

# Konzept eines Schutz- und Hilfsprogramms für Flechten-Kiefernwälder in Bayern Handbuch



ST 318

Prof. Dr. Anton Fischer  
Dr. Barbara Michler, Dr. Hagen S. Fischer

Freising, den 21.03.2016

# Inhalt

1	HINTERGRUND	3
2	AUSGEWÄHLTE MAßNAHMENGEBIETE IN BAYERN	5
3	DURCHZUFÜHRENDE MAßNAHMEN	9
3.1	Einholen der erforderlichen Genehmigungen	9
3.2	Auswahl der konkreten Regenerationsflächen	10
3.3	Absammeln der Restvorkommen von Rentierflechten (Gattungen <i>Cladonia</i> und <i>Cetraria</i> )	11
3.4	Auflichten des Bestandes auf maximal 70 % Beschirmungsgrad	12
3.5	Abziehen der Streu- und Humusschicht bis auf den Mineralboden	12
3.6	Beimpfen der Fläche mit den abgesammelten Flechten	12
3.7	Verwertung des abgeschobenen Materials	13
3.8	Entfernung von Gehölz-Verjüngung	13
3.9	Vernetzung	14
3.10	Kostenschätzung	14
4	MONITORING UND ERFOLGSKONTROLLE	16
4.1	Objekte des Monitoring	16
4.2	Wissenschaftliches Monitoring	16
4.3	Schnell-Monitoring zur Erfolgskontrolle auf allen Regenerationsflächen	23
4.4	Monitoring im NWR	23
4.5	Bodenkundliche Begleituntersuchung (Dr. Karl Mellert)	23
5	ÖFFENTLICHKEITSARBEIT	25
6	ZITIERTE LITERATUR	26

## 1 Hintergrund

„Flechtenreiche Kiefernwälder“ (FKW) waren früher in Teilen Bayerns großflächig vorhanden, besonders in Franken (Südliches Albvorland, WB 5.8; Nördliche Keuper-Abdeckung, WB 5.5) und in der Oberpfalz (Oberpfälzer Becken- und Hügelland, WB 9.1). Im Kuratoriumsprojekt L54 (Michler & Fischer 2014; Fischer et al. 2015) wurde nachgewiesen, dass die FKW in Bayern aktuell qualitativ wie quantitativ noch stärker im Rückgang begriffen sind als bereits vorab befürchtet. Flechten gingen von einer durchschnittlichen Bedeckung von 39 % (Median) im historischen Datensatz (pflanzensoziologische FKW-Aufnahmen aus dem Zeitraum 1950 bis 1996) auf annähernd Null % im rezenten Datensatz (2014) zurück; statt dessen stiegen die Moose (insbesondere das deckenbildende Rotstängelmoos) von 20 % auf 65 % an. Im Beispielgebiet des Wassereinzugsbereichs der Ursprung bei Leinburg verloren die FKW zwischen 1982 und 2014 etwa 90 % ihrer Fläche. Auch im NWR Grenzweg, dessen Hauptziel der Schutz der FKW ist, sind die FKW so gut wie ganz verschwunden. Die Entwicklung ist nicht Bayern-spezifisch; ganz ähnlich sieht die Situation in Niedersachsen und Brandenburg aus (Heinken 2008; Fischer, P. et al. 2014). Der Wegfall des früheren Streurechens einerseits und die heute hohen N-Einträge andererseits werden dort wie hier als wesentliche Gründe für den drastischen Verlust benannt. Lässt man der Entwicklung freien Lauf, werden die verbliebenen Bestände in Bayern weitgehend und rasch verschwinden. Will man allerdings wenigstens einige Bestände auf Sandböden mit einem noch wenigstens ansatzweise vollständigen Arteninventar (besonders bezüglich der Flechten) erhalten so besteht *dringender* Handlungsbedarf! Dies gilt auch und gerade in denjenigen Naturschutzgebieten, die dem Schutz und Erhalt der flechtenreichen Kiefernwälder gewidmet sind. Der „Wieder-Aufbau“ der Flechten-Kiefernwälder unter dem Einfluss von Stickstoffeinträgen und Klimawandel stellt eine große Herausforderung sowohl für die forstliche Landnutzung als auch für den Naturschutz dar. Es gilt nicht nur, dem ständigen Eintrag von Stickstoff entgegen zu wirken, z.B. durch Wiedereinführung des Streurechens; vielmehr muss den wenigen verbliebenen Flechten mittels „Aussaat“ von Thallus-Bruchstücken überhaupt die Möglichkeit gegeben werden, die neu angebotenen Flächen zu besiedeln. Da FKW sowohl nach internationalem als auch nationalem Recht gesetzlich geschützt sind, ist dringender Handlungsbedarf gegeben, um diesen Lebensraumtyp zu schützen und ggf. wiederherzustellen, wo dies von den Standortbedingungen her auch mit längerer Perspektive aussichtsreich erscheint.

Hierzu bedarf es steuernder Maßnahmen. Der Wieder-Aufbau der Flechten-Kiefernwälder (oder zumindest der Stopp eines weiteren qualitativen und quantitativen Verlustes) unter dem Einfluss von Stickstoffeinträgen und Klimawandel stellt ein Novum dar. Niemand kann mit Sicherheit vorhersagen, dass der Versuch gelingt. Umso wichtiger ist es, alle Maßnahmen mit einem Monitoring zu verbinden, das eine wissenschaftliche Auswertung der Wirkung von getätigten Maßnahmen ermöglicht. Nur so lässt sich eine klare Aussage über mögliche Erfolge oder Misser-

folge der oben genannten Verfahren machen. Rechtzeitige Kenntnisse darüber, ob ein gewähltes Verfahren zielführend ist oder nicht, sind aber gerade dann von zentraler Bedeutung, wenn vom Zielobjekt kaum noch etwas vorhanden ist.

Hier setzt die **Aufgabenstellung** des aktuellen ST-Projektes an: Art, Ort und Umfang der Maßnahmen werden im Konzept eines Schutz- und Hilfsprogramms für Flechtenkiefernwälder in Bayern diskutiert, dargelegt und praxisnah aufbereitet.

Dieses Konzept besteht aus zwei Teilen: Im **ersten Teil** werden **grundsätzliche Überlegungen** zur Gebietsauswahl, Flächenauswahl und zu den zu tätigen Maßnahmen einschließlich der Eckpunkte für eine wissenschaftliche Begleitung dargestellt, mit Stakeholdern diskutiert und zusammenfassend dokumentiert. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird im **zweiten Teil** ein „**Leitfaden**“ oder „**Handbuch**“ für den Praktiker ausgearbeitet, nach dem der Schutz und schrittweise Wiederaufbau der verbliebenen FKW-Bestände mit Erhaltungspotential durchgeführt werden kann. Die „Entkopplung“ der beiden Teile ermöglicht es, den Handlungsanweisungs-Teil straff und von theoretischen Erwägungen sowie von möglichen Alternativen frei zu halten (diese werden im ersten Teil dargestellt, diskutiert, bewertet und die zielführende Option ausgewählt).

Dies ist Teil 2 des „Konzeptes eines Schutz- und Hilfsprogramms für Flechten-Kiefernwälder in Bayern“: das „**Handbuch**“.

## 2 Ausgewählte Maßnahmenggebiete in Bayern

Die FKW waren immer auf bestimmte Gebiete Bayerns begrenzt; und so sind auch die verbliebenen Bestände nur in diesen Gebieten Bayerns anzutreffen. Es wurden diejenigen Gebiete ausfindig gemacht, in denen von den verbliebenen Resten noch nennenswerte Bestände relativ dicht beieinander liegen, um so Maßnahmen räumlich konzentrieren und die verbliebenen Bestände ggf. vernetzen zu können.

Die Analyse der Daten des Totalzensus (Scheuerer et al. 2012) hat gezeigt: es gibt grundsätzlich vier Gebiete, in denen sich FKW aktuell (noch) konzentrieren. Eines davon (Flächen nordwestlich Roth) fällt als Projektgebiet aus, da es sich überwiegend um Privatwälder handelt. Die verbliebenen drei Gebiete sind als potenzielle Projektgebiete geeignet:

- Restbestände von FKW kommen aktuell vor allem noch im Gebiet **Leinburg/Altdorf** vor. Hier sollten die Regenerationsmaßnahmen daher schwerpunktmäßig durchgeführt werden.
- Weitere größere Vorkommen bei Bodenwöhr/Roding in der **Oberpfalz** sind ebenfalls in Erwägung zu ziehen.
- Diese Bestände liegen allerdings alle außerhalb von FFH-Gebieten. Allein das **FFH-Gebiet Tennenloher Forst** beherbergt eine „größere“ Anzahl (5!) von Restbeständen der FKW. Hier könnten theoretisch entsprechende Maßnahmen stattfinden. Allerdings sind die Bestände, da auf einem ehemaligen Truppenübungsplatz liegend, ggf. mit Munition verseucht. Vor jeder Maßnahme müssten deshalb zwingend (kostenintensive) Sprengmittel-Räumungen durchgeführt werden; damit fallen diese Bestände realistischer Weise zunächst auf den letzten Prioritätenplatz.

Wir gehen deshalb von der Prioritäten-Reihenfolge aus:

- Leinburg/Altdorf
- Bodenwöhr/Roding
- (Tennenlohe)

Die Abbildungen 1 bis 3 zeigen die drei zentralen potenziellen Maßnahmenggebiete (gelbe Umrisslinie). In diesem Bereich werden Maßnahmen nur auf Flugsand (rote Punkte auf gelben Grund) und Binnendünen (rot) im BaySF-Gebiet durchgeführt. Abbildung 4 zeigt einen Teil des Maßnahmenggebietes Leinburg/Altdorf als Falschfarben-Luftbild.

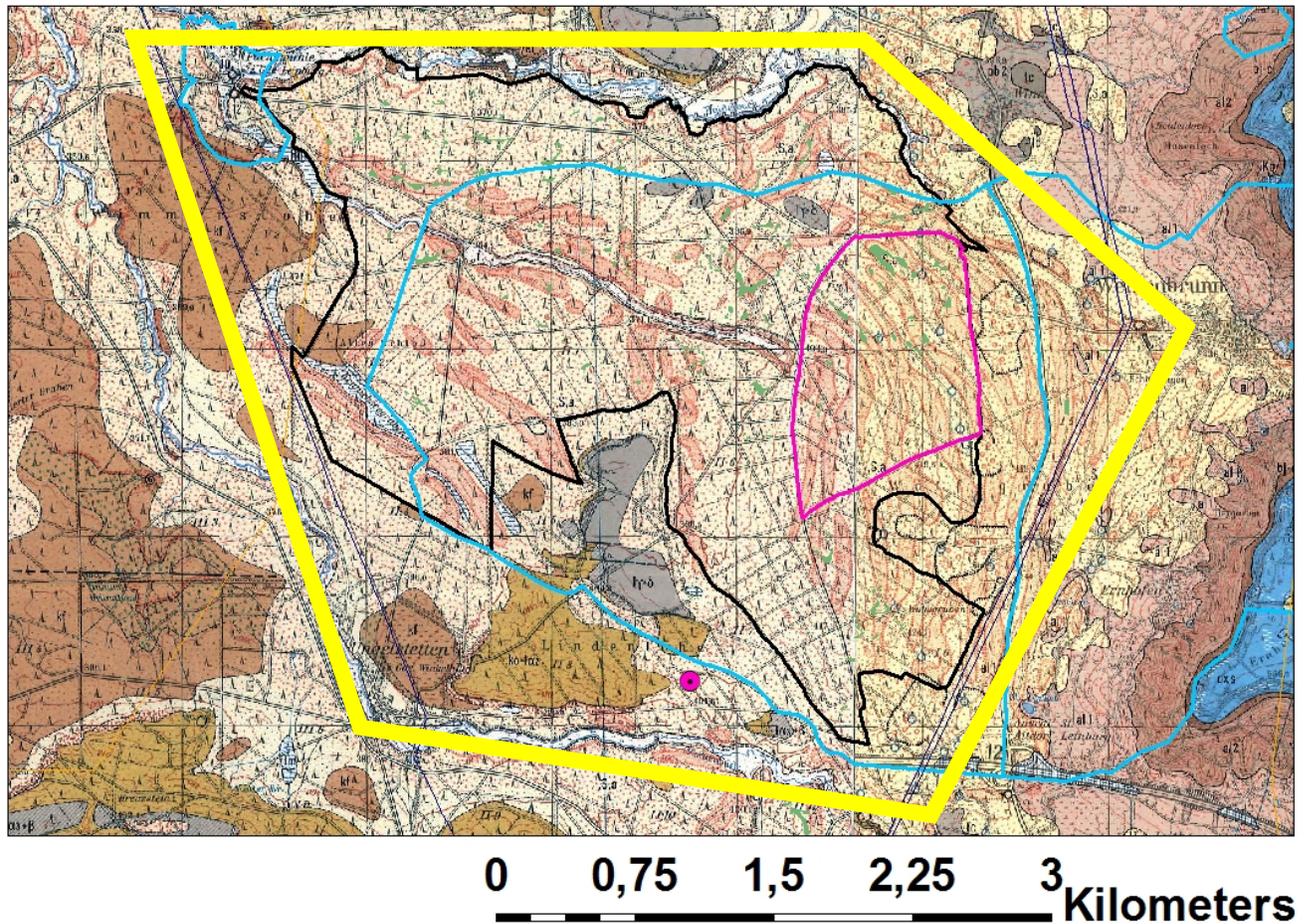
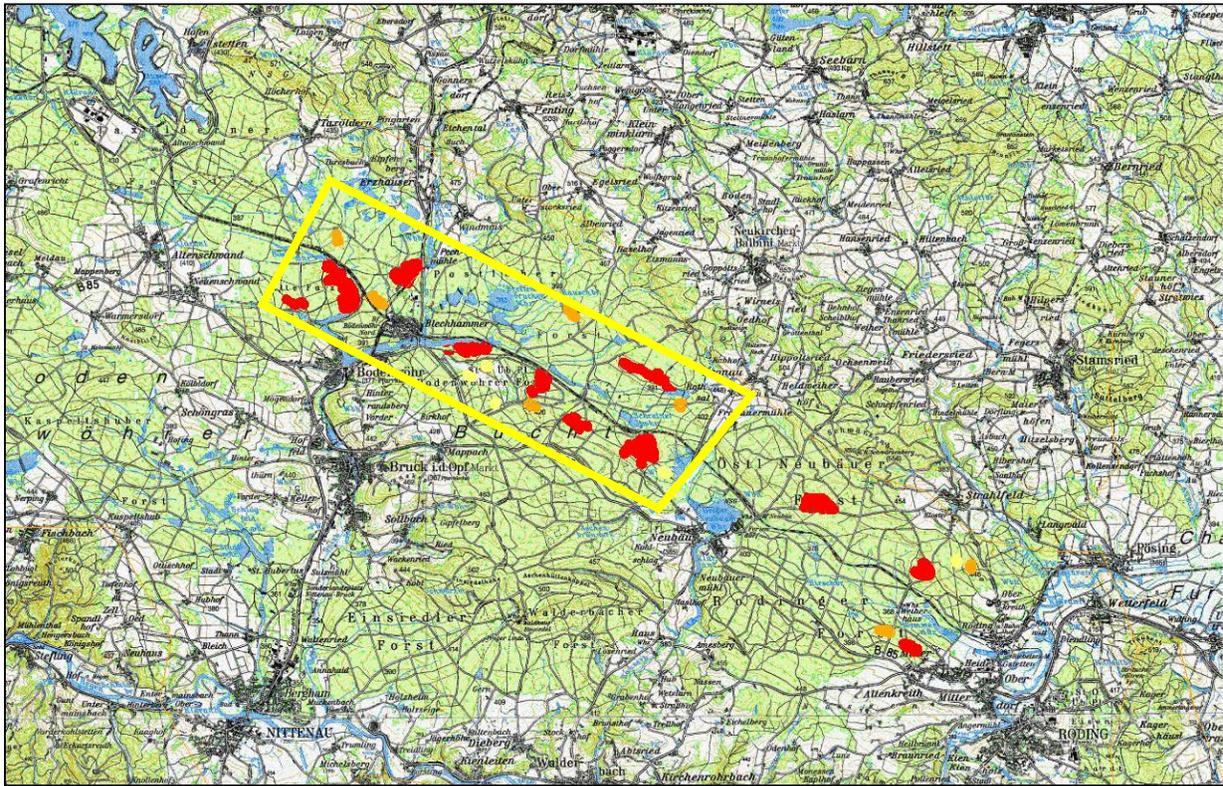


Abbildung 1: Maßnahmensgebiet bei Leinburg/Aldorf; Hintergrund geologische Karte von Bayern, © Bayerische Vermessungsverwaltung ([www.geodaten.bayern.de](http://www.geodaten.bayern.de)); GK 1:25.000: 6533 Röthenbach an der Pegnitz, 6534 Happurg. Rostrote Linsen: Dünen, hellgelb Flugsand; gelbe Linie: Grenze des Maßnahmensgebietes; blaue Linie: Grenze des Wasserschutzgebietes; schwarze Linie: Grenze des NSG Flechten-Kiefernwald südlich Leinburg; rote Linie: Naturwaldreservat Grenzweg; roter Punkt: Standort der Waldklimastation Aldorf; grüne Flächen: im Totalzensus 2012 als FKW kartierte Flächen



0 3 6 9 12 Kilometers

Abbildung 2: Maßnahmensgebiet Bodewöhr; Hintergrund geologische Karte von Bayern, © Bayerische Vermessungsverwaltung ([www.geodaten.bayern.de](http://www.geodaten.bayern.de)); TK 1:25.000: 6739 Bruck in der Oberpfalz, 6740 Neukirchen-Balbini.

Gelbe Linie: Maßnahmensgebiet bei Bodewöhr; rote, orange, gelbe Flächen: Komplexe, das sind Vorkommen des Totalzensus, mit einem Puffer von 100 m umgeben. Flächen, die mit Puffer weniger als 100 m voneinander entfernt liegen, verschmelzen miteinander. Es resultieren Komplexe, deren Kernzonen die Vorkommen des Totalzensus bilden. Um die flächige Ausdehnung dieser Komplexe zu visualisieren wurden sie eingefärbt, wobei die Quartilen ( $Q_{25}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{75}$ ) der Flächengröße die Basis der Aufteilung bilden: Die 25 % kleinsten Flächen ( $<Q_{25}$ ) sind hellgrün eingefärbt, der Bereich von  $Q_{25}$  bis  $Q_{50}$  ist gelb, der von  $Q_{50}$  bis  $Q_{75}$  orange, und die 25 % größten Komplexe sind rot dargestellt.

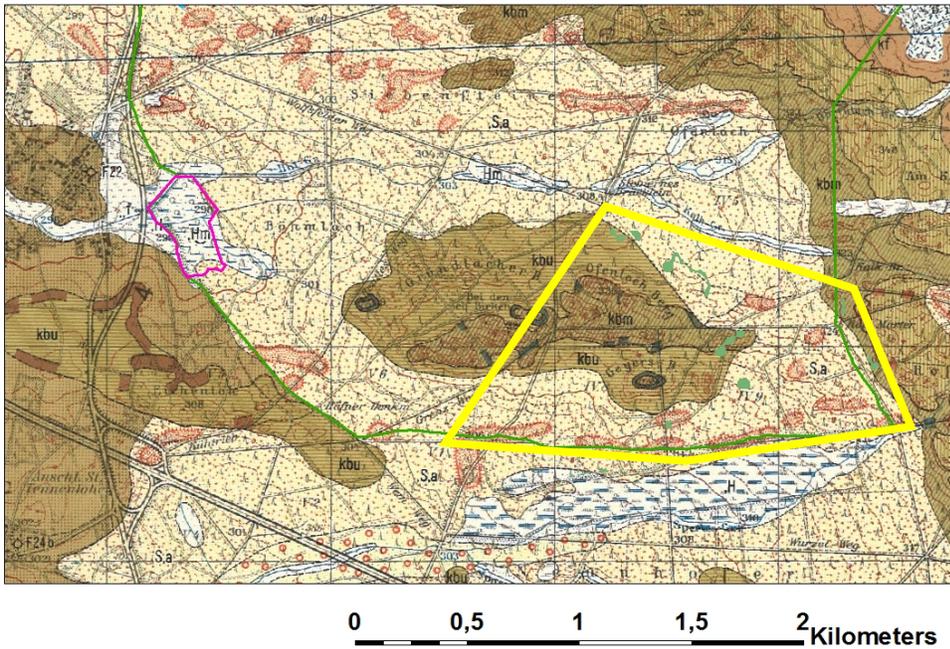


Abbildung 3: Vorkommen bei Tennenlohe. Gelbe Linie: Maßnahmenggebiet; grüne Fläche: im Totalzensus 2012 als FKW kartierte Flächen; grüne Linie: NSG Tennenloher Forst; rote Linie: NWR Böhmlach

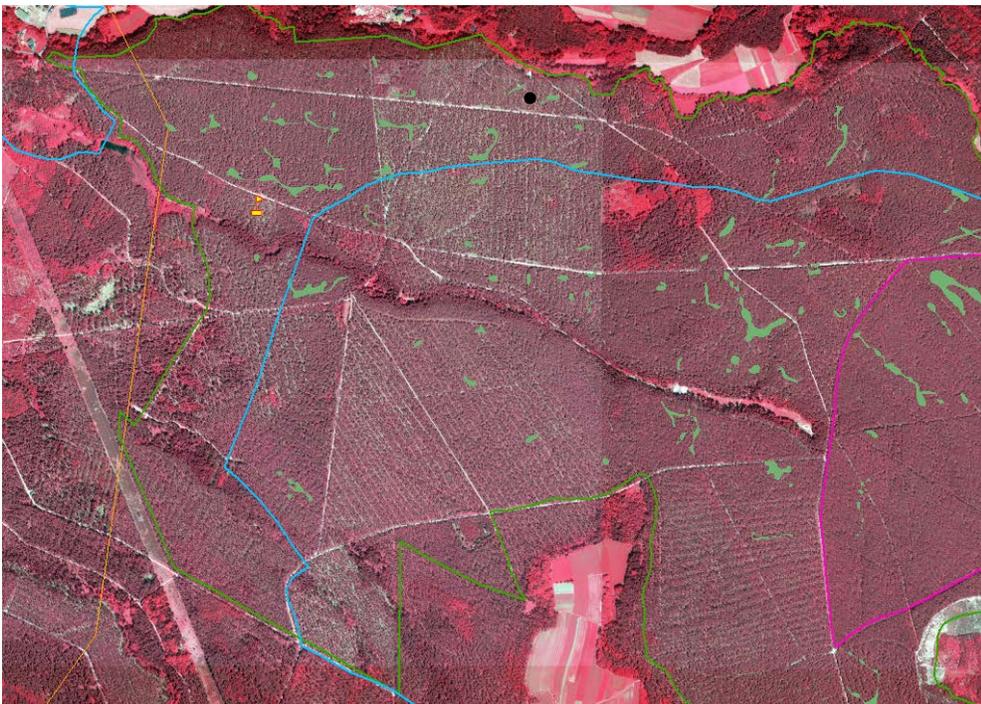


Abbildung 4: Falschfarbenfoto des Gebietes bei Leinburg. Deutlich sind aufgelichtete Flächen und Rückegassen zu erkennen. Schwarzer Punkt: Lage der eingerichteten Versuchsfläche; blaue Linie: Grenze des Wasserschutzgebietes; grüne Linie: Grenze des NSG Flechten-Kiefernwald südlich Leinburg; rote Linie Grenze des NWR Grenzweg; orange Linie Naturraumgrenze; gelbe Fahne Versuchsfeld des Forstbetriebes

## 3 Durchzuführende Maßnahmen

### 3.1 Einholen der erforderlichen Genehmigungen

Die meisten der verbliebenen Flächen bei Leinburg befinden sich im NSG „Flechten-Kiefernwälder südlich Leinburg“<sup>1</sup>. Das Naturschutzgebiet überlagert sich zum Teil (vgl. Abbildung 1) mit einem Wasserschutzgebiet. Maßnahmen im NSG bedürfen einer Genehmigung der Höheren Naturschutzbehörde und des zuständigen Amts für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AELF) in Hersbruck. Finden Maßnahmen im Wasserschutzgebiet statt, ist das Wasserwirtschaftsamt in Nürnberg zu konsultieren. Folgende Aspekte sind zu berücksichtigen:

- **Befreiung von der NSG-Verordnung**

Finden Maßnahmen im NSG statt, so ist die Schutzgebietsordnung zu prüfen. Das NSG „*Flechten-Kiefernwälder südlich Leinburg*“ wurde gemäß Verordnung am 29. Februar 2000 rechtskräftig ausgewiesen. In § 4 ist die Nutzung des Gebietes reglementiert. Unter anderem ist es verboten,

*„die Lebensbereiche (Biotope) der Tiere und Pflanzen zu stören oder nachhaltig zu verändern, insbesondere durch chemische oder mechanische Maßnahmen“* (§ 4, Abs. 1, Satz 6).

*„Pflanzen oder Pflanzenbestandteile zu entnehmen oder zu beschädigen oder deren Wurzeln, Knollen oder Zwiebeln auszureißen, auszugraben oder mitzunehmen“* (§ 4, Abs. 1, Satz 9).

Im Hinblick auf die geplanten Maßnahmen (Abplaggen; Entnahme von Flechten, allerdings mit Wieder-Einbringung) ist deshalb gemäß § 6, Abs. 1 der Verordnung eine Ausnahme von den Verboten nach § 4 Abs. 1 und 2 der Schutzgebietsverordnung zu beantragen. Zuständig für die **Erteilung der Befreiung** ist die Regierung von Mittelfranken – Höhere Naturschutzbehörde.

- **Waldgesetz für Bayern (BayWaldG)**

In der Fassung der Bekanntmachung vom 22. Juli 2005 (Abschnitt II, Erhaltung und Bewirtschaftung des Waldes) ist in Art. 9, Erhaltung des Waldes, in Absatz 1 niedergelegt, dass *„jede Handlung, durch welche die Produktionskraft des Waldbodens vernichtet oder wesentlich geschwächt oder durch welche der Waldboden beseitigt wird (Waldzerstörung), verboten ist.“*

Das Abplaggen muss deshalb vom zuständigen Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Hersbruck genehmigt werden. Ansprechpartner ist Herr Peter Hofmann.

---

<sup>1</sup> <https://www.nuernberger-land.de/uploads/media/Flechten-Kiefernwaelder.pdf>

- **Wasserrechtliche Aspekte**

Der quantitative und qualitative Einfluss des Umsetzungsprojektes auf das Grundwasser wird im Falle des Maßnahmengebiets Leinburg/Altdorf übereinstimmend als gering eingestuft, da nur 5 % der Fläche des NSG betroffen sind, und das über einen längeren Zeitraum verteilt. Dennoch sollen die Maßnahmen zunächst auf die weitere Wasserschutzgebietszone beschränkt werden, und die Klärung des Einflusses auf die Qualität und Quantität des Grundwassers in die wissenschaftliche Begleitung integriert werden. Ansprechpartner für wasserrechtliche Fragen ist das Wasserwirtschaftsamt in Nürnberg, **Ansprechpartner für den Landkreis Nürnberger Land** ist Herr Rainer Ketterle.

### 3.2 Auswahl der konkreten Regenerationsflächen

Die Flächen werden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Maßnahmen (Auslichten, Abplaggen) werden grundsätzlich nur in Bereichen mit Sandauflage (Flugsand, Düne) durchgeführt.
- Die nach Flechten-Artenzahl und Flechten-Menge heute noch besten Flächen sollen zunächst nicht herangezogen werden. Es werden Bestände im mittleren Bereich mit Restpopulationen von Rentierflechten selektiert. Allerdings ist es gut, die zu plaggenden Flächen *möglichst nahe (!)* und *in unmittelbarem räumlichen Kontakt* zu diesen (vergleichsweise) optimalen Restbeständen anzulegen, damit ggf. eine selbständige Wiederbesiedlung stattfinden kann.
- Die zu behandelnden Flächen werden in den Bereichen zwischen Rückegassen eingerichtet. Der Abstand zwischen den Rückegassen beträgt ca. 30 m. Die Rückegasse selbst ist 5 m breit, die Streifen auf denen Maßnahmen stattfinden sind somit 25 m breit (allerdings sind die Abstände bei alten Rückegassen oft schmaler).
- Ausgewählt werden Bereiche mit nur wenig Naturverjüngung; ggf. ist vorab vorhandene Kiefern-Verjüngung zu entfernen.
- Die einzelnen Regenerationsflächen werden räumlich so ausgewählt, dass sie miteinander vernetzt werden können.
- Bei erfolgreicher Regeneration der Flechten kann in Zukunft ggf. auch von älteren Behandlungsflächen Flechtenmaterial entnommen werden.
- Die Regenerationsflächen sollten sich außerhalb von im Regionalplan als Sandvorranggebiet ausgewiesenen Flächen befinden. Die Versuchsfläche für das wissenschaftliche Monitoring sollte außerhalb des Wasserschutzgebietes (WSG) liegen.

Die in Frage kommenden Flächen werden kartographisch aufbereitet und bewertet. Das Ergebnis der Auswahl wird dann gemeinsam mit der UNB, der HNB und dem AELF diskutiert, um zu einem Konsens zu gelangen.

### 3.3 Absammeln der Restvorkommen von Rentierflechten (Gattungen *Cladonia* und *Cetraria*)

Alle auf den Regenerationsflächen vorkommenden Bodenflechten werden vor Beginn der Maßnahmen aufgesammelt, getrocknet und trocken gelagert, bis die Flächen vorbereitet sind. Die Restvorkommen sind sehr unterschiedlich mit Flechten ausgestattet. Um die Entwicklung auf verschiedenen Regenerationsflächen bewerten zu können ist es deshalb notwendig, die Sammelmenge quantitativ zu erfassen und zu berechnen, wieviel Flechtenmaterial pro Quadratmeter Regenerationsfläche ausgebracht werden kann.

- **Sammeln**

Die Flechten werden möglichst in Trockenperioden im Spätherbst oder bei Dauerfrost im Winter gesammelt. Die Entnahme der Flechten im NSG ist an die Anwesenheit einer Fachkraft gebunden, die die einzelnen Arten unterscheiden kann.

- **Sammelmenge**

Die Menge der gesammelten Flechten wird im lufttrockenen Zustand bestimmt. Die gesammelten Flechten werden bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Im trockenen Zustand werden sie dann differenziert nach Arten gewogen, um quantitative Aussagen zum Sammelaufkommen und zur Menge der auszubringenden Flechten/pro Zielfläche treffen zu können. Die gesamte Sammelmenge wird gleichmäßig auf die Regenerationsfläche verteilt und ein Index berechnet: Flechten [g] / m<sup>2</sup>.

- **Trocknen**

Die Flechten werden bei Raumtemperatur bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Der Raum sollte gut belüftet sein. Am besten werden die Flechten zum Trocknen flächig ausgebreitet und mehrfach gewendet, um den Trockenvorgang zu beschleunigen und um Kontamination mit Algen, Pilzen und anderen Mikroben zu vermeiden.

- **Lagerung**

Die Lagerung erfolgt im Dunkeln, in kühler Umgebung in einem luftigen Karton oder in Papiertüten. Die Ernteproben werden gemischt, um die Ausbreitung der Arten zu fördern (nur innerhalb

eines Forstrevieres). Aus „guten“ Flächen des Reviers können gezielt seltene Arten beigemischt werden.

- **Größe der Thallus-Stücke und Ansaatdichte**

Die Flechten werden mit der Hand in gröbere, etwa 1-2 cm große Bruchstücke zerteilt. Simuliert wird damit das Zertreten größerer Flechtenpolster. Alle bei der Zerkleinerung entstehenden Bruchstücke werden auf der Fläche verteilt.

- **Zeitpunkt der Beimpfung**

Die Flechten werden vor einer Regenperiode im zeitigen Frühjahr (April) oder im Herbst ausgebracht.

- **Vermehrung**

Eventuell können die Flechten zukünftig im Gewächshaus oder an einem sonstigen geeigneten Ort vermehrt werden.

### **3.4 Auflichten des Bestandes auf maximal 70 % Beschirmungsgrad**

Das Auflichten findet vor dem Abplaggen statt, da dann beim Abbaggern weniger störende Baumstämme auf der Fläche stehen. Eventuell vorhandene Gehölz-Verjüngung wird mittels Freischneider entfernt.

### **3.5 Abziehen der Streu- und Humusschicht bis auf den Mineralboden**

Die vorhandene organische Auflageschicht wird bis zum Sand abgezogen. Je „sauberer“ die Auflageschicht entfernt wird, desto schlechter sind die Wachstumsbedingungen für pleurocarpe Moose, desto weniger Konkurrenz finden also die Flechten vor.

### **3.6 Beimpfen der Fläche mit den abgesammelten Flechten**

Das trocken zerkleinerte Flechtenmaterial wird auf den Regenerationsflächen ausgestreut. Die Flechtendichte darf unterschiedlich sein, wird aber dokumentiert.

Das Flechtenmaterial wird bei feuchter Witterung ausgebracht, damit die Thallus-Bruchstücke von Regentropfen an der Bodenoberfläche „angeheftet“ werden und nicht so leicht vom Wind verdriftet werden.

### 3.7 Verwertung des abgeschobenen Materials

Beim Abschieben der Auflageschicht fallen größere Mengen organischen Materials an. Im NWR wurde eine durchschnittliche (Median) Höhe der Moosschicht von 15 cm gemessen. Bezogen auf einen Hektar fällt Material in der Größenordnung von 1500 m<sup>3</sup> (grobe Schätzung) an. Folgende Einsatzbereiche sind denkbar:

- **Betriebsintern BaySF:** Es ist vom jeweiligen Forstbetrieb zu prüfen, ob das abgeschobene Material im nächster Nähe im eigenen Forstbetrieb als Dünger eingesetzt werden kann.
- **Landwirtschaft:** Nutzung als organischer Dünger. Als Hindernis werden ggf. größere Beimengungen (Äste, Holzstücke) gesehen. Das Material könnte als Dünger auf Feldern oder als Substrat auf Wege- und Straßenböschungen verwendet werden. Der Einsatz als Dünger war ja auch zu Zeiten des aktiven Streurechens das Ziel, allerdings damals noch ergänzt durch die tierischen Abfälle aus dem Stall. Kurze Distanz zwischen Quell- und Verwendungsgebiet sind wichtig.
- **Externer Kompostierer:** Die Firma Veolia<sup>2</sup> unterhält in Nürnberg Fischbach eine Niederlassung (ca. 12 km vom NSG entfernt). Ein Telefongespräch ergab, dass für die Abnahme von 1 m<sup>3</sup> ca. 2 € anfallen. Hinzu kommen noch die Transportkosten. Das abgeschobene Material bleibt so dem Wirtschafts- bzw. Landwirtschaftskreislauf erhalten. Es wird zu Gartenerde verarbeitet.
- Herstellung eines **regionalen, biozertifizierten Produkts**, das als Torfersatz verwendet werden kann. Dieses Produkt müsste erst entwickelt werden. Rindenumus, Holzfasern und Kokosfasern werden bisher als Torfersatzstoffe verwendet. 60 Liter Torfersatzstoff kosten im Handel etwa 10 €<sup>3</sup>. Das Material, das bei der Regeneration anfällt, müsste auf seine Eignung hin geprüft und eine Ökobilanz erstellt werden.
- **Biogasanlagen:** Hier besteht anscheinend geringes Interesse der Betreiber, da der Energiegehalt gering eingeschätzt wird. Überhaupt kommen nur Biogasanlagen in nächster Nähe zum Projektgebiet in Betracht, um den Energieverlust durch Transport so gering wie möglich zu halten.

### 3.8 Entfernung von Gehölz-Verjüngung

Es gibt FKW-Bestände, die im Totalzensus erfasst sind (z.B. Abb. 1.) und auch heute im Gelände als solche noch erkannt werden können, die aber von einer dichten Kiefern-Verjüngung überstockt sind. Sofern es sich um 1 bis 3 m hohe Jungpflanzen handelt, sind diese unbedingt zu ent-

---

<sup>2</sup> <http://www.veolia-umweltservice.de/standorte/detail/Entsorgung-und-Abfallmanagement-in-Altdorf/161>

<sup>3</sup> [http://www.obl.de/decom/product/OBI\\_Bio\\_Torfersatz\\_60\\_l/4449047](http://www.obl.de/decom/product/OBI_Bio_Torfersatz_60_l/4449047)

fernen; denn die dichte Verjüngung nimmt den Flechten das Licht, schwächt sie in ihrer Konkurrenzkraft und verändert das Mikroklima am Boden

### 3.9 Vernetzung

Auf schmalen, wenig benutzten Wegen („Trampelpfaden“) werden die Gefäßpflanzen durch Tritt geschädigt; die Flechten können hier kleinflächig den offenen, konkurrenzarmen Raum übernehmen und dort überleben. Derartige „Störungen“ sind also eher wünschenswert und zu tolerieren (statt zu unterbinden).

### 3.10 Kostenschätzung

#### • Maßnahmen

Der Leiter des Forstbetriebs Nürnberg, Herr Blank, stellte für das Abplaggen, die Entsorgung der Auflage, Einsammeln, Lagern, Trocknen und Ausbringen der Flechten eine Kalkulation auf (Tabelle 1). Das Auslichten der Flächen ist durch den Holzerlös kostendeckend.

*Tabelle 1: Kalkulation:*

*Abplaggen, Entsorgung der Auflage, Einsammeln, Lagern, Trocknen und Ausbringen der Flechten bezogen auf 1 ha*

Maßnahme	Anzahl Stunden	Stundensatz	Betrag
<b>Planung, Organisation, Ausschreibungen</b>	40	60 €	2.400 €
<b>Absammeln von vorhandenen Flechten</b>	8	45 €	360 €
<b>Lagerung, Trocknen</b>			200 €
<b>Einsatz Minibagger</b>	300	65 €	19.500 €
<b>Transport und Verbringen der Streu</b>	140	55 €	7.700 €
<b>Ausbringen , Verteilen der Streu</b>	100	45 €	4.500 €
<b>Ausbringen der Flechten</b>	8	60 €	480 €
<b>Gesamtkosten</b>			35.140 €

#### • Versuchsfläche

Das Einrichten der Versuchsfläche und die Erstellung der Vegetationsaufnahmen vor Beginn der Maßnahmen sind Bestandteil von ST 318. Folgende Maßnahmen fallen an:

- Auswahl der Probefläche und dauerhafte Markierung mit Grenzmarken; so sind während der Abschiebearbeiten keine störenden Markierungen auf dem Versuchsfeld vorhanden (3 x 4 Stunden TUM zzgl. Fahrtzeit, 4 Stunden. BaySF).
- Temporäres Markieren und Einmessen der Ecken des 6 x 6 m Rasters mit Plastikstäben (24 Stunden TUM, inklusive Dokumentation, 4 x 6 Stunden Hilfskraft).

- Markieren und Einmessen der 10 Plots, die nicht abgeschoben werden, mit Holzpflocken und Absperrband (in vorigem Punkt enthalten).
- Vegetationsaufnahmen zur Dokumentation des Ausgangszustands unter Zuhilfenahme der Deckungsgrad-Vergleichstafel nach Gehlker (1976) und der Hilfstabelle für kleine Deckungswerte. Die 4 x 4 m große Kernzone wird mittels eines mobilen Schnurrahmens während der Datenerhebung markiert. 40 Aufnahmen sind zu erstellen. Pro Vegetationsaufnahme wird etwa eine ½ Stunde veranschlagt. Dies summiert sich zu etwa 20 Stunden. Geländearbeit. Des Weiteren wird die Deckung auf den vier 1 x 1 m-Eckflächen unter Zuhilfenahme eines Schätzrahmens sowie der Hilfstabelle für kleine Deckungswerte geschätzt: 160 Aufnahmen á 1/4 Stunde entsprechen 40 Stunden. Hinzu kommen 8 Stunden für die Vorbereitung (erstellen von Aufnahmeformularen, erstellen einer Maske für die Eingabe in eine Datenbank, überspielen der Geodaten nach IGIS und 12 Stunden für die Nachbereitung (Dateneingabe, Dokumentation, mikroskopisches Nachbestimmung von Flechten und Moosen). Pro Plot inklusive Vor- und Nachbereitung etwa zwei Stunden, insgesamt 80 Stunden.

- **Regenerationsflächen**

Pro Hektar Regenerationsfläche werden vor Beginn der Maßnahmen 5 Vegetationsaufnahmen erstellt. Für die Auswahl, die Markierung und Verortung der Flächen wird pro Fläche ein Aufwand von 1 Stunde geschätzt. Die Erstellung einer Vegetationsaufnahme umfasst mit Vor- und Nachbereitung etwa 2 Stunden. Insgesamt ergeben sich für 5 Vegetationsaufnahmen 15 Arbeitsstunden.

## 4 Monitoring und Erfolgskontrolle

### 4.1 Objekte des Monitoring

Die Versuchsfläche, die Regenerationsfläche und das Naturwaldreservat Grenzweg werden in die wissenschaftliche Begleitung eingebunden. Auf allen Flächen werden vegetationskundliche Erhebungen nach der gleichen Methode durchgeführt.

Das Monitoring umfasst vegetationskundliche Untersuchungen vor Beginn der Maßnahmen (sie dokumentieren den Ausgangszustand der Flächen), Untersuchungen direkt nach Umsetzung der Maßnahmen sowie jährliche Untersuchungen zur Dokumentation der Entwicklung. Die Daten werden in die relationalen Datenbank WeiVegBase (Fischer H.S. et al. 2014) eingegeben und langfristig bei der LWF gesichert. Auch die Aufgabe der Wiederholung (Monitoring) könnte mittelfristig an der LWF angesiedelt werden (z.B. N2000-Gruppe).

### 4.2 Wissenschaftliches Monitoring

- **Anlage einer Versuchsfläche zur Analyse der Regeneration der FKW mittels Flechten-Thalli**

Die Versuchsfläche wird nur einmal angelegt, und zwar im Projektgebiet Leinburg/Altdorf.

- **Varianten**

Folgende Varianten werden einbezogen: „*Streurechen ohne Beimpfung*“ (Nullvariante „0“), „*Streurechen mit Beimpfung*“ (Testvariante, 1) sowie „*kein Streurechen*“ (Doppelnull-Variante „00“).

Des Weiteren wird die Beimpfungsintensität mit einbezogen: eine (noch zu bestimmende!) erwünschte Flechtenmenge pro Fläche („1“) sowie eine halb so große Menge („½“). Damit gibt es insgesamt vier Varianten:

„00“ *Vergleichsfläche ohne Streurechen*

„0“ *Fläche streugerecht, ohne Beimpfung mit Flechten-Thalli*

„1“ *Fläche streugerecht, mit einer (noch zu beziffernden) Menge von Flechten-Thalli zu beimpfen*

„½“ *Fläche streugerecht, mit einer nur halb so großen Menge von Flechten-Thalli zu beimpfen*

Aus Gründen der statistischen Auswertbarkeit sind von diesem Vierer-Set 10 Wiederholungen anzulegen. Insgesamt ergeben sich, einschließlich der Variante ohne Abschieben, 40 Plots.

- **Plotgröße**

Jeder Plot ist 6 x 6 m groß: eine 4 x 4 m große Kernfläche, auf der die Erhebungen durchgeführt werden, umgeben von einem 1 m breiten Pufferstreifen.

- **Anordnung der Plot-Flächen**

Alle 40 Plots werden in zwei Reihen (2 mal 12 m x 60 m) rechts und links einer Rückegasse mit Zufallsverteilung der 40 Plots zusammen gefasst („Blockdesign“)<sup>4</sup>. Die Zuordnung der Varianten erfolgt zufällig.

- **Monitoring der Versuchsfläche**

Vor Beginn der Maßnahmen, direkt nach Abschluss der ersten Maßnahme und im jährlichen Turnus werden Vegetationsaufnahmen in der 4 x 4 m großen Kernzone der Plots unter Zuhilfenahme der Deckungsgrad-Vergleichstafel nach Gehlker (1976, Abbildung 6) und eines Schätzrahmens (Abbildung 8) sowie der Hilfstabelle für kleine Deckungswerte (Tabelle 2, Tabelle 3) erstellt.

---

<sup>4</sup> Das ursprüngliche Ziel, alle 40 Plots in einem 4 x 6m-Raster anzuordnen, war an der ausgewählten Stelle nicht möglich, da der Abstand der Rückegassen hier kleiner als 25 m ist. So wie die Versuchsanlage jetzt angelegt ist, ist sie problemlos begehbar.

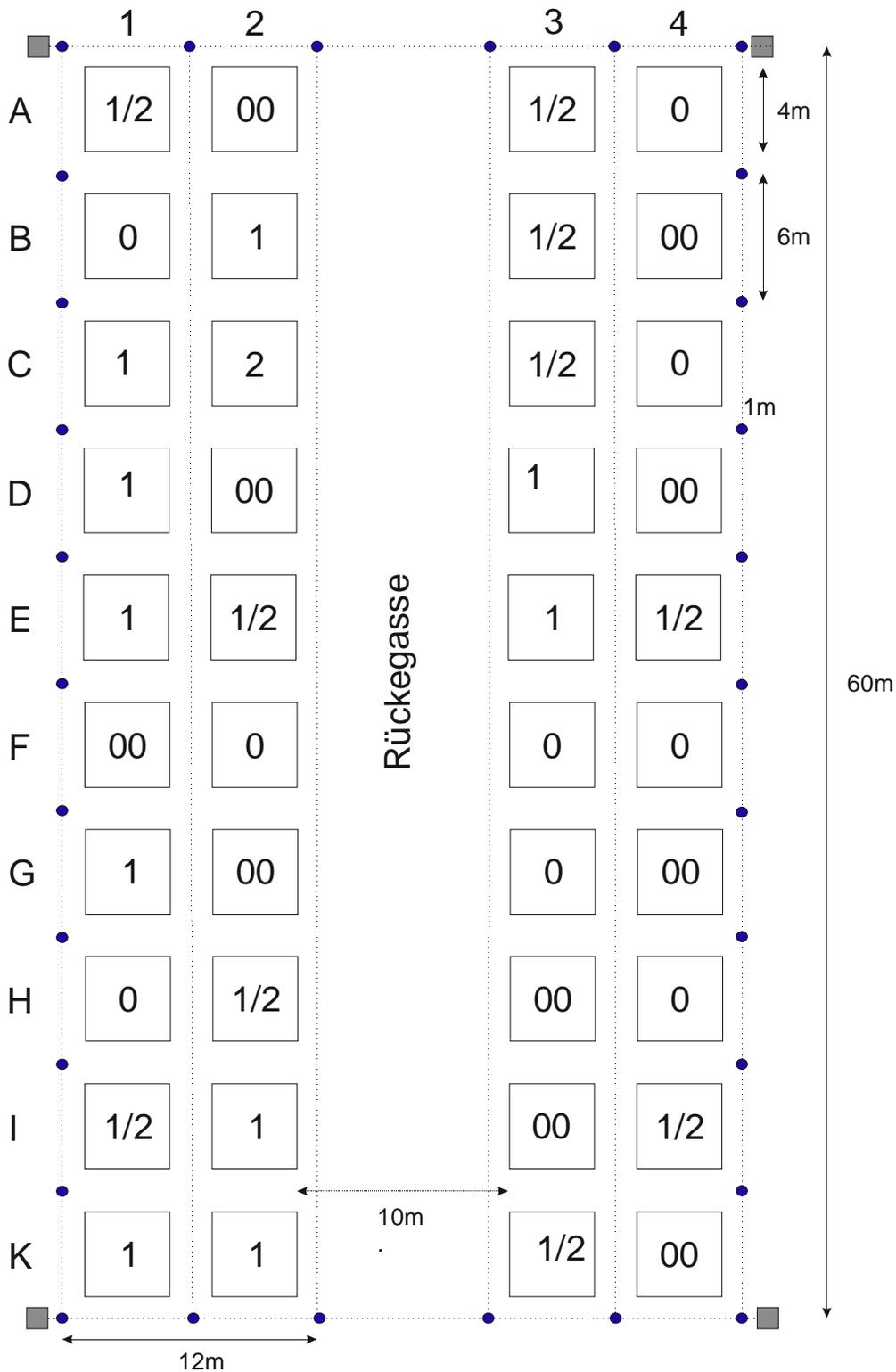


Abbildung 5: Design des Versuchs zur Analyse des Erfolgs von Flechtenthallus-Beimpfung. 4 Varianten a 10 Wiederholungen. Erläuterung der Varianten „00“, „0“, „1/2“ und „1“ siehe Text. Die Zuordnung erfolgt zufällig.

- **Zeitlicher Ablauf**

*Im Spätherbst 2015 (wurde durchgeführt im Dezember 2015)*

**Auswahl der Versuchsfläche** und dauerhafte Markierung mit Grenzmarken (graue Quadrate in Abbildung 5) am oberen und unteren Ende des Versuchsfeldes. So sind während der Abschiebearbeiten keine störenden Markierungen auf dem Versuchsfeld vorhanden (3 x 4 Std. TUM zzgl. Fahrtzeit, 4 Std. BaySF).

**Einmessen der Gesamtfläche und der einzelnen Plots** (s. Anhang 1).

- Temporäres Markieren und Einmessen der Ecken des 6 x 6 m-Rasters mit Plastikstäben (8 Stunden TUM inkl. Dokumentation, 2 x 6 Stunden Hilfskraft).
- Markieren und Einmessen der 10 Plots, die nicht abgeschoben werden, mit Holzpflocken und Absperrband (in vorigem Punkt enthalten).

**Vegetationsaufnahmen zur Dokumentation** des Ausgangszustands

- unter Zuhilfenahme der Deckungsgrad-Vergleichstafel nach Gehlker (1976, Abbildung 6). Die 4 x 4 m große Kernzone wird während der Datenerhebung mittels eines mobilen Schnurrahmens markiert. 40 Aufnahmen á ½ Stunde = 20 Stunden zzgl. 8 Stunden Vorbereitung).

Deckung auf den vier 1 x 1 m-Eckflächen (Abb. 7) unter Zuhilfenahme eines Schätzrahmens (Abbildung 8) sowie der Hilfstabelle für kleine Deckungswerte (Tabelle 3, Tabelle 2). 160 Aufnahmen á 1/4 Stunde = 40 Stunden (inclusive Dateneingabe).

*Ab Januar 2016*

**Durchführen der Regenerations-Maßnahmen** (*wurde bis Ende Februar durchgeführt*)

- Absammeln der Restbestände der Rentierflechten durch eine Fachkraft.
- Bestimmung der Flechten durch eine Fachkraft.
- Auflichten des Bestandes.
- Entfernen des Jungwuchses.
- Abbaggern der Streu- und Humusschicht.

- **Dauerhaftes Markieren des Versuchsfeldes**

- Eisenvermessungsrohre mit blauer Abschlussplatte an den äußeren Ecken der äußeren 6 x 6 m-Quadraten (blaue Punkte in Abbildung 5).

- Eisenvermessungsrohre ohne Abschlussplatte an den inneren Ecken der 6 x 6 m-Monitoring-Flächen.
- Zum Ausbringen der verschiedenen Dichten des Impfmaterials wird das 6 x 6 m-Raster temporär mit roter Fliesenlegerschnur markiert.

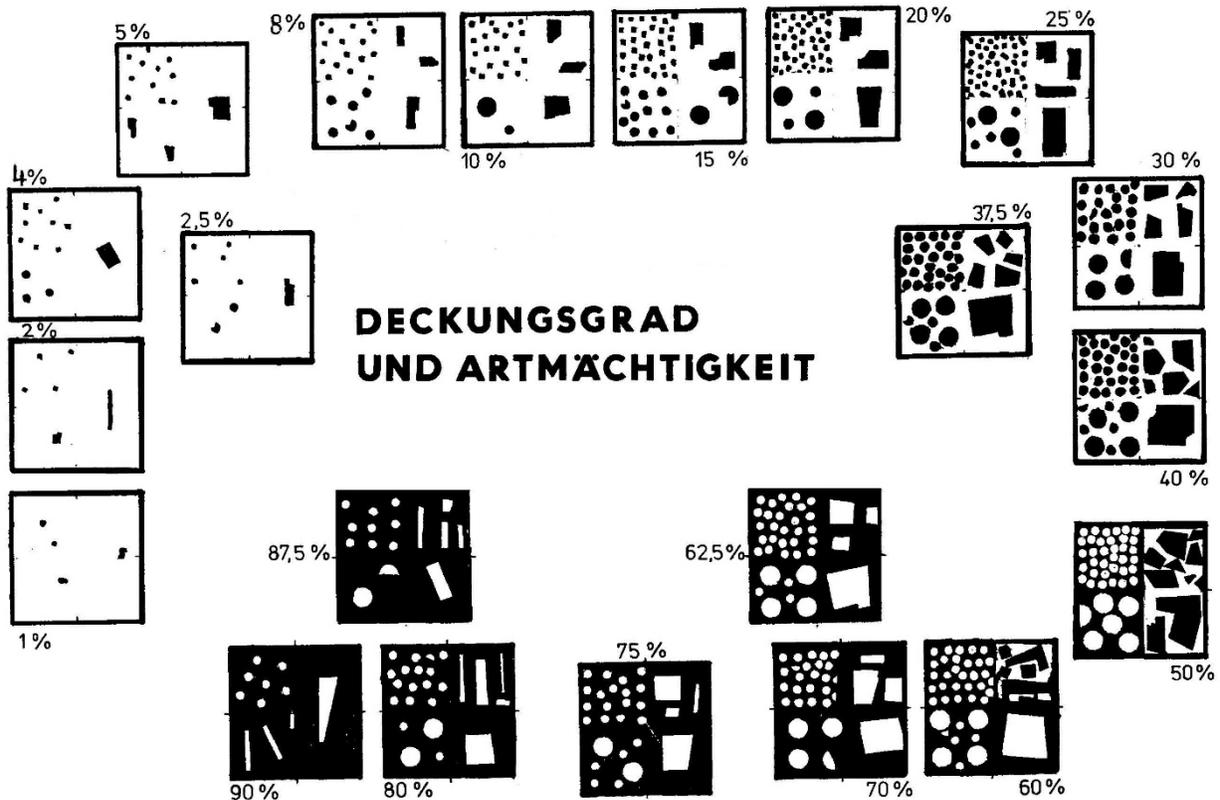


Abbildung 6: Deckungsgrad-Muster verändert nach Gehlker (1976)

### • Vegetationsaufnahmen

- Detaillierte Vegetationsaufnahme. Deckung auf der 4 x 4 m-Fläche unter Zuhilfenahme der Schätztafel nach Gehlker (1976, Abbildung 6) sowie der Hilfstabelle für kleine Deckungswerte (Tabelle 2).
- Deckung auf den vier 1 x 1 m-Eckflächen (Abb. 7) unter Zuhilfenahme eines Schätzrahmens (Abbildung 8) sowie der Hilfstabelle für kleine Deckungswerte (Tabelle 3).

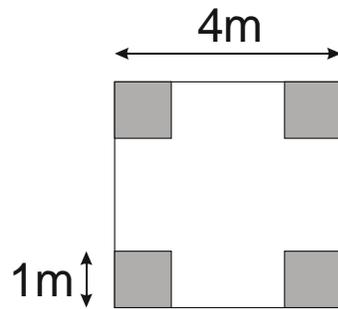


Abbildung 7: Versuchsdesign der Einzelflächen



Abbildung 8: Deckungsschätzung unter Zuhilfenahme eines Schätzrahmens. 1 Kleinquadrat = 1 %. Flechtendeckung hier ca. 14 %.

Die Aufnahmen vor dem Eingriff wurden im Januar 2016 durchgeführt.

Die Erhebungen werden zunächst jährlich wiederholt. Die Daten werden zur langfristigen Sicherung bei der LWF abgelegt. Auch die Aufgabe der Wiederholung der Datenerhebung (Monitoring) sollte mittelfristig an die LWF gegeben werden (z.B. N2000-Gruppe).

Tabelle 2: Kalkulationshilfe zur Bestimmung von Deckungswerten kleiner 5% aus Individuenzahl und Individuengröße auf einer 16 m<sup>2</sup> großen Aufnahmeflächen (nach: Fischer, H.S., 1995)<sup>5</sup>

Basisfläche 16 m <sup>2</sup>		Individuengröße [cm <sup>2</sup> ]									
		% Deckung	1	2	4	8	16	25	50	100	200
Individuenzahl	1	0,001	0,001	0,003	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,13	
	2	0,001	0,003	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,13	0,25	
	4	0,003	0,01	0,01	0,02	0,04	0,06	0,13	0,25	0,50	
	8	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,13	0,25	0,50	1	
	16	0,01	0,02	0,04	0,08	0,16	0,25	0,50	1,00	2	
	32	0,02	0,04	0,08	0,16	0,32	0,50	1	2	4	
	64	0,04	0,08	0,16	0,32	0,64	1	2	4		
	128	0,08	0,16	0,32	0,64	1,28	2	4			
	256	0,16	0,32	0,64	1,28	2,56	4				

Tabelle 3: Kalkulationshilfe zur Bestimmung von Deckungswerten kleiner 5% aus Individuenzahl und Individuengröße auf einer 1 m<sup>2</sup> großen Aufnahmeflächen (nach: Fischer, H.S., 1995)<sup>5</sup>

Basisfläche 1 m <sup>2</sup>		Individuengröße [cm <sup>2</sup> ]									
		% Deckung	1	2	4	8	16	25	50	100	200
Individuenzahl	1	0,01	0,02	0,04	0,08	0,16	0,25	0,5	1	2	
	2	0,02	0,04	0,08	0,16	0,32	0,5	1	2	4	
	4	0,04	0,08	0,16	0,32	0,64	1	2	4		
	8	0,08	0,16	0,32	0,64	1,3	2	4			
	16	0,16	0,32	0,64	1,3	2,6	4				
	32	0,32	0,64	1,3	2,6	5					
	64	0,64	1,3	2,6	5						
	128	1,3	2,6	5							
	256	2,6	5								

<sup>5</sup> Der Deckungsgrad berechnet sich in dem die Individuenzahl mit der Individuengröße [cm<sup>2</sup>] multipliziert wird. Das Produkt wird anschließend durch die Flächengröße [cm<sup>2</sup>] dividiert.

### 4.3 Schnell-Monitoring zur Erfolgskontrolle auf allen Regenerationsflächen

Um die Entwicklung der Maßnahmen auf den Regenerationsflächen evaluieren zu können wird ein Schnellverfahren vorgeschlagen:

Für ein räumlich repräsentatives Monitoring und eine Erfolgskontrolle der Maßnahme sind, um zuverlässige und damit belastbare Ergebnisse zu erzielen, pro Hektar renaturierte Fläche 5 Monitoring-Plots anzumessen: je 2000 m<sup>2</sup> also ein Monitoring-Plot (4 x 4 m). Die Monitoring-Plots werden auf den Regenerationsflächen zufällig verteilt. Zur Dokumentation der Situation vor und nach Abschluss der Maßnahmen und um die Entwicklung der Vegetation auf den Flächen zu verfolgen, wird eine vegetationskundliche Erhebung wie oben (Kap. 4.2.) dargestellt, vor Beginn der Maßnahmen, direkt nach Beendigung der Maßnahmen und im zunächst jährlichen Rhythmus empfohlen.

### 4.4 Monitoring im NWR

Im NWR Grenzweg (113 ha), das im Bereich des Naturschutzgebietes „Flechten-Kiefernwälder südlich von Leinburg“ liegt, kann seit 1993 die Entwicklung der FKW ohne jegliche regenerierende Maßnahmen beobachtet werden. Untersuchungen im Naturwaldreservat ergänzen das Monitoring, um den Aspekt der Entwicklung der Flechten ohne jegliche forstliche Aktivitäten und ohne Maßnahmen zur Regeneration der Flechten beobachten zu können.

Somit stehen Dauerbeobachtungsflächen im Naturwaldreservat Grenzweg zur Verfügung. Hier wurden bereits von Schultes (1994) und Hösch (2014) auf identischen Flächen Vegetationsaufnahmen erhoben. Parallel zu den Plots des Versuchsfeldes und der Regenerationsflächen werden deshalb auf einer Zufallsauswahl von Rasterpunkten im NWR ebenfalls vegetationskundliche Untersuchungen durchgeführt.

### 4.5 Bodenkundliche Begleituntersuchung (Dr. Karl Mellert)

- **Ziele**

Die Maßnahmen zum Schutz der Flechtenkiefernwälder sind mit Eingriffen in den Stoffhaushalt der Wälder verbunden. Zudem liegen die in Frage kommenden Flächen zum großen Teil in Trinkwasserschutzgebieten. Es stellt sich daher insbesondere die Frage, inwieweit die Beseitigung des humosen Oberbodens und damit des biologisch aktiven Filterkompartiments des Bodens zu einer Verschlechterung der Qualität des Sickerwassers und damit der Grundwasserabflussspende führt. Das Wasserversorgungsunternehmen, N-Ergie hat diesbezüglich Bedenken angemeldet. Von Seiten des Landratsamtes Nürnberger Land wird eine bodenkundliche Begleituntersuchung ebenfalls als sehr wichtig erachtet.

- **Methoden und Umfang der Untersuchung**

Die Untersuchungen zum Stoffhaushalt zielen auf die Erfassung der Veränderung von

- Stoffvorratsgrößen (Humusvorräte und darin gebundene Nährelemente)
- Sickerwasserqualität, insbesondere Nitratkonzentration im Humusausfluss, Ober- und Unterboden
- Bestandesernährung

Zur Identifikation der jeweiligen Stoffquellen bzw. -senken ist eine kompartimentweise (verschiedene Bodentiefen) Betrachtung erforderlich. Die Untersuchung wird in einem Messplatzansatz verwirklicht. Pro Variante (Kontrolle, Streunutzung) werden 5 Messplätze eingerichtet. Die kontinuierliche Untersuchung des Sickerwassers erfolgt in etwa einem monatlichen Rhythmus (genaues Intervall ist von der Niederschlagsverteilung abhängig) über 2,5 Jahre hinweg.

**Einrichtungen pro Messplatz**

- 1 Humuslysimeter
- 1 Saugkerze in 30 cm Tiefe
- 1 Saugkerze in 90 cm Tiefe

**Untersuchung zu den Nährstoffvorräten pro Messplatz**

- Auflagehumus „Tiefenstufe 0“ mit Stechrahmen
- Mineralboden Tiefenstufen cm: 0-10; 10-30; 30-60; 60-90

Die Gesamtkosten inklusive Overhead der TUM und Mehrwertsteuer betragen rund 95.000 € für 2,5 Jahre.

## 5 Öffentlichkeitsarbeit

Ein Eingriff wie das maschinelle Abziehen der organischen Auflageschicht kann in einem stark durch Nahtourismus frequentierten Gebiet nicht unvermittelt und ohne Erklärung durchgeführt werden. „Maschineneinsatz“ und „Natur“ gelten bei vielen Menschen als Widerspruch. Das stimmt gerade nicht bei den FKW. Deshalb ist vor Beginn der jeweiligen Geländearbeiten sowie begleitend dazu eine intensive Öffentlichkeitsarbeit durchzuführen. Die Organisation und Pressebindung obliegt dem jeweiligen Forstbetrieb. Beteiligt sollten an der Vorbereitung und Umsetzung Vertreter des Forstbetriebs und Fachwissenschaftler sein.

Wir denken an folgende Möglichkeiten der Öffentlichkeitsarbeit:

- **Pressemitteilung bei Beginn der Maßnahmen:** Die Maßnahmen werden in der örtlichen (und regionalen) Presse vorher erläuternd angekündigt. Durchzuführen vom jeweiligen zuständigen Forstbetrieb.
- **Info-Tafel:** An der zu implementierenden Versuchsfläche wird eine Info-Tafel aufgestellt, die den Hintergrund des Versuchs und der gesamten Maßnahmen erläutert. Die „Enthüllung“ der Tafel kann von der Presse als Einstieg zur Information über die Projektumsetzung genutzt werden. Der Tafeltext wird in enger Kooperation von Forstbetrieb, Ministerium und Fachwissenschaftlern (z.B. Geobotanik TUM) entwickelt. Entsprechende, aber einfacher gestaltete Tafeln können überall dort aufgestellt werden, wo das Schutz- und Hilfsprogramm gerade umgesetzt wird (Erstellung: wie oben).
- **Waldspaziergang mit Anwohnern, Presse und NGO-Vertretern:** Zu Beginn der Umsetzungsphase, zu einem Zeitpunkt, in dem vor Ort bereits „etwas zu sehen ist“, wird ein „Waldspaziergang“ mit Anwohnern, NGO-Vertretern und Presse durchgeführt. Auf ihm sollen die Anwohner Fragen stellen können und insgesamt das Ziel der Maßnahme, nämlich der Schutz eines aussterbenden Waldtyps, verstehen.
- **Angebote für Schulen:** Zusammen mit dem AELF sollten waldpädagogische Angebote für Schulkinder entwickelt werden, die den Zweck der Maßnahmen und die ökologische Bedeutung der FKW vermitteln.

## 6 Zitierte Literatur

- Fischer, A.; Michler, B.; Fischer, H.S.; Brunner, G.; Hösch, S.; Schultes, A. & Titze, P. (2015): Flechtenreiche Kiefernwälder in Bayern: Entwicklung und Zukunft. *Tuexenia* 35: 9-29. doi: 10.14471/2015.35.012.
- Fischer, H.S. (1995): Kartieranleitung zur Auswertung der Naturschutzförderprogramme auf Feuchtgrünland. Manuskript i.A. des Bayer. LfU.
- Fischer, H. S.; Michler, B.; Schwall, M.; Kudernatsch, T.; Walentowski, H.; Ewald, J. (2014): Was wächst denn da? Weihenstephaner Vegetationsdatenbank stärkt künftig die interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Freilandökologie. *LWF aktuell* 103: 34-37.
- Fischer, P.; Bültmann, H.; von Drachenfels, O.; Heinken, T.; Waesch, G. (2014): Rückgang der Flechten-Kiefernwälder in Niedersachsen seit 1990. *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen* 34,1: 54–65.
- Gehlker, H. (1976): Eine Hilfstafel zur Schätzung von Deckungsgrad und Artmächtigkeit. *Mitt. Flor. Soz. AG*, 20: 427 – 429.
- Heinken, T. (2008): Die natürlichen Kiefernstandorte Deutschlands und ihre Gefährdung. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt 2: 19–41.
- Hösch, S. (2015): Die Veränderung der Vegetation im Naturwaldreservat Grenzweg von 1998-2014. Bachelor's-Thesis, Studiengang Forstwissenschaften und Ressourcenmanagement Fakultät Forstwissenschaften und Ressourcenmanagement, Technische Universität München
- Schultes, A. (1998): Vegetationsuntersuchungen in Kiefern - Naturwaldreservaten. Vergleich zweier Kiefern - Naturwaldreservate mit Vegetationskarten und Bodenuntersuchungen. Diplomarbeit. Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen-Nürnberg. Institut für Botanik und Pharmazeutische Biologie.
- Michler, B. & Fischer, A. (2014): Flechten-Kiefernwälder in Bayern. Entwicklung während der letzten drei Jahrzehnte und Aussichten für die nächste Zukunft. Abschlussbericht L 54, LWF Freising-Weihenstephan. 91. S.
- Scheuerer, M.; Brunner, G.; Hemp, A.; Horn C. (2012): FFH-Monitoring im Totalzensus der Wald-Lebensraumtypen 91T0 „Mittleuropäische Flechten-Kiefernwälder“ und 91U0 „Kiefernwälder der sarmantischen Steppe“ in Bayern. Unveröff. Bericht zur Erhebungsphase 2010 bis 2012 im Auftrag der Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF).