

## BOTANIK

### Artenhilfsprogramm für die Pfingstnelke *Dianthus gratianopolitanus* im Regierungsbezirk Stuttgart

Von PETER BANZHAF, OSWALD JÄGER UND ULRIKE MEISTERHANS

#### INHALTSVERZEICHNIS

	Zusammenfassung	74
	Abstract	74
1	Einleitung	75
2	Geografische Verbreitung der Pfingstnelke ( <i>Dianthus gratianopolitanus</i> VILLARS 1789) (= <i>Dianthus caesius</i> J.E. SMITH 1792)	75
2.1	Vorkommen im Regierungsbezirk Stuttgart	78
3	Anmerkungen zur Morphologie	78
4	Zur Ökologie und Vergesellschaftung	78
5	Zur Biologie	84
6	Gefährdung	86
6.1	Gefährdungssituation	86
6.2	Gefährdungsursachen	87
6.2.1	Entnahme von Pflanzen	87
6.2.2	Wild, Nager, Vögel (Verbiss, Tritt, Eutrophierung, Rupfplätze) und Insekten	87
6.2.3	Schädigung durch Wanderer, Ausflügler – Trittbelastung	90
6.2.4	Klettersport	90
6.2.5	Klimaveränderung	91
6.3	Immissionen, Luftschadstoffe	91
6.3.1	Stickstoffimmissionen	91
6.3.2	Sukzession, zunehmende Gehölzbeschattung	92
6.3.3	Konkurrenz durch krautige Arten	95
6.3.4	Konkurrenz durch Moose	98
7	Ausbreitungspotential der Pfingstnelke	98
7.1	Pollenübertragung	98
7.2	Generative Vermehrung, Ausbreitung und Samenmorphologie	99
7.3	Keimlingsetablierung	101
7.4	Vegetative Ausbreitung/Vermehrung	102
7.5	Ausbreitungs- und Überlebensstrategie	102
7.6	Reduzierte Fitness durch Isolation und kleine Populationsgrößen	103
8	Präferenz von Felsköpfen	104
9	Besonderheiten der Pfingstnelken in den einzelnen Vorkommensgebieten	105
10	Schutzmaßnahmen	106
10.1	Besucherlenkung, Absperrung von Felsköpfen	106

10.2	Auflichtungsmaßnahmen, Zurückdrängen von Konkurrenz	107
10.2.1	Prinzipielle Bemerkungen zur Pflege von Felsbiotopen	107
10.2.2	Erfahrungen mit Auflichtungsmaßnahmen in der Schweiz	108
10.2.3	Empfohlene Auflichtungsmaßnahmen	108
10.2.4	Beseitigung konkurrierender Gräser und Stauden	108
10.3	Reduzierung der Stickstoffemissionen	108
10.3.1	Ziegenbeweidung	108
11	Weiterführende Untersuchungen	110
12	Steckbrief der wesentlichen Standortfaktoren	110
13	Literatur	111

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Pfingstnelke, *Dianthus gratianopolitanus*, zählt zu den gefährdeten Arten Baden-Württembergs und zeigt vor allem auf der Neckarseite der Schwäbischen Alb eine deutliche Rückgangstendenz. Hier muss sie als stark gefährdet eingestuft werden. Untersucht wurden die Bestände in den Landkreisen Esslingen und Göppingen, wo sie sich weitgehend auf die Felsgebiete um Geislingen a. d. St. und das Obere Lenninger Tal beschränken, zudem die Vorkommen im Landkreis Heidenheim.

Die Gefährdungssituation der Pfingstnelke, verbunden mit ihrer reliktschen Verbreitung und der geringen Ausbreitungsfähigkeit sowie der sehr großen Verantwortung Deutschlands (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2006) und insbesondere auch Baden-Württembergs für diese Art, erfordern Schutzmaßnahmen zur Sicherung möglichst vieler bestehender Populationen.

Im Rahmen eines Artenschutzprogrammes Pfingstnelke wird nach den Rückgangsursachen gesucht, um wirkungsvolle – und wenn möglich nachhaltige – Maßnahmen zur Erhaltung dieser Art durchführen zu können. Das Entfernen von Gehölzen allein genügt in aller Regel nicht, da – zumindest soweit die Gehölzsukzession relativ weit fortgeschritten war – die krautige Konkurrenz stärker von solchen Maßnahmen zu profitieren scheint als die Pfingstnelke.

Offensichtliche Unterschiede in der Form der Blütenblätter der einzelnen Vorkommensgebiete legen die Vermutung nahe, dass die Vorkommensgebiete stark voneinander isoliert sind. Für diese Annahme spricht auch, dass eine erfolgreiche generative Vermehrung der Pfingstnelke nur äußerst selten zu beobachten war. Ein Steckbrief über die wesentlichen Standortfaktoren wird vorgestellt.

**Schlüsselworte:** Pfingstnelke, *Dianthus gratianopolitanus*, Artenschutz, Rückgangsursachen, Erhaltungsmaßnahmen, Geografische Isolation

### ABSTRACT

The Cheddar Pink (*Dianthus gratianopolitanus*) is a plant species threatend in Baden-Württemberg. In particular on the Neckar side of the Swabian Alb its spread declines dramatically. In this region the species must be classified as highly endangered. In this study the populations in the rural districts of Göppingen, Esslingen and Heidenheim were investigated. Here, the stocks of the

Cheddar Pink are mostly restricted to the lime rocks in the vicinity of Geislingen a.d. Steige, the upper Lenninger Tal and the Eselsburger Tal. The threat to the Cheddar Pink has to do with its relictic geographical distribution and its low dispersal ability. The German government (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2006) and especially Baden-Württemberg are particularly committed to preserving this species.

In a protection programme aimed at supporting the Cheddar Pink the reasons for the decline are searched, in order to be able to promote effective and – as much as possible – sustainable measures to support these species. One finding is that the removal of woody plants, as carried out generally, will not suffice, especially if the woody plant succession is very advanced. The herbaceous competitors seem to benefit more from such measures than the Cheddar Pink itself.

There are found differences between the shape of the petals in the individual regions of occurrence. For this reason it can be assumed, that these regions are extremely isolated from each other. This presumption is supported by the fact that a successful generative propagation has been rarely observed.

**Key words:** Cheddar Pink, *Dianthus gratianopolitanus*, protection of species, decrease causes, conservation measures, geographical isolation

## 1 EINLEITUNG

Die Pfingstnelke oder Grenobler Nelke, *Dianthus gratianopolitanus* VILL. (Caryophyllaceae, Nelkengewächse) ist eine Art, die vor allem in Felsbandgesellschaften vorkommt. In Deutschland und Baden-Württemberg, wo die meisten Vorkommen im Bereich der Schwäbischen Alb liegen, gilt sie als gefährdet. Belegt wurde eine deutliche Rückgangstendenz der nach BArtSchV besonders geschützten Art vor allem für die Neckarseite der Schwäbischen Alb. Vermutlich lässt sich diese Beobachtung auf fast alle anderen Vorkommensgebiete in Baden-Württemberg übertragen.

Der markante Rückgang der Pfingstnelke im Regierungsbezirk Stuttgart war Anlass für die Initiierung eines Artenhilfsprogramms für die im Regierungsbezirk Stuttgart gelegenen Vorkommen.

## 2 GEOGRAFISCHE VERBREITUNG DER PFINGSTNELKE (*DIANTHUS GRATIANOPOLITANUS* VILLARS 1789) (= *DIANTHUS CAESIUS* J. E. SMITH 1792)

*Dianthus gratianopolitanus* ist ein zentraleuropäischer Endemit mit stark fragmentiertem Verbreitungsgebiet (Zentrum: Süd-subatlantisch/Süd-zentraleuropäisch).

Das Vorkommen reicht von den Ardennen, Süntel (Weserbergland), Harz und Brandenburg, über die Fränkische und Schwäbische Alb, den Schweizer Jura und das nördliche Vorland der Alpen. Außerhalb dieses Bereichs findet sich die Art in Südwest-England, im Französischen Zentral-Massiv, in Böhmen, Mähren und Südwest-Polen (KOVANDA, 1982; NOVÁK, 1926; siehe auch SEYBOLD, 1990). Der Atlas Florae Europaeae zeigt ein weit nach Osten vorgeschobenes Vorkommen im Westen der Ukraine (JALAS & SUOMINEN 1988). Angaben über Vorkommen am

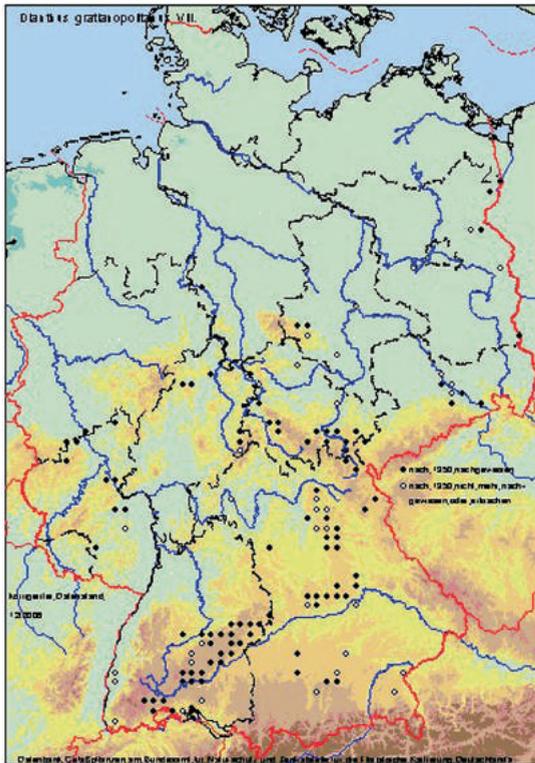


Abb. 1. Verbreitung von *Dianthus gratianopolitanus* in Deutschland (aus: BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2009, Stand 12/2006).

südlichen Fuß der Alpen in Italien sind zweifelhaft (ebenda). Die Pfingstnelke kommt vom Tiefland bis in den alpinen Bereich der Französischen Alpen vor (KOVANDA, 1982).

In den Schweizer Alpen ist sie ursprünglich nicht heimisch, wurde jedoch an einigen Stellen in Graubünden angesiedelt (KÄSERMANN 1999). Die Art besitzt ein relikartiges Verbreitungsgebiet und fehlt an vielen potentiell günstigen Standorten; dies berichtet auch WASSMER (1998) vom Schweizer Jura.

Über 75 % des Pfingstnelkenareals befindet sich in Deutschland (WELK 2001).

In Baden-Württemberg kommt die Pfingstnelke hauptsächlich auf der Donauseite der Schwäbischen Alb vor (Verbreitungskarte Oberes Donautal siehe HERTER, 1996), auf der Neckarseite nur noch im Uracher Raum bis ins Lenninger Tal und im Geislinger Raum. Auf der Ostalb ist sie lediglich in einem eng umgrenzten Gebiet des Brenztales zu finden. Außerdem sind Fundorte an wenigen Stellen in der Wutachschlucht, am Hohentwiel bei Singen und bei Überlingen bekannt. Aus Pflanzungen an Weinbergsmauern ist sie an manchen Stellen kurzfristig verwildert (SEYBOLD 1990, KORNECK in OBERDORFER 1993). Die tiefsten Vor-



**Abb. 2.** Ausgesprochen üppiger Wuchs der Pfingstnelke an einer Felskante im Bereich der Hausener Wand im Jahr 2008. Der Bestand war zuvor über mehrere Jahre gezielt – und teils mehrfach im Jahr – gepflegt worden.

kommen liegen nach SEYBOLD (1990) in Baden-Württemberg auf 440 m über NN bei Überlingen, die höchsten bei ca. 900 m auf der Schwäbischen Alb.

Anzunehmen ist, dass die Pfingstnelke als konkurrenzschwache Art in der Nacheiszeit zunächst günstige Ausbreitungsbedingungen fand. Sie wäre dann am ehesten als Post-Glazialrelikt zu bezeichnen. ERHARDT (1990) hält die Pfingstnelke für ein Relikt aus der Zeit vor der letzten Vereisung. In Groß-Britannien fanden sich Makrofossilien der Weichsel-Eiszeit, die wahrscheinlich der Pfingstnelke zuzuordnen sind. Die Bestimmung erfolgte jedoch unter Vorbehalt (GODWIN 1975).

Die mitteleuropäische Xerothermvegetation, der die Pfingstnelke zuzuordnen ist (s. u.), deutet POTT (1996) als Relikte aus der postglazialen Vegetationsgeschichte. MÜLLER et al. (2006) führen am Beispiel der Felsvegetation des Schweizer Juras aus, dass etliche Arten der wärmeliebenden Eichenwälder des Postglazials auf die Felsbereiche zurückgedrängt worden sind, als sich die Buchenwälder hier etablierten (vergl. auch ELLENBERG, 1996; zur Vegetationsgeschichte siehe auch GERKEN & MEYER 1996). Solches kann auch für die Pfingstnelke angenommen werden.

Vermutet werden darf, dass die Pfingstnelke später von der Waldweide und Niederwaldwirtschaft profitierte (vergl. z. B. POTT 1996, BONN & POSCHLOD 1998a).

Im Fränkischen Jura beispielsweise gab es während der Bronze- und Eisenzeit offene Kiefernwälder. Die Buche erschien erst in der mittleren Bronzezeit und nahm in der späten Eisenzeit zu (BAUMANN 2006). Auch in diesen lichten Kiefernwäldern dürften der Pfingstnelke zuträgliche Standortbedingungen geherrscht haben.

### 2.1 VORKOMMEN IM REGIERUNGSBEZIRK STUTTGART

Felsen mit aktuellen Vorkommen gibt es in den Landkreisen Esslingen und Göppingen in der Nähe des Albraufs bzw. an den Hängen von Bachtälern. Im Landkreis Heidenheim sind die Vorkommen auf das Naturschutzgebiet Eselsburger Tal beschränkt. Naturräumlich gehört das Vorkommensgebiet im Regierungsbezirk Stuttgart überwiegend der Mittleren Kuppenalb an, die Vorkommen im Landkreis Heidenheim der Lonetal-Flächenalb (siehe z. B. LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BAD.-WÜRTT. 1992). Der tiefstgelegene Wuchsort liegt im Regierungsbezirk bei 480 m, der höchstgelegene bei 760 m üNN.

### 3 ANMERKUNGEN ZUR MORPHOLOGIE

Die Pfingstnelke bildet lockere bis dichte Polster aus fertilen und vegetativen Rosetten, die mit einer ausdauernden, verzweigten Primärwurzel im Substrat verankert sind. Die überwinternden Blattrosetten gehören zu den charakteristischen Merkmalen der polsterbildenden Nelken. Zumindest gebietsweise tragen die unterirdischen, mit Niederblättern besetzten Ausläufersprosse zu einer starken vegetativen Vermehrung bei (HEGI 1979).

Die 10 cm bis 30 cm hohen Blütentriebe sind kahl und meist unverzweigt mit drei bis sieben verlängerten Internodien und meist einzelnen Blüten. In seltenen Fällen verzweigen sie sich bei uns und tragen dann zwei und nur ausnahmsweise drei Blüten (Abb. in HESS et al. 1926).

Die Länge der blaugrünen mehr oder weniger linealischen Blätter variiert zwischen 15 und 70 mm, die Breite zwischen 1 mm und 3 mm. Neben dem Polsterwuchs besitzt die Art mit dicker, gestreifter Kutikula, Wachsüberzug, Wasserzellen mit Lipiden und Leitbündeln mit sklerenchymatischem Begleitgewebe mehrere Xerophytenmerkmale. Die überwinternden Blattrosetten sind nicht nur sommerlicher Trockenheit und Hitze, sondern auch winterlicher Frosttrocknis ausgesetzt. Anders als die meisten Pflanzenarten der mitteleuropäischen Xerothermvegetation ist die Art offenbar nicht submediterraner, mediterraner oder pontisch-sarmatischer Herkunft.

### 4 ZUR ÖKOLOGIE UND VERGESELLSCHAFTUNG

*Dianthus gratianopolitanus* besiedelt schmale Felsbänder, Felskanten und Felskopfbereiche kalk- oder zumindest basenreicher Felsmassive. Sie zählt zu den Charakterarten der nach ihr benannten Pfingstnelken-Flur, des *Dianthus gratianopolitanus*-Festucetum pallentis GAUCKLER 38 (KORNECK 1976/1977 in OBERDORFER 1994) aus dem Verband der Bleichschwingel-Felsbandfluren (*Festucion pallentis*; Klasse Sedo-Scleranthetea). Die in diesem Verband ge-

fassten Trockenrasen bezeichnet POTT (1996) im Übrigen als „einzigartige Biotoptypen an extremen Sonderstandorten“.

Die Pfingstnelken-Flur kommt hauptsächlich auf Massenkalk vor, daneben auf Dolomit, Porphyr (Wutachschlucht), Basalt, Phonolith (Hegau, Rhön, u. a.), Diabas, Schiefer (z. B. Rhön) und fragmentarisch auf Molasse (Bodenseegebiet). Weitere Gesteinsarten, über denen die Pfingstnelke vorkommt, werden z. B. von KOVANDA (1982) benannt. Er stellt fest, dass die Pfingstnelke nur in ihrem evolutionären Zentrum und den mehr südlich gelegenen Teilen ihres Vorkommensgebiets Kalkstein klar bevorzugt. Gegen Norden und Osten würde die Art weniger substratspezifisch und hier sogar auf sauren Felsen und Sanden gefunden.

Die Pfingstnelken-Gesellschaft ist selten größerflächig entwickelt; oft ist sie in unserem Gebiet an den äußeren Rand der Wuchsflächen auf den Felsköpfen gedrängt (siehe KORNECK 1976/1977; WITSCHSEL 1980).

In Südbaden fand WITSCHSEL (1980) das Diantho-Festucetum bevorzugt in Südbis Westexposition, „wo Wind und Sonne in voller Stärke angreifen können und sich im Winter der Schnee nicht halten kann, so dass der Frost ungehindert einwirkt“. Die Pfingstnelke selbst fand er im Wutachgebiet allerdings auch in Nordexposition, wo sie nach seinen Beobachtungen fast besser als in vollsonniger Lage zu gedeihen scheint. Dort, wo die Sonneneinstrahlung zu stark werde, falle *Dianthus gratianopolitanus* aus; dass die Pfingstnelke vor allem im Bereich des Schwäbischen Jura öfter Südhänge besiedle, erklärt er durch die höhere Lage.

Die *Sesleria*-Rasse der Kalkfelsen des Juras wird nach KORNECK (1976/1977 in OBERDORFER 1993) durch *Sesleria albicans* gekennzeichnet. Für die Fränkische Alb wurde eine *Sesleria*-Variante des Diantho-Festucetum beschrieben, die absonnige und höhere Lagen bezeichnet (ebenda). *Sesleria albicans* soll jedoch nur in Beständen vorkommen, in denen ihre Wurzeln die Möglichkeit haben, in die Gesteinsritzen vorzudringen. Sei dies nicht der Fall, werde *Sesleria albicans* durch *Festuca pallens* ersetzt (MEUSEL 1939, zit. bei WITSCHSEL 1980). Der Bleich-Schwengel ist im Untersuchungsgebiet eine jener Arten, mit denen die Pfingstnelke am häufigsten vergesellschaftet ist. In absonnigen bzw. beschatteten Lagen, aber auch am stärker zerklüfteten Fels, tritt er zugunsten des Blaugrases zurück. Offenbar zeichnet das Blaugras (zumindest heute) auch Degradationsstadien des Diantho-Festucetum aus.

Weitere sehr häufige Begleitarten der Pfingstnelke sind im Untersuchungsgebiet *Sedum album* und *Allium senescens* ssp. *montanum*. *Sedum album* tritt, wie der Bleich-Schwengel, vorwiegend auf sehr flachgründigen sonnenexponierten Standorten der Felskanten auf. An schattigen Felsstandorten kommt außerdem oft *Saxifraga paniculata* vor. Daneben sind Arten der Trockenrasen, der Felsspalten und der themophilen Säume häufig. Moosarme Ausbildungen sind im Gebiet hauptsächlich in besonnener Südexposition, moosreiche Ausbildungen auf beschatteten Standorten oder Nordexposition zu finden. Typische Kontaktgesellschaften sind das Drabo-Hieracietum humilis der Felsspalten, das Alysso-Sedetum der vorderen Felsköpfe oder das Bromo-Seslerietum.

Die Pfingstnelkenflur siedelt auf flachgründigem Substrat mit mehr oder minder deutlicher Humusaufgabe. Nach eigenen Beobachtungen wurzeln die Rosetten der Pfingstnelke häufig in dichten Moospolstern oder auch in Gesteinspalten. Im Gegensatz zu *Festuca pallens* ist die Pfingstnelke nicht ausgesprochen xerophil, auch wenn sie einige Xerophytenmerkmale (s. o.) aufweist.

Trotz der relativ hohen Lage der Vorkommen im Regierungsbezirk Stuttgart zeigt die Pfingstnelke keine deutliche Bevorzugung südexponierter Lagen; sie kommt in allen Expositionen vor. In Nordexposition müssen die Standorte allerdings zumindest zeitweise volles Tageslicht erhalten, um bestehen zu können. In Südexposition bevorzugt die Pfingstnelke meist eher leichten Halbschatten durch Gehölze; direkt der Sonneneinstrahlung ausgesetzte Standorte werden in der Regel gemieden. Dies deckt sich auch mit den Beobachtungen von STÄRR (1992 mündl.) im Oberen Ermstal und jenen von WITSCHL (1980, s. o.) in Südbaden, wonach in südlichen Expositionen ohne Baumschatten *Dianthus gratianopolitanus* meist hinter *Festuca pallens* an der inneren Kante der abgescrägten Felssimse wächst.

Die felsbewohnende Art ist an allen ihren Wuchsorten starken jahreszeitlichen Temperaturunterschieden, häufig intensiver und austrocknender Sonnenein-

**Tabelle 1:** Zeigerwerte der Pfingstnelke nach ELLENBERG et al. (1992) und LANDOLT (1977)

	ELLENBERG		LANDOLT	
Lichtzahl:	9	Volllichtpflanze	4	Lichtzeiger
Temperaturzahl:	7	Wärmezeiger	4	in der unteren Waldstufe (kolline Stufe)
Kontinentalitätszahl:	4	Subozeanisch, mit Schwergewicht in Mitteleuropa, nach Osten ausgreifend	4	Hauptverbreitung in Gebieten mit relativ kontinentalem Klima
Feuchtezahl:	2	Starktrockenheits- bis Trockenheitszeiger	1	ausgesprochener Trockenheitszeiger
Reaktionszahl:	7	Schwachbasenzeiger	4	Basenzeiger (pH 5,5–8)
Stickstoffzahl:	1	ausgesprochene Stickstoffarmut anzeigend	2	Magerkeitszeiger
Lebensform:	C	krautiger Chamaephyt	h	Hemikryptophyt
Blattausdauer:	W	überwinternd grün; oft mit grünen Blättern überwinternd, die aber meist im Frühjahr ersetzt werden		
Humuszahl:			2	Mineralbodenzeiger
Dispersität:			1	Felspflanze



**Abb. 3.** Besonders vitales und kompaktes Polster der Pinguicula mit hohem Deckungsgrad bei Oberböhringen. Die leichte Chlorose dürfte auf die hohe Sonneneinstrahlung zurückzuführen sein.

strahlung sowie im Winter meist Frostrocknis ausgesetzt. Sie kann sicherlich problemlos als Stresstoleranzstrategie betrachtet werden, d. h. als Art, die unter extremen Standortsbedingungen mit schwer verfügbaren Ressourcen lebt und die langlebig ist bei gleichzeitig niedriger Produktions- und Reproduktionsrate (vergl. KLOTZ & KÜHN, 2002).

Zur Ergänzung der ökologischen Merkmale werden in Tab. 1 die Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. 1992 und nach LANDOLT (1977, für die Schweiz) genannt.

Die Pinguiculaflur bildet nur eine lückige Vegetationsdecke aus; die Deckungswerte der Phanerogamen schwanken meist zwischen 30 % und 60 %. In Ausnahmefällen allerdings werden von Pinguicula-Reinbeständen vor allem im stark besonnenen Bereich Deckungsgrade gegen 100 % erreicht. Je stärker die Besonnung der Pinguicula, desto höher ist im Allgemeinen deren Deckungsgrad – zumindest bei Abwesenheit starker Konkurrenz und ausreichender Wasserversorgung.

Die Pinguicula ist nämlich offenbar sehr konkurrenzschwach (s. u.). Sie scheint vor allem Trockenheit besser zu ertragen als ihre krautige Konkurrenz.

Im Bereich der Mittleren Alb wurden Bestände von *Dianthus gratianopolitanus* fast nur auf den Felsköpfen oder auf Absätzen und Bändern nahe der Felskante aufgefunden, insbesondere auf der Ostalb ausnahmsweise auch weit unterhalb

des Felskopfes, hier aber kaum einmal an ausgeprägten Felsstufen, sondern entlang von Rissen bzw. Spalten oder an der nicht ganz senkrechten Wand. Es ist vermutlich teils trittbedingt, dass die Pfingstnelke auf den Felsköpfen und Felsplateaus meist an deren äußerem Rand wächst. In den Randbereichen allerdings wird der Humus am ehesten ausgewaschen und verweht, die Entwicklung stärkerer Humusaufgaben dadurch behindert. Wird die Humusaufgabe zu stark, profitieren davon vor allem die etwas anspruchsvolleren Konkurrenten der Pfingstnelke.

An der Hausener Wand bei Bad Überkingen gibt es einige nicht felsgebundene Vorkommen eines südwestexponierten Steilhanges am Rande einer gehölzfeindlichen Blaugrashalde, im Übergangsbereich zum angrenzenden Trockenwald- und Trockengebüsch (SAUM 2006 mündl. Mitt., bestätigt BANZHAF 2007). *Dianthus gratianopolitanus* scheint von der mäßigen Beschattung zu profitieren, zumal die krautige Konkurrenz hier selbst auf humoseren Standorten selten einen kompletten Vegetationsschluss erreicht. Die Standorte sind so trocken, dass Gehölze nicht dicht schließen. Dem Pionierwald fehlt angesichts der knappen Wasserressource zudem weitgehend der strauchige Unterwuchs. Ähnliche Bedingungen wie an solchen Standorten sind manchmal in Felskopfbereichen zu finden, die durch die vordringende Gehölzsukzession mäßig beschattet sind. Möglicherweise wird die Pfingstnelke durch die vordringenden Gehölze zumindest an einigen Wuchsorten zunächst noch gefördert, auch wenn sie hier nur lockere Polster bilden kann, die sich durch lange Internodien zwischen den hier meist bzw. weitgehend sterilen Rosetten auszeichnen.

Auffällig ist, dass die Pfingstnelke an einigen Stellen am Fuße schlechtwüchsiger lichter Eichen oder in lichten Felsgebüschchen bzw. in Felsenbirnen- (*Amelanchier ovalis*) oder Felsenmispelsträuchern (*Cotoneaster integerrimus*) gedeiht. Mit den entsprechenden Standortsbedingungen und der möglichen Wurzelkonkurrenz der Gehölze scheint sie besser zurecht zu kommen als manche krautige bzw. grasige Konkurrenten. In Bayern beispielsweise soll die Pfingstnelke auch am Waldboden in lichten Kiefernwäldern zu beobachten sein (KLUXEN & PÜHL 1999, siehe auch z. B. OBERDORFER 1990, GARCKE 1972).

Im Oberen Donautal tritt die Art auch auf Felsbändern und -vorsprüngen unterhalb der Felskante oder an lichten Standorten am Wandfuß auf. Sie kommt dort selbst auf konsolidierten Schutthalden (pflanzensoziologischen Aufnahmen von Ruprechtsfarnfluren (*Gymnocarpietum robertiani*), SEBALD 1980) und weit hinter den Felsköpfen in Blaugrasrasen vor. Dies ist vermutlich zum einen auf die viel größeren Felsmassive, zum anderen auf die klimatisch günstigere Lage der Felsen im Oberen Donautal zurückzuführen. Doch haben offenbar auch die Gämsen des Oberen Donautals große Auswirkungen auf die Pfingstnelke (s. u.). Als Nelkengewächs enthält die Pfingstnelke das Glykosid Saponin, welches Schutz vor Wildverbiss bietet.



Abb. 4. Konkurrenzarmes, nicht felsgebundenes Vorkommen am Rande des Pionierwaldes im Halbschatten unter Hasel und Mehlbeere.



Abb. 5. Polster am Fuße einer Eiche, eine der Eichenwurzeln z. T. überwachend.

## 5 ZUR BIOLOGIE

Die Blütezeit der Pfingstnelke in Baden-Württemberg reicht gewöhnlich von Ende Mai bis Ende Juni (SEYBOLD, 1990). Der sehr sonnige, niederschlagarme Frühling 2007 ließ die Blüte an begünstigten Standorten bereits in der ersten

**Tabelle 2:** Bestäuber der Pfingstnelke

Faltername, Gruppe	Quelle	Phagie <sup>1</sup>	Aktivität
<i>Diachrysis chrysis</i> , Messingeule, <i>Noctuidae</i> ; Eulenfalter	BfN	polyphag	dämmerungs- bzw. nachtaktiv
<i>Cucullia umbratica</i> , Schattenmönch, <i>Noctuidae</i> ; Eulenfalter	BfN	polyphag Compositae	dämmerungsaktiv
<i>Hyloicus pinastri</i> , Kiefernswärmer, <i>Sphingidae</i> ; Spinnerartige	BfN	polyphag Nadelbäume	dämmerungs- bzw. nachtaktiv
<i>Deilephila porcellus</i> , Kleiner Weinschwärmer, <i>Sphingidae</i> ; Spinnerartige	BfN	polyphag <i>Galium</i> -Arten	dämmerungsaktiv
<i>Papilio machaon</i> , Schwalbenschwanz <i>Rhopalocera</i> , Tagfalter	ERHARDT (1990)	polyphag	tagaktiv
<i>Aglais urticae</i> , Kleiner Fuchs, <i>Rhopalocera</i> , Tagfalter	ERHARDT (1990)	monophag <i>Urtica</i>	tagaktiv
<i>Vanessa cardui</i> , Distelfalter, <i>Rhopalocera</i> , Tagfalter	ERHARDT (1990)	polyphag	tagaktiv
<i>Pieris rapae</i> , Kleiner Kohlweißling, <i>Rhopalocera</i> , Tagfalter	ERHARDT (1990)	polyphag	tagaktiv
<i>Macroglossum stellatarum</i> , Taubenschwänzchen, <i>Sphingidae</i> , Schwärmer	ERHARDT (1990)	polyphag <i>Galium</i> -Arten	tagaktiv
<i>Hemaris fuciformis</i> , Hummelschwärmer, <i>Sphingidae</i> , Schwärmer	ERHARDT (1990)	polyphag	tagaktiv
<i>Autographa gamma</i> , Gammaeule, <i>Noctuidae</i> , Eulenfalter	ERHARDT (1990)	polyphag	tag- und nachtaktiv
<i>Euchalcia variabilis</i> , Eisenhut-Höcker-eule, <i>Noctuidae</i> , Eulenfalter	ERHARDT (1990)	polyphag	nachtaktiv
<i>Hadena caesia</i> , <i>Noctuidae</i> , Eulenfalter <sup>2</sup>	ERHARDT (1990)	<i>Dianthus</i> -, <i>Silene</i> arten, <i>Saponaria</i>	nachtaktiv
<i>Hadena compta</i> , Weißbinden-Nelken-eule, <i>Noctuidae</i> , Eulenfalter	KEPHART et al. (2006)	<i>Dianthus</i> -, <i>Silene</i> arten	tag- und nachtaktiv

<sup>1</sup> EBERT et al. (1991–2005)

<sup>2</sup> Kommt in Baden-Württemberg nicht vor.

Maihälfte beginnen; am 14. Mai schon wurden einige abgeblühte Exemplare angetroffen. An einigen Polstern wurde in jenem Jahr zudem festgestellt, dass wenige Knospen erst zur Fruchtzeit des überwiegenden Teils der Blütenstängel erblühten.

Beobachtet wurden Polster, die in einem Jahr üppig blühten, im folgenden Jahr aber keine oder kaum Blüten zeigten, ohne dass sich an den Standortbedingungen Erkennbares geändert hätte. Blühsippen sind nicht bekannt (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, 2009, floraweb.de). Es gibt aber deutliche Hinweise, dass einzelne Polster, in der Regel aber alle oder zumindest die meisten Polster eines Felsen, nicht jedes Jahr zur vollen Blüte gelangen. Darin können sich die Vorkommen auch benachbarter Felsen voneinander unterscheiden.

Die Art gehört zu den typischen Falterblumen, die ihre Bestäuber nicht nur durch auffallende Kronblätter, sondern auch durch ihren Duft anlockt. Als Bestäuber werden Arten genannt, die alle nicht ausschließlich an die Pfingstnelke gebunden sind. Unter den Blütenbesuchern sind nicht nur Tagfalter, sondern vor allem auch tag- und nachtaktive Schwärmer und andere Nachtfalterarten zu finden (Tab. 2). *Dianthus gratianopolitanus* besitzt somit ein breites Spektrum möglicher Blütenbestäuber. Nach Einschätzung von ERHARDT (1990), der die Bestäubung an einer Pfingstnelkenpopulation im Schweizer Jura untersuchte, ist das Taubenschwänzchen der effektivste Bestäuber.

## 6 GEFÄHRDUNG

### 6.1 GEFÄHRDUNGSSITUATION

Zentraleuropäisch, europaweit und damit auch global ist die Art stark gefährdet. Sie ist überall in starkem Rückgang begriffen (WELK 2001). Die Pfingstnelke wird in allen Staaten und Ländern, in denen sie vorkommt, als gefährdet eingestuft. Die Bestandesentwicklung in der Schweiz beurteilt KÄSERMANN (1999) als mäßig bis leicht abnehmend, seit 1960 aber relativ stabil. Aktuell wurden dort nur 42 % der ursprünglich bekannten Vorkommen bestätigt.

Zumindest auf der Neckarseite der Alb bzw. im Bereich des Regierungsbezirks Stuttgart ist die Pfingstnelke stark gefährdet, zumal die bekannten Vorkommen teilweise weiter stark rückläufig sind. Die baden-württembergischen Vorkommen der Schwäbischen Alb und der angrenzenden Naturräume bilden zusammen mit den Vorkommen der Fränkischen Alb, dem Französischen und Schweizer Jura den Kern des Areals dieser zentraleuropäisch verbreiteten Art. Bezüglich der Flächenausdehnung und der Größe der einzelnen Populationen ist der Arealanteil in Baden-Württemberg von großer Bedeutung (BREUNIG & DEMUTH 1999). Die Gefährdung in Baden-Württemberg bedeutet daher auch gleichzeitig die Gefährdung eines wichtigen Teilbestandes (SEYBOLD 1990), woraus sich eine hohe Verantwortung Baden-Württembergs für den Erhalt der Art ergibt! Das Bundesamt für Naturschutz verweist im Übrigen auf die sehr große Verantwortung Deutschlands für den Erhalt der Art (Bundesamt für Naturschutz 2009).

Die Bestandsentwicklung in Deutschland ist auch außerhalb Baden-Württembergs stark rückläufig (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2006, siehe auch WELK, 2001). Nach der Verbreitungskarte im Atlas der Farn- und Blütenpflanzen (SEYBOLD 1990), der vom Staatlichen Museum für Naturkunde Stuttgart ins Internet eingestellten Verbreitungskarte (2006: www.flora.naturkundemuseum-bw.de) und eigenen Beobachtungen ist die Pfingstnelke in Baden-Württemberg im Bereich von mindestens acht Messtischblatt-Quadranten erloschen (Quadranten und angegebenes Nachweisjahr: 7228/3: 1979, 7521/2 und 7521/4: 1929; 7620/3: 1929; 7720/3: 1929; 8121/1: 1901; 8220/1: 1901; 8219/3: 1862). Die Vorkommen im Bereich eines weiteren Quadranten wurden nach 1969 nicht mehr bestätigt. Fünf der Vorkommen befinden sich auf der Neckarseite der Schwäbischen Alb und der Ostalb, wo die Nelke schon immer seltener war als auf der Donauseite der südwestlichen und mittleren Alb (SEYBOLD 1990). Inzwischen ist die Pfingstnelke nach eigenen Beobachtungen im Regierungsbezirk Stuttgart im Bereich von zwei weiteren Quadranten verschollen. Die Auswertung der Netzblattkarten des Staatl. Museums für Naturkunde lässt zudem auf das Erlöschen einiger konkreter Wuchsplätze im Bereich von Quadranten schließen, in denen die Art heute noch vorkommt. Diese Annahme wird durch Beobachtungen von Gebietskennern untermauert (SAUM & SAUM, 2006, mündl.).

Nach MARTENS & KEMMLER (1882) kam die Pfingstnelke an „vielen Felsen und Burgen der Alb von Friedingen bis Heidenheim“ vor. Dies lässt vermuten, dass seit dem 19. Jahrhundert weitaus mehr als die dokumentierten Vorkommen erloschen sind.

Folgende Gefährdungskategorien werden von verschiedenen Autoren angegeben:

**Tabelle 3:** Geografisch/politisch differenzierter Gefährdungsstatus

Gebiet	Gefährdungskategorie	
Baden-Württ. (HARMS et al. 1983)	3	gefährdet
Baden-Württ. (BREUNIG & DEMUTH 1999)	3 !	gefährdet besondere Verantwortung Baden-Württembergs für den Schutz der Sippe
Schwäbische Alb (BREUNIG & DEMUTH 1999)	3	gefährdet
Schwarzwald (BREUNIG & DEMUTH 1999)	R	extrem selten
Alpenvorland (BREUNIG & DEMUTH 1999)	R	extrem selten
Mittlere Kuppenalb, Mittlere Donaualb und Zollern-Heuberg-Alb (STÄRR et al. 1995)	2	stark gefährdet
Deutschland (Rote Liste 1996)	3	gefährdet
Schweiz (Rote Liste 2002)	3	gefährdet („verletzlich“)
Europa	3	gefährdet

Im Rahmen des hier vorgestellten Projekts wurden im Jahr 2002 im Bereich einiger leicht zugänglicher Vorkommen Dauerbeobachtungsflächen von jeweils 1 m<sup>2</sup> eingerichtet. Der Vergleich von Vegetationsaufnahmen im Jahr 2006 mit jenen aus dem Jahr 2002 zeigt für die meisten Flächen schon nach dieser kurzen Zeit einen signifikanten Rückgang.

## 6.2 GEFÄHRDUNGSURSACHEN

Das BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2009) sieht eine Gefährdung der Art lediglich in der Beschädigung durch Freizeitaktivitäten, Abbau und Abgrabungen (seit 1988 anhaltend). Vor 1988 hätten zudem private Sammler, Wissenschaft und Lehre zur Gefährdung beigetragen. Diese Angaben greifen sicherlich bedeutend zu kurz.

### 6.2.1 ENTNAHME VON PFLANZEN

Während das Pflücken und Ausgraben früher als die Hauptgefährdungsursache der leicht kultivierbaren Pfingstnelke galt (LÖHR 1953, REICHELSTELE FÜR NATURSCHUTZ 1937, SEYBOLD 1990; mündl. Berichte von Personen, die früher selbst Pfingstnelken ausgruben bzw. ausrissen), dürfte beides heute eine untergeordnete Rolle spielen. Nach STÄRR et al. (1995) werden heute allerdings an zugänglichen Stellen zumindest im einen oder anderen Gebiet noch immer häufig die Fruchtkapseln abgezapft.

### 6.2.2 WILD, NAGER, VÖGEL (VERBISS, TRITT, EUTROPHIERUNG, RUPFPLÄTZE) UND INSEKTEN

Aufgrund ihrer engen Bindung an Felsstandorte wird die Pfingstnelke in Gebieten mit Gamsvorkommen im Bereich der Felsköpfe stark beeinträchtigt. Dort halten sich Gämsen gerne auf, was nicht nur Trittschäden nach sich zieht. Eine erhebliche Belastung, d. h. Eutrophierung und z. T. sogar Abdeckung der Standorte durch Kot sind die Folge.

Im Regierungsbezirk Stuttgart allerdings sind nur sporadische Gamsvorkommen bekannt geworden. Von Wild verursachte Verbisschäden an der Pfingstnelke wurden während der Vegetationsperiode an keinem der untersuchten Pfingstnelkenvorkommen festgestellt; Trittschäden sind mit ziemlicher Sicherheit fast ausschließlich anthropogen, auch wenn vermutlich die meisten Wuchsorte, wie aus Losungen geschlossen werden kann, von Rehen erreicht werden.

Winterlicher Mäusefraß kann *Dianthus gratianopolitanus* stark beeinträchtigen und möglicherweise sogar Polster zum Absterben bringen. Dieses Phänomen wurde erstmals von SAUM (2006, mündl. Mitt.) beschrieben. SAUM fand abgefressene Triebspitzen. Als er versuchsweise einige wenige, stark befressene Polster im Zeitraum November bis März mit einem engen Gitternetz überzog, um weiteren Mäusefraß auszuschließen, haben sich die Polster regeneriert.

Besonders stark war der Mäusefraß im milden Winter bzw. nach dem milden



Abb. 6. Befressenes Pfingstnelkenpolster, fotografiert am 11.01.2005 (Foto: SAUM).



Abb. 7. Dasselbe Polster am 14.06.2005. Zur Blüte kam es nicht (Foto: SAUM).



Abb. 8. Links eine von einer Maus befallene Knospe, rechts das von einer Nelken-Eule (Gattung *Hadena*) verursachte typische kreisrunde Loch, durch das ein Samen sichtbar ist.

Winter 2006/2007, den sehr viele Mäuse überlebten. In einigen Vorkommensbereichen war kaum ein Polster zu finden, an dem nicht zumindest einige Knospen abgefressen waren. An manchen Polstern fehlten nahezu alle oder alle Knospen. Vermutet wird, dass die Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus*) für die Schäden verantwortlich ist.

2005 wurde an zwei Stellen beobachtet, dass Pfingstnelken-Bestände im Bereich von Wanderfalken-Rupfplätzen beeinträchtigt waren. Dies gilt vor allem für mit Federn abgedeckte Stellen. Nicht auszuschließen ist, dass an der einen oder anderen Stelle das Entfernen von Gehölzen einen Felsen als Rupfplatz erst attraktiv macht und es so zur lokalen Schädigung kommt. An einem Felsen wurden Vegetationsschäden im vorderen Felskopfbereich von futtersuchenden Kolkkraben verursacht. Der offene Boden dürfte jedoch ein ideales Keimbett für die eine oder andere Pflanzenart bieten, vielleicht auch für die Pfingstnelke.

Immer wieder sind Fruchtkapseln zu finden, die kleine kreisrunde Löcher aufweisen, die auf samenfressenden Raupen von Eulenfallern (*Hadena* sp.; *Noctuidae*) zurückgehen.

Die hier geschilderten zoogenen Beeinträchtigungen wirkten – soweit dies beurteilt werden kann – sämtlich schon lange bevor der drastische Rückgang einsetzte und sind nach gegenwärtiger Kenntnis als Verursacher des Rückgangs auszuschließen.

### 6.2.3 SCHÄDIGUNG DURCH WANDERER, AUSFLÜGLER – TRITTBELASTUNG

Die Pfingstnelke gehört zu den äußerst trittempfindlichen Arten der Felsvegetation. Nach HERTER (1996) kann die Pflanzengesellschaft bereits durch wenige oder nur einzelne Begehungen erheblich in ihrem Aufbau gestört werden. Die Polster der Pfingstnelke reißen bei den durch Tritt auftretenden Scherkräfte rasch ab. Auf exponierten und steilen Flächen kann eine gravierende Bodenerosion einsetzen.

Unter den untersuchten Pfingstnelkenvorkommen befinden sich einige im Bereich von Felsköpfen, die mehr oder minder häufig von Wanderern oder Ausflüglern als Aussichtspunkte aufgesucht werden. In den meisten Fällen befinden sich intakte Polster dann nur in nicht oder selten betretenen Randbereichen; auf häufiger belasteten Partien sind die Bestände dann nur noch fragmentarisch ausgebildet, die Polster oft in Einzelrosetten aufgelöst. Möglicherweise ist eine unbekannte Zahl der Pfingstnelkenbestände allein durch Trittbelastung an stark frequentierten Felsköpfen erloschen. Ein entsprechender Nachweis ist mangels Vergleich jedoch nicht möglich. Auch in den Jahren 2006 bis 2008 wurden noch Polster und Polsterbereiche gefunden, die aktuell in Folge von Trittbelastung abgestorben waren.

Problematisch sind in neuerer Zeit vermehrt auch Picknick- bzw. Lagerfeuer auf den Felsköpfen einzuschätzen.

### 6.2.4 KLETTERSPORT

Tritttempfindlichkeit (s. o.)

Von den Felsmassiven, an denen Pfingstnelkenvorkommen erfasst wurden, ist rund ein Drittel für das Klettern freigegeben, ein weiteres Drittel wurde früher beklettert, ein Drittel war vermutlich nie als Kletterfels genutzt. Viele Pfingstnelkenbestände befinden sich abseits bekletterter Felspartien. Da (zumindest heute) fast alle Vorkommen ausschließlich im Bereich der Felsköpfe liegen, ist mit einer Trittbelastung durch Kletterer hauptsächlich an den Routenausstiegen zu rechnen. Die Kletterrouten der betroffenen Gebiete werden seit etlichen Jahren jedoch im Wesentlichen unterhalb des Felskopfes umgelenkt; die Belastung der Felskopfvegetation wurde dadurch maßgeblich reduziert. Dies dürfte auch auf die beim Klettern zusätzlich auftretende „Seilerosion“ zutreffen. Allerdings wurde beobachtet, dass ausnahmsweise trotz Umlenkhamern auf den Felskopf ausgestiegen oder dieser als Aussichtspunkt aufgesucht wird. Am Reiterfels bzw. Mädlesfels bei Schopfloch wurde 2006 bis 2008 ganz offensichtlich trotz des Kletterverbots geklettert, wie aus Trittschäden an Felsabsätzen geschlossen werden muss. Der Schulterfels im Eybtal scheint trotz Kletterverbots sogar recht häufig beklettert zu werden. An der Schwarzen Wand bei Schopfloch

ging durch den verbotenen Ausstieg auf den Felskopf mindestens ein Polster verloren (2007). Insgesamt ist aber die Beeinträchtigung aktueller Pfingstnelkenbestände durch den Klettersport, sofern die geltenden Kletterregelungen eingehalten werden, als relativ gering einzustufen.

### 6.2.5 KLIMAVERÄNDERUNG

Die zunehmende Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre lässt die Erdoberflächentemperatur global ansteigen.

Nach KLOSE (2000) werden veränderte Temperatur- und vor allem Niederschlagsverhältnisse dazu führen, dass Arten, Artgemeinschaften und ganze Ökosysteme, ihrem klimatischen Optimum folgend, eine progressive Veränderung der Verbreitungsgebiete erfahren: Dabei sind erhebliche Verluste an biologischer, vor allem auch endemischer Vielfalt zu erwarten. Der größten Gefährdung ausgesetzt sind dabei Arten, die räumlich isoliert sind und die nur eine geringe Fähigkeit besitzen, neu Lebensräume zu erschließen – also auch *Dianthus gratianopolitanus*.

Zusätzlich hat eine Klimaerwärmung eine verstärkte Stickstoffmineralisation zur Folge. Nach KOLB (2000) ist schon bei einer geringen Erwärmung von 1° C bis 2° C anzunehmen, dass Stickstoffmineralisation und die Nitrifikation in relevantem Ausmaß beschleunigt werden. Auf nährstoffarmen Standorten wird der zusätzlich freigesetzte Stickstoff zumindest teilweise von der Vegetation aufgenommen, was ein Verschieben der Konkurrenzverhältnisse nach sich ziehen kann.

### 6.3 IMMISSIONEN, LUFTSCHADSTOFFE

Nach SEYBOLD (1990) gehen auch Bestände an geschützten und gut bewachten Standorten zurück. Er äußert daher die Vermutung, dass die Luftverschmutzung hier eine wichtige Rolle spielen könnte.

#### 6.3.1 STICKSTOFFIMMISSIONEN<sup>3</sup>

Negative Auswirkungen auf die Pfingstnelkenbestände scheint auch durch den Eintrag von Stickstoff wahrscheinlich. Es steht zu vermuten, dass der heute noch erhebliche Eintrag von Luftstickstoff eine Eutrophierung und folglich eine Verschiebung im Artengefüge der Felsvegetation bedingt. Die überwiegend sehr konkurrenzschwachen und an Nährstoffarmut angepassten Felspflanzen würden dabei durch wuchskräftigere und bezüglich der Stickstoffverfügbarkeit anspruchsvollere Arten (z. B. Arten der Säume) verdrängt. Auch eine Förderung von

<sup>3</sup> Das UMWELTBUNDESAMT (2006) gibt für das Jahr 2000 eine durchschnittliche Deposition von Stickoxiden mit  $9 \text{ kg/ha/a} \cdot \text{N}_{\text{Ox}}$  an. Stickoxide hemmen die Photosynthese. Sie können z.B. die Pufferkapazität der Vakuole herabsetzen. Die kritischen Werte für die N-Zufuhr sind dabei stark von der Art des Ökosystems abhängig und liegen bei  $3\text{--}40 \text{ kg N/ha} \cdot \text{a}$  (als Stickoxid) (KULL 2001). Stickstoff wird außerdem in reduzierter Form eingetragen. Das Umweltbundesamt gibt die mittlere Depositionsrate mit  $10,4 \text{ kg/ha/a} \cdot \text{N}_{\text{red}}$  an.

*Sesleria albicans* ist nicht nur denkbar, sondern wahrscheinlich (Stickstoffzahlen nach ELLENBERG: *Sesleria albicans* 3, *Dianthus gratianopolitanus* 1).

KULL spricht von einer Schädigung aller Trockenrasen, in denen durch die N-Zufuhr die Konkurrenzsysteme grundlegend verändert werden und von einem Verlust an Biodiversität. Verbunden mit stärkerem Wachstum durch eine hohe N-Zufuhr sei eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Krankheitserregern. Vielfach seien die Pflanzen für Pflanzenfresser besser genießbar, es sinke die Widerstandsfähigkeit gegenüber anderen Stressfaktoren („Verweichlichung der Pflanzen“) (1991 und 2001).

Die Eintragsmenge wird von der Exposition der Hänge und vom Lokalklima beeinflusst. Nahe gelegene Gehölzbestände kämten zusätzlich Nährstoffe aus der Atmosphäre und leiten sie in den Boden ab.

### 6.3.2 SUKZESSION, ZUNEHMENDE GEHÖLZBESCHATTUNG

Eine Zunahme beschattender Gehölze auf Felsstandorten und zunehmender Kronenschluss von Waldbeständen in der Umgebung von Felsen sind heute nahezu überall zu beobachten. Dies ist auf erhöhte Nährstoffeinträge, insbesondere von Stickstoffverbindungen aus der Luft (s.o.), vermutlich auch bereits durch eine verstärkte Stickstoffmineralisation infolge der Klimaveränderung, aber auch auf die im Vergleich zu früher veränderte Bewirtschaftung zurück zu führen. In den letzten 15 bis 20 Jahren hat sich das Vordringen von Gehölzen in Felsbereiche offensichtlich deutlich beschleunigt. Gehölze dringen nicht selten sogar in Bereiche vor, die für ursprünglich waldfrei gehalten wurden. Durch intensive Holznutzung, auch an extremen Steilhängen und im direkten Umfeld der Felsen sowie Ziegenbeweidung, waren viele der heute bewaldeten Standorte noch vor Jahrzehnten waldfrei oder höchstens mit lichten schlechtwüchsigen Beständen bestockt. Lichte Eichenbestände sind zunehmend nur noch auf primären Extremstandorten zu finden, während Sekundärstandorte mehr und mehr von der stärker schattenden Buche bestimmt werden, die sich zudem gegenüber der Eiche durch früheren Laubaustrieb und damit früher einsetzende Beschattung auszeichnet. Beweidung und intensive Holznutzung hatten erheblichen Nährstoffentzug zur Folge, nicht zuletzt auch durch die damit verbundene Erosion.

Folgende Auswirkungen treten durch die Gehölzzunahme an Felsstandorten auf:

- geringerer Lichteinfall, geringere Wärmeexposition,
- ausgeglicheneres Mikroklima, i.d.R. ausgeglichener Bodenfeuchte/Wasserhaushalt,
- Nährstoffeintrag durch Laubansammlung, Förderung der Humusbildung,
- geringere Windexposition (verblasener Schnee, Humusausblasung etc.).

Die Zunahme von Gehölzen und dicht schließenden Wäldern wird auch für das Untersuchungsgebiet von verschiedenen Autoren beschrieben und lässt sich häufig durch historische Fotos belegen (vergl. z. B. BURGER SUTTER & PAULI 1999).



**Abb. 9.** Ausschnitt aus einem Pfingstnelkenvorkommen, das mit *Saxifraga paniculata* vergesellschaftet war. Das Foto wurde an der Filstalnadel (Hausener Wand) aufgenommen (Foto: SAUM, Juni 1994).

Im Oberen Lenninger Tal ließ sich aus der Standortkartierung von 1951 ableiten, dass die sog. „Eichen-Steppenheidewälder“ vor 55 Jahren auf Staatswaldflächen im heutigen NSG-Bereich viel größere Flächen einnahmen als heute. Die in den „Eichen-Steppenheidewäldern“ integrierten Felsen waren weniger beschattet (DÖLER 2000, GENSER & DEPNER 1990). Auch das NSG „Hausener Wand“ wurde früher sicher weitaus stärker genutzt. Wegen der weit verbreiteten Ziegenhaltung wurde das obere Filstal „Geißentäle“ genannt (HANLE 1989, zitiert in HOFBAUER & GRUNICKE 2000). Eine Abbildung in GRADMANN (1950) aus dem Jungfraugebiet stützt die Annahme, dass dieses Felsgebiet ursprünglich deutlich gehölzärmer als heute war. HOFBAUER & GRUNICKE (2000) stellten im Jungfraugebiet selbst bei einem Vergleich mit Bildern von 1984 wesentlich dichtere Gehölzbestände fest.

Unzweifelhaft dürfte sein, dass *Dianthus gratianopolitanus* durch die Beweidung mit Ziegen geschädigt wird. Sehr wahrscheinlich aber wurden diese negativen Auswirkungen dadurch kompensiert, dass an anderen Stellen durch die Offenhaltung der Landschaft erst die Voraussetzungen für das Aufkommen und Überleben der Pfingstnelke geschaffen wurden.

Eine Zunahme der Beschattung ist auf das Aufkommen von Gehölzen am Felskopf, auf Felsabsätzen und -bändern, aber auch auf das Vordringen des Waldbestandes der angrenzenden Hochflächen bis an die Felskante zurück zu führen.



**Abb. 10.** Die Filstalnadel zwölf Jahre später. Bereits 1994 wurde hier ein kleines Vorkommen von *Rosa pimpinellifolia* festgestellt. Nun hat sich, vor allem durch fixierten Laubeintrag, eine Humus- und Moosschicht gebildet, welche *D. gratianopolitanus* massiv bedrängt. *Saxifraga paniculata* ist vom Felskopfbereich total verdrängt, *Sedum album* kommt noch randlich vor (Foto: SAUM, Oktober 2006).

Häufig schieben Einzelgehölze auslandende Äste weit über die Felskante vor. Zusätzlich sind vor allem Felsen von geringer Höhe von einer Beschattung durch hochwüchsige Waldbestände am Wandfuß betroffen.

Nach eigenen Beobachtungen treten an den untersuchten Felsstandorten sehr häufig junge Eschen in verstärktem Maße auf. Stark verdrängend auf die Pfingstnelke wirkt unter anderem Liguster, der mit seinen Polykormonen innerhalb kurzer Zeit sehr dichte Gebüsche bilden kann. Auch die Bibernelle-Rose (*Rosa pimpinellifolia*) ist, zumindest an der Hausener Wand, eine starke Konkurrenz.

In einigen Fällen wurde ein Überwachsen durch Efeu festgestellt, welches sicher durch beschattende Gehölze gefördert wird. Im NSG „Hausener Wand“ liegen Hinweise auf inzwischen erloschene Pfingstnelkenwuchsorte vor, die heute mit relativ dichten Wald- oder Gebüschbeständen bestockt sind.

Die Pfingstnelke bevorzugt in Südexposition leichten Halbschatten und meidet in aller Regel ausgesprochen xerotherme Standorte (s. o.). Geradezu typisch sind Vorkommen am Fuße lichter Eichen oder lichter Felssträucher (*Cotoneaster integerrima*, *Amelanchier ovalis*). Auf zu starke Beschattung durch Gehölze reagiert



**Abb. 11.** Typisches und durchaus vitales Vorkommen am Fuße einer Felsenbirne auf dem Spitzfels (14.09.2006).

die Pfingstnelke jedoch mit Vitalitätsminderung. Die Bestände bleiben häufig steril, die Rosetten zeigen eine deutliche Schattenadaptation: Triebe mit stark verlängerten Internodien und auffallend weichen langen Blättern. Dies wurde insbesondere im NSG „Hausener Wand“ festgestellt, wo sich mehrere mehr oder minder stark kümmernde Bestände an stark beschatteten Standorten halten konnten, die sicherlich sekundär waldfrei waren (vergl. oben).

Nach LARCHER (1984) entwickeln Arten und Ökotypen, die evolutiv an voll besonnte Standorte angepasst sind, das für Starklichtpflanzen typische Photosynthesevermögen und Photosyntheseverhalten nur bei hohem Lichtgenuss. Modifikativ passen sich die Pflanzen an die durchschnittlichen Strahlungsbedingungen während des Heranwachsens an und behalten dann ihre Ausprägungsform bei. Schattenadaptierte Pflanzen entwickeln eine große Oberflächenausdehnung der Blätter und hohe Chlorophyllkonzentration in den Chloroplasten. Als Folge der strukturellen Anpassung sind schwachlichtadaptierte Pflanzen dagegen durch sparsamen Assimilathaushalt, effiziente Eiweißsynthese, geringen Wasserumsatz und geringere Fertilität gekennzeichnet.

### 6.3.3 KONKURRENZ DURCH KRAUTIGE ARTEN

Eine Förderung konkurrenzkräftiger krautiger Arten wird direkt durch zunehmenden Nährstoffeintrag (s. o.) und daneben fehlenden Nährstoffentzug be-

wirkt. Eine entscheidende Rolle spielt jedoch auch die Zunahme von Gehölzen, die ein ausgeglicheneres Mikroklima und ebenfalls einen Nährstoffeintrag durch den Laubfall nach sich zieht. Allerdings muss davon ausgegangen werden, dass es sich um einen natürlichen Sukzessionsvorgang handelt, bei dem zunächst durch anspruchslose Arten allmählich eine Humusanreicherung erfolgt. Erinnert sei in diesem Zusammenhang, dass in ursprünglich beweideten Gebieten die Erosion der Humusanreicherung entgegenwirkte.

Die über einen längeren Zeitraum der Beschattung und Laubeintrag begünstigte Humusanreicherung kann nach der Entfernung von Gehölzen vor allem den Konkurrenten der Pfingstnelke, insbesondere Gräsern und Stauden, günstige Start- und Entwicklungsbedingungen bieten, selbst an solchen Wuchsplätzen, wo vor dem Gehölzaufkommen *Dianthus gratianopolitanus* sehr vital war.

Beschattende Gehölze sind daher frühzeitig zu entfernen.

Bei einigen der untersuchten Pfingstnelkenvorkommen ist unter den begleitenden Arten ein sehr hoher Anteil thermophiler Saumarten festzustellen. Auffallend ist vor allem auch die große Vitalität von *Vincetoxicum hirundinaria* in einigen Beständen.

Außerdem gibt es bei vielen Pfingstnelkenbeständen Hinweise auf eine möglicherweise sogar erhebliche Konkurrenz durch *Sesleria albicans*, seltener auch durch *Carex humilis*. Das Blaugras tritt außer an Felsstandorten auch in lichten Wäldern auf und besitzt im Vergleich zur Pfingstnelke eine weitere ökologische Amplitude. Ein Vergleich der Zeigerwerte nach ELLENBERG macht deutlich, dass Blaugras höhere Ansprüche an die Nährstoff- und Wasserversorgung, aber geringere Ansprüche an Wärme- und Lichtgenuss stellt, wobei einschränkend festzustellen bleibt, dass die ELLENBERG'SCHE Lichtzahl von *Dianthus gratianopolitanus*, den Beobachtungen im Untersuchungsgebiet zufolge, zu hoch angesetzt scheint. Die Ansprüche der Erdsegge ähneln jenen der Pfingstnelke, bei insbesondere höheren Ansprüchen an den Nährstoffgehalt (Tab. 4).

*Sesleria albicans* gehört zu den typischen Begleitarten der Pfingstnelkenflur und tritt insbesondere in Nord- bis Nordwestexposition stärker in Erscheinung. Bei bzw. in einigen Beständen treten jedoch dichte Blaugraspolster auf. Häufig bildet *Dianthus gratianopolitanus* hier nur sehr lockere Polster aus, die manchmal auch weitgehend in Einzelrosetten aufgelöst sind. Die Humusaufgabe unter

**Tabelle 4:** Zeigerwerte der Erdsegge, des Blaugrases und der Pfingstnelke (nach ELLENBERG et al. 1992)

	Licht- zahl	Temperatur- zahl	Feuchte- zahl	Reaktions- zahl	Stickstoff- zahl
<i>Carex humilis</i>	7	6	2	8	3
<i>Sesleria albicans</i>	7	3	4	9	3
<i>Dianthus gratianopolitanus</i>	9	7	2	7	1



**Abb. 12.** Freigelegter, 14 cm langer Trieb der Pinguicula (Pfeil), der unter einem Blaugrashorst hindurch wuchs. Bei weiterer Ausdehnung des Horstes wird die Rosette am Ende des Triebes überwachsen werden. Ähnliches wurde auch bei der Erdsegge beobachtet, wenn auch weniger ausgeprägt.

solchen Beständen ist meist deutlich höher als unter geschlossenen Pinguicula-polstern. Zwischen den Blaugrashorsten – das Blaugras gilt als Schuttstauer – fängt sich nicht selten besonders viel Laub, das die dort wachsenden Pinguicula überdecken kann und das zu vermehrter Humusbildung beiträgt.

Die tatsächliche Entwicklung der Konkurrenzverhältnisse zwischen Blaugras und Pinguicula ist mangels eines Vergleiches zu früheren Jahren lediglich in Ansätzen nachvollziehbar. Es ist jedoch davon auszugehen, dass *Sesleria albicans* durch Beschattung, Humusanreicherung bzw. Nährstoffanreicherung deutlich begünstigt wird und die Pinguicula zurückdrängt bzw. eine Vitalitätsminderung bewirkt. Diese Annahme wird durch Untersuchungen von Dauerbeobachtungsflächen unterstützt (s. o.). Die derben, abgestorbenen Pflanzenteile der Vorjahre bilden zudem nicht selten ein schwer verrottbares, bis über einen Dezimeter hoch dem Substrat aufliegendes lockeres Polster, das verhindert, dass Pinguiculaentriebe hier wurzeln können (Faserschopf). Ähnliches, wenn auch weniger ausgeprägt, war im Untersuchungsgebiet im Jahr 2006 an der Erdsegge zu beobachten. Möglicherweise war die Zersetzung der Streu unter anderem durch den relativ langen Winter und die lange Trockenheit im Jahr 2006 ge-

hemmt. Nicht auszuschließen ist überdies, dass die Inhaltsstoffe einiger Grasarten die Pfingstnelke in ihrer Konkurrenzkraft schwächen (Allelopathie). Versuchsweise wurde 2006 damit begonnen, an einigen wenigen Stellen *Sesleria albicans* bzw. *Carex humilis* vorsichtig mechanisch zurückzudrängen, um die weitere Entwicklung der Pfingstnelke unter solchen Bedingungen beobachten zu können.

Eine die Pfingstnelke schädigende Wurzelkonkurrenz durch krautige Arten oder Gehölze ist nicht anzunehmen, zumal die Pfingstnelke mehr Trockenheit als ihre wesentlichen Konkurrenten erträgt und sie, worauf die bodenwüchsigen Vorkommen im extremen Trockenwald hindeuten, dann zu profitieren scheint, wenn ihre krautigen Konkurrenten sehr stark der Wurzelkonkurrenz von Gehölzen ausgesetzt sind.

#### 6.3.4 KONKURRENZ DURCH MOOSE

Besonders an schattigen Stellen können hoch- und dichtwüchsige Polster von Moosen eine starke Konkurrenz darstellen, wie beispielsweise *Rhytidiadelphus triquetrus*, das bis über 15 cm hohe Polster bildet.

### 7 AUSBREITUNGSPOTENTIAL DER PFINGSTNELKE

#### 7.1 POLLENÜBERTRAGUNG

Bei einigen Pfingstnelkenbeständen im Untersuchungsgebiet wurde ein hoher Anteil steriler Kapseln beobachtet. Reduzierter Samenansatz kann z.B. auf ungünstige Witterung zur Hauptblütezeit oder auf mangelnde Bestäubung von kleinen isolierten Populationen zurückgeführt werden. Allerdings sind die Bestäuber nicht spezifisch, so dass bei ausreichendem Blütenangebot benachbarter Pflanzen auch kleine Populationen von Bestäuberinsekten aufgesucht werden. Ein eingeschränkter Reproduktionserfolg jedenfalls ist nicht auf einen Mangel an geeigneten Bestäubern zurückzuführen.

Ob die Art selbstinkompatibel bzw. selbststeril (bei vegetativer, klonaler Verbreitung) und damit auf Fremdbestäubung angewiesen bleibt, ist nicht bekannt. Das von ERHARDT (1990) als wichtigster Bestäuber beobachtete Taubenschwänzchen legt als Wanderfalter große Strecken zurück. Somit ist zumindest innerhalb der einzelnen Vorkommensgebiete ein gewisser Pollenaustausch zwischen einzelnen Felsköpfen wahrscheinlich.

Reduzierter Samenansatz ist zudem, wenn auch in geringem Maße, auf die oben bereits erwähnten samenfressenden Raupen von Eulenaltern zurückzuführen.

Für einige Pflanzenarten wird bei kleinen Populationen eine Verminderung der Fitness (Samenansatz, Samenmasse, Keimrate, Wuchszahl, Haupttriebanzahl und Zuwachrate) beschrieben, so beispielsweise bei *Gentiana pneumonanthe* (OOSTERMEIJER 1996; zitiert in DANNEMANN 2000). Für *Biscutella laevigata*, deren Populationen trotz langer Isolation eine hohe genetische Variation zeigen, wurde dies von DANNEMANN (2000) jedoch nicht bestätigt. Über die Situation bei der

Pfingstnelke kann mangels fehlender Untersuchungen bisher nur spekuliert werden.

## 7.2 GENERATIVE VERMEHRUNG, AUSBREITUNG<sup>4</sup> UND SAMENMORPHOLOGIE

Nach MÜLLER-SCHNEIDER (1986) sind die Samen der *Dianthus*-Arten schildförmig bis oval und besitzen ein spezifisches Gewicht größer 1. Die Kapseln der Nelken sind xerochas, d. h. sie öffnen sich bei Trockenheit und die Samen werden durch Windstöße ausgestreut („Kapselstreuer“). Alle Arten gehören zu den so genannten Streufliegern.

Die Pfingstnelke bildet relativ große, ovale, abgeflachte Samen, die nach Messungen von SAUM (2006, mündl.) eine Länge von ca. 2,5 mm und eine Breite von ca. 2 mm erreichen. MÜLLER-SCHNEIDER (1986) gibt für die Samen von *Dianthus carthusianorum* eine Länge von 1,5 bis 2,5 mm und ein Gewicht von 0,5 mg, für die Samen von *Dianthus deltoides* eine Länge von 1 bis 1,5 mm an (für *Dianthus gratianopolitanus* werden keine Werte genannt).

In diversen Untersuchungen zur Ausbreitungsbiologie von Pflanzenarten wurden zwar Angaben zu Nelkenarten (vor allem *Dianthus carthusianorum*) gefunden, nie jedoch zu *Dianthus gratianopolitanus*. Mittels oben genannter Angaben zur Samenmorphologie sind jedoch Rückschlüsse auf die betreffende Art möglich.

Um die Ausbreitungsfähigkeit einer Pflanzenart zu beurteilen, reicht es nicht aus, nur einen Ausbreitungsfaktor zu berücksichtigen, da Pflanzen i.d.R. durch mehrere Vektoren verbreitet werden. Ausbreitungstypen mit hohem Potenzial für Fernausbreitung sind Anemochorie, Epi- und Endozoochorie sowie Hemerochorie, d. h. Ausbreitung durch menschliche Tätigkeit (TACKENBERG 2001).

*Dianthus gratianopolitanus* zeigt keine ausgeprägten Anpassungen an einen bestimmten Ausbreitungstyp. Als Streuflieger gehört sie mit den übrigen Nelkenarten im weiteren Sinne zu den Anemochoren. Außer den schmalen Flügeln besitzt sie jedoch keine ausgeprägte Spezifikation. Nicht untersucht wurde bisher, ob die Samen bei Nässe bestimmten Oberflächen anhaften können, was zur Verbreitung durch Tiere beitragen könnte.

TACKENBERG (2001) gibt für die Samen von *Dianthus carthusianorum* und *D. deltoides* eine mittlere Fallgeschwindigkeit von 1,6 bzw. 1,7 bis 2,1 m/s an, was ge-

<sup>4</sup> Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen [Hrsg.] (1994): LANDSCHAFTSPFLEGEKONZEPT BAYERN. BAND II.1, LEBENSRAUMTYP KALKMAGERRASEN (I. TEILBAND): „... oder *Dianthus gratianopolitanus* zeigen nur ein gering entwickeltes Ausbreitungsvermögen. Sie besiedeln keine Pionierstandorte und haben sich über ihre natürlichen, +/- besonnten, offenbar seit jeher besiedelten Felsstandorte hinaus kaum neue Wuchsorte erschließen können. Die Pfingstnelkenflur (*Dianthus gratianopolitanus*-Festucetum pallentis) markiert mit ihrer Beschränkung auf natürliche Felsstandorte das eine Extrem und lässt sich als streng ahemerob charakterisieren ...“ (S. 89)

messen am vorhandenen Spektrum eine mittlere bis hohe Fallgeschwindigkeit bedeutet. Folglich werden bei der Ausbreitung durch Wind, von Starkwindereignissen abgesehen, vermutlich keine großen Distanzen überwunden. Für *Dianthus gratianopolitanus* dürften ähnliche Werte gelten. Das Fernausbreitungspotenzial ist somit stark eingeschränkt.

Flächen mit geeigneten Standorten für die Pfingstnelke sind heute im Untersuchungsgebiet, wie auf der übrigen Schwäbischen Alb, oft weit voneinander entfernt. Eine Chance für eine Neu- bzw. Wiederbesiedlung eines Gebiets mit geeigneten Standortsbedingungen ist nahezu ausgeschlossen. Zusätzlich schränkt der umgebende Wald die Ausbreitung von Samen ein (vergl. z.B. TACKENBERG 2001).

Die Ausbreitung über kurze Distanzen wird in erster Linie von der Anzahl produzierter Diasporen bestimmt (BONN & POSCHLOD 1998b). Auch diese ist bei der Pfingstnelke eher gering. Zudem befinden sich die Pfingstnelkenpolster im Untersuchungsgebiet häufig mehr oder minder unmittelbar an Felskanten. Die ausgestreuten Samen fallen zum Wandfuß oder gegebenenfalls auf tiefer liegende Felsabsätze oder -simse. Geeignete Keimbedingungen, vor allem aber die Bedingungen zur Keimlingsetablierung dürften hier meist fehlen, da die Beschattung durch den umgebenden Hochwald zu stark ist.



Abb. 13. Keimlinge auf einem Fels an der Schlatterhöhe bei Schopfloch. Sie haben sich auf einer kleinen, von Blaugras befreiten Fläche angesiedelt (24.04.09). Die Keimblätter sind noch zu sehen.

Arten mit geringem Fernausbreitungspotenzial zeigten gegenüber Arten mit hohem Fernausbreitungspotenzial in Deutschland in den letzten Jahrzehnten überdurchschnittlich häufig eine rückläufige Bestandsentwicklung (TACKENBERG 2001).

AMLER et al. (1999) geben für *Dianthus carthusianorum* eine vorübergehende Samenbank von weniger als zwei Jahren an. Als Analogieschluss kann für *Dianthus gratiopolitanus* gefolgert werden, dass die Bildung einer dauerhaften Samenbank nicht möglich ist. Bei einer anderen Untersuchung wurden in Dungproben trotz eines großen Samenangebots der Karthäuser-Nelke keine Samen gefunden (BONN 2004). Daraus kann gefolgert werden, dass auch die Samen der Pflingst-Nelke eine Darmpassage nicht überleben würden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass nach POSCHLOD et al. (2003) eine Fernausbreitung durch Wildtiere, weidende Haustiere oder den Menschen nicht nachgewiesen ist. Auch die Fernausbreitung durch Wind ist bisher nicht nachgewiesen, die Datengrundlage hierzu allerdings ungenügend.

### 7.3 KEIMLINGSETABLIERUNG

Nach der Diasporenzahl und -morphologie spielen die Möglichkeiten zur Keimlingsetablierung eine entscheidende Rolle für das Ausbreitungspotenzial. Trotz intensiver Suche im Bereich der untersuchten Pflingstnelkenpopulationen wurden bei den Untersuchungen 2001 und 2002 keine Keimlinge gefunden. Selbst nach der seit Beginn des Artenschutzprogrammes wohl üppigsten Blüte im Jahr 2008 wurden bisher nur lokal sehr wenige Keimlinge beobachtet. Zuvor waren lediglich im Jahr 2006 einige Keimlinge auf einem – relativ beschatteten – Felsen im Bereich der sog. Kleinen Hausener Wand festgestellt worden, außerdem zuvor Keimlinge unterhalb eines Felsen im selben Bereich (SAUM 2006, mündl.). Diese Keimlinge überlebten aber offenbar nicht. Vermutlich wird die Keimlingsetablierung durch Frühlings- und Sommertrockenheit auf Extremstandorten verhindert oder zumindest stark erschwert. In Trockenrasengesellschaften des Thymo-Festucetum beobachtete JACKEL (1999, siehe auch JACKEL & POSCHLOD 2000) eine hohe Mortalität bei Keimlingen und Jungpflanzen, die sie auf Sommertrockenheit zurückführen. Bei Untersuchungen an Felspaltenpflanzen der Schwäbischen Alb haben WILMANN & RUPP (1966) im Gelände keine Keimlinge des Trauben-Steinbrechs (*Saxifraga paniculata*) gefunden, obwohl die Art eine hohe Samenproduktion und unter günstigen Bedingungen hohe Keimfähigkeit aufweist. Nach ihren Beobachtungen kann eine Trockenperiode selbst vier Wochen nach der Keimung bereits letal wirken.

Bei Pflingstnelkenpopulationen auf weniger stark besonnten, halbschattigen bis schattigen Standorten behindert vermutlich die hier häufig stark entwickelte Moosschicht oder auch ein dichter Blaugrasrasen die Etablierung von Keimlingen.

#### 7.4 VEGETATIVE AUSBREITUNG/VERMEHRUNG

Die Pfingstnelke bildet lockere bis dichte Polster aus fertilen und vegetativen Rosetten, die mit einer ausdauernden Primärwurzel im Substrat verankert sind. Nach HEGI (1979) tragen die unterirdischen, mit Niederblättern besetzten Ausläufersprosse zumindest gebietsweise zu einer starken vegetativen Vermehrung bei. Sterile Triebe können an den Knoten wurzeln. Wie JACKEL (1999) ausführt, gilt die vegetative Vermehrung in stabilen und extremen Lebensräumen als Vorteil, da hierbei einerseits nur gut angepasste Nachkommen produziert würden und andererseits die vegetativ erzeugten Nachkommen konkurrenzfähiger und stresstoleranter seien als Keimlinge.

Nach eigenen Beobachtungen ist die vegetative Vermehrung im Untersuchungsgebiet von entscheidender Bedeutung für die Erhaltung und kleinflächige Vermehrung der Pfingstnelkenpopulationen. An mehreren Wuchsorten konnte die Bildung langer Stolonen mit verlängerten Internodien beobachtet werden. Kleine, von größeren Polstern entfernt vorhandene Einzelrosetten zeigten bei genauer Untersuchung stets eine Verbindung mit anderen Polstern. Unter Moospolstern konnten bis zu 40 cm lange Internodien festgestellt werden. Stellenweise schieben sich Ausläufer von Pfingstnelkenpolstern am Felskopf auch durch Felsrisse und -spalten und treten dann wandseitig wieder hervor.

Eine zumindest theoretische Möglichkeit der nicht generativen Ausbreitung besteht darin, dass Rosetten, die sich vom Polster bzw. den Trieben gelöst haben, z. B. durch Wind oder Vögel verfrachtet werden.

#### 7.5 AUSBREITUNGS- UND ÜBERLEBENSSTRATEGIE

*Dianthus gratianopolitanus* zeigt nur ein gering entwickeltes Ausbreitungsvermögen. Sie besiedelt keine Pionierstandorte und sie hat sich über ihre natürlichen, offenbar seit jeher besiedelten Felsstandorte hinaus kaum neue Wuchsorte erschließen können. Eine gewisse Förderung durch den Menschen kann die Art durch Freistellung von Jurafelspartien infolge von Rodungsmaßnahmen erfahren haben. Die Pfingstnelkenflur (*Dianthus gratianopolitanus*-Festucetum pallentis) lässt sich mit ihrer Beschränkung auf natürliche Felsstandorte als streng ahemerob charakterisieren (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN, 1994).

Mit ihrer Fähigkeit zur vegetativen Vermehrung und ihrem geringen Ausbreitungspotenzial durch Diasporen ist die Pfingstnelke offensichtlich vorwiegend an das Überdauern an ihren reliktschen und mehr oder minder isolierten Standorten angewiesen; Einzelindividuen sind vermutlich langlebig.

Bei den Untersuchungen des Thymo-Festucetum stellte JACKEL (1999, siehe auch JACKEL & POSCHLOD 2000) fest, dass die Pflanzenarten der Trockenrasengesellschaft überwiegend an die Persistenz in ihren fragmentierten Lebensräumen angepasst sind, erfolgreiche Neuetablierung wurde über drei Jahre nur bei Einjährigen beobachtet. Die Autoren vermuten, dass die Fähigkeit zu Überdauern und die Fähigkeit zur Neubesiedlung negativ korreliert sind.

## 7.6 REDUZIERTER FITNESS DURCH ISOLATION UND KLEINE POPULATIONSGRÖSSEN

Die Populationen von *Dianthus gratianopolitanus* sind im Untersuchungsgebiet relativ klein und weitgehend voneinander isoliert. Dies kann zu einer genetischen Isolation und damit möglicherweise zu verminderter Fitness führen. Ein Pollenaustausch ist jeweils lediglich innerhalb der einzelnen Vorkommensgebiete, d.h. zwischen den Teilpopulationen denkbar bzw. wahrscheinlich (s. o.).

Zu dieser Problematik liegt eine Untersuchung von DANNEMANN (2000) am Beispiel von *Biscutella laevigata* vor, einer Reliktart mit disjunkter Verbreitung. Hierbei zeigte sich, dass diese ebenfalls felsbesiedelnde bzw. felsschuttbesiedelnde Reliktart eine hohe genetische Variabilität erhalten konnte.

Weitere Hinweise liefert die Untersuchung von „Strategien der Pflanzenarten einer fragmentierten Trockenrasengesellschaft“ von JACKEL (1999).

REISCH (2001) untersuchte die genetische Vielfalt von Pflanzenarten, deren Populationen einer langfristigen Isolation unterliegen am Beispiel von *Saxifraga paniculata* und *Sesleria albicans* (siehe auch: REISCH et al. 2003). Beide Pflanzenarten wiesen eine erhebliche Diversität innerhalb der isolierten Restpopulationen auf, wobei allerdings mit zunehmender Populationsgröße eine erhöhte genetische Variabilität besteht. Jedoch stellte REISCH selbst bei kleinen Populationsgrößen von *Saxifraga paniculata* eine erhebliche genetische Variabilität fest (siehe auch: REISCH & POSCHLOD 2004).

Eine überwiegend vegetative Vermehrung scheint der Erhaltung genetischer Variabilität nicht unbedingt entgegenzustehen. So fanden ELLSTAND & ROSE (1987, zitiert in REISCH 2001) auch bei Arten mit überwiegend vegetativer Vermehrung eine hohe Diversität innerhalb der Populationen. Dies konnte auch für *Saxifraga paniculata* und *Biscutella laevigata* bestätigt werden. Möglicherweise sind eine hohe Lebenserwartung und eine Mischung aus vegetativer und generativer Fortpflanzung besonders geeignet eine hohe genetische Vielfalt zu erzeugen (REISCH 2001).

Hohe genetische Variabilität scheint jedoch nicht immer Voraussetzung für eine hohe Fitness zu sein. Bei *Dianthus gratianopolitanus* ist davon auszugehen, dass schon über lange Zeiträume Isolation und Fragmentierung wirken. Bei einem solchen Evolutionstyp ist anzunehmen, dass er sich im Laufe der Zeit an die entsprechenden Gegebenheiten angepasst hat. Durch die Eliminierung von negativ wirkenden Allelen könne die Wirkung von Inzuchtdepression vermieden werden (BERHOLZ & POSCHLOD 1996).

Zusammenfassend lässt sich für *Dianthus gratianopolitanus* folgern, dass keine Hinweise auf reduzierte Fitness durch Isolation und kleine Populationsgrößen vorliegen und, dass die Bedeutung für den Rückgang nicht signifikant zu sein braucht. Doch müssen wir davon ausgehen, dass es sich bei den Populationen auf dem einen oder anderen Fels um lediglich einen Klon handelt!

## 8 PRÄFERENZ VON FELSKÖPFEN

Eine plausible Erklärung, dass *Dianthus gratianopolitanus* im Regierungsbezirk Stuttgart an Felsen ganz überwiegend auf den Felsköpfen wächst, konnte noch nicht gefunden werden.

Sie konzentriert sich also in den Bereichen, die zumeist durch Tritt geschädigt werden und die am meisten durch Sammeln beeinträchtigt sind bzw. es zumindest waren. Wächst die Pfingstnelke ausnahmsweise auf Felsbändern bzw. Felsstufen, befinden sich diese im Untersuchungsgebiet fast ausnahmslos in den obersten Felsbereichen. An kleinen Rissen bzw. am nicht ganz senkrechten Fels kann die Pfingstnelke auch weiter unten am Fels vorkommen. Etwas erschwert wird die Betrachtung allerdings dadurch, dass in den oberen Felsabschnitten potentiell als Wuchsort geeignete Felsstufen bzw. Felsbänder im Schnitt deutlich häufiger sind als weiter unterhalb am Fels.

Für die Präferenz von Felsköpfen mit verantwortlich sind sicher die Lichtverhältnisse, da nur diese über das Kronendach des unterhalb der Felsen stockenden Waldes hinaus ragen. Eine primäre und singuläre Erklärung kann daraus nicht gezogen werden, zumal dieses Phänomen im Untersuchungsgebiet auf Felsen unterschiedlicher Höhe zutrifft.



Abb. 14. Pfingstnelken an einem Fels am Rande des Gutenberger Talkessels unterhalb der Schlattehöhe (2005). Die Blütenblätter sind randlich deutlich und stark zerschlitzt.



**Abb. 15.** Deutlich sind die gegenüber den Nelken der Abb. 14 stark gerundeten Fransen der Blütenblätter zu erkennen, möglicherweise eine durch die Beschattung bedingte Modifikation (Hausener Wand). Genetische Ursachen, z. B. als Folge genetischer Drift, sind ebenfalls denkbar. Nicht gänzlich auszuschließen ist zudem, dass z.T. Pfingstnelken, evtl. gar Zuchtformen, angesiedelt worden waren.

Es ist anzunehmen, dass angesichts des vermuteten hauptsächlichen Verbreitungsmechanismus der Samen durch den Wind mehr Samen auf Simse, Stufen bzw. Felsbändern und in Bereiche unterhalb der Felsen gelangen als auf Felsköpfe. Die Seltenheit von Vorkommen auf Felsbändern lässt sich durch die Annahme erklären, dass die generative Vermehrung auf Bändern so gut wie nicht zum Tragen kommt. Allerdings müsste auch bei fast ausschließlich vegetativer Vermehrung durch losgelöste Rosetten die Pfingstnelke auf Felsbändern häufiger sein. In diesem Zusammenhang könnte tatsächlich darüber spekuliert werden, in wie weit Wild- und Haustiere ursprünglich zum Samentransport auf die Felsköpfe beitrugen, die im Gegensatz zu den Wandbereichen bzw. Felssimsen von den Tieren erreicht wurden bzw. werden.

## **9 BESONDERHEITEN DER PFINGSTNELKEN IN DEN EINZELNEN VORKOMMENS- GEBIETEN**

Auch wenn die Pfingstnelke eine sehr homogene und gut definierte Art ist – dies zeigte eine Revision reichhaltigen Materials aus allen Teilen des geografischen



Abb. 16. Weniger stark beschatteter Bestand als die Nelken aus der voran stehenden Abbildung. Die Blütenblätter der gerade aufblühenden Pfingstnelken sind ebenfalls eher gerundet (Hausener Wand).

Verbreitungsgebiets (KOVANDA, 1982), gibt es doch Hinweise auf eine starke Isolierung der einzelnen Vorkommensgebiete, die sich teils bereits in der Morphologie niedergeschlagen haben. Auffällig sind die Unterschiede in der Petalenform. An der Hausener Wand sind die Fransen der Petalen in aller Regel stark gerundet, im Lenninger Tal bei Schopfloch spitz auslaufend.

## 10 SCHUTZMASSNAHMEN

Im Bereich vieler Vorkommen wurden bereits Maßnahmen durchgeführt. Einige Pfingstnelken-Vorkommen standen nach heutigem Kenntnisstand bei Ihrer Entdeckung bereits kurz vor dem Erlöschen.

### 10.1 BESUCHERLENKUNG, ABSPERRUNG VON FELSKÖPFEN

Einige der erfassten Pfingstnelkenbestände befinden sich im Bereich von Felsköpfen, die mehr oder minder häufig als Aussichtspunkt oder Rastplatz aufgesucht werden. Obgleich sich die Wuchsorte, mit zwei Ausnahmen, in Naturschutzgebieten befinden (Spitzfels bei Oberböhringen ist als Naturdenkmal ausgewiesen) und ein Betreten der Felsköpfe verboten ist, wird dies nicht eingehalten. Einfache Absperrungen durch Anhäufung von Ästen und Gestrüpp

konnten nur eingeschränkt und jeweils nur für kurze Zeit Abhilfe schaffen. Trotzdem ist die Schaffung solcher Barrieren weiterhin wünschenswert.

## 10.2 AUFLICHTUNGSMASSNAHMEN, ZURÜCKDRÄNGEN VON KONKURRENZ

### 10.2.1 PRINZIPIELLE BEMERKUNGEN ZUR PFLEGE VON FELSBİOTOPEN

Während früher in Fachkreisen Einigkeit darüber bestand, dass Felsen ursprüngliche, vom Menschen unberührte Biotope darstellen und damit als Primärbiotope keiner Pflege bedürfen, wird dies in den letzten Jahren kontrovers diskutiert. Zu diesem Thema fanden 1997 im Oberen Donautal (NATURSCHUTZ-ZENTRUM OBERE DONAU 1997) und 2001 im Blautal Fachgespräche statt. Zur Frage, ob und wie historisch waldfreie Standorte offen gehalten und gepflegt werden sollen, differierten die Meinungen zwar im Detail, jedoch konnte über drei grundlegende Thesen Konsens erreicht werden:

- Pflegeeingriffe in Primärbiotopen sind nicht nötig und können sogar Schaden anrichten, da sie in ein bestehendes ökologisches Gleichgewicht eingreifen.
- Eingriffe am Rande der Primärbiotope oder punktuell in Primärbiotopen können dann sinnvoll sein, wenn Artenschutzgründe dies erfordern.
- Eingriffe in Sekundärbiotopen wurden von allen Vertretern befürwortet, da sie besondere Bedeutung für den Artenschutz haben.

Hinsichtlich der Pflege von Felsbiotopen ist somit eine Differenzierung von primär und sekundär waldfreien Standorten erforderlich. In der Praxis ist dies jedoch häufig sehr schwierig. Die aufgrund des Nutzungswandels stattfindende Sukzession ist noch nicht abgeschlossen. Primär waldfrei sind vermutlich nur kompakte, hohe Felsmassive, die jedoch auch durch angrenzende Hochwaldbestände stark beschattet werden können.

Grundsätzlich sind bei Pflegemaßnahmen zur Erhaltung der Xerothermvegetation folgende Kriterien zu beachten:

- Bei Eingriffen in Waldsäume am Rande der Felsköpfe kann es vorkommen, dass nach § 32 NatSchG geschützte Waldbiotope betroffen sind. In solche Biotope darf unter rechtlichen Gesichtspunkten nur eingegriffen werden, wenn dies zu ihrer Erhaltung oder auch zur Pflege anderer § 32-Biotope notwendig ist.
- Pflegemaßnahmen müssen einzelfallweise geplant werden.
- Die Durchführung von Pflegemaßnahmen darf nur unter fachkundiger Anleitung erfolgen.
- Gegebenenfalls ist eine regelmäßige Nachpflege erforderlich, insbesondere bei Sekundärbiotopen.

Pflegemaßnahmen sollten also in der Regel nur in begründeten Einzelfällen durchgeführt werden. Dieser Sonderfall ist bei *Dianthus gratianopolitanus* gegeben. Aufgrund der Gefährdungssituation der isolierten und kleinen Populationen, verbunden mit der geringen Ausbreitungsfähigkeit, sollten möglichst viele der bestehenden Populationen und Teilpopulationen erhalten werden. Dies erfordert gezielte Eingriffe im Rahmen eines Artenhilfsprogramms.

### 10.2.2 ERFAHRUNGEN MIT AUFLICHTUNGSMASSNAHMEN IN DER SCHWEIZ

Bei der mehrjährigen Inventarisierung der Flora in den Felsgebieten des Aargauer Jura wurde festgestellt, dass typische Felspflanzen in ihrem Bestand zurückgehen (vergl. BURGER SUTTER, G. & D. PAULI 2001). Als wichtige Ursache wurde die zunehmende Beschattung vermutet. Nun wird in mehreren Felsgebieten (seit 1992, 1995 bzw. 1996) untersucht, ob sich durch gezielte Auslichtungsmaßnahmen gefährdete Felspflanzen erhalten oder sogar ausbreiten können. Bei den laufenden Erfolgskontrollen wurde nach dem Holzschlag insgesamt eine Zunahme der Felspflanzen hinsichtlich Artenzahl und Häufigkeit festgestellt; allerdings auch die Zunahme der Häufigkeit anderer Pflanzenarten. Insbesondere Sträucher erreichen durch Stockausschläge wieder hohe Deckungswerte. Bei einigen, auch gefährdeten Arten (z. B. *Allium montanum*, *Anthericum liliago*) wurde eine positive Entwicklung festgestellt. Bei *Dianthus gratianopolitanus* konnte dies bisher noch nicht nachgewiesen werden, in zumindest einem Gebiet wurde ein indifferentes Verhalten nach dem Holzschlag festgestellt (BURGER SUTTER 2001). In den neueren Ergebnissen wird darauf hingewiesen, dass in der Regel nicht mit einer nachhaltigen Neubesiedlung von Standorten durch Felspflanzen zu rechnen ist, Auflichtungsmaßnahmen daher nur an Felsen durchgeführt werden sollten, an denen bereits entsprechende Arten vorkommen.

### 10.2.3 EMPFOHLENE AUFLICHTUNGSMASSNAHMEN

Die Durchführung von Auflichtungsmaßnahmen ist mit Sorgfalt und Umsicht zu gestalten.

- Nach den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung ist zu erwarten, dass beschattete Pfingstnelkenpopulationen auf vorsichtige Auflichtungsmaßnahmen positiv, d. h. mit erhöhter Vitalität und vermehrtem Blüten- und Samenansatz reagieren. An absonnigen Standorten muss bei Auflichtungsmaßnahmen weniger umsichtig vorgegangen werden als in Bereichen, in denen Pfingstnelkenbestände bei kompletter Gehölzbeseitigung nach starker Beschattung plötzlich der vollen Besonnung ausgesetzt wären.
- Negative Auswirkungen auf andere schutzwürdige Felsarten sollten soweit als möglich vermieden werden.
- Eingriffe in das bestehende Vegetationsgefüge und die seltenen Beispiele natürlich waldfreier Biotope sollten möglichst gering gehalten werden.

Auf die meisten bisher durchgeführten Auflichtungsmaßnahmen reagierten die Pfingstnelkenbestände bisher positiv. Voraussetzung hierfür ist, dass die Stockausschläge zurückgeschnitten werden. Dies ist in der Regel schon im ersten Jahr und z. T. zwei- bis dreimal jährlich während der Vegetationsperiode erforderlich. Vieles deutet darauf hin, dass an Standorten, an denen die Nachpflegemaßnahmen nicht erfolgen, die Auswirkungen auf manche Pfingstnelkenbestände negativer zu bewerten waren, als wenn die Erstpflege unterblieben worden wäre.

Bei Liguster empfiehlt sich, die Wurzelbrut soweit als möglich auszureißen.

Dasselbe gilt für die Bibernelle-Rose. Sollte dies nicht möglich sein, müssen Nachpflegemaßnahmen in noch kürzeren Abständen durchgeführt werden.

#### 10.2.4 BESEITIGUNG KONKURRIERENDER GRÄSER UND STAUDEN

An einigen Stellen wurden 2007 konkurrierende Gräser entfernt, allen voran Blaugras; in einem Falle die Erdsegge. In 3/4 der Fälle zeigten die Pfingstnelkenbestände an den von dieser Konkurrenz befreiten Stellen eine deutlich positive Entwicklung. Nur in wenigen, recht stark besonnten Bereichen, kam es zu Bestandeseinbrüchen, wofür der trockene Frühling 2007 mitverantwortlich sein dürfte.

Zudem wurden an zwei Stellen Herden der Schwalbenwurz (*Vincetoxicum hircundinaria*) entfernt, die inmitten der Pfingstnelke wuchsen. Zwischen den Stängeln der Schwalbenwurz sammelte sich Falllaub, durch das die darunter liegenden Rosetten der Pfingstnelke komplett ausgedunkelt wurden.

Die Ergebnisse ermutigen, entsprechende Maßnahmen in Zukunft in größerem Umfang durchzuführen, auch wenn derartige „gärtnerische“ Maßnahmen als Dauerlösung nicht wünschenswert sein können. Doch ist es bisher nicht möglich Ursachen zu beseitigen, die eine Verschiebung der Konkurrenzverhältnisse bewirken.

#### 10.3 REDUZIERUNG DER STICKSTOFFEMISSIONEN

Hohe Stickstoffeinträge führen zur Schädigung N-armer (nicht nitrophiler) naturnaher Habitats, wie Trockenrasen, aber auch Halbtrockenrasen und Steppenheiden (KULL 2001). Die Folge ist eine drastische Verringerung der Biodiversität (Verlust von Populationen, Arten, Pflanzengesellschaften). Werden die Stickstoffeinträge nicht reduziert, sind immer intensivere Pflegemaßnahmen zur Erhaltung von immer weniger natürlichen Trockenrasen erforderlich (ebenda). Erfahrungen aus dem Artenhilfsprogramm legen diesen Verdacht nahe.

KULL (1991) verweist darauf, dass besonders wertvolle Pflanzengesellschaften am stärksten durch Luftschadstoffe, insbesondere Nährstoffeinträge, geschädigt werden. Seine Annahme, wonach in Naturschutzgebieten Pflegemaßnahmen in immer kürzeren Zeitabschnitten erforderlich werden, hat sich bereits vielerorts bestätigt. KULL vertritt die Auffassung, dass die Ruderalisierung und damit Verringerung der Biodiversität auf allen Ebenen durch Naturschutzmaßnahmen nicht verändert, sondern unter günstigen Umständen allenfalls verzögert werden kann.

##### 10.3.1 ZIEGENBEWEIDUNG

Vorgeschlagen wurde, das Gebiet der Hausener Wand (SW-Hang des Michelsbergs bei Geislingen), einem früher mit Ziegen beweideten felsigen Steilhang, versuchsweise in einigen Bereichen wieder mit Ziegen zu beweiden. Eine solche Maßnahme sollte unbedingt von einem Monitoring begleitet werden, da erstens für solche Steilhanglagen noch wenig Erfahrungen vorliegen und hier zweitens

einige hochgradig gefährdete Insektenarten vorkommen. Die Ziegenbeweidung der Steilhänge, wie der Hausener Wand, ist allerdings sehr aufwändig.

## 11 WEITERFÜHRENDE UNTERSUCHUNGEN

Im Rahmen des Artenschutzprogramms Pfingstnelke wurde eine ganze Reihe weiterführender Untersuchungen vorgeschlagen.

Als wesentlich werden populationsgenetische Untersuchungen erachtet, die unter anderem den Isolationsgrad der (Meta-)Populationen der einzelnen Vorkommensgebiete, aber auch der einzelnen Felsen abschätzen lassen. Derartige Erkenntnisse sollten in die Überlegungen zur Wiederansiedlung an ehemaligen Standorten integriert sein. Bei der Klärung dieser Frage wird das Regierungspräsidium Stuttgart vom Institut für Pflanzenwissenschaften der Universität Heidelberg, dem Museum für Naturkunde in Stuttgart und der LBBW unterstützt. Parallel hierzu werden Pfingstnelken aus den einzelnen Vorkommensgebieten im Botanischen Garten Tübingen unter einheitlichen Bedingungen kultiviert. So werden morphologische Unterschiede, wie sie sich in einzelnen Vorkommensgebieten manifestierten, einer Beurteilung zugänglich.

## 12 STECKBRIEF DER WESENTLICHEN STANDORTFAKTOREN

### Vorkommen:

Exposition: Alle Expositionen möglich, äußerst selten an vollbesonnten, sich sehr stark aufheizenden Südwänden, jedoch auf südexponierten Felsköpfen vorkommend und hier z. T. sehr vitale und dichte Polster bildend.

Wuchsplätze: Vorzugsweise Felsköpfe, seltener Felswände und nur sehr selten auf Felsvorsprüngen und Absätzen, hier wiederum überwiegend in Felskopfnähe. In einigen Fällen am Boden wachsend, im Untersuchungsgebiet jedoch nie im Offenland.

Beschattung: Sehr dichte Polster in der Vollsonne bis sehr lückige Polster bei relativ starker Beschattung (Vitalitätseinschränkung). Die Art kommt nicht nur an den äußeren, kantennahen, sehr humusarmen Felskopfbereichen vor, sondern z. T. auch in durch Gehölze teilbeschatteten hinteren, d. h. hangnahen Bereichen der Felsen. In einigen Fällen stockt sie inmitten von Felsengebüschchen oder am Fuß von Krüppeleichen.

### Obligate Standortfaktoren:

Ausreichend Licht, d. h. in Nordexposition volles Tageslicht. Erträgt ansonsten je nach Exposition gewisse Beschattung durch Gehölze. Bei stärkerer Beschattung jedoch in der Regel nicht oder nur sehr spärlich blühend.

Geringe Humusaufgabe auf Felsen; offenbar nur auf sehr nährstoffarmen Standorten gegenüber anderen krautigen Arten konkurrenzfähig. Sehr trockene Standortverhältnisse bieten offenbar Konkurrenzvorteile

Starke Wurzelkonkurrenz von Gehölzen auf flachgründigen Standorten, felsgebunden und nicht felsgebundenen, schwächt krautige Konkurrenten. Dadurch

werden für die Pfingstnelke günstige Standortverhältnisse geschaffen, die selbst eine generative Fortpflanzung ermöglichen. Eine gewisse Beschattung durch die Gehölze, die hier zu keinem dichten Schluss gelangen, wird dabei toleriert.

Kein Überdecken mit Laubstreu etc.

#### **Negative Auswirkungen auf die Bestandsentwicklung:**

Tritt im Bereich der Felsköpfe.

Zunehmende Gehölzbeschattung, ein sich in den letzten Jahren offenbar beschleunigender Prozess.

Verstärkte Humusbildung, u. a. durch Laubeintrag, Windschutz durch Gehölze, zusätzlich verstärkter Nährstoffeintrag über die Luft. In der Folge verstärkte Konkurrenz durch etwas anspruchsvollere Gräser und Kräuter, die zudem als Laubfänger fungieren.

#### **DANK**

Frau INGBORG SAUM, Herrn HERBERT SAUM (Kuchen bei Geislingen) und Herrn MANFRED HILLER (Schopfloch) gilt unserer besonderer Dank für Geländebegehungen sowie zahlreiche Hinweise, Anregungen und fachliche Diskussionen. Das Ehepaar SAUM und Herr HILLER haben sich eigens auf den Weg gemacht, um zusätzliche Vorkommen zu erkunden.

Gedankt sei insbesondere aber auch der Bergwacht, DAV-Mitgliedern und den Forstbehörden für die weitreichende Unterstützung. Ohne diese Unterstützung wären die erforderlichen Pflegemaßnahmen in der Regel nicht durchführbar!

#### **13 LITERATUR**

AMLER, K., A. BAHL, K. HENLE, G. KAULE, P. POSCHLOD (1999): Populationsbiologie in der Naturschutzpraxis. Isolation, Flächenbedarf und Biotopansprüche von Pflanzen und Tieren. Ulmer, Stuttgart.

BAUMANN, A. (2006): On the Vegetation History of Calcareous Grasslands in the Franconian Jura (Germany) since the Bronze Age. *Dissertationes Botanicae*, Bd. 404.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN & BAYERISCHE AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE [Hrsg.] (1994): Landschaftspflegekonzept Bayern. Band II.1, Lebensraumtyp Kalkmagerrasen (1. Teilband). 266 S., Laufen.

BERHOLZ, A. & P. POSCHLOD (1996): Genetische Aspekte fragmentierter Pflanzenpopulationen – Eine Übersicht. In: BRANDES, D.: Vegetationsökologie von Habitatinselfen und linearen Strukturen. Tagungsbericht des Braunschweiger Kolloquiums vom 22.–24. Nov. 1996. *Braunschweiger Geobotanische Arbeiten* 5: 61–67.

BONN, S. (2004): Dispersal of plants in the Central European landscape – dispersal processes and assessments of dispersal potential exemplified for endozoochory. Dissertation, Universität Regensburg. 156 Seiten.

BONN, S. & P. POSCHLOD (1998a): Bedeutung dynamischer Prozesse für die Ausbreitung

von Pflanzenarten seit dem Postglazial. Schr.-R. f. Landschaftspf. u. Natursch. 56: 147–171. Bonn-Bad Godesberg.

**BONN, S. & P. POSCHLOD** (1998b): Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas. 404 S., Wiesbaden, UTB.

**BREUNIG, TH. & S. DEMUTH** (1999): Rote Liste der Farn- und Samenpflanzen Baden-Württembergs., Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg – Naturschutz-Praxis, Artenschutz 2, 161 S., Karlsruhe, 3. neu bearbeitete Fassung, Stand 15.4.1999.

**BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (BfN)** (2002–2009): Floraweb. Daten und Informationen zu Wildpflanzen und zur Vegetation Deutschlands. [www.floraweb.de](http://www.floraweb.de)

**BURGER SUTTER, G. & D. PAULI** (2001): Kontrollprogramm unter der Lupe. Aus dem Schatten ans Licht: Auftritt der Felsenpflanzen. Landschaft Aargau 1/99 Kontrollprogramm. [www.ag.ch/2001/publikationen/](http://www.ag.ch/2001/publikationen/)

**BURGER SUTTER, G.** (2001): Erfolgskontrolle Felsenflora. Schluss-Ergebnisse 2001. – Berichterstattung an das Baudepartement Kanton Aargau, Sektion Natur und Landschaft.

**DANNEMANN, A.** (2000): Der Einfluss von Fragmentierung und Populationsgröße auf die genetische Variation und Fitness von seltenen Pflanzenarten am Beispiel von *Biscutella laevigata* (Brassicaceae). Dissertationes Botanicae, Bd. 330.

**DÖLER, H.-P.** (2000): Pflege- und Entwicklungsplan für das Naturschutzgebiet „Oberes Lenninger Tal“ – Überarbeitung und Fortschreibung 2000. Gutachten im Auftrag der Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Stuttgart (unveröff.), 93 S. + Anhänge + 2 Pläne.

**EBERT, G.** [Hrsg.] (1991–2005): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. 10 Bde. Ulmer, Stuttgart.

**ELLENBERG, H.** (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Ulmer, 1095 S., Stuttgart, 5. stark veränderte Auflage.

**ELLENBERG, H.; H.E. WEBER, R. DÜLL, V. WIRTH, W. WERNER & D. PAULI-EN** (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Goltze, 258 S., Göttingen; 2. verbesserte und erweiterte Auflage.

**ERHARDT, A.** (1990): Pollination of *Dianthus gratianopolitanus* (Caryophyllaceae). Plant Systematics and Evolution 170: 125–132.

**GARCKE, A.** (1972): Illustrierte Flora. Deutschland und angrenzende Gebiete. Gefäßkryptogamen und Blütenpflanzen. Parey, 1607 S., Stuttgart, 23. Auflage.

**GENSER, J. & DEPNER** (1990): Pflege- und Entwicklungsplan für das Naturschutzgebiet „Oberes Lenninger Tal mit Seitentälern“. Gutachten im Auftrag der Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Stuttgart (unveröff.), 20 S. + Anhänge + 4 Pläne.

**GERKEN, B. & C. MEYER** [Hrsg.] (1996): Wo lebten Pflanzen und Tiere in der Naturlandschaft und der frühen Kulturlandschaft Europas? Referate der gleichnamigen Tagung am 2. und 23. März in Neuhaus im Solling. Natur- und Kulturlandschaft 1: 1–205, Höxter.

**GODWIN, H.** (1975): The History of the British Flora. Cambridge University Press, 551 S., Cambridge. 2. Auflage.

**GRADMANN, R.** (1950): Das Pflanzenleben der Schwäbischen Alb. Schwäbischer Albverein [Hrsg.], 449 S., Stuttgart. Band 1; 4. Auflage.

**HEGI, G.** [Begr.] (1979): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Bd. III, Teil 2.: Pytholaccaceae,

- Amaranthaceae, Chenopodiaceae, Illecebraceae, Coryophyllaceae, Portulacaceae [Hrsg. K. H. RECHINGER, Bearb. P. ALLEN], 1264 S., Berlin, 2. völlig neu bearb. Auflage.
- HERTER, W. (1996): Die Xerothermvegetation des Oberen Donautals. Gefährdung der Vegetation durch Mensch und Wild sowie Schutz und Erhaltungsvorschläge. – Veröffentlichungen Projekt „Angewandte Ökologie“ 10, 274 S., Karlsruhe.
- HESS, H.E.; E. LANDOLT. & R. HIRZEL (1976): Flora der Schweiz, Birkhäuser, 858 S., Basel, Bd. 1.; 2. Auflage.
- HOFBAUER, R. & U. GRUNICKE (2000): Pflege- und Entwicklungsplan für das Naturschutzgebiet „Hausener Wand mit Hungerhalde und Heiligenhalde“. Gutachten im Auftrag der Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Stuttgart (unveröff.), 81 S. + Anhänge + 6 Pläne.
- JACKEL, A.-K. (1999): Strategien der Pflanzenarten einer fragmentierten Trockenrasengesellschaft. Vegetationskundliche und populationsbiologische Untersuchungen im Thymo-Festucetum cinereae. Dissertationes Botanicae 309. Cramer, Berlin, Stuttgart.
- JACKEL, A.-K. & P. POSCHLOD (2000): Persistence or dispersal – which factors determine the distribution of plant species? – a case study in a naturally fragmented plant community. Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz 9 (1–2): 99–108.
- JALAS, J. & J. SUOMINEN (1988): Atlas Florae Europaeae. Distribution of vascular plants in Europe. III: Caryophyllaceae. Cambridge University Press, 416 S., Cambridge.
- KÄSERMANN, C. (1999): Merkblätter Artenschutz – Blütenpflanzen und Farne. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Reihe „Vollzug Umwelt“ Stand: Oktober 1999. 344 S.
- KEPHART, S.; R.J. REYNOLDS, M.T. RUTTER, C.B. FENSTER & M.R. DUDASH (2006): Pollination and seed predation by moths on *Silene* and allied Caryophyllaceae: evaluating a model system to study the evolution of mutualisms. New Phytologist 169: 667–680.
- KLOSE, S. (2000): Konsequenzen globaler Klimaveränderungen für die biologische Vielfalt. – NNA-Berichte, 13. Jahrgang, 2: 90–95.
- KLOTZ, S. & I. KÜHN (2002): Ökologische Strategietypen. Schriftenreihe für Vegetationskunde. 38: 197–201. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- KLUXEN, G. & K-H. PÜHL (1999): Die Felsen der Hersbrucker Alb. Lage, Geologie, Pflanzen- und Tierwelt, Gefährdungsursachen. Das Kletterkonzept Hersbrucker Alb. [http://www.bayern.de/lfu/natur/landschaftsentwicklung/erholung/klettern/hersbrucker\\_alb.pdf](http://www.bayern.de/lfu/natur/landschaftsentwicklung/erholung/klettern/hersbrucker_alb.pdf).
- KOLB, E. (2000): Auswirkungen von Klimaveränderungen auf den Nährstoffhaushalt von Ökosystemen. – NNA-Berichte, 13. Jahrgang, 2: 76–82.
- KORNECK, D. (1976/77): Klasse: Sedo-Scleranthetea Br.-Bl. 55 em TH. MÜLLER 61. – In: OBERDORFER, E. (Hg., 1993a): Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil II, 13–85. 3. Auflage. Fischer, Jena, Stuttgart, New York.
- KOVANDA, M. (1982): *Dianthus gratianopolitanus*: variability, differentiation and relationships. Preslia, Praha, 54: 223–242.
- KULL, U. (1991): Physiologische Wirkungen von Luftschadstoffen auf Pflanzen. Jh. Ges. Naturkde. Württemberg. 146: 5–15. Stuttgart.
- KULL, U. (2001): Auswirkungen der Stickoxide als Luftschadstoffe auf die Vegetation. Jh. Ges. Naturkde. Württemberg. 157: 5–20. Stuttgart.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG [Hrsg.] (1992): Potentielle

natürliche Vegetation und Naturräumliche Einheiten. – Untersuchungen zur Landschaftsplanung, Bd. 21, Karlsruhe.

LANDOLT, E. (1977): Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff. Geobot. Inst. ETH: 64. Stiftung Rübel, Zürich.

LARCHER, W. (1984): Ökologie der Pflanzen. Ulmer, 403 S., Stuttgart, 4., überarb. Auflage.

LÖHR, O. (1953): Deutschlands geschützte Pflanzen. – Winters naturwissenschaftliche Taschenbücher, 160 S., Heidelberg.

MARTENS VON, G. & K. A. KEMMLER (1882): Flora von Württemberg und Hohenzollern. Gebr. Henninger, 296 u. 412 S., Heilbronn, 2 Bde., 3. Auflage.

MEUSEL, H. (1939): Die Vegetationsverhältnisse der Gipsberge im Kyffhäuser und im südlichen Harzvorland. *Hercynia* 2: 1–372.

MÜLLER, S. W.; H.-P. RUSTERHOLZ & B. BAUER (2006): Effects of forestry practices on relict plant species on limestone cliffs in the northern Swiss Jura mountains. *Forest Ecology and Management* 237: 227–236.

MÜLLER-SCHNEIDER, P. (1986): Verbreitungsbiologie der Blütenpflanzen Graubündens. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel 85: 261 S.

NATURSCHUTZZENTRUM OBERE DONAU (1997): Wie viel Pflege brauchen Felsbiotope? – Fachgespräch und Podiumsdiskussion am 25. Juni 1997; unveröff. Tagungsbericht, 12 S., Beuron.

NOVÁK, F. A. (1926): Monografická studie o *Dianthus gratianopolitanus* Vill. – *Spisky Přírod. Fak. Karl. Univ., Praha*, 1926/51: 1–32.

OBERDORFER, E.; D. KORNECK; W. LIPPERT & E. PATZKE (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora, Ulmer, 1050 S., Stuttgart, 7., überarb. und erg. Auflage.

POSCHLOD, P.; M. KLEYER, M., A.-K. JACKEL, A. DANNEMANN & O. TACKENBERG. (2003): BIOPOP – A database of plant traits and internet application for nature conservation *Folia Geobotanica* 38: 263–271.

POTT, R. (1996): Die Entwicklungsgeschichte und Verbreitung xerothermer Vegetationseinheiten in Mitteleuropa unter dem Einfluss des Menschen. *Tuexenia* 16. 337–369, Göttingen.

REICHSSTELLE FÜR NATURSCHUTZ [Hrsg.] (1937): Taschenbuch der in Deutschland geschützten Pflanzen. 152 S., Berlin-Lichterfelde, 2. Auflage.

REISCH, C. (2001): Climatic oscillations and the fragmentation of plant populations – genetic diversity within and among populations of the glacial relict plants *Saxifraga paniculata* (Saxifragaceae) and *Sesleria albicans* (Poaceae). Dissertation, 115 S. ([www.bibliothek.uni-regensburg.de/opus/volltexte/2001/44](http://www.bibliothek.uni-regensburg.de/opus/volltexte/2001/44))

REISCH, C.; P. POSCHLOD & R. WINGENDER (2003): Genetic differentiation among populations of *Sesleria albicans* Kit. ex Schultes (Poaceae) from ecologically different habitats in central Europe. *Heredity* 91: 519–527.

REISCH, C. & P. POSCHLOD (2004): Colonial diversity and subpopulation structure in central European relict populations of *Saxifraga paniculata* Mill. (Saxifragaceae). *Feddes Repertorium* 115 (3–4): 239–247.

SEBALD, O. (1980): Über einige interessante Ausbildungen der Vegetation auf moosreichen Felschutthalden im oberen Donautal. – Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. Nr. 51/52 (2): 451–477, Karlsruhe.

SEYBOLD, S. (1990): *Dianthus*. – In: SEBALD, O., S. SEYBOLD, G. PHILIPPI (Hg., 1990): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs 1, 456–466. Stuttgart.

STÄRR, A.; P. BANZHAF, G. GOTTSCHLICH, V. HENNIG, W. HERTER, M. KOLTZENBURG, TH. MÜLLER, G. TIMMERMANN & W. ZUGMAIER (1995): Neufassung der Gefährdungsgrade felsbesiedelnder Farn- und Blütenpflanzen der Schwäbischen Alb. Eine auf Felsbiotope bezogene Rote Liste (Stand 9. Januar 1994). – Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. Nr. 70: 99–120, Karlsruhe.

TACKENBERG, O. (2001): Methoden zur Bewertung gradueller Unterschiede des Ausbreitungspotentials von Pflanzenarten. Dissertationes Botanicae, Bd. 347: 138 S.

UMWELTBUNDESAMT (2006). Grenzüberschreitender Transport und Deposition von Luftschadstoffen (Jahr 2000). Umweltdaten Deutschland Online. <http://www.env-it.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2384>

WASSMER, A. (1998): Zur Felsenflora des östlichen Kettenjuras. Schlussbericht 1998. – Grundlagen und Berichte zum Naturschutz Nr. 17, Baudepartment des Kantons Aargau, 106 S., Aarau.

WILMANN, O. & S. RUPP (1966): Welche Faktoren bestimmen die Verbreitung alpiner Felsspaltenspaltenpflanzen auf der Schwäbischen Alb? – Veröff. Landesst. Naturschutz u. Landschaftspflege Bad.-Württemberg 34: 62–85.

WELK, E. (2001): Arealkundliche Analyse und Bewertung der Schutzrelevanz seltener und gefährdeter Gefäßpflanzen Deutschlands. Dissertation Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. <http://sundoc.bibliothek.uni.halle.de/diss-online/>

WITSCHEL, M. (1980): Xerothermvegetation und dealpine Vegetationskomplexe in Südbaden. – Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 17, 212 S., Karlsruhe.

Anschriften der Verfasser:

PETER BANZHAF  
Herrensteinstraße 11  
89551 Königsbronn

OSWALD JÄGER  
Obere Straße 55  
72119 Ammerbuch

ULRIKE MEISTERHANS  
Südstraße 5  
87527 Sonthofen, Oberallgäu