



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LÄNDLICHEN RAUM
UND VERBRAUCHERSCHUTZ

LEITFADEN ZUR BODENSCHUTZKALKUNG IM WALD

GRUNDLAGEN UND KONZEPTION SOWIE
BERÜCKSICHTIGUNG DES NATUR- UND ARTENSCHUTZES,
DES WASSERSCHUTZES SOWIE VON KULTURDENKMALEN

Stand 31.01.2024

FÜR DIE BEARBEITUNG AKTUELLER KALKUNGSPLANUNGEN DURCH DIE UNTEREN
FORSTBEHÖRDEN SOWIE FORSTBW ZUR ABSTIMMUNG MIT DEN UNTEREN BEHÖRDEN
DER BEREICHE NATURSCHUTZ, BODEN UND WASSER



Erstellt durch die Abteilungen „Boden und Umwelt“ und „Waldnaturschutz“ der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA).

Unter Abstimmung in den Bereichen Biotop, FFH und Artenschutz mit dem Referat 25 – Artenschutz, Landschaftsplanung der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), den Referaten 56 - Naturschutz und Landschaftspflege der Regierungspräsidien Freiburg und Karlsruhe sowie der Abteilung 7 – Naturschutz des Umweltministeriums (UM).

Unter weiterer Mitarbeit durch die Abteilung Wildtierinstitut“ der FVA, des Referats 84 „Waldnaturschutz, Biodiversität und Waldbau“ des Regierungspräsidiums Freiburg, des Referats 52 „Waldpolitik, nachhaltige Waldbewirtschaftung, Waldnaturschutz“ des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR) sowie des Fachbereichs 4 „Biologische Produktion und Waldnaturschutz“ der Anstalt öffentlichen Rechts Forst Baden-Württemberg (ForstBW).

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis.....	3
Zusammenfassung.....	5
1. Einführung: Bodenschutzkalkung	7
1.1. Bodenschutzkalkung im Wald in Baden-Württemberg.....	7
1.1.1. Kalkungskonzeption	7
1.1.2. Planung von Bodenschutzkalkungen.....	12
1.1.3. Eingesetzte Kalkmittel	13
1.1.4. Ausbringungstechnik und -zeit.....	14
1.1.5. Bodenschutzkalkung in zertifizierten Wäldern	15
1.1.6. Bodenschutzkalkung auf Kalamitätsflächen.....	15
1.1.7. Bodenschutzkalkung als förderfähiger Bestandteil einer Nachhaltigen Forstwirtschaft	16
1.1.8. Bewertung negativer Auswirkungen: Kalkungssensitivität	17
1.1.9. Berücksichtigung von Ausschluss- und Prüfflächen bei der Kalkungsplanung.....	18
1.2. Hintergrund: Bodenversauerung	24
1.2.1. Natürliche Versauerung	24
1.2.2. Anthropogen bedingte Versauerung.....	24
1.3. Hintergrund: Wirkung der Kalkung	25
1.3.1. Boden	25
1.3.2. Wasser.....	26
1.3.3. Mikroorganismen	27
1.3.4. Vegetation.....	28
1.3.4.1. Bäume	28
1.3.4.2. Höhere Pflanzen / Farne	28
1.3.4.3. Moose	29
1.3.4.4. Flechten.....	29
1.3.5. Tiere	30
1.3.5.1. Bodenfauna	30
1.3.5.2. Amphibien	30
1.3.5.3. Fische.....	31
1.3.5.4. Reptilien	32
1.3.5.5. Landschnecken	32
1.3.5.6. Xylobionte Käfer und Schmetterlinge	32
1.3.5.7. Weitere insekten.....	33
1.3.5.8. Vögel	33
1.3.5.9. Sonderfall Auerhuhn	34
1.3.5.10. Säugetiere	35

2. Rechtliche Grundlagen.....	36
2.1. Bodenschutz	36
2.2. Naturschutzrechtliche Aspekte	36
2.2.1. Arten- und Biotopschutz	36
2.2.2. Schutzgebiete nach BNatSchG	37
2.2.3. Waldschutzgebiete.....	38
2.2.3.1. Bannwald.....	38
2.2.3.2. Schonwald	38
2.2.3.3. Waldrefugien.....	38
2.3. Wasserschutzgebiete und Oberflächengewässer	40
2.4. Kulturdenkmale.....	42
3. Berücksichtigung von Biotopen und FFH-Lebensraumtypen	43
3.1. Verfahren zur Ermittlung kalkungssensitiver Biotope.....	43
3.2. Waldbiotope.....	43
3.3. Offenlandbiotope	45
4. Berücksichtigung von geschützten und gefährdeten Arten	46
4.1. Artenschutzprogramm ASP	47
4.2. FFH-Anhang II und IV-Arten und Vogelschutzrichtlinie	47
4.3. weitere berücksichtigte Arten (Waldzielarten)	49
4.4. Weitere Prüfflächen	51
5. Anhang.....	52
5.1. Kalkungssensitive Standortseinheiten und deren Flächenbilanz nach Wuchsgebieten	52
5.2. Potentielle Biotop- und Lebensraumtypen kalkungssensitiver Standortseinheiten	56
5.3. Schlüsselliste Waldbiotopkartierung.....	57
5.4. Schlüsselliste Offenlandbiotopkartierung	62
5.5. Artenlisten gefährdeter und/oder besonders und streng geschützter Arten	69
5.6. Datengrundlagen.....	83
6. Literatur	84

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Leitfaden gibt einen Überblick über die Konzeption des Kalkungsprogramms im Wald in Baden-Württemberg, die im Wald und angrenzend vorkommenden Schutzgüter und deren Berücksichtigung bei der Planung von Kalkungsmaßnahmen. Der Leitfaden dient zur Information der bei der Planung beteiligten Instanzen.

Der Boden und der Bodenzustand zählen zu den zentralen Grundlagen für das Ökosystem Wald. Aus diesem Grund ist der „Erhalt der Bodenfruchtbarkeit“ ein gesetzlich verankerter Auftrag (Bundesbodenschutzgesetz § 1 und § 2; Bundeswaldgesetz § 1 und § 8; Landeswaldgesetz § 1 und § 14). Mit dem Konzept der regenerationsorientierten Bodenschutzkalkung wird direkt auf das Schutzgut Boden eingewirkt, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten, bzw. dort zu fördern, wo sie durch übermäßige Versauerung verloren gegangen ist. Die Bodenschutzkalkung wird prinzipiell nicht auf Flächen durchgeführt, die keinen Kalkungsbedarf haben; auf Flächen, die einen Kalkungsbedarf haben, werden zudem naturschutzfachlich sensitive Bereiche ausgespart. Der Kalkungsbedarf leitet sich ab von der Tatsache, dass durch den Eintrag versauernd wirkender Stoffe aus anthropogenen Quellen (schwefel- und stickstoffhaltige Verbindungen) viele Böden über ihr natürliches Maß hin versauert sind, nach wie vor versauern und somit essenzielle Bodenfunktionen eingebüßt haben.

Ziel ist die Wiederherstellung natürlicher Bodenfunktionen wie der Erhalt bzw. die Wiederherstellung einer standortsüblichen Bodenfruchtbarkeit als Grundlage für vitale und resiliente Wälder, Förderung der Puffer- und Filterfunktion und somit Trinkwasservorsorgesowie die Regeneration der Habitatqualitäten für gewisse Arten, die nicht an die starke Versauerung angepasst sind (wie z.B. Regenwürmer).

Bei der Bodenschutzkalkung werden innerhalb eines definierten Zeitraumes und je nach standörtlichem Bedarf erdfeuchte Dolomit- bzw. Dolomit-Holzasche-Gemische ausgebracht. Damit werden Prozesse angestoßen, die der Bodenregeneration dienen. Bei der Umsetzung sind unterschiedliche Schutzaspekte zu berücksichtigen. In weiten Bereichen profitieren diese Schutzgüter gemeinsam von der Bodenschutzkalkung, indem z. B. die Lebensgrundlage der Bodenfauna, die Habitate der meisten waldbewohnenden Arten sowie die Qualität des Trinkwassers verbessert werden und die Vitalität und Widerstandsfähigkeit der Wälder zunimmt. Es gibt aber Ausnahmen, bei denen eine Bodenschutzkalkung nicht zulässig ist oder zu negativen Veränderungen führen kann. Hier wird die Kalkung ausgeschlossen.

Im Folgenden werden daher zunächst Konzeption (Definition kalkungswürdiger und kalkungsbedürftiger Bereiche sowie der Ausschluss- und Prüfflächen) und GIS-technische Umsetzung des aktuellen Kalkungsprogramms in Baden-Württembergs Wäldern erläutert. Die Kenntnisse über Auswirkungen der anthropogen getriebenen Versauerung und den erzielten Wirkungen der unterschiedlichen Kalkmittel Dolomit sowie Dolomit-Holzasche-Gemisch auf das Waldökosystem und hier speziell mit Bewertung der Auswirkungen auf unterschiedliche Arten sind hierfür entscheidend und werden ebenfalls dargestellt. Rechtliche Bestimmungen des Bodenschutzes sowie Vorgaben des Naturschutzes, zu berücksichtigende Waldschutzgebiete, sowie Bewertungen von Kulturdenkmalen sind grundsätzlich bei der Durchführung der Bodenschutzkalkung zu beachten. Auf Basis dieser Bestimmungen werden bereits viele Flächen pauschal von der Kalkung ausgenommen. Darüber hinaus werden die möglichen Auswirkungen einer Bodenschutzkalkung auf alle zu berücksichtigenden Schutzgüter bewertet. Dabei werden neben den gesetzlich geschützten Biotopen (Wald- und Offenlandbiotopkartierung) auch FFH-Lebensraumtypen hinsichtlich ihrer Kalkungssensitivität bewertet. Aspekte des Artenschutzes werden in den Gebieten, wo eine Kalkung gemäß der aktuellen Kalkungskonzeption durchgeführt werden sollte, ebenfalls umfänglich bewertet. Dabei wird der angrenzende Offenlandbereich mit betrachtet. Neben einer direkten Sensitivität für Kalkungen (sowohl auf die chemischen Wirkungen als auch die physikalischen Einflüsse durch die Ausbringung) kommt hierbei auch verstärkt der Vorsorgeaspekt zur Geltung, wenn z.B. die bekannten Vorkommen hochgradig gefährdeter Arten aus dem Artenschutzprogramm pauschal von der Kalkung ausgeschlossen werden. Eine Berücksichtigung findet entweder über den räumlichen Ausschluss inklusive eines Puffers statt, über zeitlichen Ausschluss während Aktivitätszeiten oder über einen technischen Ausschluss des terrestrischen Verblasens (Schutz vor physikalischer Beeinträchtigung). All diese Aspekte werden auf Grundlage aller flächig vorhandenen Daten bei der Planung frühzeitig berücksichtigt. Dabei werden diese

Grundlagen einmal jährlich aktualisiert und anschließend von den zuständigen unteren Forstbehörden mit den zuständigen Wasser- und Naturschutzbehörden auf Vollständigkeit geprüft. So können in der direkten Abstimmung noch neu kartierte Bereiche, die bei der Stichtagserfassung nicht abgebildet waren oder Änderungen von Flächendefinitionen berücksichtigt werden.

Die Vorgehensweise der Kalkung unter Berücksichtigung von Ausschluss- und Prüfflächen ist stark vereinfacht in **Abbildung 1** dargestellt.

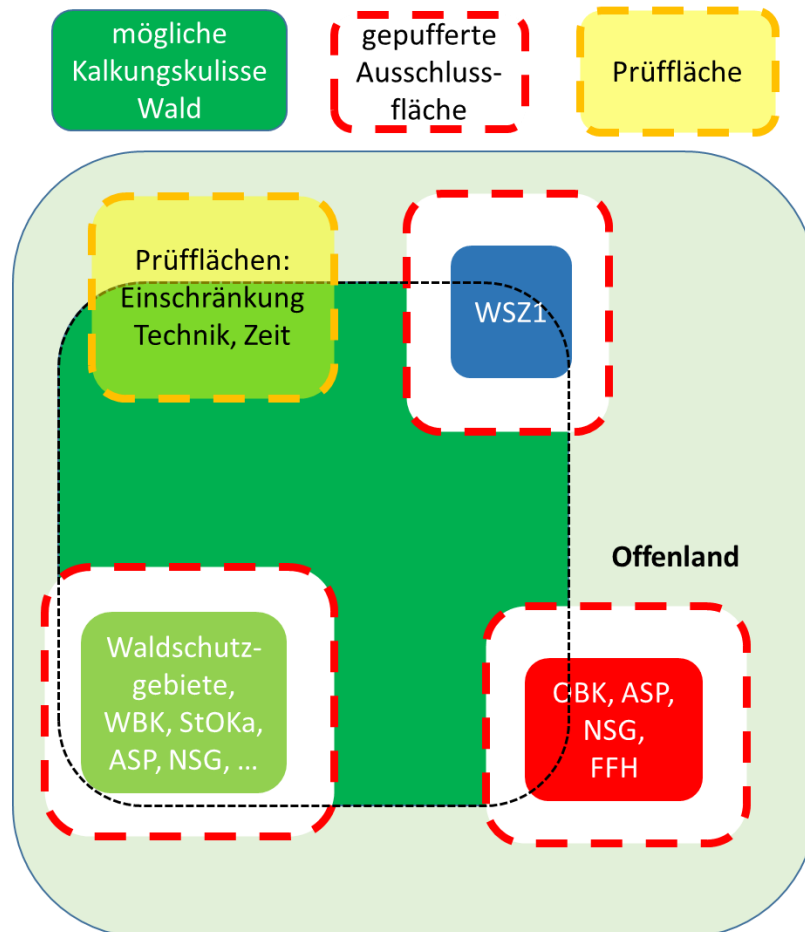


Abbildung 1: Schematische Übersicht über die Umsetzung der Bodenschutzkalkung im Wald unter Berücksichtigung der in diesem Leitfaden definierten weiteren Schutzgüter (nicht vollständig!). WSZ = Wasserschutzgebietszone, WBK = sensitive Flächen der Waldbiotopkartierung, StOKa = sensitive Standortseinheiten, OBK = sensitive Offenlandbiotope, ASP = Artenschutzprogramm, NSG = Naturschutzgebiet, FFH = sensitive Lebensraumtypen / Lebensstätten oder Fundpunkte sensitiver Arten in Fauna-Flora-Habitat-Gebieten.

1. EINFÜHRUNG: BODENSCHUTZKALKUNG

Die Bodenschutzkalkung im Wald wird seit den 1980er Jahren gezielt eingesetzt, um die Folgen der Versauerung auf Wälder und Waldböden abzumildern. Ziel ist nicht die Bodenmelioration, welche auf eine Ertragssteigerung und Anhebung der Bodenfruchtbarkeit über ein natürliches Maß hinaus abzielt. Ursächlich für die starke Versauerung waren und sind die Einträge saurer wirkender Stoffe aus anthropogenen Quellen – dem „sauren Regen“. Diese Versauerung hat die Standorte stark bis in den Unterboden überprägt und gilt als Haupttreiber der „neuartigen Waldschäden“. Der Eintrag des sauren Regens wirkt deutlich stärker und tiefgründiger als eine „natürlichen“ Versauerung durch bodengenetische Prozesse oder durch den Einfluss unterschiedlicher Baumarten. Während in den 1980er Jahren bis Anfang 2000 die Kompensationskalkung (= Ausgleich der aktuell eingetragenen Säuren) im Vordergrund stand und auf weitaus größeren Flächen angewandt wurde als heutzutage, werden inzwischen nach dem Konzept der Regenerationsorientierten Kalkung (= Wiederherstellung essenzieller Bodenfunktionen, die durch den Säureeintrag verlorengegangen sind) weitaus weniger Flächen als kalkungsbedürftig angesehen. Zusätzlich haben die Flächen, die aufgrund eines Vorsorgeprinzips oder dem tatsächlichen Vorkommen von sensitiven Arten und Lebensräumen von der Kalkung ausgenommen werden, deutlich zugenommen.

1.1. BODENSCHUTZKALKUNG IM WALD IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Die Kalkungsgeschichte der Wälder Baden-Württembergs begann schon wenige Jahre nach der Gründung der BRD. Dabei standen anfangs wenig erfolgreiche, kleinflächige Bemühungen im Vordergrund, die den Ertrag der Wälder steigern sollten. Mit den zunehmenden Schäden durch den sauren Regen gewann die Waldkalkung immer mehr an Bedeutung und die gekalkten Flächen wurden größer. Ziel war in dieser Zeit primär das Kompensieren der sauren Einträge durch die basischen Kalke. Die Abschwächung des sauren Regens durch wirksame Maßnahmen erlaubte nach und nach eine Umstellung von einer Kompensationsausrichtung hin zur Regeneration der geschädigten und verarmten Waldböden (*JANSSEN et al. 2016*).

1.1.1. KALKUNGSKONZEPTION

Seit 2011 wird in Baden-Württemberg das Konzept der regenerationsorientierten Bodenschutzkalkung durchgeführt. Das Konzept verfolgt in seiner Definition nach *VON WILPERT et al. (2013)* das Ziel, Waldböden in ihrer Funktionalität wieder in ihren natürlichen Zustand zurückzusetzen. Eine umfangreiche Evaluation der regenerationsorientierten Bodenschutzkalkung zwischen 2011 und 2019 (*PUHLMANN et al. 2021a*) bestätigt grundsätzlich den Ansatz und empfiehlt eine Fortführung des Programms mit Anpassungen. Um langfristig die Wälder von dem Säuredruck zu entlasten, ist, wo rechtlich möglich, auch auf einen gezielten Waldumbau hin zu höheren Laubholzanteilen hinzuarbeiten.

Dabei sind folgende Punkte besonders herauszustellen:

Das Kalkungsprogramm ist **standortspezifisch**: Es geht, wie der Name impliziert, darum, Standorte zu regenerieren, nicht sie zu optimieren. Es sollen keine Hochleistungswirtschaftswälder entstehen, sondern Bestände mit natürlicher Basenausstattung und Lebensraumqualitäten, wie sie ohne menschliche Einflüsse zu finden wären. Das bedeutet, dass der Kalkung eine aufwendige Planung vorausgeht (**vgl. Kapitel 1.1.2**).

Der **Kalkungsbedarf** leitet sich primär aus bodenchemischen Eigenschaften ab. Dabei werden die Basensättigungen im Hauptwurzelraum (10-60 cm) als Indikator für die **Bodenfruchtbarkeit** und die pH-Werte im Oberboden (0-10 cm) als Indikator für den **Lebensraum Waldboden** herangezogen. Als dringend kalkungsbedürftig gelten Standorte mit Basensättigungen < 15% und pH-Werten < 4.2. Davon ausgenommen sind Standorte, die aufgrund ihrer natürlichen Ausstattung sehr sauer sind (wie z.B. flachgründige Podsole **vgl. Kapitel 1.1.2**).

Neben der Bewertung des bodenchemisch begründeten Kalkungsbedarfs werden alle Standorte in ihrer **Kalkungswürdigkeit** bewertet. Hierzu werden Kartengrundlagen der Waldökologischen Standortkartierung

sowie der bodenkundlichen Landesaufnahmen (GeoLa, Bodenkarte 1:50.000) genutzt, wodurch eine flächendeckende Bewertung möglich ist. Siehe „Exkurs Bewertung der Kalkungswürdigkeit“.

Fachliche Grundlage für die Ableitung der Kalkungswürdigkeit stellen die Waldökologische Standortkartierung sowie die Bodenkarte der Geowissenschaftlichen Landesaufnahme (GeoLa) dar. Dabei wird unterschieden in kalkungswürdige Standorte (z.B. Braunerden aus Granit, Parabraunerden aus Feinlehm), kalkungssensitive Standorte (Standorte, die ihre natürlichen Habitatsigenschaften durch eine Bodenschutzkalkung verlieren können; siehe EXKURS Bewertung der Kalkungswürdigkeit) sowie nicht kalkungswürdige Standorte (z.B. vernässende Standorte oder Standorte mit ausreichender Basenversorgung).

Darauf aufbauend werden diese potentiell kalkungswürdigen Standorte hinsichtlich ihres Kalkungsbedarfs weiter bewertet. Dieser leitet sich inzwischen aus Regionalisierungen der Waldbodeneigenschaften wie pH-Wert und Basensättigung ab (Regionalisierung siehe **Abbildung 2**). Hierfür wurden landesweit über 8.000 Standortinformationen genutzt, um die Bodenkennwerte mit hoher räumlicher Sicherheit abzubilden. Nur für geologisch heterogenere Bereiche oder solche mit unsicherer Kalkungshistorie bleiben Bodenprobenahmen weiterhin notwendig. Als Planungsgrundlage wird der Verschnitt aus Kalkungsbedarfskarte und Kalkungswürdigkeit genutzt (**Abbildung 3**).

Da landesweit und waldbesitzartenübergreifend Datengrundlagen für die genannten Daten vorliegen, ist eine automatisierte Klassifikation der Flächen sowie eine Bewertung des standörtlichen Kalkungsbedarfs (Wie viele Kalkungen sind notwendig?) möglich. Diese ist Grundlage für eine eventuell notwendige Nachbeprobung und für eine gutachterliche Bewertung der Karten im Detail (**Abbildung 4**).

Für die Planung durch die zuständigen Forstbehörden, bzw den Staatsforstbetrieb werden im vorläufigen Maßnahmenplan neben den kalkungsbedürftigen Flächen Empfehlungen zum einzusetzenden Kalkmittel und zum geeigneten Ausbringungsverfahren gegeben. Ebenso sind flächenspezifischen Ausschlussgründe definiert und im GIS abgebildet (**siehe Abbildung 5**). Alle diese Daten sind im Forstlichen Geographischen Informationssystem (InFoGIS) abgebildet und für die Planung und Abstimmung nutzbar.

Es werden nicht alle Flächen, die gemäß den definierten Kriterien einen Kalkungsbedarf aufweisen, auch tatsächlich gekalkt. Zum einen bleibt die Entscheidung über eine Kalkung den Waldbesitzenden vorbehalten. Zum anderen werden **Ausschlussgründe** streng beachtet (**vgl. Kapitel 1.1.8**). Wenn ein Gebiet beispielsweise seltene, kalkungssensitive Arten beheimatet oder innerhalb der Trinkwasserschutzzone I liegt, wird unabhängig vom Kalkungsbedarf der Böden keine Maßnahme durchgeführt.

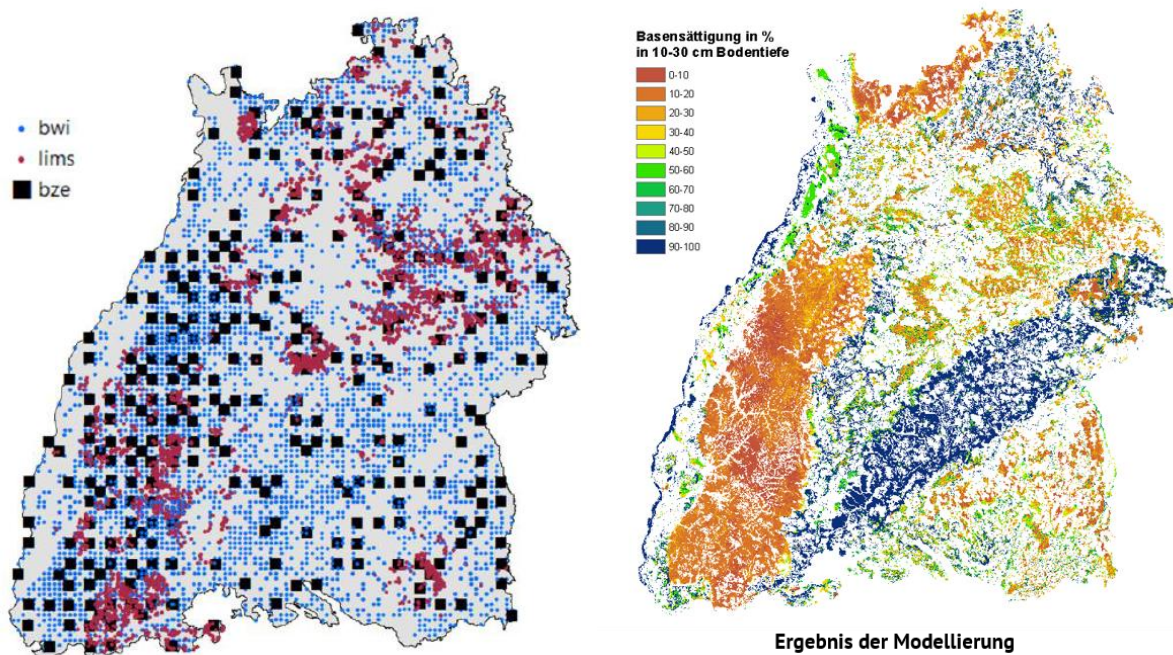


Abbildung 2: Übersicht über die für die Regionalisierungen genutzten Punktinformationen (links) und ein Ergebnis der Modellierung (rechts), welches für die flächenhafte Bewertung der Kalkungsbedürftigkeit genutzt wird.

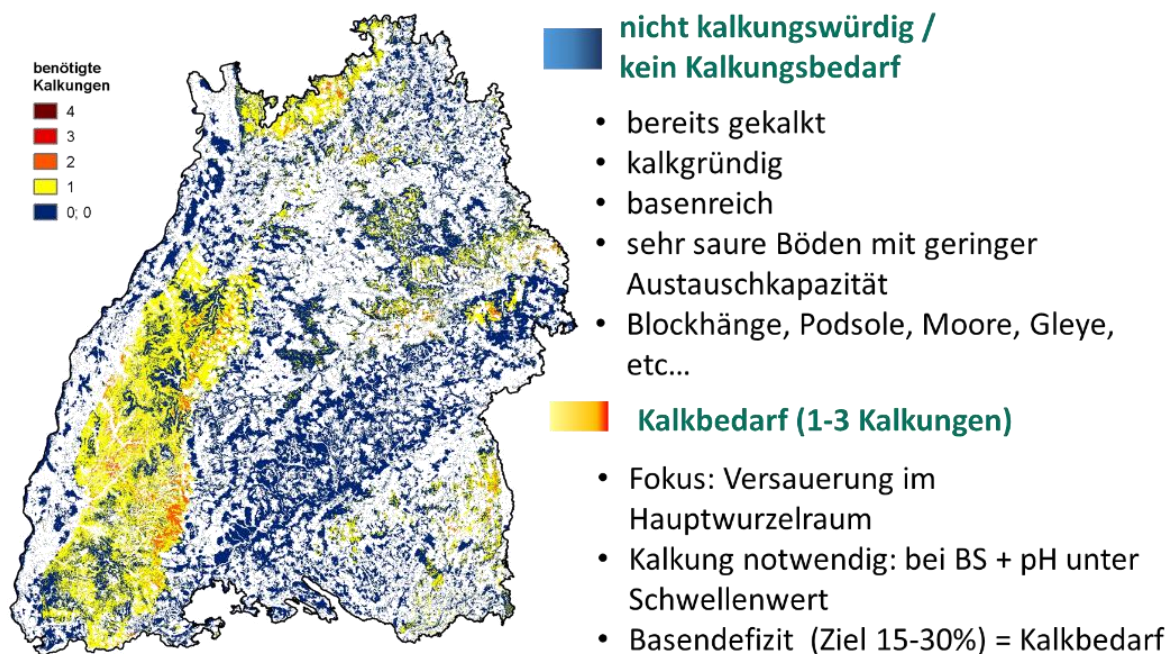


Abbildung 3: Landesweite Übersicht zum aktuellen Kalkungsbedarf. Dabei werden die Kalkungswürdigkeit (= sollte ein Standort aufgrund seiner natürlichen Habitatfunktion und Bodengeneese gekalkt werden?) berücksichtigt, ebenso wie die bodenchemisch ermittelte Kalkungsbedürftigkeit (= wie hoch ist der stöchiometrisch ermittelte Bedarf eines Standortes, damit er ökologische Grenzwerte mittelfristig nicht unterschreitet). (NICHT dargestellt sind die Bereiche, die aufgrund arten- und naturschutzrechtlicher sowie wasserschutzrechtlicher Vorgaben nicht gekalkt werden!)

EXKURS BEWERTUNG DER KALKUNGSWÜRDIGKEIT UND –SENSITIVITÄT VON STANDORTEN UND BODENFORMEN

Anhand der Waldökologischen Standortskartierung und der Bodentypen der Geologischen Landesaufnahme 1:50.000 werden Bereiche definiert, die als „kalkungssensitiv“ eingeschätzt werden. Diese sind Boden- und Standortseinheiten, die aus bodenkundlicher und waldökologischer Sicht als natürlich saure Böden beschrieben werden. Als natürlich sauer gelten Böden, wenn sie auch ohne menschliche Einwirkung sehr geringe pH-Werte und Basensättigungen aufweisen. Generell begünstigen basenarme geologische Ausgangsformationen durch ihre primäre Mineralzusammensetzung (z. B. Glimmer- und feldspatarne Granite, quarzreiche Dünenande) oder durch ihre sehr langsame Verwitterung (z. B. Feuersteinschutt) die Entstehung von natürlich sauren Böden. Sie entstehen auf verschiedene Weisen: Eine andauernde Vernässung von semiterrestrischen Böden im sauren, basenarmen Milieu hemmt die Zersetzung der organischen Substanz, was zur Bildung von organischen Bodenhorizonten führt. Beispiele solcher natürlich sauren Böden sind Quellmoore auf Buntsandstein und Hochmoore. Auf trockenen Standorten spielen andere Faktoren für die Entstehung von natürlich sauren Böden eine Rolle: Block- und Felshänge sowie Blockschuttlagen mit Rohhumusbildung in Hohlräumen entstehen auf Böden mit geringen Feinbodenanteilen und entsprechend niedrigen Säureneutralisationskapazitäten. Humusarme (Podsol-)Ranker an windexponierten steilen Oberhängen oder in exponierten Kuppenlagen sind das Ergebnis ihrer topographischen Lage, die zu einem permanenten Nährstoffaustrag durch Blattstreuverlust führt (Aushagerung). Eisen-Humus-Podsole in vorwiegend sonnseitigen Hanglagen des Nordschwarzwaldes besitzen ein sandiges oder steinig-kiesiges Ausgangssubstrat, durch welches es zu einer raschen Auswaschung von Nährstoffen kommt und sich eine saure Auflage bilden kann. Solche Böden werden in der waldökologischen Standortskartierung und in einer von der FVA bewerteten Attributierung der Bodenkarte 1:50.000 (GeoLa BK50) als „kalkungssensitiv“ (=kalkungssensibel) definiert und von der Kalkung ausgeschlossen, da sie sich in Bezug auf pH-Wert und Basenausstattung bereits in einem für sie naturnahen Zustand befinden. Bei der Bewertung der GeoLa BK50 werden bestimmte Ausgangsmaterialien als kalkungssensitiv ausgeschlossen, in erster Linie nach Bodentypen (im vernässenden Bereich: Moor, Niedermoor, Stagnogley, Anmoorgley; im Bereich aus Hangschutt und Zersatz des mittleren Buntsandsteins und aus Granit-Hangschutt: Felshumusboden, Ranker, Regosol). Des Weiteren werden regional pH-Werte (i.d.R. < 3) als Ausschlussgrund genutzt. Dies erfolgt insbesondere in Bereichen mit Podsolen und deren Übergangsbereichen. Ergänzend werden alle Flächen der landesweiten Moorkartierung als „kalkungssensitiver“ Bereich von der Kalkung ausgeschlossen. Somit bleiben diese Flächen auch ohne tatsächliches Vorkommen eines Schutzgutes in ihrem Potenzial für die Entwicklung eines kalkungssensitiven Waldbiotop- bzw. Waldlebensraumtyps (WLRT) oder die Besiedelung durch Arten mit Bindung an natürlich saure Standorte erhalten.

Die Berücksichtigung aller bekannten natürlich sauren Standorte entspricht somit einem umfassenden Vorsorgeprinzip.

Eine Liste aller kalkungssensitiven Standortseinheiten und eine exemplarische Bewertung ihrer Biotop- und Lebensraumtypspotenziale finden sich in **Tabelle 5** und **Tabelle 6**. Still- und Fließgewässer werden i.d.R. von den Kalkungskulissen von vornherein ausgeschlossen. Dies erfolgt indirekt darüber, dass sie entweder über die Standortskartierung, bzw. anhand der von der FVA attribuierten Bodenkarte (GeoLa BK50) keiner Kalkungswürdigkeitskategorie zugeordnet werden. Diese Flächen werden dann automatisch aus der weiteren Kalkungsplanung ausgeschlossen. Zum anderen sind Auenbereiche und durch Grundwasser charakterisierte Bereiche als „nicht kalkungswürdig“ definiert. Kleinere Fließgewässer sowie Rinnen und Klingen werden dabei jedoch nicht kategorisch von der Kalkung ausgeschlossen, wenn sie die zuvor genannten Kriterien nicht erfüllen und können in der potentiellen Kalkungskulisse belassen werden. Dies betrifft nicht Bereiche, die über andere Kriterien von der Kalkung ausgeschlossen sind, z. B. Bereiche, die durch die Waldbiotopkartierung als kalkungssensitive Bereiche definiert sind oder geschützte Quellen- oder Wasserschutzgebiete.

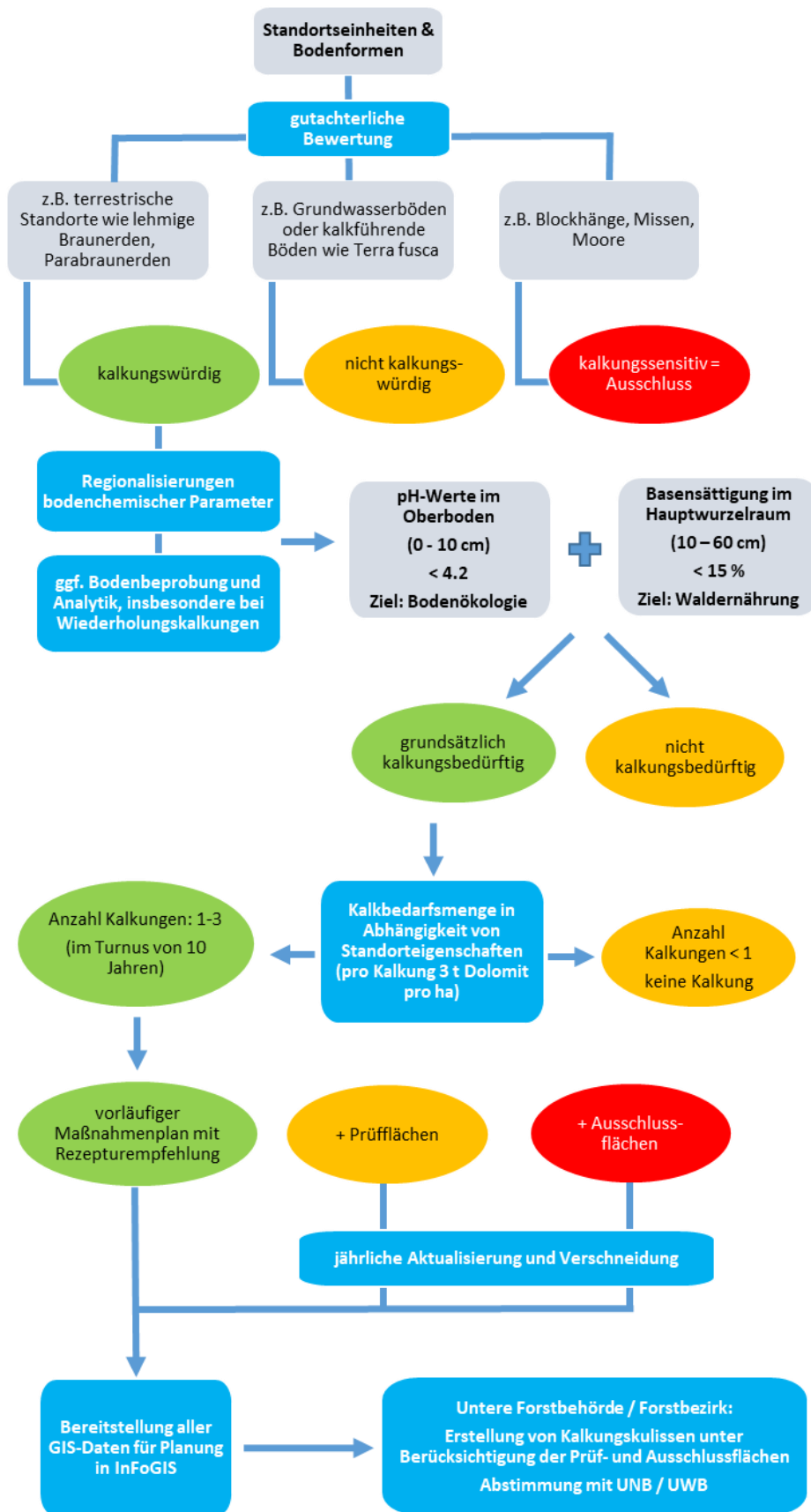


Abbildung 4: Ablaufschema der Kalkungskonzeption von der wissenschaftlichen Bewertung bis zur Bereitstellung der Planungskarten.

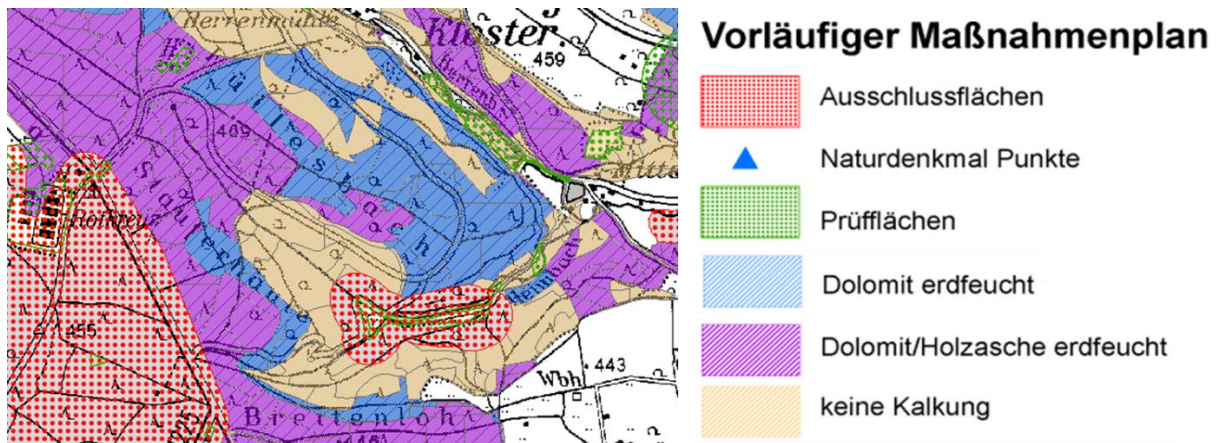


Abbildung 5: Beispiel für die Planungsgrundlagen, wie sie den Planern der konkreten Bodenschutzkalkungen im InFoGIS vorliegen. Dargestellt ist ein fortgeschrittener Planungszustand, d.h. die Bodenproben wurden bereits analysiert und die Potentialflächen in konkrete vorläufige Maßnahmenpläne mit Empfehlungen zu Rezeptur und Ausbringung überführt. Daneben werden die zu berücksichtigenden Ausschluss- und Prüfflächen deutlich.

1.1.2. PLANUNG VON BODENSCHUTZKALKUNGEN

Die operative Umsetzung des Programms erfolgt für den Kommunal- und Privatwald (Zuständigkeit der Landesforstverwaltung BW) auf Ebene der Landkreise durch die Unteren Forstbehörden (UFBs) sowie im Staatswald durch die zuständigen Forstbezirke bei ForstBW. Eine Kalkungsmaßnahme wird innerhalb eines begrenzten Zeitraums (in der Regel drei bis fünf Jahre) geplant und umgesetzt. Die Kalkungsplanung muss mindestens zwei Jahre vor einer Kalkungsmaßnahme beginnen (**Abbildung 6**). Die FVA erstellt Kalkungsbedarfskarten (vorläufige Maßnahmenpläne) als Grundlage für eine erste Sondierung der zuständigen Forst-Verwaltungseinheiten. Jährlich aktualisiert werden die Ausschluss- und Prüfflächen, immer bis Juni des Vorjahres der Durchführung der jeweiligen Kalkungsmaßnahme. Die Karten zum Kalkungsbedarf sowie die Karten und Hinweise zur Berücksichtigung von Ausschluss- und Prüfflächen werden von der FVA bereitgestellt und sind Grundlage für die weitere Planung sowie die Förderung. Abstimmung mit anderen beteiligten Ämtern (Wasser- und Naturschutz) sowie Antrag auf Förderung, Ausschreibung und Vollzug sind Aufgabe der UFBs bzw. des Referats 84 am Regierungspräsidium Freiburg oder von ForstBW im Staatswald.

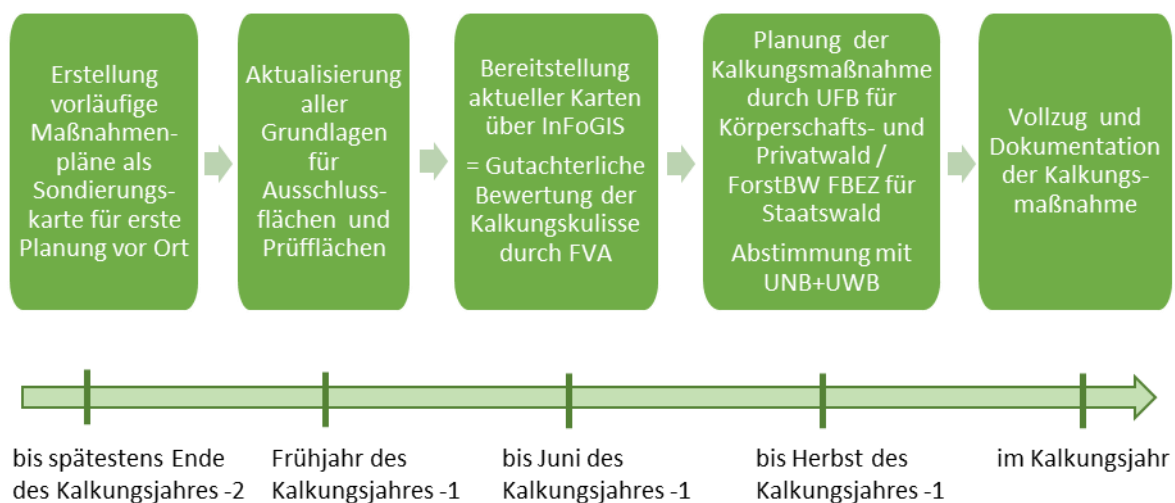


Abbildung 6: Zeitlicher Ablauf einer Bodenschutzkalkung.

1.1.3. EINGESETZTE KALKMITTEL

Als Grundlage der Kalkungen werden fein aufgemahlene Dolomitgesteinsmehle genutzt, die überwiegend aus karbonatischen Calcium- und Magnesiumverbindungen bestehen. Daneben kommen insbesondere auf lehmigeren Substraten Dolomit-Holzasche-Gemische zum Einsatz. Alle Kalkmittel werden auf ihre Inhaltsstoffe geprüft und im erdfeuchten Zustand ausgebracht, um die Staubwirkung zu unterbinden und ein Abdriften auf benachbarte Flächen zu verhindern.

In Bezug auf die eingesetzten Kalkmittel sind bei der Bodenschutzkalkung im Wald gesetzliche Regelungen und deren Qualitätskriterien einzuhalten, insbesondere die Düngemittelverordnung, das Umweltrecht und der Arbeitsschutz. Die verwendeten Materialien müssen einerseits diese Anforderungen erfüllen und andererseits die gewünschte ökologische Wirkung zeigen.

Die zur Ausbringung in Baden-Württemberg zugelassenen Kalkmittel und deren chemisch-physikalische Eigenschaften sind mittlerweile in der gemeinsam von FVA, Landesforstverwaltung Baden-Württemberg (LFV BW) und Deutscher Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) entwickelten Prüfrichtlinie definiert (**DLG 2020**). Die Einhaltung der darin geforderten Qualitätskriterien wird im Rahmen einer umfangreichen Qualitätssicherung überwacht. Im Rahmen der Zertifikatsentwicklung wurden Prüfparameter gemäß der CLP-VO (Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen) um ökologisch relevante Parameter wie die elektrische Leitfähigkeit erweitert, um nicht nur eine potentielle Gefährdung des Menschen weitestgehend auszuschließen, sondern auch um potentiell negative Auswirkungen in Dolomit-Holzasche-Gemischen zu reduzieren. Als problematisch gelten hierbei frische Holzaschen, die durch reaktive oxidische und hydroxidische Bestandteile ätzend wirken können. Dies wird dadurch verhindert, dass die Holzaschen einer sogenannten Alterung unterzogen werden, durch welche diese Stoffe zu reaktionsträgen Carbonaten umgebaut werden. Laufende Analysen bestätigen, dass die Ätz- und Reizwirkungen der Produkte unterhalb kritischer Werte liegen. Auch die elektrische Leitfähigkeit als Indikator einer ökologisch negativen Wirksamkeit befindet sich im nichtkritischen Bereich. Ausführliche Details über Zusammensetzung, Grenzwerte und Qualitätssicherung der Kalkmittel sind im Evaluationsbericht der FVA dargestellt (**PUHLMANN et al. 2021a**).

Dolomit wird in der Regel mit einer Dosierung von 3 t/ha plus ca. 8 % Wasser (erdfeucht) ausgebracht. Im Vergleich zu reinem Kalk (Calciumcarbonat, CaCO_3) enthält Dolomit (Calcium-Magnesiumcarbonat, $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$) hohe Anteile an Magnesium. Dieser essentielle Pflanzennährstoff ist infolge der Bodenversauerung in Waldböden besonders stark in den Mangel geraten. Dolomit ist ein vergleichsweise kostengünstiges Produkt, da es nach der Gewinnung im Steinbruch nur noch geringer weiterer Aufarbeitung bedarf. Die Verarbeitung beschränkt sich im Wesentlichen auf das Mahlen zu Gesteinsmehl und das Anfeuchten des Produktes auf Erdfeuchte.

Bei der Kalkung im Wald wird das Material oberflächlich ausgebracht, jedoch nicht in den Boden eingearbeitet. Es ist deshalb wichtig, das Material ausreichend fein zu mahlen, damit sich dieses im Bodensickerwasser löst und in tiefere Bodenschichten transportiert werden kann. Daher wird die Mahlfinheit in Baden-Württemberg so definiert, dass mindestens 90 % des Materials einen Korndurchmesser kleiner 0,1 mm aufweisen soll (**HILDEBRAND & SCHACK-KIRCHNER 1990**)

Die Zugabe von Holzasche zum Dolomit soll im Rahmen der regenerationsorientierten Bodenschutzkalkung die Erholung der Böden zusätzlich unterstützen und einem versauerungsbedingten Kalium- und Phosphormangel entgegenwirken. Dabei gelten zusätzliche Anforderungen an das auszubringende Gemisch. Holzasche hat im Vergleich zu Dolomit eine größere Variabilität der Nährelementgehalte. Asche von Rinden, Nadeln und Blättern weisen beispielsweise deutlich höhere Nährstoffgehalte auf als Stammholz, Asche aus Harthölzern höhere als Asche aus Weichhölzern (**HAKKILA 1989**). Wie beim Dolomit sind bei der Holzasche die in der Düngemittelverordnung festgelegten Grenzwerte für Schadstoffkonzentrationen einzuhalten. Des Weiteren sind gesetzliche Vorgaben seitens der EU-Richtlinien REACH und CLP-VO zu beachten. Die ökologischen und toxikologischen Risiken werden durch die Begrenzung der Ausbringungsmenge reiner Holzasche im Konzept der regenerationsorientierten Bodenschutzkalkung auf maximal 1 t/ha in zehn Jahren minimiert. Diese Menge ist beispielsweise bei den holzascheerfahrenen skandinavischen Ländern als höchste auszubringende Menge

insbesondere bei kalkungssensitiven Pflanzenvorkommen definiert (**HJERPE et al. 2008**) und wird auch durch die eigenen Untersuchungen der FVA als ökosystemar risikoarm bewertet (**SCHÄFFER et al. 2002**). Die Ausbringung von Holzasche kann ein wichtiger Bestandteil des nachhaltigen Waldmanagements sein, da sie die Versauerung bekämpft und den Nährstoffkreislauf schließt (**BRUNNER et al. (2004)**). Die Regeldosierung bei der Ausbringung von Dolomit-Holzasche-Gemischen beträgt pro Hektar 3 t Dolomit (TM), 1 t Holzasche (TM) und ~ 10 % Wasser (**VON WILPERT et al. 2013**).

Bei den Wirkungen der Kalkung wird im Folgenden in erster Linie der Effekt von reinem Dolomit beschrieben. Die Unterschiede von Dolomit-Holzaschegemischen liegen in einer um 30 % höheren Dosierung bei im Wesentlichen vergleichbaren Wirkungen. Unterschiede werden jeweils in den Unterabschnitten beschrieben.

1.1.4. AUSBRINGUNGSTECHNIK UND -ZEIT

Die gängigsten Verfahren der Kalkausbringung sind das Verblasen aus einem Fahrzeug und der Abwurf aus der Luft per Helikopter. Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile. Baden-Württemberg bevorzugt wegen der besseren Energiebilanz die terrestrische Ausbringung. Da sich die terrestrische Ausbringung nicht für sehr steiles oder nicht hinreichend erschlossenes Gelände eignet, wird in diesen Fällen eine Kombination von terrestrischer und aviotechnischer Ausbringung empfohlen (**SCHÄFFER et al. 2012, VON WILPERT et al. 2013**).

Die terrestrische Ausbringung erfolgt üblicherweise durch Gebläsemodule, die auf „Unimogs“ aufgesetzt werden. Das Kalkmaterial wird im Fahrzeug transportiert und am Einsatzort in den Bestand verblasen.

Bei der aviotechnischen Ausbringung wird der Kalk kontrolliert über der zu kalkenden Waldfläche verstreut. Die Nutzung eines Helikopters zur Waldkalkung erlaubt sehr schnelle, großflächig gleichmäßige Kalkungen, die weitgehend unabhängig vom Gelände erfolgen können. Somit können auch Waldflächen mit geringer Feinerschließungsdichte behandelt werden.

Bei der Planung der konkreten Kalkungsmaßnahmen müssen auch die Tankplätze (=Landeplatz Helikopter) und Materialverladeplätze sorgfältig geplant werden. So sind ausreichende Abstände zu Wasserschutzgebieten, Gewässern, Ausschlussflächen (z.B. kalkungssensitiver Biotope, die bereits mit 100m gepuffert sind) und Versuchsflächen einzuhalten und die entsprechenden Vorgaben in den „Hinweisen Tank- und Materialverladeplätze“ der Landesforstverwaltung BW, Referat 84 Waldnaturschutz, Biodiversität, Waldbau zu beachten.

Einschränkungen der Wahl der Technik ergeben sich durch Prüfflächen, in denen eine Art/Lebensstätte/... als sensitiv auf die terrestrische Ausbringungstechnik definiert ist (**siehe auch Kapitel 1.1.8**).

Im Randbereich zu Kalkungsflächen können Ausschluss- und Prüfflächen auch für die Ausbringung mittels Verblasemodul befahren werden, um so die Kalkung der benachbarten Kalkungsflächen durchzuführen unter folgenden Voraussetzungen: Die zu kalkende Fläche kann nicht anders gekalkt werden; die Verblasung muss weg vom Ausschlussgrund stattfinden und der Ausschlusspuffer darf nur randlich betroffen sein.

Für Bodenschutzkalkungen in Baden-Württemberg wird regulär der Zeitraum zwischen Anfang Juli (terrestrisch erst ab 15.07.) und Ende Oktober aus mehreren Gründen genutzt. In diesem Zeitraum sind die Risiken für die meisten Arten gering, die Brut- und Aktivitätszeiten definierter Arten, die diesen Zeitraum überschneiden, werden gesondert berücksichtigt (**siehe Abbildung 13**). Darüber hinaus gibt es weitere Restriktionen: Gegen eine Kalkung im Winter spricht, dass die biologische Aktivität stark reduziert ist und so Mineralisierungsschübe, die infolge von Kalkungen auftreten, durch biologische Stoffaufnahme kaum abgepuffert werden. Vor allem beim Einsatz von Holzasche sollte die Kalkung in der Vegetationszeit stattfinden, um den Rückhalt von Kalium im System zu optimieren (**HUOTARI et al. 2015**). Insbesondere muss die Ausbringung von Kalk auf Schneedecken in Hanglagen ausgeschlossen werden, da es bei Schneeschmelze zu großen Auswaschungen kommen kann, wodurch ein hohes Schadpotenzial für Flora und Fauna in angrenzenden Gewässern entstehen kann. Auch führt Kalkstaub auf den Baumstämmen bei der Holzernte, die überwiegend im Spätherbst und Winter stattfindet, zu einem erhöhten Verschleiß an Motorsägen. Durchforstungsmaßnahmen auf den zu kalkenden Flächen sollen

nach Möglichkeit vor den Kalkungsmaßnahmen durchgeführt werden, da sie die Durchblasbarkeit der Bestände erhöhen und damit eine gleichmäßigere Verteilung des Materials erlauben.

1.1.5. BODENSCHUTZKALKUNG IN ZERTIFIZIERTEN WÄLDERN

Viele Waldbesitzende in Baden-Württemberg nehmen an einem oder mehreren Holzzertifizierungssystemen der Wald- und Forstwirtschaft teil. Bei Kalkungsmaßnahmen ist die Vereinbarkeit mit den entsprechenden Zertifizierungssystemen im Vorfeld zu prüfen. Die in Baden-Württemberg und Deutschland wichtigsten Zertifikate sind das „Forest Stewardship Council“ (FSC) und das „Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes“ (PEFC). Im Rahmen des Landesprogramms zur regenerationsorientierten Bodenschutzkalkung sind Kalkungen unter Auflagen grundsätzlich sowohl mit PEFC- (**PEFC DEUTSCHLAND 2014**) als auch FSC-Standards (**FSC DEUTSCHLAND 2018**) vereinbar, solange diese nicht einer Ertragssteigerung, sondern der Regeneration verloren gegangener Standortqualität dienen.

1.1.6. BODENSCHUTZKALKUNG AUF KALAMITÄTSFLÄCHEN

Auf durch Kalamitäten betroffenen Flächen, die einer Wiederbewaldung entsprechend dem „Praxisleitfaden für die Wiederbewaldung von Kalamitätsflächen im Klimawandel“ unterliegen (LFV BW (Hrsg) (2022): Leitfaden Wiederbewaldung, ist die Bodenschutzkalkung zu prüfen (**Abbildung 7**).

Im Rahmen der Kalkungsplanung stellt die FVA kalkungsbedürftige Flächen unter Berücksichtigung kalkungssensitiver Bereiche für die Kalkungsplanung bereit. Dabei ist der Aspekt „Kalamitäten“ jedoch nicht abgebildet und muss von den Planenden vor Ort geprüft werden.

Es ist davon auszugehen, dass auf Kahlflächen durch den temperatur- und lichtbedingten erhöhten Abbau ein Humusschwund eintritt. Dieser Effekt kann durch die Kalkung verstärkt werden. Als Folge kann somit das Keimbett für Nadelbaumarten stark reduziert werden. Zum anderen kann die Kalkung dazu führen, dass die Bodenvegetation stärker gefördert wird als eine nur gering oder noch nicht in ausreichendem Maße vorhandene Naturverjüngung. Dies könnte zur Folge haben, dass eine noch nicht etablierte Naturverjüngung in ihrem Aufkommen geschwächt oder unterdrückt wird.

Neben den Auswirkungen auf die Bestandesverjüngung ist auch der Aspekt der schubartigen Nährstoffmobilisierung zu berücksichtigen. Ohne ausreichenden Bestand / Naturverjüngung und / oder Bodenvegetation besteht die Gefahr, dass die Kalkmittel bzw. die mobilisierten Nährstoffe nicht aufgenommen werden und ins Grundwasser abfließen. Dieses Risiko besteht insbesondere dann, wenn Kalamitäten kurz nach einer durchgeführten Kalkung eintreten und auf diesen Flächen keine Naturverjüngung vorhanden ist. Die Förderung der Naturverjüngung ist deshalb auch aus diesem Grund vor dem Hintergrund des Wiederbewaldungsmanagements wichtig.

Empfehlungen:

Bodenschutzkalkungen sollen nur auf Flächen durchgeführt werden, bei denen eine gesicherte **Naturverjüngung** vorhanden ist:

- Auf Schadflächen ohne gesicherte Naturverjüngung sind die Kalkungsplanungen entsprechend auszusetzen, bis sich die Naturverjüngung im ausreichenden Ausmaß eingestellt hat (auf basenarmen Standorten bis zu drei Jahre und mehr, **siehe Abbildung 1**).

Bodenschutzkalkungen sollen nur auf Flächen durchgeführt werden, bei denen eine **ausreichende Vegetationsdecke** vorhanden ist, um Auswaschungen zu verhindern:

- Schadflächen sollen nur dann gekalkt werden, wenn sie mindestens zu 60% mit Pflanzen bewachsen sind. Dabei kann es sich um Naturverjüngung, aber auch Schlagflora wie z.B. Brombeere, Waldweidenröschen, ... handeln. Mit diesem Mindestmaß an Vegetationsdeckung kann ein Austrag der Nährstoffe ins Grundwasser weitgehend verhindert werden. Kalkungsplanungen sollten daher auf Flächen mit zu geringem Bewuchs um ein bis drei Jahre verschoben werden, bis das notwendige Maß an Bewuchs wieder gegeben ist.

Zeitliches **Überschneiden Schadflächenmeldung / Kalkungsplanung**: wenn Schadflächenmeldung und Kalkungsplanung im selben Jahr stattfinden, soll bei flächig abgestorbenen Beständen zunächst eine Prüfung der Naturverjüngung stattfinden und die Bodenschutzkalkung ggf. ausgesetzt werden.

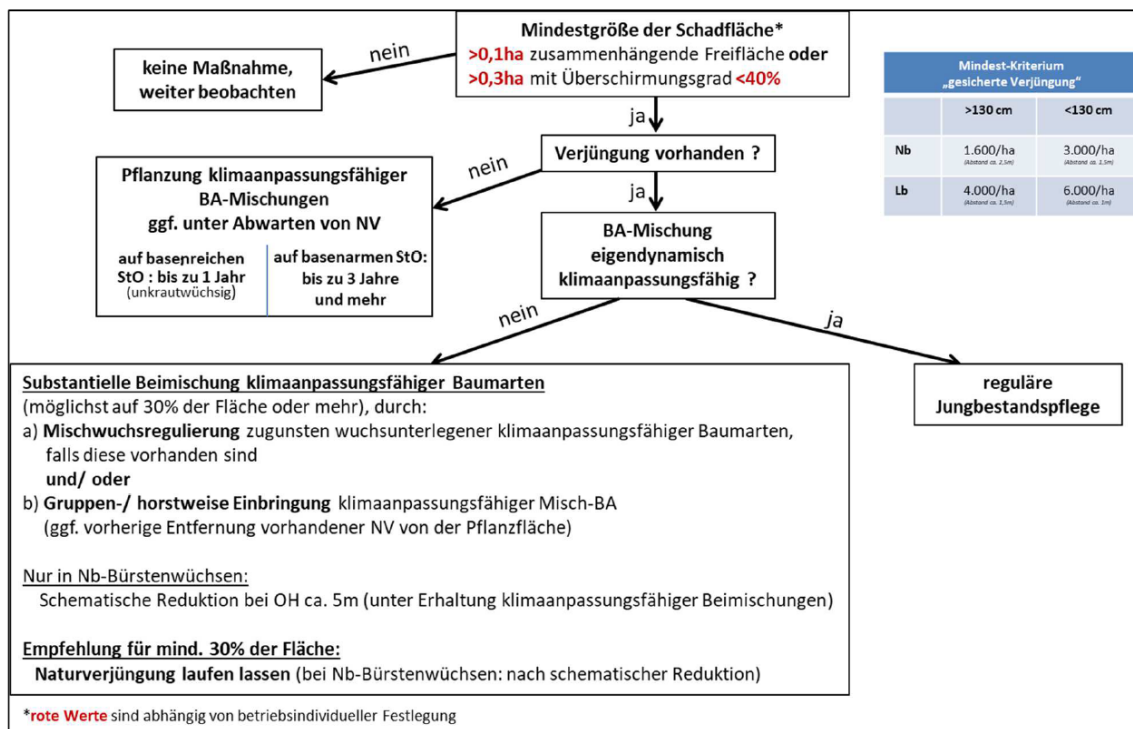


Abbildung 7: Entscheidungsschema für die flächenweise Feinplanung von Verjüngungsmaßnahmen im Wirtschaftswald (LFV BW (Hrsg) (2022), Leitfaden Wiederbewaldung).

1.1.7. BODENSCHUTZKALKUNG ALS FÖRDERFÄHIGER BESTANDTEIL EINER NACHHALTIGEN FORSTWIRTSCHAFT

Bodenschutzkalkungen werden als förderfähiger Bestandteil in der Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz über die Gewährung von Zuwendungen für Nachhaltige Waldwirtschaft (VwV NWW) Vom 13. Juli 2020 – Az.: 52-8678.01 – definiert.

Gefördert wird die Bodenschutzkalkung im Wald, wenn dadurch eine strukturelle Verbesserung der Bodenstreu, des Bodens oder des Nährstoffhaushalts erzielt wird und damit eine Verbesserung der Widerstandskraft der Bestände erwartet werden kann.

Voraussetzung für die Förderung ist, dass eine gutachterliche Stellungnahme die Notwendigkeit und Unbedenklichkeit der geplanten Kalkungsmaßnahme bestätigt. Gegebenenfalls ist eine Boden- oder eine Blatt-beziehungsweise Nadelanalyse durchzuführen.

Als gutachterliche Stellungnahme für die Notwendigkeit der geplanten Kalkungsmaßnahme gelten auch von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg bestätigte kartographische Darstellungen der kalkungswürdigen Flächen.

Die Bestätigung, dass bei der jeweiligen Kalkungsmaßnahme eine Beeinträchtigung natur- und wasserschutzrechtlicher Aspekte ausgeschlossen werden kann, erfolgt im Rahmen der Fachplanung unter Einbeziehung der für Naturschutz und Wasserwirtschaft zuständigen Fachbehörden.

Die kalkungswürdigen Flächen werden mit ihrem Kalkungsbedarf und einer Rezepturempfehlung über den forstlichen GIS-Dienst InFoGIS sowohl für Landesforstverwaltung als auch den Staatsforstbetrieb ForstBW

bereitgestellt. Grundlagen für die Unbedenklichkeitsbestätigung werden ebenfalls jährlich aktualisiert im InFoGIS in Form von Ausschluss- sowie Prüfflächen bereitgestellt.

1.1.8. BEWERTUNG NEGATIVER AUSWIRKUNGEN: KALKUNGSENSITIVITÄT

Neben den positiven Effekten der Kalkung gibt es auch Wirkungen, die als Beeinträchtigung des Lebensraums oder direkte Schädigung von Arten gewertet werden müssen – diese Schutzgüter werden als kalkungssensitiv bewertet. Diese Sensitivität kann unterschiedlich definiert sein (**Abbildung 8**):

- Negative Effekte durch direkte Kalkeinwirkung aufgrund der Gehalte an Carbonaten und somit durch die pH-Wert-Erhöhung. Diese kann den Lebensraum betreffen, oder die Art direkt.
- Ist der Lebensraum betroffen oder die Art ganzjährig als kalkungssensitiv bewertet, wird ein **räumlicher Ausschluss** mit Pufferstreifen (i.d.R. 100m) definiert
- Oftmals liegen die Sensitivitäten von Arten nur periodisch vor, wie z.B. in der Brutzeit von Vögeln oder der Aktivitätszeit von Amphibien. Dies wird besonders berücksichtigt durch **Ausschlusszeiten**, in denen keine Kalkung durchgeführt werden soll.
- Negative Effekte durch die Ausbringungstechnik: der direkte Kalkstrahl aus dem Verblasefahrzeug kann zu physiologischen Schäden führen (z.B. Besenmoos) oder die Lebensstätte negativ beeinflussen (z.B. Fledermausquartiere). Hier werden **technische Ausschlüsse** definiert. Eine Kalkung ist möglich unter Beachtung der vorgegebenen Ausbringungstechnik
- Darüber hinaus werden viele Arten, bei denen die Kalkungssensitivität nicht abschließend bewertbar ist, aufgrund ihres Schutzstatus oder Gefährdungsstufe ebenfalls als „kalkungssensitiv“ bewertet, jedoch vor dem Hintergrund des **Vorsorgeprinzips**.



Abbildung 8: Bewertungskriterien und Konsequenzen für den räumlichen, zeitlichen oder technischen Kalkungsausschluss.

1.1.9. BERÜCKSICHTIGUNG VON AUSSCHLUSS- UND PRÜFFLÄCHEN BEI DER KALKUNGSPLANUNG

Bei der Bodenschutzkalkung werden alle in diesem Leitfaden als Ausschluss- und Prüfflächen definierten Bereiche berücksichtigt, soweit sie als kartierte oder definierte Flächenbereiche vorliegen. Dabei handelt es sich um Flächen, die im Bereich „Standorte, Bodenformen, Wasserschutz oder Versuchsflächen“ (**Abbildung 9**) definiert sind oder aus „Natur- und Artenschutzaspekten“ (**Abbildung 10 und Abbildung 11**) ausgeschlossen bzw. geprüft werden müssen. Die Grundlagen für die Bewertungen sind in den folgenden Kapiteln ausführlich dargestellt. Die Ausschlussflächen werden mit einem vorsorglichen Puffer von i.d.R. 100 m versehen. Zur Sicherstellung, dass alle bekannten Vorkommen von als kalkungssensitiv definierten Arten mit Gefährdungstatus und/oder Schutzstatus durch Ausschluss- und Prüfflächen berücksichtigt sind, wurden Fundpunkte aus dem Artinformationssystem der LUBW (Stand 2022) mit den restlichen Kalkungsbedarfskarten verschnitten (**Abbildung 12**).

Eine Übersicht über alle Ausschluss- und Prüfflächen sowie deren Attributierung im GIS ist **Tabelle 1** zu entnehmen.

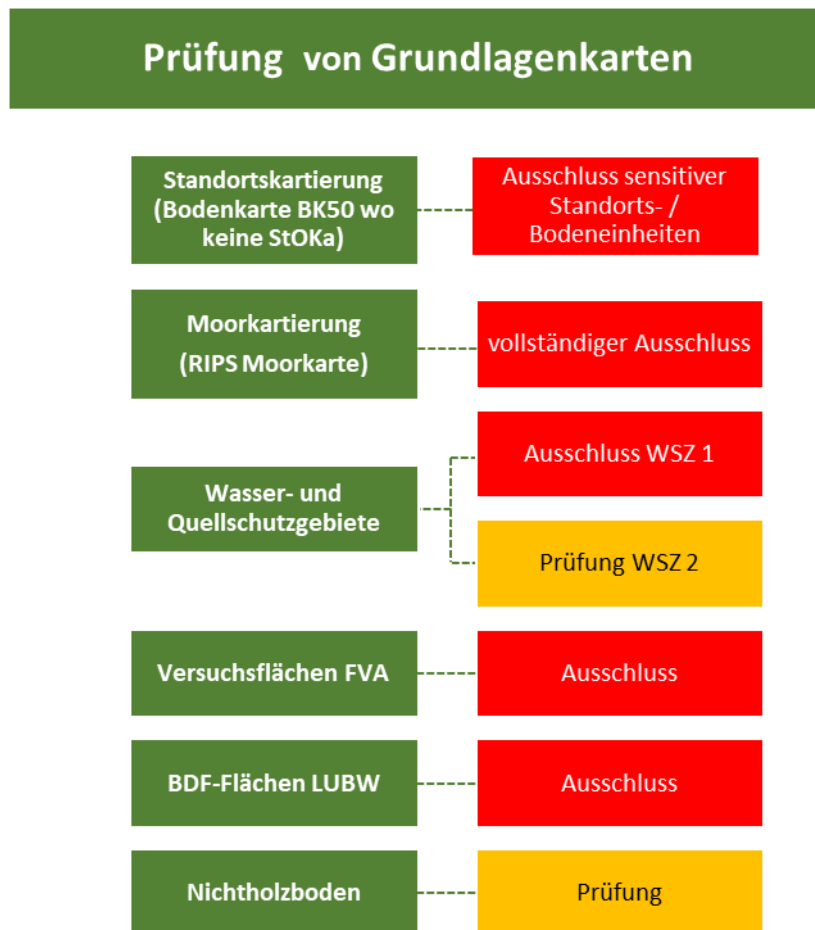


Abbildung 9: Ausschluss und Prüfung von Waldkalkungen: Übersichtsschema 1

Prüfung von Schutzgebieten, LRT, Biotopen

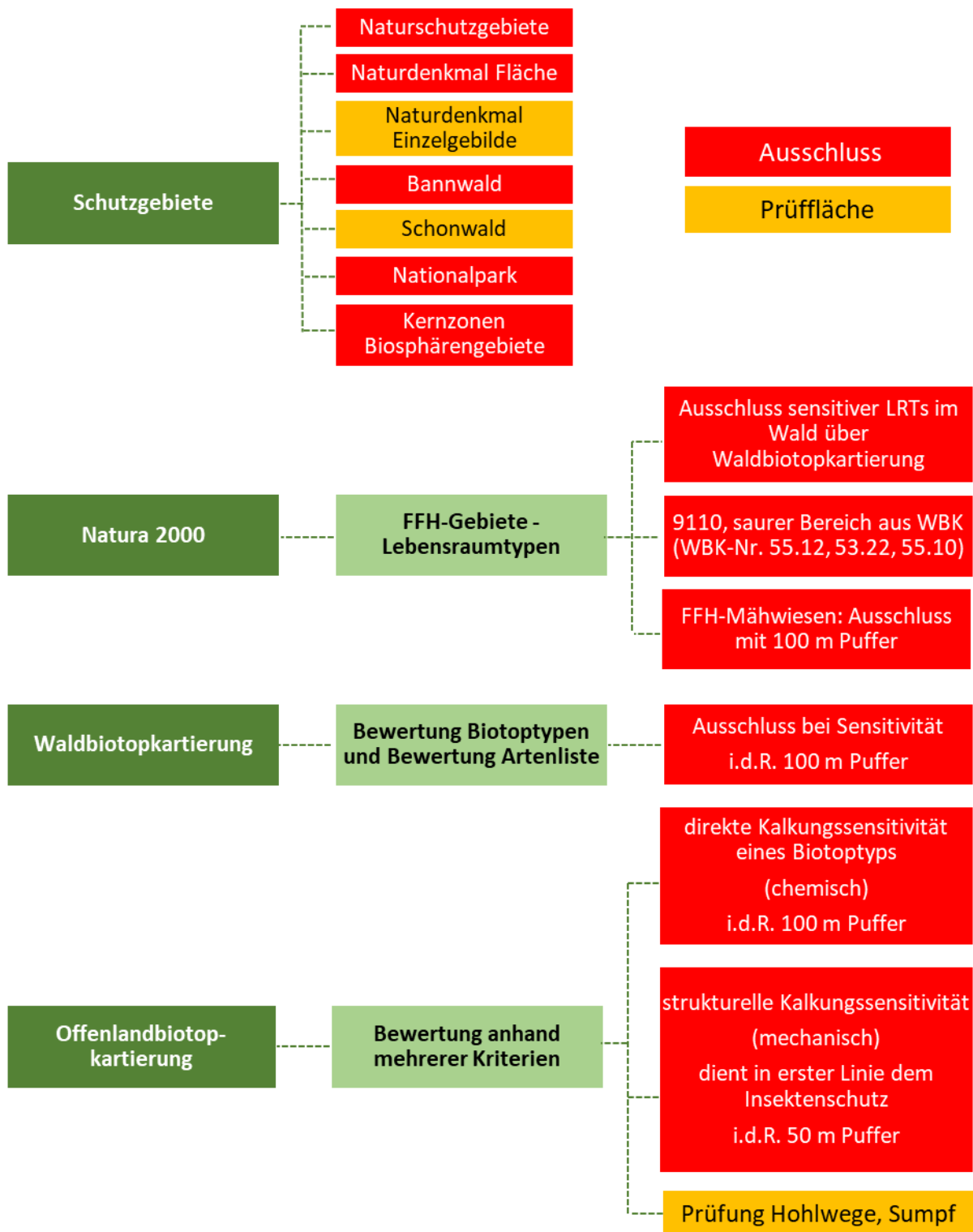


Abbildung 10: Ausschluss und Prüfung von Waldkalkungen: Übersichtsschema 2

Prüfung von Lebensstätten und Artvorkommen

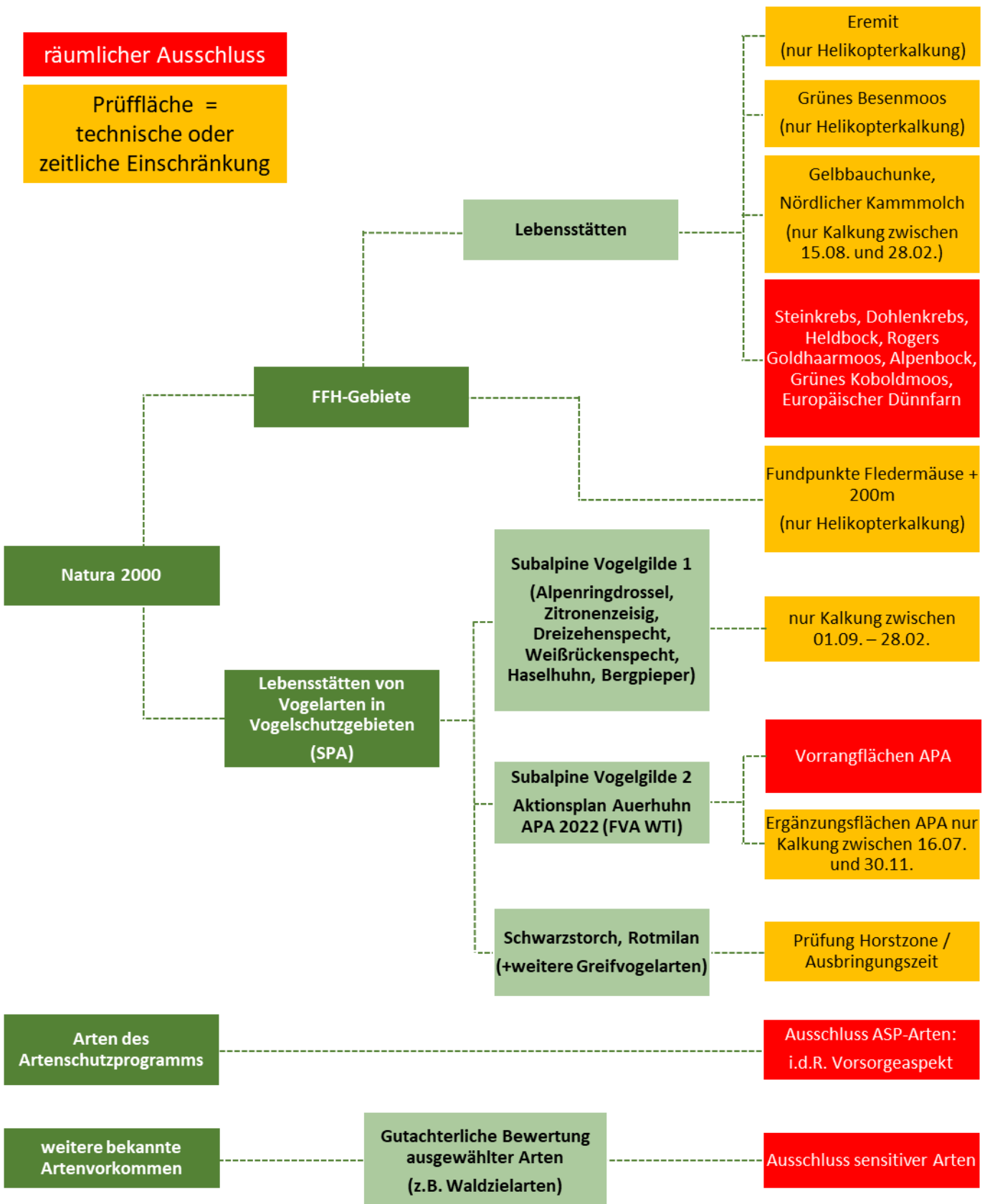


Abbildung 11: Ausschluss und Prüfung von Waldkalkungen: Übersichtsschema 3

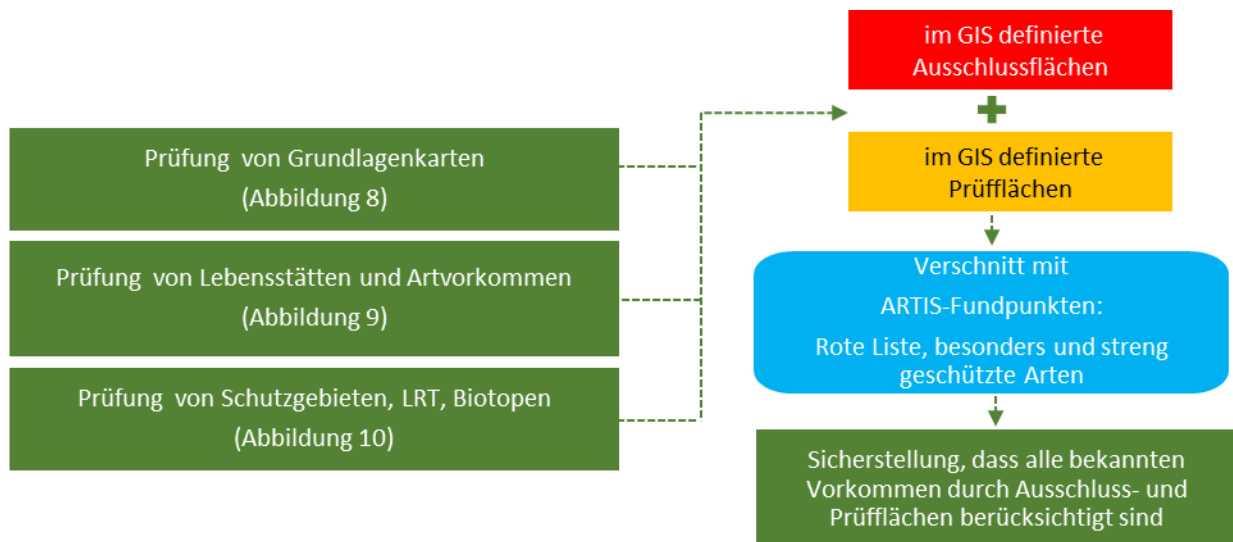


Abbildung 12: Validierung der Ausschluss- und Prüfflächen anhand Fundpunkten der als kalkungssensitiv bewerteten Arten.

Als Prüfflächen sind bei der Kalkungsplanung Bereiche definiert, die im Detail zu prüfen und ggf. mit der unteren Natur- und/oder Wasserschutzbehörde abzustimmen sind. Bei den Prüfflächen müssen entweder ein zeitlicher Ausschluss bei Vorkommen schützenswerter Arten (**Abbildung 13**) oder ausbringungstechnische Einschränkungen beachtet werden (**Abbildung 14**). Des Weiteren muss bei den bekannten Vorkommen von Horsten von Schwarzstorch, Rotmilan und weiteren Greifvogelarten geprüft werden, ob zum einen die Horste noch besetzt sind und zum anderen, ob hier durch zeitlichen oder räumlichen Ausschluss die Arten geschützt werden können. Bei Hohlwegen und Sümpfen (aus der Offenlandbiotopkartierung) ist zu prüfen, dass die Strukturen nicht direkt angeblasen werden, um Insekten zu schützen. Diese Hohlwege und Sümpfe sollen also nicht direkt am Ausbringungsweg bei terrestrischer Ausbringung liegen. In Wasserschutzgebieten der Zone 2 ist eine Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde notwendig (**siehe im Detail Kapitel 2.3**).

Ausbringungszeit und Einschränkungen (Prüfung / Ausschluss) im Jahresverlauf

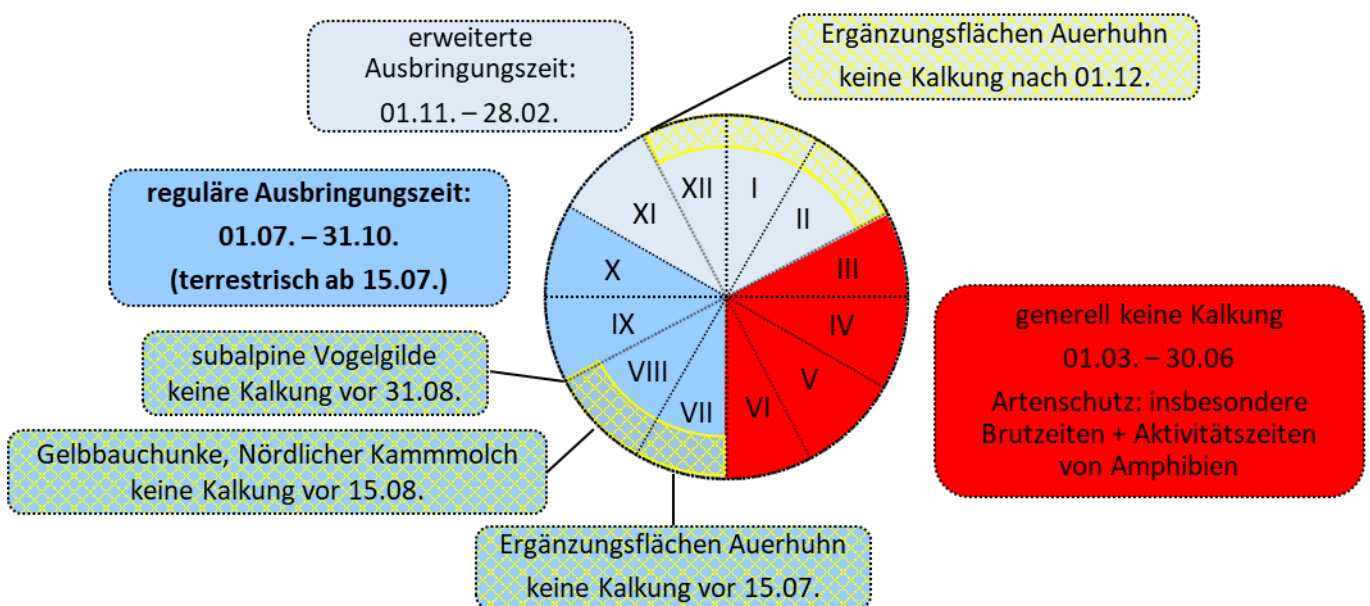
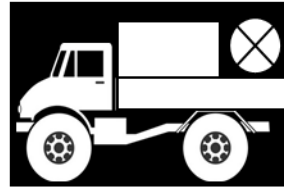


Abbildung 13: Beachtung zeitlicher Einschränkungen bei der Bodenschutzkalkung.

**generelle Empfehlung:
terrestrisches Verblasen**

Vor-Ort-Prüfung: nicht ausreichende
Erschließung, dichte Strauchschicht /
Verjüngung, etc. -> Helikopter



**Lebensstätten Grünes
Besenmoos + Eremit
Fundpunkte (Quartiere)
Fledermäuse + 200m**

**Einschränkung auf
Helikopterkalkung**



Abbildung 14: Beachtung ausbringungstechnischer Einschränkungen bei der Bodenschutzkalkung.

Tabelle 1: Von der Waldkalkung ausgeschlossene Bereiche (Ausschluss) sowie Bereiche, die bei der Kalkungsplanung zu prüfen sind (Prüfflächen).

	Attribut	Ausschluss oder Prüfung	InFoGIS (Attribut)	Ausschlussgrund/ Prüfauftrag
Schutzgebiete	Nationalpark Nordschwarzwald	Ausschluss	NLP	Nationalpark
	Bannwälder	Ausschluss	BW	Bannwald
	Kernzonen Biosphärengebiete	Ausschluss	BK	Biosphaerengebiet Kernzone
	Naturschutzgebiete	Ausschluss	NSG	Naturschutzgebiet
	Flächenhaftes Naturdenkmal	Ausschluss	NDF	Naturdenkmal Fläche
	Naturdenkmal Einzelgebilde	Prüfung	NDE	Naturdenkmal Einzelgebilde
	Schonwald	Prüfung	Schonwald	Prüfung regionale Verordnung
Artenschutz und FFH	Artenschutzprogramm	Ausschluss	ASP	Artenschutzprogramm
	Auerwildhabitate: Vorrangflächen	Ausschluss	AUER	Auerhuhn Vorrangflächen
	Auerwildhabitate: Ergänzungsflächen	Prüfung	Auerhuhn Ergänzungsfläche	Kalkung nur zwischen 15.07. und 30.11.
	Kartierung Rotmilan / Schwarzstorch	Prüfung	Rotmilan oder Schwarzstorch	Prüfung Ausbringungszeit / -technik
	FFH-Lebensstätten: Koboldmoos, Steinkrebs, Dohlenkreb, Heldbock, Rogers Goldhaarmoos, Europäischer Dünnpilz	Ausschluss	FFH	"jeweilige Art"
	SPA-Lebensstätten subalpine Vogelgilde: Alpenringdrossel, Zitronenzeisig, Dreizehenspecht, Weißbrückenspecht, Haselhuhn, Bergpieper	Prüfung	subalpine Vogelgilde	Kalkung erst ab 01.09.
	FFH-Lebensstätten: Gelbbauchunke, Nördlicher Kammolch	Prüfung	FFH Gelbbauchunke oder Kammolch	Kalkung erst ab 15.08.
	FFH-Lebensstätten Eremit	Prüfung	FFH Eremit	nur Helikopter
	FFH-Lebensstätten Grünes Besenmoos	Prüfung	FFH Besenmoos	nur Helikopter
	FFH-Fundpunkte (=Quartiere) Fledermäuse	Prüfung	FFH Fledermaus	nur Helikopter
	FFH-Mähwiesen	Ausschluss	FFH-M	FFH-Mähwiesen
	Kalkungssensitive Natura 2000 Lebensraumtypen	Ausschluss	N2K	Natura2000 LRT
	Waldnaturschutz-Informationssystem: kalkungssensitive Arten	Ausschluss	WNS	WNS-Info-Arten
Biotopkartierung	Kalkungssensitive Biotope aus der Waldbiotopkartierung	Ausschluss	WBK	Waldbiotopkartierung
	Kalkungssensitive Biotope aus der Offenlandbiotopkartierung	Ausschluss	OBK	Offenlandbiotopkartierung
	physikalisch sensitive Biotope OBK: Hohlwege, Sumpf	Prüfung	OBK Prüfen	Prüfung Ausbringung: kein direktes Verblasen durch/auf Biotopstruktur
Standorte & Bodenformen	Moore	Ausschluss	MOOR	Moorkartierung
	Kalkungssensitive Standortseinheiten / BK50 Bodenformen	Ausschluss	BODEN	kalkungssensitive Bodeneinheiten / Standortseinheiten
Wasserschutzgebiete	Wasser- und Quellenschutzgebiete Zone I	Ausschluss	WSZ1 / QSG	WSZ1 / QSG
	Wasser- und Quellenschutzgebiete Zone II	Prüfung	WSZ2 / QSG2	Abstimmung mit Wasserschutzbehörde
Versuchsflächen	Versuchsflächen der FVA	Ausschluss	FVA-V	FVA Versuchsfläche
	Bodendauerbeobachtungs-flächen der LUBW	Ausschluss	LUBW-V	LUBW Dauerbeobachtung
Forst	Nichtholzbodenfläche	Prüfung	Nichtholzboden	Prüfung "Wald"

1.2. HINTERGRUND: BODENVERSAUERUNG

Der Eintrag und die Freisetzung von sauer wirkenden Verbindungen führt zu einem Verbrauch von Pufferkapazität im Boden. Ist die Puffersubstanz für einen bestimmten pH-Bereich an einem Standort verbraucht oder übersteigt der saure Eintrag seine Neutralisationsrate, sinkt der pH-Wert. Standorte unterscheiden sich in ihrer Anfälligkeit gegenüber Versauerung durch ihre individuelle Ausstattung mit den verschiedenen neutralisierenden Substanzen.

1.2.1. NATÜRLICHE VERSAUERUNG

In unseren Landschaften findet Bodenversauerung auch natürlicherweise statt. Kohlenstoffdioxid bildet in Wasser gelöst bei pH-Werten über 5 Kohlensäure, die in begrenztem Maße sauer wirkt. Bei pH-Werten unter 5 ist sie inaktiv (**BREDEMEIER 1987**). Andere versauernde Einflüsse in Waldböden stellen die Abgabe von sauren Verbindungen von Wurzeln und Pilzhyphen sowie der Austrag von Biomasse – wie beispielsweise bei der Holzernte – dar. Diese Effekte wirken primär in der direkten Umgebung der Wurzeln und Pilzhyphen und größtenteils flachgründig (**HILDEBRAND 1996**). In relativ jungen Böden, wie sie in Baden-Württemberg typischerweise zu finden sind (Bodenentwicklung vorwiegend erst seit der letzten Eiszeit, die vor ca. 10.700 Jahren endete), sind natürlich versauernde Einflüsse keine ausreichende Erklärung für die Versauerung (**ULRICH 1986, VON WILPERT et al. 2013**), die in vielen südwestdeutschen Böden zu finden ist. In Wäldern ist die Versauerung oft so stark, dass selbst im Unterboden, also dem unteren Wurzelbereich der Waldbäume, der Aluminiumpufferbereich mit pH-Werten < 4,2 erreicht oder unterschritten wird (**HARTMANN et al. 2016**).

1.2.2. ANTHROPOGEN BEDINGTE VERSAUERUNG

Der Vergleich zwischen einer Untersuchung der Böden Baden-Württembergs von **FRANK (1927)** mit aktuellen Messungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) zeigt, dass im Verlauf der Industrialisierung starke Versauerungen auf die Waldböden eingewirkt haben. Durch die große relative Oberfläche der Nadeln und durch ihre Oberflächenrauigkeit – auch im Winter – „kämmen“ Nadelwälder versauernde Verbindungen praktisch aus der Atmosphäre heraus, weshalb sie besonders stark von der Deposition dieser Stoffe betroffen waren und sind (**AHRENDTS et al. 2018, BITTERSÖHL et al. 2016, MEIWES 1995**). Zwar haben politische Maßnahmen in den 1980er Jahren Schwefelemissionen deutlich reduziert, Stickstoffverbindungen werden aber noch immer in zu großen Mengen in die Wälder eingetragen (**BITTERSÖHL et al. 2014**).

Viele Waldböden in Baden-Württemberg weisen im Unterboden hohe Konzentrationen von freien Aluminiumionen auf. Dies ist eine Folge der tiefgründigen und starken Versauerung. Die Aluminiumionen verdrängen andere Kationen aus dem Boden (**EVERS & HÜTTL 1992**), was zu schwerwiegenden Nährstoffverlusten im Boden und Mangelsituationen bei der Vegetation führen kann. Die Nährstoffverhältnisse geraten in kritische Bereiche für die Aufnahme von Nährstoffen über Wurzelmembranen (**HAHN & MARSCHNER 1998b, NAVRÁTIL et al. 2007, VANGUELOVA et al. 2007**). Eine Mangelernährung und eine herabgesetzte Vitalität der Bäume sowie ein wurzelfeindliches Milieu durch fehlende Belüftung und toxische Aluminiumkonzentrationen in der Bodenlösung sind die Folgen.

Neben den Bäumen sind auch andere Artengruppen im Wald zum Teil stark betroffen: Die Diversität der Bodenvegetation nimmt ab (**ROEM et al. 2002**), der Streuabbau durch Mikroorganismen wird gehemmt (**VISSEK & PARKINSON 1989**), Embryonen von Amphibien sterben im Gelege (z.B. **BEATTIE & TYLER-JONES 1992, CLARK & LAZERTE 1985, DOLMEN et al. 2008, HAIDACHER & FACHBACH 1991, LUBW 2002**) und der Lebensraum im Boden für Regenwürmer (z.B. **AMMER & MAKESCHIN 1994, HOMAN et al. 2016**) sowie in Waldbächen für Fische und andere Organismen (**KEITEL 2014**) wird zunehmend lebensfeindlich.

1.3. HINTERGRUND: WIRKUNG DER KALKUNG

Die Bodenschutzkalkung stellt eine Strategie dar, den Schädigungen der Waldökosysteme durch die anthropogene Versauerung zu begegnen und die Grundlagen für resilientere Wälder im Klimawandel zu stärken. Dabei besteht die Wirkung der Kalkung aus vielen Facetten, die die verschiedensten Bestandteile der Wälder betreffen.

1.3.1. BODEN

Im Boden bewirken Kalkungen ihren Hauptzweck: Die Hebung des pH-Wertes, die Erhöhung der Säureneutralisationskapazität, die Steigerung der Nährstoffverfügbarkeit und eine reduzierte Aluminiumtoxizität (**HARTMANN et al. 2016**). Da das Kalkmittel oberflächlich ausgebracht wird, wirkt es in der Auflage und den obersten Zentimetern des Mineralbodens am stärksten (**KAUPENJOHANN 1995**). Die Wirkung dringt erst nach und nach in den tieferen Boden vor. Dies wird von einer Wiederholungskalkung deutlich gefördert (**THOMS et al. 2018**). In Baden-Württemberg stieg auf Untersuchungspunkten der Bodenzustandserhebung (BZE), welche zwischen BZE I und BZE II gekalkt wurden, der Median der pH-Werte bis in eine Tiefe von 30 cm um immerhin 0,2 bis 0,3 pH-Stufen. Auf ungekalkten Flächen nahm der pH-Wert aufgrund der natürlichen Erholung von der starken Versauerung im Vergleich zwischen den beiden Erhebungen im Median in derselben Tiefe nur um 0,004 bis 0,006 pH-Stufen zu (**HARTMANN et al. 2016**). Dieser Trend zeigt sich auch bei der deutschlandweiten Untersuchung der Waldböden (**Abbildung 15**).

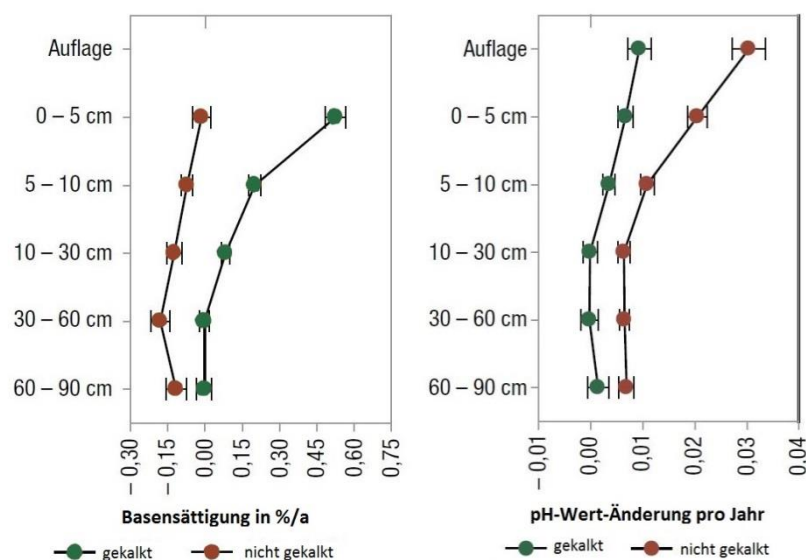


Abbildung 15: Tiefenprofil der jährlichen Änderungsrate der Basensättigungen (links) sowie der pH-Werte (gemessen in H₂O) in Prozent zwischen BZE I (1980er Jahre) und BZE II (2006-2008) auf gekalkten und nicht-gekalkten versauerungssensitiven Standorten. Aus GRÜNEBERG et al. (2017).

Die Bodenschutzkalkung führt zu einem erhöhten Umsatz der Streu, was zu einer Freisetzung von Nährstoffen und Kohlenstoff führt (**COURT et al. 2018, GRÜNEBERG et al. 2017, HÖCKE 2006, HÜTTL & ZÖTTL 1993, ÖVERGAARD et al. 2010, VON WILPERT et al. 2013**). Die Nährstoffe aus Auflage und Kalkmittel verbessern die Ernährungssituation des Bodenlebens zum Teil deutlich, was auch zu einer Zunahme der Gesamtbiomasse führt. Dies wirkt einem möglichen Verlust der freigesetzten Nährstoffe entgegen (**DAMMANN et al. 2013**).

Kritisch wäre als Folge der Kalkung eine Nitratauswaschung zu bewerten – sie ist jedoch nur in geringerem Maße und zeitlich beschränkt zu erwarten. Tatsächlich finden sich laut den Ergebnissen der zweiten Bodenzustandserhebung (BZE II) auf ungekalkten Standorten jedoch sogar deutlich größere Stickstoffverluste als auf den gekalkten (**WELLBROCK et al. 2016**). Das lässt sich damit erklären, dass auf ungekalkten Standorten Stickstoff primär in der Auflage vorliegt und im Falle einer Freisetzung aufgrund des reduzierten Bodenlebens

nicht zurückgehalten wird. Auf gekalkten Flächen wird freigesetzter Stickstoff stärker von Organismen aufgenommen und verbleibt damit länger im Boden.

Durch die verstärkte Umsetzung der Streu nimmt die Mächtigkeit der Auflage ab, jedoch nicht in dem kritischen Maße, dass ein vollständiger Verlust der Humusaufgabe nach Kalkung zu erwarten ist. Das liegt unter anderem daran, dass durch die geförderte Vegetation mehr pflanzliche Biomasse vorhanden ist, die zu mehr Streunachlieferung führt.

Die Zunahme von Bodenleben durch Kalkung führt auch zu einer verstärkten Bodenatmung (**KHANNA et al. 1994, LUNDSTRÖM et al. 2003, ZIMMERMANN & FREY 2002**) und damit zu einem tendenziell erhöhten Kohlenstoffaustausch aus den Böden. Dieser Effekt sorgt gemäß manchen Untersuchungen zu einem Nettoverlust von Kohlenstoff und damit einer Klimabelastung. Durchschnittlich überwiegt in den Studien jedoch die Verlagerung von Kohlenstoff aus der Auflage in den Mineralboden (**GRÜNEBERG et al. 2017**), wo er stabiler und langfristiger gespeichert bleibt und die Bodenfruchtbarkeit erhöht und somit einen Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung leisten kann.

1.3.2. WASSER

Wälder sind für die Trinkwasserversorgung von herausragender Bedeutung. In Deutschland sind etwa zwei Drittel der Trinkwasserschutzgebiete vollständig oder überwiegend bewaldet ([HTTPS://WWW.FORSTWIRTSCHAFT-IN-DEUTSCHLAND.DE](https://www.forstwirtschaft-in-deutschland.de)). Wälder und ihre Böden wirken als Puffer und Filter für Nähr- und Schadstoffe und regulieren so die chemische Zusammensetzung des Niederschlags, des Bodenwassers und der davon gespeisten Oberflächen- und Grundwasserkörper. Die in der Regel hohe Wasserqualität aus Waldflächen stellt eine wertvolle Ökosystemleistung dar, die oft eine aufwendige und teure Trinkwasseraufbereitung erspart. Daneben ist die Wirkung der Wälder auf die Wasserqualität für viele Tier- und Pflanzenarten eine wichtige Voraussetzung für die Sicherung der Habitatqualität.

Die anthropogen verursachte Bodenversauerung hat auch die aus den Wäldern gespeisten Gewässer nachhaltig verändert. Unter dem Einfluss der Versauerung haben Böden einen Teil ihrer Filter- und Pufferfunktion verloren, sodass Schwermetalle, Säuren und andere Schadstoffe wie Nitrat über das Bodensickerwasser in das Grund- und Oberflächenwasser ausgetragen werden können. Entscheidend dafür, wie stark sich die Versauerung des Bodens in das Grundwasser sowie in Fließ- und Stillgewässer fortsetzt, ist die Lage der sogenannten „Versauerungsfront“ im Boden. Sie grenzt die versauerte Bodenzone von der nicht versauerten Zone ab, was sich z. B. an pH-Wert, Puffersubstanzen und Austauscherbelegung festmachen lässt. Die Versauerungsfront wird durch anhaltende Säureinträge mit dem Sickerwasser tiefer in den Boden getrieben und erreicht dabei zunächst den Grundwasserschwankungsbereich. Das führt zu episodischen Versauerungsschüben im Grund- und Oberflächenwasser, vor allem bei Starkregen oder Schneeschmelze. Ein weiteres Absinken der Versauerungsfront ins Grundwasser verursacht eine chronische Versauerung der Gewässer (**BITTERSOHL et al. 2016**). In Baden-Württemberg gelten etwa 20 % der Landesfläche als sensitiv für eine Gewässerversauerung. Diese Bereiche liegen überwiegend in bewaldeten Gebieten (**LUBW 2010**).

Auch nach Rückgang der akuten Säureinträge aus der Luft und mit dem Niederschlag wirken die in den Böden gespeicherten Säuren weiterhin versauernd auf angrenzende Wasserkörper. Während die Sulfatkonzentrationen im Niederschlag innerhalb der letzten Jahrzehnte deutlich zurückgegangen sind, zeigten sich im Grundwasser oft nur geringe Verbesserungstendenzen (**BITTERSOHL et al. 2016**). Für die dauerhafte Verbesserung der Wasserqualität ist unzweifelhaft der Rückgang der versauernden und eutrophierenden Einträge in Böden und Wasserkörper notwendig. Bodenschutzkalkungen können den Prozess der Gewässerregeneration aber unterstützen und beschleunigen. Viele Untersuchungen belegen, dass das Bodenwasser infolge von Kalkungen höhere pH-Werte und eine höhere Säureneutralisationskapazität aufweist (z.B. **ARMBRUSTER et al. 2004**). Durch ein Zusammenspiel der Protonenaktivität, des Eintrags von Nährstoffen und der Austauscherbelegung wird auch die Zusammensetzung der mobilen Kationen im Bodenwasser verändert und insbesondere die Calcium- und, bei Einsatz von Dolomit, Magnesiumkonzentration erhöht (z.B. **PUHLMANN et al. 2007, SUCKER et al. 2009**). Die veränderte Zusammensetzung des Bodenwassers, die oft viele Jahre nach der Kalkung anhält (**GREVE 2014, MEISENBURG et al. 2001**), bewirkt unmittelbar entsprechende Änderungen in der Grund- und

Oberflächenwasserbeschaffenheit. Insbesondere gehen episodische Versauerungsschübe stark zurück (**HINDAR 2005**), wobei für die Wasserversorgung die dadurch sinkenden Konzentrationen potentiell toxischer (u.a. Aluminium, Mangan) oder unerwünschter (u.a. Eisen) Wasserinhaltsstoffe von besonderer Bedeutung sind. Des Weiteren reduziert die nach Kalkung geringere Säurekapazität im Rohwasser von Trinkwasserversorgungsanlagen den Aufwand für die wasserrechtlich geforderte Hebung des pH-Wertes auf 6,5 (**BMEL 2016**).

Aus Wasserschutzsicht können Kalkungen aber auch unerwünschte Wirkungen hervorrufen. So aktivieren Kalkungen Mineralisierungsprozesse im Boden (**ANDERSSON et al. 1994, DE BOER et al. 1993, KREUTZER 1995**), weshalb infolge von Kalkungen im Bodenwasser häufig erhöhte Konzentrationen von Nitrat beobachtet wurden (**z.B. VON WILPERT & LUKES 2003**). Das Risiko erhöhter Nitratausträge ist vor allem dann erhöht, wenn die Stickstoffsättigung des Bodens hoch ist (**GUNDERSEN et al. 2006, HUBER et al. 2006, KREUTZER 1995**) oder die Vegetation den bei der Mineralisierung freigesetzten Stickstoff nicht aufnehmen kann, z. B. bei Kalkung außerhalb der Vegetationsperiode oder in alten Beständen mit geringer Stickstoffaufnahme (**DE BOER et al. 1993**). Infolge der Mineralisierung organischer Substanz nimmt oft auch die Konzentration gelöster organischer Kohlenstoffverbindungen im Bodenwasser zu (**ANDERSSON et al. 1994, GREVE 2014, NILSSON et al. 2001, VON WILPERT & LUKES 2003**). Nur in Ausnahmefällen wurde dies aber bisher im Grundwasser beobachtet, da Nitrat auf dem Fließweg des Sickerwassers durch die ungesättigte Zone bis zum Grundwasserkörper bzw. durch Umsetzungsprozesse im Grundwasserkörper selbst stark abgebaut wird. Trotzdem sollten Kalkungen in Wasserschutzgebieten insbesondere dann kritisch geprüft werden, wenn die Böden einen hohen Grad der Stickstoffsättigung aufweisen und gleichzeitig die Vegetationsdecke großflächig gestört ist (z. B. nach Kalamitäten).

Bei der Ausbringung von Dolomit-Holzasche-Gemischen sind im Vergleich zu reinem Dolomit weitere Aspekte zu beachten. Die Holzascheausbringung bewirkt im Bodenwasser zunächst grundsätzlich ähnliche Änderungen wie Kalkungen (**BRUNNER et al. 2004, GEIBE et al. 2003, HUOTARI et al. 2015**). Wie Dolomit wirkt Holzasche in erster Linie als basische Substanz und hebt damit den pH-Wert im Boden. Die spezifischen Inhaltsstoffe der Holzasche (v.a. Calcium-, Magnesium- und Kaliumcarbonate und -oxide) bewirken zudem, ähnlich wie Dolomit, eine Erhöhung der Bodenwasserkonzentrationen mobiler Kationen. Wie bei Dolomit ist auch bei der Holzascheausbringung das größte Risiko in der Freisetzung von Stickstoff zu sehen. Eine weitere potentielle Gefahr geht von toxischen Inhaltsstoffen der Holzasche aus, die bereits bei der Materialwahl (z.B. nur unbehandeltes Holz) oder im Zuge des Verbrennungsprozesses verfahrenstechnisch mittlerweile gezielt reduziert werden. Für diese Schadstoffe (z.B. Schwermetalle, Dioxine, etc) gelten strenge Richtlinien und Grenzwerte gemäß Düngemittelverordnung, welche die Verwendung der Holzasche sogar im landwirtschaftlichen Bereich bei der biologischen Nahrungsmittelproduktion zulassen. In Baden-Württemberg sind ausschließlich qualitätskontrollierte Holzaschen zulässig, die im Rahmen eines speziellen DLG-Zertifikats untersucht wurden und für die somit die Einhaltung von Schadstoffgrenzwerten gewährleistet ist.

1.3.3. MIKROORGANISMEN

Die dominantesten Gruppen der Mikroorganismen in Böden sind Bakterien und Pilze. Sie sind entscheidende Teile des Nährstoffkreislaufs in Böden, indem sie organische und anorganische Verbindungen zersetzen und die festgelegten Nährstoffe verfügbar machen (**WILHELMI 1989**). Außerdem bilden sie Symbiosen aus, wie zum Beispiel die bedeutungsvollen Mykorrhizen, bei denen Pilze mit Pflanzenwurzeln synergieren. Typischerweise überwiegt der Einfluss von Bakterien im basischen Bereich, während in sauren Medien Pilze dominieren. Versauerung fördert daher Pilze gegenüber Bakterien. Allerdings sind pH-Werte unter 4, wie sie im Wald häufig zu finden sind, auch für die meisten Pilzarten zu sauer (**DEACON 2013, ROUSK et al. 2010**); es verbleiben relativ wenige säuretolerante Arten, die solche Böden besiedeln. Ihr Umsatzpotenzial ist im Vergleich zu Arten in Böden mit leicht sauren bis neutralen pH-Werten deutlich geringer – das ist auch der Grund für die reduzierte Nährstoffrückführung und die akkumulierten Auflagen an sauren Standorten. Kalkungen führen zu einer Artenverschiebung der Mikroorganismen und steigern die Bedeutung der Bakterien wieder (**FEGER et al. 2000, KOLK 1994, STÖVEN & SCHNUG 2005**), ohne allerdings Pilze als Organismengruppe grundsätzlich zu verdrängen. Es

stellt sich ein neues Artengefüge ein, das eine höhere Umsatzrate aufweist und zumeist eine größere Diversität besitzt. Durch ihre hohe Dynamik können sie freigesetzte Nährstoffe aufnehmen und vor Auswaschung schützen.

Pilze werden durch große Mengen freien Stickstoffs im Boden geschädigt, was auch Mykorrhiza negativ betrifft. Nitratschübe nach Kalkungen können daher die Baum-Pilz-Symbiosen schwächen und auch zu einem Wechsel der symbiotischen Pilzart führen. Aus mykologischer Sicht ist dieser Effekt jedoch nicht als kritisch anzusehen (**GRÜNER 2020**). Eine Verschiebung der Artengemeinschaften nach Waldkalkung konnte bei verschiedenen Mykorrhizapilzen (**KJØLLER & CLEMMENSEN 2008, RINEAU & GARBAYE 2009**) festgestellt werden. Insbesondere bei den Gattungen *Russula* und *Lactarius* ist von einer Abnahme auszugehen, was in einigen Studien auf die weichen Mäntel der Mykorrhizaspitzen zurückgeführt wird (**BAKKER et al. 2000, LEHTO 1994**). Viele andere Mykorrhizapilzarten profitieren dagegen von der Bodenschuttkalkung, was in einer deutlich erhöhten Mykorrhizierung der Baumwurzeln resultieren kann (**BØRJA & NILSEN 2009, ERLAND & SÖDERSTRÖM 1990**). Das lässt sich darauf zurückführen, dass höhere pH-Werte die initiale Besiedlung der Baumwurzeln steigern und den Stoffaustausch zwischen Pilz und Pflanze fördern. Außerdem erlaubt die Förderung der Bodenfauna einen verbesserten Gasaustausch der Bodenporen, wovon die aeroben Pilze profitieren. Zusammenfassend ist aus mykologischer Sicht keine generelle Benachteiligung der Mykorrhiza durch Kalkungen zu erwarten – einzelne, kalkungssensitive Arten können aber negativ betroffen sein (**Details in PUHLMANN et al. 2021a**).

1.3.4. VEGETATION

1.3.4.1. BÄUME

Die Kalkung hat eine positive Wirkung auf die Bäume. Die Nährstoffverfügbarkeit der meisten Nährelemente nimmt messbar zu, die Nährstoffverluste im Boden nehmen ab; als Folge steigen die Blatt- und Nadelgehalte an Nährstoffen zum Teil stark. Das macht sich besonders bei Magnesium und Calcium bemerkbar (**PUHLMANN et al. 2021a**). Ein Nährelement, welches durch die Kalkung tendenziell schlechter verfügbar ist, ist Kalium. Dieses steht in einer Aufnahmekonkurrenz zu Calcium (**EVERS & HÜTTL 1992**). Zuweilen wird auch von einer pH-bedingten Immobilisierung von Phosphor berichtet (**AUGUSTO et al. 2008, OHNO 1992**). In der Praxis führt dies jedoch normalerweise nicht zu Problemen, da die Kalkung typischerweise einen deutlich verbesserten Kronenzustand mit gesünderen Blättern (**z.B. MEINING et al. 2018**) und ohne erkennbare Kalium- oder Phosphormangelsymptome bewirkt. Es folgt auch eine insgesamt verbesserte Resilienz gegenüber Stressfaktoren wie z.B. den Auswirkungen des Klimawandels. Sie erholen sich schneller wieder nach Trockenstress. Die verbesserte Gesundheit macht sie zudem weniger anfällig gegenüber Schädlingsbefall (**KOHLER et al. 2019**).

Die eingebrachten basischen Kationen können außerdem die Bodenstruktur und die Lebensbedingungen für grabende Bodentiere verbessern. Das führt zu einer verstärkten Porenbildung und damit einer potentiell erhöhten Belüftung des Bodens (**HAHN & MARSCHNER 1998b, RUBIN 2014, SCHACK-KIRCHNER & HILDEBRAND 1998**) was den aeroben Wurzeln zugutekommt. Darüber hinaus nimmt die Konzentration von Aluminiumionen in der Bodenlösung deutlich ab, was deren toxische Wirkung im Wurzelbereich reduziert. So wird der Wurzelraum erweitert (**SCHÄFFER et al. 2001, VON WILPERT et al. 2013**) was wiederum zur Stabilität der Bäume und zu ihrer Wasserversorgung beitragen kann.

1.3.4.2. HÖHERE PFLANZEN / FARNE

Im Gegensatz zu den langlebigen Bäumen weisen Arten der Bodenvegetation des Waldes häufig eine relativ schnelle Generationenfolge auf, wodurch diese auf Änderungen der Umweltbedingungen ungleich schneller reagieren als Bäume. Auch kurzfristige Störungen, etwa durch Kalkungen, können die Artenzusammensetzung der Bodenvegetation maßgeblich beeinflussen.

Die Wirkung der anthropogen verursachten Bodenversauerung veränderte auf vielen Waldflächen die ursprüngliche Artenzusammensetzung. Ein stark versauerter Mineralboden wirkt sich im Allgemeinen wachstums- und verbreitungshemmend auf Kraut- und Strauchschicht aus, da die Durchwurzelung dort reduziert

ist (**BAUHUS & BARTSCH 1996**). Das führt zu häufig lichten Wäldern mit einer geringen Artenzahl und einem geringen Deckungsgrad in diesen Vegetationsschichten (**SCHLÜTER 1966**). Manche Arten profitieren jedoch vom erhöhten Säuregrad (**MAKESCHIN & RODENKIRCHEN 1994**). Das lässt sich vor allem auf eine reduzierte Konkurrenz anderer Arten, aber auch auf eine säurebedingte Kronenverlichtung zurückführen (**GEHRMANN & MÜLLER 1990**).

Im Allgemeinen lässt sich für alle Schichten der Bodenvegetation keine Veränderung oder eine Zunahme der Artenzahl und des Deckungsgrades nach Kalkungen feststellen, was sich mit verbesserten Wuchsbedingungen erklären lässt. Die Wirkung der Holzascheausbringung ist mit derjenigen von Kalk vergleichbar (**OLSSON & KELLNER 2002**). Ein großer Teil der Artenzunahme ist unter den stickstoffliebenden Waldsaumarten zu finden (**GRÜNEBERG et al. 2017, KRAFT et al. 2003, REIF et al. 2014, VON WILPERT et al. 2013**). Während nitrophile Arten, Ubiquisten und basenliebende Arten zunehmen, ist nach Waldkalkungen eine Abnahme kalkmeidender Arten und Arten nährstoffarmer Standorte zu beobachten (**AHRENS 1995, BAUMANN et al. 2019, THOMAS et al. 2019**). Ein Rückgang von Säure- und Nährstoffmangelzeigern ist bemerkbar, da diese unter verbesserten Bedingungen häufig nicht mehr konkurrenzstark gegenüber Generalisten sind (**KAUPENJOHANN 1995, KOMPA & WECKESSER 2014, KRAFT et al. 2003, SCHMIDT 2002**). Eine solche Entwicklung ist auch daher problematisch, weil mehr als die Hälfte der gefährdeten Arten in Deutschland mit Nährstoffmangelsituationen und sauren Böden assoziiert sind (**AHRENS 1995, REIF et al. 2014**). Die Waldkalkung kann kurz- bis mittelfristig einen erheblichen Einfluss auf die Konkurrenzverhältnisse von Arten auf ihren natürlichen Standorten haben. Die Arten der nährstoffarmen und (stark) sauren Standorte verlieren ihre Konkurrenzkraft nach der Waldkalkung gegenüber anderen Arten. Bei einer Kalkung der natürlichen Lebensstätten dieser Arten muss mit einem Verlust der Habitatqualität bis zu einer Verdrängung der Vorkommen der Arten durch die Bodenschutzkalkung gerechnet werden. Aktuelle Untersuchungen der FVA auf Kalkungsversuchsflächen auf bodensauren Standorten beobachten jedoch auch bei mehrfachen Kalkungen und nach mehreren Jahrzehnten kein Verschwinden von säuretoleranten Arten (**PUHLMANN et al. 2021a**).

Durch Kalkung bedrohte Arten sind vor allem auf natürlich sauren Böden verbreitet, die bei der regenerationsorientierten Bodenschutzkalkung als Ausschlussflächen zählen; Vorkommen von seltenen, kalkungssensitiven Arten führen ebenfalls zum Ausschluss einer Fläche. Die strenge Einhaltung von Ausschlussflächen samt Pufferbereich soll dafür Sorge tragen, dass durch Kalkung keine Verdrängung solcher Arten oder Strukturen stattfindet.

1.3.4.3. MOOSE

Eine sehr deutliche Verschiebung der Artengemeinschaften bzw. Abnahme der Arten konnte bei Moosen beobachtet werden, die auf silikatischen Blockhalden (**AHRENS 1995**) und in Mooren vorkommen (**HÁJKOVÁ et al. 2011**). Bodenschutzkalkung führt hierbei zu einer starken Schädigung und zum Verschwinden säuretoleranter, z. T. sehr seltener Moosarten und zur Ausbreitung basiphiler Arten (**TEUBER 2006**). Besonders betroffen sind, bei der Ausbringung von trockenem Kalkstaub, die Arten der *Dicranodontium denudatum*-Gruppe (**AHRENS 1995**). Zudem sind Moosarten, welche stark zersetztes Totholz (Zersetzungsgrad 4-5) besiedeln, mittel- und langfristig von einem Artenrückgang durch Waldkalkung betroffen (**AHRENS 1995**). Bei dauerhaftem Einfluss von Kalkstaub auf Epiphyten gibt es Veränderungen in der Artzusammensetzung (**BLANÁR et al. 2019**). Es gibt jedoch nur wenige Beobachtungen zum (kurzfristigen) Einfluss von Kalkstäuben auf Epiphyten (**AHRENS 1995**). In Baden-Württemberg werden keine trockenen Kalkstäube (mehr) ausgebracht, sondern nur erdfeuchtes Material. Hier dürfte die direkte Wirkung deutlich abgeschwächt sein, allerdings besteht hier noch weiterer Forschungsbedarf.

1.3.4.4. FLECHTEN

Eine Waldkalkung hat kurz- bis mittelfristig einen erheblichen Einfluss auf die Konkurrenzverhältnisse der Arten auf ihren natürlichen Standorten. **RODENKIRCHEN (1992)** konnte nach Waldkalkung vor allem den Rückgang von *Cladonia* spec. Arten feststellen. Die Arten der nährstoffarmen und (stark) sauren Standorte verlieren ihre Konkurrenzkraft nach der Waldkalkung gegenüber anderen Arten. Bei einer Kalkung der natürlichen Lebensstätten dieser Arten muss mit einem erheblichen Verlust der Habitatqualität bis zu einer Verdrängung der Vorkommen der Arten durch die Bodenschutzkalkung gerechnet werden (**RODENKIRCHEN 1992, TEUBER 2006**).

1.3.5. TIERE

Bei der Bewertung der Kalkungssensitivität werden im Folgenden wissenschaftliche Erkenntnisse sowie Vorsorgeaspekte für alle Artengruppen dargestellt, für die eine direkte Kalkungswirkung festgestellt wurden oder negative Effekte nicht ausgeschlossen werden können. Die Bewertungen der Kalkungssensitivität wurden darauf aufbauend insbesondere für alle Arten mit RL-Status und / oder Schutzstatus durchgeführt. Die Auflistung in diesem Kapitel ist nicht abschließend, da für viele Arten direkte Untersuchungen zur Kalkungswirkung fehlen. Daher kommt oftmals der Vorsorgeaspekt zur Anwendung.

1.3.5.1. BODENFAUNA

Nach einer Kalkung verbessern sich auf stark anthropogen versauerten Standorten die Lebensbedingungen für viele Vertreter der Bodenfauna (*z.B. HÖCKE 2006*) und ist auch explizites Ziel der aktuell angewandten „Regenerationsorientierten Bodenschutzkalkung“ (*siehe Kapitel 1.1.1*). Faktoren für diese verbesserten Bedingungen sind die größere Biomasse von Mikroorganismen als Nahrung für viele Vertreter der Bodenfauna, die erhöhten pH-Werte und die gestiegene Basensättigung (*SCHÄFFER et al. 2001*). Die Förderung der Bodenfauna trägt dazu bei, den Umbau der Humusaufgabe sowie ihre Einmischung in den Mineralboden anzuregen, wodurch Nährstoffe und Kohlenstoff freigesetzt werden (*EDWARDS et al. 1973, HARTMANN et al. 2016, HÖCKE 2006, VON WILPERT et al. 2013*). Die verbleibende Auflage weist eine erhöhte Fruchtbarkeit auf (*VON WILPERT et al. 2013*), was sich unter anderem in einem engeren C/P-Verhältnis äußert (*THOMS et al. 2018*). Der Boden profitiert von ihrer Tätigkeit durch eine verbesserte Struktur, stabilere Poren und eine daraus resultierende verbesserte Wasser- und Gasleitfähigkeit (*HAHN & MARSCHNER 1998a, RUBIN 2014, SCHACK-KIRCHNER & HILDEBRAND 1998*).

Regenwürmer sind die wahrscheinlich bedeutendste Familie der Bodenfauna in Baden-Württemberg. Etwa um pH 4 (gemessen in CaCl₂) gehen Häufigkeit und Biomasse der Regenwürmer deutlich zurück und bei Werten unter 3,8 werden meist nur noch streubewohnende Regenwürmer gefunden (*SOMMER et al. 2002*). Die Bodenschutzkalkung kann den pH-Wert des Bodens heben und ihn damit wieder zu potentiell Lebensraum für Regenwürmer machen. Für mineralbodenbewohnende Regenwürmer werden die meisten Waldböden daher erst durch Kalkung wieder besiedelbar. Je tiefer sich die Kalkung im Boden auswirkt, desto tiefer grabende Regenwurmartens können sich ansiedeln, bzw. wieder stärker ausbreiten. Aufgrund der langsamen Wandergeschwindigkeit dieser Tiere (*MARINISSEN & VAN DEN BOSCH 1992*) ist eine vollständige Wiederansiedlung ohne zusätzliche unterstützende Maßnahmen (z. B. Schaffung von Korridoren, Einbringung von Regenwürmern) jedoch unwahrscheinlich (*EHRMANN & FEGER 2006*). Andererseits wurden Zunahmen der Artenvielfalt auf langfristigen Kalkungsversuchsflächen beobachtet, die auch darauf hindeuten, dass sich auch tiefgrabende Arten wieder von alleine ansiedeln können (*HARTMANN et al. 2021*). Die im Rahmen der Bodenschutzkalkung zu erwartende Wirkung auf Regenwürmer ist als positiv einzustufen. Die erwartete Zunahme von Biomasse und Abundanz dieser Tiere auf gekalkten Flächen wird von einer Vielzahl von Studien bestätigt (*z.B. ANDREAE et al. 2020, EHRMANN & FEGER 2006, HARTMANN et al. 2021, SCHÄFFER et al. 2001*).

Die verschiedenen Vertreter der Bodenmesofauna (Tiere zwischen 0,2 und 2 mm; vorwiegend Springschwänze und Milben) reagieren unterschiedlich auf Bodenversauerung und Bodenschutzkalkungen. Unterschiede bestehen sowohl zwischen als auch innerhalb von taxonomischen Gruppen, weshalb für eine differenzierte Betrachtung oftmals eine Untersuchung auf Artebene nötig ist. Insgesamt nimmt die Individuenzahl in Folge der Versauerung häufig zu, wobei sich in vielen Gruppen die Dominanzverhältnisse von unspezifischen bzw. säuremeidenden Arten hin zu säuretoleranten und stickstoffmeidenden Arten verschieben (*RUSEK & MARSHALL 2000*). Auf die Versauerung und die Kalkung reagieren Arten der Bodenmesofauna aber insgesamt uneinheitlich und oftmals schwach, was darauf hindeutet, dass der pH-Wert wahrscheinlich vorwiegend über indirekte Effekte wirkt.

1.3.5.2. AMPHIBIEN

Amphibien können von der Bodenschutzkalkung profitieren, sind jedoch auch schutzbedürftig. Die Bodenschutzkalkungen mildern die negativen Wirkungen der Versauerungen der Waldböden und Gewässer ab

und tragen somit zur Verbesserung von Amphibienhabitaten bei (**LAUFER et al. 2007**). Dadurch, dass die Konzentrationen toxisch wirksamer Protonen und Aluminiumionen sinken, erhöhte sich in einer Untersuchung von **BEATTIE & TYLER-JONES (1992)** die Überlebensrate von Froschembryonen um etwa 70 %. Im Wasser gelöstes Calcium, wie es die Kalkung zur Folge hat, erhöht die Toleranz der Amphibien gegenüber Versauerung (**DOLMEN et al. 2008**). Die Bodenschutzkalkung kann zusätzlich dazu führen, dass durch die pH-Wert-Erhöhung die Bodenfauna belebt und somit die Nahrungsgrundlage für Amphibien verbessert wird. In der Summe werden die langfristig wirkenden pH-Wert-Stabilisierungen in Gewässern in ihrer Wirkung auf aquatische Pflanzen und Tiere als positiv beurteilt. Für den Kleinen Wasserfrosch könnte ein pH-Wert-Anstieg in Kleingewässern allerdings beeinträchtigend wirken, da dieser eher saure Gewässer bevorzugt.

Da die Haut von Amphibien dünn, kaum verhornt und feucht ist und Amphibien über die Haut Wasser aufnehmen und auch atmen, können sie auf geänderte Umweltbedingungen und den Kontakt mit Fremdstoffen sensitiv reagieren. Auswirkungen durch Kalkgemische oder erhöhte pH-Werte sind deshalb möglich, da hohe pH-Werte (pH > 9,0) für Amphibien aufgrund ihrer „offenen“ Haut als toxisch eingestuft werden (**MUTSCHMANN 2010**). Die ausgebrachten erdfeuchten Dolomitzalke und Dolomit-Holz-asche-Gemische werden auf deren Ätz- und Reizwirkung untersucht. Dabei sind nur Produkte für die Waldkalkung zugelassen, die keine Ätz- und Reizwirkung gemäß CLP-VO aufweisen (**siehe Kapitel 1.1.3**). Des Weiteren ist Kalk in trockener Form hygroskopisch und entzieht der Amphibienhaut Feuchtigkeit. Zum Schutz der Amphibien sollten daher keine trockenen Kalkstäube verwendet werden (**LAUFER et al. 2007**). Im Gegensatz zu früher wird jedoch ausschließlich erdfeuchtes Material (~7-10 % Wassergehalt) ausgebracht. Expertenbefragungen zufolge liegen keine Freilandbeobachtungen vor, die auf akute Schädigungen von Amphibien im zeitlichen und räumlichen Umfeld von Kalkungsmaßnahmen hindeuten. Die Auswirkungen auf die Amphibienhaut ist dennoch nicht abschließend bewertbar und sollte weiter untersucht werden.

Aufgrund der umfangreichen Aussparung von Still- und Fließgewässern, Quell- und Wasserschutzgebieten (Zone I und im Einzelfall Zone II), Auen und durch Grundwasser charakterisierte Bereiche können unmittelbare Beeinträchtigungen durch Bodenschutzkalkungen im Bereich der Laichgewässer weitestgehend ausgeschlossen werden. Kleinere Fließgewässer sowie Rinnen und Klingen werden jedoch nicht kategorisch von der Kalkung ausgeschlossen, wenn sie die zuvor genannten Kriterien nicht erfüllen oder nicht aufgrund anderer sensibler Arten oder Strukturen von der Kalkung ausgeschlossen sind. Nachdem sich alle Amphibien zumindest vorübergehend in feuchten bis nassen Lebensräumen aufhalten, ist in dieser Phase davon auszugehen, dass zumeist keine Beeinträchtigungen stattfinden. Auswirkungen auf Amphibien sind vorwiegend in den Landlebensräumen denkbar, wenn Amphibien an Land auf Nahrungssuche sind, in ihre Landlebensräume wandern oder vom Sommer- zum Winterlebensraum wechseln. In diesen Wanderungs- und Laichzeiten können negative Beeinträchtigungen nicht vollständig ausgeschlossen werden. Durch die Einschränkung der Kalkungszeiten (**siehe Abbildung 13**) werden diese Aktivitätszeiten weitgehend berücksichtigt. Für die Lebensstätten der Gelbbauchunke und des Nördlichen Kammolchs sind die Kalkungszeiten noch weiter eingeschränkt. Da die Amphibien i.d.R. nachts und bei feuchter Witterung unterwegs sind, wird das Restrisiko einer kurzfristigen, negativen Beeinträchtigung durch direkten Kalkkontakt als sehr gering bewertet. Die Forstverwaltung wird kurz- und langfristige Effekte der Bodenschutzkalkung auf Amphibien weiter untersuchen.

1.3.5.3. FISCHE

Die Kalkung der Einzugsgebiete verursacht im Flusswasser erhöhte pH-Werte und eine reduzierte Konzentration von Aluminiumionen. Das verbessert die Überlebenschancen der Fischarten in vormals versauerten Gewässern deutlich und erlaubt eine Wiederansiedlung nach dem Verschwinden der Arten.

Auch für verschiedene Beutetiere dieser Fische wie für Bachflohkrebse (*Gammarus pulex* (L.)) verbessern sich die Lebensbedingungen, da die säurebedingten Auflösungserscheinungen ihrer Hüllen reduziert werden (**SARTORIS 1992**). Das erhöht das Nahrungsangebot für Raubfische (**ARNSCHIEDT 2001**).

Nitrat ist giftig für Fische, so dass eine verstärkte Auswaschung der Stickstoffverbindung negative Folgen für die Fischbestände haben kann. Dass das nicht in kritischem Umfang zu erwarten ist, wird dadurch belegt, dass in

vielen Untersuchungen eine stabile Wiederansiedlung Erfolg hatte (z.B. DALZIEL *et al.* 1994, GUNN *et al.* 1990, HUDY *et al.* 2000, KEITEL 2014).

Es ist von einer positiven Wirkung der Bodenschutzkalkung auf Fische i.A. auszugehen.

1.3.5.4. REPTILIEN

Direkte Auswirkungen der Kalkung auf Reptilien sind nicht bekannt. Vorsorglich müssen einige Arten besonders beachtet werden (siehe Artenliste mit Bewertung der Kalkungssensitivität in **Tabelle 9**). Mögliche indirekte Beeinträchtigungen über Lebensraumveränderungen von Arten werden über den Ausschluss kalkungssensitiver Biotop von der Kalkung vermieden. So leben viele Arten meist in Habitaten, die ohnehin nicht gekalkt werden, wie Block- und Geröllhalden, Felsbereiche und Steinbrüche (z.B. Aspiviper), manche Arten wie die Kreuzotter zusätzlich in Moorbereichen und auf Heideflächen. Auch für eine indirekte Wirkung der Kalkung durch einen Einfluss auf die Nahrung der vorsorglich geschützten Schlangen gibt es keine Anhaltspunkte. Die Aspiviper ernährt sich hauptsächlich von Kleinsäugern, die Kreuzotter zusätzlich auch von Eidechsen und Fröschen.

Es ist daher davon auszugehen, dass bei der aktuellen Vorgehensweise der Bodenschutzkalkung Reptilien nicht direkt von der Waldkalkung beeinflusst werden.

Die Äskulapnatter ist Teil des Artenschutzprogramms ASP und somit werden deren Habitate vorsorglich vor der Kalkung ausgenommen.

1.3.5.5. LANDSCHNECKEN

Gehäuseschnecken: Durch die Anreicherung von Calcium wirkt sich die Bodenschutzkalkung langfristig positiv auf den Großteil der Gehäuseschnecken aus (JOHANNESSEN & SOLHØY 2001, PABIAN & BRITTINGHAM 2007, PABIAN *et al.* 2012, SKELDON *et al.* 2007), da sie diesen Nährstoff für Fortpflanzung, Wachstum und Gehäusebildung benötigen. Die Abundanz von Gehäuseschnecken ist durch die Calciumverfügbarkeit in Streuschicht und Boden limitiert und nimmt durch dessen Anreicherung zu (SKELDON *et al.* 2007). GÄRDENFORS *et al.* (1995) fanden Hinweise darauf, dass diese Folge der Kalkung einer Verarmung von Gehäuseschneckenpopulationen aufgrund der Versauerung der Böden entgegenwirken kann.

Nacktschnecken: Im Gegensatz zur positiven Langzeitwirkung der Calciumanreicherung auf Gehäuseschnecken, hat sie auf Nacktschnecken eine eher indifferente Wirkung (SKELDON *et al.* 2007). Bei Nacktschnecken sind calciumreiche Gehäusestrukturen nicht oder – wie zum Beispiel bei den Schneegeln – nur als internes Kalkplättchen vorhanden. Die direkte kurzfristige Wirkung von Kalkungsmaßnahmen in dem Falle, dass Gehäuse- und Nacktschnecken in direkten Kontakt mit dem ausgetragenen Kalkmittel kommen, ist aufgrund der Sensitivität der Gehäuse- und Nacktschnecken als negativ zu bewerten.

Die Gefährdung einer direkten Schädigung von Schnecken durch Kalkungen ist als sehr gering anzusehen. Das liegt daran, dass Schnecken überwiegend nachts und bei Feuchtigkeit aktiv sind; gekalkt wird ausschließlich tagsüber und ein eventueller Kalkauftrag auf die Schnecken wird unter feuchten Bedingungen schnell wieder abgewaschen.

1.3.5.6. XYLOBIONTE KÄFER UND SCHMETTERLINGE

Ein direkter Einfluss der Kalkung mit erdfeuchtem Material auf xylobionte Käfer und Schmetterlinge ist, mit Ausnahme der mechanischen Schädigung durch auftreffendes Material beim Verblasen, nicht zu erwarten. Allerdings kann die Kalkung das Wachstum der Bodenvegetation und der Verjüngung im Wald verstärken und dadurch können lichte Bereiche im Wald schneller zuwachsen. Dies kann eine Lebensraumverschlechterung für lichtbedürftige Arten bedeuten. Viele der xylobionten Käfer- und im Wald vorkommenden Schmetterlingsarten sind Lichtwaldarten. Außerdem hängen manche Schmetterlingsarten sowohl als Raupe als auch als Imago von bestimmten Pflanzenarten ab. Werden diese durch die Kalkung verdrängt, verschwinden auch die Insekten.

Der Gelbringfalter (*Lopinga achine*) zum Beispiel benötigt eine nicht eutrophierte Bodenvegetation und ein dauerhaftes Vorkommen bekannter Wirtsgräser (z. B. Berg-Segge, Weiß-Segge, Zittergras-Segge). Auch das

Wald-Wiesenvögelchen (*Coenonympha hero*) benötigt gering eutrophierte Standorte und der Ginster-Bläuling (*Lycaeides idas*) benötigt entkalkte Sande. Der Hochmoorgelbling (*Colias palaeno*) benötigt Hochmoore mit der Futterpflanze Rauschbeere und nahe gelegene Nektarhabitats (**EBERT & RENNWALD 1991**).

Der Lebensraum des Platterbsen-Widderchens (*Zygaena osterodensis*) liegt im Saumbereich zum Hochwald, auf lichten Waldinseln, Waldwegen oder an anderen offenen Stellen wie Böschungen, Waldwiesen oder Schneisen (**EBERT & RENNWALD 1991**). Durch die Lage seines Lebensraums an Waldwegen und Böschungen könnten die Raupen direkt vom Kalk angeblasen werden, was diese negativ beeinflussen könnte.

Diese Arten sind Bestandteil des Artenschutzprogramms ASP und ihre bekannten Vorkommen dadurch von der Kalkung ausgeschlossen.

Auf die Nahrung vieler xylobionter Käfer hat die Kalkung vermutlich keinen Einfluss, da viele an den Baumsäften ihres Habitatbaumes saugen (**KOCH 1992**).

1.3.5.7. WEITERE INSEKTEN

Bei Untersuchungen von (**WELLENSTEIN 1990a, WELLENSTEIN 1990b**) wurden bei Waldameisen und Honigtauproduzenten sowie bei Waldbienen keine direkten Schäden durch die Fraßaufnahme von Kalkstaub festgestellt. Allerdings stieg die Sterblichkeit der Artengruppen durch die Bestäubung mit trockenem Material stark an. **WINTER (1990b)** weist jedoch darauf hin, dass die Schäden im Freilandversuch deutlich geringer und häufig nicht tödlich ausfallen im Vergleich zu den von (**WELLENSTEIN 1990b**) durchgeführten Versuchen unter Laborbedingungen. Des Weiteren sei hauptsächlich trockenes Kalkmaterial problematisch, erdfeuchter Kalk sei hingegen deutlich weniger schädlich. **EISENBEIS et al. (1992)** beschreiben auch eine Schädigung von lauffaktiven Insekten wie Ameisen durch trockene und fein gemahlene Kalke. Gemäß einer Untersuchung von **WINTER (1990a)** führt erdfeuchtes Material dahingegen bei Ameisenvölkern nur zu kurzfristigen Beeinträchtigungen. Die bereits in den 1990er Jahren geforderte Ausbringung erdfeuchten Materials wird in Baden-Württemberg ausschließlich praktiziert – trockenes Material wird nicht ausgebracht - und trägt zum Schutz dieser Tiere bei.

Bei einer vom Regierungspräsidium Freiburg an der Landesanstalt für Bienenkunde in Auftrag gegebenen Untersuchung ergaben sich keine Schäden der Bienen durch Holzasche oder Dolomit-Holzasche-Gemisch. Weder Belfahstests noch Fraßtests führten zu einer erhöhten Sterblichkeit oder einem auffälligen Flug- oder Krabbelverhalten (**WALLNER 2019**).

Beim Verblasen von erdfeuchten Materialien wird jedoch ein potentiell stark schädigender, physikalischer Prozess vermutet. Insekten, die in direkter Nähe des Verblasegeräts bei der Ausbringung sind, dürften hierunter stark leiden. Untersuchungen liegen hierfür nicht vor.

Eine negative Wirkung von erdfeuchtem Material auf Bienen und andere Insekten unter natürlichen Bedingungen ist als gering zu bewerten. Bei der Ausbringung ist die Nutzung von Verblasegeräten negativ zu bewerten für Insekten im unmittelbaren Nahbereich des Verblasegeräts, wo es zur physikalischen Beeinträchtigungen kommen kann. Daher ist insbesondere bei der Bewertung von Offenlandbiotopen, die an den Wald angrenzen, das Vorsorgeprinzip angewandt und ein Kalkungsausschluss für die direkt benachbarten Waldbereiche definiert worden.

1.3.5.8. VÖGEL

Direkte Auswirkungen der Bodenschutzkalkung auf Vögel sind nicht bekannt, solange der Kalk nicht als Granulat ausgebracht wird, welches anstelle von Magensteinchen aufgenommen werden kann. In Baden-Württemberg wird aber nur aufgemahlene Material ausgebracht. Indirekt könnte sich die Kalkung über die Nahrung auf Vögel auswirken (positiv sowie negativ). Die Kalkung erhöht das Vorkommen von Schnecken und Asseln, die für viele Vögel entscheidende Calciumquellen darstellen. Das führt dazu, dass die Schalendicke der Vogeleier, die in stark versauerten Gebieten oft kritisch abgenommen hat (**ASCHE 2003**), zunehmen kann. Das erhöht den Reproduktionserfolg der Vögel und steigert ihre Populationen (**PABIAN & BRITTINGHAM 2007, PABIAN et al. 2012**).

Durch die Asubringung können Vögel in ihrer Brutzeit gestört werden. Daher findet die Kalkung grundsätzlich außerhalb der Hauptbrutzeit (**SEITZ 2014**) der meisten Arten statt (01.03. – 30.06.), bei der subalpinen Vogelgilde wird aufgrund verlängerter Brutzeiten und vorsorglich der Zeitraum verlängert auf zwischen dem 01.03. und 30.08. (Arten **siehe Kapitel 4.2**).

Für Arten, die auf Habitats auf natürlich sauren Standorten angewiesen sind, könnte sich die Kalkung über eine Vegetationsveränderung indirekt negativ auf die Habitatqualität auswirken. Beispiele für kalkungssensitive Lebensräume sind (Hoch-)Moore (z. B. für Berglaubsänger *Phylloscopus bonelli*, Zitronenzeisig *Carduelis citrinella*, Baumpieper *Anthus trivialis*), Wacholderheiden und Steppenheidewälder (Heidelerche *Lullula arborea*, Ziegenmelker *Caprimulgus europaeus*) sowie Grindenflächen (Zitronenzeisig *Carduelis citrinella*). In diesen Habitats gilt oftmals aufgrund der Biotopeigenschaften zusätzlich zum zeitigen Ausschluss auch ein vollständiger Ausschluss der Kalkung.

Das Überfliegen des Waldes mit einem Helikopter kann zur Störung von Horstbrütern führen. Störungssensitive Arten sind beispielsweise der Rotmilan (*Milvus milvus*) und der Schwarzstorch (*Ciconia nigra*). Wenn die Überflüge nur einmalig und auch erst gegen Ende oder nach der Fortpflanzungszeit durchgeführt werden, ist nicht davon auszugehen, dass die Reproduktion der Horstbrüter durch die Kalkausbringung beeinträchtigt wird. Auch das Verblasen von Kalk vom Fahrweg aus kann während der Fortpflanzungszeit von störungssensitiven Arten wie dem Rotmilan oder insbesondere dem Schwarzstorch als Störung empfunden werden. Es sind daher die in den Arten-Praxishilfen der FVA aufgeführten Störungszonen während der Fortpflanzungszeit (i.d.R. 150 - 200 m, beim Schwarzstorch 300 m) zu beachten. Findet das Verblasen erst ab 15. Juli statt, ist davon auszugehen, dass die Fortpflanzung der genannten Arten nicht erheblich gestört wird.

Bei Berücksichtigung der oben genannten Punkte ist davon auszugehen, dass Vögel nicht direkt von der Waldkalkung beeinflusst werden. Durch die Art und den Zeitpunkt der Ausbringung soll Störung insbesondere während der Brut- und Aufzuchtzeit vermieden werden.

1.3.5.9. SONDERFALL AUERHUHN

Das Auerhuhn ist streng geschützt und unterliegt damit den Zugriffsverboten des § 44 Abs. 1 BNatSchG. Das Auerhuhn ist zudem eine Art des Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie, für die besondere Schutzgebiete eingerichtet wurden, in denen ein Erhaltungsmanagement durchzuführen ist. Zudem ist die Art im Schutzmanagement (ganzjährige Schonzeit) des Jagd- und Wildtiermanagementgesetz Baden-Württemberg gelistet. In Baden-Württemberg ist die Art vom Aussterben bedroht.

Das Auerhuhn ist eine Charakterart lichter, strukturreicher borealer und montaner Waldlebensräume. Aufgrund seiner großen Raum- und spezifischen Habitatsansprüche gilt es als Schirmart für eine artenreiche hochmontane Artengemeinschaft. Der bodenbrütende Waldvogel ist zudem eng an eine strukturierte Bodenvegetation mit hohen Anteilen von Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) und anderen Zwergsträuchern gebunden. Für den Schutz des Auerhuhns im Schwarzwald wurde ein wissenschaftlich hergeleitetes, räumlich explizites Artenschutzprogramm eingeführt: der Aktionsplan Auerhuhn (**APA, siehe MLR 2023 sowie SUCHANT & BRAUNISCH 2008**). Ziel des APA ist der Erhalt einer überlebensfähigen, ausreichend vernetzten Auerhuhnpopulation im Schwarzwald. Hierfür braucht es ausreichend Fläche mit geeigneten Lebensraumbedingungen. Diese für das Auerhuhn relevanten Flächen sind im Flächenkonzept des APA in mehreren Stufen für die Umsetzung von Maßnahmen eingeteilt:

- Vorrangflächen: alle Flächen mit aktuellem Auerhuhnvorkommen (ca. 34.000 ha, Kartierung 2014-2018) und sehr gutem Lebensraumpotential (weitere ca. 25.000 ha)
- Ergänzungsflächen: restliche Flächen mit gutem Lebensraumpotential (ca. 57.000 ha)
- Sowie Korridore und Trittsteine zur Vernetzung der Flächen

Um das Auerhuhn im Schwarzwald zu erhalten, ist es das Ziel der Landesregierung, bis 2026 auf der gesamten Vorrangfläche den Lebensraum zu verbessern sowie anthropogene Störungen zu minimieren und – in

Teilgebieten – den Prädationsdruck zu senken. Im Zuge einer angepassten Waldbewirtschaftung ist somit auch im Rahmen der Bodenschutzkalkung der Schutz des Auerhuhns zu berücksichtigen.

Als überwiegend am Boden lebende Vogelart reagiert das Auerhuhn besonders stark auf Veränderungen der Bodenvegetation. In Verbindung mit parallel ablaufenden Prozessen (Klimawandel, Stickstoffeintrag) könnte die Waldkalkung zu einer verstärkten Mineralisierung des Auflagehumus und einer Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit führen, die zu Veränderungen in der Bodenflora führen, die dem Auerhuhn abträglich sind. Somit könnte die Qualität des Auerhuhn-Lebensraums zumindest in Teilflächen seines Verbreitungsgebietes verschlechtert werden. Dies vor dem Hintergrund, dass die Restpopulation keine weiteren Verluste verträgt und insofern eine besondere Empfindlichkeit anzunehmen ist.

Nach aktuellem Kenntnisstand muss davon ausgegangen werden, dass die Bodenschutzkalkung zumindest in Teilbereichen zu Veränderungen der Bodenvegetation führen kann und in Verbindung mit weiteren Einflussfaktoren (Störungen, Prädationsdruck) mittel- bis langfristig einen negativen Einfluss auf die Habitategnung von Wäldern für Auerhühner haben kann. Aufgrund der ohnehin prekären Bestandssituation sind weitere negative Einflüsse konsequent zu vermeiden.

1.3.5.10. SÄUGETIERE

Direkte Einflüsse der Kalkung auf Säugetierarten sind nicht bekannt. Auch für eine beeinträchtigende indirekte Wirkung, also über einen Einfluss der Kalkung auf die Nahrung der Arten, gibt es keine Anhaltspunkte. Indirekte Auswirkungen können durch Störungen in Zusammenhang mit der Ausbringung entstehen.

Bei den höhlenbewohnenden Fledermäusen kann bei der terrestrischen Kalkung nicht garantiert werden, dass deren Quartiere durch den Kalkstrahl unbeeinflusst bleiben. Ansonsten ist davon auszugehen, dass sie nicht von der Waldkalkung beeinflusst werden. Auch auf eine signifikante Beeinträchtigung anderer Säugetierarten gibt es keine Hinweise. Für größere Pflanzenfresser, wie beispielsweise das Reh (*Capreolus capreolus*), wird sogar eine indirekte positive Auswirkung durch ein verbessertes Nahrungsangebot in der Bodenvegetation angenommen.

2. RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Maßnahmen im Wald dürfen nur durchgeführt werden, wenn sie den gesetzlichen Vorgaben des LWaldG sowie den Anforderungen des Arten- und Biotopschutzes nach BNatschG und dem NatSchG Baden-Württembergs entsprechen. Darüber hinaus sind Schutzgebietsverordnungen, Verordnungen zu Wasserschutzgebieten oder Kulturdenkmalen sowie das Bundesbodenschutzgesetz zu beachten. Im Folgenden werden diese Rahmenbedingungen unter dem Aspekt der Bodenschutzkalkung erläutert.

2.1. BODENSCHUTZ

Der Boden und der Bodenzustand sind zentrale Grundlagen für das Ökosystem Wald. Aus diesem Grund ist der „Erhalt der Bodenfruchtbarkeit“ ein gesetzlich verankerter Auftrag (Bundesbodenschutzgesetz § 1 und § 2; Bundeswaldgesetz § 1 und § 8; Landeswaldgesetz § 1 und § 14). Auch die EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 (**COM 2020**) hebt den Schutz der Bodenfruchtbarkeit sowie die Förderung der Widerstandsfähigkeit der Wälder als dringliche gesellschaftliche Aufgaben hervor. Mit dem Konzept der regenerationsorientierten Bodenschutzkalkung wird direkt auf das Schutzgut Boden eingewirkt, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten, bzw. dort zu fördern, wo sie durch übermäßige Versauerung verloren gegangen ist. Neben der Bodenfruchtbarkeit erfüllen Böden noch weitere Funktionen, die dem Naturhaushaltsschutz dienen. Daher sind Böden so zu erhalten, dass sie ihre Funktion im Naturhaushalt erfüllen können (BNatSchG § 1 Abs. 3 Nr. 2). Zu diesen Funktionen können gemäß **FRENZ et al. (2016)** folgende gezählt werden:

- die Lebensraumfunktion für Bodenorganismen (Edaphon), Pflanzen/Vegetation (Standort) und Tiere (Habitatfunktion)
- die Regler- und Speicherfunktion (Wasserkreislauf mit Wasserspeicherung, Wasserrückhaltung und Grundwasserneubildung; Nährstoffkreisläufe)
- die Filter- und Pufferfunktion (u.a. mechanischer Filter; Pufferung potenzieller Schadstoffe, Säurepufferung)
- die Archivfunktion des Bodens für die spezifische Ausprägung von Natur und Landschaft
- die natürliche Ertragsfunktion des Bodens (nicht die unmittelbare Produktionsfunktion, sondern die dauerhafte Vorhaltung eines nutzungsfähigen Naturgutes)

Generell gilt dabei, dass die Bodenschutzkalkung das Ziel der Erhaltung oder Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit bzw. der Bodenfunktionen verfolgen muss (LWaldG BW § 14). Gleichzeitig muss eine Schädigung der Lebensgemeinschaft am betroffenen Standort sowie in nachgeschalteten Systemen wie dem Grund- und Oberflächenwasser soweit wie möglich vermieden werden. Kalkungsmaßnahmen erfordern deshalb stets ein sorgfältiges Abwägen z. T. konkurrierender Interessen.

2.2. NATURSCHUTZRECHTLICHE ASPEKTE

2.2.1. ARTEN- UND BIOTOPSCHUTZ

Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) untersagt im § 30 die Zerstörung oder die erhebliche Beeinträchtigung von Biotopen. Der Biotopschutz gilt kraft Gesetzes für jede einzelne Biotopfläche, unabhängig davon, ob Biotope über die Biotopkartierung erfasst wurden oder ob sie in Schutzgebieten liegen.

Die beiden FFH-Lebensraumtypen 9110 und 9130 („FFH-Buchenwälder“) können je nach Ausprägung Biotope sein, während alle anderen FFH-Lebensraumtypen im Wald immer in allen ihren Ausprägungen Biotope sind.

Hinsichtlich des Artenschutzes sind die Zugriffsverbote des § 44 (1) BNatSchG zu beachten. Da die Waldkalkung nicht der forstwirtschaftlichen Bodennutzung zugeordnet wird, greift § 44 (4) BNatSchG nicht, d.h. es liegt in diesem Fall keine Privilegierung der Forstwirtschaft vor. Die Zugriffsverbote gelten uneingeschränkt.

Demnach ist es verboten, „*wildlebende Tiere der besonders geschützten Arten ... zu verletzen oder zu töten oder ihre Entwicklungsformen zu beschädigen oder zu zerstören*“. Des Weiteren dürfen auch die Fortpflanzungs-

oder Ruhestätten nicht beschädigt oder zerstört werden. Bezüglich der streng geschützten Arten und der europäischen Vogelarten gilt zusätzlich, dass diese während der Fortpflanzungs-, Aufzucht-, Mauser-, Überwinterungs- und Wanderungszeiten nicht erheblich gestört werden dürfen. Eine erhebliche Störung liegt vor, wenn sich durch die Störung der Erhaltungszustand der lokalen Population einer Art verschlechtert.

Im Rahmen der Vorbereitung von Waldkalkungen werden die bekannten Vorkommen von Biotopen und Arten geprüft (**siehe auch Tabelle 1**). Dies sind zum Zeitpunkt der Flächenbewertung vorhandene Kartierungen mit jeweiligem Biotop- und Artenbezug, wie sie im Weiteren erläutert werden. Auch ohne explizite Artkartierungen werden weite Bereiche aus der Kalkung herausgenommen, welche aufgrund ihrer Standorteigenschaften als potentielle Lebensräume kalkungssensitiver Arten bewertet sind. Zusätzliche Kartierungen werden nicht durchgeführt. Soweit kalkungssensitive Artvorkommen, bzw. als potentielle Lebensräume solcher Arten bewertete Standorte mit hoher Wahrscheinlichkeit vorliegen, sollten diese bei der Kalkung inklusive eines Pufferbereiches ausgespart, bzw. über zeitlichen oder technischen Ausschluss berücksichtigt werden.

2.2.2. SCHUTZGEBIETE NACH BNATSchG

Grundsätzlich gilt nach § 23 Abs. 2 BNatSchG für Naturschutzgebiete, dass *„alle Handlungen, die zu einer ... Beschädigung oder Veränderung des Naturschutzgebiets oder seiner Bestandteile oder zu einer nachhaltigen Störung führen können, [...] nach Maßgabe näherer Bestimmungen verboten (sind)“*. In den Rechtsverordnungen wird der jeweilige Schutzzweck konkretisiert und die daraus resultierenden Ge- und Verbote aufgelistet. Die Waldkalkung ist nicht Bestandteil der *„forstwirtschaftlichen Bodennutzung“* im Sinne des § 5 der NSG-Muster-VO, die Verbote des § 4 der Muster-VO sind daher unmittelbar zu beachten. Demnach ist es nach Absatz 4 bei der *„Nutzung der Grundstücke“* verboten *„Pflanzenschutzmittel, Düngemittel oder Chemikalien zu verwenden“*. Die Waldkalkung dient primär der Erhaltung des Waldes und der Bodenfruchtbarkeit im Sinne des § 1 LWaldG und fällt damit nicht unter die *„Nutzung der Grundstücke“* im Sinne des § 4 Absatz 4. Doch obwohl die Waldkalkung keine Düngung im Sinne einer Ertragssteigerung ist, wird aufgrund des Vorsorgeprinzips aus Natur- und Artenschutzsicht auf eine Kalkung in Naturschutzgebieten generell verzichtet.

Grundsätzlich gilt nach § 28 Abs. 2 BNatSchG für flächenhafte Naturdenkmale, dass *„alle Handlungen, die zu einer ... Beschädigung oder Veränderung des Naturdenkmals führen können, [...] nach Maßgabe näherer Bestimmungen verboten (sind)“*. Flächenhafte Naturdenkmale werden wie Naturschutzgebiete bewertet und daher von der Kalkung ausgeschlossen. Bei Naturdenkmal Einzelgebilden gilt es abzu prüfen, ob das Kalkungsvorhaben zu Beschädigungen führen kann.

In Natura 2000-Gebieten (FFH-Gebiete und Vogelschutzgebiete; „SPA“ = special protected area) sind nach § 33 BNatSchG erhebliche Beeinträchtigungen in Bezug auf die Erhaltungsziele unzulässig. Projekte bzw. Vorhaben, die mit Beeinträchtigungen einhergehen könnten, sind nach § 34 BNatSchG im Vorfeld auf ihre Verträglichkeit zu prüfen. Sollte die Waldkalkung nicht mit den Erhaltungszielen eines Natura 2000-Gebietes verträglich sein, so ist die Maßnahme unzulässig. Die Prüfung auf Verträglichkeit von Kalkungsvorhaben in den Natura 2000-Gebieten erfolgt im Zuge der rund einjährigen Vorbereitungs- und Planungsphase. Nach der Festlegung der konkreten Kalkungskulisse durch die FVA werden die bekannten Vorkommen der kalkungssensitiven Natura 2000-Schutzgüter identifiziert und inklusive eines Pufferbereiches von der Kalkungskulisse ausgenommen. Dadurch wird sichergestellt, dass negative Auswirkungen vermieden werden. Die FFH-Vorprüfung wird seit 2020 durch den Vorhabensträger (UFB/ForstBW) durchgeführt. Hierfür existieren Formblätter. Eine förmliche Verträglichkeitsprüfung ist nicht erforderlich, sofern sichergestellt ist, dass kalkungssensitive Lebensstätten und Lebensraumtypen von der Kalkung nicht betroffen sind oder von der Kalkung ausgespart werden, da in diesem Fall keine erheblichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind.

Soweit es sich bei den Schutzgütern um FFH-Lebensraumtypen handelt, werden diese in **Kapitel 3** abgehandelt. Bei den beiden FFH-Lebensraumtypen 9110 „Hainsimsen-Buchenwald“ und 9130 „Waldmeister-Buchenwald“ wird davon ausgegangen, dass Waldkalkungsmaßnahmen keine erheblichen negativen Beeinträchtigungen verursachen: Der „Hainsimsen-Buchenwald“ hat standörtlich eine breite Amplitude. Untersuchungen zur Wirkung der Bodenschutzkalkung (Kapitel 1.3.1) zeigen, dass die durch die Kalkung bewirkte pH-Wert-Anhebung

nicht über den standorttypischen Bereich hinausgeht, wie es als Voraussetzung für die Zulässigkeit einer Kalkungsmaßnahme definiert ist (**LFU 2002**). Der bodensaure Flügel des „Hainsimsen-Buchenwaldes“, gekennzeichnet u.a. durch das Vorkommen kalkungssensitiver Pflanzen, wird über die Waldbiotopkartierung erfasst und aus der Kalkungskulisse ausgespart (siehe Kapitel 3.2 und 5.3). Über 50 % der als Lebensraumtyp 9110 „Hainsimsen-Buchenwald“ kartierten Wälder werden aufgrund der in diesem Leitfaden definierten Ausschlussflächen von vornherein von der Kalkung ausgenommen. Dadurch, dass die natürlich sauren Bereiche von der Kalkung ausgespart werden, kommt es in LRT-Flächen des 9110 „Hainsimsen-Buchenwaldes“ zu keiner wesentlichen Veränderung bei den kennzeichnenden Arten der Bodenvegetation und die Bodenschutzkalkung stellt in diesen Fällen keine erhebliche Beeinträchtigung dar.

Soweit FFH-Arten und Arten der Vogelschutz-Richtlinie kalkungssensitiv sind, werden diese in **Kapitel 4** aufgeführt.

Ein kategorischer Kalkungsausschluss gilt für Prozessschutzflächen in Großschutzgebieten, die auf Grundlage des Naturschutzgesetzes geschützt sind. Dazu zählen abschließend die Kernzonen der Biosphärengebiete (BNatSchG § 25) und Nationalparke (BNatSchG § 24). Insbesondere sind hier Handlungen verboten, die zu einer „*Zerstörung, Beschädigung oder Veränderung der [...] Bodenvegetation oder Standorte*“ führen (VO Schwäbische Alb, GBl. 7.03.2008 & BSG-VO Schwarzwald, GBl. 4.01.2016). Dies gilt auch für den Nationalpark Schwarzwald (Nationalparkgesetz – NLPG vom 28.11.2013 § 9 (2)).

In Landschaftsschutzgebieten und in den Pflege- und Entwicklungszonen von Biosphärengebieten bestehen keine zusätzlichen, über den Biotop- und Artenschutz hinausgehenden Restriktionen für die Waldkalkung.

2.2.3. WALDSCHUTZGEBIETE

Waldschutzgebiete nach LWaldG sind Bannwälder und Schonwälder. Waldrefugien sind nicht per Rechtsverordnung ausgewiesen.

2.2.3.1. BANNWALD

Nach § 32 Abs. 2 LWaldG ist Bannwald „*ein sich selbst überlassenes Waldreservat. Pflegemaßnahmen sind nicht erlaubt*“. Bannwälder sind entsprechend ihres Schutzzwecks (Prozessschutz) kategorische Ausschlussflächen für die Kalkung. Zum Teil wird in den jeweiligen Rechtsverordnungen die Ausbringung von Kalk sogar explizit verboten (z. B. § 4 Abs. 2 Nr. 6 Biosphären-Bannwälder-VO vom 4. Dezember 2015).

2.2.3.2. SCHONWALD

Ein „*Schonwald ist ein Waldreservat, in dem eine bestimmte Waldgesellschaft mit ihren Tier- und Pflanzenarten, ein bestimmter Bestandsaufbau oder ein bestimmter Waldbiotop zu erhalten, zu entwickeln oder wiederherzustellen ist*“ (§ 32 Abs. 3 LWaldG).

Schonwälder haben vielfältige Schutzzwecke und Schutz- und Pflegegrundsätze, die in den jeweiligen Rechtsverordnungen genannt sind (i.d.R. § 3 bzw. § 6 der jeweiligen Schonwaldverordnung). Sie reagieren somit unterschiedlich auf Kalkung. Deshalb muss jede geplante Kalkung in einem Schonwald bezüglich des Schutzzwecks, der Sensitivität der vorkommenden Waldgesellschaften, des Arteninventars sowie ggf. in der Verordnung definierter Sonderbestimmungen geprüft werden. Die in einigen Schonwaldverordnungen unter § 4 (Verbote) aufgeführte Unzulässigkeit der Verwendung von Pflanzenschutzmitteln, Düngemitteln oder Chemikalien bezieht sich, ähnlich wie in Naturschutzgebieten (**vgl. Kapitel 2.2.1**), nicht auf die Bodenschutzkalkung.

2.2.3.3. WALDREFUGIEN

Die i.d.R. ein bis drei Hektar großen Waldrefugien sind keine Waldschutzgebiete nach LWaldG und stellen keine Prozessschutzflächen im Sinne von Bannwäldern dar. Sie sind keine generellen Ausschlussflächen für die Kalkung. Waldrefugien sind ein Baustein des Alt- und Totholzkonzeptes Baden-Württemberg (**FORSTBW 2016**) und werden

aus Gründen des Artenschutzes festgelegt. Sie dienen der Sicherung von Alt- und Totholz bewohnenden Arten und werden vorrangig in Bereichen ausgewiesen, in denen solche Arten bereits vorkommen oder wertvolle Baum-Mikrohabitate vorhanden sind. Wenn in Waldrefugien kalkungssensitive Artvorkommen oder Biotopstrukturen vorhanden sind oder diese sogar ausschlaggebend für die Ausweisung waren, so werden diese Bereiche über die erfassten Lebensstätten der Arten (**siehe Kapitel 4**) bzw. die kartierten Biotope (**siehe Kapitel 3**) von der Kalkung ausgenommen.

2.3. WASSERSCHUTZGEBIETE UND OBERFLÄCHENGEWÄSSER

Wasserschutzgebiete:

In Baden-Württemberg gibt es rund 2.300 rechtskräftig festgesetzte Wasserschutzgebiete mit einer Fläche von insgesamt ca. 9.500 km² zur Sicherung der öffentlichen Wasserversorgung. Die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) regelt den Umgang mit Wasserschutzgebieten und dient dem Schutz von Rohwässern in Wasserschutzgebieten vor Beeinträchtigungen durch Stoffeinträge aus der Landwirtschaft, worunter auch die forstwirtschaftliche Bodennutzung fällt. Bei der Bodenschutzkalkung werden Materialien ausgebracht, die im Zusammenhang mit der SchALVO unter das Düngegesetz § 2 fallen, da sie dazu dienen, die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten oder zu verbessern. Somit sind die Vorgaben bzgl. Wasserschutzgebieten hier einzuhalten.

Um das Grund-, Quell- und Oberflächenwasser weitgehend gegen Verunreinigungen zu schützen, werden im Einzugsbereich der Wasserfassungen Wasserschutzgebiete festgesetzt. Auf Grund der geologischen, hydrologischen und topographischen Verhältnisse werden die Schutzgebiete in drei Zonen eingeteilt, in denen unterschiedliche Einschränkungen der ordnungsgemäßen Landwirtschaft bestehen. Wirkungen der Bodenschutzkalkungen sind im Detail in Absatz 1.3.2 und ausführlich in **PUHLMANN et al. (2021b)** dargestellt. Die Wasserschutzgebiete werden folgendermaßen bei der Bodenschutzkalkung berücksichtigt:

- Zone I (Fassungsbereich): Der Abstand von der Fassung muss allseitig mindestens 10 m und in Richtung des zuströmenden Grundwassers mindestens 20 m betragen.

AUSSCHLUSSFLÄCHEN: Dieser Bereich wird vollständig aus der Kalkung herausgenommen und mit einem 100 m Puffer versehen, um Einträge in diese Zone durch Abdrift von Kalkmaterial zu vermeiden.

- Zone II (Engere Schutzzone): Aus hygienischen Gründen muss von der Abgrenzungslinie eine Fließzeit von mindestens 50 Tagen bis zur Fassung gewährleistet sein. Diese Bemessung gewährleistet, dass pathogene Mikroorganismen von der Fassung zurückgehalten werden.

PRÜFFLÄCHEN: Da bei der Bodenschutzkalkung keine hygienisch bedenklichen Stoffe ausgebracht werden, kann eine Bodenschutzkalkung hier grundsätzlich durchgeführt werden. Im konkreten Fall ist dies durch die zuständige Wasserschutzbehörde zu überprüfen, weshalb Schutzzone II als Prüfzone in den Kalkungskulissen ausgewiesen werden.

- Zone III (Weitere Schutzzone): Die Schutzzone III reicht in der Regel bis zur Grenze des unterirdischen Einzugsgebietes der Wassergewinnungsanlage. Oberirdisch entwässernde Flächen, die in das unterirdische Einzugsgebiet einleiten, können zusätzlich in das Schutzgebiet einbezogen werden.

KEINE EINSCHRÄNKUNGEN: In diesen Bereichen überwiegen die positiven Wirkungen der Bodenschutzkalkung auf die Wasserqualität im Einzugsgebiet, weshalb in dieser Zone keine wasserschutzrechtlichen Einschränkungen für die Durchführung von Bodenschutzkalkungen bestehen.

Mit dem Ausschluss der Zone I aus der Kalkungskulisse wird eine direkte, möglicherweise negative Beeinflussung (z.B. Nitrateinträge) der Wasserqualität verhindert. Unter Berücksichtigung längerer Fließwege ab Zone II werden diese Risiken minimiert. Die positiven Wirkungen auf die Wasserqualität liegen in der langfristigen Stabilisierung der Waldbodenfunktionen im Hinblick auf ihre Puffer- und Filterleistung.

Oberflächengewässer und Gewässerrandstreifen:

Bei der Kalkungsplanung wird bereits ein Großteil der im „Amtlichen Digitalen Wasserwirtschaftlichen Gewässernetz“ AWGN geführten Gewässer und insbesondere die größeren, permanent durchflossenen Gewässer auch über die Bewertung im Rahmen der Biotopkartierungen erfasst und bei der Festlegung als „kalkungssensitives Biotop“ auch aus der Kalkungskulisse ausgespart (**siehe Kapitel 3**). Ebenso fallen über das Kriterium „Standort / Boden“ Bereiche im Einflussbereich von Gewässern in den Bereich „nicht kalkungswürdig“

(siehe Kapitel 1.1.1 EXKURS). Wenige Gewässer werden über die letzten beiden Ausschlusskriterien noch nicht berücksichtigt. Da es sich hierbei in erster Linie um Bachläufe handelt, die meist auch nur temporär durchflossen werden, soll vor Ort geprüft werden, ob diese in der Kalkungskulisse beibehalten werden können. Die grundsätzliche Zuständigkeit für Vollzug und Kontrolle der Regelungen zum Gewässerrandstreifen liegt bei den unteren Wasserbehörden.

2.4. KULTURDENKMALE

Gemäß § 11 des Bundeswaldgesetzes (BWaldG) sollen die Funktionen des Waldes als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sowie die denkmalpflegerischen Belange bei der Bewirtschaftung angemessen berücksichtigt werden (**BLASCHKA et al. 2016**).

§ 2 des Denkmalschutzgesetzes von Baden-Württemberg (DschG) definiert Kulturdenkmale als Sachen, Sachgesamtheiten und Teile von Sachen, die aus wissenschaftlichen, künstlerischen oder heimatgeschichtlichen Gründen zu schützen sind. Der Gesetzestext sieht in ihrem Erhalt ein Gut öffentlichen Interesses. Zu den Kulturdenkmälern, die im Wald zu finden sind zählen auch die gesonderten Kategorien „Kulturdenkmale von besonderer Bedeutung (§ 12) und „Grabungsschutzgebiete (§ 22). Da für einen wirksamen Schutz der Denkmale Kenntnis über ihre genaue Lage benötigt wird, erfasst die Denkmalpflege sie flächendeckend. Die erhobenen Geo- und Sachdaten stehen der Landesforstverwaltung für die Waldfunktionenkartierung zur Verfügung. Mit der Darstellung der archäologischen Denkmale in der Waldfunktionenkarte (InFoGIS) kann ein Forstbetrieb erkennen, ob von ihm geplante Bewirtschaftungsmaßnahmen Auswirkungen auf ein Denkmal haben oder nicht. Im Rahmen der Betreuung von Kommunal- und Privatwald kann die untere Forstbehörde auf der Grundlage der Waldfunktionenkarte auf Denkmale hinweisen (**BLASCHKA et al. 2016**).

Archäologische Denkmale sind oft vollständig unter der Bodenoberfläche verborgene Kulturdenkmale. Einige sind an Reliefveränderungen zu erkennen wie Grabhügel, Befestigungsanlagen oder Altwege (z. B. Hohlwege, Römerstraßen). Bei archäologischen Denkmälern ist in den meisten Fällen davon auszugehen, dass die Kalkung aufgrund der pH-Wert-Stabilisierung keinen negativen Einfluss auf den Zustand hat. Ein höherer pH-Wert führt vielmehr dazu, dass sich die Erhaltungsbedingungen für das Menschen- und Tierknocheninventar verbessern. Auch Metallfundstücke, hier insbesondere solche aus Eisen, sind bei höheren pH-Werten weniger stark der Korrosion unterworfen. Anders verhält es sich bei Mooren, wo Kalken eine Mineralisierung und Degradation der Torfe zur Folge hätte. Dadurch würden sich die Erhaltungsbedingungen für archäologisch bedeutsame organische Reste verschlechtern. Da Moore bei der Waldkalkung ausgespart werden, sollte es zu keinen Konflikten kommen.

Gebäude und Gebäuderuinen wie z. B. Kapellen, Burgruinen, Brücken, wasserbauliche Anlagen (Wehre, Kanäle) aber auch Relikte aus jüngerer Zeit (z. B. aufgelassene Friedhöfe, Bunkeranlagen aus dem II. Weltkrieg) stellen ebenfalls geschützte Baudenkmale dar. Sie sind in der Regel aber – im Gegensatz zu archäologischen Denkmälern – besser als solche erkennbar. Besondere Bedeutung kommt in Waldgebieten den Kleindenkmälern zu. Im Wald sind dies vor allem Grenzsteine, kleine Bogenbrücken, Unterstände, Sühnekreuze, Wegkreuze, Bildstöcke, kleine Kapellen, Quellfassungen und Brunnen sowie Denksteine und Denkmale, die an Personen oder Ereignisse erinnern (**BLASCHKA et al. 2016**). Die vor allem durch Verschmutzung gefährdeten Bau- und Kleindenkmale sollen im Vorfeld einer Bodenschutzkalkung erkundet werden und ggf. geeignete Maßnahmen zu deren Schutz festgelegt werden.

Soweit archäologische Denkmale in der Kalkungskulisse vorkommen, sind in den meisten Fällen keine nachteiligen Auswirkungen zu erwarten. Bei Bau- und Kleindenkmälern sind ggf. geeignete Maßnahmen zu deren Schutz festzulegen. In unklaren Fällen kann mit dem für die Ausweisung zuständigen Regierungspräsidium bzw. dem dafür zuständigen Denkmalpfleger oder der Denkmalpflegerin das weitere Vorgehen abgestimmt werden.

3. BERÜCKSICHTIGUNG VON BIOTOPEN UND FFH-LEBENSRAUMTYPEN

3.1. VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG KALKUNGSSENSITIVER BIOTOPE

In Baden-Württemberg wird die Offenland-Biotopkartierung (OBK) von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) durchgeführt, die Waldbiotopkartierung (WBK) von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA). Der überwiegende Teil der Wald- und Offenlandbiotope in Baden-Württemberg ist nach § 30a Landeswaldgesetz bzw. § 30 Bundes- oder § 33 Landes-Naturschutzgesetz gesetzlich geschützt. Diese Gesetze besagen, dass alle Handlungen, die zu einer Zerstörung oder erheblichen oder nachhaltigen Beeinträchtigung der besonders geschützten Biotope führen können, verboten sind. Bei der Bewertung der Kalkungswirkung werden auch nicht gesetzlich geschützte Biotope berücksichtigt. Bodenschutzkalkungen können durch den Baseneintrag für bestimmte Biotoptypen (= Biotopstrukturen) eine erhebliche Beeinträchtigung darstellen, z. B. aufgrund einer Veränderung der typischen Bodenvegetation. Dies gilt vor allem für Biotoptypen auf basenarmen Extremstandorten mit spezifischer, säuretoleranter Vegetation.

Mögliche unzulässige Beeinträchtigungen nach **SEITZ (2014)** können sein

- Negative Veränderung des Standorts (Nivellierung)
- Abnahme kalkmeidender Arten (z. B. Heidelbeere, bestimmte Moose, Flechten, Pilze)
- Begünstigung von Stickstoffzeigern/Störzeigern (Brombeere u. a.), s. a. **REIF et al. (2014)**

Um die als kalkungssensitiv bewerteten Biotope zu schützen, werden die aktuellen Kartierungen genutzt und die entsprechenden Biotope mit einem Puffer aus der Kalkungskulisse herausgenommen.

Unterschiede beim Bewertungsverfahren der Kalkungssensitivität zwischen OBK und WBK liegen in der Historie, dem Datenstand und seiner Auswertungsmöglichkeiten und der unterschiedlichen Zuständigkeit begründet. Nichtsdestotrotz wurde im Zuge der Abstimmung auf eine Harmonisierung geachtet, wo immer möglich. So sind insbesondere die Bewertungen der direkten Beeinträchtigung von Biotoptypen weitestgehend identisch. Unterschiede bestehen v.a. in der Bewertung des Arteninventars (bislang nur bei der WBK) und bei der Heranziehung der Biotope als potentielle Lebensräume sensitiver Arten, v.a. von Insekten (nur bei der OBK).

3.2. WALDBIOTOPE

Eine vollständige Liste der Biotoptypen im Wald von Baden-Württemberg mit ihrer spezifischen Kalkungssensitivität sowie den jeweils zugeordneten FFH-Lebensraumtypen ist der Schlüsselliste im **Anhang 5.3** zu entnehmen.

Biotopstrukturen, die von einer Kalkung beeinträchtigt werden können, werden im Biotopbeleg mit einem in Klammern gesetzten Ausrufezeichen (!) gekennzeichnet. Biotope, die allein aufgrund des Vorkommens kalkungssensitiver Arten der Regeln 1-4 (s.u.) von der Kalkung ausgenommen werden müssen, werden ausschließlich im Klartextfeld „Maßnahmen“ entsprechend gekennzeichnet. Die Biotopbelege enthalten die Einstufungsvarianten für das Gesamtbiotop im Klartext-Bemerkungsfeld „Maßnahmen“ („keine Kompensationskalkung möglich“). Damit lässt sich auf Biotopebene eine eindeutige Aussage hinsichtlich der Kalkungssensitivität treffen.

Sofern innerhalb eines Biotopes nur eine Biotopstruktur vorkommt, ist die Ansprache der Kalkungssensitivität einfach. Ein Teil der von der Waldbiotopkartierung abgegrenzten Biotopflächen stellt jedoch Mischbiotope dar, d.h. ein Biotop umfasst mehrere Biotopstrukturen mit teils unterschiedlicher Kalkungssensitivität. Da die einzelnen Biotopstrukturen nicht (z. B. durch Geodaten) genau innerhalb des Biotops zu verorten sind, erfolgt die Einstufung einer Kalkungssensitivität des Mischbiotops anhand des folgenden Schemas:

1. Kalkungssensitive Biotope, die a) entweder vollflächig aus kalkungssensitiven Strukturen bestehen oder b) sowohl kalkungssensitive als auch kalkungstolerante Biotopstrukturen enthalten, in denen der summarische Flächenanteil der kalkungstoleranten Strukturen aber < 2 ha liegt. Diese Biotope werden grundsätzlich von einer Kalkung ausgenommen mit einem Puffer von 100 m.

2. Biotope mit sowohl kalkungssensitiven als auch kalkungstoleranten Strukturen, in denen die Fläche kalkungstoleranter Biotopstrukturen in der Summe ≥ 2 ha ist. Da eine Einzelfallprüfung sehr aufwendig ist und i.d.R. kaum durchgeführt werden kann, werden diese Biotope von der Kalkung ausgenommen und mit einem Puffer von 50 m ausgestattet. Eine Reduzierung des Puffers auf 50 m berücksichtigt den größeren Anteil an kalkungstoleranten Biotopstrukturen in diesen Flächen.
3. Kalkungstolerante Biotope, in denen ausschließlich Biotopstrukturen und Arten vorkommen, bei denen keine Bedenken gegen eine Bodenschutzkalkung bestehen, werden nicht aus der Kalkungskulisse herausgenommen.

Einen Sonderfall bilden Moorflächen, welche hochsensitiv auf Kalkungen reagieren. Alle Biotope, die Moorstrukturen enthalten, werden grundsätzlich in die Kategorie „kalkungssensitiv“ eingestuft.

Einen weiteren Sonderfall stellen Waldbiotope mit kalkungssensitiven Pflanzenarten dar. Sobald eine vorkommende Art als kalkungssensitiv bewertet ist, wird das gesamte Biotop als kalkungssensitiv gekennzeichnet. Eine Art wird in der WBK als kalkungssensitiv eingestuft, wenn mindestens eine der vier Regeln erfüllt wird:

- Regel 1: Rote-Liste-Status 0-3, R oder G
- Regel 2: Ellenberg Reaktionszahl 1 oder 2
- Regel 3: Reaktionszahl 3 UND RL-Status V oder Nennung in ArtSchV (besonders/streng geschützt) oder FFH-Art (**siehe auch Kapitel 4.2**)
- Regel 4: gutachterliche Einschätzung der wenigen nicht mit Regel 3 abgedeckten Arten mit Ellenberg Reaktionszahl 3. Im Ergebnis wurden die folgenden Arten der Regel 4 gutachtlich als sensitiv eingeschätzt:

Betula pubescens, Briza media, Callitriche hamulata, Carex canescens agg., Carlina acaulis, Chrysothrix chlorine, Cladonia gracilis, Cystocoleus ebeneus, Danthonia decumbens, Diploschistes scruposus, Festuca nigrescens, Festuca ovina, Genista sagittalis, Jovibarba globifera, Monotropa hypophegea, Monotropa hypopitys, Ochrolechia alboflavescens, Polygala vulgaris, Potentilla erecta, Pseudevernia furfuracea, Racomitrium lanuginosum, Ranunculus hederaceus, Rhizocarpon geographicum, Scleranthus polycarpus, Silene rupestris, Usnea filipendula, Usnea hirta

Tabelle 2 stellt die Entscheidungsfindung bei der Bewertung der Kalkungssensitivität für Waldbiotope dar.

Zwei Drittel aller Biotope mit kalkungssensitiven Pflanzenarten sind bereits aufgrund kalkungssensitiver Strukturen von der Kalkung ausgenommen.

Tabelle 2: Bewertung der Kalkungssensitivität aufgrund der Bewertung der einzelnen Biotoptypen bei Mischbiotopen (Teilbiotope a und b) sowie der vorkommenden Arten. Sobald eines der Biotope im Mischbiotop oder eine sensitive Art vorkommt, wird eine Gesamtbewertung in „sensitiv“ erfolgen.

	Biotop 1	Biotop 2	Biotop 3	Biotop 4
Biototyp a	Nicht sensitiv	Nicht sensitiv	Nicht sensitiv	Nicht sensitiv
Biototyp b	Nicht sensitiv	Nicht sensitiv	sensitiv	sensitiv
Sensitive Art	Ja	Nein	ja	Nein
Gesamtbewertung	Sensitiv (keine Kalkung)	Nicht sensitiv (Kalkung möglich)	Sensitiv (keine Kalkung)	Sensitiv (keine Kalkung)

3.3. OFFENLANDBIOTOPE

Eine vollständige Liste der Biotoptypen im Offenland von Baden-Württemberg mit ihrer spezifischen Kalkungssensitivität ist der Schlüsselliste **Tabelle 8** im **Anhang 5.4** zu entnehmen.

Hierbei wurden die Sensitivitäten aus der Waldbiotopkartierung übernommen, sofern derselbe Biotoptyp beschrieben wurde. Ausschließlich im Offenland vorkommende Biotoptypen wurden gutachterlich von der Naturschutzverwaltung in Abstimmung mit der Landesforstverwaltung bewertet. Manche Offenlandbiotoptypen sind aufgrund ihrer Habitatstruktur aus der Kalkung ausgeschlossen worden, da bei der Kalkausbringung eine Gefährdung von Insekten nicht vollständig ausgeschlossen werden kann. Dabei wurden mehrere Kategorien und Pufferbereiche definiert, um den besonderen Schutzstatus, aber auch die räumliche Relevanz zu berücksichtigen:

1. Kalkungssensitivität gegenüber basischen Einträgen: sensitiv **S** (mit 100m Puffer)
2. Unterscheidung je nach geologischem Hintergrund: sensitiv in Wuchsgebieten mit hohen Anteilen natürlich saurer Bereiche (Wuchsgebiete Schwarzwald und Odenwald) (z.B. naturnahe Quellen, offene Felsbildungen) (**S** in WG 2 und 3; mit 100m Puffer)
3. Sensitiv nur dann, wenn zugleich bestimmte LRTs (3130, 3110) (z.B. Tümpel, Altarme, Tauch- und Schwimmblattvegetation, Kiesbänke, ...) (**S** in LRT 3130, 3110; mit 100m Puffer)
4. Punktuelle bis lineare sensitive Strukturen mit hoher Flächenrelevanz, deren Sensitivitätsbewertung primär dem Insektenschutz dient (morphologische Strukturen): z.B. Steinriegel, Lesesteinhaufen, Trockenmauern, Feldhecken, Schlehenhecke, Gebüsche trockenwarmer Standorte; Kompromiss Sensitiv **S** 50m Puffer
5. Ausschluss ohne Pufferung, da primär physikalische Gefährdung von Insekten, aber keine chemische Sensitivität (z.B. Röhrichte, Großseggenriede). **S** ohne Pufferung
6. Vor Ort von UNB zu prüfen: gibt es an den definierten Prüfflächen „OBK Prüfen“ (umfasst „Hohlwege“ und „Sumpf“) schützenswerte Vorkommnisse von z.B. Wildbienen, Moosarten? dies sind Prüfflächen ohne Puffer und müssen bei der Abstimmung zur Kalkungsplanung dahingehend geprüft werden, dass keine mechanische Gefährdung evtl vorkommender schützenswerter Arten stattfindet. (Hohlwege: hier darf keine Verblasung direkt an Hohlwegewand erfolgen; Sumpf: Vermeidung einer Beeinträchtigung nachgewiesener gefährdeter Arten): Kategorie Prüfen **P**
7. Keine Kalkungssensitivität: **K**
8. irrelevant

Bei Mischbiotopen aus der Offenlandbiotopkartierung, die sowohl kalkungssensitive als auch kalkungstolerante Biotopstrukturen enthalten, wird der Puffer der am stärksten gepufferten Einzelstruktur (siehe Aufzählung oben) angewendet. Keine Pufferung eines sensitiven OBK-Biotops erfolgt, wenn in diesem ausschließlich sensitive Strukturen vorkommen, die nach der obenstehenden Aufzählung nicht gepuffert werden müssen.

4. BERÜCKSICHTIGUNG VON GESCHÜTZTEN UND GEFÄHRDETEN ARTEN

Bodenschutzkalkungen haben Auswirkungen auf das Waldökosystem und auch z.T. auf angrenzende Bereiche. Um den Artenschutz grundlegend zu berücksichtigen, wird neben dem Prinzip „Ausschluss aufgrund von bekannter Kalkungssensitivität“ auch sehr stark das Vorsorgeprinzip „Ausschluss aufgrund möglicher / nicht auszuschließender Kalkungssensitivität“ angewandt.

Es gilt den gesetzlichen Auftrag des Artenschutzes vollständig und fachlich begründet in der Kalkungskulisse zu berücksichtigen. Aufgrund der nachgewiesenen Dringlichkeit von Bodenschutzkalkungen aus Sicht des Bodenschutzes ist es daher geboten, für potentiell betroffene Arten die Kalkungssensitivität zu bewerten. Ein pauschaler Ausschluss aller Bereiche ist nicht begründbar.

Alle geschützten und/oder gefährdeten Arten (besonders und streng geschützte Arten; Rote Liste) wurden hinsichtlich ihrer Kalkungssensitivität bewertet. Daraus definieren sich Ausschluss- und Prüfflächen für Arten aus dem Artenschutzprogramm ASP (**Kapitel 4.1**), für Arten aus dem FFH-Anhang, bzw Vogelschutzprogramm (**Kapitel 4.2**) sowie für Waldzielarten (**Kapitel 4.3**). Übergeordnete Artenschutzbedarfe werden flächendeckend berücksichtigt (**siehe Kapitel 1.1.8**). Daneben gilt der Biotopschutz sowie der Ausschluss bestimmter Standortseinheiten sowie Bodenformen bereits als äußerst wirksames Instrument, um damit zugleich auch kalkungssensitive Arten und deren Lebensräume zu schützen. Nicht nur aufgrund der gutachterlichen Bewertung dieser Einheiten, sondern auch, da Artenlisten eine Grundlage für die Bewertung der Sensitivität von Biotopen darstellen.

Die Prüfung des Artenschutzes wurde in Abstimmung zwischen den Abteilungen „Boden und Umwelt“ und „Waldnaturschutz“ der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) sowie mit dem Referat 25 – Artenschutz, Landschaftsplanung der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) sowie den Referaten 56 - Naturschutz und Landschaftspflege der Regierungspräsidien Freiburg und Karlsruhe durchgeführt. Es wurde ein abgestuftes Verfahren angewandt. Ziel war es hierbei zu validieren, inwieweit die vorhandenen Ausschlussflächen geeignet sind, Beeinträchtigungen bei den kartierten Arten bereits ohne deren explizite Berücksichtigung im GIS zu vermeiden.

Als Grundlage für die Bewertung wurde zunächst die aktuelle „Kalkungspotentialkarte“ genutzt (**vergleiche Kapitel 1.1.1**). So wurden die Flächen definiert, wo potentiell noch gekalkt werden könnte (also unabhängig davon, ob die Kulissen überhaupt vollzogen werden). Zusätzlich wird ein 100m Pufferstreifen um die Kalkungspotentialkarte angelegt. Von der potentiellen Kalkungskarte (plus 100m Puffer) wurden alle zur Anwendung kommenden Ausschlussflächen abgezogen. Zur Prüfung möglicher Betroffenheiten von kartierten Artvorkommen wurden dann alle seit 1990 im Arteninformationssystem der LUBW (ARTIS) dokumentierten Fundpunkte aller besonders und streng geschützten Arten und aller Arten mit einem Gefährdungsstatus (Rote Liste) (758 Arten, Stand 12/2022) mit der „Kalkungspotentialkarte“ verschnitten. Daraus ergaben sich für alle als kalkungssensitiv definierten Arten nur noch sehr geringe bis i.d.R. keine (!) Überschneidungswerte mit der Kalkungspotentialkarte, was den bis dahin verfolgten Ansatz des „Vorsorgeprinzips: Ausschluss von Biotopen / Lebensstätten mit potentiellen Habitaten für kalkungssensitiven Arten“ deutlich bestätigt hat. Toleriert wurden bei den als sensitiv bewerteten besonders oder streng geschützten Arten bzw. den Arten mit RL-Status 1-3 Anteile von bis zu 2% aller Fundpunkte, die in der Potentialfläche liegen. Im Ergebnis blieben neun sensitive Arten (alles Schmetterlinge), bei denen die Generierung aller zuvor beschriebenen Ausschlussflächen noch nicht zu einem Ausschluss von mindestens 98% der Fundpunkte führte. Die Fundpunkte dieser Arten, die in der Kalkungspotentialfläche liegen (19 von insgesamt 570 Fundpunkten dieser neun Arten) wurden einzeln überprüft und, sofern es sich nicht nur um „scheinbare“ Vorkommen (Fundpunkte sind oftmals sogenannte Centroiden; dieser räumliche Mittelpunkt kann insbesondere bei Multipart-Polygonen auch außerhalb der eigentlich gemeinten und kartierten Vorkommensfläche der Art liegen) in der Kalkungskulisse handelte, noch als Ausschlussflächen berücksichtigt.

Somit wird gewährleistet, dass alle bekannten Vorkommen der kalkungssensitiv bewerteten Arten durch zeitlichen, räumlichen oder technischen Ausschluss vor negativer Beeinträchtigung durch die Bodenschutzkalkung geschützt werden. Ein Beispiel ist in **Abbildung 16** dargestellt.

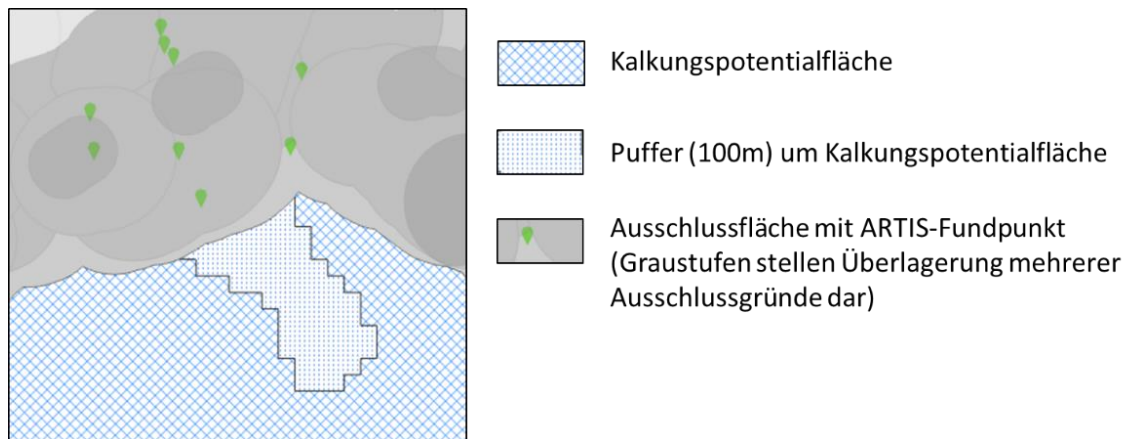


Abbildung 16: Fundpunkte von kalkungssensitiven Arten liegen i.d.R. außerhalb der Kalkungspotentialfläche und werden durch die angewandten Ausschlussverfahren geschützt (Bewertungsansatz: mehr als 98% der Fundpunkte müssen außerhalb liegen, in diesem Beispiel liegt kein Fundpunkt in der gepufferten Kalkungspotentialfläche).

4.1. ARTENSCHUTZPROGRAMM ASP

Generell von der Kalkung ausgenommen, bzw. technisch stark eingeschränkt sind Flächen des Artenschutzprogramms (ASP), welche von der LUBW bereitgestellt werden. Das Arten- und Biotopschutzprogramm Baden-Württembergs, verankert in § 39 NatSchG, ist ein wichtiges und besonders reaktionsschnelles Instrumentarium des Landes zum Schutz und Erhalt stark bedrohter Tier- und Pflanzenarten sowie ihrer Lebensräume. Es ist damit von zentraler Bedeutung für die biologische Vielfalt im Land. Ziel des Arten- und Biotopschutzprogramms ist es, vom Aussterben bedrohte und hochgradig gefährdete Tier- und Pflanzenarten, für die das Land zum Teil auch eine besondere Verantwortung hat, im Bestand zu stabilisieren und zu fördern. (Quelle und weitere Informationen: <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/natur-und-landschaft/arten-und-biotopschutzprogramm>). Zur Bewertung einer möglichen Beeinträchtigung von Artvorkommen aus dem ASP durch die Bodenschutzkalkung wurden die aktuell bekannten Vorkommen verschnitten mit dem aktuellen Waldlayer aus dem amtlich topographisch kartographischen Informationssystem (ATKIS), welcher noch um 50 m ins Offenland gepuffert wurde. Damit wurden über 600 Arten identifiziert, welche aus Vorsorgegründen von der Kalkung vollständig, bzw. temporär ausgeschlossen werden oder ein technischer Ausschluss definiert wurde. Flächenbedeutsame Arten, die bei der Bodenschutzkalkung berücksichtigt werden, sind z.B. der Eremit (*Osmoderma eremita*), der Wiedehopf (*Upupa epops*) oder der Europäische Dünnpfarn (*Trichomanes speciosum*).

4.2. FFH-ANHANG II UND IV-ARTEN UND VOGELSCHUTZRICHTLINIE

Folgende Arten (**Tabelle 3**) werden bei der Bodenschutzkalkung besonders berücksichtigt. Sie gelten als kalkungssensitiv, bzw. ein negativer Einfluss der Kalkung kann auf die Arten nicht ausgeschlossen werden. Die Arten sind auch in **Tabelle 9** enthalten.

Wichtigstes Instrument der EG-Vogelschutzrichtlinie (VRL) ist die Ausweisung von Vogelschutzgebieten (SPA = special protected areas). Sie dienen insbesondere dem Schutz der in Anhang I gelisteten und den nach Kriterien des Art. 4 Abs. 2 der VRL ausgewählten Vogelarten. Dem Vogelschutz wird bereits durch die Einschränkung der Ausbringungszeit auf den Zeitraum außerhalb 01.03. – 30.06. Rechnung getragen. Insbesondere für die subalpine Vogelgilde im Schwarzwald wird diese Ausschlusszeit erweitert bis 31.08. (**siehe auch Abbildung 6**). Das Auerhuhn wird hierbei nochmals gesondert berücksichtigt.

Tabelle 3: Bei der Kalkung besonders berücksichtigte FFH- und SPA-Arten

Artengruppe	Art	Deutscher Name	Berücksichtigung Kalkung
Amphibien	<i>Bombina variegata</i>	Gelbbauchunke	Zeitlicher Ausschluss Lebensstätten Kalkung erst ab 15.08.
	<i>Triturus cristatus</i>	Nördlicher Kammmolch	
Fledermäuse	Alle Arten		Technischer Ausschluss: Fundpunkte (=Quartiere): im Umkreis von 200m: nur Helikopterkalkung
Krebse	<i>Austropotamobius pallipes</i>	Dohlenkrebs	Räumlicher Ausschluss Lebensstätten 25m Puffer
	<i>Austropotamobius torrentium</i>	Steinkrebs	
Moose	<i>Buxbaumia viridis</i>	Grünes Koboldmoos	Räumlicher Ausschluss Lebensstätten 100m Puffer
	<i>Orthotrichum rogeri</i>	Rogers Goldhaarmoos	
Moose	<i>Dicranum viride</i>	Grünes Besenmoos	technischer Ausschluss Lebensstätten nur Helikopterkalkung
Farne	<i>Trichomanes speciosum</i>	Europ. Dünnfarn	Räumlicher Ausschluss Lebensstätten 100m Puffer
Insekten	<i>Rosalia alpina</i>	Alpenbock	Räumlicher Ausschluss Lebensstätten 100m Puffer
	<i>Cerambyx cerdo</i>	Heldbock	
Insekten	<i>Osmoderma eremita</i>	Eremit	technischer Ausschluss Lebensstätten nur Helikopterkalkung
Vögel	<i>Turdus torquatus</i>	Alpen-Ringdrossel	Zeitlicher Ausschluss Lebensstätten Kalkung erst ab 01.09.
	<i>Carduelis citrinella</i>	Zitronenzeisig	
	<i>Picoides tridactylus</i>	Dreizehenspecht	
	<i>Dendrocopos leucotos</i>	Weißrückenspecht	
	<i>Tetrastes bonasia</i>	Haselhuhn	
	<i>Tetrastes bonasia</i>	Bergpieper	
Vögel	<i>Tetrao urogallus</i>	Auerhuhn	Räumlicher Ausschluss APA Vorrangfläche; zeitlicher Ausschluss APA Ergänzungsfläche (keine Kalkung zwischen 1.12. und 14.07.)
Vögel	<i>Ciconia nigra</i>	Schwarzstorch	Prüfung Horstzone / Ausbringungszeit
	<i>Milvus milvus</i>	Rotmilan	

4.3. WEITERE BERÜCKSICHTIGTE ARTEN (WALDZIELARTEN)

Zur Umsetzung der waldbezogenen Ziele der Nationalen Biodiversitätsstrategie in Baden-Württemberg wurde eine „Gesamtkonzeption Waldnaturschutz“ erarbeitet, die für den Staatswald verbindlich ist und unter anderem Ziele zur Artenförderung enthält (**Tabelle 4**). In diesem Rahmen wurden 122 zumeist gefährdete Arten aus verschiedenen Artengruppen (Moose, Gefäßpflanzen, Flechten, Großpilze, xylobionte Käfer, Schmetterlinge, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere) systematisch ausgewählt. Sie repräsentieren mit ihren Ansprüchen wesentliche in Baden-Württemberg vorkommende Waldgesellschaften und Waldstrukturen auf unterschiedlichen räumlichen Maßstabsebenen (*siehe BRAUNISCH et al. 2020*). Dabei ist bei einigen Arten eine redundante Erfassung über ASP, bzw FFH gegeben. Aufbauend auf einer Bewertung der Wirkung der Kalkung auf diese Arten wurden notwendige Einschränkungen der Kalkausbringung definiert. In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass auch für die meisten dieser Waldzielarten die Datengrundlage für eine zuverlässige Einschätzung bezüglich der Kalkungswirkung ungenügend ist, und daher dem Vorsorgeprinzip folgend Einschränkungen bei der Bodenschutzkalkung definiert sind.

Tabelle 4: Waldzielarten, die als kalkungssensitive Arten über das WNS-Informationssystem bei der Kalkung berücksichtigt werden

Artengruppe	Art	Deutscher Name	Berücksichtigung Kalkung
Flechten	<i>Sphaerophorus globosus</i>	Korallen-Kugelträger	Ausschluss Vorkommen und Lebensstätten (Puffer 100m)
	<i>Cladonia arbuscula/rangiferina</i>	Rentierflechte	
	<i>Cetraria sepincola</i>	Birkenzweigflechte	
	<i>Icmadophila ericetorum</i>	Heideflechte	
	<i>Cladonia stygia</i>	Moor-Rentierflechte	
	<i>Alectoria sarmentosa</i>	Hängende Alectorie	
	<i>Evernia divaricata</i>	Sparrige Pflaumenflechte	
	<i>Calicium glaucellum</i>	Bereifte Kelchflechte	
	<i>Calicium viride</i>	Grüne Kelchflechte	
	<i>Lecanactis abietina</i>	Tannen-Strahlflechte	
Moose	<i>Ulota hutchinsiae</i>	Amerikanisches Krausblattmoos	Ausschluss Vorkommen und Lebensstätten (Puffer 100m). Nur technischer Ausschluss: <i>Dicranum viride</i> – nur Helikopter Nur Materialausschluss: <i>Neckera pennata</i> und <i>Buxbaumia aphylla</i> kein trockenes Material (in BW wird aktuell nur erdfeuchtes Material benutzt)
	<i>Dicranum spurium</i>	Unechtes Gabelzahnmoos	
	<i>Dicranum viride</i>	Grünes Besenmoos	
	<i>Neckera pennata</i>	Gefiedertes Neckermoos	
	<i>Anastrepta orcadensis</i>	Echtes Orkney-Moos	
	<i>Buxbaumia viridis</i>	Grünes Koboldmoos	
	<i>Buxbaumia aphylla</i>	Blattloses Koboldmoos	
	<i>Racomitrium lanuginosum</i>	Zottiges Zackenmützenmoos	
Großpilze	<i>Lactarius aspidicus</i>	Schild-Milchling	Ausschluss Vorkommen und Lebensstätten (Puffer 100m)
	<i>Lactarius lilacinus</i>	Lila Milchling	
	<i>Hericiium agg.</i>	Stachelbart	
	<i>Cantharellus friesii</i>	Samtiger Pfifferling	
	<i>Ramaria agg.</i>	(Arten der Gattung, die auf natürlich sauren Standorten vorkommen)	
	<i>Albatrellus ovinus s.l.</i>	Schafporling	
	<i>Russula claroflava</i>	Gelber Graustiel-Täubling	
Gefäßpflanzen	<i>Lychnis viscaria</i>	Gewöhnliche Pechnelke	Ausschluss Vorkommen und Lebensstätten (Puffer 100m)
	<i>Betula humilis</i>	Strauch-Birke	
	<i>Pinus mugo ssp. rotundata</i>	Moorkiefer	
	<i>Trichomanes speciosum</i>	Europäischer Dünnfarn	
	<i>Anthericum liliago</i>	Traubige Grasllilie	
Schmetterlinge	<i>Lopinga achine</i>	Gelbringfalter	Ausschluss Vorkommen und Lebensstätten (Puffer 100m)
	<i>Coenonympha hero</i>	Wald-Wiesenvögelchen	
	<i>Lycaeides idas</i>	Ginster-Bläuling	
	<i>Colias palaeno</i>	Hochmoorgelbling	
Vögel	<i>Tetrao urogallus</i>	Auerhuhn	Räumlicher Ausschluss APA Vorrangfläche; zeitlicher Ausschluss APA Ergänzungsfläche (keine Kalkung zwischen 1.12. und 14.07.)

4.4. WEITERE PRÜFFLÄCHEN

Vorkommen von Lichtwaldarten außerhalb natürlich saurer Standorte: Hier sollten im Vorfeld der Kalkung bei der FVA (Abt. Waldnaturschutz), Forstdirektion (insbesondere Waldweiden), LUBW und HNB Hinweise abgefragt werden. So sollen z. B. laufende Lichtwaldprojekte und deren Kalkungssensitivität geprüft werden.

EXKURS LICHTWALDPROJEKTE

Lichtwaldprojekte haben das Ziel, eine besondere Artengemeinschaft – oftmals mit (hoch) spezialisierten, seltenen und gefährdeten Arten – zu schützen und zu entwickeln. Dabei wird in zwei verschiedenen Lichtwaldtypen gehandelt:

1. In natürlich lichten Wäldern, die sich aufgrund von Standortextremen entwickelt haben (z. B. Trockenheit, Steilheit, Nährstoffarmut)
2. In anthropogenen lichten Wäldern, die aufgrund historischer Waldbewirtschaftung entstanden sind (z. B. Waldweide, Mittelwald, Streu ausrechen).

Naturschutzfachliche Maßnahmen haben in beiden Lichtwaldtypen gemeinsam, dass Landschaftsmosaik aus offenen, halboffenen und etwas dichteren Bereichen mit insgesamt meist mageren Standortbedingungen angestrebt werden. Zudem werden manche Lichtwälder so gemanagt, dass gezielt Nährstoffaustrag (De-Eutrophierung) stattfindet. Entsprechend sollen Arten geschützt werden, die an diese mageren Standorte angepasst sind.

Eine Kalkung würde aufgrund der erhöhten Nährstoffgabe diesen Zielen entgegenstehen und die Etablierung konkurrenzkräftiger, an mittlere bis eutrophe Standorte angepasste Arten in der Vegetation fördern.

Lichtwald-Projekte sind häufig mit einem rechtlich verankerten Schutzstatus versehen. Entweder handelt es sich um Waldbiotope oder es werden Naturschutz-Verträge geschlossen. Größere Waldgebiete können den Schutzstatus eines Schonwaldes bekommen. Aus diesem Grunde sollten Lichtwaldprojekte bzw. Vorkommen von Lichtwaldarten generell von einer Kalkung ausgeschlossen werden.

5. ANHANG

5.1. KALKUNGSSENSITIVE STANDORTSEINHEITEN UND DEREN FLÄCHENBILANZ NACH WUCHSGEBIETEN

Tabelle 5: Kalkungssensitive Standortseinheiten und deren Flächenbilanz nach Wuchsgebieten, Stand 10/2020; Wuchsgebiet (WG) 1: Oberrheinisches Tiefland, WG 2: Odenwald, WG 3: Schwarzwald, WG 4: Neckarland, WG 5: Baar-Wutach, WG 6: Schwäbische Alb, WG 7: Südwestdeutsches Alpenvorland

SIGEL	Name	Wuchsgebiet* (ha der Standortseinheit)						
		1	2	3	4	5	6	7
(gf)HS	Tannen-Fichten-Kiefern-Wald auf schwach grundfeuchtem Hochlagen-Sand			28				
(gf)IHS	Fichten-Tannen-Kiefern-Wald auf schwach grundfeuchtem lehmigem Hochlagen-Sand			47				
amMrLa	Fichtenwald auf anmooriger Moorrandle							<1
BH=	Traubeneichenwald auf trockenem Buntsandsteinhang			20				
bHM	Fichten-Bergkiefern-Wald auf bestocktem Hochmoor			103				
Bl	Birken-Vogelbeeren-Wald auf Blockschuttdecken			33				
Bl+	Buchen-Bergahorn-Wald auf frischem Blockschuttboden		9					
BID	Traubeneichen-Sommerlinden-Wald auf mäßig frischer Blockschuttdecke		24					
BIH	Buchen-Bergahorn-Wald auf mäßig frischem Block- und Felshang			220				
BIH-	Bergahorn-Buchen-Wald auf mäßig trockenem Block- und Felshang			1745		5		
BIHoB	Block- und Felshang ohne Bestockung			26				
BILa	Unbestockte extreme Blocklagen			241				
BIRi	Tannenwald in Blockrinnen im Buntsandstein			28				
BIRi+	Bergahorn-Eschen-Wald in frischen Blockrinnen		6					
BISt	Birken-Vogelbeeren-Wald auf Blockströmen im Granit			12				
BW-	Trockener Spitzahorn-Sommerlinden-Bergwald							1
dbI	Tannen-Buchen-Fichten-Wald auf durchlässigen Blockschuttdecken			121				
eBILa	Birken-Vogelbeeren-Wald in extremen Blockschuttlagen			251				
eHBIH	Birken-Vogelbeeren-Fichten-Wald auf extremem Hochlagen-Block- und Felshang			17				
F	Extrem felsige Lagen			67				
fEM	Erlen-Eschen-Wald auf feuchtem Erdmoor							18
FH	Unbestockter Standort auf Felshang ohne Bestockung			7				
fHMm	Bergkiefern-Moorwald auf feuchtem Hochmoor in Mineralisierung							13
fkMud	Erlenwald auf feuchten kalkreichen Mudden							15
fkmuEM	Stieleichen-Eschen-Erlen-Wald auf feuchtem kalkmuddengründigem Erdmoor							2
fkmuNMm	Erlen-Eschen-Wald auf feuchtem flachgründigem Niedermoor in Mineralisierung über kalkreichen Mudden							5
fmmuNMm	Moorbirken-Schwarzerlen-Fichten-Wald auf feuchtem mittelgründigem Niedermoor in Mineralisierung über Mudden-Abfolge							13
fmuNMm	Moorbirken-Erlen-Wald auf feuchtem flachgründigem Niedermoor in Mineralisierung über Mudden-Abfolge							1<1
fNMm	Schwarzerlen-Fichten-Eschen-Wald auf feuchtem Niedermoor in Mineralisierung							1
fsFH	Fichten-Tannen-Kiefern-Wald auf feucht-saurem Flachhang			406				
fsHH	Fichten-Tannen-Kiefern-Wald auf feucht-saurem Hochlagen-Hang			287				
fsLa	Fichten-Tannen-Kiefern-Wald in feucht-sauren Lagen			60				
fsRi	Fichten-Tannen-Wald in feucht-sauren Bachtälchen und Senken			23		46		

SIGEL	Name	Wuchsgebiet* (ha der Standortseinheit)						
		1	2	3	4	5	6	7
fsSe	Tannen-Fichten-Wald in feucht-sauren Senken, Mulden und Bachtälern				109			
fsSH	Tannen-Fichten-Kiefern-Wald auf feucht-saurem Steilhang			276				
ftgEM	Stieleichen-Eschen-Wald auf feuchtem tongründigem Erdmoor							2
ftmuNMm	Moorbirken-Erlen-Wald auf feuchtem tiefgründigem Niedermoor in Mineralisierung über Mudden-Abfolge							22
ftmuZMm	Kiefern-Fichten-Wald auf feuchtem Übergangsmoor in Mineralisierung über Muddenabfolge							7
fttgEM	Schwarzerlen-Fichten-Eschen-Wald auf feuchtem tiefgründigem tongründigem Erdmoor							2
fvemgNM	Eschen-Schwarzerlen-Wald auf feuchtem vererdetem mineralgründigem Niedermoor	111						
fveNM	Eschen-Schwarzerlen-Wald auf feuchtem vererdetem Niedermoor	25						
fzMm	Fichten-Kiefern-Wald auf feuchtem Zwischenmoor in Mineralisierung							18
gfEM	Buchen-Stieleichen-Wald auf grundfeuchtem Erdmoor							14
gfHMm	Fichten-Kiefern-Wald auf grundfeuchtem Hochmoor in Mineralisierung							6
gfHS	Fichten-Tannen-Kiefern-Wald auf grundfeuchtem Hochlagen-Sand			1010				
gfkMud	Bergahorn-Eschen-Wald auf grundfeuchten kalkreichen Mudden							10
gfkmuEM	Buchen-Stieleichen-Wald auf grundfeuchtem kalkmuddengründigem Erdmoor							14
gfkmuNMm	Eschen-Erlen-Wald auf grundfeuchtem flachgründigem Niedermoor in Mineralisierung über kalkreichen Mudden							<1
gfLa	Tannen-Fichten-Buchen-Wald in grundfeuchten Lagen			142				
gfIHS	Fichten-Tannen-Kiefern-Wald auf grundfeuchtem lehmigem Hochlagen-Sand			92				
gfmgEM	Buchen-Stieleichen-Wald auf grundfeuchtem mineralbodengründigem Erdmoor							12
gfmumuNMm	Schwarzerlen-Fichten-Wald auf grundfeuchtem mittelgründigem Niedermoor in Mineralisierung über Mudden-Abfolge							7
gfNMm	Fichten-Erlen-Wald auf grundfeuchtem Niedermoor in Mineralisierung							1
gfS	Tannen-Kiefern-Wald auf grundfeuchtem Sand			172				
gftgEM	Buchen-Stieleichen-Wald auf grundfeuchtem tongründigem Erdmoor							5
gftmgEM	Buchen-Stieleichen-Wald auf grundfeuchtem tiefgründigem mineralbodengründigem Erdmoor							14
gftmuEM	Buchen-Stieleichen-Wald auf grundfeuchtem tiefgründigem muddengründigem Erdmoor							12
gftmuNMm	Schwarzerlen-Fichten-Wald auf grundfeuchtem tiefgründigem Niedermoor in Mineralisierung über Mudden-Abfolge							20
gftmuZMm	Fichten-Kiefern-Wald auf grundfeuchtem Übergangsmoor in Mineralisierung über Muddenabfolge							3
gfttgEM	Buchen-Stieleichen-Wald auf grundfeuchtem tiefgründigem tongründigem Erdmoor							5
GMi	Kiefern-Fichten-Wald auf (abzugsträger) Gipfel-Misse			159				
hfsRi	Tannenwald in humusreichen feucht-sauren Bachtälchen und Senken					14		
HM	Bergkiefern-Moorwald auf Hochmoor			375		5		411
HMi	Fichten-Kiefern-Moorwald auf Hochlagen-Misse			530				
HMm	Fichtenwald auf Hochmoor in Mineralisierung			78				91
HMZ	Bergkiefern-Moorwald auf Hochmoor in Zersetzung			411		9		344
HQmo	Hang-Quellmoor			1				
kBH=	Traubeneichen-Birken-Wald auf trockenem Buntsandsteinhang			35				
kBIH-	Bergahorn-Birken-Traubeneichen-Wald auf mäßig trockenem Block- und Felshang			172		3		
kBIHoB	Block- und Felshang ohne Bestockung			7				
KMo	Fichtenwald auf Karmoor			14				
kplG-	Traubeneichen-Kiefern-Buchen-Wald auf podsoliertem grobsandig-lehmigem Grusboden			42				
MBILa	Fichtenwald in moorig-blockigen Lagen			2				

SIGEL	Name	Wuchsgebiet* (ha der Standortseinheit)						
		1	2	3	4	5	6	7
mgEM	Buchenwald auf mäßig frischem mineralbodengründigem Erdmoor							43
mgNMm	Schwarzerlenwald auf mineralgründigem Niedermoor in Mineralisierung							1
mgNMZ	Mineralgründiges Niedermoor in Zersetzung					4		
mgZMZ	Mineralgründiges Zwischenmoor in Zersetzung					4		
Mi	Fichten-Tannen-Kiefern-Wald auf schwach wasserzügiger Misse			182		647		
Mi-	Fichten-Kiefern-Wald auf abflußträger Misse			290		188		
MLa	Fichtenwald in Moorlagen			21				33
MoBi	Moor-Birkenwald							3
MR	Fichten-Kiefern-Wald auf Moorrändern und in sonstigen vermoorten Lagen			490		0		
mSe	Fichten-Tannen-Wald in vermoorten Senken			163		19		6
nEM	Schwarzerlenwald auf nassem Erdmoor							4
nHMm	Bergkiefern-Moorwald auf nassem Hochmoor in Mineralisierung							1
nkMud	Erlenwald auf nassen kalkreichen Mudden							19
nkmuNMm	Erlenwald auf nassem flachgründigem Niedermoor in Mineralisierung über kalkreichen Mudden							12
NM	Moorbirken-Schwarzerlen-Wald auf Niedermoor			9				20
NMm	Schwarzerlen-Eschen-Wald auf Niedermoor in Mineralisierung							15
nmmuNMm	Moorbirken-Schwarzerlen-Wald auf nassem mittelgründigem Niedermoor in Mineralisierung über Mudden-Abfolge							63
nmuNMm	Moorbirken-Schwarzerlen-Wald auf nassem flachgründigem Niedermoor in Mineralisierung über Mudden-Abfolge							45
NMZ	Niedermoor in Zersetzung					7		
nNMm	Schwarzerlenwald auf nassem Niedermoor in Mineralisierung							29
ntmuNMm	Moorbirkenwald auf nassem tiefgründigem Niedermoor in Mineralisierung über Mudden-Abfolge							58
ntmuZMm	Moorbirken-Fichten-Wald auf nassem Übergangsmoor in Mineralisierung über Muddenabfolge							3
nttgEM	Schwarzerlenwald auf nassem tiefgründigem tongründigem Erdmoor							5
nZMm	Fichtenwald auf Zwischenmoor in Zersetzung							96
pBH=	Traubeneichen-Birken-Wald auf trockenem stark podsoliertem Buntsandsteinhang			14				
pIGH-	Buchen-Traubeneichen-Birken-Wald auf podsoliertem grobsandig-lehmigem Grushang			41				
qfla	Tannen-Bergahorn-Wald in quelligen und feuchten Lagen			58				
SBI-	Fichten-Kiefern-Tannen-Wald auf mäßig trockenen Blockschuttedecken			56				
sBIH	Buchen-Tannen-Wald auf saurem mäßig frischem Block- und Felshang			227				
sBIH+	Fichtenwald auf frisch-saurem Block- und Felshang			13				
SBIla	Tannen-Fichten-Kiefern-Wald in blockreichen Lagen im Buntsandstein			235				
SBISH	Buchen-Tannen-Wald auf mäßig frischem Buntsandstein-Blocksommerhang			102				
SBISH-	Buchen-Tannen-Traubeneichen-Wald auf mäßig trockenem Buntsandstein-Block-Sommerhang			293				
SBIst	Birken-Vogelbeeren-Wald auf Blockströmen im Buntsandstein			187				
SBIWH-	Tannen-Fichten-Birken-Wald auf mäßig trockenem Buntsandstein-Blockwinterhang			43				
sHBIH	Fichten-Tannen-Buchen-Wald auf saurem Hochlagen-Block- und Felshang			38				
SHM	Bergkiefern-Moorwald auf Hochmoor							11
SKW	Tannen-Buchen-Fichten-Wald in Sommerkarwand			16				
SMi	Fichten-Kiefern-Tannen-Wald auf schwach wasserzügiger sandiger Misse					20		

SIGEL	Name	Wuchsgebiet* (ha der Standortseinheit)						
		1	2	3	4	5	6	7
sSBl	Tannen-Fichten-Wald auf stark sauren mäßig frischen Blockschuttdecken			191				
sSBlWH	Tannen-Buchen-Wald auf stark saurem Buntsandstein-Blockwinterhang			7				
SSH-	Buchen-Tannen-Kiefern-Wald auf mäßig trockenem sandigem Sommerhang			105				
ssvnLK	Tannen-Fichten-Wald auf stark saurem vernässendem Lehmkerf				12			
St								<1
svnDL	Tannen-Fichten-Kiefern-Wald auf stark saurem vernässendem Decklehm					7		
svnF	Stieleichen-Fichten-Wald auf saurem vernässendem Feuersteinlehm						37	
svnL	Tannenwald auf saurem vernässendem schluffigem Lehm			31				
svnLS	Tannen-Fichten-Kiefern-Wald auf saurem vernässendem lehmig-sandigem Boden			808				
svnSB	Tannen-Fichten-Kiefern-Wald auf stark saurem vernässendem lehmig-sandigem Boden					537		
svnT	Tannenwald auf saurem vernässendem Ton				254			
tgEM	Buchenwald auf mäßig frischem tongründigem Erdmoor							18
tmgEM	Buchenwald auf mäßig frischem tiefgründigem mineralbodengründigem Erdmoor							7
trsH	Traubeneichen-Birken-Kiefern-Wald auf trocken-saurem Hang			65				
tsH	Traubeneichen-Buchen-Birken-Wald auf trocken-saurem Hang			10				
ttgEM	Buchenwald auf mäßig frischem tiefgründigem tongründigem Erdmoor							27
vmLa	Fichtenwald in vermoorten Lagen und auf Moorrändern			41				
vmSe	Fichtenwald in vermoorten Senken und Mulden							37
vnBl	Fichten-Tannen-Kiefern-Wald auf vernässten Blockschuttdecken			87				
vnLS	Tannen-Fichten-Wald auf vernässendem lehmig-sandigem Boden			44				
wzHMi	Fichten-Tannen-Kiefern-Wald auf wasserzügiger Hochlagen-Misse			216				
wzM	Fichten-Tannen-Wald auf wasserzügiger Misse			1130		533		
wzmLa	Fichten-Tannen-Wald in wasserzügigen vermoorten Lagen			158				
wzvmLa	Fichtenwald in wasserzügigen vermoorten Lagen			80				
ZM	Fichtenwald auf Zwischenmoor			20		4		261
ZMZ	Fichten-Kiefern-Moorwald auf Zwischenmoor in Zersetzung					22		152

5.2. POTENTIELLE BIOTOP- UND LEBENSRAUMTYPEN KALKUNGSSENSITIVER STANDORTSEINHEITEN

Tabelle 6: Potentielle Biotop- und Lebensraumtypen einiger exemplarisch ausgewählter, als kalkungssensitiv bewerteter Standortseinheiten

Standortseinheiten- Gruppen	Standortseinheiten (Sigel)	Potentielle Biotoptypen nach WBK	Potentielle (W)LRT
Hoch- und Zwischenmoore	HM, HMZ, bHM, SHM, nHMm, fHMm, gfHMm, HMm, ftmuZMm, ftmuZMm, fZMm, gftmuZMm, gftmuZMm, mgZMZ, ntmuZMm, ntmuZMm, nZMm, ZM, ZMS, ZMZ	13.10, 31.11, 31.20, 31.30, 58.00, 57.20, 51.20, 51.11, 51.12	3160, 7110, 7120, 7140, 7150, 9410, 91D0
Niedermoore	NM, NMm, NMZ, MR	32.10, 52.11, 52.12	7230, 9410
Quellflächen und Quellfluren (aus Silikatgestein)	qLa, qfLa,	57.35	9410, 91E0
Silikatische Felshänge und Blockschuttdecken	eBLa, BIH, BIH-, sHBIH, eHBIH, BIHoB, SBISH, SBIWH, F	21.11, 21.12, 21.30, 56.30, 53.12, 52.31, 54.13, 54.40, 54.30, 54.22	6110, 8150, 8160, 8210, 8220, 8230, 9180, 9410
Binnendünen	DS, DS-	53.42, 53.42	2310, 2330, 91U0
Missen	Mi, Mi-, wzMi, wzHMi, HMi, SMi, GMi, fsSH, fsHH	57.32, 57.33	9410
Sonstige	trsH	56.30, 53.12	

5.3. SCHLÜSSELLISTE WALDBIOTOPKARTIERUNG

Tabelle 7: Schlüsselliste der Waldbiotope bzgl der Kalkungssensitivität

* ■ WBK-Biotop entspricht ganz einem oder mehreren FFH-LRT; ○ WBK-Biotop entspricht nur in Teilmengen einem oder mehreren FFH-LRT; < FFH-Typ ist weiter gefasst als der WBK-Typ ** S (sensitiv): reagiert negativ gegenüber Kalkung; K (kalkungstolerant): reagiert nicht sensitiv gegenüber Kalkung; K/S: Einstufung in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein (Das Vorkommen kalkungssensitiver höherer Pflanzenarten, Moose oder Flechten führt unabhängig vom Biotoptyp immer zu einem Ausschluss des Biotops von der Kalkung); S (K): sensitiv nur in FFH-LRT (kalkungstolerant in FFH-LRT-Nr); i.V.m. = nur in Verbindung mit speziellen Biotopeigenschaften, Nutzung, etc.

Biotoptyp LUBW	WBK Nr.	Biotopname nach WBK	Schutzstatus	Zuordnung WBK-Biotop zu FFH-LRT*	FFH-LRT Nr.	Kalkungssensitivität**
11.11, 34.30	31	Quelliger Bereich	30	○	*7220	K/S
11.12. - 11.15	30	Quelle	30	○	*7220, 3140	K/S
12.11	35	Bergbach	30	○	3240, 3260	K
12.12	36	Flachlandbach	30	○	3260	K
12.21	32	Mäßig ausgebauter Bachabschnitt		○	3240, 3260	K
12.30	37	Fluss	30	○	3240, 3260, 3270	K
12.41	33	Mäßig ausgebauter Flussabschnitt		○	3240, 3260	K
12.60	39	Verlandender Graben				K
13.10	20	Stillgewässer im Moorbereich	30	■	3160, 7150	S
13.20	21	Tümpel/Hüle (Hüle in WG 6)	30	○	3130 (3140, 3150)	S (K)
13.31	38	Altarm	30	○	3130 (3140, 3150, 3260, 3270)	S (K)
13.32	28	Altwasser	30	○	3130 (3140, 3150)	S (K)
13.80	22, 23, 24, 25, 26	Teich, See, Naturnaher Bereich des Bodensees, Weiher und Baggersee	30	○	3110, 3130 (3140, 3150)	S (K)
21.11	50, 52	Felsformation, Fels einzeln	30	○	6110, 8210, 8220, 8230	K/S
21.11, 21.12	51	Felswand	30	○	6110, 8210, 8220, 8230	K/S
21.20	53	Steilwand aus Lockergestein	30			K
21.20	80	Erdgeschichtlicher Aufschluss				K
21.30	55	Offene natürliche Gesteinshalde (Blockhalde, Blockmeer, Mergel-Schutthalde)	30	■	8110, 8150, *8160	K/S
21.40-60	89	Sonderform anthropogenen Ursprungs				K
22.00, i.V.m. Biotopeigenschaft 931	73	Binnendüne				S
22.11	76	Höhle	33	■	8310	K
22.12	88	Stollen	33			K
22.20	71	Doline	33	○	*3180	K
22.30	72	Offene Binnendüne	30	○	2310, 2330	S

Biototyp LUBW	WBK Nr.	Biotopname nach WBK	Schutzstatus	Zuordnung WBK-Biotop zu FFH-LRT*	FFH-LRT Nr.	Kalkungssensitivität**
22.40	11	Kar	30a			S
22.50	70	Toteisloch	30a			K
22.60	10	Schlucht, Tobel, Klinge	30a			K
22.71	34	Überschwemmungsbereich	30			K
23.10	77	Hohlweg	33			K
23.20	78	Steinriegel	33			K
23.30	75	Lesesteinhaufen				K
23.40	79	Trockenmauer	33			K
31.00, i .V. m. Biotopeigenschaft	43	Misse	30			S
31.11	40	Hochmoor	30	■	*7110	S
31.20	41	Übergangsmoor	30	■	3160, 7140, 7150	S
31.30	44	Regenerations- und Heidestadien von Mooren	30	■	7120	S
32.10	42	Niedermoor Kleinseggen-Ried basenarmer Standorte	33			S
32.20	42	Niedermoor Kleinseggen-Ried basenreicher Standorte	33	■	7230	S
32.30	48	Waldsimsen-/Schachtelhalm-Sumpf	30			K
33.10	41	Pfeifengras-Streuwiese	30	■	6410, 6440	S
33.20	40	Nasswiese	30	○	6410	S
33.43	42	Magerwiese mittlerer Standorte		○	6510	S
34.10	50	Tauch-/Schwimblattvegetation	30	○	3110, 3130 (3140, 3150)	S (K)
34.20	56	Vegetation einer Sand-, Kies- oder Schlammbank	30	○	3130 (3140, 3150, 3240, 3260, 3270)	S (K)
34.40, 34.50	51	Röhricht	30	○	3130 (3140, 3150, 3260, 3270, *7210)	S (K)
34.60	52	Großseggen-Ried	30			K
35.20	20	Trockensaum	30	○	9150, 9170, *9180, 91U0, 5110, *6210	S
35.41, 35.42	53	Hochstaudenflur	30	○	6431	K
35.43	82	Montane Hochstaudenflur	30	■	6432	K
36.10	47	Feuchtheide	30	○	4030	S
36.20	45	Zwergstrauchheide	30	■	2310, 4030	S
36.30	25	Wacholderheide	30	■	5130	S
36.40	15	Magerrasen bodensaurer Standorte	30	■	2330, 6150, *6230	S
36.50	11	Magerrasen basenreicher Standorte	30	■	*6210	S
36.61	16	Sandrasen kalkhaltiger Standorte	30	■	*6120	S

Biototyp LUBW	WBK Nr.	Biotopname nach WBK	Schutzstatus	Zuordnung WBK-Biotop zu FFH-LRT*	FFH-LRT Nr.	Kalkungssensitivität**
36.62	17	Sandrasen kalkfreier Standorte	30	○	2330	S
36.70	10	Trockenrasen	30	○	*6110, 6170, *6210, *6240, 8210, 8220, 8230	S
41.10	86	Feldgehölz	33			K
41.10	1	Feldgehölz	33			K
41.20	85	Feldhecke	33			K
42.11	27	Felsengebüsch	30	○	*40A0	K
42.12 - 42.14	21	Trockengebüsch	30	○	5110	K
42.30	60	Feuchtgebüsch	30			K
42.40	65	Uferweidengebüsch	30	○	3240, *91E0	K
42.50	67	Gebüsch hochmontaner bis subalpiner Lagen	30			K
45.50	6	Strukturreiche Waldränder	30a			K
50.00, i .V. m. Nutzung 1060	9	Streunutzungsflächen	30a			S
50.00, i .V. m. Bio.eigensch. 928	47	Weidfeld				K
50.00, i .V. m. Nutzung 1010, 1072	1	Niederwald	30a			K
50.00, i .V. m. Nutzung 1020	2	Mittelwald	30a			K
50.00, i .V. m. Biot.element 302, Nutzung 1040	3	Hutewald	30a			K
50.00, i .V. m. Bio.eigensch. 467, 469	2	Altholzinsel				K
50.00, i .V. m. Bio.eigensch. 467, 469	3	Waldinsel				K
50.00, i .V. m. Wertbest. 103/seltene Tierart	7	Waldbestände mit schützenswerten Tieren				K
50.00, i .V. m. Wertbest. 103/seltene Pflanze	8	Waldbestände mit schützenswerten Pflanzen				K
51.11	32	Rauschbeeren-Bergkiefern-Moorwald	30	■	*91D0	S
51.12	33	Rauschbeeren-Waldkiefern-Moorwald	30	■	*91D0	S
51.20	30	Rauschbeeren-Fichten-Wald	30	■	*91D0	S
52.11	35	Schwarzerlen-Bruchwald	30			K
52.12	37	Birken-Bruchwald	30			S
52.21	36	Traubenkirschen-Erlen-Eschen-Wald-Sumpf	30			K

Biototyp LUBW	WBK Nr.	Biotopname nach WBK	Schutzstatus	Zuordnung WBK-Biotop zu FFH-LRT*	FFH-LRT Nr.	Kalkungssensitivität**
52.21	46	Traubenkirschen-Erlen-Eschen-Wald-Aue	30	■	*91E0	K
52.23	1	Waldziest-Hainbuchen-Stieleichen-Wald	30	■	9160	K
52.31	40	Hainmieren-Schwarzerlen-Auwald	30	■	*91E0	S
52.32	47	Schwarzerlen-Eschen-Wald	30	■	*91E0	S
52.33	66	Gehölzstreifen bachbegleitend	30	■	*91E0	K
52.34	43	Grauerlen-Auwald	30	■	*91E0	S
52.40	42	Silberweiden-Auwald	30	■	*91E0	K
52.50	41	Hartholzauwald	30	■	91F0	K
53.11	7	Steinsamen-Eichen-Wald	30			K
53.12	6	Hainsimsen-Traubeneichen-Wald mit Leimkraut	30			S
53.13	2	Waldlabkraut-Hainbuchen-Traubeneichen-Wald	30	■	9170	K
53.21	11	Seggen-Buchen-Wald, z. T. mit Tanne	30	■	9150	K
53.22	14	Heidelbeer-Buchen-Wald, z. T. mit Tanne	30a	■	9110	S
53.30	8	Seggen-Eichen-Linden-Wald	30			K
53.41	27	Kiefern-Steppenheide-Wald	30	■	91U0	S
53.42	78	Wintergrün-Kiefern-Wald	30	○	91U0	S
53.42	79	Weißmoos-Kiefern-Wald	30			S
53.43	77	Pfeifengras-/Reitgras-Kiefern-Wald	30			S
54.11	51	Ahorn-Eschen-Schluchtwald	30	■	*9180	K
54.13	54	Ahorn-Eschen-Blockwald	30	■	*9180	S
54.14	53	Drahtschmielen-Bergahorn-Blockwald	30	■	*9180	S
54.21	58	Ahorn-Linden-Blockwald	30	■	*9180	K
54.22	57	Traubeneichen-Linden-Blockwald	30	■	*9180	S
54.30	56	Birken-Blockwald	30			S
54.40	55	Fichten-Blockwald	30	■	9410	S
55.10	15	Drahtschmielen-Buchen-Wald	30a	<	9110	S
55.12	13	Hainsimsen-Buchen-Wald, z. T. mit Tanne	30a	<	9110	S
55.21	10	Waldgersten-Buchen-Wald, z. T. mit Tanne	30a	<	9130	K
55.22	12	Waldmeister-Buchen-Wald, z. T. mit Tanne	30a	<	9130	K
55.40	16	Hochstaudenreicher Ahorn-Buchen-Wald mit Tanne	30a	■	9140	K
55.50	3	Traubeneichen-Buchen-Wald	30a	■	9190	S
56.11	9	Hainbuchen-Traubeneichen-Wald	30a	■	9170	K
56.12	0	Hainbuchen-Stieleichen-Wald	30a	■	9160	K
56.20	4	Birken-Stieleichen-Wald mit Pfeifengras	30a	■	9190	S
56.30	5	Hainsimsen-Traubeneichen-Wald	30a			S

Biototyp LUBW	WBK Nr.	Biotopname nach WBK	Schutzstatus	Zuordnung WBK-Biotop zu FFH-LRT*	FFH-LRT Nr.	Kalkungssensitivität**
57.20	20	Geißelmoos-Fichten-Wald, z. T. mit Kiefer	30a	■	9410	S
57.31	23	Labkraut-Tannen-Wald	30a			K
57.32	24	Beerstrauch-Tannen-Wald	30a	■	9410	S
57.33	25	Beerstrauch-Tannen-Wald mit Kiefer	30a	■	9410	S
57.34	26	Artenreicher Tannenmischwald	30a			K
57.35	22	Hainsimsen-Fichten-Tannen-Wald	30a	■	9410	S
58.00	46	Torfstichwald				S
58.00	11	Sukzession				K
59.42, Nutzung 1073	5	Harznutzung	30a			K
59.50	4	Parkwald				K

5.4. SCHLÜSSELLISTE OFFENLANDBIOTOPKARTIERUNG

Tabelle 8: Schlüsselliste zur Bewertung der Kalkungssensitivität von Offenlandbiotopen: S: Kalkungssensitiv; in WG 2 und 3: nur in Wuchsgebiet Schwarzwald und Odenwald als sensitiv bewertet; LRT 3130, 3110: nur in LRT 3130B, 3110 als sensitiv bewertet; P: im Rahmen der Planung auf sensitive Strukturen / Vorkommnisse zu prüfen im Hinblick auf Ausbringungstechnik; K: keine Sensitivität

Biotoptyp LUBW	Biotopname	Kalkungssensitivität	Puffer / Hinweis
11.10	Naturnahe Quellen	S in WG2 und WG3	100m
11.11	Sickerquelle	S in WG2 und WG3	100m
11.12	Sturz- oder Fließquelle	S in WG2 und WG3	100m
11.13	Tümpelquelle	S in WG2 und WG3	100m
11.14	Karstquelltopf	K	-
11.15	Gießen	K	-
11.20	Naturferne Quelle	irrelevant	-
12.10	Naturnaher Bachabschnitt	K	-
12.11	Naturnaher Abschnitt eines Mittelgebirgsbachs	K	-
12.12	Naturnaher Abschnitt eines Flachlandbachs	K	-
12.20	Ausgebauter Bachabschnitt	irrelevant	-
12.21	Mäßig ausgebauter Bachabschnitt	K	-
12.22	Stark ausgebauter Bachabschnitt	irrelevant	-
12.30	Naturnaher Flussabschnitt	K	-
12.40	Ausgebauter Flussabschnitt	irrelevant	-
12.41	Mäßig ausgebauter Flussabschnitt	K	-
12.42	Stark ausgebauter Flussabschnitt	irrelevant	-
12.50	Kanal	irrelevant	-
12.51	Schiffahrtskanal	irrelevant	-
12.52	Mühlkanal	irrelevant	-
12.53	Hochwasserentlastungskanal	irrelevant	-
12.54	Abwasserkanal	irrelevant	-
12.55	Kraftwerkskanal	irrelevant	-
12.60	Graben	K	-
12.61	Entwässerungsgraben	irrelevant	-
12.62	Bewässerungsgraben	irrelevant	-
12.63	Trockengraben	irrelevant	-
13.10	Stillgewässer im Moorbereich	S	100m
13.11	Natürliches Stillgewässer im Moor	S	100m
13.12	Anthropogenes Stillgewässer im Moor	S	100m
13.20	Tümpel oder Hüle	LRT 3130 S	100m
13.30	Altarm oder Altwasser	LRT 3130 S	100m
13.31	Altarm	LRT 3130 S	100m
13.32	Altwasser	LRT 3130 S	100m
13.40	Bodensee	K	-
13.41	Naturnaher Uferbereich des Bodensees	K	-
13.42	Naturnahe Flachwasserzone des Bodensees	K	-
13.80	Teich, See, Naturnaher Bereich des Bodensees, Weiher und Baggersee	LRTs 3110 und 3130 S	100m
21.10	Offene Felsbildung	S in WG2 und WG3	100m
21.11	Natürliche offene Felsbildung (einschließlich Felsbänder)	S in WG2 und WG3	100m
21.12	Anthropogen freigelegte Felsbildung (Steinbrüche, Felsanschnitte)	S in WG2 und WG3	100m
21.20	Steilwand aus Lockergestein	K	-
21.21	Lösswand (einschließlich Steilwand aus Lehm oder Ton)	irrelevant	-

Biototyp LUBW	Biotopname	Kalkungssensitivität	Puffer / Hinweis
21.22	Sandsteilwand	irrelevant	-
21.30	Offene natürliche Gesteinshalde	S in WG2 und WG3	100m
21.31	Mergel- oder Feinschutthalde	S in WG2 und WG3	100m
21.32	Geröll- oder Blockhalde	S in WG2 und WG3	100m
21.40	Anthropogene Gesteins- oder Erdhalde	S in WG2 und WG3	100m
21.41	Anthropogene Gesteinshalde	S in WG2 und WG3	100m
21.42	Anthropogene Erdhalde, lehmige oder tonige Aufschüttung	S in WG2 und WG3	100m
21.50	Kiesige oder sandige Abbaufäche beziehungsweise Aufschüttung	K	-
21.51	Kiesfläche	K	-
21.52	Sandfläche	K	-
21.60	Rohbodenfläche, lehmige oder tonige Abbaufäche	K	-
22.10	Höhle oder Stollen	S in WG2 und WG3	100m
22.11	Höhle	S in WG2 und WG3	100m
22.12	Stollen	K	-
22.20	Doline	K	-
22.30	Offene Binnendüne	S	100m
22.40	Kar	S	100m
22.50	Toteisloch	S in WG2 und WG3	100m
22.60	Schlucht, Tobel oder Klinge	K	-
22.71	Überschwemmungsbereich	K	-
23.10	Hohlweg	P	Bei Planung zu prüfen
23.20	Steinriegel	S	50m / Insektenschutz
23.30	Lesesteinhaufen	S	50m / Insektenschutz
23.40	Trockenmauer	S	50m / Insektenschutz
31.10	Hochmoor	S	100m
31.11	Natürliches Hochmoor	S	100m
31.20	Natürliches Übergangs- oder Zwischenmoor	S	100m
31.30	Regenerations- und Heidestadien von Hoch-, Zwischen- oder Übergangsmoor	S	100m
31.31	Moor-Regenerationsfläche (zum Beispiel Hochmoor-Regeneration auf Torfstich)	S	100m
31.32	Heidestadium eines Moors	S	100m
32.10	Kleinseggen-Ried basenarmer Standorte	S	100m
32.11	Braunseggen-Ried	S	100m
32.12	Herzblatt-Braunseggen-Ried	S	100m
32.20	Kleinseggen-Ried basenreicher Standorte	S	100m
32.21	Kopfbinsen-Ried	S	100m
32.22	Davallseggen-Ried	S	100m
32.30	Waldfreier Sumpf	P	-
32.31	Waldsimfen-Sumpf	P	-
32.32	Schachtelhalm-Sumpf	P	-
32.33	Sonstiger waldfreier Sumpf	P	-
33.10	Pfeifengras-Streuwiese	S	100m
33.20	Nasswiese	S	100m
33.21	Nasswiese basenreicher Standorte der Tieflagen	S	100m
33.22	Nasswiese basenreicher Standorte der montanen Lagen	S	100m
33.23	Nasswiese basenarmer Standorte	S	100m
33.24	Nasswiese mit Molinion-Arten im weiteren Sinne	S	100m

Biototyp LUBW	Biotopname	Kalkungssensitivität	Puffer / Hinweis
33.30	Flutrasen	K	-
33.40	Wirtschaftswiese mittlerer Standorte	K	-
33.41	Fettwiese mittlerer Standorte	irrelevant	-
33.43	Magerwiese mittlerer Standorte	S	100m
33.44	Montane Magerwiese mittlerer Standorte	S	100m
33.50	Weide mittlerer Standorte	irrelevant	-
33.51	Magerweide mittlerer Standorte	irrelevant	-
33.52	Fettweide mittlerer Standorte	irrelevant	-
33.60	Intensivgrünland oder Grünlandansaart	irrelevant	-
33.61	Intensivwiese als Dauergrünland	irrelevant	-
33.62	Rotationsgrünland oder Grünlandansaart	irrelevant	-
33.63	Intensivweide	irrelevant	-
33.70	Trittpflanzenbestand	irrelevant	-
33.71	Trittrrasen	irrelevant	-
33.72	Lückiger Trittpflanzenbestand	irrelevant	-
33.80	Zierrasen	irrelevant	-
34.10	Tauch- oder Schwimmblattvegetation	LRTs 3110 und 3130 S	100m
34.11	Tauch- oder Schwimmblattvegetation der Fließgewässer	LRTs 3110 und 3130 S	100m
34.12	Tauch- oder Schwimmblattvegetation der Stillgewässer	LRTs 3110 und 3130 S	100m
34.20	Vegetation einer Kies-, Sand- oder Schlammbank	LRT 3130 S	100m
34.21	Vegetation einer Kies- oder Sandbank	LRT 3130 S	100m
34.22	Vegetation einer Schlammbank oder eines Teichbodens	LRT 3130 S	100m
34.30	Quellflur	S	100m
34.31	Quellflur kalkarmer Standorte	S	100m
34.32	Quellflur kalkreicher Standorte	S	100m
34.40	Kleintrüch	LRT 3130 S	100m
34.50	Röhrich	LRT 3130 S; Rest=Ausschluss ohne Puffer	100m nur in LRT 3130
34.51	Ufer-Schilfröhrich	LRT 3130 S; Rest=Ausschluss ohne Puffer	100m nur in LRT 3130
34.52	Land-Schilfröhrich		
34.53	Rohrkolben-Röhrich		
34.54	Teichbinsen-Röhrich		
34.55	Röhrich des Großen Wasserschwadens		
34.56	Rohrglanzgras-Röhrich		
34.57	Schneiden-Ried		
34.58	Teichschachtelhalm-Röhrich		
34.59	Sonstiges Röhrich		
34.60	Großseggen-Ried	S	Ausschluss ohne Puffer / Insektenschutz
34.61	Steifseggen-Ried	S	Ausschluss ohne Puffer / Insektenschutz
34.62	Sumpfseggen-Ried	S	
34.63	Schlankseggen-Ried	S	
34.64	Wunderseggen-Ried	S	
34.65	Schnabelseggen-Ried	S	
34.66	Blasenseggen-Ried	S	
34.67	Rispenseggen-Ried	S	
34.68	Kammseggen-Ried	S	
34.69	Sonstiges Großseggen-Ried	S	
35.10	Saumvegetation mittlerer Standorte	K	-

Biotoptyp LUBW	Biotopname	Kalkungssensitivität	Puffer / Hinweis
35.11	Nitrophytische Saumvegetation	irrelevant	-
35.12	Mesophytische Saumvegetation	K	-
35.20	Saumvegetation trockenwarmer Standorte	S	100m
35.30	Dominanzbestand	K	-
35.31	Brennnessel-Bestand	irrelevant	-
35.32	Goldruten-Bestand	irrelevant	-
35.33	Mädesüß-Bestand	irrelevant	-
35.34	Adlerfarn-Bestand	irrelevant	-
35.35	Landreitgras-Bestand	irrelevant	-
35.36	Staudenknöterich-Bestand	irrelevant	-
35.37	Topinambur-Bestand	irrelevant	-
35.38	Bestand des Drüsigen Springkrautes	irrelevant	-
35.39	Sonstiger Dominanzbestand	irrelevant	-
35.40	Hochstaudenflur	K	-
35.41	Hochstaudenflur quelliger, sumpfiger oder mooriger Standorte	S	100m
35.42	Gewässerbegleitende Hochstaudenflur	K	-
35.43	Montane Hochstaudenflur	S	100m
35.44	Sonstige Hochstaudenflur	K	-
35.50	Schlagflur	irrelevant	-
35.60	Ruderalvegetation	K	-
35.61	Annuelle Ruderalvegetation	irrelevant	-
35.62	Ausdauernde Ruderalvegetation trockenwarmer Standorte	irrelevant	-
35.63	Ausdauernde Ruderalvegetation frischer bis feuchter Standorte	K	-
35.64	Grasreiche ausdauernde Ruderalvegetation	irrelevant	-
36.10	Feuchtheide	S	100m
36.20	Zwergstrauch- und Ginsterheide	S	100m
36.30	Wacholderheide	S	100m
36.40	Magerrasen bodensaurer Standorte	S	100m
36.41	Borstgrasrasen	S	100m
36.42	Flügelginsterweide	S	100m
36.43	Besenginsterweide	S	100m
36.45	Sonstiger Magerrasen bodensaurer Standorte	S	100m
36.50	Magerrasen basenreicher Standorte	S	100m
36.60	Sandrasen	S	100m
36.61	Sandrasen kalkhaltiger Standorte	S	100m
36.62	Sandrasen kalkfreier Standorte	S	100m
36.70	Trockenrasen	S	100m
37.10	Äcker	irrelevant	-
37.11	Acker mit fragmentarischer Unkrautvegetation	irrelevant	-
37.12	Acker mit Unkrautvegetation basenreicher Standorte	irrelevant	-
37.13	Acker mit Unkrautvegetation basenarmer Standorte	irrelevant	-
37.20	Mehrjährige Sonderkultur	irrelevant	-
37.21	Obstplantage	irrelevant	-
37.22	Hopfengarten	irrelevant	-
37.23	Weinberg	irrelevant	-
37.24	Spargelfeld	irrelevant	-
37.25	Beerstrauchkultur	irrelevant	-
37.26	Erdbeerfeld	irrelevant	-
37.27	Baumschule oder Weihnachtsbaumkultur	irrelevant	-

Biotoptyp LUBW	Biotopname	Kalkungssensitivität	Puffer / Hinweis
37.28	Staudengärtnerei	irrelevant	-
37.29	Sonstige Sonderkultur	irrelevant	-
37.30	Feldgarten (Grabeland)	irrelevant	-
41.10	Feldgehölz	K	-
41.20	Feldhecke	K	-
41.21	Feldhecke trockenwarmer Standorte	S	50m / Insektenschutz
41.22	Feldhecke mittlerer Standorte	K	-
41.23	Schlehen-Feldhecke	S	50m / Insektenschutz
41.24	Hasel-Feldhecke	K	-
41.25	Holunder-Feldhecke	K	-
42.10	Gebüsch trockenwarmer Standorte	S	50m / Insektenschutz
42.11	Felsengebüsch	S	50m / Insektenschutz
42.12	Gebüsch trockenwarmer, basenreicher Standorte	S	
42.13	Gebüsch trockenwarmer, basenarmer Standorte	S	
42.14	Sanddorn-Gebüsch	S	
42.20	Gebüsch mittlerer Standorte	K	-
42.21	Holunder-Gebüsch	irrelevant	-
42.22	Schlehen-Gebüsch mittlerer Standorte	irrelevant	-
42.23	Schlehen-Liguster-Gebüsch mittlerer Standorte	irrelevant	-
42.24	Brombeer-Schlehen-Gebüsch mittlerer Standorte	irrelevant	-
42.30	Gebüsch feuchter Standorte	K	-
42.31	Grauweiden- oder Ohrweiden-Feuchtgebüsch	S in WG2 und WG3	100m
42.32	Strauchbirken-Kriechweiden-Feuchtgebüsch	irrelevant	-
42.40	Uferweiden-Gebüsch (Auen-Gebüsch)	K	-
42.50	Gebüsch hochmontaner bis subalpiner Lagen	S in WG2 und WG3	100m
43.10	Gestrüpp	K	-
43.11	Brombeer-Gestrüpp	K	-
43.12	Himbeer-Gestrüpp	irrelevant	-
43.13	Kratzbeer-Gestrüpp	irrelevant	-
43.14	Rosen-Gestrüpp (aus niedrigwüchsigen Arten)	irrelevant	-
43.50	Lianen- oder Kletterpflanzenbestand	irrelevant	-
43.51	Waldreben-Bestand	irrelevant	-
43.52	Efeu-Bestand	irrelevant	-
43.53	Bestand des Wilden Weins (Parthenocissus species)	irrelevant	-
43.54	Bestand der Weinrebe (verwilderte Kultursippen)	irrelevant	-
44.10	Naturraum- oder standortfremdes Gebüsch	irrelevant	-
44.11	Gebüsch mit naturraum- oder standortuntypischer Artenzusammensetzung	irrelevant	-
44.12	Gebüsch aus nicht heimischen Straucharten (Zierstrauchanpflanzung)	irrelevant	-
44.20	Naturraum- oder standortfremde Hecke	irrelevant	-
44.21	Hecke mit naturraum- oder standortuntypischer Artenzusammensetzung	irrelevant	-
44.22	Hecke aus nicht heimischen Straucharten	irrelevant	-
44.30	Heckenzaun	irrelevant	-
45.10	Allee oder Baumreihe	irrelevant	-
45.11	Allee	irrelevant	-
45.12	Baumreihe	irrelevant	-
45.20	Baumgruppe	irrelevant	-

Biotoptyp LUBW	Biotopname	Kalkungssensitivität	Puffer / Hinweis
45.30	Einzelbaum	irrelevant	-
45.40	Streuobstbestand	irrelevant	-
51.11	Bergkiefern-Moorwald	S	100m
51.12	Waldkiefern-Moorwald	S	100m
51.20	Rauschbeeren-Fichten-Moorrandwald	S	100m
52.11	Schwarzerlen-Bruchwald	K	-
52.12	Birken-Bruchwald	S	100m
52.21	Traubenkirschen-Erlen-Eschen-Wald	K	-
52.23	Waldziest-Hainbuchen-Stieleichen-Wald	K	-
52.31	Hainmieren-Schwarzerlen-Auwald	S	100m
52.32	Schwarzerlen-Eschen-Wald	S	100m
52.33	Gewässerbegleitender Auwaldstreifen	K	-
52.34	Grauerlen-Auwald	S	100m
52.40	Silberweiden-Auwald (Weichholz-Auwald)	K	-
52.50	Stieleichen-Ulmen-Auwald (Hartholz-Auwald)	K	-
53.11	Steinsamen-Traubeneichen-Wald	K	-
53.12	Leimkraut-Hainsimsen-Traubeneichen-Wald	S	100m
53.13	Waldlabkraut-Hainbuchen-Traubeneichen-Wald	K	-
53.21	Seggen-Buchen-Wald	K	-
53.22	Heidelbeer-Buchen-Wald	S	100m
53.30	Seggen-Eichen-Linden-Wald	K	-
53.41	Kiefern-Steppenheidewald	S	100m
53.42	Kiefern-Wald auf Flugsand	S	100m
53.43	Pfeifengras- oder Reitgras-Kiefern-Wald	S	100m
54.11	Ahorn-Eschen-Schluchtwald	K	-
54.13	Ahorn-Eschen-Blockwald	S	100m
54.14	Drahtschmielen-Bergahorn-Blockwald	S	100m
54.21	Ahorn-Linden-Blockwald	K	-
54.22	Traubeneichen-Linden-Blockwald	S	100m
54.30	Birken-Blockwald	S	100m
54.40	Fichten-Blockwald	S	100m
55.10	Drahtschmielen-Buchen-Wald	S	100m
55.12	Hainsimsen-Buchen-Wald	S	100m
55.21	Waldgersten-Buchen-Wald	K	-
55.22	Waldmeister-Buchen-Wald	K	-
55.40	Hochstaudenreicher Ahorn-Buchen-Wald	K	-
55.50	Traubeneichen-Buchen-Wald	S	100m
56.11	Hainbuchen-Traubeneichen-Wald	K	-
56.12	Hainbuchen-Stieleichen-Wald	K	-
56.20	Birken-Stieleichen-Wald mit Pfeifengras	S	100m
56.30	Hainsimsen-Traubeneichen-Wald	S	100m
56.40	Eichen-Sekundärwald	irrelevant	-
57.20	Geißelmoos-Fichten-Wald	S	100m
57.31	Labkraut-Tannen-Wald	K	-
57.32	Beerstrauch-Tannen-Wald	S	100m
57.33	Beerstrauch-Tannen-Wald mit Kiefer	S	100m
57.34	Artenreicher Tannenmischwald	K	-
57.35	Hainsimsen-Fichten-Tannen-Wald	S	100m
58.00	Sukzession	K	-
58.11	Sukzessionswald aus langlebigen Bäumen	irrelevant	-

Biotoptyp LUBW	Biotopname	Kalkungssensitivität	Puffer / Hinweis
58.13	Sukzessionswald aus kurzlebigen Bäumen	irrelevant	-
58.21	Sukzessionswald mit überwiegendem Laubbaumanteil	irrelevant	-
58.22	Sukzessionswald mit überwiegendem Nadelbaumanteil	irrelevant	-
58.41	Waldkiefern-Sukzessionswald	irrelevant	-
58.42	Fichten-Sukzessionswald	irrelevant	-
58.43	Bergkiefern-Sukzessionswald	irrelevant	-
59.11	Pappel-Bestand	irrelevant	-
59.12	Erlen-Bestand	irrelevant	-
59.13	Roteichen-Bestand	irrelevant	-
59.14	Ahorn-Bestand	irrelevant	-
59.15	Eschen-Bestand	irrelevant	-
59.16	Edellaubholz-Bestand	irrelevant	-
59.17	Robinien-Wald	irrelevant	-
59.21	Mischbestand mit überwiegendem Laubbaumanteil	irrelevant	-
59.22	Mischbestand mit überwiegendem Nadelbaumanteil	irrelevant	-
59.41	Lärchen-Bestand	irrelevant	-
59.42	Waldkiefern-Bestand	irrelevant	-
59.43	Schwarzkiefern-Bestand	irrelevant	-
59.44	Fichten-Bestand	irrelevant	-
59.45	Douglasien-Bestand	irrelevant	-
59.46	Tannen-Bestand	irrelevant	-
59.50	Parkwald	irrelevant	-
60.10	Von Bauwerken bestandene Fläche	irrelevant	-
60.21	Völlig versiegelte Straße oder Platz	irrelevant	-
60.22	Gepflasterte Straße oder Platz	irrelevant	-
60.23	Weg oder Platz mit wassergebundener Decke, Kies oder Schotter	irrelevant	-
60.24	Unbefestigter Weg oder Platz	irrelevant	-
60.25	Grasweg	irrelevant	-
60.30	Gleisbereich	irrelevant	-
60.41	Lagerplatz	irrelevant	-
60.42	Müllplatz	irrelevant	-
60.43	Spülfläche oder Absetzbecken (trockenliegend)	irrelevant	-
60.51	Blumenbeet oder Rabatte	irrelevant	-
60.52	Baumscheibe	irrelevant	-
60.53	Bodendecker-Anpflanzung	irrelevant	-
60.54	Dachgarten	irrelevant	-
60.55	Bewachsenes Dach oder bewachsene Mauerkrone	irrelevant	-
60.56	Grabpflanzung	irrelevant	-
60.61	Nutzgarten	irrelevant	-
60.62	Ziergarten	irrelevant	-
60.63	Mischtyp von Nutz- und Ziergarten	irrelevant	-

5.5. ARTENLISTEN GEFÄHRDETER UND/ODER BEONDERNS UND STRENG GESCHÜTZTER ARTEN

Die Fundpunkte des Artinformationssystems der LUBW (Stand 2022) wurden genutzt, um die angewandten Ausschluss- und Prüfflächen zu validieren.

Tabelle 9: Artenliste der mit Fundpunkten nach 1990 versehenen Arten und die Bewertung der Kalkungssensitivität

RL = Rote Liste (0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, R = extrem selten, G = Gefährdung unbekanntes Ausmaßes, D = Daten unzureichend, V = Vorwarnliste, * = ungefährdet, - = Kein Nachweis oder nicht etabliert, # = Nicht bewertet); **bg = besonders geschützt** (x = ja); **sg = streng geschützt** (x = ja)

S = Sensitivität: Die Bewertung der Sensitivitäten erfolgt in unterschiedlichen Kategorien: **g** = generell kalkungssensitiv auf basische Einträge; **z** = sensitiv in gewissen Aktivitätsphasen; **t** = technische Sensitivität; **V** = Vorsorge bei Arten, wo eine Kalkungssensitivität nicht final bewertet werden kann; **0** = keine Sensitivität.

Artengruppe	Artname It	Artname de	RL	bg	sg	S
Höhere Pflanzen/Farne	Arnica montana	Berg-Wohlerleih	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Parnassia palustris	Herzblatt	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Asplenium scolopendrium	Hirschzunge	*	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Stratiotes aloides	Krebsschere	0	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Antennaria dioica	Gewöhnliches Katzenpfötchen	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Anthericum liliago	Traubige Graslilie	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Menyanthes trifoliata	Fieberklee	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Anthericum ramosum	Ästige Graslilie	V	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Aster amellus	Kalk-Aster	V	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Armeria purpurea	Purpur-Grasnelke	0	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Chimaphila umbellata	Winterlieb	0	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Linum perenne	Stauden-Lein	0	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Rubus chamaemorus	Moltebeere	0	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Utricularia bremii	Bremis Wasserschlauch	0	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Anagallis tenella	Zarter Gauchheil	1	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Arctostaphylos uva-ursi	Arznei-Bärentraube	1	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Betula nana	Zwerg-Birke	1	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Gladiolus palustris	Sumpf-Siegwurz	1	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Gratiola officinalis	Gnadenkraut	1	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Helosciadium repens	Kriechende Sellerie	1	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Jurinea cyanoides	Silberscharte	1	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Marsilea quadrifolia	Kleefarn	1	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Myosotis rehsteineri	Bodensee-Vergißmeinnicht	1	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Oxytropis pilosa	Zottige Fahnenwicke	1	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Pinguicula alpina	Alpen-Fettkraut	1	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Salvinia natans	Schwimmfarn	1	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Scorzonera austriaca	Österreichische Schwarzwurzel	1	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Spiranthes aestivalis	Sommer-Schraubenstendel	1	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Utricularia ochroleuca	Blaßgelber Wasserschlauch	1	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Vitis gmelinii	Wilde Weinrebe	1	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Wahlenbergia hederacea	Moorglöckchen	1	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Althaea officinalis	Echter Eibisch	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Anemone sylvestris	Großes Windröschen	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Asplenium ceterach	Milzfarn	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Botrychium matricariifolium	Ästige Mondraute	2	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Bromus grossus	Spelz-Trespe	2	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Calla palustris	Schlangenwurz	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Campanula cervicaria	Borstige Glockenblume	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Cryptogramma crispa	Krauser Rollfarn	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Dryopteris cristata	Kammfarn	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Helichrysum arenarium	Sand-Strohblume	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Hottonia palustris	Wasserfeder	2	x		g

Artengruppe	Artnome It	Artnome de	RL	bg	sg	S
Höhere Pflanzen/Farne	Isoetes lacustris	See-Brachsenkraut	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Lathyrus bauhini	Faden-Platterbse	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Lathyrus palustris	Sumpf-Platterbse	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Lindernia procumbens	Liegendes Büchsenkraut	2	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Linum flavum	Gelber Lein	2	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Liparis loeselii	Glanzstendel	2	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Nuphar pumila	Kleine Teichrose	2	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Nymphaea candida	Glänzende Seerose	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Osmunda regalis	Königsfarn	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Pedicularis sceptrum-carolinum	Karlszepter	2	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Ranunculus lingua	Zungen-Hahnenfuß	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Scheuchzeria palustris	Blasenbinse	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Swertia perennis	Blauer Sumpfstern	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Trapa natans	Wassernuß	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Veronica maritima	Langblättriger Blauweiderich	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Veronica spicata	Ähriger Blauweiderich	2	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Allium angulosum	Kanten-Lauch	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Allium lusitanicum	Berg-Lauch	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Anemonastrum narcissiflorum	Narzissen-Windröschen	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Biscutella laevigata subsp. varia	Elsässer Brillenschötchen	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Cypripedium calceolus	Frauenschuh	3	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Nymphaea alba	Weißer Seerose	3	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Dictamnus albus	Diptam	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Eryngium campestre	Feld-Mannstreu	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Euphorbia palustris	Sumpf-Wolfsmilch	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Matteuccia struthiopteris	Straußenfarn	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Nymphoides peltata	Seekanne	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Pinguicula vulgaris	Gewöhnliches Fettkraut	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Taxus baccata	Eibe	3	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Pulmonaria mollis	Weiches Lungenkraut	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Pulmonaria montana	Knollen-Lungenkraut	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Centaurium	Tausendgüldenkraut	3_*	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Scorzonera humilis	Niedrige Schwarzwurzel	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Trollius europaeus	Trollblume	3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Alyssum montanum	Berg-Steinkraut	2_3	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Buxus sempervirens	Immergrüner Buchs	*	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Campanula latifolia	Breitblättrige Glockenblume	*	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Cotoneaster integerrimus	Gewöhnliche Zwergmispel	*	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Galanthus nivalis	Schneeglöckchen	*	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Hepatica nobilis	Leberblümchen	*	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Ilex aquifolium	Gewöhnliche Stechpalme	*	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Lunaria rediviva	Wildes Silberblatt	*	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Melittis melissophyllum	Immenblatt	*	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Nuphar lutea	Gelbe Teichrose	*	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Juncus stygius	Moor-Binse	1	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Scorzonera hispanica	Garten-Schwarzwurzel	G	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Asplenium fontanum	Jura-Strichfarn	R	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Orchidaceae	Knabenkrautgewächse	0_*	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Trichomanes speciosum	Europäischer Dünnfarn	*	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Asplenium obovatum subsp. billotii	Billots Strichfarn	R	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Cystopteris montana	Berg-Blasenfarn	R	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Helianthemum canum	Graues Sonnenröschen	R	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Iris variegata	Bunte Schwertlilie	R	x	x	g
Höhere Pflanzen/Farne	Lathyrus pannonicus subsp. collinus	Hügel-Platterbse	R	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Carlina acaulis subsp. caulescens	Hochstengelige Eberwurz	V	x		g
Höhere Pflanzen/Farne	Digitalis grandiflora	Großblütiger Fingerhut	V	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Digitalis lutea	Gelber Fingerhut	V	x		0
Höhere Pflanzen/Farne	Gentiana lutea	Gelber Enzian	V	x		g

Artengruppe	Artnome It	Artnome de	RL	bg	sg	S
Höhere Pflanzen/Farne	Polemonium caeruleum	Blaue Himmelsleiter	V	x		0
Moose	Hylocomium pyrenaicum		1	x		g
Moose	Sphagnum compactum		3	x		g
Moose	Sphagnum obtusum		3	x		g
Moose	Sphagnum riparium		3	x		g
Moose	Sphagnum		3_*	x		g
Moose	Hylocomium brevirostre		*	x		0
Moose	Hylocomium splendens		*	x		0
Moose	Leucobryum glaucum	Gemeines Weißmoos	*	x		0
Moose	Leucobryum juniperoideum	Wacholder-Weißmoos	*	x		0
Moose	Sphagnum angustifolium		*	x		g
Moose	Sphagnum capillifolium		*	x		g
Moose	Sphagnum centrale		*	x		g
Moose	Sphagnum cuspidatum		*	x		g
Moose	Sphagnum fallax		*	x		g
Moose	Sphagnum fimbriatum		*	x		g
Moose	Sphagnum flexuosum		*	x		g
Moose	Sphagnum girgensohnii		*	x		g
Moose	Sphagnum magellanicum		*	x		g
Moose	Sphagnum majus		*	x		g
Moose	Sphagnum palustre		*	x		g
Moose	Sphagnum quinquefarium		*	x		g
Moose	Sphagnum russowii		*	x		g
Moose	Sphagnum squarrosum		*	x		g
Moose	Sphagnum affine		G	x		g
Moose	Sphagnum balticum		V	x		g
Moose	Sphagnum contortum		V	x		g
Moose	Sphagnum fuscum		V	x		g
Moose	Sphagnum papillosum		V	x		g
Moose	Sphagnum platyphyllum		V	x		g
Moose	Sphagnum rubellum		V	x		g
Moose	Sphagnum subnitens		V	x		g
Moose	Sphagnum subsecundum		V	x		g
Moose	Sphagnum tenellum		V	x		g
Moose	Sphagnum teres		V	x		g
Moose	Sphagnum warnstorffii		V	x		g
Flechten	Cladonia arbuscula		V	x		g
Flechten	Cladonia ciliata		2	x		g
Flechten	Cladonia portentosa		3	x		g
Flechten	Cladonia rangiferina	Rentierflechte	3	x		g
Flechten	Cladonia stellaris		1	x		g
Flechten	Cladonia stygia		1	x		g
Flechten	Lobaria pulmonaria	Echte Lungenflechte	2	x	x	g
Pilze	Amanita caesarea	Kaiserling	1	x		g
Pilze	Boletus aereus	Schwarzhäutiger Steinpilz		x		0
Pilze	Boletus appendiculatus	Anhängsel-Röhrling	3	x		g
Pilze	Boletus edulis	Gemeiner Steinpilz		x		0
Pilze	Boletus fechtneri	Silber-Röhrling	3	x		g
Pilze	Boletus regius	Königsröhrling	2	x		g
Pilze	Lactarius volemus	Brätling		x		0
Amphibien	Alytes obstetricans	Geburtshelferkröte	2	x	x	z
Amphibien	Bombina variegata	Gelbbauchunke	2	x	x	z
Amphibien	Bufo bufo	Erdkröte	V	x		z
Amphibien	Bufotes viridis	Wechselkröte	2	x	x	z
Amphibien	Epidalea calamita	Kreuzkröte	2	x	x	z
Amphibien	Hyla arborea	Europäischer Laubfrosch	2	x	x	z
Amphibien	Hyla arborea arborea	Laubfrosch	2	x	x	z
Amphibien	Ichthyosaura alpestris	Bergmolch	*	x		z
Amphibien	Lissotriton helveticus	Fadenmolch	*	x		z

Artengruppe	Artnome It	Artnome de	RL	bg	sg	S
Amphibien	Lissotriton vulgaris	Teichmolch	V	x		z
Amphibien	Lithobates catesbeianus	Nordamerikanischer Ochsenfrosch	^	x		z
Amphibien	Pelobates fuscus	Knoblauchkröte	2	x	x	z
Amphibien	Pelophylax esculentus	Teichfrosch	D	x		z
Amphibien	Pelophylax lessonae	Kleiner Wasserfrosch	G	x	x	g
Amphibien	Pelophylax ridibundus	Seefrosch	3	x		z
Amphibien	Rana arvalis	Moorfrosch	1	x	x	z
Amphibien	Rana dalmatina	Springfrosch	3	x	x	z
Amphibien	Rana temporaria	Grasfrosch	V	x		z
Amphibien	Salamandra atra	Alpensalamander	*	x	x	z
Amphibien	Salamandra salamandra	Feuersalamander	3	x		z
Amphibien	Salamandra salamandra salamandra	Gefleckter Feuersalamander	3	x		z
Amphibien	Salamandra salamandra terrestris	Gestreifter Feuersalamander	3	x		z
Amphibien	Triturus alpestris alpestris	Bergmolch	*	x		z
Amphibien	Triturus cristatus	Nördlicher Kammolch	2	x	x	z
Fische	Anguilla anguilla	Europäischer Flußaal	2	x		0
Fische	Lampetra fluviatilis	Flussneunauge	2	x		0
Fische	Lampetra planeri	Bachneunauge	3	x		0
Fische	Petromyzon marinus	Meerneunauge	2	x		0
Krebse	Astacus astacus	Edelkrebs	2	x	x	V
Krebse	Austropotamobius torrentium	Steinkrebs	2	x		V
Krebse	Branchipus schaefferi	Kiemenfusskrebs-Art	kA	x	x	V
Reptilien	Anguis fragilis	Blindschleiche	*	x		0
Reptilien	Chrysemys picta	Zierschildkröte	^	x		0
Reptilien	Coronella austriaca	Schlingnatter	3	x	x	V
Reptilien	Emys orbicularis	Europäische Sumpfschildkröte	1	x	x	V
Reptilien	Lacerta agilis	Zauneidechse	V	x	x	0
Reptilien	Lacerta bilineata	Westliche Smaragdeidechse	1	x	x	V
Reptilien	Natrix helvetica	Barren-Ringelnatter	3	x		0
Reptilien	Natrix natrix	Ringelnatter	3	x		0
Reptilien	Natrix natrix natrix	Nördliche Ringelnatter	3	x		0
Reptilien	Natrix tessellata	Würfelnatter		x	x	V
Reptilien	Podarcis muralis	Mauereidechse	2	x	x	0
Reptilien	Podarcis sicula	Ruineneidechse		x	x	0
Reptilien	Trachemys scripta	Buchstaben- Schmuckschildkröte	^	x		0
Reptilien	Trachemys scripta elegans	Rotwangen- Schmuckschildkröte	^	x		0
Reptilien	Vipera aspis	Aspiviper	1	x	x	V
Reptilien	Vipera berus	Kreuzotter	2	x		V
Reptilien	Zamenis longissimus	Äskulapnatter	1	x	x	V
Reptilien	Zootoca vivipara	Waldeidechse	*	x		0
Weichtiere	Anisus vorticulus	Zierliche Tellerschnecke	2	x	x	g
Weichtiere	Anodonta anatina	Gemeine Teichmuschel	V	x		0
Weichtiere	Anodonta cygnea	Große Teichmuschel	2	x		0
Weichtiere	Cornu aspersum	Gefleckte Weinbergschnecke	^	x		0
Weichtiere	Helix pomatia	Weinbergschnecke	V	x		0
Weichtiere	Pseudanodonta complanata	Abgeplattete Teichmuschel	1	x	x	g
Weichtiere	Unio crassus	Bachmuschel	1	x	x	g
Weichtiere	Unio pictorum	Malermuschel	3	x		0
Weichtiere	Unio tumidus	Große Flußmuschel	2	x		0
Käfer	Acmaeodera degener	Achtzehnfleckiger Ohnschild- Prachtkäfer	1	x	x	V
Käfer	Aesalus scarabaeoides	Kurzschrüter	2	x	x	V
Käfer	Bolbelasmus unicoloris		0 (D)	x	x	V
Käfer	Cerambyx cerdo	Großer Eichenbock	1	x	x	V
Käfer	Cetonia aurata	Rosenkäfer		x		0

Artengruppe	Artnome It	Artnome de	RL	bg	sg	S
Käfer	Clerus mutillarius		2 (D)	x	x	V
Käfer	Copris lunaris	Kleiner Mond-Hornkäfer	2 (D)	x		V
Käfer	Cucujus cinnaberinus	Scharlachkäfer	1 (D)	x	x	V
Käfer	Cylindera germanica	Deutscher Sandlaufkäfer	1	x	x	0
Käfer	Eurythyrea quercus	Eckschildiger Glanz-Prachtkäfer	2 (D)	x	x	V
Käfer	Graphoderus bilineatus	Schmalbindiger Breitflügel-Tauchkäfer	1	x	x	V
Käfer	Lucanus cervus	Hirschkäfer	3	x		0
Käfer	Megopis scabricornis	Körnerbock	1	x	x	V
Käfer	Meloe decorus	Violetthalsiger Maiwurmkäfer	2 (D)	x	x	V
Käfer	Meloe rugosus	Mattschwarzer Maiwurmkäfer	2 (D)	x	x	V
Käfer	Meloe scabriusculus		kA	x		0
Käfer	Oryctes nasicornis	Nashornkäfer	0	x		0
Käfer	Osmoderma eremita	Eremit	2	x	x	V
Käfer	Palmar festiva	Südlicher Wacholder-Prachtkäfer	1	x	x	V
Käfer	Petrophaga lorioti	Echte Steinlaus	1	x		0
Käfer	Polyphylla fullo	Walker	3 (D)	x		V
Käfer	Protaetia aeruginosa	Großer Goldkäfer	2	x	x	V
Käfer	Rosalia alpina	Alpenbock	2	x	x	V
Käfer	Sitaris muralis		G (D)	x		V
Käfer	Trichodes alvearius	Zottiger Bienenkäfer	3 (D)	x		V
Käfer	Typhaeus typhoeus	Stierkäfer		x		0
Geradflügler	Aiolopus thalassinus	Grüne Strandschrecke	2	x	x	g
Geradflügler	Arcyptera fusca	Große Höckerschrecke	1	x	x	g
Geradflügler	Calliptamus italicus	Italienische Schönschrecke	1	x		g
Geradflügler	Mantis religiosa	Gottesanbeterin	*	x		0
Geradflügler	Modicogryllus frontalis	Östliche Grille	1	x	x	g
Geradflügler	Oedipoda caerulea	Blaufügelige Ödlandschrecke	V	x		0
Geradflügler	Oedipoda germanica	Rotflügelige Ödlandschrecke	1	x		g
Geradflügler	Psophus stridulus	Rotflügelige Schnarschrecke	2	x		g
Geradflügler	Ruspolia nitidula	Große Schiefkopfschrecke	0	x	x	g
Geradflügler	Sphingonotus caeruleus	Blaufügelige Sandschrecke	3	x		g
Geradflügler	Tessellana tessellata	Braunfleckige Beißschrecke	1	x	x	g
Hautflügler	Formica polyctena	Kahlrückige Waldameise		x		0
Hautflügler	Formica pratensis	Wiesenameise	0	x		0
Hautflügler	Formica rufa	Rote Waldameise		x		0
Hautflügler	Vespa crabro	Hornisse		x		0
Libellen	Leucorrhinia albifrons	Östliche Moosjungfer	0	x	x	V
Libellen	Aeshna caerulea	Alpen-Mosaikjungfer	1	x	x	V
Libellen	Ceriagrion tenellum	Zarte Rubinjungfer	1	x	x	V
Libellen	Coenagrion hastulatum	Speer-Azurjungfer	1	x		V
Libellen	Coenagrion lunulatum	Mond-Azurjungfer	1	x		V
Libellen	Coenagrion ornatum	Vogel-Azurjungfer	1	x	x	V
Libellen	Epithea bimaculata	Zweifleck	1	x		V
Libellen	Leucorrhinia caudalis	Zierliche Moosjungfer	1	x	x	V
Libellen	Leucorrhinia pectoralis	Große Moosjungfer	1	x	x	V
Libellen	Leucorrhinia rubicunda	Nordische Moosjungfer	1	x		V
Libellen	Nehalennia speciosa	Zwerglibelle	1	x	x	V
Libellen	Somatochlora alpestris	Alpen-Smaragdlibelle	1	x	x	V
Libellen	Sympetrum depressiusculum	Sumpf-Heidelibelle	1	x		V
Libellen	Aeshna affinis	Südliche Mosaikjungfer	2	x		V
Libellen	Aeshna isoceles	Keilfleklibelle	2	x		V
Libellen	Aeshna subarctica	Hochmoor-Mosaikjungfer	2	x	x	V
Libellen	Aeshna subarctica elisabethae	Hochmoor-Mosaikjungfer	2	x	x	V
Libellen	Gomphus flavipes	Asiatische Keiljungfer	2	x	x	V
Libellen	Lestes barbarus	Südliche Binsenjungfer	2	x		V
Libellen	Lestes dryas	Glänzende Binsenjungfer	2	x		V
Libellen	Lestes virens	Kleine Binsenjungfer	2	x		V

Artengruppe	Artnome It	Artnome de	RL	bg	sg	S
Libellen	<i>Lestes virens vestalis</i>	Kleine Binsenjungfer	2	x		V
Libellen	<i>Somatochlora arctica</i>	Arktische Smaragdlibelle	2	x		V
Libellen	<i>Sympetma paedisca</i>	Sibirische Winterlibelle	2	x	x	V
Libellen	<i>Sympetrum flaveolum</i>	Gefleckte Heidelibelle	2	x		V
Libellen	<i>Sympetrum pedemontanum</i>	Gebänderte Heidelibelle	2	x		V
Libellen	<i>Aeshna juncea</i>	Torf-Mosaikjungfer	3	x		V
Libellen	<i>Coenagrion mercuriale</i>	Helm-Azurjungfer	3	x	x	V
Libellen	<i>Coenagrion pulchellum</i>	Fledermaus-Azurjungfer	3	x		V
Libellen	<i>Ischnura pumilio</i>	Kleine Pechlibelle	3	x		V
Libellen	<i>Leucorrhinia dubia</i>	Kleine Moosjungfer	3	x		V
Libellen	<i>Ophiogomphus cecilia</i>	Grüne Flußjungfer	3	x	x	V
Libellen	<i>Orthetrum coerulescens</i>	Kleiner Blaupfeil	3	x		V
Libellen	<i>Somatochlora flavomaculata</i>	Gefleckte Smaragdlibelle	3	x		V
Libellen	<i>Sympetrum danae</i>	Schwarze Heidelibelle	3	x		V
Libellen	<i>Aeshna viridis</i>	Grüne Mosaikjungfer		x		V
Libellen	<i>Lestes macrostigma</i>	Dunkle Binsenjungfer		x		V
Libellen	<i>Aeshna cyanea</i>	Blaugrüne Mosaikjungfer	*	x		0
Libellen	<i>Aeshna mixta</i>	Herbst-Mosaikjungfer	*	x		0
Libellen	<i>Anax imperator</i>	Große Königslibelle	*	x		0
Libellen	<i>Anax parthenope</i>	Kleine Königslibelle	*	x		0
Libellen	<i>Calopteryx splendens</i>	Gebänderte Prachtlibelle	*	x		0
Libellen	<i>Calopteryx virgo</i>	Blaufügel-Prachtlibelle	*	x		0
Libellen	<i>Coenagrion puella</i>	Hufeisen-Azurjungfer	*	x		0
Libellen	<i>Cordulegaster bidentata</i>	Gestreifte Quelljungfer	*	x		0
Libellen	<i>Cordulegaster boltonii</i>	Zweigestreifte Quelljungfer	*	x		0
Libellen	<i>Cordulia aenea</i>	Gemeine Smaragdlibelle	*	x		0
Libellen	<i>Crocothemis erythraea</i>	Feuerlibelle	*	x		0
Libellen	<i>Enallagma cyathigerum</i>	Gemeine Becherjungfer	*	x		0
Libellen	<i>Erythromma lindenii</i>	Pokaljungfer	*	x		0
Libellen	<i>Erythromma viridulum</i>	Kleines Granatauge	*	x		0
Libellen	<i>Gomphus pulchellus</i>	Westliche Keiljungfer	*	x		0
Libellen	<i>Gomphus vulgatissimus</i>	Gemeine Keiljungfer	*	x		0
Libellen	<i>Ischnura elegans</i>	Große Pechlibelle	*	x		0
Libellen	<i>Lestes sponsa</i>	Gemeine Binsenjungfer	*	x		0
Libellen	<i>Lestes viridis</i>	Weidenjungfer	*	x		0
Libellen	<i>Libellula depressa</i>	Plattbauch	*	x		0
Libellen	<i>Libellula quadrimaculata</i>	Vierfleck	*	x		0
Libellen	<i>Onychogomphus forcipatus</i>	Kleine Zangenlibelle	*	x		0
Libellen	<i>Orthetrum brunneum</i>	Südlicher Blaupfeil	*	x		0
Libellen	<i>Orthetrum cancellatum</i>	Großer Blaupfeil	*	x		0
Libellen	<i>Platycnemis pennipes</i>	Blaue Federlibelle	*	x		0
Libellen	<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	Frühe Adonisl libelle	*	x		0
Libellen	<i>Somatochlora metallica</i>	Glänzende Smaragdlibelle	*	x		0
Libellen	<i>Sympetma fusca</i>	Gemeine Winterlibelle	*	x		0
Libellen	<i>Sympetrum fonscolombii</i>	Frühe Heidelibelle	*	x		0
Libellen	<i>Sympetrum sanguineum</i>	Blutrote Heidelibelle	*	x		0
Libellen	<i>Sympetrum striolatum</i>	Große Heidelibelle	*	x		0
Libellen	<i>Sympetrum vulgatum</i>	Gemeine Heidelibelle	*	x		0
Libellen	<i>Orthetrum albistylum</i>	Östlicher Blaupfeil	D	x	x	V
Libellen	<i>Sympetrum meridionale</i>	Südliche Heidelibelle	D	x		V
Libellen	<i>Gomphus simillimus</i>	Gelbe Keiljungfer	R	x		V
Libellen	<i>Aeshna grandis</i>	Braune Mosaikjungfer	V	x		0
Libellen	<i>Brachytron pratense</i>	Früher Schilfjäger	V	x		0
Libellen	<i>Erythromma najas</i>	Großes Granatauge	V	x		0
Libellen	<i>Libellula fulva</i>	Spitzenfleck	V	x		0
Schmetterlinge	<i>Cucullia absinthii</i>	Beifuß-Mönch	V	x		V
Schmetterlinge	<i>Cucullia asteris</i>	Astern-Mönch	V	x		V
Schmetterlinge	<i>Boloria thore</i>	Alpen-Perlmutterfalter	1	x		V
Schmetterlinge	<i>Orgyia antiqua</i>	Schlehen-Bürstenspinner	1	x		V

Artengruppe	Artnome It	Artnome de	RL	bg	sg	S
Schmetterlinge	Lopinga achine	Gelbringfalter	1	x	x	V
Schmetterlinge	Apatura iris	Großer Schillerfalter	V	x		V
Schmetterlinge	Limenitis populi	Großer Eisvogel	1	x		V
Schmetterlinge	Nymphalis antiopa	Trauermantel	3	x		V
Schmetterlinge	Erebia aethiops	Graubindiger Mohrenfalter	3	x		V
Schmetterlinge	Apatura ilia	Kleiner Schillerfalter	3	x		V
Schmetterlinge	Fabriciana adippe	Feuriger Perlmutterfalter	3	x		V
Schmetterlinge	Boloria euphrosyne	Silberfleck-Perlmutterfalter	3	x		V
Schmetterlinge	Erebia ligea	Weißbindiger Mohrenfalter	V	x		V
Schmetterlinge	Speyeria aglaja	Großer Perlmutterfalter	V	x		V
Schmetterlinge	Phengaris arion	Schwarzfleckiger Ameisen-Bläuling	2	x	x	V
Schmetterlinge	Limenitis camilla	Kleiner Eisvogel	V	x		V
Schmetterlinge	Cyaniris semiargus	Rotklee-Bläuling	V	x		0
Schmetterlinge	Phengaris teleius	Heller Wiesenknopf-Ameisen-Bläuling	1	x	x	V
Schmetterlinge	Euphydryas aurinia	Goldener Scheckenfalter	1	x		V
Schmetterlinge	Boloria selene	Braunfleckiger Perlmutterfalter	3	x		V
Schmetterlinge	Lycaena hippothoe	Lilagold-Feuerfalter	3	x		V
Schmetterlinge	Erebia medusa	Rundaugen-Mohrenfalter	V	x		V
Schmetterlinge	Phengaris nausithous	Dunkler Wiesenknopf-Ameisen-Bläuling	3	x	x	V
Schmetterlinge	Lycaena phlaeas	Kleiner Feuerfalter	V	x		0
Schmetterlinge	Lycaena dispar	Großer Feuerfalter	3	x	x	V
Schmetterlinge	Arethusana arethusa	Rotbindiger Samtfalter	0	x	x	V
Schmetterlinge	Conistra fragariae	Große Wintereule	0	x	x	V
Schmetterlinge	Eriogaster catax	Hecken-Wollfalter	0	x	x	V
Schmetterlinge	Phylodesma ilicifolia	Weidenglucke	0	x	x	V
Schmetterlinge	Pyrgus carthami	Steppenheiden-Würfel-Dickkopffalter	0	x		V
Schmetterlinge	Actinotia radiosa	Trockenrasen-Johanniskrauteule	1	x	x	V
Schmetterlinge	Adscita mannii	Südwestdeutsches Grünwidderchen	1	x		V
Schmetterlinge	Alcis jubata	Bartflechten-Rindenspanner	1	x	x	V
Schmetterlinge	Brenthis daphne	Brombeer-Perlmutterfalter	1	x	x	V
Schmetterlinge	Brintesia circe	Weißer Waldportier	1	x		V
Schmetterlinge	Carcharodus floccifera	Heilziest-Dickkopffalter	1	x	x	V
Schmetterlinge	Chazara briseis	Berghexe	1	x		V
Schmetterlinge	Coenonympha hero	Wald-Wiesenvögelchen	1	x	x	V
Schmetterlinge	Coenonympha tullia	Großes Wiesenvögelchen	1	x		V
Schmetterlinge	Cucullia dracunculi	Hellgrauer Goldaster-Mönch	1	x		V
Schmetterlinge	Eucharia deserta	Labkrautbär	1	x		V
Schmetterlinge	Euphydryas maturna	Eschen-Scheckenfalter	1	x	x	V
Schmetterlinge	Gastropacha populifolia	Pappelglucke	1	x	x	V
Schmetterlinge	Gortyna borelii	Haarstrangeule	1	x	x	V
Schmetterlinge	Hipparchia fagi	Großer Waldportier	1	x	x	V
Schmetterlinge	Idaea contiguaria	Fettthennen-Felsflur-Zwergspanner	1	x	x	V
Schmetterlinge	Lemonia taraxaci	Löwenzahn-Wiesenspinner	1	x	x	V
Schmetterlinge	Luperina dumerilii	Dumerils Graswurzeleule	1	x	x	V
Schmetterlinge	Lycaena helle	Blauschillernder Feuerfalter	1	x	x	V
Schmetterlinge	Nola subchlamydula	Gamander-Graueulchen	1	x	x	V
Schmetterlinge	Parnassius apollo	Roter Apollofalter	1	x	x	V
Schmetterlinge	Parnassius mnemosyne	Schwarzer Apollofalter	1	x	x	V
Schmetterlinge	Plebejus idas	Ginster-Bläuling	1	x		V
Schmetterlinge	Polyommatus damon	Weißdolch-Bläuling	1	x	x	V
Schmetterlinge	Polyommatus dorylas	Wundklee-Bläuling	1	x		V
Schmetterlinge	Pyrgus accretus	Veritys Würfel-Dickkopffalter	1	x		V

Artengruppe	Artnome It	Artnome de	RL	bg	sg	S
Schmetterlinge	Pyrgus armoricanus	Zweibrütiger Würfel-Dickkopffalter	1	x	x	V
Schmetterlinge	Pyrgus cirsii	Spätsommer-Würfel-Dickkopffalter	1	x	x	V
Schmetterlinge	Valeria oleagina	Olivgrüne Schmuckeule	1	x		V
Schmetterlinge	Agriades optilete	Hochmoor-Bläuling	2	x		V
Schmetterlinge	Anarta cordigera	Moor-Bunteule	2	x	x	V
Schmetterlinge	Aporophyla nigra	Schwarze Glattrückeneule	2	x		V
Schmetterlinge	Boloria aquilonaris	Hochmoor-Perlmutterfalter	2	x		V
Schmetterlinge	Boloria titania	Natterwurz-Perlmutterfalter	2	x		V
Schmetterlinge	Carsia sororiata	Moosbeerenspanner	2	x	x	V
Schmetterlinge	Catocala elocata	Pappelkarmin	2	x		V
Schmetterlinge	Catocala promissa	Kleines Eichenkarmin	2	x		V
Schmetterlinge	Cleorodes lichenaria		2	x	x	V
Schmetterlinge	Colias palaeno	Hochmoor-Gelbling	2	x		V
Schmetterlinge	Eucarta amethystina	Amethysteule	2	x	x	V
Schmetterlinge	Fabriciana niobe	Mittlerer Perlmutterfalter	2	x		V
Schmetterlinge	Glaucopsyche alexis	Alexis-Bläuling	2	x		V
Schmetterlinge	Hemaris tityus	Skabiosenschwärmer	2	x		V
Schmetterlinge	Iphiclides podalirius	Segelfalter	2	x		V
Schmetterlinge	Jordanita notata	Skabiosen-Grünwidderchen	2	x		V
Schmetterlinge	Lemonia dumii	Habichtskraut-Wiesenspinner	2	x		V
Schmetterlinge	Limenitis reducta	Blauschwarzer Eisvogel	2	x		V
Schmetterlinge	Lycaena alciphron	Violetter Feuerfalter	2	x		V
Schmetterlinge	Lycaena virgaureae	Dukaten-Feuerfalter	2	x		V
Schmetterlinge	Nycteola degenerana	Salweiden-Wicklereulchen	2	x	x	V
Schmetterlinge	Nymphalis polychloros	Großer Fuchs	2	x		V
Schmetterlinge	Phengaris alcon	Lungenenzian-Ameisen-Bläuling	2	x		V
Schmetterlinge	Phengaris rebeli	Kreuzenzian-Ameisen-Bläuling	2	x		V
Schmetterlinge	Phyllodesma tremulifolia	Eichenglucke	2	x		V
Schmetterlinge	Pseudophilotes baton	Graublauer Bläuling	2	x		V
Schmetterlinge	Pyrgus alveus	Sonnenröschen-Würfel-Dickkopffalter	2	x		V
Schmetterlinge	Pyrgus serratulae	Schwarzbrauner Würfel-Dickkopffalter	2	x		V
Schmetterlinge	Stilbia anomala	Drahtschmieleneule	2	x		V
Schmetterlinge	Zygaena angelicae	Elegans-Widderchen	2	x	x	V
Schmetterlinge	Zygaena osterodensis	Platterbsen-Widderchen	2	x		V
Schmetterlinge	Adscita geryon	Sonnenröschen-Grünwidderchen	3	x		V
Schmetterlinge	Adscita statice	Ampfer-Grünwidderchen	3	x		V
Schmetterlinge	Arctia caja	Brauner Bär	3	x		V
Schmetterlinge	Arichanna melanaria	Rauschbeeren-Fleckenspanner	3	x		V
Schmetterlinge	Boloria eunomia	Randring-Perlmutterfalter	3	x		V
Schmetterlinge	Carcharodus alceae	Malven-Dickkopffalter	3	x		V
Schmetterlinge	Catocala fulminea	Gelbes Ordensband	3	x		V
Schmetterlinge	Coenonympha glycerion	Rotbraunes Wiesenvögelchen	3	x		V
Schmetterlinge	Cucullia caninae	Hundsbraunwurz-Mönch	3	x	x	V
Schmetterlinge	Gastropacha quercifolia	Kupferglucke	3	x		V
Schmetterlinge	Hyles euphorbiae	Wolfsmilchschwärmer	3	x		V
Schmetterlinge	Jordanita globulariae	Flockenblumen-Grünwidderchen	3	x		V
Schmetterlinge	Lysandra bellargus	Himmelblauer Bläuling	3	x		V
Schmetterlinge	Polyommatus amandus	Vogelwicken-Bläuling	3	x		V
Schmetterlinge	Polyommatus daphnis	Zahnflügel-Bläuling	3	x		V
Schmetterlinge	Argynnis paphia	Kaisermantel	*	x		0
Schmetterlinge	Catocala nupta	Rotes Ordensband	*	x		0
Schmetterlinge	Coenonympha pamphilus	Kleines Wiesenvögelchen	*	x		0

Artengruppe	Artnome It	Artnome de	RL	bg	sg	S
Schmetterlinge	Colias crocea	Wander-Gelbling	*	x		0
Schmetterlinge	Cucullia scrophulariae	Braunwurz-Mönch	*	x		0
Schmetterlinge	Cucullia umbratica	Schatten-Mönch	*	x		0
Schmetterlinge	Cucullia verbasci	Königskerzen-Mönch	*	x		0
Schmetterlinge	Erebia meolans	Gelbbindiger Mohrenfalter	*	x		0
Schmetterlinge	Nola cucullatella	Violettgraues Graueulchen	*	x		0
Schmetterlinge	Papilio machaon	Schwabenschwanz	*	x		0
Schmetterlinge	Polyommatus icarus	Hauhechel-Bläuling	*	x		0
Schmetterlinge	Zygaena filipendulae	Sechsfleck-Widderchen	*	x		0
Schmetterlinge	Polyommatus thersites	Esparssetten-Bläuling	3	x		V
Schmetterlinge	Rhagades pruni	Heidekraut-Grünwidderchen	3	x		V
Schmetterlinge	Rhyparia purpurata	Purpurbär	3	x		V
Schmetterlinge	Zygaena carniolica	Esparssetten-Widderchen	3	x		V
Schmetterlinge	Zygaena fausta	Bergkronwicken-Widderchen	3	x		V
Schmetterlinge	Zygaena minos	Bibernell-Widderchen	3	x		V
Schmetterlinge	Zygaena purpuralis	Thymian-Widderchen	3	x		V
Schmetterlinge	Zygaena transalpina	Hufeisenklee-Widderchen	3	x		V
Schmetterlinge	Zygaena trifolii	Sumpfhornklee-Widderchen	3	x		V
Schmetterlinge	Hyles gallii	Labkrautschwärmer	D	x		V
Schmetterlinge	Boloria dia	Magerrasen-Perlmutterfalter	V	x		V
Schmetterlinge	Catocala fraxini	Blaues Ordensband	V	x		V
Schmetterlinge	Coenonympha arcania	Weißbindiges Wiesenvögelchen	V	x		V
Schmetterlinge	Colias australis	Hufeisenklee-Gelbling	V	x		0
Schmetterlinge	Colias hyale	Weißklee-Gelbling	V	x		0
Schmetterlinge	Hemaris fuciformis	Hummelschwärmer	V	x		V
Schmetterlinge	Lycaena tityrus	Brauner Feuerfalter	V	x		0
Schmetterlinge	Lysandra coridon	Silbergrüner Bläuling	V	x		V
Schmetterlinge	Malacosoma castrensis	Wolfsmilch-Ringelspinner	V	x		V
Schmetterlinge	Plebejus argus	Argus-Bläuling	V	x		V
Schmetterlinge	Plebejus argyrognomon	Kronwicken-Bläuling	V	x		V
Schmetterlinge	Proserpinus proserpina	Nachtkerzenschwärmer	V	x	x	V
Schmetterlinge	Pyrgus malvae	Kleiner Würfel-Dickkopffalter	V	x		V
Schmetterlinge	Zygaena ephialtes	Veränderliches Widderchen	V	x		V
Schmetterlinge	Zygaena lonicerae	Klee-Widderchen	V	x		V
Schmetterlinge	Zygaena loti	Beifleck-Widderchen	V	x		V
Schmetterlinge	Zygaena viciae	Kleines Fünffleck-Widderchen	V	x		V
Sonstige	Hirudo medicinalis	Gemeiner Blutegel		x		0
Spinnentiere	Dolomedes fimbriatus	Gerandete Jagdspinne		x		0
Spinnentiere	Dolomedes plantarius			x	x	0
Spinnentiere	Eresus cinnaberinus	Rote Röhrenspinne		x		0
Übrige Insekten	Libelloides longicornis	Langfühleriger Schmetterlingshaft		x	x	V
Vögel	Remiz pendulinus	Beutelmeise	3	x		0
Vögel	Anser albifrons	Blässgans		x		0
Vögel	Alauda arvensis	Feldlerche	3	x		0
Vögel	Phylloscopus trochilus	Fitis	3	x		0
Vögel	Oriolus oriolus	Pirol	3	x		0
Vögel	Hirundo rustica	Rauchschwalbe	3	x		0
Vögel	Emberiza schoeniclus	Rohrhammer	3	x		0
Vögel	Riparia riparia	Uferschwalbe	3	x	x	0
Vögel	Emberiza cirius	Zaunammer	3	x	x	0
Vögel	Corvus corone	Aaskrähe		x		0
Vögel	Apus melba	Alpensegler	*	x		0
Vögel	Calidris alpina	Alpenstrandläufer		x	x	0
Vögel	Turdus merula	Amsel	*	x		0
Vögel	Motacilla cinereocapilla	Aschköpfige Schafstelze	^	x		0
Vögel	Motacilla alba	Bachstelze	*	x		0
Vögel	Panurus biarmicus	Bartmeise	R	x		0

Artengruppe	Artnome It	Artnome de	RL	bg	sg	S
Vögel	Falco subbuteo	Baumfalke	V	x	x	0
Vögel	Aythya marila	Bergente		x		0
Vögel	Fringilla montifringilla	Bergfink	^	x		0
Vögel	Merops apiaster	Bienenfresser	*	x	x	0
Vögel	Carduelis flammea	Birkenzeisig	*	x		0
Vögel	Fulica atra	Blässhuhn	*	x		0
Vögel	Luscinia svecica	Blaukehlchen	V	x	x	0
Vögel	Parus caeruleus	Blaumeise	*	x		0
Vögel	Tadorna tadorna	Brandgans	^	x		0
Vögel	Tringa glareola	Bruchwasserläufer	^	x	x	0
Vögel	Fringilla coelebs	Buchfink	*	x		0
Vögel	Picoides major	Buntspecht	*	x		0
Vögel	Corvus monedula	Dohle	*	x		0
Vögel	Sylvia communis	Dorngrasmücke	*	x		0
Vögel	Tringa erythropus	Dunkler Wasserläufer		x		0
Vögel	Garrulus glandarius	Eichelhäher	*	x		0
Vögel	Somateria mollissima	Eiderente		x		0
Vögel	Alcedo atthis	Eisvogel	V	x	x	0
Vögel	Pica pica	Elster	*	x		0
Vögel	Carduelis spinus	Erlenzeisig	*	x		0
Vögel	Phasianus colchicus	Fasan	^	x		0
Vögel	Passer montanus	Feldsperling	V	x		0
Vögel	Ptyonoprogne rupestris	Felsenschwalbe	^	x	x	0
Vögel	Loxia curvirostra	Fichtenkreuzschnabel	*	x		0
Vögel	Charadrius dubius	Flussregenpfeifer	V	x	x	0
Vögel	Sterna hirundo	Flusseeschwalbe	V	x	x	0
Vögel	Mergus merganser	Gänsesäger	*	x		0
Vögel	Certhia brachydactyla	Gartenbaumläufer	*	x		0
Vögel	Sylvia borin	Gartengrasmücke	*	x		0
Vögel	Phoenicurus phoenicurus	Gartenrotschwanz	V	x		0
Vögel	Motacilla cinerea	Gebirgsstelze	*	x		0
Vögel	Tringa flavipes	Gelbschenkel		x		0
Vögel	Pyrrhula pyrrhula	Gimpel	*	x		0
Vögel	Serinus serinus	Girlitz	*	x		0
Vögel	Emberiza citrinella	Goldammer	V	x		0
Vögel	Pluvialis apricaria	Goldregenpfeifer		x	x	0
Vögel	Anser anser	Graugans	*	x		0
Vögel	Ardea cinerea	Graureiher	*	x		0
Vögel	Muscicapa striata	Grauschnäpper	V	x		0
Vögel	Numenius arquata	Großer Brachvogel	1	x	x	0
Vögel	Carduelis chloris	Grünfink	*	x		0
Vögel	Phylloscopus trochiloides	Grünlaubsänger		x		0
Vögel	Tringa nebularia	Grünschenkel	^	x		0
Vögel	Picus viridis	Grünspecht	*	x	x	0
Vögel	Accipiter gentilis	Habicht	*	x	x	0
Vögel	Clamator glandarius	Häherkuckuck		x		0
Vögel	Psittacula krameri	Halsbandsittich	^	x		0
Vögel	Parus cristatus	Haubenmeise	*	x		0
Vögel	Podiceps cristatus	Haubentaucher	*	x		0
Vögel	Phoenicurus ochruros	Hausrotschwanz	*	x		0
Vögel	Passer domesticus	Hausperling	V	x		0
Vögel	Prunella modularis	Heckenbraunelle	*	x		0
Vögel	Cygnus olor	Höckerschwan	*	x		0
Vögel	Columba oenas	Hohлтаube	V	x		0
Vögel	Branta canadensis	Kanadagans	^	x		0
Vögel	Coccothraustes coccothraustes	Kernbeisser	*	x		0
Vögel	Sylvia curruca	Klappergrasmücke	V	x		0
Vögel	Sitta europaea	Kleiber	*	x		0
Vögel	Porzana parva	Kleines Sumpfhuhn	R	x	x	0

Artengruppe	Artnome It	Artnome de	RL	bg	sg	S
Vögel	Picoides minor	Kleinspecht	V	x		0
Vögel	Parus major	Kohlmeise	*	x		0
Vögel	Netta rufina	Kolbenente	*	x		0
Vögel	Corvus corax	Kolkrabe	*	x		0
Vögel	Phalacrocorax carbo	Kormoran		x		0
Vögel	Larus ridibundus	Lachmöwe	V	x		0
Vögel	Tichodroma muraria	Mauerläufer	^	x		0
Vögel	Apus apus	Mauersegler	V	x		0
Vögel	Buteo buteo	Mäusebussard	*	x	x	0
Vögel	Delichon urbica	Mehlschwalbe	V	x		0
Vögel	Falco columbarius	Merlin		x	x	0
Vögel	Turdus viscivorus	Misteldrossel	*	x		0
Vögel	Motacilla flava flava	Mitteuropäische Schafstelze		x		0
Vögel	Picoides medius	Mittelspecht	*	x	x	0
Vögel	Sylvia atricapilla	Mönchsgrasmücke	*	x		0
Vögel	Luscinia megarhynchos	Nachtigall	*	x		0
Vögel	Nycticorax nycticorax	Nachtreiher	R	x	x	0
Vögel	Lanius collurio	Neuntöter	*	x		0
Vögel	Motacilla flava thunbergi	Nordische Schafstelze		x		0
Vögel	Podiceps auritus	Ohrentaucher		x	x	0
Vögel	Hippolais polyglotta	Orpheusspötter	*	x		0
Vögel	Anas penelope	Pfeifente	^	x		0
Vögel	Gavia arctica	Prachtaucher		x		0
Vögel	Ardea purpurea	Purpureiher	R	x	x	0
Vögel	Corvus corone corone	Rabenkrähe	*	x		0
Vögel	Aegolius funereus	Rauhfußkauz	*	x	x	0
Vögel	Numenius phaeopus	Regenbrachvogel		x		0
Vögel	Aythya fuligula	Reiherente	*	x		0
Vögel	Columba palumbus	Ringeltaube	*	x		0
Vögel	Locustella luscinioides	Rohrschwirl	*	x	x	0
Vögel	Tadorna ferruginea	Rostgans	^	x		0
Vögel	Turdus iliacus	Rotdrossel	^	x		0
Vögel	Falco vespertinus	Rotfußfalke	^	x	x	0
Vögel	Erithacus rubecula	Rotkehlchen	*	x		0
Vögel	Anthus cervinus	Rotkehlpieper		x		0
Vögel	Milvus milvus	Rotmilan	*	x	x	z
Vögel	Anser fabalis	Saatgans	0	x		0
Vögel	Corvus frugilegus	Saatkrähe	*	x		0
Vögel	Charadrius hiaticula	Sandregenpfeifer		x	x	0
Vögel	Bucephala clangula	Schellente		x		0
Vögel	Locustella fluviatilis	Schlagschwirl	*	x		0
Vögel	Tyto alba	Schleiereule	*	x	x	0
Vögel	Anas strepera	Schnatterente	*	x		0
Vögel	Aegithalos caudatus	Schwanzmeise	*	x		0
Vögel	Podiceps nigricollis	Schwarzhalstaucher	*	x	x	0
Vögel	Saxicola torquata	Schwarzkehlchen	V	x		0
Vögel	Larus melanocephalus	Schwarzkopfmöwe	R	x		0
Vögel	Milvus migrans	Schwarzmilan	*	x	x	0
Vögel	Dryocopus martius	Schwarzspecht	*	x	x	z
Vögel	Acrocephalus paludicola	Seggenrohrsänger	^	x	x	0
Vögel	Egretta garzetta	Seidenreiher		x	x	0
Vögel	Bombycilla garrulus	Seidenschwanz		x		0
Vögel	Larus argentatus	Silbermöwe		x		0
Vögel	Casmerodius alba	Silberreiher		x	x	0
Vögel	Turdus philomelos	Singdrossel	*	x		0
Vögel	Cygnus cygnus	Singschwan		x	x	0
Vögel	Regulus ignicapillus	Sommergoldhähnchen	*	x		0
Vögel	Accipiter nisus	Sperber	*	x	x	0
Vögel	Glucidium passerinum	Sperlingskauz	*	x	x	0

Artengruppe	Artnome It	Artnome de	RL	bg	sg	S
Vögel	Anas acuta	Spießente	^	x		0
Vögel	Sturnus vulgaris	Star	*	x		0
Vögel	Athene noctua	Steinkauz	V	x	x	0
Vögel	Arenaria interpres	Steinwälzer		x	x	0
Vögel	Himantopus himantopus	Stelzenläufer	^	x	x	0
Vögel	Larus cachinnans	Steppenmöwe		x		0
Vögel	Gavia stellata	Sternaucher		x		0
Vögel	Carduelis carduelis	Stieglitz	*	x		0
Vögel	Anas platyrhynchos	Stockente	V	x		0
Vögel	Larus canus	Sturmmöwe	R	x		0
Vögel	Parus palustris	Sumpfmeise	*	x		0
Vögel	Acrocephalus palustris	Sumpfrohrsänger	*	x		0
Vögel	Aythya ferina	Tafelente	V	x		0
Vögel	Nucifraga caryocatactes	Tannenhäher	*	x		0
Vögel	Parus ater	Tannenmeise	*	x		0
Vögel	Gallinula chloropus	Teichhuhn	*	x	x	0
Vögel	Acrocephalus scirpaceus	Teichrohrsänger	*	x		0
Vögel	Calidris temminckii	Temminckstrandläufer		x		0
Vögel	Streptopelia decaocto	Türkentaube	*	x		0
Vögel	Falco tinnunculus	Turmfalke	V	x	x	0
Vögel	Bubo bubo	Uhu	*	x	x	0
Vögel	Turdus pilaris	Wacholderdrossel	*	x		0
Vögel	Coturnix coturnix	Wachtel	V	x		0
Vögel	Certhia familiaris	Waldbaumläufer	*	x		0
Vögel	Strix aluco	Waldkauz	*	x	x	0
Vögel	Asio otus	Waldohreule	*	x	x	0
Vögel	Scolopax rusticola	Waldschnepfe	V	x		0
Vögel	Tringa ochropus	Waldwasserläufer	^	x	x	0
Vögel	Falco peregrinus	Wanderfalke	*	x	x	0
Vögel	Cinclus cinclus	Wasseramsel	*	x		0
Vögel	Parus montanus	Weidenmeise	V	x		0
Vögel	Chlidonias leucopterus	Weißflügelseeschwalbe		x	x	0
Vögel	Picoides leucotos	Weißbrückenspecht	R	x	x	0
Vögel	Ciconia ciconia	Weißstorch	V	x	x	0
Vögel	Branta leucopsis	Weißwangengans	^	x		0
Vögel	Pernis apivorus	Wespenbussard	*	x	x	0
Vögel	Upupa epops	Wiedehopf	V	x	x	0
Vögel	Motacilla flava	Wiesenschafstelze	V	x		0
Vögel	Regulus regulus	Wintergoldhähnchen	*	x		0
Vögel	Troglodytes troglodytes	Zaunkönig	*	x		0
Vögel	Phylloscopus collybita	Zilpzalp	*	x		0
Vögel	Mergus albellus	Zwergsäger		x		0
Vögel	Lymnocyptes minimus	Zwergschnepfe	^	x	x	0
Vögel	Calidris minuta	Zwergstrandläufer		x		0
Vögel	Tetrao urogallus	Auerhuhn	1	x	x	g, z
Vögel	Anthus trivialis	Baumpieper	2	x		z
Vögel	Gallinago gallinago	Bekassine	1	x	x	z
Vögel	Phylloscopus bonelli	Berglaubsänger	1	x	x	z
Vögel	Anthus spinoletta	Bergpieper	1	x		z
Vögel	Coracias garrulus	Blauracke	0	x	x	z
Vögel	Carduelis cannabina	Bluthänfling	2	x		z
Vögel	Anthus campestris	Brachpieper	0	x	x	z
Vögel	Saxicola rubetra	Braunkehlchen	1	x		z
Vögel	Picoides tridactylus	Dreizehenspecht	1	x	x	z
Vögel	Acrocephalus arundinaceus	Drosselrohrsänger	1	x	x	z
Vögel	Locustella naevia	Feldschwirl	2	x		z
Vögel	Pandion haliaetus	Fischadler	0	x	x	z
Vögel	Actitis hypoleucos	Flussuferläufer	1	x	x	z
Vögel	Gyps fulvus	Gänsegeier	0	x	x	z

Artengruppe	Artnome It	Artnome de	RL	bg	sg	S
Vögel	Hippolais icterina	Gelbspötter, Gartenspötter	3	x		z
Vögel	Emberiza calandra	Grauwammer	1	x	x	z
Vögel	Picus canus	Grauspecht	2	x	x	z
Vögel	Ficedula albicollis	Halsbandschnäpper	3	x	x	z
Vögel	Bonasa bonasia	Haselhuhn	1	x		z
Vögel	Galerida cristata	Haubenlerche	1	x	x	z
Vögel	Lullula arborea	Heidelerche	1	x	x	z
Vögel	Philomachus pugnax	Kampfläufer	0	x	x	z
Vögel	Vanellus vanellus	Kiebitz	1	x	x	z
Vögel	Anas querquedula	Knäkente	1	x	x	z
Vögel	Circus cyaneus	Kornweihe	0	x	x	z
Vögel	Grus grus	Kranich	0	x	x	z
Vögel	Anas crecca	Krickente	1	x		z
Vögel	Cuculus canorus	Kuckuck	2	x		z
Vögel	Anas clypeata	Löffelente	1	x		z
Vögel	Aythya nyroca	Moorente	1	x	x	z
Vögel	Emberiza hortulana	Ortolan	1	x	x	z
Vögel	Lanius excubitor	Raubwürger	1	x	x	z
Vögel	Perdix perdix	Rebhuhn	1	x		z
Vögel	Turdus torquatus	Ringdrossel	1	x		z
Vögel	Botaurus stellaris	Rohrdommel	0	x	x	z
Vögel	Circus aeruginosus	Rohrweihe	2	x	x	z
Vögel	Lanius senator	Rotkopfwürger	1	x	x	z
Vögel	Tringa totanus	Rotschenkel	0	x	x	z
Vögel	Acrocephalus schoenobaenus	Schilfrohrsänger	1	x	x	z
Vögel	Circaetus gallicus	Schlangenadler	0	x	x	z
Vögel	Lanius minor	Schwarzstirnwürger	0	x	x	z
Vögel	Ciconia nigra	Schwarzstorch	3	x	x	z
Vögel	Haliaeetus albicilla	Seeadler	0	x	x	z
Vögel	Aquila chrysaetos	Steinadler	0	x	x	z
Vögel	Oenanthe oenanthe	Steinschmätzer	1	x		z
Vögel	Asio flammeus	Sumpfohreule	0	x	x	z
Vögel	Ficedula hypoleuca	Trauerschnäpper	2	x		z
Vögel	Chlidonias niger	Trauerseeschwalbe	0	x	x	z
Vögel	Burhinus oedicnemus	Triel	0	x	x	z
Vögel	Porzana porzana	Tüpfelsumpfhuhn	1	x	x	z
Vögel	Streptopelia turtur	Turteltaube	2	x	x	z
Vögel	Limosa limosa	Uferschnepfe	0	x	x	z
Vögel	Crex crex	Wachtelkönig	2	x	x	z
Vögel	Phylloscopus sibilatrix	Waldlaubsänger	2	x		z
Vögel	Rallus aquaticus	Wasserralle	2	x		z
Vögel	Jynx torquilla	Wendehals	2	x	x	z
Vögel	Anthus pratensis	Wiesenpieper	1	x		z
Vögel	Circus pygargus	Wiesenweihe	1	x	x	z
Vögel	Caprimulgus europaeus	Ziegenmelker	1	x	x	z
Vögel	Emberiza cia	Zippammer	1	x	x	z
Vögel	Carduelis citrinella	Zitronenzeisig	1	x	x	z
Vögel	Ixobrychus minutus	Zwergdommel	2	x	x	z
Vögel	Tachybaptus ruficollis	Zwergtaucher	2	x		z
Säugetiere	Felis silvestris	Wildkatze	0	x	x	0
Säugetiere	Lynx lynx	Luchs	0	x	x	0
Säugetiere	Miniopterus schreibersii	Langflügelfledermaus	0	x	x	t
Säugetiere	Rhinolophus hipposideros	Kleine Hufeisennase	0	x	x	t
Säugetiere	Barbastella barbastellus	Mopsfledermaus	1	x	x	t
Säugetiere	Cricetus cricetus	Feldhamster	1	x	x	0
Säugetiere	Crocidura suaveolens	Gartenspitzmaus	1	x		0
Säugetiere	Myotis brandtii	Große Bartfledermaus	1	x	x	t
Säugetiere	Plecotus austriacus	Graues Langohr	1	x	x	t
Säugetiere	Rhinolophus ferrumequinum	Große Hufeisennase	1	x	x	t

Artengruppe	Artname It	Artname de	RL	bg	sg	S
Säugetiere	Castor fiber	Biber	2	x	x	0
Säugetiere	Eptesicus nilssonii	Nordfledermaus	2	x	x	t
Säugetiere	Eptesicus serotinus	Breitflügel-Fledermaus	2	x	x	t
Säugetiere	Myotis bechsteini	Bechsteinfledermaus	2	x	x	t
Säugetiere	Myotis myotis	Großes Mausohr	2	x	x	t
Säugetiere	Myotis nattereri	Fransenfledermaus	2	x	x	t
Säugetiere	Neomys anomalus	Sumpfspitzmaus	2	x		0
Säugetiere	Nyctalus leisleri	Kleiner Abendsegler	2	x	x	t
Säugetiere	Sorex alpinus	Alpenspitzmaus	2	x		0
Säugetiere	Crocidura leucodon	Feldspitzmaus	3	x		0
Säugetiere	Micromys minutus	Zwergmaus	3	x		0
Säugetiere	Myotis daubentonii	Wasserfledermaus	3	x	x	t
Säugetiere	Myotis mystacinus	Kleine Bartfledermaus	3	x	x	t
Säugetiere	Neomys fodiens	Wasserspitzmaus	3	x		0
Säugetiere	Pipistrellus pipistrellus	Zwergfledermaus	3	x	x	t
Säugetiere	Plecotus auritus	Braunes Langohr	3	x	x	t
Säugetiere	Apodemus flavicollis	Gelbhalsmaus	*	x		0
Säugetiere	Apodemus sylvaticus	Waldmaus	*	x		0
Säugetiere	Erinaceus europaeus	Igel	*	x		0
Säugetiere	Glis glis	Siebenschläfer	*	x		0
Säugetiere	Sciurus vulgaris	Eichhörnchen	*	x		0
Säugetiere	Sorex araneus	Waldspitzmaus	*	x		0
Säugetiere	Sorex minutus	Zwergspitzmaus	*	x		0
Säugetiere	Talpa europaea	Maulwurf	*	x		0
Säugetiere	Pipistrellus kuhlii	Weißrandfledermaus	D	x	x	t
Säugetiere	Sorex coronatus	Schabrackenspitzmaus	D	x		0
Säugetiere	Crocidura russula	Hausspitzmaus	G	x		0
Säugetiere	Eliomys quercinus	Gartenschläfer	G	x		0
Säugetiere	Muscardinus avellanarius	Haselmaus	G	x	x	0
Säugetiere	Pipistrellus pygmaeus	Mückenfledermaus	G	x	x	t
Säugetiere	Pitymys subterraneus	Kurzohrmaus	G	x		0
Säugetiere	Nyctalus noctula	Großer Abendsegler	i	x	x	t
Säugetiere	Pipistrellus nathusii	Rauhhaufledermaus	i	x	x	t
Säugetiere	Vespertilio murinus	Zweifarb-Fledermaus	i	x	x	t
Säugetiere	Myotis emarginatus	Wimperfledermaus	R	x	x	t

5.6. DATENGRUNDLAGEN

Grundlage der flächigen Umsetzung sind die aktuellen Datensätze der FVA und der LUBW, die jeweils zu einem Stichtag ~Juni eines jeden Jahres genutzt werden, um Ausschluss- und Prüfbereiche zu definieren.

LAND = Themen der FVA

RIPS = Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW

Kategorie	Attribut	Datenquelle
Schutzgebiete	Nationalpark Nordschwarzwald	RIPS
	Bannwälder	LAND
	Kernzonen Biosphärengebiete	RIPS
	Naturschutzgebiete	RIPS
	Naturdenkmale	RIPS
	Schonwald	LAND
Artenschutz und FFH	Artenschutzprogramm	LUBW
	Auerwildhabitate: Vorrangflächen	APA2022 / LAND
	Auerwildhabitate: Ergänzungsflächen	APA2022 / LAND
	Kartierung Rotmilan / Schwarzstorch	LAND / N2k
	FFH-Lebensstätten: Koboldmoos, Steinkrebs, Dohlenkrebs, Heldbock, Rogers Goldhaarmoos, Europäischer Dünnpfann	LAND / N2k
	SPA-Lebensstätten subalpine Vogelgilde: Alpenringdrossel, Zitronenzeisig, Dreizehenspecht, Weißrückenspecht, Haselhuhn, Bergpieper	LAND / N2k
	FFH-Lebensstätten: Gelbbauchunke, Nördlicher Kammolch	LAND / N2k
	FFH-Lebensstätten: Eremit	LAND / N2k
	FFH-Lebensstätten: Grünes Besenmoos	LAND / N2k
	FFH-Fundpunkte Fledermäuse	LAND / N2k
	Kalkungssensitive Natura 2000 Lebensraumtypen	LAND / N2k
Versuchsfächen	Versuchsfächen der FVA	LAND + FVA-intern
	Bodendauerbeobachtungsflächen der LUBW	LAND / RIPS
Biotopkartierung	Kalkungssensitive Biotope aus der Waldbiotopkartierung	LAND
	Kalkungssensitive Biotope aus der Offenlandbiotopkartierung	Stand 04.23: UDO – soll in RIPS übernommen werden RIPS / FFH Mähwiesen
	physikalisch sensitive Biotope OBK: Hohlwege, Sumpf	Stand 04.23: UDO
Standorte und Bodenformen	Moore	RIPS / Moorkarte
	Kalkungssensitive Standortseinheiten	LAND / regionalzonale Standortseinheiten
	BK50 Bodenformen	
Wasserschutzgebiete	Wasser- und Quellenschutzgebiete Zone I	RIPS / WSG1 + QSG
	Wasserschutzzone 2	RIPS / WSG2
	Nichtholzbodenfläche	Forsteinrichtung

6. LITERATUR

- AHRENDTS, B.; KLINCK, U.; KLINCK, C. & WEIS, W. (2018): Herleitung flächiger Verwitterungsraten. in: Holznutzung und Nährstoffnachhaltigkeit; Abschlussbericht zum Projekt 'Energieholzernte und stoffliche Nachhaltigkeit in Deutschland (EnNa)'. Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), Freiburg, S. 113-141.
- AHRENS, M. (1995): Einfluß der Waldkalkung auf die Moosflora und die Moosvegetation des Nordschwarzwalds. Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg, 70/455-496.
- AMMER, S. & MAKESCHIN, F. (1994): Auswirkungen experimenteller saurer Beregnung und Kalkung auf die Regenwurmfauna (Lumbricidae, Oligochaeta) und die Humusform in einem Fichtenaltbestand (Höglwaldexperiment). Forstwissenschaftliches Centralblatt vereinigt mit Tharandter forstliches Jahrbuch, 113/70-85.
- ANDERSSON, S.; VALEUR, I. & NILSSON, I. (1994): Influence of lime on soil respiration, leaching of DOC, and C/S relationships in the mor humus of a haplic podsol. *Environment International*, 20/1, 81-88.
- ANDREAE, H.; GEMBALLA, R. & JACOB, F. (2020): Leitfaden zur Forstlichen Bodenschutzkalkung in Sachsen.
- ARMBRUSTER, M.; MENGISTU, A. & FEGER, K.-H. (2004): Wasserqualität in zwei bewaldeten Einzugsgebieten mit unterschiedlicher Depositionsbelastung – Langfristige Veränderungen und Reaktion auf Kalkung. Forstliche Schriftenreihe Universität für Bodenkultur, Wien, Band 18/118-142.
- AUGUSTO, L.; BAKKER, M. R. & MEREDIEU, C. (2008): Wood ash applications to temperate forest ecosystems – potential benefits and drawbacks. *Plant and Soil*, 306/1-2, 181-198.
- BAKKER, M. R.; GARBAYE, J. & NYS, C. (2000): Effect of liming on the ectomycorrhizal status of oak. *Forest Ecology and Management*, 126/2, 121-131.
- BAUHUS, J. & BARTSCH, N. (1996): Fine-root growth in beech (*Fagus sylvatica*) forest gaps. *Canadian Journal of Forest Research*, 26/12, 2153-2159.
- BAUMANN, M.; DITTRICH, S.; KÖRNER, M. & VON OHEIMB, G. (2019): Liming in spruce stands: What effect does the number of lime applications have on the herb layer? *European Journal of Forest Research*, 1-13.
- BEATTIE, R. C. & TYLER-JONES, R. (1992): The effects of low pH and aluminum on breeding success in the frog *Rana temporaria*. *Journal of herpetology*, 26/4, 353-360.
- BITTERSOHL, J.; WALTHER, W. & MEESENBURG, H. (2014): Gewässerversauerung durch Säuredeposition in Deutschland – Entwicklung und aktueller Stand. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 58/4, 260-273.
- BITTERSOHL, J.; WALTHER, W. & MEESENBURG, H. (2016): Aktuelle Aspekte der Langzeitversauerung von oberirdischen Gewässern und Grundwasser in Deutschland. *Beiträge aus der NW-FVA*, 14/23-27.
- BLANÁR, D.; GUTTOVÁ, A.; MIHÁL, I.; PLÁŠEK, V.; HAUER, T.; PALICE, Z. & UJHÁZY, K. (2019): Effect of magnesite dust pollution on biodiversity and species composition of oak-hornbeam woodlands in the Western Carpathians. *Biologia*, 74/12, 1591-1611.
- BØRJA, I. & NILSEN, P. (2009): Long term effect of liming and fertilization on ectomycorrhizal colonization and tree growth in old Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *Plant and Soil*, 314/1-2, 109-119.
- BREDEMEIER, M. (1987): Stoffbilanzen, interne Protonenproduktion und Gesamtsäurebelastung des Bodens in verschiedenen Waldökosystemen Norddeutschlands.
- BRUNNER, I.; ZIMMERMANN, S.; ZINGG, A. & BLASER, P. (2004): Wood-ash recycling affects forest soil and tree fine-root chemistry and reverses soil acidification. *Plant and Soil*, 267/1-2, 61-71.
- CLARK, K. L. & LAZERTE, B. D. (1985): A laboratory study of the effects of aluminum and pH on amphibian eggs and tadpoles. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42/9, 1544-1551.
- COURT, M.; VAN DER HEIJDEN, G.; DIDIER, S.; NYS, C.; RICHTER, C.; POUSSE, N.; SAINT-ANDRÉ, L. & LEGOUT, A. (2018): Long-term effects of forest liming on mineral soil, organic layer and foliage chemistry: Insights from multiple beech experimental sites in Northern France. *Forest Ecology and Management*, 409/872-889.
- DALZIEL, T. R. K.; WILSON, E. J. & PROCTOR, M. V. (1994): The effectiveness of catchment liming in restoring acid waters at Loch Fleet, Galloway, Scotland. *Forest Ecology and Management*, 68/1, 107-117.

- DAMMANN, I.; EVERS, J.; PAAR, U. & EICHHORN, J. (2013): Ergebnisse der BZE II in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt – Ernährung von Buche und Kiefer in Nordwestdeutschland. *AFZ-DerWald*, 14/4-10.
- DE BOER, W.; HUNDSCHIED, M. P. J.; SCHOTMAN, J. M. T.; TROELSTRA, S. R. & LAANBROEK, H. J. (1993): In situ net N transformations in pine, fir, and oak stands of different ages on acid sandy soil, 3 years after liming. *Biology and Fertility of Soils*, 15/2, 120-126.
- DEACON, J. W. (2013): *Fungal Biology*. John Wiley & Sons, 384 S.
- DOLMEN, D.; SKEI, J. K. & BLAKAR, I. (2008): Scandinavian amphibians: their aquatic habitat and tolerance. *Fauna norvegica*, 26/27/15-29.
- EBERT, G. & RENNWALD, E. (1991): *Die Schmetterlinge Baden-Württembergs: Tagfalter II*. Ulmer, Stuttgart (Hohenheim), 552 S.
- EDWARDS, C. A.; REICHLER, D. E. & CROSSLEY, D. A. (1973): The role of soil invertebrates in turnover of organic matter and nutrients. in: *Analysis of Temperate Forest Ecosystems*. Springer, Berlin, Heidelberg, Berlin - Heidelberg, S. 147-172.
- EHRMANN, O. & FEGER, K.-H. (2006): Nutzen und Risiken von Waldkalkungen saurer Sandböden – Auswirkungen von Waldkalkungen auf Regenwürmer und Bodenstruktur. *AFZ-DerWald*, 19/2006/19/2006, 1046-1049.
- EISENBEIS, G.; WARTUSCH, T. & ROHE, W. (1992): Ökophysiologische Untersuchungen zum Einfluss forstlicher Puffersubstanzen auf die Kahlrückige Waldameise *Formica polyctena* (FÖRST.) (Hymenoptera, Formicidae). *Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz*, 21/189-218.
- ERLAND, S. & SÖDERSTRÖM, B. (1990): Effects of liming on ectomycorrhizal fungi infecting *Pinus sylvestris* L.; I. Mycorrhizal infection in limed humus in the laboratory and isolation of fungi from mycorrhizal roots. *New Phytologist*, 115/4, 675-682.
- EVERS, F.-H. & HÜTTL, R. F. (1992): Magnesium-, Calcium- und Kaliummangel bei Waldbäumen – Ursachen, Symptome, Behebung.
- FEGER, K.-H.; LORENZ, K.; RASPE, S. & ARMBRUSTER, M. (2000): Mittel- bis langfristige Auswirkungen von Kompensations- bzw. Bodenschutzkalkungen auf die Pedo- und Hydrosphäre.
- FRANK, E. (1927): *Über Bodenazidität im Walde*. Freiburger Druck- und Verlags-Gesellschaft H.M. Huth, Freiburg, 155 S.
- FRENZ, W.; MÜGGENBORG, H.-J.; APPEL, M.; BEUTLING, A.; CUYPERS, S.; ENDRES, E.; ESSER, C.; GUCKELBERGER, A.; HELLENBROICH, T.; HENDRISCHKE, O.; HESELHAUS, S.; KAUCH, P.; KLAGES, C.; LAU, M.; MAUS, M.; MENGEL, A.; MEYER, S.; MÜLLER-RENTSCHLER, H.; OHMS, M.; REIFF, P.; SIEGEL, T. & SÖHNLEIN, B. (2016): *BNatSchG (Bundesnaturschutzgesetz) – Kommentar*. Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1392 S.
- GÄRDENFORS, U.; WALDÉN, H. W. & WÄREBORN, I. (1995): Effects of soil acidification on forest land snails. *Ecological Bulletins*, 259-270.
- GEHRMANN, J. & MÜLLER, P. (1990): Auswirkungen der Bestandeskalkung auf die Kraut- und Strauchschicht in einem bodensauren Buchenwald-Ökosystem. in: *Umweltkontrolle am Waldökosystem – Zwischenbericht über Untersuchungen an Waldmessstationen in den Jahren 1982-1988*. Landesausschuss für landwirtschaftliche Forschung, Erziehung und Wirtschaftsberatung beim Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, S. 261-281.
- GEIBE, C. E.; HOLMSTRÖM, S. J. M.; VAN HEES, P. A. W. & LUNDSTRÖM, U. S. (2003): Impact of lime and ash applications on soil solution chemistry of an acidified podzolic soil. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus*, 3/4, 77-96.
- GREVE, M. (2014): Langfristige Auswirkungen der Waldkalkung auf Bodenzustand, Sickerwasser und Nadelspiegelwerte von drei Versuchsanlagen in Rheinland-Pfalz. *Forstarchiv*, 85/2, 35-46.
- GRÜNEBERG, E.; VON WILPERT, K.; MEESENBERG, H.; EVERS, J.; ZICHE, D.; ANDREAE, H. & WELLBROCK, N. (2017): Was nützt die Waldkalkung? *AFZ-DerWald*, 2/2017/15-17.
- GUNDERSEN, P.; SCHMIDT, I. K. & RAULUND-RASMUSSEN, K. (2006): Leaching of nitrate from temperate forests – effects of air pollution and forest management. *Environmental Reviews*, 14/1, 1-57.
- GUNN, J. M.; HAMILTON, J. G.; BOOTH, G. M.; WREN, C. D.; BEGGS, G. L.; RIETVELD, H. J. & MUNRO, J. R. (1990): Survival, growth, and reproduction of lake trout (*Salvelinus namaycush*) and yellow perch (*Perca flavescens*) after neutralization of an acidic lake near Sudbury Ontario. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47/2, 446-453.

- HAHN, G. & MARSCHNER, H. (1998a): Cation concentrations of short roots of Norway spruce as affected by acid irrigation and liming. *Plant and Soil*, 199/1, 23-27.
- HAHN, G. & MARSCHNER, H. (1998b): Effect of acid irrigation and liming on root growth of Norway spruce. *Plant and Soil*, 199/1, 11-22.
- HADACHER, S. & FACHBACH, G. (1991): Experimentelle Säuretoleranzanalysen von Laich und Larven heimischer Amphibien. *Salamandra*, 29/1, 108-118.
- HÁJKOVÁ, P.; HÁJEK, M.; RYBNÍČEK, K.; JIROUŠEK, M.; TICHÝ, L.; KRÁLOVÁ, Š. & MIKULÁŠKOVÁ, E. (2011): Long-term vegetation changes in bogs exposed to high atmospheric deposition, aerial liming and climate fluctuation. *Journal of Vegetation Science*, 22/5, 891-904.
- HAKKILA, P. (1989): Utilization of Residual Forest Biomass. in: *Utilization of Residual Forest Biomass*. Springer, Berlin, Heidelberg, S. 352-477.
- HARTMANN, P.; BUBERL, H.; PUHLMANN, H.; SCHÄFFER, J.; TREFZ-MALCHER, G.; ZIRLEWAGEN, D. & VON WILPERT, K. (2016): Waldböden Südwestdeutschlands – Ergebnisse der Bodenzustandserhebungen im Wald von 1989-1992 und 2006-2008. Verlag Kessel, Remagen-Oberwinter, 328 S.
- HARTMANN, P.; VON WILPERT, K.; PUHLMANN, H.; MAHLAU, L.; JANSONE, L.; DREWS, L. & MOOS, J. H. (2021): Aktuelle Forschung der FVA Baden-Württemberg. in: *Regenerationsorientierte Bodenschutzkalkung in den Wäldern Baden-Württembergs - Evaluierung der Umsetzung und der Wirksamkeit des Kalkungsprogramms in den Jahren 2010 bis 2019*. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg, S. 171-228.
- HILDEBRAND, E. E. (1996): Warum müssen wir Waldböden kalken? *Agrarforschung in Baden-Württemberg*, 26/53-65.
- HILDEBRAND, E. E. & SCHACK-KIRCHNER, H. (1990): Der Einfluß der Korngröße oberflächlich ausgebrachter Dolomite auf Lösungsverhalten und vertikale Wirkungstiefe. *Forst und Holz*, 45/6, 139-142.
- HINDAR, A. (2005): Whole-catchment application of dolomite to mitigate episodic acidification of streams induced by sea-salt deposition. *Science of the Total Environment*, 343/1-3, 35-49.
- HJERPE, K.; ANDERSON, S.; ERIKSSON, H.; LOMANDER, A.; SAMUELSSON, H.; STENDHAL, J. & WALLSTEDT, A. (2008): Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring (Empfehlungen zur Entfernung von Fällungsrückständen und Ascherückführung).
- HOMAN, C.; BEIER, C.; MCCAY, T. & LAWRENCE, G. (2016): Application of lime (CaCO₃) to promote forest recovery from severe acidification increases potential for earthworm invasion. *Forest Ecology and Management*, 368/39-44.
- HUBER, C.; BAIER, R.; GÖTTLEIN, A. & WEIS, W. (2006): Changes in soil, seepage water and needle chemistry between 1984 and 2004 after liming an N-saturated Norway spruce stand at the Höglwald, Germany. *Forest Ecology and Management*, 233/1, 11-20.
- HUDY, M.; DOWNEY, D. M. & BOWMAN, D. W. (2000): Successful restoration of an acidified native brook trout stream through mitigation with limestone sand. *North American Journal of Fisheries Management*, 20/2, 453-466.
- HUOTARI, N.; TILLMAN-SUTELA, E.; MOILANEN, M. & LAIHO, R. (2015): Recycling of ash – For the good of the environment? *Forest Ecology and Management*, 348/226-240.
- HÜTTL, R. F. & ZÖTTL, H. W. (1993): Liming as a mitigation tool in Germany's declining forests – reviewing results from former and recent trials. *Forest Ecology and Management*, 61/3-4, 325-338.
- JANSSEN, A.; SCHÄFFER, J.; VON WILPERT, K. & REIF, A. (2016): Flächenbedeutung der Waldkalkung in Baden-Württemberg. *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz*, 15/5-15.
- JOHANNESSEN, L. E. & SOLHØY, T. (2001): Effects of experimentally increased calcium levels in the litter on terrestrial snail populations. *Pedobiologia*, 45/3, 234-242.
- KAUPENJOHANN, M. (1995): Wirkungen der Kalkung auf Bäume und Bodenvegetation. *AFZ-DerWald*, 17/1995/942-945.
- KEITEL, M. (2014): Biologische und chemische Veränderungen nach Langzeitversauerung in der Großen Pyra (Erzgebirge). *Forstarchiv*, 85/1, 47-54.

- KHANNA, P. K.; RAISON, R. J. & FALKNER, R. A. (1994): Chemical properties of ash derived from Eucalyptus litter and its effects on forest soils. *Forest Ecology and Management*, 66/1-3, 107-125.
- KJØLLER, R. & CLEMMENSEN, K. E. (2008): The impact of liming on ectomycorrhizal fungal communities in coniferous forests in Southern Sweden.
- KOCH, K. (1992): Die Käfer Mitteleuropas: Ökologie. Goecke & Evers, Kassel, 389 S.
- KOHLER, M.; KUNZ, J.; HERRMANN, J.; HARTMANN, P.; JANSONE, L.; PUHLMANN, H.; VON WILPERT, K. & BAUHUS, J. (2019): The potential of liming to improve drought tolerance of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Frontiers in Plant Science*, 10/1-14.
- KOMPA, T. & WECKESSER, M. (2014): Die Auswirkung von Kalkungsmaßnahmen auf die Bodenvegetation am Beispiel von Flächen der Bodenzustandserhebung (BZE) in Sachsen. *Forstarchiv*, 85/2, 71-72.
- KRAFT, M.; REIF, A.; SCHREINER, M. & ALDINGER, E. (2003): Veränderungen der Bodenvegetation und der Humusaufgabe im Nordschwarzwald in den letzten 40 Jahren. *Forstarchiv*, 74/3-15.
- KREUTZER, K. (1995): Effects of forest liming on soil processes. *Plant and Soil*, 168/447-470.
- LAUFER, H.; FRITZ, K. & SOWIG, P. (2007): Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs. Landesanstalt für Umweltschutz Baden Württemberg, 543-558.
- LEHTO, T. (1994): Effects of liming and boron fertilization on mycorrhizas of *Picea abies*. *Plant and Soil*, 163/1, 65-68.
- LFU (2002): Beeinträchtigungen, Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen von Lebensraumtypen und Lebensstätten von Arten – zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie in Baden Württemberg.
- LUBW (2002): Amphibien und Gewässerversauerung 2002 – Untersuchung des Säurezustandes von Stillgewässern des Schwarzwaldes und des Odenwaldes mittels Bioindikatoren (Amphibien).
- LUBW (2010): Bericht zur Versauerung der Umwelt. Medienübergreifende Bewertung der Versauerung der letzten drei Dekaden in Baden-Württemberg.
- LUNDSTRÖM, U. S.; BAIN, D. C.; TAYLOR, A. F. S. & VAN HEES, P. A. W. (2003): Effects of acidification and its mitigation with lime and wood ash on forest soil processes: a review. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus*, 3/4, 5-28.
- MAKESCHIN, F. & RODENKIRCHEN, H. (1994): Saure Beregnung und Kalkung: Auswirkungen auf Bodenbiologie und Bodenvegetation. *AFZ-DerWald*, 14/759-764.
- MARINISSEN, J. C. Y. & VAN DEN BOSCH, F. (1992): Colonization of new habitats by earthworms. *Oecologia*, 91/3, 371-376.
- MEESENBURG, H.; MEIWES, K. J.; WAGNER, M. & PRENZEL, J. (2001): Ecosystem effects after ameliorative liming of a catchment at the Harz mountains, Germany. *Plant Nutrition*, 92/914-915.
- MEINING, S.; PUHLMANN, H.; HARTMANN, P.; HOCH, R.; AUGUSTIN, N.; DAVIS, A.; DELB, H.; JOHN, R.; GRÜNER, J.; SEITZ, G. & WUßLER, J. (2018): Waldzustandsbericht 2018 für Baden-Württemberg.
- MEIWES, K. J. (1995): Application of lime and wood ash to decrease acidification of forest soils. *Water, Air, and Soil Pollution*, 85/1, 143-152.
- MLR (MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ, Hrsg.) (2023): Aktionsplan Auerhuhn Maßnahmenplan 2023 – 2028, Stuttgart.
- MUTSCHMANN, F. (2010): Erkrankungen der Amphibien. Georg Thieme Verlag.
- NAVRÁTIL, T.; KURZ, D.; KRÁM, P.; HOFMEISTER, J. & HRUŠKA, J. (2007): Acidification and recovery of soil at a heavily impacted forest catchment (Lysina, Czech Republic) – SAFE modeling and field results. *Ecological Modelling*, 205/3-4, 464-474.
- NILSSON, S. I.; ANDERSSON, S.; VALEUR, I.; PERSSON, T.; BERGHOLM, J. & WIRÉN, A. (2001): Influence of dolomite lime on leaching and storage of C, N and S in a Spodosol under Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Forest Ecology and Management*, 146/1-3, 55-73.
- OHNO, T. (1992): Neutralization of soil acidity and release of phosphorus and potassium by wood ash. *Journal of Environmental Quality*, 21/3, 433-438.
- OLSSON, B. A. & KELLNER, O. (2002): Effects of soil acidification and liming on ground flora establishment after clear-felling of Norway spruce in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 158/127-139.

- ÖVERGAARD, R.; GEMMEL, P.; WELANDER, N. T. & WITZELL, J. (2010): Effects of liming on site properties and natural regeneration of European beech *Fagus sylvatica* in southern Sweden. *Ecological Bulletins*, 53/175-184.
- PABIAN, S. E. & BRITTINGHAM, M. C. (2007): Terrestrial liming benefits birds in an acidified forest in the Northeast. *Ecological Applications*, 17/8, 2184-2194.
- PABIAN, S. E.; RUMMEL, S. M.; SHARPE, W. E. & BRITTINGHAM, M. C. (2012): Terrestrial liming as a restoration technique for acidified forest ecosystems. *International Journal of Forestry Research*, 2012/1-10.
- PUHLMANN, H.; HARTMANN, P.; MAHLAU, L.; VON WILPERT, K.; HUBER, A.; MOOS, J. H.; JANSONE, L. & DREWS, L. (2021a): Regenerationsorientierte Bodenschutzkalkung in den Wäldern Baden-Württembergs – Evaluierung der Umsetzung und der Wirksamkeit des Kalkungsprogramms in den Jahren 2010 bis 2019.
- PUHLMANN, H.; HARTMANN, P.; MAHLAU, L.; VON WILPERT, K.; HUBER, A.; MOOS, J. H.; JANSONE, L. & DREWS, L. (2021b): Regenerationsorientierte Bodenschutzkalkung in den Wäldern Baden-Württembergs – Evaluierung der Umsetzung und der Wirksamkeit des Kalkungsprogramms in den Jahren 2010 bis 2019. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg, 286 S.
- PUHLMANN, H.; VON WILPERT, K.; NIEDERBERGER, J. & MARCQ, B. (2007): Forest hydrology – results of research in Germany and Russia; Part 1.2.3 Kleine Kinzig: forest liming to enhance the water quality in the catchment of a drinking-water reservoir. H. Puhlmann and R. Schwarze (Hrsg.).
- REIF, A.; SCHULZE, E. D.; EWALD, J. & ROTHE, A. (2014): Kalk im Wald – muss es sein? FVA-einblick, 1/2014/14-16.
- RINEAU, F. & GARBAYE, J. (2009): Does forest liming impact the enzymatic profiles of ectomycorrhizal communities through specialized fungal symbionts? *Mycorrhiza*, 19/7, 493-500.
- RODENKIRCHEN, H. (1992): Effects of acidic precipitation, fertilization and liming on the ground vegetation in coniferous forests of southern Germany. *Water, Air, and Soil Pollution*, 61/3-4, 279-294.
- ROEM, W. J.; KLEES, H. & BERENDSE, F. (2002): Effects of nutrient addition and acidification on plant species diversity and seed germination in heathland. *Journal of Applied Ecology*, 39/6, 937-948.
- ROUSK, J.; BÅÅTH, E.; BROOKES, P. C.; LAUBER, C. L.; LOZUPONE, C.; CAPORASO, J. G.; KNIGHT, R. & FIERER, N. (2010): Soil bacterial and fungal communities across a pH gradient in an arable soil. *The ISME Journal*, 4/10, 1-12.
- RUSEK, J. & MARSHALL, V. G. (2000): Impacts of airborne pollutants on soil fauna. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31/1, 395-423.
- SCHACK-KIRCHNER, H. & HILDEBRAND, E. E. (1998): Changes in soil structure and aeration due to liming and acid irrigation. *Plant and Soil*, 199/1, 167-176.
- SCHÄFFER, J.; BUBERL, H. G.; VON WILPERT, K. & MORELL, M. (2012): Bodenschutzkalkungskonzept und Biomasse/Holzasche-Kreislauf – Strategie und operative Umsetzung. *AFZ-DerWald*, 10-11i/2012/10-11/2012, 55-57.
- SCHÄFFER, J.; GEIßEN, V.; HOCH, R. & VON WILPERT, K. (2001): Waldkalkung belebt Böden wieder. *AFZ-DerWald*, 21/2001/1106-1109.
- SCHÄFFER, J.; NIEDERBERGER, J. & VON WILPERT, K. (2002): Verwendung von Holzasche bei der Kalkung von Waldböden – Chancen und Risiken. *AFZ-DerWald*, 16/2002/829-832.
- SCHLÜTER, H. (1966): Untersuchungen über die Auswirkung von Bestandskalkungen auf die Bodenvegetation in Fichtenforsten. *Die Kulturpflanze*, 14/1, 45-60.
- SCHMIDT, W. (2002): Einfluss der Bodenschutzkalkungen auf die Waldvegetation. *Forstarchiv*, 73/43-54.
- SEITZ, B.-J. (2014): Waldkalkung im Spannungsfeld von Natur- und Bodenschutz. FVA-einblick, 1/2014/17-19.
- SKELDON, M. A.; VADEBONCOEUR, M. A.; HAMBURG, S. P. & BLUM, J. D. (2007): Terrestrial gastropod responses to an ecosystem-level calcium manipulation in a northern hardwood forest. *Canadian Journal of Zoology*, 85/9, 994-1007.
- SOMMER, M.; EHRMANN, O.; FRIEDEL, J. K.; MARTIN, K.; VOLLMER, T. & TURIAN, G. (2002): Böden als Lebensraum für Organismen – Regenwürmer, Gehäuselandschnecken und Bodenmikroorganismen in Wäldern Baden-Württembergs.
- STÖVEN, K. & SCHNUG, E. (2005): Kalkung und Bodenleben. *Landbauforschung Völkenrode*, 286/113-120.

- SUCHANT, R. & BRAUNISCH, V. (2008): Rahmenbedingungen und Handlungsfelder für den Aktionsplan Auerhuhn: Grundlagen für ein integratives Konzept zum Erhalt einer überlebensfähigen Auerhuhnpopulation im Schwarzwald.
- SUCKER, C.; PUHLMANN, H.; ZIRLEWAGEN, D.; VON WILPERT, K. & FEGER, K.-H. (2009): Bodenschutzkalkungen in Wäldern zur Verbesserung der Wasserqualität – Vergleichende Untersuchungen auf Einzugsgebietsebene. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 53/4, 250-262.
- TEUBER, D. (2006): Ergebnisse flechtenkundlicher Untersuchungen aus vier bodensauren Buchenwäldern.
- THOMAS, F. M.; KRUG, K.; ZOLDAN, J. & SCHRÖCK, H.-W. (2019): Long-term effects of liming on the species composition of the herb layer in temperate Central-European forests. *Forest Ecology and Management*, 437/49-58.
- THOMS, C.; BURESCH, M.; MINDRUP, M.; SENNHENN-REULEN, H.; TALKNER, U.; EICHHORN, J.; GREVE, M.; HANNEMANN, J.; HARTMANN, P.; HARBENTEUFEL, M.; JANSONE, L.; KRÜGER, C.; RIEK, W. & RUSS, A. (2018): Abschlussbericht des vom BMEL geförderten Modellvorhabens zur Förderung von "Maßnahmen zur nachhaltigen Nährstoffversorgung und Gesunderhaltung von Wäldern".
- ULRICH, B. (1986): Die Rolle der Bodenversauerung beim Waldsterben: langfristige Konsequenzen und forstliche Möglichkeiten. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 105/1, 421-435.
- VANGUELOVA, E. I.; HIRANO, Y.; ELDHUSET, T. D.; SAS-PASZT, L.; BAKKER, M. R.; PÜTTSEPP, Ü.; BRUNNER, I.; LÖHMUS, K. & GODBOLD, D. (2007): Tree fine root Ca/Al molar ratio – indicator of Al and acidity stress. *Plant Biosystems*, 141/3, 460-480.
- VISSER, S. & PARKINSON, D. (1989): Microbial respiration and biomass in soil of a lodgepole pine stand acidified with elemental sulphur. *Canadian Journal of Forest Research*, 19/8, 955-961.
- VON WILPERT, K.; HARTMANN, P. & SCHÄFFER, J. (2013): Regenerationsorientierte Bodenschutzkalkung. *Merckblätter der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), Freiburg i. Br.*, 38.
- VON WILPERT, K. & LUKES, M. (2003): Ecochemical effects of phonolite rock powder, dolomite and potassium sulfate in a spruce stand on an acidified glacial loam. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 65/2, 115-127.
- WELLBROCK, N.; BOLTE, A. & FLESSA, H. (2016): Dynamik und räumliche Muster forstlicher Standorte in Deutschland Ergebnisse der Bodenzustandserhebung im Wald 2006 bis 2008.
- WELLENSTEIN, G. (1990a): Die Bedeutung der hügelbauenden Waldameisen für die Bienenzucht. *Die Biene*, 1/1990/53-56.
- WELLENSTEIN, G. (1990b): Kritische Stellungnahme zur Waldkalkung aus der Sicht des Forstzoologen. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 30-31/1990/30-31, 794-794.
- WILHELMI, V. (1989): Mikrobiologische Meßparameter als Belastungs- und Vitalitätsindikator des Bodens. *AFZ-DerWald*, 5/1989/124-125.
- WINTER, K. (1990a): Auswirkungen der Waldkalkung auf oberirdisch lebende Insekten. *Forst und Holz*, 6/148-151.
- WINTER, K. (1990b): Wie wirkt sich die Waldkalkung auf Tiere oberhalb des Bodens aus? *Allgemeine Forstzeitschrift*, 30-31/1990/30-31, 795-796.
- ZIMMERMANN, S. & FREY, B. (2002): Soil respiration and microbial properties in an acid forest soil: effects of wood ash. *Soil Biology and Biochemistry*, 34/11, 1727-1737.