

Artenhilfsmaßnahmen zu *Pulsatilla vernalis* in Bayern außerhalb der Alpen – eine Zwischenbilanz

MARTIN SCHEUERER

Zusammenfassung: Artenhilfsmaßnahmen zu *Pulsatilla vernalis* erfolgen in Bayern außerhalb der Alpen an allen rezenten Wuchsorten der Art, meist seit über 20 Jahren. Nach anfangs mehreren Jahren des Herantastens an die geeigneten Methoden zur Arterhaltung und Restriktionen bei der Umsetzung von Artenhilfs- und Pflegemaßnahmen konnten die Bestände der Art an den Wuchsorten Vohenstrauß, Amberg, Pittersberg, Burglengenfeld, Abensberg und Siegenburg seither zumeist deutlich vergrößert werden. Lediglich an den Wuchsorten Sandharlanden und Wolfratshausen kämpft die Art auch heute noch ums Überleben. Aufgrund der anhaltenden, vielfachen Gefährdungen der in Deutschland weiterhin vom Aussterben bedrohten Frühlings-Kuhschelle und ihrer Abhängigkeit von heute nicht mehr üblichen Landnutzungsformen (insbesondere Streurechen, Plaggen) wird vorgeschlagen, die erfolgreichen Artenhilfsmaßnahmen beizubehalten.

Key Words: Bavaria, Erico-Pinetum, Peucedano-Pinetum, spring pasqueflower, species conservation, species management.

Summary: Measures for the survival of *Pulsatilla vernalis* in Bavaria are performed for more than 20 years at all extant sites beyond the Alps. After a few years of trying to find out the best methods for the species' conservation management, and after objections and hesitations by nature agencies about some methods, the population sizes at Vohenstrauß, Amberg, Pittersberg, Burglengenfeld, Abensberg and Siegenburg could finally be increased. Only at the sites near Sandharlanden and Wolfratshausen, *Pulsatilla vernalis* is still struggling for survival. Due to proceeding changes in land use and numerous persisting threats to the last remaining populations of the spring pasqueflower in Germany, the continuation of the successful conservation management measures for the survival of *Pulsatilla vernalis* is proposed.

1 Einleitung

Die Rückgänge von *Pulsatilla vernalis* in Ostbayern wurden am Beispiel des Landkreises Kelheim von SCHEUERER (1996) ausführlich dargestellt. Danach war in der Oberpfalz auf Basis von 1/64-TK-Rasterfeldern ein Rückgang von ca. 85 % und im Landkreis Kelheim ein Rückgang um ca. 90 % festzustellen. Nach ersten Bemühungen zum Erhalt der Arten der Sandmagerrasen und Sandkiefernwälder in Ostbayern Ende der 1980er Jahre durch den Landschaftspflegeverband Kelheim und die Regierung der Oberpfalz wurden parallel zum 1991 vom damaligen Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und dem damaligen Bayerischen Landesamt für Umweltschutz ins Leben gerufenen „Bayerischen Artenhilfsprogramm für endemische und stark bedrohte Pflanzenarten“ (BERG in SCHEUERER & AHLMER 2003) die Bemühungen zum Schutz seltener Pflanzenarten in den Sandgebieten des Landkreises Kelheim verstärkt.

Anschrift des Autors: Martin Scheuerer, Peter-Rosegger-Str. 10, 93152 Nittendorf; E-Mail: martin.scheuerer@t-online.de

Nach einem Erstmonitoring 1990 der Frühlings-Kuhschelle im Landkreis Kelheim im Auftrag des Landschaftspflegeverbands Kelheim (SCHEUERER et al. 1990, 1991) werden an den Vorkommen der vom Aussterben bedrohten *Pulsatilla vernalis* (L.) Mill. var. *bidgostiana* (Zapał.) Aichele & Schwegler seit 1994 regelmäßig Bestandszählungen und „Pinzettenpflege“ durchgeführt. In den Jahren 1991 bis 1994 wurde zwischenzeitlich ein Entwicklungskonzept für die Wuchsorte im Landkreis Kelheim erarbeitet (BAADER et al. 1994). Seit 1998 bzw. 1999 wurde das Artenmonitoring im Auftrag der Bezirksregierungen Niederbayern und Oberpfalz sowie der zuständigen Landschaftspflegeverbände und Naturparke auf ganz Ostbayern ausgeweitet und um gezielte Pflege- und Stützungsmaßnahmen erweitert. Unterstützend wurden im Laufe der Jahre Flächen mit Vorkommen angekauft und z. T. unter Artenschutzgesichtspunkten forstwirtschaftlich bearbeitet.

2 Verbreitung, Biologie, Ökologie und Gefährdung von *Pulsatilla vernalis* in Bayern

Pulsatilla vernalis gilt als Tertiärrelikt mit infraspezifischer Variation. Sie ist von Südkandinavien (S-Norwegen, S-Schweden, S-Finnland, N-Dänemark) über Polen bis Böhmen als var. *vernalis* verbreitet (AICHELE & SCHWEGLER 1957). Populationsgenetische Untersuchungen von RONIQUIER et al. (2008) der auch in Polen vom Aussterben bedrohten Art (GRZYL & RONIQUIER 2011) stützen die These des Tertiärrelikts. Demnach sind die Populationen in Ostbayern nicht nur mit denjenigen aus dem Alpenraum verwandt, sondern auch mit jenen aus Norwegen. Die Besiedlung Ostbayerns mit *P. vernalis* muss also vor den Eiszeiten bzw. in Zwischeneiszeiten erfolgt sein, die Überdauerung der Eiszeiten erfolgte vor Ort in tundrenartigen Vegetationsformen zwischen dem skandinavischen und dem alpinen Eispanzer. Eine nachwürmeiszeitliche Einwanderung kann somit ausgeschlossen werden.

Pulsatilla vernalis kommt in Bayern in zwei Varietäten vor. Die Hochlagenform var. *alpestris* Aichele & Schwegler ist sehr selten und auf saure Böden in den Allgäuer Hochalpen und in den Berchtesgadener Alpen beschränkt (ZEHM et al. 2020). Die mitteleuropäische Tieflagenform (var. *bidgostiana*; Abb. 1) kommt nach dramatischen Rückgängen (vgl. SCHEUERER 1996) rezent nur mehr in der Oberpfalz und im Abensberg-Siegenburger Sandgebiet vor. Sie wird deshalb in der Roten Liste Bayerns (SCHEUERER & AHLMER 2003) als vom Aussterben bedroht (= RL-Kategorie 1) geführt und ist per Gesetz streng geschützt. Bayern trägt für die Erhaltung der Sippe international die Hauptverantwortung und in Deutschland national die Alleinverantwortung.

Die populationsgenetischen Untersuchungen von RONIQUIER et al. (2008) bestätigen die infraspezifische Gliederung von AICHELE & SCHWEGLER (1957) nicht direkt. Allerdings kann man davon ausgehen, dass die lange währende Isolation von den Mutterherkünften Skandinaviens und der Alpen in den Tieflagen Mitteleuropas tatsächlich zu einer – wenn auch geringen – morphologischen Differenzierung geführt hat, wie sie AICHELE & SCHWEGLER (1957) beschreiben.

Die Frühlings-Kuhschelle ist eine ausdauernde, langlebige, vermutlich über 50 Jahre alt werdende, tief wurzelnde, Licht liebende, halbschattenverträgliche, wintergrüne Rosettenpflanze (Hemikryptophyt) und ein Rohbodenpionier. Vitale



Abb. 1: *Pulsatilla vernalis* am ehemals mageren Wuchsort Siegenburg-Nord. Die Rosettenblätter des Vorjahres liegen dem Boden flach auf und können deshalb bei Eutrophierung von Moosen und anderen Konkurrenten leicht überwachsen werden. Die diesjährigen Blätter erscheinen erst nach der Blüte, die sich zur Fruchtreife deutlich streckt.

Foto: Martin Scheuerer, 15.04.2005.

Exemplare bilden bei ausreichenden Niederschlägen Tochterrosetten, die von der Hauptwurzel maximal wenige Zentimeter abzweigen. Sie besiedelt mäßig magere, konkurrenz- und humusarme, basenreiche, allenfalls im Untergrund kalkhaltige, schwach bis mäßig saure, frische bis mäßig trockene, meist tiefgründige, schluffige bis lehmige Sande und sandig-grusige Lehme und meidet Staunässe. In den Tiefen ist sie Kennart des Peucedano-Pinetum Matuszkiewicz (FFH-LRT 91U0), aber auch in basengetönten Silikat-Magerrasen (Aveno-Genistetum Oberdorfer). Blütenknospen werden nur bei ausreichender Wasser- und Lichtversorgung noch im Vorjahr angelegt. Die Blütezeit reicht außerhalb der Alpen von Ende März bis Mitte Mai, die Fruchtreife von Mitte Mai bis Ende Juni. Die Samen sind schwache Windflieger (schwach anemochor; Verbreitungsstrecke meist < 1 m, max. 2 m) und hygroskopische Substratbohrer. Die Samen sind bei Lagerung kurzlebig (max. 2–3 Jahre), im Freiland bis zum nachfolgenden Frühjahr; die Samen bilden *in situ* also keine Samenbank. Samen, die nicht sofort keimen (bei ausreichender Sommerfeuchte auch halbreif noch im Juni/Juli), treten eine Ruhephase an und keimen bei ausreichender Feuchte im Herbst (September/Okttober), spätestens aber im darauffolgenden Spätwinter/Vorfrühling (März). Keimlinge und Jungpflanzen benötigen viel Licht und gleichmäßig hohe Substratfeuchte, aber keine Staunässe. Die Art ist

wenig mahdverträglich und wenig weidefest, trittempfindlich und verträgt Überfahren oder Abdeckung (z. B. durch Laub) nicht. Als Bestäuber wurden u. a. Honigbiene, Hummeln, Zitronenfalter beobachtet.

Beeinträchtigungen und Gefährdungen an (nahezu) allen rezenten Wuchsorten von *P. vernalis* sind:

- Eutrophierung und mangelnde Pflege mit damit verbundener Sukzession von Brombeeren, Heidelbeeren, Besenheide, Gräsern etc., im Unterwuchs der Kiefernbestände Sukzession von Laubgehölzen (Eiche, Pappel, Weide, Birke, Traubenkirsche, etc.).
- Nach trockenen Sommern, z. B. nach 2003, nach 2015, 2017 und 2018 waren Bestandseinbrüche insbesondere bei Jungpflanzen und Auspflanzungen zu beobachten. Auch erfolgt in trockenen Sommern keine Keimung.
- Starke Trockenheit in den Sommern führt i. d. R. zu einem deutlich reduzierten Blütenansatz.
- Ausgrabung von Pflanzen erfolgt überwiegend unqualifiziert, daher vermutlich meist durch Hobbygärtner. Bei Siegenburg wurde aber auch die Entnahme von Herbarbelegen festgestellt.
- Wildvergrämungsmaßnahmen werden regelmäßig durch Photographen und Jagdpächter entfernt, bestehende Wildschutzzäune werden gelegentlich aufgeschnitten.
- Ablagerung von Rinden- und Astmaterial sowie Wildfütterungen.
- Schäden durch Schwarzwild (seit 2006 bei Amberg, seit 2019 bei Vohenstrauß).
- Einwanderung des neophytischen Mooses *Campylopus introflexus* (Haartragendes Krummstielmoos). Durch die Bildung von dichten Filzen ist dieses Moos in der Lage, die potenziellen Keimbetten für *Pulsatilla* rasch zu schließen (seit 2012 an den Fundorten bei Burglengenfeld beobachtet, seit 2013 bei Abensberg und Sandharlanden, seit 2014 bei Pittersberg, seit 2016 bei Amberg, seit 2019 bei Vohenstrauß). Bislang weitgehend frei von *Campylopus* sind die Fundorte bei Siegenburg.

Der Rückgang von *P. vernalis* vor Beginn der Artenhilfsmaßnahmen beruhte wesentlich auf

- Umwandlung von Heiden in Intensivgrünland oder Äcker,
- Aufgabe von Heidenutzung, Streurechen und Plaggen sowie der Waldweide,
- Kahlschlag, Aufforstung, Gehölzumbau (Kiefer → Fichte, Laubgehölze), Holzrückung, Bestandsdüngung und -kalkung, unzureichende Durchforstung, Waldwegbau, Verzicht auf Nutzung der Holzabfälle (Holzklauben),
- Abbau von Kies und Sand,
- Straßenbau, Siedlungsbau, Gewerbebau; Aufdüngung, Ruderalisierung und Versauerung entlang von Fernstraßen,
- Nachstellung durch Gärtner und Botaniker.

3 Methoden

Das Artenhilfsprogramm zu *Pulsatilla vernalis* umfasst die Maßnahmen „Monitoring und Pinzettenpflege“, „Verbisschutz“, „Streurechen und Plaggen“, „Nachzucht und Wiederausbringung“, sowie „Flächenankauf und maschinelle Wald- und Bodenbearbeitung“.

Bei den Bestandszählungen, die möglichst jährlich zur Blütezeit, also zumeist im April durchgeführt werden, werden folgende Parameter erhoben: Anzahl lebender adulter, fertiler und abgestorbener Individuen, Anzahl Rosetten, Anzahl Blütentriebe und deren Verbissrate, Anzahl juveniler Individuen und Keimlinge. In die Bestandszählungen der nachfolgenden Graphiken sind lediglich die adulten, also mehrjährigen Individuen (*in situ* i. d. R. ab dem 3. Lebensjahr) eingeflossen.

Die im jeweiligen Jahr gepflanzten Individuen werden bei den „Gepflanzten“ nicht mitgezählt, sondern nur solche Pflanzen, die im Gelände mindestens einen Winter überdauert haben. Alle Exemplare, die in den Zählungen als angepflanzt auftauchen, sind also mindestens bereits 2019 oder früher gepflanzt. Verjüngungen aus Nachpflanzungen zählen weiter zu den Nachpflanzungen, Verjüngungen aus indigenen Exemplaren zählen weiterhin als indigen.

Zu Beginn der Artenhilfsmaßnahmen beschränkten sich diese zunächst weitestgehend auf die Zählung der Bestände mit Pinzettenpflege, d. h. das Auszupfen der Pflanzen und die Beseitigung von Konkurrenten unmittelbar an den Pflanzen. Angesichts zunehmender Eutrophierung der Standorte, Sukzession von Gräsern, Zwergsträuchern und Gehölzen wurde schnell klar, dass Monitoring und Pinzettenpflege alleine den Rückgang der Art nicht aufhalten können. Daher wurde zunächst ehrenamtlich damit begonnen, zusammen mit wenigen Mitstreitern (den Kollegen W. Diewald, O. Dürhammer, R. Hierlmeier und T. Lobinger sei an dieser Stelle für ihr Engagement ausdrücklich gedankt) und zunächst auf kleiner Fläche an Fundorten, für die das Einverständnis der Grundstückseigentümer vorlag, Streu zu rechen und den Auflagehumus händisch abzuziehen. Diese Maßnahmen führten rasch zur Selbstverjüngung an den verbliebenen autochthonen Pflanzen. Dadurch konnten die Naturschutzbehörden überzeugt werden, derartige Maßnahmen zu unterstützen und mit Geldern zu fördern, wodurch Streurechen und Plaggen ab 1998 in der Oberpfalz und ab 2002 im Landkreis Kelheim nun in größeren Gruppen (zumeist Studenten und Doktoranden der Universität Regensburg) durchgeführt werden konnten.

Pflegemaßnahmen zur Förderung von *P. vernalis* müssen ausreichend offenen Boden (als Keimbett) und eine Reduzierung des konkurrierenden Bewuchses erbringen. Beides wird idealerweise zunächst durch Plaggen (mechanische Entfernung der Vegetationsdecke und des Auflagehumus bis zum sandigen Oberboden mit Hilfe einer Mistkralle oder Plagge-Hacke) erreicht. Einmal geplaggte Flächen müssen in den Nachfolgejahren meist nur mehr streugerecht werden. Allerdings ist der Nährstoffeintrag vielerorts bereits so hoch, dass jährlich einmaliges Streurechen nicht mehr ausreicht, die Humusbildung und die Vegetationssukzession zu unterbinden. Beim Streurechen wird der neu gebildete Auflagehumus (Laub, Nadelstreu etc.) i. d. R. mit einem schweren Eisenrechen entfernt.

Konkurrierende Pflanzen lassen sich nur teilweise mit Hilfe von Plaggen und Streurechen eindämmen. Dies betrifft vor allem Arten, die unterhalb des Auflagehumus im Rohbodensubstrat wurzeln, so z. B. Brombeere, Himbeere, Reitgras,

Besenginster, Lupine etc. Diese Arten werden vor dem Plaggen bzw. Streurechen händisch ausgerissen bzw. ausgestochen. Häufig verbleiben dabei Reste des Rhizoms im Boden, so dass diese Arbeiten i. d. R. im darauffolgenden Jahr wiederholt werden müssen.

Alle Arbeiten werden stets unter Schonung der bereits vorhandenen *Pulsatilla*-Pflanzen durchgeführt. Geschont werden ferner seltene Moose wie *Buxbaumia aphylla*, *B. viridis*, *Dicranum spurium* und Rote-Liste-Gefäßpflanzen wie *Agrostis vinealis*, *Anthericum liliago*, *Carex ericetorum*, *Chimaphila umbellata*, *Erica tetralix*, *Galium valdepilosum*, *Gentiana cruciata*, *Goodyera repens*, *Luzula divulgata*, *Moneses uniflora*, *Pyrola chlorantha*, *P. minor* etc., sowie die für die Vergesellschaftung wichtigen Kenn- und Differentialarten des Peucedano-Pinetum (*Chamaecytisus ratisbonensis*, *C. supinus*, *Cytisus nigricans*, *Genista sagittalis*, *Orthilia secunda*, *Peucedanum oreoselinum*, etc.). Indirekt kommt es im Zuge der Pflegemaßnahmen für *P. vernalis* daher auch zur Förderung dieser Arten am Wuchsort oder sogar zur Wiedererweckung zuvor verschollener Arten, wie z. B. *Teesdalia nudicaulis* bei Burglengelfeld, durch Reaktivierung aus der Samenbank.

Da Blüentriebe und Fruchststände der Frühlings-Kuhschelle von Reh und Hase gerne verbissen werden, und Wühlaktivitäten des Schwarzwilds zum Ausfall ganzer Teilpopulationen führten, mussten diese Bedrohungen aktiv angegangen werden. Dort wo die Errichtung von Wildschutzzäunen keine Option war (z. B. im Offenland, im Privatwald), wurde versucht, den Wildverbiss olfaktorisch abzuwenden. Dazu wurde jährlich mehrfach Verbisschutz ausgebracht. Nachdem die Abwehr von Wildschweinen bzw. Wildverbiss mit „Erusol“ nicht erfolgreich war, wurde ab 2002 der Verbisschutz auf „Arbin“ sowie „Kornitol rot“ umgestellt. Nachdem „Arbin“ keine Zulassung mehr erhielt, wurden die Pflanzen im Frühjahr 2012 erstmals mit „Arbinol“ sowie mit dem neu rezeptierten „Kornitol rot“ behandelt. Letzteres war nur schwer anwendbar und gesundheitsschädlich (immunsystemserschädigend). Der Verbisschutz wurde daher 2013–2015 fast ausschließlich mit Arbinol erbracht. Hierbei war beim Aufbringen auf eine ausreichend hohe Verdünnung zu achten, da ansonsten Knospen und Blätter verklebten und u. U. die Photosynthese und Blütenbildung beeinträchtigt wurde. 2016 wurde auf „Anti-Bissan“ umgestellt, das bis heute auf Schafwolle (vorzugsweise von Bergschafen) aufgeträufelt wird. Dieses Verbisschutzmittel aus Geraniol und Schweiß ist in der Anwendung unproblematisch und in Kombination mit der Schafwolle höchst effektiv. Reichliche Niederschläge führen allerdings wie schon bei den vorangegangenen Verbisschutzmitteln zu raschem Rückgang der wildvergrämenden Wirkung, so dass in niederschlagsreichen Frühjahren (z. B. 2016) kein ausreichender Schutz gewährleistet ist.

Für die Nachzucht von *P. vernalis ex situ* und deren Wiederausbringung im Umfeld der rezenten Wuchsorte werden streng getrennt nach Herkünften möglichst viele Individuen eines Wuchsorts besammelt, gelagert und nachgezogen. Bei der Samenaufsammlung wurde ein Großteil der Samen auch unmittelbar vor Ort verteilt. Um die Trennung der Herkünfte bei der Nachzucht zu optimieren, wurde versucht, möglichst mehrere Gärtnereien, die unterschiedliche Herkünfte nachziehen, mit der Nachzucht zu betrauen. Die Aussaat ins Saatbeet erfolgt entweder unmittelbar zur Samenreife (Juni) oder im darauffolgenden Spätwinter. Die Keimung der Samen erfolgt in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur nach 1 bis 3 Wochen. Die

Keimrate lebender Samen liegt je nach Herkunft zwischen 27 und 86 % (BETZ et al. 2013). Nadelöhr bei der Nachzucht ist die Notwendigkeit, das Substrat ständig leicht feucht zu halten, ohne dabei Staunässe zu produzieren. Das Substrat sollte daher durchlässig (schwach lehmiger Sand und Grus) sein mit nur geringen Ton- und Torfanteilen. Der pH-Wert des Substrats spielt eine untergeordnete Rolle, allerdings sollte man sehr kalkreiches ebenso wie sehr saures Substrat meiden.

Die Auspflanzung erfolgt i. d. R. im 2. Lebensjahr der Pflanze. Einige Individuen erreichen aber bereits im Herbst des Anzuchtjahres eine Größe, die zur Auspflanzung geeignet erscheint (der Rosettendurchmesser sollte dann mind. 3 cm betragen, die Anzahl der Rosettenblätter sollte mind. 3 sein). Die Pflanzung kräftiger diesjähriger Pflanzen hat den Vorteil, dass deren Pfahlwurzel noch nicht stockt und sie noch keine Blüentriebe gebildet haben. Zweijährige Pflanzen *ex situ* haben oft schon Blüten gebildet, die bei großer Trockenheit im darauffolgenden Blütejahr *in situ* zum Ausfall der gesamten Pflanze führen können, vor allem dann, wenn die Pflanze für die Ausbildung der Blüten die Ausbildung ihres Wurzelsystems vernachlässigt hat.

Die Auspflanzung erfolgt i. d. R. im Frühherbst, da die Frühjahre in Ostbayern zunehmend unter Trockenheit leiden. Zur Auspflanzung werden bevorzugt Standorte in Dünentälern und Senken gewählt, um das Vertrocknungsrisiko zu minimieren. Ein Nachgießen der Auspflanzungen erfolgt nur in Ausnahmefällen. Bevorzugt werden frisch geplagte Flächen in der Nähe von Stammbasen von Kiefern, weil nur dann halbwegs gewährleistet ist, dass bei künftigen Waldarbeiten ausreichend Schutz vor Überfahren besteht.

In der Vegetationsperiode 2009 wurden vom Institut für Botanik der Universität Regensburg von Cordula Betz Proben für populationsbiologische und -genetische Untersuchungen entnommen (REISCH & BETZ 2009, BETZ et al. 2013). Die Vitalität der Individuen wurde gemessen als Durchmesser der Blattrosette, Anzahl der Blätter pro Rosette, Höhe des Fruchtstandes, Anzahl der Blüten pro Pflanze, Anzahl der Samen pro Blüte und Gewicht der Samen. Die Keimraten wurden gemessen mit unterschiedlicher Hell-Dunkel-Rhythmik und unterschiedlichen Temperaturfolgen. Die genetische Variation wurde anhand von Nei's Gene Diversity (GD), Shannon's Information Index (SI) und des Prozentsatzes polymorpher Loci (PL) ermittelt.

4 Zwischenbilanz der Artenhilfsmaßnahmen zu *Pulsatilla vernalis*

Die Auflistung der rezenten Wuchsorte erfolgt von Nord nach Süd. Die Wuchsorte werden aufgrund der leider immer noch bestehenden Gefährdung von *Pulsatilla vernalis* durch Ausgraben und Ausstechen nur grob genannt.

4.1 Wuchsort Vohenstrauß

Das Vorkommen von *Pulsatilla vernalis* bei Vohenstrauß (TK 6339/4) wurde erstmals von Otto Mergenthaler 1963 entdeckt und wächst auf einem mäßig trockenen bis frischen Heidebuckel über grobkristallinem Granit. Der Wuchsort wurde bis in die Mitte der 1950er Jahre als Hutung genutzt. Der Standort ist flachgründig, sandig-grusig, skelettreich, nährstoff- und basenarm, sauer. Das Substrat besitzt nur

eine sehr geringe Wasserkapazität, so dass es in Trockenperioden zu Trockenschäden an der Vegetation kommen kann. Es ist der einzige Wuchsort von *P. vernalis* außerhalb der Alpen, wo diese unmittelbar mit *Arnica montana* vergesellschaftet ist. Das ehemalige Vorkommen von *Antennaria dioica* ist hier durch Hitze/Trockenheit 2018 erloschen.

Spezifische Beeinträchtigungen am Wuchsort sind:

- Bis 1989 durch Nutzungsauffassung und Beschattung gefährdet, danach durch stellenweise zu tief geführte Mahd. Von der scharfen Mahd (ebenso wie von Oberbodenabtrag) profitiert vor allem Arnika.
- Der Rückgang der Individuen im Westteil des Wuchsorts beruht vornehmlich auf Ausgrabungen.
- Der Heidebuckel wird bei Militärmanövern gerne als Stützpunkt für Militärfahrzeuge genutzt (so auch Anfang Mai 2012 und Mitte Mai 2013). Bis zur Mitte der 1980er Jahre führte ein Feldweg quer über die Heidekuppe.

Bisherige Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen (Mitt. M. Müllner 2015):

- 1980–1985: Abtragung des Oberbodens auf ca. 100 m² und erfolglose Ansaat der Kuhschelle durch die BN-Kreisgruppe (Ausbreitung der Arnika!).
- 1985: Verlegung des Feldwegs, der quer über die Kuppe verlief, an den Westrand des Heidebuckels.
- 1989: Entbuschung und Herbstmahd, Aufasten einiger Kiefern aus Mitteln des Landkreises.
- 1990/1991: Gehölzbeseitigungen am Südrand der Heide durch die BN-Kreisgruppe.
- 1994–1997: Beweidung mit Schafen, danach Aufgabe der Schafbeweidung wegen des hohen Aufwands und unzureichendem Aufwuchs.
- 1998: Erwerb des Westteils des Heidebuckels mit nachfolgender Abholzung des dortigen Fichtenbestands.
- 1998–2003: Pflegemahd durch die BN-Kreisgruppe. In diese Zeit fällt der Zusammenbruch des Bestands aufgrund zu tief geführter Mahd!
- 2014: Oberbodenabtrag im Südosten des Heidebuckels, Beseitigung der Besenheide am indigenen Wuchsort entlang der westlichen Wegböschung und Beseitigung des Bewuchses um die Baumscheiben der großen Kiefern im Zentrum des Heidebuckels.
- 2014–2020: Schutz von Jungkiefern vor der Mahd um eine mit Kiefern bestandene Heide zu entwickeln, damit wegen der zunehmenden Gefährdung durch Hitze und Trockenheit das Mikroklima der Heide besser an die Bedürfnisse der Frühlings-Kuhschelle angepasst wird.

Populationsgröße und Entwicklungstendenz

Die erste verlässliche Bestandsschätzung am Wuchsort stammt aus dem Jahr 1977 von Hermann Merkel: „ca. 50 blühende Ex., noch mehr sterile Ex.“ Der Bestand hat damals also wohl mindestens 100 Individuen umfasst. 1993 zählte Mathilde Müllner 77 fertile Ex., 1997 Dietmar Willomitzer 84 Ex. Zu Beginn des regelmäßigen

Monitorings 1999 waren es ohne Ansaubungen nur mehr 46 Individuen. Die Betreuung – zunächst in Form von Bestandszählungen – erfolgte 1998–2001 durch Jürgen Holl und Martin Scheuerer, dann durch J. Holl 2002–2004 und seit 2012 durch den Autor; d. h. 2005 bis 2011 gab es keine Betreuung im Rahmen von Artenhilfsmaßnahmen.

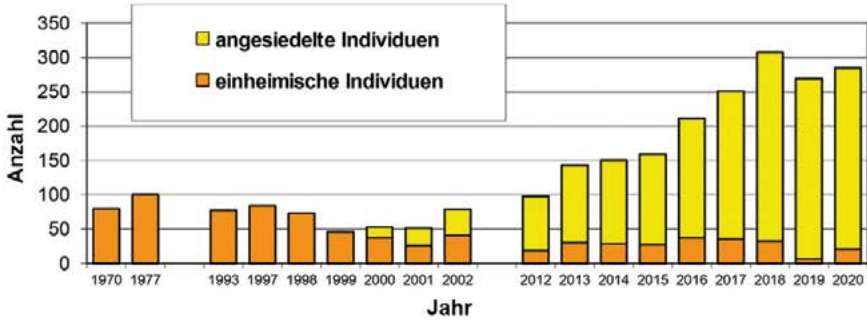
Die Bestandsentwicklung zeigt bis 2012 einen dramatischen Rückgang indigener Pflanzen. Bis heute ist aber ein deutlicher Zuwachs zu verzeichnen, der vor allem auf der Zunahme an Pflanzen aus ehemaliger Ansaat auf Plaggeflächen vor allem durch J. Holl beruht. Der Rückgang autochthoner Individuen konnte mit Wiederaufnahme der Artenhilfsmaßnahmen im Jahr 2012 gestoppt und bis zum Frühjahr 2018 in Zuwächse umgekehrt werden. Die Trocken- und Hitzejahre 2003 und 2018 führten jeweils zu einem Zusammenbruch der autochthonen Population, der Bestand entlang der Wegböschung ist 2018 zusammen mit *Antennaria dioica* erloschen. Jetzt rächten sich die illegalen Ausgrabungen durch Dritte, die die vitalsten Pflanzen dort eliminiert hatten. Die verbliebenen Pflanzen waren diesen Wetterextremen nicht mehr gewachsen. In den beiden Abschiebeflächen auf dem Plateau hat sich das Trockenjahr 2018 dagegen nicht so dramatisch ausgewirkt. Wesentlich hierfür dürften die halbschattigen Verhältnisse unter den im Rahmen der Artenhilfsmaßnahmen entwickelten Jungkiefern sein, die ein etwas weniger trockenes Mikroklima am Standort bewirkten, sowie die Etablierung aus Saaten ehemals vitaler Stöcke. Die deutliche Zunahme der Individuen in den beiden großen Ablagflächen beruht ebenfalls vor allem auf dem Aufwuchs von Jungkiefern, die die noch jungen Kuhschellen-Pflanzen vor dem Vertrocknen bewahren. Gleichzeitig führt aber die Beschattung durch die Jungkiefern zu einer Hemmung des Wachstums und der Blütenbildung bei der Kuhschelle, so dass es eine wesentliche Aufgabe während der Bestandszählungen dort ist, durch Ausschneiden und Aufasten der Kiefernverjüngung einen Mittelweg zwischen Austrocknung und Beschattung zu finden.

Populationsbiologische und -genetische Untersuchungen

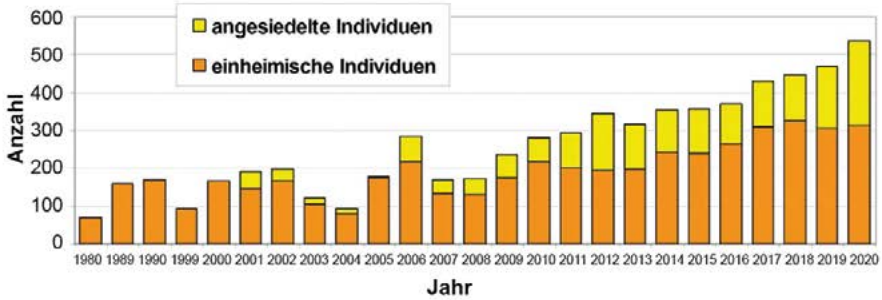
Wesentliche Ergebnisse aus REISCH & BETZ (2009) sowie BETZ et al. (2013) sind:

- Am Wuchsort Vohenstrauß zeigen die Pflanzen von *Pulsatilla vernalis* über alle Wuchsorte hin betrachtet die geringste Vitalität. Dies betrifft vor allem die wesentlichen Parameter Rosettendurchmesser, Wuchshöhe, Samenanzahl und Samengewicht. Dies liegt vermutlich an den ungewöhnlich nährstoffarmen Standortverhältnissen. Lediglich die Anzahl der Blütentriebe pro Pflanze war bei den angepflanzten Individuen höher als an anderen Wuchsorten.
- Die genetische Variabilität nahm zum Untersuchungszeitpunkt bei den autochthonen Individuen einen mittleren Wert ein, während die Nachzuchten deutlich weniger vielfältig waren als an anderen Wuchsorten. Abgesehen davon, dass die Samenproduktion am Wuchsort Vohenstrauß relativ gering ist, zeichnen sich deren Nachzuchten noch *ex situ* durch besonders hohe Ausfälle bei Trockenheit und Hitze aus. Es findet also bereits bei der Nachzucht eine Selektion auf gegenüber Hitze und Trockenheit resistenterer Individuen statt, da nur diese dann zur Auspflanzung zur Verfügung stehen.

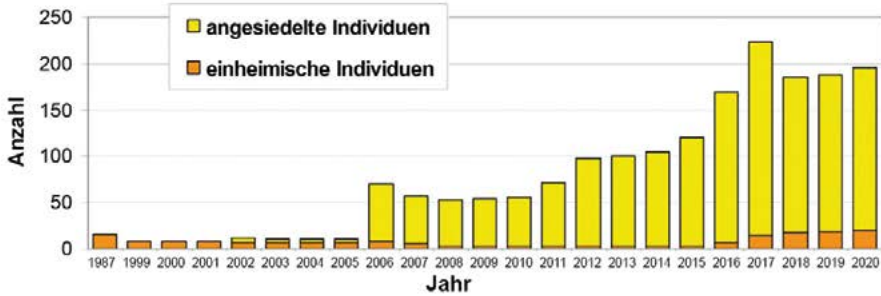
***Pulsatilla vernalis* bei Vohenstrauß**



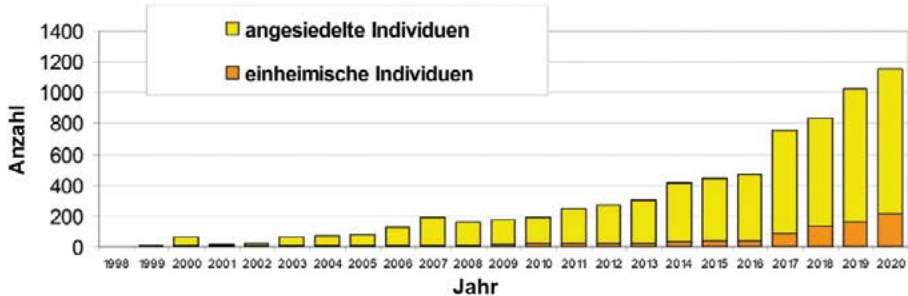
***Pulsatilla vernalis* bei Amberg**



***Pulsatilla vernalis* bei Pittersberg**



***Pulsatilla vernalis* bei Burglengelfeld**



4.2 Wuchsort Amberg

Das seit 1999 vom Autor betreute Vorkommen von *Pulsatilla vernalis* bei Amberg (TK 6537/3) wurde erstmals von W. Gugler 1898 (Staatsherbar München) belegt und wächst auf mäßig trockenen bis frischen, teils umgelagerten, humosen, lehmigen Sanden bzw. sandigen Lehmen und gliedert sich in zwei indigene Teilpopulationen im NW- und im SO-Teil einer mit Kiefern bestandenen Heide, die durch Zapflanzung von autochthonen Nachzuchten ergänzt wurden. Ein dritter Fundpunkt im SW-Teil des Wuchsorts besteht ausschließlich aus zugepflanzten, autochthonen Nachzuchten.

Es handelt sich hier um einen lichten, ehemals von Militär genutzten Altkiefernbestand (*Peucedano-Pinetum*; Differenzialarten gegenüber Leucobryo-Pinetum: *Campanula rotundifolia*, *Genista germanica*, *Potentilla erecta*), im Südteil des Wuchsortes bis 2002 mit *Moneses uniflora*; dieses erst 2010 wieder an benachbarter Stelle vorübergehend beobachtet. Im Nordteil des Wuchsorts seit 2003 *Erica tetralix*, seit 2012 viel *Agrostis vinealis*. 2013 erstmals *Goodyera repens* nachgewiesen, das aber bereits 2016 von *Pilosella aurantiaca* verdrängt wurde. 2017 kam im Nordteil des Wuchsorts erstmals ein Kleinbestand von *Scorzonera humilis* zur Blüte. Dieser zählte am 24.04.2019 ca. 23 Ex., am 9.05.2020 ca. 37 Ex.

Spezifische Beeinträchtigungen des Wuchsorts sind:

- In der großen ehemaligen Sandgrube im Zentrum des Wuchsorts Müllablagerungen, auf der Fläche insgesamt drei ehemalige Schützengräben.
- Im Südteil wurde der Oberboden großflächig mit tonigem Material verfüllt und verdichtet.
- Gewerbsmäßige Auslichtungsmaßnahmen im Winterhalbjahr 1999/2000 und im Winter 2002/2003 mit starken Beeinträchtigungen an den Vorkommen. Seither erfolgt auch die Gehölzpflege nur mehr im Rahmen der Artenschutzpflegemaßnahmen.
- Ausgrabung von *Pulsatilla vernalis* durch Unbekannte 2009, 2011 (5 Grablöcher), 2012 (4 Grablöcher), 2014 (9 Grablöcher).
- Im Herbst 2011 wurde der bestehende Dachsbau im Auftrag des Jagdpächters mit Hilfe eines Baggers aufgedrückt. Die Vernichtung bzw. Vertreibung des Dachses hat eine drastische Zunahme der Schäden durch Wühlmäuse zur Folge. Besonders innerhalb des Wildschutzauns im Nordwesten des Wuchsorts konnten sich Wühlmäuse stark vermehren, so dass es ab 2013 zur Schädigung von *Pulsatilla*-Pflanzen kam (Verbiss der Blüentriebe und der Wurzeln, dadurch auch Absterben ganzer Pflanzen).



Abb. 2: Bestandsentwicklung von *Pulsatilla vernalis* an ihren Wuchsorten bei Vohenstrauß, Amberg, Pittersberg und Burglengenfeld. Die ursprünglichen Bestandsgrößen autochthoner Individuen wurden mit Ausnahme des Vorkommens bei Vohenstrauß im Zuge der Artenhilfsmaßnahmen wieder erreicht. Bei Burglengenfeld hat die Gesamtzahl der Individuen (ohne Juvenile und Keimlinge) 2019 erstmals die 1000er-Marke überschritten. Damit ist dieser ehemals individuenarme Wuchsort mit seinen beiden Vorkommensschwerpunkten inzwischen der individuenreichste, aber auch der flächenmäßig größte Wuchsort in Bayern sowie in ganz Mitteleuropa.

Bisherige Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen:

- 1980, 1984 und 1985 Auflichten des Waldbestands durch Einzelstammentnahme, Streurechen und Aufreißen der Drahtschmielen-Rasen durch einen Naturschutzverband im Auftrag der Regierung der Oberpfalz (HERRE 1990).
- 1987 bis 1990 weitere Auflichtung des Waldbestands durch Einzelstammentnahme, maschinelles Abschieben dicker Streuschichtdecken mit teilweiser Freilegung des Sandbodens im Umfeld der *Pulsatilla*-Pflanzen (HERRE 1990).
- Zwischen 1990 und 1994 erfolgte nur vereinzelt eine Mahd der nach Beseitigung der Orkanschäden wieder zugänglichen Lichtungen (Mitt. R. Lehmeier 2000).
- Seit 1995 wird die Mahd der großen Lichtungen in der Heide über den Landschaftspflegeverband Amberg-Sulzbach e.V. organisiert. 1995, 1996 und 1997 erfolgte zusätzlich zur Mahd eine herbstliche Beweidung mit einer kleinen gemischten Schaf- und Ziegen-Herde der Schäferin Helga Bullinger, die aus gesundheitlichen Gründen aufhören musste (Mitt. R. Lehmeier). Bis 2016 erfolgte dann keine Beweidung mehr (s. u.). Lediglich 2017 und 2018 unterblieb die Pflege durch Mahd.
- 2004: Neutrassierung und Erneuerung des Wildschutzzaunes durch Johann Scheuerer im Auftrag des LPV AS e.V.
- 2000, 2002, 2003, 2012–2016, 2019 und 2020: Streurechen und Auflichten mit mehreren Hilfskräften in größerer Gruppe.
- 2009: Entnahme von Laubgehölzen entlang des inneren Westrands der Heide und im NO-Teil. Diese Maßnahme wurde im Herbst 2010 weitergeführt und dabei im NO-Teil der Boden abgeschoben.
- Die Bekämpfung der Wühlmaus-Population nach Vergrämung des Dachses erfolgte durch Aufhängung von 2 Waldkauz Kästen mit Unterstützung durch die Stadt Amberg im Jahr 2014.

Ende August 2016 wurde die Heide erstmals seit 1997 wieder beweidet. Der Weideversuch zeigte, dass *Pulsatilla vernalis* von Schafen/Ziegen sehr wohl gefressen wird, wenn die Pflanzen halbwegs kräftig sind, so dass die Tiere die Blätter und Knospen mit ihrem Maul zu fassen bekommen. Diese Pflanzen sind dann in ihrer Entwicklung für das Folgejahr deutlich geschädigt. Da gleichzeitig Brombeeren kaum verbissen, Gehölzschösslinge i. d. R. nur entblättert, die gewünschte Kiefernverjüngung verbissen, dichter Graswuchs eher niedergetreten als gefressen wird und ohnehin kurzrasige Stellen, an denen auch *Pulsatilla* steht, bevorzugt beweidet werden, halten sich die positiven Effekte der Beweidung (durch Tritt entstehen offene Bodenstellen, der geringe Eintrag von Schafkot führt zu einer leichten Dünge-/Mineraliengabe, durch die Schafbeweidung wird das Wild verdrängt) in Grenzen, so dass die Beweidung seit 2017 nicht mehr fortgeführt wurde.

Populationsgröße und Entwicklungstendenz

Die erste verlässliche Bestandsschätzung am Wuchsort stammt aus dem Jahr 1967: mind. 300 Ex. (Kühnel). Für 1980 gibt HERRE (1990) ca. 70 Individuen an. Für 1989 gibt er 160, für 1990 170 vitale Rosetten (gemeint sind wohl adulte Individuen) an, davon 1990 45 Ex. blühend. Danach wurden die Schutz- und Pflegebemühungen wieder zurückgefahren, so dass mit Beginn des Monitorings im Jahr 1999 wieder

nur mehr 91 adulte Pflanzen zzgl. 50 sterile Jungpflanzen aus jüngsten Ansaubungen gezählt wurden. Mit Wiedereinführung der Pinzettenpflege und dem Streurechen erholte sich der Bestand schnell und konnte durch Zupflanzungen autochthoner Nachzuchten deutlich gestärkt werden.

Die Trockenjahre 2003 und 2004 hatten bei Amberg – anders als bei Offenstetten und Siegenburg (s. u.) – für die Bestandsentwicklung fatale Folgen. Während Altexemplare sich vielfach in die Wurzel zurückziehen konnten und dann 2005 wieder erschienen, sind die vorangegangenen Auspflanzungen, die noch keine kräftigen unterirdischen Organe ausbilden konnten, fast komplett eingegangen. In gleichem Maße hat es die noch von B. Frank bis 1999 durch Aussaat gezogenen Jungpflanzen getroffen.

2007 erfolgte erneut ein deutlicher Bestandseinbruch, vermutlich aufgrund des Trockenjahres 2006. Dieser war sowohl bei den indigenen wie auch bei den zugepflanzten Individuen feststellbar, von denen fast nur Altauspflanzungen überlebten. Zwischen den Zählungen 2011 und 2012 wurden mindestens 3 Exemplare durch Dritte ausgegraben. 2013 fiel die deutlich reduzierte Individuenzahl bei den Zupflanzungen auf. Ursache hierfür war der trockene Sommer 2012. 2014 war die Verjüngung erneut schwach, jedoch erreichte die Zahl autochthoner Pflanzen den bislang höchsten Wert, während die nachgepflanzten Individuen durch Trockenheit und Ausgraben einen deutlichen Rückgang aufwiesen. 2015 beruhte der leichte Rückgang autochthoner Exemplare auf Ausgraben und vor allem auf Verlust durch Wühlmäuse. 2016 zeigte sich trotz des trockenen Sommers 2015 ein guter Blütenansatz und eine Zunahme autochthoner Pflanzen. Diese Zunahme beruhte allerdings ausschließlich auf der Bestandszunahme innerhalb der NW-Zäunung. Im Südosten des Wuchsorts sind dagegen viele Pflanzen, nicht nur aus Auspflanzungen, ausgefallen. Hier traten Schäden durch Wühlmäuse auf, Ausgrabungen können nicht ausgeschlossen werden. Auffällig ist der Verlust bei den Auspflanzungen, Juvenilen und Keimlingen, was auf die Trockenheit 2015 zurückzuführen ist. 2017 war eine deutliche Bestandszunahme und eine hohe Fertilität zu verzeichnen. 2018 brachen Fertilität und Verjüngung aufgrund der Trockenheit in 2017 ein. 2019 war trotz der Trockenheit 2018 ein Bestandszuwachs zu verzeichnen, obwohl der autochthone Bestand im SO-Teil des Wuchsorts durch starke Verluste jüngerer Pflanzen dort um über 30 Exemplare deutlich zurückging. Der Zuwachs des Gesamtbestands beruhte vor allem auf Auspflanzungen 2018 im SO-Teil, die die Trockenheit wegen mehrfachen Nachgießens im Rahmen der Artenhilfsmaßnahmen erstaunlich gut überlebt haben. Auch die Fertilität war trotz der Trockenheit erfreulich hoch.

Populationsbiologische und -genetische Untersuchungen

Wesentliche Ergebnisse aus REISCH & BETZ (2009) sowie BETZ et al. (2013) sind:

- Die Vitalität der gepflanzten Individuen ist messbar geringer als die der indigenen Individuen.
- Die Keimrate von Samen der gepflanzten Individuen ist niedriger als die der indigenen Individuen.
- Die genetische Variation innerhalb der gepflanzten Individuen ist geringer als innerhalb der indigenen Individuen. Damit ist auch die genetische Variation innerhalb der indigenen Individuen höher als innerhalb aller Individuen des Wuchsorts.

4.3 Wuchsort Pittersberg

Der erst am 29.06.1986 von Hermann Merkel entdeckte Wuchsort bei Pittersberg (TK 6638/1) liegt in einem gut strukturierten Kiefernbestand, der vegetationskundlich einer sauren Ausbildung des Peucedano-Pinetum zugeordnet werden kann, über Podsol aus Kreidesandsteinverwitterung. Differenzialarten sind hier *Campanula rotundifolia*, *Genista germanica*. Am 09.10.2007 auf im Vorjahr streugerechter Fläche fand Dr. Oliver Dürhammer 18 Sporogone des FFH-Mooses *Buxbaumia viridis*. Am 11.04.2011 konnte *Buxbaumia viridis* an 2 weiteren Fundpunkten beobachtet werden. Am 04.04.2012 wurde am Fundpunkt der indigenen Pflanzen erstmals *Buxbaumia aphylla* und *Dicranum spurium* nachgewiesen. *Buxbaumia aphylla* konnte seither an mehreren Stellen und fast jährlich um die *Pulsatilla*-Pflanzungen herum festgestellt werden. Nördlich des Fundorts wächst ein kräftiger Bestand von *Lycopodium clavatum*.

Spezifische Beeinträchtigungen des Wuchsorts sind:

- Dichter Gehölzüberstand verhinderte bis 2001 einen Blüherfolg. Nach Auflichtung (Gehölzentnahme Winter 2000/2001) setzte Vergrasung ein und rückten Brombeeren vom Waldrand her in die Fläche vor.
- Im Frühjahr/Frühsummer 2002 wurden am Wuchsort zwei Grablöcher entdeckt.
- Im Spätwinter 2007/2008 wurde am Wuchsort eine intensive Durchforstung mit Harvester durchgeführt, bei der indigene Individuen am Wegrand überfahren wurden und abstarben. Im nördlichen Teil des Wuchsortes wurde daraufhin bis zum Winter 2019/2020 gezäunt. Mit dem Zaunbau hat die Beeinträchtigung durch Schwarzwild nachgelassen.
- Im Herbst 2019 wurde auf dem Acker unmittelbar südlich vom Wuchsort ein Mobilfunkmast errichtet und dabei der bestehende Feldweg mit Kalkschotter befestigt und verbreitert.

Bisherige Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen:

- Winter 1999/2000: Durchforstung mit Harvester durch den Eigentümer.
- 2000, 2001, 2005, 2006 und 2007: Streurechen und Auflichten mit wenigen Kollegen in kleiner Gruppe.
- 2008, 2009, 2011–2017, 2019 und 2020: Streurechen und Auflichten mit mehreren Hilfskräften in größerer Gruppe.

Bei den Pflegemaßnahmen in größerer Gruppe seit 2008 (Streurechen, Plaggen) werden neben dem Erhalt und der Optimierung der in den Vorjahren offen gehaltenen bzw. freigelegten Flächen Jahr für Jahr die von Brombeer- und Heidelbeergestrüpp dominierten Ränder weiter zurückgedrängt, so dass die für *Pulsatilla* besiedelbare Fläche alljährlich zunimmt.

Populationsgröße und Entwicklungstendenz

Am 20.05.1987 zählte Hermann Merkel 16 Individuen, davon 3 blühend. Zu Beginn der Artenhilfsmaßnahmen durch den Autor im Jahr 1999 waren es dann nur mehr 8 autochthone Pflanzen. 2007 bis 2015 ging dieser Bestand auf nur mehr 3 autochthone Individuen zurück, die dann bis einschließlich 2020 mittels Selbstverjüngung auf 20 autochthone Individuen gesteigert werden konnten.

Die Abnahme von 2001 auf 2002 um 1 Ex. beruht definitiv auf Ausgrabung, der Rückgang von 2006 auf 2007 auf Schwarzwild und/oder Ausgrabung. Der weitere Rückgang indigener Pflanzen von 2007 auf 2008 beruht auf Überfahren mit Holzerntemaschinen. Seither ist der Bestand stabil, die Individuen aus Nachzuchten nehmen zu. 2017 sind durch Jungauspflanzungen starke Zuwächse zu verzeichnen, auch der autochthone Bestand konnte sich durch Selbstverjüngung weiter erholen. 2018 gab es aufgrund der Trockenheit Ausfälle ganzer Gruppen von Jungauspflanzungen, wodurch auch die Gesamtzahl der Individuen deutlich abgenommen hat.

Populationsbiologische und -genetische Untersuchungen

Wesentliche Ergebnisse aus REISCH & BETZ (2009) sowie BETZ et al. (2013) sind:

- Die Vitalität gepflanzter Individuen ist bei Pittersberg geringer als die der indigenen Individuen. Dies lag hauptsächlich am Nachzuchtverfahren am Botanischen Garten der Universität Regensburg, wo nur wenige Samen ausgestreut und damit nur wenige Exemplare nachgezogen werden und dadurch auch schwachwüchsige Jungpflanzen zum Auspflanzen verwendet werden mussten, die in den Trockenperioden 2014–2019 sukzessive wieder abstarben.
- Die Keimrate von Samen der gepflanzten Individuen ist höher als die der indigenen Individuen.
- Die genetische Variation innerhalb der indigenen Pflanzen ist bei Pittersberg geringer als die der nachgezogenen und damit auch geringer als die Gesamtheit aller vorhandenen Pflanzen. Dies liegt daran, dass 2009 nur mehr 3 indigene Pflanzen vorhanden waren, während 51 Pflanzen aus Nachzucht am Wuchsort gediehen. Insgesamt ist die genetische Diversität hier unter allen untersuchten Wuchsorten am geringsten.
- Die Nachzuchten seit 2009 sind nach Ausbringung wesentlich weniger vital als die ehemaligen Auspflanzungen. Grund hierfür dürfte sein, dass durch Reduktion der Anzahl indigener Exemplare auch die Vitalität des zu besammelnden Samenmaterials nachgelassen hat.

4.4 Wuchsort Burglengenfeld

Der erst 1990 von Wolfgang Geißner entdeckte Wuchsort bei Burglengenfeld (TK 6838/1) ist das jüngst entdeckte Vorkommen von *Pulsatilla vernalis* in Ostbayern und wird seit 1998 vom Autor betreut. Die Art wächst hier auf schwach bis mäßig sauren, mäßig trockenen bis trockenen, quartären Flugsanddecken über Tertiärsanden, zumeist an durch Kalkstaub (von benachbarten, mit Kalkschotter befestigten Forststraßen) gedüngten Waldrändern im Peucedano-Pinetum. Wichtige Begleitarten sind: *Astragalus glycyphyllos*, *Chamaecytisus* sp., *Chimaphila umbellata*, *Festuca brevipila*, *Genista* sp., *Peucedanum oreoselinum*, *Pyrola* sp. Seltene Begleiter sind *Anthericum liliago*, *Galium valdepilosum*, *Gentiana cruciata*, *Goodera repens*. An den regelmäßig streugerechten Bereichen haben sich zwischenzeitlich auch *Buxbaumia aphylla*, *Dicranum spurium*, *Teesdalia nudicaulis* etabliert.

Der Wuchsort besteht mittlerweile aus zwei größeren Vorkommen, nämlich dem ursprünglichen Hauptvorkommen, das neben anfangs wenigen autochthonen Individuen mit Zupflanzungen und Ansaaten erheblich erweitert werden konnte, und

einem ca. 1 km weiter westlich gelegenen, ebenfalls individuenreichen Vorkommen, das ausschließlich aus ausgebrachten Nachzuchten und Ansaaten aus Herkunft der ursprünglich autochthonen Individuen aufgebaut wurde.

Spezifische Beeinträchtigungen des Wuchsorts sind:

- Massives Aufkommen von Besenginster und Lupine, die zur waldbaulichen Standortverbesserung früher ausgesät wurden. Seit ca. 10 Jahren massive Ausbreitung der Späten Traubenkirsche und nach Bodenbearbeitung im Umfeld des Wuchsorts Invasion von Neo- und Nitrophyten.
- Der Wuchsort wird von Rückegassen durchschnitten, die als potenzielle Standorte ausfallen (Gefahr durch Verdichtung und Erdrücken von Pflanzen).
- Die Forststraße am Hauptvorkommen wird regelmäßig gegrädert, wobei z. T. Soden am Wegrand zur Ablagerung kommen. Hierdurch starb eine der damals wenigen autochthonen Pflanzen im Frühjahr 2006 ab.
- Rückarbeiten mit Harvester im Juli/August 2008 und im Herbst 2020 am Hauptvorkommen. Zur Minimierung der Schäden wurden vor dem Harvester-Einsatz die zu schützenden Bereiche am Wuchsort mit Absperrband ausgegrenzt und Selbstwerberarbeiten im Nachgang im Rahmen der Artenhilfsmaßnahmen durchgeführt.
- Im Frühjahr 2011 wurde das westliche autochthone Vorkommen mit Forstmulcher behandelt und Buchen gesät. Im Spätsommer 2012 wurde das östliche autochthone Vorkommen mit Forstmulcher behandelt und Eichen gesät. Die Vorkommen von *Pulsatilla vernalis* wurden dabei ausgespart und die Bestände wurden daraufhin gezäunt. Am 12.04.2013 wurden am Wuchsort innerhalb der Zäunungen Tanne und Berg-Ahorn gepflanzt. Diese Pflanzungen wurden im Bereich der *Pulsatilla*-Vorkommen wieder entfernt.
- Im April 2013 je zwei Grablöcher am Hauptvorkommen und im westlichen Vorkommen. Außerdem wirkten einzelne Pflanzenstöcke im westlichen Hauptvorkommen als seien sie gedüngt worden.
- Die Wildschutzzäune am Hauptvorkommen wurden nach Windwurf im Winter 2014/2015 undicht. Seit dem Frühjahr 2015 daher Wildverbiss (Hase und Reh) auch innerhalb der Zäunungen.
- 2018 und 2019 wurde der Verbisschutzzaun im Westvorkommen von Pilzesammlern niedergedrückt bzw. geöffnet.

Bisherige Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen:

- Streurechen, Plaggen und Mahd an beiden Vorkommen zumeist in größerer Gruppe und jährlich mit 2 bis 6 Tageseinsätzen seit 1998 (Ausnahme: 2002, 2005, 2006).
- Bekämpfung der Lupinen, des Besenginsters, der Brombeeren, der Späten Traubenkirsche u. a. durch Ausstechen und Ausreißen.

Populationsgröße und Entwicklungstendenz

Wolfgang Geißner zählte bei seinem Erstnachweis 1990 mindestens 5 Pflanzen. Zu Beginn der Artenhilfsmaßnahmen 1998 wurden nur mehr 3 Pflanzen gefunden,

wobei das vierte Exemplar des Jahres 1999 damals vermutlich übersehen wurde. Durch Pinzettenpflege und Streurechen konnte im Jahr 2000 der indigene Bestand durch Wiederfunde bereits auf 7 Exemplare gesteigert werden. Seit 2004 ist regelmäßig eine Selbstverjüngung sowohl an den indigenen Individuen wie auch in den Auspflanzungen zu beobachten. 2020 lag die Zahl adulter indigener Individuen bei 214, die der Ansalbungen bei über 900 Individuen.

Die Bestandsentwicklung in Abb. 2 zeigt einen relativ gleichmäßigen und kontinuierlichen Anstieg der Individuenzahlen ohne nennenswerte Rückschläge nach den Trocken- und Hitzejahren 2003 und 2018. Allerdings führte der sehr trockene Sommer 2015 an vielen Pflanzen 2016 zu einem Rückgang der Fertilität (geringere Anzahl an Blütentrieben) und zu deutlichen Verlusten an Jungpflanzen und Keimlingen. Auch 2018 war die Fertilität aufgrund des trockenen Sommers 2017 deutlich reduziert.

Da Burglengenfeld seit jeher der klimatisch trockenste und sommerwärmste Wuchsort aller bayerischen Vorkommen ist, sind die Pflanzen hier wohl am stärksten an derartige Witterungsverhältnisse angepasst. Dies zeigt sich auch bei den Nachzuchten in den Gärtnereien, wo die Herkunft Burglengenfeld in Hitzejahren die geringsten Ausfälle verzeichnet. Dieser Population kommt daher auch im Hinblick auf den Klimawandel besondere Bedeutung zu.

Populationsbiologische und -genetische Untersuchungen

Wesentliche Ergebnisse aus REISCH & BETZ (2009) sowie BETZ et al. (2013) sind:

- Die Vitalität der gepflanzten Individuen ist nicht geringer als die der indigenen Individuen. Lediglich die Blütenzahl pro Pflanze ist bei den gepflanzten geringer, was wohl dem geringeren Alter der Pflanzen geschuldet sein dürfte. Allerdings ist die Blütenzahl der indigenen Pflanzen auch besonders hoch (höchster Wert aller Wuchsorte in Ostbayern!).
- Die genetische Variation innerhalb der gepflanzten Individuen ist am Wuchsort Burglengenfeld sogar höher als innerhalb der indigenen Individuen. Damit ist die genetische Variation innerhalb der indigenen Individuen hier geringer als innerhalb aller Individuen.
- Die Zahl der gebildeten Samen pro Pflanze ist sowohl bei den indigenen wie auch bei den angepflanzten Individuen im Vergleich zu den anderen Wuchsorten auffallend hoch, während andere Vitalitätsparameter wie Rosettendurchmesser und Blütenhöhe im oberen Durchschnitt liegen.
- Die Keimrate von Samen der gepflanzten Individuen ist praktisch identisch mit der der indigenen Individuen. Die Keimrate aller Individuen ist die höchste unter allen untersuchten Wuchsorten.

Der Wuchsort Burglengenfeld zeigt, dass es auch mit wenigen rezenten Individuen möglich sein kann, eine stabile, große und genetisch ausreichend diverse Population aufzubauen, wenn die verbliebenen Restpflanzen ausreichend vital sind.

4.5 Wuchsort Sandharlanden

Das Vorkommen bei Sandharlanden (TK 7136/4) wurde erstmals von der Gemeinschaftsexkursion der BBG und der RBG am 12.07.1959 (PODLECH 1961) beschrieben. Es weicht gleich in mehrfacher Hinsicht von den anderen Wuchsorten in Ostbayern ab. *Pulsatilla vernalis* wächst hier in einem bodensauereren, aber basenversorgten Magerrasen (*Aveno-Genistetum sagittalis*) auf sandigen Lehmen der kreidezeitlichen Grünsandsteinverwitterung, die von Malmkalk unterlagert ist. Das hier ebenfalls vorkommende Polygalo-Nardetum wird von der Frühlings-Kuhschelle gemieden. Die Standorte sind zumeist voll besonnt, mager, verfilzt. Die Pflege erfolgt hier dauerhaft mit Schafbeweidung, seine Entstehung verdankt der Wuchsort jahrhundertelanger Huteweide. Begleitarten sind neben den Matrixarten *Agrostis capillaris*, *Calluna vulgaris*, *Campanula rotundifolia*, *Danthonia decumbens*, *Luzula campestris*, *Pilosella officinarum*, *Veronica officinalis*, die Differenzialarten *Carex ericetorum*, *Genista sagittalis*, *Chamaecytisus supinus*, *Viola canina*.

Spezifische Beeinträchtigungen des Wuchsorts sind:

- Nach seiner Entdeckung galt Sandharlanden als der Typuswuchsort der Frühlings-Kuhschelle in Bayern schlechthin. Das führte leider dazu, dass der Art über Jahrzehnte durch Ausgraben nachgestellt wurde. Der Bestandsrückgang von 1990 bis 1996 ist in SCHEUERER (1996) dargestellt.
- Gleichzeitig gab es Bemühungen seitens nicht durch Naturschutzbehörden autorisierter Personen zur Nachzucht und Ansalbung. Es wurden also Samen abgesammelt und in Privatkultur genommen und Pflanzen angesalbt, deren Herkünfte zweifelhaft waren. So konnte zwischenzeitlich an Ansalbungen auch einmal die Hybride mit *P. vulgaris* nachgewiesen werden.

Bisherige Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen:

- Anders als an den Waldstandorten finden bei Sandharlanden kein Streurechen und kein Plaggen statt. Die Pflege im Zuge der Artenhilfsmaßnahmen beschränkt sich hier auf die „Pinzettenpflege“.
- Der Magerrasenkomplex des Wuchsorts wird mehrmals jährlich mit Schafen und Ziegen beweidet.
- Trotz der Beweidung nimmt die Verfilzung und die Ausbreitung der Besenheide zu. Um dem entgegenzuwirken wurde seitens des Landschaftspflegeverbands Kelheim VöF e. V. stets kleinräumig immer wieder Oberboden an wechselnden Stellen abgezogen, deren Lage sich aber nicht an den spezifischen Bedürfnissen der Frühlings-Kuhschelle orientieren.

Populationsgröße und Entwicklungstendenz

Über die ursprüngliche Bestandsgröße liegen leider keine Zahlen vor; vermutlich war der Bestand aber deutlich größer als zu Beginn der Artenhilfsmaßnahmen durch den Autor im Jahr 1990. Danach erfolgten Neu- bzw. Wiederfunde „versteckter“ Exemplare und durch die Pinzettenpflege nahm deren Vitalität zu. In der Folge wurden die vitalsten Stöcke ausgegraben, der Bestand brach 1998 deutlich ein. Die schwächeren Pflanzen konnten sich noch einige Jahre halten, bis auch diese 2009/2010 eingingen.

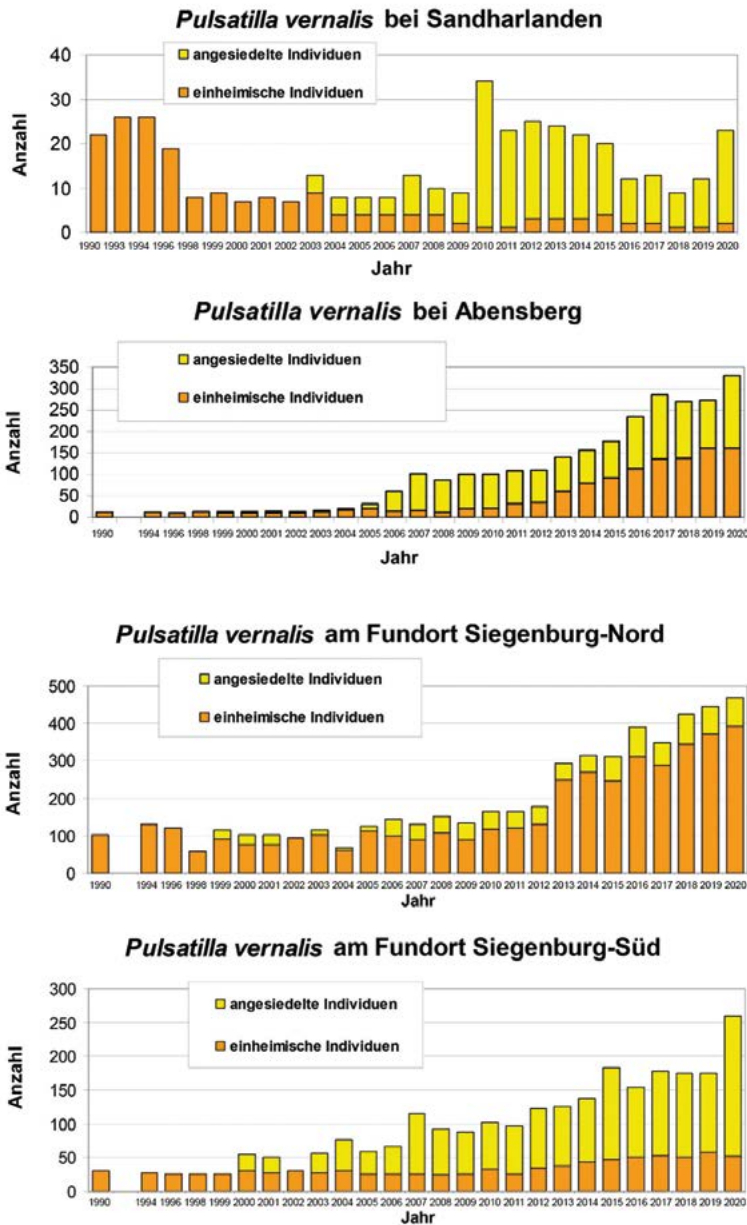


Abb. 3: Bestandsentwicklung von *Pulsatilla vernalis* an ihren Wuchsorten bei Sandharlanden, Abensberg und Siegenburg. Der Wuchsort Sandharlanden ist das Sorgenkind der Artenhilfsmaßnahmen zur Frühlings-Kuhschelle im Landkreis Kelheim, weil Nachstellung und Witterung dem ohnehin kleinen Bestand ständig zusetzen. Immerhin lässt sich aber festhalten, dass die Art dort ohne gezielte Arterhaltungsmaßnahmen längst ausgestorben wäre. Die Wuchsorte Abensberg und Siegenburg konnten stabilisiert werden und zeigen deutliche Zuwächse. Dabei ist der Wuchsort Siegenburg-Nord derjenige mit den meisten indigenen Individuen Ostbayerns und damit Mitteleuropas.

Die letzte verbliebene autochthone Pflanzengruppe am Wuchsort Sandharlanden konnte mittels Pinzettenpflege zunächst stabilisiert werden. Der sehr trockene Sommer 2015 hat diese letzte Gruppe dann deutlich dezimiert. Ein Teil der bisherigen Auspflanzungen konnte sich etablieren. Allerdings sind sämtliche Alt-auspflanzungen erloschen. Bedauerlicherweise werden die Bemühungen zum Verbissschutz regelmäßig von Dritten (vermutlich Hobby-Photographen) manipuliert. So konnten trotz vorhandener Blütentriebe 2015 keine, 2016 nur spärlich, 2017 bis 2020 erneut keine Samen von den autochthonen Pflanzen gewonnen werden. Der Bestandsanstieg im April 2020 durch die zunächst erfolgreichen Auspflanzungen im Herbst 2019 wurde durch das trockene Frühjahr 2020 wieder zunichte gemacht, so dass für das Jahr 2021 wieder eine deutlich niedrigere Anzahl zu erwarten ist.

Populationsbiologische und -genetische Untersuchungen

Wesentliche Ergebnisse aus REISCH & BETZ (2009) sowie BETZ et al. (2013) sind:

- Aufgrund der anhaltenden, widerrechtlichen Entnahme vitaler Individuen und des damit verbundenen Verlusts an genetischer Diversität sind die 2009 verbliebenen und beprobten Individuen in allen Parametern der Vitalität und Genetik deutlich eingeschränkt, die Keimrate ist miserabel. Lediglich die Blattzahl pro Rosette ist auffällig erhöht, vielleicht der „verzweifelte“ Versuch im Überlebenskampf möglichst viel Photosynthese zu betreiben. Vermutlich liegt das aber an der hohen Sonneneinstrahlung des Wuchsorts, da *Pulsatilla vernalis* an voll besonnten Standorten kleinere, dafür aber stärker beblätterte, an schattigen Standorten große Rosetten mit wenigen großen Blättern bildet.
- Die Vitalparameter sind bei den ausgepflanzten Individuen mit Ausnahme der Anzahl der Blütentriebe pro Pflanze sogar noch schlechter als die der indigenen Pflanzen – ein weiteres Indiz, dass die verbliebenen Pflanzen genetisch stark verarmt sind.

4.6 Wuchsort Abensberg

Im Binnendünengebiet bei Abensberg gab es ehemals mehrere Fundorte von *Pulsatilla vernalis* im lichten Sand-Kiefernwald (MÜLLER 1989), die auf die Erstbeobachtung durch A. E. Fürnrohr (zitiert in SENDTNER 1854), später bestätigt durch Otto Mergenthaler (MERGENTHALER 1966), zurückgehen. Einige davon sind dem Kies- und Sandabbau zum Opfer gefallen. Rezent gibt es noch zwei ursprüngliche Fundpunkte (TK 7137/3), die durch Zupflanzung von autochthonen Nachzuchten erheblich erweitert wurden. Die Vorkommen wachsen zumeist auf quartären Flugsanddecken über Terrassenschottern der Abens, die Kiefernbestände sind zumeist recht artenarm. Pflanzensoziologisch können die Bestände dem sauren, kenn- und differentialartenarmen Flügel des Peucedano-Pinetum („Dicrano-Pinetum“) zugeordnet werden. Pyrolaceen, *Carex ericetorum* und andere Basenzeiger sind selten. Im Umfeld des östlichen Fundpunkts wachsen *Gentiana cruciata*, *Ophioglossum vulgatum* und *Pyrola chlorantha*.

Spezifische Beeinträchtigungen des Wuchsorts sind:

- Durch den westlichen Fundort verläuft ein berittener und befahrener Pfad, dessen Verlauf sich gelegentlich verlagert.

- Der größte Stock östlich dieses Trampelpfads wurde während der Blüte zwischen 26.03. und 27.04.2007 ausgegraben.
- Am Rand des östlichen Fundorts verläuft eine Rückegasse, von der ausgehend es im Zuge von Forstarbeiten schon mehrfach zu Beeinträchtigungen des Fundorts kam (Überfahren, Holzrücken, Holzablagerung etc.)

Bisherige Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen:

- Angeregt durch die Befunde von KELLNER (1993) Düngung rezenter Stöcke an beiden Fundorten 1998 mit Pferdemit. Diese Maßnahme erwies sich im Nachhinein als kontraproduktiv, weil Konkurrenten dadurch stärker gefördert wurden als *P. vernalis*.
- Sicherung der Grundstücke durch Ankauf durch den Landkreis Kelheim im Sommer 2001.
- Pflege des westlichen Fundortes und seiner unmittelbaren Umgebung in größerer Gruppe 2019.
- Pflege des östlichen Fundortes und seiner unmittelbaren Umgebung in größerer Gruppe 2002, 2012, 2013, 2016–2020.
- Plenterung des Kiefernbestandes und Streurechen im Umfeld des Wuchsorts durch Landwirte im Auftrag des Landschaftspflegeverbands Kelheim jährlich seit dem Winter 2005/2006.

Populationsgröße und Entwicklungstendenz

Über die ursprüngliche Bestandsgröße liegen leider keine Zahlen vor; vermutlich war der Bestand aber deutlich größer als zu Beginn der Erstzählung durch den Autor im Jahr 1990. Danach erfolgten Neu- bzw. Wiederfunde „versteckter“ Exemplare und durch die Pinzettenpflege nahm deren Vitalität zu, die Individuenzahl konnte zunächst aber kaum gesteigert werden. Erst mit Intensivierung der Pinzettenpflege und Beginn der professionellen Waldbearbeitung durch Plentern, Plaggen und Streurechen setzte ab dem Jahr 2006 durch Zupflanzung autochthoner Nachzuchten und zeitverzögert durch Selbstverjüngung der autochthonen Pflanzen eine deutliche Bestandssteigerung ein. So konnte der Bestand von 12 adulten indigenen Individuen im Jahr 1990 auf 160 indigene adulte Individuen im Jahr 2020 gesteigert werden. Einschließlich der angesalbten adulten Individuen belief sich der Bestand im Frühjahr 2020 auf 330 Exemplare.

Populationsbiologische und -genetische Untersuchungen

Wesentliche Ergebnisse aus REISCH & BETZ (2009) sowie BETZ et al. (2013) sind:

- Vitalitätsparameter und Keimfähigkeit der indigenen und der angesalbten Pflanzen liegen meist im mittleren Bereich mit Ausnahme der auffallend hohen Fruchtstände am östlichen indigenen Fundort und der relativ geringen Anzahl von Blättern pro Rosette.
- Die genetische Variabilität ist bei den indigenen Individuen signifikant höher als bei den ausgepflanzten Individuen. Dies mag daran liegen, dass zur Samengewinnung fast ausschließlich der westliche Fundort ausreichend Samen produziert und daher fast nur Abkömmlinge dieser Pflanzen zur Nachzucht kommen.

4.7 Wuchsort Siegenburg

Der Wuchsort Siegenburg (TK 7236/2 u. 7237/1) wird erstmals bei RAESFELDT (1896) erwähnt und wurde am 12.07.1959 während der Gemeinschaftsexkursion der BBG und der RBG (PODLECH 1961) bestätigt. Er besteht aus ehemals zahlreichen, oft mehrere hundert Meter voneinander entfernten Fundorten, wovon der nördlichste der individuenreichste und beständigste Fundort ist. Hier wächst *Pulsatilla vernalis* in einer Dünensenke im Sand-Kiefernwald, der durch die Vorkommen von *Luzula divulgata*, *Peucedanum oreoselinum* etc. gut als *Peucedano-Pinetum* gekennzeichnet ist. Die anderen Fundorte liegen jeweils in etwas stärker versauerten Ausbildungen des *Peucedano-Pinetum* („*Dicrano-Pinetum*“), die oftmals nur mehr durch die Vorkommen von *Carex ericetorum* und *Chimaphila umbellata* differenziert sind. Die quartären Flugsanddecken überlagern auch hier Abens-Terrassenschotter, die weiter westlich dann von tertiären Molasseschottern abgelöst werden. Drei der rezenten Fundpunkte befinden sich an Sanddünen durchschneidenden Wegböschungen am Süd-Fundort.

Spezifische Beeinträchtigungen des Wuchsorts sind:

- Ehemals dichter Grasbewuchs am nördlichen Fundort führte zu vorzeitig abfallenden Blütenknospen (Probleme der Triebe beim Durchstoßen des Grasfilzes).
- Zerstörung einzelner Stöcke am nördlichen Fundort bei Waldarbeiten im Winter 1993/94 und durch Ablagerung von Gartenabfällen im Herbst 1997.
- Düngung des an den Nord-Fundort westlich angrenzenden Kiefernwaldstücks im Winter 1995/96 verursachte starke Ausbreitung von *Rubus* sp., *Impatiens glandulifera*, *I. parviflora*, *Urtica dioica* u. a. Nitro- und Mesophyten im Umfeld, welche den Fundort noch heute stark bedrängen.
- Erosion von Sanddünenböschungen, insbesondere durch zunehmend breitere land- und forstwirtschaftliche Fahrzeuge.
- Auffüllung der Dünen-Hohlwege mit Erdaushub in den Wintern 2006/2007 und 2007/2008 im Auftrag der Flurbereinigungsteilnehmergemeinschaft.
- Seit 2003 im Süd-Fundort *Calamagrostis epigejos* einwandernd.
- Permanenter Nährstoffeintrag durch die Bundesstraße B 301 am südlichen Fundort.
- Im März 2013 wurden am nördlichen Fundort drei große Stöcke von Unbekannten ausgegraben. Im Frühjahr 2014 folgte daraufhin dort noch die Entnahme von sechs fertilen Pflanzen als Herbarbelege.
- Durch Schlagen einer Waldschneise entlang der B 301 aus Verkehrssicherheitsgründen im Winterhalbjahr 2018/2019 Einschleppen und nachfolgend massive Ausbreitung von *Impatiens glandulifera*.

Bisherige Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen:

- Einzelpflanzen im Frühjahr 1998 versuchsweise mit Dolokorn (Magnesium-Calcium-Dünger) behandelt, was sich aber im Nachhinein nicht als förderlich erwies, da die Konkurrenz durch Laubmoose massiv zunahm.
- Einzäunung des Nord-Fundorts im Frühjahr 1999 im Auftrag des Landschaftspflegeverbands Kelheim.
- Pflege des nördlichen Fundorts durch Plaggen und Streurechen in z. T. größerer Gruppe 2002, 2005, 2008, 2009.

- Kauf des Nord-Fundorts im Februar 2007 durch den Landkreis Kelheim.
- Pflege am südlichen Fundort in größerer Gruppe 2009, 2016–2020.

Populationsgröße und Entwicklungstendenz

Die Populationsentwicklung lief zunächst ähnlich schleppend wie bei Abensberg, aber auf höherem Niveau. Nach der Erstzählung im Jahr 1990 durch den Autor mit 131 autochthonen Individuen erfolgte auch hier 1991 bis 1993 kein Monitoring. Dieses wurde erst 1994 zusammen mit der Pinzettenpflege aufgenommen. Neufunde von Individuen hielten sich mit Verlusten durch diverse Eingriffe (s. o.) viele Jahre die Waage. Am Nord-Fundort wurde eine deutliche Zunahme der indigenen Individuen erst mit Intensivierung der Pinzettenpflege erreicht. Die Zunahme durch Auspflanzungen hält sich hier trotz Pflegemaßnahmen in Grenzen, da hierfür schlicht die Fläche zum Ausbringen von Pflanzen fehlt.

Am Süd-Fundort verläuft die Zunahme der indigenen Individuen deutlich schleppender. Die Ursache hierfür ist, dass dort die Selbstverjüngung aufgrund der Standortsituation und der Konkurrenz deutlich behindert ist (steile Wegböschungen, trockene Böschungskanten, Unterdrückung durch *Polytrichum formosum* und *Vaccinium myrtillus*). Hier stünden genügend Flächen zur Ausbringung von Nachzuchten zur Verfügung, so dass die Etablierung nachgezogener Individuen deutlich leicht möglich wäre. Allerdings sind die Auspflanzungen hier stark durch Auswühlen durch Schwarzwild gefährdet. Aus diesem Grund ist es im benachbarten Bombenabwurfplatz Siegenburg, der reichlich potenzielle Siedlungsflächen für *Pulsatilla vernalis* böte, bislang nicht gelungen, dort eine Population der Frühlings-Kuhschelle aufzubauen. Mit nunmehr 725 adulten Individuen konnte aber auch in Siegenburg der Bestand deutlich vergrößert werden (auf das 5,5-fache des Ausgangsbestands 1990) und dieser ist damit der gemessen an der Anzahl adulter Individuen die zweitgrößte Population Ostbayerns und damit Mitteleuropas.

Populationsbiologische und -genetische Untersuchungen

Wesentliche Ergebnisse aus REISCH & BETZ (2009) sowie BETZ et al. (2013) sind:

- Die beiden Fundorte unterscheiden sich hinsichtlich der Anzahl gebildeter Blüten pro Pflanze deutlich: Während am Nord-Fundort diese sehr hoch ist, ist sie am Süd-Fundort sehr niedrig. Auch die Fruchtriebe sind am Nord-Fundort höher als im Süden.
- Diese Fitness-Parameter stehen im Widerspruch zur genetischen Diversität, die bei den indigenen Individuen am Nord-Fundort signifikant niedriger ist als am Süd-Fundort und auch absolut im Vergleich mit den anderen ostbayerischen Wuchsorten deutlich niedriger ist. Dies liegt sicherlich daran, dass der Nord-Fundort isoliert aus einer einzigen, aber relativ individuenreichen Population besteht, während der Südfundort aus ebenfalls isolierten, individuenarmen, aber mehreren Teilbeständen besteht.
- Die genetische Variabilität ist an beiden Fundorten bei den indigenen Individuen etwas geringer als bei den ausgepflanzten.

4.8 Wuchsort Wolfratshausen

Der Wuchsort Wolfratshausen liegt beidseits der Isar auf quartären, kalkreichen Schottern der Isar (TK 8034/4 u. 8134/2). An den dortigen natürlichen Standor-

ten der Frühlings-Kuhschelle sind diese Schotter durch ebenfalls kalkreiche, feine Flusssande überlagert. Die Art siedelt hier mehrere Dezimeter über dem maximalen Grundwasserstand und ist hochwasserfrei, zusammen mit *Erica herbacea*, *Gentiana acaulis*, *Gypsophila repens* u. a. in der typischen Ausbildung des *Erico-Pinetum*. Sie meidet hier sowohl die wechselfeuchte, pfeifengrasreiche, wie auch die sehr trockene *Carex humilis*-Ausbildung des Schneeheide-Kiefernwaldes. Bei Umsiedlung um 1990 (Mitt. J. Kaschek 2018) von ca. 50 autochthonen Pflanzen wurden diese fälschlicherweise in eingesenkte Kieslöcher in der wechselfeuchten *Molinia*-Fazies des *Erico-Pinetum* bzw. ins *Cirsio tuberosi*-Molinietum gepflanzt.

Spezifische Beeinträchtigungen des Wuchsorts sind:

- Am ehemaligen Hauptfundort unsachgemäße Auswahl des Pflanzorts zur Umsiedlung, dadurch zeitweise Staufeuchte, massive Beschattung und Streuabdeckung durch Pfeifengras, Schneckenfraß.
- Hoher Besucher- und Naherholungsdruck (Trampelpfade, Fäkalien etc.).

Bisherige Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen:

- Einzäunung der umgesiedelten Pflanzen und zunächst herbstliche, einschürige Mahd bis ca. 2000. Danach nur mehr sporadische Herbstmahd (Mitt. J. Kaschek 2018).

Populationsgröße und Entwicklungstendenz

Ursprünglich war nur ein Vorkommen westlich der Isar bekannt, dessen Individuenzahl nicht überliefert ist. Zum Zeitpunkt der Umsiedlung im Jahr 1990 dürften knapp 100 Individuen westlich der Isar existiert haben. 1999 waren davon noch ca. 70 Pflanzen übrig, davon ca. 50 Ex. Umgesiedelte. Nach weiterem, beobachtbarem Rückgang wurde 2016 erstmals eine detaillierte Zählung durch den Autor vorgenommen: 3 autochthone sowie 14 umgesiedelte Ex. (davon 8 sehr klein) westlich der Isar, 14 Ex. an zwei Fundpunkten östlich der Isar. 2017 waren von den umgesiedelten Ex. westlich der Isar nur mehr 4 Ex. vorhanden (davon 3 sehr klein), die autochthonen Ex. sind auf 2 geschrumpft. Östlich der Isar wurden 16 Ex. gezählt, davon 3 Ex. juvenil. 2018 lebten westlich der Isar noch 2 umgesiedelte und 2 autochthone Exemplare, östlich der Isar 15 Ex. (keine Jungpflanzen!). 2019 wuchsen westlich der Isar erneut 2 umgesiedelte und 2 autochthone Exemplare, östlich der Isar 17 Ex. (davon 3 Jungpflanzen).

Tab. 1: Bestandszählung von *Pulsatilla vernalis* bei Wolfratshausen. Sieht man vom Rückgang der umgesiedelten Individuen und der naturgemäß stark schwankenden Zahl von Juvenilen ab, blieb der Bestand in der kurzen Zeit der Betreuung von 2016 bis 2019 relativ stabil.

Jahr	2016	2017	2018	2019
Umsiedlung W Isar	5	1	2	2
einheimisch W Isar	3	2	2	2
NW-Fundpunkt O Isar	2	2	3	2
SO-Fundpunkt O Isar	12	11	12	12
Juvenile u. kleine Ex.	9	6	0	3
Summe	31	22	19	21

Da die Exemplare am Umsiedlungsstandort vor allem aus standörtlichen Gründen nicht zu halten sind, müssen sich kommende Hilfsmaßnahmen zu *P. vernalis* bei Wolfratshausen insbesondere der Erhaltung und Mehrung der verbliebenen autochthonen Pflanzen an standortgerechten Plätzen widmen. Hierzu wurden von der Regierung von Oberbayern und dem Landratsamt Bad Tölz ab 2020 weiterführende Artenhilfsmaßnahmen vergeben. Zu klären ist ferner die Autochthonie und Herkunft der zwei Teilbestände östlich der Isar.

5. Diskussion der Artenhilfsmaßnahmen zu *Pulsatilla vernalis*

Während an den Wuchsorten Sandharlanden (Vernichtung durch Ausgraben) und bei Wolfratshausen (Vernichtung durch Umsiedlung und unzureichende Pflege) die Bestände schwer zu halten sind und bislang kaum wiederaufgebaut werden konnten, konnten die Bestände bei Vohenstrauß, Amberg, Pittersberg, Burglengenfeld, Abensberg und Siegenburg durch geeignete Pflege und Nachzucht stabilisiert und vergrößert werden.

Die sehr trockenen Sommer 2003, 2015, 2017 und 2018 hatten jeweils gravierende Auswirkungen auf die Fertilität und die Verjüngung im darauffolgenden Jahr. Gleichzeitig zeigte sich, dass an bodenfrischen Standorten die Verluste von Keimlingen und Jungpflanzen, insbesondere bei Auspflanzungen geringer ausfielen. Im Zuge der Klimaveränderungen zeichnet sich daher ein Standortwechsel der Art von mäßig trocken hin zu frisch ab, so dass das Standortoptimum von *Pulsatilla vernalis* künftig nicht mehr wie bisher an stark besonnten, trockenen Wegrändern und Böschungen zu erwarten ist, sondern in Mulden und Senken bzw. im Halbschatten. Hier ist allerdings der Arbeitsaufwand zur Pflege durch stärkeren Konkurrenzdruck erhöht.

Vergleicht man die verschiedenen Populationen Ostbayerns hinsichtlich ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber Trockenstress, zeigt sich, dass die Bestände bei Vohenstrauß hierauf besonders anfällig reagieren. Dies mag verwundern, könnte man doch davon ausgehen, dass im Oberpfälzer Wald selbst bei sich wandelnden Klimabedingungen die humidesten Verhältnisse vorliegen. Allerdings bestehen dort die nährstoffärmsten und flachgründigsten Bodenverhältnisse aller Vorkommen bei gleichzeitig starker Konkurrenz durch Zwergsträucher. Die vergleichende Analyse von Ausfällen bei der Nachzucht lässt zudem den Schluss zu, dass die Vohenstraußer Population am meisten kälte- und feuchteadaptiert ist, also am schlechtesten Hitze und Trockenheit erträgt. Die höchste Resilienz gegenüber der Klimaerwärmung scheint die Population bei Burglengenfeld zu haben.

Populationsgenetische Untersuchungen von Prof. Dr. Günther Heubl 1999 (LMU München, unpubl.) konnten zeigen, dass alle Populationen von *P. vernalis* in Bayern isoliert und genetisch eigenständig sind. Dies zeigen auch die langjährigen Beobachtungen an den Pflanzen im Hinblick auf Morphologie, Vitalität, Klimaresilienz etc. im Rahmen der Artenhilfsmaßnahmen. Es sollte daher im Sinne der Biodiversitätskonventionen oberste Priorität haben, alle Wuchsorte zu erhalten und zu fördern.

Da die Gefahr des Ausgrabens an allen rezenten Wuchsorten besteht, sollte auf die Darstellung bzw. Nennung von detaillierten Fundorten verzichtet werden. Gleichzeitig sollten die Naturschutzbehörden und die ihnen untergeordnete Natur-

schutzwacht verstärkt die rezenten Wuchsorte kontrollieren, insbesondere zwischen 15.03. und 15.06. eines jeden Jahres.

Große Unterschiede bestanden in der Vitalität der Nachzuchten zwischen den Nachzuchtorten Stadtgärtnerei Straubing und Botanischer Garten der Universität Regensburg. Seit 2015 werden wieder alle Provenienzen in Straubing nachgezogen, da nur hier (und vorübergehend auch in der Gärtnerei Bäuerlein in Peising) ausreichend vitale Pflanzen herangezogen werden.

Die Bestandserhebungen an den verschiedenen Wuchsorten zeigen, dass maßgebliche Populationsgewinne vor allem durch geeignet qualifizierte und händische Bodenbearbeitungen möglich sind. Diese konnten an den Wuchsorten Vohenstrauß seit 2010 nicht mehr und bei Sandharlanden und Wolfratshausen bislang noch gar nicht durchgeführt werden. An allen drei Wuchsorten sollten seitens der Naturschutzbehörden die Voraussetzungen für derartige Maßnahmen geschaffen werden. Selbstverständlich ist es notwendig, auch an den anderen Wuchsorten die Spezialpflegemaßnahmen fortzuführen.

Durch die erfolgten, teils deutlichen Bestandszugewinne an den Wuchsorten Vohenstrauß, Amberg, Pittersberg, Burglengenfeld, Abensberg und Siegenburg stellt sich die Frage nach der derzeitigen Gefährdung von *Pulsatilla vernalis* var. *bidgostiana* im Sinne einer Roten Liste. An den Wuchsorten Sandharlanden und Wolfratshausen besteht wie oben dargestellt zwar weiterhin akut die Gefahr des Aussterbens. Gemäß der Methodik zur Ermittlung der Gefährdungskategorie von LUDWIG et al. (2001) müsste die Gefährdungskategorie derzeit RL 2 (= stark gefährdet) lauten (die sehr seltene Art ist langfristig stark zurückgegangen, kurzfristig jedoch durch Artenhilfsmaßnahmen wieder im Bestand angewachsen). Einschränkend ist gemäß LUDWIG et al. (2001) hierzu aber festzuhalten:

- Das Entstehen neuer Teilpopulationen ist ohne Hilfe des Menschen (Artenhilfsmaßnahmen) auch im näheren Umfeld aufgrund der veränderten land- und forstwirtschaftlichen Nutzung nicht mehr möglich.
- Diese veränderten Rahmenbedingungen erfordern ständige Stützungs- und Pflegemaßnahmen (Artenhilfsmaßnahmen), d. h. das Überleben der Sippe im Bezugszeitraum der Roten Liste (ca. 20 Jahre) kann nur durch wirksame Schutz- und Hilfsmaßnahmen für die Restbestände gesichert werden.
- Bezogen auf die Lebenserwartung des Einzelindividuums (hier mind. 50 Jahre) ist die Gefahr des Aussterbens innerhalb dieser Zeitspanne ohne gezielte Schutz- und Erhaltungsmaßnahmen nochmals deutlich größer. An frischen und relativ nährstoffreichen Standorten wird *Pulsatilla vernalis* allein durch die Mooschicht (z. B. *Hylocomium splendens*, *Polytrichum formosum*) schon nach 3 bis 5 Jahren verdrängt.

Bezieht man also diese „weichen“ Einstufungskriterien von LUDWIG et al. (2001) mit ein und betrachtet die Gefährdungssituation nicht nur anhand der „nackten“ Zahlen, sollte *Pulsatilla vernalis* var. *bidgostiana* auch in der künftigen Roten Liste Bayerns als RL 1 (= vom Aussterben bedroht) geführt werden.

Widmung

Dieser Beitrag ist Prof. Dr. Peter Schönfelder (1940–2020) gewidmet, der durch seine Begeisterung für die Vielfalt der Pflanzenwelt und seine Bemühungen zu deren Erhalt nicht nur Lehrer, sondern auch Vorbild für all diejenigen war, die von ihm als Lehrer, Diplom- und Doktorvater lernen und ihn auf seinen zahl- und lehrreichen Exkursionen begleiten konnten.

Dank

Über den langen Zeitraum des Projekts gab es viele ehrenamtliche und bezahlte Mitstreiter, tüchtige Pflegekräfte, Informanten, aufgeschlossene Grundstückseigentümer und Forstleute sowie unterschiedliche Auftraggeber. Die alle einzeln zu nennen würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen. Besonders wichtig war aber die Initiierung der Artenhilfsmaßnahmen durch Peter Herre und Dr. Willy A. Zahlheimer, und ist die finanzielle Unterstützung des Projekts durch den Freistaat Bayern (Bayer. Landesamt für Umwelt in Augsburg, höhere Naturschutzbehörden an den Bezirksregierungen der Oberpfalz in Regensburg, Niederbayerns in Landshut und Oberbayerns in München) und durch die Landkreise (Naturpark Nördlicher Oberpfälzer Wald in Neustadt an der Waldnaab, Landschaftspflegeverbände Amberg-Sulzbach, Schwandorf, Regensburg, Kelheim, untere Naturschutzbehörde des Landkreises Bad Tölz). Die Nachzuchten durch die Stadtgärtnerei Straubing, den Botanischen Gärten der Universitäten Regensburg und München sowie durch „Bäuerleins Grüne Stube“ in Peising erfolgten ehrenamtlich und mit großem Aufwand und Engagement.

Literatur

- AICHELE, D. & SCHWEGLER, W. 1957: Die Taxonomie der Gattung *Pulsatilla*. – Feddes Rep. **60**: 1-230.
- ASTRÖM, S. & STRIDH, B. 2003: Mosippa – Arets vaxt 2002. – Svensk Bot. Tidskr. **97(2)**: 117-126.
- BAADER, I., LUDWIG, F. & SCHEUERER, M. 1994: Landschaftspflegerisches Entwicklungskonzept für das Abensberger Flugsandgebiet. – Unveröff. Gutachten i. Auftr. Reg. v. Niederbayern, 6 Bde., Fürth.
- BETZ, C., SCHEUERER, M. & REISCH, C. 2013: Population reinforcement – A glimmer of hope for the conservation of the highly endangered Spring Pasque flower (*Pulsatilla vernalis*). – Biol. Conserv. **168**: 161-167.
- GRZYL, A. & RONIQUIER, M. 2011: *Pulsatilla vernalis* (*Ranunculaceae*) in the polish lowlands: Current population resources of a declining species. – Pol. Bot. J. **56(2)**: 185-194.
- HERRE, P. 1990: *Anemone vernalis*-Vorkommen in der Oberpfalz bei Amberg. – Unveröff. Manuskript, 4 S. zzgl. Karten, Dietfurt.
- KELLNER, O. 1993: Effects of nitrogen addition on the population dynamics and flowering of *Pulsatilla vernalis*. – Canad. J. Bot. **71**: 732-736.
- LUDWIG, G., HAUPT, H., GRUTTKKE, H. & BINOT-HAFKE, M. 2009: Methodik der Gefährdungsanalyse für Rote Listen. – Naturschutz u. Biolog. Vielfalt **70(1)**: 19-71.
- MERGENTHALER, O. 1966: Neufunde von Farn- und Blütenpflanzen im Großraum von Regensburg nach dem Erscheinen der „Flora von Bayern“ (1914) von Dr. Franz Vollmann. – Denkschr. Regensb. Bot. Ges. **26**: 209-281.

- MÜLLER, W. 1989: Schlußbericht zur Wuchsortkartierung stark gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen in den Sandgebieten um Abensberg und Siegenburg. – Unveröff. Gutachten i. Auftr. Landschaftspflegever. VöF Kelheim, 48 S. zzgl. Anh., Lappersdorf.
- PODLECH, D. 1961: Florenlisten aus den Studienfahrten der bayerischen Botanischen Gesellschaft III. – Ber. Bayer. Bot. Ges. **34**: 72-78.
- RAESFELDT, FREIHERR v., K. 1896: Der Wald in Niederbayern nach seinen natürlichen Standortverhältnissen. II. Teil: Der niederbayerische Anteil an der „Fränkischen Alb“ oder das Kelheimer Waldgebiet. – Ber. Bot. Ver. Landshut **14**: 99-188.
- REISCH, C. & BETZ, C. 2009: Naturschutzgenetische Untersuchung von *Pulsatilla vernalis*. – Unveröff. Abschlussber. i. Auftr. Reg. Opf., 30 S., Regensburg.
- RONIKIER, M., COSTA, A., AGUILAR, J. F., FELINER, G. N., KÜPFER, P. & MIREK, Z. 2008: Phylogeography of *Pulsatilla vernalis* (L.) Mill. (*Ranunculaceae*): chloroplast DNA reveals two evolutionary lineages across Central Europe and Scandinavia. – J. Biogeogr. **35**: 1650-1664.
- SCHEUERER, M. 1996: *Pulsatilla vernalis* Mill. (Frühlings-Kuhschelle), auch im Landkreis Kelheim vom Aussterben bedroht. – Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. **57**: 375-394.
- SCHEUERER, M. & AHLMER, W. 2003: Rote Liste gefährdeter Gefäßpflanzen Bayerns mit regionalisierter Florenliste. – Schriftenr. Bayer. Landesamt Umweltschutz **165** (Beitr. Artenschutz **24**): 372 S.
- SCHEUERER, M., EICHER, M. & HERRE, P. 1990: Bestandserhebung, Standortansprüche und Maßnahmen zur Arterhaltung von *Pulsatilla vernalis*, *Chimaphila umbellata*, *Helichrysum arenarium* und *Diphysium complanatum* agg. – Unveröff. Gutachten f. d. VöF Kelheim e. V., 97 S., Nittendorf.
- SCHEUERER, M., EICHER, M. & HERRE, P. 1991: Bestandessituation, Standortansprüche und Maßnahmen zur Erhaltung ausgewählter stark gefährdeter Arten auf Sanden im Landkreis Kelheim unter Einbeziehung von Standorten in der Oberpfalz. – Schriftenr. Bayer. Landesamt Umweltsch. **102**: 47-60.
- SENDTNER, O. 1854: Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns nach den Grundsätzen der Pflanzengeographie und mit Bezugnahme auf die Landeskultur. – 910 S., München.
- ZEHM, A., KLOTZ, J., HORN, K., WECKER, M., BRACKEL, W. v., BLACHNIK, T., BRACKEL, J. v., BUCHHOLZ, A., DIEWALD, W., ELSNER, O., FEULNER, M., KOHLER, U., LAUSSER, A., RADKOWITSCH, A., RUFF, M., SCHÖN, M., WAGNER, A., WAGNER, I. & WIMMELBÜCKER, A. 2020: Rückgang seltenster Pflanzenarten ist ungebremst – Freilanduntersuchungen zur Bestandsentwicklung vom Aussterben bedrohter Gefäßpflanzenarten Bayerns. – Ber. Bay. Bot. Ges. **90**: 5-42.