Berichte Naturwiss. Verein für Bielefeld und Umgegend **60** (2024), S. 38 – 65

Wertvoller Lebensraum Bergheide – Wie es um den aktuellen Zustand der Bergheide auf dem Knickenhagen bei Horn-Bad Meinberg steht

Valuable habitat mountain heathland – A current condition survey of the mountain heath on the Knickenhagen (Horn-Bad Meinberg)

Hanna SCHMEIL, Stefanie BOLTERSDORF, Bielefeld

Mit 14 Abbildungen

Inhalt **Seite**

1 Einleitung . . . 40
1.1 Entstehung von Heiden . . . 40
1.2 Biodiversität und spezielle Anpassungen auf Heideflächen . . . 40
1.3 Bergheiden . . . 41
1.4 Gefährdungen von Heideflächen . . . 42
1.5 Ziele der Zustandserfassung der Bergheide auf dem Knickenhagen bei Horn-Bad Meinberg . . . 43
2 Material und Methoden . . . 44
2.1 Das Untersuchungsgebiet . . . 44
2.2 Untersuchungsdesign und Durchführung . . . 46
3 Ergebnisse . . . 48
3.1 Vegetationsanalyse nach Braun-Blanquet . . . 48
3.2 Heidetypische Faktoren auf dem gesamten Knickenhagen . . . 50
3.3 Störparameter auf dem gesamten Knickenhagen . . . 52
4 Diskussion . . . 55
5 Fazit und Ausblick . . . 60
6 Dank . . . 61
7 Literaturverzeichnis . . . 61

verfasst von:
Hanna Schmeil, Warendorfer Straße 55, 48145 Münster, E-Mail: hanna-schmeil@t-online.de
Stefanie Boltersdorf, Universität Bielefeld, Universitätsstr. 25, 33615 Bielefeld;
E-Mail: stefanie.boltersdorf@uni-bielefeld.de

Foto der von *Vaccinium myrtillus* dominierten Bergheide auf dem Knickenhagen bei Horn-Bad Meinberg, einschließlich verbrannter Fläche und von *Pteridium aquilinum* und *Molinia caerulea* bewachsenen Stellen (22.05.2023).

Zusammenfassung

Bergheiden gehören zu den artenreichsten und am stärksten bedrohten Lebensräumen der deutschen Mittelgebirge. Die auf dem Knickenhagen vorkommenden Bergheiden im Kreis Lippe stellen dabei eines der größten Vorkommen in ganz NRW dar. Um herauszufinden, wo auf dem Knickenhagen Heidestrukturen vorliegen, welche Funktionen sie bereitstellen und in welchem Zustand sich diese befinden, wurden im Rahmen dieser Arbeit eine floristische Kartierung und eine Vegetationsanalyse durchgeführt. Dabei kam heraus, dass auf den Heideflächen und -relikten einige lebensraumtypische Arten mit typischen Zeigerwerten, Lebensformen und Artenzahlen vorkommen, dass aber ebenfalls einige Defizite in Form von Überalterung, Totholz und Ausbreitung von Störarten wie *Pteridium aquilinum* oder *Molinia caerulea* vorliegen, die zu einer Verbuschung oder Vergrasung führen. Potential bietet der Knickenhagen besonders hinsichtlich des Erhalts biologischer Vielfalt, des Biotopverbunds, der Reduzierung atmosphärischen Kohlendioxids, der Trinkwassergenerierung und der Naherholung.

Abstract

Mountain heathlands are among the most species-rich and endangered habitats of the German low mountain ranges. The mountain heaths found on the Knickenhagen in the Lippe district represent one of the largest reserves in the whole of NRW. In order to find out where on the Knickenhagen heath structures exist, which functions they provide and in which condition they are, a floristic survey and a vegetation analysis were carried out within the scope of this work. It was found that some habitat-typical species with typical indicator values, life forms and species numbers occur on the heath areas and relicts, but that there are also some deficits in the form of overaging, dead wood and spread of disturbance species such as *Pteridium aquilinum* or *Molinia caerulea*, which lead to scrub growth or grass coverage. The Knickenhagen offers potential especially regarding to the preservation of biological diversity, biotope connectivity, reduction of atmospheric carbon dioxide, drinking water generation and local recreation.

1 Einleitung

1.1 Entstehung von Heiden

Auf den ersten Blick mag es so wirken, als wären viele Landschaften in Deutschland wild und natürlich. Doch dies täuscht. So gibt es in Deutschland kaum Wildnisgebiete, die natürlich, oder ohne gelenkte Entwicklung sind (BfN 2023c). Im Laufe der menschlichen Nutzung sind an Stelle der natürlichen Biotope Kulturökotope getreten (Lekan & Zeller 2005).

So ist auch die Heide durch den Menschen entstanden. Bei der Heide handelt es sich um einen Vegetationstyp des Offenlandes, welcher von Strauch- und Zwergstrauchformationen und von Pflanzen mit immergrünem, hartem Laub dominiert wird (Kollmann et al. 2019; Schaefer 2012). Die vorherrschenden Kennpflanzen der Heide sind Heidekräuter aus der Familie der *Ericaceen* (Kollmann et al. 2019, Siedentop 1937). Nur an wenigen Standorten im mitteleuropäischen Tiefland können sich Heiden natürlich entwickeln (Ellenberg & Leuschner 2010). Ansonsten sind Heidelandschaften an Orten entstanden, an denen ohne Einfluss des Menschen Wald vorkommen würde. Durch menschliche Nutzung in Form von Rodungen, Schneitelwirtschaft, Waldhude, Plaggennutzung, Weidenutzung, Futtergewinnung oder Brennen entstanden verschiedene Heidelandschaften auf sandigen, nährstoffarmen Untergründen, indem dem Gebiet Nährstoffe entnommen wurden und der Bewuchs niedrig gehalten wurde (Siedentop 1937). So kam es zu einer andauernden Störung und Verarmung der Flächen, was das Vorkommen von Arten fördert, die an diese Bedingungen angepasst sind (Webb 1998).

Diese Bodendegradation und Offenlegung führt zudem dazu, dass die natürliche Bodendurchmischung nicht mehr stattfinden kann und es zu einer Podsolierung des Bodens kommt, welche durch die hohen Kutin- und Polyphenolgehalte und niedrigen Nährstoffkonzentrationen der auf der Heide wachsenden Pflanzen, wie der *Ericaceen*, gefördert wird (Blume et al. 2010; Siedentop 1937; Wiechmann 2014).

Neben der Voraussetzung von nährstoffarmen Böden spielen allerdings auch klimatische Faktoren für die Entstehung von Zwergstrauchheiden eine Rolle. So ist die Heide auf verhältnismäßig feuchte Standorte mit etwa 650 mm Jahresniederschlag angewiesen. Außerdem benötigt sie eine nur niedrige Verdunstungsbeanspruchung und milde Wintertemperaturen (Zerbe 2019).

1.2 Biodiversität und spezielle Anpassungen auf Heideflächen

Heideflächen stellen eine Reihe an Ökosystemdienstleistungen bereit. Ursprüngliche bereitstellende Ökosystemdienstleistungen von Zwergstrauchheiden, wie die Versorgung mit Rohstoffen und Nahrung, etwa in Form von Honig oder Lammfleisch, sind heute eher unbedeutend (Kollmann et al. 2019). Dafür spielen unterstützende, regulierende und kulturelle Dienstleistungen eine wichtige Rolle (Morán-Ordóñez et al. 2013; Zerbe 2019). Insbesondere die Biodiversitätserhaltung ist eine wichtige Funktion von Heideflächen, da sie vielen spezialisierten und seltenen Pflanzen- und Tierarten einen Lebensraum bieten und so zur Erhaltung der genetischen Variabilität beitragen (Honnay & Jacquemyn 2007).

So ist die Biodiversität aufgrund der Habitat- und Strukturvielfalt und der Lichtoffenheit auf Heideflächen im Vergleich zu dem potenziellen Klimaxwald am gleichen Standort erhöht. Was die Vegetation angeht, gehören die Heiden allerdings eher zu den artenarmen Vegetationstypen mit mittleren Artenzahlen von 13–25 Arten, womit sie zu den an höheren Pflanzen ärmsten Gesellschaften Mitteleuropas zählen (Ellenberg & Leuschner 2010). Allerdings kommen auf den Heiden aufgrund der besonderen, extremen Lebensbedingungen Pflanzen- und Tierarten vor, die auf diese spezialisiert sind, sodass die Heiden wichtige Lebensräume für diese Arten

darstellen. Außerdem besitzen Zwergstrauchheiden oft eine lückige Vegetationsdecke, die Raum für eine artenreiche Flechtenflora lässt (Bindewald et al. 2021; Siedentop 1937).

Dabei sind typische Anpassungen der Pflanzen an die Lebensbedingungen der Heide die Ausbildung von immergrünen, skleromorphen Rollblättern, die Ausbildung von Stacheln, eine niedrige Nährstoffproduktivität und eine hohe Toleranz gegenüber Aluminiumionen und hohen Säurekonzentrationen. Diese Anpassungen dienen dazu, Nährstoffe einzusparen und den Wasserverlust möglichst gering zu halten (Ellenberg & Leuschner 2010). So lassen die vorkommenden Pflanzenarten außerdem Rückschlüsse auf die Bedingungen eines Standorts zu. Dabei kann das ökologische Verhalten von Pflanzen mit Hilfe von Zeigerwerten (Ellenberg & Leuschner 2010) auf einer Skala von 1 bis 9 bewertet werden, wobei der Wert 1 für das geringste und der Wert 9 für das größte Ausmaß des jeweiligen Faktors steht (BfN 2023a).

Die Besenheide *Calluna vulgaris* ist die namensgebende Art der Heide. *Calluna*-Pflanzen erzeugen bis zu 800.000 Samen, die sehr leicht und langlebig sind, und sich dementsprechend über den Wind weit verbreiten können, sodass eine permanente Samenbank mit bis zu 30.000 keimfähigen Samen pro m² gebildet wird. Allerdings benötigt sie zum Keimen offene Bodenstellen (Ellenberg & Leuschner 2010). Ebenfalls typische Arten sind *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis-idaea*. Viele Zwergsträucher produzieren, neben dem nur schlecht für andere Pflanzen nutzbaren Rohhumus, Phenole, die auf andere Arten toxisch wirken und die mikrobielle Aktivität zusätzlich behindern. Außerdem besitzen die Zwergsträucher der Heide eine ericoide Mykorrhiza, die die N- und P-Versorgung sowie die Toleranz gegenüber Säuren, Schwermetallen und Phenolen in den sauren Böden erhöht, wodurch die Zwergsträucher einen weiteren Konkurrenzvorteil besitzen (Zerbe 2019).

1.3 Bergheiden

Je nach klimatischen Bedingungen und Boden dominieren unterschiedliche Arten, sodass verschiedene Ausprägungen von Heiden unterschieden werden. So kann in Mitteleuropa zwischen den Verbänden der relativ trockenen Tieflandheiden (Genistion pilosae), den Bergheiden (Vaccinion myrtilli), den Küstenheiden (Empetrion nigri) und den Feuchtheiden (Ericion tetralix) unterschieden werden (Ellenberg & Leuschner 2010; Kollmann et al. 2019; Zerbe 2019).

In Westfalen kommt die Heide vor allem in Form von Sandheiden und Bergheiden vor. Bei den Sandheiden handelt es sich um trockene Heiden des Tieflandes auf nährstoffarmen Sandböden aus der Saale-Eiszeit, die durch menschliche Nutzung entstanden sind, wie beispielsweise die Senne zwischen Bielefeld und Paderborn (vgl. Abb. 1). Bei den Bergheiden, auch Beerstrauchheiden genannt, handelt es sich um Heiden des Berglandes, wobei diese allerdings nur einen kleinen Teil der Heideflächen ausmachen, da die für ihre Entstehung verantwortliche Form der Grünlandnutzung im Hügel- und Bergland nie so bedeutsam war wie in den

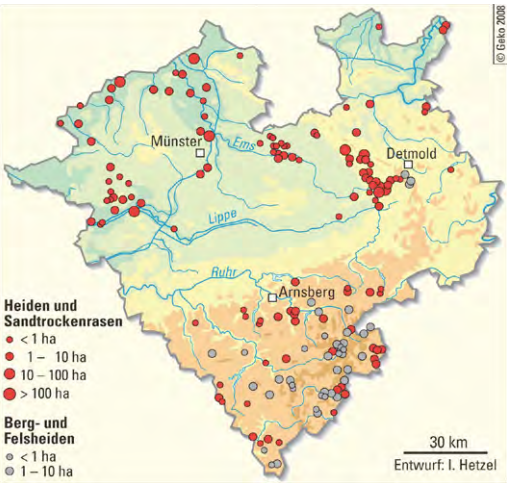

Abb. 1: Übersichtskarte der Heidegebiete in Westfalen (Hetzel & Schmitt, 2008).

trockenen und sandigen Ebenen des Tieflandes (Hetzel & Schmitt 2008). Die Bergheiden wurden in der Vergangenheit ebenfalls gemäht und beweidet, allerdings im Gegensatz zu den *Calluna*-Heiden des Tieflandes weniger geplaggt oder gebrannt (Kollmann et al. 2019). Insbesondere von Bergheiden gibt es in Mitteleuropa nur noch wenige große Flächen (Borchard et al. 2017). So sind auch in Westfalen die vorhandenen Bergheiden oft auf kleine Restflächen zurückgedrängt worden (vgl. Abb. 1). Dabei zählen sie zu den artenreichsten und am stärksten bedrohten Lebensräumen der deutschen Mittelgebirge. Ihr Hauptverbreitungsgebiet ist in Westfalen im östlichen Hochsauerlandkreis, aber es gibt auch vereinzelt Flächen bei Detmold (vgl. Abb. 1) (Hetzel & Schmitt 2008).

In den Bergheiden entwickeln neben *Calluna vulgaris* vor allem auch Beerensträucher wie *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis-idaea* eine hohe Dominanz, was sie von den Tieflandheiden unterscheidet (Hetzel & Schmitt 2008). Im Gegensatz zu *Calluna* verbreiten sich diese deutlich besser über Pflanzenausläufer als über Samen. Weitere typische Bergheidepflanzen sind beispielsweise *Arnica montana*, *Genista germanica*, *Nardus stricta*, *Juniperus communis*, *Potentilla erecta*, *Lycopodium clavatum*, *Veronica officinalis*, *Galium saxatile*, *Melampyrum pratense*, *Lathyrus linifolius* oder *Polygala serpyllifolia* (Bindewald et al. 2021; Hetzel & Schmitt 2008; Zerbe 2019).

1.4 Gefährdungen von Heideflächen

Die Zwergsträucher der Heiden benötigen eine regelmäßige Nutzung, damit sie nicht überaltern und an Vitalität verlieren und so von anderen Arten verdrängt werden. Daher sind gezielte Pflegemaßnahmen wie Beweidung, Entbuschung, Mahd, Brennen, Schoppern oder Plaggen notwendig, um für eine Verjüngung zu sorgen. Durch regelmäßige Heidepflege entsteht so ein Zyklus aus Pionierphase, Aufbauphase, Reifephase und Altersphase der etwa 25–30 Jahre dauert (Barclay-Estrup 1970; Bindewald et al. 2021; Zerbe 2019).

Doch eine Bewirtschaftung der Heideflächen, bei der es zu einem solchen Zyklus kommen kann, wird immer seltener, weshalb immer mehr Heideflächen verschwinden. Zudem sind die Heiden in ganz Mitteleuropa durch die Intensivierung der Landwirtschaft in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts und infolge der zunehmenden Besiedlung selten geworden. So wurden viele Heideflächen beispielsweise mit *Pinus sylvestris* oder *Picea abies* aufgeforstet, oder durch Düngung in nährstoffreiches Grünland umgewandelt, um sie wirtschaftlich nutzen zu können (Bindewald et al. 2021). Außerdem sanken die Wollpreise aufgrund von Einfuhren aus Übersee, wodurch die Schafwirtschaft zusammenbrach (Ellenberg & Leuschner 2010). In Bereichen, deren Nutzung nicht rentabel war, wurde die Heide häufig sich selbst überlassen. Doch bei einem vollständigen Ausbleiben von Störungen kommt es zu einer Verbuschung und die Heide wird durch Gehölze, wie durch naturschutzfachlich weitgehend unbedeutende Vorwälder aus Birke und Kiefer, verdrängt. Doch selbst bei einer verzögerten Gehölzsukzession führt fehlendes Management mittelfristig zu einer Überalterung der Zwergstrauchheiden, sodass es zu einer Vergrasung oder Verstaudung kommt (Kollmann et al. 2019). Dementsprechend gelten Arten, welche zu einer Sukzession weg von der Heide führen, zum Beispiel durch Verwaldung oder Verbuschung, als Störarten für diesen Landschaftstyp (Kollmann et al. 2019). Ein weiterer Belastungsfaktor für die westfälischen Heideflächen ist vor allem die Belastung mit Stickstoffeinträgen aus der Atmosphäre zum Beispiel aus Verkehrsabgasen, intensiver Freizeitnutzung oder landwirtschaftlicher Nutzung in der Umgebung. Durch die erhöhte Stickstoffzufuhr verlieren die Heidepflanzen ihren Konkurrenzvorteil gegenüber konkurrenzkräftigen Arten nährstoffreicher Standorte (Hetzel & Schmitt 2008). Hinzu kommt, dass Arten wie *Calluna vulgaris*

nur schlecht mit großen Nährstoffmengen zurechtkommen (Siedentop 1937). Dies führt zu einer zunehmenden Vergrasung und damit zu einer Degradierung der *Calluna*-Heiden (Hetzel & Schmitt 2008). Zudem sind Heiden auf relativ hohe Niederschläge angewiesen (Siedentop 1937). Doch durch die zunehmenden Einflüsse des menschengemachten Klimawandels wird in Zukunft die Anzahl der Sommertage weiter zunehmen und die der Eis- und Frosttage abnehmen. Die veränderten Niederschlagsbedingungen sorgen so dafür, dass die Böden im Winter und Frühjahr stärker vernässen, wohingegen sie im Sommer und im Herbst austrocknen (MKULNV 2011). Die so entstehenden sommerlichen Trockenschäden können so den Befall durch herbivore Insekten wie den Heideblattkäfer *Lochmaea suturalis* begünstigen (Zerbe 2019). Außerdem können die veränderten Niederschlagsregime infolge des Klimawandels und die erhöhten atmosphärischen Nährstoff- und Schadstoffeinträge zu einer Schädigung des Pilzpartners im Rahmen der Mykorrhiza-Symbiose der *Ericaceen* führen, was sich wiederum negativ auf die Konkurrenzfähigkeit der von ihm abhängigen Pflanze auswirken kann (Hoffmann 2021).

Aufgrund dieser Entwicklung werden die Heidelandschaften in der Roten Liste der gefährdeten Biotoptypen Nordrhein-Westfalens (NRW) als „gefährdet bis stark gefährdet" eingestuft und gelten dementsprechend als Objekt des Naturschutzes. Als solches werden sie durch § 62 des Landschaftsgesetzes NRW geschützt. Zudem sind alle Verbände der Zwergstrauchheiden durch die Fauna-Flora-Habitat (FFH) -Richtlinie der Europäischen Union geschützt und besitzen einen besonderen Schutzstatus in Zusammenhang mit dem Aufbau des europäischen Biotopverbundes Natura 2000 (Hetzel & Schmitt 2008). Dementsprechend besteht für diese Lebensräume mit einem günstigen Erhaltungszustand ein Verschlechterungsverbot und Lebensräume mit einem schlechten Erhaltungszustand müssen wiederhergestellt werden. Zu diesen FFH-Lebensraumtypen zählt auch der Lebensraumtyp „Europäische trockene Heiden" (LRT 4030), zu denen auch Bergheiden der niederen Lagen zählen (Kollmann et al. 2019).

1.5 Ziele der Zustandserfassung der Bergheide auf dem Knickenhagen bei Horn-Bad Meinberg

Die im Naturschutzgebiet Externsteine auf dem Knickenhagen vorkommenden Bergheiden im Kreis Lippe stellen eines der größten Vorkommen der gefährdeten trockenen Heiden in ganz NRW dar (LANUV NRW 2023b). Andere ehemalige Bergheiden in diesem Naturschutzgebiet auf dem Bärenstein, die nicht beweidet und nur unregelmäßig gepflegt wurden, verschwinden immer mehr und werden von Störarten wie *Pteridium aquilinum* und zunehmenden Gehölzaufwuchs verdrängt (Schutzgemeinschaft Externsteine 2023). Um herauszufinden, ob auch die Bergheide auf dem Knickenhagen von dieser Entwicklung betroffen ist, wurden im Rahmen dieser Arbeit eine Kartierung und eine Vegetationsanalyse in dem Gebiet durchgeführt. Dabei sollten folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Wo sind auf dem Knickenhagen noch intakte Heideflächen oder -relikte vorzufinden? Sind die dort vorkommenden Pflanzenarten und Artenzahlen für diesen Lebensraum typisch und besitzen sie für Heiden typische Stickstoff- und Reaktionszahlen? Welche Funktionen stellen diese Bergheidenflächen bereit?
- Wo bestehen Defizite hinsichtlich des Zustandes der Heideflächen? Welche Störarten sind auf dem Knickenhagen bereits vorzufinden und kommt es schon zu einer Sukzession in Richtung Wald, die sich durch ein erhöhtes Aufkommen von Phanerophyten und höheren Deckungsgraden von Strauch- und Baumschicht zeigt?

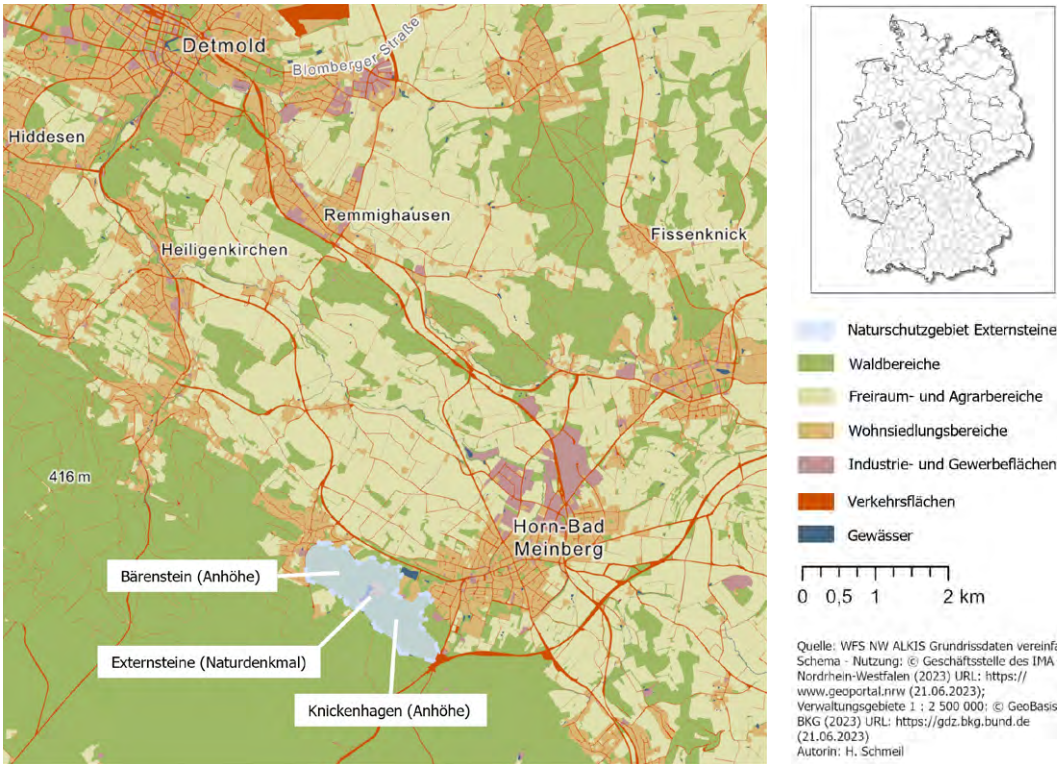

Abb. 2: Übersichtskarte zur Einordnung des Untersuchungsgebiets einschließlich Verortung des Naturdenkmals Externsteine, der Anhöhen Bärenstein und Knickenhagen und der Flächennutzungsarten.

2 Material und Methoden

2.1 Das Untersuchungsgebiet

Die untersuchte Fläche befindet sich im Naturschutzgebiet Externsteine (LIP-007) (vgl. Abb. 2). Bei diesem Gebiet handelt es sich zudem um ein FFH-Gebiet (DE-4119-301) das im Bereich des Naturparks Teutoburger Wald/Eggegebirge (NTP-006) liegt. In dem Naturschutzgebiet Externsteine vorhandene FFH-Lebensraumtypen sind Laubwälder außerhalb von Sonderstandorten, Hainsimsen-Buchenwald, hauptsächlich in Form von Buchen-Eichenmischwald, Eichenmischwald mit heimischen Laubbaumarten und Eichenwald. Außerdem Nass- und Feuchtgrünland inklusive Brachen, Fließgewässer und die zu untersuchenden trockenen Heiden (LANUV NRW 2023b).

Diese Heideflächen liegen nordwestlich und südöstlich von den Externsteinen, einem Naturdenkmal, auf zwei Anhöhen, dem Bärenstein auf etwa 238 m bis 318 m über Normalnull (ü. NN) und dem Knickenhagen auf etwa 292 m bis 318 m ü. NN (vgl. Abb. 2). In dieser Arbeit werden die Ergebnisse der Untersuchungen der Heideflächen auf dem südöstlichen Knickenhagen behandelt.

Das Naturschutzgebiet befindet sich bei Horn-Bad Meinberg zwischen dem Stadtteil Horn in östlicher Richtung und dem Stadtteil Holzhausen von Bad Salzuflen in westlicher Richtung. Die Landschaft im Umfeld des Untersuchungsgebiets wird hauptsächlich durch Waldbereiche und landwirtschaftliche Nutzung geprägt. Außerdem liegen in der Umgebung vereinzelte Siedlungen, in denen sich teilweise auch Industriegebiete befinden (vgl. Abb. 2).

Durch das Gebiet hindurch verlaufen der Hermannsweg und der Eggeweg, bei denen es sich um zwei Fernwanderwege handelt, die zusammen den Qualitätsweg der „Hermannshöhen“ bilden (Wanderbares Deutschland 2023).

Das gesamte Naturschutzgebiet Externsteine liegt in der naturräumlichen Haupteinheit Egge (NR-363) und im Landschaftsraum Osning-Kamm und Lippischer Wald (LR-IV-025). Dieser Osning-Kamm, auf dem sich das Gebiet befindet, besteht aus Sandablagerungen, die in der geologischen Zeit der Unterkreide vor etwa 140 Millionen Jahren am Rand des großen Kreidemeeres entstanden sind. Diese verfestigten sich zu horizontal liegendem Sandstein und wurden gegen Ende der Kreidezeit vor etwa 70 Millionen Jahren durch tektonische Prozesse gefaltet und senkrecht gestellt. Aus diesem Osning-Sandstein bestehen auch die in dem Gebiet liegenden Externsteine (Pott 2019). Der Untergrund unter den Heideflächen auf dem Bärenstein und dem Knickenhagen besteht aus Flammenmergel des Zeitabschnitts Oberalb, welcher sich aus Schluff und Feinsandstein zusammensetzt (Geologischer Dienst NRW 1990). Bei dem Bodentyp in diesem Gebiet handelt es sich um eine Podsol-Braunerde und auf den Kuppen des Bärensteins und des Knickenhagens, auf denen die Heideflächen liegen, um einen Braunerde-Podsol (Geologischer Dienst NRW 2023).

Zudem markieren der Bereich der Gebirgszüge des Eggegebirges und des südlichen Teutoburger Waldes, in dem das Untersuchungsgebiet liegt, die Wetterscheide zwischen dem atlantischen und dem kontinentalen Klima (Wilken et al. 2010). Die durchschnittliche bodennahe mittlere Lufttemperatur in den Jahren 1991–2020 betrug 9,2 °C. In diesem Zeitraum betrug die Vegetationszeit (Anzahl der Tage mit einer mittleren Tagestemperatur von über 5 °C) durchschnittlich 236 Tage pro Jahr. Die mittlere Niederschlagssumme in den Jahren 1991–2020 betrug 1 079 mm. Der Wind kommt häufig aus westlicher Richtung, mit durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe in den Jahren 1981–2000 von 3,4 m/s auf dem Plateau des Bärensteins und 3,2 m/s auf dem Plateau des Knickenhagens (LANUV NRW 2023a).

Aufgrund dieser Gegebenheiten wäre die heutige potenzielle Vegetation an dem Untersuchungsstandort ein Hainsimsen-Buchenwald der submontanen/hochkollinen Höhenstufe und von dieser die Waldgeißblatt-

Abb. 3: Fotografien des Knickenhagens in den Jahren 1930.
© W. Pecher (A) und 1956 © H. Schäfer (B) (Lippische Landesbibliothek Detmold, 2017).

Vikarianz (Floraweb 2023). Bei dem Hainsimsen-Buchenwald (Luzulo-Fagetum) handelt es sich um meist krautarme, von Buchen geprägte Laubwälder auf bodensauren Standorten über silikatischen Sedimenten und Gesteinen, bei denen in niederen Lagen oft Eichen und in höheren Lagen Fichten und Tannen beigemischt sind (BfN 2023b).

Die heute stattdessen auf dem Osning-Sandstein des Gebirgskammes bei Horn-Bad Meinberg vorkommenden Zwergstrauchheiden bildeten sich durch Übernutzung in Folge von Gewinnung von Bauholz und Brennholz durch Niederwaldwirtschaft und Entnahme der Laubstreu für die Viehställe. Die Waldhude mit Eichel- und Bucheckern-Mast verhinderte die Naturverjüngung des Waldes und führte zu einer fortschreitenden Auflichtung bis hin zur Verheidung der Höhen (Hoffmann 2021). Dabei wurden die Hudeflächen bei Horn gemeinschaftlich genutzt, was in Ostwestfalen eine Besonderheit war. Zu diesem Zweck wurde 1924 eine Weidegenossenschaft gegründet, welche sich bis 1937 hielt. Durch die intensive Nutzung wurden die Böden sehr stark beeinträchtigt und geschädigt. Diese Übernutzung der Bauernwälder hielt trotz Aufkommens des Kunstdüngers zu Beginn des 20. Jahrhundert und trotz verbesserter Landtechnik und Viehhaltung aufgrund der vorherrschenden Armut und der Flurzersplitterung noch bis in die Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg an, bis die landwirtschaftliche Flurbereinigung 1951 durchgeführt wurde (Buchner 1997). So zeigen auch alte Fotos, dass früher weite Teile des Knickenhagens von Zwergstrauchheiden bedeckt waren (vgl. Abb. 3) (Lippische Landesbibliothek Detmold 2017). Im 19. Jahrhundert kam es allerdings im Zuge der zunehmenden Trennung von forstlich genutzten Flächen und agrarisch genutzten Flächen (Küster 1997) und einhergehend mit Schutzgesetzen im Kreis Lippe um 1850 zu einer Aufforstung von steilen Hängen und übernutzten Flächen mit Nadelholz (Hoffmann 2021), sodass auch Teile des Knickenhagens mit Fichten aufgeforstet wurden.

Heute ist der Eigentümer des Gebiets der Landesverband Lippe (Vogt 2023) und die Biologische Station Lippe führt auf der Fläche Pflegemaßnahmen durch. Zudem hat diese bereits drei Kartierungen auf dem Knickenhagen durchgeführt, zuletzt im Juli letzten Jahres, und einen Teil des Gebiets mit einer Größe von etwa 4,2 ha dem Lebensraumtyp „4030 – Trockene europäische Heiden“ und dem Biotoptyp „Bergheide-Beerenstrauchheide“ zugeordnet (LANUV NRW 2023b). Außerdem beweidet die Biologische Station Lippe die Fläche seit ein paar Jahren für einige Wochen im Sommer mit einer Skudden-Schafherde (vgl. Abb. 4) (Biologische Station Lippe 2023a) und hat teilweise Entbuschungen durchgeführt.

2.2 Untersuchungsdesign und Durchführung

Um einen Überblick über das Untersuchungsgebiet zu bekommen, fand zunächst am 24.04.2023 eine Erstbegehung der Flächen statt. Anschließend wurden insgesamt acht Aufnahmeflächen auf dem Knickenhagen ausgewählt, um einen Überblick über die Heideflächen und -relikte sowie deren Zustand zu bekommen. Davon lagen zwei am Wegrand des Hermannsweges, vier innerhalb

Abb. 4: Beweidung der Bergheidenfläche auf dem Knickenhagen mit Schafen der Rasse „Skudde“ © S. Rzepka (Biologische Station Lippe, 2023).

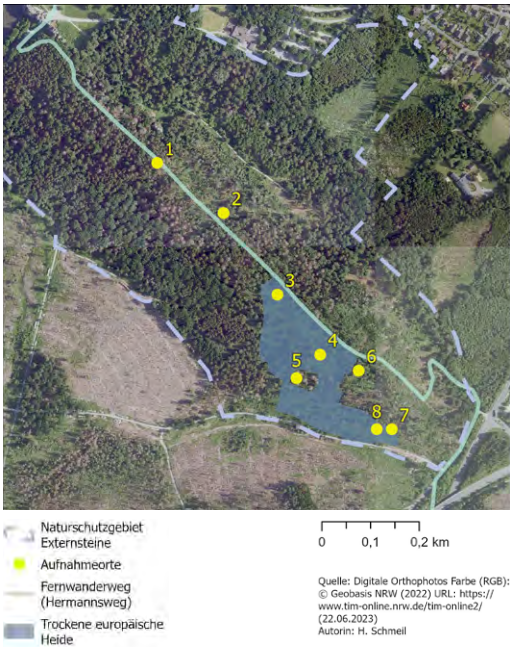

Abb. 5: Übersichtskarte der acht Aufnahmeorte für die Vegetationsanalyse auf dem Knickenhagen.

der 2022 von der Biologischen Station Lippe als „Trockene europäische Heide" kartierten Fläche (LANUV NRW 2023b) und zwei in direkter Umgebung zu dieser (vgl. Abb. 5).

Diese Flächen wurden am 23.05.2023 nach der Vegetationsaufnahme von „Braun-Blanquet" erfasst. Dazu wurden in relativ uniformen Beständen homogene Aufnahmeflächen mit einer Größe von 10 m² ausgewählt, die dem Minimumareal von Zwergstrauchheiden entspricht (Dierschke 1994). Von diesen Flächen wurden Deckungsgrade und Höhen der Moosschicht (keine Höhenangabe), der Krautschicht (<1,5 m), der Strauchschicht (1,5 m–5 m) und der Baumschichten (>5 m) erfasst. Anschließend wurden die in den einzelnen Schichten vorkommenden Pflanzenarten festgehalten und deren Mächtigkeit nach Dierschke 1994 (vgl. Tab. 1) geschätzt.

Zudem wurden am 22.05.2023 und am 01.06.2023 einzelne, für den Lebensraum relevante Arten, aber auch Störzeiger auf dem gesamten Knickenhagen dokumentiert und größere, durch Vergrasung oder Adlerfarn gestörte Flächen mit Google Maps (Google LLC 2023) erfasst. Auf dieser Grundlage wurde mittels des geographischen Informationssystems ArcGIS pro (ESRI Inc. 2021) eine Übersichtskarte der Heideflächen und -relikte, der Wacholderrelikte und der Flächen mit Störarten erstellt. Zudem wurden die durchschnittlichen Stickstoffzahlen und Reaktionszahlen nach Ellenberg 1974 der Pflanzenarten der acht Aufnahmeflächen der Vegetationsanalyse und der prozentuale Anteil der Gesamtdeckung der Lebensformen nach Raunkiær (Ellenberg 1974) ermittelt. Die erhobenen Daten wurden anschließend mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogramms Microsoft Excel (Microsoft 2023) aufbereitet und Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet.

Die Bestimmung der Pflanzenarten erfolgte mit Hilfe von Bestimmungsliteratur (Fitter 1987; Jäger 2007; Seybold 2011), der Pflanzenbestimmungs-App Pl@ntNet (Cirad et al. 2023) und einer ausführlichen Einweisung von Ulrike Hoffmann, die seit 2014 ehrenamtlich für die Florenkartierung des Landes NRW arbeitet.

	Deckung [%]	Individuen	Mittelwert
r	-1	1, kleine Wuchsformen	0,1 %
+	-1	1-5, kleine Wuchsformen	0,5 %
1	-5	6–50 Ex. (inkl. 1–5 bei großen Wuchsformen)	2,5 %
1m	-5	> 50 Ex.	2,5 %
2a	5–12,5	beliebig	8,8 %
2b	12,5–25	beliebig	20,0 %
3	25–50	beliebig	37,5 %
4	50–75	beliebig	62,5 %
5	75–100	beliebig	87,5 %

Tab. 1: Tabelle zur Schätzung der Artmächtigkeit (Dierschke 1994) mit Änderungen.

3 Ergebnisse

3.1 Vegetationsanalyse nach Braun-Blanquet

Im Rahmen der Vegetationsanalyse nach Braun-Blanquet wurde festgestellt, dass auf den acht Aufnahmeflächen in der Krautschicht vor allem *Vaccinium myrtillus* dominierte (vgl. Tab. 2; Abb. 6). Zusätzlich kamen aber auch Gräser wie *Deschampsia flexuosa* und *Molinia caerulea* vor. Außerdem waren sowohl in der Baum-, Strauch- als auch in der Krautschicht Baumarten wie *Betula pendula*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, *Rhamnus frangula* und *Sorbus aucuparia* vorhanden. An den Standorten 2, 7 und 8 wurden außerdem *Rubus* spec. und an den Standorten 6, 7 und 8 *Calluna vulgaris* gefunden. Wobei an Standort 8, vermutlich durch die bereits durchgeführte Beweidung, einige Offenbodenstellen vorhanden waren, sodass auch *Cladonia*-Flechten vorkamen. Zudem wuchsen auf Aufnahmeort 1 *Poa nemoralis* und *Trientalis europaea* und auf Standort 8 *Dryopteris carthusiana*, die an den jeweils anderen Standorten nicht zu finden waren. *Calamagrostis epigejos*, *Fagus sylvatica* und *Pteridium aquilinum* kamen in den abgesteckten Flächen der Vegetationsanalyse nicht vor (vgl. Tab. 2).

Insgesamt waren an den Standorten 1, 6 und 7 die meisten Arten zu finden und an Standort 4 die wenigsten. Die mittlere Artanzahl aller Standorte betrug 6,38 (vgl. Tab. 2).

Schicht	**Artname**	**Deckungsgrad an den Aufnahmeorten**							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Krautschicht	*Calluna vulgaris* (Besenheide)						+	2b	5
	Deschampsia flexuosa (Draht-Schmiele)	1	+	1		+	+	1	1
	Dryopteris carthusiana (Gewöhnlicher Dornfarn)							r	
	Molinia caerulea (Blaues Pfeifengras)			+	1		1	2a	+
	Picea abies (Gemeine Fichte)	r			r		+		
	Pinus sylvestris (Waldkiefer)			r					
	Poa nemoralis (Hain-Rispengras)	1							
	Quercus robur (Stil-Eiche)			r			r	+	
	Rhamnus frangula (Faulbaum)	r		+	r	r			r
	Rubus spec. (Brombeeren) (stellvertretend für *Rubus fruticosus* agg.: *Rubus vestitus* (Weber 1983))		2a					2a	+
	Sorbus aucuparia (Eberesche)	+				r	+		
	Trientalis europaea (Siebenstern)	1							
	Vaccinium myrtillus (Heidelbeere)	5	5	5	5	5	5	4	2a
Strauchschicht	*Betula pendula* (Hänge-Birke)						2a		
	Picea abies (Gemeine Fichte)		1						
	Rhamnus frangula (Faulbaum)						1		
	Sorbus aucuparia (Eberesche)						2a		
Baumschicht	*Betula pendula* (Hänge-Birke)		1			1	2a	1	
	Picea abies (Gemeine Fichte)	1				1			
	Pinus sylvestris (Waldkiefer)	1							

Tab. 2: Deckungsgrade der an den acht Aufnahmeorten vorkommenden Arten nach Dierschke 1994.

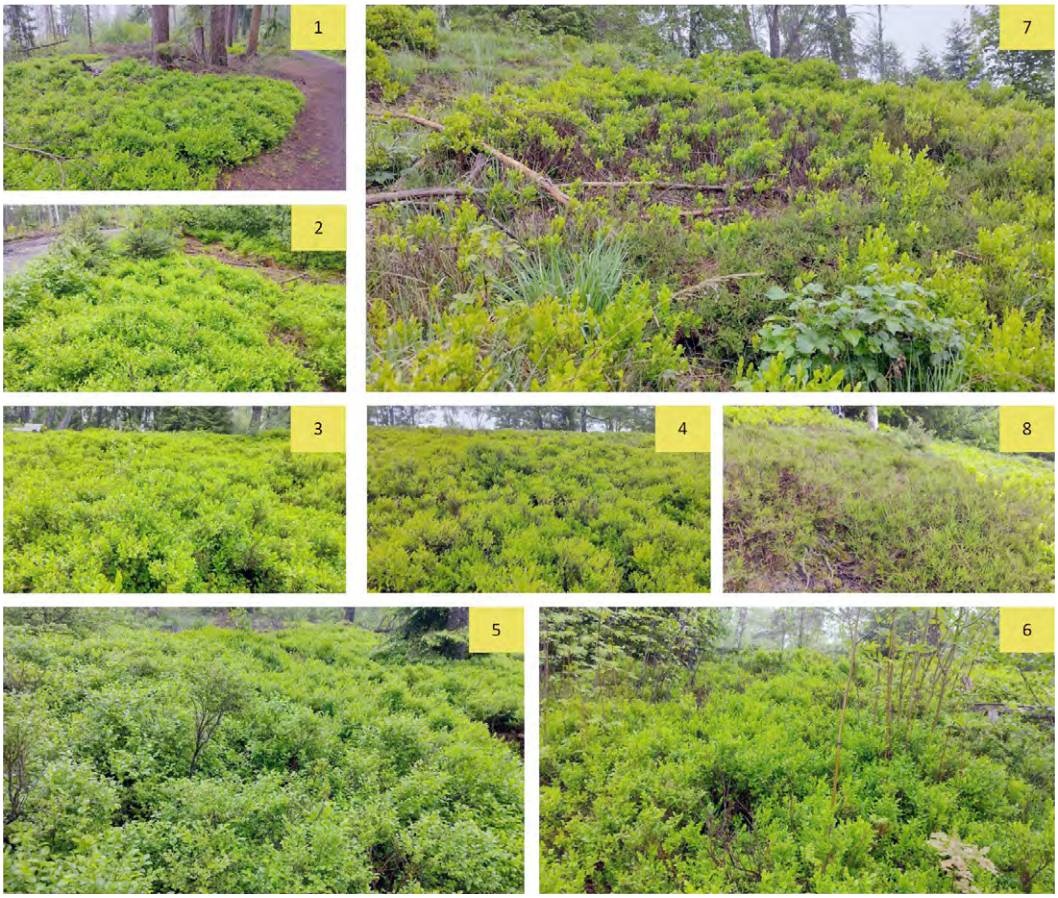

Abb. 6: Fotos der acht Aufnahmeorte der Vegetationsanalyse am 23.05.2023.

An allen Standorten der Vegetationsanalyse war eine Moosschicht vorhanden. Diese besaß an den Aufnahmeorten 3, 4 und 6 die höchste Deckung mit über 80 %. An den Standorten 2 und 8 war die Deckung mit 15 % und 10 % am geringsten. Die Deckung der Krautschicht war an allen Standorten mit meist über 80 % sehr hoch, nur an Standort 1 und 7 betrug sie nur 70 %. Eine Strauchschicht war nur an Standort 2 mit nur 2 % und an Standort 6 mit 35 % vorhanden. Eine Baumschicht gab es an den Standorten 1, 2, 5, 6 und 7, wobei die Deckung dieser in allen Fällen nicht mehr als 10 % betrug (vgl. Abb. 7 A).

Was den Anteil der Gesamtdeckung der Lebensformen nach Raunkiær in der Krautschicht angeht, machten die Chamaephyten, beziehungsweise die Zwergsträucher an allen Aufnahmeorten den größten Anteil mit meist über 90 % aus. Nur an Standort 2 und 7 lag die Deckung bei 86 % und 76 %. Mehr als 10 % Deckung der Phanerophyten waren nur bei Standort 7 und 2 vorhanden. Ansonsten lag die Deckung der Hemikryptophyten bei allen Standorten bei etwa 3 %, außer bei Standort 7 mit etwa 12 % und Standort 4 mit nur etwa 6 %. Geophyten waren nur an Standort 1 in Form von *Trientalis europaea* vorhanden (vgl. Abb. 7 B).

Die mittleren Zeigerwerte der Arten lagen, sowohl was die Reaktionszahl als auch was die Stickstoffzahl angeht, an allen Standorten in

einem ähnlichen Bereich. An den Standorten 1, 2, 7 und 8 waren die Reaktionszahlen mit etwa 3 etwas höher als an den Standorten 3, 4, 5 und 6 mit etwa 2. Bei den Zeigerwerten für Stickstoff lagen die Mittelwerte an allen Aufnahmeorten etwa bei 3, außer bei Standort 2, wo er bei 4 lag (vgl. Abb. 7 C).

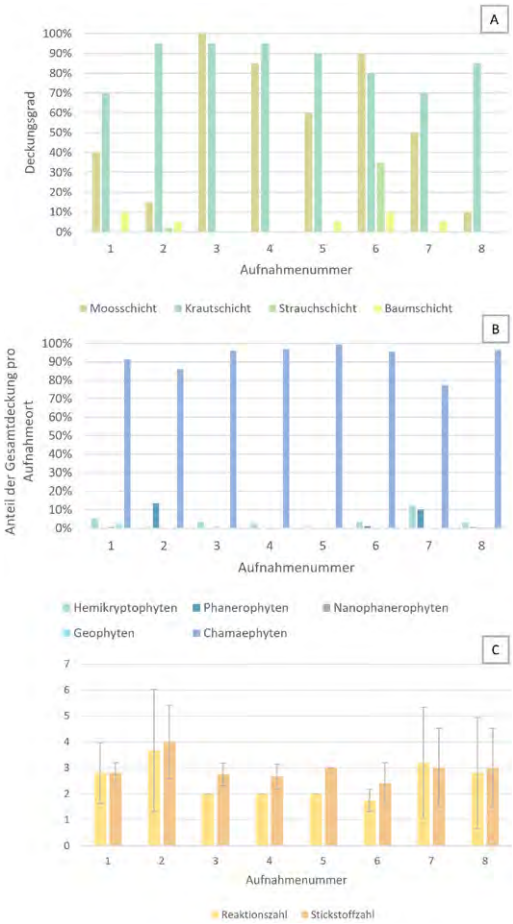

Abb. 7: A: Deckungsgrade der Schichten der acht Aufnahmeorte im Rahmen der Vegetationsanalyse. **B**: Prozentualer Anteil der Gesamtdeckung der Lebensformen (Ellenberg, 1974) der Krautschicht der acht Aufnahmeorte. **C**: Mittlere Reaktionszahl und Stickstoffzahl mit Standardabweichung (Ellenberg, 1974) jeweils aller Arten der acht Aufnahmeorte.

3.2 Heidetypische Faktoren auf dem gesamten Knickenhagen

Im Rahmen der Kartierung des gesamten Knickenhagens wurden insgesamt noch relativ viele Heidestrukturen erfasst. Die Heiderelikte, die sich hauptsächlich durch das Vorkommen von *Vaccinium myrtillus* auszeichnen, befanden sich primär am Rand der 2022 von der Biologische Station Lippe als „Trockene europäische Heide" kartierten Fläche (LANUV NRW 2023b) und am Rand des Hermannsweges. Kleinere und schlechter ausgebildete Vorkommen waren zudem entlang des Eggeweges zu finden (vgl. Abb. 14).

Neben den typischen Zwergsträuchern *Calluna vulgaris* und *Vaccinium myrtillus* kamen auf dem Knickenhagen einige weitere für Zwergstrauchheiden typische Arten wie *Carex pilulifera*, *Galium saxatile*, *Luzula campestris* und *Melampyrum pratense* vor (vgl. Tab. 3; Abb. 8 A–C). Zudem waren einige an saure und nährstoffarme Standorte angepasste Arten wie *Maianthemum bifolium*, *Trientalis europaea* oder *Anthoxanthum odoratum* (vgl. Abb. 8 D) vorhanden.

Auf dem Knickenhagen gab es außerdem einige Bestände von *Juniperus communis* (vgl. Abb. 9 A; Tab. 3; Abb. 14). *Ilex aquifolium* war in dem Gebiet ebenfalls sehr häufig und es waren einige krumme, ineinander gewachsene ältere Bäume vorhanden (vgl. Abb. 9 B–C).

An Stellen, an denen der Boden an Wegrändern abgetragen wurde, war gut zu erkennen, dass es sich bei dem Bodentyp auf

Artname Lat.	Artname Dt.
Calluna vulgaris	Besenheide
Carex pilulifera	Pillen-Segge
Galium saxatile	Harzer Labkraut
Juniperus communis	Gemeiner Wacholder
Luzula campestris	Feld-Hainsimse
Melampyrum pratense	Wiesen-Wachtelweizen
Vaccinium myrtillus	Heidelbeere

Tab. 3: Auflistung der bei der Kartierung gefundenen, für den Lebensraum relevanten typischen Arten.

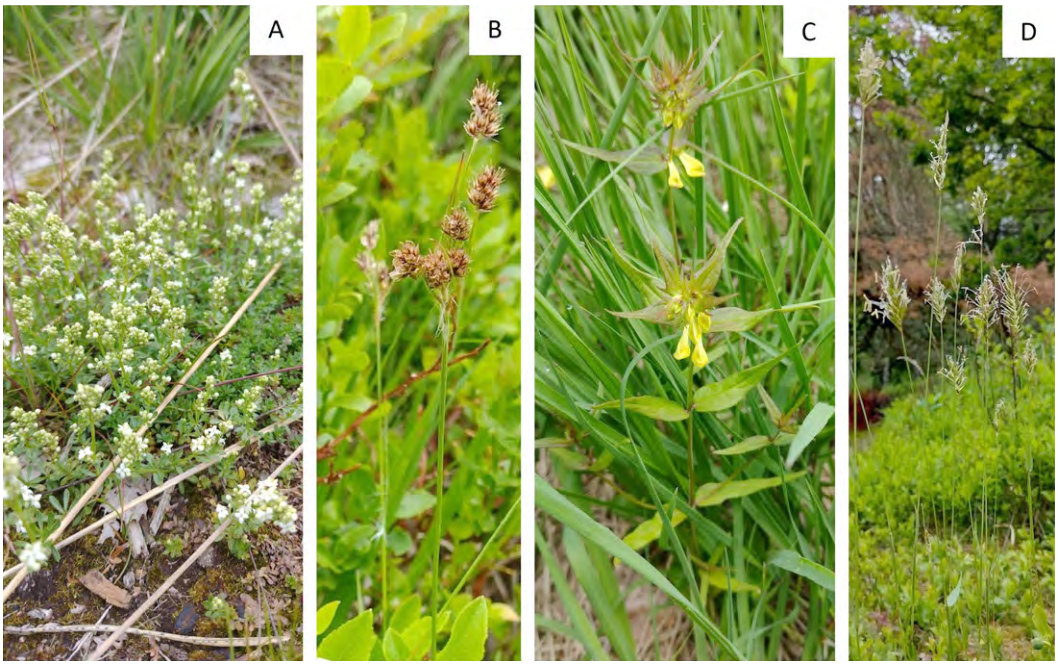

Abb. 8: A: *Galium saxatile* am Rand des Hermannsweges (01.06.2023). **B**: *Luzula campestris* (01.06.2023). **C**: *Melampyrum pratense* in der Heidefläche (01.06.2023). **D**: *Anthoxanthum odoratum* (01.06.2023).

Abb. 9: A: Überalterter *Juniperus communis* (01.06.2023). **B**: *Ilex aquifolium* (22.05.2023). **C**: Büschelpflanzung von *Fagus sylvatica* (22.05.2023).

dem Knickenhagen um einen Podsol handelt (vgl. Abb. 10 A). Offene Stellen im Bewuchs, an denen der Rohboden frei liegt, gab es in den Heideflächen nur wenige. Diese befanden sich meist in Bereichen, in denen vermutlich zuvor Beweidung stattgefunden hat oder an Wegrändern und an steilen Hängen, an denen die Erde abgerutscht ist (vgl. Abb. 10 C). An diesen Stellen kamen häufig *Cladonia*-Flechten und *Calluna vulgaris* vor (vgl. Abb. 10 B - D).

Artname Lat.	Artname Dt.
Betula pendula	Hänge-Birke
Cytisus scoparius	Besenginster
Deschampsia flexuosa	Draht-Schmiele
Fagus sylvatica	Rotbuche
Molinia caerulea	Blaues Pfeifengras
Picea abies	Gemeine Fichte
Pteridium aquilinum	Adlerfarn
Rhamnus frangula	Faulbaum
Rubus spec.	Brombeeren
Sorbus aucuparia	Eberesche

Tab. 4: Auflistung der bei der Kartierung gefundenen, für den Lebensraum relevanten Störarten.

3.3 Störparameter auf dem gesamten Knickenhagen

Im Rahmen der Kartierung des gesamten Knickenhagens wurde festgestellt, dass die Randbereiche der Wege größtenteils stark durch Arten wie *Frangula alnus*, *Betula pendula*, *Sorbus aucuparia* oder *Picea abies* und *Fagus sylvatica* im Bereich des Eggeweges verbuscht waren. Entlang der Wege kamen zudem vermehrt Nährstoffzeiger wie *Rubus* spec., *Urtica dioica*, *Cirsium arvense* oder *Taraxacum* sect. *Ruderalia* vor (vgl. Abb. 11 A; Tab. 4). An der Zufahrt zum Wanderparkplatz waren einige Exemplare von *Cytisus scoparius* vorhanden, der sich allerdings noch nicht auf dem restlichen Knickenhagen verbreitet hat (vgl. Abb. 11 B; Tab. 4; Abb. 14). Außerdem gab es auf dem gesamten Knickenhagen mehrere Flächen, auf denen sich *Pteridium aquilinum* ausgebreitet und alle anderen Arten verdrängt hat (vgl. Abb. 11 C; Tab. 4, Abb. 14). Ähnlich verhält es sich mit *Molinia caerulea*, die im gesamten Heidebestand häufig vorhanden war, aber besonders im südwestlichen Bereich der Heidefläche und auf ausgetretenen Wegen großflächig vorkam und andere Arten verdrängt hat (vgl. Abb. 11 D; Tab. 4; Abb. 14). *Deschampsia flexuosa* war ebenfalls stark verbreitet, auch in den Heideflächen, hat aber bisher noch nicht zu einer großflächigen Verdrängung der Zwergsträucher geführt (vgl. Abb. 11 E; Tab. 4). Zudem befanden sich die Zwergsträucher *Vaccinium myrtillus* und *Calluna vulgaris* oft bereits in der Altersphase (vgl. Abb. 11 F). Die Bestände von *Juniperus communis* waren ebenfalls von starker Überalterung, aber auch von zunehmender Verbuschung betroffen (vgl. Tab. 3; Abb. 9 A; vgl. Abb. 14).

Am 22.04.2023 verbrannten etwa 2 ha der Heidefläche (Vogt 2023) (vgl. Abb. 12 A, Abb. 14), wobei auch einige Bäume und *Juniperus communis* betroffen waren (vgl. Abb. 12 C). Etwas mehr als einen Monat später wuchs auf der Fläche vor allem *Molinia caerulea* nach (vgl. Abb. 12 B), aber auch *Vaccinium myrtillus* begann sich an Stellen zu verjüngen, an denen *Molinia caerulea* nicht so dominant war (vgl. Abb. 12 D).

Auf dem Knickenhagen befanden sich außerdem einige abgestorbene Exemplare von *Picea abies* und sehr viel Totholz, wodurch es zu einer Beschattung kam und sich Arten wie *Rubus* spec. und *Molinea caerulea* ausgebreitet haben und die Zwergsträucher zurückgegangen sind (vgl. Abb. 13 A–B). Zudem wurde der Hermannsweg frisch abgeschoben und das dabei angefallene Material an mehreren Stellen auf den Heideflächen am Wegrand abgeladen (vgl. Abb. 13 C). Schnittmaterial von vergangenen Freischneidungen wurde ebenfalls an mehreren Stellen auf den Zwergsträuchern abgelegt (vgl. Abb. 13 D).

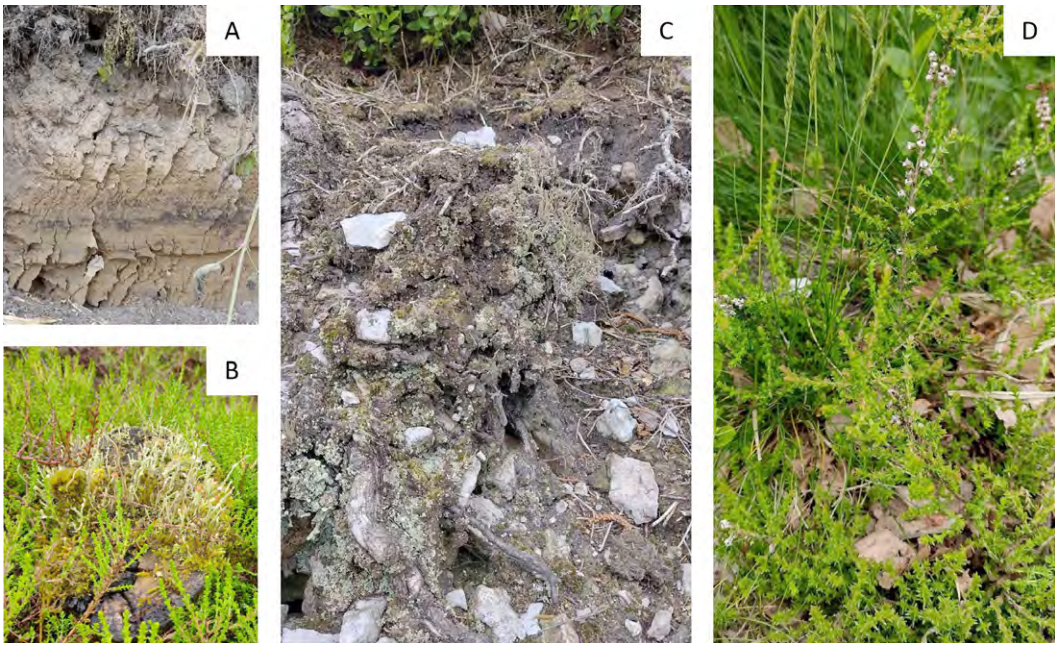

Abb. 10: A: Bodenprofil am Rand des Eggeweges (01.06.2023). **B**: *Cladonia*-Flechten und *Calluna vulgaris* (23.05.2023). **C**: Offenboden mit *Cladonia*-Flechten (01.06.2023). **D**: *Calluna vulgaris* am Rand des Hermannsweges (01.06.2023).

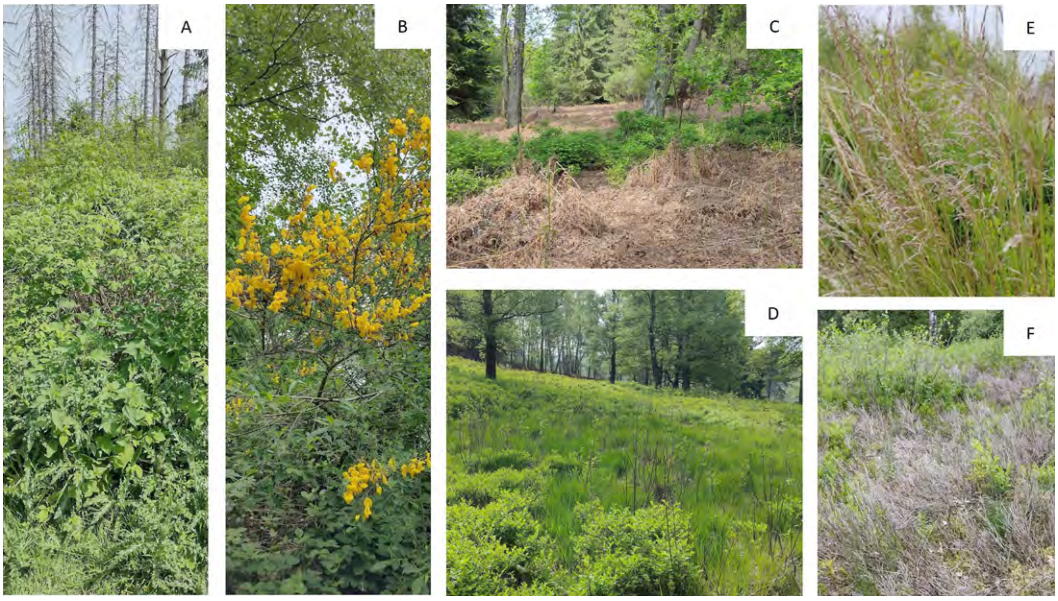

Abb. 11: A: Verbuschter Wegrand des Hermannsweges (22.05.2023). **B**: *Cytisus scoparius* an der Parkplatzzufahrt (01.06.2023). **C**: *Pteridium aquilinum* westlich der Heidefläche (22.05.2023). **D**: *Molinia caerulea* im südwestlichen Bereich der Heidefläche (22.05.2023). **E**: *Deschampsia flexuosa* (01.06.2023). **F**: Überalterte Bestände von *Vaccinium myrtillus* (01.06.2023).

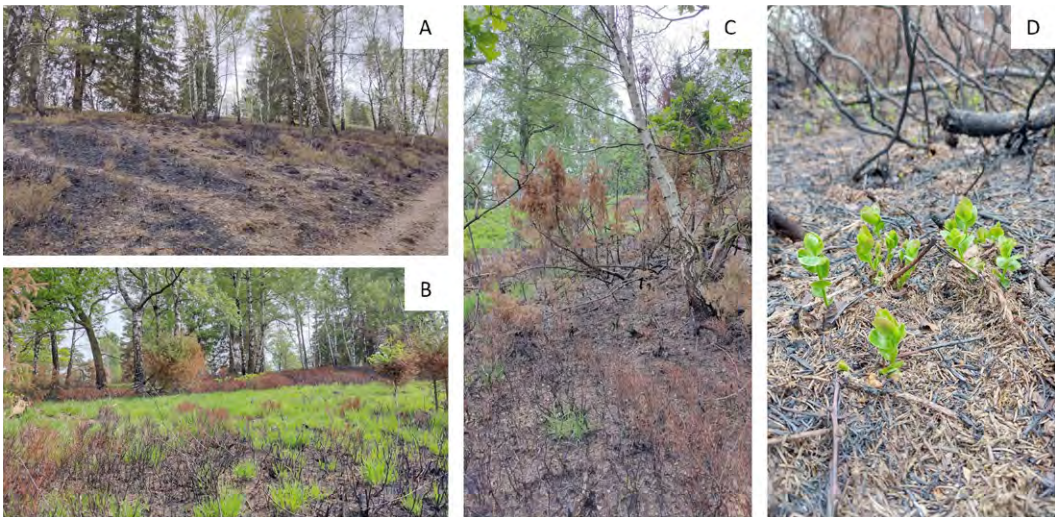

Abb. 12: A: Verbrannter Bereich der Heidefläche kurz nach dem Brand (24.06.2023). **B**: Verbrannter Bereich der Heidefläche einen Monat nach dem Brand (22.05.2023). **C**: Verbrannter *Juniperus communis* (01.06.2023). **D**: Neuaufwuchs von *Vaccinium myrtillus* (01.06.2023).

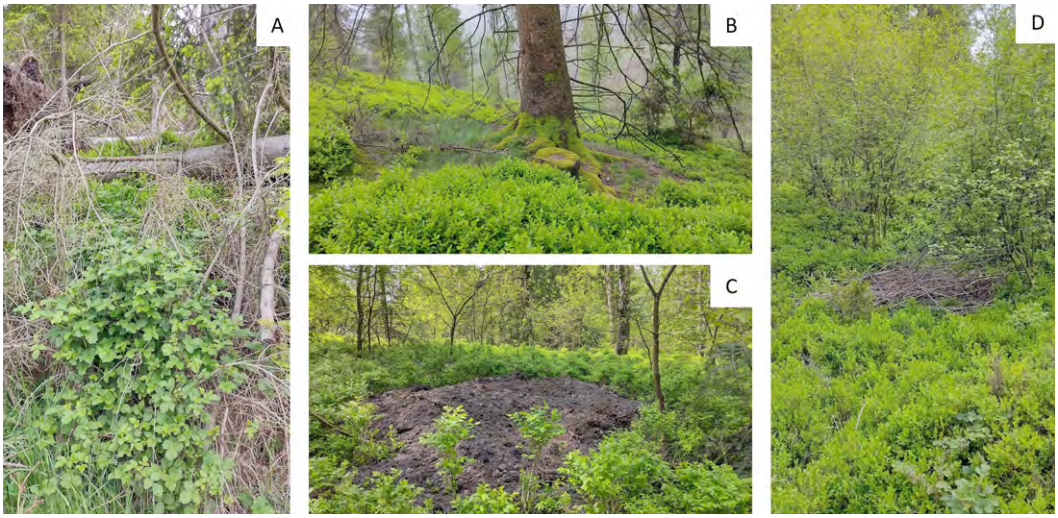

Abb. 13: A: Von *Rubus* spec. überwuchertes Totholz (22.05.2023). **B**: Zwergstrauchfreie Fläche unter abgestorbenem Exemplar von *Picea abies* (23.05.2023). **C**: Auf Zwergsträuchern abgeladenes, abgeschobenes Material (22.06.2023). **D**: Auf Zwergsträuchern abgelegtes Schnittgut (22.06.2023).

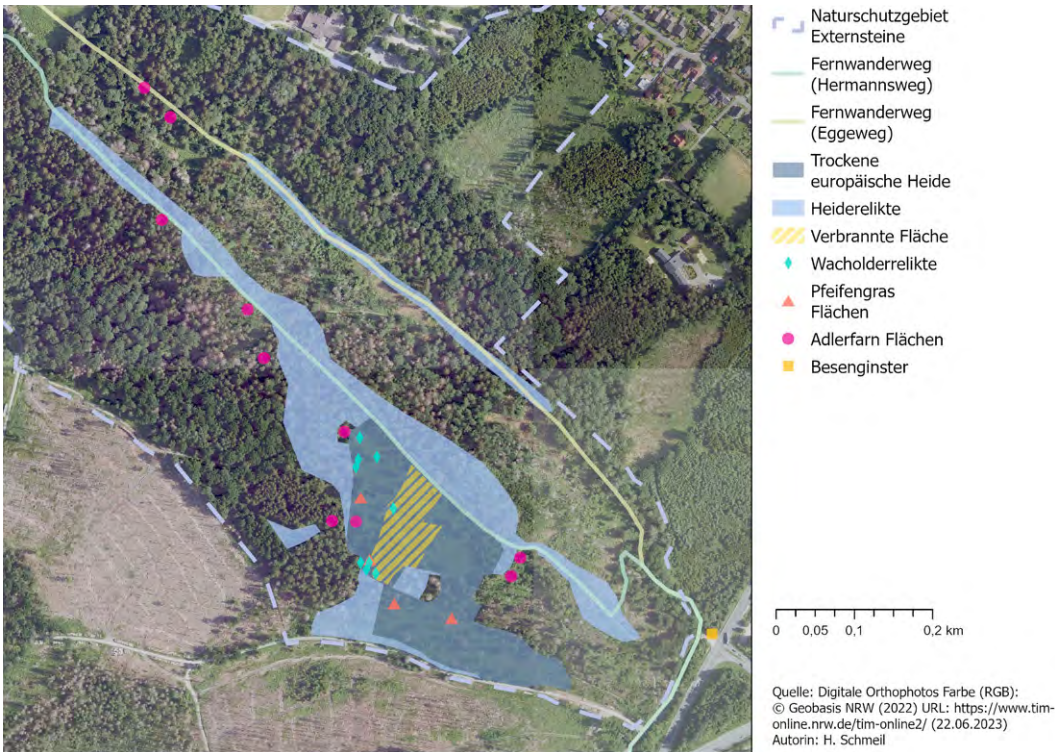

Abb. 14: Übersichtskarte der Heideflächen, Heiderelikte, der verbrannten Fläche und größeren Aufkommen von Wacholderrelikten, Pfeifengras-Flächen, Adlerfarn-Flächen und Besenginster.

4 Diskussion

Bezüglich Fragestellung [A] passen die nur geringen, bei der Vegetationsanalyse erfassten Artenzahlen (vgl. Tab. 2) zu den zuvor in anderen Werken beschriebenen Gegebenheiten von Zwergstrauchheiden (Ellenberg & Leuschner 2010; Kollmann et al. 2019; Zerbe 2019). Ebenso ist es typisch, dass die mittleren Zeigerwerte der Pflanzen aller Aufnahmeorte etwa im Bereich der Säurezeiger und der häufiger auf stickstoffarmen Standorten wachsenden Pflanzen liegen (vgl. Abb. 7 C) (Ellenberg 1974) mit pH-Werten in Heiden von etwa 3,5–5,5 (Zerbe 2019). Solche nährstoffarmen Offenlandökosysteme spielen auch für die Versorgung mit sauberem Oberflächen- und Grundwasser eine wichtige Rolle, da sie dieses infolge ihrer extensiven Bewirtschaftung generieren (Kollmann et al. 2019; van der Wal et al. 2011). Somit leistet auch die Heidefläche auf dem Knickenhagen einen Beitrag zur Wasserversorgung, zumal sie sich in Schutzzone 3 eines Wasserschutzgebiets befindet (LANUV NRW 2021).

Zudem sind das dominante Vorkommen von Chamaephyten in der Krautschicht neben denen auch Hemikryptophyten häufig vorkommen und die nur geringen Höhen der Pflanzen (vgl. Abb. 7 B) typisch für Heiden (Ellenberg & Leuschner 2010; Kollmann et al. 2019; Zerbe 2019). Bei den Zwergsträuchern dominiert dabei hauptsächlich *Vaccinium myrtillus*, was bei Bergheiden keine Seltenheit ist (Hetzel & Schmitt 2008; Kollmann et al. 2019; Zerbe 2019). Diese Zwergsträucher tragen durch ihr Wurzelsystem und die Bodenbedeckung dazu bei, den Boden zu stabilisieren und verringern so die Erosionsgefahr durch Wind und

Wasser (Morán-Ordóñez et al. 2013), was auf dem Knickenhagen von großer Bedeutung ist, da sich die Heidefläche an sehr steilen Hängen mit einer Steigung von etwa 40° befindet (Bezirksregierung Köln 2013). Zusätzlich nehmen sie bei richtiger Pflege Kohlenstoff aus der Atmosphäre auf, sodass es zu einer Kohlenstoffakkumulation im Boden kommt und sie einen Beitrag zur Abschwächung des Treibhauseffekts leisten können (Kopittke et al. 2013; Li et al. 2023; Morán-Ordóñez et al. 2013).

Außerdem typisch für Bergheiden sind die auf dem Knickenhagen vorkommenden Arten wie *Calluna vulgaris*, *Carex pilulifera*, *Galium saxatile*, *Luzula campestris*, *Melampyrum pratense* und *Juniperus communis* (vgl. Tab. 3) (Hetzel & Schmitt 2008; Hoffmann 2021; Kollmann et al. 2019; LANUV NRW 2022). Damit trägt die Bergheide auf dem Knickenhagen dazu bei, Kennarten des Lebensraumes und damit Diversität zu erhalten (Honnay & Jacquemyn 2007; Young et al 1996; Zerbe 2019) und bietet die Chance, typische Arten wie zum Beispiel *Calluna vulgaris* (vgl. Tab. 3; Abb. 10 B, D) oder *Juniperus communis* (vgl. Tab. 3; Abb. 9 A; Abb. 14), die im Moment nur in einem geringen Umfang oder einem schlechten Zustand auf dem Knickenhagen vorhanden sind, wieder zu fördern.

Zudem gilt das Gebiet um die Externsteine als von herausragender Bedeutung für den Biotopverbund, da zum einen die Externsteine als Silikatfelsen, einschließlich ihrer typischen Vegetation von großer biologischer und geologischer Bedeutung sind und zum anderen die trockenen Heiden eines der größten Vorkommen in ganz NRW darstellen. So spielt das Gebiet eine wichtige Rolle für den landesweiten Biotopverbund innerhalb der Achse Teutoburger Wald/Eggegebirge und dient dem Schutz von Zielarten wie zum Beispiel der Wildkatze *Felis silvestris*, Rotwild *Cervus elaphus*, dem Eremit *Osmoderma eremita*, dem Uhu *Bubo bubo* und einigen Spechtarten wie dem Grauspecht *Picus canus*, dem Mittelspecht *Dendrocopos medius* und dem Schwarzspecht *Dryocopus martius* (LANUV NRW 2023). Um diese Funktion zu erhalten und zu sichern, bedürfen die Heideflächen einer regelmäßigen Pflege und einer Wiederherstellung (Zerbe 2019), sodass noch mehr Verbindungen zu anderen Lebensräumen, wie zu offenen Grasflächen oder Feuchtgebieten in Richtung der Externsteine, aber auch insbesondere zu anderen vereinzelten Bergheideflächen in der Umgebung geschaffen werden.

Außerdem verweisen einzelne alte, krumm und mehrstämmig gewachsene Exemplare von *Quercus robur* und *Fagus sylvatica* (vgl. Abb. 9 C), die durch Büschelanpflanzungen entstanden sind, auf die historische Hudenutzung und Schneitelwirtschaft in dem Gebiet, die zur Entstehung der Heiden geführt hat (Hoffmann 2021). Und auch die im Gebiet sehr häufigen *Ilex aquifolium* und *Juniperus communis* (vgl. Abb. 9 A–B; vgl. Abb. 14) sind auf die ehemalige Heidenutzung zurückzuführen, da sie von den Tieren aufgrund der Dornen, Stacheln und ledrigen Blättern nur ungern gefressen wurden und sich so durchsetzen konnten (Küster 1997). Laut Hoffmann 2021 stellen die Wacholderbestände im Kreis Lippe heute bedeutsame Kulturlandschaftsrelikte dar, sind aber zunehmend bedroht. Sowohl auf der Roten Liste NRW als auch auf der des Weserberglandes gilt *Juniperus communis* als gefährdet (Verbücheln et al. 2021).

Dies ist ein weiterer Anreiz, die Heideflächen auf dem Knickenhagen zu erhalten und zu entwickeln, um so kulturelle und traditionelle Bewirtschaftungsformen und Landschaften zu erhalten, aber auch um die regionale Naherholung und den Tourismus zu fördern (Kollmann et al. 2019; Morán-Ordóñez et al. 2013; van der Wal et al. 2011; Zerbe 2019). Zumal der durch das Gebiet verlaufende Hermannsweg (vgl. Abb. 14) als einer der schönsten Höhenwege Deutschlands gilt (Wanderbares Deutschland 2023) und bei seiner Einrichtung im Jahr 1902 größtenteils ein Panoramaweg durch Heidelandschaften war (Schutzgemeinschaft Externsteine 2023). Zusätzlich verlaufen über den Knickenhagen der Eggeweg und Rundwege wie die Blaubeeren-Route und die

Knickenhagen-Route mit interaktiven Stationen (Naturpark Teutoburgerwald Eggegebirge 2019). Das Naturschutzgebiet Externsteine gehört außerdem mit etwa 500 000 Besuchern pro Jahr zu den touristischen Hauptattraktionen der Region (Biologische Station Lippe 2023b). Besonders zur Zeit der Beerenreife und der Heideblüte werden Bergheiden viel besucht, sodass die TH OWL 2022 den Erholungswert und die Erholungsnachfrage in dem Gebiet als hoch einschätzt.

Allerdings bestehen, was Fragestellung [B] angeht, auf den Flächen auch einige Defizite. So ist auch auf dem Knickenhagen der Zustand der Wacholderbestände (vgl. Abb. 14) nicht sehr gut, da sie von zunehmendem Sukzessionsdruck, Beschattung, Überalterung und ausbleibender Naturverjüngung und Fichtenaufforstungen in der Vergangenheit betroffen sind (vgl. Abb. 9 A).

Die Zwergsträucher befinden sich ebenfalls bereits häufig in der Altersphase. Bei der Kartierung der Biologischen Station Lippe im Juli letzten Jahres wurde passend dazu festgestellt, dass so gut wie keine Pionierphase bei den Zwergsträuchern vorhanden ist und dass die Reifephase 75 % und die Altersphase 5–15 % der Fläche ausmachen (LANUV NRW 2023b). Zerbe 2019 beschreibt, dass diese mangelnde generative und vegetative Verjüngung der Zwergsträucher ein häufiges Problem bei der Heideerhaltung darstellt, so auch auf dem Knickenhagen.

Unter den Zwergsträuchern ist außerdem *Calluna vulgaris* auf dem Knickenhagen insgesamt nur wenig verbreitet. Hauptsächlich kommt sie an Stellen vor, an denen die Freistellung der Fläche noch nicht so lange her ist, oder dort, wo der Rohboden frei liegt, wie zum Beispiel an Stellen, die zuvor beweidet wurden, an Wegrändern oder an Hängen, an denen es zu Erdrutschen kam. Von diesen Offenbodenstellen gibt es auf dem Knickenhagen allerdings nur wenige. Die Biologische Station Lippe schätzt den Anteil der vegetationsfreien Stellen im südlichen Bereich der Heidefläche auf 5 % und im nördlichen Bereich auf nur etwa 2 % (LANUV NRW 2023b). Das Aufkommen von *Calluna vulgaris* an diesen Stellen deutet darauf hin, dass im Boden noch eine intakte Samenbank von *Calluna vulgaris* vorhanden ist (Finke & Lienenbecker 2006; Willams 1988). Flechten benötigen diese Offenbodenstellen ebenfalls (Bindewald et al. 2021; Ellenberg & Leuschner 2010) (vgl. Abb. 10 B–C).

Außerdem konnte eine ebenfalls für Bergheiden typische Zwergstrauchart, die Preiselbeere *Vaccinium vitis-idea* (Hetzel & Schmitt 2008; Kollmann et al. 2019), die im Rahmen der Florenkartierung im Jahr 2019 am Südhang des Knickenhagens erfasst und im Februar dieses Jahres bestätigt wurde, bei dieser Kartierung nicht festgestellt werden. Gründe für den Rückgang dieser Art können die Aufgabe der Schaf- und Ziegenbeweidung und die Aufforstung mit Fichten sein (Hoffmann 2021), wozu es in der Vergangenheit auch auf dem Knickenhagen kam. Zudem gefährdet auch die Verbuschung durch *Betula pendula*, *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, und *Rubus* spec. das Vorkommen von *Vaccinium vitis-idea* (vgl. Tab. 4). Bei weiteren momentan fehlenden Arten wie *Genista pilosa*, *Lycopodium annotinum*, *Danthonia decumbens*, *Cuscuta epithymum*, *Rhinanthus* spec. und *Juncus squarrosus*, die im Rahmen der Florenkartierung 2013–2021 noch in der Gegend um Horn-Bad Meinberg bestätigt wurden (Hoffmann 2021), besteht eventuell Potenzial diese wieder zu etablieren zumal sich besonders Zwergstrauchheiden auf Flächen mit Fichtenwald gut wiederherstellen lassen (Borchard et al. 2017; Kollmann et al. 2019). Andere Kennarten, die bei der Kartierung nicht gefunden wurden und welche auf dem Knickenhagen und der Umgebung bereits als ausgestorben gelten sind *Genista germanica*, *Huperzia selago*, *Arnica montana*, *Botrychium lunaria* und *Pedicularis sylvatica* (Floristische Kartierung NRW 2023; Hoffmann 2021).

Die dafür mitverantwortliche Verbuschung und Verwaldung vieler Stellen der Heideflächen und der potenziellen Heidestandorte spiegelt sich auch in dem erhöhten Aufkom-

men von Phanerophyten in der Krautschicht an Aufnahmeort 2 und 7 der Vegetationsanalyse (vgl. Abb. 7 B) und in den erhöhten Deckungsgraden der Strauch- und Baumschicht an den Aufnahmeorten 1, 2, 5, 6 und 7 (vgl. Abb. 7 A) wider. Diese fortschreitende Gehölzsukzession wird beispielsweise von Ellenberg & Leuschner 2010; Kollmann et al. 2019; Zerbe 2019 als eine der Hauptgefährdung für Heidestandorte beschrieben. Die Biologische Station Lippe stellte bei der Kartierung der Heidefläche im Juli letzten Jahres ebenfalls eine Verbuschung fest. Diese betrug im nördlichen Bereich der Heidefläche 8 % und im südlichen Bereich 25 % (LANUV NRW 2023b). Zudem wurden Arten wie *Maianthemum bifolium* und *Trientalis europaea*, welcher im Weserbergland als gefährdet gilt (Verbücheln et al. 2021) und laut Kollmann et al. 2019; Zerbe 2019 auch häufig in Bergheiden vorkommt, gefunden. Beide Arten sind aber ebenfalls eher typisch für lichte Kiefern- und Eichenwälder mit sauren Böden (Hoffmann 2021). Dabei lassen zwar einzelne ausgewachsene Exemplare von Arten wie *Frangula alnus*, *Betula pendula*, *Sorbus aucuparia* und *Quercus robur* noch relativ viel Licht durch, doch eine starke Ausbreitung in der Kraut- und Strauchschicht führt auch bei diesen Arten zu einer Beschattung. Dabei breitet sich *Betula pendula* durch sehr viele und leichte Früchte besonders stark aus (Ellenberg & Leuschner 2010). *Fagus sylvatica* wirft hingegen viel Schatten und die dichte Laubstreu auf dem Boden beeinträchtigt das Aufkommen der Zwergsträucher zusätzlich, wodurch außerdem die Verbreitung von *Pteridium aquilinum* verstärkt wird (Hoffmann 2021). Bisher kommt *Fagus sylvatica* allerdings hauptsächlich nur in den Randbereichen zum Buchenwald und in den Heiderelikten am Eggeweg vor und ist in den Heideflächen und -relikten entlang des Hermannsweges noch nicht verbreitet.

Diese Verbuschung und Verwaldung wird durch die Nichtentfernung des Totholzes, Schnittguts und Abschubmaterials der Wege nur noch verstärkt und führt zu einem Rückgang der noch bestehenden Heidefläche (vgl. Abb. 13 A–B). Das viele Totholz, besonders Nadelholz wie die abgestorbenen Fichten, erhöht zudem die Waldbrandgefahr, besonders in den zunehmenden Dürreperioden (Neff 2022), von denen auch der Knickenhagen in den letzten Jahren betroffen war (UfZ 2023).

Diese zunehmenden Dürreperioden führen zudem laut Hoffmann 2021 selbst an Trockenstandorten wie der Heide zu Veränderungen im Artenspektrum. Dies könnte unter anderem ein weiterer Grund dafür sein, dass Kennarten von Offenland-Lebensräumen wie *Arnica montana*, *Botrychium lunaria*, *Rhinanthus* spec., *Cuscuta epithymum* oder *Eupheasia* spec. (Hoffmann 2021; LANUV NRW 2022) bei der Kartierung auf dem Knickenhagen nicht gefunden wurden (vgl. Tab 3) oder dort bereits ausgestorben sind (Floristische Kartierung NRW 2023).

Weitere Anzeichen für Störungen der intakten Heideflächen bezüglich Fragestellung [B] sind mehrere Flächen, in denen hauptsächlich *Pteridium aquilinum* dominiert und Zwergsträucher sowie andere heidetypische Arten vollständig verdrängt (vgl. Abb. 11 C; Abb. 14). Dabei gilt diese Art als diagnostisch relevanter Störzeiger des Lebensraumtyps „4030 Trockene europäische Heiden“ in NRW (LANUV NRW 2023b) und als häufige Störart in Heidegebieten (Zerbe 2019). Ergebnisse von DeLuca et al. 2013 zeigen zudem, dass *Pteridium aquilinum* den Stickstoffkreislauf im Boden stark verändert, die Nitrifikation beschleunigt und zu einer Stickstoffanreicherung im Boden beiträgt. Zudem führen die tiefen Wurzeln zu einer rhizomatischen Bodenstörung. *Pteridium aquilinum* kann sich gegenüber den Zwergsträuchern durchsetzen, da er sehr schnellwüchsig ist und ausdauernde und umfangreiche Rhizome besitzt. Zudem hängt seine Ausbreitung vom Entwicklungsstadium der Zwergsträucher ab. Degradierte Bestände, wie sie wie bereits erwähnt, in vielen Bereichen des Knickenhagens vorliegen, sind besonders anfällig für die Invasion durch *Pteridium aquilinum* (DeLuca et al. 2013).

Neben *Pteridium aquilinum* führt aber auch eine dominante Ausbreitung von Gräsern zu einem Rückgang der Heidevegetation. So beschreiben Niemeyer 2005; Zerbe 2019, dass eine zunehmende Vergrasung mit *Deschampsia flexuosa* und *Molinia caerulea* zu einem Rückgang der zwergstrauchdominierten Offenlandschaften führt. Auf dem Knickenhagen sind diese beiden Arten ebenfalls weit verbreitet, wobei allerdings besonders *Molinia caerulea* große Flächen einnimmt und andere Arten vollständig verdrängt (vgl. Abb. 11 B; Abb. 14). *Deschampsia flexuosa* (vgl. Abb. 11 D) kommt zwar in den Heideflächen und -relikten ebenfalls häufig vor, verdrängt aber bisher noch nicht großflächig andere Arten. Die Biologische Station Lippe hat bei der Kartierung im Juli letzten Jahres ebenfalls eine Vergrasung von etwa 5 % der Heidefläche festgestellt (LANUV NRW 2023b). Häufig sind Zwergstrauchheiden auch durch Vergrasung durch *Calamagrostis epigejos* gefährdet (Kollmann et al. 2019). Diese Art ist bisher aber noch nicht weit auf dem Knickenhagen verbreitet und konnte bei der Kartierung nicht festgestellt werden. Die Biologische Station Lippe stellte im letzten Jahr allerdings eine Deckung von 0,2 % dieser Art im nördlichen Bereich der Heidefläche fest (LANUV NRW 2023b). Diese Vergrasung, aber auch die Verbuschung, führen zu einer Schließung der Vegetationsdecke und damit zu einem Verlust von lückigen Bodenflächen. Außerdem führt die Beschattung und Ausdunkelung zu niedrigeren Bodentemperaturen, sodass heidetypische Tier- und Pflanzenarten ihre Nische verlieren (Hoffmann 2021).

Auf der verbrannten Fläche (vgl., Abb. 12 A–D; Abb. 14) hat sich nach etwas mehr als einem Monat nach dem Brand auf einem großen Teil der Fläche ebenfalls wieder *Molinia caerulea* ausgebreitet und dominiert diese (vgl. Abb. 12 B). Dies stimmt mit Untersuchungen von Brys et al. 2005; Jacquemyn et al. 2005 überein, die herausgefunden haben, dass die oberirdische Biomasse, der Samenansatz und die Keimung von *Molinia* nach einem Brand signifikant erhöht wurden. Aber auch *Vaccinium myrtillus* hat an den Stellen, an denen das Pfeifengras Lücken bildet, bereits neue Triebe ausgebildet (vgl. Abb. 12 D), was wiederum zu den Ergebnissen von Hobbs & Gimingham 1984; McFerran et al. 1995 passt, die in Untersuchungen ebenfalls festgestellt haben, dass dort, wo *Vaccinium myrtillus* vor dem Brand vorhanden war, es nach dem Brand auch wieder in großer Zahl auftrat. Niemeyer 2005 beschreibt hingegen, dass sich auf Flächen nach einem Brand besonders *Deschampsia flexuosa* in Gebieten mit hohem Stickstoffeintrag gegenüber den Zwergsträuchern durchsetzt. Bei dem verbrannten Exemplar von *Juniperus communis* ist davon auszugehen, dass der Brand ihm eher geschadet hat (Mallik & Gimingham 1985). Um genaue Aussagen darüber zu treffen, wie sich das Artenspektrum in der nächsten Zeit entwickelt, sollte die Fläche weiter beobachtet werden.

Nährstoffzeiger wie die auf dem Knickenhagen weit verbreitete *Rubus* spec. (Weber 1983) weisen zudem auf einen Stickstoffeintrag hin. Der Dreijahresmittelwert der Jahre 2013 bis 2015 für die Hintergrundbelastung mit Sickstoff betrug im Untersuchungsgebiet 21 kg N ha^{-1} a^{-1} (UBA 2022). Dieser Eintrag könnte unter anderem durch die landwirtschaftliche Nutzung im Umfeld der Heideflächen zustande kommen (vgl. Abb. 2). Dabei beträgt die Stickstoffempfindlichkeit (Critical Load CL) des Lebensraumtyps „Trockene europäische Heiden“ (LRT 4030), der dort zuvor 2022 von der Biologische Station Lippe kartiert wurden, CL = 7–10 kg N ha^{-1} a^{-1} (LANUV NRW 2023b). Damit wird die Stickstoffempfindlichkeit deutlich überschritten. Dies kann zu einer Verringerung der Artenvielfalt und der heidetypischen Arten führen, wobei die Flechtenvielfalt besonders empfindlich ist (Britton & Fisher 2006), die aufgrund der wenigen Offenbodenstellen auf dem Knickenhagen ohnehin weniger ausgeprägt ist (Bindewald et al. 2021; Ellenberg & Leuschner 2010). Die Eutrophierung bewirkt eine Erhöhung der Produktivität, sodass kleinwüchsige Arten infolge der Licht-

konkurrenz verdrängt werden (Kollmann et al. 2019). Außerdem führt die Zufuhr von Stickstoff auf Dauer zu einem Ungleichgewicht des N/P-Verhältnisses, wodurch sich besonders Gräser gegenüber den Zwergsträuchern durchsetzen können (Friedrich et al. 2011), was ein Grund für die großflächige Verbreitung von *Molinia caerulea* und deren Verdrängung der Zwergsträucher auf dem Knickenhagen sein könnte (Heil et al. 1987; Roem et al. 2002) (vgl. Abb. 11 D; Abb. 14). Zusätzlich bewirken Stickstoffeinträge auf gepufferten Standorten wie der Heide eine Versauerung, was zu einer verstärkten Freisetzung von Aluminium in der Bodenlösung führt, womit einige heidetypische Pflanzen schlechter umgehen können, was ebenfalls eine Ursache für die Abwesenheit von Arten wie *Arnica montana* auf dem Knickenhagen sein könnte (De Graaf et al. 1998). Hinzu kommt, dass hohe Stickstoffeinträge zu einer Vergrößerung des Spross/Wurzel-Verhältnisses von *Calluna vulgaris* führen können, wodurch die Trockenresistenz besonders bei jungen Pflanzen abnimmt (Meyer-Grünefeldt et al. 2015). Dies kann besonders in Bezug auf den Klimawandel mit den bereits erwähnten, verstärkten Trockenperioden in der Vegetationsperiode (UfZ 2023) zum Problem werden (Zerbe 2019) und könnte auch zu dem nur sehr geringen Deckungsgrad von *Calluna vulgaris* beitragen. Bei *Vaccinium myrtillus* haben Frolov et al. 2022 ebenfalls die Beobachtung gemacht, dass das Spross/Wurzel-Verhältnis bei mehr Stickstoff zunimmt, weshalb die auf dem Knickenhagen noch weit verbreitete Heidelbeere ebenfalls Probleme bekommen könnte.

Die Verbreitung des Besenginsters *Cytisus scoparius* (vgl. Abb. 11 B), der momentan noch nur an der Zufahrt zu Wanderparkplatz vorkommt (vgl. Abb. 14), könnte in Zukunft ebenfalls problematisch werden und das Problem der Stickstoffzufuhr verstärken, da er durch die Symbiose mit Bakterien in den Wurzelknöllchen Stickstoff fixiert und sich auf sonnenexponierten Flächen wie Heiden besonders gut ausbreitet (Wheeler et al. 1987, Zerbe 2019).

5 Fazit und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass [A] sich auf dem Knickenhagen im südöstlichen Bereich noch eine relativ große Fläche befindet, die dem Lebensraumtyp der trockenen europäischen Heide zugeordnet werden kann. Im direkten Umfeld zu dieser und vor allem an den Wegrändern des Hermannsweges und des Eggeweges sind zudem noch einige Heiderelikte zu finden. Unter den Zwergsträuchern dominiert dabei *Vaccinium myrtillus*, aber es waren auch noch einige weitere heidetypische Arten wie *Calluna vulgaris*, *Carex pilulifera*, *Galium saxatile*, *Luzula campestris* und *Melampyrum pratense* oder *Juniperus communis* zu finden und auch die Zeigerwerte und Artenzahlen an den Untersuchungsorten der Vegetationsanalyse entsprechen diesem Lebensraum. Allerdings waren auf dem Knickenhagen auch einige Defizite festzustellen [B] wie beispielsweise eine Ausbreitung von *Pteridium aquilinum* und *Molinia caerulea*, ein hoher Totholzanteil oder eine Überalterung der Zwergsträucher und von *Juniperus communis*. Außerdem zeigen sowohl die Deckungsgrade von Strauch- und Baumschicht als auch die Phanerophytenanteile im Rahmen der Vegetationsanalyse eine zunehmende Verbuschung der Heidefläche. Mit dem Rückgang dieser Heidefläche würde auch der Verlust einiger Funktionen einhergehen. Dazu gehören unter anderem der Verlust einiger seltenen, speziell an diesen Lebensraum angepassten Arten, der Funktion des Biotopverbunds, der Naherholung, der Bereitstellung von sauberem Trinkwasser, des Erosionsschutzes oder der Reduzierung von atmosphärischem Kohlendioxid.

Daher sollte die Heidefläche durch geeignete Maßnahmen und mit Unterstützung durch Fachleute erhalten und entwickelt werden. Um einen noch umfassenderen Überblick über die Pflanzenarten zu bekommen und um auch Arten zu erfassen, die aufgrund des Kartierungszeitpunkts nicht vorzufinden waren, sollte die Kartierung außerdem zu späteren Vegetationszeitpunkten wiederholt und an

weiteren Standorten durchgeführt werden. Insbesondere auf Kalamitätenflächen ehemaliger Fichtenforste südwestlich des Knickenhagens, außerhalb des Naturschutzgebiets sollte das Vorhandensein von Heiderelikten geprüft werden. Außerdem bietet es sich an, ebenfalls faunistische Kartierungen auf dem Knickenhagen durchzuführen, um auch einen Überblick über die dort vorhandenen Tierarten zu bekommen.

6 Dank

Herzlicher Dank geht an Ulrike Hoffman für die Impulse und Hilfen bei den Geländebegehungen und Monika Leuenhagen für die Hilfestellungen bei der kartographischen Visualisierung.

7 Literaturverzeichnis

Barclay-Estrup, P. (1970): The description and interpretation of cyclical processes in a heath community: II. Changes in biomass and shoot production during the Calluna cycle. The Journal of Ecology, 243–249.

Bezirksregierung Köln (2013): WMS NW Geländeneigung. *https://www.wms.nrw.de/rssfeeds/content/geobasis/html/075.html* (06.06.2023).

Bindewald, R., Jedicke, E., Krafft, H., Streitberger, M., Wrede, B. (2021): Bergheiden im Rothaargebirge – Besonderheiten und Schutz eines historisch gewachsenen Lebensraums. 1. Auflage, Naturpark Diemelsee, Druckerei Sprenger, Korbach.

Biologische Station Lippe (2023a): Gepflegte Lebensräume - Landschaftspflege mit Schafen. *https://www.landesverband-lippe.de/umsichtiges-handeln-und-ruecksichtnahme-in-naturschutzgebieten-erwuenscht/* (05.06.2023).

Biologische Station Lippe (2023b): NSG Externsteine. *https://www.biologischestationlippe.de/arbeitsfelder/nsg-betreuung/schwalenberger-wald-2-1/* (06.06.2023).

Blume, H., Brümmer, G., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretzschmar, R., Stahr, K., Wilke, B. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Borchard, F., Härdtle, W., Streitberger, M., Stuhldreher, G., Thiele, J., Fartmann, T. (2017): From deforestation toblossom. Large-scale restoration of montane heathland vegetation. Ecological Engineering, 101. Jg., S. 211–219.

Britton, A., Fisher, J. (2007): Interactive effects of nitrogen deposition, fire and grazing on diversity and composition of low-alpine prostrate *Calluna vulgaris* heathland. Journal of Applied Ecology, 44. Jg., Nr. 1, S. 125–135.

Brys, R., Jacquemyn, H., de Blust, G. (2005): Fire increases aboveground biomass, seed production and recruitment success of *Molinia caerulea* in dry heathland. Acta Oecologica, **28(3)**, 299–305.

Buchner, J. (1997): Stadtgeschichte Horn 1248–1998. Hütte-Verlag, Horn-Bad Meinberg.

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) (2023): Die Heide. *https://www.bund-mecklenburg-vorpommern.de/themen/naturschutz/naturschutz/biotope-in-m-v/die-heide/* (22.04.2023).

Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2023a): Auswertung nach Zeigerwerten. *https://www.floraweb.de/anwendung-der-roten-listen/auswertung-nach-zeigerwerten.html* (21.04.2023).

Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2023b): Hainsimsen-Buchenwald (Luzulo-Fagetum). *https://www.bfn.de/natura-2000-lebensraum/hainsimsen-buchenwald-luzulo-fagetum* (21.04.2023).

Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2023c): Wildnis. *https://www.bfn.de/wildnisgebiete#anchor-6365* (21.04.2023).

De Graaf, M. C., Bobbink, R., Roelofs, J. G., Verbeek, P. J. (1998): Differential effects of ammonium and nitrate on three heathland species. Plant Ecology, **135**, 185–196.

DeLuca, T. H., Zewdie, S. A., Zackrisson, O., Healey, J. R., Jones, D. L. (2013): Bracken fern (*Pteridium aquilinum* L. *kuhn*) promotes an open nitrogen cycle in heathland soils. Plant and Soil, **367**, 521–534.

Dierschke, H. (1994): Pflanzensoziologie: Grundlagen und Methoden. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Ellenberg, H. (1974): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Band 9, Verlag Erich Goltze, Göttingen.

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

Finke, S., Lienenbecker, H. (2006): Zwergstrauchheiden auf dem Sandsteinzug des Teutoburger Waldes und Bemühungen zu ihrer Erhaltung. Ber. Naturwiss. Verein Bielefeld **46**, 115–129.

FloraWeb (2023): Karte der potentiellen natürlichen Vegetation Deutschlands. *https://www.floraweb.de/lebensgemeinschaften/vegetationskarte.html* (20.04.2023)

Floristische Kartierung in NRW (2023): Die Floristische Kartierung in NRW. *http://www.florenkartierung-nrw.de/* (24.05.2023)

Friedrich, U., von Oheimb, G., Dziedek, C., Kriebitzsch, W. U., Selbmann, K., Härdtle, W. (2011): Mechanisms of purple moor-grass (*Molinia caerulea*) encroachment in dry heathland ecosystems with chronic nitrogen inputs. Environmental Pollution, **159(12)**, 3553–3559.

Frolov, P., Shanin, V., Zubkova, E., Salemaa, M., Mäkipää, R., Grabarnik, P. (2022): Predicting biomass of bilberry (*Vaccinium myrtillus*) using rank distribution and root-to-shoot ratio models. Plant Ecology, 1–10.

Geologischer Dienst NRW (1990): Analoges Kartenwerk der Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25 000 – Horn-Bad Meinberg. *https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/geologie/geologie/GK/ISGK25/GK25analog/* (23.04.2023).

Geologischer Dienst NRW (2023): Bodenkarte 1 : 50 000 Nordrhein-Westfalen. *https://www.wms.nrw.de/gd/bk050?VERSION=1.3.0&SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities* (07.05.2023).

Heil, G. W., Bruggink, M. (1987): Competition for nutrients between *Calluna vulgaris* (L.) Hull and *Molinia caerulea* (L.) Moench. Oecologia, **73**, 105–107.

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UfZ) (2023): Dürremonitor Deutschland. *https://www.ufz.de/index.php?de=40990* (04.06.2023).

Hetzel, I., Schmitt, T. (2008): Heidegebiete in Westfalen. Landschaftsverband Westfalen-Lippe (LWL). *https://www.westfalen-regional.de/de/heidegebiete/#anker-16247155* (23.04.2023).

Hobbs, R. J., Gimingham, C. H. (1984) Studies on fire in Scottish heathland communities II. Post-fire vegetation development. The Journal of Ecology, 585–610.

Hoffmann, U. (2021) Flora im Wandel – Bemerkenswerte und gefährdete Pflanzen im Kreis Lippe und angrenzenden Gebieten: Florenkartierung 2013–2020. Naturwissenschaftlicher Verein für Bielefeld und Umgegend, Bielefeld.

Honnay, O., Jacquemyn, H. (2007): Susceptibility of common and rare plant species to the genetic consequences of habitat fragmentation. Conservation Biology, **21(3)**, 823–831.

Jacquemyn, H., Brys, R., Neubert, M. G. (2005): Fire increases invasive spread of *Molinia caerulea* mainly through changes in demographic parameters. Ecological Applications, **15(6)**, 2097–2108.

Kollmann, J., Kirmer, A., Tischew, S., Hölzel, N., Kiehl, K. (2019): Renaturierungsökologie. Springer Spektrum, Berlin.

Kopittke, G. R., Tietema, A., van Loon, E. E., Kalbitz, K. (2013): The age of managed heathland communities: implications for carbon storage? Plant and soil, **369**, 219–230.

Küster, H. (1997): Geschichte des Waldes – von der Urzeit bis zur Gegenwart. Verlag C. H. Beck, München.

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) (2021): Kartenlayer Festgesetzte Trinkwasserschutzgebiete NRW. *http://www.wms.nrw.de/umwelt/wasser/wsg?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities&version=1.1.1* (10.05.2023).

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) (2022): Steckbrief des Biotop- und Lebensraumtypenkatalog NRW - 4030 Trockene europäische Heiden. *http://methoden.naturschutzinformationen.nrw.de/methoden/de/anleitung/4030* (04.06.2023).

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) (2023a): Klimaatlas Nordrhein-Westfalen. *https://www.klimaatlas.nrw.de/klima-nrw-pluskarte* (20.04.2023).

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) (2023b): Schützenswürdige Biotope in Nordrhein-Westfalen. *http://bk.naturschutzinformationen.nrw.de/bk/de/karten/bk* (19.04.2023).

Lekan, T., Zeller, T. (2005): Germany's nature: cultural landscapes and environmental history. Rutgers University Press.

Li, Q., Larsen, K. S., Kopittke, G., van Loon, E., Tietema, A. (2023): Long-term temporal patterns in ecosystem carbon flux components and overall balance in a heathland ecosystem. Science of The Total Environment, **875**, *https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162658* (06.06.2023)

Lippische Landesbibliothek Detmold (2017): Regionalkatalog – Knickenhagen. *https://katalog.llb-detmold.de/webOPACClient_lippe/start.do* (19.05.2023).

Mallik, A. U., Gimingham, C. H. (1985) Ecological effects of heather burning: II. Effects on seed germination and vegetative regeneration. The Journal of Ecology, 633–644.

McFerran, D. M., McAdam, J. H., Montgomery, W. I. (1995): The impact of burning and grazing on heathland plants and invertebrates in County Antrim. Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy (pp. 1–17).

Meyer-Grünefeldt, M., Calvo, L., Marcos, E., von Oheimb, G., Härdtle, W. (2015) Impacts of drought and nitrogen addition on Calluna heathlands differ with plant life-history stage. Journal of Ecology, **103(5)**, 1141–1152.

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) (2011): Klimawandel und Boden - Auswirkungen der globalen Erwärmung auf den Boden als Pflanzenstandort. 2. Auflage, Engelhardt GmbH, Neunkirchen.

Morán-Ordóñez, A., Bugter, R., Suárez-Seoane, S., de Luis, E., Calvo, L. (2013): Temporal changes in socio-ecological systems and their impact on ecosystem services at different governance scales: a case study of heathlands. Ecosystems, **16**, 765–782.

Naturpark Teutoburgerwald Eggegebirge (2019): Wandern rund um die sagenhaften Externsteine. 3. Auflage. *https://www.naturpark-teutoburgerwald.de/wp-content/uploads/2019/11/024-0071-19-Flyer-Externsteine-web.pdf* (06.06.2023).

Neff, C. (2022): So gefährdet sind die heimischen Wälder-Waldbrandgefahr in Rheinland-Pfalz gestiegen. Karlsruher Institut für Technologie Institut für Geographie und Geoökologie. *https://www.swrfernsehen.de/landesschau-rp/gutzuwissen/wachsende-waldbrandgefahr-in-rheinland-pfalz-100.html* (04.06.2023).

Niemeyer, M. (2005): Auswirkungen extensiver und intensiver Pflegeverfahren auf den Nährstoffhaushalt von Calluna-Heiden Nordwestdeutschlands: am Beispiel von extensiver Mahd, kontrolliertem Winterbrand, Schoppern und Plaggen. Doktorarbeit. Lüneburg, Univ., Diss., 2005.

Pott, R. (2019): Der Teutoburger Wald. *https://www.westfalen-regional.de/de/teutoburger_wald/* (21.05.2023).

Roem, W. J., Klees, H., Berendse, F. (2002) Effects of nutrient addition and acidification on plant species diversity and seed germination in heathland. Journal of Applied Ecology, **39(6)**, 937–948.

Schaefer, M. (2012) Wörterbuch der Ökologie. 5. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Schutzgemeinschaft Externsteine (2023): Die Bergheide - Ein Werk der Schafe. *https://www.externsteine-teutoburgerwald.de/naturschutz/bergheide.html* (06.06.2023).

Siedentop, W. (1937) Die Heide als Lebensgemeinschaft. Verlag von Quelle & Meyer, Leipzig.

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe (TH OWL) (2022): TH OWL erfasst paradiesische Natur-Räume in Lippe. *https://www.th-owl.de/news/artikel/detail/th-owl-erfasst-paradiesische-natur-raeume-in-lippe/ (06.06.2023).*

Umweltbundesamt (UBA) (2022): Hintergrundbelastungsdaten Stickstoff. *https://gis.uba.de/website/depo1/de/index.html* (11.05.2023).

van der Wal, R., Bonn, A., Monteith, D., Reed, M., Blackstock, K., Hanley, N., Thompson, D., Evans, M., Alonso, A. (2011): Chapter 5: Mountains, moorlands and heaths. UK National Ecosystem Assessment: Technical Report, 105–160.

Verbücheln, G., Götte, R., Hövelmann, T., Itjeshorst, W., Keil, P., Kulbrock, P., Kulbrock, G., Luwe, M., Mause, R., Neikes, N., Schubert, W., Schumacher, W., Schwartze, P. & van de Weye, K. (2021): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen – Pteridophyta et Spermatophyta – in Nordrhein-Westfalen (Stand Oktober 2020). 5. Fassung, LANUV-Fachbericht **118**, Recklinghausen.

Vogt, S. (2023): Landesverband Lippe und Feuerwehr Horn-Bad Meinberg formulieren Appell nach Brand am Knickenhagen. Pressestelle Stadt Horn-Bad Meinberg. *https://www.horn-badmeinberg.de/?object=tx%7C390.200.1%7C0&ModID=7&FID=449.2795.1&ffmod=tx&NavID=390.65* (03.06.2023)

Wanderbares Deutschland (2023): Hermannsweg. *https://www.wanderbares-deutschland.de/wege/alle-wege/hermannsweg-b3c770931c* (06.06.2023).

Webb, N. R. (1998): The traditional management of European heathlands. Journal of Applied ecology, **35(6)**, 987–990.

Weber, H. E. (1983): Zeigerwerte für Rubus-Arten in Mitteleuropa. Tuexenia, **(3)**, 359–364.

Wheeler, C. T., Helgerson, O. T., Perry, D. A., Gordon, J. C. (1987): Nitrogen fixation and biomass accumulation in plant communities dominated by *Cytisus scoparius* L. in Oregon and Scotland. Journal of applied ecology, 231–237.

Wiechmann, H. (2014) Podsole. Handbuch der Bodenkunde, 1–29.

Wilken, T., Bittner, S., Kaiser, T., Wohlgemuth, J. O. (2010): Masterplan Naturpark Teutoburger Wald/Eggegebirge. Zweckverband Naturpark Eggegebirge und südlicher Teutoburger Wald, Detmold.

Willems, J. H. (1988): Soil seed bank and regeneration of a *Calluna vulgaris* community after forest clearing. Acta botanica neerlandica, **37(2)**, 313–320.

Young, A., Boyle, T., Brown, T. (1996): The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. Trends in ecology & evolution, **11(10)**, 413–418.

Zerbe, S. (2019): Renaturierung von Ökosystemen im Spannungsfeld von Mensch und Umwelt: Ein interdisziplinäres Fachbuch - Heiden im Tief-und Bergland. Springer Spektrum, Berlin, 315–340.

Bestimmungsliteratur

Fitter, A. (1987): Blumen - Pareys Naturführer plus. Paul Parey, Hamburg.

Jäger, E. J. (2007): Rothmaler - Exkursionsflora von Deutschland 3 Gefäßpflanzen: Atlasband. 11. Auflage, Springer Spektrum Akademischer Verlag, Berlin.

Seybold, S. (2011): Schmeil - Fitschen: Die Flora Deutschlands und der angrenzenden Länder. 95. Auflage, Quelle & Meyer, Wiebelsheim.

Programme

Esri Inc. (2021): ArcGIS pro (2.9.8). *https://www.esri.com/de-de/my-esri-login* (14.06.2023).

CIRAD, INRAE, INRIA & IRD (2023): Pl@ntNet (3.15.11). *https://identify.plantnet.org/de* (14.06.2023).

Google LLC (2023): Google Maps (11.81.1301). *https://www.google.de/maps/* (14.06.2023).

Microsoft (2023): Microsoft Excel (2304). *https://www.microsoft.com/de-de/microsoft-365/excel* (14.06.2023).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des Naturwissenschaftlichen Verein für Bielefeld und Umgegend

Jahr/Year: 2024

Band/Volume: 60

Autor(en)/Author(s): Schmeil Hannah, Boltersdorf Stefanie

Artikel/Article: Wertvoller Lebensraum Bergheide – Wie es um den aktuellen Zustand der Bergheide auf dem Knickenhagen bei Horn-Bad Meinberg steht 38-65