

Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz	N.F. 22	4	713-738	2019	Freiburg im Breisgau 19.12.2019
----------------------------------------------------	---------	---	---------	------	------------------------------------

Zur Natürlichkeit der Waldkiefer (*Pinus sylvestris* L.) im Preiselbeer-Fichten-Tannenwald (*Vaccinio-Abietetum* Oberd. 57) - eine Fallstudie aus dem Nationalpark Schwarzwald

CARINA BAUM^{*}, STEFANIE GÄRTNER[†], MARC FÖRSCHLER², ALBERT REIF¹



Abbildung 1: Kiefern- und Fichtenverjüngung unter stehendem Totholz im Preiselbeer-Fichten-Tannenwald am Hohen Ochsenkopf, Nordschwarzwald

^{*} Carina Baum, Prof. Dr. Dr. h.c. Albert Reif, Professur für Standorts- und Vegetationskunde, Tennenbacher Str. 4, 79085 Freiburg im Breisgau. E-Mail: baum-carina@web.de, albert.reif@waldbau.uni-freiburg.de

[†] Dr. Stefanie Gärtner, Dr. Marc Förschler, Nationalpark Schwarzwald, Kniebisstr. 67, Fachbereich Ökologisches Monitoring, Forschung und Artenschutz, 77740 Bad Peterstal-Griesbach. E-Mail: Stefanie.Gaertner@nlp.bwl.de, Marc.Foerschler@nlp.bwl.de

Zusammenfassung In fast allen mitteleuropäischen Waldgesellschaften ist die Waldkiefer (*Pinus sylvestris* L.) nicht konkurrenzfähig und würde dort von Natur aus, also in der potentiellen natürlichen Vegetation, nicht vorkommen. Erst unter Extrembedingungen, wenn die Schatt- und Halbschattbaumarten ausfallen, kann sie Waldgesellschaften bilden. Eine Zwischenstellung nehmen Waldgesellschaften ein, in welchen die Vitalität der Schatt- und Halbschattbaumarten reduziert ist. In einigen von diesen kann sich die Kiefer auf ausreichend großen Lücken verjüngen und zusammen mit den anderen Baumarten heranwachsen. Ist die Wüchsigkeit der Waldkiefer in Relation zu den anderen Baumarten groß genug, dann kann sie sogar in ältere Bestände miteinwachsen und Teil des Schlusswaldes werden. Basierend auf diesen Kenntnissen nimmt man an, dass die Waldkiefer als untergeordnete Begleitbaumart auch Bestandteil der Klimaxvegetation einiger Ausprägungen des Preiselbeer-Fichten-Tannenwaldes (*Vaccinio-Abietetum* Oberd. 57) ist. Allerdings kann diese Annahme aufgrund der überall in Mitteleuropa vorliegenden anthropogenen Überformung nicht durch empirische Erhebungen geprüft werden. Zur Überprüfung benötigt man ausreichend große Flächen in Wäldern mit einer naturnahen Bestockung des Preiselbeer-Fichten-Tannenwaldes, welche sich nach einem großflächigen Bestandeszusammenbruch über lange Zeit natürlich entwickeln konnten.

Eine derartige Situation findet sich im Nationalpark Schwarzwald im Bereich des ehemaligen Bannwaldes „Hoher Ochsenkopf“. Dort sind nach den Stürmen des Jahres 1990 in den Fichtenbeständen mit beigemischten Waldkiefern größere Freiflächen entstanden. In den angrenzenden Beständen traten Borkenkäferkalamitäten auf, die vor allem die Fichtenanteile absterben ließen (AHRENS et al. 2002). Auf diesen Kalamitätsflächen entwickelte sich über 25 Jahre ungestört die Verjüngung von Waldkiefern und Fichten (*Picea abies* L.). Dies bot die seltene Gelegenheit, das Konkurrenzverhältnis der beiden Koniferenarten nahezu unbeeinflusst von menschlichen Eingriffen und anderen Baumarten zu untersuchen. Dazu wurden von drei Beständen Probeflächen von insgesamt ungefähr 4 Hektar Größe mit unterschiedlichen Expositionen gewählt, um die Verjüngung der Baumarten zu vergleichen. Es galt Anhaltspunkte zu finden, ob die Waldkiefer in der Lage ist, im natürlichen Sukzessionsprozess wieder größere Anteile an den Waldgesellschaften des Hohen Ochsenkopfes einzunehmen und damit Bestandteil der Schlusswaldgesellschaft des *Vaccinio-Abietetum* zu werden, wie es ihr in älterer Literatur nachgesagt wurde (z. B. OBERDORFER 1938, ANDLER & KLINK 1987) und auch heute noch wird (REIDL et al. 2013).

Im Verlauf einer Inventur auf drei Probeflächen war die relative Dichte der Fichtenverjüngung wesentlich höher als die Dichte der Waldkiefern. Die Wachstumsparameter Baumhöhe, Durchmesser und Terminaltrieblänge zeigten auf der nordöstlich exponierten Fläche signifikante Unterschiede zugunsten der Waldkiefern. Bei den anderen beiden Beständen deutete sich eher eine Überlegenheit der Fichte an. Auch wiesen Kiefern signifikant häufiger Wildschäden auf als Fichten. Da die Kiefer den Kulminationspunkt des Wachstums früher erreicht als die Fichte, muss angenommen werden, dass die Waldkiefer in der natürlichen Sukzession bestenfalls marginale Anteile erreichen wird - zumindest auf den nicht-hydromorphen Böden des Vaccinio-Abietetum im Ostschwarzwald.

Schlüsselwörter: Waldkiefer, *Pinus sylvestris*, Vaccinio-Abietetum, Verjüngungskonkurrenz, Kalamitätsflächen, Hoher Ochsenkopf, *Picea abies*

Abstract In almost all Central European forest communities Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) cannot be regarded as a component of the potential natural vegetation due to its limited competitive ability. Only under extreme site conditions, such as when trees with high and intermediate shade tolerance fail to grow can Scots pine form distinct forest communities. However, an intermediate situation can be imagined, for instance when the vitality of trees with high and intermediate shade tolerance on a site is reduced. In sufficiently large gaps the Scots pine could eventually regenerate and grow up together with other tree species and become part of the climax forest. Based on this, it can be assumed that in some sub-associations of the Vaccinio-Abietetum, Scots pine can become a component of the climax vegetation. However, this mostly remains hypothetical as it cannot be tested by empirical surveys because of the strong anthropogenic influence on forests in Central Europe. It would require sufficiently large-scale forest disturbance areas in forests with near-natural tree species composition of Vaccinio-Abietetum which would be left to develop naturally over a long time.

Such a situation occurred in the Black Forest National Park in the area of the 'Hoher Ochsenkopf', also previously a strictly protected forest reserve. Severe storms in 1990 caused a large wind-throw in an area consisting of spruce stands mixed with Scots pine. In adjacent stands a spruce bark beetle infestation eliminated the spruce trees (AHRENS et al. 2002). In this area the natural regeneration of Scots pine and spruce (*Picea abies* L.) developed without direct human disturbances over 25 years. This provided one of the very rare opportunities to study the competitive relationship between the regenerating pine and spruce trees. Three stands with an area totaling

approximately four hectares with various exposures were chosen to compare density and the morphology of the regeneration of spruce and pine. The aim was to determine whether Scots pine is able to remain in the canopy under conditions of natural succession, and eventually become a component in the potential natural 'climax' vegetation of the *Vaccinio-Abietetum*, as it is described in older literature (e.g. OBERDORFER 1938, ANDLER & KLINK 1987), and as it is assumed by recent authors (REIDL et al. 2013).

In all three stands selected the relative density of the regenerating spruce was much higher than that of the pine. In the stand with a north-east exposition, the heights, diameters and terminal shoot lengths of the spruce were significantly greater than the pine. In the other two stands it was observed that the spruce have grown slightly better than the pine. Damage by roe and red deer caused significantly higher damage on pine.

Since the pine reaches the culmination of growth point earlier than spruce, it has to be assumed that the Scots pine, as natural succession proceeds, will at best, only reach marginal proportions - at least on the non-hydromorphic soils of the *Vaccinio-Abietetum* in the eastern Black Forest.

Key words: Scots pine, *Pinus sylvestris*, *Vaccinio-Abietetum*, competition of regeneration, calamity areas, Hoher Ochsenkopf, *Picea abies*



Abbildung 2: Waldkiefern- und Fichtenverjüngung auf einer 1990 initiierten Lücke im Preiselbeer-Fichten-Tannenwald am Hohen Ochsenkopf, Nationalpark Schwarzwald

1. Einleitung

Die Waldkiefer (*Pinus sylvestris* L.) ist eine Baumart, die auf Extremstandorten vorkommt, dort von ihrer Stresstoleranz profitiert und durch das Ausfallen anderer konkurrierender Baumarten ökologisch sehr verschiedene Waldgesellschaften bildet (vgl. ELLENBERG & LEUSCHNER 2010; OBERDORFER 1992). Ihre weite physiologische Amplitude ermöglicht es ihr, in verschiedenen Waldgesellschaften als Pionier- oder Mischbaumart beteiligt zu sein; in Mittelgebirgen meistens in Form von schlankkronigen Höhenkiefern. Die Waldkiefer wurde und wird weit über ihre ökologische Amplitude hinaus angebaut, wobei die Natürlichkeit ihres Vorkommens in vielen Waldgesellschaften unklar ist. Dies hat beispielsweise Auswirkungen auf die Beurteilung der Naturnähe von Wirtschaftswäldern, wie sie etwa durch die Bundeswaldinventur vorgenommen wird (BMEL 2016).

Während die Konkurrenzunterlegenheit der Waldkiefer für die meisten Waldgesellschaften außer Frage steht, ändert sich die Situation bei zunehmend kalt-kontinentalem Klima und auf sehr armen Böden. So wird die Waldkiefer von einigen Autoren als Nebenbaumart (mit geringen Anteilen und niedriger Stetigkeit) der potentiell natürlichen Waldgesellschaft (pnW) des Preiselbeer-Fichten-Tannenwaldes (*Vaccinio-Abietetum* Oberd. 1957) (OBERDORFER 1992, WALENTOWSKI et al. 2004, PRICEWATERHOUSECOOPERS & Ö:KONZEPT 2013, SUCK et al. 2014), beziehungsweise des ökologisch entsprechenden Beerstrauch-Tannenwaldes in Weißmoos-Ausbildung (REIDL et al. 2013) gesehen, in welchem Tanne, Fichte und Buche (letztere mit reduzierter Vitalität) von Natur aus dominieren würden (WALENTOWSKI 1998). Andere Autoren betonen die fehlende Naturverjüngung der Waldkiefer in Beständen dieses Waldtyps, zumindest unter intaktem Kronendach (STIERSTORFER 1996) oder sehen die Waldkiefer lediglich als Pionier bis hin zu einer „Prae-Klimax“-Art (LEIBUNDGUT 1982).

Allerdings sind heute praktisch alle Bestände des *Vaccinio-Abietetum* durch jahrhundertealte Waldnutzungen überformt, mit der Folge der Begünstigung von Nadelbäumen, einschließlich der Waldkiefer. Empirische Belege für die Baumartenzusammensetzung und damit der Konkurrenzfähigkeit und infolgedessen auch Natürlichkeit der Waldkiefer in den früheren Naturwäldern fehlen jedoch.

Fragestellung

Aufgrund der Biologie und Ökologie der Waldkiefer als langlebiger, sehr lichtbedürftiger Pionierbaum ist zu postulieren, dass zur Etablierung von Jungwüchsen zumindest sehr große Bestandeslücken existieren müssen. In

solchen Lücken könnten die heranwachsenden Kiefern aufgrund des früheren Kulminationspunktes (SCHÖPFER & DAUBER 1989) einen genügend großen Wuchsvorsprung erlangen, um sich gegen die ebenfalls aufwachsenden jungen Fichten zu behaupten. So können die Kiefern in ältere Baumholzstadien einwachsen und damit auch Bestandteil des potentiell natürlichen Schlusswaldes werden. Dies erfordert standörtliche Eigenschaften, welche das Wachstum der jungen Tannen und Fichten im Vergleich zu den jungen Waldkiefern verlangsamt, also etwa sehr nährstoffarme, zugleich nasse oder flachgründig-felsige, südexponiert-bodentrockene Standorte bei (hoch-)montan-subkontinentalem Klima.

Einzigartige Hinweise zur natürlichen Etablierung von Waldkiefern auf Standorten des nicht vernässten standörtlichen Flügels des Preiselbeer-Fichten-Tannenwaldes und somit zur Einschätzung ihrer Konkurrenzfähigkeit verdanken sich der natürlichen Waldentwicklung im Bereich des „Hohen Ochsenkopfes“ (1.054 m ü. NN) im Nordschwarzwald, einem ehemaligen Bannwald und Teil der Kernzone des Nationalparks Schwarzwald. Als potentiell natürliche Waldvegetation muss für dessen Oberhang ein Beerstrauch-Tannenwald in Weißmoos-Ausbildung angenommen werden (REIDL et al. 2013). Dieser stockt auf felsigen, blockreichen Böden des Buntsandsteins, welche sich durch Flachgründigkeit und Nährstoffarmut auszeichnen. Durch die Sturmereignisse des Jahres 1990 sowie nachfolgenden Borkenkäferkalamitäten, bei denen fast ausschließlich Fichten abstarben (AHRENS et al. 2002), entstanden große Kahlflächen. Viele der in den Fichtenwäldern eingemischten Waldkiefern überlebten jedoch, wurden freigestellt und fungierten als Samenquelle. Daher konnte sich auf den neu entstandenen großen Freiflächen neben der Fichte und der Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*) auch die lichtbedürftige Waldkiefer ansamen, sich der Pionierwald über Jahrzehnte natürlich entwickeln.

Um Hinweise über die künftige Entwicklung dieses Preiselbeer-Fichten-Tannenwaldes zu bekommen, wurden am Oberhang des „Hohen Ochsenkopfes“ die Unterschiede in Wachstum und Vitalität von Waldkiefer und Fichte vergleichend herausgearbeitet. Damit sollten auch Anhaltspunkte zum Wachstumspotential der Waldkiefer insbesondere gegenüber der Fichte nach großflächigen Störungen auf potenziell geeigneten Standorten unter sehr naturnahen Bedingungen erlangt werden. Hierzu wurden folgende Fragen abgeleitet:

Wie hoch sind die Individuendichten von Waldkiefer und Fichte nach Sturmwurf im Pionierwald?

Wie groß ist das Wachstum von Waldkiefer im Vergleich zur Fichte?

Wie unterscheidet sich die Vitalität (Wildschäden, Krankheitssymptome, Bekronungsgrad) von Waldkiefer und Fichte?

2. Untersuchungsgebiet „Hoher Ochsenkopf“

Der Hohe Ochsenkopf liegt mit 1.054 Metern über dem Meeresspiegel im Nordschwarzwald zwischen dem Mittleren Murgtal im Osten und dem Oberrheintal im Westen (AHRENS et al. 2002). Auf der nächstgelegenen Messstation wurde ein Jahresdurchschnittsniederschlag von 1.790 mm, mit Schwankungen innerhalb der Messperiode zwischen 1.254 mm und 2.744 mm gemessen. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 5,5°C, mit durchschnittlich -2,5°C im Januar und 14°C im Juli und August (AHRENS et al. 2002). Die Gipfellage ist geprägt durch steten und starken Wind, meist aus westlicher bis südwestlicher, teilweise auch aus östlicher Richtung kommend. Der Mittlere Buntsandstein bildet das Ausgangsgestein aus welchem sich saure, nährstoffarme, bodenskelett- bis blockreiche podsolige Hochlagen-Sandböden mit Rohhumusaufgaben entwickelten (AHRENS et al. 2002). Bezüglich der potentiell natürlichen Vegetation würde nach REIDL et al. (2013, S. 272) natürlicherweise im Untersuchungsgebiet ein „Beerstrauch-Tannenwald im Übergang zu und/oder Wechsel mit Hainsimsen-(Fichten-)Tannen-Buchenwald; stellenweise auch Moorzirben mit Waldkiefer“ vorherrschen.

Spätestens seit dem Mittelalter wurde der Gipfelbereich jahrhundertlang als Hochweide genutzt, auch Streunutzung im 18. Jahrhundert muss angenommen werden, was die Waldkiefer begünstigte. Nach der Wiederbewaldung seit dem 19. Jahrhundert durch natürliche Sukzession und Pflanzung hatten sich die Baumartenanteile verändert. Die Fichte (*Picea abies* L.) dominiert heute absolut, Tanne (*Abies alba* Mill.) und Waldkiefer wurden zurückgedrängt (ANDLER & KLINK 1987), die Buche ist bis heute fast völlig aus dieser Waldgesellschaft verschwunden. HABERMANN (1993) vermutet in der Waldbiotopkartierung, dass auch die natürliche Sukzession ohne menschliche Eingriffe in Richtung Fichtenwald fortgesetzt werden würde, aufgrund der Verschiebung der Baumartenanteile durch die andauernde Wirkung der menschlichen Einflüsse.

Im Jahr 1970 wurde ein 41,1 ha großer Bannwald ausgewiesen, der zudem 1975 Naturschutzgebiet wurde (AHRENS et al. 2002). Im Jahr 2000 wurde der Bannwald auf 100,7 ha erweitert, heute ist er Teil der Kernzone des Nationalparks Schwarzwald. 1986 wurde zum Schutz des Auerwildes zudem ein etwa 600 ha großes Vogelschutzgebiet um den Hohen Ochsenkopf ausgewiesen.

Sturmwürfe der Orkane „Vivian“ und „Wiebke“ des Jahres 1990 sowie nachfolgende Borkenkäferkalamitäten ließen, laut der Luftbildauswertung von 1996, fast 6 ha der Bannwaldfläche „Hoher Ochsenkopf“ absterben (AHRENS et al. 2002). 1995 wurde im Bannwald eine forstliche

Grundaufnahme mit einem Gitternetz von 50 x 50 m und 135 Punkten durchgeführt. Den größten Baumartenanteil nahm die Fichte mit 85 % ein. Der Anteil der Waldkiefern betrug 8 % (AHRENS et al. 2002) (Tab. 1).

Tabelle 1: Vorrat und Individuenzahl in den einzelnen Baumhöenschichten gemäß der forstlichen Grundaufnahme 1995 am Hohen Ochsenkopf (aus AHRENS et al. 2002).

Höhe (m)	2 - 15		15 - 20		20 - 25		25 - 30	
	Vorrat (fm/ha)	Anzahl (n/ha)	Vorrat (fm/ha)	Anzahl (n/ha)	Vorrat (fm/ha)	Anzahl (n/ha)	Vorrat (fm/ha)	Anzahl (n/ha)
Laubhölzer	1	3	1	1				
Fichte	26	231	62	92	87	59	6	3
Tanne	1	7	1	2	5	3	2	1
Waldkiefer	6	15	14	17	4	3	1	0
Latsche	1	13						

In der Verjüngung (aufgenommen wurden Jungbäume bis 1,50 m Größe) war die Fichte mit 97 % absolut dominierend vorhanden (AHRENS et al. 2002). Der Anteil an Schältschäden war damals mit 13 % bemerkenswert hoch (BÜCKING et al. 1998).

3. Probeflächen und Methodik

Im Bannwald „Hoher Ochsenkopf“ haben sich Sukzessionsbestände mit Waldkiefern und Fichten angesiedelt. Im Unterwuchs dominiert die Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), gemischt mit Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) und wenigen weiteren Gefäßpflanzenarten. Dies bietet die seltene Gelegenheit, für diesen Standort und damit für den nicht vernässten standörtlichen Flügel des Preiselbeer-Fichten-Tannenwaldes das Konkurrenzverhältnis zwischen Fichten und Kiefern ohne der Einwirkung forstlicher Eingriffe und weitestgehend ohne dem Einfluss anderer Baumarten zu quantifizieren. Zu diesem Zweck erwiesen sich drei Bestände mit verschiedenen Expositionen als geeignet (Abb. 3 – 6). Drei jeweils größere, in sich homogene Bestände wurden identifiziert und Inventuren durchgeführt (Abb. 3). Alle drei Flächen liegen auf saurem, nährstoffarmem, podsoligem, stark bodenskelett- bis blockreichem Hochlagensand aus Buntsandsteinverwitterung (AHRENS et al. 2002).

Fläche 1 war in südwestlicher Richtung exponiert, Fläche 2 in nordöstlicher Richtung und Fläche 3 in Richtung Süden. Als Stichprobendesign wurde eine Kombination aus einem systematischen Ansatz in Form von Transektlinien, die in 30 Meter-Abständen zueinander eingezeichnet wurden, und der Point-Centered-Quarter-Methode (PCQ-Methode, vgl. MITCHELL 2007), angewendet. Die PCQ-Methode ist eine vom Stichprobenpunkt aus distanzbasierte Methode zur Erfassung der vorkommenden Baumarten und ihrer Anzahl. Die Stichprobenpunkte (PCQ-Punkte) wurden im Abstand von 35 m entlang der Transektlinien gesetzt (Abb. 4 bis 6; GPS-Koordinaten im Anhang). Insgesamt wurden aufgrund dort jeweils fehlender Kiefernverjüngung sechs Point-Centered-Quarter-Punkte nicht direkt inventarisiert.

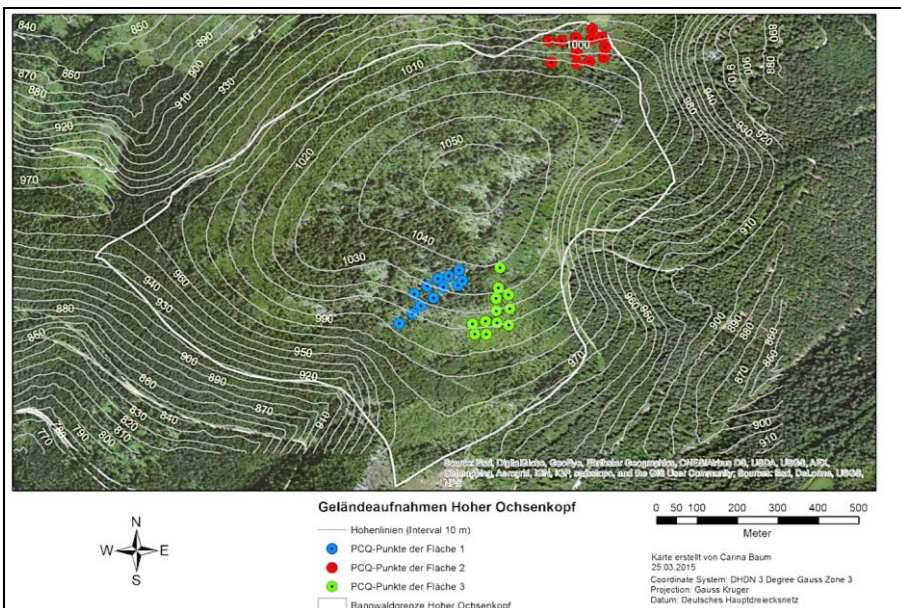


Abbildung 3: Lage der drei Bestände bzw. der Probestflächen am „Hohen Ochsenkopf“, Nordschwarzwald

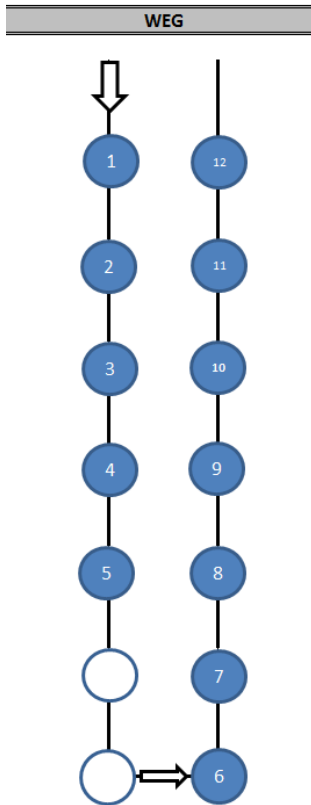


Abbildung 4: Anordnung der PCQ-Punkte auf Fläche 1. Kennzeichnung: PCQ-Punkte 1 bis 12 (●), Punkte ohne Kiefernverjüngung (○). Anfangspunkt nach zufällig gewähltem Abstand von 6 m. Verlauf der Transekte in 240 Grad südwestlicher Richtung.

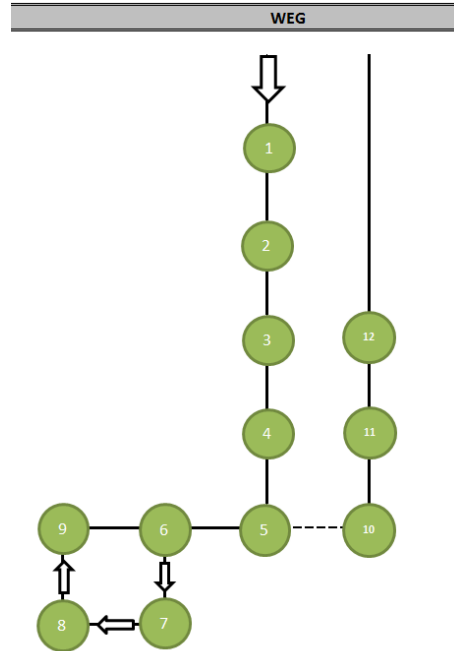


Abbildung 5: Anordnung der PCQ-Punkte auf Fläche 3. Kennzeichnung: PCQ-Punkte 1 bis 12 (●). Anfangspunkt nach zufällig gewähltem Abstand von 2 m. Verlauf der Transekte in 180 Grad südlicher Richtung.

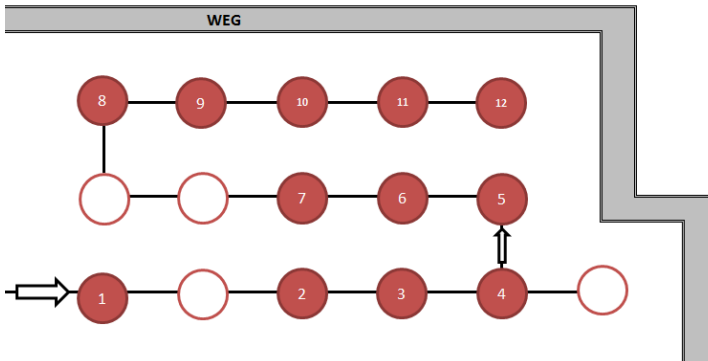


Abbildung 6: Anordnung der PCQ-Punkte auf Fläche 2. Kennzeichnung: PCQ-Punkte 1 bis 12 (●), Punkte ohne Kiefernverjüngung (○), Anfangspunkt nach zufällig gewähltem Abstand von 3 m. Verlauf der Transekte in 80 Grad nordöstlicher Richtung.

3.1 Dichte

Der erste Probestpunkt auf dem ersten Transekt einer jeden Fläche wurde zufällig gewählt. Aufgenommen wurden Jungwüchse ab einer Mindesthöhe von 30 cm mit einer maximalen Entfernung eines Baumes zum Mittelpunkt des PCQ-Punktes von 10 m, diese Maximalentfernung wurde gewählt um eine doppelte Messung von benachbarten Mittelpunkten zu vermeiden. Hieraus wurde unter Anwendung der distanzbasierten Point-Centered-Quarter-Methode (Abb. 7) die Individuenzahl pro Hektar nach Mitchell (2007) berechnet. Dazu wurden in den vier Quadranten jeweils die Entfernung der am nächsten zum Mittelpunkt wachsenden Waldkiefer und die Entfernung der am nächsten zum Mittelpunkt wachsenden Fichte bestimmt.

Punkte mit Fichtenverjüngung, jedoch ohne Kiefernverjüngung (siehe weiße Punkte Abb. 4 und 6) wurden zwar nicht vermessen, jedoch wurde für die Kiefer die entsprechende Information in die hektarbezogene Dichteberechnung integriert, indem die auf den Inventurpunkten gemessene Kieferndichte anhand aller Inventurpunkte relativiert wurde, was zur angepassten Reduktion der Kieferanteile führt. Bei der Dichteberechnung der Fichten wurden alle Punkte insofern einbezogen, indem angenommen wurde, dass auf den nicht aufgenommenen Flächen die Fichtenverjüngung zahlenmäßig dem Anteil ansonsten vorkommender Kiefernverjüngung entspricht, was zur angepassten Erhöhung der Fichtenanteile führt.

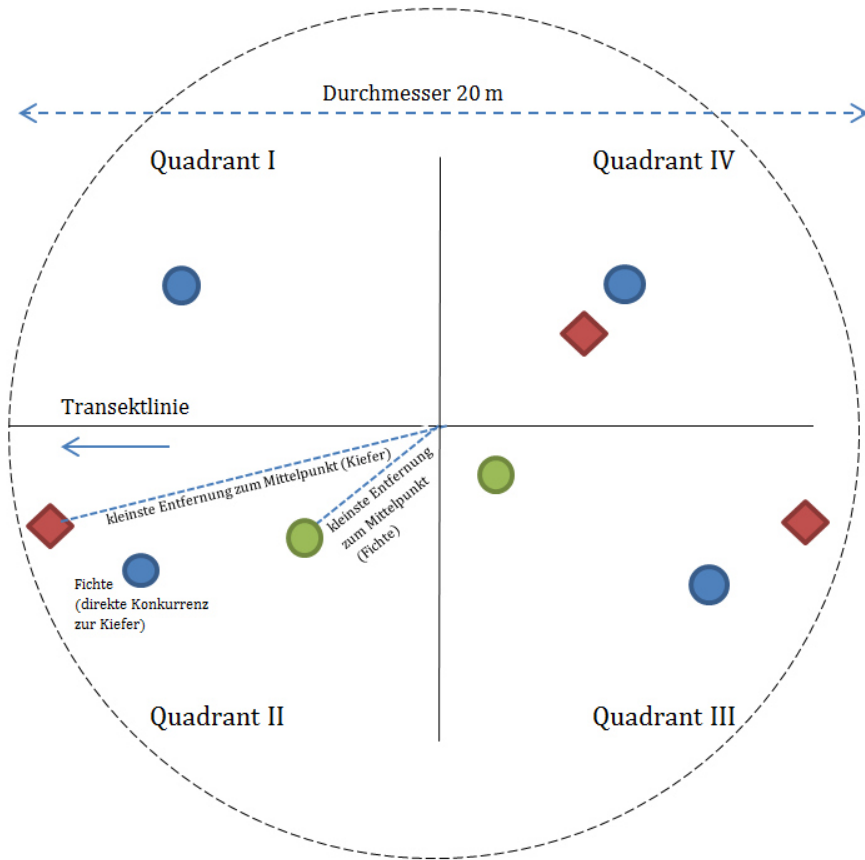


Abbildung 7: PCQ-Punkt auf Transekt mit Datenaufnahme. Distanzbasierte Methode. Die Individuenzahl pro Hektar wurde durch die Entfernung der in jedem Quadranten am nächsten zum Mittelpunkt wachsenden Kiefer (\blacklozenge) und der am nächsten zum Mittelpunkt wachsenden Fichte (\bullet) berechnet. Alle Wachstums- und Vitalitätsparameter wurden an den Kiefern sowie an der mit der Kiefer konkurrierenden Fichte (\bullet) aufgenommen.

3.2 Wachstums- und Vitalitätsparameter

Die Terminaltrieblänge der aktuellen Vegetationsperiode, der Stammdurchmesser in 30 cm Höhe und die Baumhöhen wurden gemessen. Weiterhin wurde die Kronenlänge gemessen, um den Bekronungsgrad, welcher sich aus der Division der Kronenlänge durch die Baumhöhe ergibt, berechnen zu können. Schäden durch Wild und Krankheiten wurden aufgenommen. Dazu wurden die Koniferen optisch auf Verbiss, Schälung, Fege-Anzeichen, Nadelverlust, Nadelverfärbungen, Insekten- oder Pilzbefall

untersucht. Es wurde versucht, bei der Aufnahme von Wildschäden und Krankheitsanzeichen den subjektiven Einfluss möglichst gering zu halten. Deswegen wurden lediglich diejenigen Auffälligkeiten ausgewertet, bei denen eindeutige Schäden oder Krankheitssymptome zu erkennen waren. Die Wachstums- und Vitalitätsparameter wurden je Quadrant an der am nächsten zum Mittelpunkt wachsenden Kiefer sowie an der mit der Kiefer konkurrierenden Fichte aufgenommen.

3.3 Standortparameter

Am Mittelpunkt eines jeden Probepunkts wurde die Höhe der Bodenvegetation gemessen, die Lichtverfügbarkeit auf den verschiedenen Flächen wurde unter Verwendung der Software ArcGIS (ArcMap 2015, Version 10.2) bestimmt, und es wurde an jedem Probepunkt geschätzt, ob die Entfernung zum nächsten Samenbaum größer oder kleiner 20 m war. Dieser Abstand wurde gewählt, da innerhalb der ersten 20 m 60% der Samen zu Boden sinken (EBERT 2006).

4. Ergebnisse

4.1 Individuendichten von Waldkiefer und Fichte

Die absolute Dichte an Waldbäumen nach 25 Jahren Sukzession betrug in den drei inventarisierten Beständen 3.800 Baumindividuen pro Hektar. Die Dichte an Waldkiefern war mit 257 Waldkiefern pro Hektar wesentlich geringer als die der Fichten, was zugleich einem Kiefernanteil von 6,8 % entspricht. Die Anteile der Baumindividuen in den drei Beständen variierten stark (Fläche 1: 2.900 Bäume/ha, davon 343 Kiefern/ha = Anteil von 11,8 %; Fläche 2: ebenfalls 2.900 Bäume/ha, davon 75 Kiefern/ha = Anteil von 2,6 %; Fläche 3: 6.700 Bäume/ha, davon 600 Kiefern/ha = Anteil von 8,9 %).

4.2 Wachstum der Waldkiefer im Vergleich zur Fichte

Der Höhen- und Durchmesservergleich der beiden Baumarten ergab im gesamten Vergleich und auf Fläche 1 und 3 keinen signifikanten Unterschied. Jedoch konnte auf Fläche 2 ein signifikanter Unterschied in der Höhe zwischen Kiefern (Median: 189,5 cm) und Fichten (Median: 123 cm) festgestellt werden. Auf Fläche 2 konnte außerdem ein signifikanter Unterschied zwischen dem Durchmesser der Kiefern (Median: 3,5 cm) und der Fichten (Median: 2,1 cm) festgestellt werden (Abb. 8 und 9).

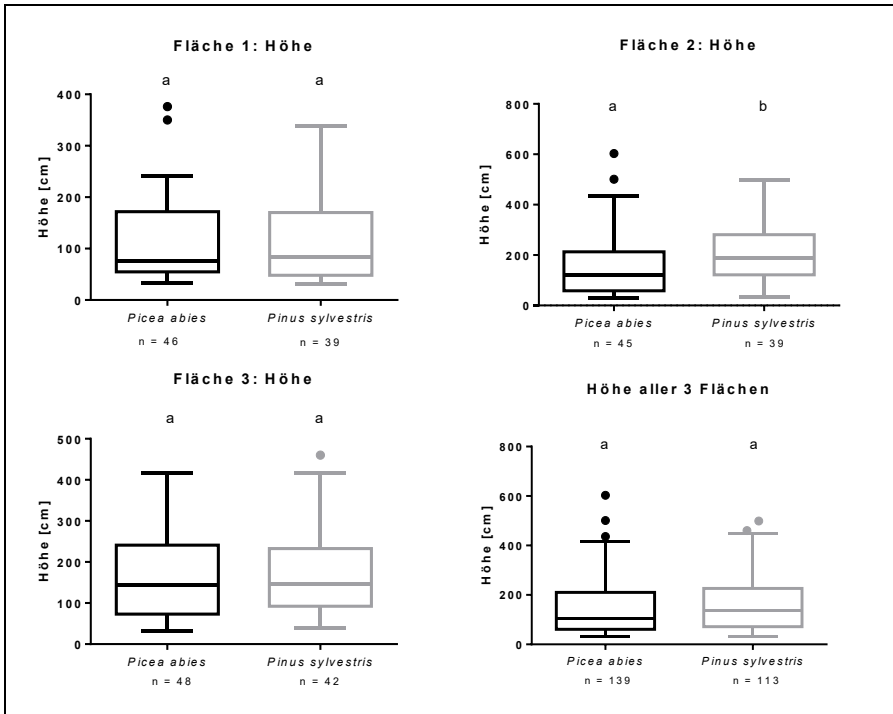


Abbildung 8: Höhenunterschiede nach 25 Jahren Walsukzession zwischen Fichten (schwarz) und Kiefern (grau) je Fläche und im gesamten Vergleich. Kennzeichnung: kein signifikanter Unterschied (aa), signifikanter Unterschied (ab). Auf der signifikant verschiedenen Fläche 2 beträgt der Median von *Picea abies* 123 cm und der Median von *Pinus sylvestris* 189,5 cm.

Boxplot-Diagramme der Mann-Whitney-U-Tests A. Auf der x-Achse ist die Baumart mit der vermessenen Anzahl an Baumindividuen (n) und auf der y-Achse ist die Höhe in cm zu sehen. Die Whisker stellen den 1,5-fachen Interquartilsabstand dar, Punkte darüber sind Daten mit einem höheren Interquartilsabstand. Die Box beinhaltet den Bereich, in dem 50 % der Daten liegen. Der Median ist gekennzeichnet als waagrecht, durchgehender Strich in der Box.

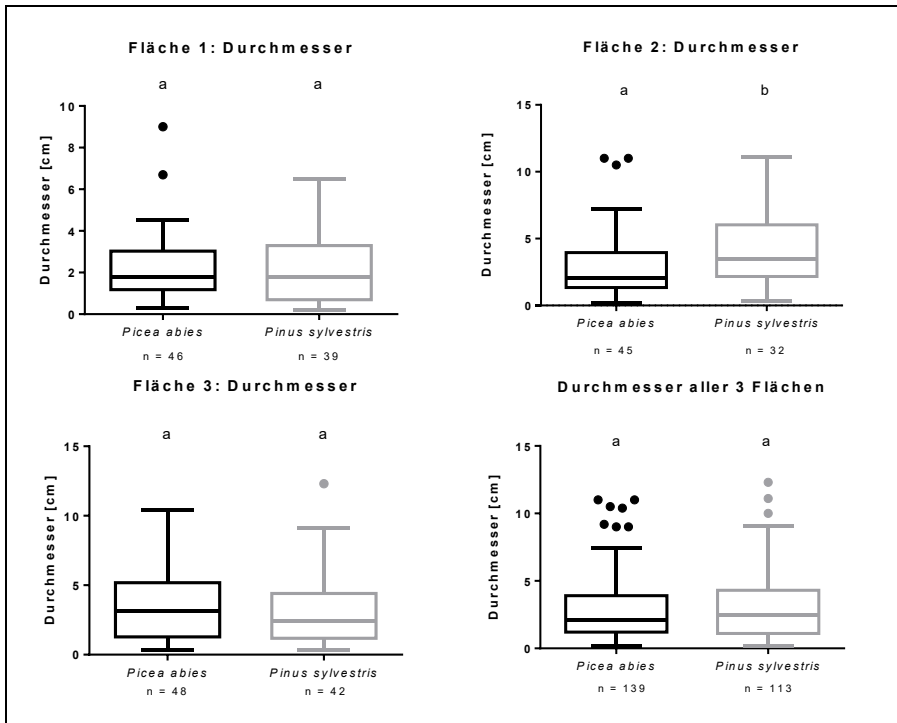


Abbildung 9: Unterschiede des Stammdurchmessers zwischen Fichten (schwarz) und Kiefern (grau) je Fläche und im gesamten Vergleich. Kennzeichnung: kein signifikanter Unterschied (aa), signifikanter Unterschied (ab). Auf der signifikant verschiedenen Fläche 2 beträgt der Median von *Picea abies* 2,1 cm und der Median von *Pinus sylvestris* 3,5 cm.

Boxplot-Diagramme der Mann-Whitney-U-Tests B. Auf der x-Achse ist die Baumart mit der vermessenen Anzahl an Baumindividuen (n) und auf der y-Achse ist der Durchmesser in cm zu sehen. Die Whisker stellen den 1,5-fachen Interquartilsabstand dar, Punkte darüber sind Daten mit einem höheren Interquartilsabstand. Die Box beinhaltet den Bereich, in dem 50 % der Daten liegen. Der Median ist gekennzeichnet als waagrechter, durchgehender Strich in der Box

Der Vergleich der Terminaltrieblängen ergab auf allen drei Flächen getrennt betrachtet und im gesamten Vergleich ein mehr als doppelt so hohes Wachstum für die Kiefer (Abb. 10, Tab. 2).

Tabelle 2: Terminaltrieblängen von Kiefer und Fichte

	Terminaltrieblänge Kiefer, Median	Terminaltrieblänge Fichte, Median
Fläche 1	12 cm	7 cm
Fläche 2	15,5 cm	3 cm
Fläche 3	14,5	7 cm
Alle Flächen	13 cm	5 cm

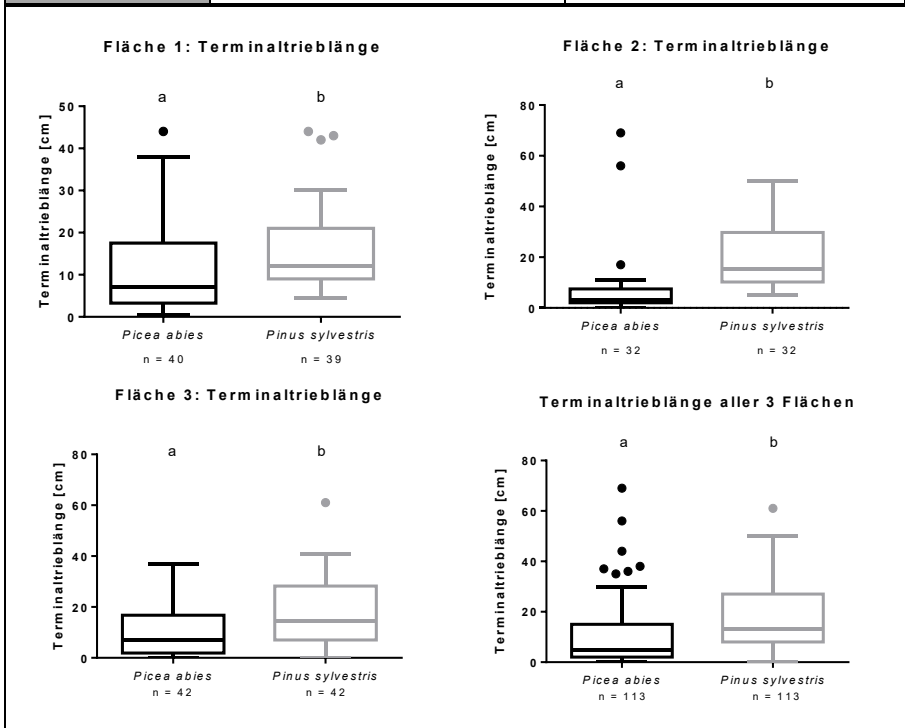


Abbildung 1: Unterschiede in den Terminaltrieblängen zwischen Fichten (schwarz) und Kiefern (grau) je Fläche und im gesamten Vergleich. Kennzeichnung: kein signifikanter Unterschied (aa), signifikanter Unterschied (ab). Auf allen Flächen und im gesamten Vergleich sind die Terminaltriebe der Kiefer signifikant länger. Boxplot-Diagramme der Mann-Whitney-U-Tests C. Auf der x-Achse ist die Baumart mit der vermessenen Anzahl an Baumindividuen (n) und auf der y-Achse ist die Terminaltrieblänge in cm zu sehen. Die Whisker stellen den 1,5-fachen Interquartilsabstand dar, Punkte darüber sind Daten mit einem höheren Interquartilsabstand. Die Box beinhaltet den Bereich, in welchem 50 % der Daten liegen. Der Median ist gekennzeichnet als waagrechter, durchgehender Strich in der Box.

4.3 Vitalitätsunterschiede zwischen Waldkiefer und Fichte

4.3.1 Krankheitssymptome und Wildschäden

Zwischen der Anzahl an Krankheitssymptomen an Kiefern oder an Fichten konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden ($p = 0,0841$). Es ergab sich jedoch ein signifikanter Unterschied zwischen der Kiefer und der Fichte hinsichtlich der Schädigung durch Wild in Form von Verbiss, dem Abschälen der Rinde oder dem Fegen des Geweihs ($p < 0,0001$) (Abb. 11).

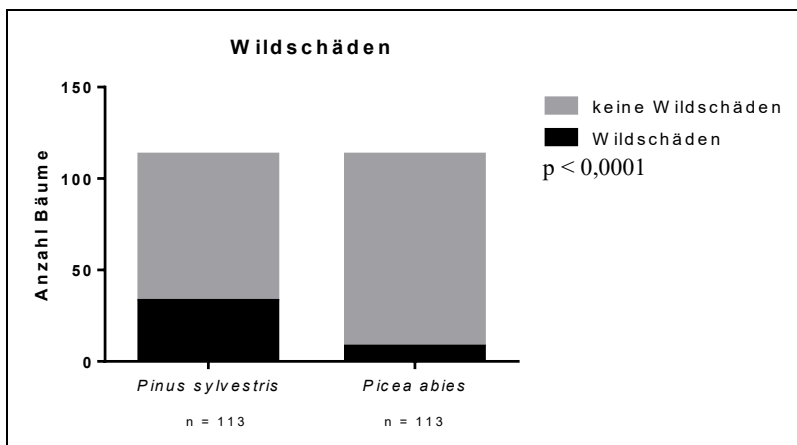


Abbildung 11: Die Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*) wird signifikant häufiger verbissen als die Fichte (*Picea abies*) (Chi-Quadrat-Test, alle Flächen, $p < 0,0001$). Auf der x-Achse ist die vermessene Anzahl an Kiefern und Fichten (n) und auf der y-Achse ist die Anzahl der Bäume zu sehen.

4.3.2 Bekronungsgrad

Der Bekronungsgrad, also die Kronenlängen in Relation zur Baumlänge, ist bei der Halbschattbaumart Fichte signifikant größer (Tab. 3). Dennoch sind die Unterschiede relativ gering, die Lichtbaumart Kiefer besitzt nach wie vor eine gut entwickelte Krone.

Tabelle 3: Bekronungsgrade von Kiefer und Fichte

	Bekronungsgrad Kiefer, Median	Bekronungsgrad Fichte, Median
Fläche 1	0,61	0,70
Fläche 2	0,61	0,50
Fläche 3	0,66	0,72

4.4 Kiefernwachstum und Standortparameter

4.4.1 Samenbaumentfernung

Zwischen einer Samenbaumentfernung größer oder kleiner als 20 m und der mit Kiefern voll besetzten Probepunkte konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (Chi-Quadrat-Test, $p = 0,5987$). Dies spricht dafür, dass den Sturm überlebende Altkiefern als Samenquelle flächendeckend zur Verfügung standen.

4.4.2 Bodenvegetation und Wachstumsparameter

Es ergab sich ein signifikanter Unterschied in den Bodenvegetationshöhen zwischen Fläche 1 (Median 47cm) und Fläche 3 (Median 65 cm). Zwischen Fläche 2 und 1, sowie zwischen Fläche 2 und 3 bestand kein signifikanter Unterschied (Tab. 4).

Tabelle 4: Ergebnisse der Korrelationstests Spearman r_s und Pearson r_p zwischen Bodenvegetationshöhen mit Baumhöhen und Terminaltrieblängen von *Pinus sylvestris* und *Picea abies*

		Boden-vegetations-höhe & Baumhöhe	Bodenvegetations-höhe & Terminaltrieb-länge
<i>Pinus sylvestris</i>			
Fläche 1	r_s	0,39	-0,30
Fläche 2	r_p	0,21	0,14
Fläche 3	$r_{s,p}$	-0,26 (S)	-0,34 (P)
<i>Picea abies</i>			
Fläche 1	r_p	-0,51	-0,28
Fläche 2	r_s	0,18	0,08
Fläche 3	r_p	-0,11	0,16

Interpretation von r (Sachs & Hedderich (2006):	
1	perfekte Korrelation
0 bis 1	Beide Variablen nehmen tendenziell gemeinsam zu oder ab.
0	Die beiden Variablen variieren zusammen überhaupt nicht.
-1 bis 0	Eine Variable nimmt zu, während die andere Variable abnimmt.
-1	perfekte negative Korrelation

5. Diskussion

In der vorliegenden Fallstudie am „Hohen Ochsenkopf“ konnte in einem Preiselbeer-Fichten-Tannenwald der Waldzustand nach etwa 25 Jahren ungestörter Sukzession aufgenommen werden. Die Bedeutung der Arbeit liegt darin, als sich hieraus Schlussfolgerungen über die Anteile der Waldkiefer in einem (heute) natürlichen Schlusswald ziehen lassen. Hierbei ist die Dichte einer Baumart in einem Bestand, also die jeweilige Häufigkeit auf einer Fläche, ein wichtiger Indikator. Außerdem kann die Ausprägung der Wachstumsmerkmale Aufschluss darüber geben, wie die Baumarten in der Konkurrenz zueinander bestehen. Standortfaktoren sind dabei von entscheidender Bedeutung, auch Wildschäden und Krankheiten können den Wachstumsverlauf beeinflussen.

5.1 Individuendichten von Waldkiefer und Fichte

Mit Hilfe der Point-Centered-Quarter-Methode wurde die Dichte der Baumindividuen gesamt und je Baumart berechnet. Dabei ergab sich, dass die Fichte durchschnittlich neunmal häufiger vertreten war als die Waldkiefer. In den forstlichen Grundaufnahmen von 1985 und 1995 (SCHÄFER & AHRENS 1996) wurden ähnliche Werte ermittelt (AHRENS et al. 2002). Im Bereich des podsoligen Hochlagen-Sands wurde während der Aufnahme 1995, also vor dem Sturmwurf, ein Fichtenanteil von 98 % im Jungwuchs bestimmt, die Kiefer war mit weniger als 1 % vertreten (AHRENS et al. 2002). Das weist darauf hin, dass auf den Flächen überwiegend bereits vor dem Sturm eine Vorausverjüngung von Fichte in der Bodenvegetation existierte, und eine erfolgreiche Ansamung und Etablierung der Waldkiefer als Mineralbodenbesiedler erst unmittelbar nach der Kalamität erfolgt sein muss.

Die durchgeführte Datenaufnahme beschränkte sich auf die bei Weitem häufigsten beiden Baumarten Waldkiefer und Fichte. Weitere Baumarten wurden nicht in die Berechnung miteinbezogen, da sie ohnehin selten waren. MITCHELL (2007) empfiehlt außerdem mindestens 20 Probepunkte aufzunehmen, um genaue Ergebnisse zu erzielen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden je Fläche nur 12 Probepunkte aufgenommen. Daher können die berechneten Werte zur Dichte nur als Orientierung gesehen werden.

5.2 Wachstum der Waldkiefer im Vergleich zur Fichte

Zur Untersuchung des Konkurrenzverhältnisses zwischen Kiefern und Fichten wurden die Wachstumsparameter Höhe, Durchmesser und Terminaltrieblänge aufgenommen. Durchmesser- und Höhenvergleiche zwischen Kiefern und Fichten ergaben auf den Flächen am Sonnenhang keine signifikanten Unterschiede, wohingegen auf Fläche 2 (Schatthang) alle Wachstumsmerkmale auf ein besseres Wachstum der Waldkiefer hinwiesen (Abb. 8 bis 10). Die Fichte auf dem Schatthang hingegen scheint sich größtenteils erst nach dem Sturmwurf angesiedelt zu haben.

Die morphologischen Unterschiede zwischen Kiefern und Fichten könnten mit einem ungleichen Wachstumsverhalten in der Jugendphase erklärt werden. Kiefern erreichen ihren maximalen Höhenzuwachs oft schon bis zum 15. Lebensjahr und der laufende Volumenzuwachs kulminiert bereits vor dem 30. Lebensjahr (SCHÜTT & STIMM 2006). Der Höhenzuwachs der Fichte hingegen erfolgt in der Jugendphase (bis zum 15. Jahr) recht langsam, danach ist sie schnellwüchsig. Ihr Höhenwachstum kulminiert im Alter zwischen 30 und 45 Jahren und der maximale Durchmesser wird oft erst bis zu 10 Jahre später erreicht (SCHMIDT 2006).

Obwohl sich auf Fläche 1 und 3 kein signifikanter Unterschied in den Höhen der beiden Koniferenarten ergab, sind die Terminaltriebe der Kiefern auf allen Flächen signifikant länger als die der Fichten. Dies weist ebenfalls darauf hin, dass die Fichten als Vorausverjüngung bereits vor dem Sturmwurf vorhanden waren, während die Kiefern sich erst danach ansamten.

5.3 Vitalitätsunterschiede zwischen Waldkiefer und Fichte

Um Aussagen über die Vitalität der beiden Arten treffen zu können wurden Wildschäden, Krankheitssymptome und die Ausbildung der Baumkrone als Indikatoren erfasst. Bei den Wildschäden ergab die Analyse eine signifikant stärkere Schädigung der Waldkiefern in Form von Verbiss, Fegen oder Schälern der Rinde durch Wild ($p < 0,0001$, siehe Abb. 11).

In der Literatur gelten Kiefern und Fichten generell als annähernd gleich verbiss- oder schälgefährdet (ROTH 1995, AMMER et al. 2010, PRIEN & MÜLLER 2010). Neueren Studien zu Folge ist die Kiefer bereits ab einem Alter von 6 Jahren stark schälgefährdet, die Fichte hingegen wird meist erst ab einem Alter von 10 Jahren vermehrt geschält. Zudem werden vom Wild bevorzugt die jungen, biegsamen Waldkiefern gefegt, die Fichte gilt als gering fegegefährdet (PRIEN & MÜLLER 2010). Die Datenaufnahmen stammen ausschließlich aus Verjüngungsflächen, was den starken signifikanten Zusammenhang zwischen Waldkiefern und der Schädigung

durch Wild erklären könnte. Allerdings muss ein Terminaltriebverlust oder eine –schädigung nicht immer Ursache von Wildverbiss sein.

Als wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Vitalität eines Baumes wurde die Kronenlänge vermessen, um mit deren Hilfe den Bekronungsgrad zu berechnen. Die Ergebnisse zeigten, dass insgesamt gesehen beide Baumarten gut ausgebildete Kronenlängen und damit eine hohe Vitalität besitzen. Dies weist auf noch relativ geringen Konkurrenzdruck zwischen den Baumindividuen hin.

5.4 Standortparameter

Die Standortfaktoren beeinflussen das Wachstum der Naturverjüngung maßgeblich (SCHÜTT & STIMM 2006), weshalb unter anderem die Bodenvegetation Hinweise über die vorhandenen Bedingungen geben kann. In den Probeflächen bestand die Bodenvegetation überwiegend aus Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) und Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*). Lediglich zwei Probepunkte der Fläche 2 waren von Moosen und Fichtennadeln bedeckt. Auf Fläche 3 waren die Zwergsträucher am höchsten gewachsen, die Korrelationstests der beiden Baumarten zwischen Bodenvegetationshöhen und Baumhöhen oder zwischen Bodenvegetationshöhen und Terminaltrieblängen ergaben keine eindeutigen Zusammenhänge (siehe Tab. 4). Wenn die Bodenvegetation höher war, waren Terminaltrieblängen oder Baumhöhen tendenziell niedriger und umgekehrt.

Wie eingangs bereits erläutert, ist die Dichte der Waldkiefern auf allen Flächen sowohl im Vorbestand wie auch rezent wesentlich geringer als die der Fichten. Ein möglicher Grund für das Ungleichgewicht könnte das Fehlen von Samenbäumen sein. Jedoch ergab eine Korrelationsanalyse keinen Zusammenhang zwischen der Abundanz an Kiefern an den Probepunkten und der Entfernung zum nächsten Samenbaum. Auch das Fruktifikationsverhalten der beiden Baumarten ist vergleichbar und kann somit als Grund für die fehlende Dichte an Waldkiefern ausgeschlossen werden. Bei Kiefern kommt es fast jedes Jahr zu einer Mast (DOHRENBUSCH 1997), bei Fichten etwa alle zwei bis fünf Jahre (EBERT 2006).

6. Fazit und Ausblick

Im Preiselbeer-Fichten-Tannenwald (*Vaccinio-Abietetum*) regeneriert sich nach starken Störungen wie Sturmwurf die Fichte vornehmlich aus der bereits existenten Vorausverjüngung, während die Kiefer sich erst nach der Aufflichtung auf freigelegtem Mineralboden ansiedelt. Das Höhenwachstum der Kiefernjungwüchse ist anfangs wesentlich größer als das der Fichte.

Auf den untersuchten Standorten am Hohen Ochsenkopf haben die beiden Baumarten nach 25 Jahren Waldsukzession in etwa die gleiche Wuchshöhe erreicht. Die Vitalität beider Baumarten ist hoch, direkte Konkurrenz findet noch kaum statt. Die Schatthanglage scheint die Vitalität der Kiefer begünstigt zu haben, alle Wachstumsparameter der Kiefer waren dort stärker ausgeprägt als am Sonnenhang. Die verminderte Einstrahlung trägt zu einer besseren Wasserverfügbarkeit bei als auf den anderen Flächen bei. Der stete und starke Wind aus südwestlicher Richtung (AHRENS et al. 2002) könnte zudem die Trockenheit auf den Flächen am Sonnenhang fördern. Allerdings war die Kiefer am Schatthang mit der geringsten Dichte (75 Bäume/ha) im Vergleich zu den beiden Flächen am Sonnenhang vertreten.

Da der Kulminationspunkt des Wachstums der Kiefer jedoch früher liegt als derjenige der Fichte (SCHMIDT 2006), muss angenommen werden, dass die Waldkiefer in natürlicher Sukzession bestenfalls marginale Anteile im potentiell natürlichen Schlusswald erreichen könnte, zumindest auf den nicht-hydromorphen Böden des Vaccinio-Abietetum im Ostschwarzwald. Vermutlich wird sich in der Sukzession daher das vor dem Sturmwurf vorhandene kiefernreiche Vaccinio-Abietetum zunächst in einen Beerstrauch-Fichtenwald mit Fichte als vorherrschender Baumart entwickeln. Erst mit der Zeit wird die langsamwüchsige Tanne (*Abies alba*), die während der Datenaufnahmen im Gelände immer wieder zwischen Kiefern- und Fichtenverjüngung zu finden war, nennenswerte Anteile erlangen können. Buchenverjüngung (*Fagus sylvatica*) wurde aktuell nicht angetroffen, jedoch ist langfristig auch mit einem Buchenanteil zu rechnen.



Abbildung 12: Störungsfläche am Hohen Ochsenkopf, Nordschwarzwald

Literaturverzeichnis

- Ahrens, W.; Gertzmann, CH.; Riedel, Ph. (2002): Bannwald „Hoher Ochsenkopf“. Erläuterungen zu den Forstlichen Grundaufnahmen 1985 und 1995. Nach Aufnahmen von Volker Stähle. In: Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität Freiburg und FVA Baden-Württemberg (Hrsg.): Berichte Freiburger Forstliche Forschung 40: 73 S.
- Ammer, Ch.; Vor, T.; Knoke, T.; Wagner, S. (2010): Der Wald-Wild-Konflikt. Analyse und Lösungsansätze vom dem Hintergrund rechtlich, ökologischer und ökonomischer Zusammenhänge. - Göttinger Forstwissenschaften: 184 S.
- Andler, W.; Klink, R. (1987): Forstliche Grundaufnahme und vegetationskundliche Bestandserhebung im Bannwald „Hoher Ochsenkopf“. Archiv der FVA Baden-Württemberg, Freiburg, 51 S. (unveröffentlichtes Manuskript).
- ArcMap (2015): ArcGIS Resources. Help. In: Esri. Verfügbar unter: <http://resources.arcgis.com/de/help/> [Stand: 26.02.2015]
- Bücking, W.; Bense, U.; Bräunicke, M.; Geis, K. U.; Hanke, U.; Hohlfeld, F.; Kärcher, R.; Rietze, J.; Trautner, J. (1998): Faunistische Untersuchungen in Bannwäldern. Holzbewohnende Käfer, Laufkäfer und Vögel. In: FVA Baden-Württemberg (Hrsg.): Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 203: 236 S.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (Hrsg) (2016): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. 2. Aufl., 52 S., Berlin. Download am 21.9.2016 unter http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Bundeswaldinventur3.pdf?__blob=publicationFile sowie <https://bwi.info/>
- Dohrenbusch, A. (1997): Die natürliche Verjüngung der Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) im nordwestdeutschen Pleistozän. In: Elsner, G.; Fritz, E.; Gruber, F.; von Lüpke, B.; Müller-Using, B. (Hrsg.): Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 123: 269 S.
- Ebert, H. P. (2006): Die Behandlung von häufig vorkommenden Baumarten (Hauptbaumarten). - Schriftenreihe der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg 14: 235 S (4. Auflage).
- Ellenberg, H., Leuschner, C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: In ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Ulmer Verlag, Stuttgart, 1333 S.
- Endtmann K. J.; Mai, D. H.; Lange, E. (1991): Die Kiefer (*Pinus sylvestris*). Artmerkmale, Taxonomie, Entwicklung der Art, Natürliche Verbreitung. In: Forschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Eberswalde (Hrsg.): Berichte aus Forschung und Entwicklung 24: 79 S.
- Habermann (1993): Bannwald „Hoher Ochsenkopf“. Waldbiotopkartierung. Biotopnummer 7315:2069:93 und 7315:2071:93. Archiv der FVA Baden-Württemberg, Freiburg, 2 S. (unveröffentlicht).
- Häckel, H. (2008): Meteorologie. 6. Auflage. Ulmer Verlag, Stuttgart, 448 S.

- Köhler, F. (2004): Einflussfaktoren auf das Ankommen von Kiefern-Naturverjüngung – vorläufige Ergebnisse von Untersuchungen im Land Brandenburg. In: Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Landesforstanstalt Eberswalde (Hrsg.): Naturverjüngung der Kiefer. Erfahrungen, Probleme, Perspektiven. - Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 21: 44 – 58.
- Leibundgut, H. (1982): Europäische Urwälder der Bergstufe. Verlag Haupt, Stuttgart und Bern, 306 S..
- Mitchell, K. (2007): Quantitative Analysis by the Point-Centered Quarter Method. In: Hobart and William Smith Colleges, Geneva/New York. Verfügbarunter: <http://people.hws.edu/mitchell/PCQM.pdf>[Stand: 23.09.2014].
- Oberdorfer, E. (1938): Ein Beitrag zur Vegetationskunde des Nordschwarzwaldes. - Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland 3: 149 - 268.
- Oberdorfer, E. (1992, 1957): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil IV: Wälder und Gebüsche. - G. Fischer, Stuttgart - New York, 282 S. Textband, 580 S. Tabellenband.
- PriceWaterhouseCoopers & ö:konzept (2013): Gutachten zum potenziellen Nationalpark im Nordschwarzwald. Gutachten zu Händen des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz des Landes Baden-Württemberg. Berlin.
- Prien, S.; Müller, M. (2010): Wildschäden im Wald. Ökologische Grundlagen und integrierte Schutzmaßnahmen. 2. Auflage, Neumann-Neudamm, Melsungen, 300 S.
- Reidl, K.; Suck, R.; Bushart, M.; Herter, W.; Klotzenburg, M.; Michiels, H. G.; Wolf, Th. (2013): Potentielle Natürliche Vegetation von Baden-Württemberg. Hrsg.: LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Naturschutz – Spectrum – Themen 100, Karlsruhe, 342 S.
- Roloff, A. (2001): Baumkronen. Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Ulmer, Stuttgart, 164 S.
- Roth, R. (1995): Der Einfluß des Rehwildes (*Capreolus capreolus* L., 1758) auf die Naturverjüngung von Mischwäldern. In: FVA Baden-Württemberg (Hrsg.): Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 191: 117 S.
- Sachs, L.; Hedderich J. (2006): Angewandte Statistik. Methodensammlung mit R. 12. Aufl., Springer, Berlin, New York, Heidelberg, 302 S..
- Schäfer, P.; Ahrens W. (1996): Erläuterungen zum Bannwald Hoher Ochsenkopf (Forstbezirk Forbach). Archiv der FVA Baden-Württemberg, Freiburg, 60 S. (unveröffentlichtes Manuskript).
- Schmidt, P. A. (2006): *Picea abies* (28). In: Schütt, P.; Weisgerber, H.; Lang, U. M.; Roloff, A.; Stimm, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie, Ecomed Medizin, Landsberg, S. 1 – 18.

- Schöpfer, W., Dauber, E. (1989): Bestandessortentafeln 82/85. – Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 147, 51 S.
- Schütt, P.; Stimm, B. (2006): *Pinus sylvestris* L.(45). In: Schütt, P.; Weisgerber, H.; Lang, U. M.; Roloff, A.; Stimm, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie, Ecomed Medizin, Landsberg, S. 1 – 32.
- Stierstorfer, Ch. (1996): Naturnahe Waldgesellschaften im Bayerischen Wald zwischen Schwarzem Regen und Arber-Kaitersberg-Zug. - Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 57: 217-330.
- Suck, R.; Bushart, M.; Hofmann, G.; Schröder, L. (2014): Karte der Potentiellen Natürlichen Vegetation Deutschlands. Band I Grundeinheiten. – BfN-Skript 348: 449 p.
- Walentowski H., Ewald J., Fischer A., Kölling C., Türk W. (2004): Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns. Ein auf geobotanischer Grundlage entwickelter Leitfaden für die Praxis in Forstwirtschaft und Naturschutz. Geobotanica, Freising.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.](#)

Jahr/Year: 2019

Band/Volume: [NF_22](#)

Autor(en)/Author(s): Baum Carina, Gärtner Stefanie, Förschler Marc Imanuel, Reif Albert

Artikel/Article: [Zur Natürlichkeit der Waldkiefer \(*Pinus sylvestris* L.\) im Preiselbeer-Fichten-Tannenwald \(*Vaccinio-Abietetum* Oberd. 57\) - eine Fallstudie aus dem Nationalpark Schwarzwald 713-738](#)