pflegeflächen der Grünen Liga Osterzgebirge im November/Dezember 2017 Bodenproben genommen zwecks pH-Wert-Bestimmung. Es handelte sich um Mischproben (je Fläche drei Proben) aus einer Tiefe vom 5 bis 15 cm (meist A_h-Horizont). Die (in CaCl₂) ermittelten pH-Werte lagen zwischen 4,1 ("stark sauer") und 5,7 ("mäßig sauer" nach SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, "schwach sauer" nach Bodenkundlicher Kartieranleitung).

Die aus der Arbeit resultierenden Empfehlungen sind in folgender Tabelle zusammengefasst:²⁰²

Flächenname	pH-Wert (CaCl ₂)	Dosierung CaCO ₃ 1. Jahr (t/ha)	Dosierung CaCO ₃ 2. Kalkung nach 2 Vegetationsperioden (t/ha)	Hintergrund, besondere Hinweise
Müllerwiese Bielatal	5,67	1,0	-	lediglich Erhaltungskalkung, Bodenuntersuchung nach zwei Vegetationsperioden durchführen
Stallwiese Bielatal	4,53	2,0	1,5	Wiesenbereich auf der Bielaseite jenseits des feuchten Grabens als Vergleichsfläche ungekalkt belassen
Dreifelderwirtschaft Bielatal	4,78	1,0	1,0	noch vergleichsweise „günstige“ Bodenreaktion, durch Schafbeweidung ist Nährstoffrückführung („Kreislauf“) zum Teil gegeben, relativ wüchsiger Standort
Dreieckshang Bielatal	4,20	1,0	1,0	sehr armer, flachgründiger Standort, niedrigwüchsig
Mendes Busch Bärenstein	4,76	2,0	1,5	
Untere Steinbruchwiese Lauenstein	4,84	1,5	1,0	noch vergleichsweise „günstige“ Bodenreaktion, Standort des Stattlichen Knabenkrautes – insofern sollte eine übermäßige Verschärfung der Konkurrenzsituation durch Erhöhung der Wüchsigkeit (Mineralisierung) vermieden werden. Etwa ein Drittel (Steinbruchseite) sollte als Vergleichsfläche ungekalkt bleiben
Skihang Lauenstein	4,43	2,0	1,5	aufgrund der großen Fläche ggf. Ausbringung mit Traktor / größerem Streuwagen erwägen
Hruskawiese Glashütte	4,08	1,5	1,0 – 1,5 je nach Reaktion	sehr magere, schwachwüchsige Fläche. Es sollte die Vegetationsentwicklung in den ersten beiden Vegetationsperioden abgewartet und die Dosierung entsprechend bemessen werden.
Bobewiese Schilfbachtal FND Unteres Schilfbachtal	4,10	2,0	1,5	kleine Wiese unterhalb (Arnika-vorkommen) nicht kalken!
Wiese an der Angermannmühle Bielatal	5,34	1,3	-	lediglich Erhaltungskalkung, Bodenuntersuchung nach zwei Vegetationsperioden durchführen
	4,17	2,0	1,5	magere Wiese, Ausbringung von Stallmist aus Schafhaltung zur Erhaltung / Förderung des wertvollen, aber unterversorgten Obstbestandes erwägen

²⁰¹ LOCHSCHMIDT (2018)

²⁰² ebd., s. 12



Die Aufnahmen von LOCHSCHMIDT wurden auch in die vorliegende Studie mit einbezogen:

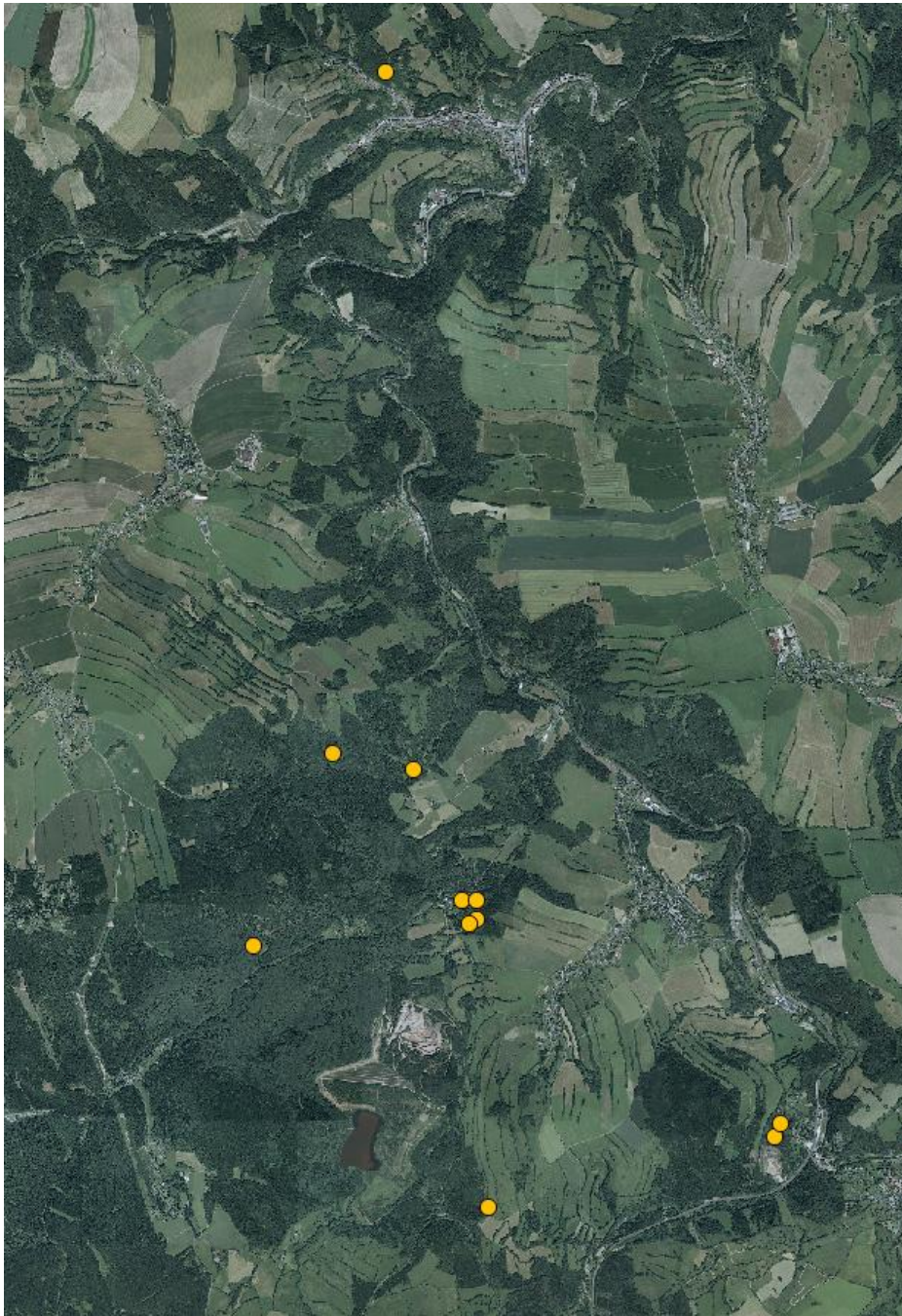


Abb. 47:
Biotoppflegeflächen
der Grünen Liga
Osterzgebirge, die in
die Untersuchungen
für geplante
Kalkungsmaßnahmen
einbezogen wurden
(nach LOCHSCHMIDT
2018)

3.5.6 Ergänzende eigene Aufnahmen 2021

In Ergänzung zu den vorhandenen Daten aus früheren Untersuchungen (Kapitel 3.5.1 - 3.5.5) erfolgten Anfang Mai noch 21 zusätzliche Aufnahmen.

Dafür wurden 16 Wiesen mit hoher Naturschutzbedeutung ausgewählt, die ein möglichst weites Spektrum standörtlicher Bedingungen abdecken sollten. Die Palette reicht von sub-montanen Magerwiesen auf Gneis bei Schlottwitz und Glashütte über "normale" Bergwiesen bei Bärenstein und Lauenstein bis hin zu borstgrasrasenartige Wiesen bei Altenberg und Zinnwald. Besonderes Augenmerk lag auch auf artenreiche Nasswiesen, die bei den früheren Aufnahmen fast gar nicht repräsentiert waren. In einigen (wenigen) Fällen wurden auch die gleichen Flächen, die zuvor schon im Aufnahmepool von SCHMIEDE (2004) enthalten waren,



erneut beprobt. Das zur Verfügung stehende Finanzbudget reichte darüber hinaus auch noch für fünf Bodenproben einer Wiese im Bärensteiner Bielatal ("Hauswiese Voß"), auf der seit den 1990er Jahren in jeweils fünf Teilabschnitten alljährlich die Vegetation dokumentiert wird.

Die Bodenproben wurden Anfang Mai 2021 an jeweils drei, als repräsentativ eingeschätzten Stellen pro Wiese mit Bohrstock gewonnen. Anschließend erfolgte die Trennung des per Bohrstock gezogenen Materials nach (dunklem, humosen) A-Horizont und (i.d.R. braunen, teilweise auch ausgebleichten) B-Horizont (oder auch pseudovergleyten S_w -Horizont). Daraus wurden für jede Wiese zwei Mischproben erstellt - jeweils eine für Oberboden und Unterboden.

Mit der pH-Wert-Ermittlung (in $CaCl_2$) war dann das ergo Umweltinstitut Dresden beauftragt, das auch schon im Rahmen der Arbeit von LOCHSCHMIDT (2018) die Bodenproben analysiert hatte.

Fläche	Pflege, Zielarten	pH Oberboden	pH Unterboden
FND "Orchideenhang Schlottwitz" (Böhmsgrund)	artenreicher Magerwiesen-Südhang, unten fetter/schattig; seltene Orchideen; nach mehreren Jahren mangelhafter Pflege jetzt wieder +/- gut gepflegt	4,7	4,8
FND "Wiese Oberschlottwitz" ("Herrmannwiese")	schattige Talwiese, artenreich, viel Herbstzeitlose; trotz Pflegemahd: Stattliches Knabenkraut, Wiesen-Primel und Trollblume in starkem Rückgang	5,1	5,2
FND "Sonnenleite" Glashütte	südexponierter Magerhang, randlich Stattliches Knabenkraut (früher mehr); seit 1997 jährliche Mahd, einschürig	5,1	5,2
Wiese am Bremhang Glashütte ("Schauinslandwiese")	südexponierter Magerhang, seit 2019 wieder entbuscht/gemäht, z.Z. zweischürig; am oberen Rand unter Waldtrauf viel Stattliches Knabenkraut	5,0	5,0
FND „Südhang im Hirtenwiesengrund“ Glashütte ("Großer Hartmannhang")	südexponierter Magerhang, jährlich einschürig gemäht; Streuobst und andere Gehölze; Stattliches Knabenkraut in deutlicher Zunahme	5,5	5,0
Wiese auf der Schützenhöhe, Glashütte	(mäßig) artenreiche Wiese, jährlich spät gemäht; früher Stattliches Knabenkraut und Großes Zweiblatt (der Bereich, wo die Arten zuletzt vorkamen, aber ungemäht und verbuschend)	5,1	5,4
FND "Bekassinenwiese bei Johnsbach"	artenreiche Nasswiese; viel Breitblättrige Kuckucksblume, Fieberklee, etwas Arnika; einschürige Mahd, oft mangelhaft	5,1	5,4
FND "Orchideenwiese Johnsbach" bei Falkenhain ("Mayenburgwiese")	(mäßig) artenreicher Borstgrasrasen - magere Bergwiese; jährlich einschürig gemäht; Schwarzwurzel; früher Waldhyazinthe	4,3	4,4
"Sportplatzwiese" Bärenstein, unterhalb Kalkberg	artenreiche Nasswiese, im hinteren Teil schattige Feuchtwiese; viel Breitblättrige Kuckucksblume, rel. viel Fieberklee; jährlich einschürig gemäht	4,7	5,1
Nasswiese an der Großen Biela, FND "Bielatal"	artenreiche Nasswiese mit viel Breitblättriger Kuckucksblume, im NO feuchte Bergwiese mit Gefleckter Kuckucksblume; jährlich Staffelmahd, teil. zweischürig; oberhalb angrenzend seit 1980er Jahre große Bauschuttaufrischung	4,7	4,8



Fläche	Pflege, Zielarten	pH Oberboden	pH Unterboden
FND "Wiese am Klärwerk Lauenstein"	(mäßig) artenreiche Bergwiese, Wiesenprimel (Bestand auf wenige Exemplare zusammengebrochen); eingelagert Quellsumpf mit Breitblättrigem Wollgras und Breitblättriger Kuckucksblume; einschürige (meist späte) Mahd	5,4	5,9
obere Wiese am Mühlsteig Lauenstein	seit langem brachliegender, stark verfilzter, verbuschender Bergwiesenrest	5,0	5,2
"Feuerlilienwiese an der Bahnlinie" nw. Geisingberg	Berg-/Feuchtwiesenstreifen, Trollblume, Feuerlilie; nach mehreren Jahren Brache jetzt wieder in Pflege: je ca. 40 % in jährlichem Wechsel, 20 % jährlich im September	4,5	4,5
"Trollblumenwiese" am Nordwestfuß Geisingberg, Hirschsprung - Neugarten	Feuchtwiese mit zahlreich Trollblumen; jährlich einschürig gemäht	5,4	5,5
Wiese an der Rehaklinik Raupennest	bisher regelmäßig kurzgehaltener Zierrasen, jetzt in Entwicklung zu magerer, wechselfeuchter Bergwiese / Bergheide / Borstgrasrasen, jetzt ein- bis zweischürige Staffelmahd	6,1	5,3
Borstgrasrasen an der Grenze, Zinnwald-Georgenfeld	Feuchtwiese mit teilw. Borstgrasrasen, Wald-Läusekraut, im jährlichen Wechsel je zur Hälfte gemäht	4,2	4,5
Bielatalbiotope, Hauswiese Voß 1a	artenreiche Mähwiese, handgesenst, meist Nachweide mit Schafen, Breitblättrige und gefleckte Kuckucksblume, Großes Zweiblatt	5,9	6,5
Bielatalbiotope, Hauswiese Voß 1b	artenreiche Mähwiese, handgesenst; Nachweide mit Schafen; Breitblättrige und gefleckte Kuckucksblume, Großes Zweiblatt; seit 2018 im Winter regelmäßig mit Holzasche gedüngt	5,2	5,2
Bielatalbiotope, Hauswiese Voß 1c	mittel-artenreiche Mähwiese, handgesenst, Schafsnachweide; vor > 30 Jahren Kartoffelacker	5,6	5,4
Bielatalbiotope, Hauswiese Voß 1d	(sehr) artenreiche Mähwiese ("Bliemlwiese"), handgesenst, Schafsnachweide; Breitblättrige Kuckucksblume; vor ca. 10 Jahren geringfügige Kalkung	5,1	5,2
Bielatalbiotope, Hauswiese Voß 1e	rel. feuchte, schattige Bergwiese, mäßig artenreich, handgesenst, Schafsnachweide	5,1	5,2
Durchschnitt		5,1	5,2

Es fällt unmittelbar auf, dass die hier wiedergegebenen **Werte offensichtlich deutlich über der vergleichbaren, vorausgegangenen Arbeiten** liegen. Der durchschnittliche pH-Wert der Aufnahmen von LOCHSCHMIDT (2018) betrug 4,6, der bei SCHMIEDE (2004) 4,5. Eine Erklärung dafür konnte nicht gefunden werden. Im Rahmen ihrer jahreszeitlichen Schwankungen sollten pH-Werte ja eigentlich im Frühjahr sogar geringer sein als später im Jahr.²⁰³

²⁰³ APITZSCH (1964), S. 201

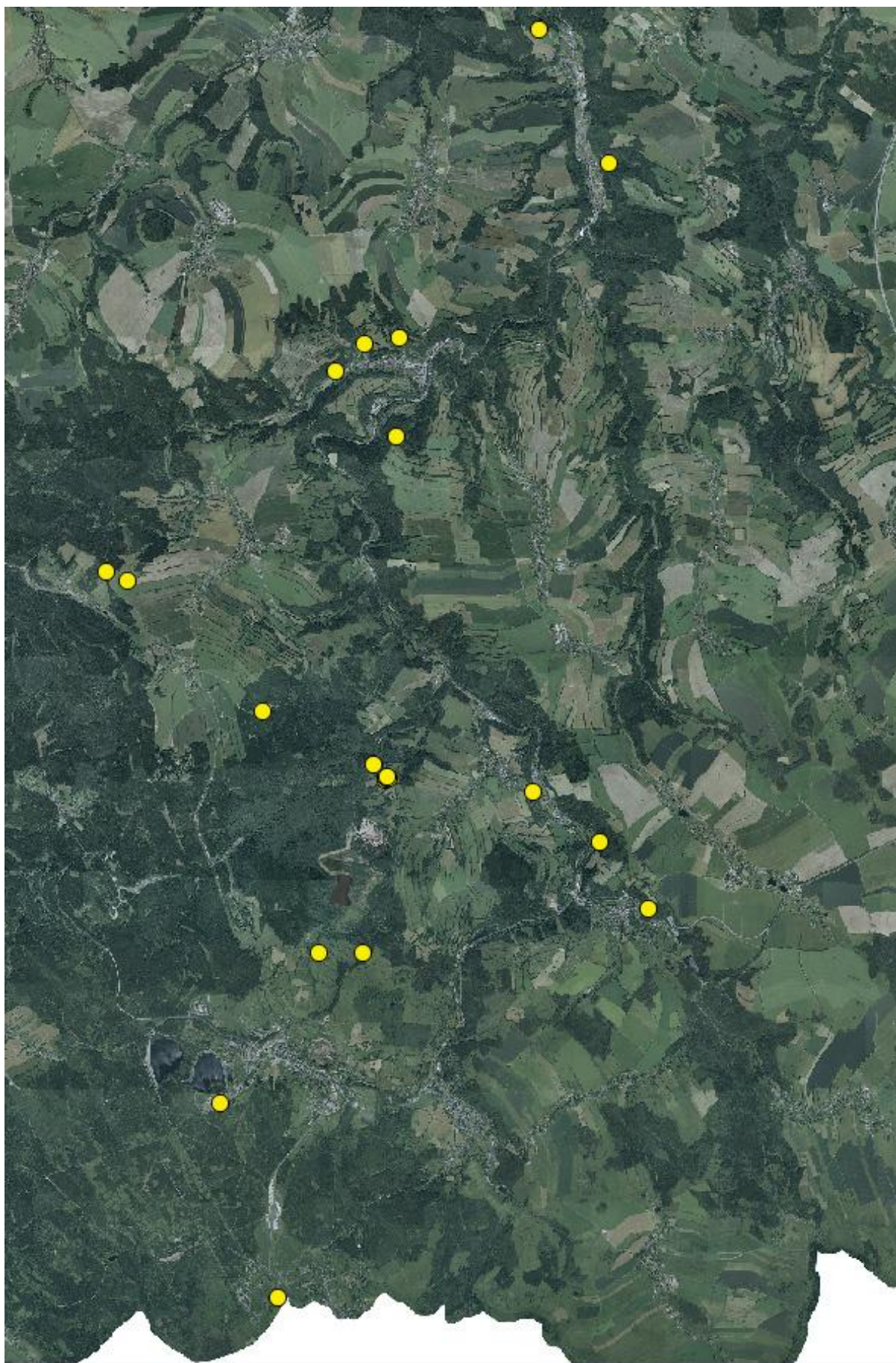


Abb. 48: Naturschutzbedeutsame Wiesen, für die 2021 zusätzliche Bodenproben erhoben wurden



4 "Naturschutzwiesen" im oberen Müglitztal

Die Erhaltung artenreichen Grünlandes bildet einen unbestrittenen Schwerpunkt der Naturschutzarbeit in der Region - und dies schon seit über hundert Jahren. Um 1912 begann der Landesverein Sächsischer Heimatschutz Wiesen am Geisingberg zu pachten, um deren bunte botanische Vielfalt zu erhalten. Anders als etwa im naturräumlich ähnlichen Sattelberggebiet behielten auf den Geisingbergwiesen auch zu Zeiten von Kollektivierung und Intensivierung der Landwirtschaft einige nennenswerte Berg- und Feuchtwiesenkomplexe ihren ursprünglichen Charakter. An den steilen Hängen um Glashütte entzogen sich artenreiche Hangwiesen der industriellen Landwirtschaft; Waldwiesen im Schilfbach- und Bielatal lagen so weit an der Peripherie der LPGs, dass sie nur ein oder zweimal im Jahr von Rindern beweidet wurden; und in den kammnahen Bereichen verhinderte das raue Gebirgsklima allzu intensive Bewirtschaftung.

Waren auch schon zu DDR-Zeiten nach und nach die allzu abgelegenen, steilen und nassen Splitterflächen aufgegeben worden, so lohnte sich unter den neuen sozioökonomischen Bedingungen der 1990er Jahre die Bewirtschaftung der Grenzertragsgrünländer wirtschaftlich überhaupt nicht mehr. Mit zahlreichen Initiativen von Naturschutzvereinen und -behörden ist es dennoch gelungen, im Gebiet des oberen Müglitztals einen beträchtlichen Anteil artenreichen Grünlands "in die neue Zeit zu retten". Herausragende Bedeutung hatte dabei das Naturschutzgroßprojekt "Bergwiesen im Osterzgebirge", dem es während der fast zwei Jahrzehnte Laufzeit gelang, ortsansässige Landwirte für mehr oder weniger naturpflegliche Bewirtschaftung der Bergwiesen rund um den Geisingberg und im Grenzgebiet zu gewinnen.

Ungeachtet dessen zeigt sich deutlich, dass die staatlich geförderte Standard-Biotoppflege zwar einen botanischen Grundstock an Berg- und Feuchtwiesenarten zu erhalten vermag, aber nicht den Rückgang vieler - heute gefährdeter - Zielarten des Naturschutzes aufhalten kann. "Trotz aller Pflegemaßnahmen, bisheriger Forschungen zur Grünlandpflege und zum Artenschwund, der Kartierung der Grünlandpflanzen zwecks daraus abzuleitender Schutzstrategien, der mehrfachen Ausarbeitung "Roter Listen" seit 1976 und administrativer Maßnahmen zeigt sich ein konsequenter Rückgang, ohne dass im einzelnen ein Grund für das Verschwinden zu erkennen wäre."²⁰⁴

Art	Gefährdung	langfristiger Trend	kurzfristiger Trend
Trollblume	1	<<<<	↓↓
Feuer-Lilie	1	<<	↓↓
Niedrige Schwarzwurzel	1	<<<<	↓↓
Breitblättriges Wollgras	1	<<<<	↓↓↓
Holunder-Kuckucksblume	1	<<<<	↓↓↓
Wiesen-Vermeinkraut	1	<<<<	(↓)
Arnika	2	<<	↓↓↓
Stattliches Knabenkraut	2	<<	↓↓
Fuchs' Kuckucksblume	2	?	↓↓
Wald-Läusekraut	2	<<	↓↓↓
Herbst-Zeitlose	2	<<	↓↓↓
Weißer Waldhyazinthe	2	<<<<	↓↓↓

Auswahl stark gefährdeter und vom Aussterben bedrohter Wiesenpflanzen des oberen Müglitztales und deren Bestandstrends laut Roter Liste Sachsen (2013)

²⁰⁴ HEMPEL (2008), S. 8



4.1 Geogene Bedingungen im Untersuchungsgebiet

Das Einzugsgebiet der Müglitz oberhalb von Schlottwitz besteht zu ca. zwei Dritteln aus verschiedenen Gneisen als geologisches Ausgangsmaterial für die Bodenbildung. Früher unterschied man dabei in die flächenmäßig dominierenden Graugneise sowie die im oberen Müglitztalgebiet bei Fürstenau-Fürstenwalde anstehenden Rotgneise. Vor allem erstere galten seit Beginn der Besiedlung als gut geeignet für landwirtschaftliche Inkulturnahme.

Im (Süd-)Westen bildet der Höhenrücken des Teplitzer Quarzporphyrs (heutige Bezeichnung: Rhyolith) die Wasserscheide. Dieser prägt etwa 10 bis 12 % die Gesteinsbasis des oberen Müglitzgebietes und verwittert zu ausgesprochen nährstoffarmen Ausgangsbedingungen für die Bodenbildung.

Zwischen diesem Seitenkamm des Erzgebirges und den weiten Gneishochflächen, in die sich die Müglitz und ihre Seitenbäche tiefe Täler geschnitten haben, erstreckt sich außerdem ein breiter Streifen von Altenberger Granitporphyr (heute: Mikrogranit). Letzterer nimmt ein reichliches Fünftel der Gesamtfläche ein und steht hinsichtlich der Nährstoffversorgung für die Vegetation zwischen Gneis und Quarzporphyr.

Innerhalb dieser von Nordosten nach Südwesten ansteigenden Gesteinsabfolge sorgen kleinflächig noch die meist schmalen Quarzporphyrbänder des "Sayda-Berggießhübler Gangschwarms" einerseits für "saure" und tertiäre Basalte (Augit-Foidit) für "basische" Abwechslung.

Die Grundgesteine des Untersuchungsgebiets unterscheiden sich hinsichtlich ihrer mittleren chemischen Zusammensetzung erheblich. Bis auf die Basaltinseln sind jedoch generell Kalzium und Magnesium, sowie vor allem Phosphor sehr gering vertreten:²⁰⁵

	SiO ₂ %	MgO %	CaO %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	Nährstoffvorratsstufen nach NEBE
Basalt	40	8,95	12,54	1,46	0,75	hoch
Graugneise	66	1,75	1,62	4,01	0,21	mittel
Rotgneise	72	0,64	1,06	3,57	0,19	gering
Granitporphyr	68	0,68	1,11	5,83	0,19	gering
Altenberger Granit	74	0,76	0,72	4,56	0,26	gering
Teplitz. Quarzporphyr	75	0,46	0,70	5,24	0,01	gering und wenig Phosphor
Gang-Quarzporphyr	75	0,22	0,40	5,33	0,03	gering und wenig Phosphor

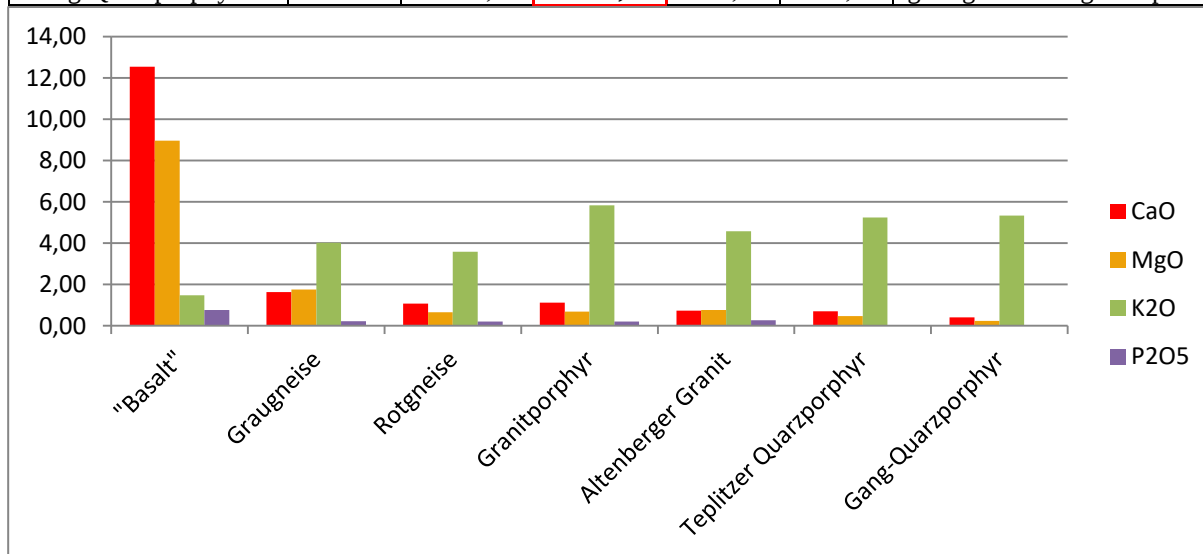


Abb. 49: mittlere chemische Zusammensetzung der Ausgangsgesteine im oberen Müglitztal; Daten aus dem Standorterläuterungsband des Staatlichen Forstbetriebs Tharandt 1965

²⁰⁵ KARST et al. (1965), S. 47



Abb. 50: Geologische Karte des oberen Müglitztals, erstellt aus: geoportal.sachsen.de



Die in die Analyse der Kalkungsbedürftigkeit aufgenommenen Grünlandflächen decken (fast) das gesamte geologische Spektrum des Gebietes ab:

17 x Rhyolith / Quarzporphyr

15 x TeplICE-Rhyolith (Teplitzer Quarzporphyr)

2 x Gang-Rhyolith (Sayda-Berggießhübler Gangschwarm)

24 x Mikrogranit / Granitporphyr

8 x "Rotgneise"

3 x Zweiglimmer-Biotit-Granodiorit

5 x Muskovit-Biotit-Orthogneis (*wurde früher als Übergang zwischen Rot- und Graugneis angesehen*)

43 x "Graugneise"

1 x Muskovit-Zweifeldspatgneis

3 x Biotit-Zweifeldspatgneis

31 x Zweiglimmer-Paragneis

8 x Zweiglimmerschiefer

2 x "Basalt" (Augit-Foidit)

Oft werden direkte Zusammenhänge zwischen Grundgestein und Vegetation angenommen. Jedoch scheint die chemische Zusammensetzung des in ein bis zwei Meter Tiefe verwitternden Gesteins nur mittelbar den pH-Wert des Oberbodens, die Nährstoffverfügbarkeit und damit die Pflanzenwelt zu beeinflussen. Die Bodenbildung findet nicht in der Zersatzzone, sondern in den darüberliegenden **Fließerdeschichten** (Soliflukationsdecken) statt. Während der Eiszeiten mit ihren wechselnden Permafrostbedingungen konnte Verwitterungsmaterial auch in wenig geneigten Hangbereichen über recht weite Strecken verlagert werden. Außerdem wurden, insbesondere in den unteren Berglagen, große Mengen **Löß** eingeweht, die seither die Bodeneigenschaften wesentlich mitprägen.

Und nicht zuletzt sind es **Kluft- und Sickerwässer**, die aus dem Grundgestein gelöste Nährstoffe auch hunderte Meter entfernt zutage treten lassen können. Besonders eindrucksvoll offenbart sich dies rund um den Geisingberg: Während direkt über dem Basalt des Berges selbst teilweise Säurezeiger wie Wolliges Reitgras und Drahtschmiele von gar nicht basischen Verhältnissen des Waldbodens künden, gedeihen die basiphilen Pflanzen der umgebenden Geisingbergwiesen vor allem dort, wo der Boden von hangabwärts vordringenden Sickerquellwasser durchfeuchtet ist - fernab des Basaltes, sogar über Quarzporphyr.

Insgesamt überlagert ein **oft sehr heterogenes Mosaik an Standortbedingungen** das - innerhalb der geologischen Abgrenzungen - vergleichsweise gleichförmige Ausgangsgestein. Zu den natürlichen Faktoren wie die Einflüsse von Lößanteil, Wasser, Hangneigung etc. treten darüberhinaus auch noch mehrere Jahrhunderte anthropogener Beeinflussungen, die in Form von Bergbauhalden, Pflugsohlen, Wiesenbewässerungen, Bodenverdichtungen oder unterschiedlichsten Stoffeinträgen engräumig ihre Spuren hinterlassen haben.

Entsprechend abwechslungsreich verzahnt sind mithin oft auch Bodenart (= Korngrößenzusammensetzung) und Bodentyp (= aktueller Zustand der Bodenbildungsprozesse). Innerhalb weniger Meter können die Bodenformen (Kombination von Bodenart und Bodentyp) innerhalb eines recht weiten Spektrums streuen.



Um dennoch eine mittelmaßstäbliche Planungsgrundlage zu erhalten, wurden im Rahmen der Bodenkundlichen Landesaufnahme Sachsen "Leitbodenformen" definiert (weitgehend identisch mit Bodengesellschaften).

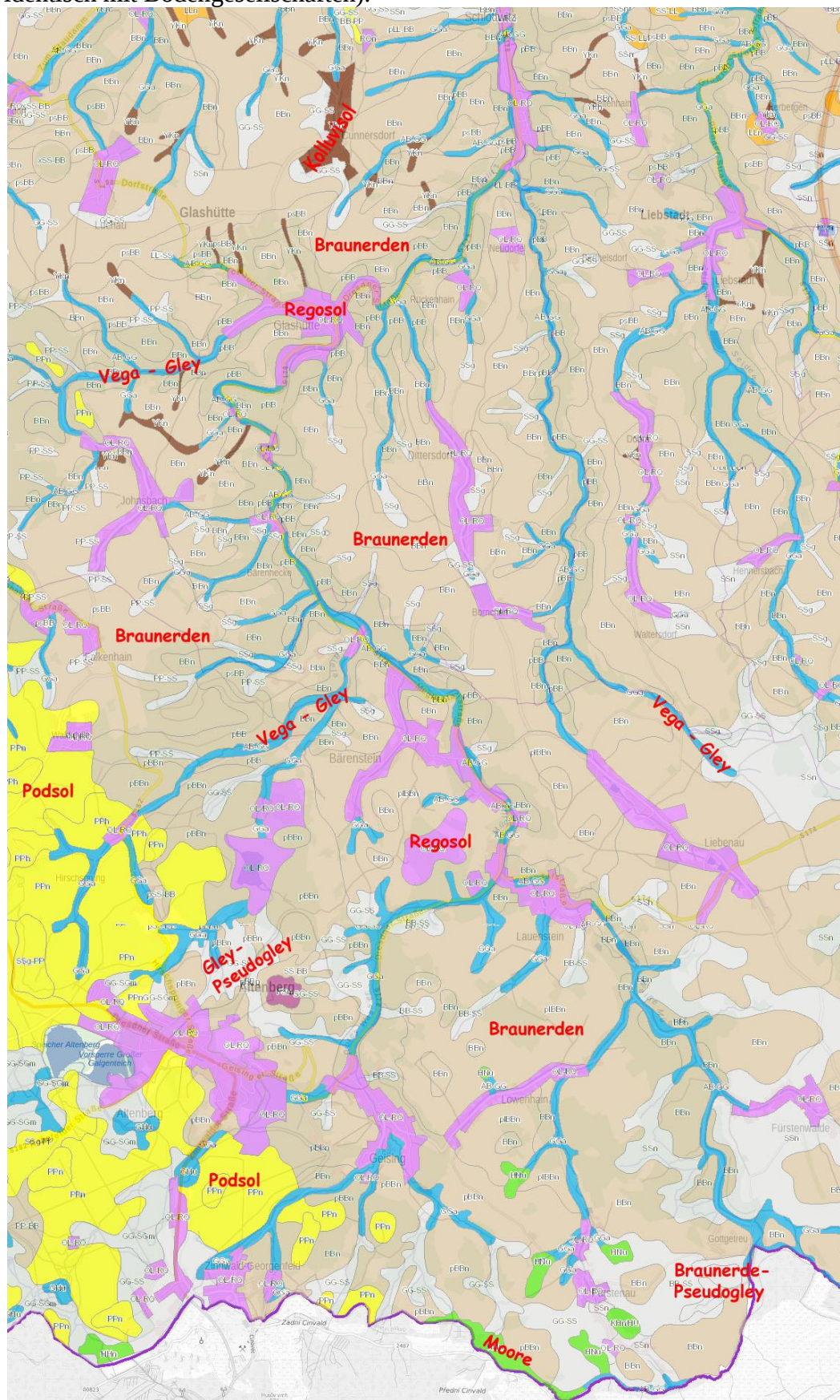


Abb. 51: Ausschnitt der digitalen Bodenkarte: geoportal.sachsen.de



Die dieser Studie zugrundeliegenden pH-Wert-Datensätze entstammen dem größten Teil des Spektrums der Leitbodenformen im oberen Müglitztal. An den entsprechenden Aufnahmeorten verzeichnet die digitale Bodenkarte 1:50.000²⁰⁶ folgende Bodentypen:

- 20 x Braunerde (Normbraunerde)
- 23 x podsolige Braunerde
- 7 x podsolige lessivierte Braunerde
- 4 x podsolige Pseudogley-Braunerde
- 7 x Pseudogley-Braunerde
- 3 x Braunerde-Pseudogley
- 5 x Podsol-Pseudogley
- 12 x Gley-Pseudogley
- 10 x Auengley / Vega-Gley
- 3 x Lockersyrosem-Regosol

Wobei allerdings der tatsächliche Bodentyp und die tatsächliche Bodenform oftmals beträchtlich von der Angabe in der digitalen Bodenkarte abweichen. Für Fragestellungen wie der Kalkungsbedürftigkeit einzelner Wiesen ist der Kartiermaßstab 1 : 50.000 wahrscheinlich viel zu grob.

4.2 Naturschutzbedeutsame Grünlandtypen des Ost-Erzgebirges

Die Bergwiesen des Ost-Erzgebirges stehen "als landschaftsästhetisches Element mit häufig außergewöhnlicher Buntblumigkeit"²⁰⁷ seit langem im Mittelpunkt des Naturschutzes. Die artenreichen Wiesen begeisterten nicht nur die Sommerfrischler früherer Tage und heutige Urlauber - auch viele Botaniker entwickelten eine besondere Leidenschaft für die Fülle der unterschiedlichen Ausbildungsformen der Wiesengesellschaften und der dafür charakteristischen Pflanzenarten. Entsprechend intensive vegetationskundliche Erforschung erhielt und erhält auch das Grünland des oberen Müglitztals, einschließlich der überregional weithin bekannten Geisingbergwiesen.

Die Botaniker haben seither viel Kartier- und Tabellen-Aufwand betrieben, die Wiesen anhand ihrer Artenzusammensetzungen in pflanzensoziologische Kategorien einzuordnen.²⁰⁸ Die Detailliertheit der - oft unterschiedlich - herausgearbeiteten Assoziationen, Subassoziationen, Gesellschaften, Varianten und Untervarianten geht meist weit über naturschutzpraktische Fragestellung bzw. Problemlösungsansätze hinaus.

Im vorliegenden Fall ergibt sich aus der Heterogenität des zugrundeliegenden botanischen Datenmaterials ohnehin nicht die Möglichkeit, Analysen nach wissenschaftlich-vegetationskundlichen Kriterien zu versuchen. Nur im Falle der Aufnahmen von HACHMÖLLER (2000) und SCHMIEDE (2004) liegen echte Vegetationsaufnahmen vor, die orts- und zeitnah den Bodenaufnahmen zugeordnet werden können. Am entgegengesetzten Ende des "Zuverlässigkeitsspektrums" stehen die pH-Wert-Aufnahmen aus der Bodendatenbank des LfULG, für deren (mitunter nur grob zu lokalisierenden) Aufnahmeorte im Frühjahr 2021 eine einfache Erfassung der dort vorkommenden Pflanzenarten erfolgte - nach zum Teil jahrzehntelanger

²⁰⁶ abrufbar unter <https://geoportal.sachsen.de>

²⁰⁷ HEMPEL (2008), S. 8

²⁰⁸ z.B. HUNDT (1964); HACHMÖLLER (2000); HÄNEL & HACHMÖLLER (2003); BÖHNERT (2004)



zeitlicher Distanz! Gerade die vergangenen Trockenjahre zeigten eindrucksvoll, dass Pflanzengesellschaften im Grünland nur Momentaufnahmen sind.

Alternativ bieten sich die Biotoptypen gemäß der sächsischen Kartieranleitung²⁰⁹ an zur Kategorisierung der an den Stellen der Bodenproben ausgebildeten Grünlandvegetation. Die Flächen, von denen im vorliegenden Projekt pH-Wert-Erhebungen berücksichtigt wurden, können folgenden **Biotoptypen** zugeordnet werden (§ = gesetzlich geschütztes Biotop). In vielen Fällen handelt es sich aber um Komplexe unterschiedlicher Biotope:

- 12 x artenarmes Grünland ohne kartierwürdige Einstufung
- 17 x GYY - "Sonstiges extensiv genutztes Grünland"*
- 9 x GYM - "Sonstige extensiv genutzte Frischwiese"*
- 13 x GMM - "Magere Frischwiese"* (§)
- 32 x GB - "Bergwiese" (§)
- 2 x RBM - "Borstgrasrasen frischer bis trockener Standorte" (§)
- 2 x RBF - "Borstgrasrasen feuchter Standorte" (§)
- 4 x GFS - "Nasswiese" (§)
- 2 x MB - "Binsen-, Waldsimen- und Schachtelhalmsumpf" (§)
- 1 x MKA - "Kleinseggenried basenarmer Standorte" (§)
- 1 x MKR - "Kleinseggenried basenreicher Standorte" (§)
- 2 x GFY - "Sonstiges artenreiches Feuchtgrünland"

* Die Kartiereinheiten sagen vorrangig etwas über die Artenzusammensetzung aus, die Einschätzung "extensive Nutzung" beruht meist nur auf Mutmaßungen.

** "Mager" kann in diesem Zusammenhang sehr relativ sein. Eingeschlossen sind auch Ausprägungen, die früher als "Fettwiesen" galten - und durchaus hohen Naturschutzwert haben können.²¹⁰

Jedoch erscheinen die Biotoptypen für die Fragestellung der Kalkungsbedürftigkeit ebenfalls nur begrenzt hilfreich. "GB-Bergwiesen" umfassen nach dieser Lesart die gesamte Palette von reich bis mager, von fast neutral bis sehr sauer. Nur die RB-Borstgrasrasen werden getrennt kartiert, wobei von echten Borstgrasrasen heute nur noch wenige fragmentarische Relikte in der Landschaft verblieben sind. Viel öfter findet man Übergänge zu kurzrasigen (vermutlich: mageren) Bergwiesen vor - deren Artenvielfalt und Naturschutzwert allerdings in vielen Fällen höher ist als bei den verbliebenen, meist brachliegenden Borstgras(dominanz)rasen. Ähnlich grob ist das Raster für die Wiesen des Hügel- und unteren Berglandes. Unter "Magere Frischwiese - GMM" werden sowohl die Glatthaferwiesen auf "Normalstandorten" (mit bis zu 1 m hohen Obergräsern und dichter Grasnarbe) wie auch die wärmegeprägten, schütterten Südhangwiesen erfasst, die gerade für das Müglitztal um Glashütte charakteristisch und wertgebend sind.

Anhand des vorliegenden - wie betont: extrem heterogenen - Datenmaterials wurden die Wiesen und Weiden für diese Studie schließlich in **grobe Grünlandtypen** kategorisiert:

- sehr artenarmes "**Agrargrünland**". Gemeinhin wird dieses von Botanikern und Naturschützern nach wie vor als "Intensivgrünland" bezeichnet - oft ungeachtet der tatsächlichen heutigen Nutzungsintensität (und damit zum großen Unverständnis von Landwirten).

²⁰⁹ <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13765/documents/15976>

²¹⁰ BÖHNERT (2009), S. 19



Vielmehr ist heute, angesichts drastisch reduzierter Nutztierbestände im Erzgebirge, oft die Unternutzung des *ehemaligen* Intensivgrünlands zum Hauptproblem geworden. Die akkumulierten Stickstoffverbindungen wirken dennoch nach.

Die erfassten Pflanzenartenlisten innerhalb der Kategorie "artenarmes Agrargrünland" sind allesamt den Bodenaufnahmen aus der LfULG-Bodendatenbank zuzuordnen. Bei deren Lokalisierung fiel bereits ein Großteil der Aufnahmen aus dem Untersuchungsrahmen für diese Studie. Eindeutig als Acker-Saatgrasland anzusehende Flächen blieben ebenso unberücksichtigt wie solche in unmittelbarer Nähe von landwirtschaftlichen Anlagen (Viehställe, Mistplatten etc.). Einige Aufnahmeorte sind seither auch Bebauungen und Straßen-/Wegebaumaßnahmen zum Opfer gefallen.

In der Regel lassen sich auf derartigem "Agrargrünland" kaum mehr als 15 Pflanzenarten finden, überwiegend "Allerweltsarten", Eutrophierungszeiger, Ruderalpflanzen, tritttolerante Arten. Für die Ermittlung von durchschnittlichen Zeigerwerten nach ELLENBERG ist das Artenspektrum offensichtlich deutlich zu gering. Hinsichtlich der Reaktionszahlen verzerren wenige Arten mit hohen R-Werten das Bild: z.B. Brennnessel 6, Kletten-Labkraut 6, Wiesen-Fuchsschwanz 6, Vogel-Miere 7, Zaun-Wicke 7, Weidelgras 7, Giersch 7. Der Toleranzbereich dieser Arten reicht aller Erfahrung nach bis weit ins saure Milieu.

- meist +/- artenarmes "**Potentialgrünland**" frischer Standorte: dieses umfasst größtenteils die Grünländer der Biotopkategorie GYY, teilweise auch GYM. Bei letzterer ist oft auch eine Zuordnung zu submontanen Glatthaferwiesen naheliegend (weshalb GYM ja auch als Lebensraumtyp 6510 nach FFH-Richtlinie angesehen wird). In den oberen Berglagen als GYM kartierte Flächen wurden überwiegend in die Kategorie "Potentialgrünland" einbezogen. Oft handelt es sich um Weideland, wo die Entwicklungsmöglichkeiten typischer Bergwiesenarten durch den Tritt von Rindern oder Pferden stark eingeschränkt sind.

Bis auf wenige Ausnahmen gründen sich die Aufnahmen als "Potentialgrünland" ebenfalls auf den Bodendaten des LfULG. Die Artenzahl liegt in den meisten Fällen deutlich über 20. Wenngleich auch hier die "Allerweltsarten", darunter solche mit an sich wenig aussagefähigen hohen R-Werten, eine prägende Rolle spielen, so künden in der Regel aber einige typische Berg- und/oder Glatthaferwiesenarten vom "Potential" der Flächen.

Wie dieses Potential entwickelt werden kann, ist jedoch sehr unterschiedlich. Bei manchen seit langem brachliegenden oder deutlich unternutzten Wiesen könnte regelmäßige Mahd und/oder Beweidung schon einen großen Unterschied machen. Bei den meisten Flächen dieser Kategorie muss davon ausgegangen werden, dass akkumulierte Eutrophierung einer positiven Entwicklung im Wege steht. (Frühere) Überweidung und (aktuelle) Bodenverdichtung sind ebenfalls offenkundige Ursachen. In einigen Fällen könnte aber auch Bodenversauerung eine Rolle spielen.

- Submontane **Glatthaferwiesen** (und +/- artenreiche Rotschwingel-Weiden des unteren Berglandes) auf "Normalstandorten": Diese Kategorie umfasst im Wesentlichen den Biototyp GMM, von dem jedoch die kurzrasigen Südhangwiesen des Glashütter Raumes abgetrennt und im nächsten Grünlandtyp ("Wärmebeeinflusste Magerwiesen/-weiden") separat betrachtet werden. Einige wenige Flächen gehören eher in die Biotop-Schublade GMW - infolge Beweidung sind hier der Glatthafer und einige weitere Arten kaum vertreten.

Klassischerweise wird die Höhengrenze zwischen submontanen Glatthaferwiesen einerseits und Bergwiesen andererseits bei etwa 500 m üNN gezogen.²¹¹ Einen weiten Überlappungsbereich je nach Hangexposition, (Frost-)Mulden oder (Sonnen-)Kuppenlage, auch Bewirtschaftungsintensität hat es immer gegeben. Spätestens seit den Trockenjahren 2018-

²¹¹ z.B. BÖHNERT (2009), S. 17



2020 zeigt sich jedoch sehr deutlich eine drastische Verschiebung der Arealgrenzen vieler Glatthaferwiesenarten in Richtung Gebirge. Einstmals typische Hügellandsarten wie Wiesen-Flockenblume, Wiesen-Pippau oder Jacobs-Greiskraut haben inzwischen den Erzgebirgskamm erreicht. Möglicherweise tragen aber auch die Forstkalkungen dazu bei, dass sich diese und viele weitere Grünlandarten an den Wegrändern und sogar auf den Calamagris²¹² vergrasten Waldblößen auf dem Kahlebergplateau wohlfühlen. In naher Zukunft könnte die Abgrenzung zwischen submontanen Glatthaferwiesen und montanen Bergwiesen noch fließender und bewirtschaftungsabhängiger werden als dies ohnehin schon der Fall ist.

- Wärmegeprägte **Südhangwiesen** und -weiden des Hügel- und unteren Berglandes: Diese zum Teil sehr steilen, +/- südexponierten Hangwiesen bilden insbesondere um Glashütte einen charakteristischen Lebensraum mit sehr speziellen ökologischen Bedingungen und hohem Naturschutzwert. Bei der Biotopkartierung werden diese Wiesen unter der Kategorie GMM subsumiert - was ihrer Bedeutung hier aber keineswegs entspricht.

Mitte/Ende der 1990er Jahre begann die Grüne Liga Osterzgebirge mit großen Anstrengungen, wenigstens einige der einstmals im Glashütter Raum landschaftsprägenden, jetzt aber von Nutzungsaufgabe und rapider Sukzession bedrohten Hangwiesen in Pflege zu nehmen.²¹² Die Verluste konnten damit verzögert und für mehrere Flächen relativ naturschutzgerechte Bewirtschaftung organisiert werden (leider nicht für alle - so ist die "Thesium-Wiese" samt des Vermeinkraut-Bestands in den letzten Jahren vernichtet worden²¹³). 2013 erhielten vier Wiesenkomplexe FND-Schutzstatus.²¹⁴

Oft werden diese von Pechnelke, Nickendem Leimkraut, Thymian, Färber-Ginster, Kreuzblümchen und vielen weiteren Arten geprägten Südhangflächen auch als "Magerwiesen" betrachtet. Offenkundig ist es aber nicht der Mangel an Nährstoffen in den Böden, sondern die extreme sommerliche Austrocknung, die das Aufkommen von höherwüchsigen, konkurrenzstärkeren Arten begrenzt. Inwiefern Bodenversauerung hier eine Rolle spielt, erscheint unklar. Die von HÄNEL und HACHMÖLLER konstatierten niedrigsten Reaktionszahlen aller damals betrachteten Glashütter Wiesen (R-Wert nach ELLENBERG in der Kreuzblümchen-Variante: 4,9)²¹⁵ können in der Gesamtschau hier nicht bestätigt werden. Der Durchschnitts-R-Wert liegt hier bei 5,4, und damit höher als bei allen anderen Grünlandtypen (mit Ausnahme des "sehr artenarmen Agrargrünlandes"). Die registrierten pH-Werte der Oberböden reichen nahe an den Durchschnitt der Glatthaferwiesen heran. (siehe Abb. 53)

- typische und reichere **Bergwiesen**: Bei den Bergwiesen ist der Kontrast zwischen den feinziselierten pflanzensoziologischen Unter- und Unteruntereinheiten²¹⁶ einerseits und der pauschalen Zusammenfassung zu einem Sammel-Biotoptyp andererseits besonders frappierend. Bis auf wenige Ausnahmen werden in der sächsischen Kartieranleitung für alle Biotoptypen jeweils Untertypen ausgewiesen - bei GB gibt es keine Kartiereinheiten mit einem dritten Buchstaben.

Tatsächlich sind die Übergänge fließend, sowohl räumlich wie zeitlich. Aber das gilt für alle anderen Wiesen und Weiden als stark nutzungsabhängige Kulturformationen genauso. Hinsichtlich der (vermutlichen) Nährelementversorgung kann man die Bergwiesen des Ost-Erzgebirges in drei Gruppen teilen:

²¹² GRÜNE LIGA (1999)

²¹³ WEBER (2017), S. 38f

²¹⁴ Verordnung des Landratsamtes Sächsische Schweiz-Osterzgebirge zur Festsetzung von Flächennaturdenkmälern, vom 19. Februar 2013

²¹⁵ (HÄNEL/HACHMÖLLER 2003), S. 293



- Waldstorchschnabel-Goldhafer-Bergwiesen repräsentieren oft das "nährstoffreichere" Spektrum. Im Müglitztalgebiet spielt der namensgebende Wald-Storchschnabel kaum eine Rolle, und generell lassen sich im Müglitztalgebiet (anders als weiter westlich) meist nur feuchte Ausbildungsformen hier einordnen. Mit Trollblume und Sterndolde können im Idealfall hier auch basenliebende Arten vorkommen. Der ansonsten in den Bergwiesen oft dominante Bärwurz tritt eher in den Hintergrund.

- Bärwurz-Rotschwingel-Bergwiesen beherrschen weithin das Bild der Bergwiesen im oberen Müglitztal. Sie verkörpern hier die "normalen" Wiesen, in denen regelmäßig auch Säurezeiger vorherrschen (zum Beispiel Bärwurz selbst). Insofern werden die Bärwurz-wiesen eher dem sauren (und mageren) ökologischen Bereich zugeordnet. Nach eigenen Erfahrungen sind es aber mindestens im selben Maße die Nutzungsart und Nutzungsintensität, die die Konkurrenzkraft der brachetoleranten namensgebenden Art bestimmen.

- Die Borstgras-Ausbildungsform der Bärwurzwiesen vermittelt zu den eigentlichen Borstgrasrasen. Letztere werden zwar nach gängiger Pflanzensoziologie bei den Heiden und nicht beim Wirtschaftsgrünland verortet, aber hier im Ost-Erzgebirge sind die Übergänge wieder völlig nahtlos. Die wirklich mager erscheinenden, von zahlreichen Säurezeigern geprägten GB-Ausbildungen wurden für den Zweck dieser Studie von den "normalen" Bergwiesen abgetrennt (nachfolgender Grünlandtyp).

Nach dem Bergwiesenprogramm Sachsen²¹⁶ gab es um die Jahrtausendwende in Sachsen noch 1785 ha Bergwiesen, davon ca. 16 % in "sehr gutem Zustand", 41 % in "noch gutem Zustand", 32 % in "schlechtem Zustand". Daran dürfte sich seither nichts zum Besseren geändert haben (Leider liegen die detaillierten Ergebnisse des letzten FFH-Berichts noch nicht vor).

Neben etlichen anderen, überwiegend nutzungsbedingten Gründen (Brachfallen, Unternutzung, fehlende traditionelle Nach- und Vorweide, Bodenverdichtung durch zu schwere Landtechnik ...) können sicher auch Stoffeinträge über die Atmosphäre zu Eutrophierung einerseits und zu Versauerung andererseits - und damit zum insgesamt unbefriedigenden Trend beitragen. HACHMÖLLER stellte in den 1990er Jahren fest, dass die pH-Werte der meisten Bergwiesen-Ausbildungsformen im stark sauren Bereich lagen. Selbst über den basaltbeeinflussten Randlagen des Geisingberges wurden nur pH-Werte von 4,4 bis 4,8 erreicht.²¹⁷ Vermutlich damit einher gingen die von ihm gemessenen sehr geringen Phosphor-Werte (obwohl der Basalt damit relativ gut versorgt ist - siehe Abb. 49).

- **Magere Bergwiesen und Borstgrasrasen** nicht-feuchter Standorte werden für diesen Zweck zu einem Grünlandtyp zusammengefasst. Echte Borstgrasrasen, wie bereits erwähnt, heute sehr selten. Die meisten befinden sich entweder in einem fragmentarischen, artenarmen Brachezustand, oder aber in einem Übergangsstadium zu mageren Bergwiesen. Mit diesen haben sie ohnehin die meisten Arten gemein, so dass die Grenzziehung der Vegetationskundler zwischen beiden Gesellschaften fast immer willkürlich anmutet.

Gemeinsam ist ihnen vor allem auch ein hoher Anteil an Arten mit niedrigen R-Werten, die saure Verhältnisse anzeigen (z.B. Berg-Platterbse, Gewöhnliches Kreuzblümchen). Von allen in die Analyse einbezogenen Grünlandtypen haben die kurzrasigen, mageren Bergwiesen auch tatsächlich den geringsten pH-Wert-Durchschnitt (4,2). Das deckt sich mit den Erfassungen von HACHMÖLLER (2000): einige der damals gemessenen pH-Werte lagen deutlich unter 4 ("sehr stark sauer" - Aluminium-Pufferbereich!).

So manche einstmals artenreiche Borstgrasrasenfläche zeigt sich heute nur noch als extrem artenarmer Rotschwingel-Rotstraußgras-Dominanzbestand, oft auch mit einem dichten Teppich von Weichem Honiggras. Ein solches Beispiel ist der "Dreieckshang" der

²¹⁶ BÖHNERT (2004, 2009)

²¹⁷ HACHMÖLLER (2000)



"Bielatal-Biotope" (Aufnahme 54). Nach Berichten Ortsansässiger muss vor 50, 60 Jahren die Fläche voll mit Arnika gewesen sein - heute ist davon nichts mehr übrig. Trotz zahlreicher Bemühungen der Grünen Liga Osterzgebirge, einschließlich parzellenweisen Oberbodenabtrags, konnte keine Trendwende herbeigeführt werden. Es bleibt abzuwarten, welchen Effekt die 2020 erfolgte Kalkung haben wird.

Es besteht die Hoffnung, dass Veränderungen in Richtung höherer Artenvielfalt erzielt werden können. Sicher führt Kalkung in den meisten Fällen nicht zur Wiederherstellung von echten Borstgrasrasen, die ja faktisch das Endstadium einer jahrhundertelangen Grünland-Übernutzung darstellten. Aber für die Biologische Vielfalt generell sollte eine moderate und schrittweise Verringerung der Bodenversauerung von Vorteil sein.

- **Feuchtwiesen** einschließlich Hochstaudenfluren und binsendominierte Sümpfe werden bei der Biotopkartierung etlichen verschiedenen Biotoptypen (GFS, GFY, MB, LFS) zugeordnet. Doch gerade die feuchten bis nassen Grünlandtypen sind sehr stark nutzungsabhängig und können in ihrer Artenzusammensetzung und Struktur sehr rasch und grundlegend verändert werden. Da solche Nutzungsänderungen in aller Regel nicht mit Veränderungen der Bodenreaktion einhergehen dürften, werden die genannten Biotoptypen hier zusammengefasst.

Hochstaudenfluren stellen in den allermeisten Fällen Bracheformen ehemaliger Feuchtwiesen dar, bei denen insbesondere Mädesüß zu fast uneingeschränkter Dominanz kommen kann. Teppiche von Spitzblütiger oder Flatter-Binse hingegen künden von Beweidung mit meist (zu) schweren Rindern auf Feuchtwiesen - und können auch bei Brache oder "extensiver" Nutzung noch lange vorherrschend bleiben. Schwieriger, aber durchaus erfolgversprechend ist es, durch jährliche Mahd (ohne bodenverdichtende Technik!) auch wieder artenreiche Feuchtwiesen zurückzugewinnen. Ein erheblicher Teil der praktischen Biotoppflegeanstrengungen durch Naturschutzvereine wie der Grünen Liga Osterzgebirge wird Jahr für Jahr den Feucht- und Nasswiesen gewidmet.  Hier geerntete Grünmasse (die früher wahrscheinlich zu einem erheblichen Teil als Stalleinstreu diente) findet in der Landwirtschaft heute keine praktische Verwendung mehr. Infolge der mähtechnikunabhängigen Biotoppflegeförderung in Sachsen ist Nasswiesen-Biotoppflege dennoch auch für Agrarunternehmen wieder ein lukratives Geschäft geworden - mit schwerer Landtechnik jedoch allzuoft zum schweren Schaden der Nasswiesenbiotope.

Tendenziell läuft ganz offensichtlich bei vielen Feucht- und Nasswiesen die klimawandelbedingte Entwicklung in Richtung "Normalgrünland". Da sich in den meist in Geländesenken gelegenen Feuchtbereichen über lange Zeit Nährstoffe - v.a. Stickstoffverbindungen - akkumuliert haben, profitieren davon vielfach konkurrenzstarke Gräser und Stauden, wenn Nässe als konkurrenzkräftig hemmender Faktor wegfällt. Die auf kurzrasige Vegetationsstrukturen angewiesenen "stress tolerators" werden verdrängt. Der pH-Wert (der durchschnittlich auf den Feucht- und Nasswiesen vergleichsweise hoch, bei knapp über 5, liegt) spielt dabei vermutlich nur eine untergeordnete Rolle.

- Kurzrasigen, vermutlich **mageren Nasswiesen, Kleinseggenrasen und feuchten Borstgrasrasen** kommt heute eine sehr große Bedeutung zu bei den Bemühungen zum Erhalt der Biologischen Vielfalt. Die darauf spezialisierten Pflanzen, von denen  viele eine hohe Einstufung in der Roten Liste haben, sind in besonderem Maße durch Nutzungsaufgabe, falsche "Biotoppflege" (mit zu schwerer Technik), vor allem aber durch Nährstoffeinträge und Wassermangel bedroht. Auch hier sind die pH-Werte vermutlich von sehr untergeordneter Relevanz.

Dummerweise wurden Feucht- und Nasswiesen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, bei der Formulierung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie "vergessen".



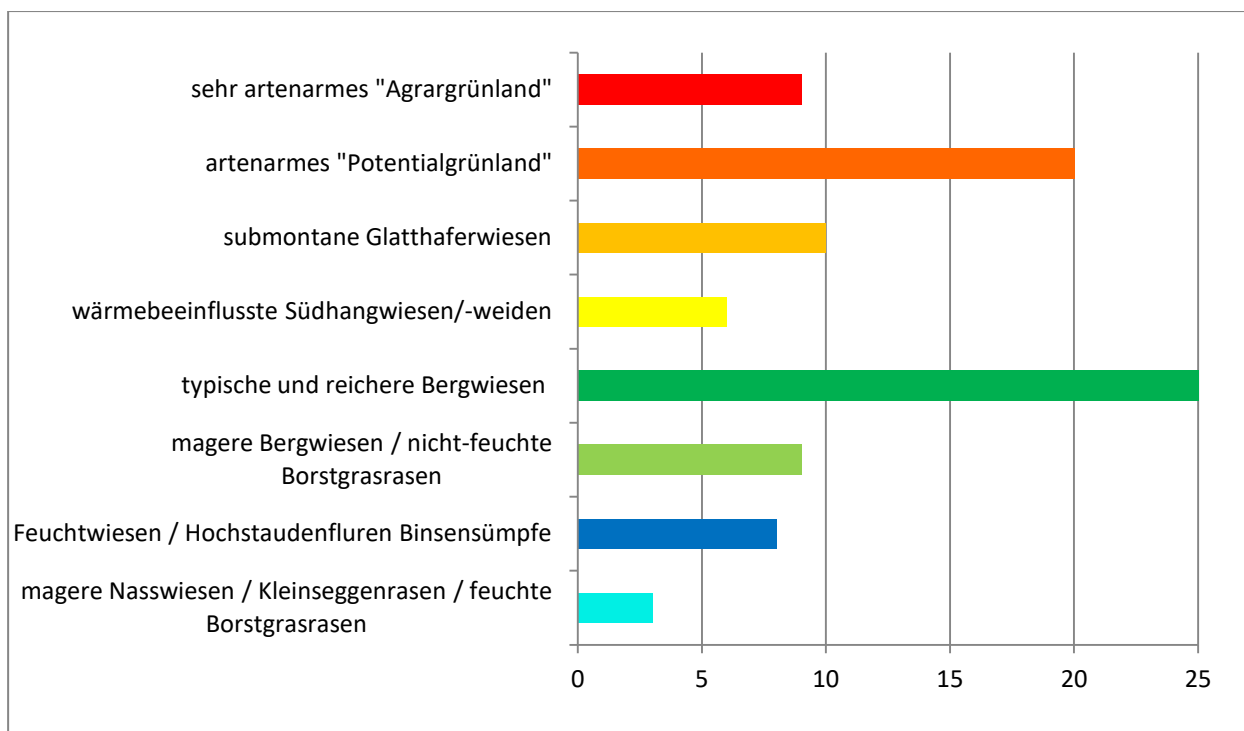


Abb. 52: Anzahl der Aufnahmen entsprechend der Grünlandtypen

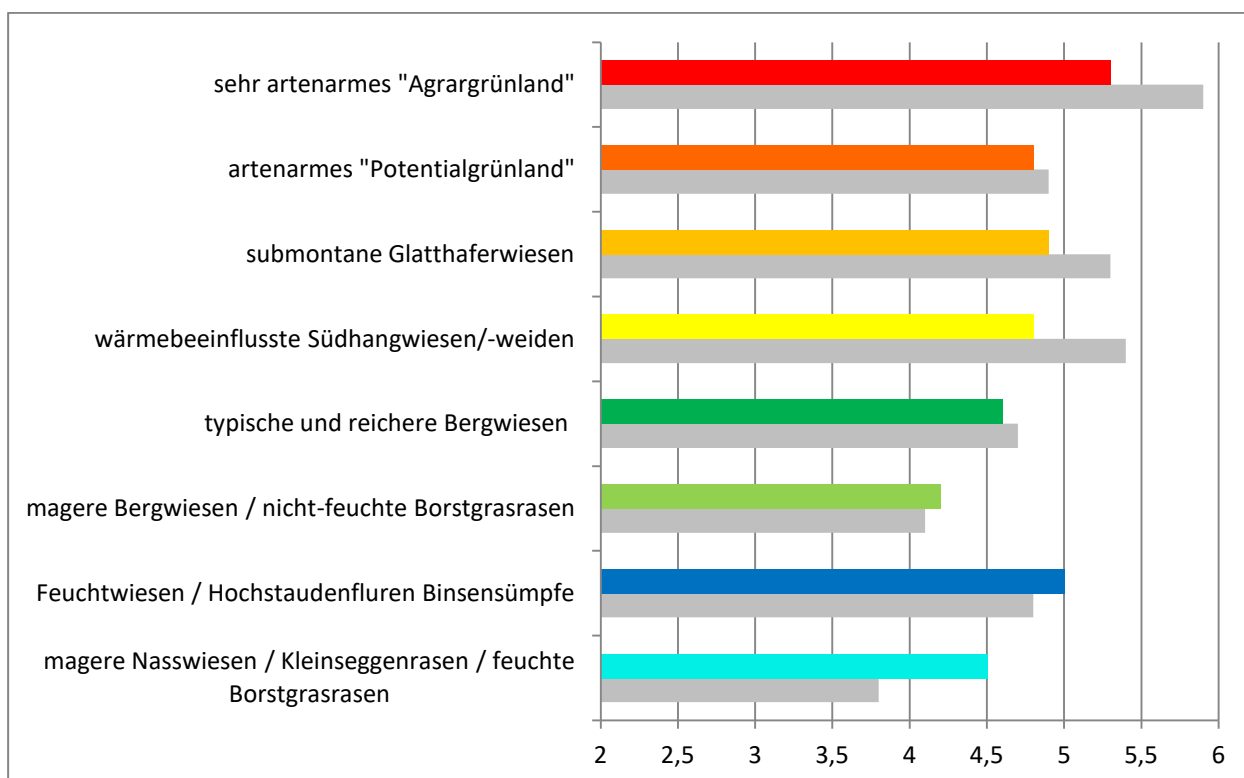


Abb. 53: durchschnittlicher pH-Wert (jeweils oberer, farbiger Balken) und durchschnittliche Reaktionszahl/Ellenberg-Zeigerwert (unterer, grauer Balken), nach Grünlandtypen



4.3 Grünland in Schutzgebieten

4.3.1 Naturschutzgebiete und Flächennaturdenkmale

Bereits seit dem frühen 20. Jahrhundert begannen vor allem im Geisingberggebiet Bemühungen des Landesvereins Sächsischer Heimatschutz, die vielgerühmten Bergwiesen am Fuße des markanten Ausflugs Gipfels zu sichern. Bis zu seiner Auflösung nach dem Krieg vermochte es der Verband, einen Großteil der Geisingbergwiesen zu kaufen oder zu pachten. Grünland-Naturschutzbemühungen gab es damals auch in Glashütte und anderswo, wenn auch nicht mit der Priorität (und Finanzkraft), die der Landesverein dem Geisingberg widmete.

Zu DDR-Zeiten begann Wiesennaturschutz erst dann wieder eine zunehmende Rolle zu spielen, als mit der sozialistischen Landwirtschaftsintensivierung die Verluste an botanischer Vielfalt und Landschaftsästhetik immer auffälliger wurden. Die ersten Unterschutzstellungen von **Naturschutzgebieten** Anfang der 1960er Jahre - 1961 die NSGs Weicholdswald, Trebnitzgrund und Geisingberg (hier nur der unmittelbare Berg) - beschränkten sich noch auf reine Waldgebiete. 1967 kam dann das aus den zwei wertvollsten Bergwiesenbereichen bestehende NSG "Geisingwiesen" hinzu (Klengelsteigwiese + Liftwiese sowie Hufeisenwiese und angrenzende Bereiche oberhalb der Bahnlinie). In den 1970er Jahren kamen noch die NSG "Müglitzhang bei Schlottwitz" und "Fürstenauer Heide" hinzu.

Doch mitsamt einer Erweiterung um die Quellbereiche "Am Jacobstolln" (1974) blieben die Geisingwiesen mit rund 22 Hektar bis Ende der 1990er Jahre das einzige Grünland-NSG im Gebiet des oberen Müglitztales (und weit darüber hinaus). Die praktischen Naturschutzbemühungen konzentrierten sich auf die Sicherstellung einer möglichst pfleglichen Heumahd durch die kleine Altenberger LPG und die im Sommer hinzugerufenen Studentinnen und Studenten der Pädagogischen Hochschule ("Studentensommer"). Trotz der unübersehbaren Belastungen durch schwefelsaure Immissionen in der Gegend war Wiesenkalkung kein Thema. Unausgesprochen herrschte auch die Überzeugung, dass der "basische" Basalt dies abpuffern könne.

2000 erfolgte die Neuausweisung des nunmehr wesentlich erweiterten **Naturschutzgebiets Geisingberg** auf 314 ha.²¹⁸ Ca. zwei Drittel davon sind Wiesen, darunter auch zahlreiche Flächen, die seither wieder zu artenreicheren Berg- und Feuchtwiesen zurückentwickelt werden. Die Pflegeorganisation übernahm zunächst das Management des Naturschutzgroßprojekts "Bergwiesen im Osterzgebirge", einen Großteil der praktischen Arbeiten der Pflegetrupp des "Fördervereins für die Natur des Osterzgebirges", zunehmend dann aber auch verschiedene Landwirtschaftsunternehmen der Umgebung. Die Wiederherstellung artenreicher Wiesengesellschaften fokussierte sich auf Entbuschung und Pflegemahd brachgefallener Bereiche einerseits und die "Ausmagerung" von "intensiviertem" Grünland durch zweischürige Mahd andererseits (plus wenige Sondermaßnahmen wie Wiedervernässung oder Mähgutübertragung). Obwohl die teilweise sehr sauren Bodenbedingungen spätestens seit der Dissertation von Bernard HACHMÖLLER²¹⁹ auch am basaltbeeinflussten Geisingberg bekannt sind, spielt Kalkung im Portfolio der Maßnahmen zur Wiederherstellung artenreicher Wiesengesellschaften²²⁰ hier nach wie vor keine Rolle.

In der 2000 erlassenen Schutzgebietsverordnung²²¹ zum erweiterten NSG Geisingberg gibt es keine explizite Aussage zur Zulässigkeit von Kalkung. Bei §4 Verbote steht allerdings:

²¹⁸ <https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturschutzgebiete/geisingberg>

²¹⁹ HACHMÖLLER (2000), S. 87ff

²²⁰ <http://www.bergwiesen-osterzgebirge.de/massnahmen> (abgerufen am 5.11.21)

²²¹ Verordnung des Regierungspräsidiums Dresden zur Festsetzung des Naturschutzgebietes „Geisingberg“, vom 27. November 2000



(2) Insbesondere ist verboten: ... 5. Abfälle oder sonstige Materialien oder Stoffe einzubringen oder zu lagern; ... (womit sich die Fragen stellen: wäre Kalk ein "sonstiger Stoff", und würde Thomasphosphat unter "Abfälle" zählen?)

Jedoch bei § 5 Zulässige Handlungen: § 4 gilt nicht ... 2. für die dem Schutzzweck entsprechende umweltgerechte landwirtschaftliche Nutzung ... in der bisherigen Art und im bisherigen Umfang ...; ... 6. für Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen, die von der Naturschutzbehörde veranlasst werden; ...

Generell sollte also Wiesenkalkung im NSG Geisingbergwiesen möglich sein, wenn die zuständige Untere Naturschutzbehörde dies für angebracht hält.

2007 erfolgte infolge des Naturschutzgroßprojekts "Bergwiesen im Osterzgebirge" die Unterschutzstellung des NSG Fürstenau (unter Einbeziehung des seit 1977 bestehenden NSG Fürstenauer Heide), und 2015 die Erweiterung zum 976 ha großen **NSG "Grenzwiesen Fürstenau und Fürstenwalde"**.²²² In der rauen Kammregion hatte das Klima der sozialistischen Landwirtschaftsintensivierung Grenzen gesetzt, so dass sich insbesondere in den Talmulden südlich von Geising (Erdbachtal, Kalter Brunnen, Pfarrwasser) und entlang der Schwarzen Müglitz/Schwarzwasser noch größere bergwiesenartige und anmoorige Grünlandkomplexe erhalten konnten. Auch hier sollen in Kooperation mit ortsansässigen Landwirtschaftsbetrieben die bestehenden artenreichen Wiesen gepflegt und erweitert werden. Zusätzlich zu den vom Naturschutzgroßprojekt initiierten Maßnahmen fanden in der Gegend auch noch zahlreiche Eingriffskompensationen (Grenzzollanlage Zinnwald, Autobahn A17) statt.

Der grenznahe Raum um Fürstenau und Fürstenwalde war in den 1980er und 90er Jahren den schwefelsauren Immissionen besonders heftig ausgesetzt. Der - damals hochgradig belastete - "Böhmische Nebel" zieht mit den hauptsächlich aus südwestlichen Richtungen wehenden Winden hier als breite Wolkenwalze über den Kamm. Bei entsprechenden Wetterlagen kann diese Situation tage- und sogar wochenlang anhalten. Die dabei nicht nur in den Wäldern, sondern auch an Steinrücken und anderen Strukturen ausgekämmten oder mit dem "Anraum" abgelagerten Säureeinträge dürften enorm gewesen sein.

Dennoch gehört auch im NSG Grenzwiesen Kalkung nicht zu den Maßnahmen, die bislang in Erwägung gezogen wurden für die Wiederentwicklung artenreicher Wiesen. Auch die Landwirte haben hier seit "sehr langer Zeit" ihre Grünlandflächen nicht mehr gekalkt.²²³

In der aktuellen Schutzgebietsverordnung²²⁴ stehen folgende Festlegungen, die für Kalkungsvorhaben relevant sein dürften:

§4 Pflege- und Entwicklungsgrundsätze: ... (2) ... 3. Erhaltung, Sicherung und Entwicklung, zum Teil auch Regeneration der typischen Offenlandbiotope ... durch a) Biotoppflege und -entwicklung, vorrangig durch Mahd und **Verzicht auf Düngung**; ...

§5 Verbote: ... 4. Handlungen vorzunehmen, die den Boden in seiner Gestalt, Struktur und Beschaffenheit verändern können; ... 6. Abfälle oder **sonstige Materialien oder Stoffe einzubringen** oder zu lagern; ...

§6 Zulässige Handlungen: §5 gilt nicht ... 2. für die dem Schutzzweck entsprechende ordnungsgemäße **Forstwirtschaft** in der bisherigen Art und im bisherigen Umfang mit der Maßgabe dass ... d) **Kalkungsmaßnahmen** mindestens sechs Wochen vor ihrer Durchführung bei der unteren Naturschutzbehörde schriftlich mit einer Maßnahmebeschreibung anzuzeigen

²²² <https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturschutzgebiete/grenzwiesen-fuerstenau-fuerstenwalde>

²²³ Raik Bellmann, pers. Mitteilung, 1.10.21

²²⁴ Verordnung des Landratsamtes Sächsische Schweiz-Osterzgebirge zur Festsetzung des Naturschutzgebietes „Grenzwiesen Fürstenau und Fürstenwalde“ vom 09.12.2015



sind; ... 3. für den Schutzzweck entsprechende ordnungsgemäße landwirtschaftliche Nutzung mit den Maßgaben, dass a) Maßnahmen zur Mahd, Beweidung, **Düngung** sowie zum Einsatz von Pflanzenschutzmitteln **der unteren Naturschutzbehörde** spätestens vier Wochen vor ihrer Durchführung schriftlich mit einer Maßnahmebeschreibung ... **anzuzeigen** sind.

Flächennaturdenkmale komplettieren das Schutzgebietssystem im Einzugsgebiet der Müglitz. Die hohe Bedeutung, die der Erhaltung artenreichen Grünlands in der Region zugemessen wird, spiegelt sich auch darin wider, dass 21 der 25 FNDs vorrangig Wiesen enthalten. (Weitere drei FND sind im neu ausgewiesenen Naturschutzgebiet "Grenzwiesen Fürstenau und Fürstenwalde" aufgegangen.) Ein weiteres FND, die "Zinnwalder Wiese", ist inzwischen leider nicht mehr als "Wiese" einzustufen.

11 der FNDs gehen noch auf DDR-Zeiten zurück. Vor allem zu einigen der in den 1960er Jahren ausgewiesenen FNDs ist die Aktenlage unvollständig. In einer Broschürenserie hatte das damalige Umweltfachamt Radebeul den Stand der Flächennaturdenkmale aufgearbeitet²²⁵.

Name des Flächennaturdenkmals	seit	Bemerkung
" Akeleiwiese " - (Gebietsnummer:) WRK 013 (in der Nähe des heutigen Wildpark Hartmannmühle) https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/fnd-akeleiwiese-nahe-wildpark-hartmannmuehle	1964	An das Akeleivorkommen, das zur Unterschutzstellung geführt hatte, kann sich niemand mehr erinnern. Hinsichtlich der genauen Lokalität bleiben die Dokumente vage. als FND wird heute ein kleiner Magerhang innerhalb einer großen Extensiv-Rinderkoppel angenommen.
" Schilfbachtal " - WRK 014 (Waldwiese im Unteren Schilfbachtal) https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/fnd-unteres-schilfbachtal/	1964	größeres Vorkommen von Stattlichem Knabenkraut; Heumahd + Nachbeweidung in Kooperation der Grünen Liga Osterzgebirge und dem Milchschaafhof Bärenstein
"Orchideenwiese Johnsbach" - WRK 015 ("Mayenburgwiese", an der Hochwaldstraße bei Falkenhain) https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/fnd-orchideenwiese-johnsbach-mayenburgwiese/	1964	Bereits in den 1930er Jahren wegen eines großen Vorkommens Weißer Waldhyazinthe vom Landesverein Sächsischer Heimatschutz gekauft. Heute Borstgrasrasenrest mit Schwarzwurzel, von der Grünen Liga Osterzgebirge einschürig gemäht.
"Wiese Oberschlottwitz" - WRK 016 ("Herrmannwiese" im Tälchen am Südrand des NSG "Müglitzhang") https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/fnd-wiese-oberschlottwitz-herrmannwiese/	1964	größeres Vorkommen von Herbstzeitlose, außerdem Relikte von Stattlichem Knabenkraut, bis vor wenigen Jahren auch Wiesenprimel und Trollblume (basenliebende Arten!); einschürige Mahd durch die Naturbewahrung Osterzgebirge gGmbH
" Orchideenwiese Cunnersdorf " - WRK 017 Hangbereich links der Schlottwitzer Müglitz-Weitung https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/fnd-orchideenwiese-cunnersdorf/	1964	eines der in zwischenzeitlich in Vergessenheit geratenen, in den 1990ern "wiederentdeckten" Naturdenkmale. Das einstige Orchideenvorkommen ist längst erloschen. Seit ca. 10 Jahren einschürige Mahd durch die Osterzgebirgische Landschaftspflege gGmbH, seither wieder Frischwiesencharakter.
" Hirtenwiese " - WRK 018 an der Straße zwischen Geising und Löwenhain https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/fnd-hirtenwiese-bei-loewenhain/	1970	großes Vorkommen von Herbstzeitlose; einschürige Pflegemahd
" Bettelsackwiese " - WRK 022; bei Löwenhain https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/fnd-bettelsackwiese-geising/	1970	artenreiche Berg-/Feuchtwiese in Ortslage; kleines Vorkommen Breitblättrige Kuckucksblume; einschürige Mahd
"Orchideenhang Schlottwitz" - WRK 024 " Böhmsgrund " https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/fnd-orchideenhang-schlottwitz-boehmsgrund/	1970	ehemals bedeutendes Relikt vorkommen von Kleinem und Brand-Knabenkraut sowie einer größeren Anzahl Stattlichem Knabenkraut. Vor ca. zehn Jahren aufwendige Pflege durch Naturbewahrung Osterzgebirge gGmbH, dennoch Rückgang der Orchideen; seither meist nachteilige Nutzung/Pflege durch privaten Landwirt

²²⁵ STUFA (1998)



Name des Flächennaturdenkmals	seit	Bemerkung
"Kohlbachtal" - WRK 067 Hangwiese am Kleinen Kohlbahtal bei Glashütte https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/fnd-wiese-am-kleinen-kohlbahtal-bei-glashuette/	1990	letztes (nicht neu angepflanzte) Vorkommen der Holunder-Kuckucksblume im Gebiet; aufwendige Pflege und botanische Betreuung
"Oberes Schilfbachtal" - WRK 068 bei Falkenhain https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/fnd-oberes-schilfbachtal/	1990	magerer Bergwiesenhang, ehemals mit Arnika, heute durch Fichten stark ausgedunkelt, plus Feuchtwiese in der Bachaue mit Breitblättriger Kuckucksblume, Stattlichem Knabenkraut und Schwarzwurzel; einschürige Mahd durch Naturbewahrung Osterzgebirge gGmbH
Nasswiese " Bielatal " - WRK 069 an der Biotoppflegebasis Bielatal https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/fnd-nasswiese-bielatal-bei-baerenstein/	1990	Nasswiese mit großem Vorkommen Breitblättriger und (deutlich zunehmendem) Gefleckter Kuckucksblume; ein- bis zweischürige Staffelmahd durch die Grüne Liga Osterzgebirge

Trotz mehrfacher Bemühungen von verschiedenen Seiten und einem offiziellen Unterschutzstellungsantrag der Grünen Liga Osterzgebirge (basierend auf der Arbeit von SCHMIEDE 2004) wurde behördlicherseits erst mehr als 20 Jahre nach der Wende das Thema Neuausweisung von Wiesen-FND neu aufgegriffen. 2013 erfolgte die Unterschutzstellung von 16 neuen Flächennaturdenkmälen, davon 10 im Einzugsgebiet der Müglitz²²⁶:

- **“Alm”-Wiese Glashütte** am Cunnerdorfer Weg: <https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/alm-wiese-glashuette-am-cunnerdorfer-weg>
- Südhang im Hirtenwiesengrund Glashütte ("**Hartmannhang**"): <https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/suedhang-im-hirtenwiesengrund-glashuette>
- Wiese an der **Sonnenleite Glashütte**: <https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/wiese-an-der-sonnenleite-galshuette>
- Wiesen oberhalb **“Krachwitz” bei Glashütte**: <https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/wiesen-oberhalb-krachwitz-bei-glashuette>
- **Bekassinenwiese** bei Johnsbach: <https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/bekassinenwiese-bei-johnsbach>
- **Wiesen an der Kleinen Biela**: <https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/wiesen-an-der-kleinen-biela-bei-baerenstein>
- **Wiese am Klärwerk Lauenstein**: <https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/wiese-am-klaerwerk-lauenstein/>
- **Wiesen am Steinbruch Lauenstein**: <https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/steinbruchwiesen-lauenstein>
- **Bielaquellwiese** an der Sportlersiedlung Altenberg (ehem. Arbeitstitel: Wiese am Philipp-Müller-Lager): <https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/bielaquellwiesen-an-der-sportlersiedlung-altenberg>
- **Schwarzwasserwiese** bei Altenberg (ehem. Arbeitstitel: Wiese am Sanatorium Altenberg): <https://osterzgebirge.org/de/natur-erkunden/schutzgebiete/naturdenkmale/flaechennaturdenkmale-fnd/schwarzwasserwiese-zwischen-altenberg-und-zinnwald>

²²⁶ Verordnung des Landratsamtes Sächsische Schweiz-Osterzgebirge zur Festsetzung von Flächennaturdenkmälen, vom 19. Februar 2013



Für die "Alt-FND" lagen die Unterschutzstellungsdokumente für diese Studie leider nicht vor. Insofern wurde nicht geprüft, ob und inwiefern Kalkung als formeller Verbotstatbestand oder als Managementvorgabe für diese Wiesen von Belang ist. Da Versauerung von Naturschutzwiesen selbst unter den schwerwiegenden Immissionsbedingungen von 1990 überhaupt kein Biotoppflege-Thema war, ist kaum davon auszugehen, dass dies damals bei der FND-Ausweisung eine Rolle spielte. Noch viel weniger dürfte das bei den 1970 und 1964 beschlossenen Naturdenkmälern der Fall gewesen sein.

Die 1998 vom damaligen Staatlichen Umweltfachamt in der erwähnten Broschüre²²⁷ formulierten Hinweise für "Pflege und Entwicklung" lassen ebenfalls nicht auf Berücksichtigung der Bodenqualität der Grünland-FNDs schließen. Gefordert werden darin:

- jahreszeitlich späte Mahd mit Abtransport des Mähgutes (bei 9 von 11 FND);
- Mahd unter speziellem Artenschutzaspekt mit Abtransport des Mähgutes (1 x);
- extensive Wiesenpflege (1 x);
- Nachbeweidung mit Schafen (1 x);
- (behutsame, periodische) Entbuschung (6 x);
- Einrichtung als Dauerbeobachtungsfläche (1 x), Gebietsmonitoring (1 x);
- Entwicklung von Pufferzonen (x), Abwassereinleitung einstellen (1 x).

In der Verordnung des SSOE-Landkreises zur Unterschutzstellung von insgesamt 19 neuen FND (davon die 10 obengenannten im Einzugsbereich der Müglitz) im Jahr 2013 findet das Thema Kalkung immerhin Erwähnung ... bei den Erlaubnisvorbehalten!

Konkret legt die Verordnung fest²²⁸:

§5 Verbote: (2) Insbesondere ist verboten: ... 4. Materialien, Abfälle jeglicher Art oder sonstige Stoffe zu lagern, anzuwenden oder auszubringen; ...

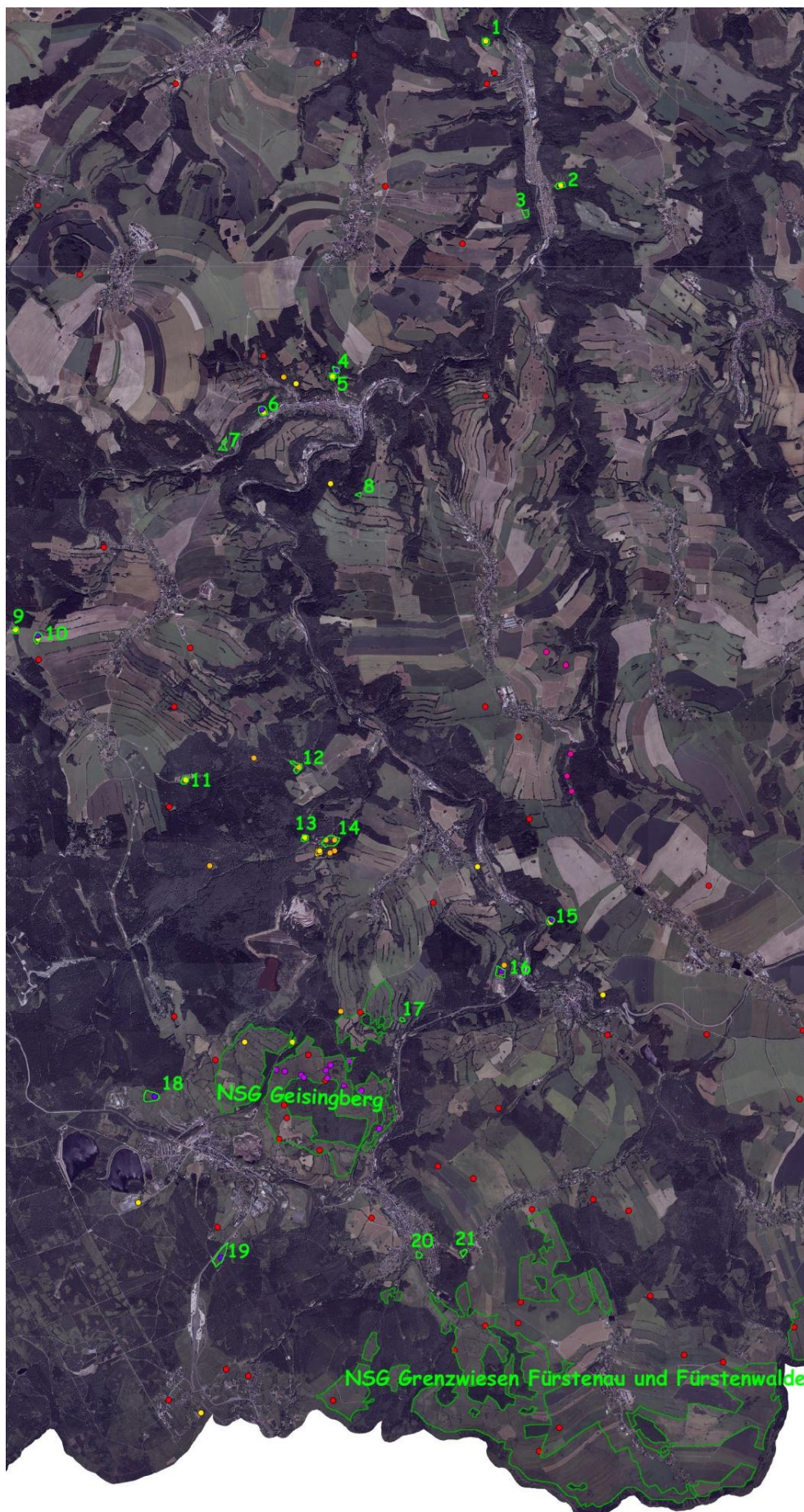
§6 Erlaubnisvorbehalte: (2) **Der Erlaubnis bedürfen insbesondere folgende Handlungen: ... 4. die Kalkung oder Ausbringung organischer Dünger; ...**

§7 zulässige Handlungen: § 5 gilt nicht für: 1. die zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit und Erfüllung des Schutzzwecks notwendigen und von der zuständigen Naturschutzbehörde veranlassten Pflege(maßnahmen) ...

Generell liegt noch immer das naturschützerische Hauptaugenmerk bei den meisten FND-Wiesen darauf, wenigstens einschürige Mahd sicherzustellen. Selbst bei den hochwertigsten Flächen von sachsenweitem Interesse, wie im Schlottwitzer Böhmgrund, gelingt dies nicht immer. Darüber hinaus werden, dank hundertprozentiger Förderung des Freistaates, in größerem Umfang wieder seltene Pflanzenarten gärtenrisch nachgezogen und auf den Flächen ausgepflanzt. Dafür eigentlich erforderliche Pflegeoptimierung und besondere biotopverbessernde Maßnahmen - wozu auch Kalkung gehören könnte - finden nur in eigen-initiativen Einzelfällen statt.

²²⁷ STUFA (1998)

²²⁸ Verordnung des Landratsamtes Sächsische Schweiz-Osterzgebirge zur Festsetzung von Flächennaturdenkmälern, vom 19. Februar 2013



- 1 FND Orchideenhang Schlottwitz ("Böhmsgrund")
- 2 FND Wiese Oberschlottwitz ("Herrmannwiese")
- 3 FND Orchideenwiese Cunnersdorf
- 4 FND "Alm"-Wiese Glashütte am Cunnerdorfer Weg
- 5 FND Südhang im Hirtenwiesengrund Glashütte
- 6 FND Wiese an der Sonnenleite Glashütte
- 7 FND Wiesen oberhalb "Krachwitz" bei Glashütte
- 8 FND Wiese am Kleinen Kohlachtal bei Glashütte
- 9 FND Orchideenwiese Johnsbach ("Mayenburgwiese")
- 10 FND Bekassinenwiese bei Johnsbach
- 11 FND Oberes Schilfbachtal
- 12 FND (Unteres) Schilfbachtal
- 13 FND Nasswiese Bielatal
- 14 FND Wiesen an der Kleinen Biela
- 15 FND Wiese am Klärwerk Lauenstein
- 16 FND Wiesen am Steinbruch Lauenstein
- 17 FND "Akeleiwiese"
- 18 FND Bielaquellwiese an der Sportlersiedlung Altenberg
- 19 FND Schwarzwasserwiese bei Altenberg
- 20 FND Bettelsackwiese Geising
- 21 FND Hirtenwiese bei Löwenhain

(farbige Punkte:
Bodenaufnahmen)

Abb. 54: Grünlandflächen in Naturschutzgebieten und Flächennaturdenkmalen



Ergänzend ist zu erwähnen, dass das gesamte obere Müglitztalgebiet - mit Ausnahme der ausgliederten, unmittelbaren Ortslagen - zum Landschaftsschutzgebiet "Oberes Osterzgebirge" gehört (der Randbereich östlich von Schlottwitz, Trebnitzgrund und Liebenauer Flur zum LSG "Unteres Osterzgebirge"). Auch innerhalb des LSG gehören wiesen zu den Schwerpunkten²²⁹:

"§ 3. (2) Schutzzweck ist insbesondere ... 2. die Erhaltung, Pflege und Wiederherstellung typischer Landschaftsbestandteile des Osterzgebirges, insbesondere ... Bergwiesen, Feuchtwiesen und anderen Dauergrünlandes, ... 6. die Erhaltung eines Wechsels von Offenland und Wald als naturraumspezifische Eigenart sowie die Vermeidung der Verinselung von Magerwiesen, insbesondere Feucht- und Bergwiesen; ..." Aber auch: "10. die Erhaltung des Bodens und seiner natürlichen Funktion und Fruchtbarkeit ..."

Die LSG-Verordnung enthält aber weder bei den "Verboten", noch den "Zulässigen Handlungen", noch bei den "Grundsätzen und Zielen der Pflege und Entwicklung" irgendwelche Inhalte von Relevanz für Kalkung oder andere Maßnahmen gegen Bodenversauerung.

4.3.2 NATURA 2000

Seit ca. 15 Jahren dominiert die "Fauna-Flora-Habitat"-Richtlinie den Instrumentenkasten des Naturschutzes. Nach langjähriger Verzögerungstaktik begann Anfang der 2000er Jahre auch der Freistaat Sachsen damit, die 1992 von den EU-Mitgliedsstaaten beschlossene FFH-Richtlinie²³⁰ mit der Ausweisung von sogenannten FFH-Gebieten umzusetzen (sowie "Special Protected Areas" SPA entsprechend der EU-Vogelschutz-Richtlinie - zusammen: NATURA 2000). Schätzungsweise 15 Prozent des oberen Einzugsgebiets der Müglitz befinden sich in einem der folgenden FFH-Gebiete:

- Müglitztal (43E)
- Geisingberg und Geisingwiesen (39E)
- Fürstenauer Heide und Grenzwiesen Fürstenau (44E)
- Trebnitztal (41E)
- Bergwiesen um Schellerhau und Altenberg (176)
- Weicholdswald (38E)

Anstatt einer Ausweisung entsprechend einer der nationalen Schutzgebietskategorien (NSG) entschied sich die Freistaatsregierung für ausgesprochen niederschwellige "Grundschutzverordnungen". Diese bringen keine Naturschutzeinschränkungen mit sich ("Weiter zulässig sind insbesondere die der guten fachlichen Praxis entsprechende land- und fischereiwirtschaftliche Nutzung sowie die ordnungsgemäße forstwirtschaftliche Nutzung" - jeweils §4 Abs. 1 aller FFH-Grundschutzverordnungen im Gebiet). Auch die in den Managementplänen festgelegten Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen sind für Privatpersonen/-unternehmen grundsätzlich unverbindlich. Dem Grundprinzip "Freiwilligkeit" wurde seitens der Landespolitik auch bei der Umsetzung der FFH-Richtlinie Priorität eingeräumt. Von Bedeutung werden die MAP-Vorgaben für Landnutzer allerdings durch die darauf abgestimmten Förderangebote.

²²⁹ Verordnung des Weißeritzkreises zur Festsetzung des Landschaftsschutzgebietes „Oberes Osterzgebirge“, vom 5. Dezember 2001

²³⁰ Richtlinie 92/43/EWG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen, vom 21. Mai 1992



In einer konzertierten Großaktion entstanden bis 2005/2006 für alle FFH-Gebiete umfangreiche **Managementpläne**. Dazu wurden innerhalb der Gebiete unter anderem alle Lebensraumtypen (LRT-Flächen) kartiert, bewertet und jeweils mit einem Maßnahme-Set versehen, das einen "günstigen Erhaltungszustand" der jeweiligen LRT gewährleisten soll.

Mangels einer systematisch fortgeschriebenen Biotopkartierung (außerhalb des Waldes) ließen das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie bzw. die Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft zehn Jahre später auch noch die LRT außerhalb der FFH-Gebiete erfassen. Dies geschah jedoch eher zu statistischen Zwecken.

Im Gebiet des oberen Müglitztales sind folgende **Grünland-Lebensraumtypen** von Belang²³¹:

- **Flachland-Mähwiesen (LRT 6510)**

In dieser sehr weit gefassten Einheit sind alle Grünlandflächen versammelt, bei denen 1. Mahd als Nutzung vorherrscht (oder vor nicht allzu langer Zeit vorgeherrscht hat); die 2. nicht eindeutig als Saatgrasland zu erkennen sind; 3. mindestens 500 m² groß sind; und die 4. einige typische Wiesenpflanzen aufweisen. Zu den 77 Kartierarten gehören jedoch zahlreiche "Allerweltsarten" wie Rotes Straußgras, Knaulgras, Kleine Braunelle oder Sauerampfer, so dass letzteres in nur selten eine Erfassungshürde darstellt. Auch die Schwelle zum "Erhaltungszustand B - gut" ist hier sehr niedrig angesetzt: mindestens 12 "normale Wiesenarten", davon mindestens eine "höherwertige Art" (im Kartierschlüssel fett gedruckt). Nicht dabei sein sollten typische Bergwiesenarten (dann Erfassung als 6520) und nicht zu viele Feuchtwiesenarten.

Der durchschnittliche R-Zeigerwert (Reaktionszahl nach ELLENBERG) liegt bei den Arten, die für die Einstufung als LRT 6510 berücksichtigt werden, bei 6,2 (bei den "höherwertigen", fett gedruckten Arten der Kartieranleitung sogar bei 6,4). Unter den für vorliegende Studie zusammengetragenen Aufnahmen befinden sich 17 Wiesen mit Einstufung LRT 6510. Deren gemittelter R-Zeigerwert beträgt 5,4 - also deutlich weniger als der Durchschnitt der Kartierarten-Gesamtzahl. Typische Basenzeiger sind eher selten. Vielmehr wird der dennoch recht hohe R-Wert eher von Arten mit weiter ökologischer Amplitude geprägt.

Nach dem letzten Bericht des Freistaates Sachsen über den Erhaltungszustand der FFH-Lebensraumtypen²³² erreichen die Flachland-Mähwiesen die Gesamtbewertung "unzureichend" - trotz der eingangs erwähnten niedrigen Schwelle für Erhaltungszustand "B" auf den Einzelflächen. Beim vorletzten Bericht (2013) hatte es noch zu  "günstig" gereicht.

- **Berg-Mähwiesen (LRT 6520)**

Im Unterschied zu den Flachland-Mähwiesen gilt Mahd bei den Bergwiesen nicht als unbedingtes Kartierkriterium. Unter 6520 können auch brache oder beweidete Flächen fallen, insofern sie typische Bergwiesenarten aufweisen. Auf der 65 Arten umfassenden Kartierartenliste finden sich deutlich weniger "Allerwelt-Grünlandarten" als bei 6510, dafür viel mehr seltene und gefährdete Pflanzen (allein fünf Orchideen). Auch um den Erhaltungszustand B (= gut) zu erreichen, müssen hier mindestens drei fettgedruckte Arten auf der Fläche vorkommen.

²³¹ Angaben nach "Kartier- und Bewertungsschlüssel für Offenland-Lebensraumtypen ...", abrufbar bei: <https://www.natura2000.sachsen.de/erfassung-und-bewertung-24550.html>

²³² https://www.natura2000.sachsen.de/download/natur/Tabelle_1_Erhaltungszustand_der_FFH-LRT_in_Sachsen_und_Bund_2013-2018.pdf (abgerufen am 8.11.21)



Bemerkenswerterweise beträgt der durchschnittliche R-Wert der für Berg-Mähwiesen zu erfassenden Arten knapp unter 5,0 - und damit deutlich weniger als bei den Flachland-Mähwiesen. (wertgebende Arten: Ø 5,6 bei 6520 im Vergleich zu Ø 6,4 bei 6510). Auffallend ist die sehr weite Streuung zwischen heute bergwiesentypischen säuretoleranten Arten einerseits (Bärwurz, Kanten-Hartheu, Harz-Labkraut, Hainsimsen ...) und heute seltenen, basiphilen Arten andererseits (Feuerlilie, Trollblume, Stattliches Knabenkraut, Sterndolde). Auch bei den Bergwiesen liegt der Durchschnitt der für diese Studie berücksichtigten LRT-Flächen hinsichtlich der Reaktionszahl noch darunter: R-Wert Ø 4,6.

Der LRT 6520 erreicht beim letzten FFH-Bericht in Sachsen den Erhaltungszustand "günstig".²³³ Da im entsprechenden Bundesbericht für diesen Lebensraumtyp ein tiefrotes "schlecht" als Erhaltungszustand erscheint, unterstreicht dies die Verantwortung des Freistaates Sachsen, insbesondere auch für das Bergwiesen-Schwerpunktgebiet Ost-Erzgebirge.

• Artenreiche Borstgrasrasen (LRT 6230)

Von den einstmals landschaftsprägenden Borstgrasrasen (die faktisch ein Stadium weit fortgeschrittener Bodendegradation infolge jahrhundertelangen Nährstoffentzugs darstellten) sind heute in den meisten Teilen ihres europäischen Vorkommensgebietes nur noch verschwindende Reste übrig. Da mit ihnen auch der Lebensraum der hierauf spezialisierten Arten, die mit wenig  Nährstoffen und meist auch sauren Bodenbedingungen klarkommen, verloren geht, erhielt dieser LRT auch noch das Schutzprädikat "prioritär". Wirklich "artenreiche Borstgrasrasen" gibt es in Sachsen faktisch nur noch extrem selten. Insofern werden auch kleine (Minimum 300 m²) und artenmäßig verarmte Relikte erfasst. Die Übergänge zu mageren Bergwiesen sind fließend, wie auch die Kartierartenliste zeigt: Von den 55 Borstgrasrasenarten stehen 22 auch auf der Bergwiesen-Kartierliste (und viele weitere werden zwar nicht für die Festlegung als LRT 6520 berücksichtigt, kommen da aber ebenfalls vor). Gleichermäßen finden sich hier mehrere Arten, die ebenfalls auf Kleinseggenrasen vorkommen, darunter allein fünf Seggen, die für letztere typisch sind.

Innerhalb des Untersuchungsrahmens für diese Studie konnten nur drei als Lebensraumtyp 6230 eingestufte Wiesen berücksichtigt werden.

Der Erhaltungszustand des LRT "Artenreiche Borstgrasrasen" ist in Sachsen "unzureichend".²³³

 Grünlandbereiche, die nasser als feuchte Ausbildungsformen der LRT 6510, 6520 oder 6230 sind, fanden aus nicht nachvollziehbaren Gründen Anfang der 1990er Jahre keine Aufnahme in den Anhang I der FFH-Richtlinie - und erhalten seither weniger Beachtung im Naturschutz als die Lebensraumtypen, für die die Mitgliedsstaaten gegenüber der EU-Kommission berichtspflichtig sind. Ausnahmen im oberen Müglitztal bilden Flächen, die als "**Übergangs- und Schwingrasenmoore**" (LRT 7140) kartiert werden konnten (einige wenige Vorkommen in Grenznähe zwischen Zinnwald und Fürstenau) oder als "**Feuchte Hochstaudenfluren**" (LRT 6430). Wie bereits in Kapitel 4.2. festgestellt, handelt es sich bei feuchten Hochstaudenfluren in unserer Region fast immer um heute brachliegende, ehemals genutzte Feuchtwiesen und Uferbereiche. Da Feuchtwiesen explizit keine Lebensraumtypen gemäß der FFH-Richtlinie sein dürfen, werden als LRT 6430 nur bachnahe Bereiche erfasst - also solche Bestände, die nach sächsischer Biotopkartierung das Kürzel LFU erhalten.

Im Rahmen der Kalkungsstudie wurden weder LRT-Flächen der Einstufung 7140 noch 6430 berücksichtigt.

²³³ ebd.



Ehrenamtliche FFH-Gebietsbetreuung: Von 2017 bis 2020 setzte die Grüne Liga Osterzgebirge, gemeinsam mit vielen ehrenamtlichen Naturschützern, die zuvor vom Freistaat organisierte Betreuung zahlreicher NATURA-2000-Gebiete im Landkreis Sächsische Schweiz - Osterzgebirge fort. Dazu gehörten, bis auf den Weicholdswald, auch die FFH-Gebiete im Einzugsbereich der Müglitz (außer oberer Teil des FFH-Gebiets Müglitztal, wo behördlicherseits keine externe Betreuung gewünscht war): 

Aus den Gebietsbetreuerberichten erstellten die Projektkoordinatoren für jedes Gebiet einen Steckbrief. Aus diesen geht unter anderem der gutachterliche Zustand der Lebensraumtypen nach Bewertung durch die Betreuer hervor:

FFH-Gebiet Müglitztal (43E)

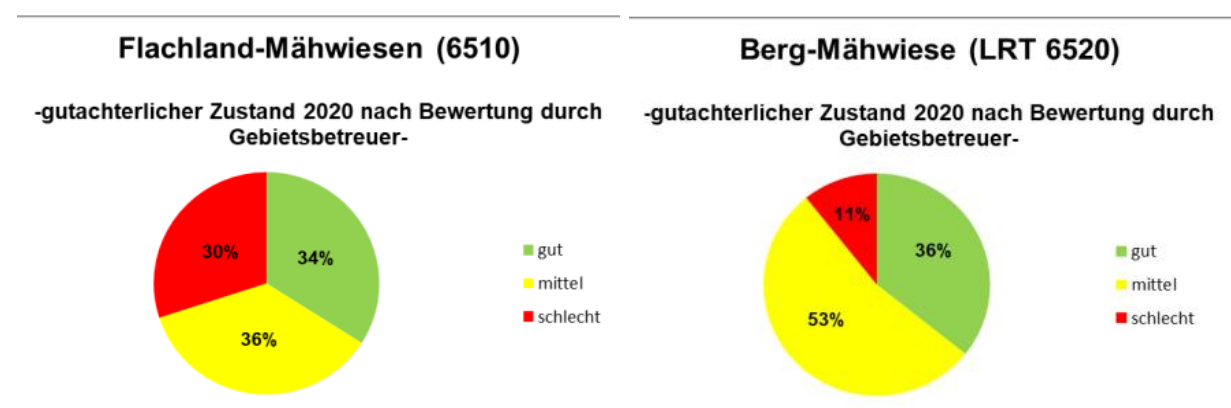


Abb. 55: Zustand der LRT-Wiesen im FFH-Gebiet Müglitztal im Jahr 2000²³⁴

FFH-Gebiet Geisingberg und Geisingwiesen (39E)

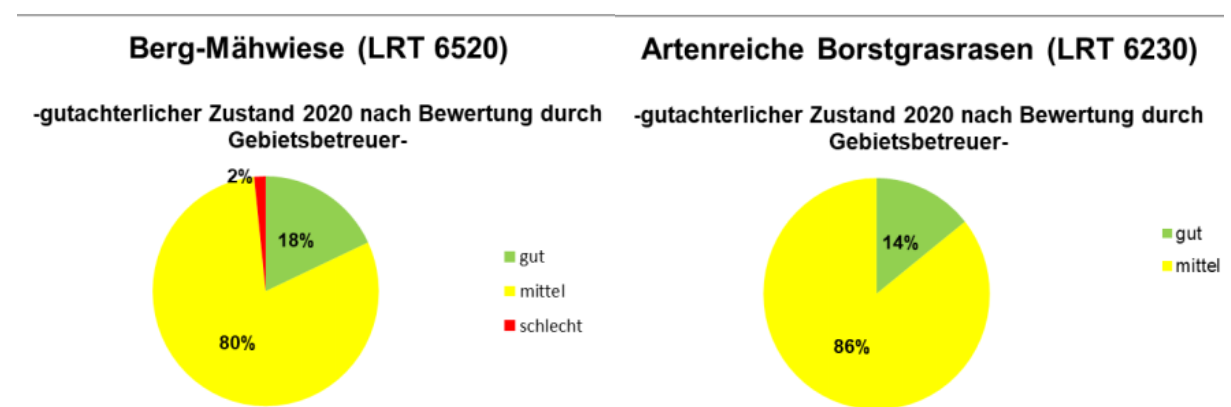


Abb. 56: Zustand der LRT-Wiesen im FFH-Gebiet Geisingberg und Geisingwiesen im Jahr 2000²³⁵

²³⁴ https://osterzgebirge.org/wp-content/uploads/2021/03/043E_Mueglitztal.pdf

²³⁵ https://osterzgebirge.org/wp-content/uploads/2021/03/039E_Geisingberg.pdf



FFH-Gebiet Bergwiesen um Altenberg und Schellerhau (176)

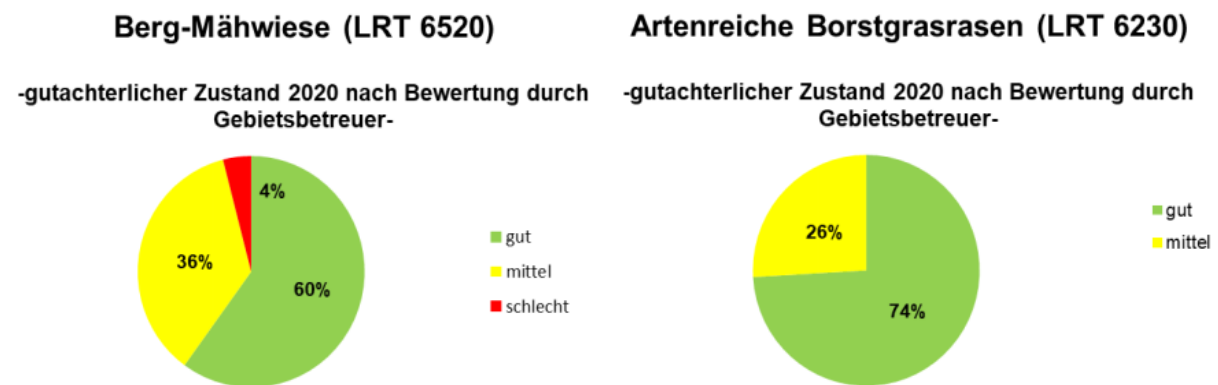


Abb. 57: Zustand der LRT-Wiesen im FFH-Gebiet Bergwiesen um Altenberg und Schellerhau im Jahr 2000²³⁶

FFH-Gebiet Trebnitztal (41E)

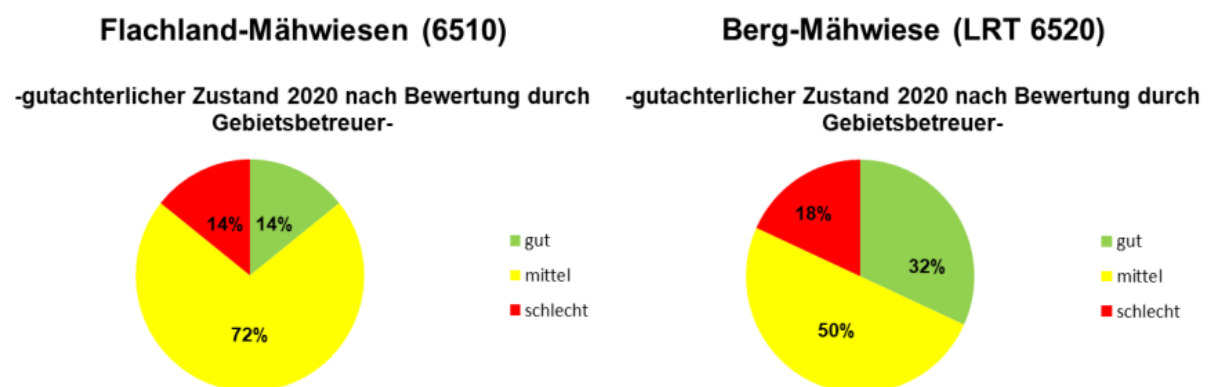


Abb. 58: Zustand der LRT-Wiesen im FFH-Gebiet Trebnitztal im Jahr 2000²³⁷

Als Ursachen für die Beeinträchtigungen der Grünland-LRT werden in den Zusammenfassungen genannt:

- Verbrachung / Verbuschung
- Bodenverdichtung
- fehlende Nachbeweidung
- nur Beweidung
- Wildschwein-Wühlschäden
- Neophyten (Lupine)

Bodenversauerung bzw. die Notwendigkeit von Kalkungsmaßnahmen sind nicht erwähnt.

Parallel zur Erstellung der FFH-Managementpläne ließ das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie in einem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben ein **bodenkundliches Gutachten für umweltverträgliche Landnutzung in Natura-2000-Gebieten** erarbeiten.²³⁸ Darin spielen die Themen Bodenversauerung und Erhaltungskalkung durchaus eine Rolle:

²³⁶ https://osterzgebirge.org/wp-content/uploads/2021/03/176_Bergwiesen-um-Altenberg-und-Schellerhau.pdf

²³⁷ https://osterzgebirge.org/wp-content/uploads/2021/03/041E_Trebnitztal.pdf

²³⁸ FELDWISCH et al (2007)



"Die Bodenreaktion bzw. Kalkversorgung der Böden hat großen Einfluss auf die natürlichen Bodenfunktionen. Bei sehr niedrigen pH-Werten können die Lebensraumfunktionen für Pflanzen und Bodenorganismen sowie die Filter- und Pufferfunktionen gegen schädliche Stoffeinträge in ihrer natürlichen Ausprägung beeinträchtigt sein."²³⁹ Explizit wird hinsichtlich Kalkung empfohlen:

"Bedarfsermittlung durch Bodenuntersuchung. Orientierung an pH-Stufe C für LRT 6510 und B für LRT 6520, möglichst pH (CaCl₂) > 4,5" (vergleiche Faltblatt 'Grünland kalken', LfULG 2006)" Ausnahmen: Bergwiesen auf basenreichen Standorten; vorhandener Zielzustand mit eindeutigen Säurezeigern (zum Beispiel: Wald-Läusekraut, Arten der Borstgrasrasen)²⁴⁰

Maßnahmenziel	LRT 6510	LRT 6520
<i>Fette Ausprägung (hochwüchsig, obergrasbetont, Nährstoffzeiger)</i>	<i>Orientierung an pH-Stufe C</i>	<i>Orientierung an pH-Stufe B</i>
<i>Mittlere Ausprägung</i>	<i>Orientierung an pH-Stufe C</i>	<i>Orientierung an pH-Stufe B</i>
<i>Magere Ausprägung (niedrigwüchsig, Magerkeitszeiger)</i>	<i>möglichst pH (CaCl₂) > 4,5</i>	<i>möglichst pH (CaCl₂) > 4,5</i>

In den **Managementplänen** für die FFH-Gebiete "Müglitztal" sowie "Geisingberg und Geisingwiesen" wird - im Unterschied zu anderen FFH-MAPs - durchaus der Themenkomplex "Kalkung" berücksichtigt.

Und teilweise befürwortet, wenn auch mit der Einschränkung begleitenden Monitorings: "Um für die Goldhafer-Wiese einen großen Artenreichtum, vor allem an blütenbunten Kräutern, zu erhalten bzw. zu erzielen, kann eine extensive Düngung mit Phosphor, Kalium bzw. Stallmist sowie gegebenenfalls eine Kalkung in Höhe des Entzuges erfolgen (Grunddüngung), die von regelmäßigen bodenchemischen Untersuchungen und floristischer Erfolgskontrolle begleitet werden muss."²⁴¹ "Insbesondere für die artenreichen Wiesen mit Vorkommen von Orchideen und anderen Basenzeigern ist eine gelegentliche Kalkung sinnvoll."²⁴²

Selbst auf Borstgrasrasen kann "im Ausnahmefall eine gelegentliche Grunddüngung und Kalkung auf der Basis von Bodenuntersuchungen und floristischer Erfolgskontrolle aus Artenschutzgründen erforderlich werden."²⁴³

Andererseits zeigt sich in den beiden MAPs die Befürchtung, durch Kalkgaben könnten magere Ausbildungsformen der Bergwiesen und Borstgrasrasen beeinträchtigt werden: "keine Kalkung auf Standorten von Arnika und/oder Niedriger Schwarzwurzel als Magerkeitszeiger"²⁴⁴

Am Ende gewinnt die Skepsis die Oberhand, und so findet sich auch in den Behandlungsgrundsätzen für den LRT Bergwiese: "Keine Düngung und keine Kalkung der mageren Wiesenausbildungen."²⁴⁵

Exemplarisch wurden für diese Studie die **Vorgaben aus den Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen der Grünland-LRTs** in den FFH-Gebieten "Müglitztal" (oberhalb

²³⁹ FELDWISCH et al (2007), S. 2

²⁴⁰ ebd. S. 60f

²⁴¹ BÖHNERT et al. (2006), S. 183

²⁴² ebd. S. 276

²⁴³ ebd. S. 277

²⁴⁴ BÖHNERT et al. (2005), S. 134

²⁴⁵ BÖHNERT et al. (2006), S. 277



Schlottwitz) sowie "Geisingberg und Geisingwiesen" zusammengefasst, die für oder gegen Wiesenkalkung sprechen. (Anhang 2, Tabellenblatt "LRT"). Beide MAPs wurden vom gleichen Planungsbüro erarbeitet. Sie umfassen gemeinsam:

- 39 x LRT 6510 Flachland-Mähwiese
- 99 x LRT 6520 Berg-Mähwiese
- 6 x LRT 6230 Artenreicher Borstgrasrasen

Aus der Übersicht geht hervor, dass Düngung generell, mitunter auch ganz explizit Kalkung bei den meisten Grünland-LRT stark eingeschränkt, auf vielen Flächen aber auch ausgeschlossen wird.

- Bei **26 LRT** wird **Düngung komplett ausgeschlossen** (davon 12 explizit auch Kalkung):

- 2 x grundsätzlich nicht düngen
- 5 x grundsätzlich keine Düngung (magere Ausbildung)
- 12 x keine Düngung und keine Kalkung (magere Ausbildung)
- 5 x keine Grünlandkalkung
- 2 x keine Erhaltungsdüngung

- **19 LRT Düngung in streng eingegrenzten Ausnahmefällen** möglich:

- 9 x grundsätzlich keine Düngung (Ausnahme: aus Artenschutzgründen bei Nachweis von Nährstoffmangel (Vergrasung) - Grunddüngung (P, K) als Erhaltungsdüngung möglich)
- 2 x gelegentliche Düngung (P, K) kann aus Artenschutzgründen möglich werden (auf Basis von Bodenuntersuchungen mit floristischer Erfolgskontrolle), kein Kalk, kein Stickstoff "
- 4 x Grunddüngung (P, K) als Erhaltungsdüngung möglich, keine Stickstoffdüngung, keine Kalkung
- 4 x während Aushagerungsphase keine Düngung (später nach Bodenproben Grunddüngung (P, K) und Kalkung als Erhaltungsdüngung möglich)

- **55 LRT Düngung möglich, wenn bisher gedüngt** wurde:

55 x "keine Düngung, wenn bisher nicht gedüngt; ansonsten Grunddüngung (P, K), Kalkung und Stickstoffdüngung (mineralisch oder Stallmist) als Erhaltungsdüngung möglich"

davon 18 x der Zusatz "wünschenswert wäre wiederholter Verzicht auf Düngung in Höhe des Entzuges bis es zu einer Aushagerung kommt"

- **18 LRT Erhaltungsdüngung (einschließlich Kalk) möglich**

18 x "Grunddüngung (P, K), Kalkung und Stallmist als Erhaltungsdüngung möglich"

- **4 LRT vorsichtige Düngungsempfehlung:**

4 x "gelegentliche Düngung (P, K), Kalkung kann aus Artenschutzgründen möglich werden (auf Basis von Bodenuntersuchungen mit floristischer Erfolgskontrolle)"

- **18 LRT ohne Vorgaben** zu Düngung/Kalkung

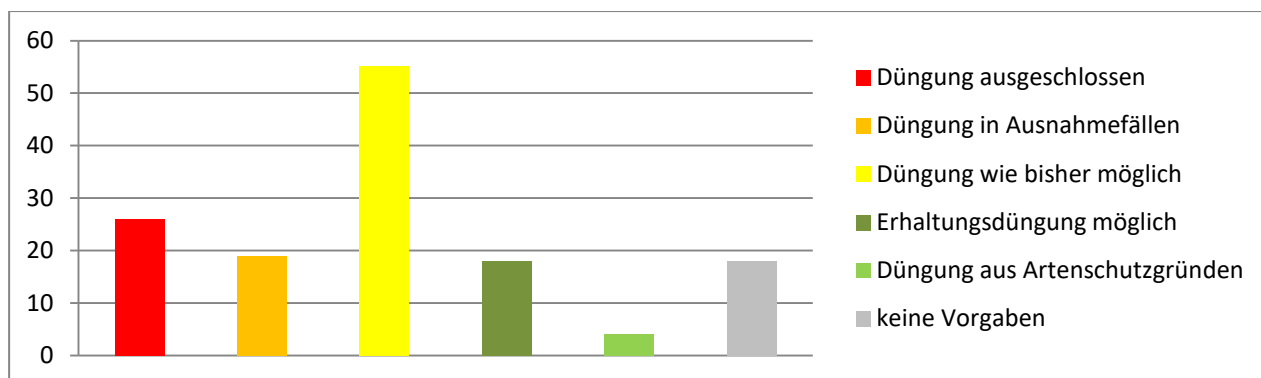


Abb. 59: Anzahl der Grünland-LRT mit Vorgaben hinsichtlich Düngung/Kalkung in den Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen der FFH-Gebiete "Müglitztal" sowie "Geisingberg und Geisingwiesen"

Im April 2018 beantragte die Grüne Liga Osterzgebirge Fördermittel (Richtlinie Natürliches Erbe) für die Kalkung von Biotoppflegeflächen des Vereins. Vorausgegangen waren pH-Wert-Untersuchungen, die zeigten, dass die meisten Oberböden saure bis stark saure Bedingungen aufweisen²⁴⁶ (siehe Kapitel 3.5.5). Nach 17 Monaten Bearbeitungszeit (!) bewilligte die zuständige Förderbehörde Kamenz die Gelder für einen Teil der Flächen, lehnte aber in Absprache mit der Unteren Naturschutzbehörde für einige ebenfalls beantragte Flächen die Kalkung ab - u.a. mit Verweis auf den FFH-Managementplan:

*"Die 11 zur Kalkung beantragten Wiesen sind als Lebensraumtyp (LRT) 6520 - Berg-Mähwiese und LRT 6510 - Flachland-Mähwiese kartiert. Bis auf die Wiese 'Mendes Busch' liegen die beantragten Flächen innerhalb der FFH-Gebiete Müglitztal (43E) und Weicholdswald (38E). Dementsprechend sind die Vorgaben aus den FFH-Managementplanungen zu beachten. Die Erhaltungsmaßnahmen für die Wiese im FND 'Schilfbachtal', Bobewiese Schilfbachtal, Dreieckshang und Dreifelderwirtschaft Bielatal schließen eine Kalkung der Flächen aus. In Absprache mit dem Referat Naturschutz des Landkreises Sächsische Schweiz-Osterzgebirge sind die festgelegten Erhaltungsmaßnahmen der Managementpläne bindend. Nur für den Dreieckshang und die Dreifelderwirtschaft Bielatal wird der Kalkung zugestimmt, da keine besondere magere oder zum Borstgrasrasen tendierende Artenzusammensetzungen vorhanden sind."*²⁴⁷

Abgesehen von mehreren fachlich nicht zutreffenden Aussagen in dem Bescheid ("Dreifelderwirtschaft" ist kein LRT; der "Dreieckshang" ist wahrscheinlich die magerste aller Flächen und hat als einziger die Tendenz zum Borstgrasrasen) zeigt der Bescheid, wie wesentlich die Vorgaben der Managementpläne auch hinsichtlich Kalkungsmaßnahmen sind. Dabei ist davon auszugehen, dass bei der Erstellung der Managementpläne, die 2005/2006 mit großem zeitlichen Druck erfolgte, keine vertieften bodenkundlichen Untersuchungen zugrundegelegt werden konnten. Der FuE-Bericht "Bodenschutzfachlicher Beitrag zur Entwicklung von Umsetzungsstrategien und Umsetzungsinstrumenten für eine umweltverträgliche Landnutzung in Natura2000-Gebieten"²⁴⁸ erschien erst ein bzw. zwei Jahre nach der Fertigstellung der MAPs. Bei den seither erfolgten Monitoring-Durchgängen in den FFH-Gebieten wurden keine Bodenproben analysiert, um die Vorgaben der Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen pedologisch zu untersetzen.

²⁴⁶ LOCHSCHMIDT (2018)

²⁴⁷ Bewilligungsbescheid des LfULG Kamenz, AZ 34.0(35.2)-8122/5953/12

²⁴⁸ FELDWISCH et al. (2007)

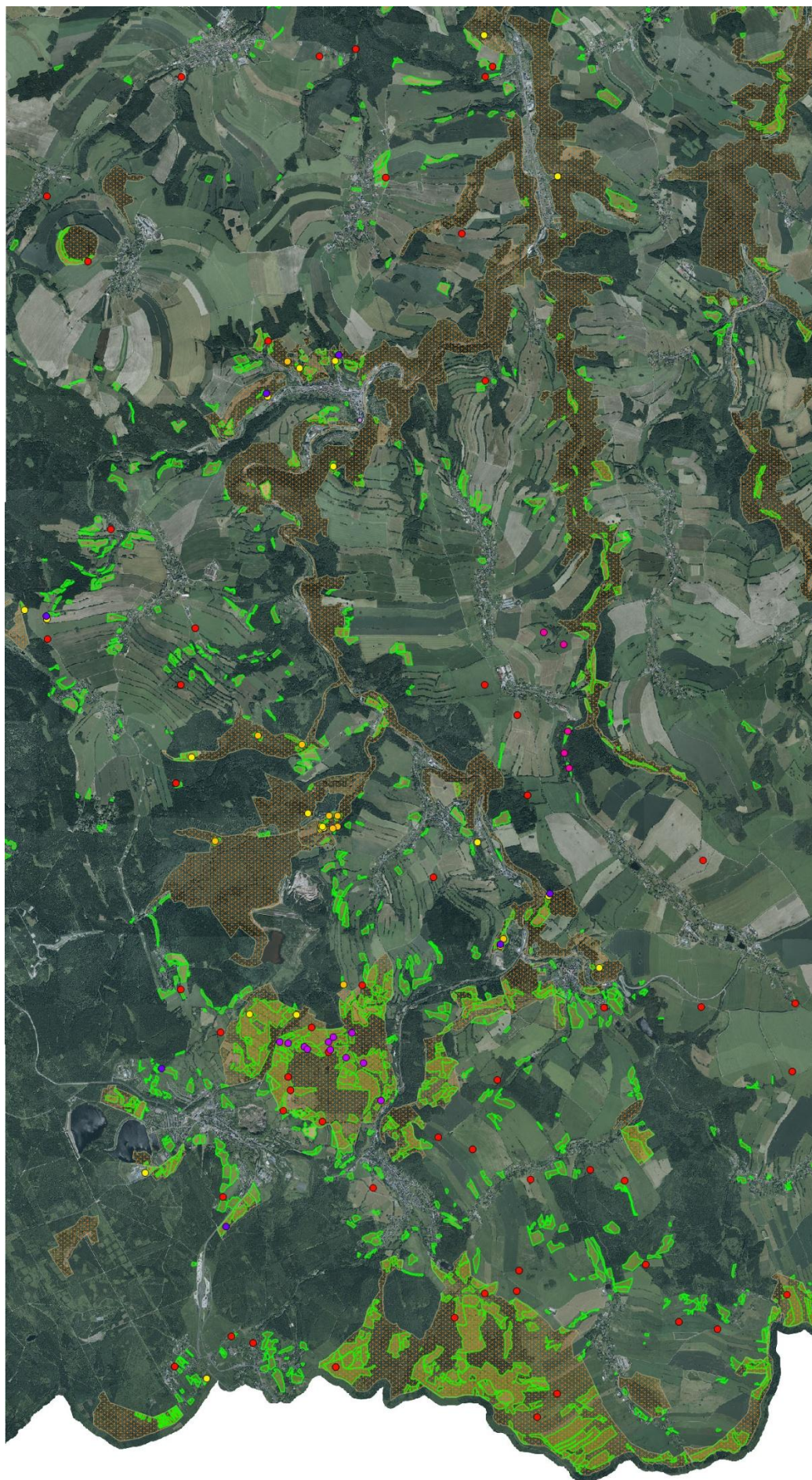


Abb. 60: FFH-Gebiete und LRT 6510, 6520, 6230 innerhalb und außerhalb der FFH-Gebiete (farbige Punkte: Bodenaufnahmen)



4.4 Biotoppflegeförderung und Kalkung

Naturschutzgerechte Bewirtschaftung/Pflege von artenreichen Wiesen und Weiden ist unter heutigen sozioökonomischen Rahmenbedingungen meist nur noch mit staatlicher Förderung möglich. In Sachen wurde 2014 die Biotoppflege komplett den Mechanismen der EU-Agrarförderung untergeordnet. Biotoppflegende Naturschutzakteure sind seither mit Landwirtschaftsunternehmen gleichgestellt und beantragen die notwendigen Gelder für die Pflegemahd (einschließlich Beräumung und ggf. Entsorgung der Grünmasse) über die **Richtlinie Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen AUK/2015**.²⁴⁹

In einem komplizierten - und nicht immer nachvollziehbaren - Prozedere bekommen die Antragsteller für die von ihnen bewirtschafteten/gepflegten Flächen beim digitalen Antragsverfahren verschiedene Bewirtschaftungs-/Pflegemaßnahmen angeboten, für die sie auf der jeweiligen Fläche AUK-Förderung beantragen können. Die verschiedenen Maßnahmen (Biotoppflegemahd, Naturschutzgerechte Beweidung, ...) sind jeweils mit einschränkenden Bestimmungen verbunden:

- GL1: "Artenreiches Grünland - Ergebnisorientierte Honorierung"
mindestens eine jährliche Nutzung; jährlicher Nachweis von 4, 6 oder 8 Kennarten (überwiegend "Allerweltsarten", Naturschutzwiesen haben i.d.R. deutlich mehr Arten, die Fördersätze sind Biotoppflegeflächen kaum ausreichend)
keine Einschränkungen hinsichtlich Düngung oder Kalkung
- GL2: "Biotoppflegemahd mit Erschwernis"
jährlich mindestens einmal/zweimal Mahd mit Beräumung der Grünmasse; Förderung abgestuft nach Erschwernisgraden der Flächen, Hauptfinanzierungsquelle für Biotoppflegemaßnahmen der Naturschutzakteure (aber auch weniger naturschutzgerechte Landnutzung durch kommerzielle Unternehmen);
Nebenbestimmung: kein Einsatz von Stickstoff-Dünger (*Kalk ist nicht erwähnt*); PSM nur mit Genehmigung der Naturschutzbehörde zur Ampfer- und Neophytenbekämpfung; Nachbeweidung nur mit Genehmigung der Naturschutzbehörde
- GL3: "Bracheflächen und Brachestreifen im Grünland"
Mahd und Beräumung aller zwei Jahre im Spätsommer/Herbst; auf Naturschutzwiesen kaum angeboten und beantragt;
Nebenbestimmung: kein Einsatz von Stickstoff-Dünger; PSM nur mit Genehmigung der Naturschutzbehörde zur Ampfer- und Neophytenbekämpfung
- GL4: "Naturschutzgerechte Beweidung"
Mindestens eine Weidenutzung im Jahr (weitere Nutzungen auch als Mahd möglich)
Nebenbestimmungen: keine Zufütterung auf der Fläche; kein Einsatz von Stickstoff-Dünger; PSM nur mit Genehmigung der Naturschutzbehörde zur Ampfer- und Neophytenbekämpfung
- GL5: "Spezielle artenschutzgerechte Grünlandnutzung"
Ein- und zweischürige Mahd nach Terminvorgaben (zweischürig mit erstem Schnitt ab 1.6. oder 15.6.; einschürig ab 15.7.; zweischürig mit Nutzungspause im Sommer); in der Regel vor allem durch Landwirte auf "normalen" Wirtschaftswiesen genutzt
Nebenbestimmungen: Stickstoff-Dünger nur nach Genehmigung von Förderbehörde und Naturschutzbehörde; kein Einsatz von N-Dünger; kein Einsatz von N-Dünger; PSM nur mit Genehmigung der Naturschutzbehörde zur Ampfer- und Neophytenbekämpfung

²⁴⁹ Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft zur Förderung von Vorhaben der umweltgerechten Flächenbewirtschaftung im Freistaat Sachsen (Förderrichtlinie Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen - AUK/2015)



Zusammenfassend ist festzustellen, dass es von Seiten der **Agrar- und Biotoppflegeförderung keine Einschränkungen für Grünlandkalkung** gibt.

Nach allem, was bisher über die ab 2023 in der nächsten EU-Agrarförderperiode geplante Nachfolgerichtlinie bekannt geworden ist, soll sich daran auch in Zukunft nichts ändern.

Da, wie in Kapitel 4.3.2 festgestellt, im Freistaat Sachsen die Einhaltung der Natura-2000-Vorgaben für nichtstaatliche Akteure nicht verbindlich ist, bestehen für Landwirte und Naturschutzvereine auch in FFH-Gebieten grundsätzlich keine bürokratischen Hindernisse zur Ausbringung Kalk auf LRT-Grünland. Falls jedoch ein biotoppflegender Akteur wie die Grüne Liga Osterzgebirge zusätzliche Förderung für die Kalkungsmaßnahme selbst beantragen will (über die Förderrichtlinie Natürliches Erbe), dann prüft die Förderbehörde im Falle von FFH-Gebieten die Vorgaben des Managementplans (siehe vorheriges Kapitel).



5 Kalken ja oder nein - und wenn ja: wieviel, wie oft?

Zu Beginn der Arbeit an dieser "Kalkungskonzeption für Naturschutz-Grünland im Oberen Müglitztal stand die empirische Grundannahme, dass Bodenversauerung mit hoher Wahrscheinlichkeit mitverantwortlich sei für den kritischen Zustand vieler einstmals typischer Wiesenarten des Ost-Erzgebirges. Begründungen und Belege für diese Hypothese zu finden würde schon nicht schwer zu sein. Kalk ist wichtig für Böden (siehe Kapitel 1), Wiesen wurden früher gekalkt und heute nicht mehr (siehe Kapitel 2).

Doch die tatsächliche Datenlage ist offensichtlich weitaus heterogener (Kapitel 3), die Problemlage vielschichtiger. Eine geradlinige Ableitung, wann und wie viel Kalk unter welchen Bedingungen auf Wiesen ausgebracht werden sollte, lässt sich so einfach nicht herleiten.

Ungeachtet der Tatsache, dass die knapp einhundert pH-Wert-Messungen auf naturschutzrelevanten Grünlandbereichen im oberen Müglitztal, die für diese Studie zusammengetragen wurden, ein zeitlich und methodisch sehr heterogenes Datenmaterial bilden, wurde dennoch versucht, Zusammenhänge zu ermitteln, die zu einfachen Entscheidungshilfen führen sollten. Leider auch das nur mit begrenztem Erfolg.

5.1 Korrelationen zwischen pH-Wert und anderen Parametern

In der Landwirtschaft existieren durchaus relativ einfache Berechnungsmethoden für die Ermittlung von nötigen Kalkmengen, die ohne aufwendige Bodenuntersuchungen auskommen. So gelang es zum Beispiel in den 80er Jahren, die Daten von Langzeit-Grünlandversuchen in England in überschaubare Gleichungen zu packen.²⁵⁰ Dieses britische Kalkberechnungsmodell beruht auf den relativ leicht zu ermittelnden Parametern:

- Acker oder Grünland?
- Bodentyp
- Niederschlag
- Menge und Art der Stickstoffdüngung
- pH-Wert (Ist- und Zielwert)

Um nach Möglichkeit auch für Naturschutz-Wiesen (ohne vorrangige Ertragsabsicht und ohne vorsätzliche Stickstoffdüngung) vielleicht ein ähnliches, zumindest auf groben Faustzahlen beruhendes Modell zu entwickeln, wurde geprüft, ob sich die vorhandenen pH-Wert-Daten von naturschutzrelevanten Grünlandflächen im oberen Müglitztal in Korrelation zu anderen Datengrundlagen setzen lassen.

Die entsprechenden Grafiken (Abb. 61 - 68) finden sich auch als pdf in Anhang 3.

• Beziehungen zwischen Geologie und pH-Wert des Oberbodens

Die Vermutung ist naheliegend: saures Grundgestein führt zu sauren Böden, basisches Gestein zu basischen Böden. Doch anders als bei Wäldern, wo Bäume tatsächlich einen Teil ihrer Wurzeln bis in die Zersatzzone des geologischen Ausgangsmaterials schicken, erschließt sich der größte Teil der Grünlandvegetation nur die obersten Zentimeter bis Dezimeter des Bodens. Und dieser Oberboden kann von vielen Einflüssen geprägt sein:

²⁵⁰ GOULDING et al. (1989)



Bodenfließen und Lössinwehungen der Eiszeiten, austretendes Kluftwasser aus hunderte Meter entfernten Gesteinskörpern, anthropogene Stoffeinträge, ... Insofern kann es nicht verwundern, dass sich zwischen den Ausgangsgesteinen und den pH-Werten der Oberböden kaum Zusammenhänge ergeben:

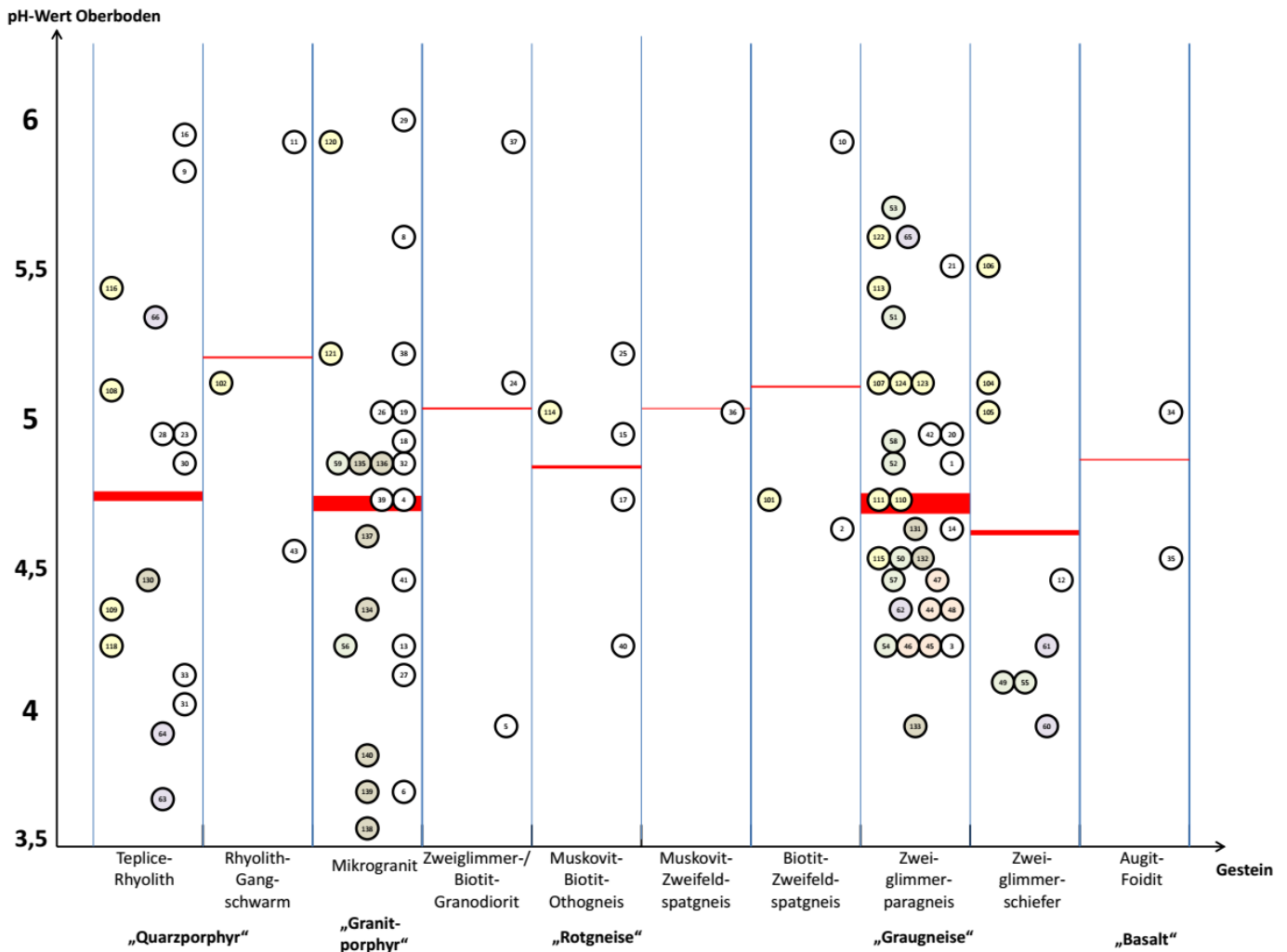


Abb. 61: Zuordnung der pH-Werte der Bodenproben zu den Grundgesteinen der Aufnahmeorte (Die Zahlen in den Kreisen entsprechen der Aufnahmeummer in der Datei Anhang 2)

Die gemittelten pH-Werte aller Bodenaufnahmen über (sehr basenarmem) Quarzporphyr, über (nicht ganz so basenarmem) Granitporphyr und über (mäßig gut basenversorgten) Graugneisen liegen ziemlich gleichauf: bei Ø pH 4,7. Und selbst die beiden "Basaltböden" im Bodenproben-Portfolio zeigen kaum einen Unterschied dazu: die Probe am Geisingberg hat pH 4,5, die am Luchberg 5,0.

• Beziehungen zwischen Leitbodentyp und pH-Wert des Oberbodens

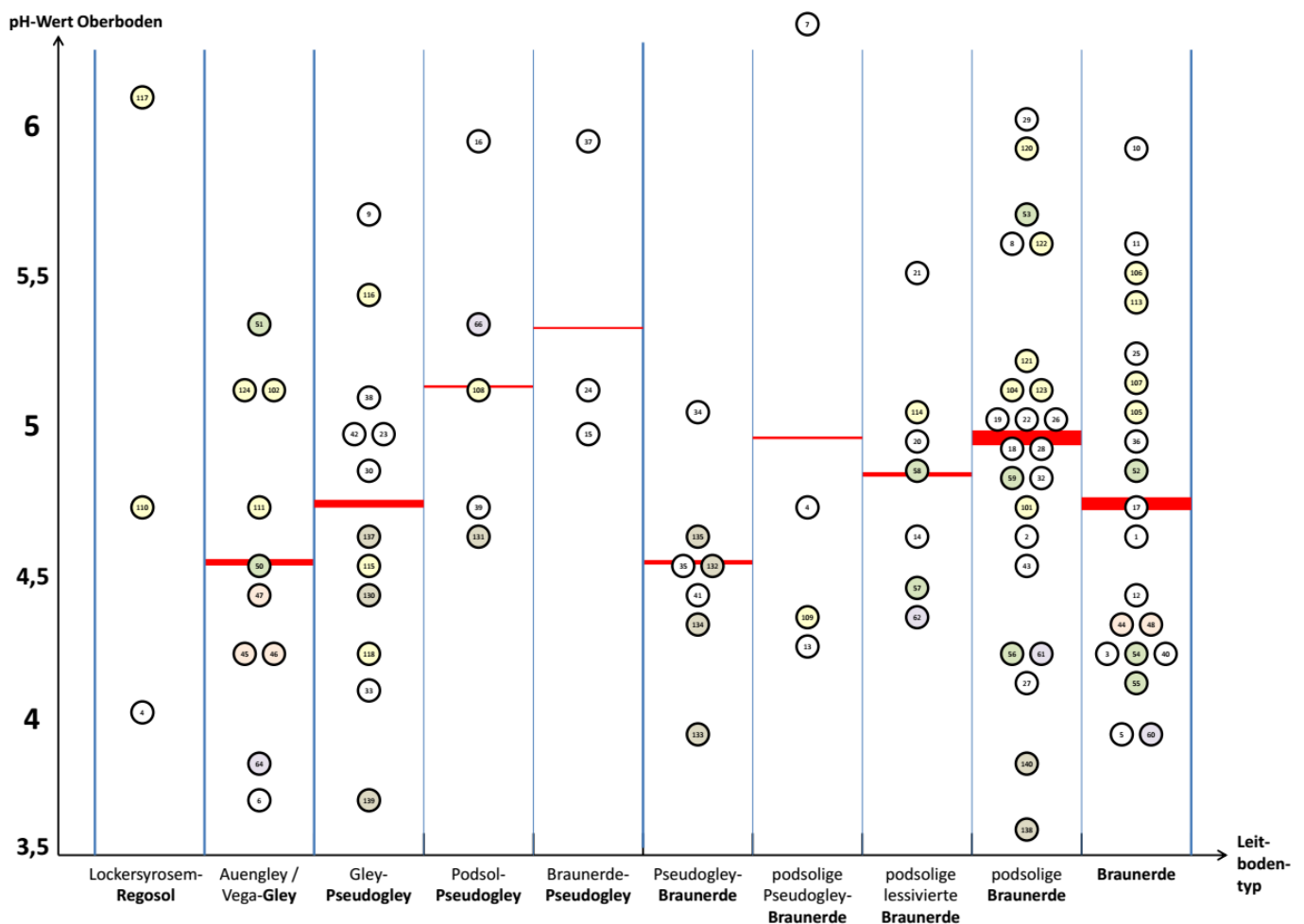
Im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie erfolgte von 1993 bis 2016 die "**Bodenkundliche Landesaufnahme**".²⁵¹ Daraus ging die kartografische Abgrenzung von "Leitbodenformen" hervor. Dargestellt wird die jeweils vorherrschende Kombination von Substrattyp (Bodenart) und Entwicklungszustand (Bodentyp), ggf. ergänzt um "Begleitbodenformen". Seit 2020 steht eine aktualisierte digitale Version über [geoportal.sachsen.de](https://www.boden.sachsen.de) zur freien Verfügung.

²⁵¹ <https://www.boden.sachsen.de/download/boden/BK50-Erlaeuterung-2020.pdf> (abgerufen 9.11.21)



Für die Ableitung von konkreten bodenkundlichen Informationen auf der Ebene von einzelnen Wiesen (meist kleiner als 1 Hektar) erwies sich der Kartiermaßstab als viel zu grob. So reichen die blauen "Auengley"-Bänder oftmals bis weit auf die höher gelegenen Flächen beidseits der eizeitlichen Hangterrassen. (siehe Abb. 51)

Insofern ist es nicht verwunderlich, dass sich auch keine Korrelationen zwischen den generalisierenden Leitbodenformen und den an konkreten Punkten gemessenen pH-Werten ergeben:





• Beziehungen zwischen Höhenlage (über NN) und pH-Wert des Oberbodens

Die Vermutung liegt nahe, dass mit zunehmender Höhe im Erzgebirge die pH-Werte abnehmen - mithin die potentielle Kalkungsbedürftigkeit zunimmt. Allein die in den oberen Berglagen höheren Niederschläge müssten starke Auswaschungstendenzen nach sich ziehen, die geringeren Durchschnittstemperaturen den Humusumsatz begrenzen. Hinzu kommen die jahrzehntelangen Immissionen schwefelsaurer Niederschläge, die besonders die grenznahen Kammlagen viel stärker belastet haben als die unteren Gebirgsbereiche (vergleiche die forstlichen Schadzonen der 80er und 90er Jahre - Kapitel 2.4, Abb. 23)

Eine solche Höhenabhängigkeit kann anhand des vorliegenden Datenmaterials jedoch nicht nachgewiesen werden. Vielmehr streuen die pH-Werte in jeder Höhenlage innerhalb eines sehr weiten Bereichs:

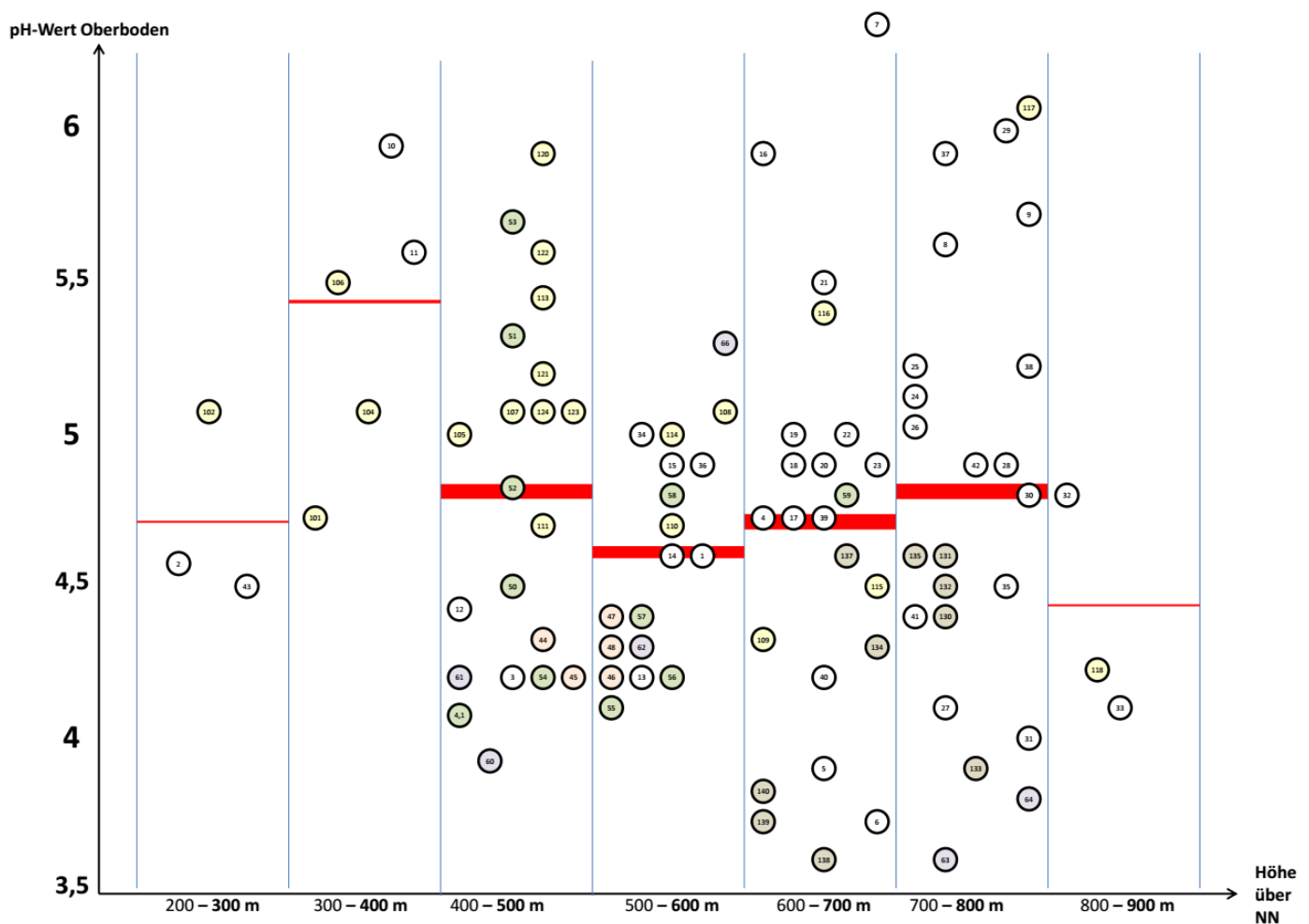


Abb. 63: Zuordnung der pH-Werte der Bodenproben zu den Höhenlagen der Aufnahmeorte
(Die Zahlen in den Kreisen entsprechen der Aufnahmenummer in der Datei Anhang 2)

Bei genauerem Hinsehen fällt allerdings auf, dass die pH-Durchschnittswerte in den Höhenstufen "700 - 800 m" sowie (etwas weniger markant) "600 - 700 m" vor allem durch weiße Kreise nach oben gezogen werden. Die weißen Kreise stehen für die pH-Wert-Aufnahmen aus der Bodendatenbank des LfULG und repräsentieren überwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen. Insofern könnten hier möglicherweise Düngemaßnahmen das Bild verzerren.



• Beziehungen zwischen Aufnahmejahr und pH-Wert des Oberbodens

Die Bodenaufnahmen, deren pH-Werte in die Auswertung einfließen, stammen aus einem Zeitraum von über drei Jahrzehnten. Über diese Zeitspanne haben sich viele Veränderungen im Ost-Erzgebirge ereignet, bei denen auch Auswirkungen auf die Bodeneigenschaften naheliegend sind: saure Niederschläge bis Ende der 1990er Jahre; starker Rückgang der Weidetier-Besatzdichten; "Extensivierung" der Nutzung bis (zumindest zeitweilige) Nutzungsaufgabe zahlreicher Naturschutzwiesen und Aufnahme von Biotoppflege ohne Kompensation der entzogenen Nährstoffe; Jahrhunderthochwasser und Jahrhundertdürre; ...

Mit dem einen oder anderen Prozess ließe sich sowohl ein tendenzieller Rückgang der durchschnittlichen pH-Werte erklären (z.B. fortschreitende natürliche Bodenversauerung und durch Nährstoffentzug) als auch ein tendenzieller Anstieg (v.a. wegen Rückgang der einst dramatisch hohen SO_2 -Immissionen). Die grafische Aufarbeitung der vorhandenen Daten scheint eher für Letzteres zu sprechen:

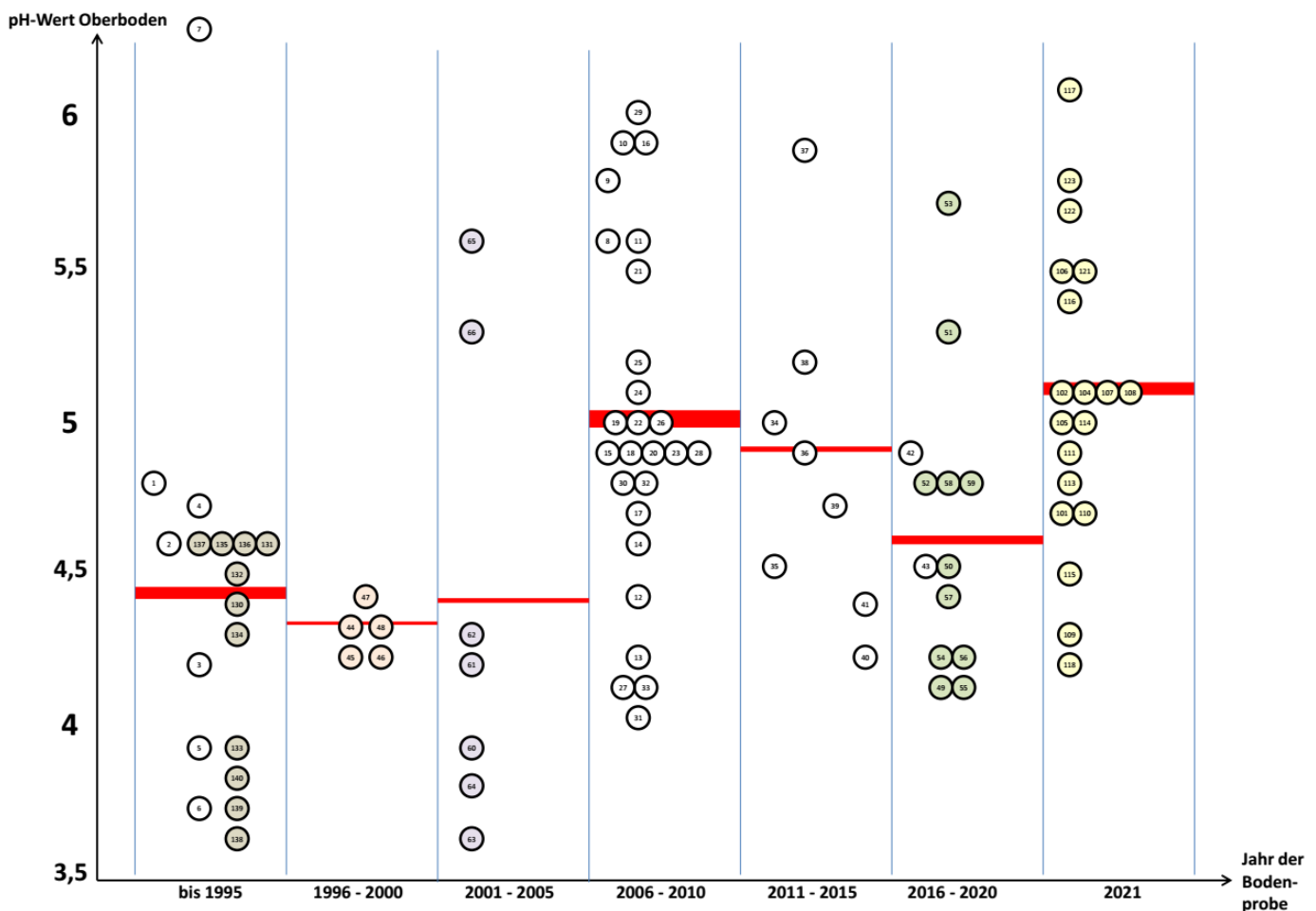


Abb. 64: Zuordnung der pH-Werte der Bodenproben zum Aufnahmejahr.
(Die Zahlen in den Kreisen entsprechen der Aufnahmenummer in der Datei Anhang 2)

Zu beachten ist jedoch, dass bei dieser Zuordnung in 5-Jahr-Scheiben innerhalb des jeweiligen Intervalls die Untersuchungen jeweils einer Arbeit dominieren: HACHMÖLLER (2000) erste Hälfte 1990er Jahre (graubraune Kreise), Versuchsgut Börnchen zweite Hälfte 1990er Jahre (rosa Kreise), SCHMIEDE (2004) Anfang 2000er Jahre (violette Kreise), LOCHSCHMIDT (2018) zweite Hälfte 2010er Jahre (grüne Kreise), aktuelle Aufnahmen für diese Studie 2021 (gelbe Kreise). Möglicherweise schlagen hier methodische Unterschiede der



Aufnahmen - Jahreszeit, Art der Probennahme, Probentiefe u.a. - stärker durch als bei den anderen Auswertungen.

Dessenungeachtet ist dennoch der deutliche Anstieg des pH- Mittels beim Vergleich der Werte von SCHMIEDE (2004), LOCHSCHMIDT (2018) und den aktuellen Aufnahmen bemerkenswert. In allen drei Fällen bildete eine vergleichbare Palette von Biotoppflegetwiesen die Grundlage der Erfassungen. Einige Flächen wurden sogar doppelt beprobt. Dass die aktuellen 2021er Proben "zur falschen Jahreszeit" erhoben worden sein könnten, scheidet als Erklärung aus. Generell gilt vielmehr, dass im Frühjahr und Sommer der pH-Wert eines Standorts geringer ist, und nach Niederschlägen im Herbst um bis zu einer ganzen pH-Einheit ansteigen kann.²⁵² Die Bodenproben von Frank LOCHSCHMIDT stammten von November/Dezember 2017²⁵³, die aktuellen Proben wurden im Mai 2021 gewonnen und analysiert. Demnach müssten letztere eigentlich niedriger sein. Doch das Gegenteil ist der Fall. Allerdings ist auch unwahrscheinlich, dass innerhalb von dreieinhalb Jahren wirklich gravierende Veränderungen auf den Biotoppflegetwiesen stattgefunden haben, die den durchschnittlichen pH-Wert von 4,6 auf 5,1 ansteigen lassen. Eine nachvollziehbare Erklärung konnte nicht gefunden werden.

Bei den weißen Kreisen handelt es sich um die Werte aus der LfULG-Bodendatenbank, die überwiegend auf Agrarflächen gewonnen wurden, wo wahrscheinlich eher Nährstoffe zurückgeführt wurden (über Düngung oder Weidetiere).

• Beziehungen zwischen durchschnittlichem R-Zeigerwert der Pflanzen und pH-Wert des Oberbodens

In vielen vegetationskundlichen Arbeiten wird der Vergleich zwischen den gemittelten Reaktionszahlen (R-Zeigerwert nach ELLENBERG) der Vegetationsaufnahmen und den am gleichen Ort gemessenen pH-Werten angestellt - so auch in der Dissertation von Bernard HACHMÖLLER²⁵⁴ und in der Diplomarbeit von Ralf SCHMIEDE.²⁵⁵

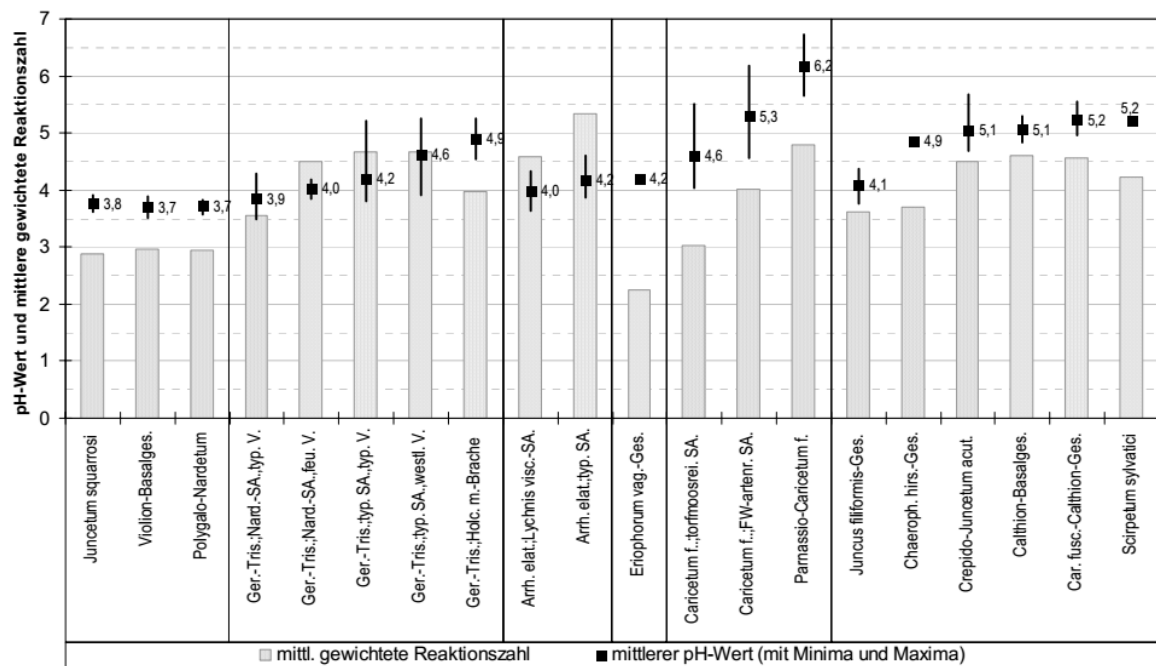


Abb. 65: Korrelation zwischen mittlerem pH-Wert und mittlerer Reaktionszahl bei SCHMIEDE (2004)

²⁵² AUTORENKOLLEKTIV (1985), S. 162

²⁵³ LOCHSCHMIDT (2018), S. 2

²⁵⁴ HACHMÖLLER (2000), S. 96

²⁵⁵ SCHMIEDE (2004), S. 77



Tendenziell lässt sich natürlich auch bei den vorliegenden Daten ein derartiger Zusammenhang erkennen. Vielmehr aber fällt die extrem große Streuung der "Wolke" auf. Überdurchschnittlich viele der "Ausreißer", vor allem auf der rechten Seite hoher R-Werte, scheinen hier wieder die weißen Kreise - die heterogenen Werte aus der LfULG-Bodendatenbank - zu sein. Wie bereits in Kapitel 4.2 dargelegt, wurden von ELLENBERG nicht wenige Allerweltsgrünlandarten mit einem relativ hohen R-Zeigerwert versehen.

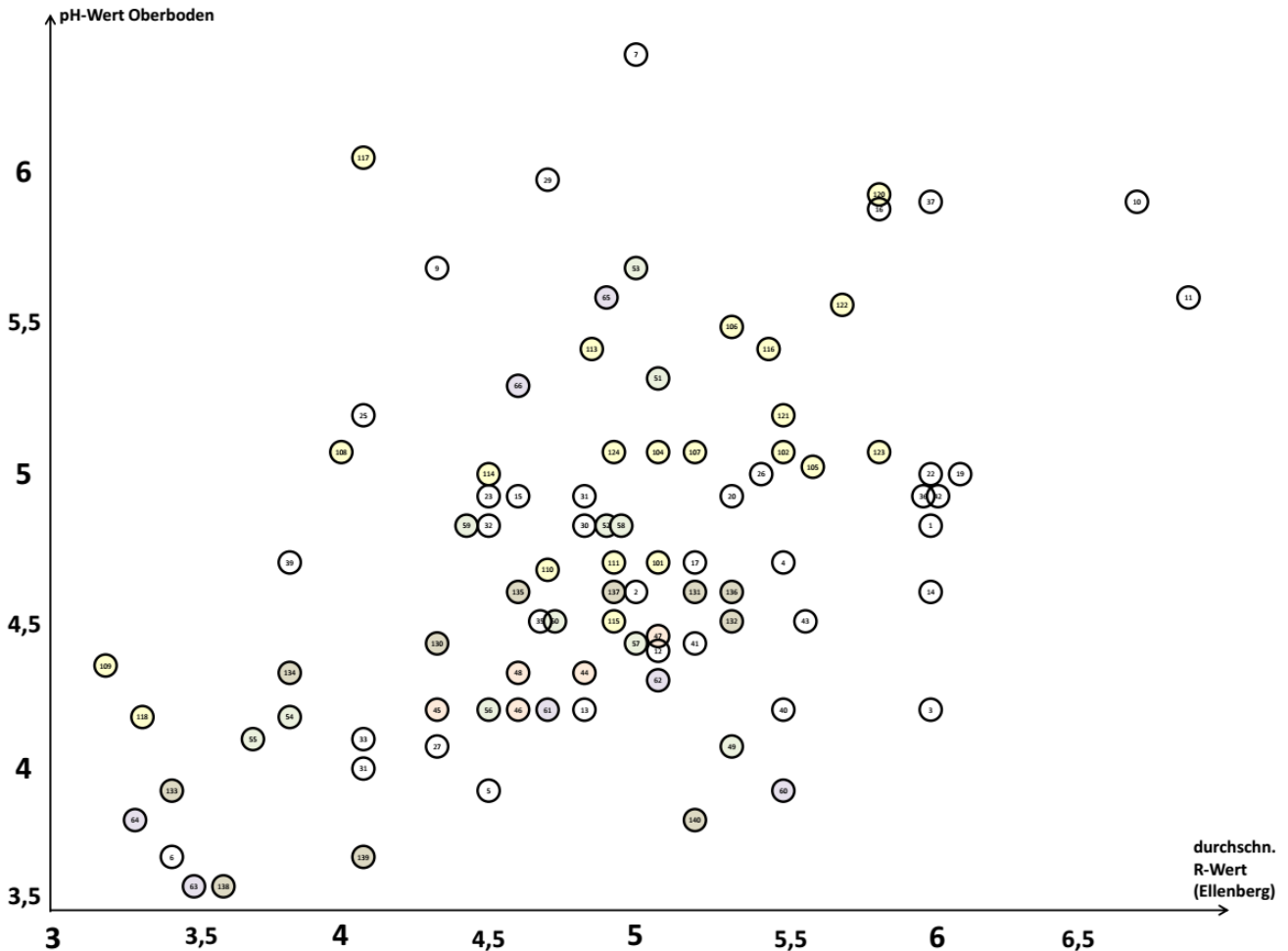


Abb. 66: Zuordnung der pH-Werte der Bodenproben zur Reaktionszahl nach ELLENBERG. (Die Zahlen in den Kreisen entsprechen der Aufnahmeummer in der Datei Anhang 2)

Die breite Streuung legt die Schlussfolgerung nahe, dass die Reaktionszahl R (nach ELLENBERG) allenfalls als schwacher Indikator für die potentielle Kalkungsbedürftigkeit von Naturschutzwiesen herangezogen werden kann.

• Beziehungen zwischen Naturschutzbedeutung der Wiesen und pH-Wert

Die Grundannahme, die zu dieser Studie führte, beruhte darauf, dass die meisten "Naturschutzwiesen" seit Jahren oder Jahrzehnten nur gemäht werden, ihnen also wichtige - vor allem eben auch: basische - Nährstoffe entzogen werden. Im Unterschied zu "normalem Agrargrünland" bekommen sie seit langem kaum noch basische Dünger zugeführt, so wie dies historisch etwa mit Brandkalk oder Thomasphosphat praktiziert wurde. Daher ließe sich erwarten, dass unter den bei der Untersuchung berücksichtigten Daten die pH-Werte auf "Agrargrünland" und "Potentialgrünland" höher liegen müssten, da die meisten dieser Flächen zumindest noch bis in die jüngere Vergangenheit wenigstens eine teilweise Nähr-



stoffrückführung über Rinderbeweidung bekommen haben. Um dies zu prüfen, wurden die Daten in Gruppen sortiert hinsichtlich ihrer Einstufung als Lebensraumtyp entsprechend FFH-Richtlinie bzw. als Besonders Geschützter Biotop nach Naturschutzgesetz, plus des Vorkommens von Arten der Roten Liste Sachsens (einschließlich Vorwarnliste):

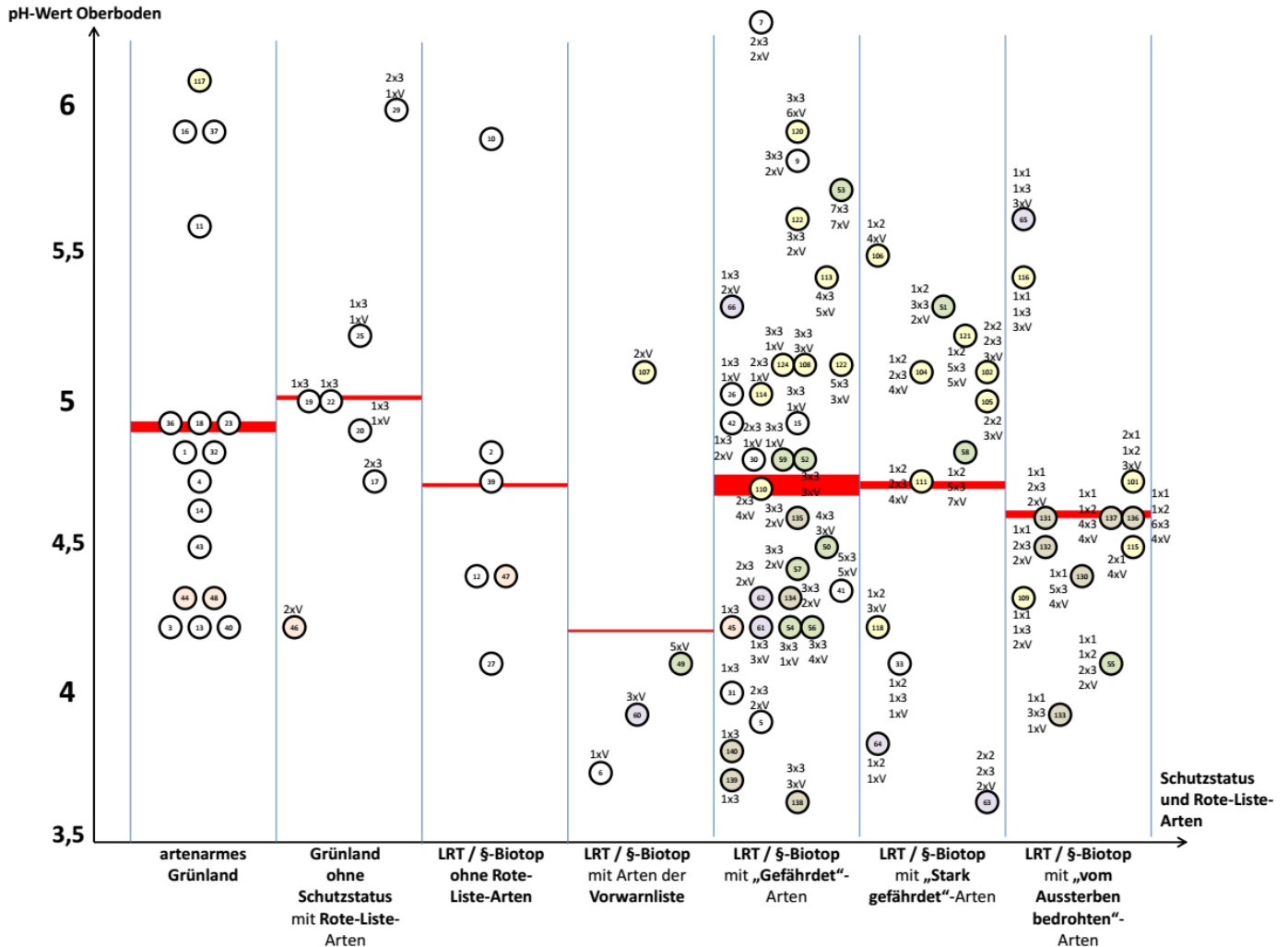


Abb. 67: Zuordnung der pH-Werte der Bodenproben zum Schutzstatus und zum Vorkommen von Rote-Liste-Arten. (Die Zahlen in den Kreisen entsprechen der Aufnahmenummer in der Datei Anhang 2)

Tatsächlich wird eine leichte Tendenz ersichtlich, dass geschützte Wiesen mit Rote-Liste-Arten im Mittel einen etwas niedrigeren Boden-pH-Wert aufweisen als artenarmes Grünland. Dennoch ist auch hier die Streubreite in allen Kategorien offensichtlich so hoch, dass sich daraus keine Entscheidungshilfen für die Kalkungsbedürftigkeit von Wiesen ableiten lassen.

Grundsätzlich aber stimmt der niedrige durchschnittliche pH-Wert unserer hochwertigsten, naturschutzbedeutsamsten Wiesen sehr bedenklich.

Um dies genauer beurteilen zu können, müssen die Rote-Liste-Arten artenreichen Grünlands, die zugleich in vielen Fällen auch Ziel- und "Sympathie"-Arten des Naturschutzes sind, hinsichtlich ihrer Basenansprüche und Säuretoleranz genauer betrachtet werden.



• Beziehungen zwischen Vorkommen ausgewählter Rote-Liste-Arten und pH-Wert

Die Bergwiesen des Ost-Erzgebirges zeichnen sich generell durch "einen hohen Anteil von Basen- und teilweise Wärmezeigern" aus, mit denen sie "von anderen Beständen abgegrenzt werden können".²⁵⁶ Nach BÖHNERT (2009) trifft dies vor allem für Kalkstandorte im Gimmlitztal und Basaltstandorte am Geisingberg und um Oelsen zu. Doch auch im Gneis gibt es offenbar basenreichere Partien.²⁵⁷ Unter den von BÖHNERT herausgearbeiteten Bergwiesen-Trennarten des Ost-Erzgebirges gelten seiner Ansicht nach 12 als Basenzeiger und nur 2 als Säurezeiger. Bei allen diesen Pflanzen handelt es sich heute um "stark gefährdete" oder "vom Aussterben bedrohte" Arten in Sachsen.

Auch der überwiegende Teil der in der Roten Liste Sachsens²⁵⁸ verzeichneten Arten, die auf den Grünlandstellen vorkommen (oder auch: bis vor kurzem vorkamen), für die Bodenaufnahmen vorliegen, gilt als "Mäßigsäurezeiger" bis "Schwachbasenzeiger" (nach ELLENBERG):

Reaktionszahl nach ELLENBERG		1 vom Aussterben bedroht	2 stark gefährdet	3 gefährdet	V Vorwarnliste
	1		Wald-Läusekraut		
	2				
	3		Arnika	Berg-Platterbse	Igel-Segge Gew. Kreuzblümchen Hunds-Veilchen
	4	Wiesen-Vermeinkraut			Färber-Ginster
	5	Niedr. Schwarzwurzel		Perücken-Flockenbl. Weicher Pippau	Alantdistel Gewimpert. Kreuzlabkraut
	6			Hain-Wachtelweizen	Wald-Storchschnabel
	7	Europ. Trollblume	Herbstzeitlose Gefleckte Kuckucksbl.	Breitblättr. Kuckucksbl.	Großes Zweiblatt Kriechende Hauhechel Purpur-Fetthenne Nickendes Leimkraut
	8	Breitblättr. Wollgras Feuer-Lilie	Rauhaarige Gänsekresse Stattliches Knabenkraut	Große Sterndolde Aufrechte Trespe Wiesen-Primel	Sumpf-Storchschnabel Dunkles Lungenkraut

²⁵⁶ BÖHNERT (2009), S. 23

²⁵⁷ GRÜNE LIGA (1999), S. 156

²⁵⁸ LfULG (2013)

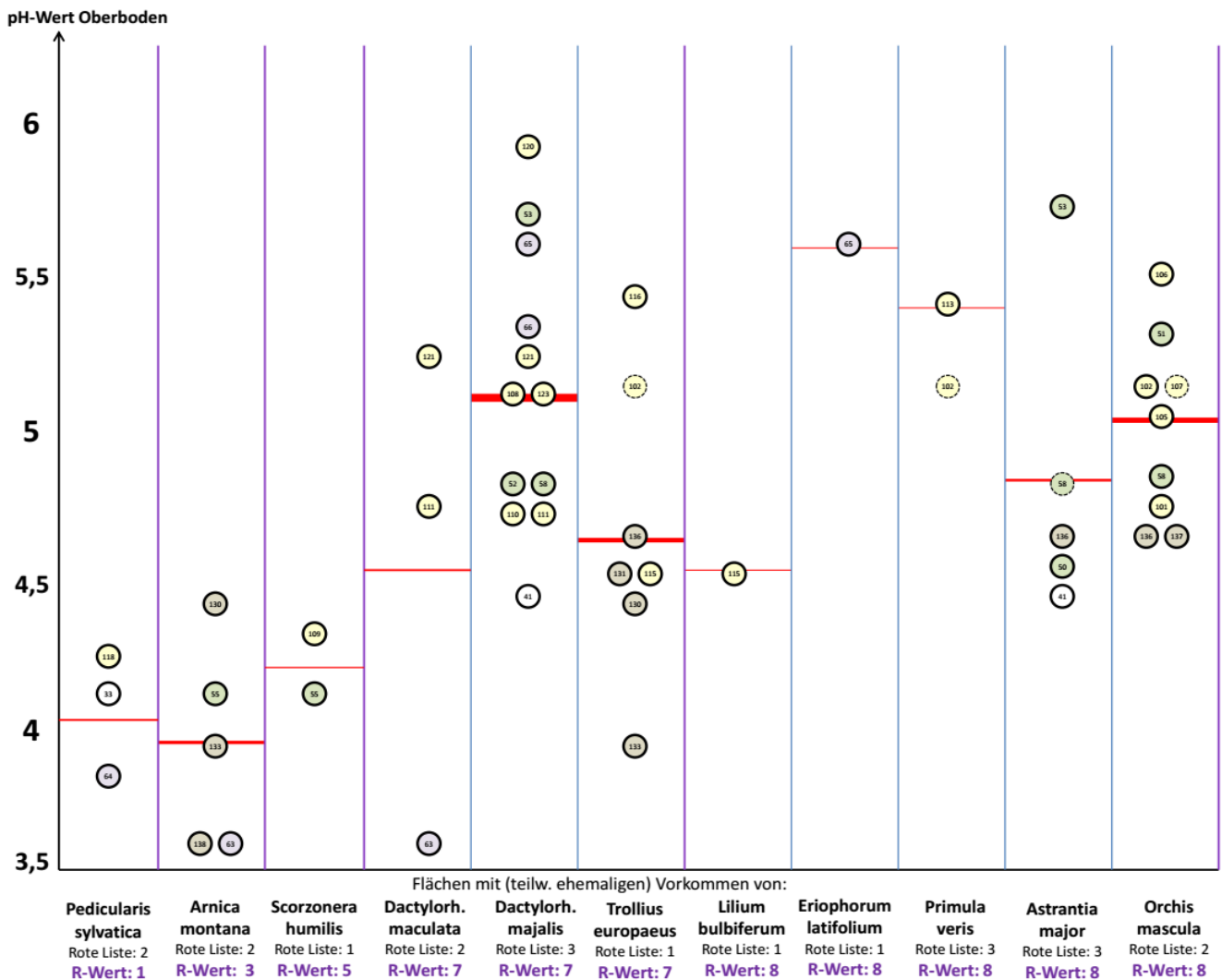


Abb. 68: Zuordnung der pH-Werte der Bodenproben zum Vorkommen von Rote-Liste-Arten.

Die grafische Zuordnung der Rote-Liste-Arten zu den Boden-pH-Werten an den Stellen ihrer Vorkommen legt nahe, dass die meisten der Wiesen-Zielarten kaum unter noch saureren Bedingungen als pH-Wert 4,5 vorkommen (können). Ausnahmen sind die Säurezeiger Wald-Läusekraut, Arnika und Schwarzwurzel. Doch gerade bei Arnika und Schwarzwurzel ist zu vermuten, dass auch hier eine Untergrenze erreicht sein könnte. Für Arnika gehen RICHTER und HANSPACH davon aus, dass eine zu starke Versauerung (unter pH 4,5) jedoch schädlich ist), weil es dann u. a. zu toxischen Wirkungen von Aluminium-Ionen kommen kann.²⁵⁹ Und Schwarzwurzel hat immerhin eine ELLENBERG-Reaktionszahl von 5 ("Mäßigsäurezeiger, auf stark sauren ... Böden selten"²⁶⁰).

Der Vergleich mit der Abbildung 67 zeigt: zumindest bei den untersuchten "Naturschutzwiesen" (LRT und Geschützte Biotope) liegt der durchschnittliche pH-Wert recht knapp über 4,5.

Daraus lässt sich schließen, die Einschätzung der Kalkungsbedürftigkeit aus Naturschutzgründen insbesondere an den Bedürfnissen der Zielarten zu orientieren - wenn es nicht möglich ist, für die betreffende Wiese eine tiefgründige gesamtökologische Analyse anzustellen.

²⁵⁹ RICHTER/HANSPACH (2013), S. 32

²⁶⁰ ELLENBERG (1996), S. 1022



5.2 Pro und Contra Naturschutzwiesenkalkung komprimiert

Diese Studie hat versucht, sich hauptsächlich über drei Pfade einer fundierten Kalkungsempfehlung für naturschutzrelevantes Grünland im Ost-Erzgebirge anzunähern. Keine der drei Herangehensweisen lässt die Ableitung wirklich eindeutiger Handlungsanweisungen zu.

I. **Literaturauswertung** zu den Auswirkungen von Kalk (und damit induzierte pH-Wert-Erhöhung) auf den Boden.

Pro: Unbestritten ist, dass ein (durch Kalkung herbeigeführter) Boden-pH-Wert nahe des Neutralbereichs:

- das Bodengefüge stabilisiert, damit Bodenverdichtung entgegenwirkt und eine bessere Wasser- und Sauerstoffversorgung im Wurzelbereich ermöglicht;
- die Verfügbarkeit von wichtigen Pflanzennährelementen (v.a.: Phosphor!) wesentlich verbessert;
- die Freisetzung von giftigen Schwermetall- und Aluminiumionen verhindert;
- das Bodenleben generell aktiviert (und wahrscheinlich auch dessen Biodiversität erhöht!);
- in der Regel eine Erhöhung der botanischen Artenvielfalt auf der Fläche ermöglicht;
- den Futterwert des Aufwuchses verbessert (mithin der ökonomischen Bilanz der Biotoppflege zugutekommen kann).

Es liegt nahe, dass nach jahrzehntelanger Belastung des (oberen) Ost-Erzgebirges hier die Notwendigkeit zur Wiederherstellung eines ausgewogenen Basenhaushalts der Böden besonders wichtig ist.

Contra: Demgegenüber steht als erhebliches Risiko für Naturschutzziele im Grünland vor allem:

- die Mobilisierung der Stickstoffvorräte im Boden und damit die Förderung von besonders gut N-verwertenden Dominanzstrategen zulasten von konkurrenzschwachen Naturschutz-Zielarten (Was früher eine allzu rasch vorübergehende Wirkung war, wenn sich die N-Vorräte erschöpft hatten, kann heute aufgrund der hohen anthropogen-atmosphärischen Eutrophierung zur nachhaltigen Veränderung der Artenzusammensetzung führen.);
- die Öffnung von Eintrittspforten für unerwünschte Ruderalisierungszeiger in die sich verändernde Vegetation, ungünstigenfalls einschließlich invasiver Neophyten;
- außerdem evtl. auch die Schwächung von Mykorrhiza-Pilzen (die u.a. bei der Stabilisierung unter klimawandelbedingten Extremereignissen wichtig sein können).

Sowohl historische Lehrbücher (aus Zeiten, als blütenbunte Mähwiesen zum Alltag des Landwirts gehörten), als auch die heutige Agrarwissenschaft befürworteten eine ausgeglichene Basenversorgung im Grünland und leiten daraus Kalkungsempfehlungen ab. (Wenngleich "normales" Wirtschaftsgrünland auch bis in mäßig saure Verhältnisse ertragreich bleiben kann.)

Dabei zielen diese Empfehlungen aber stets auf Ertragsoptimierung ab. Naturschutzaspekte spielen in der Regel keine Rolle.



II. **historische Recherche** zur regionalen Kalkungspraxis der vergangenen Jahrhunderte

Pro: Durch die Arbeit von Christoph BIEBERSTEIN (2021), siehe Anhang 1, wurde gezeigt:

- dass spätestens ab Ende des 18. Jahrhunderts die Verwendung von Brannt-/Löschkalk in der Landwirtschaft des Ost-Erzgebirges weitverbreitet war;
- Kalkung auch auf (ehem.) Schafstriften vorgenommen wurde, u.a. um Grünland-Futterpflanzen zu fördern;
- die damals praktizierte Kalkung mengenmäßig teilweise über den heutigen Empfehlungen gelegen hat.

Die Kalköfen gingen in der Region Ende des 19. Jahrhunderts außer Betrieb. Gleichzeitig kam ein neuer Dünger bis Mitte des 20. Jahrhunderts in Gebrauch:

- Thomasphosphat, ein Kalk-Phosphat-Gemisch als Abprodukt früherer Stahlherstellung, damals beworben als "Bester Wiesendünger".

Contra: Die Entwicklung von grünlandartigen Lebensräumen begann lange vor Einführung der Kalköfen. Pflanzen- (und Tier-)Arten, die nicht erst in den letzten 250 Jahren eingeführt wurden, müssen daher auch mit kalkarmen Bedingungen klargekommen sein.

Fragezeichen: Auch wenn die Erkenntnisse aus der historischen Analyse zu einer breiten Verallgemeinerung einladen: mangels damaliger "schlagbezogener Aufzeichnungen" lässt sich nicht rekonstruieren, inwiefern diese Kalkungspraxis auch konkret die heutigen "Naturschutzwiesen" betraf.

III. **Analyse von Boden-pH-Daten** aus dem oberen Müglitztal der letzten drei Jahrzehnte

Pro: - Obwohl anhand des sehr heterogenen Datenmaterials nicht eindeutig ableitbar, so scheint tendenziell die Artenvielfalt der weniger sauren Naturschutzwiesen etwas größer zu sein.

- Insbesondere Zielarten mit einer hohen Reaktionszahl (nach ELLENBERG) meiden stark saure Standorte.
- Ein (überraschend gering ausgeprägter) Zusammenhang zwischen durchschnittlicher Reaktionszahl einer Wiese und den gemessenen pH-Werten im Oberboden ist erkennbar.

Contra: - Wahrscheinlich aus der sehr großen Heterogenität des Datenmaterials resultieren bei allen Vergleichen sehr weite Streuungsbereiche.

- Keinerlei Korrelationen lassen sich zu einfach ermittelbaren Grundlagendaten (insb. Geologie, Leitbodenformen) erkennen.

Fragezeichen: Möglicherweise laufen seit dem Ende der Schwefeldioxid-Belastungen auch irgendwelche natürlichen "Normalisierungsprozesse" in den Böden ab? Das könnte die steigenden pH-Werte zwischen den Messungen von Bernard HACHMÖLLER in den 1990er Jahren, Ralf SCHMIEDE Anfang der 2000er, Frank LOCHSCHMIDT 2017 und den 2021er Aufnahmen erklären. Und dass nach Mitteilung eines Landwirts Schwefel in den Agrarböden schon wieder an der Grenze zum Mangellement steht.



Auch nach umfangreicher Literaturauswertung, historischen Recherchen zur Kalkungspraxis und Analyse des in der Region vorhandenen Datenmaterials zeichnet keine eindeutige Handlungsanleitung ab, ob und in welchem Ausmaß welche naturschutzbedeutsamen Wiesen gekalkt werden sollten. Praktisch wird es wohl bei der Abwägung der beabsichtigten Wirkungen und der unbeabsichtigten Nebenwirkungen bleiben müssen.

5.3 Empfehlungen für die Naturschutz-Kalkungspraxis

Statt einer mit der "Kalkungskonzeption Oberes Müglitztal" eigentlich beabsichtigten, möglichst flächenkonkreten Darstellung, auf welchen Naturschutzwiesen wieviel und wie oft gekalkt werden sollte, ergibt sich aus der Studie leider nur ein Set von relativ allgemeinen Handlungsmaximen:

A. Vielfalt fördern - auch der Bodenbedingungen!

Biodiversität umfasst Artenvielfalt plus Genetische Vielfalt plus Ökosystemvielfalt.²⁶¹ Viel zu oft gerät aus dem Blickfeld des Naturschutzes, dass Grünland-Ökosysteme nicht nur aus der (oberirdischen) Vegetation und gelegentlich noch Tagfaltern, Heuschrecken und Bodenbrütern bestehen. Vermutlich mindestens die Hälfte der Biologischen Vielfalt entzieht sich unter der Erdoberfläche dem Fokus. Gerade angesichts der großen Kenntnisdefizite kann die Naturschutzstrategie für möglichst hohe Biodiversität im Edaphon nur darin bestehen, eine möglichst breite Palette an (naturnahen!) Bodenbedingungen zu gewährleisten.

Dementsprechend sollten auf "Naturschutzwiesen" **keine generellen Ziel-pH-Werte** gelten, wie sie in der "normalen" landwirtschaftlichen Praxis existieren (siehe Kapitel 3.3). Diese zielen auf Ertragsmaximierung ab. Die Bemühungen um Ertragsmaximierung spielten bei der Entstehung artenreicher Mähwiesen im 19. Jahrhundert durchaus eine wichtige Rolle, allerdings reichten die Mittel damals sicher nicht, alle Flächen "über einen Kamm zu scheren" - wie dies heute "dank" Naturschutzförderung und FFH-Managementvorgaben hinsichtlich der Standard-Biotoppflege meist der Fall ist.

Die Vielfalt an Grünland-Bodenökosystemen wird heute durch etliche anthropogene Einflüsse stark eingeschränkt: Eutrophierung, Bodenverdichtung (auch im Zuge geförderter Biotoppflege), Austrocknung infolge Klimawandel etc. Zu den schwerwiegendsten Belastungen der jüngeren Vergangenheit gehör(t)en die hohen Säureeinträge infolge von SO₂- und NO_x-Immissionen. infolgedessen gilt es, **Nivellierung auf "unnatürlich saurem Niveau" zu verhindern.**

Es ist anzunehmen, dass Boden-pH-Werte im stark sauren Bereich (unter 4,7 nach Bodenkundlicher Kartieranleitung; unter 5 nach SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL) von Natur aus im oberen Müglitztalgebiet nur über Quarzporphyr und Mooren vorkamen.

Wenn nicht spezielle Artenschutzgesichtspunkte dagegen sprechen, sollte es legitim sein, den Boden-pH-Wert von Wiesen über Gneis oder gar Basalt wieder auf Werte über 5 anzuheben. Dies betrifft insbesondere die oberen Gebirgslagen, die oft durch - früher extrem sauren - "Böhmischen Nebel" geprägt sind.

²⁶¹ Artikel 2 der Konvention über die Biologische Vielfalt; <https://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-02>



Bei allen Kalkungsmaßnahmen sollten möglichst auch **ungekalkte Weisenbereiche** belassen werden. Zum einen können diese als Vergleichsflächen für Langzeitmonitoring dienen, zum anderen aber erhöht auch das Nebeneinander unterschiedlicher Standortbedingungen die Biologische Vielfalt.

B. Kalkung an Zielarten orientieren!

Wie Abb. 68 vermuten lässt, gibt es eine Art "rote Linie" für heute gefährdete Arten mit höheren Ansprüchen an die Basenversorgung der Böden. Bei pH 4,5 scheinen Breitblättrige Kuckucksblume, Stattliches Knabenkraut, Trollblume, Feuer-Lilie und Sterndolde an ihre untere Toleranzgrenze zu kommen. Vermeintliche Säurezeiger wie Arnika können sich auch darunter noch halten, aber womöglich leidet die Regenerationsfähigkeit. Dies könnte die vielen Fehlschläge bei Wiederansaat-Versuchen von Arnika erklären. Und mit Sicherheit existieren auch für viele andere Zielarten der Naturschutzwiesen derartige pH-Wert-Untergrenzen.

Die von ELLENBERG postulierten Zeigerwerte sagen zwar wenig über den physiologischen Toleranzbereich der einzelnen Arten aus. Aber es ist vielfach nachgewiesen worden, dass R-Wert einer Art und pH-Wert des zugehörigen Standorts korrelieren (auch wenn dieser Zusammenhang innerhalb des hier verwendeten Datensets nicht so deutlich wird - Abb. 66).

Ohne dies im Rahmen dieser Studie wissenschaftlich exakt herleiten zu können, soll hier folgendes Schema empfohlen werden:

			Ist-pH-Wert									
			3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	5	5,25	5,5	5,75
R-Wert Zielart		Ziel-pH-Wert	Kalkmenge CaO in dt/ha (über vier Jahre)									
3	→	4,5	25	20	15	10	5					
4	→	4,75	30	25	20	15	10	5				
5	→	5	35	30	25	20	15	10	5			
6	→	5,25	40	35	30	25	20	15	10	5		
7	→	5,5	45	40	35	30	25	20	15	10	5	
8	→	5,75	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5

Grundlage für die kalkulierten Kalkmengen sind die vom LfULG empfohlenen Düngemengen für "Gesundungskalkung", "Aufkalkung" und "Erhaltungskalkung"²⁶². Da aus landwirtschaftlicher Perspektive nur ein hinsichtlich der Erträge optimaler Zielzustand angestrebt wird, sind die in den Tabellen des LfULG angegebenen Kalkmengen für die im oberen Müglitztal vorherrschende Bodenart (lehmgiger Sand/sandiger Lehm) auf den Ziel-pH-Wert von rund 5,5 ausgerichtet. Für an den Basenansprüchen von Zielarten ausgerichtetes "Naturschutz-Grünland" wurden hier die Kalkmengen linear angepasst.

Angegeben sind die Mengen, wie auch in den anderen Tabellen üblich, in CaO. Für die - zu bevorzugende - Verwendung von CaCO₃ müssen die Werte mit einem Umrechnungsfaktor 1,75 multipliziert werden. Generell sollten die angegebenen Zahlen aber eher als Höchstmengen betrachtet werden.

²⁶² LfULG 2006; https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Kalk-Duengerbedarf_Gruenland1.pdf



C. Keine "Radikaleingriffe": wenig, aber stetig!

Um keine zu plötzlichen bodenchemischen Veränderungen herbeizuführen und insbesondere dem Bodenleben Zeit zur Anpassung zu geben, sollten **in einem Jahr nicht mehr als 20 dt Kalk** ausgebracht werden. Manche Autoren setzen, selbst aus landwirtschaftlicher Sicht, die maximalen Kalkgaben pro Jahr sogar noch niedriger an (10 - 15 dt).²⁶³ Sollte nach obiger Orientierungstabelle mehr als 20 dt CaO (bzw. 35 dt CaCO₃) innerhalb von vier Jahren erforderlich sein, dann sind die Kalkgaben auf mindestens zwei Jahre zu verteilen.

(Beispiel: "Feuerlilienwiese an der Bahnlinie", Ist-pH-Wert 4,5; Vorkommen von Feuer-Lilie mit R-Wert 8, deshalb Ziel-pH-Wert 5,75 → zur Zielerreichung erforderliche Kalkmenge 30 dt/ha CaO = 50 dt CaCO₃ → 1. Jahr 15 dt/ha CaO bzw. 25 dt CaCO₃ + 3. Jahr 15 dt/ha CaO bzw. 25 dt/ha CaCO₃)

Im Allgemeinen wird in der landwirtschaftlichen Praxis die **Kalkdüngung in den Herbst- und Wintermonaten** favorisiert. Dies war auch früher schon so²⁶⁴, und gilt auch in der Gegenwart.²⁶⁵ Die Grünlandexperten meinen sogar: "Kalkung im Spätherbst erhöht auch den Anteil an wertvollen Gräsern und Kräutern".²⁶⁶ Dennoch ist auch Kalken nach dem ersten Schnitt oder nach der Weidenutzung denkbar.²⁶⁷ Bei den meisten Landwirtschaftsbetrieben mag es betriebsorganisatorisch vorteilhaft sein, zusätzliche Arbeitsgänge - wie Düngen oder Kalken - in die Zeit nach der Ernte zu verlagern. Für biotoppflegerische Vereine wie die Grüne Liga Osterzgebirge, bei der die meiste Arbeit im Rahmen von Heulager und anderen Freiwilligeneinsätzen passiert und manche der entlegenen Weisen während der übrigen Zeit des Jahres nur sporadisch aufgesucht werden, bietet sich **Kalkung unmittelbar nach der Mahd** an. Wenn dies zum festen Bestandteil der Wiesenpflege wird, kann die für vier Jahre vorgesehene Kalkgabe in kleineren Portionen ausgebracht werden.

Unmittelbar nach der Biotoppflege-Mahd ist die Rasennarbe auch am kürzesten, liegt der meiste Boden offen. Der Kalk hat hier am schnellsten die Möglichkeit, in den Boden eingewaschen zu werden. Falls die Personalkapazitäten es zulassen, kann der Boden zusätzlich noch durch Ausharken o.ä. aufgelockert werden.

D. Thomasphosphat, Kalziumkarbonat oder Kalkmergel

Wurde in der Landwirtschaft zunächst der in Kalköfen gewonnene Branntkalk (CaO) - bzw. nach Zugabe von Wasser: Löschkalk Ca(OH)₂ - eingesetzt, so war dies seit jeher mit einigen arbeitsorganisatorischen, sicherheitsrelevanten und düngewirksamen Problemen verbunden. Branntkalk wirkt stark ätzend und führt daher auch in den Böden zu sehr schnellen chemischen Reaktionen, die mit erheblichen Schäden für das Bodenleben einhergehen können. Das Ablöschen zu Kalziumhydroxid ist mit hoher Wärmeentwicklung verbunden und damit gefährlich. Grundsätzlich sollte bei der Biotoppflege **kein Branntkalk** verwendet werden.

Stattdessen ist meist mehr oder weniger fein aufgemahlener Kalkstein das Mittel der Wahl. **Günstig sind dolomitische Kalke** mit einem Magnesiumanteil von 10 bis 20 %. Je feiner die

²⁶³ PIEHL (2009), Folie 60

²⁶⁴ KÖNIG (1906), S. 134, KLAPP (1938), S. 231

²⁶⁵ DLG (2021), S. 17

²⁶⁶ LfULG (2006)

²⁶⁷ DLG (2021), S. 17



Körnung, um so schneller wirkt der Kalk im Boden, doch die begrenzte Wasserlöslichkeit des Kalziumkarbonats sorgt auch dann für vergleichsweise langsame Bodenveränderungen. Es ist anzunehmen, dass sich das Bodenleben einer solchen allmählichen Kalkwirkung anzupassen vermag als einem Radikaleingriff mittels Brannt-/Löschkalk. Das Gleiche gilt für die Vegetation. Düngekalk steht als regionales Produkt aus dem Kalkwerk Borna zur Verfügung.

Alternativ kann auch **Kalkmergel** verwendet werden. Bei der Kompensationskalkung im Forst kam zum Beispiel in den 1990er Jahren "Kamsdorfer Mergel" zum Einsatz. Mergel ist ein Sedimentgemisch von silikatischen Bestandteilen und 40 bis 60 % Kalziumkarbonat. Weil Kalk nur rund die Hälfte des Materials ausmacht, muss die auszubringende Menge demzufolge verdoppelt werden.

Sicher wäre auch heute noch **Thomasmehl/Thomasphosphat** der "Beste Wiesendünger", mit dem nicht nur der Bodenversauerung, sondern auch der defizitären Phosphorversorgung abgeholfen werden könnte. Doch ist Thomasmehl heute wahrscheinlich nicht mehr im Handel erhältlich. Zum einen wird Stahl seit den 1980er Jahren nicht mehr im Thomas-Verfahren hergestellt. Zum anderen wurde das aufgrund seiner staubfeinen Korngröße maschinell schwierig auszubringende Thomasmehl schon zuvor in der Landwirtschaft mehr und mehr durch Granulate ersetzt. Als Phosphor-Mischdünger bietet der Agrar- und Gartenhandel sogenanntes "Thomaskali" an - dieses ist jedoch kalkfrei.

Bei der Winterschulung des LfULG/FBZ Kamenz im Januar 2020 wurde in einem Vortrag ein Produkt namens DOLOPHOS als "das neue Thomasphosphat" angepriesen:²⁶⁸

• **DOLOPHOS® 6 (LM) „das neue Thomasphosphat“**

6 % P₂O₅, 60 % CaCO₃, 10 % MgCO₃, 40 % bwB als CaO

- Mischdünger aus fein vermahlenden Kohlensäuren Magnesiumkalk und Phosphat aus der Monoverbrennung von kommunalem Klärschlamm
- Durch hohe Verbrennungstemperatur von ca. 1.000 °C sauber von organischen und anorganischen Schadstoffen
- Löslichkeit des Phosphats in 2 %iger Zitronensäure von > 60 %
- Kombi-Wirkung aus Kalk, Phosphor und Spurenelementen
- Kalk und Phosphor in einer Gabe ausbringen

➤ Regionales Produkt aus Ostrau

Abb. 69: Vorstellung von DOLOPHOS im Vortrag von Andreas WEBER am 27.1.2020 in Schmochtitz

Versuchsweise sollte dieses Produkt auch bei Naturschutzwiesen getestet werden.

E. Höherer Biotoppflegeaufwand erforderlich zur Stickstoffabschöpfung!

Die aus Naturschutzperspektive problematischsten "Risiken und Nebenwirkungen" von Kalkungen bestehen in der damit meist einhergehenden Freisetzung von Stickstoffverbindungen, die zuvor im sauren Milieu weitgehend immobil gebunden waren. Die bei optimaler N-Versorgung besonders konkurrenzstarken Grünlandarten (z.B. Glatthafer, Gew. Rispengras, Knautgras, Wiesen-Kerbel, Wiesen-Bärenklau, ...) können die zusätzlich bereitstehenden Nährstoffe rasch in Biomasse umsetzen und zur Dominanz gelangen - auf Kosten der Vielzahl

²⁶⁸ WEBER (2020), Folie 41



von "Hungerkünstlern", die für artenreichen Wiesen prägend sind. Wenn es darüberhinaus noch Eintrittspforten (zum Beispiel Wildschwein-Wühlstellen) für stickstoffliebende Ruderalarten (Brennnessel, Stumpfbblätteriger Ampfer) oder vom Steinrücken-/Waldrand her Ausbreitungsmöglichkeiten für Brombeeren gibt, kann dies zu tiefgreifenden und schwer umkehrbaren Vegetationsveränderungen führen. Einfach formuliert: Kalkung mag die Basenversorgung für die Trollblume verbessern, aber zuvor nimmt ihr das Mädesüß das Licht weg.

Daher ist **ganz wichtig: Pflegeintensivierung nach Kalkung!**

In der Regel bedeutet dies **zweischürige Mahd** statt der ansonsten meist praktizierten einschürigen Standardpflege. 

Statt der Grummtmahd - oder besser noch zusätzlich - kann die Nährstoffabschöpfung auch durch **Nachbeweidung** erfolgen - idealerweise mit Schafen oder Ziegen. Hierbei ist jedoch wiederum auch Vorsicht geboten: zu starke Bodenschäden, zum Beispiel durch zu schwere oder mobile Weidetiere bei feuchten Bedingungen, können die erwähnten Eintrittspforten für stickstoffliebende Ruderalarten sein. 

Viel stärker als bisher sollte **Vorweide** ins Portfolio der Biotoppflege aufgenommen werden (wiederum vorzugsweise mit Schafen oder Ziegen). Frühe Beweidung geht vor allem zulasten von vorwüchsigen Konkurrenzstrategen unter den Grünlandarten - und verbessert die Chancen für die erst später erscheinenden Magerkeitszeiger. Allerdings schädigt Vorweide ebenso die meisten Frühblüher. Beispielsweise bei Vorkommen von Hoher Schlüsselblume (oder gar Wiesen-Schlüsselblume) scheidet diese Form zusätzlicher Nährstoffabschöpfung deshalb aus.

F. Sonstige Empfehlungen

Anders als im Ackerbau, wo Dünger auch in tiefere Bodenschichten eingearbeitet werden, beschränken sich die Kalkwirkungen im Grünland nur auf die Humusaufgabe und den obersten Bodenhorizont. Ähnlich verhält sich dies im Wald, wo selbst nach mehrmaligen Kalkungen nur bis wenige Zentimeter unter die Bodenoberfläche pH-Wert-Änderungen nachweisbar sind.

Wann immer möglich, sollte deshalb bei Grünlandkalkung versucht werden, das Eindringen des Kalks in den Boden zu fördern. Dies kann bei kleinen Flächen durch **kräftiges Ausharken**, ansonsten durch **Vertikulieren** oder auch **Striegeln** erfolgen. In letzterem Fall darf natürlich der Auflockerungseffekt nicht durch das Befahren mit zu schwerer Technik gleichzeitig zunichte gemacht werden.

Der damit zusätzlich erforderliche Arbeitsgang sollte günstigenfalls mit der in Empfehlung C vorgeschlagenen Kalkausbringung nach der Mahd verknüpft werden. Dann ist die Grasnarbe am kürzesten, die Möglichkeit zum "Öffnen des Bodens" am besten.

Aus Naturschutzgründen muss die Befahrung von artenreichen Wiesen mit schwerer Agrartechnik unbedingt minimiert werden. Deshalb - und weil viele Biotoppflegeflächen sowieso nicht technikerreichbar sind - wird Kalkung für Naturschutzzwecke in der Regel auf **"Handarbeit"** hinauslaufen. Die versuchsweise Verwendung eines kleinen Kalkstreuers aus dem Garten- und Landschaftsbau auf den Bielatalbiotopen wurde nach kurzer Zeit wegen Untauglichkeit im "bewegten Gelände" abgebrochen. Die aufwendige Handarbeit ist auf alle Fälle bei der Kostenkalkulation zu berücksichtigen.



Da sich im Rahmen dieser Studie leider keine Zusammenhänge herausarbeiten ließen, die auch ohne vorherige Bodenuntersuchungen einfache Abschätzungen ermöglichen, auf welchen Flächen wie viel Kalk ausgebracht werden sollte, wird es auch weiterhin unumgänglich sein, **vor größeren Kalkungsmaßnahmen den pH-Wert** zu bestimmen.

5.4 Ansatz zur Kostenkalkulation

Im Baumarkt kostet ein 25-kg-Sack Dolomitkalk zwischen 10 und 20 €. Im Agrargroßhandel geht es noch preiswerter. In der "normalen Landwirtschaft" gehört Kalken eher zu den kostengünstigen Maßnahmen der Bodenverbesserung: "Eine Kalkung im Rahmen einer Erhaltungskalkung (500 kg/ha CaO pro Jahr) kostet im Durchschnitt ca. 46 - 60 €/ha pro Jahr. ... Die Kosten für eine Aufkalkung auf stärker vernachlässigten Standorten sind mit 150 - 200 €/ha deutlich höher."²⁶⁹

*Beispieldaten zur Kalkulation der Kosten einer Kalkdüngung mit 1.000 kg/ha CaO
(Stand 02/2020)*

Kalktyp (Beispiele)	Gehalt CaO (%)	Gehalt MgO (%)	Summe CaO +MgO = NV ⁷⁾	Menge Ware (kg) für 1.000 kg/ha CaO	Preis je 1.000 kg Ware: (€/t) frei Krume ¹⁾	Kosten je ha (€) frei Krume
Brantkalk 90, körnig	90	0	90	1111	108,00 ²⁾	120,00
Kohlensaurer Kalk 90	50	0	50	1984	46,00 ³⁾	91,26
Kohlensaurer Mg-Kalk 85 (50+35)	28	21	49	2041	46,00 ⁴⁾	93,88
Konverterkalk 45	38	7	45	2222	43,00 ⁵⁾	95,56
Carbokalk	25	1	26	3846	32,00 ⁶⁾	123,07

1) Preis je Tonne Ware incl. Transport, Lagerung, Ausbringung; ohne Berücksichtigung der Nebenbestandteile.

2) Brantkalk 90 : z. B. 1 t Ware = 85,- €, Transport + Ausbringung = 23,- €

3) Kohlens. Kalk 90: z. B. 1 t Ware = 28,- €, Transport + Ausbringung = 18,- €

4) Kohlens. Mg-Kalk 85: z. B. 1 t Ware = 28,- €, Transport + Ausbringung = 18,- €

5) Konverterkalk 43: z. B. 1 t Ware = 25,- €, Transport + Ausbringung = 18,- €

6) Carbokalk: z. B. 1 t Ware = 17,- €, Transport + Ausbringung = 15,- €

7) NV = Neutralisationswert (in CaO ausgedrückt)

Abb. 70: Kostenkalkulation Kalkung in der Landwirtschaft; aus: DLG-Merkblatt 456 "Hinweise zur Kalkdüngung"

Doch für den Gesamtaufwand, den naturschutzfachgerechte Kalkung auf in der Regel kleinen, schwer zugänglichen und nicht mit landwirtschaftlichem Großgerät zu befahrenden Biotoppflegetflächen bedeutet, greift diese Kalkulation mit knapp 100 € viel zu kurz.

²⁶⁹ DLG (2021), S. 22



Für die Abschätzung der erforderlichen finanziellen Aufwendungen soll folgender Ansatz zur Diskussion gestellt werden. Als Kalkulationsbasis dient eine 1 ha große Fläche, auf der einmalig 1 t Dolomitkalk ausgebracht werden soll.

Bodenprobe nehmen für pH-Wert	2 Akh x 25,-€/h	ca. 50,- €	einschl. Versand an Labor und Auswertung danach, netto
pH-Wertermittlung im Labor		+ ca. 50,- €	
	nur Vorarbeiten	= ca. 100,- €	
Kosten des Kalks	ca. 50 - 70 €/t im Großhandel + Anlieferung	ca. 100,- €	Preissteigerungen wahrscheinlich
Transport zur Wiese	pauschal	+ ca. 50,- €	einschl. Zwischen-lagerung und Aufladen
Ausbringung manuell	8 Akh x 25 €/h	+ ca. 200,- €	mit Unterstützung durch Freiwillige?
	nur Kalkung netto	= ca. 350,- €	
	+ 15 % Management	= ca. 400,- €	
Ausharken / Vertikulieren	20 Akh x 25 €/h	+ ca. 500,- €	mit Unterstützung durch Freiwillige?
zusätzliche Herbstmahd	Differenz zw. GL2h und GL2c RL AUK	+ ca. 1.150,- €	(zwei- / einschürige Mahd mit hoher Erschwernis)
Grünmasseentsorgung	geschätzt 1 - 5 t zusätzlicher Aufwuchs für Herbstmahd	+ ca. 300,- €	Zweitaufwuchs nur mit hohem zusätzlichem Aufwand oder gar nicht als Heu/Grummt zu gewinnen
	zusätzliche Maßnahmen wegen Kalkung netto	= ca. 1.950,- €	
	+ 15 % Management	= ca. 2.300,- €	
	Gesamt	ca. 2.800,- €/ha	

Dieser Kalkulationsansatz bedarf sicher noch der praktischen Überprüfung. Es wird jedoch deutlich, dass die Kosten für die eigentliche Kalkung nur einen relativ geringen Teil des in diesem Zusammenhang erforderlichen Maßnahmenpakets abdecken.

Umfangreiches, systematisches, wissenschaftliches Untersuchungsprojekt



Zusammenfassung und Ausblick

Beim Erhalt der Biologischen Vielfalt kommt den Akteuren im Ost-Erzgebirge eine außerordentlich große Verantwortung zu für hier noch relativ gut erhaltenes, artenreiches Grünland. Dies trifft in ganz besonderem Maße für das obere Einzugsgebiet der Müglitz samt der berühmten Geisingbergwiesen zu. Es zeigt sich aber immer mehr, dass staatlich geförderte Einheitsbiotoppflege, die sich auf ein-, allenfalls zweischürige Mahd beschränkt, günstigstenfalls ausreicht, einen Grundbestand mäßig artenreicher bis relativ artenarmer Mähwiesen zu erhalten. Dies mag als "Erhaltungszustand B" für die Berichtspflichten entsprechend der FFH-Richtlinie ausreichen - die Roten Listen werden dadurch aber kaum kürzer.

Viele Zielarten des Naturschutzes befinden sich unvermindert im Rückgang. Um wirklich artenreiches - biodiverses und blütenbuntes - Grünland zu erhalten, bedarf es wesentlich umfassenderer, detaillierterer Anstrengungen: mehr zeitversetzte Kleinteiligkeit statt alle Flächen gleichzeitig und in möglichst großer Geschwindigkeit runterzumähen; wieder viel mehr Handarbeit statt schwerer Technik, Hüteschafbeweidung und andere Formen des Biotopverbunds ... und die Erweiterung des Naturschutzhorizonts auch auf die Bestandteile des Ökosystems Bergwiese, die bisher kaum im Fokus stehen. Dies betrifft insbesondere die untere Hälfte des Lebensraumes, der sich unter der Rasennarbe verbirgt.

Viele Zielarten des Naturschutzes, und vor allem die meisten Rote-Liste-Arten, gelten als mehr oder weniger basenliebend. Feuerlilie, Trollblume, Sterndolde, Knabenkräuter - sie alle benötigen eine gute Basenversorgung des Bodens. Über rund 200 Jahre gehörte Kalkung zur normalen Wiesenkultur im Ost-Erzgebirge und sorgte für die abiotischen Bedingungen, unter denen die basiphilen Arten und die damit verbundenen Lebensgemeinschaften gedeihen konnten. In den letzten Jahrzehnten hingegen blieben auf den Naturschutzwiesen die Kalkungen aus, stattdessen sorgte "saurer Regen" für pH-Werte, die teilweise tief in den lebensfeindlichen Aluminium-Pufferbereich absanken. Die Notwendigkeit des Gegensteuerns mittels Kalk liegt auf der Hand.

Im Rahmen vorliegender Studie wurde versucht, über die drei Pfade Literaturrecherche, historische Analyse und Auswertung von Bodendaten Zusammenhänge zu finden, aus denen sich eindeutige wie einfache Vorgaben definieren lassen, auf welchen Flächen konkret wie viel Kalk ausgebracht werden sollte. Dies ist leider nur in Ansätzen gelungen. Die ökologischen Zusammenhänge erwiesen sich als wesentlich komplexer als zu Beginn der Arbeit erwartet. Die herausgearbeiteten Handlungsempfehlungen sind nach wie vor mit großen Unsicherheiten verbunden und bedürfen behutsamer Anwendung in der Biotoppflegepraxis, verknüpft mit aufmerksamem Monitoring.

Als generelle Leitlinien (nicht nur beim Thema Kalkung) sollten gelten:

- Förderung von Vielfalt statt Einheitspflege, auch hinsichtlich der Bodenbedingungen;
- Maßnahmen (der Kalkung) an Zielarten orientieren, aber dabei das Gesamtökosystem im Blick behalten;
- radikale Veränderungen vermeiden (lieber weniger, aber öfter kalken);
- Kapazitäten bereithalten, höheren Pflegeaufwand infolge verstärkter Stickstoffmobilisierung (nach Kalkung) abzusichern.

Geringfügige Kalkgaben im Zuge der normalen Biotoppflege können mit Sicherheit auf den allermeisten Flächen nicht schaden. Vor größeren Kalkungsvorhaben indes wird auch in Zukunft die Ermittlung des Bedarfs anhand von Boden-pH-Wert unverzichtbar sein. Maßstab kann jedoch kein einheitlicher "optimaler" Ziel-pH-Wert wie im ertragsorientiert-landwirtschaftlichen Bereich sein. Vielmehr sollte jeweils ein Set von Ziel-Pflanzenarten für die jeweilige Fläche definiert werden, anhand deren Reaktionszahlen (nach ELLENBERG) die entsprechende erforderliche Kalkmenge abgeschätzt wird.





Über die Ziel-Pflanzenarten hinaus muss jedoch das Augenmerk auch viel stärker auf das Gesamtökosystem Wiese gelegt werden. Stark saure Bedingungen sollten wenigen Standorten (Mooren, ausgehagerte Quarzporphyrkuppen) und den daran angepassten Biozönosen vorbehalten bleiben. Böden mit pH-Werten im schwachsauren Bereich beinhalten ein erheblich aktiveres - und wahrscheinlich auch: biodiverseres - Bodenleben. Kalk verbessert ganz wesentlich die Bodenstruktur, damit insbesondere auch die Durchlüftung, das Wasserspeichervermögen, den Widerstand gegen Erosion. Noch mehr als bisher kommt diesen Eigenschaften im Klimawandel große Bedeutung zu, auch zur Resilienzförderung für die Biologische Vielfalt gegenüber zunehmenden Dürren und Starkniederschlägen.

Die Studie hat vielfältige Aspekte aufgezeigt, die für Kalkung im Naturschutz-Grünland sprechen. Diesen stehen aber durchaus auch Risiken für die Artenvielfalt gegenüber, vor allem infolge der durch pH-Wert-Erhöhung vermehrten Stickstoff-Freisetzung in den Böden. Neben Bodenversauerung und Klimaveränderungen gehört Eutrophierung heute zu den ganz großen Problemen fast aller heimischen Ökosysteme.

Um diesen Herausforderungen erfolgreich begegnen zu können, bedarf "der Naturschutz" eines wesentlich umfangreicheren Instrumentenkastens als standardisierter Biotoppflegemaßnahmen. Kalkung gehört da unbedingt mit dazu. Wie genau und in welchem Umfang dieses Instrument genutzt werden sollte, konnte mit dieser Studie leider nur in ersten Ansätzen herausgearbeitet werden.

Um zu wirklich tragfähigen Erkenntnissen und Maßgaben für die Naturschutzpraxis zu kommen, braucht es eines längerfristigen, wissenschaftlich unteretzten Projektes. Sinnvoll wäre ein Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zum Themenkomplex "Bodenbedingungen für artenreiches Grünland". Es böte sich diesbezüglich eine Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft an. Durch die forstlichen Bodenzustandserhebungen und das Monitoring zu den Forstkalkungen verfügen die Kollegen in Graupa über umfangreiche Erfahrungen in dem Bereich. Davon abgesehen, ist der Staatsbetrieb Sachsenforst auch für zahlreiche Grünlandflächen in Schutzgebieten und für noch viel mehr Waldwiesen mit Naturschutzpotential verantwortlich. Der Freistaat Sachsen könnte hier seiner Vorbildfunktion für den Erhalt der Biologischen Vielfalt gerecht werden - gemeinsam mit Umweltvereinen, Naturschutzstationen und anderen Akteuren der Grünland-Praxis. Der Naturraum Osterzgebirge bietet sich dafür hervorragend an. Mit dieser Studie verbinden sich Hoffnungen auf weitergehende Forschung und Erprobung.

Anlagen

Anhang 1: Die Ausbreitung der Kalkdüngung und ihre Einflüsse auf die sächsische Landwirtschaft" von Dr. Christoph Bieberstein; Sondergutachten zur Geschichte der Kalkdüngung in der Region

Anhang 2: Grünlandübersicht Kalkungsstudie 15-11-21.xlsx (nur digital)

Anhang 3: Vergleich pH-Werte mit anderen Parametern



Literatur:

- AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, Arbeitsgruppe Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. 5. Auflage. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart
- ANDREAE, Henning, GEMBALLA, Rainer, JACOB, Frank (2020): Leitfaden zur Forstlichen Bodenschutzalkung in Sachsen (Kalkungsleitfaden). Schriftenreihe Staatsbetrieb Sachsenforst, Heft 31
- APITZSCH, Manfred (1964): Rotschwingel-Rotstraußgraswiesen des Altenberger Gebietes und ihre Entwicklungstendenzen. Berichte der Arbeitsgemeinschaft Sächsischer Botaniker, N.F. 5/6, S.183-214
- AUTORENKOLLEKTIV (1985): Pflanzenproduktion - Bodenkunde. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin
- BAUMANN, Martin, DITTRICH, Sebastian, KÖRNER, Michael, OHEIMB, Goddert v. (2019a): Liming in spruce stands: What effect does the number of lime applications have on the herb layer? European Journal of Forest Research, <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01191-5>
- BAUMANN, Martin, DITTRICH, Sebastian, OHEIMB, Goddert v. (2019b): Effects of periodic liming on the bryophyte layer in Norway spruce (*Picea abies*) stands in the Erzgebirge (Ore Mountains). Herzogia 32 (2), 269-287
- BEER, Volker & WEBER, Jens (2007): Wetter, Witterung und Klima. in: Natur des Ost-Erzgebirges im Überblick; Naturführer Ost-Erzgebirge Band 2, Hrsg. Grüne Liga Osterzgebirge; Sandstein Verlag Dresden
- BGR (2007): Gehalte an organischer Substanz in Oberböden Deutschlands, Karte 1:1.000.000; veröffentlicht bei <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/humusstatus-der-boeden#humusgehalte-in-deutschland> (abgerufen am 15.10.21)
- BMEL (2020): Nitratbericht 2020. Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit sowie für Ernährung und Landwirtschaft; https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nitratbericht_2020_bf.pdf, abgerufen am 19.10.2021
- BÖHNERT, Wolfgang (2004): Bergwiesenförderprogramm des Freistaates Sachsen, Teil III, Bearbeitungsgebiet Osterzgebirge. unveröffentlichter Projektbericht
- BÖHNERT, Wolfgang; FRANZ, Ulrike, WALTER, Sabine; KAMPRAD, Susan; HENZE, Agnes; (2005): Managementplan für das SCI 5248-303. Landesmeldenummer 039E, Geisingberg und Geisingwiesen. Planungsbüro für Ökologie, Naturschutz, Landschaftspflege und Umweltwerbung Freital
- BÖHNERT, Wolfgang; WALTER, Sabine; JUNKER, Ulrike; ARNHOLD, Anke; KAMPRAD, Susan; HENZE, Agnes; FRANZ, Ulrike (2006): Managementplan für das SCI Nr. 043E - Müglitztal. Planungsbüro für Ökologie, Naturschutz, Landschaftspflege und Umweltwerbung Freital
- BÖHNERT, Wolfgang (2009): Zur aktuellen Situation der sächsischen Bergwiesen. in: Naturschutzfachliche Aspekte des Grünlandes in Sachsen, Broschüre Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
- BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN im Sächsischen Landtag (2014): Sachsens Natur bewahren! Eine Biodiversitätskonzeption - von 2012 bis 2014 erarbeitet von 65 Naturschutzpraktikern in Sachsen; http://www.sachsen-natur.de/document/broschuere_sachsen_2014.pdf
- DIEPOLDER, Michael & RASCHBACHER, S. (2015): Kalkdüngung zu Grünland - Versuchsergebnisse von zwei bayrischen Standorten. 59. Jahrestagung der AGGF, Tagungsband; https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/aggf_2015_diepolder_raschbacher.pdf (abgerufen 16.12.2020)
- DLG (2021): Hinweise zur Kalkdüngung. DLG-Merkblatt 456, 2. Auflage. Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkblaetter/dlg-merkblatt_456.pdf, abgerufen am 15.10.2021
- DÖRING, Jörg (2009): Mehrjährige Landschaftspflegeversuche auf verschiedenen Standorten des Erzgebirges - eine zusammenfassende Auswertung. in: Naturschutzfachliche Aspekte des Grünlandes in Sachsen, Broschüre Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
- DUNGER, Wolfram (1998): Böden und Bodentiere als wechselseitiges Bedingungsgefüge. in: Der Schutz des Bodens als gemeinsame Aufgabe von Bodenschutz und Naturschutz. Broschüre Sächsischen landesstiftung für Natur und Umwelt
- ELLENBERG, Heinz (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 5. Auflage



- FELDWISCH, N., FRIEDRICH, C., SCHLUMPRECHT, H. (2007): Bodenschutzfachlicher Beitrag zur Entwicklung von Umsetzungsstrategien und Umsetzungsinstrumenten für eine umwelt-verträgliche Landnutzung in Natura2000-Gebieten. Abschlussbericht FuE-Vorhaben, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie.
https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/boden/Bodenschutz_Natura2000_Materialband_4GB.pdf
- FIEDLER, H.J. & HOFMANN, W. (1984): Bodengenetik - Bodennutzung und Bodenschutz. Lehrbrief der TU Dresden, Sektion Forstwirtschaft
- FIEDLER, Hans-Joachim (1990): Bodennutzung und Bodenschutz. Gustav Fischer Verlag Jena
- FISCHER, Rudolf (1938): Die Flurgeschichte des Dorfes und der Stadt Bärenstein. in: Rund um den Geisingberg, Nr. 7, 16. Jahrgang, Juli 1938
- GALLER, Josef (2010): Warum versauern unsere Almen? Der Alm- und Bergbauer 3/10;
<https://www.almwirtschaft.com/images/stories/neuigkeiten/2010/zeitungsartikel%202010/Warum%20versauern%20unsere%20Almen.pdf> (abgerufen 17.12.2020)
- GEYER, Volker (2007): Waldsterben im Erzgebirge. in: Natur des Ost-Erzgebirges im Überblick; Naturführer Ost-Erzgebirge Band 2, Hrsg. Grüne Liga Osterzgebirge; Sandstein Verlag Dresden
- GOLDBERG, Ronny (2018): Einmal spät ist nicht genug - späte Nutzungstermine als Problem für den Erhalt artenreicher Wiesen und Weiden. Naturschutzarbeit in Sachsen, 60. Jg., S. 32-47
- GOULDING, K.W.T., MCGRATH, S.P., JOHNSTON, A.E. (1989): Predicting the lime requirement of soils under permanent grassland and arable crops. Soil Use and Management, Vol. 5, No. 2
- GRIME, J.P., HODGSON, J.G., HUNT, R. (1988): Comparative Plant Ecology. Unwin Hyman, London
- GRÜNE LIGA (1997): Biotopverbundprojekt Bärenstein. Broschüre
- GRÜNE LIGA Osterzgebirge (1999): Biotopverbund Glashütte. unveröffentlichter Projektbericht
- GRÜNE LIGA Osterzgebirge (2001): Biotopverbund Johnsbach/Falkenhain. unveröffentlichter Projektbericht
- HACHMÖLLER, Bernard (2000): Vegetation, Schutz und Regeneration von Bergwiesen im Osterzgebirge. Diss. Botanicae 338, Cramer Berlin Stuttgart
- HACHMÖLLER, Bernard, HARDTKE, Hans-Jürgen, HÖLZEL, Mike, SCHMIDT, Peter A., WALCZAK, Claudia, ZÖPHEL, Birgit, KANDLER, Peter, MÜLLER, Frank, DÖRING, Norman (2009a): Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben "Grünlandverbund im Osterzgebirge am Beispiel der Oelsener Höhe" des Landesvereins Sächsischer Heimatschutz. in: Naturschutzfachliche Aspekte des Grünlandes in Sachsen, Broschüre Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
- HACHMÖLLER, Bernard, FORKER, Melanie, KÖNIG, Bernd (2009b): Floristisch-vegetationskundliche Erfolgskontrolle im Naturschutzgroßprojekt "Bergwiesen im Osterzgebirge" am Beispiel der Wiesen im Naturschutzgebiet "Geisingberg". in: Naturschutzfachliche Aspekte des Grünlandes in Sachsen, Broschüre Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
- HACHMÖLLER, Bernard, HÖLZEL, Mike, SCHMIDT, Peter A., WALCZAK, Claudia, ZIEVERINK, Marita, ZÖPHEL, Birgit (2010): Regeneration und Verbund (sub-)montaner Grünlandbiotope im Osterzgebirge. Naturschutz und Biologische Vielfalt Heft 99, Hrsg. Bundesamt für Naturschutz, Bonn - Bad Godesberg
- HÄNEL, Kersten & HACHMÖLLER, Bernard (2003): Grünlandgesellschaften im Unteren Osterzgebirge - Untersuchungen im Gebiet um Glashütte. Tuexenia 23: 275-305.
- HEIJNE, B., van DAM, D., HEIL, G.W., BOBBINK, R. (1996): Acidification effects on vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) infection, growth and nutrient uptake of established heathland herb species. Plant and Soil 179. Zusammenfassung unter <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00009329>, abgerufen 15.10.2021
- HEMPEL, Werner (2008): Die historische Entwicklung des Wirtschaftsgrünlandes in Sachsen. Berichte der Naturforschenden Gesellschaft der Oberlausitz 16: 3-18
- HEYBURN, Emma; MCKENZIE, Paul; CRAWLEY, Michael J.; FORNARA, Dario A. (2017): Long-term belowground effects of grassland management: the key role of liming. Ecological Applications 27(7), 2017, pp. 2001-2012
- JACOB, Frank & ANDREAE, Henning (2015): Waldkalkung und Bodenzustand. Ergebnisse aktueller Bodenzustandserhebungen (BZE) zur Bewertung von Kalkungsmaßnahmen; Staatsbetrieb Sachsenforst, BZE-Sachsen-Jacob_Andreae.pdf
- KARST, H., EHRLER, P., HÖHNE, U., WAGNER, G., WOLF, S., LINDNER, H., KROPEK, C., SCHMIDTGEN, H (1965): Standortserläuterungsband StFB Tharandt, Forstwirtschaftliches Institut Potsdam
- KIEL, Walter (1950): Dauergrünland und Feldfutterbau - neuzeitlich bewirtschaftet. Deutscher Bauernverlag Berlin
- KLAPP, Ernst (1938): Wiesen und Weiden, Parey Berlin



- KÖNIG, Joseph (1906): Die Pflege der Wiesen und Weiden. Parey Berlin
- LFUG (2001): Bodenmonitoring in Sachsen. Broschüre "Materialien zum Bodenschutz"
- LfULG (2006): Grünland kalken. Merkblatt des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Bearbeiter: Gerhard Riehl
- LfULG (2013): Rote Liste und Artenliste Sachsens - Farn- und Samenpflanzen. Broschüre
- LfULG (2020): Boden und seine Gefährdungen. Daten und Fakten.
https://www.lfulg.sachsen.de/download/DuF-Blatt-Boden_und_seine_Gefaehrdungen_2021.pdf (abgerufen 30.10.2021)
- LfULG (2021): Anforderungen nach Düngeverordnung (DüV).
https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Anforderungen_nach_Duengeverordnung_2020.pdf (abgerufen 24.10.21)
- LfULG (o.J.): Bodenregion der Berg- und Hügelländer. Steckbrief Braunerden aus Gneis;
https://www.boden.sachsen.de/download/LfULG-Steckbrief_Braunerden-Gneiss_web.pdf (abgerufen 15.10.2021)
- LIEBOLD, Eitel & DRECHSLER, Manfred (1991): Schadenszustand und -entwicklung in den SO₂-geschädigten Fichtengebieten Sachsens. AFZ 10: 492 – 494.
- LOCHSCHMIDT, Frank (2018): Auswertung der Bodenreaktionen für ausgewählte Pflegeflächen der Grünen Liga Osterzgebirge e.V. und daraus abgeleitete Kalkungsempfehlungen; unveröff.
- MARKGRAF, Günter & WIESNER, Ekkehard (1980): Kleine Enzyklopädie Land-, Forst-, Nahrungsgüterwirtschaft und Gartenbau. Bibliographisches Institut Leipzig
- MENZER, Holger (2003): Erste Erfahrungen im Naturschutzgroßprojekt "Bergwiesen im Osterzgebirge". naturschutzarbeit in Sachsen. 45. Jg.
- NAUMANN, Günter (1998): Sächsische Geschichte in Daten. Koehler&Amelang München
- PIHL, Uwe (2009): Rechtliche und fachliche Grundlagen der Kalkung, Vortrag Rheinkalk KDI;
<https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/172824/889fed761ed53493c150094fc4266f52/kalk-drpihl-data.pdf>, abgerufen 16.10.2021
- REIF, Albert, SCHULZE, Ernst-Detlef, EWALD, Jörg, ROTHE, Andreas (2014): Waldkalkung - Bodenschutz contra Naturschutz? Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz, Heft 14, S. 5-29
- RICHTER, Frank & HANSPACH, Dietrich (2013): Zur aktuellen Situation von *Arnica montana* in der sächsischen Oberlausitz. Berichte der Naturforschenden Gesellschaft der Oberlausitz 21: 31-42
- ROEM, W.J., KLEES, H., BERENDSE, F. (2002): Effects of nutrient addition and acidification on plant species diversity and seed germination in heathland. Journal of Applied Ecology 39, S. 937-948
- SACHSENFORST (2006): Bodenzustandserhebung. Faltblatt Staatsbetrieb Sachsenforst
- SACHSENFORST (2018): Sächsischer Waldbodenbericht, Broschüre
- SCHALCH, F & REINISCH, R. (1915): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Sachsen, Nr. 101, Blatt Dippoldiswalde-Glashütte. Kaufmann's Buchhandlung Dresden
- SCHEFFER, F. / SCHACHTSCHABEL, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde, 15. Auflage; Spektrum Heidelberg Berlin
- SCHLIPF, Johann Adam (1898): Schlipf's populäres Handbuch der Landwirtschaft. Parey Berlin; Reprint Manuscriptum 2002
- SCHMALFUSS, Karl (1955): Pflanzenernährung und Bodenkunde. S.Hirzel Verlag Stuttgart
- SCHMIEDE, Ralf (2004): Vegetationskundliche Analyse und naturschutzfachliche Bewertung ausgewählter Grünlandbiotope im Osterzgebirge. Diplomarbeit TU Dresden
- SMEKUL (2021): Agrarbericht in Zahlen 2021, pdf abgerufen unter
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/38452> (15.10.2021)
- SML (1997): Waldschadensbericht 1997, Broschüre Sächsisches Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten
- STRASBURGER, Eduard, NOLL, F., SCHENCK, H., SCHIMPER, A.F.W. (1983): Lehrbuch der Botanik; 32. Auflage, Gustav Fischer Verlag Jena
- STUFA (1998): Flächenhafte Naturdenkmale im Weißeritzkreis; Broschüre Staatliches Umweltfachamt Radebeul



- VDLUFA (2020): Bestimmung des Kalkbedarfs von Acker- und Grünlandböden; Standpunkt des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten; <https://www.vdlufa.de/Dokumente/Veroeffentlichungen/Standpunkte/0-9-kalk.pdf>, abgerufen am 15.10.2021
- VIEWEG, Kurt & ROSENKRANZ, Otto (1955): Handbuch des Genossenschaftsbauern, Band 3: Tierische Produktion. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften Berlin
- WEBER, Andreas (2020): Mit Kalk die Nährstoffverfügbarkeit verbessern und die Bodenfruchtbarkeit optimieren. Vortrag Winterschulung LfULG-FBZ Kamenz. https://www.lfulg.sachsen.de/download/lfulg/Nachlese_KAM_Kalk.pdf (abgerufen am 22.12.2020)
- WEBER, Jens (2007a): Wo Leben wurzelt - Böden. in: Natur des Ost-Erzgebirges im Überblick. Naturführer Ost-Erzgebirge Bd. 2, Hrsg Grüne Liga Osterzgebirge, Sandstein Verlag Dresden
- WEBER, Jens (2007b): Entwicklung der Landschaft in den letzten 1000 Jahren. Naturführer Ost-Erzgebirge Bd. 2, Hrsg Grüne Liga Osterzgebirge, Sandstein Verlag Dresden
- WEBER, Jens (2017): Ende der Biologischen Vielfalt in Sachsen? Tagungsband zum Sächsischen Naturschutztag 2016. Hrsg. NABU-Landesverband Sachsen e.V.
- WEBER, Jens (2020): Schafhutungskonzeption für das obere Müglitztal; Gutachten im Auftrag der Naturschutzstation Osterzgebirge; <https://osterzgebirge.org/wp-content/uploads/2020/10/H%c3%bcteschafprojekt-Ost-Erzgebirge.pdf>
- ZIMMERMANN, Martin (1958): Schlipf Praktisches Handbuch der Landwirtschaft (32. Auflage). Reprint Manuscriptum 2002