

Vegetation und Schutz der Leitenwälder in der Umgebung von Freising (Oberbayern)

TOBIAS FUCHS¹ & JÖRG EWALD²

Zusammenfassung: Die Vegetation der Freisinger Leiten wurde an Hand von Vegetationsaufnahmen und Standortmessungen (pH-Wert, Belichtung, Hangneigung/Exposition) untersucht. Die Standorte des edellaubbaumreichen Adoxo-Aceretum als häufigster Gesellschaft sind durch hohe pH-Werte und Nährstoffreichtum gekennzeichnet. Der übrige naturnahe Wald wird von Buchen dominiert, die auf stärker versauerten Böden stocken. Bedeutsam für die Standortsunterschiede ist, dass die Hänge geomorphologisch unterschiedlich aktiv sind. Auf stabilen Hängen findet eine Entwicklung von edellaubreichen, nährstoffreichen Standorten zu bodensauren Buchenwäldern statt. Dieser Prozess wird örtlich durch Rutschungen unterbrochen, die die Buche benachteiligen. Der Schutz der Leiten setzt, neben einer naturnahen Baumartenwahl, das Zulassen von natürlichen Störungen und Primärsukzession voraus.

Key Words: Freising, slope forests, succession, plant community

Summary: Vegetation and Conservation of Steep Wooded Slopes around Freising (Bavaria). The vegetation of steep wooded slopes around Freising (Germany) was studied based on relevés and site measurements (pH, radiation, slope/aspect). Sites of the early successional Adoxo-Aceretum community are characterised by high soil pH and ample nutrient supply. The remaining forests are dominated by *Fagus sylvatica* stocking on more (Luzulo-Fagetum) or less acidified brown soils (Galio-Fagetum). Site conditions on slopes are shaped by geomorphological activity. Stable slopes undergo succession from *Fraxinus-Acer-* to *Fagus*-dominated forest. This process can be disrupted by landslides at the expense of *Fagus*. Besides choice of natural tree species, the long-term conservation of slope forests requires tolerating natural disturbances and primary succession.

1 Einleitung

Freising ist überregional bekannt für seinen Dom, die vermutlich älteste Brauerei und das gleichnamige ehemalige Kloster Weihenstephan. All diese Bauwerke haben gemeinsam, dass sie über den Leiten erbaut wurden. Als Leiten werden in Südbayern steile, flußbegleitende Hänge bezeichnet, Leitenwälder sind, einfach gesagt, auf Hängen wachsende Wälder (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2012).

Die Freisinger Leiten sind, neben der Aue, das markanteste Landschaftselement der Domstadt. Sie boten nicht nur Schutz für Burgen und Klöster, sondern waren wegen der meist stei-

Anschriften der Autoren: ¹Tobias Fuchs, Hauptstraße 28, 73566 Bartholomä. – ²Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Wald und Forstwirtschaft, Hans-Carl-von Carlowitz-Platz 3, 85354 Freising

len und erosionsgefährdeten Hanglagen für die Landwirtschaft ungeeignet. Als Folge daraus sind die Leiten heute größtenteils bewaldet. Wald, zumal naturnaher, ist in einer landwirtschaftlich geprägten Region selten und naturnahe „Wildnis“ damit kaum mehr zu finden. Nur wo eine Bewirtschaftung unrentabel ist, können sich solche Strukturen erhalten. Einige Aufmerksamkeit bekamen dabei die Isarauen. Die Möglichkeit eines Auennationalparks warf kürzlich die Frage auf, wie naturnah und schützenswert die Auen seien. Weniger im Fokus waren dabei die Leiten. Auch sie ziehen sich quer durch den Landkreis. Oft grenzen Aue und Leite direkt aneinander an und stehen in engem Kontakt. Diese Arbeit analysiert Zusammensetzung und Standorte der naturnahen Vegetation der Isar-, Moosach- und Amperleiten. Daraus sollen Schlussfolgerungen für einen effektiven Schutz der Leitenwälder abgeleitet werden.

2 Untersuchungsgebiet und Methoden

Untersuchungsgegenstand sind die naturnahen Wälder auf den Leiten der Isar, Moosach und Amper im Raum Freising. Diese ziehen sich als bis zu 50 m tief abfallende Abhänge entlang der Hauptflusstäler wie ein Band quer durch den Landkreis. Sie sind großteils bewaldet, wobei in den Isar- und Moosachleiten Laubwald, in den Amperleiten Nadelwälder dominieren. In den Leiten kommen Hangneigungen von bis zu 50° vor. Immer wieder entstehen durch Abrutschen Anrisse.

Das Klima in Freising ist subozeanisch. Am Standort der örtlichen Waldklimastation liegt die Lufttemperatur im langjährigen Mittel (1998–2009) bei 8,3°C, begünstigt durch den Alpenstau fällt ein Jahresniederschlag von 844 l/m² (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT 2010). Dazu kommen die Besonderheiten von Hanglagen, wobei der Expositionsunterschied mehr Einfluss auf das Mikroklima hat als die Hangneigung (STOUTJESDIJK & BARKMAN 1992).

2.1 Geologie und Boden

Landschaftlich markiert der Steilabfall zum Isartal die Nahtstelle des Tertiärhügellands (Wuchsgebiet 12, Naturraum-Einheit 062 nach BAYER. LFU o.J.) zur Münchener Schotterebene (Wuchsgebiet 13, FOERST & KREUTZER 1977, Naturraum-Einheit 051 nach BAYER. LFU o.J.). Isar und Amper (in geringerem Ausmaß die Moosach) haben die Sedimente des Tertiärhügellandes (fluvial abgelagerte Sandsteine und vorwiegend silikatische, teils karbonathaltige Schotter der Oberen Süßwassermolasse, RUTTE 1992) abgetragen und durch seitliche Erosion teils steile Talränder geschaffen.

Die Böden sind in den Leiten unterschiedlich tief entwickelt, da Hangbewegungen das Bodensubstrat immer wieder durchmischen. Das Resultat sind stark wechselnde, meist junge und oftmals kolluviale Böden. Diese reichen von Syrosem-Rendzina und Pararendzina bis zur Braunerde, welche stellenweise podsolig sein kann. Selten tritt Fels (Anrisse) aus verschiedenem Ausgangsmaterial an den steilen Talhängen auf (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2019). Allerdings sind die Leiten in den Übersichts- Bodenkarten (dÜBK25) nicht durchgängig erfasst und oft mit benachbarten Bodentypen zusammengefasst.

2.2 Methoden

Ziel der Arbeit ist es, die Vegetation der Leiten in Verbindung mit den Umweltdaten zu beschreiben. Eine Vorauswahl an potenziellen Standorten von Leitenwäldern wurde durch Ver-

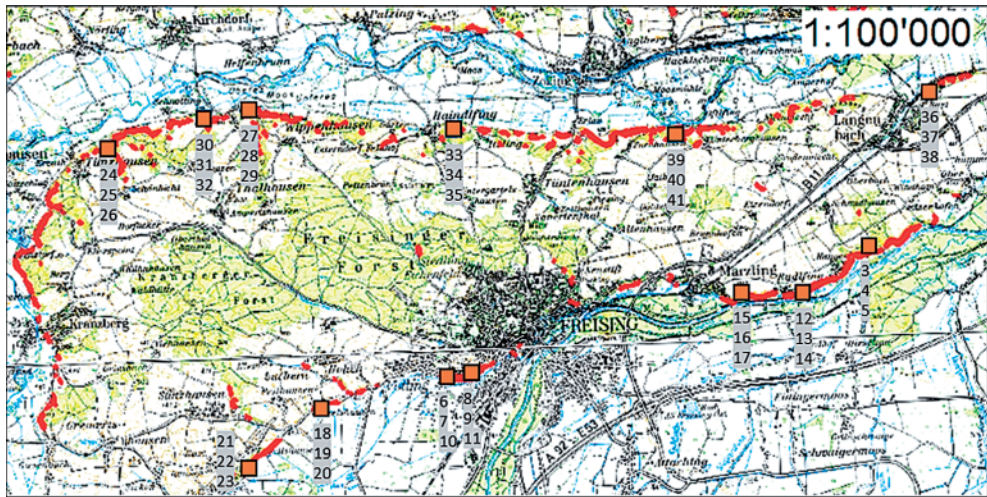


Abb. 1: Karte der potentiellen Leitenwälder im Raum Freising (DGM 25+ TK 100 rot markiert sind alle Wälder mit Steigungen über 20°); die Rechtecke markieren die Verteilung der Aufnahmeflächen. Die Positionen sind auf Grund des Datenschutzes nicht komplett positionsgetreu eingezeichnet.

schneidung der Bodennutzungsart „Wald“ (ATKIS-Daten, tatsächliche Nutzung) mit Flächen, welche eine Hangneigung größer 20° aufweisen (Digitales Geländemodell, DGM 25), erstellt. Das Ergebnis ist eine Karte aller Wälder in steiler Hanglage, die als Grundlage für die Auswahl der Transekte diente. Um möglichst naturnahe Waldstandorte zu kartieren, sollten die Aufnahmen in laubholzdominierten Beständen stattfinden. Da das erstellte Suchraster nicht zwischen Laub- und Nadelwald unterscheidet, erfolgte die endgültige Auswahl der Probeflächen nach Augenschein im Gelände. Dabei wurde neben dem Laubholzanteil darauf geachtet, dass die Aufnahmen auf einer möglichst ungestörten Fläche erfolgen.

Insgesamt wurden 13 Leiten ausgewählt: sieben Aufnahmen in den Südhängen der Isarleiten und sechs in den nordexponierten Lagen im Ampertal. An jedem Standort wurden entlang des Hangprofils (Catena) drei Aufnahmeflächen, je eine an der Oberkante, im Mittelhang und am Hangfuß angelegt. Damit beläuft sich die Gesamtzahl der Aufnahmeflächen auf 39. Jede dieser Aufnahmeflächen umfasst 144m² (12m x12m). Mit dem Ziel, eine möglichst vollständige Liste der Vegetation einschließlich Frühjahrsgeophyten zu erhalten, wurde je eine Aufnahme im Frühjahr (Mai) und eine Sommeraufnahme (August) durchgeführt. Die Vegetation wurde nach Baumschicht 1, Baumschicht 2, Strauchschicht, Krautschicht und Mooschicht getrennt aufgenommen. Dabei sind ausschließlich bodenbesiedelnde Pflanzen aufgenommen worden. Holz- oder felsbesiedelnde Pflanzen wurden außer Acht gelassen. Die Deckungen sind Schätzungen anhand der Skala von BRAUN-BLANQUET (1964).

Auf jeder Aufnahmefläche wurden neben den Vegetationsdaten der pH-Wert des Oberbodens (potenzielle Acidität in CaCl₂), der Lichtfaktor im Verhältnis zum Offenland (Global Site Factor GSF, gemittelt aus je fünf Hemisphärenfotos, ausgewertet mit HemiView, RICH et al. 1996), die durchschnittliche Hangneigung und die Exposition gemessen.

Die Vegetationsdaten wurden mit Turboveg 2 (HENNEKENS & SCHAMINÉE 2001) katalogisiert und mit den mittleren Ellenbergzeigerwerten (ELLENBERG 1974) ergänzt. Die Vegetati-

onstabelle ist mit den Programmen Juice (TICHÝ 2002) und MS-Excel erstellt worden. Die statistische Auswertung fand anhand von R-Studio mit der package „stats“ (R CORE TEAM 2012) statt, die Ordinationen (Nicht-metrische Multidimensionale Skalierung der Bodenvegetation ohne Baumschichten, wurzeltransformierte Deckungen) wurden mit PC-Ord 7 (McCUNE, B. & MEFFORD 2016) erstellt.

3 Ergebnisse

3.1 Die Vegetation der Freisinger Leiten

Insgesamt wurden 182 verschiedene Pflanzenarten gefunden, davon kommen 98 in den Buchenwäldern und 161 in den Edellaubwäldern vor. In der Vegetationstabelle (Tab. 1) sind die wichtigsten aufgelistet. Die Anordnung der Aufnahmeflächen erfolgt, neben der Einteilung in die Waldgesellschaft, anhand der Lage der Aufnahmen im Ordinationsdiagramm. Die Übergänge zwischen den einzelnen Waldgesellschaften sind fließend, es könnte auch eine andere Unterteilung begründet werden.

Die Aufnahmen werden in drei Hauptgruppen unterteilt. Links stehen die Edellaubwälder (Adoxo-Aceretum). Diese sind anhand der Reihenfolge auf der 2. Achse im Ordinationsdiagramm (Abb. 2) angeordnet. Innerhalb der Edellaubwälder sind Aufnahmen, welche dem Aceri-Tilietum nahestehen als „*Arum maculatum*-Ausbildung“ links, das Adoxo-Aceretum (typische Ausbildung) rechts angeordnet. Die Aufnahmen der Buchenwaldgesellschaften sind nach der ersten Achse des Ordinationsdiagramms (Abb. 2) angeordnet. Damit teilen sie sich in das basenreichere Galio-Fagetum und das saure Luzulo-Fagetum. Die Arten sind zu Trennartengruppen der unterschiedlichen Vegetationstypen geordnet.

In den gut nährstoffversorgten und basenreichen Gesellschaften wachsen unter anderem Pflanzen wie *Geum urbanum*, *Ranunculus ficaria* und *Geranium robertianum*. Diese treten nur in den sauren Standorten zurück. Die kontinuierliche Anordnung in der Ordination zeigt, dass sich die Vegetation, abgesehen von der Dominanz der Baumarten, nur schwer zwischen den Edellaubwäldern und den basenreichen Buchenwäldern unterscheiden lässt. Nur die stark sauren Standorte weisen deutliche Unterschiede auf.

Die Edellaubwälder unterscheiden sich vorwiegend durch das vermehrte Auftreten von Eschen, Bergahorn und dem Zurücktreten der Buchen. Insgesamt tritt im Adoxo-Aceretum eine hohe Vielfalt an Baum- und Straucharten auf. Vor allem die Verbandsarten des Tilio-Acerion, wie der Bergahorn, die Bergulme, die Eiche, aber auch Esche sind maßgeblich am Aufbau der Baumschicht beteiligt. In einigen Hängen tritt dazu vermehrt der Spitz- und Feldahorn auf, während die Esche an Einfluss verliert. Diese Baumartenzusammensetzung ist der des Aceri-Tilietum nahe. Anzumerken ist, dass die eschenreichen Bestände sich von den spitz- und feldahornreichen Beständen durch das Auftreten von *Adoxa moschatellina*, *Sanicula europaea* und *Eurhynchium swartzii* unterscheiden. Zudem treten hier mineralbodenbesiedelnde Moose, wie *Fissides taxifolius* und Arten der Gattung *Bryum* auf.

In den Buchenwäldern wachsen dagegen Pflanzen wie *Dryopteris carthusiana* und *Rubus fruticosus* agg.. Sind die Standorte basenreich, gedeihen *Galium odoratum*, *Lamium galeobdolon* und andere, im Adoxo-Aceretum häufige anspruchsvolle Arten. Saure Standorte heben sich durch *Luzula luzuloides*, *Polytrichum formosum* und *Atrichum undulatum* vom Adoxo-Aceretum ab (vgl. Tab.1).

Tab. 1: Fortsetzung

	Arum-Ausbildung		Adoxo-Aceretum										Gallo-Fagetum		Luzulo-Fagetum			
			typische Ausbildung															
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Bs	. 1 . . 2	3	1	. . . . .	3	. . . . .	1	3	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	11
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Ss	. . . . . 1 . . 1	1	1	. . . . .	1	2	2	+	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	11
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Ks	. . . . . + . . + . . . . .	+	+	. . . . .	+	+	+	+	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	12
<i>Pinus sylvestris</i>	Bs	. . . . . . . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	2	. . . . .	3	. . . . .	2	1	2	. . . . .	. . . . .	. . . . .	8
<i>Prunus avium</i>	Bs	. . . . . 2 1 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	4
<i>Prunus avium</i>	Ss	. . . . . 1 1 . . + . . . . .	+	+	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	5
<i>Tilia cordata</i>	Bs	. . . . . 2 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	2	2	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	3
<i>Tilia cordata</i>	Ks	. . . . . . . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	2
Unterwuchs																		
d Adoxo-Aceretum																		
<i>Veronica hederifolia</i>	Ks	+ + 1 + + + + +	+	+	. . . . .	+	+	+	+	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	15
<i>Alliaria petiolata</i>	Ks	. . . . . + . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	15
<i>Sambucus nigra</i>	Ss	+ 1 . . 1 1 2 + +	1	3	. . . . .	2	. . . . .	. . . . .	. . . . .	1	2	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	15
<i>Viola odorata</i>	Ks	. . . . . 2 + . . . . .	+	+	. . . . .	+	+	+	+	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	13
<i>Lonicera xylosteum</i>	Ss	. . . . . 1 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	2	1	1	1	2	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	11
<i>Lonicera xylosteum</i>	Ks	. . . . . 2 . . . . .	+	+	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	14
<i>Ligustrum vulgare</i>	Ks	. . . . . + . . + . . . . .	+	+	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	12
<i>Viola hirta</i>	Ks	. . . . . + + + . . . . .	+	+	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	11
d Arum maculatum-Ausb.																		
<i>Arum maculatum</i>	Ks	+ + 1 + + . . 1 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	6
d typische Ausbildung																		
<i>Eurhynchium swartzii</i>	Ms	. . . . . . . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	20
<i>Taraxacum Sec. Ruderalia</i>	Ks	. . . . . + . . . . .	+	+	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	17
<i>Stachys sylvatica</i>	Ks	. . . . . . . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	11
<i>Euonymus europaea</i>	Ss	. . . . . + . . . . .	1	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	4
<i>Euonymus europaea</i>	Ks	. . . . . . . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	10
<i>Campanula rapunculoides</i>	Ks	. . . . . + . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	10
<i>Adoxa moschatellina</i>	Ks	. . . . . . . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	8
<i>Sanicula europaea</i>	Ks	. . . . . . . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	5
<i>Fissidens taxifolius</i>	Ms	. . . . . . . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	4
d Adoxo-Aceretum/Gallo-Fagetum																		
<i>Geum urbanum</i>	Ks	+ + + + + + + + + + +	+	+	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	29
<i>Aegopodium podagrana</i>	Ks	1 1 + 3 + 2 +	1	3	. . . . .	3	1	3	3	1	2	+	+	+	+	+	+	28
<i>Impatiens parviflora</i>	Ks	. . . . . + . . . . .	3	+	. . . . .	+	+	+	+	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	25

Tab. 1: Fortsetzung

	Arum-Ausbildung			Adoxo-Aceretum										Galio-Fagetum		Luzulo-Fagetum			
	3	2	1	2	1	+	2	1	+	1	1	1	+	1	+	+	+	+	
<i>Ranunculus ficaria</i>	Ks						2	+	1	+	1	+	1	+	+				22
<i>Geranium robertianum</i>	Ks		+	2	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+				22
<i>Galium aparine</i>	Ks			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				21
<i>Lamium maculatum</i>	Ks	+		+	+		+		1	+	+	+	+	+	+				19
<i>Lamium galeobdolon</i>	Ks	2		2					+	+	+	+	+	+	+				19
<i>Corylus avellana</i>	Ss		1		3	1		2	2	1		2	2	3	+				16
<i>Corylus avellana</i>	Ks								+	+	+	+	+	+	+				10
<i>Poa nemoralis</i>	Ks								+	+	+	+	+	+	+				14
<i>Pulmonaria obscura</i>	Ks	+							+	+	+	1	+	+	+				13
<i>Sambucus nigra</i>	Ks		+						+	+	+	+	+	+	+				13
<i>Dryopteris filix-mas</i>	Ks								+	+	+	+	+	+	+				12
<i>Anemone nemorosa</i>	Ks	+	1				1								1	+			12
<i>Moehringia trinervia</i>	Ks								+	+	+	+	+	+	+				12
<i>Carex sylvatica</i>	Ks								+	+	+	+	+	+	+				12
<i>Viola reichenbachiana/riviniiana</i>	Ks								+	+	+	+	+	+	+				12
d Galio-Fagetum																			
<i>Galium odoratum</i>	Ks														1	+			3
d Galio-/Luzulo-Fagetum																			
<i>Rubus fruticosus</i> ag.	Ss						+								+	1	+		14
<i>Polytrichum formosum</i>	Ms															+	+	+	12
<i>Dryopteris carthusiana</i>	Ks														+	1	1	+	11
<i>Atrichum undulatum</i>	Ms															+	+	+	11
<i>Luzula luzuloides</i>	Ks															+	+	+	10
<i>Hyppnum cupressiforme</i>	Ms															+	+	+	9
<i>Dicranella heteromalla</i>	Ms															+	+	+	9
Sonstige Arten																			
<i>Urtica dioica</i>	Ks						1	+	+	+	+	+	1	+	+	+			25
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	Ks							+	1		+	2	1	2	3	3	1	+	24
<i>Mycelis muralis</i>	Ks															+	+	+	10
<i>Impatiens glandulifera</i>	Ks															+	+	+	10
<i>Brachythecium rutabulum</i>	Ms															+	+	+	17
<i>Eurhynchium striatum</i>	Ms															+	+	+	11
<i>Plegiomnium undulatum</i>	Ms															+	+	+	10

weitere Arten mit geringer Steigigkeit

Die hohe Ähnlichkeit der Standorte zeigt sich darin, dass viele der in den Edellaubwäldern vorkommenden Pflanzen im Galio-Fagetum, in geringem Umfang selbst im Luzulo-Fagetum auftreten. Dies betrifft meist Standorte, an denen der Boden durchmischt wurde. Als Beispiel sind hier Wurzelteller und Dachsbauten zu nennen. Aber auch Böschungen von Forstwegen können durch Erdbewegungen eine Erhöhung des pH- Wertes bewirken.

3.2 Ordinationsdiagramm

Das Ordinationsdiagramm (NMDS, Abb. 2) bildet die Ähnlichkeit zwischen den Vegetationsaufnahmen ab. Im Raum der ersten und zweiten Achse zeichnet sich eine Zweiteilung in Buchen- (grün markiert) und Edellaubwälder (gelb markiert) ab. Da das Ordinationsdiagramm aus den Vegetationsdaten der Kraut- und Mooschicht berechnet ist, lässt sich folgern, dass sich Buchen- und Edellaubwälder, neben den unterschiedlichen Baumarten, durch eine jeweils eigene Zusammensetzung der Bodenvegetation auszeichnen. Die interne Variabilität der beiden Gruppen verteilt sich auf die beiden Ordinationsachsen. Die Edellaubwälder, am

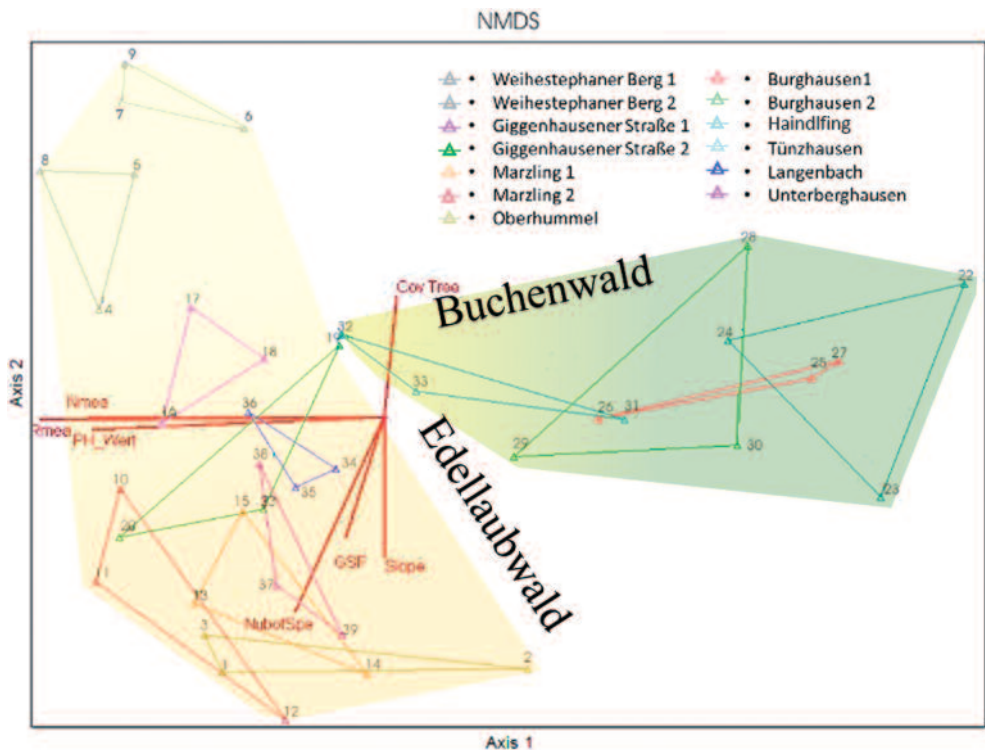


Abb. 2: Ordination der Aufnahmen (NMDS); wurzeltansformierte Deckungen der Kraut- und Mooschicht; Stresswert bei drei Dimensionen: 13,4295; $P=0,004$; Aufnahmen derselben Hangcatena sind zu Dreiecken verbunden; die Vektoren zeigen Korrelationen mit Umweltvariablen an. CovTree (Gesamtdeckung der Baumschicht), Nmean (Gemittelte Stickstoffzahl nach Ellenberg), Rmean Gemittelte (Reaktionszahl nach Ellenberg), GFS (Global Side Factor) Nubof Spe (Anzahl der aufgenommenen Arten je Transekt)

linken Rand des Diagramms, verteilen sich entlang der 2. Achse, während sich die Buchenwälder entlang der 1. Achse verstreuen. Folglich gibt es mindestens zwei unterschiedliche Standortfaktoren, welche einen Großteil der Artenzusammensetzung bewirken.

Die Einbeziehung der Umweltfaktoren (rote Vektoren) in die Interpretation ergibt, dass der pH-Wert eng mit der 1. Achse ($r=0,794$) korreliert, der pH-Wert sinkt von den Edellaubwäldern (links) zu den Buchenwäldern (rechts) ab. Die Vektoren zeigen, dass sich die gemittelten Ellenberg-Zeigerwerte für Reaktion (R) und Stickstoff (N) gleichsinnig verhalten.

Mit der 2. Achse korrelieren Variablen, die den Lichteinfall beschreiben. Das ist zum einen der Global Site Faktor (GSF) ($r = 0,456$) und zum anderen die Deckung der Baumschicht ($r = 0,517$). Die Menge des für die Krautschicht verfügbaren Lichtes nimmt im Diagramm von oben nach unten zu. Damit ist der Lichtfaktor für die Verteilung der Edellaubwälder im Diagramm ein wichtiger Aspekt. Dass Licht besonders für die Vielfalt von Waldpflanzen wichtig ist, zeigt sich an der Zunahme der Artenzahl, welche fast parallel zum Lichtfaktor verläuft.

Interessant ist, dass die sechs Aufnahmen am Weihestephaner Berg (oben links), im Ordinationsdiagramm von den anderen Edellaubwäldern etwas abgesetzt platziert sind.

3.3 Standortbedingungen

Die in den Freisinger Leiten gemessenen Umweltfaktoren schwanken, insbesondere zwischen Buchen- und Edellaubwäldern, deutlich. Die deutlichsten Unterschiede weist der pH-Wert auf. Abb. 3 zeigt die unterschiedlichen pH-Werte unter Buchen- und Edellaubwäldern. Dabei zeigt sich, dass die Standorte der Buchenwälder einen signifikant geringeren pH-Wert (Median 5,3) haben als die der Edellaubwälder (Median 7,6). Ähnlich verhält es sich mit der mittleren Stickstoffzahl (Abb. 6).

Für die Krautschicht herrscht in den Leiten zudem ein unterschiedlicher Lichtgenuss. Die Deckung der Baumschicht und der GSF korrelieren miteinander. Beide ergeben, dass die Pflanzen der Edellaubwälder im Durchschnitt signifikant mehr Licht erhalten als jene der Buchenwälder (Abb. 5). Unter den Buchen müssen Pflanzen mit etwa 70% des Lichtes der Edellaubwälder auskommen. Nach dem Blattaustrieb der Buche bleiben der Krautschicht etwa 13% der Freilandstrahlung. Damit geht einher, dass die Artenvielfalt auf den stärker beschatteten Transekten signifikant abnimmt (Abb. 4). Die unterschiedlichen Positionen im Hang zeigen in den Ergebnissen nur geringe Unterschiede, welche angesichts des kleinen Stichprobenumfangs nicht signifikant sind.

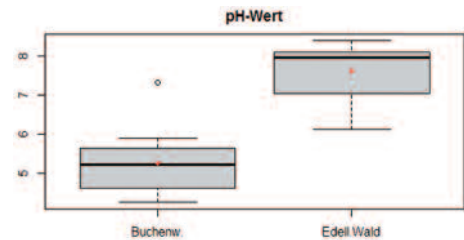


Abb. 3: pH-Wert des Oberbodens (potenzielle Acidität) in Buchen- und Edellaubbeständen; t-Test: $P < 0,001$

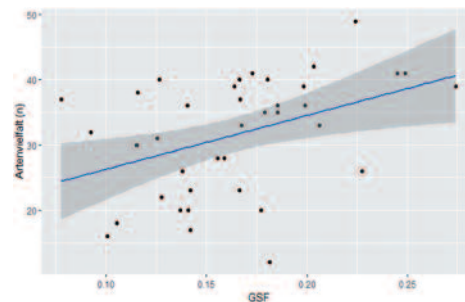


Abb. 4: Korrelation zwischen dem Global Site Factor und der Anzahl an Arten (Spearman-Korrelation: $P=0,003$) Regressionsgerade (Blaue Linie); grau hinterlegt ist das Konfidenzintervall.

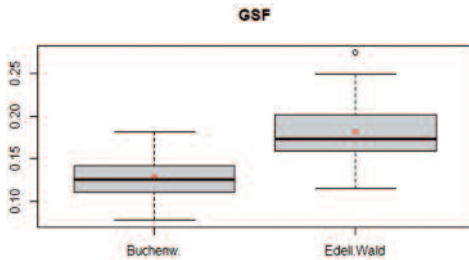


Abb. 5: Abb. 5 Global Site Factor (GSF, Summe des direkten und indirekten Lichtes im Verhältnis zum Offenland) in Buchen- und Edellaubbeständen; gemessen wurde auf einer Höhe von ca. 50 cm. (t-Test: $P < 0.001$)

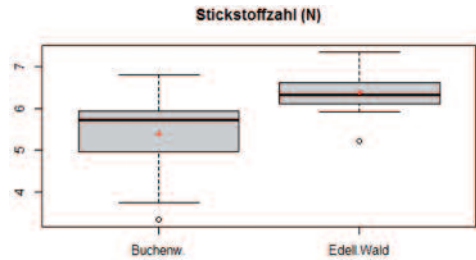


Abb. 6: Gemittelte Stickstoffzahlen in Buchen- und Edellaubbeständen (t-Test: $P = 0.006473$).

4 Diskussion

4.1 Einfluss des Standorts

Als wichtigster Standortfaktor für die Bodenvegetation erwies sich der pH-Wert (Abb.2), dem auch die Einteilung in Edellaub- und Buchenwälder entspricht. Als Ursache dieses Unterschieds scheidet die Geologie aus, welche im Gebiet einheitlich ist. Auch lässt sich die An- und Abwesenheit von Buchen nicht allein auf den pH-Wert zurückführen, da die Baumart auf Standorten mit hohem, wie auch niedrigem pH-Wert vorkommt. Ein Wechsel der Baumart kann allerdings zu Veränderungen der bodenbildenden Prozesse führen. Buchenstreu hat im Vergleich zu Eschen und Ahorn ein weiteres C/N Verhältnis. Dies kann dazu führen, dass sich durch die Anwesenheit der Buche der pH-Wert der Humusaufgabe verringert (LEIBUNDGUT 1953, zit. nach ELLENBERG & LEUSCHNER 2010), was die hier angetroffenen beträchtlichen Schwankungen des pH-Wertes im Oberboden um 4,1 Stufen aber kaum erklärt, zumal auch Buchen auf sauren Standorten mit ihrer Streu Basenkationen aus tieferen Bodenschichten an die Oberfläche transportieren („Basenpumpe“, FALTL et al. 2017).

Fallen die Geologie und die Vegetation als Grund für die Versauerung weg, bleiben noch bodenbildende Prozesse als Ursache. In den Edellaubwäldern deuten die hohen pH-Werte auf Pararendzinen und Braunerde-Pararendzinen hin. Da Pararendzinen unter Wald zu einer Verbraunung neigen, können sich diese nur erhalten, wenn carbonatreiches Material nachgeliefert wird (SCHEFFER et al. 2002). Dies kann in Hanglagen in Form von Rutschungen geschehen. Die Standorte der Buchenwälder weisen jedoch alle darauf hin, dass bereits eine gewisse Versauerung stattgefunden hat. Da der pH-Wert der Buchenstandorte stark schwankt, ist anzunehmen, dass dieser Prozess unterschiedlich weit vorangeschritten ist. Die sauersten gemessenen Standorte ergaben einen pH-Wert von 4,3 und zeigen im Gelände Anzeichen eines Eluvial-Horizonts.

Da bodenbildende Prozesse Zeit benötigen, müssen die stärker versauerten Abschnitte der Leiten seit längerer Zeit stabil sein. Damit geht einher, dass Buchen nicht mehr durch Bodenbewegungen benachteiligt werden. Von Rutschungen profitieren vor allem Pionierbaumarten. Bleiben die Böden stabil, benötigen Buchen einige Zeit, bis sie infolge der Sukzession den Standort wieder besiedeln.

Vergleicht man die Lage der Leitenwälder mit der Verteilung des Extremhochwassers von Isar und Amper, fällt auf, dass bodensaure Buchenwälder vermehrt an Gleithängen und vom Hochwasserpegel unberührten Hängen wachsen. Die carbonatreichen Edellaubwälder sind vermehrt auf den Prallhängen und auf von Hochwasser unterspülten Hängen zu finden.

Neben den unterschiedlichen pH-Werten weist das Ordinationsdiagramm (Abb.2) auf unterschiedliche Lichtverhältnisse hin. Diese Unterschiede sind zum einen durch die Exposition bedingt. Abgesehen von diesem lagebedingten Unterschied hat die Dichte des Kronendachs großen Einfluss auf den Lichteinfall. So sind die Unterschiede zwischen Buchen und Edellaubwäldern größer als die zwischen Nord- und Südhängen. Edellaubwälder aus Pionier- und Halbschattbaumarten lassen mehr Licht durch die Kronenschicht dringen. In Folge des Eschenriebsterbens stehen in den eschenreichen Edellaubwäldern vermehrt Bäume mit lichten oder sogar abgestorbenen Kronen. Da Licht für das Wachstum von Pflanzen essenziell ist, verwundert es wenig, dass in den deutlich lichtdurchlässigeren Edellaubwäldern sowohl die Deckung der Strauch- und Krautschicht als auch der Artenreichtum zunimmt (Abb. 4).

4.2 Die Edellaubmischwälder

Die von Natur aus edellaubholzreichen Hang- und Schluchtwälder gehören dem Verband der Ahorn-Linden-Mischwälder (Tilio-Acerion) an. Bedingt durch Veränderungen der Standortbedingungen und des Sukzessionsstands tritt die Buche in ihrer Dominanz zurück. OBERDORFER (1992) beschreibt dies beispielsweise für mehr oder weniger bewegte Steinschutthänge oder sehr nährstoffreiche, frisch bis feuchte, kolluviale Unterhänge.

Die Edellaubwälder der Freisinger Leiten weisen, im Vergleich zu den Buchenwäldern, eine artenreiche Baumschicht und oft sehr ausgeprägte, artenreiche Strauch- und Krautschichten auf. In einigen der Aufnahmeflächen wird Forstwirtschaft offensichtlich nur extensiv bis überhaupt nicht betrieben. Dadurch sind Abschnitte mit Totholz- und Struktureichtum zu finden.

Die Feuchtezahl (mF) zeigt für die Edellaubwälder (mäßige) Frische an, damit unterscheiden sie sich kaum von den Buchenwäldern. Der Stickstoffzeigerwert (mN= 6,3) ist nach EWALD & ZICHE (2017) als stark eutroph zu bezeichnen. Dazu kommt ein recht hoher pH-Wert (Mittel=7,6). Die Böden sind als Übergangsformen von Syrosem- Rendzina, Pararendzina und carbonatreichen Braunerden in Bodenkartierungen angegeben (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2019). Aufgrund des pH-Werts kann, zumindest für die Aufnahmeflächen, das Auftreten der sauren Bodentypen wie oligotropher Braunerde und Podsol unter Edellaubwald ausgeschlossen werden.

Zu diesen Wuchsorten passen das in OBERDORFER (1992) und WALENTOWSKI et al. (2013) beschriebene Adoxo-Aceretum wie auch das oben erwähnte Aceri-Tilietum. Beide Gesellschaften besiedeln Standorte auf nährstoffreichen, kolluvialen Böden bewegter Hänge. Während das Aceri-Tilietum trocken-warme Standorte bevorzugt, gedeiht der Adoxo-Aceretum vorwiegend auf frischen bis feuchten Hangfüßen und wasserzügigen Hängen. Das Adoxo-Aceretum wird von ELLENBERG & LEUSCHNER (2010) als hoch produktive Waldgesellschaft beschrieben, wobei aus der großen Wuchsleistung nur mäßige Qualitäten resultieren. Die meist trockeneren Standorte des Aceri-Tilietum führen laut OBERDORFER (1992) nur zu einer geringen bis mäßigen Wuchsleistung.

Beide Waldgesellschaften sind sich in vielen Punkten recht ähnlich und gehen ineinander über. Die Verwandtschaft des Aceri-Tilietum mit dem Adoxo-Aceretum zeigt sich deutlich in

der Beschreibung ihrer Subassoziationen. Insbesondere die Subassoziationen des Aceri-Tilietum mit *Aegopodium podagraria*, *Allium ursinum*, *Arum maculatum* und *Ranunculus ficaria* stehen dem Adoxo-Aceretum nahe (OBERDORFER 1992).

Diese Arten sind in den Freisinger Leiten häufig, aber sie eignen sich nicht als Trennarten, da sie in beiden Waldgesellschaften vorkommen können. Es bleibt als Merkmal zwischen dem Adoxo-Aceretum und dem Aceri-Tilietum die Kombination der Baumarten. Laut OBERDORFER (1992) sind für das Aceri-Tilietum Spitzahorn und Sommer- wie Winterlinde typisch. Linden fehlen fast vollständig, erwähnenswerte Vorkommen des Spitzahorns finden sich lediglich am Weihenstephaner Berg (vgl. WALENTOWSKI et al. 2013), wo ein synanthropes Vorkommen der Baumart nicht auszuschließen ist und außer dem Feldahorn kaum wärme- und trockenheitszeigende Arten anzutreffen sind. Hier befindet sich auch das bei der Stadtbevölkerung bekannte Massenvorkommen von *Allium ursinum*, das nur mit einer Aufnahme (8) belegt wurde. Das Adoxo-Aceretum wird von einigen Autoren als eine Gesellschaft der Hangfüße beschrieben. Daher stellt sich die Frage, in wie weit die Hangposition Einfluss auf die Waldgesellschaft hat. In den vorherigen Auswertungen wurde jeweils der Hang als Gesamtes betrachtet. In Bezug auf die Abgrenzung zwischen Aceri-Tilietum und Adoxo-Aceretum ist von Interesse, ob sich die Oberhänge, beispielsweise durch erhöhte Trockenheit, von den Unterhängen unterscheiden. Da Bodenfeuchte nicht direkt gemessen wurde, bleibt nur die Auswertung der Ellenberg-Zeigerwerte. Die mittlere Feuchtezahl ist im gesamten Hang sehr ähnlich (Abb. 4), eine leichte Zunahme zum Hangfuß jedoch erkennbar. Oberhänge stehen in ihrer Tendenz dem Standort des Aceri-Tilietum als näher als die Hangfüße. Dieser Unterschied ist jedoch sehr gering, ein Wechsel der Waldgesellschaft ist damit nicht zu begründen. Letztlich legt der überwiegende Teil der bearbeiteten Literatur eine Einreihung aller Freisinger Edellaubwälder in das Adoxo-Aceretum nahe, wobei die *Arum maculatum*-Ausbildung des Weihenstephaner Bergs in Tab. 1 gesondert dargestellt ist.

4.3 Buchenwälder

Zonale Buchenwälder bedecken weite Teile Mitteleuropas. Waldstandorte, die weder zu nass noch zu trocken sind, und in denen auch sonst keine für die Buchen negative Eigenschaften vorherrschen, werden von Buchenwaldgesellschaften bestockt.

Die Buchenstandorte in den Freisinger Leiten sind größtenteils mäßig basenreich mit versauertem Oberboden, in wenigen Fällen auch tiefgründig versauert. *Luzula luzuloides* tritt neben der Buche in nahezu allen Aufnahmen auf. Vereinzelt sind Stieleichen zwischen die Buchen eingestreut. Im Unterschied zu den Edellaubwäldern sind in den Buchenwäldern häufiger Spuren von Forstwirtschaft zu finden. Die meisten der Bestände sind mehr oder weniger gleichaltrig und einschichtig aufgebaut. Strauch- und Krautschicht erreichen deutlich geringere Deckungen als in den benachbarten Edellaubwäldern.

Bei der Verteilung der Buchenwälder im Ordinationsdiagramm (Abb. 2) fällt auf, dass sie bezüglich des Lichtfaktors wenig Unterschiede aufweisen, dafür aber beim pH-Wert variieren. Dabei verteilen sich die Aufnahmen relativ gleichmäßig zwischen einem pH-Wert von 4,3 und 7,3. Dieser Gradient zeigt sich auch in der Vegetation. So finden sich auf den sauren Standorten *Leucobryum glaucum* und *Vaccinium myrtillus*. Anspruchsvolle Kräuter wie *Galium odoratum*, *Galium sylvaticum*, *Anemone nemorosa* und *Lamium galeobdolon* sind dagegen auf den basenreicheren Standorten zu finden. Diese weniger entbasten Standorte leiten

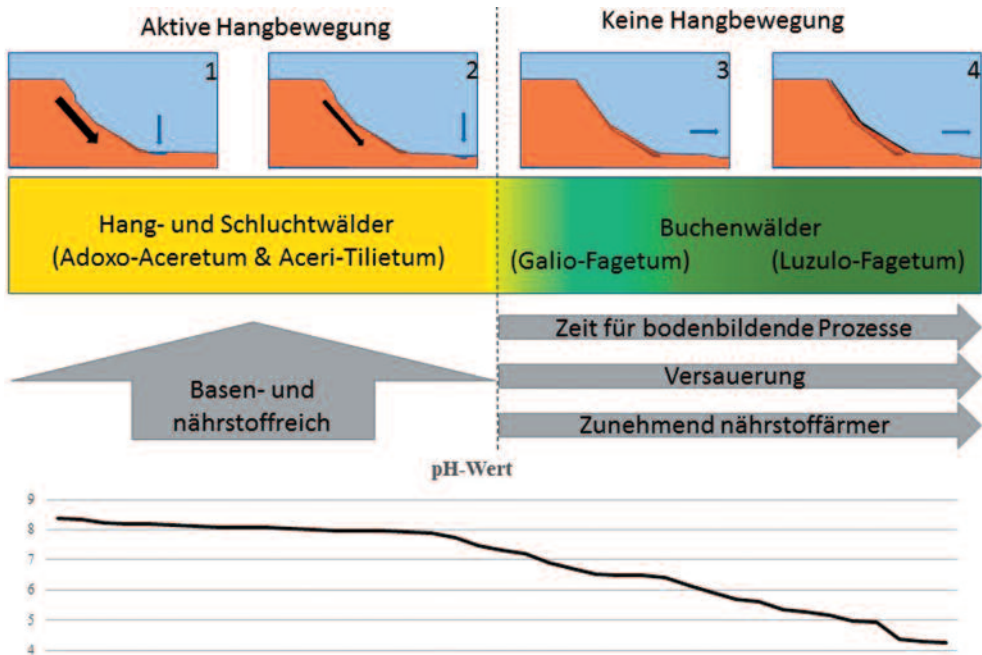


Abb. 7: Theoretischer Verlauf der Versauerung einer Leite als Folge einer Veränderung des Gewässerungsverlaufs, dabei wird aus einem Prallhang ein Gleithang (Blauer Pfeil zeigt die Position des Gewässers, die Bodenaktivität wird durch den schwarzen Mächtigkeitsschraffurpfeil dargestellt).

zum Adoxo-Aceretum über, zumal an diesen Standorten vereinzelt auch Eschen auftreten. LANG & WALENTOWSKI (2018) beschreiben diesen Grenzfall. Sie definieren für Standorte, auf welchen die Buche in ihrer Dominanz nicht wesentlich eingeschränkt ist, eine Kartierung als Buchenwald. Wie gleitend der Unterschied ist, offenbaren auch die Stickstoffzeiger. Die Aufnahmen dieser Standorte weisen ebenso hohe N-Werte auf, wie jene der Edellaubwälder. Erfasst wurden in den Transekten lediglich das Luzulo-Fagetum und das Galio-Fagetum, es ist aber durchaus wahrscheinlich, dass auch carbonatreichere Gesellschaften wie das Hordelymo-Fagetum auftreten können (Abb.7).

Der Mensch hat durch die Gestaltung der Landschaft und die Bewirtschaftung Einfluss darauf, ob und wie schnell Buchen in einen ehemaligen Rutschhang einwandern. Neben dem Waldbau und der Baumartenwahl in den Leiten selbst hat auch die Bewirtschaftung der umgebenden Flächen Einfluss. Im Umfeld der Isarleiten finden sich kaum Buchenvorkommen. Damit ist dort eine schnelle Ausbreitung der Buchen selbst auf stabilen Hängen unwahrscheinlich.

Letzten Endes können Hang- und Schluchtwaldgesellschaften sowohl als Stadium der Sukzession in Folge einer Hangrutschung, eines forstlichen Eingriffs auftreten oder auf kontinuierlich instabilen Hängen eine dauerhafte Waldgesellschaft bilden.

5 Schlussfolgerungen für den Schutz der Leitenwälder

Der Raum Freising ist durch seine Lage in der Metropolregion München stark vom Menschen geprägt. Der größte Teil der Landschaft wird heute als Siedlungs- oder Agrarfläche genutzt. Die Leitenwälder beherbergen genau dort naturnahe und artenreiche Ökosysteme. Hang- und Schluchtwälder werden, laut BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2017), in der Roten Liste der Biotoptypen Deutschlands mit dem Status „akute Vorwarnliste“ eingestuft. In der Umgebung von Freising sind steile Hänge etwas Besonderes. Ziel des Schutzes sollte es sein, diese in ihrem aktuellen ökologischen Zustand zu erhalten oder zu verbessern.

Direkte Gefährdungen für die Leitenwälder gehen vorwiegend von intensiver Forstwirtschaft aus. Vor allem der Anbau nicht standortheimischer Baumarten wie der Fichte beeinträchtigt die naturnahen Laubwald-Gesellschaften. Dies trifft besonders die stabilen und sauren Leitenhänge. Baumaßnahmen finden außerhalb der Siedlungsbereiche in den Leiten selten statt. Am häufigsten ist aktuell vermutlich der Bau von Forstwegen. Doch können schon kleinere Baumaßnahmen den Standort in seiner Naturnähe verändern, da schon geringe Bodenbewegungen eine Durchmischung des Bodensubstrats hervorrufen. Damit wird ein Prozess rückgängig gemacht, welcher über lange Zeit zur Bildung tiefer entwickelter Böden und damit auch zu einer Versauerung geführt hat. In den von Bewegungen des Bodens geprägten Isarleiten beeinträchtigen befestigte Wege die natürliche Bodenbewegung. Der punktuelle Zielkonflikt zwischen Naturschutz und Erholungsnutzung von Leiten im Stadtbereich wird an Hand des 2018/19 durchgeführten Ausbaus der Fußwege am Weihenstephaner Südhang, der mit erheblichen Erdbewegungen und dem Einbau von Fremdmaterial verbunden war, deutlich. Weitere Beeinträchtigungen entstehen, laut FFH- Managementplan, durch Einträge von oberhalb gelegenen landwirtschaftlich genutzten Flächen und Siedlungen, sowie in geringem Umfang durch die Entsorgung von organischem Material (AELF ERDING 2016).

Neben diesen unmittelbar wirkenden Einflüssen gibt es auch Eingriffe, welche sich erst langfristig auswirken: Da für den Erhalt der carbonat- und nährstoffreichen Hangstandorte Bodenbewegungen nötig sind, kann infolge der Regulierung von Gewässern eine zunehmende Stabilisierung der Hänge erfolgen. Werden die Hänge nicht mehr unterspült und bleiben Rutschungen aus, kann sich das Adoxo-Aceretum vermutlich nicht halten (KÖLLING & WALENTOWSKI 2001). So ist anzunehmen, dass in dem Fall ein Wandel von den edellaubreichen Hangmischwäldern hin zu bodensauren Buchengesellschaften einsetzt (Abb. 7).

Für einen sinnvollen Umgang mit den Leitenwäldern ist es daher bedeutsam, deren besondere Entstehungsvoraussetzungen zu kennen und diese entsprechend zu behandeln. Dies schließt die Erhaltung der Naturnähe (alte Waldbestände standortheimischer Baumarten), den Verzicht auf Zerschneidung und Erschließung sowie das Zulassen von natürlichen Prozessen (Rutschung, natürliche Wiederbewaldung) ein.

6 Literaturverzeichnis

- AELF ERDING 2016: Natura 2000 Managementplan 7537-301. Isarauen von Unterföhring bis Landshut. – AELF, Erding.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT 2010: Bayerische Waldklimastation Freising. – LWF, Freising.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2019: Umweltatlas Bayern. Digitale Übersichtsbodenkarte Karte von Bayern 1:25.000 (dÜBK25). – <https://www.umweltatlas.bayern.de/mapapps/resources/apps/>

