

Entwicklung der Bestände und der Populationsstruktur von *Trollius europaeus* im nördlichen Rothaargebirge innerhalb von 20 Jahren – eine Fallstudie im Hochsauerlandkreis

Stock and population structure development of *Trollius europaeus* in the northern Rothaar Mountains within 20 years – A case study in the Hochsauerland district

Norbert R. Kowarsch und Peter Poschlod

Zusammenfassung

Am Beispiel von 14 Beständen der Trollblume (*Trollius europaeus* L.) werden die Beziehungen zwischen Art und Intensität der Landnutzung und der Entwicklung der Bestände sowie der Populationsstruktur dargestellt. Hierzu wurden Veränderungen in der Abundanz und der räumlichen Verteilung der *Trollius*-Individuen sowie Veränderungen in der Populationsdichte und der Struktur der Lebensalterstadien im Zeitraum 1996–2013 (2015) erfasst. Die Blütenanzahl auf den kartierten Flächen hat sich in diesem Zeitraum auf 8 % des ursprünglichen Werts im Jahr 1996 reduziert, die Anzahl blühender Individuen ist auf 13 % zurückgegangen. Das Verhältnis vegetativer, nicht adulter Individuen zur Anzahl generativer Individuen (J/G-Wert) variiert in den Beständen je nach Art und Intensität der Landnutzung. Auf Brachen können sich Trollblumen zu großen und blütenreichen Individuen entwickeln, sie können sich aber nicht verjüngen. Langfristig erlöschen diese Bestände. Ein- bis zweischürige Wiesenutzung wirkt positiv auf Abundanz und Populationsstruktur von *T. europaeus*. Beweidung bedeutet für Trollblumen mehr Stress als Mahd; nur wenn die Störungen durch Beweidung spät (Juli) und nicht zu intensiv sind, können Trollblumen in gewissem Umfang überleben.

Trollius europaeus L. – Monitoring – Lebensalterstadien – Populationsstruktur – Art der Grünlandnutzung – Intensität der Grünlandnutzung

Abstract

Using the example of 14 *Trollius europaeus* L. stands, this article explores the relationships between land-use type and intensity and the development of stock and population structure. Changes in the abundance and spatial distribution of *Trollius* individuals and changes in population density and age stage structure in the period from 1996 to 2013 (2015) were recorded. In 2013, a decline in flowering individuals to 13 % of the 1996 population was observed on the mapped areas. The number of flowers in the stands decreased to 8 % during the same period. The ratio of vegetative, non-adult individuals to the number of generative individuals (J/G value) varies in the populations depending on the type and intensity of land use. Globeflowers can develop into large and blooming individuals on fallow land, but they cannot rejuvenate. In the long term, these populations will go extinct. Single- or double-cut meadows have positive effects on the abundance and population structure of *T. europaeus*. Grazing places greater stress on *T. europaeus* than mowing. Globeflowers can only survive to a certain extent if disturbances caused by grazing are late (July) and not too intensive.

Trollius europaeus L. – Monitoring – Age stages – Population structure – Type of grassland use – Intensity of grassland use

Manuskripteinreichung: 6.9.2021, Annahme: 14.2.2022

DOI: 10.19217/NuL2022-05-02

1 Einleitung

Global nimmt die Biodiversität als Ergebnis der Landnutzung und der vom Menschen verursachten Klimaveränderungen ab (Sala et al. 2000). Auch die Trollblume (*Trollius europaeus* L.) als Leitart der extensiv genutzten artenreichen Feuchtwiesen ist in den letzten Jahrzehnten in Mitteleuropa stark rückläufig. Dies gilt insbesondere für die nordwestliche Arealgrenze der zentraleuropäischen Vorkommen (Rothaargebirge: Biologische Station Rothaargebirge 1997; Kowarsch 1997; Westerwald: Fischer 1994; Graffmann 2004; nordostdeutsches Tiefland: Weinert 1978; Bartz et al. 1984; Lemke 2011; Nordwest-Polen: Mysliwy, Bosiacka 2009).

Der starke Rückgang der Trollblume in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts (Lemke 2011) wurde in Westeuropa durch die Un-

terzeichnung der Römischen Verträge und der damit beginnenden europäischen Agrarpolitik maßgeblich befördert (Poschlod 2017). Als wichtigste Ursachen des Rückgangs sind die Entwässerung und Intensivierung der Nutzung der früher in der Regel einmal jährlich gemähten Feuchtwiesen und die damit verbundene Umwandlung in Futterwiesen oder sogar ackerbaulich genutzte Flächen oder eine Nutzungsaufgabe mit anschließender Verbuschung oder Aufforstung der Flächen zu nennen (vgl. Ringler 1987; Abt 1991).

Hinsichtlich prognostizierter Klimaveränderungen ist die nordisch-präalpine Feuchtgrünlandart *Trollius europaeus* (Oberdorfer 1994) stärker gefährdet auszusterben als viele Gefäßpflanzenarten mittlerer oder trockener Standorte. Gemäß einer Studie von Buse et al. (2015) hat das Aussterberisiko für *T. europaeus* in Süddeutschland stark zugenommen. Beim Vergleich der Zeiträume 1950–1980

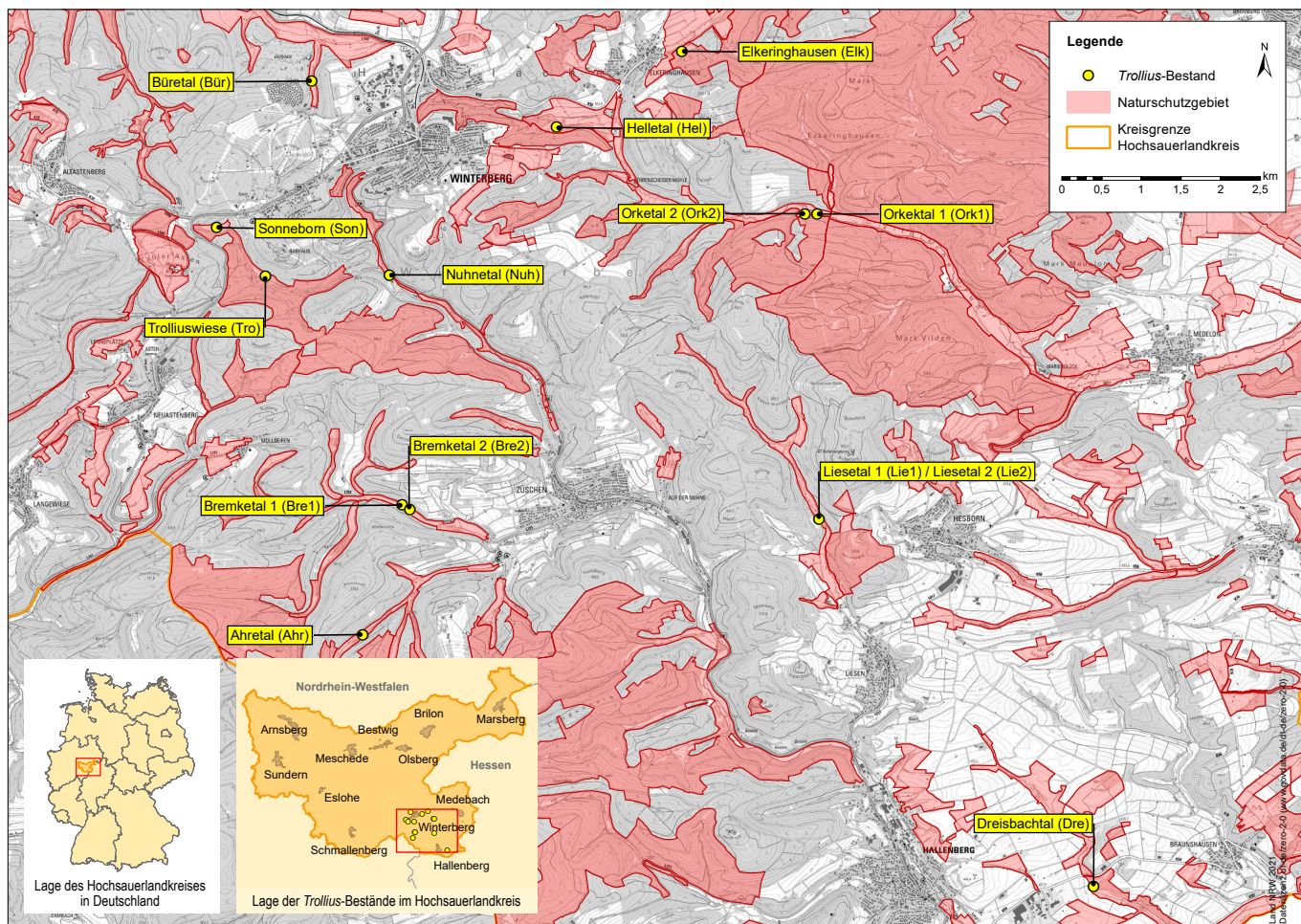


Abb. 1: Lage der Untersuchungsflächen im nördlichen Rothaargebirge. Die 14 untersuchten Bestände der Trollblume (*Trollius europaeus*) befinden sich in Naturschutzgebieten in Höhenlagen zwischen 370 und 720 m über Normalnull (NN).

Fig. 1: Location of the study areas in the northern Rothaar Mountains. The 14 stands of globeflower (*Trollius europaeus*) are located in nature reserves at altitudes between 370 and 720 m above sea level.

und 1980 – 2009 ist fast eine Verdopplung der Aussterberate (von 0,8 % auf 1,5 %) von *Trollius*-Beständen in Süddeutschland festzustellen. Die Aussterbeereignisse finden hierbei vorwiegend am Rand der Klimanische (etwa am unteren Rand der Höhenverbreitung) von *T. europaeus* statt (Buse et al. 2015). Auf europäischer Skalenebene prognostizieren Espindola et al. (2012) einen Rückzug der *Trollius*-Bestände für die nächsten 60 Jahre in höhere Lagen und höhere Breitengrade. Die Alpen werden als großer Refugialraum beschrieben, wohingegen es in südlicheren Bergregionen zur Auslöschung der *Trollius*-Bestände kommen kann.

In der Roten Liste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands wird *Trollius europaeus* als „gefährdet“ (Rote-Liste-Kategorie 3) geführt, langfristig wird ein starker Bestandsrückgang angenommen (Metzing et al. 2018). In Deutschland gelten gemäß Finck et al. (2017) die Hauptbiotope von *T. europaeus* – extensive Feucht- bzw. Nasswiesen und extensive Feucht- bzw. Nass(mäh)weiden – als stark gefährdet bis von vollständiger Vernichtung bedroht (Rote-Liste-Kategorien 1 – 2). Im nördlichen Rothaargebirge, wo die Trollblume noch bis zur Mitte des letzten Jahrhunderts sehr häufig war, sind die Bestände stark rückläufig (Kowarsch 1997). Aus gegenwärtiger Sicht ist unvorstellbar, dass „noch in den Jahren nach dem letzten Krieg in Mollseifen [Ort nahe Winterberg; Anmerkung der Autoren] zur Fronleichnamprozession die Wege mit Trollblumen (Blüten) gestreut wurden“ (Christiane Nieschalk, schriftliche Aufzeichnung o.J.). Die in der „Flora im östlichen Sauerland“ (Götte 2007) noch verhältnismäßig zahlreich zu findenden Quadranten mit Vorkommensmeldungen nach 1990 dürfen nicht über die dramatischen

Bestandseinbrüche von *T. europaeus* in den letzten Jahrzehnten hinwegtäuschen, die die Kartierungen der *Trollius*-Bestände im Hochsauerlandkreis in den Jahren 2014 und 2015 (Biologische Station Hochsauerlandkreis 2016) dokumentieren.

Im Folgenden werden eine Erfassungsmethode für *Trollius europaeus* vorgestellt und Veränderungen in der Abundanz und Populationsstruktur von *T. europaeus* in repräsentativen Beständen des Hochsauerlandkreises innerhalb von 20 Jahren aufgezeigt sowie die Beziehungen zwischen Art und Intensität der Landnutzung und der Entwicklung der *Trollius*-Populationen diskutiert.

2 Methoden

Von 14 *Trollius*-Beständen im nördlichen Rothaargebirge (Abb. 1) wurden die Populationsstruktur sowie die Populationsgröße und -dichte 1996 und 2013 (partiell 2012 bzw. 2014 – 2020) und die Vegetation erfasst. Die 1996 ausgewählten Flächen umfassen verschiedene große *Trollius*-Bestände auf unterschiedlich bewirtschaftetem Grünland (fünf Grünlandbrachen, zwei beweidete Flächen, zwei gemähte Flächen und fünf als Mähweide genutzte Flächen). Die *Trollius*-Bestände wurden entweder vollständig oder auf repräsentativen Probeflächen dezimetergenau kartiert.

Bei der Erfassung der *Trollius*-Bestände wurde zwischen juvenilen (J) Stadien (Keimlinge, Sämlinge, Jungpflanzen) und generativen (G) sowie vegetativen adulten Pflanzen (Av) unterschieden. Bei generativen Pflanzen (Abb. 2) wurde die Anzahl der Blüten/Pflanze

erfasst, bei vegetativen Pflanzen (Abb.3) wurde eine Einordnung in die vier folgenden Kategorien vorgenommen:

1. Keimling bzw. erstes Laubblattstadium (Jk),
2. Sämling bzw. Jungpflanze mit wenigen kleinen Blättern (Js),
3. vegetative Pflanze, die ältere vegetative, prägenerative Stadien repräsentiert (Jv),
4. vegetative adulte Pflanze (Av).

Drei Erfassungsvarianten zur Ermittlung des Verhältnisses vegetativer zu generativer *Trollius*-Individuen wurden hinsichtlich ihrer Aussagekraft und ihres Arbeitsaufwands überprüft:

1. Die Anzahl von Keimlingen bzw. Individuen mit dem ersten Laubblatt (Jk), Sämlingen bzw. Jungpflanzen mit wenigen kleinen Blättern (Js) und älteren vegetativen, prägenerativen Pflanzen (Jv) wurde in Relation zur Anzahl der generativen Pflanzen gesetzt (**J/G-Wert**).
2. Lediglich die Anzahl von Keimlingen bzw. Individuen mit dem ersten Laubblatt (Jk) und Sämlingen bzw. Jungpflanzen mit wenigen kleinen Blättern (Js) wurde in Relation zur Anzahl der generativen Pflanzen gesetzt (**J2/G-Wert**).
3. Die Anzahl aller vegetativen *Trollius*-Individuen wurde in Relation zur Anzahl der generativen Pflanzen gesetzt (**V/G-Wert**).



Parallel zur Aufnahme der Parameter der Populationsstruktur erfolgten auf 25-m²-Probeflächen Vegetationsaufnahmen gemäß Braun-Blanquet (1964). Zur Schätzung der Artmächtigkeit der aufgenommenen Gefäßpflanzenarten wurde die von Reichelt, Wilmanns (1973) erweiterte Braun-Blanquet-Skala verwendet (Tab. A im Online-Zusatzmaterial I unter https://online.natur-und-landschaft.de/zusatz/5_2022_A_Kowarsch). Die Berechnung der mittleren Zeigerwerte nach Ellenberg erfolgte für die Feuchtezahl F und die Nährstoffzahl N (vgl. Ellenberg et al. 1992).

Zur Eruierung der Bewirtschaftung der Flächen wurden neben eigenen Beobachtungen insbesondere Informationen der



Abb. 2: Trollblume (*Trollius europaeus* L.) im Orketal. (Foto: Norbert R. Kowarsch)

Fig. 2: Globeflower (*Trollius europaeus* L.) in the Orke valley.



Abb. 3: Lebensaltersstadien der Trollblume (*Trollius europaeus*): a) Jk (erstes Laubblatt, dreilappig), b) Js (Sämling, fünflobiges Laubblatt), c) Jv (Blätter einer älteren vegetativen, prägenerativen Pflanze) und d) Av (Blätter einer vegetativen adulten Pflanze). (Fotos: Norbert R. Kowarsch)

Fig. 3: Age stages of globeflower (*Trollius europaeus*): a) Jk (first foliage leaf, three-lobed), b) Js (seedling, five-lobed foliage leaf), c) Jv (leaves of an older vegetative, pregenerative plant) and d) Av (leaves of a vegetative adult plant).

Tab. 1: Anzahl der generativen Individuen in den Beständen der Trollblume (*Trollius europaeus*) in den Jahren 1996, 2012, 2013, 2014, 2015 und 2016.

Table 1: Number of generative plants in the surveyed populations of globeflower (*Trollius europaeus*) in 1996, 2012, 2013, 2014, 2015 and 2016.

Standort	Dre	Hel	Son	Tro	Nuh	Bür	Elk	Lie1	Ork1	Ork2	Bre2	Lie2	Bre1	Ahr	Summe*
Fläche [m ²]	100	800	1.000	200	300	200	800	400	400	600	200	200	400	400	6.000
Anzahl der generativen Individuen 1996	67	113	33	75	100	67	22	50	29	51	64	300	132	250	1.353
Anzahl der generativen Individuen 2012	—	14	5	—	—	—	—	—	11	—	13	5	—	0	—
Anzahl der generativen Individuen 2013	0	14	3	8	7	8	6	3	17	20	3	4	0	1	94
Anzahl der generativen Individuen 2014	0	13	2	6	8	11	9	3	7	34	3	5	0	0	101
Anzahl der generativen Individuen 2015	0	9	1	1	10	16	1	3	8	37	0	4	0	0	90
Anzahl der generativen Individuen 2016	—	5	0	3	3	6	0	—	6	39	—	—	—	—	—

* Angabe der Summe nur für Jahre mit vollständiger Erhebung aller Probestellen

Dre = Dreisbachtal, Hel = Helletal, Son = Sonneborn, Tro = Trolliuswiese, Nuh = Nuhetal, Bür = Büretal, Elk = Elkeringhausen, Lie1 = Liesetal1, Ork1 = Orketal1, Ork2 = Orketal2, Bre2 = Bremketal2, Lie2 = Liesetal2, Bre1 = Bremketal1, Ahr = Ahretal

Tab. 2: Ergebnisse der Bestands- und Populationsstrukturkartierungen der Trollblume (*Trollius europaeus*) im Jahr 1996 sowie Angaben zur Artenzahl der Gefäßpflanzen auf den 25 m² großen Aufnahmeflächen, zur mittleren Feuchtezahl und zur mittleren Nährstoffzahl nach Ellenberg et al. (1992).

Table 2: Results of mapping the abundance and age stages of globeflower (*Trollius europaeus*) in 1996 as well as information about the number of vascular plant species on the 25 m² plots, about the mean moisture value and the mean nutrient value according to Ellenberg et al. (1992).

Aufnahmen 1996	Standort*														
	Dre	Hel	Son	Tro	Nuh	Bür	Elk	Lie1	Ork1	Ork2	Bre2	Lie2	Bre1	Ahr	
Art der Grünlandnutzung**	B	B	B	B	B	W	W	M	M	MW	MW	MW	MW	MW	
Intensität der Grünlandnutzung***	Keine	Keine	Keine	Keine	Keine	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	
Gefäßpflanzenarten/25 m ²	45	28	48	30	27	56	39	53	45	40	41	33	48	25	
Mittlere Feuchtezahl (mF)	6,7	6,4	5,5	5,9	6,3	5,9	6,0	5,9	5,9	5,8	5,6	6,0	5,9	5,9	
Mittlere Nährstoffzahl (mN)	4,7	5,2	4,0	5,4	5,8	4,0	4,6	4,8	5,7	4,9	5,2	5,6	5,1	5,3	
Höhenlage [m über NN]	370	520	720	630	540	630	510	500	440	440	500	500	500	540	
Erfassungsfläche [m ²]	25	650	336	25	25	100	600	25	150	25	25	25	180	25	
Blütenanzahl auf Erfassungsfläche	291	2.000	113	250	105	335	133	5	32	45	24	60	312	25	
Anzahl der Individuen gesamt	13	113	49	57	28	104	26	60	46	24	10	70	171	61	
I) Anzahl generativer Individuen (G)	12	112	27	52	18	67	22	4	16	11	8	45	107	17	
II) Anzahl vegetativer Individuen gesamt (V)	1	1	22	5	10	37	4	56	30	13	2	25	64	44	
a) Anzahl Keimlinge, 1. Laubblattstadium (Jk)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	1	
b) Anzahl Sämlinge und vegetativer junger Pflanzen (Js)	0	0	2	0	0	0	0	50	12	7	0	12	7	26	
c) Anzahl vegetativer älterer Pflanzen (Jv)	0	0	20	0	3	37	4	5	14	6	2	13	51	17	
d) Anzahl vegetativer adulter Pflanzen (Av)	1	1	0	5	7	0	0	0	4	0	0	0	0	0	
Individuendichte [m ⁻²]	0,52	0,17	0,15	2,28	1,12	1,04	0,04	2,40	0,31	0,96	0,40	2,80	0,95	2,44	
Dichte generativer Pflanzen [m ⁻²]	0,48	0,17	0,08	2,08	0,72	0,67	0,04	0,16	0,11	0,44	0,32	1,80	0,59	0,68	
Blütendichte [m ⁻²]	11,64	3,08	0,34	10,00	4,20	3,35	0,22	0,20	0,21	1,80	0,96	2,40	1,73	1,00	
Anzahl Blüten/Anzahl generativer Pflanzen	24,3	17,9	4,2	4,8	5,8	5,0	6,0	1,3	2,0	4,1	3,0	1,3	2,9	1,5	
J/G-Wert	0,0	0,0	0,8	0,0	0,2	0,6	0,2	14,0	1,6	1,2	0,3	0,6	0,6	2,6	
J2/G-Wert	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	0,8	0,6	0,0	0,3	0,1	1,6	
V/G-Wert	0,1	0,0	0,8	0,1	0,6	0,6	0,2	14,0	1,9	1,2	0,3	0,6	0,6	2,6	

* Abkürzungen der Standorte: siehe Tab. 1

** B = Brache, M = Mahd, Wiese, MW = Mähweide, W = Weide

*** Ext. = extensiv

J/G-Wert = Verhältnis der Anzahl von Keimlingen/Individuen mit dem ersten Laubblatt (Jk), Sämlingen/Jungpflanzen mit wenigen kleinen Blättern (Js) und vegetativen älteren Pflanzen (Jv) zur Anzahl generativer Pflanzen (G)

J2/G-Wert = Verhältnis der Anzahl von Keimlingen/Individuen mit dem ersten Laubblatt (Jk) und Sämlingen/Jungpflanzen mit wenigen kleinen Blättern (Js) zur Anzahl generativer Pflanzen (G)

V/G-Wert = Verhältnis der Anzahl sämtlicher vegetativer Individuen (V) zur Anzahl generativer Pflanzen (G)

Biologischen Station Hochsauerlandkreis, der Unteren Landschaftsbehörde des Hochsauerlandkreises sowie der Landbewirtschaftenden und Landbewirtschafteter herangezogen. In den Jahren 2013, 2014 und 2015 erfolgte zusätzlich die Aufnahme sämtlicher blühender Individuen im Gesamtbestand.

3 Ergebnisse

Die von den Trollblumen besiedelten Areale der 14 untersuchten Bestände umfassten eine Fläche von 6.000 m². Für keine der untersuchten Populationen konnte für den Zeitraum 1996–2015 eine

Bestandsvergrößerung oder Arealerweiterung festgestellt werden. 1996 waren auf diesen Flächen ca. 1.350 blühende Individuen anzutreffen gegenüber nur noch ca. 100 im Zeitraum 2013–2015 (Tab. 1); dies entspricht einem Rückgang auf 7 % des Bestands von 1996.

Die dezimetergenauen Populationskartierungen wurden in den zentralen Bereichen der 14 *Trollius*-Bestände auf ca. 2.200 m² durchgeführt: Hier ergab sich ein Rückgang blühender Individuen von 518 (1996) auf 67 (2013), also eine Verminderung auf 13 % des Bestands von 1996. Die Blütenanzahl reduzierte sich im selben Zeitraum auf 8 % des Bestands von 1996 (Rückgang von 3.730 auf 281 Blüten). Die wichtigsten populationsökologischen Parameter

Tab. 3: Ergebnisse der Bestands- und Populationsstrukturkartierungen der Trollblume (*Trollius europaeus*) im Jahr 2013 sowie Angaben zur Artenzahl der Gefäßpflanzen auf den 25 m² großen Aufnahmeflächen, zur mittleren Feuchtezahl und zur mittleren Nährstoffzahl nach Ellenberg et al. (1992).

Table 3: Results of mapping the abundance and age stages of globeflower (*Trollius europaeus*) in 2013 as well as information about the number of vascular plant species on the 25 m² plots, about the mean moisture value and the mean nutrient value according to Ellenberg et al. (1992).

Aufnahmen 2013	Standort*														
	Dre	Hel	Son	Tro	Nuh	Bür	Elk	Lie1	Ork1	Ork2	Bre2	Lie2	Bre1	Ahr	
Art der Grünlandnutzung**	B	B	B	W	W	W	W	W	M	MW	MW	MW	W	W	
Intensität der Grünlandnutzung***	Keine	Keine	Keine	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Int.	Int.	
Gefäßpflanzenarten/25 m ²	37	27	39	38	36	52	48	37	37	37	37	31	31	34	
Mittlere Feuchtezahl (mF)	7,0	6,2	5,7	5,9	6,2	5,7	6,0	6,3	6,1	6,0	5,7	5,9	6,1	5,7	
Mittlere Nährstoffzahl (mN)	4,7	5,9	4,2	5,3	5,0	4,0	4,5	4,7	5,3	5,3	5,3	5,2	4,6	5,1	
Höhenlage [m über NN]	370	520	720	630	540	630	510	500	440	440	500	500	500	540	
Erfassungsfläche [m ²]	25	650	336	25	25	100	600	25	150	25	25	25	180	25	
Blütenanzahl auf Erfassungsfläche	0	143	5	19	9	9	8	1	30	55	1	1	0	0	
Anzahl der Individuen gesamt	0	15	5	28	9	118	117	23	50	31	7	17	1	0	
I) Anzahl generativer Individuen (G)	0	13	1	7	4	8	6	1	13	12	1	1	0	0	
II) Anzahl vegetativer Individuen gesamt (V)	0	2	4	21	5	110	111	22	37	19	6	16	1	0	
a) Anzahl Keimlinge, 1. Laubblattstadium (Jk)	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	
b) Anzahl Sämlinge und vegetativer junger Pflanzen (Js)	0	0	1	7	2	70	85	21	11	6	0	8	0	0	
c) Anzahl vegetativer älterer Pflanzen (Jv)	0	0	0	6	3	27	26	1	11	13	6	8	1	0	
d) Anzahl vegetativer adulter Pflanzen (Av)	0	2	3	8	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	
Individuendichte [m ⁻²]	0,00	0,02	0,01	1,12	0,36	1,18	0,20	0,92	0,33	1,24	0,28	0,68	0,01	0,00	
Dichte generativer Pflanzen [m ⁻²]	0,00	0,02	0,00	0,28	0,16	0,08	0,01	0,04	0,09	0,48	0,04	0,04	0,00	0,00	
Blütendichte [m ⁻²]	0,00	0,22	0,01	0,76	0,36	0,09	0,01	0,04	0,20	2,20	0,04	0,04	0,00	0,00	
Anzahl Blüten/Anzahl generativer Pflanzen	–	11,0	5,0	2,70	2,3	1,1	1,3	1,0	2,3	4,6	1,0	1,0	–	–	
J/G-Wert	–	0,0	1,0	1,9	1,3	13,8	18,5	22,0	1,7	1,6	6,0	16,0	–	–	
J2/G-Wert	–	0,0	1,0	1,0	0,5	10,4	14,2	21,0	0,8	0,5	0,0	8,0	–	–	
V/G-Wert	–	0,2	4,0	3,0	1,3	13,8	18,5	22,0	2,8	1,6	6,0	16,0	–	–	

* Abkürzungen der Standorte: siehe Tab. 1

** B = Brache, M = Mahd, Wiese, MW = Mähweide, W = Weide

*** Ext. = extensiv, Int. = intensiv

J/G-Wert = Verhältnis der Anzahl von Keimlingen/Individuen mit dem ersten Laubblatt (Jk), Sämlingen/Jungpflanzen mit wenigen kleinen Blättern (Js) und vegetativen älteren Pflanzen (Jv) zur Anzahl generativer Pflanzen (G)

J2/G-Wert = Verhältnis der Anzahl von Keimlingen/Individuen mit dem ersten Laubblatt (Jk) und Sämlingen/Jungpflanzen mit wenigen kleinen Blättern (Js) zur Anzahl generativer Pflanzen (G)

V/G-Wert = Verhältnis der Anzahl sämtlicher vegetativer Individuen (V) zur Anzahl generativer Pflanzen (G)

sind in Tab. 2 und 3 dargestellt. Der J/G-Wert variierte je nach Art und Intensität der Landnutzung. Auf den Intensivweiden waren die Bestände erloschen. Auf den Grünlandbrachen war entweder ein Aussterben der *Trollius*-Bestände festzustellen oder der J/G-Wert betrug 0. Der J/G-Wert variierte auf den Wiesen zwischen 1,6 und 14,0, auf Extensivweiden zwischen 0,2 und 22,0 und auf Mähweiden zwischen 0,3 und 16,0.

Abb. 4, S. 236, und Abb. 5, S. 237, zeigen für die 14 untersuchten Grünlandstandorte die Veränderungen der räumlichen Verteilung der *Trollius*-Individuen, der Bestandsdichte sowie der Struktur der Lebensalterstadien im Zeitraum 1996 – 2013. Die Flächen Dreisbachtal (Dre) und Helletal (Hel) waren bereits 1996 hochstaudenreiche Grünlandbrachen mit zahlreichen, großen und vielblütigen *Trollius*-Altpflanzen. In beiden Beständen war 1996 keine Verjüngung festzustellen. Der 1996 noch vorhandene *Trollius*-Dominanzbestand auf der Dre-Fläche war 2013 erloschen, der *Trollius*-Bestand auf der Hel-Fläche war 2013 gegenüber 1996 sehr stark dezimiert. Auf der durch Rehe „beweideten“ Grünlandbrache Sonneborn (Son) indiziert der J/G-Wert von 0,8 (2013: 1,0) ein ausgeglichenes Verhältnis von juvenilen zu generativen Pflanzen. 2012 und 2015 wurde auf einem Teil der Fläche ein Wildacker angelegt. Die 1996 noch mindestens 55 Individuen umfassende *Trollius*-Population auf der Son-Fläche war 2016 erloschen. Die Grünlandbrachen Trolliuswiese (Tro) und Nuhetal (Nuh) wiesen 1996 keine bzw. kaum Verjüngung auf. Auf der Nuh-Brache war 1996 eine Äsung durch Rehe zu beobachten, der J/G-Wert betrug 0,2. Nach 1996 wurden die Flächen regelmäßig mit Rindern beweidet. Eine Bestandsverjüngung bei gleichzeitig zurückgehender Dichte generativer Individuen war zu verzeichnen (J/G-Wert 2013: Tro 1,9; Nuh 1,3).

Auf den schon vor 1996 extensiv beweideten Flächen Büretal (Bür) und Elkeringhausen (Elk) war 2013 im Vergleich zu 1996

eine zurückgehende Zahl generativer Individuen bei gleichzeitig starker Verjüngung zu verzeichnen (sehr hohe J/G-Werte: Bür 13,8; Elk 18,5). Sowohl die Goldhaferwiese (Geranio-Trisetetum) auf der Bür-Fläche als auch die Sumpfdotterblumenwiese (*Calthion palustris*, sehr nährstoffarme Variante) auf der Fläche in Elk waren 2013 bei annähernd gleichem Arteninventar noch erhalten (vgl. Tab. B im Online-Zusatzmaterial II). Die einschürig genutzte artenreiche Goldhaferwiese (53 Gefäßpflanzenarten) Liesetal1 (Lie1) wies 1996 eine sehr starke Verjüngung auf (J/G-Wert: 14,0). Die mittlerweile rinderbeweidete Fläche wurde 2013 als feuchte Weidelgras-Weißkleewiese (*Lolio-Cynosuretum lotetosum*) klassifiziert und wies noch 37 Gefäßpflanzenarten/25 m² auf. Die Verjüngung war auch 2013 sehr ausgeprägt (J/G-Wert: 22,0). Die *Trollius*-Individuendichte nahm bis 2013 ab.

Auf der durchgängig erst spät (Juli/August) einmal im Jahr gemähten Orketal1-Fläche (Ork1: Geranio-Trisetetum – in der Ausbildung von *Angelica sylvestris* mit starkem Brachecharakter) veränderte sich sowohl die Individuendichte als auch die Populationsstruktur im Zeitraum 1996 – 2013 wenig. Die J/G-Werte 1,6 (1996) bzw. 1,7 (2013) indizieren Verjüngung auf der Fläche. Die Fläche Orketal2 (Ork2) zeigte 2013 bei gleichbleibender Mähweidenutzung (Mahd nach dem 1. Juli und späte Nachbeweidung mit Rindern) eine gleichbleibende Struktur der Lebensalterstadien bei ähnlicher Individuendichte wie im Jahr 1996. Im Gesamtbestand variierte die Anzahl blühender Pflanzen im Zeitraum 2014 – 2020 zwischen 31 und 41 Individuen. Auf der Mähweide Bremketal2 (Bre2) war 2013 bei kaum veränderter Individuendichte eine Abnahme der generativen Individuen im Vergleich zu 1996 festzustellen. Auf der Fläche Liesetal2 (Lie2) nahm bei Mähweidenutzung von 1996 bis 2013 die Individuendichte von 2,8/m² auf 0,7/m² ab. Die Anzahl generativer Pflanzen war noch stärker rückläufig.

Die 1996 als Mähweiden genutzten Bestände **Bremketal1 (Bre1)** und **Ahretal (Ahr)** wurden spätestens seit 2011 mit bis zu 4 GVE (Großvieheinheiten) pro ha jeweils ab Anfang Mai beweidet. Dieser Wechsel von einer Mähweidenutzung zu einer Nutzung als Intensivweide führte zu starken Veränderungen in der Artenzusammensetzung und zum Erlöschen der *Trollius*-Bestände. Auf der **Bre1**-Fläche wandelte sich die artenreiche Goldhaferwiese (*Geranio-Trisetum*) zu einer feuchten Weidelgras-Weißklee-Weide (*Lolio-Cynosuretum lotetosum*) – einhergehend mit einem deutlichen Rückgang der Zahl der Gefäßpflanzenarten (vgl. [Tab. B im Online-Zusatzmaterial II](#)). Der 1996 noch 132 blühende *Trollius*-Individuen zählende **Bre1**-Bestand war 2013 bis auf ein vegetatives Individuum erloschen (vgl. [Tab. 1, S. 234](#), und [Tab. 3, S. 235](#)). Der **Ahr**-Bestand, der 1996 noch 250 blühende *Trollius*-Individuen umfasste und eine starke Verjüngung (J/G-Wert: 2,6) aufwies, war 2014 erloschen (vgl. [Tab. 1, 2, S. 234](#)).

4 Diskussion

4.1 Erfassung der Populationsstruktur der Trollblumen-Bestände

Für pflanzendemographische Studien sind Einteilungen in Lebensalterstadien von größerer Bedeutung als eigentliche Altersbestimmungen, da einerseits das Alter der Individuen der meisten Pflanzenarten in der Natur nicht exakt bestimmt werden kann und andererseits das Alter der Individuen an sich unzulänglich für die Charakterisierung einer Pflanzenpopulation ist (vgl. [Schweingruber, Poschlod 2005](#)). Individuen gleichen Alters in der gleichen Zönose können in ihrer Vitalität und Bedeutung für die Zönose beträchtlich differieren ([Rabotnov 1969](#); [Gatsuk et al. 1980](#)). So kann die Entwicklung von *Trollius*-Individuen unter gleichen klimatischen Bedingungen bei verschiedenen edaphischen Faktoren und Konkurrenzbedingungen unterschiedlich schnell verlaufen. [Linkola \(1935\)](#) nennt für *Trollius*-Individuen in Finnland von der Keimung bis zur Blühreife eine Entwicklungszeit von neun Jahren; in entsprechenden Kulturbeeten im Freiland blühen hingegen einige *Trollius*-Individuen bereits im dritten Sommer. In Deutschland kommt

[Rabotnov \(1945, 1969, 1985\)](#) unterscheidet vier Perioden des Lebensalters:

1. In der latenten Periode existieren die Individuen als dormante (ruhende) Samen im Boden.

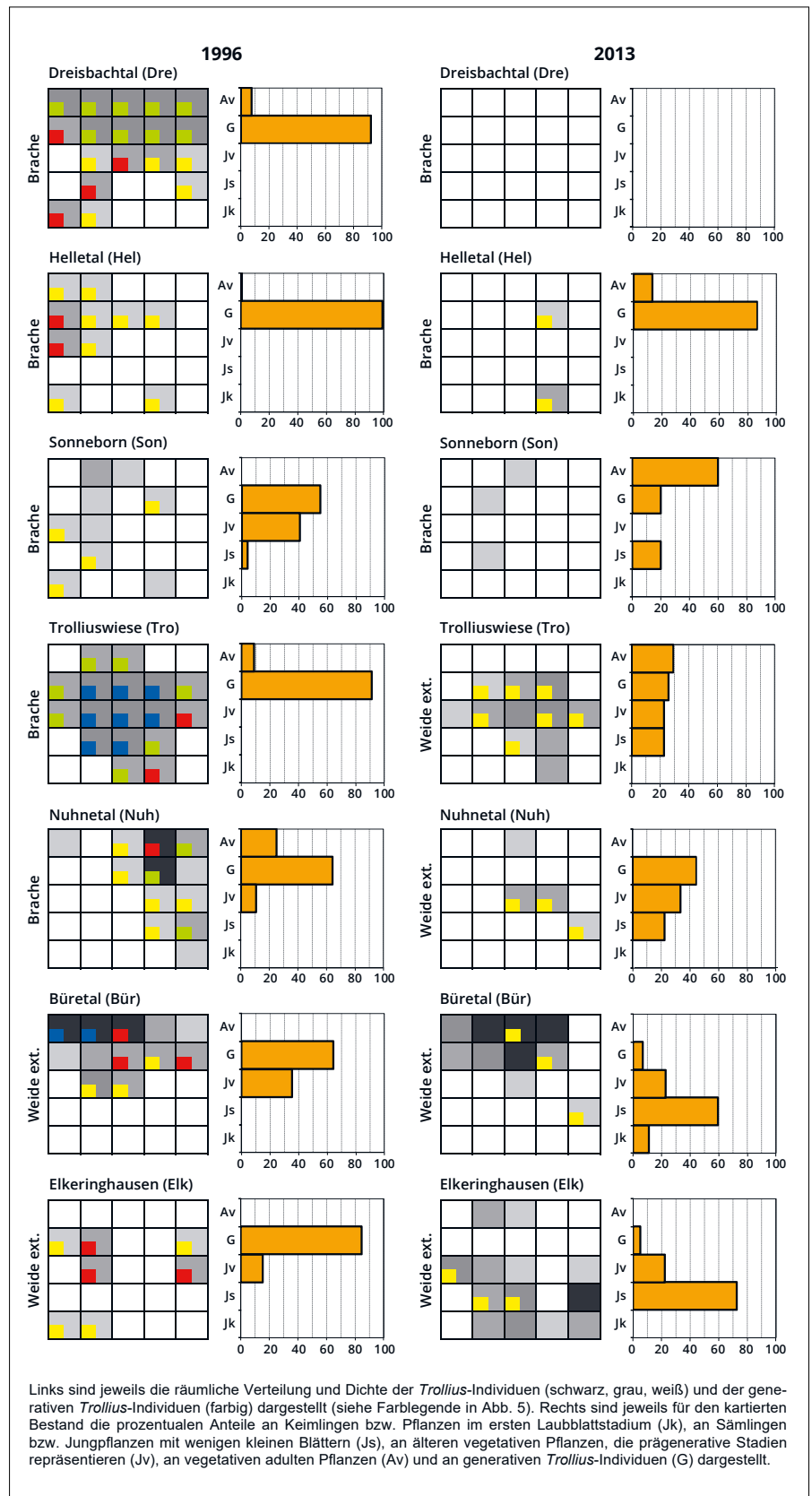


Abb. 4: Veränderungen der räumlichen Verteilung, der Bestandsdichte (auf 25-m²-Probe-flächen) sowie der Struktur der Lebensalterstadien der Trollblume (*Trollius europaeus*) auf den Untersuchungsflächen im Zeitraum 1996–2013, Teil 1 (Standorte: Dre, Hel, Son, Tro, Nuh, Bür, Elk; weitere Erläuterungen der Legende siehe [Abb. 5](#)).

Fig. 4: Changes in spatial distribution and population density (on 25 m² sample areas), and in the structure of the age stages of globeflower (*Trollius europaeus*) on the plots surveyed in the period from 1996 to 2013, part 1 (locations: Dre, Hel, Son, Tro, Nuh, Bür, Elk; for further explanations of the legend see [Fig. 5](#)).

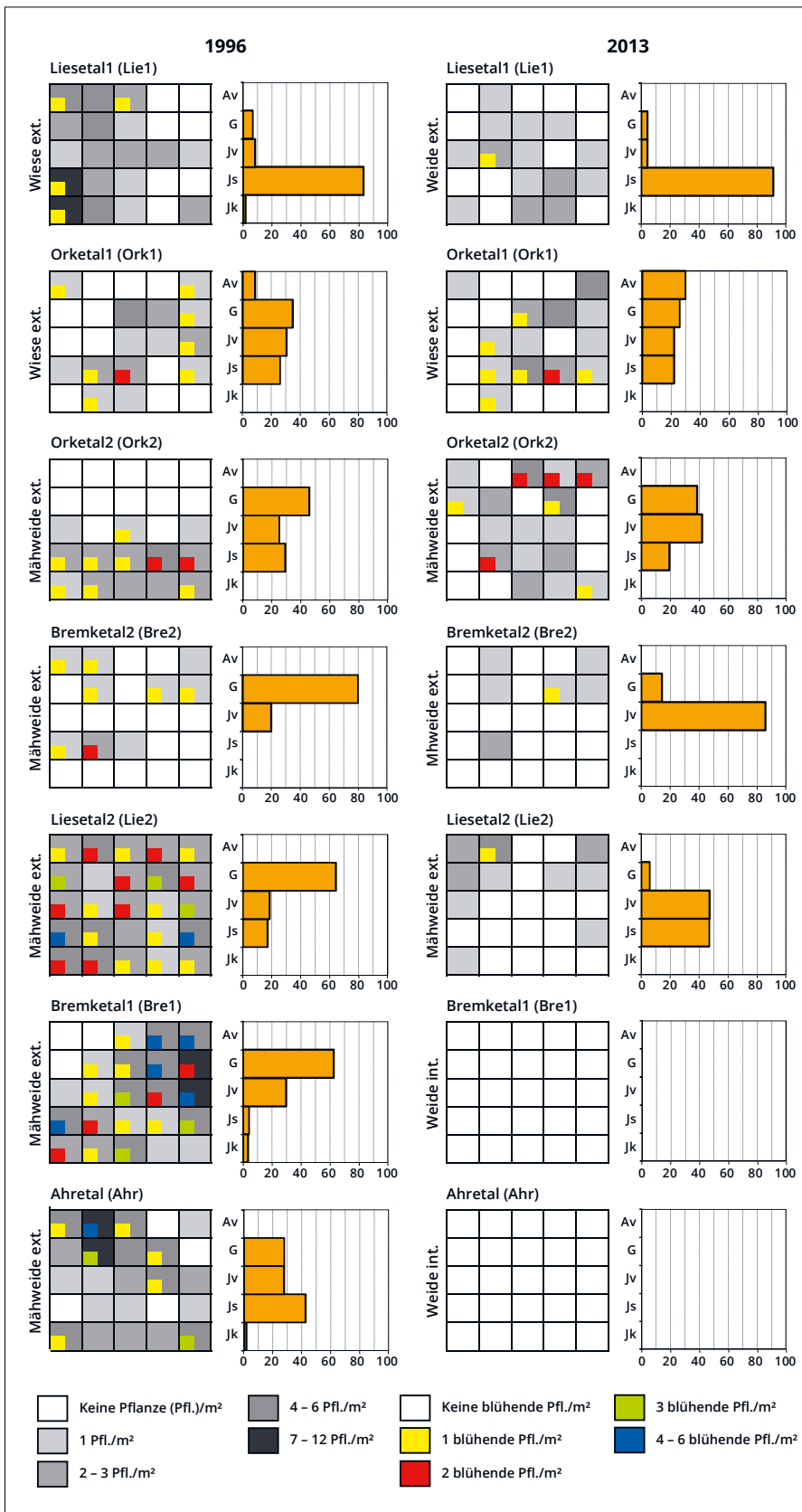


Abb. 5: Veränderungen der räumlichen Verteilung, der Bestandsdichte (auf 25-m²-Probe­flächen) sowie der Struktur der Lebens­al­ters­stadien der Trollblume (*Trollius eu­ro­paeus*) auf den Untersuchungsflächen im Zeitraum 1996–2013, Teil 2 (Standorte: Lie1, Ork1, Ork2, Bre2, Lie2, Bre1, Ahr); für weitere Erläuterungen siehe Abb. 4.

Fig. 5: Changes in spatial distribution and population density (on 25 m² sample areas), and in the structure of the age stages of globeflower (*Trollius europaeus*) on the plots surveyed in the period from 1996 to 2013, part 2 (locations: Lie1, Ork1, Ork2, Bre2, Lie2, Bre1, Ahr); for further explanations see Fig. 4.

2. Die virginale Periode beinhaltet den Entwicklungs­bereich von der Samenkeimung bis zur Bildung generativer Knospen.
3. In der generativen Periode findet die Reproduktion über Samen statt.
4. Die senile Periode umfasst schließlich die postgenerativen, vegetativen Stadien.

Bei *Trollius europaeus* umfasst die latente Periode nur wenige Monate, da *T. europaeus* keine dauerhafte Diasporenbank aufbaut (vgl. Milberg 1994; Kowarsch 1997). Die virginale Periode umfasst in Deutschland i. d. R. ein bis vier Jahre. Die generative Periode kann viele Jahre andauern. Nach eigenen Beobachtungen können *Trollius*-Individuen in Grünlandbrachen mindestens 50 Jahre alt werden. Serebryakov (1952) schätzt das maximale Alter von *T. europaeus* auf 70 Jahre. Die senile Periode existiert bei den meisten krautigen Pflanzen nicht bzw. kann, wenn überhaupt, nur auf suboptimalen Standorten gefunden werden (eigene Beobachtungen; mündliche Auskunft Nina G. Ulanova 2007). Der in der Hel-Population (Abb. 6, S. 238) festgestellte kontinuierliche Rückgang der durchschnittlichen Blütenzahl je generativer Pflanze und der bei einzelnen Individuen zu beobachtende Wechsel von generativ zu vegetativ und umgekehrt bis zum Tod der Pflanzen könnte dem von Molisch (1938) beschriebenen „death by exhaustion“ entsprechen (siehe Schweingruber, Poschlod 2005). Da dies aber nur bei einer *Trollius*-Population dokumentiert werden konnte, bedarf es hier Untersuchungen an weiteren Populationen.

Die in dieser Untersuchung praktizierte Erfassung von fünf Lebens­al­ters­stadien (Jk, Js, Jv, G und Av) ermöglicht eine differenzierte Bewertung der Struktur der Lebens­al­ters­stadien verschiedener *Trollius*-Populationen. Der J/G-Wert stellt eine die Populationsstruktur gut kennzeichnende Größe dar. Der mit weniger Aufwand zu ermittelnde V/G-Wert führt in Brachen mit stark überalterten *Trollius*-Beständen (viele vegetative adulte Individuen) zu einer Überschätzung der Verjüngungssituation. Hiervon abgesehen ist er ebenfalls eine taugliche Kenngröße zur Schnellerfassung der Populationsstruktur. Die Verwendung des J₂/G-Werts führt beim Vorhandensein vieler *Trollius*-Individuen im Jv-Stadium zu einer deutlichen Unterschätzung der Verjüngungssituation. Der J₂/G-Wert ist daher für die Erfassungspraxis weniger geeignet (weitere Erläuterungen hierzu finden sich in Abschnitt 1 im Online-Zusatzmaterial I).

Die ermittelten J/G-Werte (vgl. Tab. 2, S. 234, Tab. 3, S. 235) lassen sich in Anlehnung an die drei Typen von Populationen nach Rabotnov (1945, 1969, 1985):

1. Populationen vom Invasions-Typ, in denen die Lebens­al­ters­stadien früher Ontogenese dominieren,

2. Populationen vom Normal-Typ, die alle Lebensalterstadien in verschiedenen Anteilen enthalten,
3. Populationen vom regressiven Typ, in denen die Lebensalterstadien später Ontogenese dominant sind,

folgendermaßen einordnen: Zum einen gibt es Populationen, die deutlich mehr juvenile Pflanzen als generative adulte Individuen (Verhältnis juveniler zu generativen Pflanzen J/G-Wert > 2: Invasions-Typ) aufweisen, zum anderen Populationen, denen die Jugendstadien völlig fehlen (J/G-Wert 0: Regressions-Typ), sowie intermediär im fließenden Übergang Populationen mit mehr oder weniger ausgeglichener Populationsstruktur (J/G-Wert 2 – 0,1: Normal-Typ).

Zur Beschreibung des Ist-Zustands einer Population ist es unabdingbar, Informationen zur momentanen Struktur und Dynamik der Population zur Verfügung zu haben (vgl. [Jensch et al. 2001](#)). Durch die langfristige Erfassung der Populationsgröße und -dichte sowie der Struktur der Lebensalterstadien sind Daten zu demographischen Veränderungen verfügbar, die es rechtzeitig ermöglichen, bei Bedarf Pflege- und Entwicklungspläne zu modifizieren bzw. bestandstützende Maßnahmen zu ergreifen.

4.2 Auswirkungen der Art und Intensität der Grünlandnutzung auf die Trollblumen-Bestände

Im nördlichen Rothaargebirge lässt sich keine deutliche Korrelation zwischen dem Rückgang der *Trollius*-Bestände und der Höhenlage der Bestände feststellen (Datengrundlage: [Biologische Station Hochsauerlandkreis 2016](#); Höhenlage der *Trollius*-Standorte zwischen 370 und 720 m über Normalnull [NN]; n = 125; r = -0,228; [Kowarsch 2020](#)). Art und Intensität der Bewirtschaftung zeigen indes deutliche Effekte auf die *Trollius*-Bestände.

4.2.1 Verbrachung als Rückgangursache für *Trollius europaeus*

In Grünlandbrachen können sich Trollblumen zu großen und blütenreichen Individuen entwickeln. Sie können sich aber nicht verjüngen (vgl. [Tab. 2](#), S. 234, [Tab. 3](#), S. 235). Für den **Hel**-Bestand wie auch für andere *Trollius*-Bestände ist festzustellen, dass die fehlende Samenverjüngung in den Brachen weder durch eine mangelnde Samenproduktion noch durch eine mangelnde Keimfähigkeit der Samen bedingt ist. Im **Hel**-Bestand waren 1996 durchschnittlich 224 nicht von *Chiastocheta*-Larven (Gattung der Familie der Blumenfliegen) angefressene Samen je Sammelbalgfrucht und somit potenziell keimfähige Samen festzustellen; die Keimungsrate betrug 78 % ([Kowarsch 1997](#)). Auch die 2013 gesammelten Samen wiesen hohe Keimungsraten (50 – 90 %) auf ([Kowarsch et al. 2022](#)). Die häufig mächtige Streuschicht in Feuchtwiesenbrachen scheint die Keimung der kurzlebigen Samen zu verhindern (vgl. [Lemke, Salguero-Gómez 2016](#)).

Die Hauptprädatoren der *Trollius*-Sämlinge sind Schnecken ([Hitchmough 2003](#)). Das Ausmaß des Schneckenfraßes an Trollblumen war in den Grünlandbrachen am größten. Schnecken

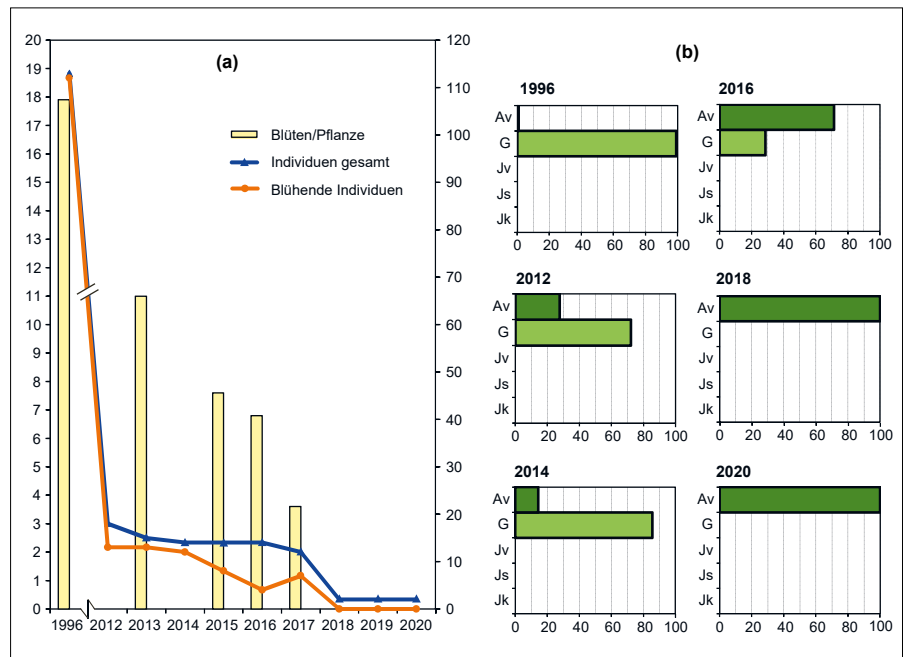


Abb. 6: Entwicklung der Bestände und der Populationsstruktur der Trollblume (*Trollius europaeus*) am Standort Helletal (Hel) im Zeitraum 1996 – 2020. a) Entwicklung der Anzahl der *Trollius*-Individuen insgesamt (Ordinate rechts), der Anzahl blühender Individuen (Ordinate rechts) und der durchschnittlichen Anzahl der Blüten je generativer Pflanze (Ordinate links) in den Jahren 1996, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 und 2020. b) Prozentuale Verteilung der *Trollius*-Lebensalterstadien in den Jahren 1996, 2012, 2014, 2016, 2018 und 2020 (Jk: Keimlinge bzw. erstes Laubblattstadium, Js: Sämlinge bzw. Jungpflanzen mit wenigen kleinen Blättern, Jv: ältere vegetative Pflanzen, die prägenerative Stadien repräsentieren, G: generative Pflanzen, Av: vegetative adulte Pflanzen).

Fig. 6: Development of the population and population structure of globeflower (*Trollius europaeus*) at Helletal (Hel) in the period from 1996 to 2020. a) Development of the total number of *Trollius* individuals (ordinate right), the number of flowering individuals (ordinate right) and the average number of flowers per generative plant (ordinate left) in 1996, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 and 2020. b) Percentage distribution of *Trollius* age stages in 1996, 2012, 2014, 2016, 2018 and 2020 (Jk: seedlings or first broadleaf stage, Js: seedlings or young plants with few small leaves, Jv: older vegetative plants representing pregenerative stages, G: generative plants, Av: vegetative adult plants).

halten sich vorzugsweise in den schattigeren und feuchteren nicht gemähten Bereichen auf, sodass die Sämlingsmortalität in nicht gemähten Bereichen signifikant höher ist ([Hitchmough 2003](#)).

Die älteren Grünlandbrachen **Dre**, **Hel** und **Nuh** wiesen 1996 einerseits hohe *Trollius*-Deckungsgrade auf (vgl. [Tab. B im Online-Zusatzmaterial II](#)) und hatten andererseits vielblütige Trollblumen (durchschnittliche Blütenzahl je generativer Pflanze: **Dre** 24, **Hel** 18, **Nuh** 6). Auch [Kostrakiewicz \(2009\)](#) stellt eine Zunahme der Anzahl der Blüten in den Brachestadien fest. [Michalska-Hejduk, Kopeć \(2012\)](#) beobachten in Südost-Polen bei Verbrachung über einen Zeitraum von 50 Jahren eine Zunahme des Deckungsgrads von *T. europaeus*. [Kostrakiewicz-Gieralt et al. \(2015a\)](#) konstatieren, dass trotz des Fehlens juveniler Pflanzen auf Flächen, die verschiedene Sukzessionsstadien eines Molinietum caeruleae (Pfeifengraswiese) repräsentieren, die Abundanz von *T. europaeus* nicht zurückgeht.

Die Individuen des vermeintlich ältesten untersuchten und sich nicht verjüngenden *Trollius*-Bestands auf der Grünlandbrache **Dre** sind mittlerweile gestorben – der Bestand ist erloschen. Der Vergleich der Struktur der Lebensalterstadien der Bestände **Dre** und **Hel** 1996 und 2013 legt nahe, dass der **Hel**-Bestand 2013 in etwa das „Alter“ des **Dre**-Bestands im Jahr 1996 erreicht hatte (vgl. [Abb. 4](#), S. 236). Die fortgesetzte Kartierung der Lebensalterstadien des **Hel**-Bestands bis 2020 untermauert diese Einschätzung; im Zeitraum 2012 – 2020 war im **Hel**-Bestand der sukzessive Alterstod der Trollblumen bei ausbleibender Verjüngung zu beobachten ([Abb. 6](#)).

4.2.2 Extensive Weidenutzung auf reaktivierten Grünlandbrachen

Während in den Grünlandbrachen keine bzw. kaum Verjüngung stattfindet, fördert extensive Beweidung die Verjüngung bei gleichzeitig stark zurückgehender Dichte der generativen Individuen (Tab. 2, S. 234, Tab. 3, S. 235: **Tro**, **Nuh**). Die Wiederetablierung traditioneller Beweidungssysteme wird häufig zur Erhaltung halbnatürlicher Wiesen und Weiden herangezogen (Mitlacher et al. 2002). Beweidung schafft über Trittstellen und Fraßstellen durch die Weidetiere mehr Störstellen als Mahd (vgl. Hitchmough 2003; Kochanowska, Gamrath 2007; Kostrakiewicz-Gierałt 2012). *Trollius europaeus* zählt zur Mehrzahl der Pflanzenarten, für die Vegetationslücken (Störstellen) hinsichtlich Keimung, Überleben der Sämlinge und Etablierung positiv wirken (eigene Beobachtungen) und damit die Populationsdynamik erhöhen.

4.2.3 Langjährige extensive Beweidung

Langjährige extensive Beweidung führt zu einer hohen Populationsdynamik, aber mit wenig generativen Pflanzen. Auf den über 20 Jahre hinweg extensiv beweideten Flächen ist eine zurückgehende Zahl generativer Individuen bei zeitweise starker Verjüngung zu verzeichnen (Tab. 3, S. 235: **Bür**, **Elk**). Weidetieraktivitäten können zwar Etablierungsnischen schaffen, führen aber auch zu Individuenverlusten über Ausreißen von Trollblumen bzw. über Beschädigung der oberirdischen Teile der Pflanzen (eigene Beobachtungen; Hulme 1994). Bei der trittempfindlichen Trollblume (Trittverträglichkeit 2: unverträglich bis empfindlich; Dierschke, Briemle 2002) kann Beweidung zu einem bedeutsamen Verlust an Individuen führen. So stellen Lemke, Salguero-Gómez (2016) fest, dass auf beweideten Flächen *Trollius*-Populationen höhere Populationswachstumsraten aufweisen, aber mit geringerer individueller Überlebenswahrscheinlichkeit und geringerer Lebenserwartung der Individuen; daraus resultieren insgesamt geringe Überlebensraten auf beweideten Flächen. Kostrakiewicz-Gierałt et al. (2015b) konnten bei extensiver Schafbeweidung über einen Zeitraum von sieben Jahren einen positiven Effekt auf eine Population von *T. europaeus* var. *transilvanicus* in den Karpaten feststellen.

Neben der Intensität der Beweidung beeinflussen insbesondere die Dauer und der Zeitpunkt der Beweidung die Populationsentwicklung (vgl. Brys et al. 2004). So ist auf den Flächen **Elk** und **Bür** bei Rinderbeweidung mit maximal 2 GVE/ha eine Verjüngung und ein Überleben generativer Trollblumen zu beobachten, wohingegen auf der Fläche **Nuh** die frühe Beweidung (ab Mai) mit maximal 2 GVE/ha in den letzten fünf Jahren zu einem Verschwinden der generativen Pflanzen führte (2018–2020 konnten dort keine blühenden Pflanzen registriert werden).

4.2.4 Stabile Bestände über extensive Wiesennutzung bzw. Mähweidenutzung

Sowohl die Individuenanzahl als auch die Verteilung der Lebensalterstadien können über längere Zeit konstant bleiben, wenn die Mahd nach dem 1. Juli und eine mögliche Nachbeweidung mit weniger als 2 GVE/ha erfolgt (Tab. 2, S. 234, Tab. 3, S. 235: **Ork1**, **Ork2**). *Trollius europaeus* ist nur mäßig schnittverträglich (Mahdverträglichkeitszahl 5 gemäß Briemle, Ellenberg 1994), so dass Trollblumen auf Wiesen, auf denen die Anzahl von zwei Mahdterminen pro Jahr nicht überschritten wird und deren 1. Schnitt nicht vor Anfang Juli erfolgt, dauerhaft existieren können. Bedingt durch das unterirdische Rhizom sowie die dicht über dem Boden befindlichen Erneuerungsknospen kann sich *T. europaeus* nach der Mahd rasch regenerieren (vgl. Strobel, Hölzel 1994; Kowarsch 1997).

Auf den gemähten Flächen sind die generativen *Trollius*-Individuen kleiner und haben weniger Blüten als in Grünlandbrachen. An die **Ork1**-Kartierfläche (einschürige Wiese) grenzen nicht gemähte Bereiche. In diesen Grünlandbrachen haben die generativen Trollblumen durchschnittlich $5,2 \pm 5,5$ Blüten im Vergleich zu $2,3 \pm 1,5$ Blüten im gemähten Bereich (Daten aus Kowarsch 1997).

Der starke Rückgang der Trollblumen auf der Mähweide **Lie2** (1996: 1,80 generative Pflanzen/m²; 2013: 0,04 generative Pflanzen/m²; Tab. 2, S. 234, Tab. 3, S. 235) könnte durch mineralische Stickstoff(N)-Düngung bedingt sein. Im Juni 1996 erfuhr die Mähweide **Lie2** eine starke mineralische Nitratdüngung (Kowarsch 1997). Der Vergleich der mittleren N-Zeigerwerte (mN) von 1996 (mN = 5,6; Tab. 2, S. 234) mit 2013 (mN = 5,2; Tab. 3, S. 235) liefert hierzu allerdings keine Hinweise. Păcurar, Rotar (2011) stellten im rumänischen Apuseni-Gebirge fest, dass mineralische Düngung mit Stickstoff, Phosphor und Kalium (NPK-Dünger) schon nach einem Jahr zu einer Abnahme der Abundanz von *Trollius europaeus* führt. Bei Mistdüngung (5 t/ha, 10 t/ha) hingegen konstatieren Rotar et al. (2011) eine Zunahme des *Trollius*-Anteils.

4.2.5 Nutzungsintensivierung als Rückgangursache für *Trollius europaeus*

Auf Flächen intensiver landwirtschaftlicher Nutzung sind Trollblumen kaum zu finden. Für *Trollius europaeus* bedeutet Beweidung mehr Stress als Sommermahd (Ellenberg, Leuschner 2010). Nur wenn die durch Beweidung induzierten Störereignisse nicht zu intensiv sind, können generative Trollblumen in gewissem Umfang bei gleichzeitiger Verjüngung überleben (Tab. 2, S. 234, Tab. 3, S. 235: **Bür**, **Elk**). Auf Grund ihrer Giftigkeit für die Weidetiere erhält die Trollblume hinsichtlich der Weideverträglichkeit die Einstufung 7 (gut verträglich bzw. kaum betroffen) bei allerdings gleichzeitig hoher Trittempfindlichkeit (Trittverträglichkeit 2: unverträglich bis empfindlich; Dierschke, Briemle 2002). Zu hohe Weidetierbesatzdichten kombiniert mit ungeeigneten Weidezeitfenstern werden deshalb für *Trollius*-Bestände schnell bestandsbedrohend. So sind die 1996 noch großen *Trollius*-Bestände auf den als Extensivmähweiden (Mahd nach dem 1. Juli, Beweidung mit max. 2 GVE/ha) genutzten Flächen **Bre1** und **Ahr** nach Nutzungswechsel zur intensiveren Beweidung (Beweidung mit max. 4 GVE/ha im Zeitraum Anfang Mai bis Ende September) bereits in den 2010er-Jahren erloschen.

5 Einordnung der Fallstudien und naturschutzfachliche Schlussfolgerungen

Die auf Basis dieser Untersuchungen in den Jahren 2014 und 2015 erfolgte erneute Kartierung sämtlicher 211 bereits im Zeitraum 1993–2013 im Hochsauerlandkreis kartierten *Trollius*-Bestände bestätigt die Repräsentanz der 14 Fallstudien: „Von 211 Standorten waren 2014/2015 bereits 123 verschwunden, und auch die verbliebenen sind teilweise stark in ihrem Bestand bedroht“ (Hochstein, Fedeli 2017). 47 % der 2014/2015 noch vorhandenen *Trollius*-Bestände müssen gemäß der kreisweiten Erhebung von Hochstein, Fedeli (2017) als zurückgehend eingestuft werden. Die rückläufigen *Trollius*-Bestände waren wie in unserer Fallstudie vorwiegend auf Brachen oder auf Standweiden zu finden. Auf Standorten, auf denen eine Zunahme von *T. europaeus* zu beobachten war, dominierte die einschürige Wiesennutzung (Hochstein, Fedeli 2017).

Wegener et al. (1998) bezeichnen eine Nutzung von Trollblumen-Feuchtwiesen jedes zweite Jahr als optimal, als suboptimal eine zweischürige Nutzung. Nach unseren Beobachtungen kann eine zweischürige Nutzung mit später erster Mahd (nach dem 1. Juli) noch als *Trollius*-verträglich bezeichnet werden. Allerdings wird eine ein- bzw. zweischürige Wiesennutzung mit Heugewinnung unter den aktuellen agrarpolitischen Rahmenbedingungen von den Landwirtinnen und Landwirten immer weniger praktiziert –

Kasten 1: Empfehlungen zur Grünlandbewirtschaftung auf Trollblumen-Standorten.

Box 1: Recommendations for grassland management at globe-flower locations.

Hinsichtlich der Nutzungsart ergibt sich für die trittempfindliche Trollblume (*Trollius europaeus*) folgende Eignungsreihung in absteigender Richtung: Wiese, Mähweide, Weide. Die Grünlandnutzung darf nicht vor dem 1. Juli (frühestmöglicher Zeitpunkt der Samenreife und -ausstreu) erfolgen. Wird anstelle von Heu überwiegend Silage gewonnen, soll die Mahd nicht vor dem 15. Juli stattfinden. Die Wiesennutzung darf maximal zweischürig erfolgen. Bei Beweidung sollen 2 Großvieheinheiten (GVE) pro ha nicht überschritten werden und die Beweidung soll nicht vor Juli erfolgen. Die Beweidung mit Schafen ist deutlich *Trollius*-verträglicher als die Beweidung mit Rindern. Auf brachgefallenem Grünland halten sich Trollblumen mehrere Jahrzehnte als große vielblütige Individuen, Verjüngung findet nicht statt. Nur durch gelegentliche Mahd oder Beweidung können solche Bestände langfristig erhalten werden. Ein Nutzungsbeginn nach dem 15. Juli ist auf *Trollius*-Flächen generell zu bevorzugen.

Daraus resultiert folgende Eignungsreihung der Grünland-Bewirtschaftung (nach absteigender Eignung):

- einschürige Wiese (Mahd nach dem 1. Juli) mit ein bis vier „Brachejahren“,
- einschürige Wiese (Mahd nach dem 1. Juli),
- zweischürige Wiese (1. Mahd nach dem 1. Juli),
- Mähweide (Mahd nach dem 1. Juli, Nachbeweidung im Herbst, < 2 GVE/ha),
- Mähweide (Beweidung mit < 2 GVE/ha nach dem 1. Juli, Spätsommermahd),
- extensive Beweidung (mit < 2 GVE/ha nach dem 1. Juli).

alternativ wird auf diesen Flächen Mähweidenutzung bzw. extensive Beweidung durchgeführt. Mähweidenutzung in Kombination mit Silagegewinnung muss garantieren, dass die *Trollius*-Sammelbalgfrüchte bereits zum Schnittzeitpunkt ausgestreut haben, d.h. der erste Schnitt sollte nicht vor dem 15. Juli erfolgen. Bei Beweidung sollten 2 GVE/ha nicht überschritten werden, da ansonsten die trittempfindlichen Trollblumen zu stark geschädigt werden. In extensiven Beweidungssystemen kann *Trollius*-Verjüngung stattfinden. Damit genügend Jungpflanzen in die generative Phase gelangen, kann insbesondere bei sehr kleinen Populationen erwogen werden, Bereiche guter *Trollius*-Verjüngung zwei bis vier Jahre gegenüber den Weidetieren einzuzäunen. Auf der **Bür**-Fläche hat eine solche Einzäunung zu einer Zunahme generativer *Trollius*-Individuen geführt (27 blühende Individuen im Jahr 2020 gegenüber 6–16 blühenden Individuen im Zeitraum 2013–2016). [Wegener, Reichhoff \(1989\)](#) merken an, dass *Trollius*-Bestände im feuchten Berggrünland „am günstigsten durch späte Mahd im Wechsel mit Brachejahren zu erhalten [sind], wobei insbesondere 3–4 aufeinanderfolgende Brachejahre Massenvorkommen von *Trollius* initiieren“ (Empfehlungen zur Grünlandbewirtschaftung auf *Trollius*-Standorten finden sich in [Kasten 1](#)).

Trollius europaeus kann Umweltveränderungen offensichtlich kaum kompensieren (Angaben zur Biologie von *T. europaeus* und daraus resultierende Anpassungspotenziale an Umweltveränderungen finden sich in [Abschnitt 2 im Online-Zusatzmaterial I](#)). Einzig und allein die Langlebigkeit der Stauden ermöglicht es, negative Lebensbedingungen zu überdauern, so dass die *Trollius*-Bestände den für sie negativen standörtlichen Veränderungen zeitlich hinterhinken (Resilienz durch Langlebigkeit der Individuen der Art *T. europaeus*: „extinction debt“; siehe [Piqueray et al. 2011](#)).

Für die mittlerweile sehr kleinen isolierten *Trollius*-Bestände im nördlichen Rothaargebirge stellt sich die Frage, ob diese langfristig überlebensfähig sind. Erste Ergebnisse populationsgenetischer Untersuchungen dieser kleinen Bestände deuten darauf hin, dass sie nicht wesentlich genetisch verarmt sind ([Kowarsch et al. 2022](#)). Allerdings unterliegen kleine Populationen durch stochastische Umweltprozesse einem höheren Aussterberisiko ([Menges 1992](#)).

Für solche stark gefährdeten *Trollius*-Bestände im nördlichen Rothaargebirge werden daher bestandsstützende Ex-situ-/In-situ-Erhaltungsmaßnahmen durchgeführt ([Kowarsch et al. 2022](#)).

6 Literatur

Abt K. (1991): Landschaftsökologische Auswirkungen des Agrarstrukturwandels im württembergischen Allgäu. Verlag Dr. Kovač. Hamburg: 151 S.

Bartz R.-P., Bolbrinker P. et al. (1984): Zum Rückgang der Trollblume (*Trollius europaeus* L.) im Kreis Teterow im Zeitraum von 1972 bis 1983. Naturschutzarbeit in Mecklenburg 27(1): 39–41.

Biologische Station Hochsauerlandkreis (2016): *Trollius europaeus* und *Centaurea pseudophrygia* im Hochsauerlandkreis. Bestandserfassung 2014 und 2015. Unveröff. Abschlussbericht. Naturschutzzentrum – Biologische Station – Hochsauerlandkreis e. V. Brilon: 527 S.

Biologische Station Rothaargebirge (1997): Effizienzuntersuchung des Vertragsnaturschutzes anhand der Leitarten Arnika und Trollblume. Kartierung im Kreis Siegen-Wittgenstein im Auftrag der LÖBF. Unveröff. Bericht. Biologische Station Rothaargebirge. Erndtebrück: 7 S.

Braun-Blanquet J. (1964): Pflanzensoziologie. Springer. Wien: 865 S.

Briemle G., Ellenberg H. (1994): Zur Mahdverträglichkeit von Grünlandpflanzen. Natur und Landschaft 69(4): 139–147.

Brys R., Jacquemyn H. et al. (2004): The effects of grassland management on plant performance and demography in the perennial herb *Primula veris*. Journal of Applied Ecology 41(6): 1.080–1.091.

Buse J., Boch S. et al. (2015): Conservation of threatened habitat types under future climate change – Lessons from plant-distribution models and current extinction trends in southern Germany. Journal for Nature Conservation 27(1): 18–25.

Dierschke H., Briemle G. (2002): Kulturgrasland. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart: 239 S.

Ellenberg H., Leuschner C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 6. Aufl. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart: 1.334 S.

Ellenberg H., Weber H.E. et al. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. Aufl. Scripta Geobotanica, Bd. 18. Goltze-Verlag. Göttingen: 258 S.

Espindola A., Pellissier L. et al. (2012): Predicting present and future intraspecific genetic structure through niche hindcasting across 24 millennia. Ecology Letters 15(7): 649–657.

Finck P., Heinze S. et al. (2017): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands. 3., fortgeschr. Fassung. Naturschutz und Biologische Vielfalt 156: 637 S.

Fischer K. (1994): Trollblume (*Trollius europaeus*). In: Fischer K., Kunz M. (1994): Grünland-Leitarten des Westerwaldes: Verbreitung, Lebensraumansprüche, Gefährdung, Schutz. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz. Oppenheim: 205 S.

Gatsuk L.E., Smirnova O.V. et al. (1980): Age states of plants of various growth forms: A review. Journal of Ecology 68(2): 675–696.

Götte R. (2007): Flora im östlichen Sauerland. Verein für Natur- und Vogelschutz e. V. Arnsberg: 600 S.

Graffmann F. (2004): Neue Flora von Herborn und dem ehemaligen Dillkreis sowie ihre Entwicklung in den letzten 250 Jahren. Botanische Vereinigung für Naturschutz in Hessen e. V. Marburg: 414 S.

Hitchmough J.D. (2003): Effects of sward height, gap size, and slug grazing on emergence and establishment of *Trollius europaeus* (Globe-flower). Restoration Ecology 11(1): 20–28.

Hochstein J., Fedeli M. (2017): Die Trollblume im Hochsauerlandkreis. Natur in NRW 2/2017: 31–34.

Hulme P.E. (1994): Seedling herbivory in grassland: Relative impact of vertebrate and invertebrate herbivores. Journal of Ecology 82(4): 873–880.

Jensch D., Poschlod P., Schossau C. (2001): Überlegungen zur Zustandsbewertung und zu einem Monitoring von Pflanzenpopulationen im Rahmen der FFH-Richtlinie. In: Fartmann T., Gunnemann H. et al. (Hrsg.): Berichtspflichten in Natura-2000-Gebieten – Empfehlungen zur Erfassung der Arten des Anhangs II und Charakterisierung der Lebensraumtypen des Anhangs I der FFH-Richtlinie. Angewandte Landschaftsökologie 42: 46–64.

- Kochanowska P., Gamrat R. (2007): Grass communities with globeflower (*Trollius europaeus* L.) in the river Chociel valley. *Grassland Science in Poland* 10: 119–129.
- Kostrakiewicz K. (2009): The influence of shadow created by adjacent plants on phenotypic plasticity of endangered species *Trollius europaeus* L. (Ranunculaceae). *Polish Journal of Ecology* 57(4): 625–634.
- Kostrakiewicz-Gierałt K. (2012): The impact of neighbourhood and gap character on seedling recruitment of *Trollius europaeus* L. and *Iris sibirica* L. in *Molinietum caeruleae* meadows. *Biodiversity: Research and Conservation* 28: 37–44.
- Kostrakiewicz-Gierałt K., Kozak M., Kozłowska-Kozak K. (2015a): The effect of different habitat conditions on temporal and spatial variation in selected population properties of the rare plant species *Trollius europaeus* L. *Biodiversity Research Conservation* 39: 67–78.
- Kostrakiewicz-Gierałt K., Kozak M., Kozłowska-Kozak K. (2015b): The impact of extensive sheep grazing on the population and individual traits of *Trollius altissimus* CRANTZ. *Polish Journal of Ecology* 63(4): 523–533.
- Kowarsch N.R. (1997): Standorts- und populationsökologische Untersuchungen an *Trollius europaeus* L. im nördlichen Rothaargebirge. Diplomarbeit. Wiss. Naturschutz II. Philipps-Universität Marburg, Marburg: 139 S.
- Kowarsch N.R. (2020): Gibt es bei Trollblumen-Beständen im Hochsauerlandkreis Zusammenhänge zwischen der Höhenlage und der Bestandsentwicklung? Unveröffentlicht.
- Kowarsch N.R., Ziegenhagen B. et al. (2022): Ex-situ/In-situ-Erhaltungsmaßnahmen für gefährdete Bestände der Trollblume an ihrem nordwestlichen Verbreitungsrand. Ein Beitrag zur Erhaltung der Leitart *Trollius europaeus* im montanen Grünland. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 54(5): im Druck.
- Leinke T. (2011): The situation of *Trollius europaeus* L. (Ranunculaceae) in the north-east of Central Europe – History, current changes and conservation. *Plant Diversity and Evolution* 129(3–4): 219–228.
- Leinke T., Salguero-Gómez R. (2016): Land use heterogeneity causes variation in demographic viability of a bioindicator of species-richness in protected fen grasslands. *Population Ecology* 58(1): 165–178.
- Linkola K. (1935): Über die Dauer und Jahresklassenverhältnisse des Jugendstadiums bei einigen Wiesenstauden. *Acta Forestalia Fennica* 42(2): 1–56.
- Menges E.S. (1992): Stochastic modelling of extinction in plant populations. In: Fiedler P., Jain S.K. (Hrsg.): *Conservation Biology: The theory and practice of nature conservation, preservation and management*. Springer, New York: 253–275.
- Metzing D., Garve E., Matzke-Hajek G. (2018): Rote Liste und Gesamtartenliste der Farn- und Blütenpflanzen (Tracheophyta) Deutschlands. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 70(7): 13–358.
- Michalska-Hejduk D., Kopeć D. (2012): Dynamics of semi-natural vegetation with a focus on Molinion meadows after 50 years of strict protection. *Polish Journal of Environmental Studies* 21(6): 1.731–1.741.
- Milberg P. (1994): Germination ecology of the polycarpic grassland perennials *Primula veris* and *Trollius europaeus*. *Ecography* 17(1): 3–8.
- Mitlacher K., Poschlod P. et al. (2002): Restoration of wooded meadows – A comparative analysis along a chronosequence on Öland (Sweden). *Applied Vegetation Science* 5(1): 63–73.
- Molisch H. (1938): *The longevity of plants*. Science Press, Lancaster: 226 S.
- Myśliwy M., Bosiacka B. (2009): Disappearance of *Molinio-Arrhenatheretea* meadows diagnostic species in the upper Płonia river valley (NW Poland). *Polish Journal of Environmental Studies* 18(3): 513–519.
- Oberdorfer E. (1994): *Pflanzensoziologische Exkursionsflora*. 7. Aufl. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart: 1.050 S.
- Păcurar F., Rotar I. (2011): The effect of low-input upon semi-natural grasslands of Apuseni Mountains. *Lucrări științifice* 54(2): 263–266.
- Piqueray J., Bisteau E. et al. (2011): Plant species extinction debt in a temperate biodiversity hotspot: Community, species and functional traits approaches. *Biological Conservation* 144(5): 1.619–1.629.
- Poschlod P. (2017): *Geschichte der Kulturlandschaft*. 2. Aufl. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart: 320 S.
- Rabotnov, T.A. (1945): Biological observations on the subalpine meadows of the Northern Caucasus. *Botaniceskij Zhurnal* 30: 167–177.
- Rabotnov T.A. (1969): On coenopopulations of perennial herbaceous plants in natural coenoses. *Vegetatio* 19: 87–95.
- Rabotnov T.A. (1985): Dynamics of plant coenotic populations. In: White J. (Hrsg.): *The population structure of vegetation. Handbook of vegetation science*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht: 121–142.
- Reichelt G., Wilmanns O. (1973): *Vegetationsgeographie*. Westermann, Braunschweig: 210 S.
- Ringler A. (1987): *Gefährdete Landschaft: Lebensräume auf der Roten Liste. Eine Dokumentation in Bildvergleichen*. BLV, München: 195 S.
- Rotar I., Păcurar F. et al. (2011): The organic fertilization and mulching from bear meadows. *Lucrări științifice* 54(2): 271–273.
- Sala O.E., Chapin F.S. et al. (2000): Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287(5.459): 1.770–1.774.
- Schweingruber F., Poschlod P. (2005): Growth rings in herbs and shrubs: Life span, age determination and stem anatomy. *Forest Snow and Landscape Research* 79(3): 195–415.
- Serebryakov I.G. (1952): *Morphology of vegetative organs of higher plants*. Sovetskaya nauka, Moskau: 392 S.
- Strobel C., Hölzel N. (1994): *Landschaftspflegekonzept Bayern. Lebensraumtyp Feuchtwiesen*. Bd. II.6. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, München: 204 S.
- Wegener U., Jeschke L. et al. (1998): *Wiesen und Weiden*. In: Wegener U. (Hrsg.): *Naturschutz in der Kulturlandschaft*. Gustav-Fischer-Verlag, Jena: 281–313.
- Wegener U., Reichhoff L. (1989): Zustand, Entwicklungstendenzen und Pflege der Bergwiesen. *Hercynia N.F.* 26(2): 190–198.
- Weinert E. (1978): *Karten der Pflanzenverbreitung in der DDR*. *Hercynia N.F.* 15(3): 229–320.

Dank

Thomas Koch hat sich umfassend an den *Trollius*-Kartierungen beteiligt. Georg Kozulins hat zur Visualisierung der *Trollius*-Kartierungen beigetragen. Christine Schmiege hat maßgeblich an den Vegetationsaufnahmen und der Auswertung der Vegetationstabellen mitgewirkt. Werner Schubert, Katharina Wrede und Nicole Fichna von der Biologischen Station des Hochsauerlandkreises haben Gebietskarten zur Verfügung gestellt, Informationen zur Bewirtschaftung der Bestände geliefert und die Betretungserlaubnisse für die Naturschutzgebiete organisiert. Allen sei herzlichst gedankt – ohne ihr Mitwirken wären diese Untersuchungen nicht möglich gewesen!

Dr. Norbert R. Kowarsch
Korrespondierender Autor
 Schmittbachweg 13
 35781 Weilburg
 E-Mail: nrkowarsch@posteo.de



Studium der Biologie an der Philipps-Universität Marburg, Promotion an der Georg-August-Universität Göttingen innerhalb der Agrarwissenschaftlichen Fakultät zu einem grünlandökologischen Thema; seitdem verschiedene Aktivitäten im Waldnaturschutz sowie im botanischen Artenschutz; beruflich seit 2005 in der Projektförderung im Bereich biologische Vielfalt in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung tätig.

Prof. Dr. Peter Poschlod
 Institut für Botanik
 Universität Regensburg
 93040 Regensburg
 E-Mail: peter.poschlod@ur.de