

Alpen-Adria Universität Klagenfurt

Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Institut für Produktions-, Energie- und Umweltmanagement

Abteilung für nachhaltiges Energiemanagement

Waldschadensanalyse in der KLAR! – Region Südkärnten

**Fernerkundung und GIS-basierter Ansatz zur
Erhebung und Klassifizierung von
Waldveränderungen, die durch Sturmschäden,
Rodungen und den Borkenkäfer zwischen 2015 und
2019 entstanden sind**

Schmalzl, Lilia Maria; Weiß, Patrick

Juni 2020

Im Auftrag der KLAR! – Region Südkärnten

DANKSAGUNGEN

Für die Bearbeitung dieser Arbeit möchten wir ein großes Dankeschön an die Landesforstdirektion Kärnten und an die Bezirksforstinspektion Völkermarkt aussprechen. Insbesondere geht unser Dank an Herrn Landesforstdirektor Dipl.-Ing. Christian Matitz, der uns stets mit seinen zuständigen Mitarbeitern in Kontakt gebracht hat, an Herrn Dipl.-Ing. Günter Kronawetter, der uns sowohl durch fachliche Informationen unterstützte, als auch die notwendigen Geodaten für die Bearbeitung organisierte. Ein großer Dank geht auch an Herrn Ing. Wolfgang Polesnig, Forstaufseher der Gemeinde Eisenkappel, für den mehrmaligen intensiven fachlichen Austausch und für Informationen aus der Praxis und an Herrn Ing. MSc David Wutti, zuständig für forstliche Förderungen, für die Informationen über die Förder- und Unterstützungsangebote des Landesforstdienstes.

Außerdem möchten wir uns bei Herrn Univ.-Prof. Martin Seger für seine fachliche Unterstützung und den Austausch über seine langjährigen Erfahrungen zur aktuellen Vegetation von Kärnten bedanken, sowie bei Herrn Dr. Hanns Kirchmeir, welcher uns für die Beurteilung der Naturnähe von Wäldern in der KLAR! – Region Südkärnten nähere Einblicke in seine Studien gab.

Ein großer Dank geht auch Herrn Reinhard Schildberger und den KEM-Verein Südkärnten, für die gute Zusammenarbeit und die finanzielle Unterstützung für unser studentisches Projekt.

INHALTSVERZEICHNIS

Danksagungen	1
Inhaltsverzeichnis	2
Einleitung	3
Zielsetzungen der Arbeit	4
Untersuchungsgebiet	4
Teil I: Theoretische Grundlagen	5
Klimawandel und Wälder in Österreich	6
Nachhaltige Waldbaukonzepte	7
Wirtschaftliche Entwicklung des Holzmarktes	9
Relevanz von Schutzwäldern	13
Natürlichkeit von Wäldern in Österreich	14
Natürlichkeit von Wäldern in der KLAR! – Region Südkärnten	18
Entwicklung von Waldschäden in Österreich von 2015 bis 2019	20
Entwicklung von Waldschäden in der KLAR! – Region Südkärnten	21
Teil II: Methodische Umsetzung	22
Bilddaten und angewandte Methoden	22
Vorbereitung der Satellitenbilddaten	23
Berechnung der NDVI-Werte	23
Kontrolle und Bereinigung des Datensatzes	24
Weitere Prüfung der Veränderungsflächen anhand von Orthofotos	25
Klassifizierung der Waldschäden mittels Waldmaske	25
Klassifizierung der Geodaten der Landesforstdirektion.....	25
Vorbereitung des Kalamitätslayers	25
Vorbereitung des Fällungslayers.....	26
Vergleich der Daten.....	26
NDVI-Berechnungen und Qualitätskontrolle	26
Teil III: Ergebnisse	28
Kartographische Darstellung der Waldschadenflächen in der KLAR! – Region Südkärnten.....	30
Klassifizierung der Waldschadensflächen nach ihrer Schutzfunktion.....	31
Schlussbetrachtung und Fazit	32
Limitationen	33
Literaturverzeichnis	34

EINLEITUNG

Im Jahr 2017 kam es in Unterkärnten, zu massiven Sturmschäden durch den Föhnsturm „Yves“. Auch im darauffolgenden Jahr, im Oktober 2018, kam es erneut zu Föhnstürmen in ganz Kärnten und Osttirol. Das Sturmtief „Vaia“ zerstörte ein zweites Mal große Teile des Waldbestandes im Süden von Kärnten. Laut der Holzeinschlagsmeldung (BMNT, 2019) kam es allein im Bezirk Völkermarkt im Jahr 2018 zu einer eingeschlagenen Schadholzmenge von rund 526.000 Efm (Erntefestmetern). Dies entspricht einem Anteil von knapp 84 Prozent des Gesamteinschlags des Bezirks. 90 Prozent des Schadholzes wurde dabei durch Windwurfschäden, 10 Prozent durch Käferbefall verursacht, hauptsächlich durch den Borkenkäfer bei Fichtenbeständen. Ein Großteil der Windwurfschäden ist in den südlichen Gemeinden von Völkermarkt entstanden, vor allem in Eisenkappel, aber auch Teilen von Globasnitz, Sitterdorf, Gallizien und Feistritz ob Bleiburg.

Windwürfe treten in Österreich in den letzten Jahren wieder häufiger auf (siehe Diagramm 2). Durch den Klimawandel werden häufigere und heftigere Föhnstürmen und Gewitterereignisse begünstigt. Abgesehen von stärkeren Stürmen, schwächt zunehmende Trockenheit und Hitzestress die Baumbestände und wärmere Winter begünstigen die Vermehrung von Schädlingen (Lexer and Seidl, 2007). Betrachtet man Prognosen der ZAMG, so wird es im Zeitraum von 2021 bis 2050 im Alpenraum eine Verdreifachung von Hitzetagen geben, gemeinsam mit einer Intensivierung von Starkniederschlagsereignissen (ZAMG, 2020).

Der Klimawandel wirkt sich unterschiedlich auf verschiedene Baumarten aus. Gewisse Baumarten, wie beispielsweise die Buche, profitieren von wärmeren Wintern und längeren Vegetationsperioden. Für die stark verbreitete Fichte hingegen, bedeutet der Klimawandel einen massiven Druck, durch die Ausbreitung des Borkenkäfers und ihre Anfälligkeit für Windwurf (Lexer and Seidl, 2007).

In der Diskussion um einen klimafitten Wald sind sich ExpertInnen einig, dass ein standortgerechter Mischwald den Herausforderungen des Klimawandels am besten gewachsen ist und in den letzten Jahren werden auch Fördermittel entsprechend einer standortgerechten Baumartenwahl ausgerichtet (BMNT, 2019b). Wie standortgerecht die Baumarten in Österreich sind, wird regelmäßig durch die österreichische Waldinventur überprüft. Hierbei wird an definierten Testflächen unter anderem die aktuelle und die potenziell natürliche Waldgesellschaft ermittelt. Wie sich unterschiedliche Klimawandelszenarien auf verschiedene Baumartenzusammensetzungen und die potenziell natürliche Waldgesellschaften auswirken, kann zudem mit dynamischen Waldökosystemmodellen analysiert werden (Lexer and Seidl, 2007).

Eine eingehende Beschäftigung mit dem Thema Wald im Kontext des Klimawandels ist unerlässlich, da Wälder eine hohe Schutzfunktion besitzen. Im Gebirge schützen sie vor Hochwasser, Lawinen, Steinschlag und Muren, und beugen zudem der Erosion vor (BMNT, 2019b). Große Sturmschäden, wie jene in den Jahren 2017 und 2018 in Kärnten und Osttirol, gefährden den Wald in seiner Schutzfunktion. Eine Wiederaufforstung von Schadflächen sowie eine standortgerechte Baumartenauswahl ist unumgänglich, um die Resilienz und Anpassungsfähigkeit von Waldflächen im zu erhöhen.

ZIELSETZUNGEN DER ARBEIT

Mit vorliegender Arbeit wird der Einfluss des Klimawandels auf Wälder dargestellt. Was Veränderungen von Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen, sowie die Zunahme von Extremwetterereignissen für Mensch und Natur bedeuten, und welche Waldschäden in den letzten fünf Jahren entstanden sind, darüber wird einleitend ein Überblick gegeben. Es werden sowohl nachhaltige Waldbaukonzepte, die Bedeutung von Schutzwäldern, zum Schutz vor Naturgefahren und die Problematik des Verfalls des Holzmarktpreises thematisiert, als auch verschiedene Unterstützungs- und Förderangebote vorgestellt. Daraufhin wird ein Einblick in die Natürlichkeit von Wäldern gegeben. Verschiedene Methoden zur Erfassung der aktuellen und potenziell natürlichen Vegetation werden vorgestellt, außerdem wird die aktuelle Vegetation und die potenziell natürliche Vegetation von Waldflächen im Untersuchungsgebiet dargestellt und diskutiert.

Im zweiten Teil der Arbeit wird das Ausmaß des Waldflächenverlustes in den Jahren 2015 bis 2019 im Untersuchungsgebiet – den Gemeinden der KLAR! – Region Südkärnten - mittels Fernerkundung untersucht. Die Berechnungen werden mit den Kalamitäts- und Fällungslayern der Landesforstdirektion Kärnten abgeglichen und Berechnungsfehler zudem manuell auf Basis von Orthofotos korrigiert. Eine Klassifizierung von Waldschadensflächen (alle Waldblößen, die in den Jahren 2015 bis 2019 durch biotische und abiotische Schäden oder durch Fällungen entstanden sind) nach Laubwald und Nadel-/Mischwald sowie Buschwerk wird vorgenommen, um zu überprüfen, welche Waldtypen stärker von Veränderungen betroffen waren.

In weiterer Folge werden die ermittelten Waldschadensflächen nach ihrer Schutzfunktion dargestellt. Die Kategorisierung erfolgt nach einem GIS-Layer des BFW (Bundesforschungszentrum für Wald) und teilt Objektschutzwälder in drei Klassen:

- ✓ Wald mit direkter Schutzfunktion,
- ✓ Wald mit indirekter Schutzfunktion und
- ✓ Wald ohne Schutzfunktion ein.

Der Objektschutzwaldlayer wird momentan von der Landesforstdirektion geprüft, somit erhebt die Darstellung keinen Anspruch auf Richtigkeit, sie soll jedoch einen regionalen Überblick geben, welche Flächen potenziell gefährdet sind und dringlicher aufgeforstet werden sollten.

UNTERSUCHUNGSGBIET

Der Klima- und Energiefonds der österreichischen Bundesregierung hat das Förderprogramm „Klimawandel-Anpassungsmodellregionen“ (KLAR!) ins Leben gerufen, um Regionen und Gemeinden zu unterstützen, sich durch verschiedene Projekte gemeinsam auf die Herausforderungen des Klimawandels anzupassen (Klima und Energiefonds, 2018). Sechs Gemeinden des Bezirks Völkermarkt begründeten 2017 die Klimawandel-Anpassungsmodellregion Südkärnten (Südkärnten – eh KLAR!) (Unglaub, Plaimer and Fehlmann, 2017) (siehe Karte 1). Als Projektträger und Organisator tritt der KEM Verein Südkärnten auf. 2018 schloss sich auch die Gemeinde Eberndorf an, somit setzt sich die KLAR! – Region Südkärnten nun aus sieben von dreizehn Gemeinden des Bezirks zusammen. Diese sind Diex, Eisenkappel-Vellach, Gallizien, Globasnitz, Ruden, Sittersdorf und Eberndorf. Sie umfasst ein Gebiet von 495 km² und zählt insgesamt 16.074 EinwohnerInnen¹.

¹ <https://klar-anpassungsregionen.at/regionen/suedkaernten-eh-klar>



Karte 1: Untersuchungsgebiet KLAR! – Region Südkärnten. Quelle: eigene Darstellung.

Geographisch gesehen liegt die KLAR! – Region Südkärnten im Klagenfurter Becken, begrenzt durch die Saualpe im Norden und den Karawankenzug, welcher die Grenze zu Slowenien bildet, im Süden. Landschaftlich ist sie durch Hügel und kleinere Seen, im Süden durch enge Täler und Berge geprägt. Die sieben Gemeinden weisen ähnliche naturräumliche Gegebenheiten und Landnutzungsmuster auf, jedoch gibt es je nach Höhenlage unterschiedliche Ausprägungen².

TEIL I: THEORETISCHE GRUNDLAGEN

Im ersten Teil der Arbeit wird ein Überblick über theoretische Grundlagen zum Thema Wald im Kontext des Klimawandels gegeben. Welchen Einfluss der Klimawandel auf Österreichs Wälder hat und wie nachhaltige Waldbaukonzepte im Kontext der Klimawandelanpassung gestaltet werden können, soll hier kurz vorgestellt werden. Für Forstwirte bedeutet ein nachhaltiger Waldumbau und die klimafitte Wiederaufforstung von Waldflächen, die durch Waldschäden entstanden sind, neben einem erhöhten Pflegeaufwand auch eine finanzielle Belastung. Deshalb werden auch verschiedene Unterstützungs- und Förderangebote des Landesforstdienstes vorgestellt.

Naturnahe Wälder, insbesondere naturnahe Schutzwälder, sind in vielerlei Hinsicht für den Schutz von Menschen und Objekten relevant, da sie widerstands- und anpassungsfähiger sind als Monokulturen. Wie natürlich Österreichs Wälder und die Wälder in der KLAR! – Region Südkärnten sind, wird anhand von ausgewählten Studien diskutiert.

Als Überleitung zur Methodik wird als letzter Punkt die Entwicklung von Waldschäden in Österreich allgemein und im Speziellen in der KLAR! – Region Südkärnten in den Jahren 2015 bis 2019 vorgestellt. Konkrete Zahlen unterstreichen die Relevanz des Themas Wald im Kontext des Klimawandels.




² <https://klar-anpassungsregionen.at/regionen/suedkaernten-eh-klar>

KLIMAWANDEL UND WÄLDER IN ÖSTERREICH

Die Vision im Bezug auf die Forstwirtschaft der KLAR! – Region Südkärnten ist es, eine klimawandelangepasste Bewirtschaftung von Wäldern zu gewährleisten (Unglaub, Plaimer and Fehlmann, 2017).

Wälder werden sehr stark durch sich verändernde Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse beeinflusst. Störungen wie Windwürfe und Borkenkäferkalamitäten haben schon heute großen Einfluss auf die Waldbewirtschaftung und werden sich laut den Klimaprognosen des IPCC und regionalen Klimaprognosen der ZAMG in Österreich in den nächsten Jahren verschärfen (Lexner and Seidl, 2007). Außerdem ist mit einer höheren Variabilität von Niederschlägen, einer Zunahme von Hitzetagen sowie einer Abnahme von Frosttagen zu rechnen. Die Einflüsse des Klimawandels wirken sich sowohl positiv als auch negativ auf den Waldbestand aus. Beispielsweise wird ein schnelleres Wachstum durch verlängerte Vegetationsperioden begünstigt. Wärmere Winter hingegen begünstigen die Verbreitung von Schädlingen. Tendenziell wird laut Prognosen ein Zuwachs von Waldflächen im Bergland und ein Flächenverlust in trockenen tieferen Lagen erwartet.

Die Hauptbaumarten in Österreich sind unterschiedlich durch sich verändernde klimatische Verhältnisse betroffen (Abbildung 1). Die Fichte beispielsweise reagiert sehr empfindlich auf Trockenheit, da sie durch ihre flachen Wurzeln nur auf das Wasser in den oberen Bodenschichten zugreifen kann. Vermehrt sich der Borkenkäfer stark, was durch wärmere Winter begünstigt wird, kann der durch Trockenheit geschwächte Baum den Schädling nicht abwehren. Die Buche hingegen profitiert sowohl von wärmeren Wintern als auch von verlängerten Vegetationsperioden. Dadurch wird sie sich in den nächsten Jahren noch stärker durchsetzen.

		Trockenheit	Winterkälte	Hitze	Wärme in Vegetationszeit
Fichte 		---	++	-	○
Tanne 		○	+	○	○
Buche 		-	-	○	+

Toleranz gegenüber (...)

- sehr schlecht
- mäßig
- ++ sehr hoch

Ansprüche in Bezug auf (...)

- mäßig
- + hoch

Abbildung 1: Einfluss des Klimas auf die Hauptbaumarten Fichte, Tanne und Buche. Quelle: Lexner, 2017.

In Abbildung 2 wird der Klimastress von Fichten und Buchen in Österreich in der Vergangenheit (1961-1990) und durch prognostizierte Klimaveränderungen im Jahr 2071-2100 dargestellt. Die Modellierung der Prognose erfolgte mithilfe eines von Steiner & Lexner (1998) entwickelten Waldökosystemmodells.

Man erkennt, dass die Fichte bis zum Ende dieses Jahrhunderts annähernd im gesamten Staatsgebiet einem moderaten bis hohen Klimastress ausgesetzt sein wird. Die Buche hingegen wird sich auch zunehmend im Bergland (hochmontane Stufe) ausbreiten, sie wird jedoch im östlichen Alpenvorland durch zunehmende Trockenheit ebenfalls erhöhtem Stress ausgesetzt sein.

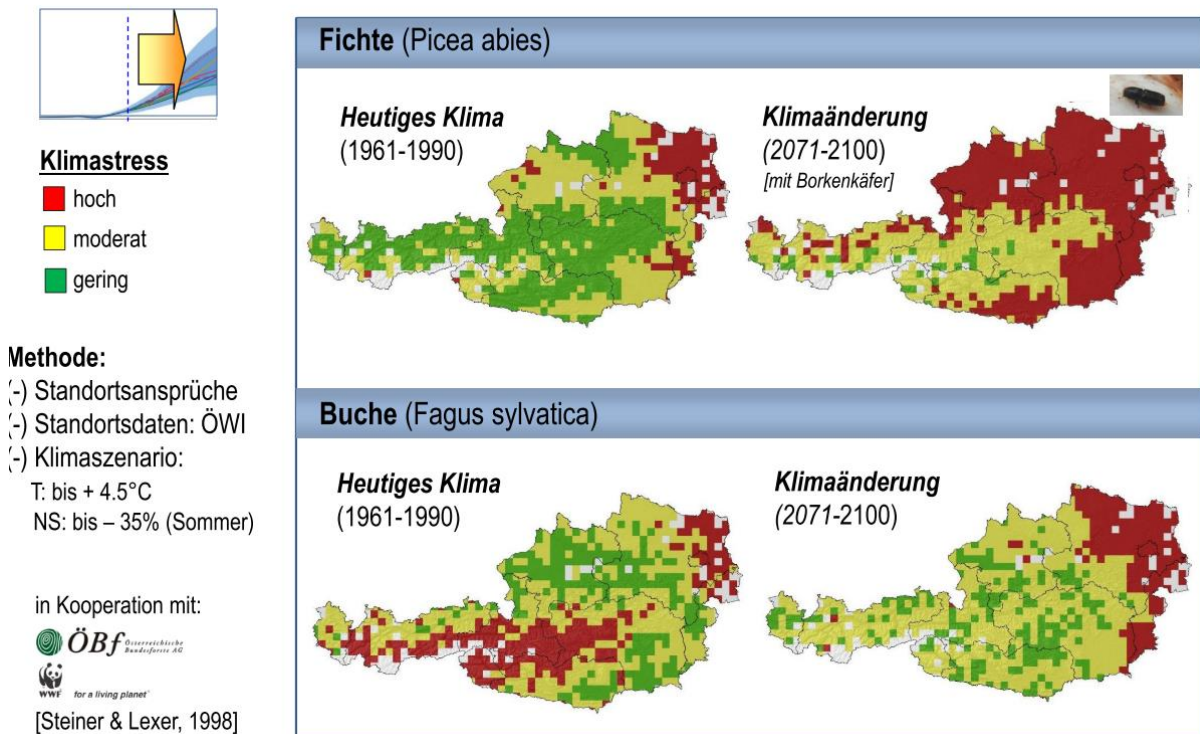


Abbildung 2: Modellierung des Klimastress auf die Hauptbaumarten Fichte und Buche in Österreich durch den Klimawandel. Quelle: Lexer, 2017

Für die Waldbewirtschaftung bedeuten diese Prognosen eine große Umstellung von heute praktizierten Waldbaukonzepten. Um den Waldbestand, trotz zunehmender Trockenheit und Extremwetterereignissen auch in Zukunft zu sichern, wird es notwendig nachhaltige Waldbaukonzepte, die auf standortgerechten Baumartenzusammensetzungen aufbauen, umzusetzen.

NACHHALTIGE WALDBAU KONZEPTE

Wälder, die durch naturnahe Waldbaukonzepte bewirtschaftet werden, weichen nur geringfügig von der potenziell natürlichen Waldgesellschaft ab (Koch and Grabherr, 1998). Sie zeichnen sich durch höhere Stabilität, Resilienz und Anpassungsfähigkeit aus. Als Stabilität eines Waldes wird sein Vermögen bezeichnet, Störungsfaktoren standzuhalten. So können naturnahe Wälder Stürme, Trockenheit, Schädlinge, Feuer und auch Überflutungen besser überstehen. Die Resilienz eines Waldes bezeichnet sein Vermögen, nach Störungseinflüssen Flächen rasch wieder zu überschirmen. Dies kann durch gezielten Kronenausbau und Verjüngungsmaßnahmen unterstützt werden. Die Anpassungsfähigkeit eines naturnahen Waldes wird zudem durch einen größeren Genpool (Diversität) erhöht, wodurch er sich durch Naturverjüngung rascher an verändernde Umweltbedingungen anpassen kann (Lexer, 2017).

Zahlreiche Studien zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung belegen, dass ein verstärkter Einsatz von Laubbäumen notwendig ist, um klimafitte Wälder zu gestalten. Momentan liegt der Anteil an Laubhölzern in Kärnten bei lediglich 14 Prozent. Dieser Anteil erhöht sich nur sehr langsam, da Waldumbaumaßnahmen sehr lange dauern und die Laubholzbewirtschaftung mit viel Wissen zur richtigen Pflege verbunden ist.

Die Landesforstdirektion arbeitet intensiv an Lösungen, Laubholzbewirtschaftung so zu gestalten, dass auch die zukünftige Wertschöpfung durch Wertholzproduktion gesichert werden kann. Hierzu wurden in ganz Kärnten Beispielflächen definiert, welche als Experimentierräume für Bestandserziehung dienen (siehe Textbox). WaldbesitzerInnen gibt dies die Möglichkeit Erfahrungswissen von den Beispielflächen des Landesforstdienstes für ihr eigenes Waldbaukonzept zu übernehmen. Für die Aufforstung und Bestandespflege gibt es zudem die Möglichkeit, einen Waldpflegetrainer des Waldpflegevereins Kärnten zu buchen, der vor allem KleinwaldbesitzerInnen in der Praxis unterstützt (siehe Textbox).

Die Initiativen und Unterstützungsangebote des Landesforstdienstes und des Waldpflegevereins sollen ein Umdenken in der Forstwirtschaft anstoßen. Denn durch eine konsequente Pflege und die richtige Bewirtschaftung von Laubholz kann ein nachhaltiger klimafitter Waldbestand gleichzeitig die Wirtschaftlichkeit von Wäldern durch Wertholzproduktion erhöhen (Kärntner Landesforstdienst, 2008, 2015).

Beispielflächenkatalog zur Bestandserziehung von Wertholz

Der Arbeitskreis Mischwald des Landesforstdienstes Kärnten untersucht seit Jahren die Bestandserziehung von Laubbäumen für die Wertholzproduktion. Hierzu wurden in Kärnten flächendeckend Beispielflächen eingerichtet, auf denen Waldbaukonzepte durch „Qualifizierung und Dimensionierung“ von Zielbäumen praktiziert werden. Dabei werden unterschiedliche Zielbaumarten untersucht, wie die Roteiche, der Bergahorn, die Birke, Stieleiche, Rotbuche und viele mehr. Ein Ziel des Arbeitskreises Mischwald ist es, Beispielflächen von lokal bedeutsamen Baumarten einzurichten und zu präsentieren, um WaldbesitzerInnen der Umgebung aufzuzeigen, dass auch durch naturnahe Waldbaukonzepte ein guter Ertrag gesichert werden kann.

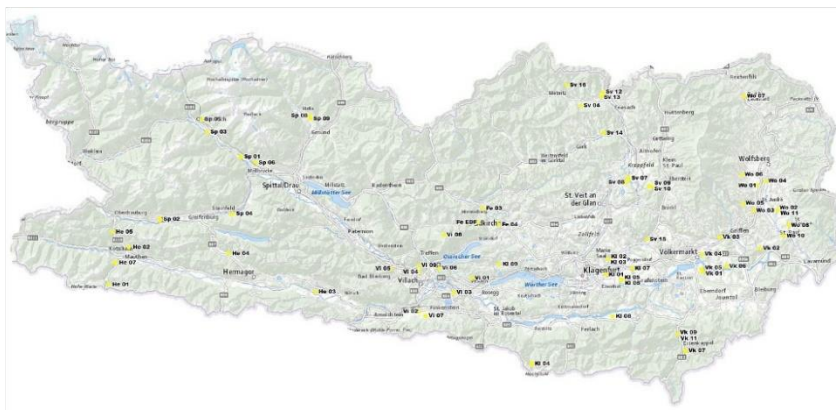


Abbildung 1: Übersichtskarte Beispielflächen in Kärnten. (Quelle: Landesforstdienst Kärnten, 2015)

Weitere Informationen zum Beispielflächenkatalog unter:

https://www.waldwissen.net/lernen/oeffentlichkeit/bfw_beispielflaechenkatalog

Waldpflegeverein Kärnten

Der Waldpflegeverein hat es sich zur Aufgabe gemacht, durch seine beratende und lehrende Funktion, WaldbesitzerInnen mit einer zeitgemäßen Waldpflege vertraut zu machen. Anstatt einer finanziellen Hilfe bringt der Waldpflegeverein sein Wissen direkt zum/zur WaldbesitzerIn, dies geschieht in Form eines Waldpflegetrainers, der zusammen mit dem/der WaldbesitzerIn einen individuellen Pflegeplan erstellt und auch dabei hilft ihn in die Praxis umzusetzen. Das Unterstützungsangebot durch die Waldpflegetrainer richtet sich insbesondere an Kleinwaldbesitzer, prinzipiell steht es aber auch jedem Betrieb zur Verfügung.

Ein gepflegter Wald ist laut dem Kärntner Waldpflegeverein:

- ✓ Wert für die Bevölkerung, durch dessen Schutzfunktion bei Naturgefahren, dem Objektschutz und als Erholungsort
- ✓ Wert für seine/n EigentümerIn, durch die Steigerung des möglichen Ertrags und der Schaffung von Arbeitsplätzen
- ✓ Beitrag zur Erhaltung des ländlichen Erbes, durch den Erhalt von Pflanzen- und Tierarten



Bild: Seger

Für die Bereitstellung des Waldpflegetrainers fallen für den/die WaldbesitzerIn Kosten zwischen **9,40 € und 15,70 €**, je nach Pflegemaßnahme an. Den deutlich höheren Kostenanteil übernimmt die Europäische Union, das Lebensministerium und das Land Kärnten.

Weitere Informationen zum Waldpflegeverein Kärnten unter:

www.waldpflegeverein.at

WIRTSCHAFTLICHE ENTWICKLUNG DES HOLZMARKTES

Durch die große Schadh Holzmenge, die in den letzten Jahren durch vermehrte Sturmschäden und Borkenkäferkalamitäten entstanden ist, ist der Holzmarktpreis für Nadelhölzer momentan sehr niedrig. WaldbesitzerInnen müssen heute die 2,8-fache Holzmenge verkaufen, um denselben Warenkorb zu erwirtschaften wie im Jahr 1980 (BMNT, 2019b). Die Forstwirtschaft ist durch den niedrigen Holzpreis für kleinere WaldbesitzerInnen und für Bauern/Bäuerinnen mit Eigenjagdrevieren immer unrentabler. Deshalb verkaufen viele WaldbesitzerInnen ihre Grundstücke an große Forstunternehmen. Diese haben ihren Firmensitz meistens außerhalb von der Region. Eine problematische Entwicklung für ländliche Gemeinden, da die Wertschöpfung so aus der Gemeinde abfließt.

Laut Auskunft der Landesforstdirektion Kärnten gab es vor allem nach den beiden Sturmschäden in den Jahren 2017 und 2018 einen massiven Preisverfall des Holzpreises in Kärnten. Im Jahr 2017, als die ersten großen Sturmschäden in Unterkärnten entstanden, hatte der Markt noch eine relativ stabile Situation. Die Land- und Forstwirte, welche von den Sturmschäden betroffen waren, konnten mit der Aufarbeitung des anfallenden Holzes zumindest noch ihre Selbstkosten und weitgehend die anfallenden Kosten für die Wiederaufforstung decken. Die im darauffolgenden Jahr 2018 entstandenen Schäden produzierten eine enorme Menge an Schadh Holz, was zu einem großen Überangebot führte. Der Holzpreis sank auf einen Tiefpunkt und hat sich seitdem nicht wieder erholt.

Die Bringung bzw. Rückung des Schadholzes wurde unrentabel und die Wiederaufforstung war mit großem finanziellen Aufwand verbunden. Das Land Kärnten versucht die betroffenen Forstwirte deshalb mit unterschiedlichen Förderprogrammen bei der Aufarbeitung, Wiederaufforstung und Pflege zu unterstützen. Außerdem werden Möglichkeiten für Zwischenlagerung und Transport gefördert, da das angefallene Holz die Kapazitäten des Marktes momentan übersteigt. Somit kann das Holz zu einem späteren Zeitpunkt dem Markt zugeführt werden.

Neben geförderten Aufräumarbeiten im Wald versuchen der Landesforstdienst, gemeinsam mit Bund und Gemeinden, durch gezielte Förderprogramme die Waldbewirtschaftung und klimawandelangepasste Mischwaldbewirtschaftung attraktiver zu gestalten. Sie wollen Anreize für Forstwirte schaffen, ihren Wald klimafit zu gestalten. Vor allem im Bezug auf Schutzwälder ist der Beitrag, den WaldbesitzerInnen durch Naturverjüngung und Durchforstung in der Praxis leisten können, essentiell für den Schutz vor Naturgefahren. Im Rahmen der Förderung für Laubholzaufforstung und Mittel gegen Wildverbiss werden von Sturmschäden und Borkenkäferkalamitäten betroffene Waldbesitzer unterstützt, ihre Wälder wieder aufzuforsten. Das Förderprogramm wird nach der Land- und Forstwirtschaftsförderrichtlinie abgewickelt und zielt auf die Aufforstung einer natürlichen Waldgesellschaft (Buche, Tanne, Lärche, Fichte, tw. Douglasie in Eisenkappel) ab. Durch diese Förderung wurden laut Forstinspektion Völkermarkt bereits rund 1. Mio. Bäume in der Gemeinde Eisenkappel gepflanzt. Die Aufforstung von Lärchen, Tannen und Buchen ist sehr kostspielig für WaldbesitzerInnen, da die Setzlinge durch Hüllen oder Zäune vor Wildverbiss geschützt werden müssen. Deshalb werden auch Wildverbisschutzmittel durch das Förderprogramm unterstützt. Als Ausnahme für Verbisschutzförderung gelten Eigenjagdreviere, was für Eisenkappel problematisch ist, da die Eigentümerstruktur zu einem Großteil aus Bauern mit Eigenjagdrevieren besteht. Begründung für diese Ausnahme ist, dass Waldbauern mit Eigenjagdrevieren den Wildbestand selbst kontrollieren können.

Fördermaßnahmen Österreichisches Programm für ländliche Entwicklung 2014-2020

In den „Fördermaßnahmen im Rahmen des Österreichischen Programms für ländliche Entwicklung 2014-2020“ gibt es mehrere forstliche Förderungsarten, jedoch werden in Kärnten sämtliche Förderungen über den Punkt „8.5.1 Investitionen zur Stärkung von Resistenz und ökologischem Wert des Waldes – Öffentlicher Wert & Schutz vor Naturgefahren“ abgewickelt.

Ziele:

1. **Verbesserung der schutzwirksamen, ökologischen und gesellschaftlichen Wirkung des Waldes.**

Schutz und Förderung von Flächen mit mittlerer bis hoher Schutzfunktion, sowie Flächen mit hoher Wohlfahrtswirkung, zudem Erhalt und Verbesserung der biologischen Vielfalt

2. **Schutz vor Naturgefahren**

Dazu zählen insbesondere die Schutzwälder und deren Instandhaltung bzw. Verjüngung, damit die entsprechenden forstlichen Gebiete auch weiterhin ihre Schutzfunktion erfüllen können.

3. **Erhaltung, Verbesserung und Gestaltung von Trinkwasserressourcen des Waldes**

Fördergegenstände:

Gefördert werden Vorhaben die eine Stabilisierung und Verbesserung des Waldzustandes mit sich bringen und Vorhaben, die eine verminderte Wirkung auf externe forstschädliche Umweltbelastungen haben. Es werden zudem Maßnahmen gefördert, die zur Erhaltung oder Verbesserung des Ökosystems führen durch entsprechend zeitgemäßer boden- und bestandsschonender Verfahrenstechniken.

Geförderte Aktivitäten:

- Die Waldverjüngung mit der dazugehörigen Vorbereitung des Bodens, Aufforstung, Nachbesserung, Ergänzung der Naturverjüngung, Bestandsumbau, Unterbau, Technische Begleitmaßnahmen (wie Zäune oder Einzelschutz für seltene Baumarten)
- Die Kulturpflege nach der Aufforstung
- Die Jungbestandspflege
- Die Durchforstung
- Die Entwicklung des Nebenbestandes
- Die Verjüngungseinleitung inklusive Bringung und Rückung

Förderungswerber

Zu den Förderungswerbern zählen Bewirtschafter von land- und forstwirtschaftlichen Betrieben, Waldbesitzervereinigungen, Agrargemeinschaften, Gemeinden bzw. Gemeindeverbände und Wassergenossenschaften bzw. Wasserverbände.

Förderungsvoraussetzungen

Wenn von einer Gefährdung des flächenhaften Bewuchses durch jagdbare Tiere auszugehen ist, kann keine Förderung stattfinden. Alle geförderten Aufforstungen müssen sich zu mehr als 75% an der natürlichen Waldgesellschaft orientieren, hierbei sind die im jeweiligen Bundesland geltenden Vorgaben einzuhalten. Betriebe von einer Größe über 100 Hektar Waldfläche müssen waldbezogene Pläne vorweisen.

Förderungshöhe

Die Höhe der Förderungen beläuft sich bei regulären Umständen auf 60% der aufkommenden Kosten, jedoch besteht eine Möglichkeit auf eine höhere Förderung von 80%, sollte es sich bei der betrachteten Fläche um einen Wald handeln, der eine mittlere oder hohe Schutzfunktion besitzt oder der eine Wohlfahrtsfunktion besitzt. Hierbei erfolgt die Abrechnung durch den Nachweis von tatsächlich getätigten Ausgaben oder durch standardisierte Einheitskosten.

Landesmittelförderung für Forstwirtschaft

Die Förderungen die vom Land verteilt werden sind in drei Pakete gegliedert, darunter fallen das:

1. COVID-19 Maßnahmenpaket für die Forstwirtschaft – 2020

Die Fördermaßnahmen haben eine Vorbeugung der Vermehrung von Borkenkäfern und eine Reduktion der Brutstätten als Ziel, hierfür sollen höhere Aufwendungen aufgefangen werden, besonders in Regionen wo Aufgrund der hohen Erntekosten eine negative Wertschöpfung entstehen würden.

Gefördert werden die Aufarbeitung von Einzelwürfen und Schneebrüchen, die Mehraufwendungen durch die Bringung mit Tragseilgeräten und die zusätzlich anfallenden Lager- und Transportkosten des Schadholzes um den Borkenkäferschäden entgegenzuwirken

2. Landesmittelförderung – Laub- Mischwaldaufforstung/Wildverbisschutzmittel – 2020

Durch den Druck des Klimawandels ist die Fichte in zunehmender Bedrängnis. In den vergangenen Jahren sind große Schäden durch Borkenkäferkalamitäten, Schneebrüche und Windwürfe entstanden und dies oft auf Flächen die außerhalb der natürlichen Waldgesellschaft der Fichte liegen. Diese entstandenen Kahlfächen sollen in stabile und standortgerechte Wälder umgewandelt werden. Der Förderbetrag wird pro versetzter Pflanze gewährt.

3. Förderprogramm Modell Kärnten - Adaptierung/Instandsetzung von Forststraßen

Weitere Informationen über Förderungen sind auf der Website der Kärntner Landesregierung zu finden:

<https://www.ktn.gv.at/Verwaltung/Amt-der-Kaerntner-Landesregierung/Abteilung-10/Foerderungen/Forstwirtschaft/>

RELEVANZ VON SCHUTZWÄLDERN

Eine der wichtigsten Waldfunktionen, die dem öffentlichen Nutzen zugutekommt, ist die Schutzwaldfunktion. Besonders in Österreich sind Schutzwälder nötig, um in manchen Teilen des Landes das Besiedeln erst möglich zu machen. Daraus ergibt sich in Österreich, dass 30% der gesamten vier Millionen Hektar Waldfläche als Schutzwald ausgewiesen sind. Die grundlegende Funktion eines Schutzwaldes wird in zwei Bereiche unterteilt, in Objektschutz und Standortschutz, diese sollen vor Naturgefahren, Erosion und der Bildung von Geröll schützen. Andere Funktionen, die der Schutzwald bietet, sind das Bereitstellen von sauberem Wasser und Luft, zudem dienen sie auch als Erholungsraum und als Heimat von Pflanzen und Tieren. Statistisch gesehen profitiert ein Viertel der österreichischen Bevölkerung von den Schutzwäldern (BMNT, 2019b).

Definitionen laut Bundesforstgesetz

Standortschutzwälder sind Wälder, die durch Erosionskräfte wie Wind, Wasser oder Schwerkraft gefährdet sind und deshalb, zum Schutz von Boden und Bewuchs, besonders behandelt werden (§ 21 Abs. 1 Forstgesetz 1975).

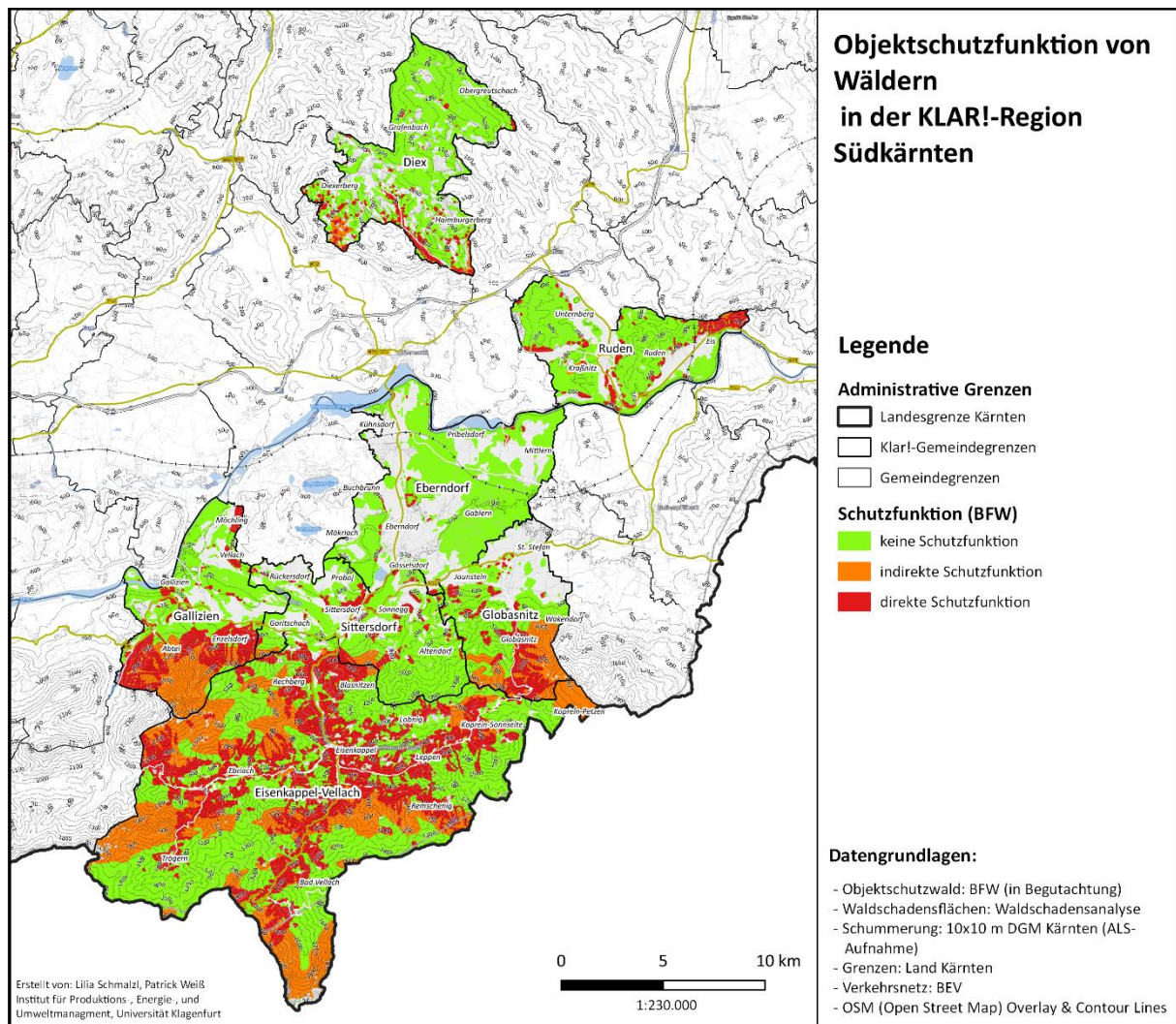
Objektschutzwälder sind Wälder, die Menschen, Siedlungen, Anlagen oder kultivierten Boden vor Umwelteinflüssen oder Naturgefahren schützen, um diese Schutzwirkung zu erreichen, erhalten sie eine besondere Behandlung (§ 21 Abs. 2 Forstgesetz 1975).

Definitionen des Bundesforschungszentrums für Wald

Die Definition des Bundesforschungszentrums für Wald (BFW) unterscheidet sich von der aus dem Forstgesetz. So werden hier Objektschutzwälder in „Wälder mit direkter“ und „indirekter Schutzfunktion“ kategorisiert. Eine direkte Schutzfunktion ist vorhanden, wenn eine Verbindung zwischen einem Gefahrenprozess und einem Objekt hergestellt werden kann. Eine indirekte Schutzfunktion schützt Objekte, aber es kann kein direkter Zusammenhang zwischen der Waldfläche und der Gefahr hergestellt werden, beispielsweise kommt dies bei fluvialen Prozessen zum Tragen (Markart, Kohl and Klebinder, 2014).

Der Schutzwald ist ebenso wie andere Wälder vom Klimawandel betroffen und erleidet infolgedessen schwere Schäden durch Unwetter, Erkrankungen und Schädlinge. Ein Schutzwald orientiert sich an der Naturnähe, da ein gepflegter und standortangepasster Wald auch die höchste Widerstandsfähigkeit gegen jegliches Risiko stark erhöht, aus diesem Grund erhalten Schutzwälder besondere Aufmerksamkeit bei jeglichen Maßnahmen (BMNT, 2019b).

Ein Schutzwald ist kostenintensiv und wird von WaldbesitzerInnen und durch die Förderung von öffentlichen Stellen finanziert. Der Gegenwert ist der Holzertrag für den/die BesitzerIn und die Schutzwirkung für die Bevölkerung. Dennoch ist ein Schutzwald, in Bezug auf Kosten und Nutzen, um mehr als das Hundertfache günstiger als technische Maßnahmen, die den gleichen Schutzfaktor erbringen würden (BMNT, 2019b).



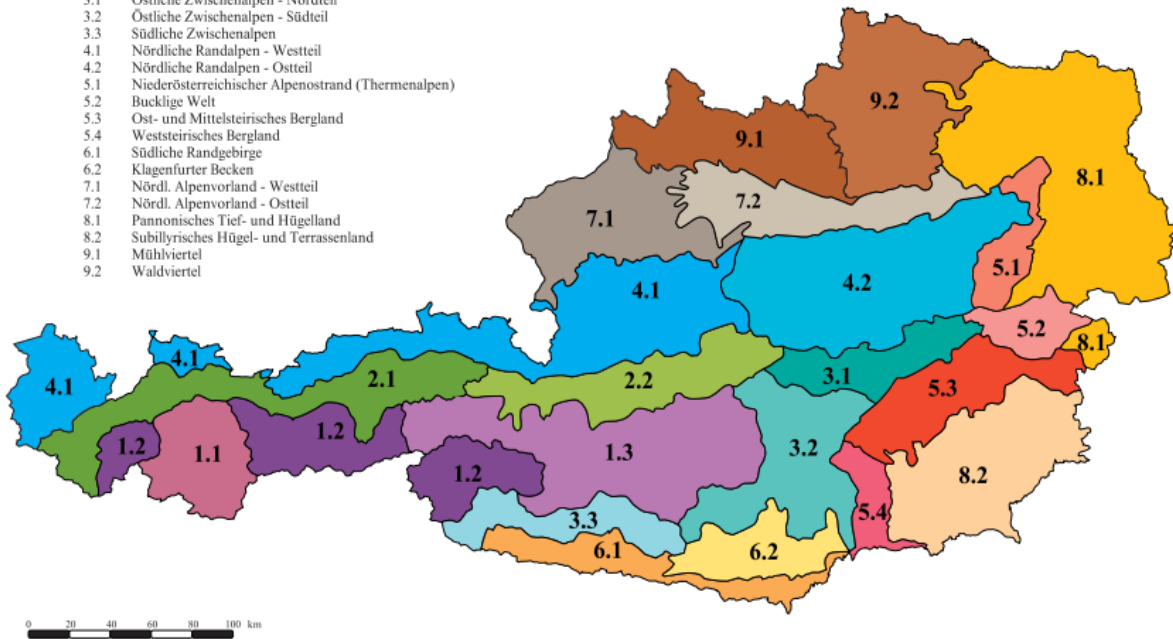
Karte 2: Objektschutzfunktion von Wäldern in der KLAR! – Region Südkärnten. Quelle: Objektschutzwälder des BFW (in Begutachtung!), eigene Darstellung.

NATÜRLICHKEIT VON WÄLDERN IN ÖSTERREICH

Extreme Klimaereignisse in den 1990er Jahren, wie Sturmschäden, Schneebruch und vermehrte Borkenkäferkalamitäten, starteten eine verstärkte Diskussion über die Natürlichkeit und Resilienz von Österreichs Wäldern. Es zeigte sich, dass Gebiete, die eine geringe Naturnähe aufwiesen, stärker von Waldschäden betroffen waren, als jene, die naturnahe oder natürliche Baumartenmischungen aufwiesen (Kirchmeir, Koch and Grabherr, 1999). Kilian et al. (1994) veröffentlichten 1994 eine Studie der forstlichen Wuchsgebiete in Österreich, mit der sie eine flächendeckende naturräumliche Gliederung, nach waldökologischen Gesichtspunkten, vorschlugen. Das Ziel war es, eine Grundlage für Raumplanung, forststatistische Inventuren und ökologisch orientierten Waldbau zu schaffen. Die Wuchsgebiete wurden unter Berücksichtigung des Regionalklimas und den dadurch vorherrschenden Waldgesellschaften, in 22 Gebiete unterschieden und zu 9 Hauptwuchsgebieten zusammengefasst. In der Beschreibung der Wuchsgebiete sind deren Lage, Höhenbereich, Umgrenzung sowie deren Regionalklima, die Geomorphologie, Böden, Höhenstufengrenzen und natürlichen Waldgesellschaften beschrieben.

Wuchsgebiete

- 1.1 Innenalpen - kontinentale Kernzone
- 1.2 Subkontinentale Innenalpen - Westteil
- 1.3 Subkontinentale Innenalpen - Ostteil
- 2.1 Nördliche Zwischenalpen - Westteil
- 2.2 Nördliche Zwischenalpen - Ostteil
- 3.1 Östliche Zwischenalpen - Nordteil
- 3.2 Östliche Zwischenalpen - Südteil
- 3.3 Südliche Zwischenalpen
- 4.1 Nördliche Randalpen - Westteil
- 4.2 Nördliche Randalpen - Ostteil
- 5.1 Niederösterreichischer Alpenostrand (Thermalalpen)
- 5.2 Bucklige Welt
- 5.3 Ost- und Mittelsteirisches Bergland
- 5.4 Weststeirisches Bergland
- 6.1 Südliche Randgebirge
- 6.2 Klagenfurter Becken
- 7.1 Nördl. Alpenvorland - Westteil
- 7.2 Nördl. Alpenvorland - Ostteil
- 8.1 Pannonisches Tief- und Hügelland
- 8.2 Subillyrisches Hügel- und Terrassenland
- 9.1 Mühlviertel
- 9.2 Waldviertel

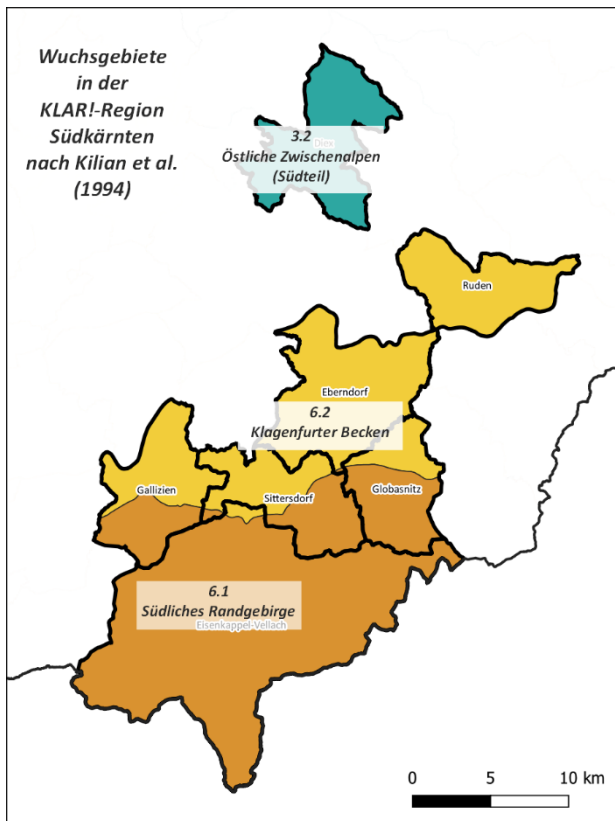


Karte 3: Wuchsgebiete nach Kilian et al. (1994). Die KLAR! – Region Südkärnten liegt in den Wuchsgebieten 6.1: Südliches Randgebirge und 6.2: Klagenfurter Becken. Quelle: Kilian et al., 1994.

Die KLAR! – Region Südkärnten liegt zum Großteil im Hauptwuchsgebiet 6: Südliche Randalpen. Dieses wird in zwei Wuchsgebiete unterteilt. Das Wuchsgebiet 6.1 wird nach Kilian et al. (1994) als südliches Randgebirge bezeichnet, welches die Karawanken, die Karnischen und Gailtaler Alpen, sowie die Lienzer Dolomiten umfasst. Das Wuchsgebiet 6.2 beschreibt das Klagenfurter Becken, welches sich über das Klagenfurter Becken hinaus, in das Jauntal, bis zu den Karawanken, dem St. Veiter Becken, dem Feldkirchner Becken, sowie in das untere Lavantal erstreckt. Die Gemeinde Diex liegt im Wuchsgebiet 3.2, dem Südteil der östlichen Zwischenalpen (Hauptwuchsgebiet 3: Östliche und südliche Zwischenalpen). Dieses erstreckt sich über das Lavantal, die Seetaler Alpen, die Saualpe und das Gurktal und über Kärnten hinaus in die Steiermark (Karte 4).

Aufbauend auf der Studie von Kilian et al. (1994) untersuchten Grabherr et al. (1998) in den Jahren 1993-1998 im Rahmen des MaB („Man and the Biosphere“) Projekts „Hemerobie Österreichischer Waldökosysteme“ den Natürlichkeitsgrad österreichischer Wälder. Hierzu entwickelten sie einen umfangreichen Kriterienkatalog und erhoben Daten zur Naturnähe der Baumartenkombination und der Bodenvegetation, sowie zur Bestandesstruktur auf rund 5.000 Probeflächen in ganz Österreich. Auch in Kärnten wurden im Rahmen dieser Studie 948 Probeflächen bestimmt.

Das Hemerobiekonzept beschreibt den menschlichen Einfluss auf ein Ökosystem. Kowarik (1988, zit nach Grabherr et al., S. 56) definiert Hemerobie als „ein Maß für den menschlichen Kultureinfluss auf Ökosysteme, wobei die Einschätzung des Hemerobiegrades nach dem Ausmaß der Wirkungen derjenigen anthropogenen Einfüsse vorgenommen wird, die der Entwicklung des Systems zu einem Endzustand entgegenstehen. Ahemerobe (natürliche) Vegetation kann also auch im Zuge der Sukzession einer anthropogenen Pflanzengesellschaft zu einer natürlichen Schlußgesellschaft auf veränderten Standorten entstehen.“ Somit versucht das Hemerobiekonzept die Nutzungsintensität



Karte 4: Wuchsgebiete in der KLAR! – Region Südkärnten. Quelle: eigene Darstellung nach Kilian et al. (1994)

durch den Menschen messbar zu machen und die potenziell natürliche Vegetation eines Ökosystems ohne menschlichen Einfluss zu bestimmen.

Bei der Untersuchung von Grabherr et al. (1998) wurde für jede Probefläche sowohl die aktuelle, als auch die potenziell natürliche Baumartenkombination und Bodenvegetation ermittelt. Für die potenziell natürliche Vegetation wurde jeweils abgeschätzt, welche Vegetation sich unter heutigen Standortbedingungen, unter Ausschluss des menschlichen Einflusses entwickeln würde (Kirchmeir, Koch and Grabherr, 1999). Die Bestimmung erfolgte angelehnt an die Wuchsgebiete von Kilian et al. (1994) und nach den abiotischen Faktoren Seehöhenstufe, Exposition und Klima. Für die pflanzensoziologische Aufnahme der Baumarten wurde die Skala nach Braun-Blanquet (1964) angewandt, welche durch breite Deckungsklassen eine Abschätzung der Dominanzverteilung der Hauptbaumarten ermöglicht (Traxler, 1997; Koch and Grabherr, 1998).

Insgesamt zeichnen die Ergebnisse der Studie ein erfreuliches Bild für Kärntens Wälder ab. Der Anteil an natürlichen und naturnahen Baumbeständen ist im Bundesland Kärnten im Vergleich zum österreichischen Durchschnitt höher und es gibt weniger künstliche und stark veränderte Bestände. Rund ein Drittel von Kärntens Wäldern sind natürlich beziehungsweise naturnah, auf der anderen Seite sind jedoch rund ein Drittel der Wälder künstlich beziehungsweise stark verändert (Diagramm 1).

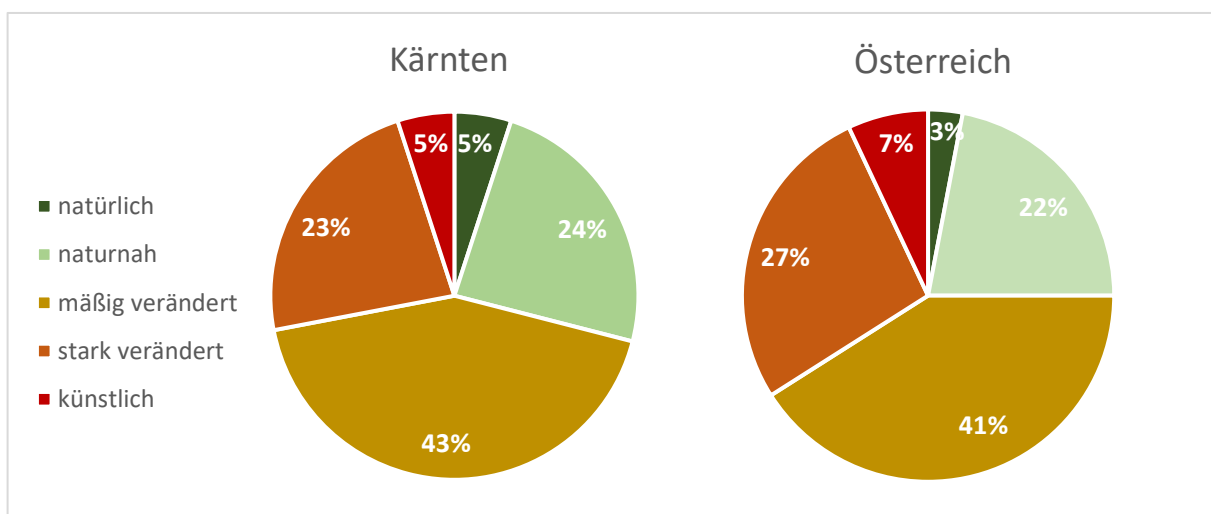


Diagramm 1: Gegenüberstellung der Hemerobiewertverteilung in Kärnten und in Österreich. Quelle: eigene Darstellung nach Kirchmeir, Koch und Grabherr (1999).

Die höhere Naturnähe von Wäldern in Kärnten erklären sich Kirchmeir et al. (1999) vor allem durch die geologische und geomorphologische Situation in Kärnten. Die Fichte ist die natürlich dominante Baumart in Hochlagenwäldern, welche einen großen Anteil in Kärnten ausmachen. Die Seehöhe und der geologische Untergrund seien demnach die relevantesten Faktoren für die Naturnähe der Baumartenkombination, da sich mit steigender Seehöhe der natürliche Anteil von Nadelholz erhöht. Dies deckt sich mit den wirtschaftlichen Interessen der Forstwirte, die in der Vergangenheit höhere Absätze durch Nadelholz, insbesondere für Fichtenholz, erwirtschaften konnten. Somit deckt sich heute, ab der subalpinen Stufe, die aktuelle mit der potenziell natürlichen Vegetation weitestgehend. In Tieflagen (submontan und tiefmontan) hingegen gibt es viele Gebiete, wo die aktuelle und die potenziell natürliche Vegetation weit auseinander klaffen. Stieleiche und Hainbuche beispielsweise wurden im Klagenfurter Becken großflächig durch die Fichte und teilweise durch die Rotföhre ersetzt. Durch diese verfolgten Waldbaukonzepte erhöhte sich jedoch der Anteil an Borkenkäferkalamitäten in diesen Regionen.

Im Jahr 2005 erstellte das E.C.O. im Auftrag der Landesforstdirektion eine Modellierung der potenziell natürlichen Waldgesellschaft für die forstlichen Wuchsgebiete 6.1 und 6.2 (Karte 5). Hierfür wurde die Hangneigung und Seehöhe, welche aus dem digitalen Geländemodell von Kärnten ermittelt wurden, mit den Standortbedingungen der natürlichen Waldgesellschaft der beiden forstlichen Wuchsgebiete (nach Kilian et al, 1994) verschnitten. Mithilfe eines Expertensystems³ können weitere Parameter, nämlich der Bodentyp, der geologische Untergrund und die Wasserversorgung angegeben werden, um die Ergebnisse der potenziell natürlichen Waldgesellschaft zu verfeinern.

³ Link zum Expertensystem der potenziell natürlichen Vegetation: <https://wamo.e-c-o.at/home.html>

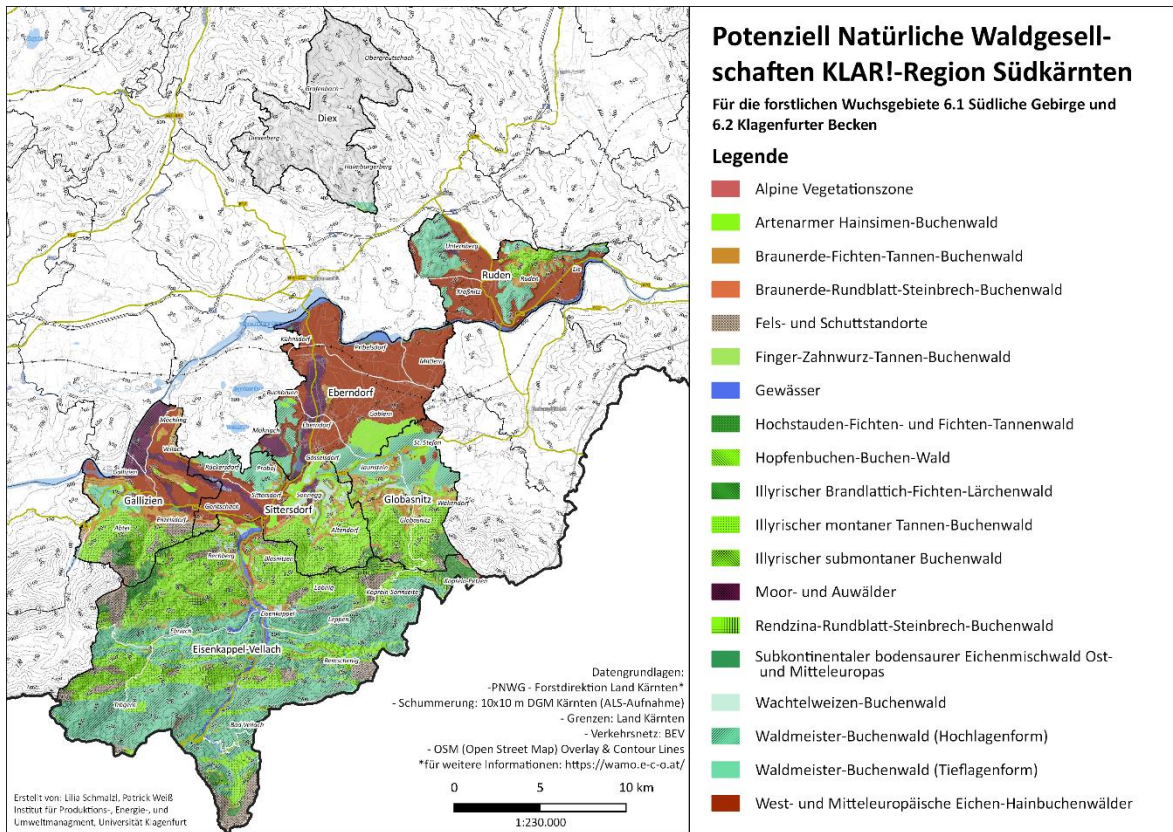
NATÜRLICHKEIT VON WÄLDERN IN DER KLAR! – REGION SÜDKÄRNTEN

Die Verteilung der potenziell natürlichen Waldgesellschaft in der KLAR! – Region Südkärnten wird im Rahmen dieser Arbeit mit der aktuellen Vegetation (nach Seger et al, 2001) gegenübergestellt. Da sowohl die Bewertung der potenziell natürlichen, als auch der aktuellen Baumartenzusammensetzung von vielen individuellen Standortfaktoren beeinflusst wird, wird im Rahmen dieses Projekts nur ein Überblick für die komplette Region in einem Maßstab von 1:250.000 gegeben. Für die Bestimmung der Waldgesellschaften auf einer ausgewählten Fläche, ist eine Erhebung vor Ort durch einen Fachmann notwendig.

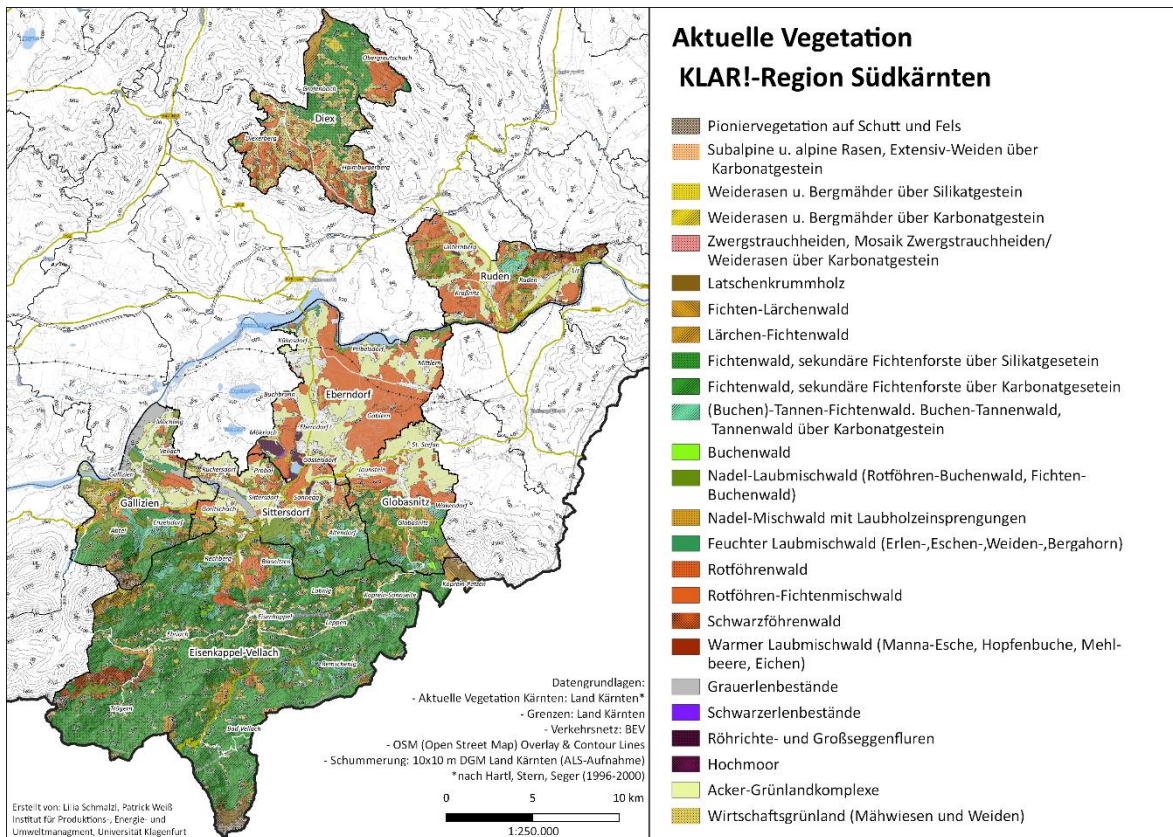
Nachfolgend sollen zwei markante Beispiele ausgeführt werden, die bei dem Vergleich der beiden Karten, der potenziell natürlichen und aktuellen Waldgesellschaft, auffallen: Die Marktgemeinde Eberndorf liegt auf einer durchschnittlichen Seehöhe von 476 m ü.A. Somit befindet sich die Gemeinde überwiegend in der submontanen Höhenstufe (350-700 m) im forstlichen Wuchsgebiet 6.2 (Klagenfurter Becken). In dieser Höhenstufe zählen unter anderem bodensaure Eichenwälder mit Rotföhrenanteil über silikatischen und Eichen-Hainbuchenwälder über karbonathältigen Böden zur potenziell natürlichen Waldgesellschaft (vgl. Karte 5). Betrachtet man die Karte der aktuellen Vegetation (Karte 6), so erkennt man, dass der überwiegende Waldanteil aktuell überwiegend aus Rotföhren-Fichtenmischwäldern besteht. Die Fichte zählt jedoch in dieser Höhenlage nicht zur potenziell natürlichen Vegetation, wenn dann nur in eingesprengter Form (Kilian, Müller and Starlinger, 1994). Wie aus dem Kalamitätslayer der Landesforstdirektion Kärnten zu entnehmen ist, sind die meisten, der erfassten Waldschäden innerhalb der Gemeinde den Borkenkäfer zurückzuführen.

Ein zweites Beispiel, bei dem potenziell natürliche und aktuelle Waldgesellschaft offensichtlich auseinanderklaffen, sieht man in Leppental, oder auch im Lobnigtal. Der Talboden von Leppen befindet sich auf einer Seehöhe von 600-700 m ü.A. und die Hänge reichen bis zu einer Höhe von ca. 1200 m ü.A. Im Wuchsgebiet 6.1. (Südliches Randgebirge) nach Kilian et al. (1994) bewegt sich das Tal in der submontanen bis mittelmontanen Höhenstufe. In der potenziell natürlichen Baumartenverteilung ist die Buche in diesem Wuchsgebiet durchgehend als Hauptbaumart beteiligt. An submontanen Standorten und auch an wärmebegünstigten Standorten in der tiefmontanen Stufe überwiegen Buchen(misch)wälder. Auch die Rotföhre zählt zu den Hauptbaumarten in diesen Höhenstufen. Ab der hochmontanen Stufe überwiegt der Fichten-Tannen-Buchenwald. In der aktuellen Vegetationskarte sieht man, dass im Talboden ein Nadel-Laubmischwald vorzufinden ist. In höheren Lagen und auch im weiter nördlich gelegenen Lobnigtal hingegen überwiegen Fichten(misch)wälder.

Im Kalamitätslayer der Landesforstdirektion sind an den Südhängen dieser beiden Täler große Bloßflächen kartiert worden, die durch die Sturmschäden 2017 und 2018 entstanden sind. Die Ergebnisse vorangehender Studien, die bestätigen konnten, dass Gebiete mit geringer Naturnähe stärker von Waldschäden betroffen sind (Kirchmeir, Koch and Grabherr, 1999) und unter Berücksichtigung nachfolgender Auführungen, gibt es den Grund zur Annahme, dass die Sturmschäden ein wesentlich geringes Ausmaß gehabt hätten, wenn eine überwiegend potenziell natürliche Vegetation an diesen Standorten vorgeherrscht hätte.



Karte 5: Karte der potenziell natürlichen Vegetation in der KLAR! – Region Südkärnten. Quelle: eigene Darstellung nach PNWG-Modell (E.C.O., i.A. LFD, 2005).



Karte 6: Karte der aktuellen Vegetation in der KLAR!-Region in Kärnten. Quelle: eigene Darstellung nach Hartl et al. (2001).

ENTWICKLUNG VON WALDSCHÄDEN IN ÖSTERREICH VON 2015 BIS 2019

In der Holzeinschlagsmeldung, welche jährlich vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft und seit 2018 vom Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus veröffentlicht wird, wird der Gesamteinschlag von Wäldern in Österreich auf Bezirksebene dokumentiert. Sie beinhaltet unter anderem die innerhalb eines Kalenderjahres geschlägerten Holzmengen und weist hierbei auch die darin enthaltenen Schadholzmengen aus. Die Daten basieren auf einer Stichprobenerhebung von Betrieben unter 200 ha Waldfläche und einer Vollerhebung von Betrieben über 200 ha Waldfläche. Die österreichischen Bundesforste (Öbf AG) übermittelt ihre Daten direkt an das Bundesministerium. Für die restlichen nicht erhobenen Waldflächen wird auf Bezirksebene eine Schätzung von der Bezirksforstinspektion durchgeführt.

In den letzten fünf Jahren konnte ein signifikanter Anstieg von Schadholzmengen in Österreich und auch im Bundesland Kärnten festgestellt werden, wie in Diagramm 2 ersichtlich ist. Im gesamten Bundesgebiet betragen die Waldschäden im Jahr 2018 9.9 Mio. Efm, was einem Anteil von 51,7 Prozent des Gesamteinschlags entspricht (BMNT, 2019a). Insgesamt liegt der Schadholzanteil 2018 um 76 Prozent über dem 10-jährigen Schnitt.

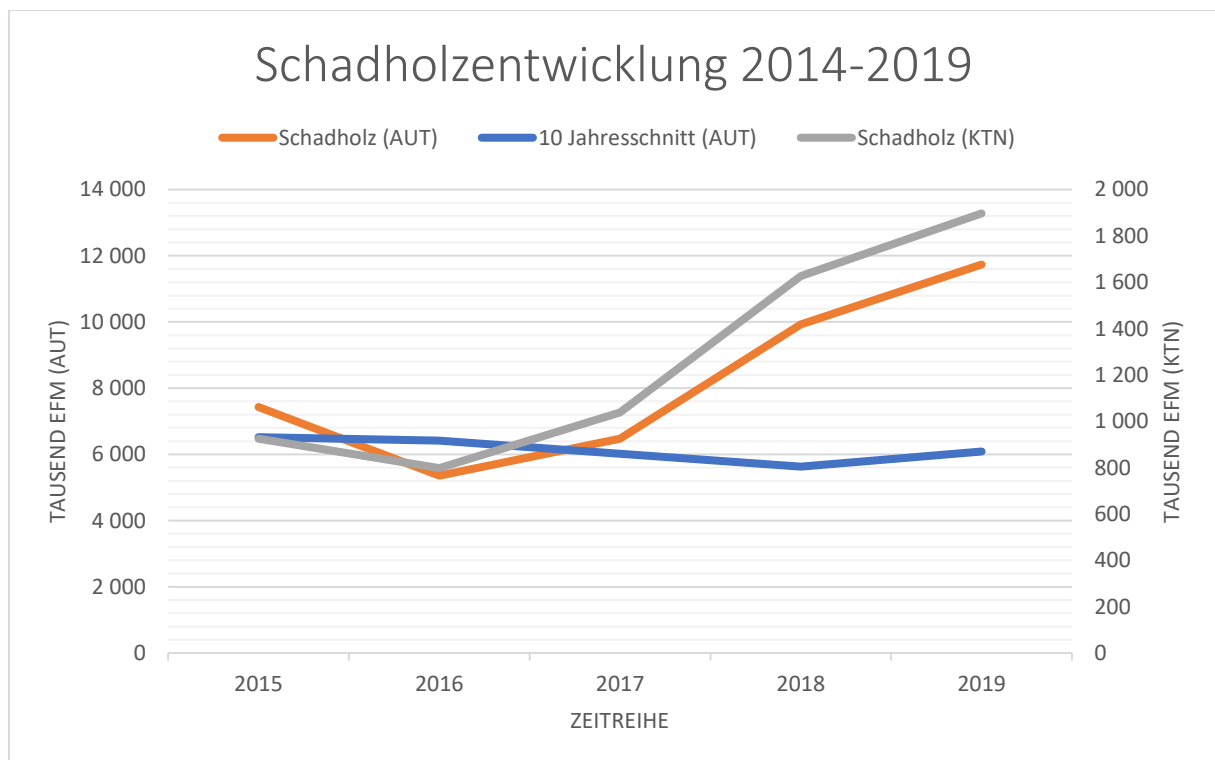


Diagramm 2: Schadholzentwicklung aus Holzeinschlagsmeldungen 2015-2019 Quelle: eigene Darstellung nach BMLFUW, 2016, 2017; BMNT, 2018, 2019a, 2020

In Tabelle 1 wird der Holzeinschlag und der Schadholzanteil für die einzelnen Bundesländer Österreichs gegenübergestellt. In Kärnten lag er im Jahr 2018 über dem österreichischen Schnitt bei knapp 62 Prozent. Im Jahr 2019 stieg er um weitere 17 Prozent, was auf die Aufarbeitung der Windwürfe im Folgejahr, die vom Sturmtief Vaia (Oktober 2018) verursacht wurden zurückzuführen ist.

	Bgld.	Ktn.	NÖ	OÖ	Sbg.	St.	T	Vgb.	W	Ö
Holzeinschlag (Mio Efm, o.R.)	0,74	2,64	5,31	3,47	0,94	4,61	1,03	0,40	0,05	19,19
Anteil am Gesamteinschlag (%)	3,8	13,7	27,7	18,1	4,9	24,0	5,4	2,1	0,3	100,0
Veränderung zum Vorjahr (%)	-9,1	2,9	24,9	14,1	-9,7	5,3	-13,2	27,4	-0,2	8,8
Abweichung 10-jähriger Ø (%)	1,1	4,9	35,6	19,3	-19,0	-2,6	-22,7	13,9	25,5	8,5
Schadholzanteil am Einschlag (%)	26,4	61,6	58,8	57,7	50,4	41,5	35,1	56,8	10,5	51,7
Anderung Schadholzmenge gegenüber 2017 (%)	-8,9	56,6	71,7	38,9	13,6	66,2	7,6	317,9	47,3	53,3

Tabelle 1: Holzeinschlagsmeldung und Schadholzanteil nach Bundesländern im Jahr 2018 (BMNT, 2019b).

ENTWICKLUNG VON WALDSCHÄDEN IN DER KLAR! – REGION SÜDKÄRNTEN

Da für diese Arbeit keine Waldinventurdaten auf Gemeindeebene vorliegen, werden nachfolgend die Waldinventurdaten (2007-2009) vom Bezirk Völkermarkt präsentiert, welche auf der Website der Waldinventur öffentlich zugänglich sind. Die Ergebnisse der Erhebung zeigen, dass Nadelbäume im Bezirk Völkermarkt den größten Teil des Holzvorrats in Ertragswäldern ausmachen. Hierbei zählen die Fichte (66 Prozent), die Weißkiefer (11 Prozent) und die Lärche (5 Prozent) zu den Hauptbaumarten. Bei den Laubbäumen ist es die Rotbuche (10 Prozent) die als Hauptbaumart in Erscheinung tritt. Tanne, Eiche, Ahorn und Hainbuche, sowie die Ulme sind ebenfalls, wenn auch nur in geringem Ausmaß, vorhanden.

Die Gesamtwaldfläche im Bezirk beträgt insgesamt rund 61.000 ha. 55.000 ha davon werden als Wirtschaftswald und 1.000 ha als Schutzwald genutzt. Weitere 5.000 ha sind als Schutzwald außer Ertrag ausgewiesen. 43.000 ha der Gesamtwaldfläche sind im Kleinwaldbesitz (< 200 ha). 10.000 ha teilen sich auf BesitzerInnen von Waldflächen zwischen 200-1000 ha auf und die restlichen 8.000 ha sind im Großbesitz, mit Besitzflächen von über 1000 ha. Somit befinden sich rund 70 Prozent der Gesamtwaldfläche im Kleinwaldbesitz.

Betrachtet man die Holzeinschlagsmeldung 2018 vom Bezirk Völkermarkt, so fiel der Anteil von Schadholz am Gesamteinschlag noch höher aus als im Durchschnitt von Kärnten (Ø Kärnten: 61,6 Prozent Schadholzanteil). Insgesamt wurden in diesem Jahr rund 630.000 Efm Holz eingeschlagen, davon fielen rund 527.000 Efm als Schadholz an (84 Prozent Schadholzanteil). Für den Gesamtbaumbestand im Bezirk bedeutete dies allein für das Jahr 2018 einen Gesamtholzverlust von 3,7 Prozent für Fichtenholz und 1,4 Prozent für Laubholz (vgl. Tabelle 2).

Holzbestand im Bezirk Völkermarkt (in 1000)	Nadelholz	Laubholz	Datengrundlage
Gesamtbestand (Vfm)	16 498	3 316	Waldinventur (07/09)
Gesamtbestand (Efm)*	13 198	2 653	Umrechnungsfaktor*
Schadholz im Jahr 2018 (Efm)	489	37	Holzeinschlagsmeldung
Gesamtbestandsverlust durch Schadholz (%)	3,7%	1,4%	

Tabelle 2: Gesamtbestand und Schadholzmenge (2018) im Bezirk Völkermarkt. Quelle: eigene Darstellung nach BMNT, 2019a; BFW, 2009

*Umrechnungsfaktor wurde wie folgt berechnet:

$E_{fm} = V_{fmd} - EV$

E_{fm} = Erntefestmeter

V_{fm} = Vorratsfestmeter

EV=Ernteverluste (Rinde, Stockholz, Überlänge, Bruchholz, Äste, Wipfel, Schnittfuge \cong ca. 10 % Rindenverluste und 10% Verlust bei Ernte)

TEIL II: METHODISCHE UMSETZUNG

Im zweiten Teil dieser Arbeit folgt eine Beschreibung der Erhebung von Waldschäden, die in den Jahren von 2015 bis 2019 entstanden sind. Die Auswertung wurde mittels NDVI-Berechnungen, auf Basis (Vegetationsindex) von Sentinel-2 Satellitenbildern, aus den beiden Jahren durchgeführt und mithilfe von Geodaten, die von der Landesforstdirektion zur Verfügung gestellt worden sind, abgeglichen. Als Waldmaske für die Berechnungen diente ein Rasterdatensatz der Bodenbedeckung von Österreich, der im Jahr 2016 vom Umweltbundesamt, auf Basis von Sentinel-2 Satellitenbildern, erstellt wurde.

Wichtiger Hinweis:

Als „Waldschaden“ werden im Rahmen dieser Arbeit „alle in den Jahren 2015 bis 2019 entstandenen Bloßflächen über 0,5 ha“ innerhalb der Waldmaske „bezeichnet“. Da anhand von Satellitenbilddatenauswertungen keine differenzierte Betrachtung von der „Schadensursache“ möglich ist, sind auch „alle Bloßflächen über 0,5 ha enthalten, die durch Fällungen entstanden sind“ und nach forstwirtschaftlichem Verständnis nicht als „Schaden“ bezeichnet werden.

BILDDATEN UND ANGEWANDTE METHODEN

Für die Auswertung der Geodaten wird die Open Source Software QGIS, sowie die Open Source Software Multispec verwendet. Die notwendigen Rasterdaten werden vom USGS-EarthExplorer⁴ für die Jahre 2015 und 2019 bezogen, um die Veränderung zwischen diesen Jahren und somit die dort entstandenen Waldschäden auswerten zu können. Bei den verwendeten Rasterdaten handelt es sich um Aufnahmen des Sentinel-2 Satelliten. Es werden die folgenden zwei Datensätze verwendet.

Tabelle 3: Auflistung der verwendeten Sentine-2 Satellitenbildern.

Datum	Name	Auflösung
11.07.2015	L1C_T33TVM_A000262_20150711T100006	10x10 Meter
20.07.2019	L1C_T33TVM_A021283_20190720T100521	10x10 Meter

Zusätzlich zu den Satellitenbilddaten werden auf der Website data.gv.at Gemeindegrenzen, Vegetationsdaten, das Digitale Geländemodell (DGM) von Kärnten, in 10x10m Auflösung und die Bodenbedeckung von Österreich bezogen, zudem stellt auch die Landesforstdirektion weitere Geodaten zur Verfügung. Eine Auflistung der verwendeten Geodaten ist in Tabelle 4 ersichtlich:

⁴ Website: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Tabelle 4: Auflistung der verwendeten Geodaten für die Analyse.

Geodaten	Kommentar	Projektion	Quelle
Gemeindegrenzen Kärnten	Administrative Borders	EPSG: 31258 (Bundesmeldenetz M31)	CC-BY-4.0: Land Kärnten - data.ktn.gv.at
Aktuelle Vegetation	Current Vegetation Carinthia	EPSG31258 (Bundesmeldenetz M31)	CC-BY-4.0: Land Kärnten - data.ktn.gv.at
PNWG	Potenziell Natürliche Vegetation von Wuchsgebiet 6.1 & 6.2	EPSG31258 (Bundesmeldenetz M31)	Landesforstdirektion Kärnten
DGM Kärnten 10m	Auflösung 10m aus Airborne Laserscan Aufnahme (2006 - 2015)	EPSG:31258 (Bundesmeldenetz M31)	CC-BY-4.0: Land Kärnten - data.ktn.gv.at
Geoland Basemap	WMS-Service	EPSG:3857 (WGS84 Web Mercator)	basemap.at
Sentinel-2 Satellitenbilddaten	11.07.2015; 20.07.2015	EPSG: 32633 (WGS84/UTM zone 33)	https://earthexplorer.usgs.gov/
Orthofotos der KLAR! – Region Südkärnten	2016 2019	EPSG31258 (Bundesmeldenetz M31)	KAGIS-Geoinformation Kärnten
Kalamitätslayer	Waldschäden (Windwurf, Käfer, etc.)	EPSG31258 (Bundesmeldenetz M31)	Forstdirektion Land Kärnten (LFD)
Fällungsnachweise	Fällungslayer frei/bewilligungspflichtig	EPSG31258 (Bundesmeldenetz M31)	Forstdirektion Land Kärnten (LFD)
Sentinel-2 Bodenbeckung Österreich	Waldmaske	EPSG31258 (Bundesmeldenetz M31)	Umweltbundesamt

VORBEREITUNG DER SATELLITENBILDDATEN

Für die Vorbereitung der Satellitenbilddaten wird das Tool MultiSpec verwendet. Die RGB-Kanäle und der nahe Infrarotkanal der Sentinel-2 Daten liegen in den Bändern 2,3,4 und 8 vor. Für die NDVI-Berechnungen in QGIS werden diese Bänder mithilfe von MultiSpec gestacked, also in einer einzelnen Datei abgespeichert.

BERECHNUNG DER NDVI-WERTE

Bei den beiden vorbereiteten Rasterdatensätzen werden mithilfe des *Rasterrechners* der NDVI-Wert (Normalized Difference Vegetation Index) errechnet:

$$\frac{(\text{Nahes IR} - \text{Roter Kanal})}{(\text{Nahes IR} + \text{Roter Kanal})} = \text{Normalisierter NDVI Wert}$$

Mit den zwei neu erstellten Datensätzen kann nun der Unterschied zwischen den gewählten Jahren (2015 und 2019) festgestellt werden. Flächen mit Vegetation reflektieren stark im Bereich des Nahen

Infrarots, somit bedeuten Werte die größer als Null sind, dass Vegetation vorhanden ist. Daraus folgt, dass Werte kleiner Null keine Vegetation vorweisen. Es folgt der Vergleich der Rasterdatensätze.

$$\text{Datensatz von 2015} - \text{Datensatz von 2019} = \text{Veränderung von 2015 zu 2019}$$

Aus dieser Berechnung im *Rasterrechner* folgt eine weitere Rasterdatei. Diese zeigt in Gebieten, wo sich die Reflektion negativ verändert hat, sprich wo 2019 eine geringere Vegetation festgestellt wurde, hellere Bereiche und in jenen, wo es keine Veränderung oder einen Zuwachs gegeben hat, dunklere Bereiche. Die hellen Flächen stellen potenzielle Waldschäden dar, die zwischen 2015 und 2019 entstanden sind. Es sind jedoch auch andere Flächen im Raster zu erkennen, insbesondere Wolken und Äcker- bzw. Grünlandkomplexe, welche in den beiden Jahren unterschiedlich stark reflektieren und somit auch als Veränderung wahrgenommen werden. Nachdem die unterschiedlichen Reflektionswerte herausgerechnet wurden, werden diese Flächen erneut im Rasterrechner ausgewertet. In diesem Schritt wird die Toleranz angegeben, in welchem Bereich die Veränderung als signifikant genug angesehen wird, um sie in die weitere Verarbeitung aufzunehmen.

$$\text{Veränderung von 2015 zu 2019} > 0.05$$

Es wurde initial der Wert 0.1 verwendet, jedoch wurde im späteren Verlauf der Bearbeitung deutlich, dass hier einige Bereiche nicht ausreichend erkannt wurden. Infolgedessen wurde die Toleranz auf 0.05 gesenkt. Dieser Wert bezieht sich auf die Zellwerte der Rasterdaten, somit werden alle Werte die eine größere Veränderung als 5% aufweisen als signifikant erachtet. Aus dieser Formel folgt eine binäre Rasterdatei, das heißt es gibt nur die Werte eins und null. Wobei eine Eins bedeutet es hat eine Veränderung gegeben und eine Null es hat keine Veränderung gegeben. Ein Wert über Null bedeutet es gibt eine negative Veränderung des NDVI (Vegetation nimmt ab) und unter null es gibt positive Veränderung des NDVI (Vegetation nimmt zu).

KONTROLLE UND BEREINIGUNG DES DATENSATZES

Um dem berechneten Layer der Waldveränderungen eine höhere Relevanz zu geben werden in mehreren Schritten die Flächen weiter begrenzt und bereinigt. Dies ist deshalb notwendig, da die reine Berechnung sich nur auf Reflektionswerte bezieht und keinen Zusammenhang mit den Bilddaten erkennt.

Der erste Schritt liegt darin, alle Flächen, die nicht als negative Veränderung erkannt wurden, zu entfernen. Dies geschieht einfach über eine Auswahl im Layer, da die berechneten Flächen in Wahr und Falsch klassifiziert sind.

Da es viele positiv geprüfte Flächen gibt, die nicht in einem Wald liegen, wird der Datensatz mithilfe der Land Cover Map (Umweltbundesamt, 2016) korrigiert. Die Land Cover Map wird hierfür in eine Waldmaske umgewandelt. Es folgt eine Auswahl über die Attribute der Land Cover Map, in diesem Fall sind lediglich Waldflächen interessant. Aus diesem Grund werden alle Flächen, die keinem forstlichen Bewuchs entsprechen, aus der Land Cover Map gelöscht.

Es folgt eine erste manuelle Kontrolle, wo besonders auffällige Falschflächen entfernt werden. Dazu zählen etwa Wolken, Straßen und Wege oder auch landwirtschaftlich genutzte Flächen.

Für eine weitere Einschränkung der Flächen wurde sich dazu entschieden, dass Gesamtflächen, die kleiner als 0,5 ha groß sind, gelöscht werden. Dies erfolgt durch eine einfache Flächenberechnung und anschließender Selektion der betroffenen Flächen. Grund dafür sind viele vereinzelt kleine Flächen, die oft nur als Bildstörung erkannt wurden und damit Änderungen zeigen, die, in den meisten Fällen, keine sind.

WEITERE PRÜFUNG DER VERÄNDERUNGSFLÄCHEN ANHAND VON ORTHOFOTOS

Durch die hohe Auflösung der Orthofotos ist eine Berechnung für das gesamte Projektgebiet technisch nur aufwendig umsetzbar. Um aus den vorhandenen Orthofotos dennoch relevante Vergleichswerte bekommen zu können, wurde sich dafür entschieden, sich auf zwei Testgebiete zu konzentrieren. Ein Orthofoto hat eine Ausdehnung von 1 x 1,25 Kilometer bei einer Auflösung von 20cm pro Pixel.

Alle Berechnungen basieren auf den CIR-Layern und wurden mit der bereits beschriebenen NDVI-Berechnung berechnet. In den vorliegenden Orthofotos beinhaltet Band 2 das nahe Infrarot und Band 1 den roten Kanal. Nach der Berechnung der Differenz, der Layer von 2016 und 2019, musste, aufgrund von Berechnungsschwierigkeiten, die Auflösung reduziert werden. Dabei wurde die Auflösung von 0,2 Meter auf einen Meter reduziert. Bei dieser Reduktion wurde der Mittelwert der Rasterzellen innerhalb der 1 x 1m Rasterzellen verwendet.

Da eine vollständige Berechnung auf Basis der Orthofotos nicht möglich ist aber die Daten trotzdem genutzt werden sollten, wurde anhand der Bilddaten eine manuelle Kontrolle des gesamten Raumes der KLAR! – Region Südkärnten durchgeführt. Durch diese Sichtung konnten weitere Fehlerhafte Flächen korrigiert werden.

KLASSIFIZIERUNG DER WALDSCHÄDEN MITTELS WALDMASKE

Als Waldmaske wird der Datensatz der Bodenbedeckung von Österreich vom Umweltbundesamt verwendet. Dieser wird gewählt weil er 1) dieselbe Auflösung und Datenquelle (Sentinel-2) besitzt, wie die NDVI-Berechnungen, 2) aus dem Jahr 2016 stammt und somit die Waldbedeckung im Untersuchungszeitraum vor den großen Waldschadensereignissen dokumentiert und 3) eine Klassifizierung der Waldschäden in die Kategorien Laubwald (DN = 91), Nadelwald/Mischwald (DN = 93) und Buschwerk (DN = 100) ermöglicht.

KLASSIFIZIERUNG DER GEODATEN DER LANDESFORSTDIREKTION

Für den Vergleich der Geodaten dieses Projektes und der der Landesforstdirektion, wurden die zur Verfügung gestellten Daten weiter zusammengeführt. Dabei handelt es sich beim Kalamitätslayer um einen Layer der alle, von der Landesforstdirektion, aufgezeichneten Waldschäden beinhaltet, welche durch unterschiedliche Ereignisse entstanden sind. Beim Fällungslayer handelt es sich um geplante, großflächige Fällungen, welche bei der Landesforstdirektion gemeldet sind, dadurch sind sie nicht als Schadflächen zu behandeln.

Da aus den Daten der NDVI-Berechnung nicht hervorgeht, um welche Art der Veränderung es sich handelt (Kalamität oder Fällung), wurden diese beiden Datensätze zusammengefügt. Daraus folgt der in diesem Projekt verwendete Vergleichsdatsatz.

Vorbereitung des Kalamitätslayers

An sich können anhand des Kalamitätslayers (Forstdirektion, Land Kärnten) all jene Schadflächen erkannt werden, die durch die manuelle Erfassung durch die Landesforstdirektion, zwischen den Jahren 2015 und 2019, kartiert wurden. Um die Flächen mit jenen der NDVI-Berechnungen zu vergleichen, wird der Datensatz klassifiziert. Hierfür wird die bereits beschriebene Methode zur Klassifizierung der Forstschäden nach Waldklasse (Laubwald, Nadel/Mischwald, Buschwerk)

angewandt. Als Ergebnis wird ein Vektorlayer produziert der die jeweiligen Klassifizierungen beinhaltet. Jene Klassen, die außerhalb der definierten Waldmaske liegen, werden ausgefiltert.

Vorbereitung des Fällungslayers.

Im ersten Schritt werden die zwei Layer der freien und der bewilligungspflichtigen Fällungen (Forstdirektion, Land Kärnten) zusammengeführt in einen Layer. In diesem werden nun alle Datensätze entfernt, die vor dem Bearbeitungszeitraum der Projektarbeit liegen (Juli 2015) und auch jene die danach erfasst wurden (Juli 2019). Auch dieser Layer wird anschließend mit der Waldmaske in die Klassen Laubwald, Nadel/Mischwald und Buschwerk klassifiziert.

VERGLEICH DER DATEN

Um einen Vergleichswert zu errechnen werden die Waldschadensflächen, welche durch die Satellitenbilddaten errechnet wurden, dem Kalamitäts- und Fällungslayer gegenübergestellt. Dafür wird eine Verschneidung der Layer durchgeführt.

Mithilfe der entstandenen Datensätze und der darauffolgenden Berechnung der jeweiligen Flächen, kann ermittelt werden, zu welchem Grad sich die unterschiedlichen Datensätze decken. Eine hohe Übereinstimmung bedeutet jedoch nicht zwingend eine hohe Genauigkeit, da auch die Daten aus den Layern der Landesforstdirektion weder genau noch vollständig sein müssen.

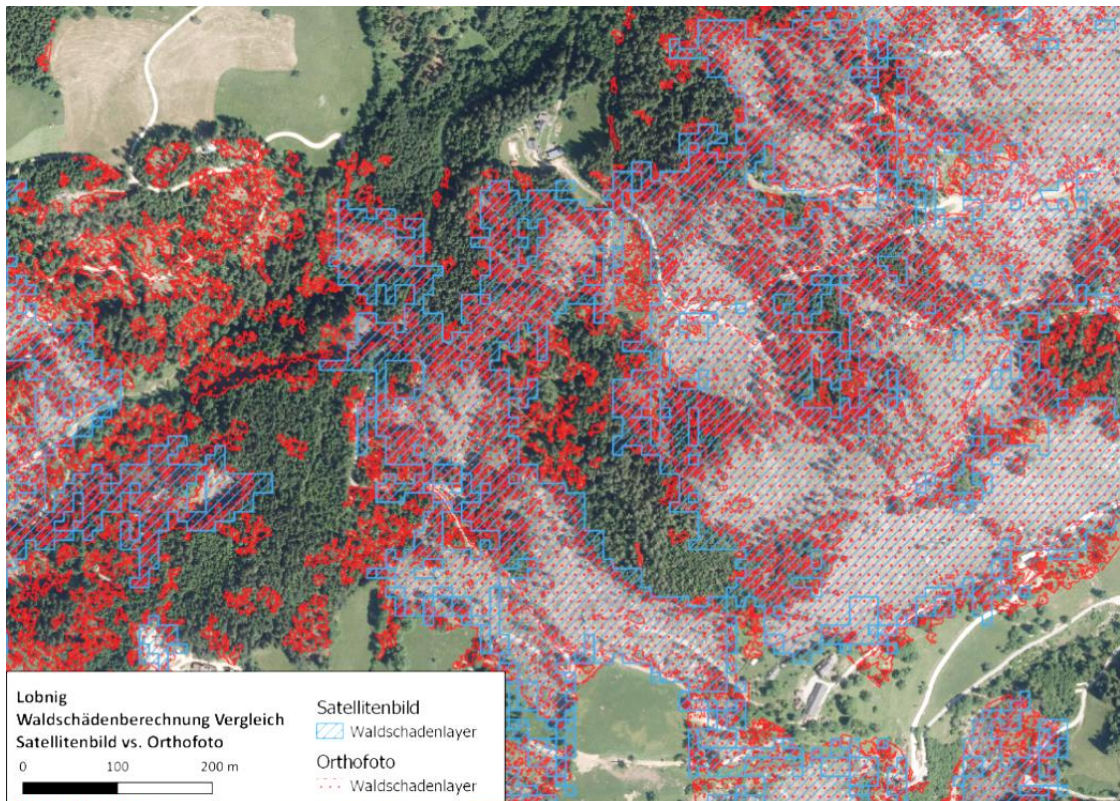
NDVI-BERECHNUNGEN UND QUALITÄTSKONTROLLE

Um die Qualität der NDVI-Berechnungen mit den Sentinel-2 Daten zu überprüfen, wurden zwei Testgebiete ausgewählt. Das erste Testgebiet (Karte 7) liefert eine gute Übereinstimmung mit den von der Forstdirektion zur Verfügung gestellten Orthofotos von 2016 und 2019 (KaGIS-Geoinformation Land Kärnten). Beim zweiten Testgebiet (Karte 8) wurden zwei größere Schadflächen nicht erkannt.

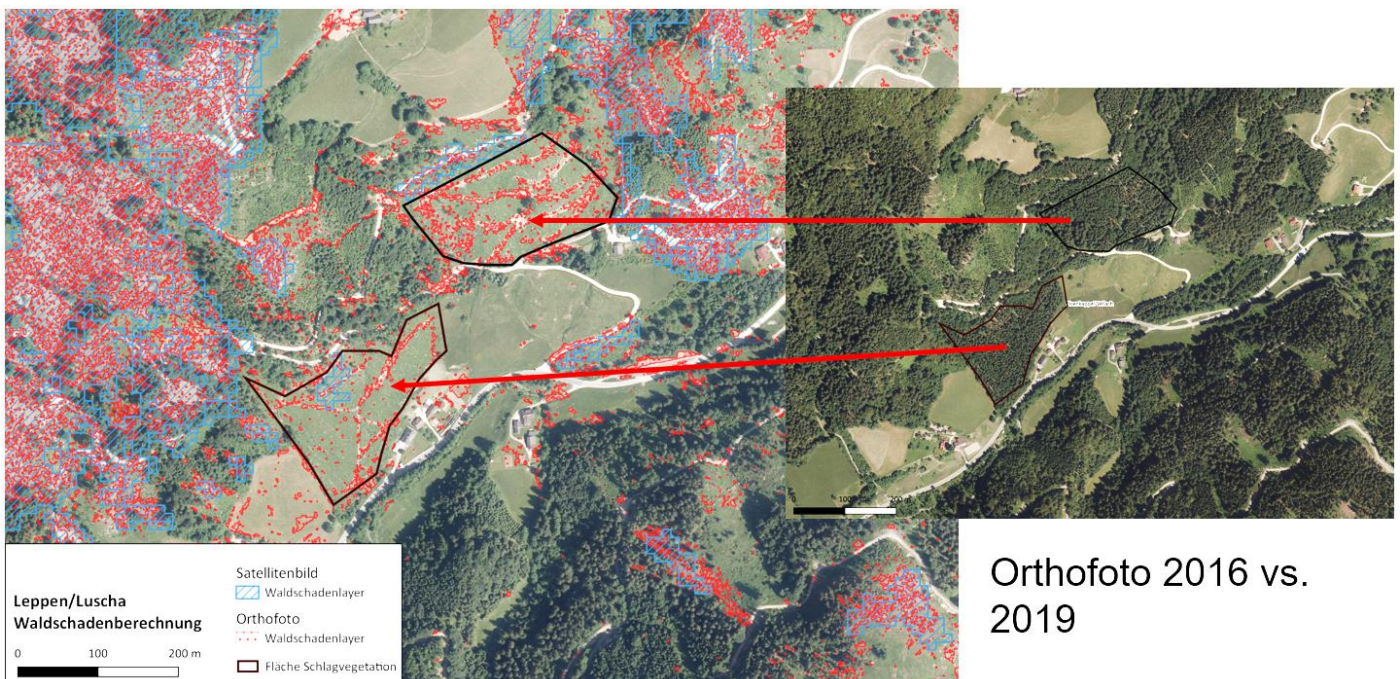
Um zu überprüfen, ob eine NDVI-Berechnung mit den Orthofotos genauere Ergebnisse liefert, wurde für die beiden Testgebiete, mithilfe der CIR-Orthofotos, eine NDVI-Berechnung durchgeführt. Wie man in

Karte 7 erkennen kann, werden mit der Orthofotoberechnung noch kleinere Veränderungen der Waldfläche erkannt. Dies ist jedoch für unsere Arbeit nicht notwendig, somit folgern wir, dass die NDVI-Berechnungen mit Satellitenbilddaten in unserem Fall ausreichend sind.

Karte 8 zeigt, dass Flächen, die bereits eine Schlagvegetation aufweisen, nicht durch die NDVI-Berechnung erfasst werden können. Auch die NDVI-Berechnungen mit den Orthofotos liefern keine zufriedenstellenden Ergebnisse. Grund dafür ist ein hoher NDVI-Wert, ähnlich dem oder sogar höher als der einer Waldfläche. Somit sind die Pixelwerte für diese Flächen nahe bei Null oder sogar negativ und werden nach unseren Berechnungen nicht als Veränderung bewertet.



Karte 7: Testgebiet 1 - Lobnig. Waldschaden NDVI-Berechnung Vergleich der Satellitenbild und Orthofotoberechnung. Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: KAGIS-Geoinformation Land Kärnten.



Orthofoto 2016 vs. 2019

Karte 8: Testgebiet 2 - Leppen/Luscha - Waldschaden NDVI-Berechnung mit Satellitenbild und Orthofoto. In schwarz sind Schadflächen mit Schlagvegetation, die nicht in den Berechnungen erkannt wurden. Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: KAGIS-Geoinformation Land Kärnten.

TEIL III: ERGEBNISSE

Die KLAR! – Region Südkärnten besitzt eine Gesamtwaldfläche von 35.153 ha. Nach der Klassifizierung der Waldmaske sind 68 Prozent davon als Nadel oder Mischwald, 23 Prozent als Laubwald und 9 Prozent als Buschwerk kategorisiert.

Insgesamt sind in den Jahren 2015-2019 in der KLAR! – Region Südkärnten 3.654 ha an Waldschadensflächen (biotische, abiotische Schäden und geplante Fällungen über 0,5 ha) entstanden. 76 Prozent der Schadensflächen entstanden in Nadel- oder Mischwäldern, weitere 18 Prozent in Laubwäldern und 7 Prozent in Buschwerk.

Die Berechnungen ergeben einen Gesamtwaldflächenverlust von rund 10 Prozent in der KLAR! – Region Südkärnten in den Jahren 2015 bis 2019. 76 Prozent davon entfielen auf Nadel- und Mischwälder, 18 Prozent auf Laubwälder und 6 Prozent auf Buschwerk. Dies entspricht einem Verlust von rund 11 Prozent der Gesamtfläche von Nadel- und Mischwäldern, rund 8 Prozent der Gesamtfläche von Laubwäldern und rund 7 Prozent der Gesamtfläche von Buschwerk.

Waldschäden* (2015 – 2019) in Hektar	Gesamt (ha)	Nadel-Misch	Laub	Busch
Gesamtwaldfläche lt. Waldmaske (Umweltbundesamt, 2016)	35.153	68 %	23 %	9 %
Fläche Waldschäden Satellitenbildberechnung (Sentinel 2, 15/19)	2.467	79 %	16 %	5 %
Fläche Kalamitätslayer + Fällungslayer (LFD Ktn)	2.326	76 %	18 %	6 %
Deckung mit Kalamitätslayer + Fällungslayer	1.208	83 %	14 %	3 %
Differenz zu Kalamitätslayer + Fällungslayer	1.259	75 %	19 %	6 %
Summe Waldschäden Satellitenbilddaten + Kalamitätslayer + Fällungslayer	3.585	76 %	18 %	6 %

Tabelle 5: Ergebnisse der Waldschadensberechnungen.

*Definition „Waldschaden“ = „Bloßflächen über 0,5 ha, inkl. Fällungen.“ (im Rahmen dieser Arbeit).

Mithilfe der Satellitenbildberechnungen konnten insgesamt 2.467 ha Waldschadensfläche ermittelt werden. 1.208 ha, also rund die Hälfte der mit Satellitenbilddaten ermittelten Flächen, decken sich mit den Kalamitäts- und Fällungslayern der Landesforstdirektion Kärnten. 1.259 ha konnten zusätzlich, zu den von der Forstbehörde erfassten Waldveränderungen (Kalamitäten und Fällungen, die in den Jahren 2015 bis 2019 entstanden sind), ermittelt werden. Das die Hälfte der Flächen, die von der Landesforstdirektion in diesem Zeitraum kartiert wurden, nicht in den Berechnungen erfasst wurden, erklärt sich durch bereits bestehende Schlagvegetation auf diesen Flächen (siehe Karte 8), die im Vegetationsindex der Satellitenbilder stark reflektiert und sich dadurch schwer automatisiert von Waldflächen differenzieren lässt.

Die Ergebnisse der Berechnungen werden nachfolgend mit der Holzeinschlagsmeldung des Bezirks Völkermarkt aus dem Jahr 2018 (BMNT, 2019a) verglichen. Im Jahr 2018 wurde ein Gesamteinschlag von rund 630.000 Efm dokumentiert. Rund 78 Prozent des Gesamteinschlages wurde als Nadelschadholz gemeldet. 440.000 Efm davon entstanden durch Sturmschäden, weitere 50.000 Efm durch den Borkenkäfer. Weitere 6 Prozent des Gesamteinschlages wurden als Laubschadholz dokumentiert (vgl. Tabelle 6).

Schadholzmenge aus der Holzeinschlagsmeldung Bezirk Völkermarkt 2018	Efm	Prozent vom Gesamteinschlag*
Schadholz (Nadelholz) - Borkenkäfer	50.177	7,98 %
Schadholz (Nadelholz) - Sturmschaden	439.214	69,85 %
Schadholz (Laubholz) - Käferschaden	1.676	0,3 %
Schadholz (Laubholz) - Sturmschaden	35.362	5,62 %
Gesamtschadholzmenge	526.429	83,72 %

Tabelle 6: Schadholzmenge aus Holzeinschlagsmeldung c

*Gesamteinschlag 2018: 628.793 Efm; 574.381 Nadelholz; 54.411 Laubholz

Die nachfolgenden Diagramme stellen die Schadholzmenge der Holzeinschlagsmeldung, differenziert nach Holz- und Schadensart mit den klassifizierten Schadensflächen der Waldschadenanalyse gegenüber. Der höhere Anteil an Nadel-Schadholz (rd. 93 Prozent) aus der Holzeinschlagsmeldung, im Vergleich zu der Schadensfläche von Nadel- und Mischwäldern (rd. 76 Prozent), lässt sich dadurch erklären, dass der Kronendurchmesser von Laubbäumen wesentlich höher ist als jener von Nadelbäumen. Eine ausgewachsene Buche beispielsweise nimmt mehr Raum ein als eine ausgewachsene Fichte (Pretzsch, 1992). Somit weisen Nadelwälder dichtere Baumbestände auf und ergeben einen höheren Erntefestmeter-Ertrag.

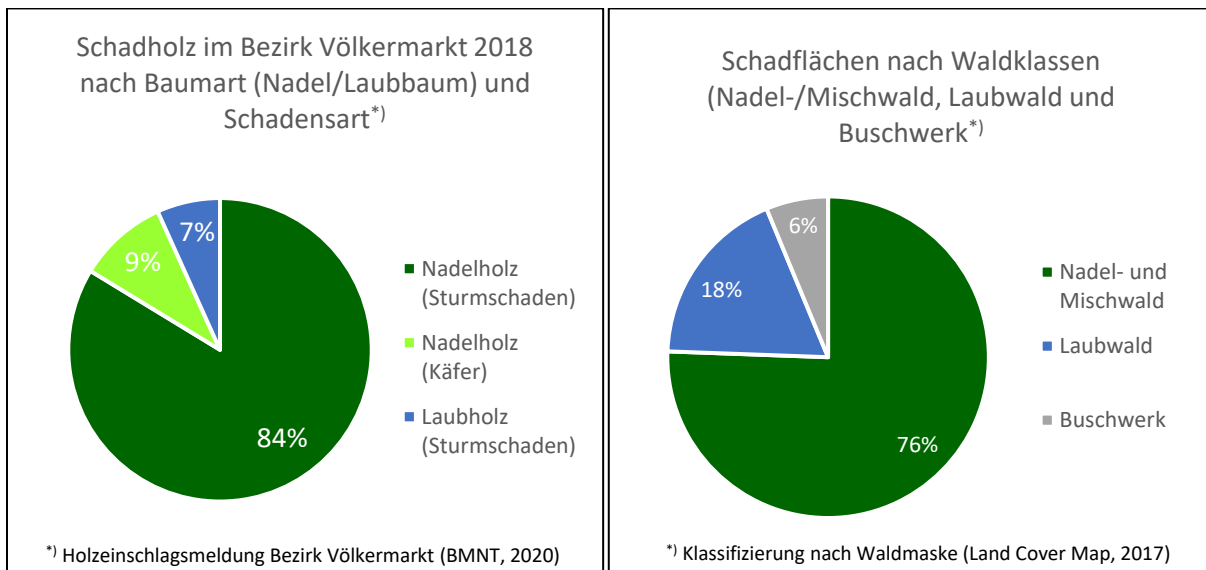
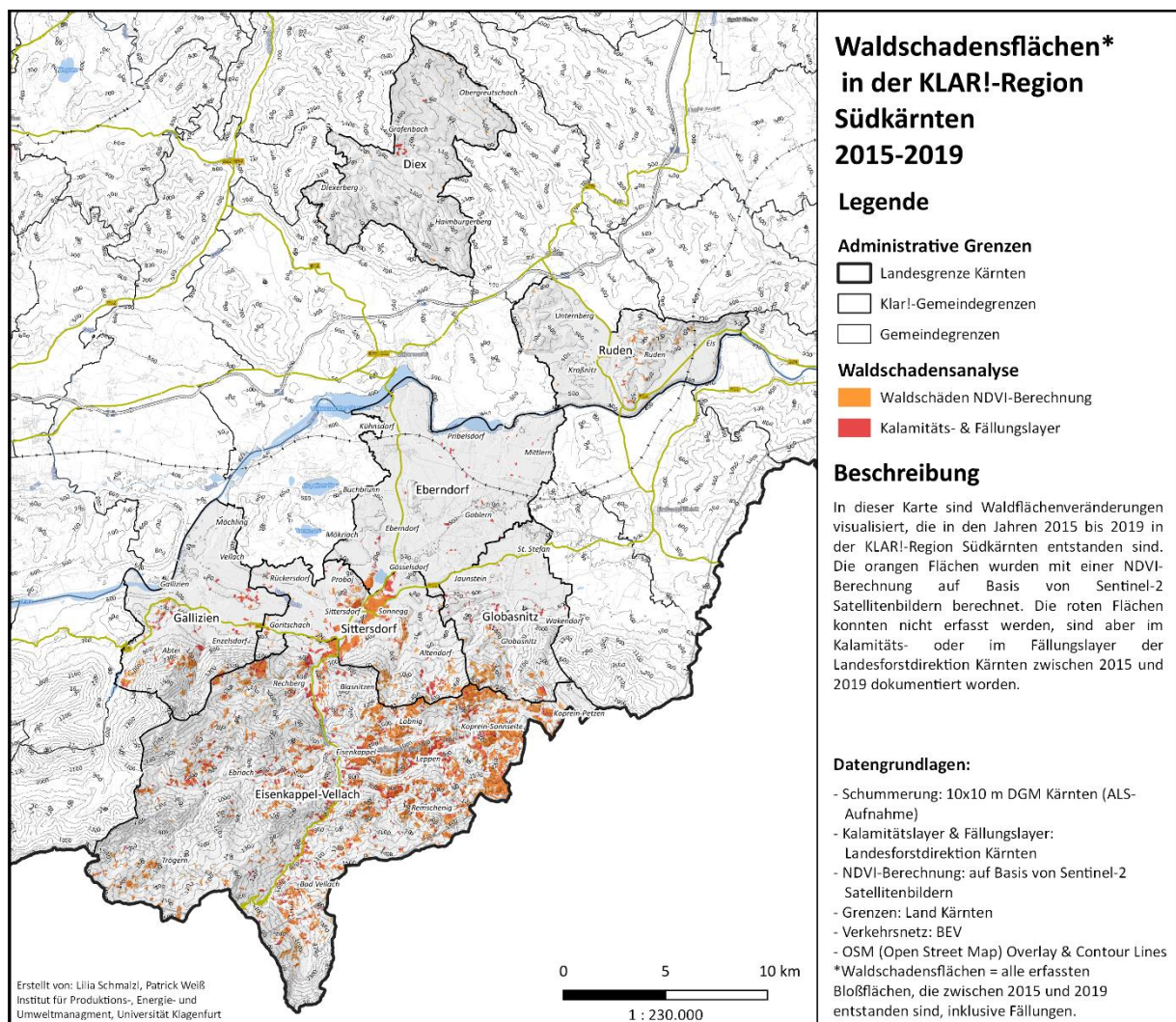


Diagramm 3: Gegenüberstellung der Schadholzmenge aus der Holzeinschlagsmeldung mit den ermittelten Schadflächen, klassifiziert nach Waldklassen. Quelle: eigene Darstellung.

KARTOGRAPHISCHE DARSTELLUNG DER WALDSCHADENFLÄCHEN IN DER KLAR! – REGION SÜDKÄRNTEN

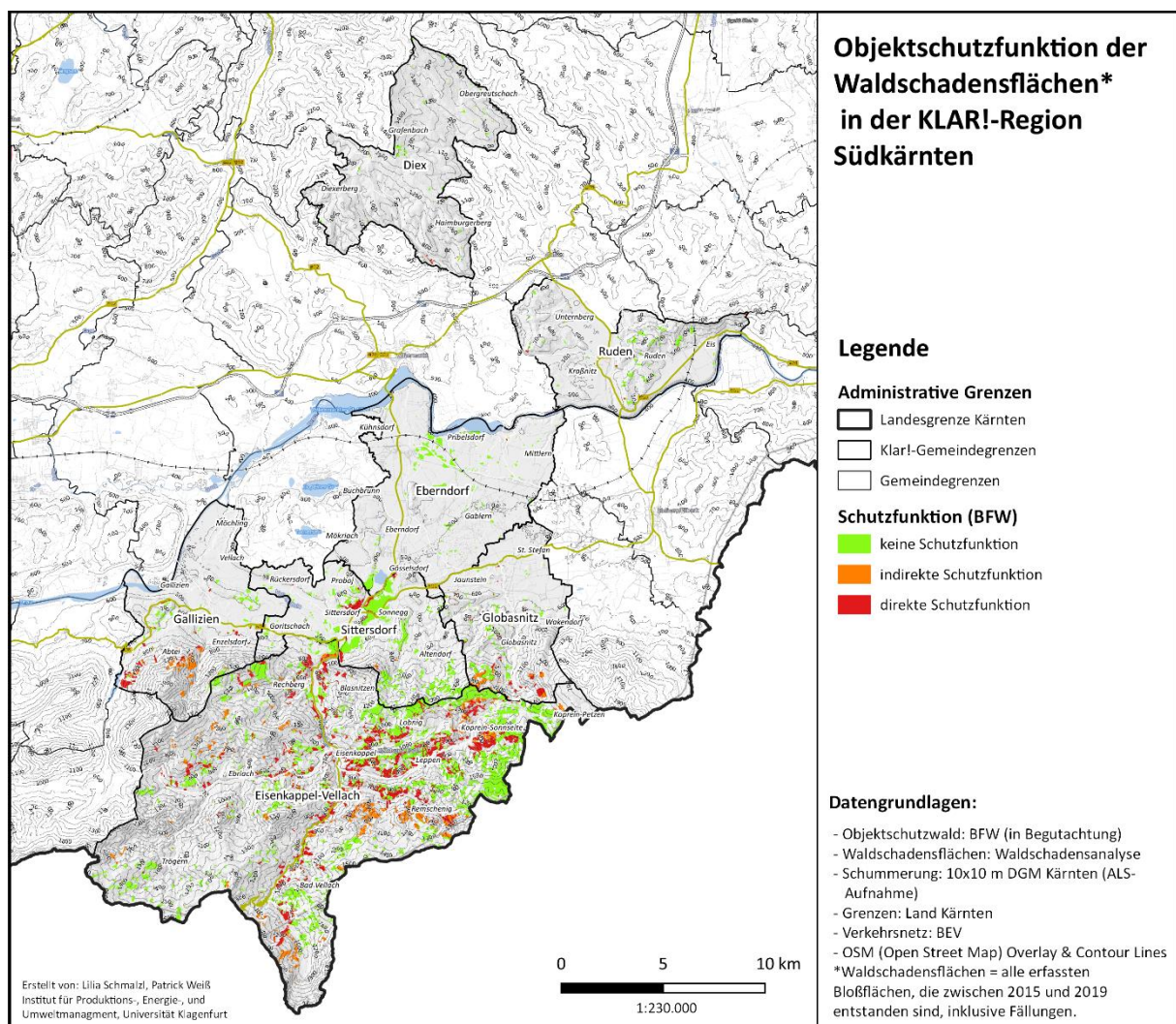
Karte 9 visualisiert die Ergebnisse der Waldschadenanalyse in der KLAR! – Region Südkärnten in den Jahren 2015 bis 2019. Als Kartenhintergrund wurde eine Schummerungsdarstellung gewählt, da dadurch die Reliefenergie des Geländes visualisiert werden kann. In den nördlichen Gemeinden der KLAR! – Region Südkärnten wurden weniger Waldschäden dokumentiert als im Süden. Ein Blick in die Attributtabelle des Kalamitätslayers zeigt, dass die Hauptursache für Waldschäden im nördlichen Teil der Region auf Käferbefall, insbesondere durch den Borkenkäfer, zurückzuführen ist. Ein weit größeres Schadensausmaß lässt sich jedoch im südlichen Teil der Region, vor allem in der Gemeinde Eisenkappel, aber auch in Teilen von Gallizien, Sittersdorf und Globasnitz erkennen. Die Windwurfflächen liegen zu einem großen Teil auf südexponierten Hängen. Das Schadensausmaß entstand durch einen sehr starken und böhigen Südost-Wind, der den Waldbestand auf den Südhängen zerstörte.



Karte 9: Waldschäden in der KLAR! – Region Südkärnten 2015-2019. Quelle: eigene Darstellung.

KLASSIFIZIERUNG DER WALDSCHADENSFLÄCHEN NACH IHRER SCHUTZFUNKTION

Auf der Karte 10 sind die Kategorien der Schutzfunktion in den Waldveränderungsflächen zu erkennen. Diese Schutzfunktionen basieren auf dem Waldentwicklungsplan des Bundesforschungszentrum für Wald. Diese Daten liegen noch zur Prüfung vor und können nicht als zuverlässig angesehen werden, dennoch geben sie einen ersten Überblick über das Schadensausmaß. Es ist zu sehen, dass es insbesondere in Eisenkappel-Vellach, eine starke Dezimierung von Schutzwäldern mit direkter Schutzfunktion und auch mit indirekter Schutzfunktion gegeben hat. Insgesamt beläuft sich der Schaden in der KLAR! – Region Südkärnten auf 779 ha mit direkter Schutzfunktion und 448 ha mit indirekter Schutzfunktion. Viele dieser Flächen liegen in der Nähe von Straßen, aber auch einige in unmittelbarer Nähe von Siedlungsgebieten wie etwa Eisenkappel oder Sittersdorf.



Karte 10: Objektschutzfunktion der Waldschadensflächen in der KLAR! – Region Südkärnten. Quelle: eigene Darstellung.

SCHLUSSBETRACHTUNG UND FAZIT

Mit dieser Arbeit wurde das Ausmaß von Waldschäden in der KLAR! – Region Südkärnten mittels Satellitenbilddaten ermittelt. Die Ergebnisse machen auf den massiven Verlust von Waldflächen in der Region, in den Jahren 2015-2019, aufmerksam. Rund 10 Prozent der Waldflächen fielen in diesen Jahren Windwürfen, Borkenkäferkalamitäten, anderen biotischen und abiotischen Schäden oder Fällungen zum Opfer. Auch die offiziellen Daten der Waldinventur und der Holzeinschlagsmeldung zeichnen ein deutliches Bild: Allein im Jahr 2018 wurde im Bezirk Völkermarkt ein Schadhölzeinschlag von rund 530.000 Efm gemeldet (BMNT, 2019a). Dies entspricht einem Verlust von mehr als 3 Prozent des Gesamtbestandes von Ertragswäldern des Bezirks innerhalb von nur einem Jahr.

Der hohe Anteil von Nadelholzschäden in der KLAR! – Region Südkärnten in den Jahren 2015 bis 2019 verdeutlicht die höhere Anfälligkeit von Nadelwäldern auf exogene Einflüsse. Regionale Klimaprognosen prognostizieren in den nächsten Jahren eine Intensivierung von Extremwetterereignissen und eine Zunahme von Hitzetagen, sowie wärmere Winter. Dies bedeutet für viele Baumarten, insbesondere für die Fichte, einen zunehmenden Klimastress. In tieferen Lagen wird diese schon heute großflächig durch Borkenkäferkalamitäten bedroht. In Höhenstufen, in denen sie grundsätzlich ihre natürliche Umgebung vorfindet, kann sie starken Föhn- und Gewitterstürmen durch ihre flachen Wurzeln schwer standhalten.

Die Förderung von klimafitten Wäldern ist ein kollektives Anliegen von Land, Bund, Vereinen und der Europäischen Union. Durch verschiedene Förderprogramme wird ein Anreiz geschaffen, Mischwaldbewirtschaftung voranzutreiben. Jedoch ist die Umstrukturierung von Waldflächen ein aufwendiges Unterfangen. Die Laubholzbewirtschaftung, benötigt gegenüber der Bewirtschaftung eines Fichtenwaldes, mehr Pflegeaufwand und oft fehlt bei den WaldbesitzerInnen das Wissen, um aus Laubwäldern Wertholz zu generieren. Die Unterstützung und Weiterbildung, wie sie z.B. vom Waldpflegeverein betrieben wird, bringt viel Wissen in die Forstwirtschaft und hilft den BesitzerInnen ihren Wald nach aktuellem Wissenstand zu bewirtschaften und diesen klimafit zu machen.

Schutzwälder spielen im Kontext von klimafitten Wäldern eine besondere Rolle. Schutzwälder haben die Aufgabe, Flächen und Objekte vor Erosion und Naturgefahren zu schützen. Somit ist es essenziell diese Wälder intakt zu halten und Waldschadensflächen in Schutzwaldzonen schnellstmöglich wieder mit standortgerechten Baumarten aufzuforsten. In dieser Arbeit wurde eine Übersicht über Objektschutzwälder in der KLAR! – Region Südkärnten vom BFW vorgestellt und mit den Schadensflächen verschnitten. In weiterer Folge könnte diese Übersicht als Unterstützung für die weitere Aufforstungskoordination und die Setzung von Prioritäten dienen.

Mithilfe der Berechnungen dieser Arbeit konnten 1.260 ha an Waldschadensflächen, zusätzlich zu den bereits durch die Landesforstdirektion Kärnten dokumentierten Flächen, in der KLAR – Region Südkärnten ermittelt werden. Der generierte GIS-Layer könnte der Bezirksforstdirektion Völkermarkt und insbesondere den jeweiligen ForstaufseherInnen der Gemeinden, als Orientierung für künftige vor-Ort Kartierungen dienen.

LIMITATIONEN

Die in dieser Arbeit präsentierte Waldschadensanalyse durch NDVI-Berechnungen mit Sentinel-2 Satellitenbilder lieferte zufriedenstellende Ergebnisse. Mit dieser Methode können jedoch keine Flächen erfasst werden, welche bereits eine neue Vegetation (Schlagvegetation) aufweisen. Diese Flächen sind somit nicht durch das hier vorgestellte NDVI-Berechnungsverfahren, das auf dem Vegetationsindex der Rasterdaten basiert, erhebbar. Verglichen mit den Satellitenbildern sorgen hier auch die höher aufgelösten Orthofotos für keine deutliche Verbesserung.

Bei einer jährlichen Zeitreihe von Satellitenbildern könnten auch die in dieser Arbeit nicht erfassten Flächen erkannt werden. Durch eine regelmäßige Dokumentation würde die Schlagvegetation an diesen Flächen noch nicht in dem Ausmaß reflektieren. Für das Untersuchungsgebiet der KLAR! – Region Südkärnten konnten jedoch in den Jahren 2016 bis 2018 keine Satellitenbilder der Vegetationszeit (Mai – Juli) vom Sentinel-2 Satelliten in ausreichender Qualität verwertet werden (Wolkenbildung), somit war eine dahingehende Auswertung nicht möglich.

Ein Nachteil der Erhebung mithilfe von Satellitenbilddaten ist, dass es nicht möglich ist die Schadensart zu bestimmen. Somit wurden alle Bloßflächen über 0,5 ha, auch jene, die bewusst durch Fällungen entstanden sind als Waldschaden deklariert. Außerdem musste der gesamte Datensatz manuell korrigiert werden. Forststraßen und Schattenwürfe wurden dabei händisch aussortiert. Dies bedeutet einen höheren Arbeitseinsatz, der durch alternative Berechnungsmethoden reduziert werden könnte. Jedoch bietet die NDVI-Berechnung einen relativ einfachen fernerkundlichen Ansatz, der der Forstbehörde als gute Vorbereitung für die manuelle Kartierung dienen könnte. Der/Die BearbeiterIn könnte sich anhand der Ergebnisse orientieren und somit in der manuellen Kartierung unterstützt werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- BMLFUW (2016) *Holzeinschlagsmeldung über das Kalenderjahr 2015*. Wien.
- BMLFUW (2017) *Holzeinschlagsmeldung über das Kalenderjahr 2016*. Wien.
- BMNT (2018) *Holzeinschlagsmeldung über das Kalenderjahr 2017*. Wien.
- BMNT (2019a) *Holzeinschlagsmeldung über das Kalenderjahr 2018*. Wien.
- BMNT (2019b) *Wald schützt uns! Aktionsprogramm Schutzwald: Neue Herausforderungen - Starke Antworten*.
- BMNT (2020) *Holzeinschlagsmeldung über das Kalenderjahr 2019*. Wien.
- Hartl, H., Stern, R. and Seger, M. (2001) *Karte der aktuellen Vegetation von Kärnten - das Vegetationsgefüge einer inneralpinen Region im Süden Österreichs*. Klagenfurt: Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten.
- Kilian, W., Müller, F. and Starlinger, F. (1994) *Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs - Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten*. Wien. doi: 10.1097/00006247-199210000-00023.
- Kirchmeir, H., Koch, G. and Grabherr, G. (1999) 'Die Naturnähe der Kärntner Wälder unter spezieller Berücksichtigung der aktuellen und potentiellen natürlichen Baumartenkombination', *Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, Carinthia*(189./109.), pp. 515–531.
- Klima und Energiefonds (2018) *Leitfaden KLAR! Klimawandel-Anpassungsmodellregionen. Ein Programm des Klima- und Energiefonds der österreichischen Bundesregierung*. Available at: <https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/Leitfaden-KLAR2018-RZ.pdf>.
- Koch, G. and Grabherr, G. (1998) 'Wie natürlich ist der Wald in Österreich? Klassifikation nach Hemerobiestufen', *Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft*, 10, pp. 43–59.
- Lexer, M. J. (2017) 'Coole Tannen oder heiße Maroni ? Auswirkungen der Klimaänderung auf Wälder & Waldbewirtschaftung Inhalt', (September).
- Lexer, M. J. and Seidl, R. (2007) 'Der österreichische Wald im Klimawandel – Auswirkungen auf die Waldbewirtschaftung', *Ländlicher Raum*, 2007(1), pp. 1–14. Available at: http://www.bmlfuw.gv.at/dms/lmat/land/laendl_entwicklung/Online-Fachzeitschrift-Laendlicher-Raum/archiv/2007/lexer/Lexer_Seidl_pdf_END.pdf.
- Markart, G., Kohl, B. and Klebinder, K. (2014) 'Wildbachprozesse: Hochwasser, Wirkungen des Waldes und Maßnahmen in der Fläche.', *BFW-Praxisinformation*, (34), pp. 14–19.
- Pretzsch, H. (1992) 'Modellierung der Kronenkonkurrenz von Fichte und Buche in Rein- und Mischbeständen', *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, (Herf 11/12 Nov./Dez.).
- Unglaub, R., Plaimer, P. and Fehlmann, M. (2017) 'KLAR!-Region Südkärnten. Umsetzungskonzept 2017', p. 53.