



universität
wien

MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Quantitative Untersuchung der Ausbreitung der Moor-Birke im
Pürgschachen-Moor anhand historischer Luftbilder

verfasst von | submitted by
Selma Marie Hagel BEd

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Education (MEd)

Wien | Vienna, 2025

Studienkennzahl lt. Studienblatt | Degree
programme code as it appears on the
student record sheet:

UA 199 509 510 02

Studienrichtung lt. Studienblatt | Degree
programme as it appears on the student
record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Unterrichtsfach
Französisch Unterrichtsfach Geographie und
wirtschaftliche Bildung

Betreut von | Supervisor:

Univ.-Prof. Dipl.-Geogr. Dr. Stephan Glatzel

Abstract

Moore erfüllen eine Vielzahl von Ökosystemdienstleistungen und tragen zur Biodiversität bei. Durch ihre Rolle als CO₂-Speicher im intakten Zustand und CO₂-Emittenten im degradierten Zustand sind sie von großer Bedeutung für den Klimaschutz. In dieser Arbeit wurde das Pürgschachen-Moor im steirischen Ennstal untersucht. Es ist das größte überwiegend intakte Talbodenhochmoor in Österreich, allerdings haben in der Vergangenheit mehrere Untersuchungen gezeigt, dass es sich in einem gestörten Zustand befindet. Eines der Symptome der Störung ist das Vorhandensein der Moor-Birke auf der offenen Fläche des Moores. Um die Ausbreitung der Moor-Birke im Pürgschachen-Moor nachverfolgen zu können, wurden 11 historische Luftbilder aus dem Zeitraum von 1968 bis 2010 quantitativ untersucht und 2023 wurde eine Zählung vor Ort durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen für den Zeitraum zwischen 1968 und 1982 den größten prozentualen Anstieg der Bäume. Auffallend ist hierbei die zeitliche Nähe zu der in den 1950er Jahren errichteten Entwässerungsanlage um das Moor. In den Jahrzehnten danach hat sich die Ausbreitung deutlich verlangsamt und lag von 2010 bis 2023 durchschnittlich nur noch bei 0,92 % pro Jahr. Räumlich betrachtet befand sich der Hauptteil der Bäume über fast alle Jahrgänge hinweg im westlichen Abschnitt des Moores. Der mittlere und östliche Abschnitt des Moores beherbergten ab 1995 jeweils circa 25 % der Bäume.

Peatlands fulfil many ecosystem services and enhance biodiversity. Through their role as CO₂-sequestrers when they are intact and CO₂-emitters when they are degraded, they play an essential role for climate protection. In this work, the Pürgschachen-Moor in the Styrian Enns-valley was examined. It is the biggest mostly intact raised valley floor bog in Austria, but in the past multiple studies have shown that it is in a disturbed state. One of the symptoms of this disturbance is the presence of downy birch on the open area of the bog. In order to track the spread of the downy birch in the Pürgschachen-Moor, 11 historical aerial photographs from the period of 1968 to 2010 were analysed quantitatively and the number of birches was also counted in the field in 2023. The results of the investigation reveal that the period of 1968 to 1982 shows the largest percentage increase in the number of trees. There is a noticeable proximity in time to the installation of a drainage system around the bog in the 1950s. In the decades after, the spreading decreased significantly and went down to an average of 0,92 % per year for the period of 2010 to 2023. From a spatial point of view, the majority of birches has been located in the western part of the bog throughout almost all of the years. From 1995 onwards, approximately 25 % of all trees have been located in both the middle and eastern parts of the bog.

Danksagung

Als erstes möchte ich mich bei Univ.-Prof. Dipl.-Geogr. Dr. Stephan Glatzel für die gute Betreuung meiner Masterarbeit bedanken, vor allem für die schnellen Antworten auf meine Fragen, die Geduld und die Denkanstöße, die mir bei der Ausarbeitung sehr geholfen haben.

Besonderer Dank gilt meinem Ehemann Simon Hagel für seine Unterstützung während des Schreibprozesses. Das gemeinsame Überlegen und Diskutieren, sowie dass er mir immer wieder Aufgaben abgenommen hat, damit ich mehr Zeit für die Masterarbeit habe, hat mir sehr weitergeholfen.

Als nächstes möchte ich mich bei meiner Mutter Johanna Marie Hagel für die Anregungen und die vielen Stunden Korrekturlesen bedanken, mit dem sie mich während meines gesamten Studiums unterstützt hat.

Weiters möchte ich mich bei Jutta Zopf-Klasek dafür bedanken, dass ich ihr Auto für die Fahrten ins Pürgschachen-Moor nutzen konnte. Auch das Ausdrucken der Bilder und das Korrekturlesen des englischen Abstracts hat mir weitergeholfen. Vielen Dank auch an Timo Horner und Fridolin Kickinginger für die Mitarbeit bei der Vor-Ort-Zählung der Moor-Birken.

Abschließend bedanke ich mich beim Moorschutzverein Pürgschachen für die Tipps für die Vor-Ort-Zählung und beim Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen für die schnelle und unkomplizierte Beantwortung meiner Anfrage.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Moore als Natur- und Kulturraum.....	3
2.1 Vegetation in Hochmooren	5
2.2 Moor-Birke (<i>Betula pubescens</i>).....	6
2.3 Wirtschaftliche Nutzung der Moore	8
2.4 Bedeutung von Mooren für den Natur- und Klimaschutz	11
2.5 Gesellschaftliche Bedeutung von Moorlandschaften	12
2.6 Moorschutz	13
2.6.1 Moorschutz in der EU	13
2.6.2 Moorschutz in Österreich.....	14
2.6.3 Zustand der Moore in Österreich	15
3. Untersuchungsgebiet: Das Pürgschachen-Moor	18
3.1 Das Pürgschachen-Moor als Lebensraum	20
3.2 Landnutzung	22
3.3 Das Pürgschachen-Moor als geschütztes Gebiet	25
4. Bildmaterial und Methode.....	26
4.1 Theoretischer Hintergrund.....	26
4.2 Bildmaterial	27
4.3 Vorgehensweise der Untersuchung	28
5. Ergebnisse	31
5.1 Die einzelnen Jahrgänge	31
5.2 Moor-Birken von 1968 bis 2010.....	47
5.3 Moor-Birke 2023	56
6. Diskussion der Ergebnisse.....	58
6.1 Bildqualität der Luftbilder	58
6.2 Veränderungen des Untersuchungsgebiets	59
6.3 Verteilung der Moor-Birken im Untersuchungsgebiet.....	62

6.4 Ausbreitung der Moor-Birke und meteorologische Daten.....	63
6.5 Ausbreitung der Moor-Birke und die Entwässerung des Moores.....	66
6.6 Die Ausbreitung der Moor-Birke im Kontext anderer Forschungsergebnisse	66
7. Conclusio und Ausblick	68
Abbildungsverzeichnis	70
Tabellenverzeichnis	73
Literaturverzeichnis.....	74

1. Einleitung

Circa 10 % der Landmassen Europas sind mit Mooren bedeckt. Das entspricht ungefähr 1 000 000 km². Ein Großteil dieser Flächen gilt jedoch durch Torfabbau oder Entwässerung als degradiert, (vgl. TANNEBERGER et al. 2021: 2-6) was ein großes Problem darstellt, denn Moore erfüllen eine Vielzahl von Ökosystemdienstleistungen. Unter anderem dienen sie durch ihren verzögerten Wasserabfluss in Zeiten geringen Niederschlags als Wasserspeicher und helfen durch Verdunstungskühlung im Sommer gegen Hitze. Weiters wirken sie sich positiv auf die Grundwasserneubildung aus und schwächen die Wirkung von Hochwasserereignissen ab. (vgl. TETZLAFF et al. 2015) Außerdem tragen sie zur Biodiversität bei und sind durch ihre Rolle als CO₂-Speicher wichtig für die Abschwächung des Klimawandels. (vgl. NORDBECK und HOGL 2024: 1) Obwohl Moore weltweit nur circa 3 % der Landmasse bedecken, speichern sie mehr CO₂ als alle global vorhandenen Waldflächen. Allerdings verursachen degradierte Moore auch etwa 5 % der weltweiten CO₂-Emissionen. (vgl. JOOSTEN 2015: 4) Moorschutz ist somit ein essentieller (allerdings häufig vernachlässigter) Aspekt des Klimaschutzes.

In Österreich ist der Zustand der Moore erschreckend mangelhaft. Schätzungsweise etwas über 80 % der heimischen Moorflächen sind bereits zerstört. (vgl. ESSL und STEINER 2017: 260) Von den sieben in Österreich vorhandenen Moor-Lebensraumtypen weisen alle einen ungünstigen Erhaltungszustand auf. (vgl. ELLMAUER et al. 2020: 85-87). Bedenkt man den aktuellen Zustand der Moore sowie ihre Bedeutung für den Klimaschutz und die zahlreichen Ökosystemdienstleistungen, die sie erbringen, so zeigt sich die Wichtigkeit (und auch Dringlichkeit) des Schutzes von Moorflächen.

Das Pürgschachen-Moor im steirischen Ennstal ist das größte überwiegend intakte Talbodenhochmoor in Österreich. (vgl. BML o.J.) Obwohl die Moore im Ennstal lange Zeit durch Torfabbau, Entwässerung und Aufforstung degradierten, konnte das Pürgschachen-Moor größtenteils erhalten werden. (vgl. HOHENSINNER et al. 2008: 4) Dennoch zeigten bereits mehrere Untersuchungen der Moor-Vegetation, dass im Pürgschachen-Moor zahlreiche Störungszeiger vorhanden sind und sich das Moor trotz verschiedener Schutz- und Renaturierungsmaßnahmen eher negativ entwickelt. (vgl. CZAK 2021; MATZ 2011; WINTEREDER 2017)

Einer dieser Störungszeiger ist die Moor-Birke. Diese vor allem auf feuchten Böden vorkommende Birken-Art bevölkert in intakten Hochmooren eigentlich nur die Randwälder. (vgl. MÜLLER-KROEHLING 2023: 54) Wächst sie auf der offenen Hochmoorfläche, so gilt sie als ein Zeichen für die Entwässerung des Moores. Moor-Birken benötigen nämlich für ihr Wachstum einen Wasserspiegel, der für die Moore selbst bereits zu niedrig ist. (vgl. STEINER 2005c:

38) Im Pürgschachen-Moor kommt es seit knapp über einem halben Jahrhundert zu einer Ausbreitung der Moor-Birke. Waren es in den 1960er Jahren noch einige wenige Exemplare, die vereinzelt auf der offenen Moorfläche wuchsen, so besiedelt die Moor-Birke mittlerweile in großer Anzahl weite Teile des Moores. Im Rahmen dieser Arbeit soll der Ausbreitung der Moor-Birke nachgegangen werden. Daher lautet die Forschungsfrage:

Wie hat sich der Bestand der Moor-Birke auf der offenen Fläche des Pürgschachen-Moores im Zeitraum von 1968 bis 2010 verändert?

Um die Forschungsfrage beantworten zu können ist es zuallererst wichtig, sich einen Überblick darüber zu verschaffen, was Moore sind und wie sie funktionieren. Weiters wird mit der vorliegenden Arbeit versucht, die Thematik in breitere Kontexte einzubinden. Darunter fallen auch die Relevanz der Moore für den Klimaschutz sowie ihre gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung und die rechtlichen Grundlagen des Moorschutzes.

Danach folgt die eigentliche Untersuchung der Ausbreitung der Moor-Birke im Pürgschachen-Moor. Dafür werden insgesamt 11 historische Luftbilder quantitativ untersucht, die im Zeitraum von 1968 bis 2010 aufgenommen wurden. Die Untersuchung beinhaltet die Zählung der Moor-Birken in den einzelnen Jahrgängen sowie eine statistische Auswertung der Resultate. Im Anschluss werden die Ergebnisse im Hinblick auf das Bildmaterial, Veränderungen des Untersuchungsgebiets, die räumliche Verteilung der Moor-Birken innerhalb des Untersuchungsgebiets sowie den Zusammenhang zwischen der Ausbreitung der Birken und anderer Faktoren diskutiert.

2. Moore als Natur- und Kulturraum

Moore gehören zu den Feuchtgebieten, doch eine einheitliche Definition ihrer Merkmale scheint es nicht zu geben. Nach KOLLMANN (2019: 172) sind sie Lagerstätten von Torf, die mit Vegetation bedeckt sind. Dabei beinhaltet der Torf als semiterrestrische Humusform noch Reste der Struktur der ursprünglichen Pflanzen, welche unter dem Mikroskop erkennbar sind. Als Mindestmaß für die Klassifizierung eines Gebiets als Moor gelten hierbei eine 30 cm hohe Torfschicht, die einen Mindestanteil von 30 % organischem Material aufweist. Auch nach ZERBE (2019: 156) gilt eine Mindesthöhe von 20 bis 30 cm für die Torfschicht. SUCCOW und JOOSTEN (2001) sehen den Moorbegriff etwas weiter gefasst und definieren Moore als „Landschaften [...], in denen Torf gebildet wird oder oberflächlich ansteht“ (ebd.: 2). Nach dieser Definition werden auch Gebiete als Moore klassifiziert in denen Torf zwar bereits vorhanden ist, sich aber noch keine nennenswerte Torfschicht gebildet hat. Dazu zählen zum Beispiel rezente Sümpfe oder auch Quellstandorte mit positiver Stoffbilanz. Auch nach VON OHEIMB et al. (2014: 457) gibt es keine Mindesthöhe der Torfschicht, da eine positive Stoffbilanz das ausschlaggebende Charakteristikum darstellt.

In der Moorstrategie 2030+ des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus werden Moore als Feuchtgebiete definiert, in denen Pflanzen aufgrund eines Wasserüberschusses nicht vollständig zersetzt sondern zu Torf werden. (vgl. BMLRT 2022: 16) Eine rechtliche Definition findet sich (in gleichem Wortlaut) im oberösterreichischen und salzburgischen Naturschutzgesetz, in denen Moore (ähnlich der Definition von KOLLMANN (2019)) als Lagerstätten von Torf bezeichnet werden, die von einer moortypischen Vegetation bedeckt sind. (vgl. SCHMIDHUBER 2023: 44) Weiters hat auch die Fachrichtung Einfluss auf die Definition eines Moores. So werden je nach Disziplin bodenkundlichen, ökologischen oder geologischen Aspekten mehr Relevanz beigemessen. (vgl. KOLLMANN 2019: 172)

Gemeinsamer Nenner dieser verschiedenen Definitionen ist das Vorhandensein beziehungsweise der Aufbau von Torf, also die bereits erwähnte positive Stoffbilanz. Diese Torfbildung findet sedentär statt, also innerhalb des betreffenden Gebiets. Abgestorbene Pflanzen sind Zersetzungsprozessen ausgesetzt, deren Geschwindigkeit von der Verfügbarkeit von Sauerstoff, der Temperatur, dem Aktivitätsniveau von Mikroorganismen und den chemischen Beschaffenheiten der Pflanzenreste abhängt. Die Sauerstoffzufuhr ist hier einer der wichtigsten Faktoren. Ist ausreichend Sauerstoff vorhanden, so zersetzen sich die Pflanzen im Normalfall relativ schnell. Da in Mooren allerdings Sauerstoffarmut vorherrscht verlangsamen sich diese Prozesse deutlich und kommen teilweise sogar fast zum Stillstand. Somit bilden sich Ablagerungen aus

nicht vollständig zersetzten Pflanzenresten. Weist das Bodensubstrat einen Anteil von mindestens 30 % dieser organischen Substanz auf, so spricht man von Torf. (vgl. VON OHEIMB et al. 2014: 457-458) Da die Pflanzenreste in intakten Mooren schneller produziert werden als sie abgebaut werden können, wachsen diese Moore zwischen einem halben und mehreren Millimetern pro Jahr. (vgl. TIMMERMANN et al. 2009: 55) Charakteristisch für Moore sind ein hoher Grundwasserspiegel und ein niedriger Sauerstoffgehalt des Bodens. Weiters sind Moorflächen fast immer saurer als die umliegenden Flächen und es kommt zu einer Ansammlung von Giftstoffen. Bedingt durch diese Zustände sind Moore meist sehr nährstoffarm, wodurch sich für die Bewohner dieses Extremstandortes deutliche Einschränkungen ergeben. (vgl. MINAYEVA et al. 2016: 45)

Allein im europäischen Raum existiert eine Vielzahl verschiedener Moortypen (siehe dazu JOOSTEN et al. 2017; STEINER 2005a; SUCCOW und JOOSTEN 2001). Aufgrund der Topographie, der Entwicklungsgeschichte, des Nährstoffgehalts oder anderer hydrogenetischer oder ökologischer Faktoren lassen sich zahlreiche Arten von Mooren identifizieren. (vgl. VON OHEIMB 2014: 457) Hochmoore wie das Pürgschachen-Moor zählen neben den Kondenswassermooren (Moore auf Hangrutschflächen, wobei Temperaturunterschiede zwischen der Umgebungsluft und der Luft innerhalb des Geröllhaufens zu einer Kondensation von Wasser führen, was wiederum das Wachstum von Torfmoos ermöglicht) und den Deckenmooren (Moore in Gebieten mit einem jährlichen Niederschlag über 2000 mm und ohne die für Hochmoore typische Gliederung in Bulte und Schlenken) zur Kategorie der Regenmoore und entstehen aus ehemaligen Verlandungsmooren. Sie werden durch Regenwasser gespeist und zeichnen sich sowohl durch Nährstoffarmut als auch einen hohen Säuregehalt aus. (vgl. ESSL und STEINER 2017: 258) Sie haben eine nach oben gewölbte Form (siehe Abbildung 1), wobei sich der Zentralbereich des Moores bis zu mehreren Metern über die umliegenden Bereiche erheben kann. Während Hochmoore in der Mitte beinahe komplett flach sind, kommt es in den Randbereichen zu einer deutlichen Neigung. Deshalb werden diese Bereiche auch als Randgehänge bezeichnet. (vgl. SUCCOW und JESCHKE 1990: 66)

In ihrem natürlichen Zustand bestehen Hochmoore aus zwei Schichten. Den eigentlichen Moorkörper bildet das Catotelm, das aus Torf und Wasser besteht und eine Mächtigkeit von über 10 m erreichen kann. In ungestörten Hochmooren ist es stets gesättigt mit Wasser und hat eine sehr geringe Sauerstoffkonzentration. Auch Mikroorganismen sind nur in minimalem Ausmaß vorhanden und das Catotelm besitzt eine sehr geringe Durchlässigkeit, was dazu führt, dass biologische, chemische und physikalische Prozesse sehr langsam ablaufen. Oberhalb des Catotelms befindet sich das Acrotelm, das circa 50 bis 100 cm mächtig ist und die lebende Schicht eines

Hochmoores darstellt. Es besteht hauptsächlich aus lebenden, dicht stehenden Torfmoospflanzen. (vgl. STEINER 2005c: 30)

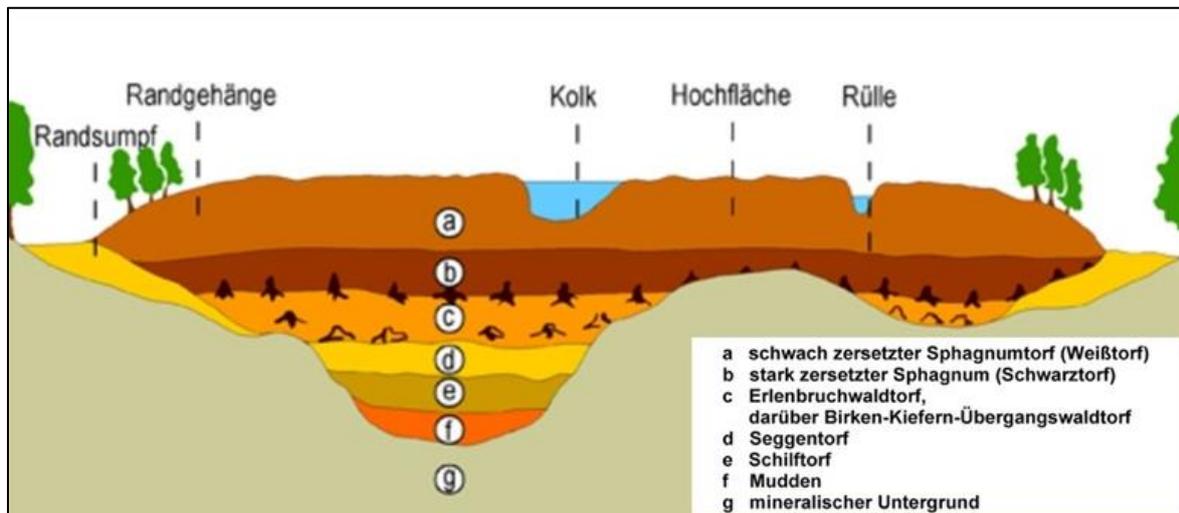


Abbildung 1: Aufbau eines Hochmoores.(NLWKN o.J.)

Das Erscheinungsbild von Hochmooren wird auch von verschiedenen Oberflächenstrukturen bestimmt, die sowohl über als auch unter dem Grundwasserspiegel liegen können und von speziell an die dort vorherrschenden Bedingungen angepassten Torfmoosarten gebildet werden. Oberhalb des Grundwasserspiegels sind vor allem die Bulte von Bedeutung. Diese Torfmoos-Hügel können bis zu 1 m hoch werden und sind je nach Höhe von unterschiedlichen Pflanzenarten bewachsen. Unterhalb des Grundwasserspiegels liegen mit einer Tiefe von 0 bis 20 cm die Schlenken, die vor allem von Sauergräsern bewachsen sind. Kolke wiederum sind Moorteiche mit einer Tiefe von über 50 cm. Da sie permanent mit Wasser befüllt sind kommen hier nur flutende Torfmoosarten vor. (vgl. ebd.: 27-30)

2.1 Vegetation in Hochmooren

Moore können je nach Standort und Moortyp eine unterschiedliche Vegetation aufweisen. Charakteristisch für Hochmoore sind vor allem Torfmoose (*Sphagnum*). Von diesen gibt es in Europa knapp über 40 Arten, weltweit sind es sogar circa 300 verschiedene Arten. Eine Unterscheidung der einzelnen Arten kann durchaus aufwendig sein, da diese meist nur unter dem Mikroskop möglich ist. Torfmoose sind hauptverantwortlich für den Aufbau von Torf in Hochmooren, und somit auch für das Höhenwachstum der Moorflächen. Die oberen Bereiche der Torfmoose wachsen weiter, während untere Schichten absterben. Diese toten Schichten verdichten sich unter dem Gewicht der oberen Schichten und werden mit der Zeit zu Torf. Weiters sind sie durch den in ihren Zellwänden mit Hilfe von Polyuronsäuren betriebenen

Ionenaustausch für den hohen Säuregehalt von Hochmooren mitverantwortlich. Alkali- oder Erdalkalitionen werden dem umliegenden Wasser entzogen und gegen Wasserstoffionen ausgetauscht. Eine höhere Konzentration von Wasserstoffionen senkt den pH-Wert und die Umgebung wird saurer. (vgl. GAYL 2004: 42-43) Auch typisch für Hochmoore sind fleischfressende Pflanzen wie zum Beispiel der Sonnentau (*Drosera*). Da im Moorkörper kaum Nährstoffe vorhanden sind haben einige Pflanzen die Strategie entwickelt, sich zu einem Teil von Insekten aus der Luft zu ernähren. Ihr Chitin-Skelett enthält für die Pflanzen wichtigen Stickstoff und auch ihr Blut liefert Nährstoffe. (vgl. DON und PRIETZ 2019: 89)

Im Alpenraum unterscheidet sich die Vegetation von Hochmooren vor allem je nach Höhenlage. In niedrigeren Lagen befinden sich auf Hochmoorflächen neben Schlammschegge (*Carex limosa*) und Blumenbinse (*Scheuchzeria palustris*) vor allem Scheiden-Wollgras (*Eriophorum vaginatum*), Heidekraut (*Calluna vulgaris*) und Rundblättriger Sonnentau (*Drosera rotundifolia*), sowie Moosbeere (*Vaccinium oxycoccus*) und Rosmarinheide (*Andromeda polifolia*). Eine Besonderheit der Hochmoore in den Alpen ist, dass es meistens kaum eine tatsächlich baumfreie Moorfläche gibt. Vorherrschend ist hier die Bergkiefer (*Pinus mugo*), wobei im Westen vor allem die aufrecht wachsende Spirke (*Pinus mugo* subsp. *uncinata*) und im Osten hauptsächlich die strauchig wachsende Latsche (*Pinus mugo* subsp. *mugo*) vorzufinden sind. (vgl. KRISAI 1998: 19)

In subalpinen Lagen lassen sich die Kleinfrüchtige Moosbeere (*Vaccinium microcarpum*) und die Krähenbeere (*Empetrum hermaphroditum*) sowie die Zwergbirke (*Betula nana*) finden, ansonsten bleibt die Vegetation allerdings größtenteils so wie in den unteren Lagen. Weiter oben im Bereich der Waldgrenze gibt es eigentlich keine genuinen Hochmoore mehr, da diese nur als auf Niedermooren aufgesetzte Inseln oder Streifen existieren. Diese Form der Hochmoore ist sehr artenarm. Neben *Spagnum compactum* wachsen in diesen Höhen noch Aufgeblasenes Nacktkelchmoos (*Gymnocolea inflata*) und Rasenbinse (*Trichophorum cespitosum*). In der alpinen Stufe kommen Torfmoose zwar noch vereinzelt in Form von kleinen Bulten vor, von einer Hochmoorvegetation kann allerdings nicht mehr gesprochen werden. (vgl. ebd.: 19-20)

2.2 Moor-Birke (*Betula pubescens*)

Die Moorbirke, die auch Bruchbirke, Haarbirke oder Besenbirke genannt wird, gilt wegen ihres schnellen Jugendwachstums und ihres hohen Lichtbedarfs als Pionierbaumart. Ihre Ansprüche an den Nährstoffgehalt des Bodens sind sehr gering und sie kommt vor allem auf feuchten

Böden vor. (vgl. ROLOFF 2001:72) In Niedermooren findet man sie in Bruchwäldern, wohingegen sie in Hochmooren vor allem in Randwäldern vorkommt. (vgl. MÜLLER-KROEHLING 2023: 54) Aufgrund ihrer Frostresistenz erstreckt sich ihr Ausbreitungsgebiet sehr weit nach Norden bis nach Skandinavien und Sibirien, wo sie nördlich des Nadelwaldgürtels die subarktische Baumgrenze bildet. (vgl. MÜLLER-KROEHLING 2019: 10) Nach Süden hin ist sie jedoch auch bis nach Norditalien, dem Balkan sowie dem Kaukasus zu finden. (vgl. DANIELS 2001: 40)

Morphologisch ähnelt die Moor-Birke der Hängebirke (*Betula pendula*), sie ist jedoch mit maximal 20 bis 30 m Höhe etwas kleiner als ihre Schwesterart. Ihre Äste stehen meist spitzwinklig ab (teilweise aber auch waagrecht) und die Zweigspitzen hängen im Gegensatz zur Hängebirke gar nicht oder nur in einem sehr geringen Ausmaß nach unten. Die Triebe sowie die Blattstiele und die Unterseite der Blätter sind behaart, weshalb die Moorbirke unter anderem auch den Namen Haarbirke trägt. (vgl. ETH ZÜRICH 2002: 112-113) Ihre Triebe können sich sowohl als Kurz- als auch als Langtriebe entwickeln. Es sind auch verschiedene Formen von Übergängen möglich, diese bleiben allerdings rein vegetativ. Sytleptische Verzweigungen gibt es vor allem bei jungen Moorbirken im Wipfelbereich (vgl. ROLOFF 2001: 73) Die Wurzeln bilden ein eher flaches, dafür aber stark verzweigtes Herzwurzelsystem. Der durchwurzelt Raum bleibt dabei aber eher klein. (vgl. ETH ZÜRICH 2002: 113) Die Rinde der Moor-Birke ist durch Betulin im Periderm gelblich-weiß gefärbt, jedoch haben jüngere Triebe meist eine rötlich-braune Färbung. (vgl. ebd.: 112; FRANZ und TEMSCH 2019: 498)

Das Holz der Moor-Birke ist wirtschaftlich gesehen nur wenig wert, weshalb sie in den Wirtschaftswäldern Mitteleuropas großteils bekämpft wird. Ihr Vorhandensein in Wäldern hat zwar mehrere ökologische Vorteile, diese werden aber bis auf einige wenige Ausnahmen nur in Skandinavien gezielt genutzt. (vgl. ROLOFF et al. 2010: 78) Moor-Birken bieten einen Lebensraum für eine Vielzahl von Tieren, die auf oder von ihnen leben. (vgl. SPOHN und SPOHN 2016: 112) Zu diesen Arten zählen unter anderem Schmetterlinge und Käfer, aber auch Wanzen und Zikaden. Viele Arten sind sogar an die Moorbirke gebunden, wodurch sie einen durchaus relevanten Teil der Artenvielfalt in Wäldern und Mooren sichert. (vgl. MÜLLER-KROEHLING und SCHMIDT 2023) Schädlinge, die für Moor-Birken bestandsbedrohend werden können, sind praktisch nicht vorhanden. Allerdings sind die weichen Triebe besonders anfällig für Wildtierverschiss und in Gebieten mit einem hohen Bestand an Rehen zeigt sich ein selektiver Verschiss der Moor-Birke. (vgl. MÜLLER-KROEHLING 2019: 11)

Ob und wie schnell sich Moor-Birken auf Moorflächen ausbreiten hängt von mehreren Faktoren ab. Zuerst müssen sich in der Nähe bereits Moor-Birken befinden und diese müssen auch in günstiger Lage zur Hauptwindrichtung stehen, sodass Samen auf die Moorfläche getragen werden können. In weiterer Folge ist die Existenz von ausreichend Keimstellen und die Erfüllung von verschiedenen Wachstums-Voraussetzungen relevant. Je nachdem wie stark die einzelnen Faktoren vorhanden sind, verändert sich die Geschwindigkeit, mit der sich die Moor-Birke ausbreitet. (vgl. DANIELS 2001: 48)

In Mooren ist das Auftreten der Moor-Birke ein Zeichen für die Entwässerung des Moores. Die Birken können nur dann gut wachsen, wenn der Wasserspiegel im Moor längere Zeit tief genug liegt, so dass eine ausreichende Sauerstoffzufuhr über das Wurzelsystem möglich ist. Ein solcher Wasserspiegel ist allerdings für das Moor selbst nicht hoch genug. (vgl. STEINER 2005c: 38) Deshalb wird die Moor-Birke auf Moorflächen häufig bekämpft. Diese Bekämpfung ihrer Ausbreitung soll verhindern, dass die Moor-Birke dem Moor zusätzliches Wasser entzieht und so die Entwässerung vorantreibt. Moor-Birken verbrauchen generell deutlich mehr Wasser als andere Baumarten, teilweise kann ein einzelner Baum bis zu 300 Liter Wasser an einem Tag verdunsten. (vgl. ROLOFF 2017: 36) Die Taktik der Bekämpfung auf Mooren wird aber auch kritisch gesehen, da Maßnahmen dieser Art in vielen Fällen nicht besonders wirksam sind. Eine bestehende Entwässerung kann nur mit der Abholzung der Moor-Birke nicht umgekehrt werden und auch wenn eine Vernässung des Moores durchgeführt wird, hängt der Erfolg dieser kaum davon ab wie viele Bäume auf der Fläche existieren. Wenn die Moor-Birke aber in die Renaturierung eines Moores eingebunden wird, können sich positive Effekte für die Biodiversität, die Treibhausgasbilanz und sogar für die Moorrenaturierung selbst ergeben. (vgl. MÜLLER-KROEHLING 2019: 12-13)

Auf Veränderungen des Grundwasserspiegels, wie sie etwa bei einer Entwässerung oder Wiedervernässung stattfinden, reagieren Moor-Birken sehr empfindlich, da sie über ein Wurzelsystem verfügen, das nur geringfügig in der Lage ist, sich an einen geänderten Grundwasserspiegel anzupassen. Wenn die Veränderungen dauerhaft sind und sich der Grundwasserspiegel über den Wurzelhorizont anhebt oder stark genug absenkt, dann verenden die Bäume. (vgl. DUNGER et al. 2023: 10-11)

2.3 Wirtschaftliche Nutzung der Moore

Die wirtschaftliche Nutzung von Mooren hat in Mitteleuropa eine lange Tradition. Bereits in der Bronzezeit, also vor etwa 4000 Jahren, wurde Torf bei der Herstellung von Bronze als

Brennmaterial verwendet. (vgl. JÄGER 2020: 54) Die Entwicklung hin zu einer tatsächlichen Torfwirtschaft erfolgte zu einem maßgeblichen Teil in den Niederlanden. Dort wurde ab dem 11. Jahrhundert Torf aus Niedermooren gewonnen. Bedingt durch eine wachsende Bevölkerung und dem damit einhergehenden Mehrbedarf an Heizmaterial kam es ab dem 16. Jahrhundert auch zum Abbau aus Hochmooren. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Moorflächen allerdings größtenteils nur kurzfristig an der Oberfläche entwässert und das Acrotelm später wieder aufgetragen. So konnte sich das Moor nach dem abgeschlossenen Abbau des Torfes wieder regenerieren. (vgl. GÜNTHER 2020: 369)

Ab dem 18. Jahrhundert wurden zuerst Moorbrand- und später Fehnkulturen angewandt, um Moore wirtschaftlich nutzen zu können. Beide Techniken stammen ursprünglich aus den Niederlanden. Bei der Moorbrandkultur wurden die Moorflächen zuerst entwässert und dann abgebrannt, wodurch die Flächen landwirtschaftlich nutzbar gemacht wurden. Schlechte Ernteerträge auf den Mooräckern und hohe Luftverschmutzung durch die Brände führten zur Fehnkultur. Hierbei wurde das Moor durch einen tiefen Graben stark entwässert, wodurch der Abbau von Torf als Brennmaterial möglich wurde. Die abgetorften Böden wurden häufig als Ackerflächen genutzt, wobei die Erträge aber wie bei der Moorbrandkultur eher gering ausfielen. (vgl. DON und PRIETZ 2019: 90)

Ein Problem bei der Bewirtschaftung von Mooren ist, dass diese nach einer Entwässerung aufgrund von Sackung und Torfoxidation an Höhe verlieren. Dieser Verlust wird etwa auf 1 cm pro Jahr geschätzt. (vgl. TANNEBERGER und SCHROEDER 2023: 101) Dieser Vorgang führt dazu, dass die Moorflächen im Laufe der Zeit aufgrund der zunehmenden Nähe zum Grundwasserspiegel wieder nasser werden. So wird die landwirtschaftliche Nutzbarkeit schlechter und es muss zu einer erneuten, tieferen Entwässerung kommen, sofern die Fläche weiterhin intensiv landwirtschaftlich genutzt werden soll. (vgl. TREPEL 2015: 42-43)

Als Ende des 19. Jahrhunderts die chemische Düngung mit Stickstoff entwickelt wurde führte dies in der Moornutzung zu deutlichen Veränderungen und die Moorbrand- sowie Fehnkultur wurde von der Deutschen Hochmoorkultur abgelöst. Hierbei wurden die Moore zuerst entwässert und anschließend gekalkt und gedüngt, um die landwirtschaftlichen Erträge zu erhöhen. (vgl. GÜNTHER 2012: 66) Im 20. Jahrhundert kamen schließlich große landwirtschaftliche Maschinen zum Einsatz um Torf abzubauen oder Moorflächen in Acker- und Kulturland umzuwandeln. Beispielsweise wurden Moore mit großen Pflügen bis über zwei Meter tief gepflügt und anschließend mit Sand aus dem Untergrund des Moores bedeckt, wodurch eine Sackung

des Moores gebremst werden konnte und der landwirtschaftliche Nutzen der Flächen vergrößert wurde. (vgl. GAYL 2004: 101)

Nachdem sich die Ziele der Verwendung von Mooren lange Zeit auf die landwirtschaftliche Nutzung, den Torfabbau und die Errichtung von Siedlungen beschränkte, kann circa ab Anfang der 1970er Jahre ein immer stärker werdender Naturschutzgedanke beobachtet werden. Moore wurden zunehmend unter Schutz gestellt (beispielsweise im Zuge der Ramsar-Konvention von 1971), um sie als wertvolle Feuchtgebiete erhalten zu können. Auch die Regeneration beziehungsweise Wiedervernässung von degradierten Mooren sowie eine nachhaltigere landwirtschaftliche Nutzung entwickelten sich als Zielsetzungen in der Moornutzung. (vgl. BLANKENBURG 1999: 186) Auf technischer Ebene ist eine Wiedervernässung vergleichsweise leicht durchführbar. In den meisten Fällen müssen nur die derzeitigen Entwässerungssysteme wie Gräben oder Pumpen zurückgebaut werden. Viel schwieriger ist es jedoch, alle beteiligten Parteien wie Wasserrechtsbehörden, Grundeigentümer*innen oder Pächter*innen von der Sinnhaftigkeit einer Wiedervernässung zu überzeugen. (vgl. TANNEBERGER und SCHROEDER 2023: 127-136)

Vor allem Wiedervernässungen mit gleichzeitiger Nutzungsauffassung bewirken eine große Anzahl an positiven Auswirkungen für den Natur- und Umweltschutz. Dort, wo Aufgrund der wirtschaftlichen Situation der Eigentümer*innen keine Nutzungsauffassung in Frage kommt, ist die Bewirtschaftung eines nassen Moorstandortes eine mögliche Alternative. (vgl. WICHTMANN und WICHMANN 2011: 216) Ende der 1990er Jahre entwickelte sich die sogenannte Paludikultur. Hierbei handelt es sich um eine land- oder forstwirtschaftliche Nutzung von nassen Mooren, bei der sowohl der Torf erhalten bleibt als auch ein Produkt erzeugt wird. Mittlerweile gibt es vielfältige Anwendungsmöglichkeiten von Paludikultur, wie etwa der Anbau von Torfmoosfrischmasse für den Gartenbau oder Sonnentau als Arzneimittel. Auch als Energieträger für Biomassekraftwerke sowie als Verpackungs- und Baumaterial können die auf wiedervernässten Mooren angebauten Pflanzen genutzt werden. (vgl. TANNEBERGER und SCHROEDER 2023: 160-184) Weiters kann auch Torfmoos als Baumaterial eingesetzt werden. Da die Wärmeleitfähigkeit von verdichtetem Sphagnum vergleichbar ist mit jener von Mineralwolle oder Polyurethanschaum, bietet sich eine Nutzung als Dämmmaterial an. (vgl. KAIN et al. 2019)

2.4 Bedeutung von Mooren für den Natur- und Klimaschutz

Lange Zeit wurde die Relevanz von Mooren für den Klimaschutz nur wenig beachtet. Doch in letzter Zeit zeigt sich immer deutlicher, wie wichtig Moore (sowie Feuchtgebiete allgemein) für die Treibhausgasbilanz sind. Moore und Feuchtgebiete speichern weltweit etwas über 650 Milliarden Tonnen Kohlenstoff, was etwas weniger als dem Doppelten der weltweiten Waldfläche entspricht (372 Milliarden Tonnen Kohlenstoff). Beachtet man zusätzlich, dass Wälder etwas mehr als fünf Mal so viel Fläche beanspruchen wie Moore und Feuchtgebiete, so wird deutlich, dass Moore überaus wichtige Kohlenstoffsinken sind. (vgl. JÄGER 2020: 38) Doch ein substantieller Anteil der Moorflächen wurde in den vergangenen Jahrhunderten durch menschliche Aktivitäten wie beispielsweise Torfabbau, Drainage oder Aufforstung stark degradiert. (vgl. SWINDLES et al. 2019: 925)

Werden Moore entwässert, so werden die in ihnen gespeicherten Treibhausgase in die Atmosphäre freigesetzt. (vgl. JOOSTEN 2015: 4) Zwischen 0,5 und 1 Milliarde Tonnen Kohlenstoff entweichen weltweit jährlich aus degradierten Mooren, was einem Anteil von 5 bis 10 % der gesamten CO₂-Emissionen entspricht. (vgl. LOISEL et al. 2021: 71) Diese Moore zu revitalisieren (beispielsweise durch Wiedervernässung) kann maßgeblich zum Klimaschutz beitragen. (vgl. DRÖSLER et al. 2012: 75) Zwar wird durch eine Wiedervernässung auch stark klimaschädliches Methan freigesetzt, doch diese Freisetzungen haben in der Regel deutlich geringere negative Auswirkungen als die positiven Effekte durch die Speicherung von Kohlenstoff im wiedervernässten Moor. (vgl. SCHÄFER 2009: 20)

Bezogen auf die Biodiversität bieten Moore verschiedensten Arten einen Lebensraum. Die vorherrschenden Bedingungen in Mooren (wie zum Beispiel die Nährstoffarmut oder der hohe Säuregehalt) haben dazu geführt, dass die meisten Bewohner eines Moores speziell auf diese harschen Konditionen angepasst sind. Fallen Moore durch Degradierung als Habitat für diese Arten weg, so ist das Risiko groß, dass sie sich an die geänderten Bedingungen nicht schnell genug anpassen können. Der Erhalt und die Restaurierung von Mooren ist somit auch für die Artenvielfalt von großem Nutzen. (vgl. MINAYEVA und SIRIN 2012: 166)

Neben der Bedeutung von Mooren als Kohlenstoffsinke und ihrem positiven Einfluss auf die Biodiversität ergeben sich durch ihre Beschaffenheit noch weitere Ökosystemdienstleistungen. Bei Hochwasserereignissen dient die Fläche des Moores als Retentionsraum für angrenzende Fließgewässer. Ein Hochwasser führender Fluss kann sich auf die Fläche des Moores ausbreiten, was zu einer verringerten Fließgeschwindigkeit führt und somit flussabwärts das Schadenspotential reduziert. Auf dem Moor selbst kann das Wasser oberirdisch gehalten werden, ohne

dass Schäden entstehen. Weiters können sich Moore positiv auf den Grundwasserspiegel auswirken. Liegt dieser unterhalb der Moorunterkante, so wird durch versickerndes Wasser aus dem Moor die Grundwasserneubildung angeregt. Außerdem tragen Moore in den Sommermonaten durch Verdunstungskühlung zu einer Abschwächung der Hitze bei. (vgl. JOOSTEN et al. 2013)

2.5 Gesellschaftliche Bedeutung von Moorlandschaften

Moorlandschaften erfüllen neben den bereits erwähnten Ökosystemdienstleistungen auch eine Vielzahl an gesellschaftlichen Funktionen. Wie im Kapitel 2.3 dieser Arbeit beschrieben, wurden und werden Moore vielerorts wirtschaftlich genutzt, haben also einen materiellen Nutzen für die Gesellschaft. Neben dem Torfabbau und der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung war in der Vergangenheit auch der Siedlungsbau ein relevanter Teil der materiellen Nutzung durch den Menschen. Doch Moorlandschaften haben auch eine immaterielle Bedeutung für die Gesellschaft. Dies betrifft sowohl die Ästhetik der Moore selbst als auch ihre Funktion als Quellen für Erkenntnisgewinn und geistige Inspiration. (vgl. HAMMER und LENG 2008: 54)

Eine wichtige immaterielle Nutzungsart von Mooren ist ihre Bedeutung für Kunst und Literatur. Moore kommen unter anderem in Gedichten, Liedern, Märchen und Romanen vor und haben auch Eingang in die Landschaftsmalerei gefunden. Ihre Darstellungen waren allerdings lange Zeit vorrangig negativ behaftet. Erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurden Moorlandschaften zunehmend als etwas Positives und Schönes wahrgenommen. (vgl. ebd.: 97-102) Weiters können Moore der Erholung und Freizeitgestaltung dienen. Sie bieten Möglichkeiten für Wanderungen oder Spaziergänge, können aber auch Orte der Ruhe und Entspannung sein. Teilweise werden die Möglichkeiten auch touristisch genutzt und tragen somit zur Regionalentwicklung bei. Die Freizeitnutzung geht auch oft mit Bildungsangeboten wie beispielsweise Infotafeln oder Vogelbeobachtungsstationen einher. (vgl. TIEMEYER et al. 2017: 265)

Als Quelle für Erkenntnisgewinn dienen Moore vor allem in der Wissenschaft. Hier beschäftigt man sich von der Agronomie über die Biologie und Geographie bis zur Literatur- und Rechtswissenschaft in mehreren Disziplinen mit Mooren. (vgl. HAMMER und LENG 2008: 103) Besonders hervorzuheben ist dabei der interdisziplinär geprägte Bereich der Moorarchäologie. Moorböden besitzen durch ihre speziellen hydrochemischen Bedingungen stark konservierende Eigenschaften. Nicht nur organisches Material wie Pflanzen, Knochen und Haut sowie Sporen und Stäube können im Moor gefunden werden, sondern auch kulturelle Artefakte aus

vergangenen Zeiten wie zum Beispiel Waffen, Münzen und Werkzeuge. Somit erfüllen Moore nicht nur die Funktion als Archive für Natur- und Umweltgeschichte, sondern auch für Kulturgeschichte. (vgl. BAUEROCHSE und METZLER 2015: 94)

2.6 Moorschutz

Moore erfüllen wie bereits beschrieben eine Vielzahl an Ökosystemdienstleistungen. (vgl. dazu auch: KOLLMANN 2019: 176-179; ZERBE 2019: 162-167) Da die negativen Auswirkungen der Degradation von Moorflächen immer mehr zum Vorschein kommen, zeigen sich vielerorts Bestrebungen, die noch vorhandenen intakten Moore zu schützen oder bereits degradierte Moore zu renaturieren.

2.6.1 Moorschutz in der EU

In Europa befinden sich ungefähr 1 000 000 km² Moorfläche, was ungefähr 10% der gesamten Landmasse entspricht (vgl. TANNEBERGER et al. 2021: 2). Hierbei zeigt sich in mehrerer Hinsicht ein deutliches Nord-Süd-Gefälle. Während die überwiegende Mehrheit der Moorflächen im Norden Europas liegt (vgl. MONTANARELLA et al. 2006: 6), ist der Anteil der Moorflächen in Schutzgebieten im Süden Europas deutlich größer, wobei hier auch ein deutlich höherer Anteil der Moore als degradiert eingestuft wird. 50% der Moore in der EU gelten als degradiert, wobei hier Moorflächen, die aufgrund einer weit vorangeschrittenen Degradation über keine Torfschicht mehr verfügen, noch nicht miteingerechnet sind. (vgl. TANNEBERGER et al. 2021: 6)

Innerhalb der EU gibt es unterschiedliche Abkommen, Richtlinien, Programme und Aktionspläne, die den Moorschutz betreffen. Die vermutlich relevanteste ist die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie). Das Ziel der FFH-Richtlinie ist die Sicherung der Biodiversität, welche durch einen günstigen Erhaltungszustand von Lebensräumen und Arten erreicht werden soll. Dafür müssen die Mitgliedsstaaten Schutzgebiete ausweisen und sowohl Ziele als auch Maßnahmen festlegen, die in diesen Schutzgebieten einen günstigen Erhaltungszustand bewahren oder wiederherstellen sollen. (vgl. UMWELTBUNDESAMT o.J.)

Weiters bietet die Gemeinsame Agrarpolitik der EU ab der Förderperiode 2023-2027 ein Instrument zur Förderung von Schutzmaßnahmen von Feuchtgebieten und Torfflächen in der Landwirtschaft. Hierdurch werden Anreize gesetzt, um die Degradierung von Moorflächen zu

verhindern und auf landwirtschaftlich genutzten Mooren eine nachhaltige, moorschonende Bewirtschaftung umzusetzen. (vgl. BMLRT 2022: 100)

Neben den Vorgaben der EU haben auch mehrere Mitgliedsstaaten eigene nationale Moorstrategien entwickelt. In Finnland wurde bereits 2012 die *Government resolution on the sustainable and responsible use of peatlands and mires* vorgestellt. Diese sieht unter anderem vor, dass Torfabbau nur noch auf bereits degradierten Mooren stattfinden soll, damit noch intakte Moorflächen geschont werden. Auch wird im Allgemeinen nach einem stärkeren Moorschutz verlangt. In der irischen *National Peatland Strategy* von 2015 finden sich unter anderem Pläne, die forstwirtschaftliche Nutzung von Mooren und den Torfabbau nachhaltiger zu gestalten sowie zur Renaturierung von degradierten Hochmooren und zu einem Ende der Verwendung von Torf zur Energiegewinnung. Die jeweils 2022 erschienenen Strategien aus Österreich (Moorstrategie Österreich 2030+) und Deutschland (Nationale Moorschutzstrategie) ähneln sich in ihrer Herangehensweise. Beide Staaten wollen den Moorschutz ausbauen, den Torfabbau sowie CO₂-Emissionen aus Mooren reduzieren und die Moornutzung nachhaltiger gestalten. (vgl. NORDBECK und HOGL 2024: 3-4)

2.6.2 Moorschutz in Österreich

In Österreich ist der Moorschutz neben der durch die EU vorgegebenen FFH-Richtlinien auch durch Artikel 9 (Erhaltung der Böden in Feuchtgebieten und Mooren) des Bodenschutzprotokolls der Alpenkonvention geregelt, das sich im Rang eines Bundesgesetzes befindet:

„(1) Die Vertragsparteien verpflichten sich, Hoch- und Flachmoore zu erhalten. Dazu ist mittelfristig anzustreben, die Verwendung von Torf vollständig zu ersetzen.

(2) In Feuchtgebieten und Mooren sollen Entwässerungsmaßnahmen außer in begründeten Ausnahmefällen auf die Pflege bestehender Netze begrenzt werden. Rückbaumaßnahmen bei bestehenden Entwässerungen sollen gefördert werden.

(3) Moorböden sollen grundsätzlich nicht genutzt oder unter landwirtschaftlicher Nutzung derart bewirtschaftet werden, dass ihre Eigenart erhalten bleibt.“ (BSchP: Art. 9)

Somit besteht die Pflicht, Hoch- und Niedermoore zu erhalten und vor Degradierung zu schützen. Tätigkeiten, die zu einer Verschlechterung des Zustandes eines Moorbiotops führen, dürfen nur in Ausnahmefällen genehmigt werden. Als Teilgebiet des Naturschutzes ist der Moorschutz in Österreich Sache der Länder und somit in den jeweiligen Landes-Naturschutzgesetzen enthalten. Ein absolutes Verbot von Eingriffen in Moore gibt es zwar in keinem einzigen Bundesland, jedoch stehen Moore in den meisten Bundesländern unter Zonenschutz oder es gibt ein Eingriffsverbot, welche aber beide unter bestimmten Voraussetzungen umgangen werden

können. In Oberösterreich und Wien sind Eingriffe in Moore lediglich bewilligungspflichtig, was bedeutet, dass es hier einen besonders schwachen Moorschutz gibt. Auch in der Steiermark gibt es keinen Zonenschutz, wobei allerdings eine Verpflichtung besteht, Moore von zumindest regionaler Bedeutung mitsamt ihren Randzonen zu Naturschutzgebieten zu erklären. Diese Schutzbestimmungen scheinen in der behördlichen Praxis zumindest im Alpenraum jedoch eher von geringer Relevanz zu sein, da Eingriffe in der Regel unter Bezugnahme auf das öffentliche Interesse oder das Gemeinwohl bewilligt werden. (vgl. SCHMIDHUBER 2023: 44-52)

2.6.3 Zustand der Moore in Österreich

In Österreich lassen sich aufgrund der vielfältigen klimatischen, hydrologischen und geologischen Gegebenheiten viele unterschiedliche Moortypen ausfindig machen. Dazu gehören Übergangsmoore, Anmoore und sowohl basenarme als auch basenreiche Niedermoore. Zu den in Österreich vorkommenden ombrogenen Mooren zählen Hochmoore, Deckenmoore und Kondenswassermoore. Auch Moor- und Bruchwälder sowie Streuwiesen lassen sich in Österreich finden. (vgl. BMLRT 2022: 16-20)

Moore sind in Österreich eher unregelmäßig verteilt (siehe Abbildung 2). Die häufigsten Vorkommen befinden sich in Vorarlberg, im Granit- und Gneishochland an der Grenze zwischen Ober- und Niederösterreich, im Klagenfurter Becken, im nördlichen Alpenvorland sowie in den Nord- und Zentralalpen. Im Osten und Südosten gibt es aufgrund des für Moore eher ungünstigen illyrischen und pannonischen Klimas nur eine sehr geringe Anzahl an Mooren. Eine Ausnahme bildet hier der ausgedehnte Schilfgürtel rund um den Neusiedler See. Wie viel Fläche in Österreich von Mooren eingenommen wird ist zwar nicht eindeutig beziffert, jedoch wird von einer Fläche von 21 000 bis 30 000 ha ausgegangen. (vgl. ebd.: 27-28)

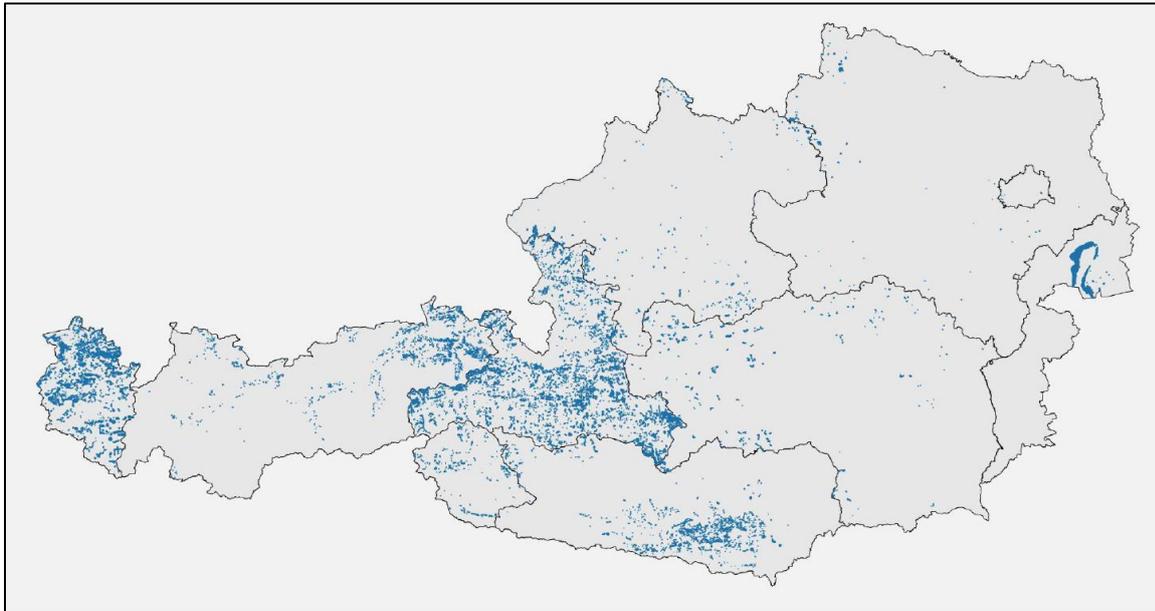


Abbildung 2: Moore in Österreich. Zur besseren Sichtbarkeit sind die Moore teilweise deutlich vergrößert dargestellt. (BMLRT 2022)

Generell ist der Zustand der österreichischen Moore sehr schlecht. Aufgrund von Entwässerungen und Torfabbau zeigen sich vielerorts hochgradige Schädigungen der Feuchtbiotope. Schätzungen gehen davon aus, dass vermutlich bereits über 80 % der heimischen Moorflächen zerstört wurden. (vgl. ESSL und STEINER 2017: 260) Laut aktuellem FFH Artikel-17-Bericht wird der Erhaltungszustand aller Moor-Lebensraumtypen als entweder ungünstig-unzureichend oder ungünstig-schlecht bewertet (siehe Tabelle 1). (vgl. ELLMAUER et al. 2020: 85-87) Dass der Erhaltungszustand der Moore so schlecht ist begründet sich durch das komplexe Zusammenspiel vieler verschiedener Aspekte. Diese reichen von den vor allem in der Vergangenheit relevanten Faktoren Entwässerung, Eutrophierung und Torfabbau über den Klimawandel bis hin zu einer nicht standortgerechten Nutzung und einer unzureichenden Umsetzung von Schutz- und Renaturierungsmaßnahmen. Weiters sind auch die Überbauung (beispielsweise für den Wohnbau) und die touristische Nutzung von Moorflächen ein Problem für den Erhaltungszustand. (vgl. BMLRT 2022: 29-39)

FFH Lebensraumtyp	Erhaltungszustand	
	Alpine Region	Kontinentale Region
6410 – Pfeifengraswiesen auf kalkreichem Boden, torfigen und tonig-schluffigen Böden	ungünstig-unzureichend	ungünstig-schlecht
7110 – Lebende Hochmoore	ungünstig-schlecht	ungünstig-schlecht
7120 – Noch renaturierungsfähige degradierte Hochmoore	ungünstig-schlecht	ungünstig-schlecht
7130 – Deckenmoore	ungünstig-schlecht	-
7140 – Übergangs- und Schwingrasenmoore	ungünstig-schlecht	ungünstig-schlecht
7150 – Torfmoor-Schlenken	ungünstig-schlecht	ungünstig-schlecht
7210 – Kalkreiche Sümpfe mit <i>Cladium mariscus</i> und Arten des <i>Caricion davallianae</i>	ungünstig-unzureichend	ungünstig-unzureichend
7230 – Kalkreiche Niedermoore	ungünstig-schlecht	ungünstig-schlecht
91D0 – Moorwälder	ungünstig-schlecht	ungünstig-schlecht

Tabelle 1: Erhaltungszustand der österreichischen Moor-Lebensraumtypen gemäß FFH Artikel-17-Bericht für den Zeitraum 2013 bis 2018. (Quelle: ELLMAUER et al. 2020)

3. Untersuchungsgebiet: Das Pürgschachen-Moor

Das Pürgschachen-Moor ist ein aus einem Überflutungsmoor entstandenes (vgl. STEINER 2005b: 15) ombrotrophes Talhochmoor in Österreich im Bundesland Steiermark und befindet sich südlich der Ortschaft Ardning im Ennstal (siehe Abbildung 3). Es hat eine Fläche von 62 ha, liegt auf 47° 35' nördliche Breite, 14° 21' östliche Länge und befindet sich auf einer Seehöhe von 632 m. (vgl. BML o.J.) Das Moor bildete sich nach der letzten Eiszeit und ist im Gegensatz zu den anderen Mooren des steirischen Ennstals, die aufgrund von Torfabbau, Entwässerung oder Aufforstung stark beeinträchtigt wurden, noch weitgehend erhalten. (vgl. HOHENSIN-NER et al. 2008: 4) Obwohl es sich bei der heutigen Fläche nur noch um den Rest eines früheren deutlich größeren Moores handelt, ist es das größte überwiegend intakte Talbodenhochmoor in Österreich. Die zentralen Hochmoorbereiche werden von Torfmoosgemeinschaften dominiert und die trockeneren Randbereiche sind großteils mit Latschen bewachsen. (vgl. BML o.J.)

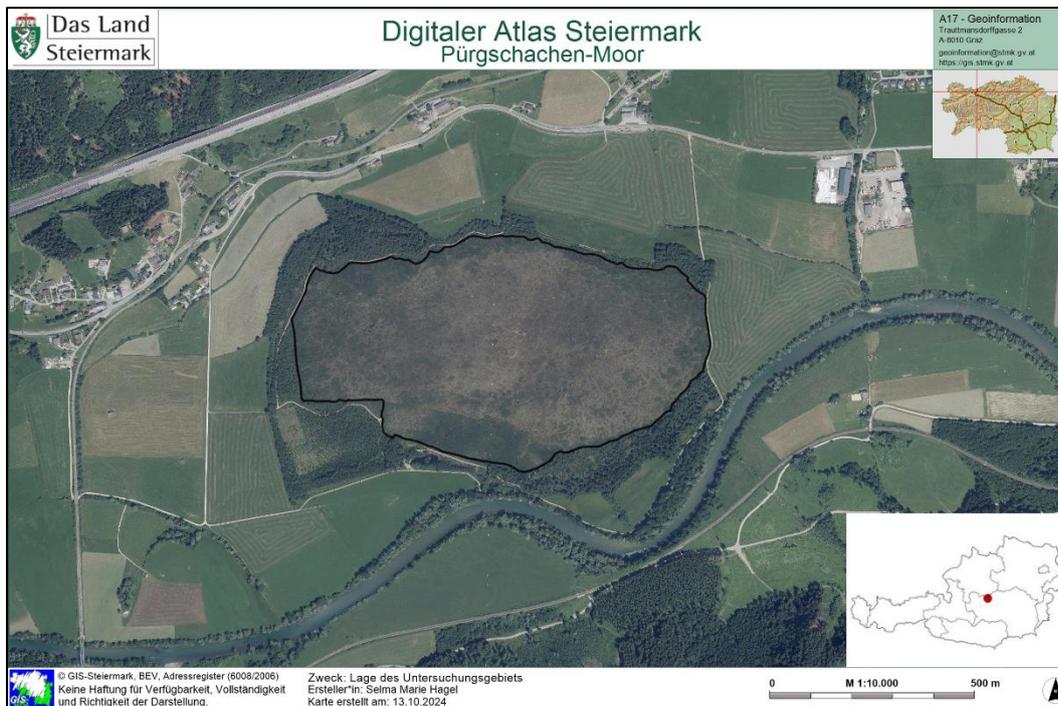


Abbildung 3: Lage des Untersuchungsgebiets. (Die schwarze Umrandung kennzeichnet das Untersuchungsgebiet; Quelle: GIS Steiermark)

Die Wasserversorgung wird durch Regenwasser, Grundwasser und Flusswasser gewährleistet. Der Zentralbereich wird hauptsächlich über Regenwasser gespeist, wobei aber auch eine Grundwasserkuppel vorhanden ist, die sich über dem Niveau des umliegenden Grundwasserspiegels aufwölbt. Die Versorgung der südlichen ennsnahen Moorbereiche erfolgt unter anderem durch Überflutungen der Enns, die allerdings nur ein bis zwei Mal pro Jahr stattfinden. Weiters werden die Randbereiche des Moores über das Grundwasser versorgt. (vgl. JUNGMEIER und WERNER 2004: 80-81)

Im 8 km entfernten Admont liegt der durchschnittliche Jahresniederschlag für den Zeitraum von 1960 bis 2023 bei 1192 mm (siehe Abbildung 4) und die durchschnittliche Jahrestemperatur für diesen Zeitraum liegt bei 6,9°C (siehe Abbildung 5). Obwohl der Jahresniederschlag, abgesehen von teilweise beträchtlichen jährlichen Schwankungen, eher stabil bleibt, lässt sich doch ein gewisser Trend nach oben erkennen. Für den Zeitraum 1960 bis 1990 liegt der durchschnittliche Jahresniederschlag bei 1141 mm, für den Zeitraum 1991 bis 2023 allerdings bei 1240 mm. Viel deutlicher fällt die Steigerung bei der Temperatur aus. Während für den Zeitraum 1960 bis 1990 noch eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 6,3°C gemessen wurde lag diese im Zeitraum von 1991 bis 2023 bei 7,6°C.

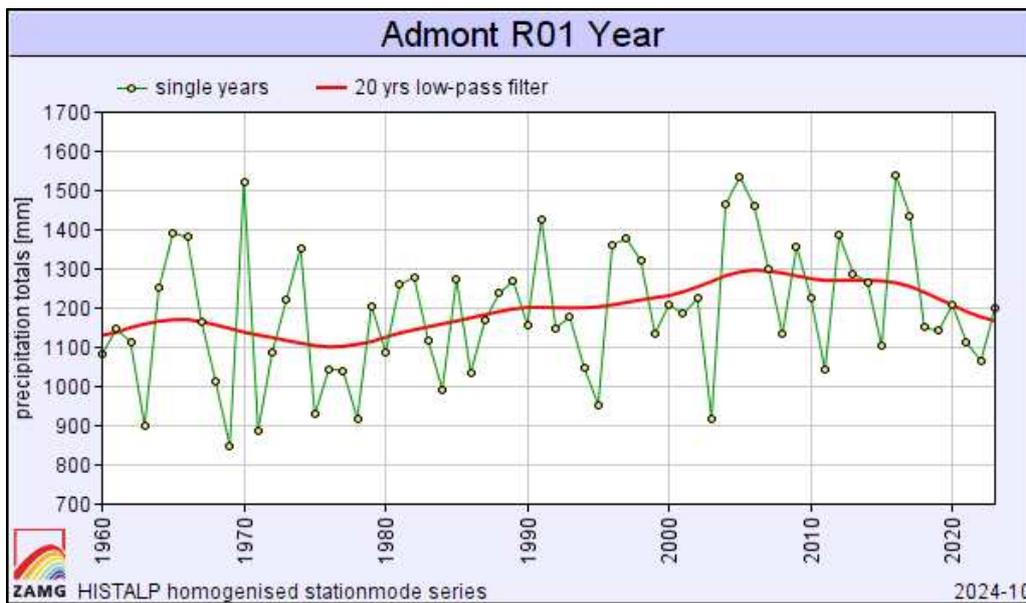


Abbildung 4: Jahresniederschlag im Zeitraum 1960 bis 2023, Messstelle Admont. (Quelle: ZAMG HISTALP)

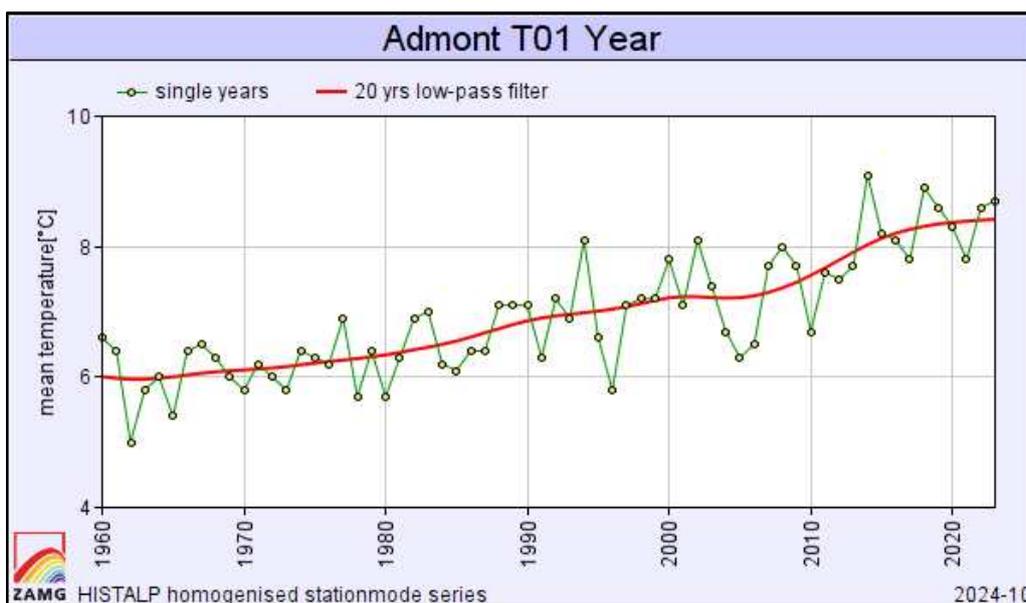


Abbildung 5: Mittlere Jahrestemperatur für den Zeitraum 1960 bis 2023, Messstelle Admont. (Quelle: ZAMG HISTALP)



Geologisch liegt das Pürgschachen-Moor auf Schwemmmaterial, das durch die Enns und ihre Zuflüsse im Talboden abgelagert wurde. Die Sedimente bestehen sowohl aus Lehm und Schluff als auch aus Schotter, Kies und Sand. (vgl. WINTEREDER 2017: 3) Die Bodenhorizonte (siehe dazu auch Abbildung 6) unterteilen sich in unzersetzten Torf (T1, bis zu einer Tiefe von 30-35 cm) und schwach zersetzten Torf (T2, bis zu einer Tiefe von 80-95 cm und T3, bis zu einer Tiefe von 100 cm) (vgl. BFW o.J.)

Abbildung 6: Bodenkern des Pürgschachen-Moores (50-100 cm Bodentiefe). (Photo: Dipl.-Ing. Andreas Maier)

3.1 Das Pürgschachen-Moor als Lebensraum

Im Pürgschachen-Moor lassen sich insgesamt 14 Lebensraumtypen gemäß der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie ausmachen. Neben mehreren nicht prioritären Lebensraumtypen (nachzulesen in JUNGMEIER und WERNER (2004)) betrifft dies die drei prioritären Lebensräume lebende Hochmoore (FFH-Typ 7110), Moorwälder (FFH-Typ 91D0) und Auenwälder mit *Alnus glutinosa* und *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*) (FFH-Typ 91E0). (vgl. ebd.: 83)

Die Fauna des Pürgschachen-Moores zeichnet sich durch einen für Moore besonderen Artenreichtum aus. Spezialisierte Untersuchungen gibt es zu Schmetterlingen (SPITZER et al. 1996; WIESMAIR 2013), Zikaden (HOLZINGER und NOVOTNY 1998; KUNZ et al. 2013), Wanzen (FRIESS und KORN 2013), Libellen (KERSCHBAUMSTEINER 2013), Heuschrecken (VOLKMER 2013), Vögeln (SCHÜTZ und SCHULZE 2013) und Pilzen (KRISAI-

GREILHUBER und KOLLER 2013). Anhand dieser Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass das Pürgschachen-Moor von etlichen Arten als Lebensraum genutzt wird. Darunter sind einige seltene Arten, die teilweise auch auf der Roten Liste der gefährdeten Arten als gefährdet oder potentiell gefährdet eingestuft sind. So zum Beispiel die Libellenarten Kleine Moosjungfer (*Leucorrhinia dubia*) und Arktische Smaragdlibelle (*Somatochlora arctica*) (vgl. KERSCHBAUMSTEINER 2013: 172), die zur Gattung der *Noctuidae* gehörende Schmetterlingsart Dunkelstirniges Flechtenbärchen (*Eilema lutarella*) (vgl. WIESMAIR 2013: 182), die Vogelarten Wiesenpieper (*Anthus pratensis*) und Grauspecht (*Picus canus*) (vgl. SCHÜTZ und SCHULZE 2013: 187) oder die Zikadenarten Torf-Glasflügelzikade (*Cixius similis*) und Hochmoor-Spornzikade (*Nothodelphax distincta*). (vgl. KUNZ et al. 2013: 132)

Die Vegetation der Moorfläche kann als typisch für ein Latschenhochmoor beschrieben werden (siehe Abbildung 7). Sie ist vor allem geprägt von Torfmoosen (*Sphagnum*) und Latschen (*Pinus mugo*), aber auch Besenheide (*Calluna vulgaris*) und Scheiden-Wollgras (*Eriophorum vaginatum*) bilden einen festen Bestandteil der Flora. (vgl. WINTEREDER 2017: 40-41) Bei den *Sphagnum*-Arten zeigte sich bei zwei aktuellen Vegetationsaufnahmen (CZAK 2021; WINTEREDER 2017) jedoch mit nur vier unterschiedlichen im Moor gefundenen Arten eine ungewöhnlich geringe Diversität. Dies ist allem Anschein nach auf die hydrologischen Bedingungen im Moor zurückzuführen, da in Untersuchungen aus den Jahren 1979 und 1993 bei höheren Wasserständen als heute noch deutlich mehr *Sphagnum*-Arten gefunden wurden. (vgl. CZAK 2021: 41)

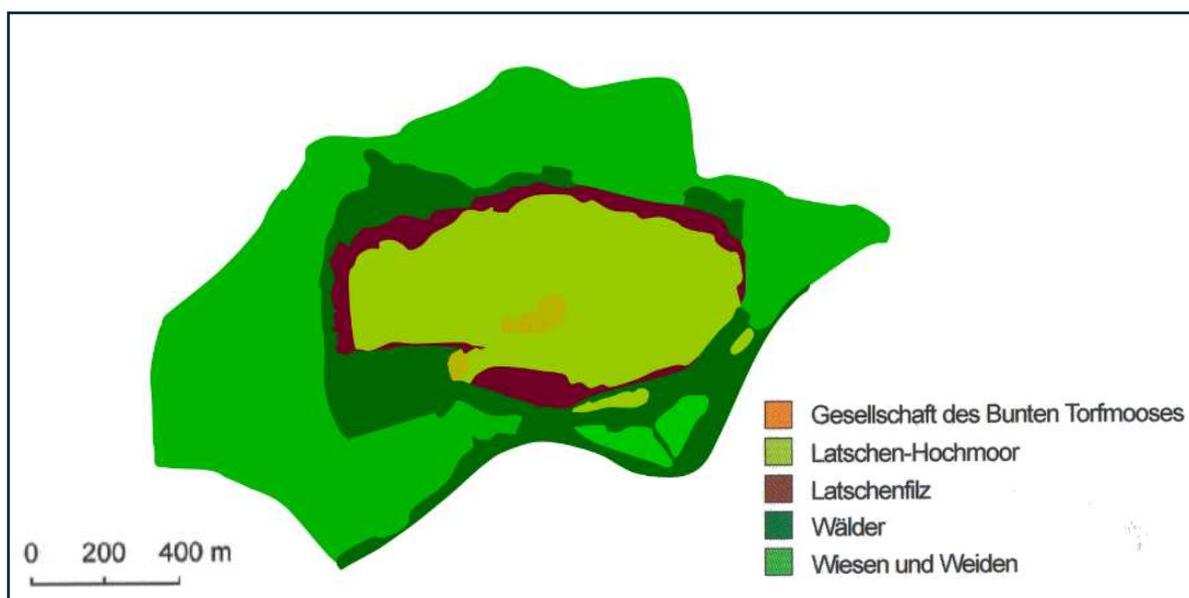


Abbildung 7: Vegetationskarte des Pürgschachen-Moores. (WINTEREDER 2017: 65)

3.2 Landnutzung

Schon Mitte des 18. Jahrhunderts gab es erste Bestrebungen im Ennstal Torf abzubauen und ihn als Brennmaterial zu verwenden. Wirklich Fahrt aufgenommen hat der Abbau allerdings erst im 19. Jahrhundert. Die Eisenindustrie benötigte große Mengen an Brennmaterial, weshalb die Wälder zur Erzeugung von Holzkohle großflächig gerodet wurden. Als alternativer Brennstoff bot sich Torf an, da er genug Hitze abgab und in den Mooren des Ennstals ausreichend vorhanden war. Im 19. Jahrhundert und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts etablierte sich im Ennstal eine groß angelegte Torfwirtschaft (siehe Abbildung 8). Nach dem 2. Weltkrieg verlor die Torfgewinnung allerdings an Bedeutung, was auch an einem Rückgang der in der Torfwirtschaft Beschäftigten erkennbar ist. Teilweise wurde von den Grundstückseigentümer*innen in der Nachkriegszeit auch versucht den Wert der Moorflächen durch Aufforstung zu steigern. Erst vor wenigen Jahrzehnten rückte der Moorschutz in den Vordergrund und Moore wurden zunehmend als schützenswerte Biotope betrachtet, die einen ökologisch wichtigen Beitrag leisten. (vgl. HASITSCHKA 2013: 4-7)

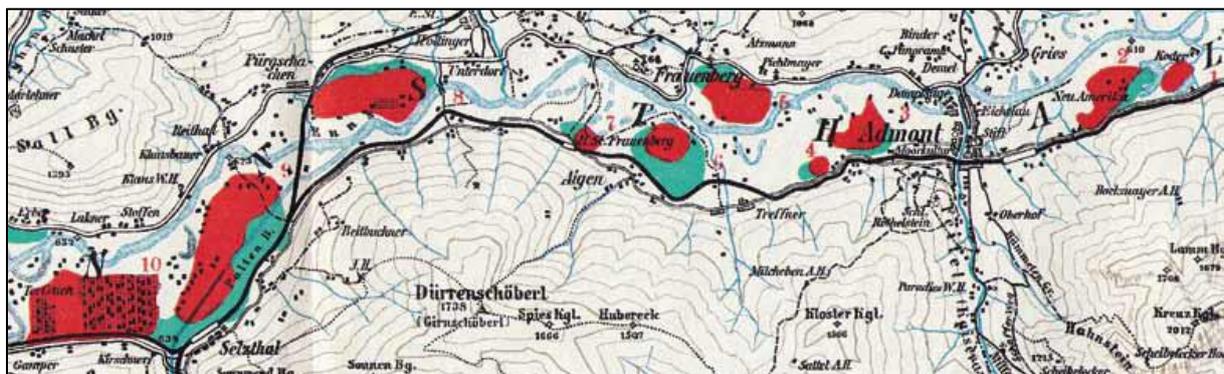


Abbildung 8: Torfwirtschaft im Ennstal. Ausschnitt der Karte „Die Moore des Enns- und Paltentales“. Veröffentlicht 1909 in der Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung. Rot = Hochmoor mit Torfabbau, grün = Niedermoor mit Torfabbau. (HASITSCHKA 2013: 4)

Von den ursprünglichen 1460 ha Moorfläche im Ennstal sind heute nur mehr etwa 300 ha übrig. (vgl. MATZ und GEPP 2008: 25) Besonders gut lässt sich der starke Rückgang der Moorfläche auch in einem Vergleich des Moorkatasters von 1911 mit dem Moorschutzkatalog von 1992 erkennen (siehe Abbildung 9). In den 81 Jahren, die diese beiden Erhebungen auseinander liegen, kam es im Ennstal zwischen Liezen und Admont zu einer drastischen Reduktion der Moorflächen. Von den vormaligen 11 Mooren sind hier nur noch das Pürgschachen-Moor und östlich von Admont das Schmidbachermoos sowie Teile des Scheibelteiches vorhanden.



Abbildung 9: Vergleich der Moore im Ennstal zwischen dem Moorkataster von 1911 und dem Moorschutzzkatalog von 1992. (UMWELTBUNDESAMT 2023)

Während in den meisten Mooren im Ennstal Torfwirtschaft betrieben wurde, blieb das Pürgschachen-Moor vom Torfabbau größtenteils verschont. Einzig im südlichen Teil des Moores wurden einige kleine Torfstiche vorgenommen (vgl. KNÖBL 1960: 77) Allerdings wurden in den 1950er Jahren landwirtschaftliche Entwässerungsgräben angebracht. In den darauf folgenden Jahrzehnten kam es auf den ehemals 110 ha Moorfläche aufgrund der Drainagierung zu einer deutlichen Schrumpfung. Nachdem die Entwässerungsanlage 1991 sogar noch vergrößert wurde, kam es Mitte der 1990er Jahre zu einem Umdenken. Im Zuge einer Expertise des WWF Österreich aus dem Jahr 1993 wurde ein Projekt zum Schutz und Management des Moores vorgestellt, das sowohl die Absperrung und Deaktivierung der Drainagegräben im Randbereich des Moores als auch eine Anhebung des Umgebungswasserspiegels vorsah. 1995 wurde schließlich der Moorschutzverein Pürgschachen gegründet, es fand eine international besetzte Moor-Enquete statt und es wurde ein LIFE-Projekt der EU gestartet, durch das Feuchtgebiete und bedrohte Arten im Ennstal geschützt werden sollten. (vgl. MATZ und GEPP 2008: 92-96)

Das LIFE-Projekt sah mehrere Maßnahmen vor, die auf unterschiedliche Arten den Zustand des Moores und der Moor-Vegetation verbessern sollten. Unter anderem sollte der Grundwasserspiegel stabilisiert, die Randgräben gestaut und das künstlich übersteilte Randgehänge renaturiert werden. Weiters sollten in den Randbereichen des Moores angelegte Fichtenkulturen entfernt und Entwässerungsgräben gesperrt werden. Zwar konnten nicht alle Maßnahmen vollständig umgesetzt werden, doch es gelang durchaus den Erhaltungszustand des Moores zu verbessern. (MATZ 2011: 69) Trotz dieser Verbesserungen befinden sich der Wasserspiegel und

die Vegetation weiterhin in einem ungünstigen Zustand, da sich knapp außerhalb des Moores noch immer aktive Drainagen befinden. (vgl. CZAK 2021: 53)

Mit dem in den 2000er Jahren durchgeführten Bau eines Erlebnisweges rund um das Moor sollte das Pürgschachen-Moor für die Freizeitnutzung (und somit auch für den Tourismus) erschlossen werden. (vgl. MOORSCHUTZVEREIN PÜRGSCHACHEN o.J.a) Der Rundweg umfasst neben zwei Aussichtsplattformen auch mehrere Wissensstationen, die den Besucher*innen Informationen über das Moor liefern (siehe Abbildung 10).



Abbildung 10: Moorrundweg mit Informationstafeln. (Quelle: Moorschutzverein Pürgschachen; eigene Aufnahme)

Auch für die Wissenschaft ist das Pürgschachen-Moor von Interesse. Neben den bereits angeführten Untersuchungen zur Fauna und Flora des Moores ist ein weiterer Schwerpunkt die Klimaforschung. Als Teil des österreichischen *Long-Term Ecosystem Research Network (LTER)* befindet sich im Zentrum des Moores ein Eddy-Kovarianz Messturm, mit dem der Methan-, Kohlendioxid- und Wasseraustausch zwischen dem Moor und der bodennahen Atmosphäre untersucht werden kann. Außerdem kann mit Hilfe von Gasmesshauben die Freisetzung und Speicherung von Kohlenstoff durch die Vegetation des Moores untersucht werden und es gibt ein Pegelnetz zur Messung des Wasserstandes im Moor. (vgl. LTER-AUSTRIA o.J.) Beispielsweise konnten DROLLINGER et al. (2019) mittels Messungen des Eddy-Kovarianz-Turmes zeigen, wie CO₂- und CH₄-Emissionen des Moores durch Schwankungen in den vorherrschenden Temperaturen und im Niederschlag beeinflusst werden.

3.3 Das Pürgschachen-Moor als geschütztes Gebiet

Seit 1991 zählt das Pürgschachen-Moor zu den Ramsar-Gebieten und ist somit das sechste der mittlerweile 23 international bedeutsamen und schützenswerten Feuchtgebiete in Österreich. Das 1971 abgeschlossene Abkommen dient vorrangig dem Schutz von Wasser- und Watvögeln und verpflichtet die Mitglieder unter anderem zum Schutz und zur Betreuung der ausgewiesenen Gebiete. (vgl. DICK et al. 1993: 1-2) Aufgenommen wurde das Pürgschachen-Moor in diese Liste, da es ein besonders gutes und für die Region charakteristisches Beispiel für ein natürliches beziehungsweise naturnahes Feuchtgebiet ist, es viele seltene, bedrohte oder gefährdete Arten beherbergt und es aufgrund seiner Fauna und Flora für die genetische und ökologische Vielfalt der Region von großer Bedeutung ist. (vgl. JUNGMEIER und WERNER 2004: 31, 90)

Weiters ist das Moor als Teil des Natura-2000 Gebiets Pürgschachen-Moos und ennsnahe Bereiche zwischen Selzthal und dem Gesäuseeingang seit 2006 ein Europaschutzgebiet. Dadurch soll ein günstiger Erhaltungszustand der Lebensräume und Arten gewahrt beziehungsweise wiederhergestellt werden. (vgl. MOORSCHUTZVEREIN PÜRGSCHACHEN o.J.b) Durch seine geographische Lage zählt das Pürgschachen-Moor außerdem zur *Important Bird Area* (IBA) Steirisches Ennstal. Das steirische Ennstal beherbergt zahlreiche Vogelarten und zählt dadurch innerhalb Österreichs zu einer der bedeutendsten Regionen für den Vogelschutz. National bedeutende Brut-Vorkommen gibt es für den Wanderfalken (*Falco peregrinus*), den Wachtelkönig (*Crex crex*), den Flussuferläufer (*Actitis hypoleucos*), den Uhu (*Bubo bubo*) und den Eisvogel (*Alcedo atthis*). Das Pürgschachen-Moor ist besonders für zwei Vogelarten relevant. Einerseits für den Wiesenpieper (*Anthus pratensis*), der im Ennstal das größte Vorkommen in der Steiermark hat. Mit 13 bis 15 Revieren liegt der Großteil davon im Pürgschachen-Moor. Andererseits für die Hochmooreule (*Coenophila subrosea*), die in der Steiermark nur im Pürgschachen-Moor vorkommt. (vgl. POLLHEIMER et al. 2009: 468-475)

4. Bildmaterial und Methode

4.1 Theoretischer Hintergrund

Die Aufnahme von Luftbildern ist ein Verfahren der Fernerkundung. Unter dieser „versteht man Methoden der Aufnahme- und Auswertetechnik von Objekten aus der Entfernung, ohne mit dem Objekt in direkten Kontakt zu kommen“. (OESTER 2003: 3) Hierfür werden hauptsächlich Flugzeuge und Satelliten eingesetzt, jedoch seit einigen Jahren auch vermehrt Drohnen. (vgl. DE LANGE 2020: 431) Durch Fernerkundung ist es möglich, Informationen zeitlich effizient aufzunehmen, ohne dass dafür eine Datenerhebung vor Ort notwendig wäre. Mittels Luftbilder ist es möglich objektiv alle vom Standort der Aufnahme aus erkennbaren Details eines bestimmten Gebiets abzubilden. Dabei können durch verschiedene Aufnahmhöhen sehr unterschiedliche Detaillierungsgrade erreicht werden (von einzelnen Bäumen oder Häusern bis zu ganzen Landstrichen). Weiters bietet die Möglichkeit Luftbildaufnahmen periodisch zu wiederholen ein gutes Hilfsmittel um Aussagen über zeitliche Veränderungen zu treffen. So werden Luftbilder in vielen verschiedenen Bereichen eingesetzt, wie zum Beispiel in der Land- und Forstwirtschaft oder in der Raumplanung. (vgl. OESTER 2003: 3)

Bei der Aufnahme von Luftbildern kommt die Methode der Photographie zum Einsatz, bei der die Strahlung im Bereich des sichtbaren Lichts und des nahen Infrarots verwendet wird. Die Wellenlängen dieser Bereiche liegen circa zwischen 0,4 und 1 μm . (vgl. ALBERTZ 2009: 26) Bei der Auswertung von Luftbildaufnahmen existiert also, wie bereits oben beschrieben, kein direkter Kontakt mit den Untersuchungsobjekten. Die zu analysierende Information befindet sich in der elektromagnetischen Strahlung, die auf den Aufnahmen abgebildet ist. Diese Globalstrahlung (bestehend aus Sonnen- und Himmelsstrahlung) wird von der Vegetation teilweise durchgelassen, aufgenommen und zurückgestrahlt. Zu welchen Anteilen dies geschieht ist abhängig von der Anatomie der Pflanze sowie ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften. (vgl. FUCHS 2003: 24)

Luftbilder, die aus großer Höhe aufgenommen wurden, sehen Landkarten sehr ähnlich. Jedoch gibt es in der Geometrie der Projektion deutliche Unterschiede zwischen den beiden (siehe Abbildung 11), wodurch Luftbilder (auch wenn es auf den ersten Blick so aussehen mag) nicht wie Landkarten verwendet werden können. Jeder Punkt auf einer Abbildung entspricht einem Punkt im Gelände. Da Photographien immer Zentralprojektionen sind, geht der Strahl, der diese beiden Punkte verbindet, durch den Brennpunkt des Objektivs. Karten hingegen sind Orthogonalprojektionen, bei denen die Verbindungsstrahlen lotrecht und parallel verlaufen. Somit ergeben sich im Vergleich von Luftbildern zu Karten gewisse radiale Verschiebungen. Diese

nehmen vom Bildnadir ausgehend in Richtung Bildrand hin zu und verstärken sich auch mit wachsenden Höhenunterschieden im Gelände. Eine größere Flughöhe wirkt diesen Verschiebungen allerdings entgegen. (vgl. OESTER 2003: 12-13)

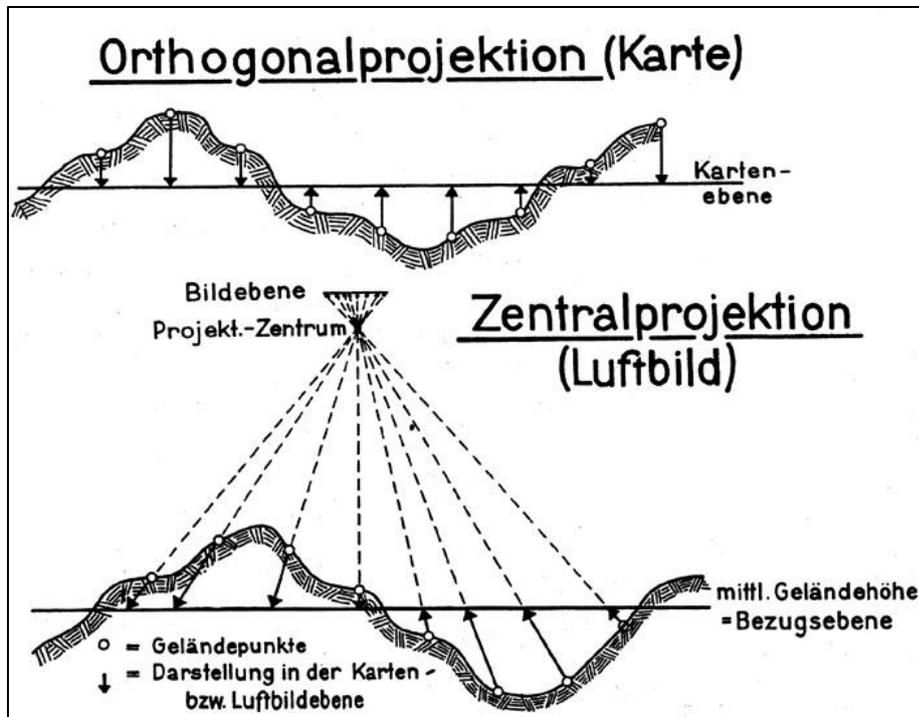


Abbildung 11: Geometrische Unterschiede zwischen Zentral- und Orthogonalprojektionen. (OESTER 2003: 11)

Während Luftbilder heutzutage fast ausschließlich mittels digitaler Verfahren aufgenommen werden, wurden früher analoge Kameras eingesetzt. Da bei der Aufnahme von Luftbildern die Belichtungszeiten aufgrund der Bewegung des Flugzeugs sehr gering sind (ca. 1 bis 10 Millisekunden), müssen die dafür verwendeten Filme eine hohe Empfindlichkeit aufweisen. Bei längeren Belichtungszeiten würden die Bilder aufgrund der Bildwanderung unscharf werden. Auch ein hohes Auflösungsvermögen des Filmes ist relevant, damit auf dem Bild möglichst viele Details vorhanden sind. Für die Aufnahme von Luftbildern gibt es verschiedene speziell dafür entwickelte Kameras. Im Fall von Senkrechtluftbildern (wie die für diese Arbeit vorhandenen Luftbilder) kommen normalerweise Reihenschusskameras zum Einsatz. Mit diesen ist es möglich große Gebiete mittels der Aufnahme von Bildreihen systematisch abzubilden. (vgl. ALBERTZ 2009: 30-33)

4.2 Bildmaterial

Die insgesamt 11 für die Untersuchung vorhandenen historische Luftbilder wurden vom Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien zu Verfügung gestellt und

stammen aus dem Archiv des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (BEV). Das BEV arbeitet im Bereich der Fernerkundung unter anderem an der Beschaffung, Klassifizierung und Analyse von Fernerkundungsdaten, der Erstellung digitaler Oberflächenmodelle sowie der Führung eines Archivs für historische Fernerkundungsdaten. (vgl. BEV 2019: 4) Die Überfliegungen fanden in unregelmäßigen Abständen zwischen 1968 und 2010 statt und das Bildmaterial ist großteils in schwarz-weiß (Jahre 1968 bis 1988 und 2001), teilweise in Farbe (Jahre 2004 bis 2010) und für das Jahr 1995 in Falschfarbe vorhanden (siehe Tabelle 2). Alle Bilder sind digitalisierte Analogbilder im TIF-Format. Dieses Dateiformat bietet den Vorteil, dass eingescannte Bilder in hochauflösender und nahezu verlustfreier Qualität zur Verfügung stehen. (vgl. ADOBE o.J.)

Aufnahme- datum	Uhrzeit	Farbe	Objektiv	Brennweite	Flughöhe
28.09.1968 ²	11:59 ¹	Schwarz-weiß ²	Wild Ag 187 ¹	152,07mm ¹	5925m ¹
29.04.1978 ²	12:20 ³	Schwarz-weiß ²	Wild UAg II ¹	153,24mm ¹	5180m ³
15.09.1982 ²	14:36 ¹	Schwarz-weiß ²	Wild UAg 341 ¹	152,59mm ¹	3079m ¹
16.09.1986 ²	09:38 ³	Schwarz-weiß ²	Wild 15/4 UAG ¹	152,58mm ¹	6000m ³
06.07.1987 ²	09:47 ³	Schwarz-weiß ²	Wild 15/4 UAG ¹	152,58mm ¹	5500m ³
26.07.1988 ²	10:08 ³	Schwarz-weiß ²	Wild 15/4 UAG ¹	152,58mm ¹	6500m ³
09.07.1995 ²	10:47 ³	Falschfarbe ²	Wild 21 NAG II A-F ¹	214,76mm ¹	4500m ³
31.07.2001 ²	10:52 ¹	Schwarz-weiß ²	Wild 15/4 UAG ³	152,70mm ³	6400m ³
10.09.2004 ²	10:58 ¹	Farbpositiv ²	Wild 30/4 NAT-S ³	303,64mm ³	6400m ³
08.09.2005 ²	10:38 ¹	Farbpositiv ²	Wild 30/4 NAT-S ¹	303,64mm ¹	6300m ³
09.07.2010 ²	07:46 ¹	Farbpositiv ²	Wild 30/4 NAT-S ¹	303,64mm ¹	6500m ³

Tabelle 2: Luftbilder aus dem Archiv des BEV. (Datenquellen: ¹Luftbilder, ²Lieferschein des BEV, ³Emailkorrespondenz mit dem BEV)

Die Informationen über die unterschiedlichen Bilder stammen zu einem großen Teil von den Luftbildern selbst sowie dem Lieferschein des BEV. Da über diese Wege nicht alle relevanten Informationen gefunden werden konnten, stammt ein weiterer Teil aus einer Emailkorrespondenz mit dem BEV.

4.3 Vorgehensweise der Untersuchung

Für die Analyse von (analogen) Luftbildern bietet sich eine photogrammetrische Untersuchung an, da mit dieser Methode die durch die Zentralprojektion entstehenden Ungenauigkeiten

deutlich verringert werden können. Da für die vorliegende Arbeit allerdings nur die Anzahl der Moor-Birken (und nicht zum Beispiel ihre Höhe) untersucht wird, wurde aus Ökonomiegründen auf diese Methode verzichtet und die Zählung stattdessen computergestützt durchgeführt. Da die einzelnen Luftbilder jeweils in unterschiedlichen Maßstäben vorhanden und auch nicht nach Norden ausgerichtet sind, wurde in einem ersten Schritt eine Georeferenzierung in ArcGIS (ESRI 2023) durchgeführt und alle Bilder wurden auf denselben Maßstab gebracht. Dadurch wurden die einzelnen Bilder vergleichbarer und für die weiterführende Analyse besser handhabbar. Weiters wurde mit Hilfe von ArcGIS (ESRI 2023) ein Gitternetz über die einzelnen Luftbilder gelegt, um das Untersuchungsgebiet in voneinander getrennte Segmente zu unterteilen. Dadurch wurde das Gebiet für die Untersuchung übersichtlicher und die Orientierung während der Zählung wurde vereinfacht.

Die Positionierung des Gitternetzes sowie die Maschenweite und die Stärke der Linien wurden dabei so gewählt, dass einerseits für die Untersuchung sinnvolle Abgrenzungen entstehen und andererseits die Wahrscheinlichkeit, dass durch das Gitternetz Bäume verdeckt werden, möglichst gering gehalten wird. Das Gitternetz hat mit vier mal sechs Feldern insgesamt 24 Felder. Aufgrund der Form des Untersuchungsgebiets im Vergleich zum Gitternetz kam es zu dem Umstand, dass die meisten Felder nicht in ihrer Gesamtheit von Moorfläche bedeckt sind. Die einzelnen Segmente innerhalb des Untersuchungsgebiets weisen somit unterschiedliche Größen auf. Weiters entwickelten sich in den Randbereichen des Moores über die Jahrzehnte hinweg immer mehr Waldflächen.

Anschließend an die Aufbereitung der Bilder wurden diese für die Zählung der Moor-Birken in DotDotGoose (ERSTS 2023) importiert. Dies ist ein frei zugängliches Programm des *American Museum of Natural History*, das gezielt entwickelt wurde, um für Forschende das Zählen einer großen Anzahl von Objekten zu erleichtern. Für jedes Segment innerhalb des Untersuchungsgebiets wurden alle erkennbaren Moor-Birken markiert, wobei jeweils unterschiedliche Farben verwendet wurden, um die Abgrenzungen der einzelnen Segmente übersichtlicher zu gestalten. Auch wenn bei der Positionierung des Gitternetzes darauf geachtet wurde, dass durch die einzelnen Linien möglichst wenig Moor-Birken überlagert wurden, konnte dies nicht vollständig verhindert werden. Jedoch waren diese Bäume aufgrund der geringen Stärke der Linien weiterhin als solche erkennbar. Bäume, die direkt unter einer Linie liegen, wurden bei vertikalen Linien dem von der Linie ausgehend linken Feld und bei horizontalen Linien dem oberen Feld zugerechnet.

Als Abgrenzung des Untersuchungsgebiets dient die offene Fläche des Moores. Somit ist das Untersuchungsgebiet deutlich kleiner als die Gesamtfläche des Moores. Der Bereich des Randwaldes wurde nicht untersucht, da eine Zählung der Moor-Birken anhand von Luftbildern hier nur bedingt möglich ist und die Anzahl der Bäume in diesem Bereich für die vorliegende Arbeit auch nicht besonders relevant ist. Die Entscheidung, wo die Grenze zwischen dem Randwald und der offenen Moorfläche gezogen wird, wurde jeweils individuell getroffen. Hauptsächlich relevant für diese Überlegungen war, wie dicht die Bäume am Rand des Moores zusammenstehen. Dadurch, dass sich der Randwald im Laufe der Zeit immer weiter in Richtung Moorzentrum ausgebreitet hat, wurde auch das Untersuchungsgebiet kleiner. Eine genauere Diskussion dieses Sachverhalts findet sich in Kapitel 6 dieser Arbeit.

Für die quantitative Auswertung der Luftbilder wurden zuerst für jeden Jahrgang alle Moor-Birken in den einzelnen Gitternetzmaschen sowie die Gesamtanzahl der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Bäume ermittelt. Danach wurde für den Vergleich der einzelnen Jahrgänge die Entwicklung der Gesamtanzahl, des prozentualen Anstiegs der Moor-Birken und des Anteils der unterschiedlichen Moor-Abschnitte (Westen, Mitte, Osten) an der Gesamtanzahl analysiert. Weiters wurden der prozentuale Anstieg der Birken in den Abschnitten des Moores sowie die Veränderungen der Baum-Anzahl in den einzelnen Gitternetzmaschen untersucht.

Da nur bis inklusive 2010 Luftbilder für diese Untersuchung vorhanden waren kam es neben der Auswertung ebendieser im Sommer und Herbst 2023 zu insgesamt drei Begehungen vor Ort (29.7.2023, 15.8.2023 und 28.10.2023), mit dem Ziel die aktuelle Anzahl der Moor-Birken im Pürgschachen-Moor zu erheben. Die erste Begehung war rein explorativer Natur und es wurden untersuchungstechnische Überlegungen angestellt, wie zum Beispiel wie und wo das Moor am besten begangen werden kann, um die Vegetation möglichst wenig zu stören. Weiters wurde das Untersuchungsgebiet anhand markanter Punkte in den Randbereichen des Moores in drei Teile unterteilt (Westen, Mitte, Osten). Die Zählung der Moor-Birken im westlichen Bereich erfolgte am 15.8.2023 und der mittlere sowie östliche Bereich wurden am 28.10.2023 gezählt. Die Ergebnisse wurden aufgrund der einfacheren Handhabung vor Ort mit einer Liste auf Papier festgehalten. Diese Vorgehensweise hatte allerdings den Nachteil, dass keine genaue Lagebestimmung der einzelnen Bäume möglich war und nur eine Gesamtanzahl für die einzelnen Moor-Bereiche vorhanden ist. Neben lebenden Bäumen wurden auch solche in einer separaten Liste festgehalten, die aufgrund ihrer äußeren Erscheinung als tot angesehen werden können.

5. Ergebnisse

Um die Ergebnisse der Zählung übersichtlicher zu gestalten, wurden die in Kapitel 4 dieser Arbeit erwähnten und durch das Gitternetz entstandenen Bereiche in Abschnitte des Untersuchungsgebiets zusammengefasst, die eine ähnliche Größe aufweisen und dadurch miteinander vergleichbar sind. Diese sind ein westlicher Abschnitt (Bereiche A1 bis A3 und B1 bis B3), ein mittlerer Abschnitt (Bereiche C1 bis C4 und D1 bis D4) und ein östlicher Abschnitt (Bereiche E1 bis E3 und F1 bis F3). Aufgrund der Form des Pürgschachen-Moors sind vier Bereiche (A4, B4, E4 und F4) nicht in der Untersuchung vertreten, da sie sich außerhalb des Untersuchungsgebiets befinden.

5.1 Die einzelnen Jahrgänge

1968

Die allermeisten Moor-Birken befinden sich im westlichen Teil des Moores. Im Zentralbereich konnten kaum Exemplare auffindig gemacht werden und auch im südlichen, nördlichen und östlichen Randbereich sind nur vereinzelte Bäume vorhanden. Insgesamt konnten für das Jahr 1968 auf dem Luftbild 352 Moor-Birken gezählt werden.

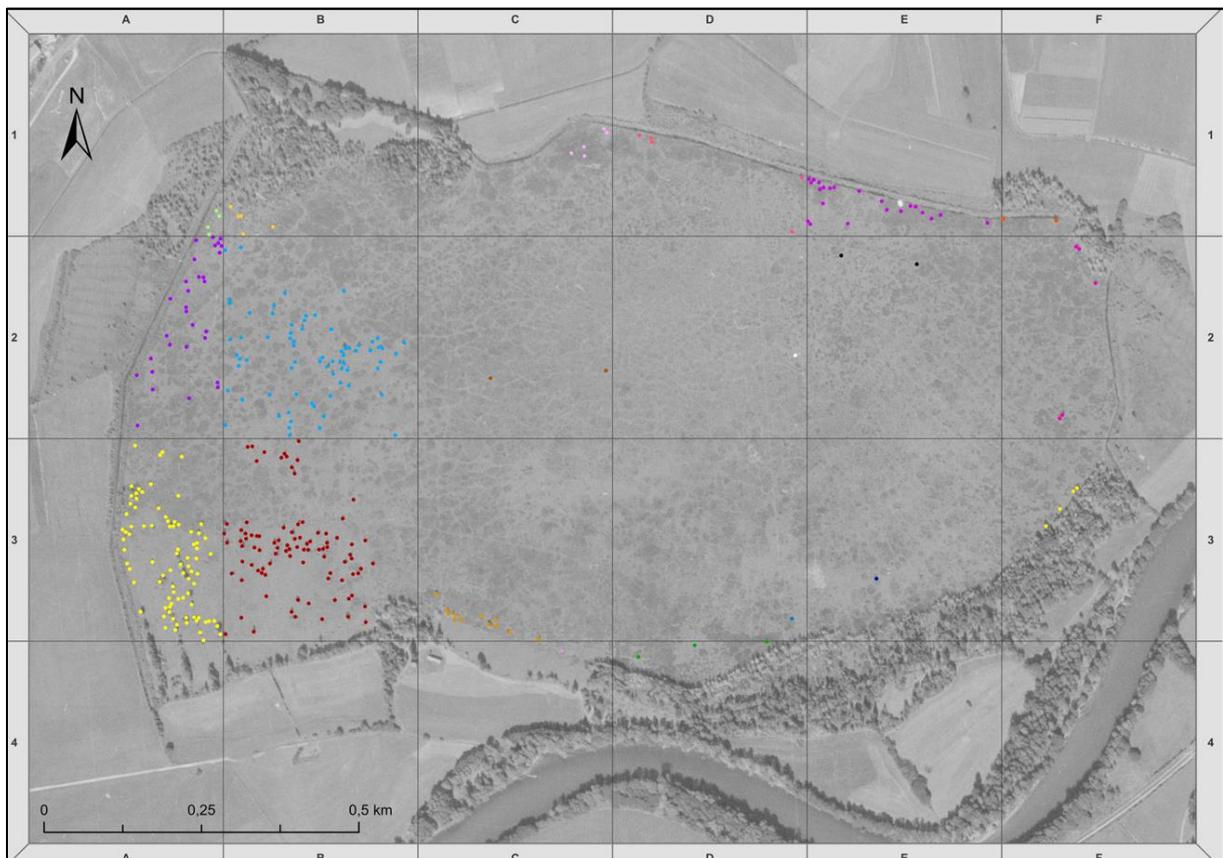


Abbildung 12: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 1968. (Quelle: BEV, ESRI 2023, ERSTS 2024; Bearbeiterin: Selma Marie Hagel)

Mit 286 Exemplaren befinden sich knapp über 80 % der gezählten Moor-Birken im westlichen Abschnitt des Moores in den Bereichen A1 bis A3 sowie B1 bis B3. Innerhalb dieses Gebiets lassen sich in der süd-westlichen Ecke sowie auf der Fläche der Bereiche A2 und B2 Ansammlungen von Bäumen erkennen. Zwischen diesen Häufungen liegt ein etwa 70 m breiter Korridor ohne Birken und auch nördlich der Häufung im Bereich B2 liegt eine größere birkenlose Fläche. Diese beiden Flächen haben gemeinsam, dass sie im Vergleich zu den umliegenden mit Moor-Birken bewachsenen Flächen eher dicht mit in dunkelgrau abgebildeten Latschen bewachsen sind. Auf dem Luftbild ist weiters zu erkennen, dass die Moor-Birken vor allem auf den hellgrau abgebildeten Flächen wachsen, die von Torfmoos-Gesellschaften geprägt sind. Im mittleren Abschnitt des Moores wurden 30 Bäume gezählt, die meisten dieser Bäume befinden sich aber am Nord- und Südrand des Untersuchungsgebietes. Am Nordrand befinden sich 10 Moor-Birken in den Bereichen C1 und D1 und am Südrand sind es in den Bereichen C3, C4, D3 und D4 insgesamt 17 Bäume. Im östlichen Abschnitt befinden sich mit 36 Exemplaren 10,23 % aller Moor-Birken. Auch hier konzentrieren sich die Bäume vor allem auf die Randbereiche. Die Teile des östlichen Abschnittes, die mehr in Richtung des Moorzentrums gelegen sind, beherbergen beinahe keine Birken.

Bereich	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Anzahl	4	5	5	5	22	2
Bereich	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Anzahl	30	71	2	1	2	5
Bereich	A3	B3	C3	D3	E3	F3
Anzahl	85	91	12	1	1	4
Bereich	A4	B4	C4	D4	E4	F4
Anzahl	/	/	1	3	/	/

Tabelle 3: Anzahl der im Luftbild von 1968 gezählten Moor-Birken.

1978

Auf dem Luftbild aus dem Jahr 1978 konnten insgesamt 435 Moor-Birken gezählt werden, wobei sich allerdings das Untersuchungsgebiet im Vergleich zu 1968 im süd-westlichen Teil des Moores deutlich verkleinert hat. In den Bereichen A2, A3 und B3 wurden Drainagegräben angelegt, auf denen sich die Moor-Birke so schnell ausgebreitet hat, dass bereits ein beginnender Randwald zu erkennen ist. Da hier die Bäume teilweise sehr dicht nebeneinander stehen und außerdem die Drainagegräben eine Identifizierung der Bäume auf dem Luftbild erschweren, wurden diese Gebiete aus dem Untersuchungsgebiet herausgenommen. Dies betrifft weiters die nord-westliche Ecke (Bereiche A1 und B1), in der sich der bereits bestehende Randwald

leicht nach Süden hin ausgebreitet hat. Auch hier wurden Drainagegräben angelegt, allerdings ohne nennenswerten Baumbewuchs.

Im nunmehr leicht verkleinerten Untersuchungsgebiet befinden sich auch weiterhin die meisten Bäume im westlichen Teil des Moores, jedoch lässt sich auf den übrigen Flächen des Moores ein teilweise sehr deutlicher Anstieg feststellen. Vor allem im Nord-Osten konnte eine im Vergleich zur Zählung des Jahres 1968 große Menge an Exemplaren auffindig gemacht werden. Das Zentrum und der süd-östliche Bereich des Moores bleiben allerdings weiterhin mit einigen wenigen Ausnahmen frei von Moor-Birken.

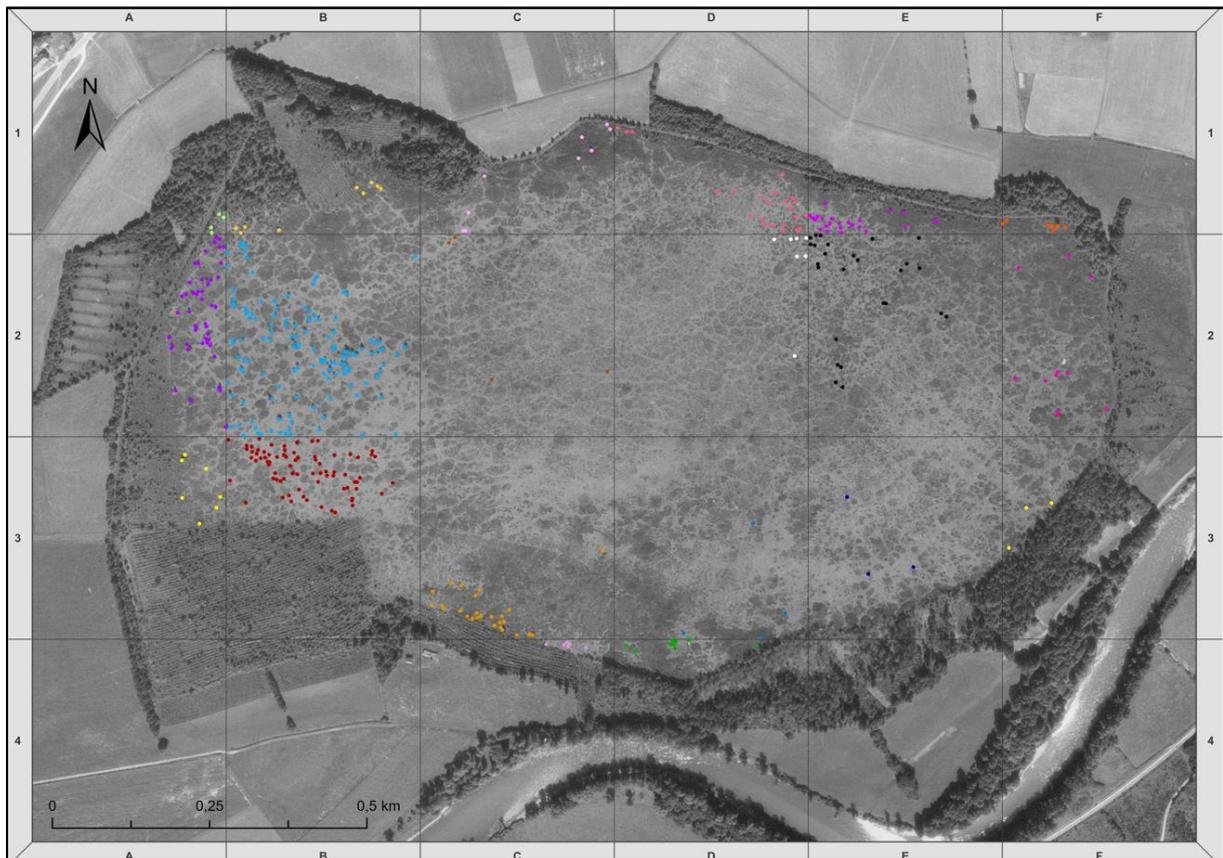


Abbildung 13: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 1978. (Quelle: BEV, ESRI 2023, ERSTS 2024; Bearbeiterin: Selma Marie Hagel)

Von den 435 gezählten Bäumen entfallen 273 auf den westlichen Abschnitt des Moores, was knapp über 62 % entspricht. Da sich das Untersuchungsgebiet in diesem Teil des Moores deutlich verkleinert hat konnten hier etwas weniger Bäume auffindig gemacht werden als 1968. Dass ein sehr großer Anteil der Bäume von 1968 im Jahr 1978 außerhalb des Untersuchungsgebietes liegt, sich die Anzahl der gezählten Moor-Birken aber nur sehr geringfügig verändert hat, veranschaulicht, dass es zu einer deutlichen Zunahme der Moor-Birken innerhalb dieser 10 Jahre gekommen ist. Auch der 1968 in den Bereichen A3 und B3 vorhandene Korridor ohne

Moor-Birken ist nicht mehr vorhanden. Weiters kam es im mittleren und östlichen Abschnitt zu einer deutlichen Ausbreitung, jedoch nicht in so einem großen Ausmaß. Der mittlere Bereich zählt 88 Birken, wobei sich auch weiterhin fast alle dieser Bäume in den Randbereichen im Norden und Süden befinden. Im Gegensatz dazu zeigt sich im östlichen Abschnitt nicht nur eine Ausbreitung in den Randbereichen, sondern die Birken konnten auch auf einigen Standorten wachsen, die weiter innerhalb des Untersuchungsgebietes liegen.

Bereich	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Anzahl	4	9	9	23	24	7
Bereich	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Anzahl	46	131	4	7	26	11
Bereich	A3	B3	C3	D3	E3	F3
Anzahl	7	76	26	4	3	3
Bereich	A4	B4	C4	D4	E4	F4
Anzahl	/	/	6	9	/	/

Tabelle 4: Anzahl der im Luftbild von 1978 gezählten Moor-Birken.

1982

Für das Jahr 1982 verkleinert sich das Untersuchungsgebiet um einen kleinen Teil am Südrand des Moores im westlichen Teil des Bereichs C3. Hier haben sich die Moorbirken innerhalb der vier Jahre seit dem letzten Luftbild so stark verdichtet, dass sie zu einem Teil des Randwaldes geworden sind. Insgesamt wurden 569 Moor-Birken auf dem Untersuchungsgebiet gezählt, wobei sich neben der von Anfang an relativ dicht mit Bäumen besiedelten Westseite immer deutlicher ein zweites Zentrum für das Birkenwachstum im Nord-Osten herausbildet. Abgesehen von der Vergrößerung des Baumbestandes lässt sich auf diesem Luftbild auch gut eine Erweiterung der Entwässerungsanlage am Nord- und Ostrand erkennen. Der dortige Randwald wurde fast zur Gänze gerodet und der sich um den Moor-Rand ziehende Graben wurde ausgeweitet. Weiters lassen die auf dem Luftbild erkennbaren Schatten des Grabens auf eine steile Geländekante schließen, die höchst wahrscheinlich der Entwässerung dienen soll.

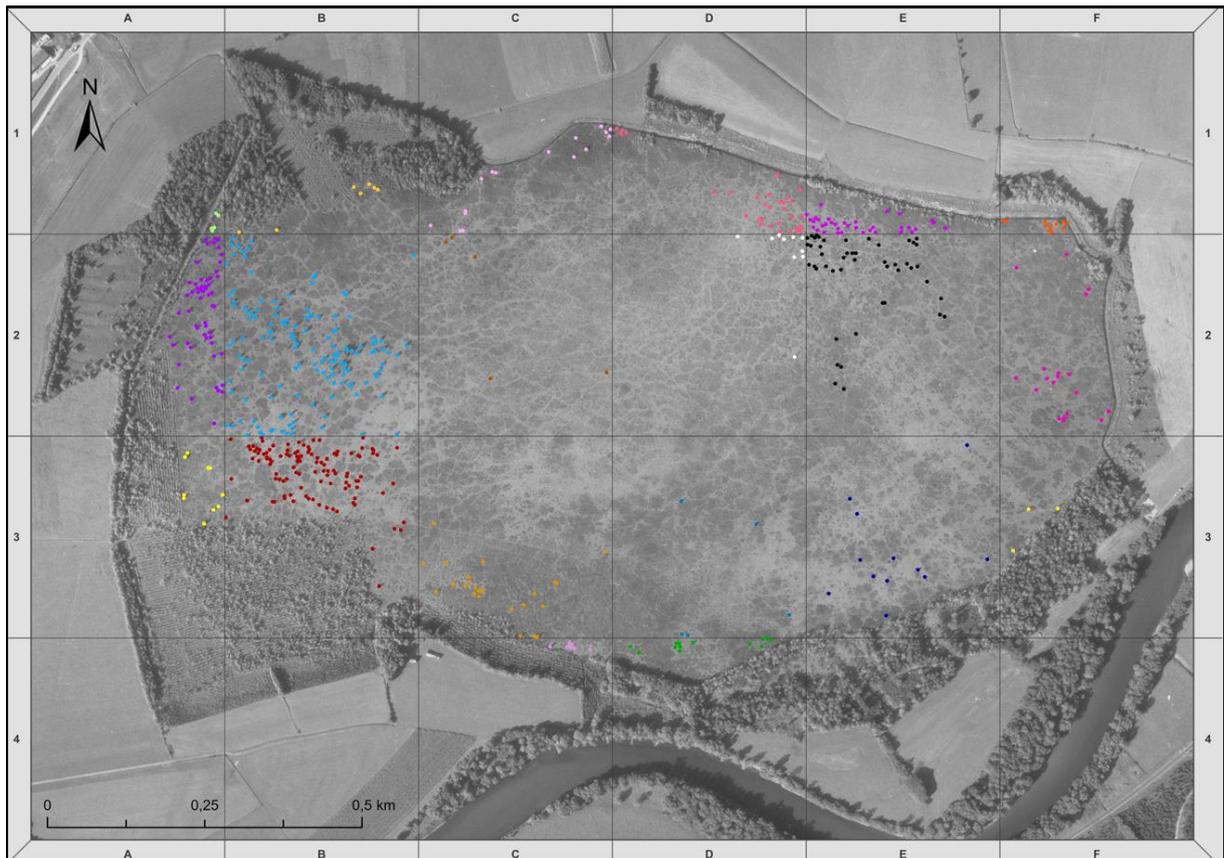


Abbildung 14: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 1982. (Quelle: BEV, ESRI 2023, ERSTS 2024; Bearbeiterin: Selma Marie Hagel)

Auch im Jahr 1982 befand sich mit 331 gezählten Exemplaren die Mehrheit aller Moor-Birken (58,17 %) im westlichen Abschnitt des Pürgschachen-Moores. Erkennbar ist auch, dass sich die Moor-Birken in diesem Gebiet eher verdichtet haben und es im Vergleich zu 1978 kaum zu einer Erweiterung des Verbreitungsgebiets gekommen ist. Anders sieht es im mittleren Abschnitt des Moores aus. An dessen Südrand lässt sich im Bereich C3 eine deutliche Ausbreitung nach Norden hin erkennen. Insgesamt konnten im mittleren Abschnitt 111 Moor-Birken gezählt werden, was nicht ganz 20 % der Gesamtanzahl der Bäume entspricht. Im östlichen Abschnitt haben sich die Moor-Birken auf den bereits bestehenden Ausbreitungsflächen im nördlichen Teil eher verdichtet, wohingegen die Ausbreitung im Süden des Abschnittes verstreuter stattfand. 127 Birken wurden in diesem Abschnitt gezählt, also nur knapp mehr als im mittleren Abschnitt.

Bereich	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Anzahl	5	7	16	31	35	11
Bereich	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Anzahl	56	142	5	10	47	19
Bereich	A3	B3	C3	D3	E3	F3
Anzahl	10	111	24	5	12	3
Bereich	A4	B4	C4	D4	E4	F4
Anzahl	/	/	7	13	/	/

Tabelle 5: Anzahl der im Luftbild von 1982 gezählten Moor-Birken.

1986

Das Luftbild von 1986 ist sehr hell, wodurch das Erkennen der Moor-Birken deutlich schwieriger ist. Trotzdem konnten im gesamten Untersuchungsgebiet 612 Moor-Birken gezählt werden. Im Vergleich zu 1982 kam es zu einer minimalen Verkleinerung des Untersuchungsgebiets im Bereich A1. In allen anderen Bereichen sind die Abgrenzungen des Untersuchungsgebiets gleich geblieben.

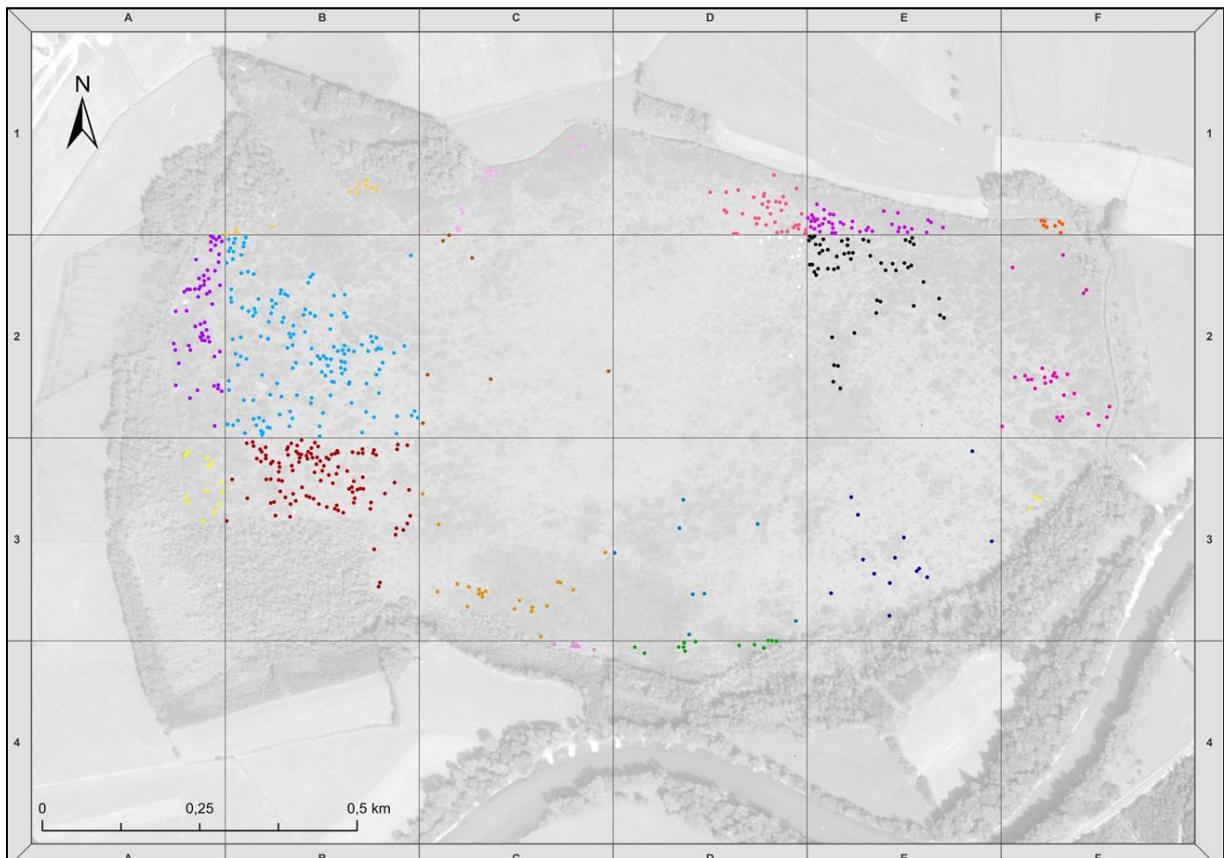


Abbildung 15: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 1986. (Quelle: BEV, ESRI 2023, ERSTS 2024; Bearbeiterin: Selma Marie Hagel)

Im westlichen Abschnitt des Moores wurden 345 Birken gezählt. Der Anteil an der Gesamtanzahl hat sich für diesen Abschnitt somit auch für das Jahr 1986 weiter verkleinert und liegt bei 56,37 %. Im mittleren Abschnitt konnten 120 Bäume gezählt werden und im östlichen waren es 147. Dies entspricht 19,61 % beziehungsweise 24,02 % der gesamten Moor-Birken im Untersuchungsgebiet.

Bereich	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Anzahl	2	11	16	37	41	8
Bereich	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Anzahl	57	149	7	11	54	27
Bereich	A3	B3	C3	D3	E3	F3
Anzahl	13	113	21	8	14	3
Bereich	A4	B4	C4	D4	E4	F4
Anzahl	/	/	7	13	/	/

Tabelle 6: Anzahl der im Luftbild von 1986 gezählten Moor-Birken.

1987

Für das Jahr 1987 lässt sich im gesamten östlichen Teil des Pürgschachen-Moores eine deutliche Ausbreitung der Moor-Birken erkennen. Während die Birken in der Anhäufung im Nord-Osten eng gruppiert stehen, zeigen sich im Rest des mittleren und östlichen Abschnittes weiterhin hauptsächlich größere Abstände zwischen den einzelnen Bäumen. Insgesamt wurden 662 Moor-Birken gezählt, das Untersuchungsgebiet hat sich im Vergleich zum Vorjahr nicht verändert.

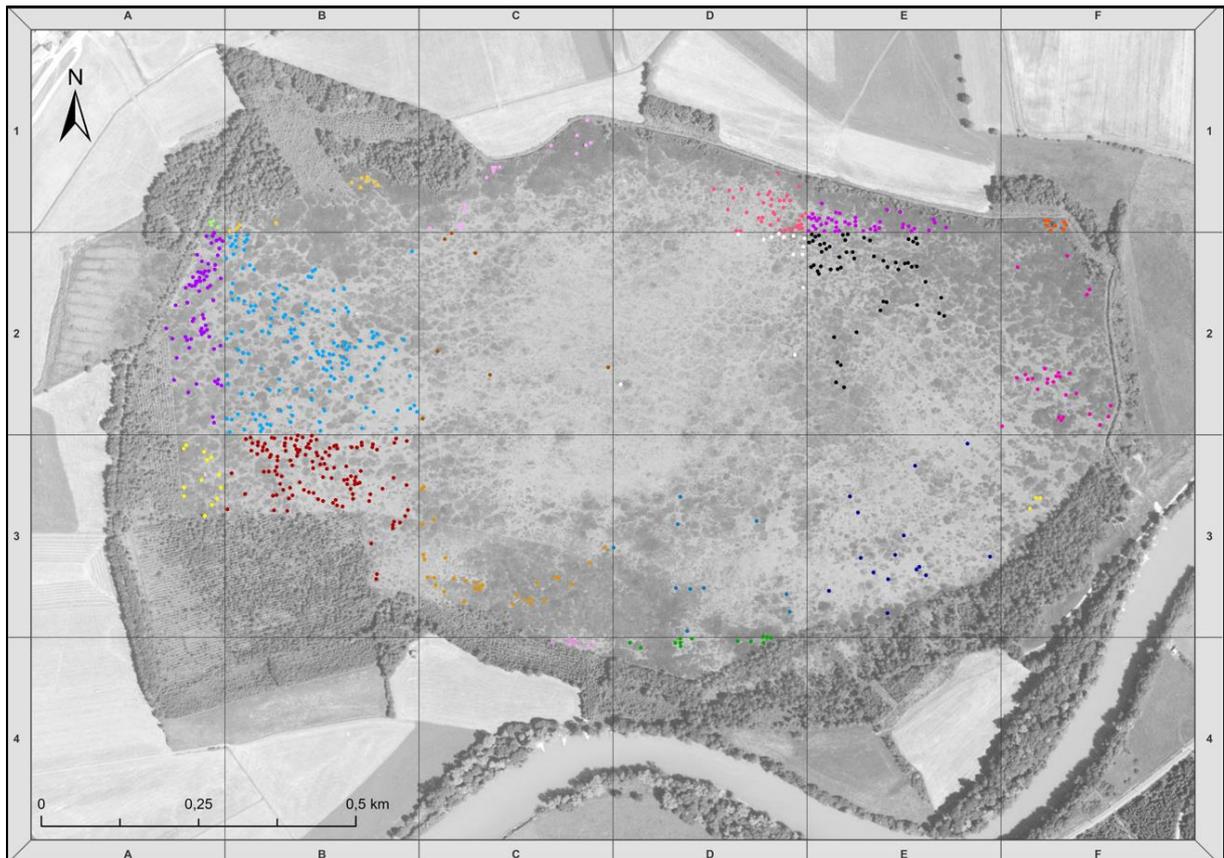


Abbildung 16: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 1987. (Quelle: BEV, ESRI 2023, ERSTS 2024; Bearbeiterin: Selma Marie Hagel)

Im westlichen Abschnitt wurden 373 Moor-Birken gezählt, was 56,34 % der Gesamtanzahl ausmacht. Im mittleren Abschnitt waren es 139 Bäume beziehungsweise 21 % aller im Untersuchungsgebiet gezählten Birken. Im Bereich C3 ist entlang des südlichen Randbereichs die Bildung eines kleinen Birken-Gürtels weiter vorangeschritten. Während 1982 und 1986 zwar schon viele dieser Bäume vorhanden waren, zeigt sich erst mit dem Jahr 1987 die markant kurvenförmig Ausbreitungsstruktur. Im östlichen Abschnitt kam es im Vergleich zum Luftbild von 1986 zu keinen nennenswerten Veränderungen. Hier konnten 150 Moor-Birken gezählt werden, was 22,66 % der Gesamtanzahl entspricht. Somit wurden im mittleren und östlichen Abschnitt beinahe gleich viele Birken gefunden.

Bereich	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Anzahl	4	11	17	40	43	8
Bereich	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Anzahl	67	156	7	13	54	27
Bereich	A3	B3	C3	D3	E3	F3
Anzahl	13	122	31	10	15	3
Bereich	A4	B4	C4	D4	E4	F4
Anzahl	/	/	8	13	/	/

Tabelle 7: Anzahl der im Luftbild von 1987 gezählten Moor-Birken.

1988

Auf dem Luftbild aus dem Jahr 1988 konnten insgesamt 692 Moor-Birken ausfindig gemacht werden. Da zwischen dem letzten und diesem Luftbild wieder nur ein Jahr liegt hat sich das Untersuchungsgebiet nicht verändert. Aufgrund dieses geringen Zeitunterschieds zeigen sich auch sonst nur sehr geringe Veränderungen im Bestand der Moor-Birke.

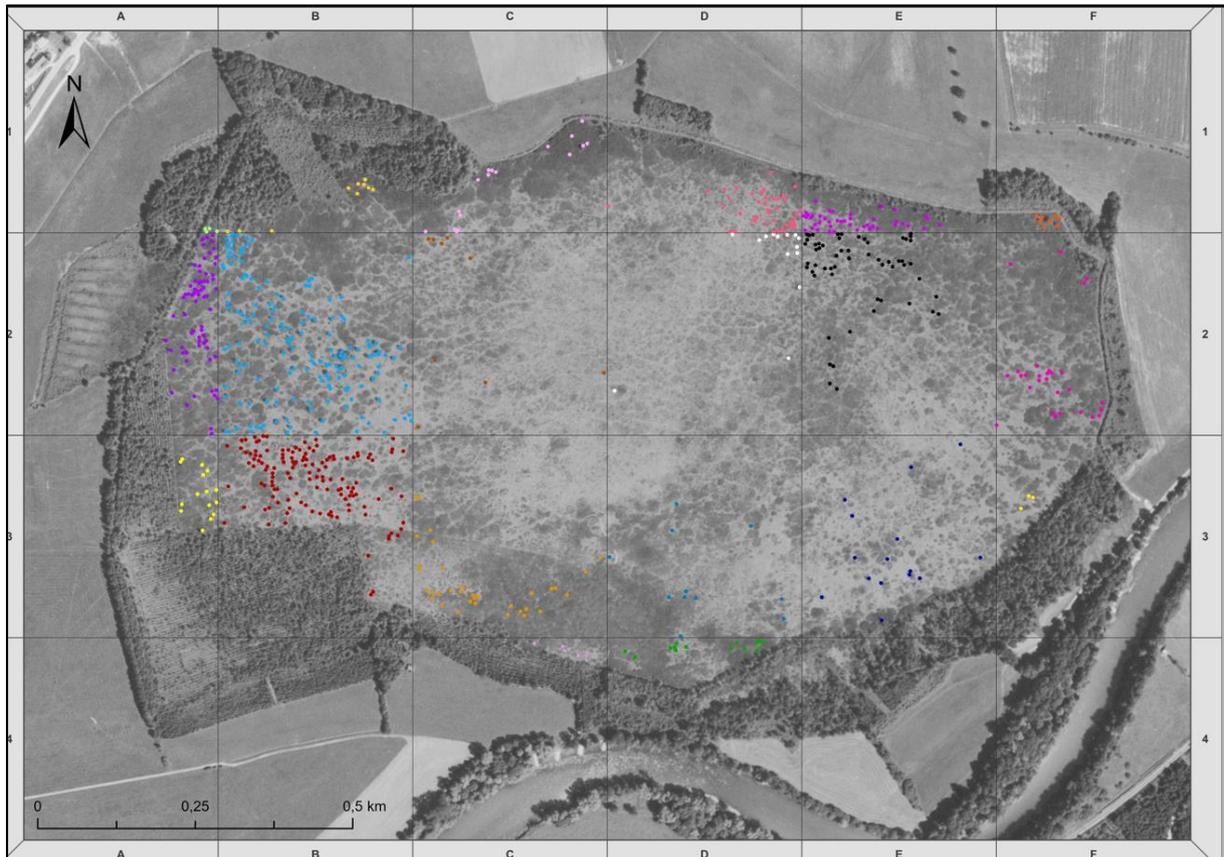


Abbildung 17: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 1988. (Quelle: BEV, ESRI 2023, ERSTS 2024; Bearbeiterin: Selma Marie Hagel)

Im westlichen Abschnitt des Untersuchungsgebiets wurden 393 Bäume gezählt, im mittleren waren es 145 und im östlichen Abschnitt konnten 154 Birken gezählt werden. Anteilhaft betrachtet ergeben sich also 56,79 % für den westlichen Abschnitt, im mittleren Abschnitt wurden 20,95 % aller Moor-Birken gefunden und im östlichen waren es 22,25 %. Im Vergleich zu 1987 sind die Anteile somit beinahe gleich geblieben.

Bereich	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Anzahl	4	10	17	41	43	8
Bereich	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Anzahl	68	163	9	14	57	28
Bereich	A3	B3	C3	D3	E3	F3
Anzahl	15	133	34	11	15	3
Bereich	A4	B4	C4	D4	E4	F4
Anzahl	/	/	5	14	/	/

Tabelle 8: Anzahl der im Luftbild von 1988 gezählten Moor-Birken.

1995

Das Luftbild von 1995 ist das einzige in dieser Arbeit verwendete Luftbild, das in Falschfarbe vorhanden ist. Im Vergleich zum Jahr 1988 hat sich das Untersuchungsgebiet nur sehr geringfügig verändert. In der Mitte des Bereichs E1 wurden zwei Bäume, die zuvor als Moor-Birken gezählt wurden, zum Randwald gerechnet. Auch im Bereich C3 hat sich der südliche Randwald leicht nach Norden hin erweitert. Außerhalb des Untersuchungsgebiets ist im Bereich F2 erkennbar, dass die Bäume des 1988 noch vorhandenen lichten Randwaldes gerodet wurden und nur noch sehr niedrige Vegetation vorhanden ist.

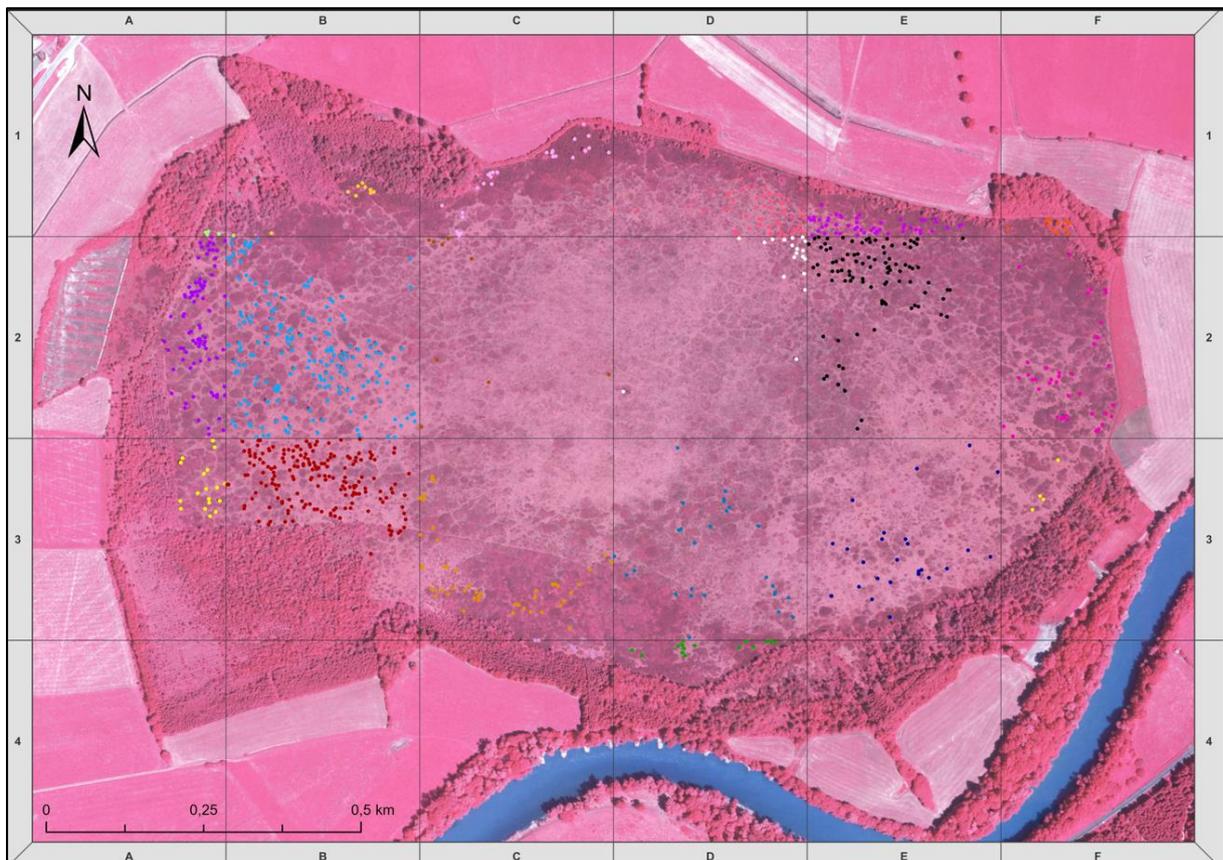


Abbildung 18: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 1995. (Quelle: BEV, ESRI 2023, ERSTS 2024; Bearbeiterin: Selma Marie Hagel)

Insgesamt konnten im Untersuchungsgebiet 915 Moor-Birken gezählt werden. Während die von Birken besiedelte Fläche im Westen des Pürgschachen-Moores gleich blieb und es weiterhin vorrangig zu einer Verdichtung der Bäume innerhalb dieser Ausbreitungsfläche kam, lässt sich auf dem Rest der Moorfläche beobachten, dass die Moor-Birke sich auch flächenmäßig ausgebreitet hat. Vorrangig zeigt sich dieses Ausbreitungsmuster im Süden und Nord-Osten, wo die Moor-Birke im Vergleich zu 1988 deutlich weiter in Richtung Moorzentrum gewandert ist. Für den westlichen Abschnitt des Moores konnten 478 Birken gezählt werden, für den mittleren waren es 211 und im östlichen Abschnitt konnten 226 Exemplare ausfindig gemacht werden. Dies entspricht 52,24 %, 23,06 % beziehungsweise 24,7 % der Gesamtanzahl. Der Bereich E2 sticht mit einer Anzahl von 94 Moor-Birken besonders hervor, da es sich hierbei um eine sehr starke Vermehrung im Vergleich zu 1988 handelt.

Bereich	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Anzahl	4	10	27	58	51	11
Bereich	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Anzahl	82	187	9	19	94	41
Bereich	A3	B3	C3	D3	E3	F3
Anzahl	18	177	48	27	25	4
Bereich	A4	B4	C4	D4	E4	F4
Anzahl	/	/	8	15	/	/

Tabelle 9: Anzahl der im Luftbild von 1995 gezählten Moor-Birken.

2001

Auch im Luftbild aus dem Jahr 2001 kam es zu einer geringfügigen Verkleinerung des Untersuchungsgebiets. Im Bereich B1 zeigt sich, dass sich der Randwald direkt östlich neben den ehemaligen Drainagegräben nach Süden hin ausgebreitet hat, wodurch drei im Luftbild von 1995 gezählten Moor-Birken mittlerweile außerhalb des Untersuchungsgebiets stehen und somit in der Zählung nicht mehr berücksichtigt werden konnten. Weiters ist in den Bereichen C3 und C4 gut die in Kapitel 3 dieser Arbeit erwähnte und im Zuge des LIFE-Projekts Ende der 1990er Jahre durchgeführte Rodung der Fichtenmonokultur im Randbereich des Moores erkennbar. Insgesamt wurden im Untersuchungsgebiet 1048 Moor-Birken gezählt. Allerdings ist die Qualität des Luftbildes von 2001 deutlich geringer als bei den meisten anderen Jahrgängen. Daher ist es möglich (wenn nicht sogar wahrscheinlich), dass einige Bäume, die real im Moor vorhanden waren, auf dem Luftbild nicht als solche erkannt werden konnten.

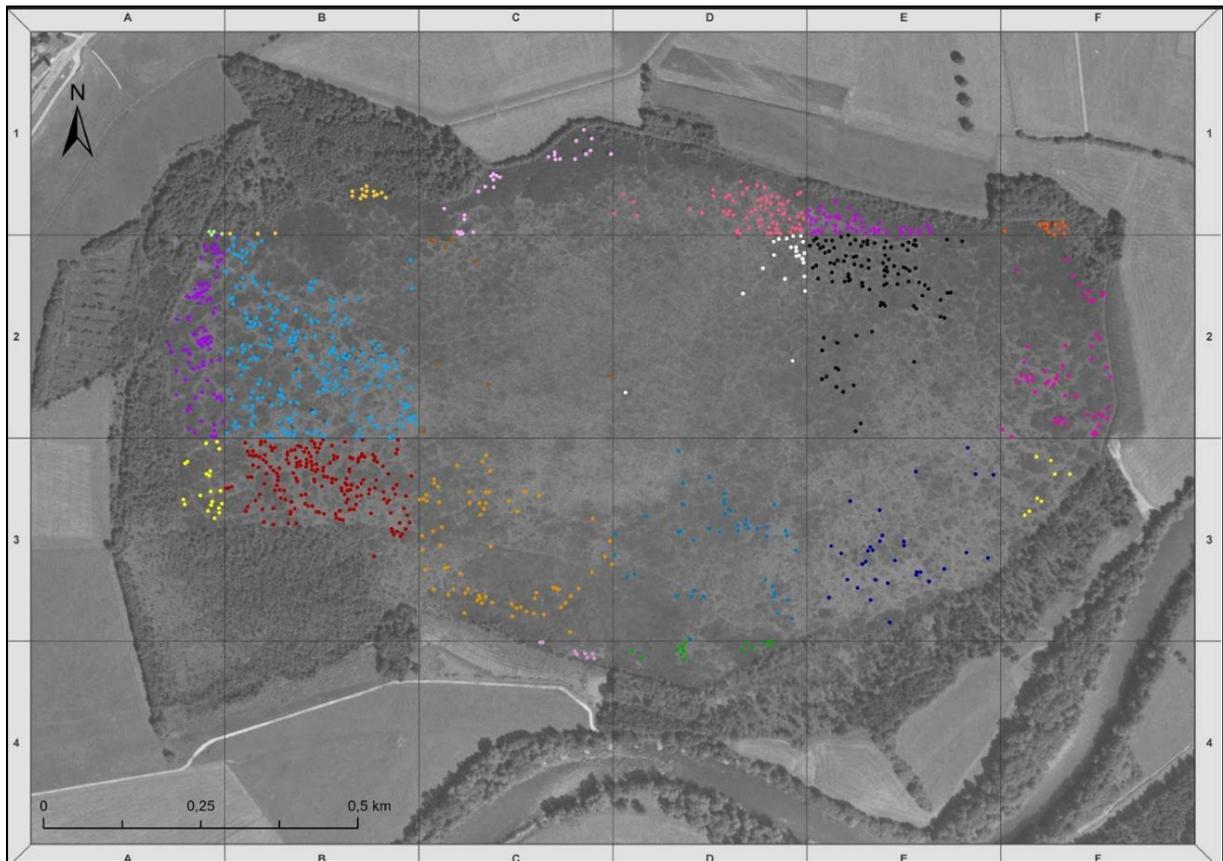


Abbildung 19: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 2001. (Quelle: BEV, ESRI 2023, ERSTS 2024; Bearbeiterin: Selma Marie Hagel)

Im westlichen Abschnitt wurden 533 Moor-Birken gezählt, wobei sich das Ausbreitungsgebiet weiterhin kaum verändert hat und es hauptsächlich zu einer weiter voranschreitenden Verdichtung des Baumbestandes gekommen ist. Im mittleren Bereich kam es vor allem südlich des baumfreien Zentralbereichs in den Bereichen C3 und D3 zu einem starken Zuwachs an Bäumen. Im Bereich C3 konnten 68 Birken gezählt werden und im Bereich D3 waren es 43. Im Vergleich dazu waren es 1995 noch 48 beziehungsweise 27 Bäume, die in den jeweiligen Bereichen gefunden wurden. Insgesamt zählt der mittlere Abschnitt 258 Moor-Birken. Somit befinden sich trotz der starken Anhäufung im Bereich D1 43 % der Bäume des mittleren Abschnittes in den Bereichen C3 und D3. Im östlichen Abschnitt wurden 257 Moor-Birken gezählt, womit für den mittleren und östlichen Abschnitt eine beinahe idente Anzahl an Bäumen gezählt wurden. Ein weiteres Detail, das bei diesem Luftbild hervorsteht, ist die prozentuale Verteilung der Moor-Birken. Die Hälfte der Bäume befindet sich im westlichen Abschnitt (50,86 %) und jeweils ein Viertel ist im mittleren (24,62 %) und östlichen (24,52 %) Abschnitt zu finden.

Bereich	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Anzahl	4	16	28	66	50	12
Bereich	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Anzahl	83	229	9	22	102	53
Bereich	A3	B3	C3	D3	E3	F3
Anzahl	20	181	68	43	32	8
Bereich	A4	B4	C4	D4	E4	F4
Anzahl	/	/	8	14	/	/

Tabelle 10: Anzahl der im Luftbild von 2001 gezählten Moor-Birken.

2004

Für das Jahr 2004 kam es entlang der Nordseite des Pürgschachen-Moors zu mehreren kleinen Veränderungen des Untersuchungsgebiets. Im Bereich B1 hat sich östlich der ehemaligen Drainagegräben der Randwald weiter ausgebreitet. Außerdem haben sich im Bereich C1 einige Bäume an der Grenze des Moores so weit verdichtet, dass sie nunmehr als Randwald gewertet werden. Das gleiche gilt für die Bereiche E1 und F1. Weiters lassen sich auf dem Luftbild einige Veränderungen im Randbereich des Moores erkennen. Das sind die Anlegung eines Teiches im Süden auf der Fläche der ehemaligen Fichtenkultur und des südlich gelegenen Schotterweges, sodass die gesamte Süd- und Ostseite des Moores umrundet werden kann. Auch die heute weiterhin vorhandene Aussichtsplattform am Wegrand im Bereich B3 wurde in der Zeit zwischen 2001 und 2004 gebaut.

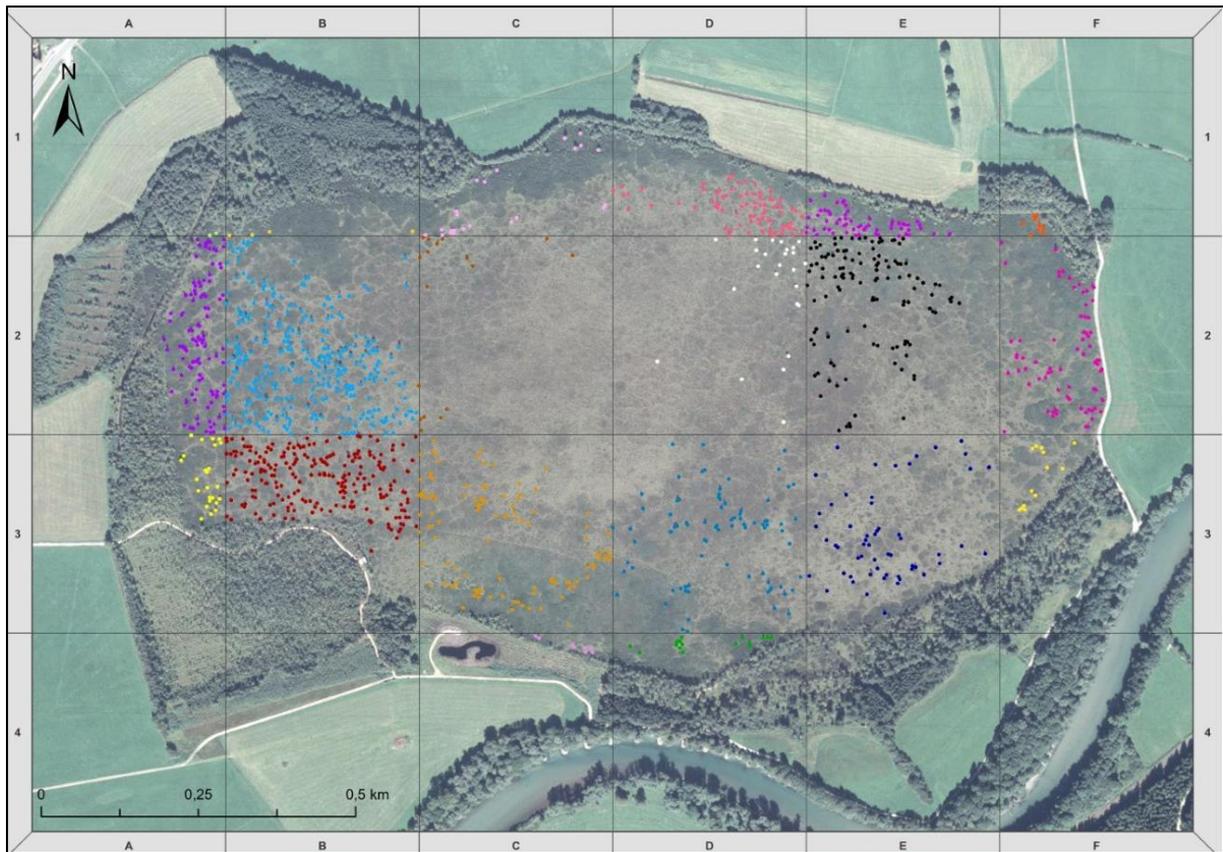


Abbildung 20: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 2004. (Quelle: BEV, ESRI 2023, ERSTS 2024; Bearbeiterin: Selma Marie Hagel)

Insgesamt konnten auf dem Luftbild 1340 Moor-Birken gezählt werden. Davon entfallen 648 auf den westlichen Abschnitt des Moores, wodurch dieser Abschnitt erstmals weniger als die Hälfte (48,36 %) aller gezählten Moor-Birken beherbergt. Im mittleren Abschnitt war der Zuwachs an Bäumen etwas größer als im östlichen. Auf dem mittleren Abschnitt konnten 362 Bäume identifiziert werden und auf dem östlichen waren es 330 Exemplare. Das entspricht 27,01 % beziehungsweise 24,63 % der Gesamtanzahl.

Bereich	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Anzahl	2	4	23	79	58	10
Bereich	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Anzahl	103	303	17	25	120	71
Bereich	A3	B3	C3	D3	E3	F3
Anzahl	24	212	112	82	58	13
Bereich	A4	B4	C4	D4	E4	F4
Anzahl	/	/	8	16	/	/

Tabelle 11: Anzahl der im Luftbild von 2004 gezählten Moor-Birken.

2005

Im Jahr 2005 kam es beinahe zu keinen Veränderungen des Untersuchungsgebiets. Einzig im Bereich B3 wurden zwei Bäume, die 2004 noch im Untersuchungsgebiet lagen, nunmehr zum Randwald gezählt. Die Gesamtanzahl der gezählten Moor-Birken liegt bei 1363. In den meisten Bereichen wurde entweder die gleiche Anzahl an Bäumen oder nur geringfügig mehr gefunden als 2004. Den größten Zuwachs verzeichnete der Bereiche D3 (sieben Bäume mehr als 2004). Alle anderen Zuwächse liegen zwischen 0 und 4 Birken.

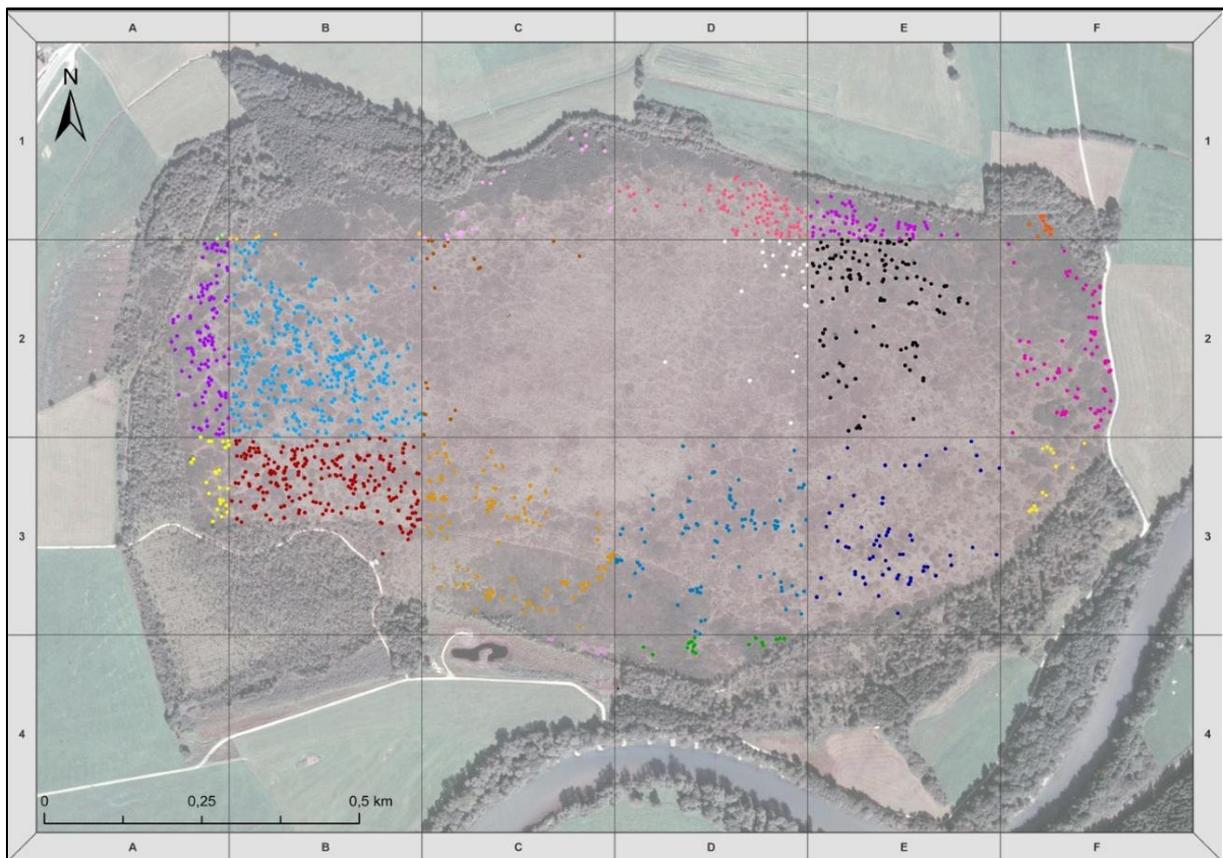


Abbildung 21: Moor-Birken im Pürschachen-Moor 2005. (Quelle: BEV, ESRI 2023, ERSTS 2024; Bearbeiterin: Selma Marie Hagel)

Im westlichen Abschnitt der Moorfläche konnten 653 Birken identifiziert werden. Somit sinkt der Anteil dieses Abschnittes an der Gesamtanzahl weiter ab und liegt bei 47,91 %, jedoch ist das Ausmaß der Absenkung nur geringfügig (-0,45 % gegenüber dem Vorjahr). Im mittleren Abschnitt wurden 373 Moor-Birken gezählt, was einem Anteil von 27,37 % entspricht. Der östliche Abschnitt beherbergt 337 auf dem Luftbild identifizierbare Bäume. Somit ergibt sich für diesem Abschnitt ein Anteil von 24,72 %.

Bereich	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Anzahl	2	6	23	79	62	10
Bereich	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Anzahl	103	306	19	25	122	71
Bereich	A3	B3	C3	D3	E3	F3
Anzahl	24	212	113	89	59	13
Bereich	A4	B4	C4	D4	E4	F4
Anzahl	/	/	8	17	/	/

Tabelle 12: Anzahl der im Luftbild von 2005 gezählten Moor-Birken.

2010

Für das Jahr 2010 kam es nicht nur durch Ausbreitungen des Randwaldes, sondern auch durch den Ausbau des Moorrundweges entlang des Nord- und Westrandes zu kleinen Veränderungen in der Größe des Untersuchungsgebiets. In der nordöstlichen Ecke der Moorfläche im Bereich E1 hat sich der Randwald weiter verdichtet, wodurch in diesem Bereich nur noch zwei Birken gezählt wurden. Der Rest der dort vorhandenen Bäume wurde dem Randwald zugeschrieben. Weiters wurde das Untersuchungsgebiet in den Bereichen A2 und C1 durch den neu gebauten Schotterweg leicht verkleinert, wodurch einige wenige Bäume nicht mehr gezählt wurden oder nicht mehr vorhanden waren, da sie für die Errichtung des Weges gefällt wurden. Auf dem gesamten Untersuchungsgebiet wurden für das Jahr 2010 1590 Moor-Birken gezählt.

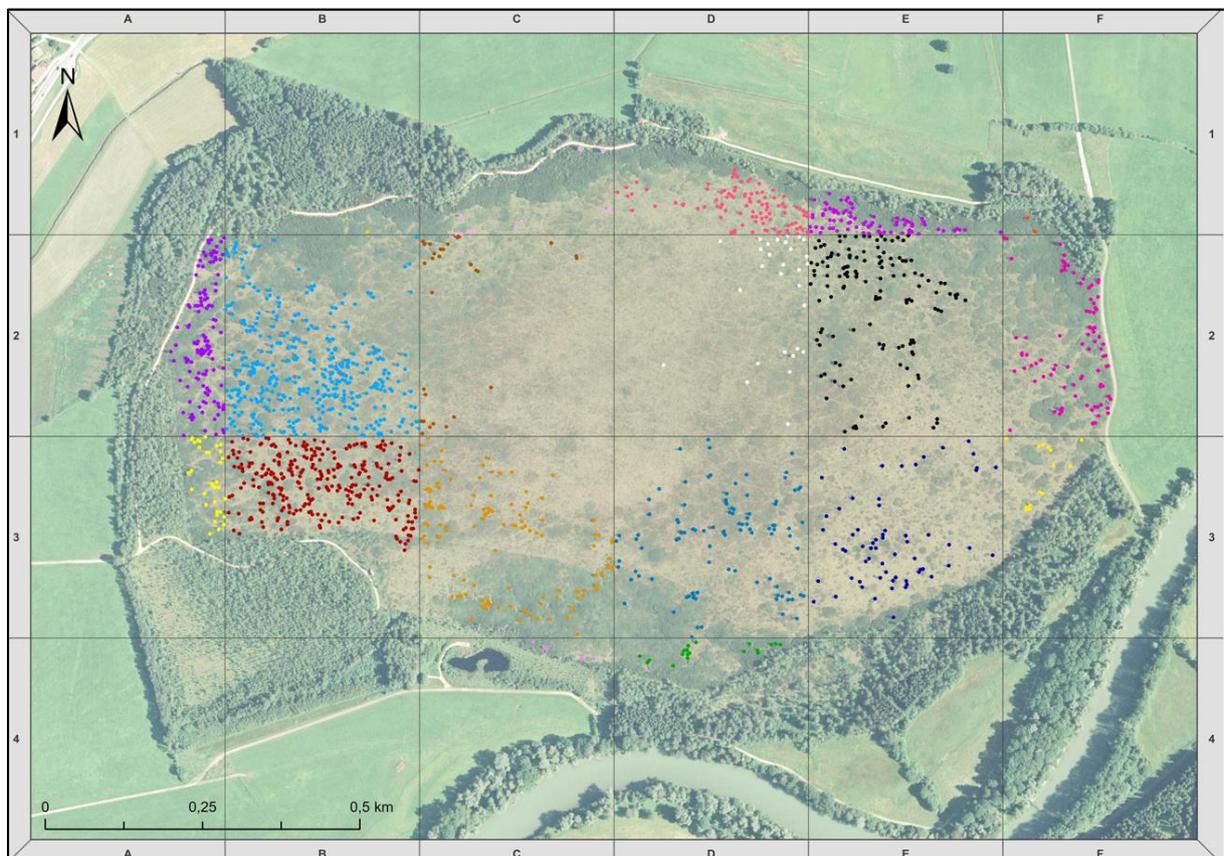


Abbildung 22: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 2010. (Quelle: BEV, ESRI 2023, ERSTS 2024; Bearbeiterin: Selma Marie Hagel)

Die räumliche Verteilung der Birken im Moor blieb im Vergleich zu 2005 beinahe gleich. Einzig die Anzahl der Bäume auf den Ausbreitungsflächen wurde höher. Der westliche Abschnitt des Moores beherbergte im Jahr 2010 798 Bäume. Obwohl der prozentuale Anteil dieses Abschnittes in den Jahren 2004 und 2005 unter 50 % lag und somit einem seit Beginn des Untersuchungszeitraumes andauernden Trend folgte, stieg dieser Anteil für das Jahr 2010 wieder auf knapp über die Hälfte (50,19 %) an. Für den mittleren Abschnitt konnten 418 Bäume gezählt werden (26,29 %) und in den Bereichen des östlichen Abschnittes wurden 374 Moor-Birken identifiziert (23,52 %).

Bereich	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Anzahl	1	1	12	97	77	2
Bereich	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Anzahl	118	370	30	29	133	85
Bereich	A3	B3	C3	D3	E3	F3
Anzahl	34	274	126	99	63	14
Bereich	A4	B4	C4	D4	E4	F4
Anzahl	/	/	6	19	/	/

Tabelle 13: Anzahl der im Luftbild von 2010 gezählten Moor-Birken.

5.2 Moor-Birken von 1968 bis 2010

Wie in Kapitel 5.1 bereits gezeigt werden konnte, kam es (mit Ausnahme der auch weiterhin beinahe baumfreien Zentrumsfläche des Moores) in den vergangenen Jahrzehnten zu einer starken Einwanderung der Moor-Birke in das Pürgschachen-Moor. Die Anzahl der Moor-Birken hat sich dabei im Zeitraum von 1968 bis 2010 von 352 auf 1590 Bäume (und somit um den Faktor 4,5) erhöht (siehe Abbildung 23). Der Großteil dieses Anstiegs erfolgte in der zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraumes. Von 1988 bis 2010 hat sich die Anzahl der Birken auf der Freifläche des Pürgschachen-Moors um 898 Exemplare erhöht, in den zwei Jahrzehnten davor allerdings nur um 340.

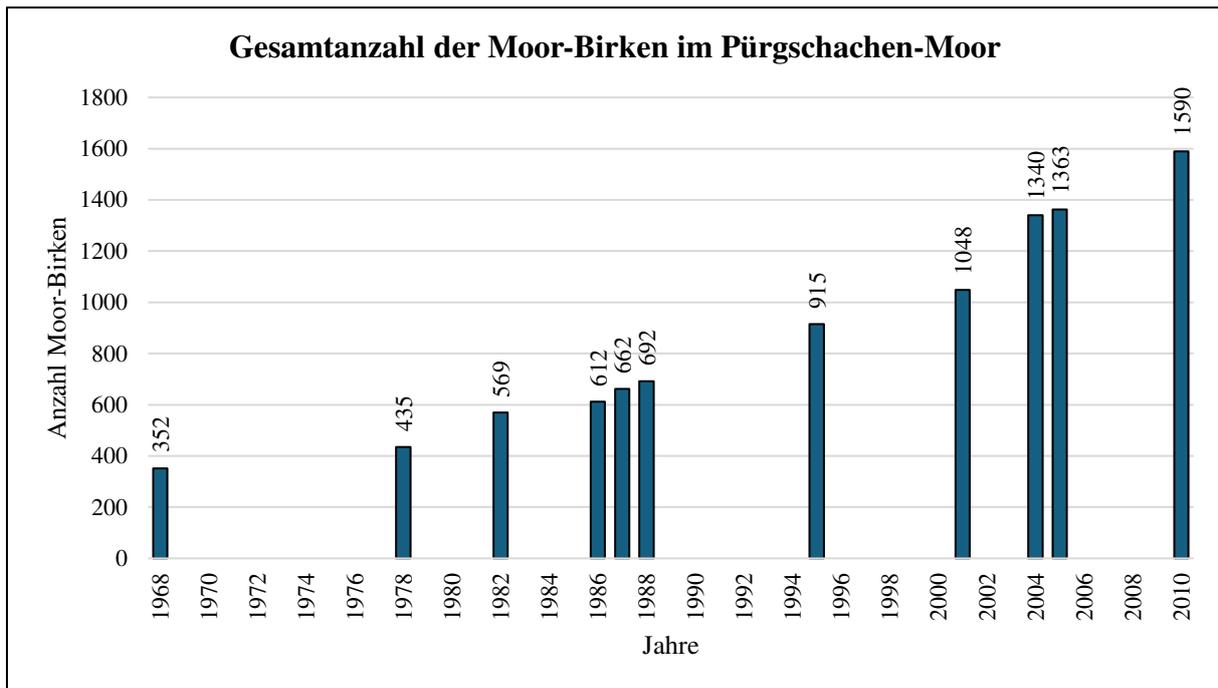


Abbildung 23: Gesamtanzahl der Moor-Birken im Pürgschachen-Moor von 1968 bis 2010.

Prozentual betrachtet zeigt sich eine wellenförmige Ausbreitung der Moor-Birke im Untersuchungsgebiet (siehe Abbildung 24). In der ersten Phase der Ausbreitung (1968 bis 1978) war der durchschnittliche jährliche Anstieg eher gering und lag bei 2,14 %. Danach kam es von 1978 bis 1982 mit jährlich 6,94 % zur stärksten Ausbreitungsphase im Untersuchungszeitraum. Anschließend kann eine starke Abflachung beobachtet werden. Von 1982 bis 1988 lag der durchschnittliche jährliche Zuwachs nur noch bei 3,32 %. Von 1988 bis 2004 kam es zu einer längeren Phase, in der der jährliche Anstieg relativ konstant bei knapp über 4 % lag, wobei das Wachstum in der Zeit von 1988 bis 1995 mit jährlich 4,07 % leicht niedriger war als von 1995 bis 2004 (4,33 %). Die Daten von 2001 wurden für diesen Teil der Untersuchung nicht beachtet, da die Bildqualität dieses Jahrgangs schlechter ist als die der übrigen Luftbilder. Es ist durchaus wahrscheinlich, dass auf diesem Luftbild einige Moor-Birken nicht korrekt identifiziert werden konnten, wodurch die statistische Aussagekraft der Daten aus 2001 eher gering ist. Ab 2004 hat sich das Wachstum der Birken deutlich reduziert und lag im Zeitraum bis 2010 bei jährlich 2,89 %.

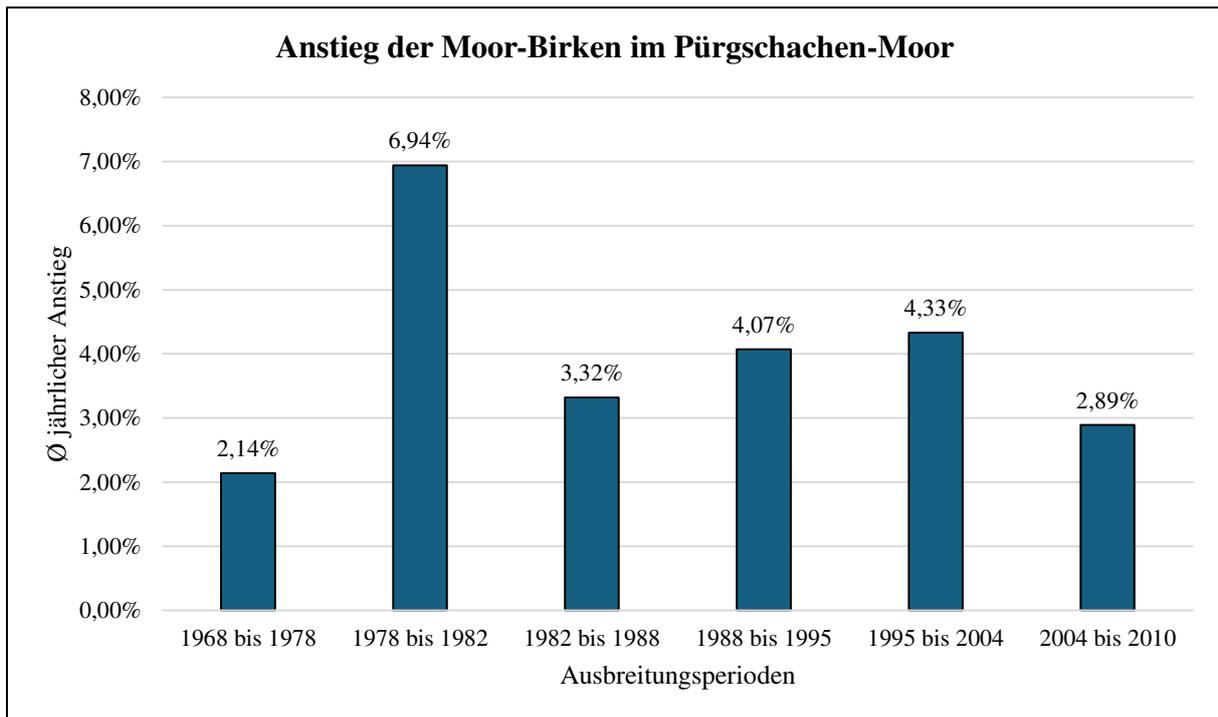


Abbildung 24: Durchschnittlicher jährlicher Anstieg der Moor-Birken im Pürgschachen-Moor.

Innerhalb des Pürgschachen-Moors haben sich die Moor-Birken im westlichen, mittleren und östlichen Abschnitt unterschiedlich ausgebreitet (siehe Abbildung 25). Grundsätzlich lässt sich auf den vorhandenen Luftbildern gut erkennen, dass die Moor-Birke von Westen aus in das Pürgschachen-Moor eingewandert ist. Allerdings kann bereits ab dem Luftbild von 1978 ein zweites Ausbreitungszentrum an der nördlichen Grenze zwischen mittlerem und östlichem Abschnitt ausfindig gemacht werden. In diesem Gebiet konzentrierte sich auch lange fast der gesamte Zuwachs an Birken im mittleren und westlichen Abschnitt. Erst ab 1995 werden auch die südlichen Bereiche dieser Abschnitte für die Birkenausbreitung wirklich relevant. Interessanterweise hat sich die Anzahl der Moor-Birken im mittleren und östlichen Abschnitt über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg beinahe gleich entwickelt (von 30 Bäumen im mittleren und 36 im östlichen Abschnitt für das Jahr 1968 bis 418 Birken im mittleren und 374 im östlichen Abschnitt für das Jahr 2010). Der kleinste Unterschied wurde dabei 2001 gezählt (258 im mittleren und 257 im östlichen Abschnitt) und die größte Differenz gab es 2010 mit den bereits erwähnten 418 bzw. 374 Moor-Birken.

Von 1968 bis 2010 hat sich die Anzahl der Moor-Birken im mittleren Abschnitt des Pürgschachen-Moors beinahe vervierzehnfacht und im östlichen Abschnitt etwas mehr als verzehnfacht. Im westlichen Abschnitt hat sich die Ausbreitung der Moor-Birke etwas gemäßiger entwickelt. Von anfangs 286 Bäumen im Jahr 1968 erhöhte sich die Anzahl in den 42 Jahren des

Untersuchungszeitraumes auf 798 im Jahr 2010, was einer Erhöhung um den Faktor 2,8 gleichkommt.

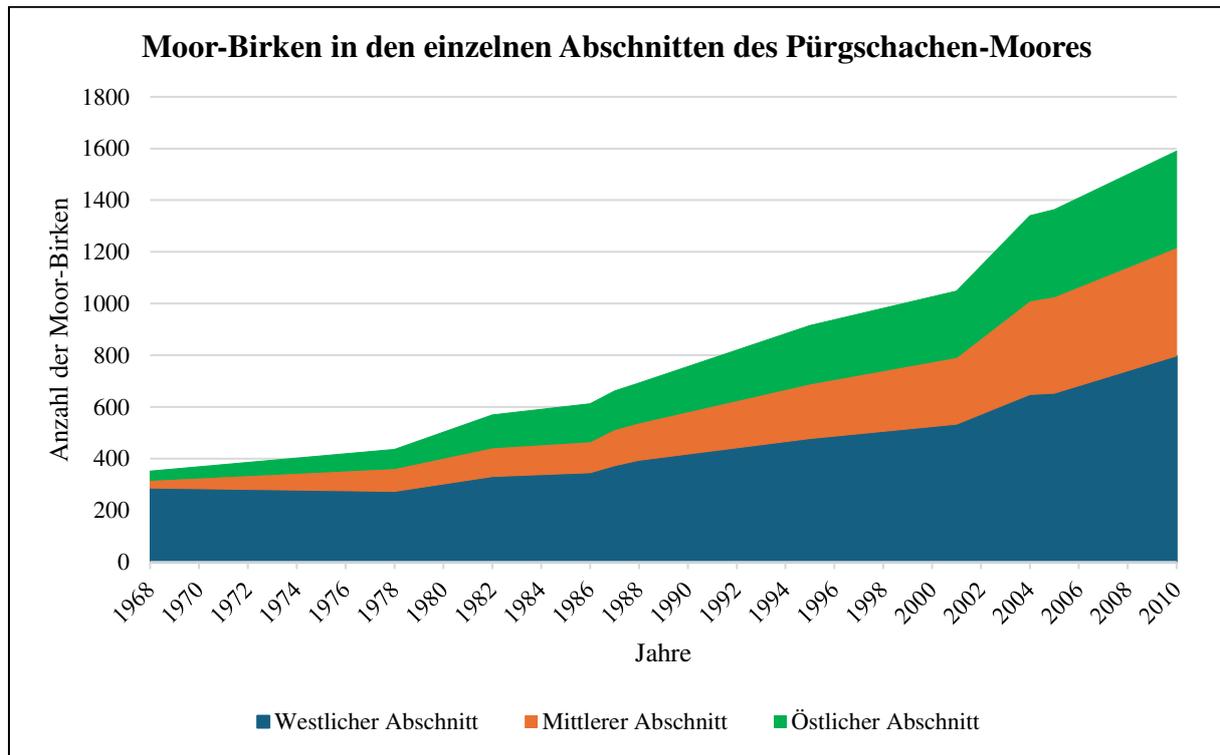


Abbildung 25: Anteilhafte Darstellung der einzelnen Moor-Abschnitte an der Gesamtanzahl der Moor-Birken im Pürgschachen-Moor.

Die unterschiedliche Entwicklung der einzelnen Abschnitte zeigt sich auch in der Größe der prozentualen Anteile an der Gesamtanzahl der Moor-Birken (siehe Abbildung 26). Während der westliche Abschnitt 1968 noch 81,3 % der gesamten Moor-Birken auf der offenen Fläche des Pürgschachen-Moors beheimatete, waren es 1978 bereits nur noch 62,8 %. Dieser Abwärtstrend setzt sich fast über den ganzen Untersuchungszeitraum fort. 2004 und 2005 befanden sich als einzige Jahrgänge mit 48,4 % bzw. 47,9 % etwas weniger als die Hälfte aller gezählten Bäume im westlichen Abschnitt. 2010 stieg der Anteil allerdings wieder leicht an und erreichte 50,2 %.

Im mittleren und östlichen Abschnitt wurden 1968 8,5 % bzw. 10,2 % der Moor-Birken gezählt. Von 1978 bis 1988 lag der Anteil dieser beiden Abschnitte beinahe immer entweder etwas über oder unter 20 %. Einzige Ausnahme ist hier 1986. In diesem Jahr erreichte der östliche Abschnitt einen Anteil von 24 %. Ab 1995 befand sich mit gewissen Schwankungen jeweils ungefähr ein Viertel aller Moor-Birken im östlichen oder mittleren Abschnitt.

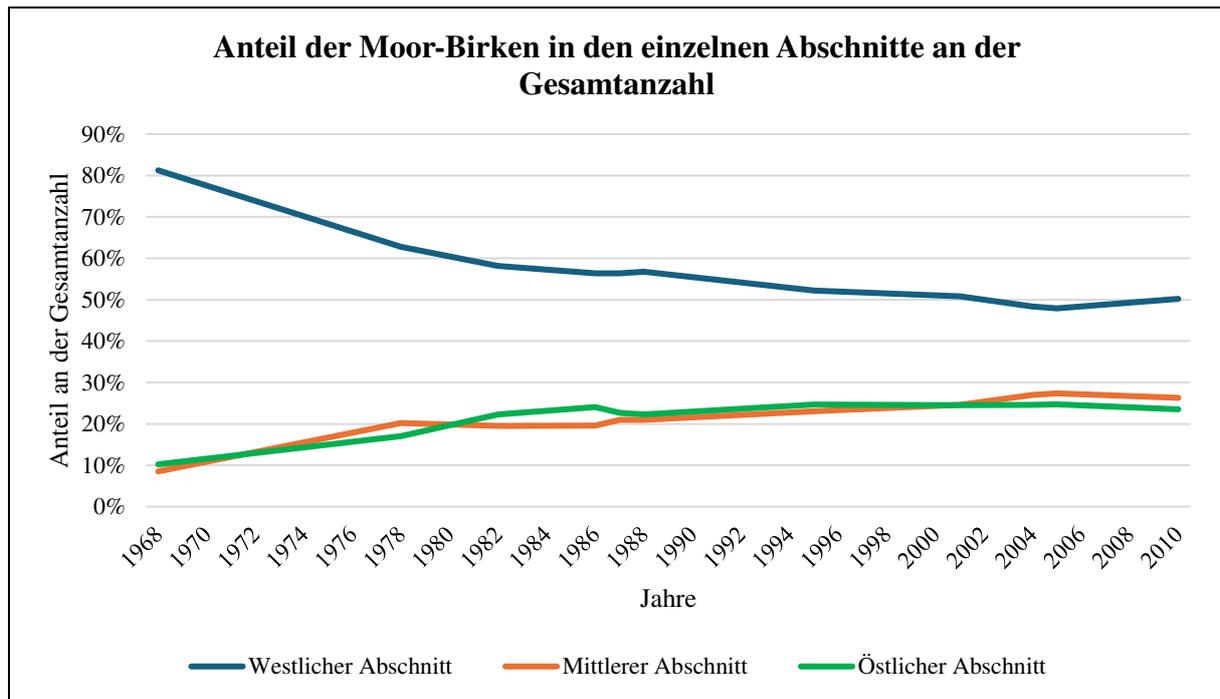


Abbildung 26: Anteil der Moor-Birken in den einzelnen Abschnitten an der Gesamtanzahl.

Auch der durchschnittliche jährliche Anstieg der Moor-Birken weist in den einzelnen Abschnitten des Pürgschachen-Moores einige Unterschiede auf (siehe Abbildung 27). Im westlichen Abschnitt ist die Wachstumsrate generell etwas niedriger als in den beiden anderen Abschnitten des Moores. Von 1968 bis 1978 liegt diese sogar im negativen Bereich bei $-0,46\%$. Dies ist allerdings dem Umstand geschuldet, dass in diesem Zeitraum ein erheblicher Anteil der Birken zu Randwald wurde. Wie im Vergleich der Luftbilder von 1968 und 1978 (Abbildung 12 sowie 13) deutlich erkennbar ist, ist es in diesem Zeitraum durchaus zu einem beträchtlichen Anstieg der Bäume im westlichen Abschnitt gekommen. Danach zeichnete sich nach einem anfangs etwas höheren Zuwachs ($4,93\%$ pro Jahr von 1978 bis 1982) bis 1995 ein deutliches Abflachen ab, wobei die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von 1982 bis 1988 $2,9\%$ und von 1988 bis 1995 $2,84\%$ beträgt. Nach 1995 stieg der Zuwachs wieder etwas an. So konnte von 1995 bis 2004 ein Anstieg von $3,44\%$ pro Jahr beobachtet werden und von 2004 bis 2010 erhöhte sich die Anzahl der Bäume im Untersuchungsgebiet um $3,53\%$ pro Jahr.

Im mittleren Abschnitt lag der jährliche Anstieg in der Zeit von 1968 bis 1978 mit $11,36\%$ vergleichsweise relativ hoch. Für den restlichen Untersuchungszeitraum lag der Anstieg der Moor-Birken deutlich niedriger. Zuerst fiel die Wachstumsrate auf jährlich $5,98\%$ für den Zeitraum von 1978 bis 1982 und dann weiter auf $4,55\%$ pro Jahr für die Jahre 1982 bis 1988. Danach steigerte sich die Ausbreitung wieder etwas und lag von 1988 bis 1995 bei $5,51\%$ und

von 1995 bis 2004 bei 6,18 % pro Jahr. Von 2004 bis 2010 kam es mit durchschnittlich 2,43 % pro Jahr zum niedrigsten Wachstum im Untersuchungszeitraum.

Der östliche Abschnitt des Moores verhielt sich im Zeitraum von 1968 bis 1982 genau umgekehrt zum mittleren Abschnitt. Von 1968 bis 1978 war das Wachstum mit 7,47 % pro Jahr deutlich niedriger als von 1978 bis 1982 (14,46 % pro Jahr). Danach folgt dieser Abschnitt einer ähnlichen Entwicklung wie der mittlere Abschnitt, wobei die Wachstumsraten meist knapp unter denen des mittleren Abschnittes liegen. Einzige Ausnahme ist hier die Zeit von 1988 bis 1995 (5,63 % und somit um 0,12 % mehr als im mittleren Abschnitt). Von 1995 bis 2004 stieg die Anzahl der Bäume im östlichen Abschnitt um durchschnittlich 4,3 % pro Jahr, von 2004 bis 2010 halbierte sich dieser Wert allerdings und lag nur noch bei 2,11 % pro Jahr.

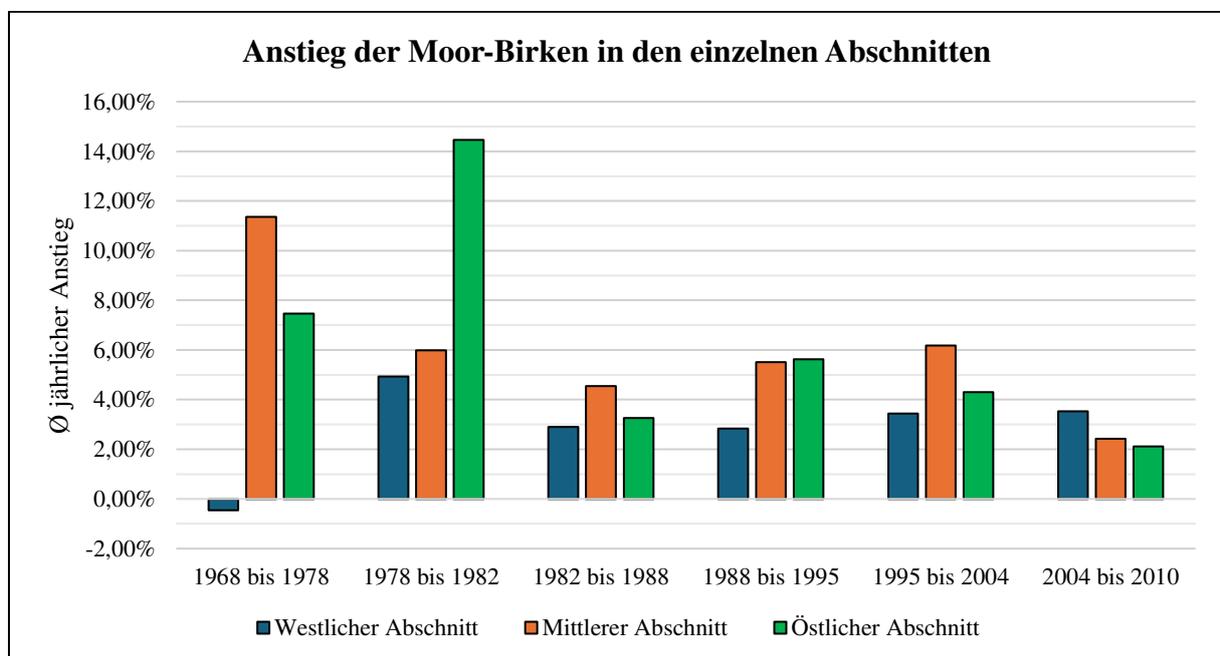


Abbildung 27: Durchschnittlicher jährlicher Anstieg der Moor-Birken in den einzelnen Abschnitten des Pürgschachen-Moores.

Die Entwicklung der einzelnen Bereiche im westlichen Abschnitt des Moores (A1 bis A3 und B1 bis B3) ist in Abbildung 28 dargestellt. Generell wird dieser Abschnitt durch ein sehr dichtes Wachstum der Moor-Birken charakterisiert. Beinahe über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg stehen die Bäume hier mit nur wenig Abstand zueinander. Dieser Umstand bildet einen starken Kontrast zum mittleren und östlichen Abschnitt, die beide eher durch einen lose verteilten Birkenbestand gekennzeichnet sind.

Der zahlenmäßig größte Anstieg im westlichen Abschnitt lässt sich im Bereich B2 finden. Hier stieg die Anzahl der Moor-Birken von 71 im Jahr 1968 auf 370 Stück im Jahr 2010. Dieser Bereich ist jedoch auch der einzige im westlichen Abschnitt, in dem sich kein Randwald

befindet. Eine ähnlich starke Ausbreitung kann in B3 beobachtet werden. In diesem Bereich stieg die Zahl der Birken von 91 im Jahr 1968 auf 274 im Jahr 2010. Die zahlenmäßige Entwicklung ist etwas schwächer als im Bereich B2, allerdings zählt bereits ab 1978 ungefähr die Hälfte des Bereichs zum Randwald. Eine ähnliche Baumdichte lässt sich auch im Bereich A2 finden. Obwohl ab 1978 nur circa ein Drittel des Bereichs zur offenen Moorfläche zählt, stieg die Anzahl der Bäume von 30 im Jahr 1968 auf 118 im Jahr 2010 an. Die Bereiche A1, A3 und B1 haben nur einen kleinen Teil ihres Gebiets auf der offenen Fläche des Moores und dieser Teil wird innerhalb des Untersuchungszeitraumes durch die Ausbreitung des Randwaldes auch etwas kleiner. Deshalb ist die Anzahl der Bäume in diesen Bereichen generell relativ gering.

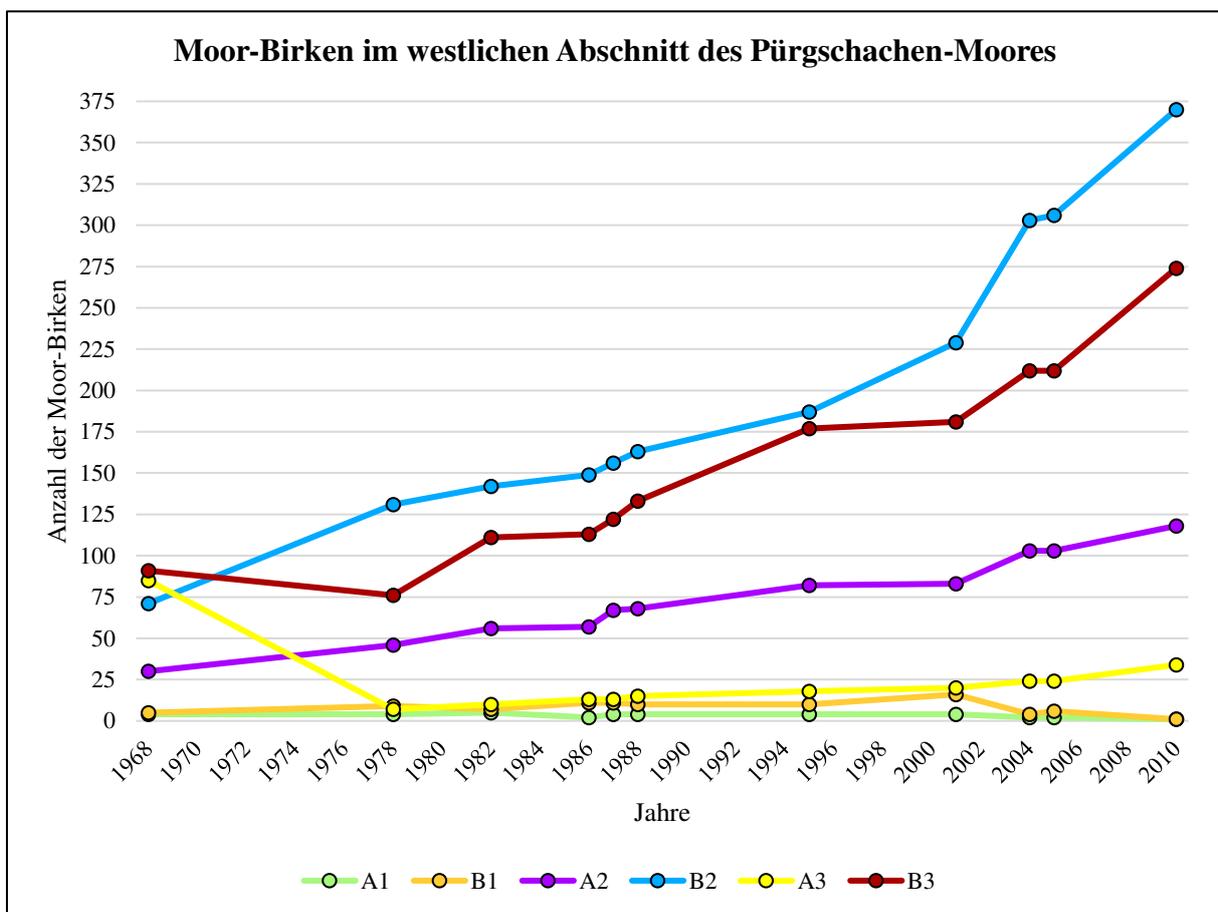


Abbildung 28: Anzahl der Moor-Birken in den Bereichen des westlichen Abschnitts im Pürgschachen-Moor.

Im mittleren Abschnitt des Moores befindet sich die stets beinahe baumfreie Zentrumsfläche des Pürgschachen-Moores. Nördlich und südlich davon kam es in den 42 Jahren des Untersuchungszeitraumes allerdings durchaus zu einem starken Anstieg der Moor-Birken. Hier sind es vor allem die Bereiche D1, D3 und C3, in denen besonders viele Birken gewachsen sind (siehe Abbildung 29). Im Bereich C3 hat sich die Anzahl der Bäume von 1968 (12 Exemplare) bis 2010 (126 Exemplare) mehr als verzehnfacht. Im Bereich D1 stieg die Anzahl der Birken im Untersuchungszeitraum von 5 auf 97 Stück. Die interessanteste Entwicklung geschah allerdings

im Bereich D3. Dieser beherbergte 1968 nur eine einzelne Moor-Birke. Zwar waren es 1988 erst 11 Birken, doch dann kam es mit jedem neuen Luftbild ungefähr zu einer Verdopplung der Moor-Birken. 1995 waren es bereits 27 Stück, 2001 waren es 43 und mit dem Luftbild aus dem Jahr 2004 verdoppelten sich die Moor-Birken innerhalb von nur drei Jahren erneut auf insgesamt 82 Stück. Ab 2004 schwächte sich der Anstieg dann aber wieder deutlich ab und für das Jahr 2010 konnten 99 Birken gezählt werden. Zu den Bereichen mit eher geringerem Birken-Wachstum zählen C2 und D2, in denen sich der Hauptteil der bereits erwähnten baumfreien Zentrumsfläche des Moores befindet. Die Bereiche C1, C4 und D4 haben jeweils nur einen eher kleinen Teil ihrer Fläche im Untersuchungsgebiet. Für den Bereich C1 kommt hinzu, dass zwischen 2001 und 2010 etliche Bäume in den Bereich des Randwaldes fallen.

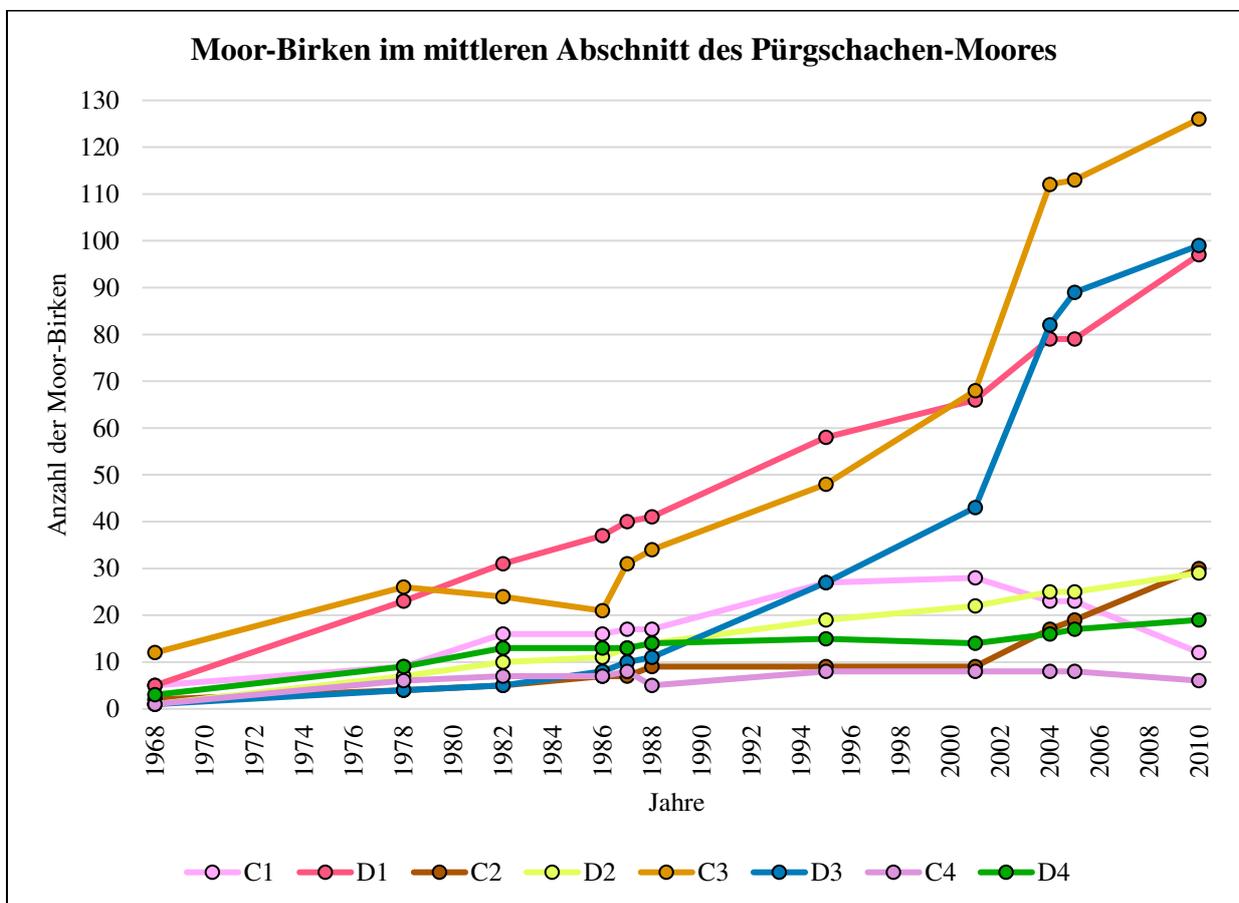


Abbildung 29: Anzahl der Moor-Birken in den Bereichen des mittleren Abschnitts im Pürgschachen-Moor.

Wie in Abbildung 30 ersichtlich, zeigt sich die Ausbreitung der Moor-Birke im östlichen Abschnitt des Moores zu Beginn des Untersuchungszeitraums vor allem im Norden in den Bereichen E1 und E2. Ab den 1980er Jahren kam es auch in den anderen Bereichen zu einer verstärkten Ausbreitung (insbesondere in den Bereichen E3 und F2). Der Bereich E2 sticht besonders hervor, da sich in diesem im Jahr 1968 nur zwei Moor-Birken befanden. Danach kam es für den ganzen Untersuchungszeitraum zu einem annähernd gleichbleibenden Anstieg und für

das Jahr 2010 konnten 133 Birken in diesem Bereich identifiziert werden. Im Bereich E1 befanden sich 1968 mit 22 Exemplaren bereits relativ viele Moor-Birken. Interessant ist hier, dass die Ausbreitung zwar von 1995 bis 2001 stagniert, sich danach aber weiter fortsetzt. Im Jahr 2010 gab es im Bereich E1 77 Moor-Birken, was eine durchaus beträchtliche Menge darstellt, da nur ein kleiner Teil dieses Bereichs auf der offenen Fläche des Moores liegt. Im Bereich F2, der etwa zur Hälfte im Untersuchungsgebiet liegt, wurden für das Jahr 1968 5 Bäume gezählt und im Jahr 2010 waren es 85. Im Bereich E3 findet sich nur im Südwesten ein kleiner Teil Randwald, der Rest des Bereichs liegt im Untersuchungsgebiet. 1968 konnte nur eine einzelne Birke in diesem Bereich entdeckt werden. Auch wenn es fortwährend zu einer Erhöhung der Anzahl an Bäumen kam, lässt sich zwischen 2001 und 2004 ein sprunghafter Anstieg erkennen. In diesem Zeitraum kletterte die Anzahl der Moor-Birken von 32 auf 58. Die Bereiche F1 und F3 liegen jeweils nur zu einem eher kleinen Teil im Untersuchungsgebiet und weisen daher stets nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl an Birken auf. Da im Bereich F1 innerhalb des Untersuchungszeitraumes die meisten neu gewachsenen Bäume im Lauf der Zeit zum Randwald gezählt wurden, konnten sowohl 1968 als auch 2010 nur zwei Bäume gezählt werden.

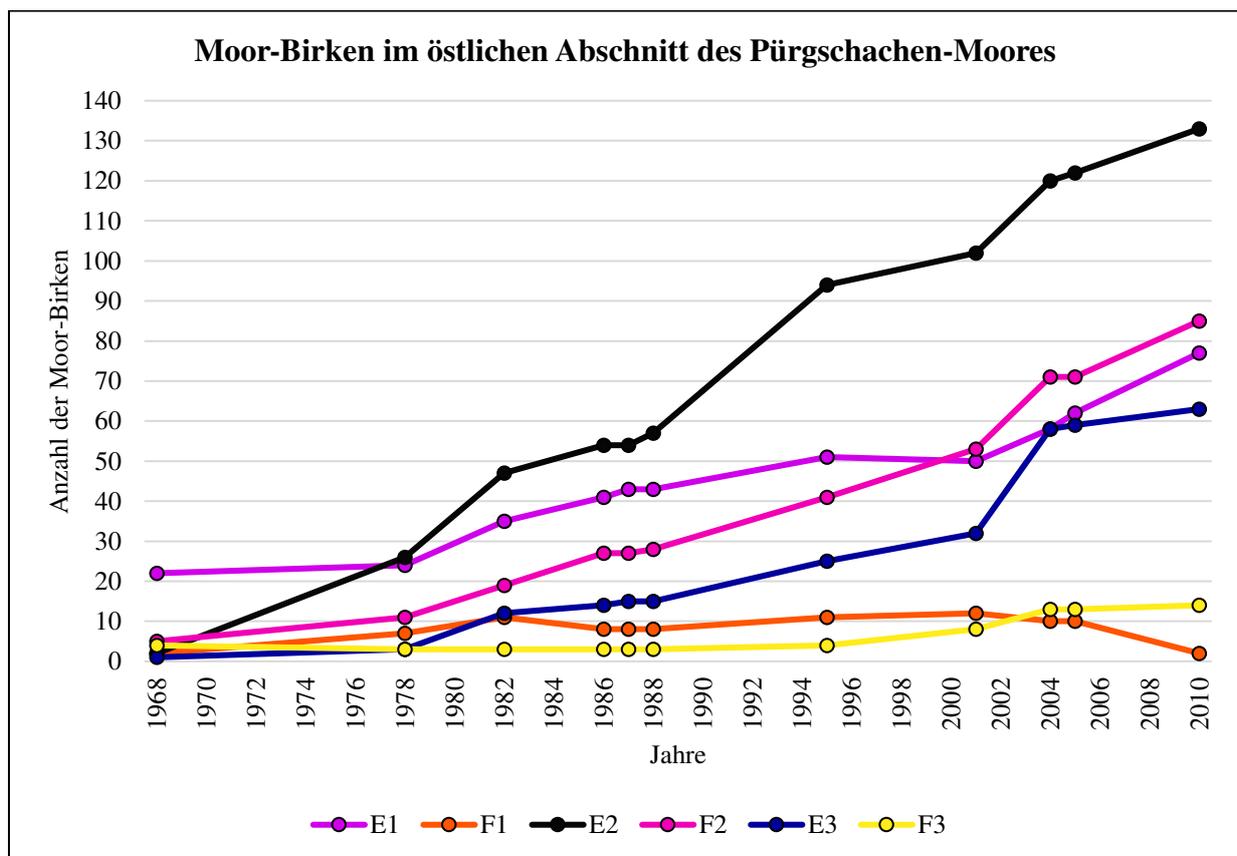


Abbildung 30: Anzahl der Moor-Birken in den Bereichen des östlichen Abschnitts im Pürgschachen-Moor.

5.3 Moor-Birke 2023

Wie bereits im Kapitel 4 erwähnt, kam es im Zuge der vorliegenden Arbeit neben der Auswertung der Luftbilder auch zu einer Zählung der Moor-Birken vor Ort. Diese wurde im August und Oktober 2023 an zwei unterschiedlichen Tagen durchgeführt und beinhaltet neben der Anzahl der Birken auch die Anzahl der im Moor gefundenen toten Bäume. Die Entscheidung einen Baum als tot zu klassifizieren, wurde aufgrund seiner äußeren Erscheinung getroffen. Ausschlaggebend hierfür war das Fehlen von Blättern, in den meisten Fällen waren aber zusätzlich auch abgebrochene und stark vertrocknete oder spröde Äste vorhanden.

Das Untersuchungsgebiet wurde angelehnt an die Luftbild-Zählung in einen westlichen, einen mittleren und einen östlichen Abschnitt unterteilt (siehe Abbildung 31). Da hierfür allerdings markante Geländepunkte genutzt wurden, die im Feld auch aus einer größeren Distanz noch erkennbar sein sollten, ergab sich eine etwas andere Einteilung der Abschnitte. Für beide Abgrenzungen wurden die südlich gelegenen Aussichtsplattformen des Moorrundwegs ausgewählt. Hierdurch wurde der westliche Abschnitt kleiner, der mittlere verschob sich nach Westen und der östliche Abschnitt wurde größer.

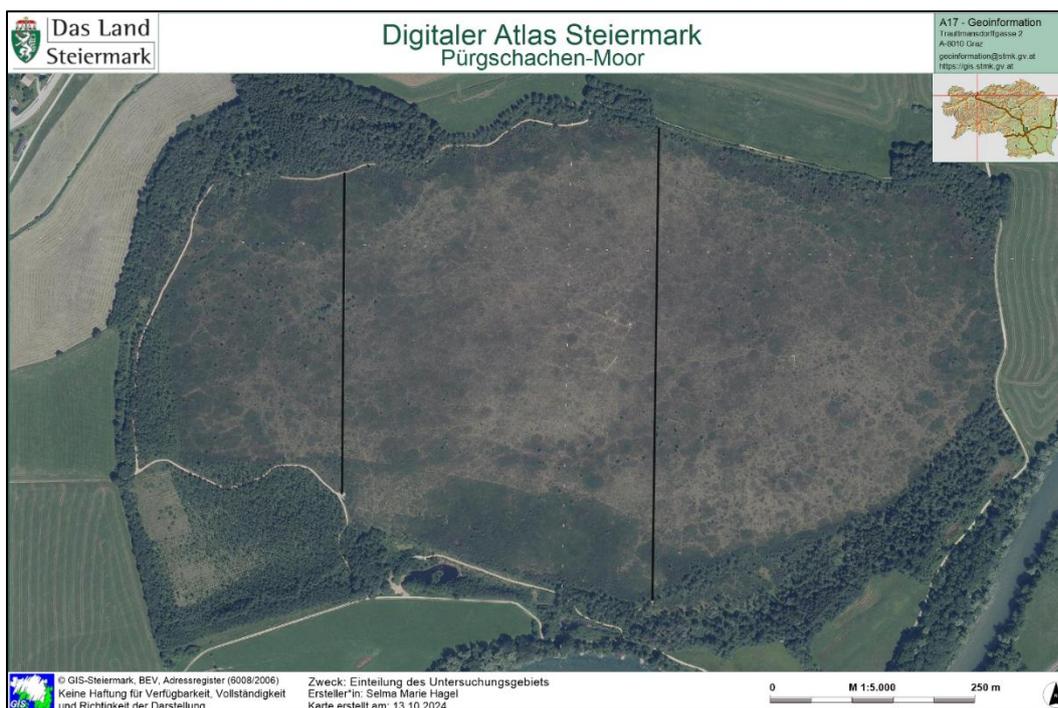


Abbildung 31: Einteilung des Untersuchungsgebiets für die Zählung vor Ort in einen westlichen, mittleren und östlichen Abschnitt. (Quelle: GIS Steiermark)

Insgesamt wurden vor Ort 1791 Moor-Birken auf der offenen Moorfläche gezählt, was einem Anstieg von 201 Bäumen gegenüber der Luftbild-Zählung von 2010 entspricht. Wie in Abbildung 32 zu erkennen ist, wurden im westlichen Abschnitt 686 lebende Moor-Birken gezählt,

im mittleren Abschnitt waren es 397 und im östlichen Abschnitt konnten 708 Birken gezählt werden. Die Anzahl der toten Moor-Birken ist mit 43 Stück im westlichen Bereich am höchsten, obwohl dieser von seiner Fläche her der kleinste Abschnitt ist. Dem gegenüber wurden im mittleren Abschnitt gerade einmal 8 tote Birken gefunden und im östlichen Abschnitt waren es 13 Exemplare. Der durchschnittliche jährliche Anstieg der Moor-Birken lag für den Zeitraum von 2010 bis 2023 bei 0,92 %.

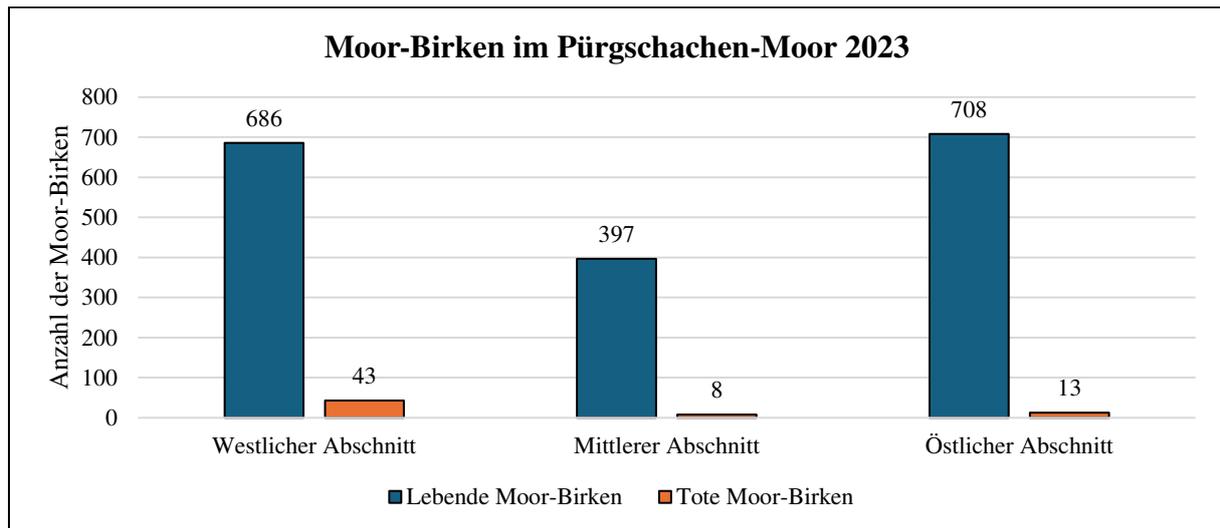


Abbildung 32: Anzahl der Moor-Birken im Pürgschachen-Moor für das Jahr 2023.

6. Diskussion der Ergebnisse

6.1 Bildqualität der Luftbilder

Eine Herausforderung bei der Auswertung der Luftbilder waren die teilweise sehr deutlichen Unterschiede in der Bildqualität (siehe Abbildung 33). Einerseits sind Luftbilder vorhanden, die eine besonders schlechte Bildqualität aufweisen, andererseits gibt es auch solche mit einer besonders guten Bildqualität. Zu den Negativbeispielen zählen vor allem die Jahrgänge 1986 und 2001. Das Luftbild aus 1986 ist sowohl ungewöhnlich hell und kontrastarm als auch weniger scharf als andere Luftbilder desselben Zeitraumes. Diese Umstände erschweren es, die Moor-Birken auf dem Bild zu erkennen, was sich auch in der Anzahl der gezählten Bäume niederschlägt. Durchschnittlich hat sich die Anzahl der Birken im Untersuchungsgebiet von 1982 bis 1988 um 20,5 Bäume pro Jahr erhöht. Von 1986 auf 1987 sind es jedoch 50 Bäume. Bedenkt man die niedrigere Bildqualität des Luftbildes von 1986 gegenüber dem von 1987 so liegt die Vermutung nahe, dass es sich hierbei nicht tatsächlich um einen besonders sprunghaften Anstieg der Moor-Birken handelt, sondern, dass etliche Bäume aufgrund der Qualität des Luftbildes nicht identifiziert werden konnten, obwohl sie eigentlich im Moor vorhanden gewesen wären.

Ähnliches gilt für das Luftbild aus dem Jahr 2001. Dieses ist auch eher unscharf und kleinere Bäume lassen sich nur sehr schwer darauf erkennen. Daher ist es wohl auch hier wahrscheinlich, dass mehrere kleine Bäume nicht als solche erkannt werden konnten. Dies würde auch erklären, wieso der Anstieg der Moor-Birken von 1995 bis 2001 ungewöhnlich gering ausfällt, jedoch von 2001 bis 2004 ein sehr großer Anstieg vorhanden ist. 1995 konnten 915 Birken gezählt werden, 2001 waren es 1048 und für das Jahr 2004 konnten 1340 Bäume auf dem Luftbild identifiziert werden. Umgerechnet liegt der durchschnittliche jährliche Anstieg der Moor-Birken somit von 1995 bis 2001 bei 22,2 Bäumen und für den Zeitraum von 2001 bis 2004 bei 97,3 Bäumen. Diese Werte entsprechen einer jährlichen Wachstumsrate von 2,29 % beziehungsweise 8,54 %. Dass eine solch sprunghafte Veränderung tatsächlich stattgefunden hat, wirkt eher unwahrscheinlich, unter anderem auch weil die Wachstumsrate von 2004 bis 2010 mit 2,89 % pro Jahr wieder deutlich geringer ist.

Den Luftbildern von 1986 und 2001 stehen die aus den Jahren 1982 und 1995 gegenüber. Diese weisen eine besonders hohe Bildqualität auf, was vermutlich dazu geführt hat, dass auf diesen Bildern auch vermehrt kleine Bäume erkannt werden konnten. Dies wiederum könnte die jeweiligen Zählungen nach oben verzerrt haben. Tatsächlich zeigt sich von 1978 bis 1982 ein ungewöhnlich hoher Anstieg der Moor-Birken. Lag dieser von 1968 bis 1978 noch bei 2,14 %

pro Jahr, so schnellte er von 1978 bis 1982 auf 6,94 %, bevor er von 1982 bis 1988 wieder auf 3,32 % absank. Interessanterweise zeigt sich allerdings für das Luftbild von 1995 keine solche Ausbreitungsspitze.

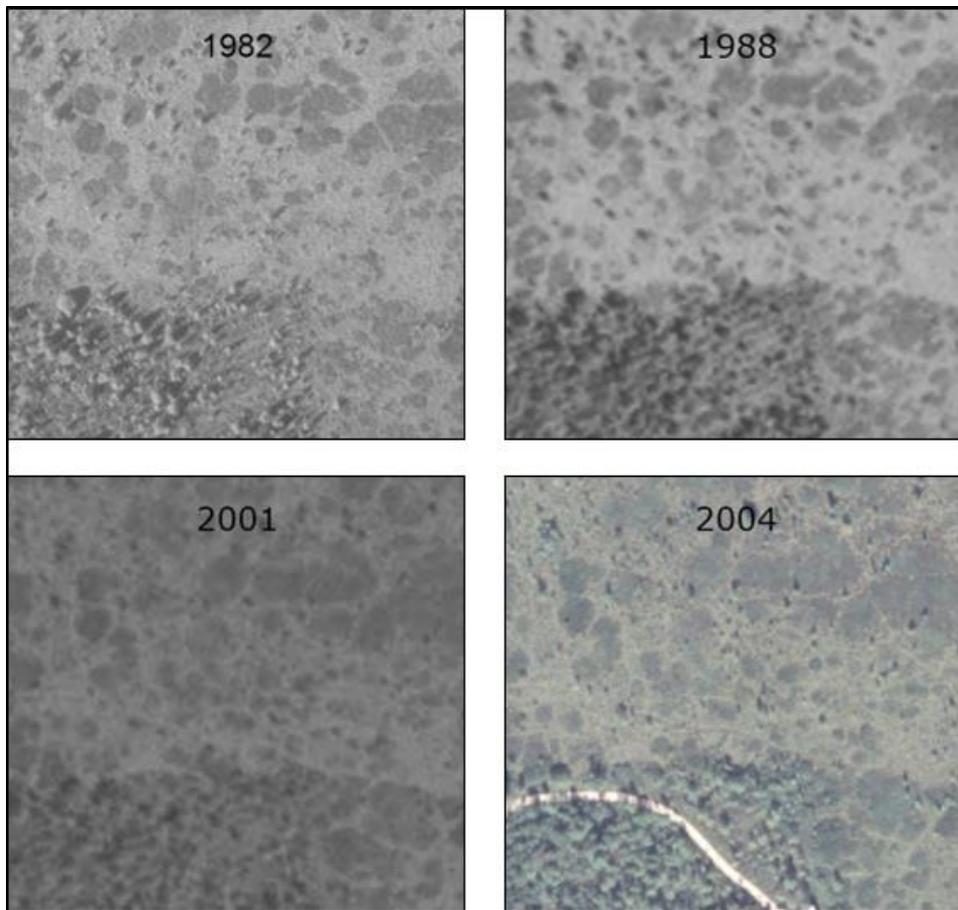


Abbildung 33: Vergleich der unterschiedlichen Bildqualität der Luftbilder (exemplarisch wurden die Jahre 1982, 1988, 2001 und 2004 ausgewählt).

6.2 Veränderungen des Untersuchungsgebiets

Für das Untersuchungsgebiet wurde die offene Fläche des Pürgschachen-Moores gewählt. Dadurch, dass diese allerdings im Laufe der Jahrzehnte durch die in Richtung des Moorzentrums gerichtete Ausbreitung des Randwaldes kleiner wurde, mussten auch für beinahe jedes Luftbild die Grenzen des Untersuchungsgebiets angepasst werden. 1968 war das Untersuchungsgebiet noch 48,9 ha groß, doch bereits 1978 waren es aufgrund der Verkleinerung 43,6 ha. Danach kam es immer wieder zu geringfügigen Verkleinerungen und für 2010 betrug die Fläche des Untersuchungsgebiets nur noch 42,8 ha. Diese Veränderungen hatten wiederum Auswirkungen auf die Anzahl der gezählten Moor-Birken, da immer wieder Bäume, die in einem älteren Bild gezählt wurden, in einem aktuelleren Bild nicht mehr gezählt werden konnten.

Besonders markant zeigen sich diese Veränderungen im Vergleich der Luftbilder von 1968 und 1978. Aufgrund der Anlegung von Drainagegräben und der auf diesen entstandenen starken Ausbreitung der Moor-Birke in der süd-westlichen Ecke des Moores sowie weiterer Drainagegräben in der nord-westlichen Ecke fällt ein großes Areal des Untersuchungsgebiets weg. Dieser Wegfall betrifft in den Bereichen A2, A3 und B3 insgesamt 167 Birken, was bei einer Gesamtanzahl von 352 Bäumen beinahe die Hälfte aller im Luftbild von 1968 gezählten Moor-Birken ausmacht. Dieses Beispiel ist zwar bei weitem das drastischste, jedoch führt die Ausbreitung des Randwaldes für alle Jahrgänge (außer 2010) zu gewissen Verzerrungen in der Ausbreitungsstatistik.

Wendet man das Untersuchungsgebiet des Jahres 2010 auf alle vorangegangenen Luftbilder an und bereinigt somit die Daten um den Faktor Randwald, zeigt sich ein etwas anderes Bild der Ausbreitung (siehe Abbildung 34 und 35). Für das Jahr 1968 zeigt sich eine besonders starke Veränderung. Hier werden bei angeglichenem Untersuchungsgebiet nur noch 130 Birken gezählt. 1978 sind es bereits 377, was beinahe einer Verdreifachung der Moor-Birken innerhalb dieser 10 Jahre entspricht. Für den Zeitraum von 1978 bis 2001 liegt die Reduktion der Gesamtanzahl der Moor-Birken gegenüber den unbereinigten Daten jeweils bei etwa 50 Bäumen. Die niedrigste Differenz weist das Jahr 1986 auf (46 Bäume) und die höchste ist mit jeweils 59 Bäumen in den Jahren 1995 und 2001 zu finden. Für die Jahre 2004 und 2005 sind es 25 beziehungsweise 24 Birken, die durch die Angleichung wegfallen.

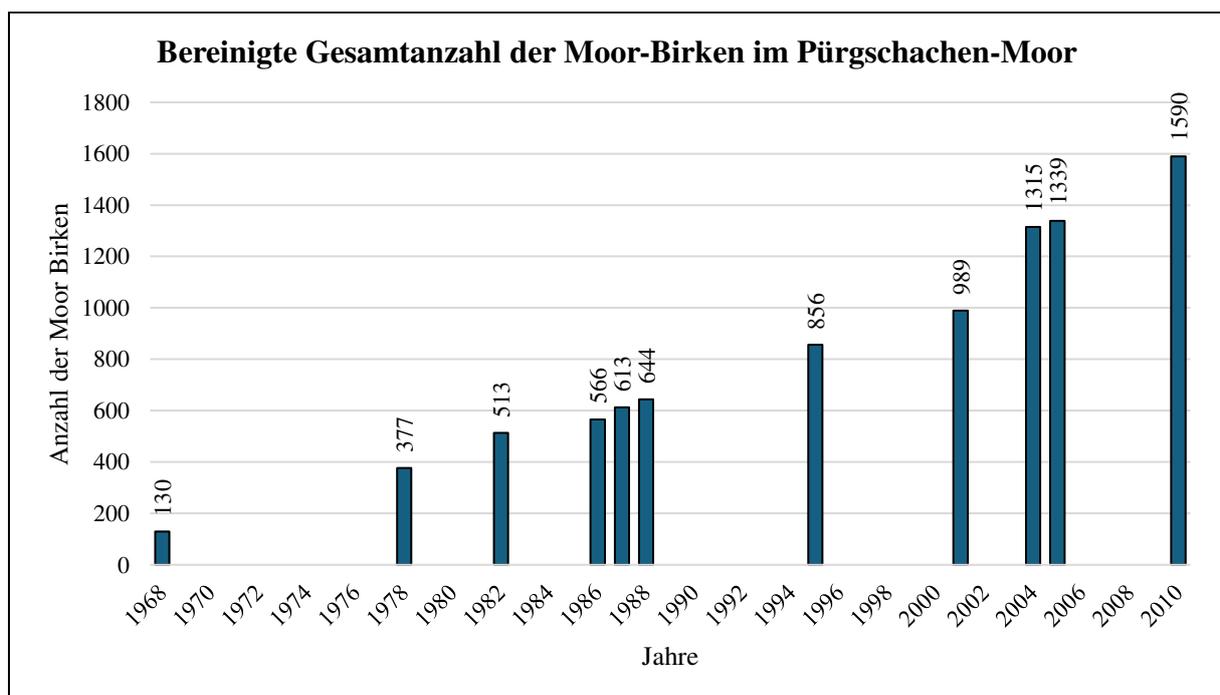


Abbildung 34: Gesamtanzahl der Moor-Birken im Pürgschachen-Moor von 1968 bis 2010 (bereinigt um den Faktor Randwald).

Eine durch die Angleichung der Untersuchungsgebiete verursachte Veränderung des durchschnittlichen jährlichen Anstiegs der Moor-Birken im Pürgschachen-Moor lässt sich in besonderem Maße für die Zeit zwischen 1968 und 1978 beobachten. Auf Grundlage der unbereinigten Daten wurde ein Anstieg von 2,14 % pro Jahr errechnet (siehe Kapitel 5.2). Im Gegensatz dazu liegt dieser für die angeglichenen Untersuchungsgebiete bei 11,23 % pro Jahr. Für den Zeitraum von 1978 bis 1988 zeigt sich ein starker Rückgang der Ausbreitung. Von 1978 bis 1982 waren es jährlich 8,01 % und von 1982 bis 1988 wurden 3,86 % pro Jahr errechnet. In den darauf folgenden eineinhalb Jahrzehnten kam es zu einer leichten Erhöhung (4,15 % von 1988 bis 1995 und 4,89 % von 1995 bis 2004), ab 2004 zeigt sich aber wieder eine deutliche Reduktion der jährlichen Ausbreitung. Durchschnittlich hat sich die Anzahl der Moor-Birken im Zeitraum von 2004 bis 2010 um 3,22 % pro Jahr erhöht.

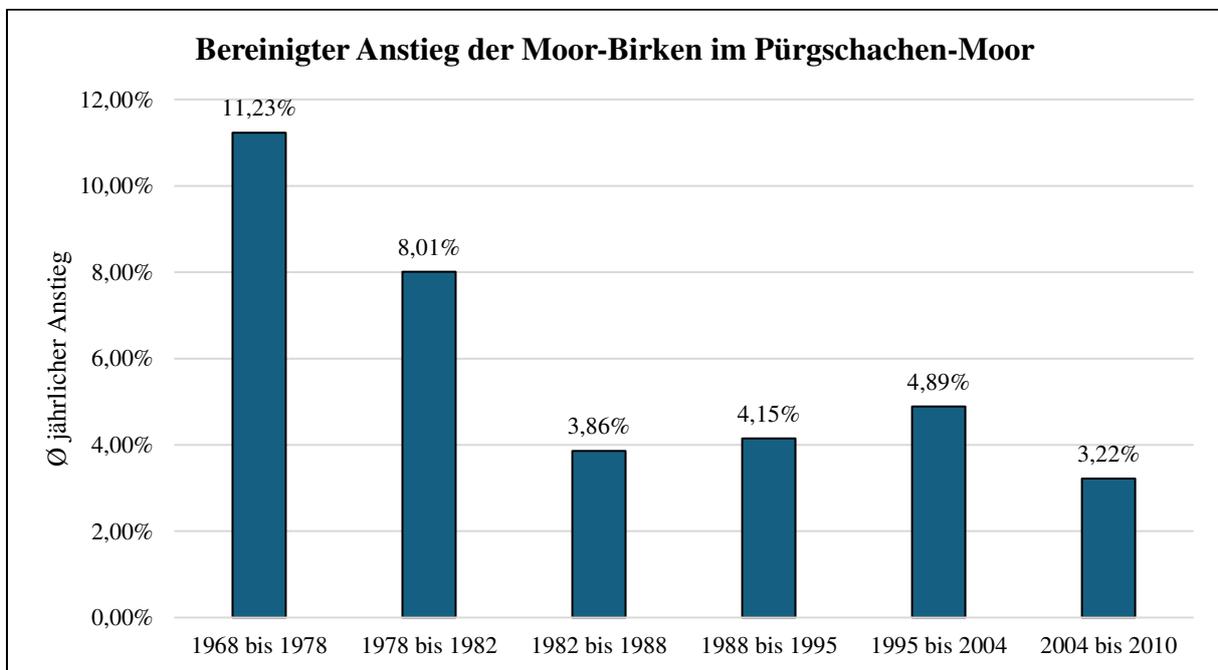


Abbildung 35: Durchschnittlicher jährlicher Anstieg der Moor-Birken im Pürgschachen-Moor (bereinigt um den Faktor Randwald).

Auch der Vergleich des durchschnittlichen jährlichen Anstiegs der Moor-Birken im westlichen, mittleren und östlichen Abschnitt zeigt mit den angeglichenen Untersuchungsgebieten etwas andere Werte als dies bei den unbereinigten Daten der Fall war (siehe Abbildung 36). Für alle Zeiträume und alle Abschnitte sind die prozentualen Anstiege höher als vor der Angleichung der Untersuchungsgebiete, die Differenzen sind allerdings meist nur gering. Größere Unterschiede sind besonders in der Zeit von 1968 bis 1982 vorhanden. Im westlichen Abschnitt liegt der jährliche Anstieg zuerst bei 8,86 % von 1968 bis 1978 und dann bei 5,05 % von 1978 bis 1982. Der mittlere Abschnitt des Moores weist von 1968 bis 1978 einen Anstieg von 19,42 %

pro Jahr auf und von 1978 bis 1982 liegt dieser bei 11,44 % pro Jahr. Für den östlichen Abschnitt konnte von 1968 bis 1978 ein Anstieg von jährlich 19,82 % gefunden werden. Von 1978 bis 1982 waren es 15,62 % pro Jahr. Für die Zeit von 1982 bis 2010 sind die Anstiegswerte sehr ähnlich den ursprünglichen unbereinigten Werten. Ausnahmen sind hier der mittlere Abschnitt von 1982 bis 1988 (6,26 % pro Jahr) und von 1995 bis 2004 (7,19 % pro Jahr), sowie der östliche Abschnitt von 1982 bis 1988 (4,38 % pro Jahr).

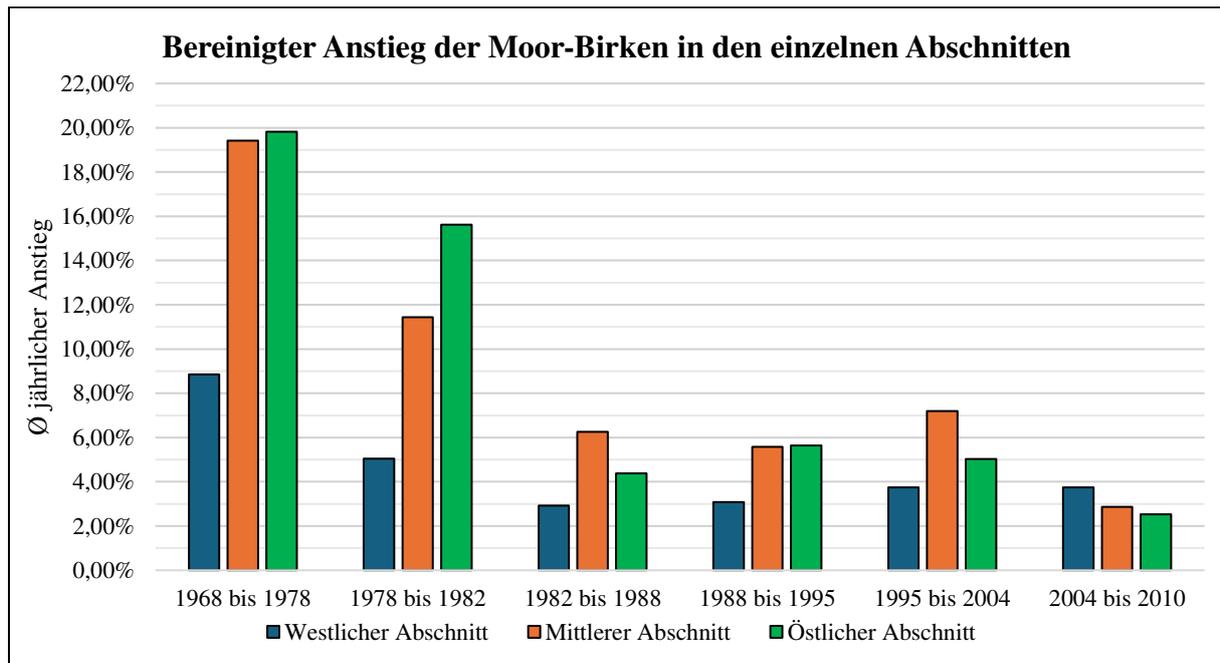


Abbildung 36: Durchschnittlicher jährlicher Anstieg der Moor-Birken in den einzelnen Abschnitten des Pürgschachen-Moores (bereinigt um den Faktor Randwald).

6.3 Verteilung der Moor-Birken im Untersuchungsgebiet

Durch die Auswertung der Luftbilder konnte die Ausbreitung der Moor-Birke im Pürgschachen-Moor von 1968 bis 2010 detailliert nachverfolgt werden. Wie bereits durch WINTEREDER (2017: 50-51) beschrieben hat sich die Moor-Birke vor allem an solchen Standorten ausbreiten können, die einen weniger dichten Latschenbewuchs aufweisen. Durch die dichte Wuchsform der Latsche können die Moor-Birken kaum an Standorten wachsen, an denen die Latschen bereits vorhanden sind. So kommt es zu dem Umstand, dass sich die Moor-Birken vorrangig auf solchen Flächen ausbreiten konnten, die über einen eher verstreuten Latschenbewuchs verfügen.

In den Bereichen, die dicht mit Latschen bewachsen sind, konnte sich die Moor-Birke entweder gar nicht oder nur in zahlenmäßig geringerer Form zwischen den einzelnen Latschen ausbreiten.

So gibt es zum Beispiel in der nord-westlichen Ecke des Moores eine sehr dicht mit Latschen bewachsene Fläche, in der während des gesamten Untersuchungszeitraumes keine einzige Birke gewachsen ist, obwohl in unmittelbarer Umgebung eine sehr große Anzahl an Bäumen vorhanden ist. Gleichzeitig erfolgte die Ausbreitung im östlichen Teil des Moores deutlich langsamer als im westlichen, obwohl im Westen mehr Latschen vorhanden sind.

Auch wenn die Moor-Birke von Westen her eingewandert ist und daher in diesem Teil des Moores eine höhere Anzahl an Bäume zu erwarten ist, kann durch diese Umstände darauf geschlossen werden, dass die Störung des Hochmoores im Osten geringer ist als im Westen. Allerdings gibt es auch hier eine Ausnahme, nämlich die starke Anhäufung von Moor-Birken im nordöstlichen Teil des Moores in der Nähe des ehemaligen Drainagegrabens. Hier ist eine größere Fläche vorhanden, auf der die Bäume ungefähr so zahlreich und dicht stehen wie im westlichen Abschnitt.

6.4 Ausbreitung der Moor-Birke und meteorologische Daten

Da es sich beim Pürgschachen-Moor um ein ombrothrophes Hochmoor handelt, sind meteorologische Faktoren wie der Niederschlag und die Evapotranspiration von großer Bedeutung für den Wasserhaushalt des Moores (vgl. SCHNEEBELI 1991: 24), der wiederum relevant ist für die Ausbreitung der Moor-Birke. Die Evapotranspiration setzt sich neben Faktoren der Vegetation und der Landnutzung auch aus verschiedenen Wetterparametern zusammen. Diese sind vorrangig die Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte und Globalstrahlung (vgl. RAMÍREZ-BUILES und HARMSSEN 2011: 4)

Beispielhaft wurden die drei Parameter Niederschlag, Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit ausgewählt, um sie mit der durchschnittlichen jährlichen Ausbreitung der Moor-Birke zu vergleichen (siehe Abbildungen 37, 38 und 39). Für den Niederschlag zeigt sich zwar ein deutlicher negativer Zusammenhang ($r = -0,734$), dieser ist jedoch statistisch nicht signifikant ($p = 0,097$). Die nicht vorhandene Signifikanz kann aber auch an der geringen Stichprobengröße ($n = 6$) liegen. Auch ein minimaler Zusammenhang mit der Windgeschwindigkeit ($r = 0,076$) ist nicht signifikant ($p = 0,886$). Anders sieht es jedoch bei der Lufttemperatur aus. Diese zeigt eine signifikante ($p < 0,05$) stark negative Korrelation ($r = -0,835$) mit der Ausbreitung der Moor-Birke. Auch wenn aus einer Korrelation keine Kausalität abgeleitet werden kann, lassen diese Daten die Vermutung zu, dass unter den meteorologischen Faktoren die Lufttemperatur

und der Niederschlag durchaus eine Rolle in der Ausbreitung der Moor-Birke im Pürgschachen-Moor gespielt haben könnten.

Für den durchschnittlichen jährlichen Niederschlag zeigt sich, dass dieser im Zeitraum von 1968 bis 2010 deutlich zugenommen hat. Lag er in der Zeit von 1968 bis 1978 noch bei 1079 mm pro Jahr, so waren es von 1988 bis 1995 bereits 1178 mm und von 2004 bis 2010 wurden jährlich im Durchschnitt 1355 mm Niederschlag gemessen. Somit haben sich der Niederschlag und die Ausbreitungsrate der Moor-Birken gegensätzlich entwickelt, was auch die eindeutig negative Korrelation zeigt (jedoch wie bereits erwähnt ohne statistische Signifikanz).

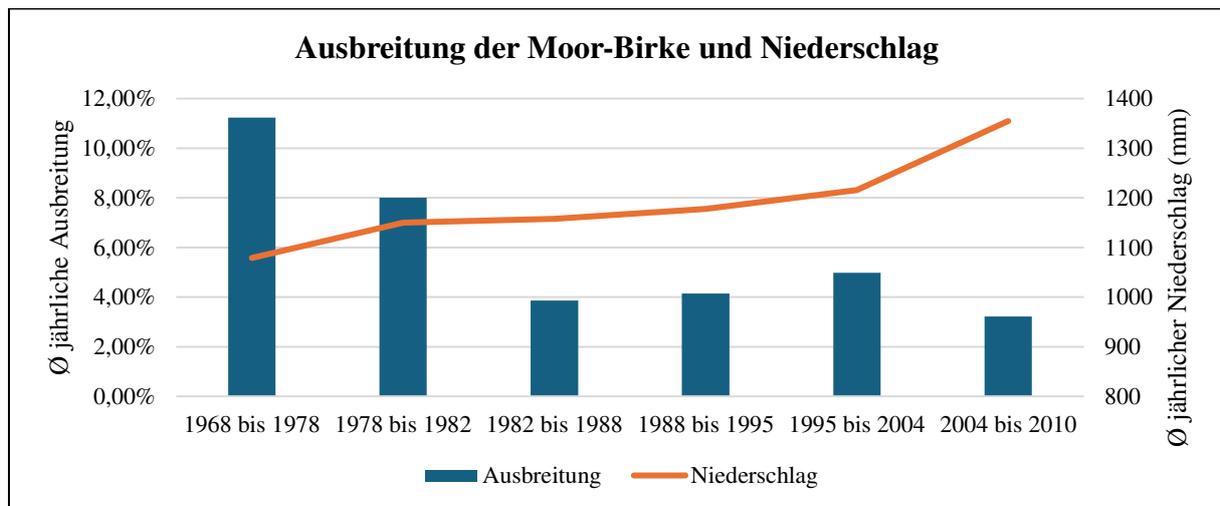


Abbildung 37: Gegenüberstellung der durchschnittlichen jährlichen Ausbreitung der Moor-Birke im Pürgschachen-Moor und des durchschnittlichen Niederschlags. (Messstation: Admont, Niederschlagsdaten: ZAMG HISTALP)

Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit lag von 1968 bis 1978 bei 1,92 m/s, stieg dann für den Zeitraum von 1978 bis 1982 auf 2,72 m/s an und entwickelte sich danach über die Jahrzehnte hinweg durchgehend leicht negativ. Für den Zeitraum von 2004 bis 2010 wurde durchschnittlich nur noch eine Windgeschwindigkeit von 1,51 m/s gemessen.

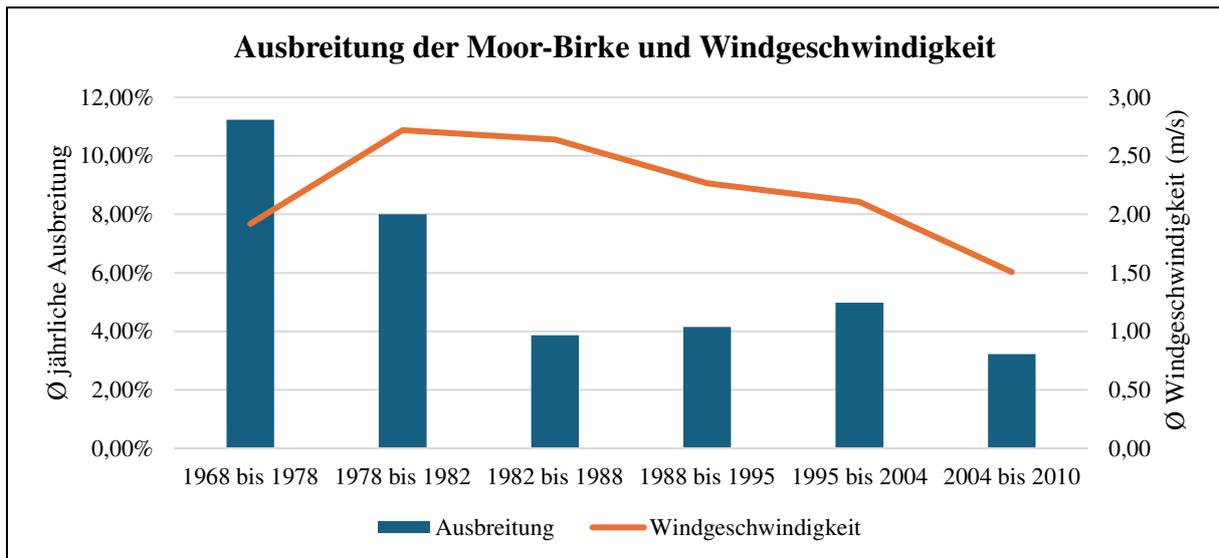


Abbildung 38: Gegenüberstellung der durchschnittlichen jährlichen Ausbreitung der Moor-Birke im Pürgschachen-Moor und der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit. (Messstation: Hall bei Admont, Windgeschwindigkeitsdaten: GeoSphere Austria)

Der Zusammenhang zwischen der Ausbreitung der Moor-Birke und der Lufttemperatur ist der Einzige der drei untersuchten Parameter, der eine statistisch signifikante Korrelation aufweist. Bedingt durch den weltweiten Klimawandel stieg die durchschnittliche Temperatur während des Untersuchungszeitraumes deutlich an. In den Jahren von 1968 bis 1978 lag die Durchschnittstemperatur bei 6,15 °C, für den Zeitraum von 1988 bis 1995 wurden durchschnittlich 7,05 °C gemessen und von 2004 bis 2010 waren es 7,09 °C.

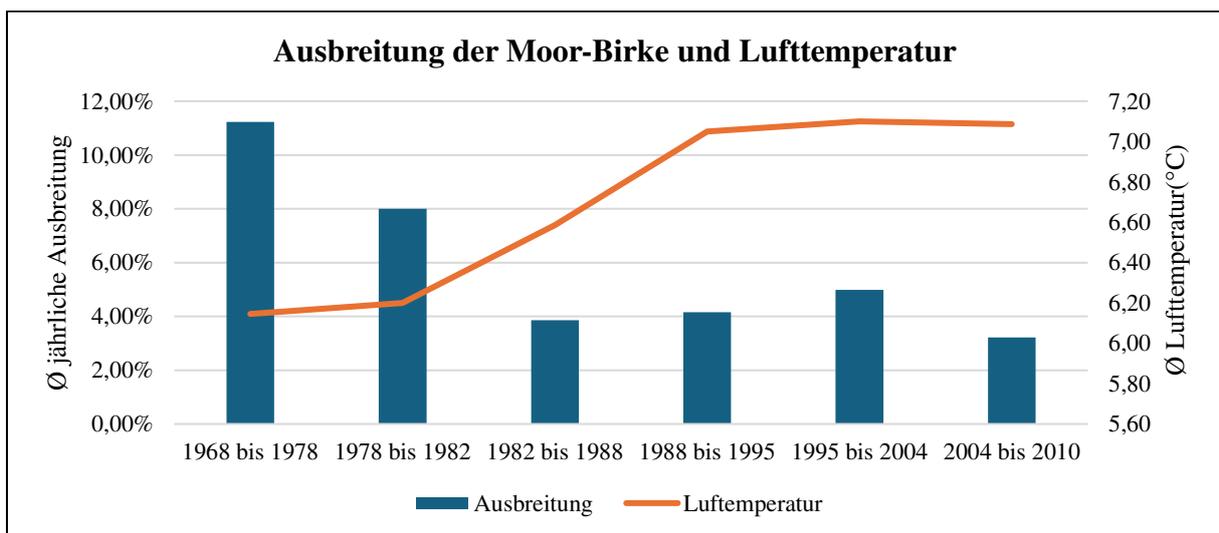


Abbildung 39: Gegenüberstellung der durchschnittlichen jährlichen Ausbreitung der Moor-Birke im Pürgschachen-Moor und der durchschnittlichen Lufttemperatur. (Messstation: Admont, Temperaturdaten: ZAMG HISTALP)

6.5 Ausbreitung der Moor-Birke und die Entwässerung des Moores

In den 1950er Jahren wurde durch die Wasser- und Kulturgenossenschaft Arding-Pürgschachen ein Netz von Entwässerungsanlagen rund um das Pürgschachen-Moor errichtet. Dies hatte eine Grundwasserabsenkung zur Folge, die der Hauptgrund für die Verschlechterung des ökologischen Zustandes des Pürgschachen-Moors war (und teilweise noch immer ist). (vgl. WINTEREDER 2017: 8-9) Somit liegt ein Hauptgrund für den starken Anstieg der Moor-Birken in den 1960er und 1970er Jahren mit großer Wahrscheinlichkeit in der Errichtung eben jener Entwässerungsanlagen.

Wieso die Ausbreitung allerdings bereits ab den 1980er Jahren auf ein eher niedriges Niveau abgesunken ist, kann anhand der Entwässerung nicht erklärt werden, denn mit dem Rückbau der Anlagen wurden erst Ende der 1990er Jahre im Zuge des EU-LIFE-Projekts begonnen. 1998 wurde damit angefangen den ersten Entwässerungsgraben in Nordwesten des Moores zurückzubauen. In den darauf folgenden Jahren kam es im Bereich des gesamten Moores zu verschiedenen Rückbaumaßnahmen und zur Deaktivierung von Drainagegräben. (vgl. MOORSCHUTZVEREIN PÜRGSCHACHEN o.J.c) Da sich nach diesen Maßnahmen eine Absenkung der Birken-Ausbreitung zeigt (3,22 % pro Jahr für die Jahre 2004 bis 2010 gegenüber 4,98 % pro Jahr für die Jahre 1995 bis 2004) wäre es möglich, dass sich diese direkt oder indirekt auf die Ausbreitung der Moor-Birke ausgewirkt haben.

6.6 Die Ausbreitung der Moor-Birke im Kontext anderer Forschungsergebnisse

Die Ausbreitung von Bäumen auf Moorflächen ist ein Thema, das international erforscht wird. Dies betrifft sowohl Hoch- als auch Niedermoore und auch die Baumarten, die sich auf ihnen ausbreiten, variieren je nach Region. Bei ihrer Untersuchung eines niedersächsischen Hochmoores verwendeten WELPELO et al. (2024) drei Untersuchungsplots mit einer Größe von jeweils 100 m². Innerhalb nur eines Jahres (2020 bis 2021) kam es zu einem Anstieg von durchschnittlich 32 Moorbirken pro 100 m² auf 40. LINDERHOLM und LEINE (2004) untersuchten anhand von Orthophotos ein Hochmoor im Süden Schwedens und konnten eine deutliche Ausbreitung der Waldkiefer (*pinus sylvestris*) feststellen. Im Zeitraum von 1950 bis 1993 stieg der Anteil der von Kiefern bewachsenen Fläche von 14 % auf 44 % des Moores an. Laut den Autoren wurde dieser starke Anstieg höchstwahrscheinlich durch eine 1927 gestartete Entwässerung des Moores verursacht. Auch FRANKL und SCHMEIDL (2000) kamen in ihrer Untersuchung eines 21 ha großen bayrischen Hochmoores zu ähnlichen Ergebnissen. Von 1962 bis

1992 zeigte sich eine sehr deutliche Ausbreitung von Waldkiefern und Moorbirken. Die Autoren unterteilten das Untersuchungsgebiet in jeweils 50 x 50 m große Bereiche, die anhand der Anzahl der dort vorhandenen Bäume klassifiziert wurden (keine Bäume, 1-20 Bäume, über 20 Bäume, Wald). Während sich die Anzahl der Bereiche ohne Bäume von 157 auf 35 stark verringerte und die Bereiche mit 1-20 Bäume geringfügig weniger wurden (138 im Jahr 1962 und 122 im Jahr 1992) kam es bei den Bereichen mit mehr als 20 Bäumen zu einem massiven Zuwachs von 30 auf 149, und auch die Waldflächen wurden deutlich mehr (von 8 auf 32). Diese enorme Ausbreitung von Baumarten auf der Hochmoorfläche steht in starkem Zusammenhang mit einer Absenkung des Moorwasserspiegels.

Weiters untersuchten EDVARDSSON et al. (2015) die Ausbreitung der Waldkiefer in drei litauischen Hochmooren. Mittels Luftbildanalyse konnten die Autoren in zwei der drei Moore von 1950 bis 2009 einen deutlichen Anstieg an Bäumen feststellen, wobei sich die Anzahl der Bäume jeweils ungefähr verdoppelte. Hierbei wurde die Ausbreitung der Waldkiefer allerdings weniger auf direkte anthropogene Einflüsse zurückgeführt, sondern steht eher im Zusammenhang mit klimatischen Veränderungen. Auch aus Nordamerika liegen Ergebnisse vor, die zeigen, dass es ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts nach Torfabbau oder Entwässerungen auf etlichen Moorflächen zu starken Ausbreitungen von Bäumen kam. (BEAUREGARD et al. 2020; PELLERIN und LAVOIE 2003)

Alle diese Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die Ausbreitung von Bäumen auf Moorflächen keine Seltenheit ist. Hierbei lassen sich gewisse Regelmäßigkeiten erkennen. Zumeist steht am Beginn der Entwicklung eine Absenkung des Moorwasserspiegels. Ist diese von Dauer, so kommt es innerhalb weniger Jahrzehnte zu einer massiven Ausbreitung von Bäumen auf der Moorfläche. Genau dieses Muster konnte auch im Pürgschachen-Moor gefunden (und nachgewiesen) werden.

7. Conclusio und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Ausbreitung der Moor-Birken im Pürgschachen-Moor von 1968 bis 2010 untersucht. Es konnte detailliert aufgezeigt werden, wo und in welchem Ausmaß diese Ausbreitung stattgefunden hat. Die Ergebnisse der Auswertung der insgesamt 11 historischen Luftbilder haben gezeigt, dass es vor allem im Zeitraum von 1968 bis 1982 zu einer massiven Ausbreitung der Moor-Birke gekommen ist. Diese fand gemessen an der Anzahl der Bäume großteils im westlichen Teil des Moores statt, prozentual betrachtet fiel sie im mittleren und östlichen Teil des Moores allerdings deutlich stärker aus als im Westen. Grund dafür ist, dass sich zu Beginn des Untersuchungszeitraumes die allermeisten im Moor vorhandenen Bäume im Westen befanden. Nach 1982 flachte sich die jährliche Ausbreitungsrate deutlich ab und lag bis 2010 im Bereich von 3 bis 5 %.

Räumlich betrachtet befand sich der Hauptteil der Moor-Birken über fast alle Jahrgänge hinweg im westlichen Abschnitt des Moores. Einzig 2004 und 2005 fiel der Anteil im Westen knapp unter 50%. Im mittleren und östlichen Abschnitt war die Anzahl der auf den Luftbildern gefundenen Moor-Birken zumeist sehr ähnlich. Ihr Anteil entwickelte sich von anfänglich jeweils um 10 % zu je circa 25 % ab 1995. Dass im Westen deutlich mehr Bäume gewachsen sind, liegt einerseits daran, dass die Moor-Birke von Westen her in das Pürgschachen-Moor eingewandert ist, andererseits höchst wahrscheinlich auch daran, dass im Westen des Moores der Störungsgrad höher ist als im Osten. Dies lässt sich auch durch den im mittleren und östlichen Abschnitt (ausgenommen der Bereiche des Südrandes) deutlich weniger dichten Latschenbewuchs festmachen.

Durch die Vor-Ort-Zählung der Moor-Birken im Jahr 2023 konnte weiters gezeigt werden, dass sich die Ausbreitung nach 2010 deutlich verlangsamt hat. Das durchschnittliche jährliche Wachstum lag in diesem Zeitraum nur noch bei 0,92 %. Doch wie schon bereits CZAK (2021) und WINTEREDER (2017) in ihren Untersuchungen der Vegetation des Pürgschachen-Moores schlussfolgerten, befindet sich das Moor weiterhin in einem schlechten Erhaltungszustand. Auf 42 ha offener Moorfläche befanden sich 2023 1791 Moor-Birken. Besonders im Westen und Nord-Osten konnten starke Häufungen von Moor-Birken ausgemacht werden, was darauf schließen lässt, dass in diesen Bereichen die Störung am größten ist.

Positiv anzumerken ist allerdings, dass 2023 auch einige abgestorbene Moor-Birken gefunden wurden. Insgesamt konnten 64 Birken als tot identifiziert werden. Dieser Umstand könnte darauf schließen lassen, dass der Rückbau der Entwässerungsanlagen in den späten 1990er Jahren und den 2000er Jahren nicht nur zu einer Reduzierung der Ausbreitungsgeschwindigkeit der

Moor-Birke geführt hat, sondern sich der Wasserhaushalt des Moores wieder soweit verbessert hat, dass es für die ersten Moor-Birken bereits zu nass geworden ist. Dieser Interpretation entgegen spricht jedoch, dass in unmittelbarer Umgebung der toten Bäume zahlreiche lebende Exemplare vorhanden sind. Genaueres kann anhand der vorliegenden Untersuchung allerdings nicht gesagt werden.

Die vorliegende Arbeit soll auch als Anregung für weitere Forschungsarbeit dienen. Nachdem das Ausmaß der Ausbreitung der Moor-Birke untersucht wurde, wäre es auch relevant die Hintergründe dieser Ausbreitung näher zu beleuchten. Dies könnte eine detaillierte Aufarbeitung der landschaftsbaulichen und wassertechnischen Maßnahmen beinhalten, sowie der (land-)wirtschaftlichen Nutzung der Flächen im und um das Moor. Neben einer breit aufgestellten Forschungstätigkeit, die alle Gesichtspunkte beinhaltet, bietet sich hier auch die Möglichkeit einen Aspekt im Detail zu erfassen. Von der groß angelegten Ennsregulierung in der zweiten Hälfte des 19. und ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts über den Bau der Entwässerungsgräben in den 1950er Jahren bis zu deren Rückbau durch den Moorschutzverein Pürgschachen ab 1998 gäbe es mehrere Möglichkeiten. Auch wenn der Torfabbau im Pürgschachen-Moor nur klein angelegt und von überschaubarer Dauer war und daher vermutlich eher eine untergeordnete Rolle gespielt hat, sollte auch dieser Aspekt näher betrachtet werden.

Außerdem bietet sich die Möglichkeit den Zusammenhang zwischen der Ausbreitung der Moor-Birke und meteorologischen Faktoren näher zu erforschen. Diese Thematik wurde im Kapitel 6 dieser Arbeit kurz angerissen, bedarf aber einer deutlich detaillierteren Herangehensweise. Eine kombinierte Analyse der Faktoren Niederschlag, Wasserstand und Evapotranspiration könnte Aufschluss darüber geben, wie wetterbedingte Kenndaten mit der Ausbreitung der Moor-Birke zusammenhängen.

Weiters könnten die Ergebnisse dieser Arbeit als Grundstein genutzt werden, um den Bestand der Moor-Birke auch in Zukunft weiter zu verfolgen. Ein in regelmäßigen Abständen durchgeführtes Monitoring könnte Aufschlüsse über die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen oder den Bedarf an weiterführenden Initiativen bringen. Auch der Moorschutzverein Pürgschachen und politische Entscheidungsträger*innen könnte von solchen Informationen profitieren, wenn es zum Beispiel um die Vergabe von Fördermitteln geht.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau eines Hochmoores	5
Abbildung 2: Moore in Österreich. Zur besseren Sichtbarkeit sind die Moore teilweise deutlich vergrößert dargestellt.....	16
Abbildung 3: Lage des Untersuchungsgebiets	18
Abbildung 4: Jahresniederschlag im Zeitraum 1960 bis 2023, Messstelle Admont.....	19
Abbildung 5: Mittlere Jahrestemperatur für den Zeitraum 1960 bis 2023, Messstelle Admont	19
Abbildung 6: Bodenkern des Pürgschachen-Moores (50-100 cm Bodentiefe).....	20
Abbildung 7: Vegetationskarte des Pürgschachen-Moores	21
Abbildung 8: Torfwirtschaft im Ennstal. Ausschnitt der Karte „Die Moore des Enns- und Paltentales“	22
Abbildung 9: Vergleich der Moore im Ennstal zwischen dem Moorkataster von 1911 und dem Moorschutzkatalog von 1992	23
Abbildung 10: Moorrundweg mit Informationstafeln.....	24
Abbildung 11: Geometrische Unterschiede zwischen Zentral- und Orthogonalprojektionen .	27
Abbildung 12: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 1968	31
Abbildung 13: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 1978	33
Abbildung 14: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 1982	35
Abbildung 15: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 1986	36
Abbildung 16: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 1987	38
Abbildung 17: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 1988	39
Abbildung 18: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 1995	40

Abbildung 19: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 2001	42
Abbildung 20: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 2004	44
Abbildung 21: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 2005	45
Abbildung 22: Moor-Birken im Pürgschachen-Moor 2010	47
Abbildung 23: Gesamtanzahl der Moor-Birken im Pürgschachen-Moor von 1968 bis 2010 .	48
Abbildung 24: Durchschnittlicher jährlicher Anstieg der Moor-Birken im Pürgschachen-Moor	49
Abbildung 25: Anteilhafte Darstellung der einzelnen Moor-Abschnitte an der Gesamtanzahl der Moor-Birken im Pürgschachen-Moor	50
Abbildung 26: Anteil der Moor-Birken in den einzelnen Abschnitten an der Gesamtanzahl .	51
Abbildung 27: Durchschnittlicher jährlicher Anstieg der Moor-Birken in den einzelnen Abschnitten des Pürgschachen-Moores	52
Abbildung 28: Anzahl der Moor-Birken in den Bereichen des westlichen Abschnitts im Pürgschachen-Moor	53
Abbildung 29: Anzahl der Moor-Birken in den Bereichen des mittleren Abschnitts im Pürgschachen-Moor	54
Abbildung 30: Anzahl der Moor-Birken in den Bereichen des östlichen Abschnitts im Pürgschachen-Moor	55
Abbildung 31: Einteilung des Untersuchungsgebiets für die Zählung vor Ort in einen westlichen, mittleren und östlichen Abschnitt	56
Abbildung 32: Anzahl der Moor-Birken im Pürgschachen-Moor für das Jahr 2023.....	57
Abbildung 33: Vergleich der unterschiedlichen Bildqualität der Luftbilder	59
Abbildung 34: Gesamtanzahl der Moor-Birken im Pürgschachen-Moor von 1968 bis 2010 (bereinigt um den Faktor Randwald)	60

Abbildung 35: Durchschnittlicher jährlicher Anstieg der Moor-Birken im Pürgschachen-Moor (bereinigt um den Faktor Randwald)	61
Abbildung 36: Durchschnittlicher jährlicher Anstieg der Moor-Birken in den einzelnen Abschnitten des Pürgschachen-Moores (bereinigt um den Faktor Randwald)	62
Abbildung 37: Gegenüberstellung der durchschnittlichen jährlichen Ausbreitung der Moor-Birke im Pürgschachen-Moor und des durchschnittlichen Niederschlags	64
Abbildung 38: Gegenüberstellung der durchschnittlichen jährlichen Ausbreitung der Moor-Birke im Pürgschachen-Moor und der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit.....	65
Abbildung 39: Gegenüberstellung der durchschnittlichen jährlichen Ausbreitung der Moor-Birke im Pürgschachen-Moor und der durchschnittlichen Lufttemperatur.....	65

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erhaltungszustand der österreichischen Moor-Lebensraumtypen gemäß FFH Artikel-17-Bericht für den Zeitraum 2013 bis 2018	17
Tabelle 2: Luftbilder aus dem Archiv des BEV	28
Tabelle 3: Anzahl der im Luftbild von 1968 gezählten Moor-Birken	32
Tabelle 4: Anzahl der im Luftbild von 1978 gezählten Moor-Birken	34
Tabelle 5: Anzahl der im Luftbild von 1982 gezählten Moor-Birken	36
Tabelle 6: Anzahl der im Luftbild von 1986 gezählten Moor-Birken	37
Tabelle 7: Anzahl der im Luftbild von 1987 gezählten Moor-Birken	38
Tabelle 8: Anzahl der im Luftbild von 1988 gezählten Moor-Birken	40
Tabelle 9: Anzahl der im Luftbild von 1995 gezählten Moor-Birken	41
Tabelle 10: Anzahl der im Luftbild von 2001 gezählten Moor-Birken	43
Tabelle 11: Anzahl der im Luftbild von 2004 gezählten Moor-Birken	44
Tabelle 12: Anzahl der im Luftbild von 2005 gezählten Moor-Birken	46
Tabelle 13: Anzahl der im Luftbild von 2010 gezählten Moor-Birken	47

Literaturverzeichnis

- ADOBE (o.J.): TIFF-Dateien; <https://www.adobe.com/at/creativecloud/file-types/image/raster/tiff-file.html> (29.4.2024).
- ALBERTZ J. (2009⁴): Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. – Darmstadt.
- BAUEROCHSE A. und METZLER A. (2015): Moore als Archive der Natur- und Kulturgeschichte – das Arbeitsgebiet der Moorarchäologie. – In: TELMA – Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde Beiheft 5, 93-112.
- BEAUREGARD P., LAVOIE M. und PELLERIN S. (2020): Recent Gray Birch (*Betula populifolia*) Encroachment in Temperate Peatlands of Eastern North America. – In: Wetlands 40, 351-364.
- BEV (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen) (2019): BEV – Fernerkundung. – Wien.
- BLANKENBURG J. (1999): Leitbilder der Hochmoornutzung und die langfristige Nutzung von Hochmoorgrünland. – In: TELMA – Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde Band 29, 183-190.
- BFW (Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft) (o.J.): eBOD. Digitale Bodenkarte Österreichs; <https://bodenkarte.at> (7.1.2024).
- BML (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft) (o.J.): Pürgschachen Moor; <https://info.bml.gv.at/themen/wasser/wasser-eu-international/europaeische-und-internationale-wasserwirtschaft/feuchtgebiete/ramsar/puergschachen.html> (3.9.2024).
- BMLRT (Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft) (2022): Moorstrategie Österreich 2030+. – Wien.
- BSchP (Protokoll zur Durchführung der Alpenkonvention von 1991 im Bereich Bodenschutz), BGBl. III Nr. 235/2002 idF BGBl. III Nr. 111/2005.
- CZAK S. (2021): Die Vegetation des Pürgschachen Moores im Einzugsgebiet des Eddy-Kovarianz Turms und der Einfluss verschiedener Vegetationstypen auf den Gasaustausch. – Masterarbeit, Universität Wien, Wien.
- DANIELS J. (2001): Ausbreitung der Moorbirke (*Betula pubescens* Ehrh. agg.) in gestörten Hochmooren der Diepholzer Moorniederung. – In: Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen 27, 39-49.
- DE LANGE N. (2020⁴): Geoinformatik in Theorie und Praxis. Grundlagen von Geoinformationssystemen, Fernerkundung und digitaler Bildverarbeitung. – Berlin.
- DICK G., DVORAK M., GRÜLL A., KOHLER B. und RAUER G. (1993): Ramsar-Gebiet „Neusiedler See – Seewinkel“. Zwischenbericht. – Wien.
- DON A. und PRIETZ R. (2019): Unsere Böden entdecken – Die verborgene Vielfalt unter Feldern und Wiesen. – Berlin.
- DROLLINGER S., MAIER A. und GLATZEL S. (2019): Interannual and seasonal variability in carbon dioxide and methane fluxes of a pine peat bog in the Eastern Alps, Austria. – In: Agricultural and Forest Meteorology 275, 69-78.

- DRÖSLER M., SCHALLER L., KANTELHARDT J., SCHWEIGER M., FUCHS D., TIEMEYER B., AUGUSTIN J., WEHRHAN M., FÖRSTER C., BERGMANN L., KAPFER A. und KRÜGER G.-M. (2012): Beitrag von Moorschutz- und -revitalisierungsmaßnahmen zum Klimaschutz am Beispiel von Naturschutzgroßprojekten. – In: *Natur und Landschaft* 87 (2), 70-76.
- DUNGER S., DUNGER K., OERTEL C. und WELLBROCK N. (2023): Handlungsempfehlungen und Baumarteneignung auf organischen Böden: Ergebnisse aus dem Projekt Moorwald. – Eberswalde. (=Thünen Working Paper 221).
- EDVARDSSON J., SIMANAUSKIENE R., TAMINSKAS J., BAUZIENE I. und STOFFEL M. (2015): Increased tree establishment in Lithuanian peat bogs – Insights from field and remotely sensed approaches. – In: *Science of the Total Environment* 505, 113-120.
- ELLMAUER T., IGEL V., KUDRNOVSKY H., MOSER D. und PATERNOSTER D. (2020): Monitoring von Lebensraumtypen und Arten von gemeinschaftlicher Bedeutung in Österreich 2016–2018 und Grundlagenerstellung für den Bericht gemäß Artikel 17 der FFH-Richtlinie im Jahr 2019. Teil 2: Artikel 17-Bericht. – Wien. (=Umweltbundesamt Reports Bd. REP-0734).
- ERSTS P. J. (2023): DotDotGoose (Version 1.6.0). American Museum of Natural History, Center for Biodiversity and Conservation; https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/dotdotgoose (8.3.2023).
- ESRI (2023): ArcGIS Pro (Version 3.1.2). Esri Inc.; <https://www.esri.com/de-de/arcgis/products/arcgis-pro/overview> (5.5.2024).
- ESSL F. und STEINER G. M. (2017): Austria. – In: JOOSTEN H., TANNEBERGER F. und MOEN A. (Hrsg.): *Mires and peatlands of Europe. Status, distribution and conservation.* – Stuttgart, 257-265.
- ETH ZÜRICH (2002): *Mitteleuropäische Waldbaumarten. Artbeschreibung und Ökologie unter besonderer Berücksichtigung der Schweiz.* Professur für Waldbau und Professur für Forstschutz & Dendrologie der ETH Zürich. – Zürich.
- FRANK R. und SCHMEIDL H. (2000): Vegetation change in a South German raised bog: Ecosystem engineering by plant species, vegetation switch or ecosystem level feedback mechanisms? – In: *Flora* 195, 267-276.
- FRANZ W. R. und TEMSCH E. M. (2019): Morphologie, Verbreitung und Ploidiestufen von Birkensippen in Österreich und Oberbayern. – In: *Carinthia II* 209/129, 491-550.
- FRIESS T. und KORN R. (2013): Wanzen im Pürgschachen-Moos – Das international bedeutende Talhochmoor und seine Heteropterenfauna mit den Ergebnissen des GEO-Tages der Artenvielfalt 2012. – In: KREINER D. und MARINGER A. (Hrsg.): *Enns und Moor. – Weng im Gesäuse.* (=Schriften des Nationalparks Gesäuse 10), 142-158.
- FUCHS H.-J. (2003): *Methodische Ansätze zur Erfassung von Waldbäumen mittels digitaler Luftbilddauswertung.* – Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen.
- GAYL R. (2004): *Faszination Moor. Lebensraum und Kultur.* – Wien.
- GÜNTHER J. (2012): Die Moorbrandkultur und der Buchweizenanbau als eine frühe Form der landwirtschaftlichen Hochmoornutzung in Nordwestdeutschland. – In: *TELMA – Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde* Band 42, 57-70.

- GÜNTHER J. (2020): Torf als (nachwachsender) Rohstoff? – In: TELMA – Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde Band Beiheft 6, 369-379.
- HAMMER T. und LENG M. (2008): Moorlandschaften im Bedeutungswandel. Zur gesamtgesellschaftlichen Aufwertung naturnaher Kulturlandschaften. – Bern. (=Allgemeine Ökologie zur Diskussion gestellt 10).
- HASITSCHKA J. (2013): Moore im Admonttal. Vom Torfstich zum Moorschutzgebiet. – In: Im Gseis 20, 4-7.
- HOHENSINNER S., MUHAR S., JUNGWIRTH M., POHL G., EICHBERGER A., BLANDA U., POZER W. und SEEBACHER F. (2008): Leitlinie Enns. Konzept für die Entwicklung des Fluss-Auen-Systems Steirische Enns (Mandling – Hieflau): Hochwasserschutz – Gewässerökologie – Flusslandschaftsentwicklung – Siedlungsentwicklung – Erholungsnutzung. – Wien.
- HOLZINGER W. E. und NOVOTNY V. (1998): Die Zikadenfauna (Homoptera, Auchenorrhyncha) des Pürgschachener Moores (Steiermark, Österreich). – In: Beiträge zur Zikadenkunde 2, 53-56.
- JÄGER C. (2020): Klimaschutz braucht Moorschutz. Warum Moorböden unsere besondere Aufmerksamkeit verdienen und was wir für sie tun können. – München.
- JOOSTEN H. (2015): Peatlands, climate change mitigation and biodiversity conservation. An issue brief on the importance of peatlands for carbon and biodiversity conservation and the role of drained peatlands as greenhouse gas emission hotspots. – Kopenhagen.
- JOOSTEN H., BRUST K., COUWENBERG J., GERNER A., HOLSTEN B., PERMIEN T., SCHÄFER A., TANNEBERGER F., TREPEL M. und WAHREN A. (2013): MoorFutures®. Integration von weiteren Ökosystemdienstleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikate – Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen. – Bonn.
- JOOSTEN H., TANNEBERGER F. und MOEN A. (Hrsg.) (2017): Mires and peatlands of Europe. Status, distribution and conservation. – Stuttgart.
- JUNGMEIER M. und WERNER K. (2004): Moore in Österreich unter dem Schutz der Ramsar-Konvention. – Wien.
- KAIN G., IDAM F., TONINI S. und WIMMER A. (2019): Torfmoos (Sphagnum) – historisches Erfahrungswissen und neue Einsatzmöglichkeiten für ein Naturprodukt. – In: Bauphysik 41 (4), 199-204.
- KERSCHBAUMSTEINER H. (2013): Libellenbeobachtungen im Pürgschachen Moor und am Paltenspitz. – In: KREINER D. und MARINGER A. (Hrsg.): Enns und Moor. – Weng im Gesäuse. (=Schriften des Nationalparks Gesäuse 10), 172-177.
- KNÖBL G. (1960): Die Moore im Ennstal. – In: GÜNTSCHL E. (Hrsg.): Festschrift 100 Jahre Ennsregulierung. – Wien, 74-81.
- KOLLMANN J. (2019): Grundwasser- und Regenwassermoore. – In: KOLLMANN J., KIRMER A., TISCHEW S., HÖLZEL N. und KIEHL K. (Hrsg.): Renaturierungsökologie. – Berlin, 171-192.
- KRISAI R. (1998): Moore im Ostalpenraum. Entstehung und Vegetation. – In: TELMA – Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde Band 28, 11-24.

KRISAI-GREILHUBER I. und KOLLER G. (2013): Über einige Pilze im Pürgschachen-Moos. – In: KREINER D. und MARINGER A. (Hrsg.): Enns und Moor. – Weng im Gesäuse. (=Schriften des Nationalparks Gesäuse 10), 110-125.

KUNZ G., KAHAPKA J., GUNZCY J., VOLKMER J., LAMPRECHT J. und BREUSS M. (2013): Im Wandel der Zeit – Zikaden des Pürgschachen Moores. – In: KREINER D. und MARINGER A. (Hrsg.): Enns und Moor. – Weng im Gesäuse. (=Schriften des Nationalparks Gesäuse 10), 130-141.

LINDERHOLM H. W. und LEINE M. (2004): An assessment of twentieth century tree-cover changes on a southern Swedish peatland combining dendrochronology and aerial photograph analysis. – In: *Wetlands* 24 (2), 357-363.

LOISEL J., GALLEGOS-SALA A. V., AMESBURY M. J., MAGNAN G., ANSHARI G., BEILMAN D. W., BENAVIDES J. C., BLEWETT J., CAMILL P., CHARMAN D. J., CHAWCHAI S., HEDGPETH A., KLEINEN T., KORHOLA A., LARGE D., MANSILLA C. A., MÜLLER J., VAN BELLEN S., WEST J. B., YU Z., BUBIER J. L., GARNEAU M., MOORE T., SANNEL A. B. K., PAGE S., VÄLIRANTA M., BECHTOLD M., BROVKIN V., COLE L. E. S., CHANTON J. P., CHRISTENSEN T. R., DAVIES M. A., DE VLEESCHOUWER F., FINKELSTEIN S. A., FROLKING S., GALKA M., GANDOIS L., GIRKIN N., HARRIS L. I., HEINEMEYER A., HOYT A. M., JONES M. C., JOOS F., JUUTINEN S., KAISER K., LACOURSE T., LAMENTOWICZ M., LARMOLA T., LEIFELD J., LOHILA A., MILNER A. M., MINKKINEN K., MOSS P., NAAFS B. D. A., NICHOLS J., O'DONNELL J., PAYNE R., PHILBEN M., PILO S., QUILLET A., RATNAYAKE A. S., ROLAND T. P., SJÖRGERSTEN S., SONNENTAG O., SWINDLES G. T., SWINNEN W., TALBOT J., TREAT C., VALACH A. C. und WU J. (2021): Expert assessment of future vulnerability of the global peatland carbon sink. – In: *Nature Climate Change* 11 (1), 70-77.

LTER-AUSTRIA (o.J.): Pürgschachener Moor; <https://www.lter-austria.at/cwn-standorte-puergschachener-moor/> (22.10.2023).

MATZ H. und GEPP J. (2008): Moorreiche Steiermark. 389 Moore der Steiermark. – Graz.

MATZ H. (2011): Die Vegetationsentwicklung im Pürgschachenmoos bei Ardning (Steiermark) nach Umsetzung des LIFE Natur Projektes 95. – In: *Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark* 141, 63-80.

MINAYEVA T., BRAGG O. und SIRIN A. (2016): Peatland biodiversity and its restoration. – In: BONN A., ALLOT T., EVANS M., JOOSTEN H. und STONEMAN R. (Hrsg.): *Peatland Restoration and Ecosystem Services. Science, Policy and Practice.* – Cambridge, 44-62.

MINAYEVA T. und SIRIN A. (2012): Peatland Biodiversity and Climate Change. – In: *Biology Bulletin Reviews* 2 (2), 164-175.

MONTANARELLA L., JONES R. J. A. und HIEDERER R. (2006): The distribution of peatland in Europe. – In: *Mires and Peat* 1, 1.

MOORSCHUTZVEREIN PÜRGSCHACHEN (o.J.a): Der Moor-Erlebnisweg; <https://www.moor-ardning.at/projekte/der-erlebnisweg> (22.10.2023).

MOORSCHUTZVEREIN PÜRGSCHACHEN (o.J.b): Das Pürgschachen Moor; <https://www.moor-ardning.at/das-moor/das-puergschachen-moor> (4.3.2023).

- MOORSCHUTZVEREIN PÜRGSCHACHEN (o.J.c): Chronik des Moorschutzvereines Pürgschachen; <https://www.moor-ardning.at/ueber-uns/chronik-moorschutzverein> (25.9.2024).
- MÜLLER-KROEHLING S. (2019): Birken in Mooren: Plädoyer für eine forstliche Neubewertung. – In: AFZ-DerWald 2019 (4), 10-13.
- MÜLLER-KROEHLING S. (2023): Moorbirke und Moorschutz. – In: LWF Wissen 87, 54-72.
- MÜLLER-KROEHLING S. und SCHMIDT O. (2023): Die Moorbirke – wichtiger Bestandteil der Biodiversität in Mooren. – In: LWF Wissen 87, 34-53.
- NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) (o.J.): Lebensraum Hochmoor; https://www.nlwkn.niedersachsen.de/life-moorgeest/das_projekt/lebensraum_hochmoor/lebensraum-hochmoor-113682.html (5.6.2023).
- NORDBECK R. und HOGL K. (2024): National peatland strategies in Europe: current status, key themes, and challenges. – In: Regional Environmental Change 24, Artikel 5.
- OESTER B. (2003): Einführung in die Fernerkundung. Teil der Lehrveranstaltung 60-304, Waldinventur II. – Birmensdorf.
- PELLERIN S. und LAVOIE C. (2003): Recent expansion of jack pine in peatlands of south-eastern Québec: A paleoecological study. – In: *Écoscience*, 10 (2), 247-257.
- POLLHEIMER M., POLLHEIMER J., ZECHNER L. und SACKL P. (2009): Steirisches Ennstal. – In: DVORAK M. (Hrsg.): Important Bird Areas – Die wichtigsten Gebiete für den Vogelschutz in Österreich. – Wien, 466-479.
- RAMÍREZ-BUILES V. H. und HARMSSEN E. W. (2011): Water Vapor Flux in Agroecosystems. – In: LABEDZKI L. (Hrsg.): Evapotranspiration. – Rijeka, 3-48.
- ROLOFF A. (2001): Baumkronen. Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. – Stuttgart.
- ROLOFF A. (2017): Der Charakter unserer Bäume. Ihre Eigenschaften und Besonderheiten. – Stuttgart.
- ROLOFF A., WEISGERBER H., LANG U. M. und STIMM B. (2010): Bäume Mitteleuropas. Von Aspe bis Zirbel-Kiefer. Mit den Porträts aller Bäume des Jahres von 1989 bis 2010. – Weinheim.
- SCHÄFER S. (2009): Biodiversität und Klimawandel: Synergien aus dem Moorschutz. – In: KORN H., SCHLIEP R. und STADLER J. (Hrsg.): Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland V – Ergebnisse und Dokumentation des 5. Workshops an der Internationalen Naturschutzakademie des Bundesamtes für Naturschutz, Insel Vilm 7. – 10.12.2008. – Bonn. (=BfN Skripten 252), 18-21.
- SCHMIDHUBER B. (2023): Moorschutz in Österreich. – In: KUNCIO P. und SCHMID S. (Hrsg.): Das Protokoll „Bodenschutz“ der Alpenkonvention. – Wien, 39-54.
- SCHNEEBELI M. (1991): Hydrologie und Dynamik der Hochmoorentwicklung. – Dissertation, ETH Zürich, Zürich.
- SCHÜTZ C. und SCHULZE C. H. (2013): Die Vogelwelt des Pürgschachen Moores. – In: KREINER D. und MARINGER A. (Hrsg.): Enns und Moor. – Weng im Gesäuse. (=Schriften des Nationalparks Gesäuse 10), 184-189.

- SPITZER K., JAROŠ J., LICHTENBERGER F. und MALICKY H. (1996): Die Biodiversität der Schmetterlingsfauna des Pürgschachenmoores im steirischen Ennstal und ihr Schutzwert. – In: Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft österreichischer Entomologen 48, 87-97.
- SPOHN M. und SPOHN R. (2016): Bäume und ihre Bewohner. Der Naturführer zum reichen Leben an Bäumen und Sträuchern. – Bern.
- STEINER G. M. (Hrsg.) (2005a): Moore. Von Sibirien bis Feuerland. – Linz.
- STEINER G. M. (2005b): Moortypen. – In: STEINER G. M. (Hrsg.): Moore. Von Sibirien bis Feuerland. – Linz, 5-26.
- STEINER G. M. (2005c): Zum Verständnis der Ökohydrologie von Hochmooren. – In: STEINER G. M. (Hrsg.): Moore. Von Sibirien bis Feuerland. – Linz, 27-40.
- SUCCOW M. und JESCHKE L. (1990²): Moore in der Landschaft. Entstehung, Haushalt, Lebewelt, Verbreitung, Nutzung und Erhaltung der Moore. – Thun und Frankfurt am Main.
- SUCCOW M. und JOOSTEN H. (Hrsg.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. – Stuttgart.
- SWINDLES G. T., MORRIS P. J., MULLAN D. J., PAYNE R. J., ROLAND T. P., AMESBURY M. J., LAMENTOWICZ M., TURNER T. E., GALLEGOS-SALA A., SIM T., BARR I. D., BLAAUW M., BLUNDELL A., CHAMBERS F. M., CHARMAN D. J., FEURDEAN A., GALLOWAY J. M., GALKA M., GREEN S. M., KAJUKALO K., KAROFELD E., KORHOLA A., LAMENTOWICZ L., LANGDON P., MIRCISZ K., MAUQUOY D., MAZEI Y. A., MCKEOWN M. M., MITCHELL E. A. D., NOVENKO E., PLUNKETT G., ROE H. M., SCHONING K., SILLASOO Ü., TSYGANOV A. N., VAN DER LINDEN M., VÄLIRANTA M. und WARNER B. (2019): Widespread drying of European peatlands in recent centuries. – In: Nature Geoscience 12 (11), 922-928.
- TANNEBERGER F., MOEN A., BARTHELMES A., LEWIS E., MILES L., SIRIN A., TEGETMEYER C. und JOOSTEN H. (2021): Mires in Europe – Regional Diversity, Condition and Protection. – In: Diversity 13 (8), 381.
- TANNEBERGER F. und SCHROEDER V. (2023): Das Moor. Über die faszinierende Welt zwischen Wasser und Land und warum sie für unser Klima so wichtig ist. – München.
- TIEMEYER B., BECHTOLD M., BELTING S., FREIBAUER A., FÖRSTER C., SCHUBERT E., DETTMANN U., FRANK S., FUCHS D., GELBRECHT J., JEUTHER B., LAGGNER A., ROSINSKI E., LEIBER-SAUHEITL K., SACHTELEBEN J., ZAK D. und DRÖSLER M. (2017): Moorschutz in Deutschland – Optimierung des Moormanagements in Hinblick auf den Schutz der Biodiversität und der Ökosystemleistungen. Bewertungsinstrumente und Erhebung von Indikatoren. – Bonn. (=BfN-Skripten 462).
- TIMMERMANN T., JOOSTEN H. und SUCCOW M. (2009): Restaurierung von Mooren. – In: ZERBE S. und WIEGLEB G. (Hrsg.): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. – Heidelberg, 55-94.
- TETZLAFF B., HOLSTEN B. und TREPPEL M. (2015): Bedeutung der Moore für den Gewässerschutz. – In: TELMA – Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde Beiheft 5, 113-132.
- TREPPEL M. (2015): Höhenverluste von Moorböden – eine Herausforderung für Wasserwirtschaft und Landnutzung. – In: TELMA – Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde Band 45, 41-52.

UMWELTBUNDESAMT (o.J.): Natura 2000; <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/naturschutz/schutzgebiete/natura2000> (17.3.2024).

UMWELTBUNDESAMT (2023): Historischer Moorkataster; <https://storymaps.arcgis.com/stories/f7b83bcc8f5b4b608b82b4487340adcd> (6.10.2024).

VOLKMER J. (2013): Heuschrecken im Pürgschachen Moor. – In: KREINER D. und MARINGER A. (Hrsg.): Enns und Moor. – Weng im Gesäuse. (=Schriften des Nationalparks Gesäuse 10), 167-171.

VON OHEIMB G., KÖBBING J. F. und GROTH M. (2014): Klimaschutz: Beispiel Moornaturierung. – In: HEINRICHS H. und MICHELSEN G. (Hrsg.): Nachhaltigkeitswissenschaften. – Berlin und Heidelberg, 455-474.

WELPELO C., DUBBERT M., TIEMEYER B., KNOHL A. und PIAYDA A. (2024): Birch (*Betula pubescens* Ehrh.) Encroachment Alters Contribution of Plant Functional Groups to Ecosystem Carbon Cycling in a Rewetted Bog. – In: Ecology and Evolution 14 (12), e70745.

WICHTMANN W. und WICHMANN S. (2011): Paludikultur: Standortgerechte Bewirtschaftung wiedervernässter Moore. – In: TELMA – Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde Beiheft 4, 215-234.

WIESMAIR B. (2013): Ergebnisse zur Lepidopteren-Fauna des Paltenspitz und des Pürgschachen Moores am GEO-Tag der Artenvielfalt 2012. – In: KREINER D. und MARINGER A. (Hrsg.): Enns und Moor. – Weng im Gesäuse. (=Schriften des Nationalparks Gesäuse 10), 178-183.

WINTEREDER S. (2017): Die Vegetation des Pürgschachenmoores und ihre Entwicklung seit Beginn des 20. Jahrhunderts. – Diplomarbeit, Universität Wien, Wien.

ZERBE S. (2019): Renaturierung von Ökosystemen im Spannungsfeld von Mensch und Umwelt. Ein interdisziplinäres Fachbuch. – Berlin.