

Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl in Schleswig-Holstein

Thomas Böckmann, Martin Buresch, Jan Evers, Hans Hamkens,
Ralf-Volker Nagel, Johannes Suttmöller



Herausgeber:

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Grätzelstraße 2
37079 Göttingen
0551 - 69401-0
zentrale@nw-fva.de
www.nw-fva.de

Autoren:

Dr. Thomas Böckmann, Martin Buresch, Dr. Jan Evers, Dr. Hans Hamkens, Ralf-Volker Nagel, Johannes Suttmöller

Lektorat, Satz & Layout:

Dr. Hans Hamkens

Titelfoto:

Dr. Jan Evers

Zitiervorschlag:

Böckmann, T.; Buresch, M.; Evers, J.; Hamkens, H.; Nagel, R.-V.; Suttmöller, J. (2024): Entscheidungshilfen zur klimangepassten Baumartenwahl in Schleswig-Holstein. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, 57 S.

Mitglieder der Arbeitsgruppe:

Dr. Thomas Böckmann, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Jens-Birger Bosse, Schleswig-Holsteinische Landesforsten
Martin Buresch, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Marcus Deinert, Kreisforsten Herzogtum Lauenburg
Dr. Jan Evers, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Jens Fickendey-Engels, Waldbesitzerverband Schleswig-Holstein
Dr. Hans Hamkens, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Anika Hittenbeck, Landesamt für Landwirtschaft und nachhaltige Landentwicklung des Landes Schleswig Holstein
Hans Jacobs, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
Christoph Mews, Schleswig-Holsteinische Landesforsten
Ralf-Volker Nagel, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Tim Scherer, Schleswig-Holsteinische Landesforsten
Prof. Dr. Hermann Spellmann, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Johannes Suttmöller, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Hubertus Zirkel, Waldbesitzerverband Schleswig-Holstein

Inhaltsverzeichnis

1. Anlass	2
2. Forschungsansatz	2
3. Datengrundlagen	3
4. Potenzialabschätzung der Baumarten	7
5. Waldentwicklungstypen	9
WET 10: Traubeneiche-Buche/Hainbuche	12
WET 11: Stieleiche-Hainbuche	13
WET 12: Stieleiche-Buche	14
WET 13: Stieleiche-Edellaubbäume	15
WET 14: Eiche-Birke	16
WET 17: Eiche-Kiefer (Sandbirke)	17
WET 18: Roteiche-Buche	18
WET 20: Buche	19
WET 23: Buche-Edellaubbäume	20
WET 25: Buche-Fichte	21
WET 26: Buche-Douglasie	22
WET 28: Buche-Lärche	23
WET 29: Buche-Tanne	24
WET 31: Edellaubbäume, frischer Typ	25
WET 34: Esche/Flatterulme-Roterle	26
WET 36: Vogelkirsche (Bergahorn)	27
WET 40: Roterle	28
WET 42: Aspe mit Birke	29
WET 44: Moorbirke (Kiefer/Fichte)	30
WET 47: Sandbirke-Kiefer (Eiche)	31
WET 52: Fichte-Buche	32
WET 55: Weißtanne-Buche	33
WET 56: Küstentanne-Buche	34
WET 62: Douglasie-Buche	35
WET 65: Douglasie-Fichte-Buche	36
WET 67: Douglasie-Kiefer-Laubbäume	37
WET 71: Kiefer-Eiche	38
WET 74: Kiefer-Birke	39
WET 76: Kiefer-Douglasie/Küstentanne-Buche	40
WET 82: Japanlärche-Laubbäume	41
Literatur	42
Anlage 1: Klassifizierungsmatrizen der Baumarten	44
Anlage 2: Klassifizierung auf hydromorphen Standorten	51
Anlage 3: Abkürzungsverzeichnis der Baumarten	57

1. Anlass

Der Klimawandel stellt für die nachhaltige multifunktionale Forstwirtschaft mit ihrer weitreichenden Bindung an die Standortverhältnisse und ihren langen Produktionszeiträumen eine besondere Herausforderung dar. Es wird erwartet, dass Ausmaß, räumliche und zeitliche Verteilung sowie Geschwindigkeit des Klimawandels vielerorts die Anpassungsfähigkeit unserer Baumarten überschreiten. Forstbetriebe und Gesellschaft sind daher gut beraten, Risikoversorge zu betreiben. Die waldbaulichen Handlungsoptionen zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel reichen vom standortsgemäßen Waldumbau, der Stabilisierung der vorhandenen Wälder bis hin zur Senkung bzw. Verteilung der Risiken. Trotz aller Unsicherheiten im Detail erlaubt das bislang erarbeitete Wissen die Bereitstellung von Entscheidungshilfen zur Klimaanpassung, die in der Forstpraxis in ein adaptives Management zu integrieren sind, das grobe Fehler vermeidet und dem Erkenntnisfortschritt folgt.

Obwohl akute, gravierende Schäden in den letzten Jahren andere Bundesländer deutlich stärker betroffen haben, steht auch für die Wälder in Schleswig-Holstein der klimaangepasste Waldumbau und die Risikominderung der hier noch vergleichsweise vitalen Waldflächen im Mittelpunkt des Interesses. Besonders das Sturmrisiko bedarf in Anbetracht momentan vergleichsweise geringer anderer klimatischer Risiken auch zukünftig einer besonderer Beachtung. Die Klimaanpassung der Wälder muss unter Beachtung ökonomischer, ökologischer und

sozialer Aspekte mit Baumarten und Herkünften erfolgen, die nach heutigem Stand des Wissens geeignet sind, sowohl dem herrschenden, als auch dem künftigen Klima gerecht zu werden (DVFFA 2019). Angesichts des Altersaufbaus der schleswig-holsteinischen Wälder wird sich der standortsgemäße Waldumbau noch über Jahrzehnte hinziehen. Standortgemäß ist eine Baumart, „wenn ihre Bedürfnisse an Strahlung, Wärme, Wasser und Nährstoffe durch Boden und Klima des Anbauortes gut erfüllt sind. Dies äußert sich in Gesundheit, Vitalität und gutem Wachstum“ (Lüpke 1995). Kenntnisse des lokalen Klimas, der physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften sowie der Vegetation sind daher Voraussetzungen für eine zielgerichtete Baumartenwahl.

Im Hinblick auf die zu erwartenden Klimaveränderungen mit ihren erheblichen Folgen für den Wald und die Forstwirtschaft in Schleswig-Holstein hat sich eine Arbeitsgruppe (AG) aus Vertreterinnen und Vertretern der verschiedenen Waldeigentumsarten (Landesforsten, Kommunalwald, Waldbesitzerverband), der angewandten Forschung (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt) sowie der forstlichen Beratung und Förderung (Landwirtschaftskammer) gebildet, um neue Empfehlungen für Waldentwicklungstypen (WET) und daraus abgeleitete Entscheidungshilfen für die klimaangepasste Baumartenwahl zu erarbeiten. Die vorliegenden Entscheidungshilfen wurden abschließend in der AG einvernehmlich abgestimmt.

2. Forschungsansatz

Der Forschungsansatz der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) geht davon aus, dass zunehmender Trockenstress aufgrund verlängerter Vegetationsperioden und erhöhtem Verdunstungsanspruch bei den meisten mitteleuropäischen Baumarten zu einer verminderten Produktivität und einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber weiteren bereits bekannten und neu auftretenden abiotischen und biotischen Stressfaktoren führt. Die Einschätzung des Trockenstressrisikos für grund- und stauwasserfreie Waldstandorte erfolgt über den Indikator Standortwasserbilanz (SWB) nach Grier u. Running (1977). Diese Indikatorgröße ist das Saldo aus dem Mittelwert der klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (Verhältnis zwischen Verdunstungsanspruch und zur Verfügung stehenden Niederschlägen, KWB) für eine 30-jährige Klimaperiode und der nutzbaren Feldkapazität des Bodens (pflanzenverfügbares Bodenwasser, nFK) für eine Bezugstiefe von 1 m. Damit werden Eingangsgrößen genutzt, die flächendeckend und hoch aufgelöst zur Verfügung stehen. Die SWB integriert somit über die KWB die klimatischen Unterschiede,

die bisher über die Wuchsgebiete der forstlichen Standortkartierung berücksichtigt wurden. Die verwendeten Schwellenwerte der Trockenstressgefährdung beruhen auf Literaturangaben, Inventurauswertungen und Expertenwissen und bewerten die Vitalität, Widerstandsfähigkeit und Leistungsfähigkeit der Baumarten, ohne jedoch bei hoher Gefährdung deren absolute Verbreitungsgrenzen aufzuzeigen (Tab. 1, Spellmann et al. 2007, 2011, Suttmöller et al. 2008, Overbeck et al. 2012, Albert et al. 2017, Böckmann et al. 2019). Sie gehen davon aus, dass den Bäumen zu Beginn der Vegetationsperiode ein gefüllter Bodenwasserspeicher zur Verfügung steht. Die weiteren Auswirkungen der sich ändernden Klimabedingungen auf Wälder werden baumartenspezifisch mit Hilfe von statistischen Modellen funktional beschrieben. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind die statistischen Modelle zur Berücksichtigung der Wuchsleistung und anderer Gefährdung als dem Trockenstress noch nicht Bestandteil der Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl. Ihre Integration in das Entscheidungsunterstützungssystem ist in einem nächsten

Tabelle 1: Trockenstress-Risikoklassifizierung wichtiger Baumarten im Anhalt an die Standortwasserbilanz – Saldo aus klimatischer Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (Grasreferenz) und nutzbarer Feldkapazität (nFK). * = benötigen hoch anstehendes Grundwasser.

Trockenstressrisiko	Fichte	Buche	Eiche / Douglasie	Kiefer
gering	> 0 mm	> -50 mm	> -150 mm	> -200 mm
mittel	0 bis -80 mm	-50 bis -100 mm	-150 bis 350 mm	-200 bis -450 mm
hoch	< -80 mm	< -100 mm	< -350 mm	< -450 mm
weitere Baumarten	<ul style="list-style-type: none"> • Roterle* • Moorbirke* 	<ul style="list-style-type: none"> • Flatterulme • Weißtanne • Japanlärche • Bergulme • Schwarznuss 	<ul style="list-style-type: none"> • Roteiche • Ahornarten • Esche • Hainbuche • Linde • Europ. Lärche • Küstentanne 	<ul style="list-style-type: none"> • Sandbirke • Schwarzkiefer

Arbeitsschritt vorgesehen. Dabei werden die Bereiche Wachstum und Risiken getrennt betrachtet, weil sie unterschiedlichen Einflussfaktoren und Dynamiken unterliegen und unterschiedliche Anpassungsmaßnahmen erfordern (vgl. Schmidt et al. 2010, Overbeck & Schmidt 2012, Fleck et al. 2015, Albert et al. 2018, Hittenbeck et al. 2019, Schmidt 2020). Analogieschlüsse bilden die Grundlage für die Prognosen der zukünftigen Waldentwicklung. Sie gehen davon aus, dass sich die zukünftigen Zustände an

einem Standort über die Zustände an anderen Standorten beschreiben lassen, die gegenwärtig bereits diese oder ähnliche Bedingungen aufweisen. Der Großteil der Standorte in Schleswig-Holstein gerät dabei kaum in den Extrapolationsbereich. Das heißt, hier zukünftig projizierte Klimaverhältnisse werden in deutlich wärmeren und trockenen Regionen Deutschlands bereits heute beobachtet.

3. Datengrundlagen

Die wichtigsten Datengrundlagen bilden die beobachteten Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes, Klimaszenarien des Weltklimarates, die forstliche Standortskartierung des Landes Schleswig-Holstein, Bodeninformationen des forstlichen Umweltmonitorings, Geländeinformationen aus dem digitalen Geländemodell DEM25 mit einer horizontal Gitterweite von 25 m, Bestockungsinformationen aus Bundeswaldinventuren (BWI), Forsteinrichtungen, Betriebsinventuren und von Versuchsflächen sowie ausgewählte Waldschutzstatistiken. Mögliche Klimaentwicklungen werden derzeit durch die RCP Klimaszenarien (IPCC 2013) beschrieben. Während das optimistische Szenario RCP2.6 gegenüber dem Zeitraum 1986 bis 2005 einen Anstieg der globalen Jahresmitteltemperatur um 0,3 °C bis 1,7 °C bis zum Ende des Jahrhunderts projiziert, ist nach dem pessimistischen Szenario RCP8.5 mit einer Temperaturerhöhung von 2,6 K bis 4,8 K zu rechnen. Ungeachtet der Unterschiede im Detail lassen sämtliche Klimaprojektionen für Deutschland einen deutlichen Temperaturanstieg bei gleichzeitig veränderten jährlichen Niederschlagsverteilungen

erwarten (vgl. Abb. 1). Sehr wahrscheinlich ist zudem ein gehäuftes Auftreten von Witterungsextremen wie Trockenperioden, Starkregenereignissen oder Stürmen (IPCC 2021, UBA 2015). Im Rahmen des ReKliEs-De-Projektvorhabens (Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland) wurden erstmalig für Deutschland und die Einzugsgebiete der großen, nach Deutschland entwässernden, Flüsse belastbare Klimaprojektionen mit einer hohen regionalen räumlichen Auflösung bereitgestellt. Die Datenbasis ergänzt die Ergebnisse des europäischen Klimaforschungsprojektes EURO-CORDEX. Damit stehen umfassende Ensembles regionaler Klimaprojektionen der aktuellen RCP-Klimaszenarien des Weltklimarats (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) zur Verfügung (Hübener et al. 2017), die als Entscheidungsgrundlage für die Klimafolgenforschung und mögliche Anpassungsmaßnahmen genutzt werden können. Die Daten wurden für verschiedene Klimavariablen nach einem einheitlichen Format ausgewertet und aufbereitet. Aus dem Gesamtensemble mit 26 verschiedenen

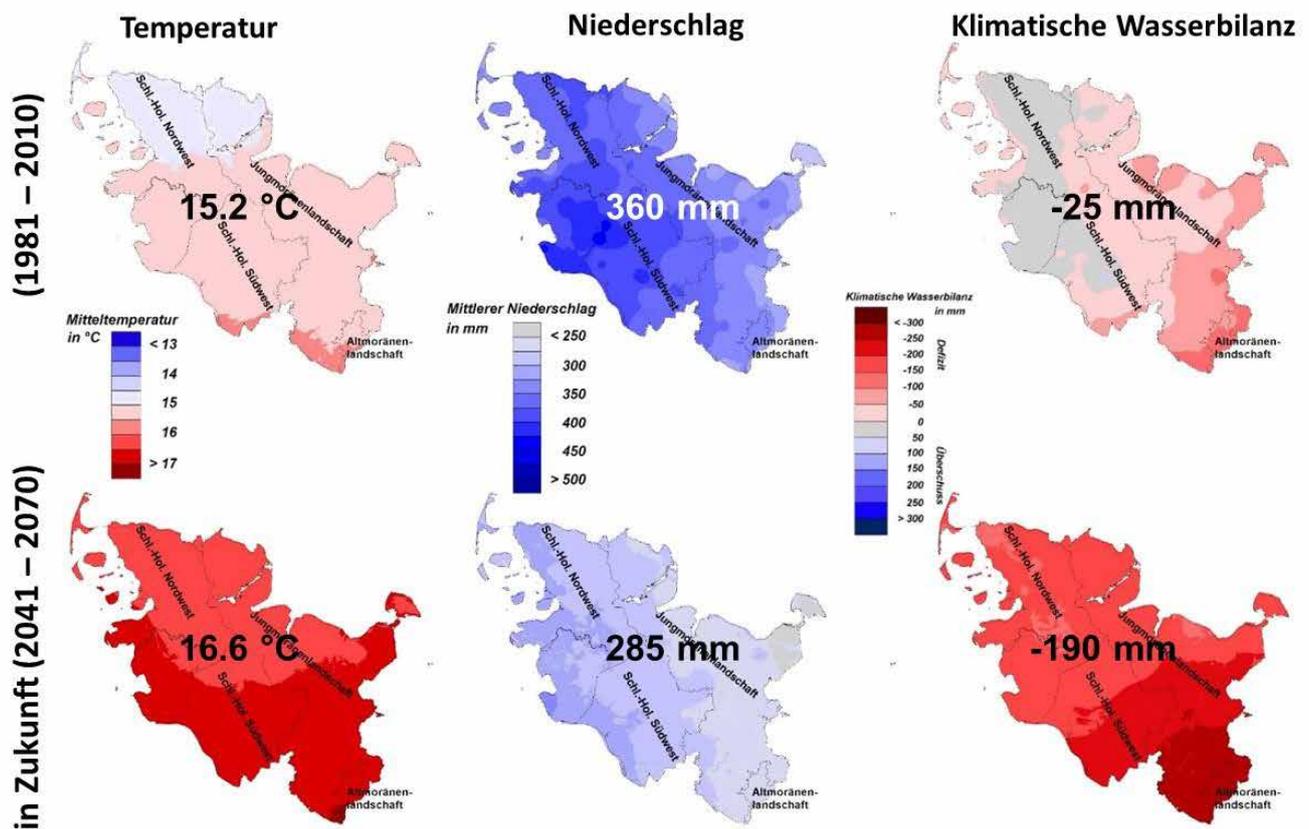


Abbildung 1: Klima-Kennwerte in der Vegetationszeit für Schleswig-Holstein in den Klimaperioden 1981-2010 und 2041-2070 – Klimadaten (1981-2010) DWD, Klimaprojektion (2041-2070) RCP8.5 ECHAM6 STARS II, Median

Modellkombinationen für das RCP8.5-Klimaszenario („Weiter-wie-bisher-Szenario“) wurde für Anwender von Wirkmodellen im Rahmen des Bund-Länder-Fachgespräches ein sogenanntes „Kernensemble“ ausgewählt, dass nach vorgegeben Qualitätskriterien die Bandbreite des Gesamtensembles repräsentiert (Dalelane et al. 2018). Das Kernensemble umfasst sieben Klimalaufe des RCP8.5 Klimaszenarios und besteht aus fünf Simulationen mit dynamischen Regionalmodellen und zwei Simulationen mit einem statistischen Regionalmodell. Die Unterschiede in den Projektionen darin enthaltener Modelle repräsentieren noch bestehende Unsicherheiten der künftigen Klimaentwicklung, die in Entscheidungsgrundlagen mit zu berücksichtigen sind.

Für die Jahresmitteltemperatur zeigen alle Modellergebnisse einen einheitlichen Trend zu einer deutlichen Temperaturerhöhung zum Ende des Jahrhunderts im Flächenmittel von Deutschland (s. Abb. 2). Im Vergleich zum Mittelwert der Periode 1971 bis 2000 wird die Jahresmitteltemperatur in der Periode 2071 bis 2100 um 2,8 K bis 4,7 K ansteigen. Die stärkste Erwärmung wird in den zwei Simulationen mit dem statistischen Modell WETTREG2013 berechnet. Weiterhin wird erwartet, dass beim RCP8.5-Szenario die Intensität und Andauer von Witterungsextremen wie Starkregen, Hitze- und Trockenperiode sowie Dürren deutlich zunehmen werden. Bei den Niederschlägen zeigen die Modellergebnisse bei

den Jahressummen keinen einheitlichen Trend (s. Abb. 2). Während einige Modelle im 30-jährigen Mittel bis zum Ende des Jahrhunderts eine leichte Zunahme von bis zu 10 % erwarten lassen, berechnet ein Teil der Modelle langfristig im Flächenmittel von Deutschland eine leichte Abnahme von bis zu 10 % der Jahresniederschlagssumme im Vergleich zur Periode 1971 bis 2000. Zwischen den Jahreszeiten kommt es nach den Modellergebnissen jedoch zu deutlichen Verschiebungen. Nach den meisten Simulationen muss in den Wintermonaten mit einer signifikanten Erhöhung der Niederschläge gerechnet werden. Im Sommer wird es dagegen trockener und infolge der höheren Temperaturen steigt auch der Verdunstungsanspruch der Atmosphäre erheblich an. Erste Auswertungen zur Klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationszeit (KWB_{VZ}) zeigen für Schleswig-Holstein eine Abnahme bis zum Ende des Jahrhunderts um bis zu 160 mm. Die KWB_{VZ} wird im jährigen Flächenmittel von Schleswig-Holstein von derzeit rund -25 mm auf rund -190 mm im pessimistischsten Klimalauf abnehmen. Neben den Daten zum zukünftigen Klima sind weitere Informationen zu den Standortkomplexen Lage und Boden eine wichtige Voraussetzung für eine standortsgemäße Baumartenwahl. Diese Merkmale wurden im Rahmen der forstlichen Standortskartierung erfasst und stellen eine weitere wesentliche Grundlage für eine differenzierte Steuerung des Waldbaus dar.

Der aktuelle Standortkartierungsdatensatz Schleswig-Holsteins umfasst etwa 160.000 ha (Stand: 2021) über alle Besitzarten. Davon sind circa 116.000 ha grund- und stauwasserfreie Standorte. Die abgegrenzten Standortspolygone charakterisieren neben der räumlichen Lage auch indirekt physikalische und chemische Bodeneigenschaften. Diese werden über die Hauptkomponenten Wasserhaushalt, Nährstoffversorgung und Substratlagerung gemäß dem *Geländeökologischen Schätzrahmen* der Forstlichen Standortkartierung für Niedersachsen und Schleswig-Holstein verschlüsselt. Zur weiteren Differenzierung der Standorte können die Hauptkomponenten mit verschiedenen Varianten untergliedert werden. Die Hauptkomponenten und die ggf. vergebenen Varianten bilden zusammen den Standortstyp (s. a. NFP & LLUR 2009a, 2009b, Schmidt et al. 2015). Zur Ermittlung der SWB muss für jedes Standortspolygon der Wasserhaushalt des Bodens über die nFK quantifiziert werden. Da eine direkte Ableitung der nFK aus der forstlichen Standortskarte nur bedingt möglich ist, wurde diese modellgestützt auf Basis von verorteten Bodenprofilen aus der forstlichen Standortkartierung abgeleitet.

Im Zuge des Projektes wurden zunächst fast 4.400 Bodenprofile hinsichtlich ihrer Verortung und beschreibenden Sachdaten geprüft und qualitätsgesichert. Der Großteil der Bodenprofile konnte für die Regionalisierung der nFK verwendet werden, ausgeschlossen wurden organisch geprägte Standorte. Die Berechnung der nFK an den Bodenprofilen erfolgt über sog. Pedotransferfunktionen (PTF) und horizontbezogene Proxy-Variablen (Feinbodenart, Lagerungsdichte, Humus- und Grobbo- dengehalt sowie Horizontmächtigkeit). Innerhalb der AG wurde nach einigen Vorauswertungen bezüglich der zu verwendenden PTF entschieden, die nFK nach den Kennwerten der Bodenkundlichen Kartieranleitung (Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Boden 2005) zu berechnen. Um etwaige Lehmunterlagerungen insbesondere bei Sand-Standorten zu berücksichtigen, wurde die nFK zunächst auf 1,4 m Bodentiefe saldiert und anschließend wieder auf 1 m Bodentiefe normiert, um vergleichbar zu den Schwellenwerten der SWB zu bleiben.

Aus der Studie von Overbeck et al. (2011) in Niedersachsen wurde die Methodik zur modellgestützten Herleitung der nFK auf Basis der verorteten Bodenprofile und der digitalen Standortskarte auf die Datengrundlage in Schleswig-Holstein übertragen (identisches Kartierverfahren in beiden Bundesländern). Overbeck et al. (2011) nutzten neben den flächenhaften Informationen zum Wasserhaushalt und zur Substratlagerung ein generalisiertes additives Modell (Wood 2006), welches die räumliche Autokorrelation der Zielgröße über die Koordinaten der Bodenprofile berücksichtigt. Bei der Anwendung in Schleswig-Holstein zeigte sich allerdings,

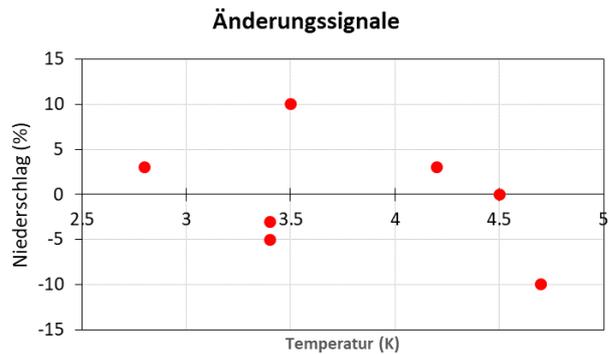


Abbildung 2: Änderungssignale Temperatur und Niederschlag für das ReKliEs-De-Kernensembel für Deutschland; 2071 bis 2100 versus 1971 bis 2000 (Jahreswerte) (= Nulllinie)

dass die Information zum Wasserhaushalt kaum einen erklärenden Einfluss auf die nFK aufweist, obwohl gemäß dem *Geländeökologischen Schätzrahmen* bei grund- und stauwasserfreien Standorten im Tiefland die nFK das wesentliche Einstufungskriterium darstellt. Dieser Effekt bestand unabhängig von der verwendeten PTF zur Berechnung der nFK. Möglicherweise ist die Diskrepanz auf das stärker ozeanisch geprägte Klima mit höheren Niederschlags- und Luftfeuchtigkeitsverhältnissen zurückzuführen, welche die Ausweisung der Wasserhaushaltszahl beeinflusst haben. Indes zeigen die Substratinformationen (Substratlagerung) fachlich plausible und stabile Effekte im Modell. Da die Substratlagerung indirekt die Eingangsgrößen für die nFK-Berechnung verschlüsselt, ist die Schätzung im Modell auch objektiver als bei den Wasserhaushaltszahlen. Abweichend von Overbeck et al. (2011) wurden die Varianten zur Differenzierung der Substrat- und Oberbodenverhältnisse in das Modell aufgenommen. Durch diese Anpassung wurde das Modell weiter verbessert und der fehlende Effekt der Wasserhaushaltszahl teilweise kompensiert.

Für eine periodisch notwendige Überarbeitung der klimaangepassten Waldbauplanung sollten deshalb nicht nur weitere Bodenprofile aufbereitet werden, sondern auch Bodenprofile mit chemischen und physikalischen Analysen neu angelegt werden.

Da die SWB auf Basis unterschiedlicher Klimadaten (für unterschiedliche zeitliche Perioden) berechnet werden kann, ist es möglich, das Ausmaß der Verschiebung des Trockenstressrisikos anschaulich darzustellen (s. Abb. 3). Es wird sehr deutlich, dass zukünftig für einen Großteil der Standorte, je nach verwendetem Klimalauf, ein erhöhtes bis hohes Trockenstressrisiko zu erwarten ist.

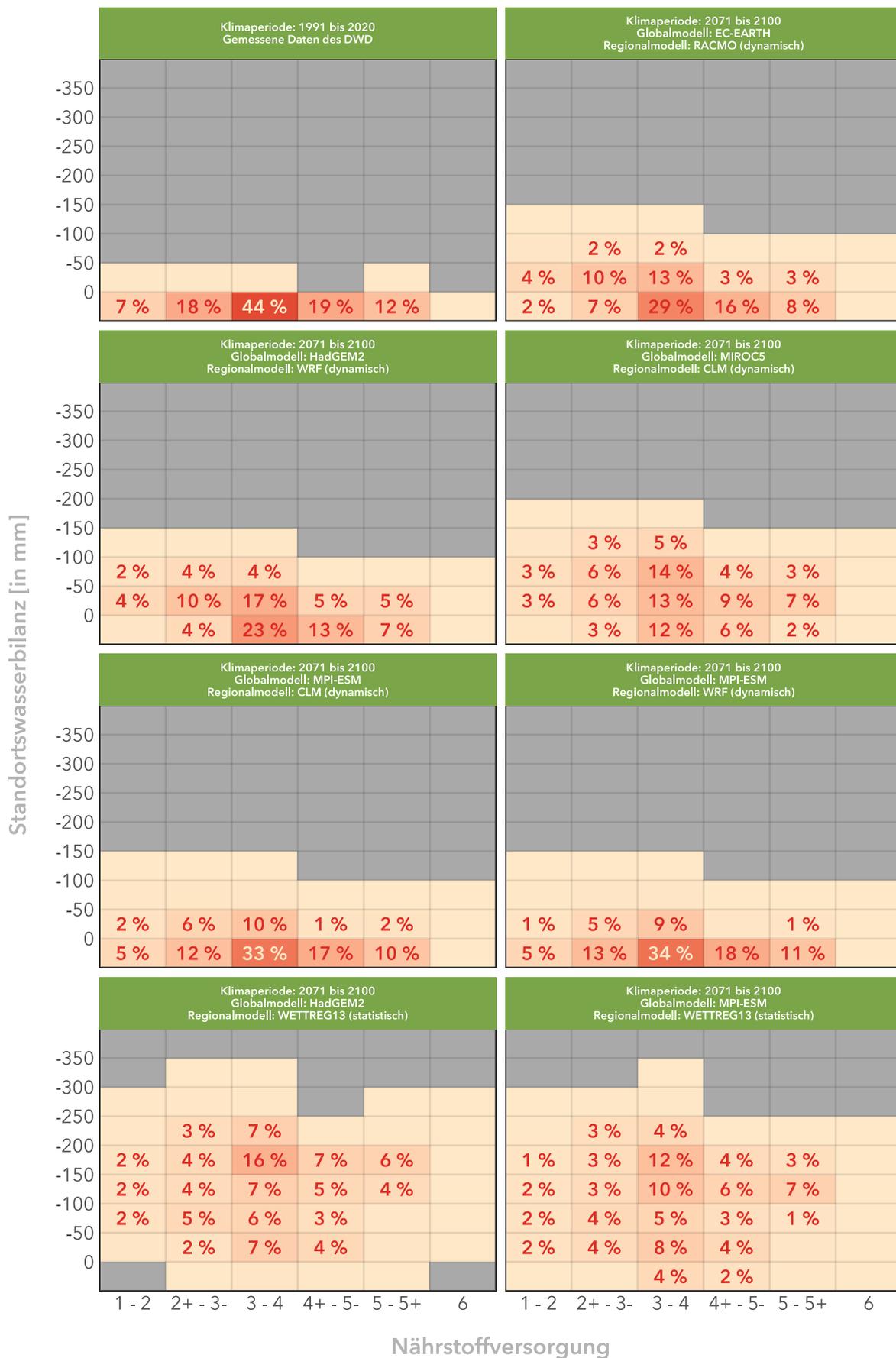


Abbildung 3: Vergleich der Flächenanteile der Standortskombinationen auf Basis der aufgezeichneten Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes für die Periode 1991 bis 2020 (oben links) mit den unterschiedlichen dynamischen und statistischen Läufen (siehe Beschriftung) vom ReKliEs-De-Kernensembel für die Periode 2071 bis 2100. Graue Standortskombinationen nehmen keine Fläche ein. Kombinationen mit weniger als 1 % Flächenanteil sind nicht beschriftet. Die Gesamtfläche des Datensatzes beträgt 115.733 ha.

4. Potenzialabschätzung der Baumarten

Grundlage aller Klimaanpassungsmaßnahmen ist die Überprüfung, ob auf gegebenem Standort die derzeit dort wachsenden oder dort noch zu verjüngenden Baumarten nach heutigem Stand des Wissens geeignet sind, sowohl mit dem herrschenden, als auch mit dem künftigen Klima zurechtzukommen. Zur Potenzialabschätzung der heimischen und der anbauwürdigen eingeführten Baumarten wurde an der NW-FVA Zuordnungsmatrizen entwickelt. Darin wird die Stellung der jeweiligen Baumart in Mischbeständen entsprechend ihrer Wasser- und Nährstoffansprüche nach bestimmten Stufen der Standortswasserbilanz (50 mm-Stufen) und der Nährstoffversorgung in eine zweidimensionale Matrix eingeordnet. Je nach Erfüllung ihrer ökologischen Ansprüche an den Standort kann die Baumart führend (F), beigemischt (M), begleitend (B) oder vom Anbau ausgeschlossen sein (s. Anlagen).

Ihre Trockenstressgefährdung wird berücksichtigt (vgl. Tab. 1), indem die Hauptbaumarten grundsätzlich nur bis zur Mitte ihrer mittleren Trockenstressgefährdung als führend eingeordnet werden. Ab der Mitte des Bereichs mittlerer Trockenstressgefährdung bis an die Grenze zu einer hohen Gefährdung bleibt die Baumart potenziell Mischbaumart.

Die neueren Entwicklungen der Klimafolgenforschung in Deutschland (s. Kap. 3) machen eine Anpassung des waldbaulichen Entscheidungsalgorithmus notwendig. Da die bisherige klimaangepasste Baumartenempfehlung einzig auf dem regionalisierten STARS II-Modell mit dem Globalmodell ECHAM6 beruhte, wurde der Fokus der Weiterentwicklung des Algorithmus auf die Einbindung von Ensembles regionaler Klimaprojektionen gelegt. Explizit ist hier das ReKliEs-De Kernensemble des vorgehenden Abschnitts gemeint, welches sieben Klimamodelle beinhaltet. Die Herausforderung bestand dabei im Verzicht auf die Bildung des Mittelwert oder Medians und einer daraus abgeleiteten Baumartenempfehlung, da die Eintrittswahrscheinlichkeit der einzelnen Klimamodelle als gleich anzusehen ist. Eine Mittelwertbildung wäre deshalb wissenschaftlich unzulässig und gleichzeitig ungeeignet, die beschreibbare Unsicherheit in eine abgewogene Entscheidungshilfe einfließen zu lassen. In der Weiterentwicklung wird daher für jede Klimaprojektion des Ensembles zunächst eine eigene Baumartenempfehlung berechnet. Durch Bildung von absoluten Häufigkeiten (H_7) für die jeweiligen Mischbestandstypen kann somit über die gesamte Bandbreite des Ensembles die Empfehlung mit Robustheitsgraden angegeben werden. Vereinfacht gesagt bedeutet dies, einen höheren Robustheitsgrad, also eine höhere Entscheidungssicherheit für einen bestimmten Mischbestandstyp, je mehr Klimamodelle ihn empfehlen.

Für eine übersichtliche und nachvollziehbare Darstellung

der Robustheitsgrade wurden diese in vier Stufen unterteilt (s. Tab. 2). Die Schwellenwerte der jeweiligen Stufen wurden auf Basis der Zusammensetzung des ReKliEs-De Kernensembles abgeleitet, um sowohl die darin enthaltenen statistischen als auch dynamischen Modellfamilien angemessen zu berücksichtigen. Wie in Kapitel 3 beschrieben, besteht das Kernensemble aus sieben Klimäläufen mit einem statistischen und drei dynamischen Regionalmodellen, wobei das statistische Regionalmodell grundsätzlich zu einer pessimistischeren Einschätzung des Klimas kommt. Die Regionalmodelle werden mit unterschiedlichen Globalmodellen gekoppelt, so dass insgesamt die oben genannten sieben Klimäläufe entstehen. Eine sehr klimarobuste Baumartenempfehlung mit einer absoluten Häufigkeit ≥ 6 beinhaltet somit immer mindestens ein statistisches Modell, während dies bei einer klimarobusten und wenig klimarobusten Empfehlung nicht zwingend der Fall ist. Bei einer absoluten Häufigkeit von ≤ 2 werden die Aussichten eines WET als zu gering angesehen, um sie in eine Empfehlung aufgenommen zu werden.

Es muss darüber hinaus beachtet werden, dass die Mischbestandstypen in den meisten Fällen durch Alternativen in der Zusammensetzung geprägt sind. Ein WET 62 kann beispielsweise entweder mit der Buche

Tabelle 2: Schwellenwerte der Robustheitsgrade in Bewertung von absoluten Häufigkeiten

Robustheitsgrad	Schwellenwert von H_7
sehr klimarobust	≥ 6
klimarobust	$=5$
wenig klimarobust	$\geq 3 \ \& \ \leq 4$
ausgeschlossen	≤ 2

oder mit den im Klimawandel wahrscheinlich geeigneteren Alternativen Roteiche, Winterlinde und Hainbuche empfohlen werden. Jede dieser Baumarten hat jedoch eine eigene Einordnung des Trockenstressrisikos (s. Anlage 1). Dadurch entstehende Baumartenkombinationen innerhalb eines Mischbestandstyps können deshalb unterschiedliche Robustheitsgrade aufweisen.

Der hier vorgestellte Ansatz beseitigt weitestgehend das Problem scharfer und mitunter willkürlich wirkender räumlicher Übergänge von Baumartenempfehlungen auf kleinstem Raum bei der Verwendung eines einzigen Klimalaufs. Diese kamen bisher in Gebieten vor, in denen sich die Standortswasserbilanz um die Schwellenwerte des Trockenstressrisikos (s. Tab. 1) bewegt. Die Nutzung eines Ensembles bietet nun eine räumliche Verdichtung

von klimasensitiven Informationen. Dadurch ist es entsprechend der Robustheitsgrade möglich, eine Priorisierung von WET-Empfehlungen auf einem Standort im Sinne strategischer Entscheidungen vorzunehmen.

Abweichend von den standortsökologischen Kriterien Standortwasserbilanz und den Nährstoffstufen enthält die Zuordnungstabelle noch folgende Setzungen:

- Für die SWB-Stufen ≥ 0 mm bis einschließlich -100 bis -150 mm ist keine führende Sandbirke vorgesehen, um diesen Standortbereich für Baumarten mit höheren Ansprüchen an die Wasserversorgung und besseren Ertragsaussichten zu reservieren.
- Im Bereich der SWB von -100 bis -150 mm ist die Wildkirsche nicht als führend eingestuft, weil die Leistung und Vitalität mit abnehmender Wasserversorgung deutlich sinkt.
- Auf den reichen Geschiebemergel-Standorten sowie anderweitig kalkhaltigen Substraten (Variante Ca) sind mehrere Baumarten ausgeschlossen, um Rotfäule oder Ernährungsungleichgewichten vorzubeugen.
- Das breite Anbauspektrum der gut an den Klimawandel angepassten Esche berücksichtigt nicht das biotische Risiko des Eschen-Triebsterbens. In der Regel werden unter heutigen Bedingungen keine Eschen gepflanzt und auch im Fall von Naturverjüngung keine Bestände mit führender Esche angestrebt. Ein Ausschluss der Esche ist aber ebenso falsch.
- Sofern SWB und Nährstoffversorgung dies ebenso zulassen, wird der WET 13 nur auf Standorten mit temporär überfluteten Bereichen gemäß Sonderstandortdifferenzierung (Variante X) empfohlen.
- Auf schwächer wechselfeuchten bis staufrischen Standorten des feuchten Grundtyps (37f) sowie stärker wechselfeuchten bis staufeuchten Standorten des trockneren Grundtyps (38t) keine WET mit führender Buche empfohlen.

Da die Beeinflussung des Trockenstressrisikos für Baumarten auf hydromorphen Standorten durch Standortwasserbilanzen nicht sinnvoll bestimmt werden kann, wird dort für die Zuordnung der Waldentwicklungstypen neben der Nährstoffziffer auch die kartierte Wasserhaushaltszahl (WHZ) aus der Standortkartierung direkt angewendet (keine Zuordnung über die Schwellenwerte der SWB). Die Schwankungsbereiche der Grundwasserbeeinflussung bzw. die Intensität und Länge der Stauwasserbeeinflussung lassen sich bislang nicht klimasensitiv dynamisieren und entsprechen damit bis auf weiteres den heutigen Kartierungsständen. Die entsprechenden Klassifizierungen für die Baumarten sind in der Anlage aufgeführt. Zu den hydromorphen Standorten zählen die Moor- (WHZ = 31) und Grundwasserstandorte (WHZ 32 bis 35f), temporär überflutete Standorte (Variante X)

sowie Standorte mit ausgeprägter Wechselfeuchte (WHZ 36 und 38). Abweichend von der Baumartenklassifizierung für hydromorphe Standorte werden Übergangsmoore mit einem Moorindex 2 nur mit WET 44 empfohlen. Intakte Moore mit einem Index von 0 oder 1 sind ohne WET-Empfehlung versehen.

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass die Potenzialabschätzung der Baumarten keine Restriktionen berücksichtigt, die sich aus Schutzgebiets- und Zertifizierungsauflagen ergeben. Grundsätzlich wird nicht zwischen natürlicher und künstlicher Bestandesbegründung unterschieden. Dies muss betrieblich unter Einbeziehung der waldbaulichen Ausgangslage entschieden werden. Die Dynamisierung der forstlichen Standortkartierung im Hinblick auf die zukünftig für Schleswig-Holstein projizierten klimatischen Bedingungen, u. a. durch die Ableitung der Standortwasserbilanz als relevantem Trockenstressweiser erfolgt, wird in Anbetracht der weiter zu erwartenden Klimaänderungen und des Erkenntnisfortschritts der Klimaforschung unter wissenschaftlicher Bearbeitung der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt laufend aktualisiert und weiterentwickelt. Letztlich ist die Einschätzung des Trockenstressrisikos nur ein Indikator von vielen, der die Baumartenwahl beeinflusst. Für eine in der Zukunft weiter verbesserte Baumartenempfehlung ist deshalb die Einbindung weiterer Indikatoren wie der künftigen standortgebundenen Wuchsleistungen auch als Ausdruck der Vitalität sowie spezifischer Risiken der Baumarten. Als nächster Schritt hierfür wird eine Überführung des Algorithmus in ein multikriterielles Entscheidungsmodell notwendig.

5. Waldentwicklungstypen

In dem standortsgebundenen Rahmen lassen sich Baumarten, die in ihren ökologischen Ansprüchen und in ihrem Wuchsverhalten zueinander passen und oftmals auch natürlich miteinander vergesellschaftet sind, zu Mischbestandstypen kombinieren. Für die Bevorzugung von Mischbeständen sprechen vor allem ihre oft höhere Stabilität und ihre fast immer höhere Resilienz gegenüber Störungen. Durch die strenge Beachtung der Standortsansprüche und des Konkurrenzverhaltens der Baumarten lassen sich Misserfolge vermeiden, Pflegekosten begrenzen und natürliche Entwicklungen gezielt nutzen. Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte ist es in gleichaltrigen Mischungen meist empfehlenswert, die Baumarten gruppen- bis horstweise oder kleinflächig zu mischen.

Waldentwicklungstypen sind Modelle für die Entwicklung von Waldbeständen mit bewährten Baumartenkombinationen und Mischungsformen, aus denen sich unter den lokalen standörtlichen Bedingungen unter Beachtung ökologischer und ökonomischer Aspekte ein langfristig stabiles Waldgefüge entwickelt. Als Verjüngungsziel werden Mischungsanteile der zu beteiligenden Baumarten sowie Mischungsformen empfohlen, die den Wachstumsgang und eine daraus resultierende Konkurrenzentwicklung der Baumarten berücksichtigen. Konkurrenzschwache Baumarten und Baumarten, die frühzeitig genutzt werden können, haben deshalb im Verjüngungsziel zunächst höhere Anteile, als sie in spä-

ten Bestandesentwicklungsstadien einnehmen werden. Außerdem sind die standörtlichen Planungsbereiche der WET dargestellt, die die sich aus der Einordnung der an ihrer Zusammensetzung beteiligten Haupt- und Mischbaumarten ergeben (s. Abb. 4).

Ausgehend von diesen Überlegungen wurden die Waldentwicklungstypen (WET) für die waldbauliche Planung in Schleswig-Holstein von der AG weiterentwickelt. Sie beschreiben Leitbilder des angestrebten Waldaufbaus, der Verjüngungsziele sowie die konkrete Mischungsform. Der Waldentwicklungstypenkatalog umfasst die 30 in Tabelle 3 aufgeführten Waldentwicklungstypen, die auf den nachfolgenden Seiten detailliert beschrieben werden. Die Maßgaben des §5 LWaldG bezüglich eines hinreichenden Anteils standortheimischer Baumarten wurden bei den Verjüngungszielen der WET berücksichtigt. Die regionalen Anforderungen daran müssen jedoch beachtet werden.

In der Regel ergeben sich auch unter künftigen Standortbedingungen mehrere Optionen für die Wahl geeigneter WET. Welcher Waldentwicklungstyp unter den mindestens als bedingt klimarobust empfohlenen im Einzelfall zu bevorzugen ist, hängt auch von der waldbaulichen Ausgangslage des vorhandenen Waldbestandes, bestehenden Schutzgebietsauflagen und den Zielsetzungen des Waldeigentümers ab. Ein nicht unerheblicher Teil der Waldstandorte in Schleswig-Holstein wird sich allerdings bezüglich der Standortswasserbilanz schon bis

WET 10: Traubeneiche-Buche/Hainbuche

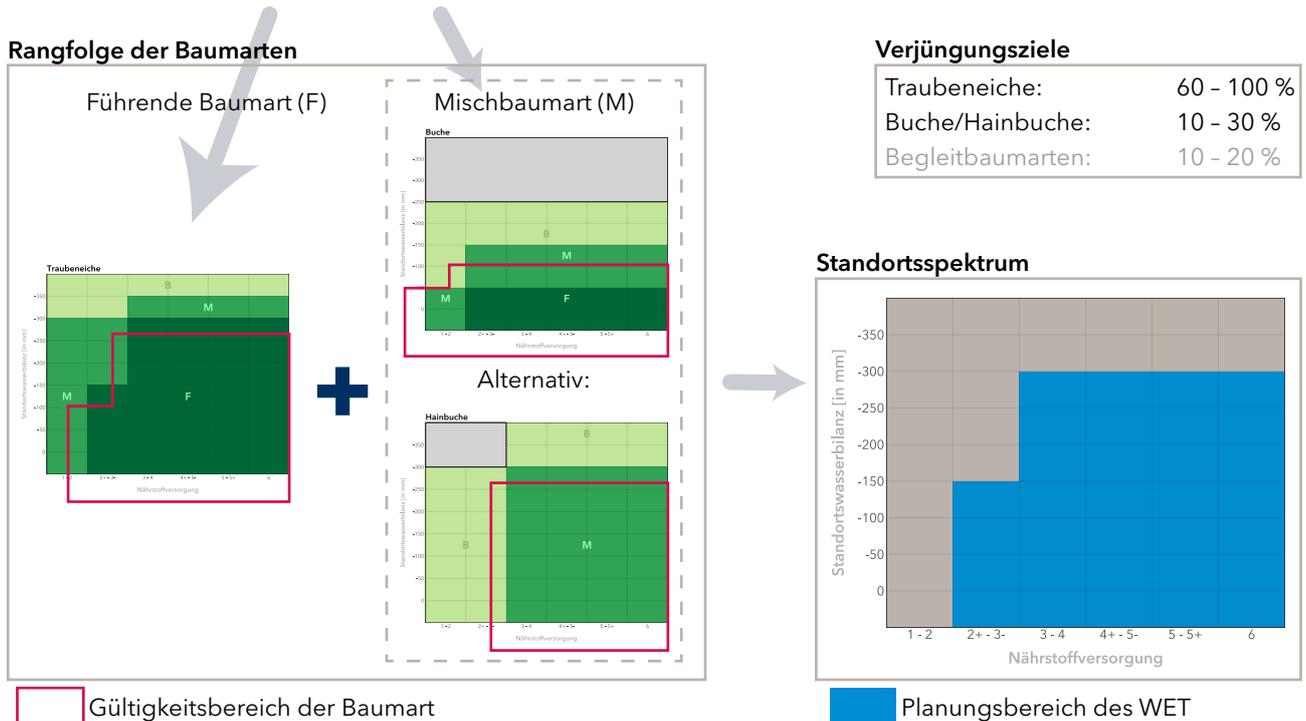


Abbildung 4: Aus der Zuordnungstabelle abgeleiteter Planungsbereich des WET 10 Traubeneiche-Buche/Hainbuche

zur Mitte des Jahrhunderts in Bereiche verschlechtern, die die Auswahl möglicher WET gegenüber heute stark einschränken.

Dazu kommen ggf. Restriktionen durch etwaige Schutzgebietsauflagen, sonstige Gefährdungen, waldbauliche Ausgangssituationen oder betriebliche Belange. Die Entscheidungshilfen, welche zum jetzigen Stand hauptsächlich auf dem Trockenstressrisiko basieren, sind in ein Webportal bzw. eine App integriert, die auf hochauflösende Karten mit den zuvor genannten Standortinformationen zurückgreifen und dem Nutzer eine Auswahl standortgemäßer Waldentwicklungstypen anbieten. Die praktische Unterstützung im Wald bei der Wahl geeigneter WET war das Ziel der Entwicklung einer App für mobile Endgeräte (Smartphone, Tablet etc.) als Ergänzung zum bestehenden Webportal der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. Mit Hilfe der App können die notwendigen Informationen einfach, schnell und aktuell und vor allem direkt vor Ort bereitgestellt werden. Mit einem GPS-fähigem mobilen Gerät lässt sich die Position eines Bestandes hinreichend genau ermitteln, so dass für diesen Baumartenempfehlungen und die zugrundeliegenden Daten über einen entsprechenden Web-Service von den Servern der NW-FVA abgerufen werden können.

Ein wesentlicher Vorteil der App gegenüber einem analogen Kartenwerk besteht darin, dass bei zukünftigen Änderungen der Entscheidungsgrundlagen (Klimaszenarien, Trockenstressgrenzen, Restriktionsparameter etc.) nicht erst ein neues Kartenwerk erstellt und verteilt werden muss, sondern im laufenden Betrieb Änderungen an den Entscheidungshilfen vorgenommen und der Praxis schnell und ohne großen Aufwand bereitgestellt werden können.

Darüber hinaus können der dem gesamten Dienst zugrundeliegende *REST-WEB-Service* und der *WMS (Web Map Service)* problemlos in andere Softwareprodukte (z. B. Betriebs- /Fachanwendungen) integriert werden. Die Konzeption, die Implementierung, die laufende Wartung und das Hosting des gesamten Systems erfolgen an der NW-FVA.

Das Webportal ist über die Homepage der NW-FVA (<https://www.nw-fva.de/>) zu erreichen. Auf der Startseite der NW-FVA befindet sich der Link *Baumartenempfehlungen*, mit dessen Hilfe man zur allgemeinen Einführungsseite mit der Überschrift *Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl* gelangt. In der Struktur der Website befindet sich diese Seite unter der Rubrik *unterstützen - Software - Baumartenempfehlungen* (<https://www.nw-fva.de/unterstuetzen/software/baem/>; QR-Code in Abb. 5). Da die NW-FVA für vier Bundesländer zuständig ist und bei der Baumartenwahl länderspezifische Bedingungen berücksichtigen werden, muss auf dieser



Abbildung 5: QR-Code zum Webportal der NW-FVA

Einführungsseite zunächst das betreffende Bundesland gewählt werden. Die Seite für Schleswig-Holstein trägt den Titel *Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl in Schleswig-Holstein*. Neben dem eigentlichen Zugang zum Webportal befinden sich hier eine Kurzanleitung und die Möglichkeit für Rückmeldungen oder Anfragen. Als Downloads stehen diese Broschüre *Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl* sowie Begriffsdefinitionen zur Verfügung.

Tabelle 3: Überblick über die Waldentwicklungstypen

WET	Zugehörige Baumartengruppe	Beschreibung
10	Eichenmischwälder	Traubeneiche-Buche/Hainbuche
11		Stieleiche-Hainbuche
12		Stieleiche-Buche
13		Stieleiche-Edellaubbäume
14		Eiche-Birke
17		Eiche-Kiefer (Sandbirke)
18		Roteiche-Buche
20		Buchenmischwälder
23	Buche-Edellaubbäume	
25	Buche-Fichte	
26	Buche-Douglasie	
28	Buche-Lärche	
29	Buche-Tanne	
31	Besondere Laubmischwälder	
34		Esche/Flatterulme-Roterle
36		Vogelkirsche (Bergahorn)
40		Roterle
42		Aspe mit Birke
44		Moorbirke (Kiefer/Fichte)
47		Sandbirke-Kiefer (Eiche)
52	Nadellaubmischwälder	Fichte-Buche
55		Weißtanne-Buche
56		Küstentanne-Buche
62		Douglasie-Buche
65		Douglasie-Fichte-Buche
67		Douglasie-Kiefer-Laubbäume
71		Kiefer-Eiche
74		Kiefer-Birke
76		Kiefer-Douglasie/Küstentanne-Buche
82		Japanlärche-Laubbäume

WET 10: Traubeneiche-Buche/Hainbuche

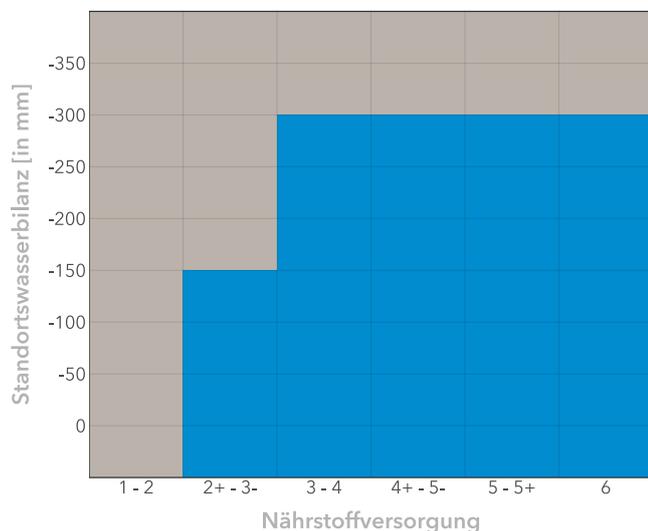
Leitbild

Mehrschichtiger Wald aus führender Traubeneiche und nur einzelnen Buchen oder Hainbuchen im Herrschenden sowie dienender Buche und Hainbuche im Zwischen- und Unterstand oder in gruppen- bis horstweiser Mosaikstruktur unterschiedlichen Alters mit optional beigemischten Edellaubbäumen.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	TEi		60 bis 80 %
M	Bu	HBu	10 bis 30 %
Optional	BAh	Es, FlaRü, Kir, SAh	bis 20 %
Begleitbaumarten			10 bis 20 %

Planungsbereich



Mischungsform

Buche und Hainbuche einzelstamm- bis gruppenweise bzw. Buche/Hainbuche aus 40-60 Jahre späterem Unterbau einzelstammweise, sowie Begleitbaumarten. Edellaubbäume und Wildobst auf den nährstoffreichen, mäßig frischen bis trockenen Standorten einzelstamm- bis gruppenweise gemischt.

WET 11: Stieleiche-Hainbuche

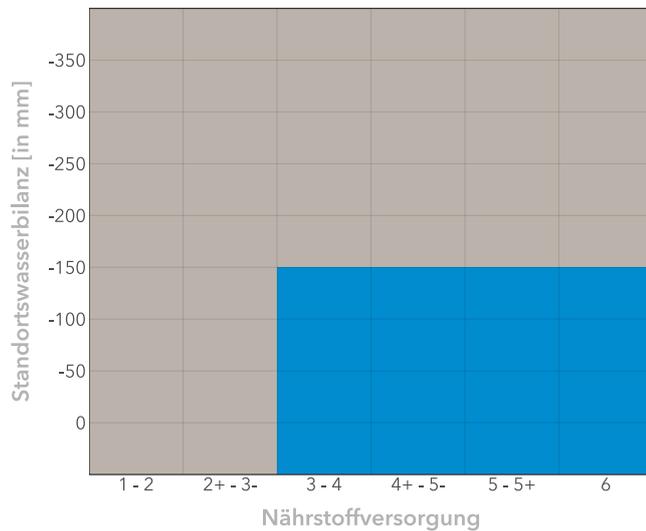
Leitbild

Mehrschichtiger Wald aus führender Stieleiche mit dienender Hainbuche im Zwischen- und Unterstand oder in gruppenweiser Mosaikstruktur unterschiedlichen Alters sowie mit Begleitbaumarten.

Übersicht

	Baumart	Verjüngungsziel
F	SEi	70 bis 80 %
M	HBu	20 bis 30 %
Begleitbaumarten		10 bis 20 %

Planungsbereich



Mischungsform

Hainbuchen einzelstamm- bis gruppenweise, bei Eiche mit hoher Werterwartung Hainbuche aus 40-60 Jahre späterem Unterbau oder Naturverjüngung, stamm- bis truppweise sowie Begleitbaumarten.

WET 12: Stieleiche-Buche

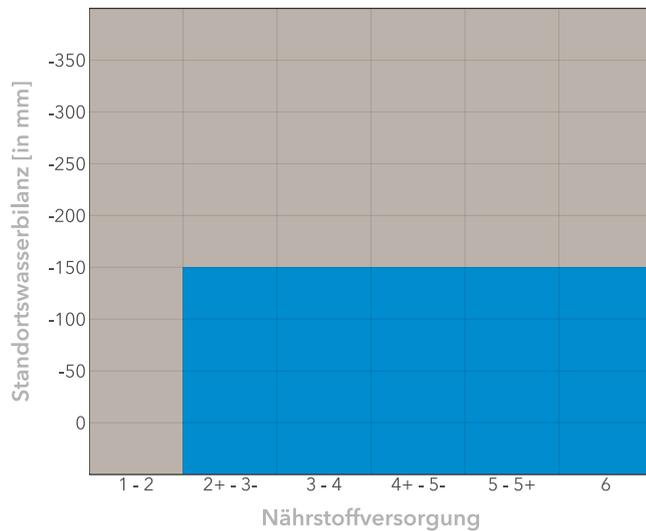
Leitbild

Mehrschichtiger Wald aus führender Stieleiche und dienender bis mitherrschender Buche, mit unterschiedlichen Anteilen von Begleitbaumarten.

Übersicht

	Baumart	Verjüngungsziel
F	SEi	80 bis 90 %
M	Bu	10 bis 20 %
Begleitbaumarten		bis 10 %

Planungsbereich



Mischungsform

Buche einzelstamm- bis truppweise, bei Eiche mit hoher Werterwartung Buche aus 40-60 Jahre späterem Unterbau oder Naturverjüngung, Begleitbaumarten einzelstamm- bis truppweise.

WET 13: Stieleiche-Edellaubbäume

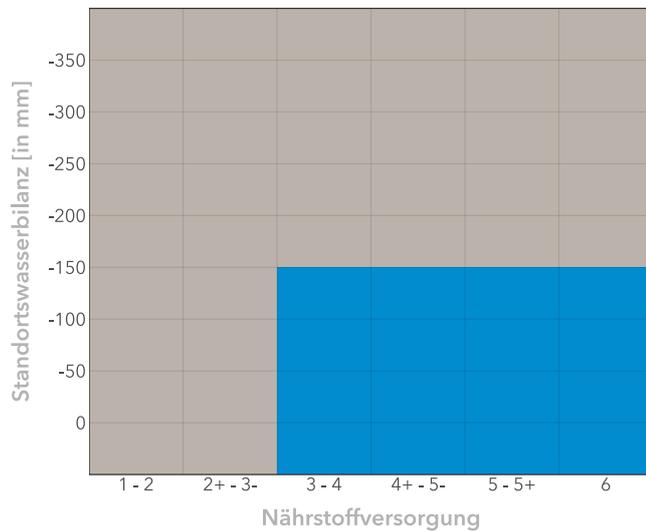
Leitbild

Horst- bis kleinflächenweiser, einschichtiger bis mehrschichtiger Stieleichenwald mit Hainbuche im Zwischen- und Unterstand, in Femeln gruppen- bis kleinflächenweise durchsetzt mit Edellaubbäumen, an Rändern auch Vogelkirsche, Wildobst und Schwarznuss sowie Begleitbaumarten.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	SEi		60 bis 70 %
M	BAh	Es, FlaRü, Kir, SAh	30 bis 40 %
Begleitbaumarten			bis 10 %

Planungsbereich



Anmerkungen & Restriktionen

- Nur auf temporär überfluteten Standorten (Wasserhaushaltsvariante: X)

Mischungsform

Gruppen bis Kleinflächen von Edellaubbäumen sowie Begleitbaumarten aus zeitlich gestreckter Femelnutzung, Hainbuche meist aus Naturverjüngung sowie Begleitbaumarten.

WET 14: Eiche-Birke

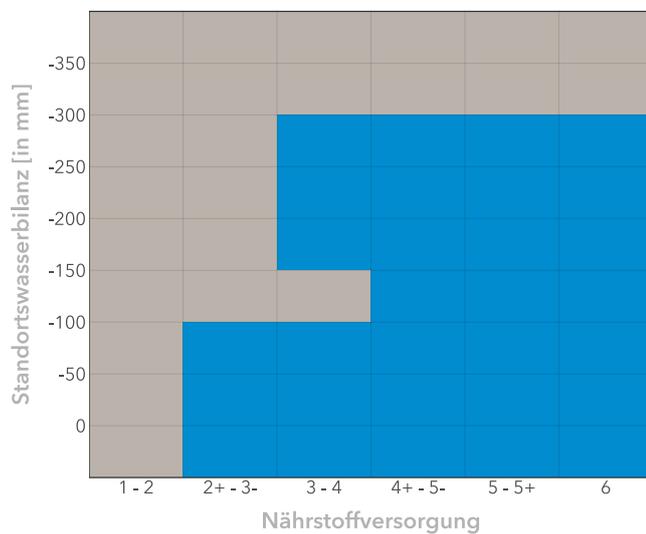
Leitbild

Ein- und mehrschichtige Wälder aus führender Eiche; in Trupps, Gruppen, Horsten oder mit Einzelstämmen eingesprengt Birke (Sand- u./o. Moorbirke) oder Roterlen, ferner Buche mit wechselnden Anteilen in allen Schichten sowie weiteren Anteilen sukzessionaler Begleitbaumarten.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	TEi		50 bis 70 %
M	MBi	SBi	30 bis 50 %
Begleitbaumarten			bis 20 %

Planungsbereich



Mischungsform

Eichen und Birken (Buchen, Roterlen) gruppen- bis horstweise gemischt, z. T. durch unterschiedliche Altersstufen vertikal strukturiert.

WET 17: Eiche-Kiefer (Sandbirke)

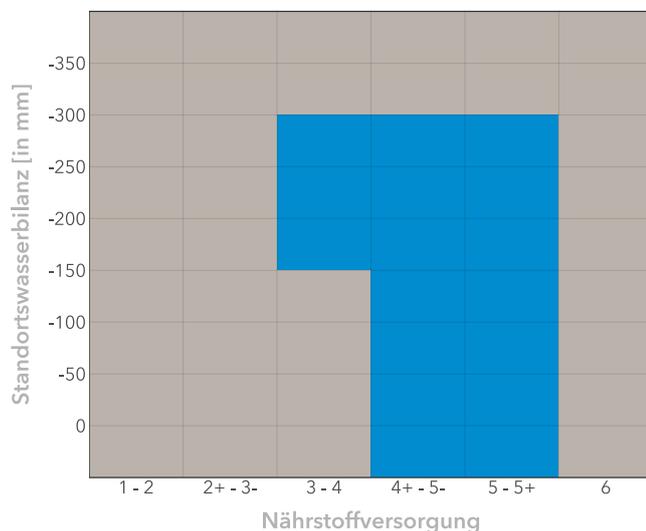
Leitbild

Einschichtige, nach Horsten, Gruppen oder Trupps horizontal strukturierte Mischwälder aus Eiche (Trauben- u./o. Stieleiche), Kiefer und Sandbirke (ggf. Moorbirke) oder mosaikartig in Kleinflächen, Horsten und Gruppen horizontal und vertikal gegliederte Mischwälder unterschiedlichen Alters der drei Baumarten.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	SEi	TEi	40 bis 60 %
M	Ki		10 bis 40 %
M	SBi		10 bis 30 %
Begleitbaumarten			10 bis 20 %

Planungsbereich



Mischungsform

Gruppen- bis kleinflächenweise (Eiche aus Naturverjüngung oder Hähersaat, Kiefer und Sandbirke aus Naturverjüngung).

WET 18: Roteiche-Buche

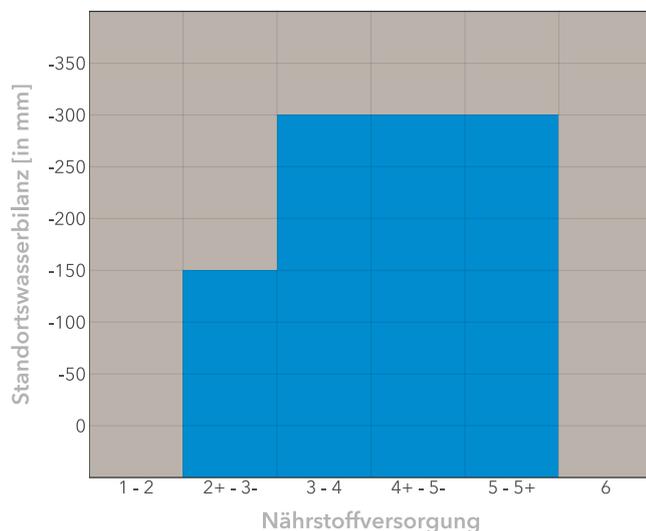
Leitbild

Mehrschichtiger Mischwald mit führender Roteiche und einzelnen Buchen im Herrschenden sowie im Zwischen- bis Unterstand; Erhöhung der Vertikalstruktur durch Unter- und Zwischenstand der Roteiche mit Begleitbaumarten der heimischen Vegetation. Bei hohem Trockenstressrisiko für die Buche können ggf. Hainbuche bzw. Winterlinde die Rolle der Mischbaumart übernehmen.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	REi		50 bis 70 %
M	Bu	HBu, WLi	30 bis 40 %
Begleitbaumarten			bis 10 %

Planungsbereich



Anmerkungen & Restriktionen

- Bitte beachten Sie für diesen WET die Maßgaben hinsichtlich eines hinreichenden Anteils standortheimischer Baumarten gemäß § 5 LWaldG.

Mischungsform

Buche und Begleitbaumarten einzelstamm- bis truppweise.

WET 20: Buche

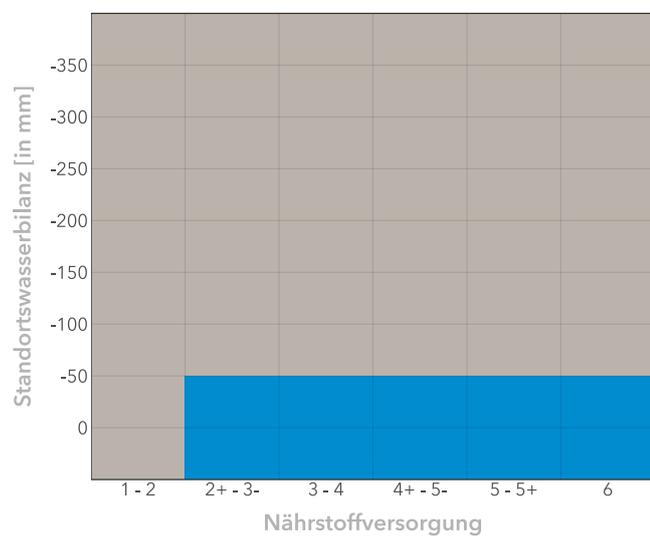
Leitbild

Femelartig oder flächig sich verjüngender Buchenreinbestand in Mosaik- oder Hallenstruktur mit Anteilen sukzessionaler Begleitbaumarten.

Übersicht

	Baumart	Verjüngungsziel
F	Bu	70 bis 80 %
	Begleitbaumarten	10 bis 30 %

Planungsbereich



Mischungsform

Begleitbaumarten einzelstamm- bis gruppenweise, ungleichaltrig, oft nur als Zeitmischung.

WET 23: Buche-Edellaubbäume

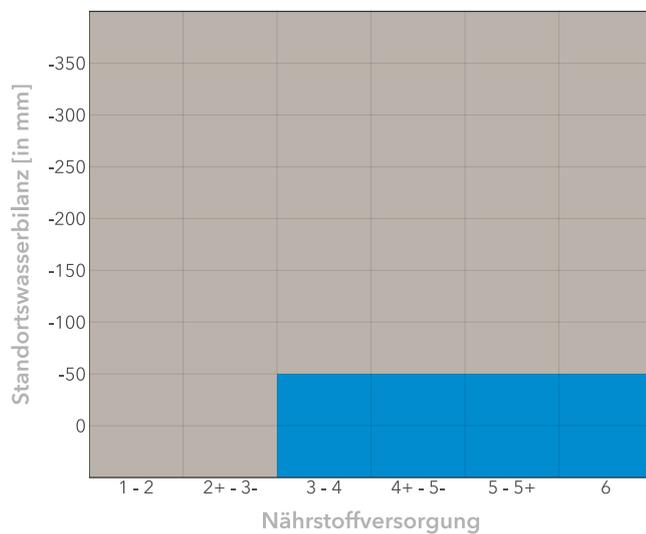
Leitbild

Femelwald aus führender Buche, auch im Zwischen- und Unterstand, mit variablen Anteilen von Edellaubbäumen sowie sonstigen natürlichen Begleitbaumarten. Edellaubbäume horst-bis kleinflächenweise unregelmäßig und nach Höhen und Altern ungleichmäßig im femelartigen Grundgerüst der Buche eingebettet.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	Bu		50 bis 70 %
M	BAh	Es, FlaRü, Kir, SAh	30 bis 50 %
Begleitbaumarten			bis 10 %

Planungsbereich



Mischungsform

Edellaubbaumarten jeder Art jeweils gruppen- bis horstweise im femelartigen Buchengrundbestand eingemischt.

WET 25: Buche-Fichte

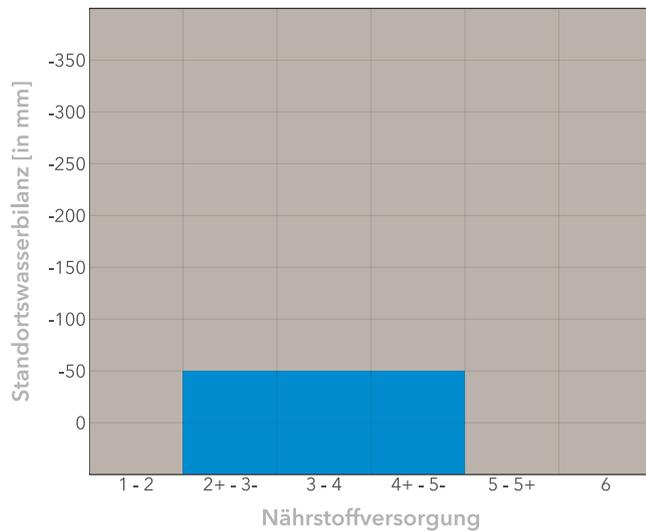
Leitbild

Femelartig oder in Mosaikstrukturen (Störungslücken und -löchern) sich verjüngender Mischwald aus Buche mit Fichte, ggf. Douglasie und wechselnden Anteilen sukzessionaler Begleitbaumarten mit unterschiedlicher Nutz- und Schutzfunktion.

Übersicht

	Baumart	Verjüngungsziel
F	Bu	50 bis 70 %
M	Fi	20 bis 50 %
Optional	Dgl	10 bis 20 %
Begleitbaumarten		bis 10 %

Planungsbereich



Mischungsform

Gruppen- bis kleinflächenweise Beimischung von Fichten (ggf. Douglasien) in femelartiger Struktur des Gesamtbestandes, Begleitbaumarten trupp- bis gruppenweise in Lücken und Löchern.

WET 26: Buche-Douglasie

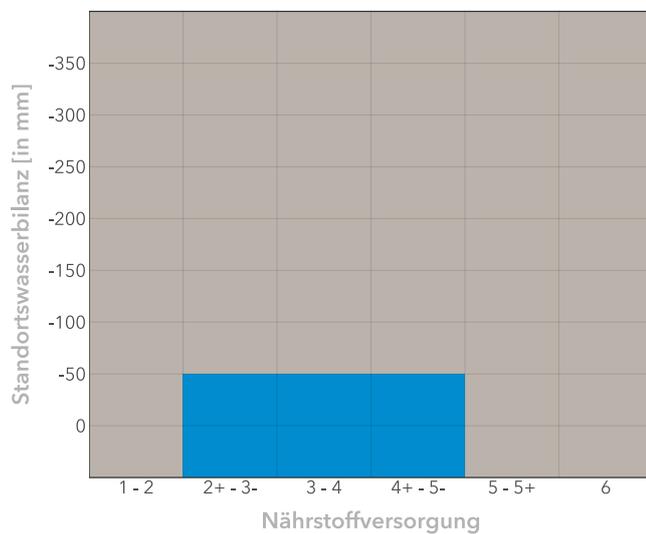
Leitbild

Buchenmischbestand in Femelstruktur mit gruppen- bis kleinflächenweiser Beimischung von Douglasie und Anteilen sukzessionaler Begleitbaumarten. Vertikale Differenzierung durch Femelstruktur sowie durch Buchenunter- und -zwischenstand.

Übersicht

	Baumart	Verjüngungsziel
F	Bu	50 bis 70 %
M	Dgl	20 bis 40 %
Begleitbaumarten		10 bis 20 %

Planungsbereich



Mischungsform

Horst- bis kleinflächenweise Beimischung von Douglasien und ggf. Fichten aus Naturverjüngung unterschiedlichen Alters auf Femellöchern, Begleitbaumarten trupp- bis gruppenweise in Lücken und Löchern.

WET 28: Buche-Lärche

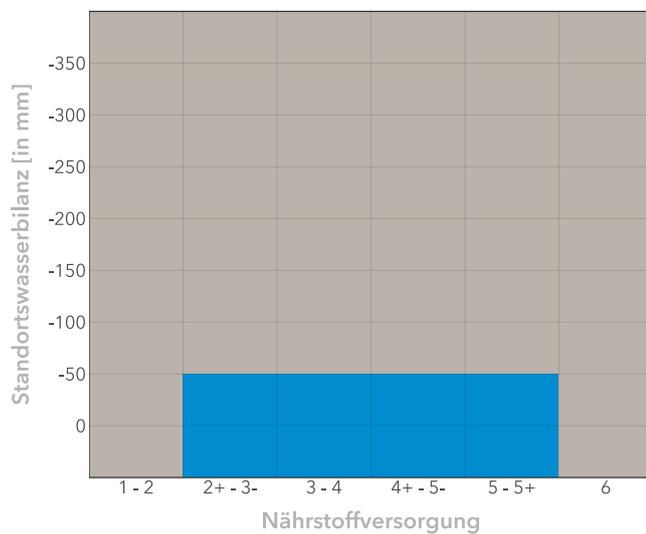
Leitbild

Femelstruktur der Buche, unregelmäßig eingestreute Horste bis Kleinflächen von Lärche (Japanische Lärche), Anteile von Eiche und Bergahorn vorkommend sowie geringe Naturverjüngungsanteile von Fichte, mit wechselnden Anteilen sukzessionaler Begleitbaumarten sowie Buchenunterstand.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	Bu		50 bis 70 %
M	ELä	JLä	30 bis 40 %
Begleitbaumarten			bis 20 %

Planungsbereich



Mischungsform

In Femelstruktur aufgebauter Buchengrundbestand, auf nicht überschirmten Löchern in Horst- und Kleinflächengröße Lärchen unterschiedlichen Alters.

WET 29: Buche-Tanne

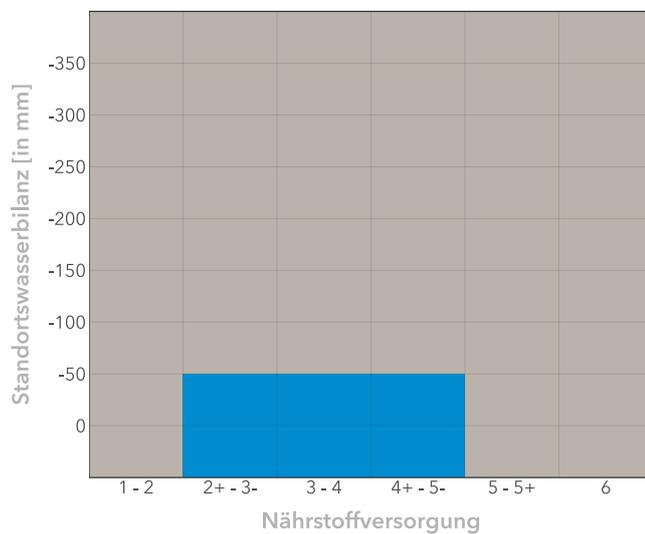
Leitbild

Vertikal und horizontal reich strukturierte Mischwälder aus führender Buche mit Tanne, ggf. Fichte sowie sukzessionalen Begleitbaumarten; in Sonderfällen statt Weißtanne auch Küstentanne oder optional Douglasie.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	Bu		50 bis 60 %
M	KTa	WTa	20 bis 40 %
M	Fi		10 bis 20 %
Optional	Dgl		10 bis 20 %
Begleitbaumarten			bis 10 %

Planungsbereich



Mischungsform

Trupp- bis horstweise in permanenter Verjüngung.

WET 31: Edellaubbäume, frischer Typ

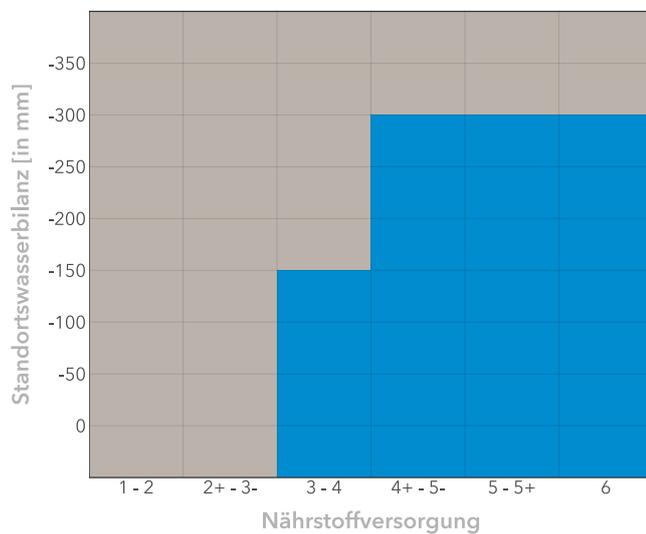
Leitbild

Ungleichaltrig aufgebauter Mischwald aus anspruchsvollen Edellaubbäumen, mit unterschiedlichen Anteilen von Buche und Hainbuche auch im Zwischen- und Unterstand sowie anderen Begleitbaumarten in permanenter Lücken-, Loch- und Femelverjüngung.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	BAh	Es, FlaRü, Kir, SAh	60 bis 80 %
M	Bu	HBu	20 bis 30 %
Begleitbaumarten			bis 10 %

Planungsbereich



Mischungsform

Nach Lichtanspruch in Trupps, Gruppen, Horsten und Kleinflächen getrennte Mischung mit Buche/Hainbuche auf ganzer Fläche überwiegend im Zwischen- und Unterstand.

WET 34: Esche/Flatterulme-Roterle

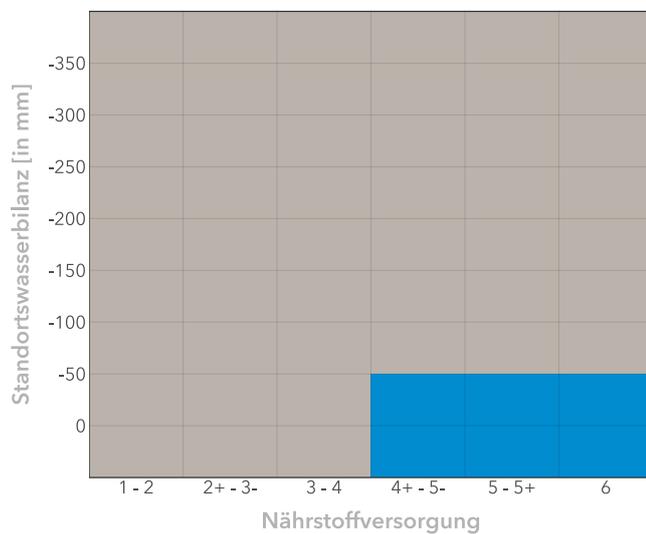
Leitbild

Dem Standortmosaik folgend, gemischte Feuchtwälder aus Esche und Flatterulme (ggf. Schwarznuss) (frischer Bereich) und Roterle (nasser Bereich) mit wechselnden Anteilen von Begleitbaumarten; häufig mit ausgeprägter Strauchschicht.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	Es	FlaRü	50 bis 70 %
M	RErl		30 bis 50 %
Begleitbaumarten			bis 20 %

Planungsbereich



Mischungsform

Roterle trupp- bis horstweise gemischt mit Esche Flatterulme, ggf. Schwarznuss und Begleitbaumarten im Herrschenden und ggf. Auen-Traubenkirsche (*Prunus padus*) und Weidenarten im Zwischen- und Unterstand.

WET 36: Vogelkirsche (Bergahorn)

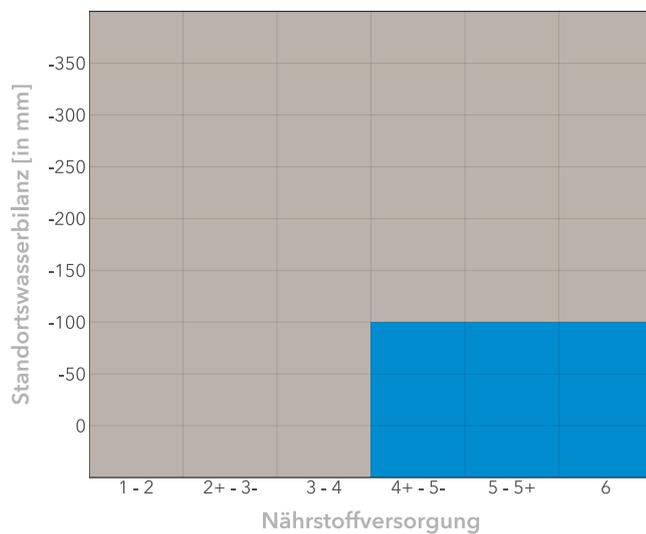
Leitbild

Zweischichtige Laubholzbestände mit führender Kirsche, ggf. gruppen- bis horstweise eingesprengten Bergahornanteilen in der herrschenden Schicht und dienenden Hainbuchen, ggf. Buchen, im Unter- und Zwischenstand sowie wechselnden Anteilen sukzessionaler Begleitbaumarten.

Übersicht

	Baumart	Verjüngungsziel
F	Kir	70 bis 80 %
Optional	BAh	bis 20 %
Begleitbaumarten		10 bis 20 %

Planungsbereich



Mischungsform

Wildkirsche ggf. gruppen- bis horstweise gemischt mit Bergahorn, Mitbau von dienender Hainbuche (ggf. Buche).

WET 40: Roterle

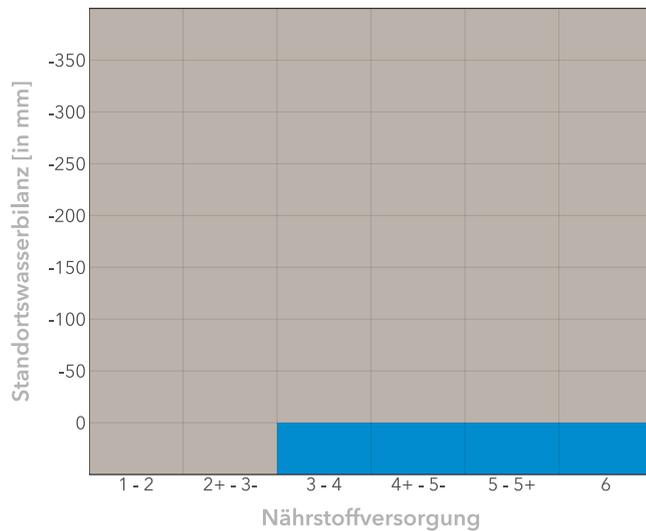
Leitbild

Einschichtiger, gleichförmiger Roterlenwald auch mit stamm- bis gruppenweise beigemischter Moorbirke oder auch Esche, Flatterulme oder Stieleiche sowie Begleitbaumarten in geringen Anteilen.

Übersicht

	Baumart	Verjüngungsziel
F	RErl	70 bis 90 %
	Begleitbaumarten	10 bis 30 %

Planungsbereich



Mischungsform

Begleitbaumarten stamm- bis gruppenweise eingestreut.

WET 42: Aspe mit Birke

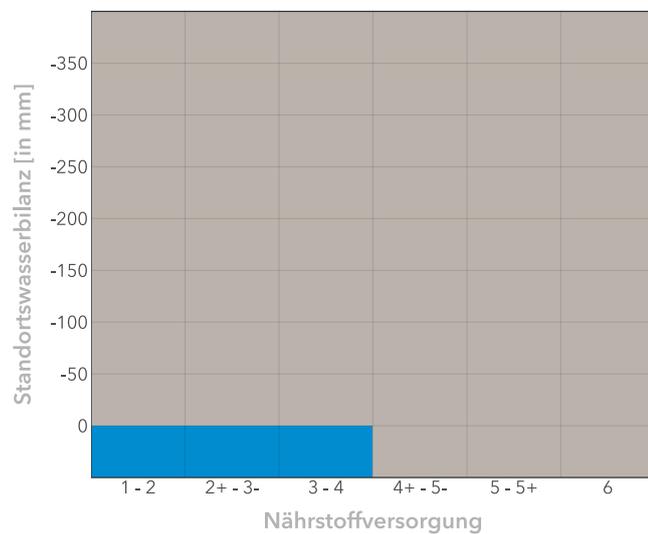
Leitbild

Strukturierter Wald aus Aspe, Birke, Eberesche, Salweide, ggf. einzelstammweise Roterle, Moorbirke und anderen Baumarten wie Kiefer, Fichte und Eberesche.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	As		10 bis 90 %
M	MBi	SBi	10 bis 90 %

Planungsbereich



Mischungsform

Stamm- bis kleinflächenweise Mischung von Weichlaubebäumen und anderen Baumarten.

WET 44: Moorbirke (Kiefer/Fichte)

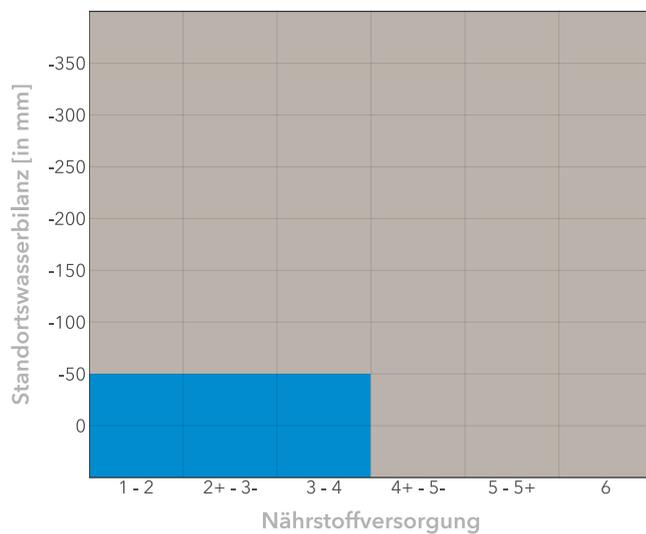
Leitbild

Einschichtige, z. T. mosaikartig gegliederte Moorbirkenwälder mit beigemischten Kiefern, Fichten oder Roterlen sowie anderen Begleitbaumarten sowie diversen Straucharten.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	MBi		50 bis 100 %
Optional	Fi	Ki, RErl	bis 30 %
Begleitbaumarten			bis 30 %

Planungsbereich



Mischungsform

Moorbirke mit stamm- bis horstweise eingemischten Kiefern/Fichten/Roterlen und anderen Begleitbaumarten.

WET 47: Sandbirke-Kiefer (Eiche)

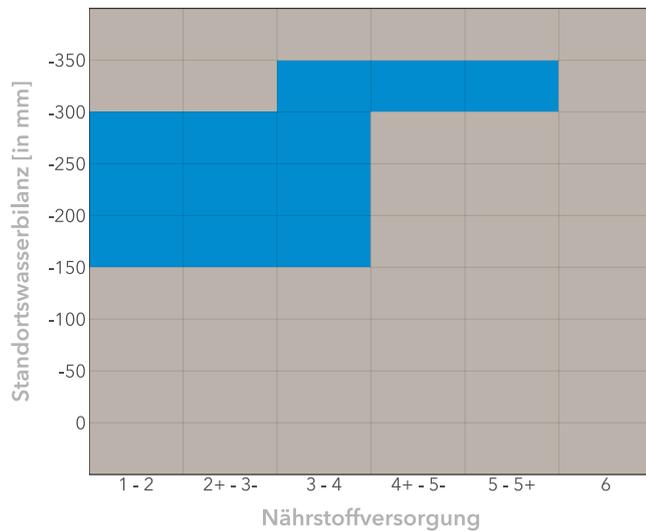
Leitbild

Birkenwälder einschichtig oder in Mosaikstruktur mit Einzelstämmen, Trupps bis Horsten unterschiedlich alter Kiefern und Eichen (Trauben- und Stieleiche) sowie Begleitbaumarten und Straucharten.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	SBi		50 bis 80 %
M	Ki		10 bis 20 %
M	SEi	TEi	10 bis 20 %
Begleitbaumarten			bis 20 %

Planungsbereich



Mischungsform

Sandbirke mit Anteilen von Kiefer und Eiche in einzelstamm- bis flächenweiser Beimischung.

WET 52: Fichte-Buche

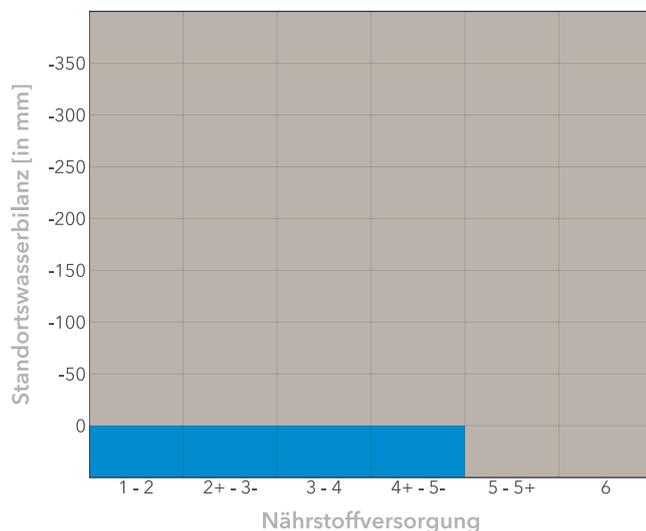
Leitbild

Femelwaldstruktur unter Ausnutzung von Störungslücken und -löchern mit Beimischung mitherrschender Buchen und Buchenunterstand sowie optional Douglasie in führender Fichte sowie wechselnden Anteilen sukzessionaler Begleitbaumarten mit unterschiedlicher Nutz- und Schutzfunktion.

Übersicht

	Baumart	Verjüngungsziel
F	Fi	40 bis 60 %
M	Bu	30 bis 40 %
Optional	Dgl	bis 20 %
Begleitbaumarten		10 bis 20 %

Planungsbereich



Anmerkungen & Restriktionen

- Bitte beachten Sie für diesen WET die Maßgaben hinsichtlich eines hinreichenden Anteils standortheimischer Baumarten gemäß § 5 LWaldG.

Mischungsform

Gruppen- bis kleinflächenweise Femelstruktur. Fichte aus Naturverjüngung, Buche aus Voranbau oder Naturverjüngung. In kleineren Störungslöchern ankommende Begleitbaumarten. Douglasie ggf. auf Störungslöchern ab Horstgröße.

WET 55: Weißtanne-Buche

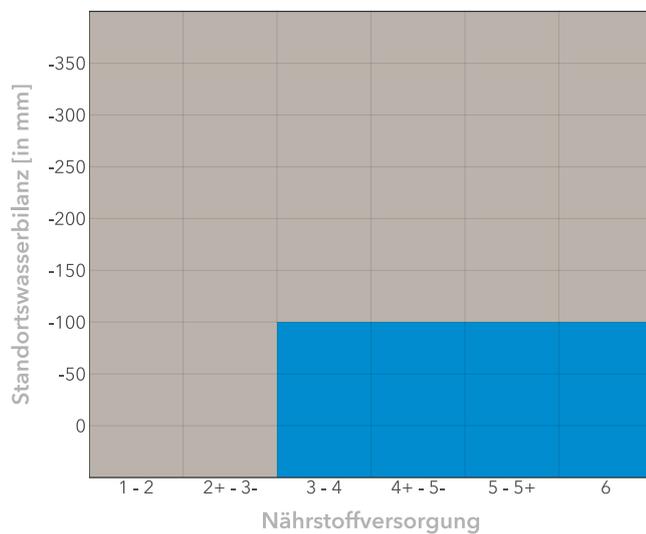
Leitbild

Vertikal und horizontal strukturierte Mischwälder aus Weißtanne und Buche sowie sukzessionalen Begleitbaumarten, ggf. auch mit Fichtennaturverjüngung aus dem Vorbestand oder Douglasie.

Übersicht

	Baumart	Verjüngungsziel
F	WTa	40 bis 60 %
M	Bu	30 bis 40 %
Optional	Dgl	10 bis 20 %
Begleitbaumarten		bis 10 %

Planungsbereich



Anmerkungen & Restriktionen

- Bitte beachten Sie für diesen WET die Maßgaben hinsichtlich eines hinreichenden Anteils standortheimischer Baumarten gemäß § 5 LWaldG.

Mischungsform

Trupp- bis horstweise in Femelstruktur.

WET 56: Küstentanne-Buche

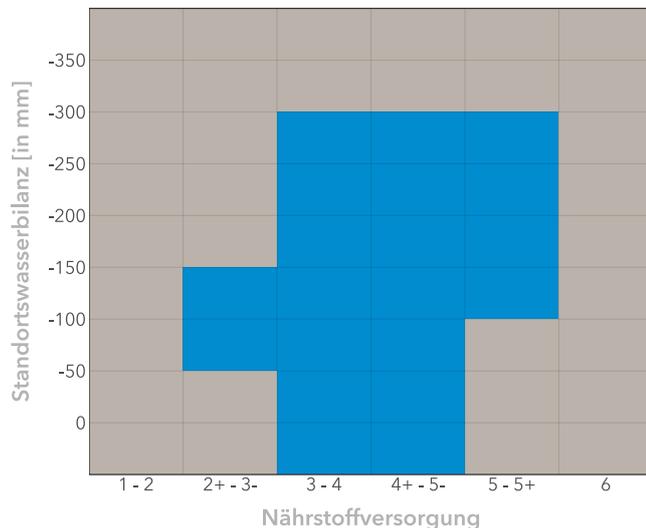
Leitbild

Vertikal und horizontal strukturierte Mischwälder aus führender Küstentanne und Buche sowie sukzessionalen Begleitbaumarten, ggf. auch mit Douglasie oder sich verjüngender Fichte aus dem Vorbestand. Bei hohem Trockenstressrisiko für die Buche können ggf. Hainbuche bzw. Winterlinde die Rolle der Mischbaumart übernehmen.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	KTa		40 bis 60 %
M	Bu	HBu, WLi	30 bis 40 %
Optional	Dgl		bis 20 %
Begleitbaumarten			bis 10 %

Planungsbereich



Anmerkungen & Restriktionen

- Bitte beachten Sie für diesen WET die Maßgaben hinsichtlich eines hinreichenden Anteils standortheimischer Baumarten gemäß § 5 LWaldG.

Mischungsform

Küstentanne horst- bis kleinfächenweise mit eingebetteten Buchen- und ggf. Douglasienfemeln.

WET 62: Douglasie-Buche

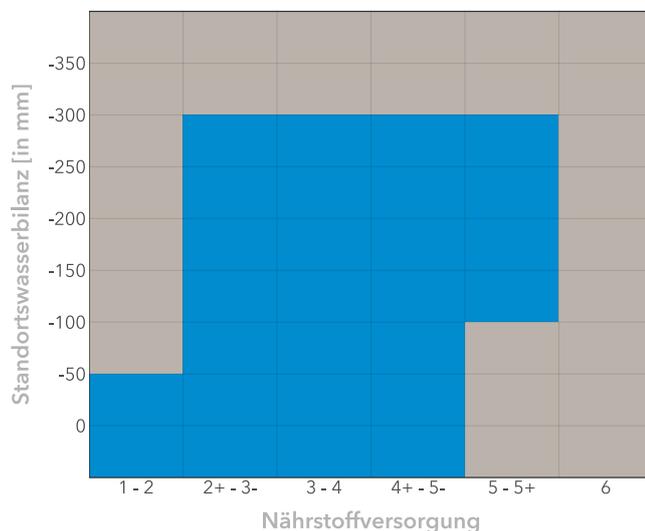
Leitbild

Femelartig sich verjüngender Mischbestand, Buche in räumlich entzerrter Mischung mit Begleitbaumarten. Bei hohem Trockenstressrisiko für die Buche können Roteiche, ggf. Hainbuche bzw. Winterlinde die Rolle der Mischbaumart ergänzen oder übernehmen.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	Dgl		40 bis 60 %
M	Bu	HBu, REi, WLi	30 bis 40 %
Begleitbaumarten			10 bis 20 %

Planungsbereich



Anmerkungen & Restriktionen

- Bitte beachten Sie für diesen WET die Maßgaben hinsichtlich eines hinreichenden Anteils standortheimischer Baumarten gemäß § 5 LWaldG.

Mischungsform

Horst- bis kleinflächenweise Femelstruktur. Buchenvoranbau in Horsten und Kleinflächen bei einsetzender Zielstärkenutzung.

WET 65: Douglasie-Fichte-Buche

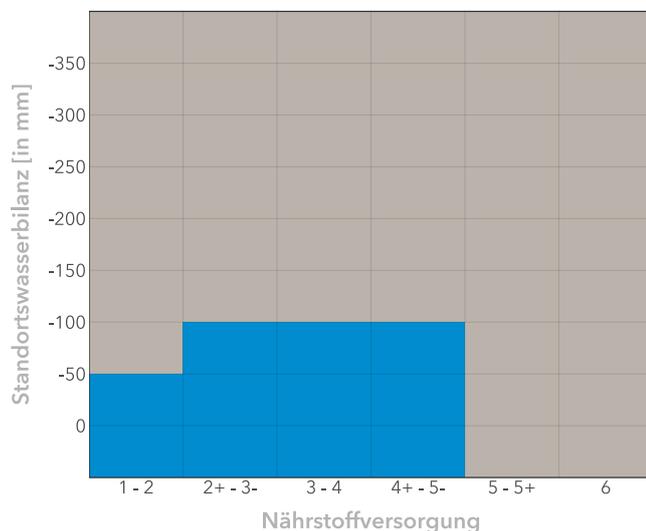
Leitbild

Femelartig oder in Mosaikstruktur sich verjüngender Mischwald aus gruppen- bis kleinflächenweiser Mischung von Douglasie, Fichte und Buche. Begleitbaumarten kommen in unterschiedlichen Anteilen vor.

Übersicht

	Baumart	Verjüngungsziel
F	Dgl	30 bis 40 %
M	Fi	10 bis 20 %
M	Bu	30 bis 40 %
Begleitbaumarten		10 bis 20 %

Planungsbereich



Anmerkungen & Restriktionen

- Bitte beachten Sie für diesen WET die Maßgaben hinsichtlich eines hinreichenden Anteils standortheimischer Baumarten gemäß § 5 LWaldG.

Mischungsform

Gruppen- bis kleinflächenweise ungleichaltrig, oft mit Vorverjüngung des Ausgangsbestandes (z. B. Fichte). Auf mäßig frischen Standorten bzw. bei künftig hohem Trockenstressrisiko ist vorhandene Fichtennaturverjüngung stark zugunsten der Douglasie zurückzunehmen.

WET 67: Douglasie-Kiefer-Laubbäume

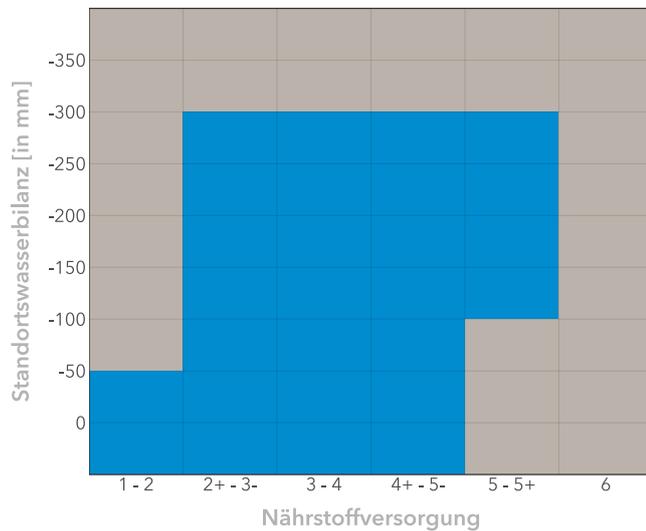
Leitbild

Femelartig strukturierter Mischbestand aus Douglasie mit älterer Kiefer aus dem Vorbestand, Buche in Gruppen bis Horsten beigemischt sowie sukzessionalen Begleitbaumarten. Bei hohem Trockenstressrisiko für die Buche können Roteiche, ggf. Hainbuche bzw. Winterlinde die Rolle der Mischbaumart übernehmen.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	Dgl		30 bis 60 %
M	Ki		20 bis 50 %
M	Bu	HBu, REi, WLi	10 bis 20 %
Begleitbaumarten			10 bis 20 %

Planungsbereich



Anmerkungen & Restriktionen

- Bitte beachten Sie für diesen WET die Maßgaben hinsichtlich eines hinreichenden Anteils standortheimischer Baumarten gemäß § 5 LWaldG.

Mischungsform

Horst- bis kleinflächenweise, anfangs nur mit Altersdifferenzierung zwischen den Baumarten, bei späteren Verjüngungsphasen ungleichaltrig, femelartig.

WET 71: Kiefer-Eiche

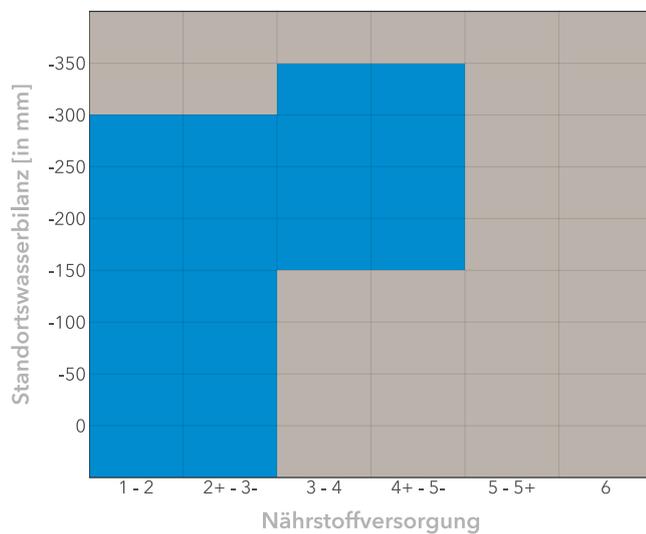
Leitbild

Einschichtige, gemischte Wälder aus vorherrschender Kiefer und beigemischter Eiche und ggf. Roteiche oder mosaikartig in Kleinflächen, Horsten und Gruppen vertikal und horizontal strukturierte Mischwälder unterschiedlichen Alters, mit wechselnden Anteilen von Begleitbaumarten.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	Ki		40 bis 70 %
M	SEi	TEi	20 bis 30 %
Optional	REi		20 bis 30 %
Begleitbaumarten			bis 20 %

Planungsbereich



Mischungsform

Möglichst natürlich verjüngte Kiefer mit stamm- bis flächenweise beigemischter Eiche (meist aus Hähersaat), ggf. Roteiche aus kleinflächenweisem Voranbau und Birke aus Naturverjüngung.

WET 74: Kiefer-Birke

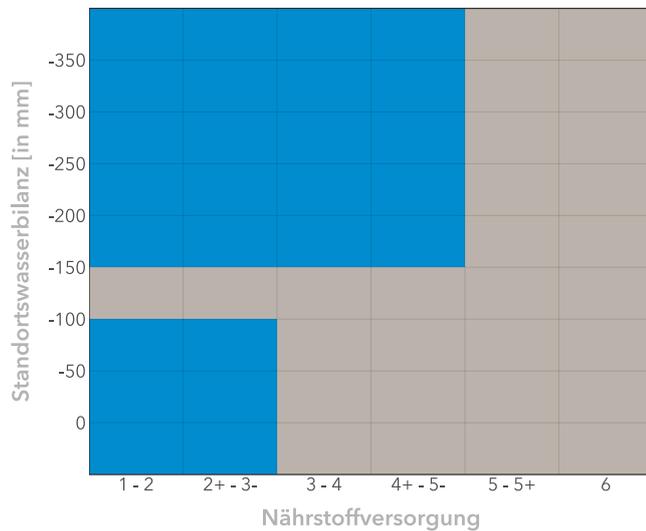
Leitbild

Einschichtig bis mosaikartig nach Trupps, Gruppen und Horsten vertikal gegliederte oder femelartig aufgebaute Mischwälder aus Kiefer und Birke sowie sonstigen Begleitbaumarten.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	Ki		50 bis 70 %
M	MBi	SBi	20 bis 40 %
Begleitbaumarten			10 bis 30 %

Planungsbereich



Mischungsform

Einzelstamm- bis horstweise Birke in Femeln aber auch Einschichtenwald möglich. Sukzessionale Tendenzen zu laubholzreicheren Wäldern sind zu erhalten.

WET 76: Kiefer-Douglasie/Küstentanne-Buche

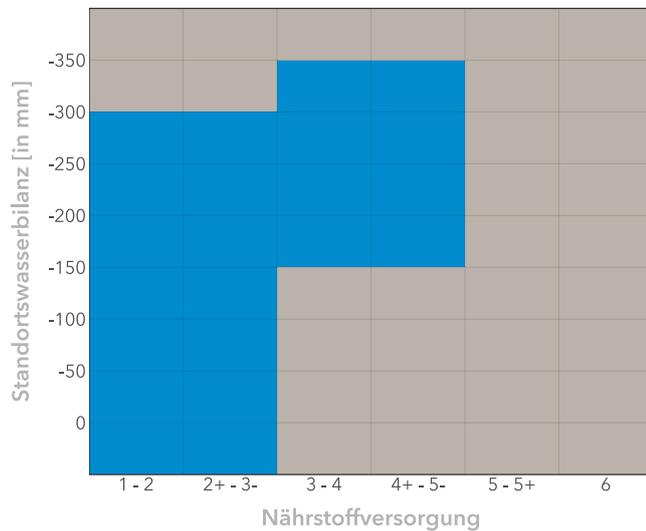
Leitbild

Zweischichtiger bis stufiger Wald aus Kiefer mit Beimischung von Douglasie und Buche sowie zusätzliche Begleitbaumarten. Bei hohem Trockenstressrisiko für die Buche können Roteiche, Hainbuche oder Winterlinde die Rolle der zweiten Mischbaumart übernehmen.

Übersicht

	Baumart	Alternativen	Verjüngungsziel
F	Ki		50 bis 70 %
M	Dgl	KTa	20 bis 30 %
M	Bu	HBu, REi, WLi	10 bis 30 %
Begleitbaumarten			bis 20 %

Planungsbereich



Mischungsform

Häufig zunächst zweischichtig, später stufig mit horst- bis kleinflächenweiser Mischung von Kiefer, Douglasie und Laubbäumen.

WET 82: Japanlärche-Laubbäume

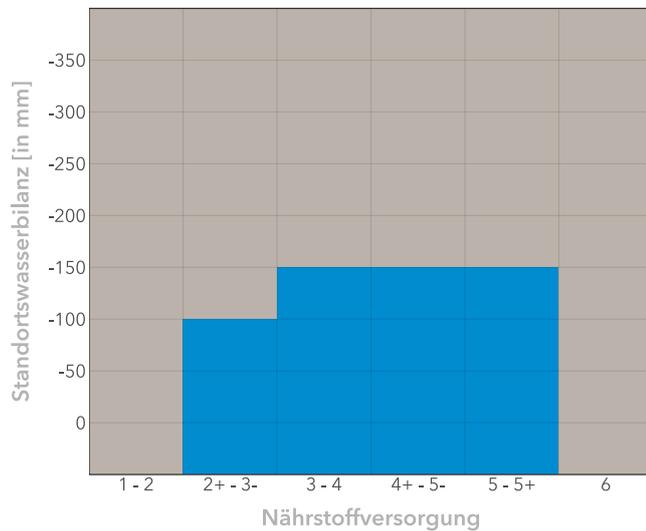
Leitbild

Langfristig zu entwickelnder Mischbestand aus Japanischer Lärche und Buche nach Freifächensituationen mit Anteilen an Begleitbaumarten. Häufig zweischichtig, in späteren Entwicklungsstadien getrennt nach Femeln unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher Vertikalstruktur, ganz- bis teilflächig in unterschiedlicher Ausprägung Buchenunterstand.

Übersicht

	Baumart	Verjüngungsziel
F	JLä	50 bis 60 %
M	Bu	30 bis 40 %
Begleitbaumarten		bis 20 %

Planungsbereich



Anmerkungen & Restriktionen

- Bitte beachten Sie für diesen WET die Maßgaben hinsichtlich eines hinreichenden Anteils standortheimischer Baumarten gemäß § 5 LWaldG.

Mischungsform

Durch Nachanbau gruppen- bis horstweise Beimischung der Buche.

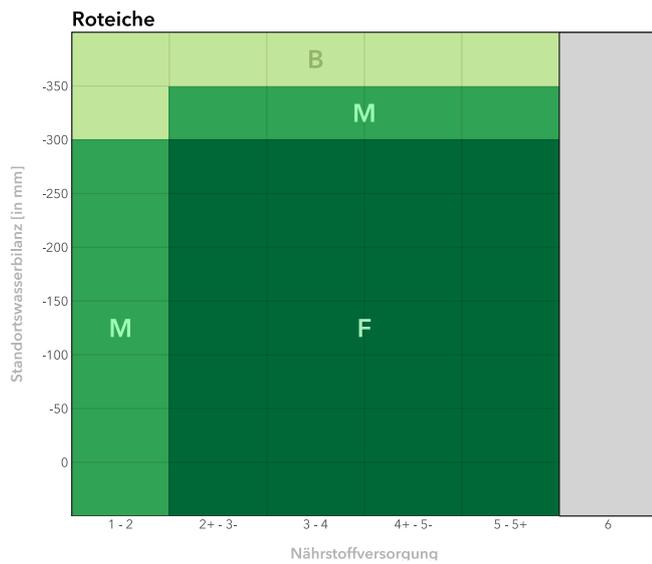
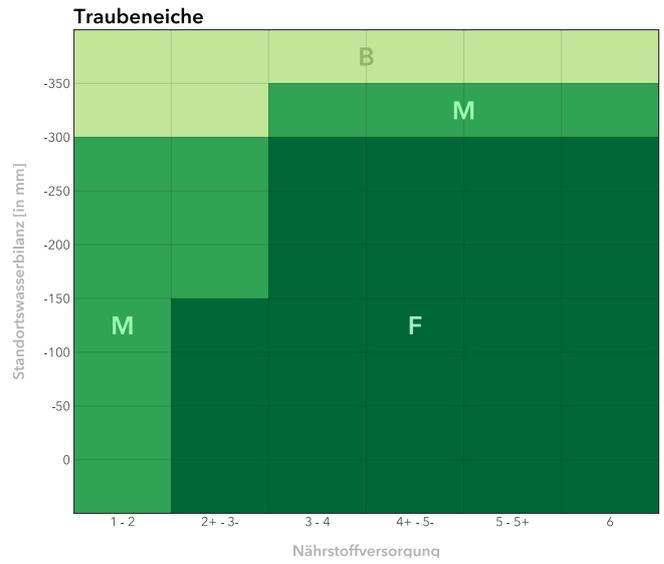
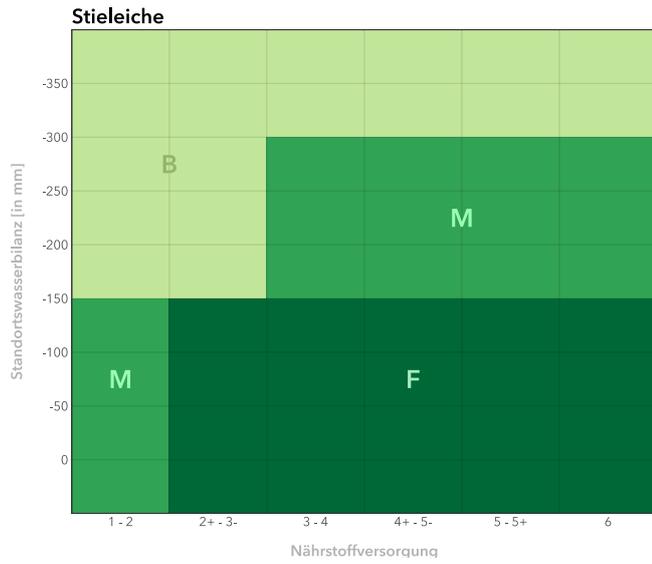
Literatur

- Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Boden (Hrsg.) (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung: mit 103 Tabellen und 31 Listen. 5., verbesserte und erweiterte Auflage. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), 438 S.
- Albert, M.; Nagel, R.-V.; Nuske, R. S.; Suttmöller, J.; Spellmann, H. (2017): Tree species selection in the face of drought risk - uncertainty in forest planning. *Forests* 8(10): 363. <https://doi.org/10.3390/f8100363>
- Albert, M.; Nagel, R.-V.; Suttmöller, J.; Schmidt, M. (2018): Quantifying the effect of persistent dryer climates on forest productivity and implications for forest planning: a case study in northern Germany. *Forest Ecosystems* 5(1): 33. <https://doi.org/10.1186/s40663-018-0152-0>
- Böckmann, T.; Hansen, J.; Hauskeller-Bullerjahn, K.; Jensen, T.; Nagel, J.; Nagel, R.-V.; Overbeck, M.; Pampe, A.; Peterleit-Bitter, A.; Schmidt, M.; Schröder, M.; Schulz, C.; Spellmann, H.; Stüber, V.; Suttmöller, J.; Wollborn, P. (2019): Klimaangepasste Baumartenwahl in den Niedersächsischen Landesforsten. Aus dem Walde – Schriftenreihe Waldentwicklung in Niedersachsen, Band 61, 170 S.
- Dalelane, C.; Früh, B.; Steger, C.; Walter, A. (2018): A pragmatic approach to build a reduced regional climate projection ensemble for Germany using the EURO-CORDEX 8.5 ensemble. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 57(3): 477-491. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-17-0141.1>
- DVFFA (Hrsg.) (2019): Anpassung der Wälder an den Klimawandel. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA), 7 S.
- Fleck, S.; Albert, M.; Plašil, P.; Nagel, R.-V.; Suttmöller, J.; Ahrends, B.; Schmidt, M.; Evers, J.; Hansen, J.; Overbeck, M.; Schmidt, W.; Spellmann, H.; Meesenburg, H. (2015): Pilotstudie zu den lokalen Auswirkungen des Klimawandels auf die Forstwirtschaft in ausgewählten Regionen Sachsen-Anhalts. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 13. Universitätsverlag Göttingen, 221 S.
- Grier, C. G.; Running, S. W. (1977): Leaf area of mature northwestern coniferous forests: relation to site water balance. *Ecology* 58(4): 893-899. <https://doi.org/10.2307/1936225>
- Hittenbeck, A.; Bialozyt, R.; Schmidt, M. (2019): Modelling the population fluctuation of winter moth and mottled umber moth in central and northern Germany. *Forest Ecosystems* 6(1): 4. <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0162-6>
- Hübener, H.; Bülow, K.; Fooker, C.; Früh, B.; Hoffmann, P.; Höpp, S.; Keuler, K.; Menz, C.; Mohr, V.; Radtke, K.; Ramthun, H.; Spekat, A.; Steger, C.; Toussaint, F.; Warrach-Sagi, K.; Woldt, M. (2017): ReKliEs-De Ergebnisbericht, 76 S. https://doi.org/10.2312/WDCC/ReKliEsDe_Ergebnisbericht
- IPCC (Hrsg.) (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis – Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 1535 S. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>
- IPCC (Hrsg.) (2021): Summary for Policymakers. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press 3–32 . <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>
- NFP; LLUR (2009a): Forstliche Standortsaufnahme. Geländeökologischer Schätzrahmen. Anwendungsbereich: pleistozänes (diluviales) Tiefland. Niedersächsisches Forstplanungsamt (NFP), Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt u. Ländliche Räume (LLUR), 14 S.
- NFP; LLUR (2009b): Forstliche Standortsaufnahme. Geländeökologischer Schätzrahmen – Varianten. Anwendungsbereich: pleistozänes (diluviales) Tiefland, Mittelgebirge, Berg- und Hügelland.. Niedersächsisches Forstplanungsamt (NFP), Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt u. Ländliche Räume (LLUR), 5 S.

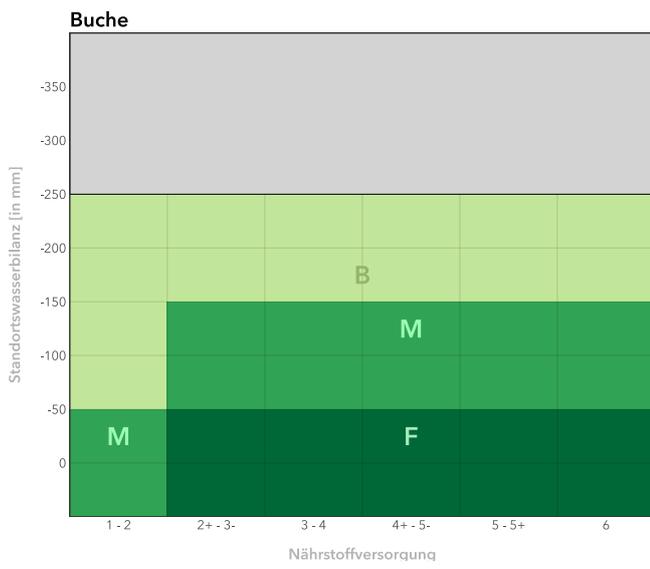
- Overbeck, M.; Schmidt, M. (2012): Modelling infestation risk of Norway spruce by *Ips typographus* (L.) in the Lower Saxon Harz Mountains (Germany). *Forest Ecology and Management* 266: 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.11.011>
- Overbeck, M.; Schmidt, M.; Fischer, C.; Evers, J.; Schulze, A.; Hövelmann, T.; Spellmann, H. (2011): Ein statistisches Modell zur Regionalisierung der nutzbaren Feldkapazität von Waldstandorten in Niedersachsen. *Forstarchiv* 82(3): 92-100. <https://doi.org/10.4432/0300-4112-82-92>
- Overbeck, M.; Schmidt, M.; Nagel, R.-V.; Hansen, J. (2012): Modellbasierte Simulation waldbaulicher Anpassungsstrategien am Beispiel des niedersächsischen Harzes. *AFJZ* 183: 208-224
- Schmidt, M. (2020): Standortsensitive und kalibrierbare Bonitätsfächer: Wachstumspotenziale wichtiger Baumarten unter Klimawandel. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* 190(3-4): 136-160. <https://doi.org/10.23765/afjz0002043>
- Schmidt, M.; Hanewinkel, M.; Kändler, G.; Kublin, E.; Kohnle, U. (2010): An inventory-based approach for modeling single-tree storm damage – experiences with the winter storm of 1999 in southwestern Germany. *Canadian Journal of Forest Research* 40(8): 1636-1652. <https://doi.org/10.1139/X10-099>
- Schmidt, W.; Stüber, V.; Ullrich, T.; Paar, U.; Evers, J.; Dammann, K.; Hövelmann, T.; Schmidt, M. (2015): Synopse der Hauptmerkmale der forstlichen Standortskartierungsverfahren der Nordwestdeutschen Bundesländer. *Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 12*. Universitätsverlag Göttingen, 136 S.
- Spellmann, H.; Albert, M.; Schmidt, M.; Suttmöller, J.; Overbeck, M. (2011): Waldbauliche Anpassungsstrategien für veränderte Klimaverhältnisse. *AFZ/Der Wald* 66(11): 19-23
- Spellmann, H.; Suttmöller, J.; Meesenburg, H. (2007): Risikovorsorge im Zeichen des Klimawandels. *AFZ/Der Wald* 23: 1246-1249
- Suttmöller, J.; Spellmann, H.; Fiebiger, C.; Albert, M. (2008): Der Klimawandel und seine Auswirkungen auf die Buchenwälder in Deutschland. In: *Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.): Ergebnisse angewandter Forschung zur Buche. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 3*: 135-158
- UBA (2015): *Monitoringbericht 2015 zur deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel*. Umwelt Bundesamt (UBA), 256 S.
- Wood, S. N. (2006): *Generalized additive models: an introduction with R*. Texts in statistical science. Chapman & Hall/CRC, 391 S.

Anlage 1: Klassifizierungsmatrizen der Baumarten

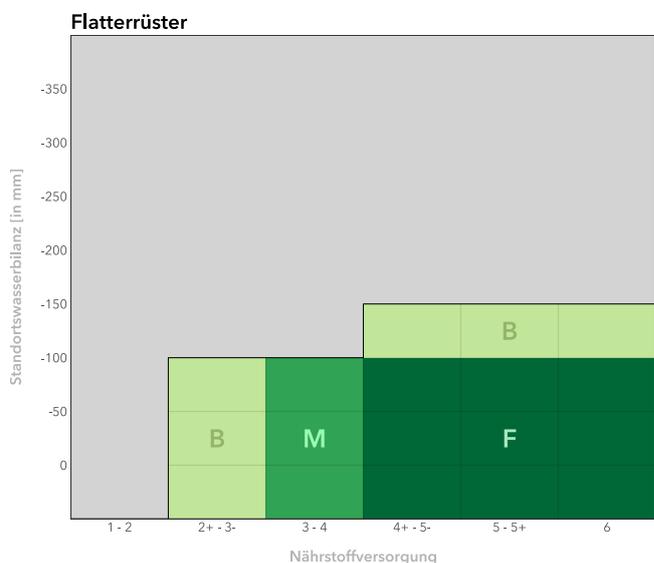
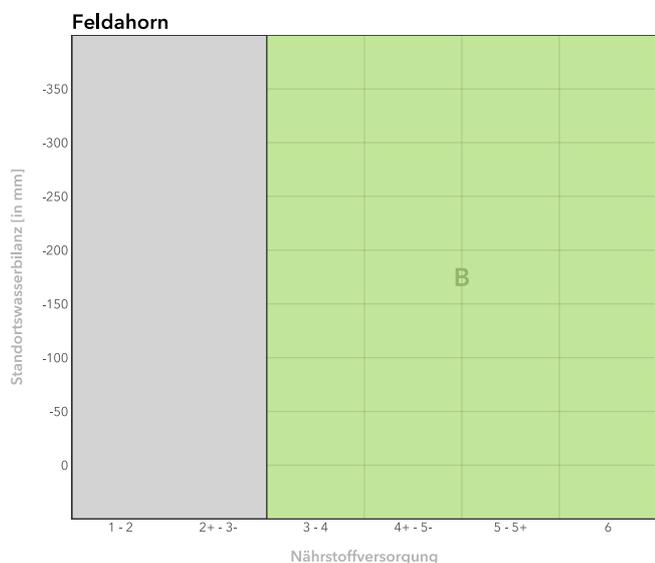
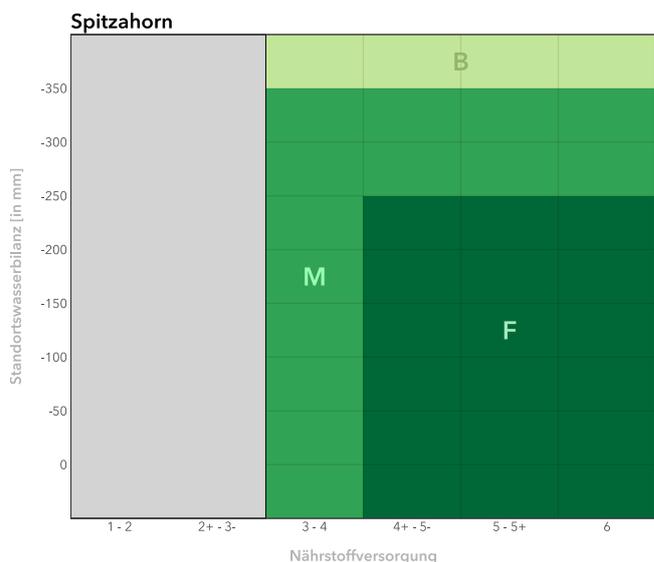
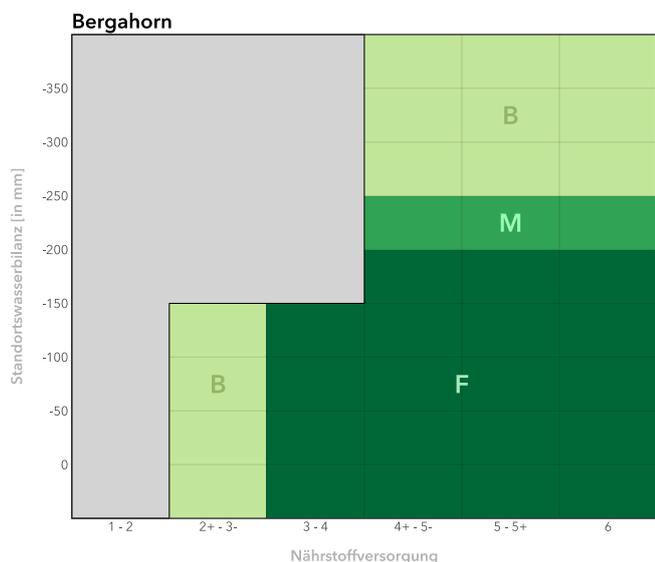
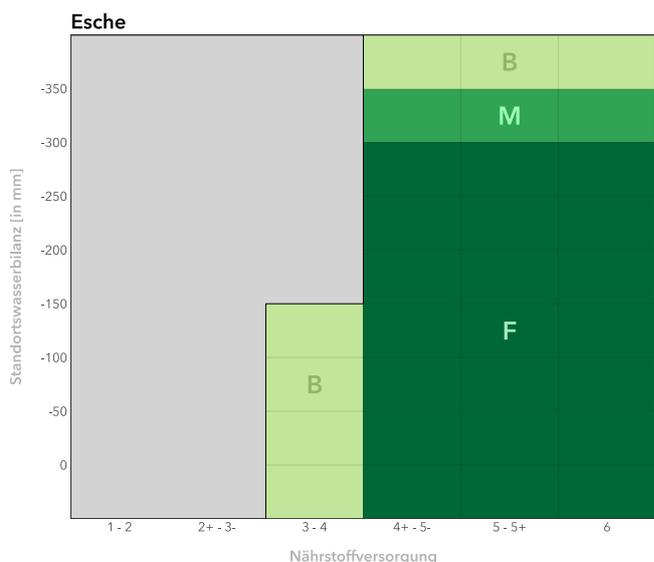
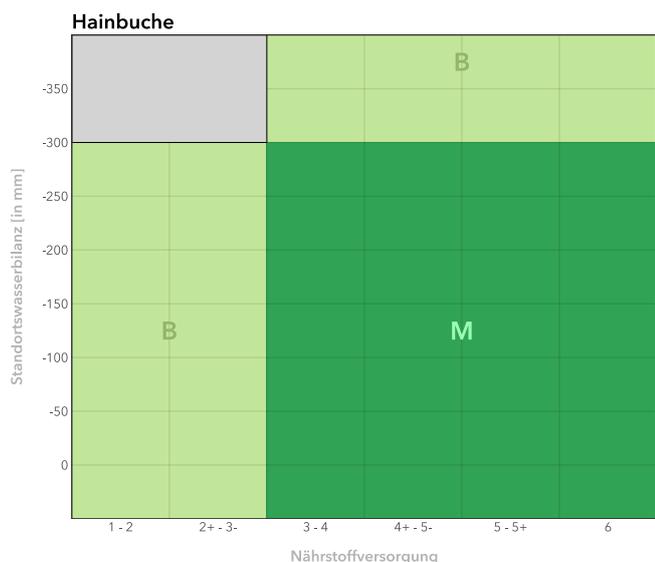
Eiche



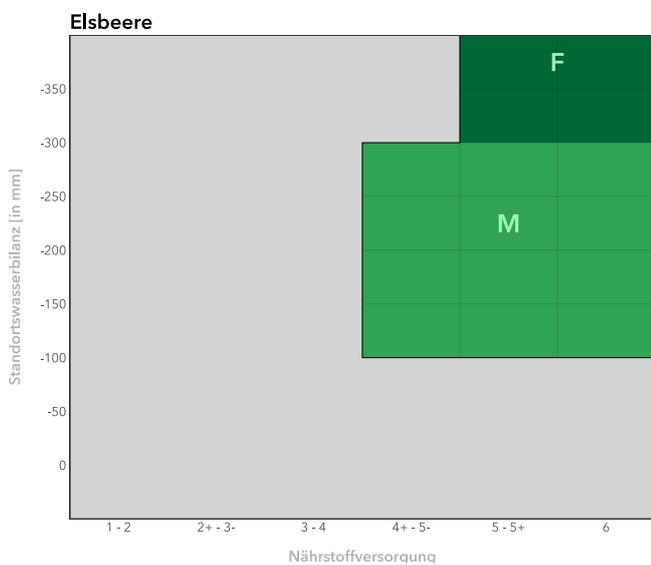
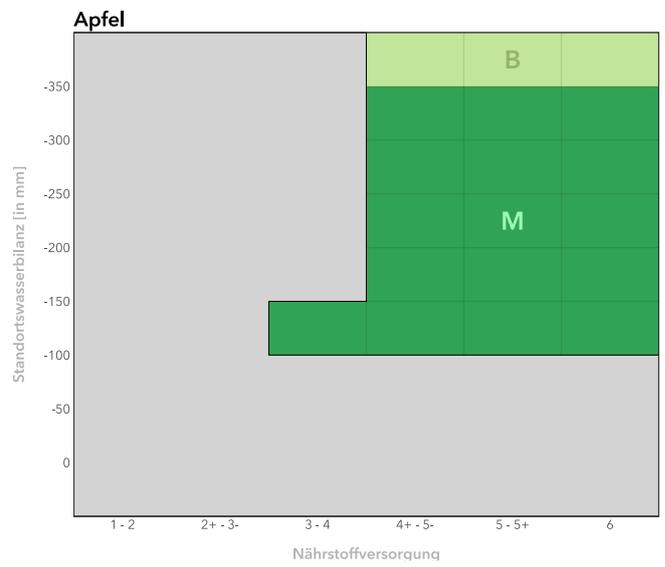
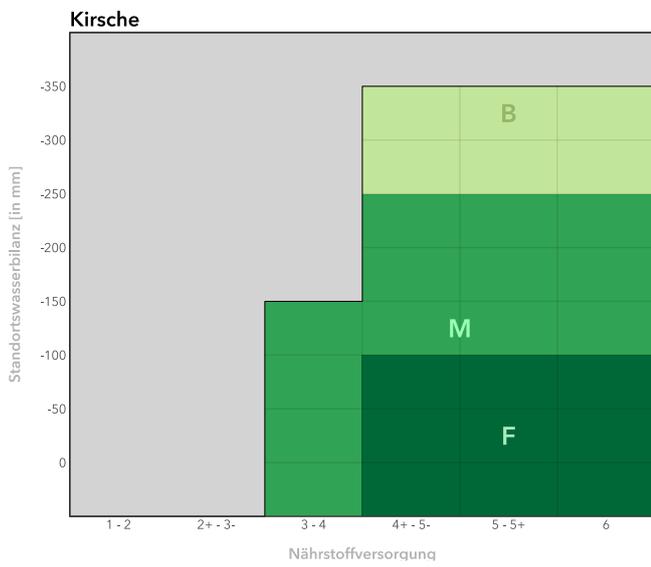
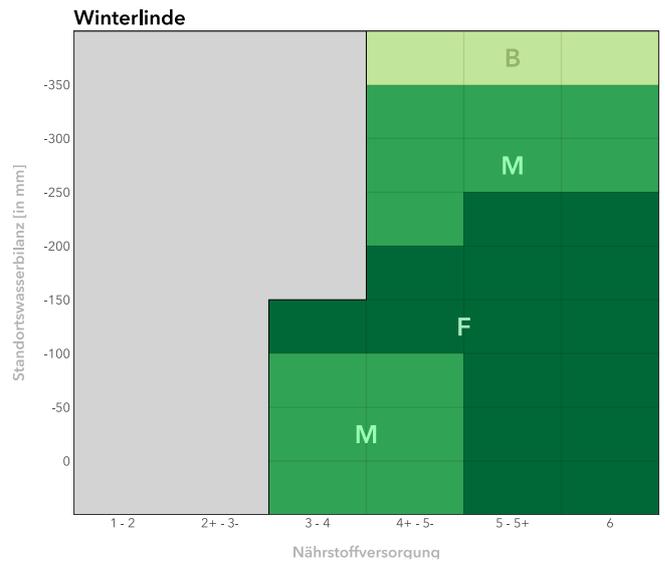
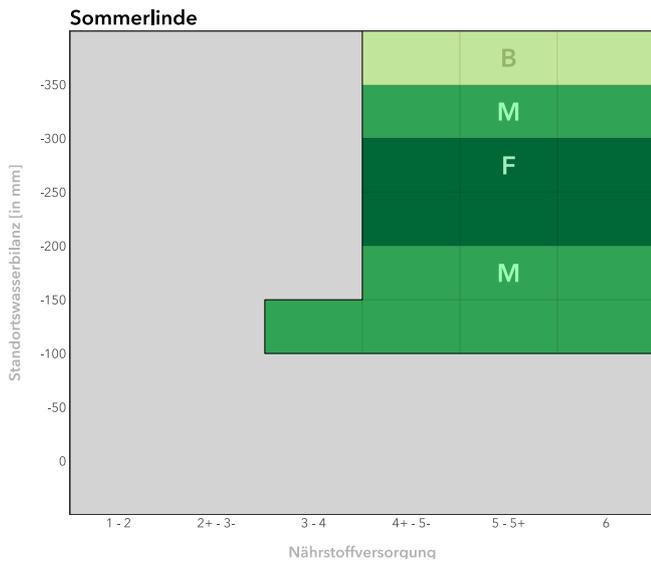
Buche



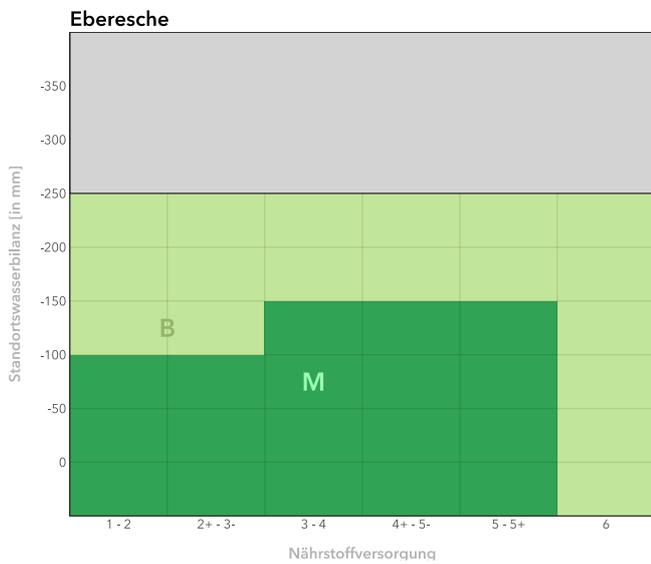
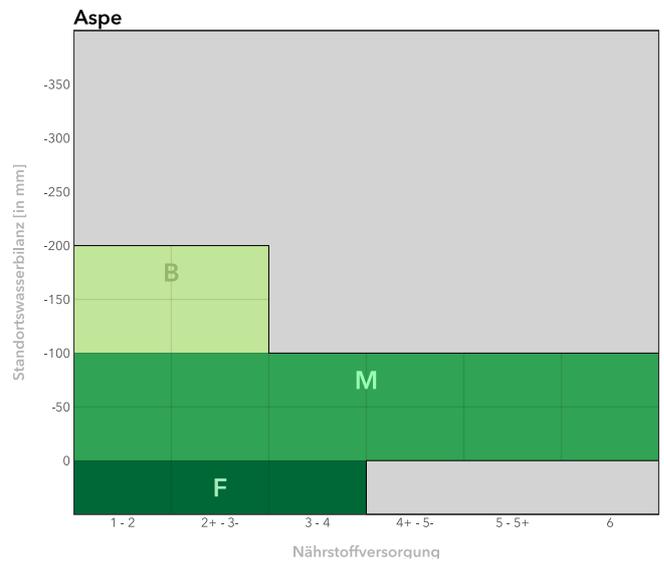
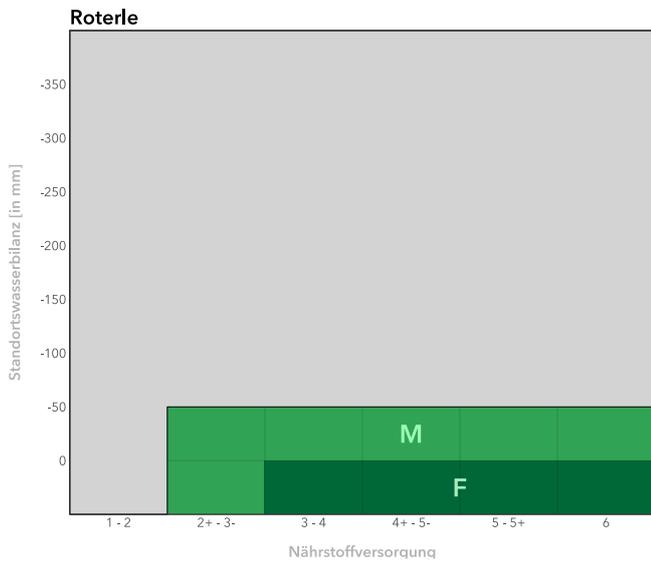
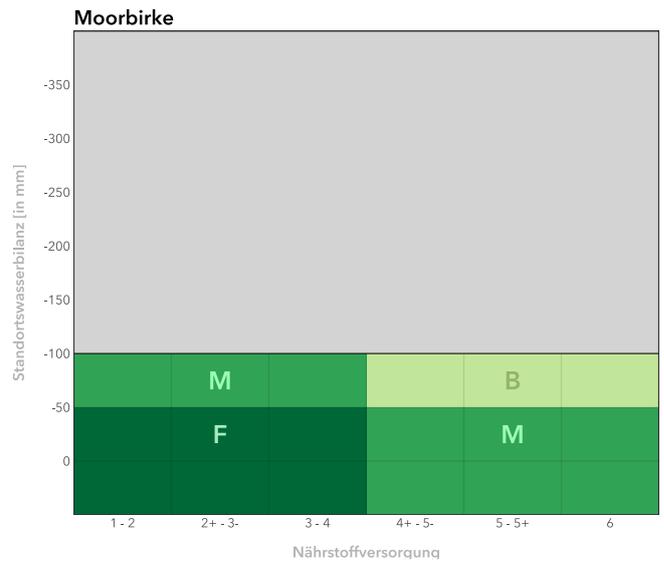
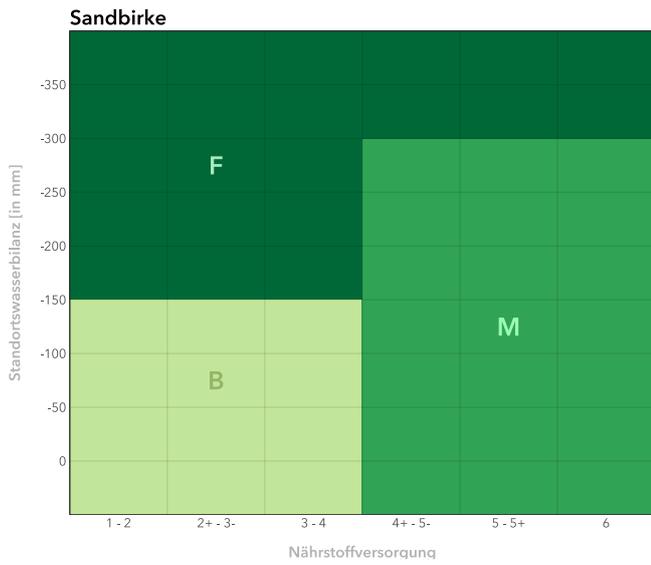
Andere Laubbäume mit hoher Umtriebszeit



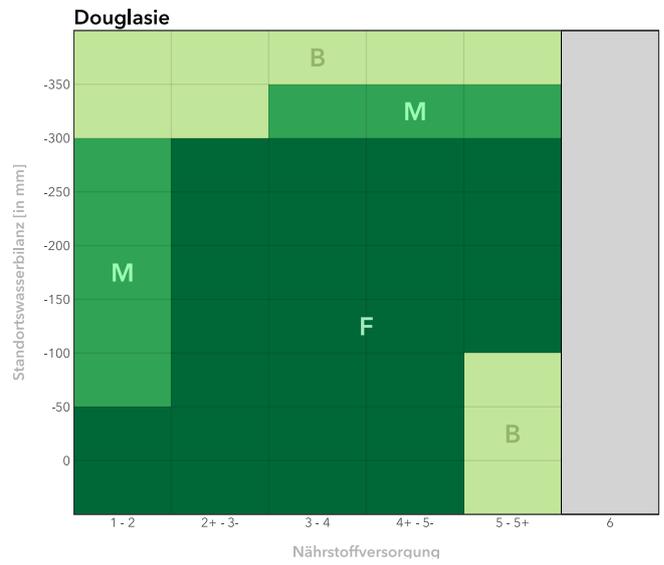
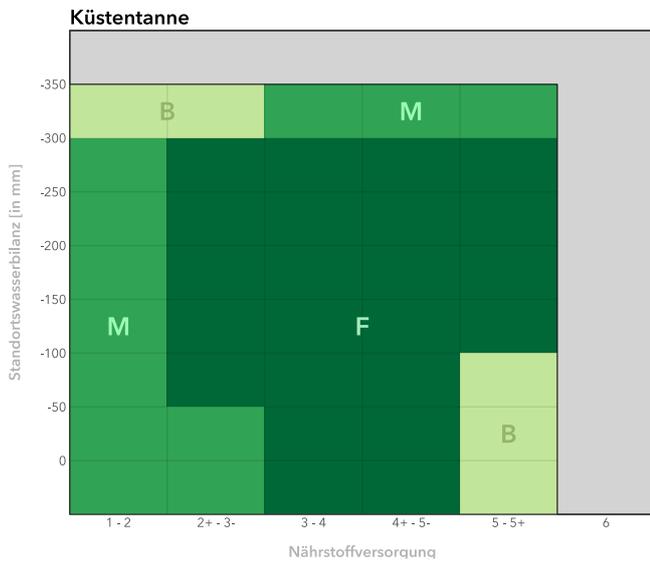
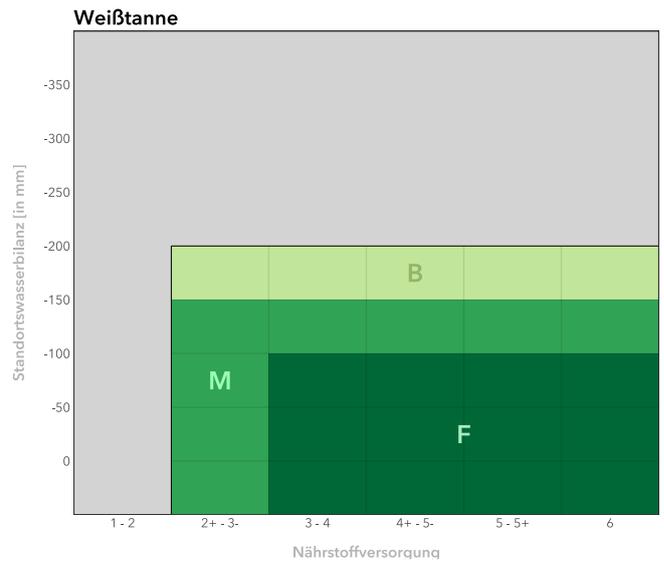
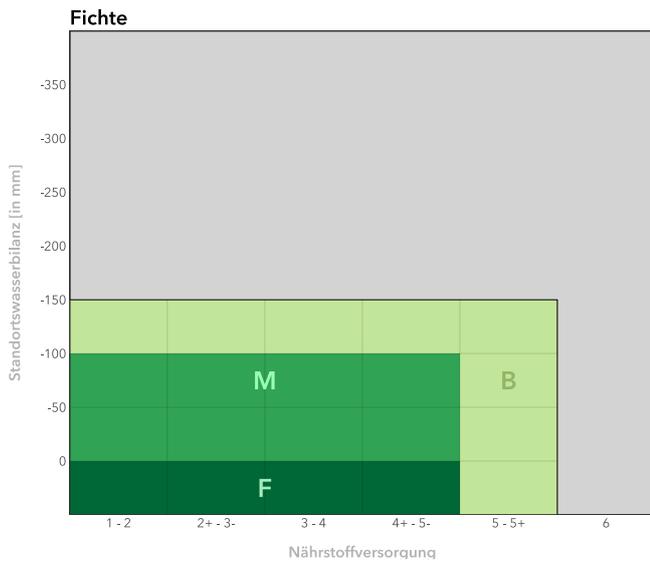
Andere Laubbäume mit hoher Umtriebszeit



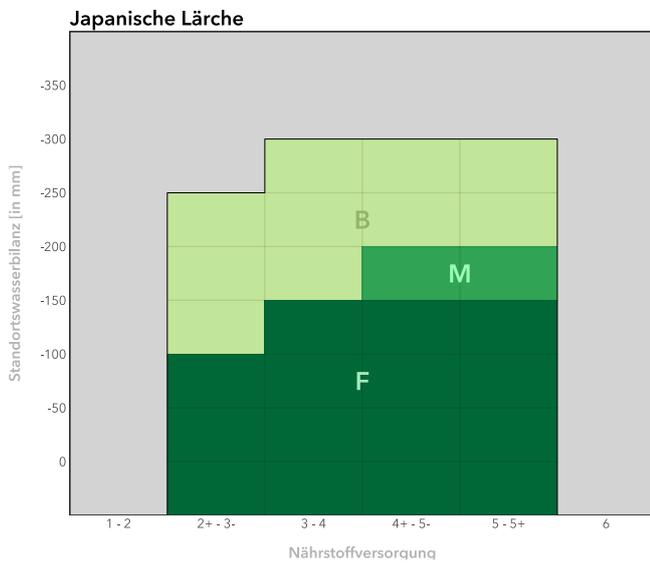
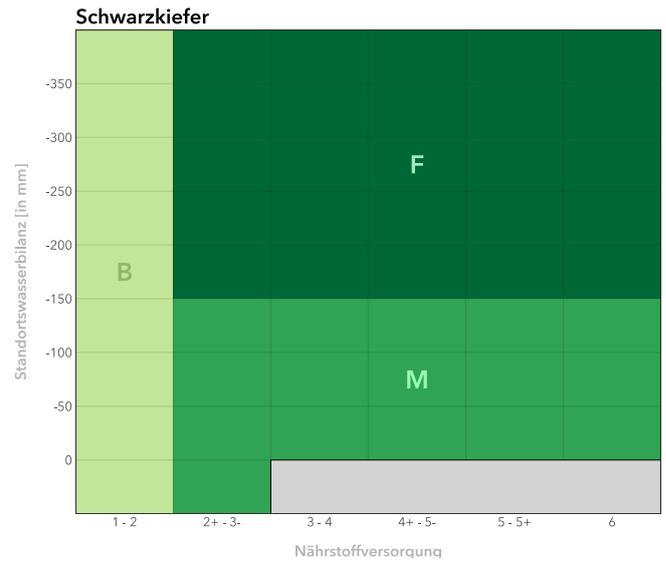
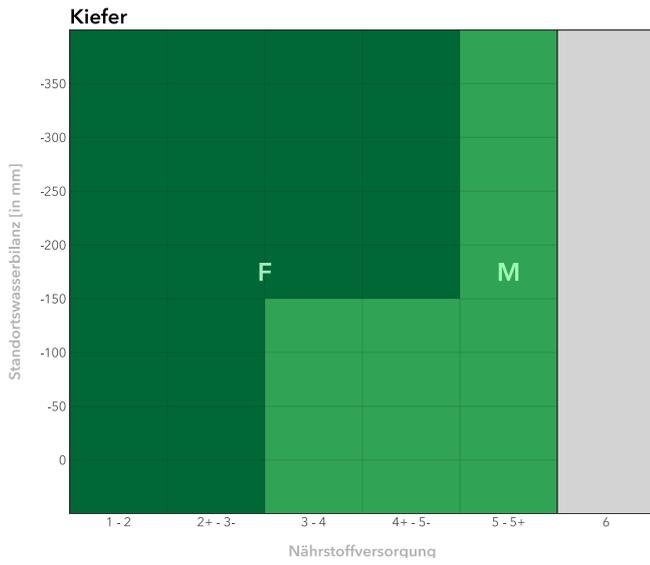
Andere Laubbäume mit niedriger Umtriebszeit



Fichte & Sonstige Nadelbäume

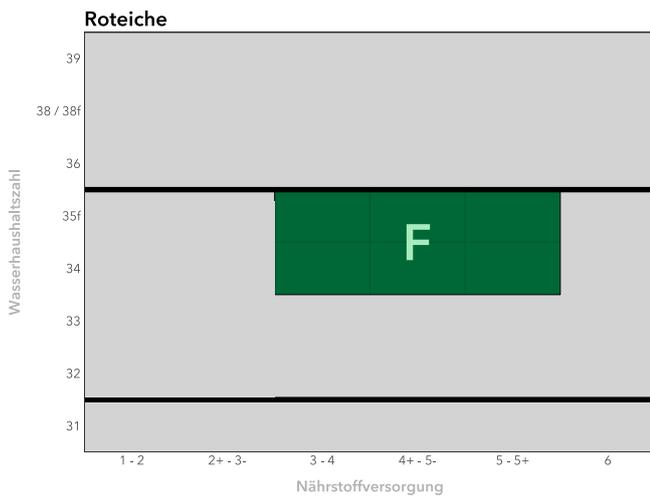
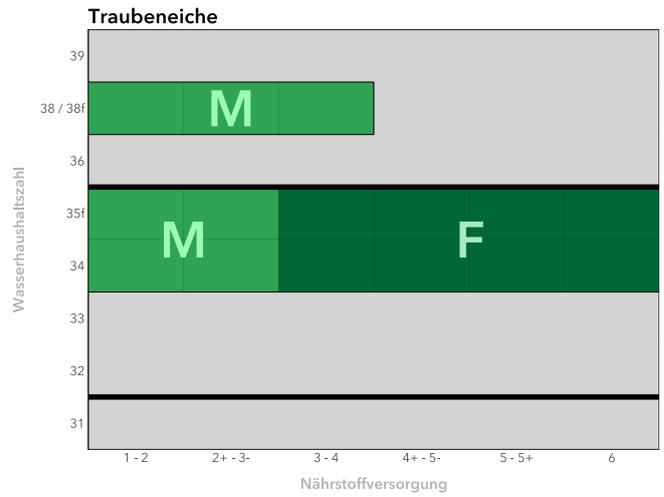
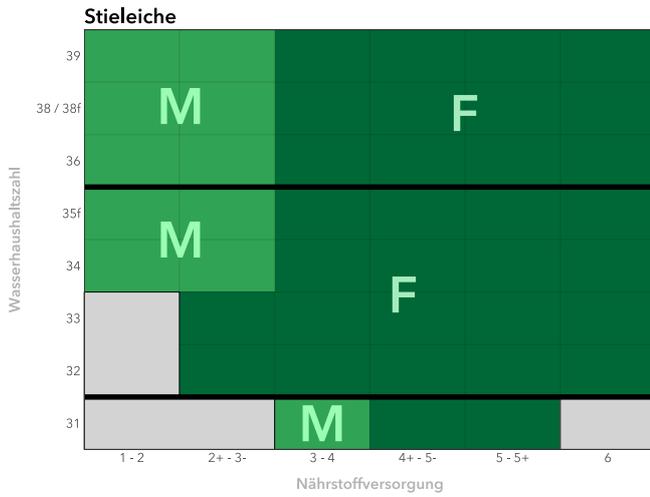


Kiefer & Lärche

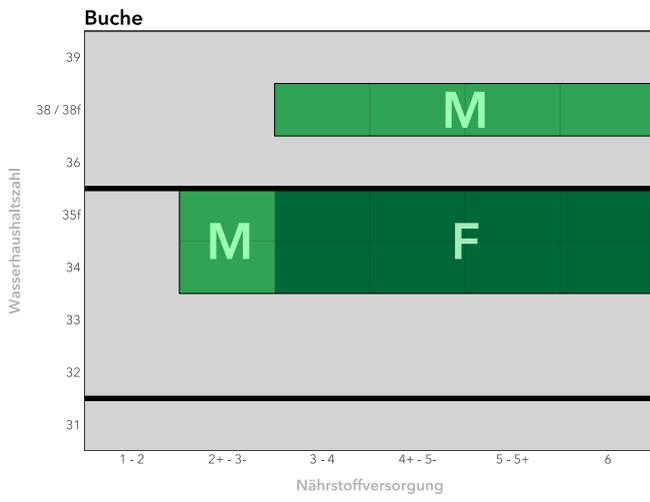


Anlage 2: Klassifizierung auf hydromorphen Standorten

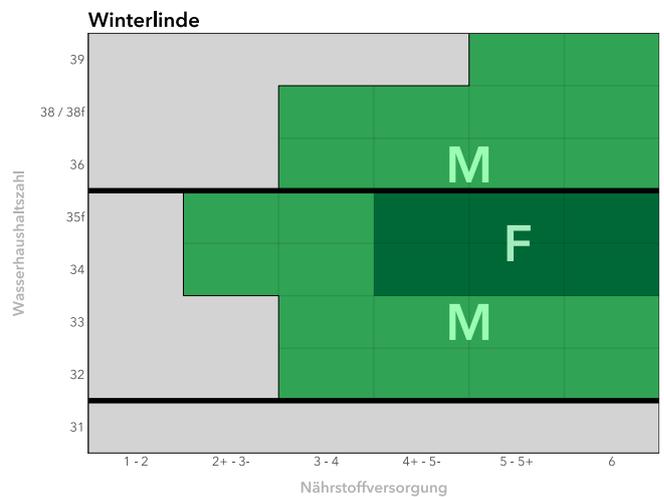
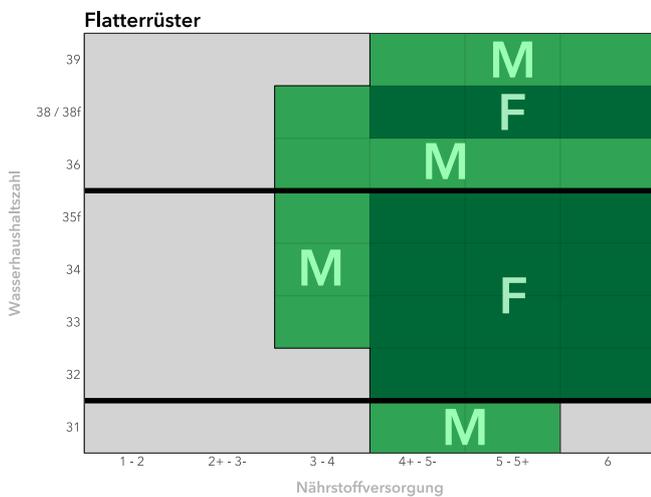
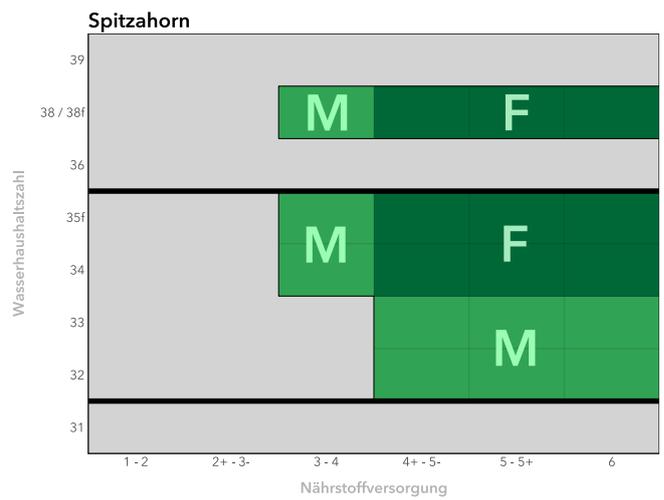
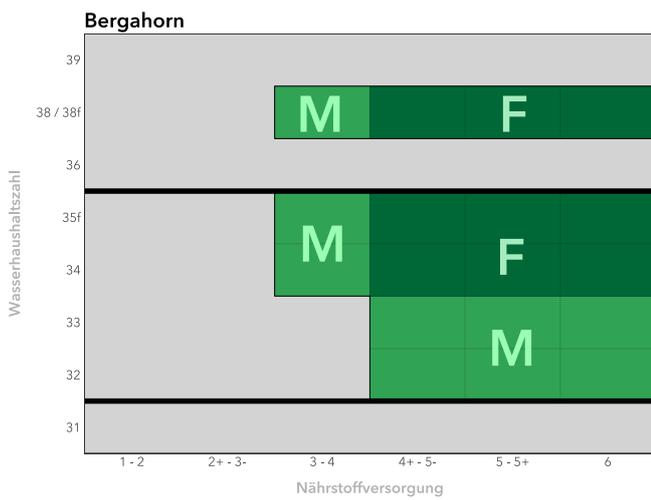
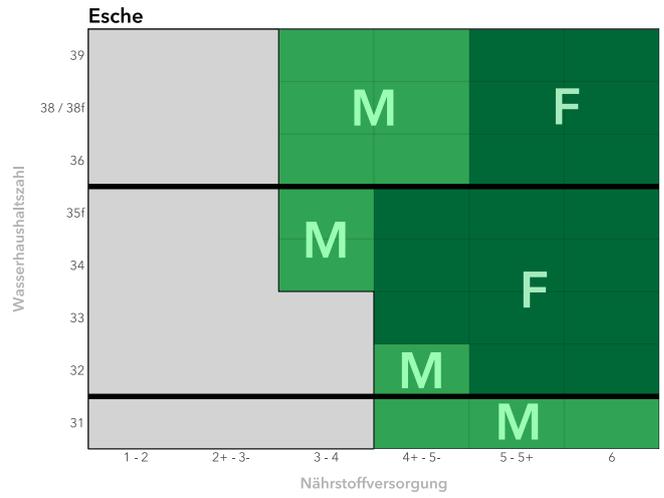
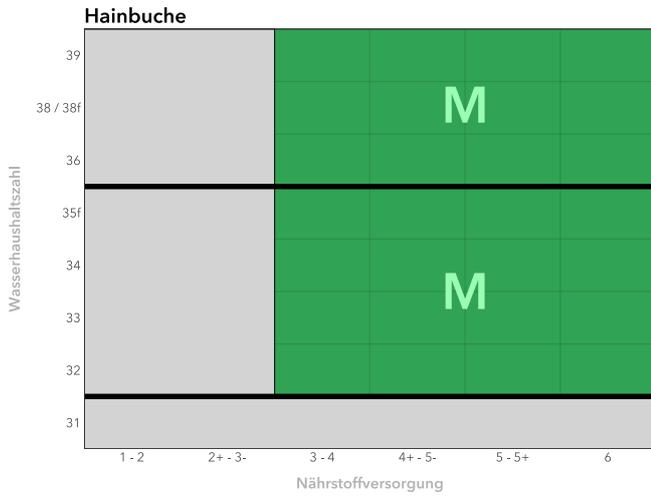
Eiche



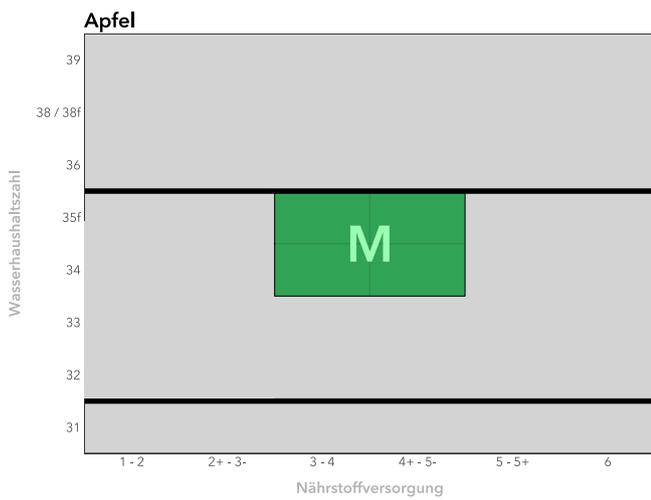
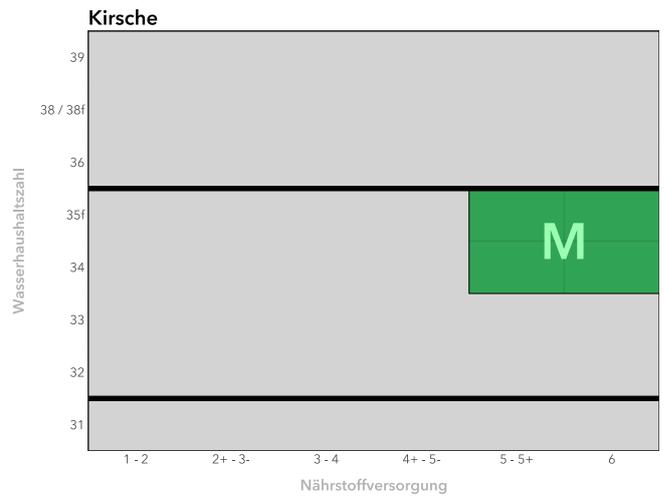
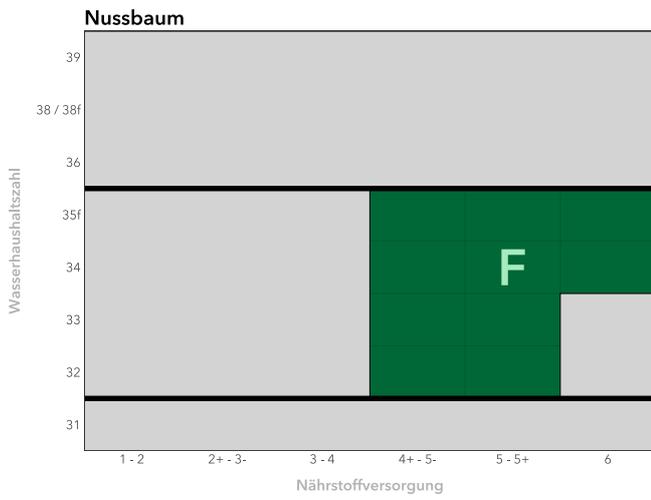
Buche



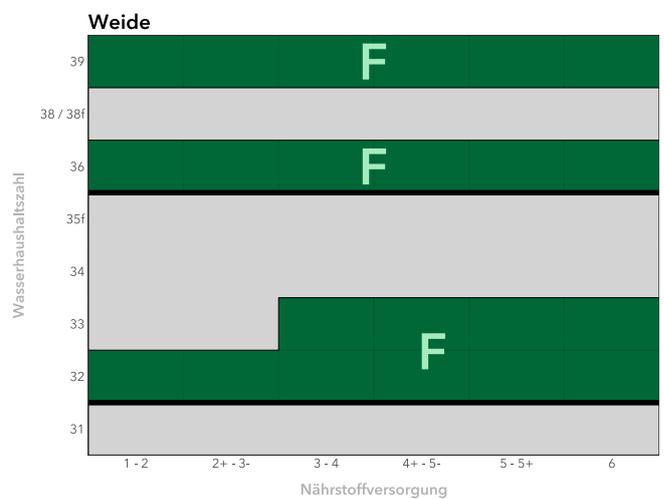
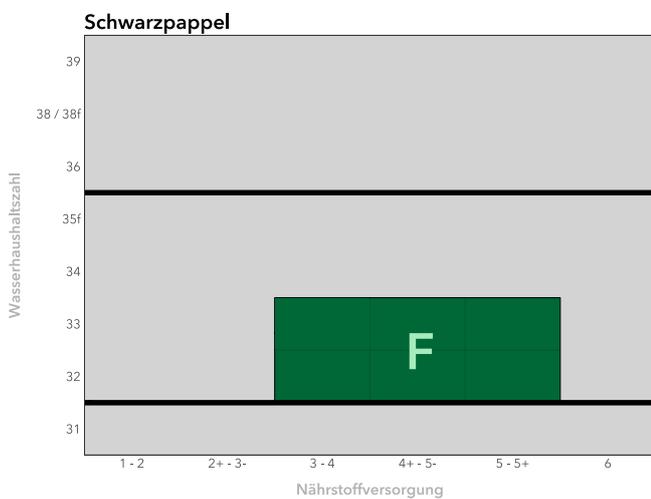
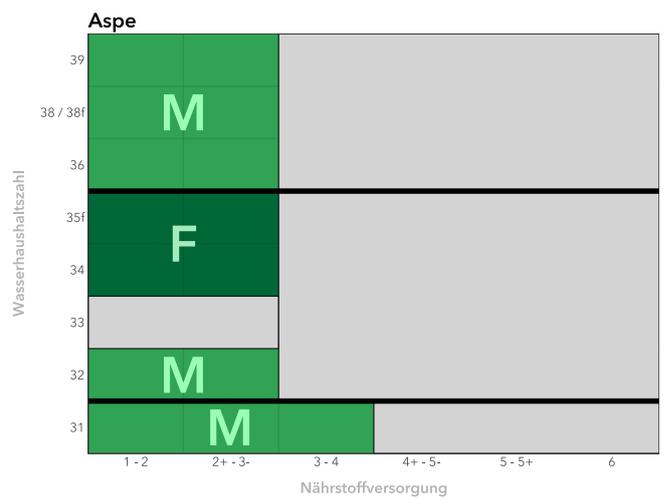
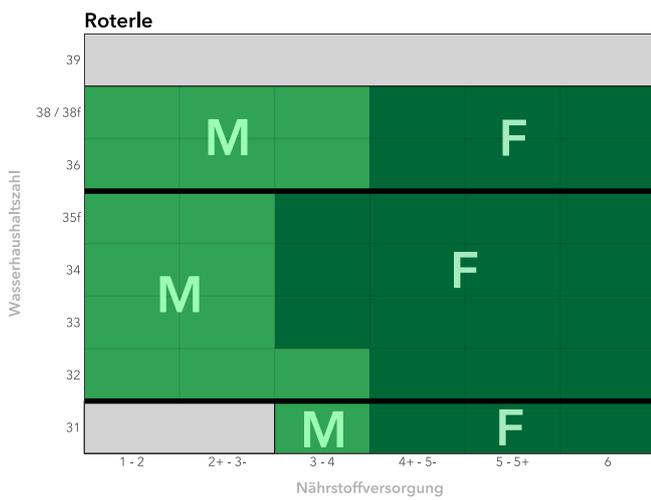
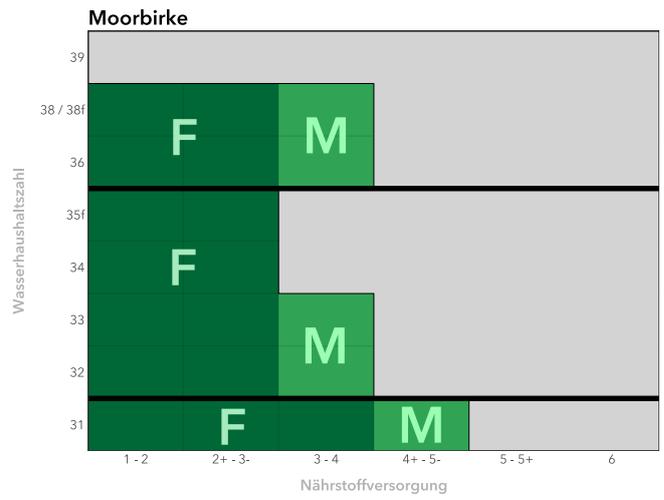
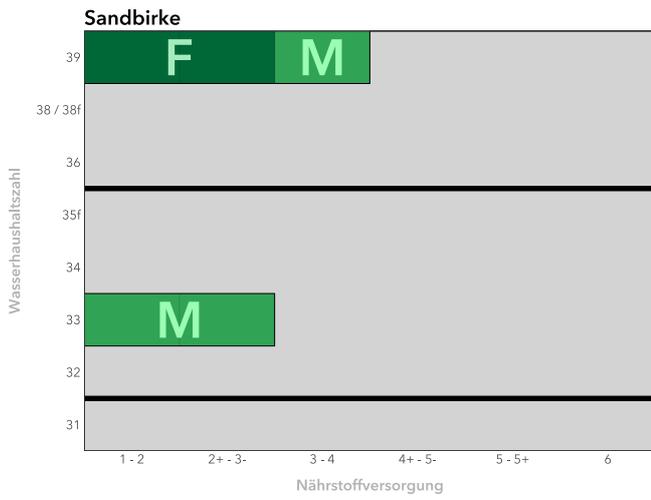
Andere Laubbäume mit hoher Umtriebszeit



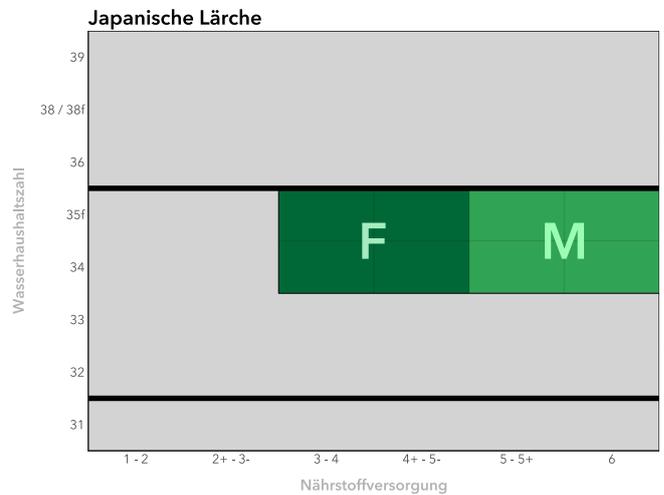
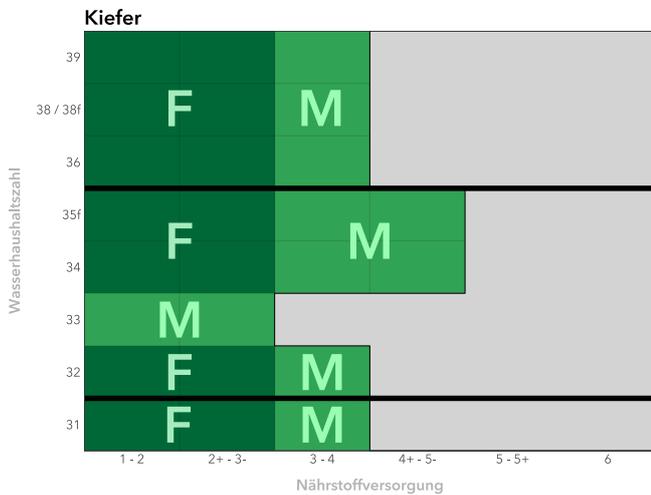
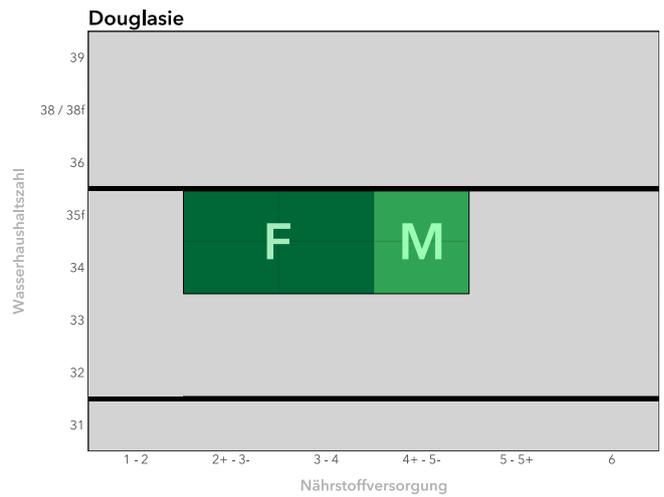
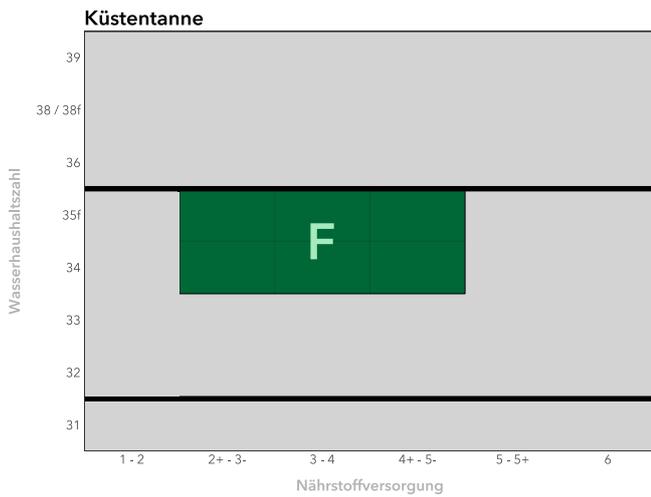
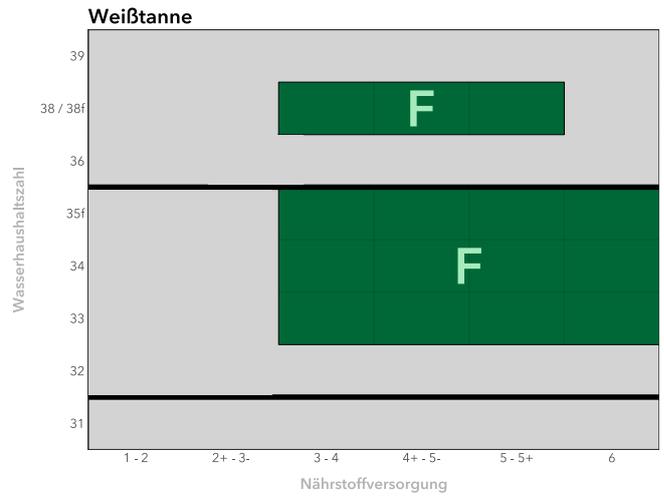
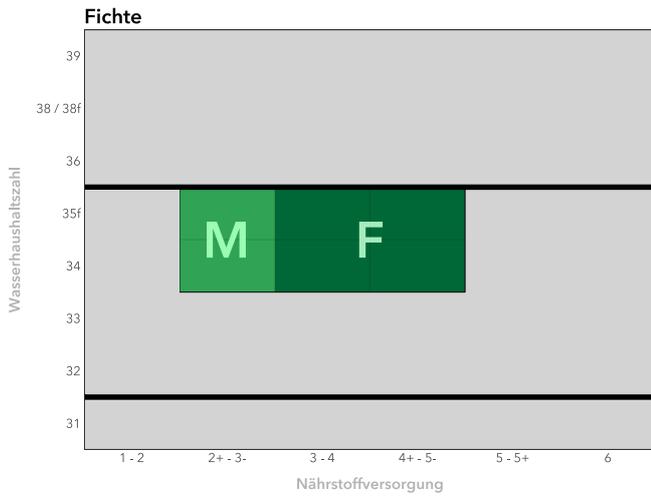
Andere Laubbäume mit hoher Umtriebszeit



Andere Laubbäume mit niedriger Umtriebszeit



Nadelbaumarten



Anlage 3: Abkürzungsverzeichnis der Baumarten

Abkürzung	Baumartengruppe	Baumart	
SEi	Eiche	Stieleiche*	
TEi		Traubeneiche*	
REi		Roteiche	
Bu	Buche	Rotbuche*	
HBu	Andere Laubbäume mit hoher Umtriebszeit	Hainbuche*	
Es		Esche*	
BAh		Bergahorn*	
SAh		Spitzahorn*	
FAh		Feldahorn*	
FIRü		Flatterrüster* = Flatterulme	
SLi		Sommerlinde*	
WLi		Winterlinde*	
Kir		Kirsche*	
Apf		Apfel / Wildobst*	
Els		Elsbeere	
SBi		Andere Laubbäume mit niedriger Umtriebszeit	Sandbirke*
MBi			Moorbirke*
RErl	Roterle*		
As	Aspe*		
SPa	Schwarzpappel*		
Wei	Weide*		
EbEs	Eberesche*		
Fi	Fichte / Tanne	Fichte	
WTa		Weißtanne	
KTa		Küstentanne	
Dgl	Douglasie	Douglasie	
Ki	Kiefer	Kiefer*	
SKi		Schwarzkiefer	
ELä	Lärche	Europäische Lärche	
JLä		Japanische Lärche	

*standortheimische Baumart

