

4 Grundlagen der klimaangepassten Baumartenempfehlung

Martin Buresch, Jan Evers, Hans Hamkens, Henning Meesenburg, Ralf-Volker Nagel, Uwe Paar, Hermann Spellmann, Johannes Suttmöller

4.1 Forschungsansatz

Der Forschungsansatz der 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 abiotischen und biotischen Stressfaktoren führt. Die Einschätzung des Trockenstressrisikos für grund- und stauwasserfreie Waldstandorte erfolgt über Schwellenwerte der Standortwasserbilanz (SWB) nach GRIER u. RUNNING (1977). Sie verrechnet den Mittelwert der klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (Verhältnis zwischen Verdunstungsanspruch und zur Verfügung stehenden Niederschlägen, KWB) für eine 30-jährige Klimaperiode mit der nutzbaren Feldkapazität des Bodens (pflanzenverfügbares Bodenwasser, nFK) für eine Bezugstiefe von 1 m und nutzt damit Eingangsgrößen, die flächendeckend hoch aufgelöst zur Verfügung stehen. Die SWB integriert somit über die KWB die klimatischen Unterschiede, die bisher über die Klimastufen der forstlichen Standortserkundung berücksichtigt wurden.

Tabelle 6: Trockenstress-Risikoklassifizierung wichtiger Baumarten im Anhalt an die Standortwasserbilanz – Saldo aus klimatischer Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (Grasreferenz) und nutzbarer Feldkapazität (nFK)

Trockenstress-risiko	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	-Roterle -Moorbirke	-Weißtanne -Japanlärche -Bergulme -Schwarznuß	-Roteiche -Ahornarten -Esche -Hainbuche -Linde -Europ. Lärche -Küstenstanne	-Sandbirke -Schwarzkiefer

Die verwendeten Schwellenwerte der Trockenstressgefährdung (s. Tab. 6) beruhen auf Literaturangaben, Inventurauswertungen und Expertenwissen und bewerten die

Vitalität, Widerstandsfähigkeit und Leistungsfähigkeit der Baumarten, ohne jedoch bei hoher Gefährdung deren absolute Verbreitungsgrenzen aufzuzeigen (SPELLMANN et al. 2007, 2011, SUTMÖLLER 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 vorliegenden Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl. Ebenso wird eine Berücksichtigung von ganzen Klimaensembles künftig fokussiert. Eine Integration in das Entscheidungsunterstützungssystem ist in einem nächsten Arbeitsschritt vorgesehen (s. Kap. 9.2, 10 und 11). 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 diese oder ähnliche Bedingungen aufweisen.

4.2 Datengrundlagen

4.2.1 Klimatische Wasserbilanz

Die Klimatische Wasserbilanz kennzeichnet den Überschuss oder das Defizit des gemessenen Niederschlags gegenüber dem potenziellen Verdunstungsverlust der Vegetation. In Anlehnung an die FAO-Norm (*Food and Agriculture Organisation of the United Nations*) wird die potenzielle Verdunstung für eine einheitliche Grasbedeckung berechnet (ALLEN et al. 1998). Die KWB wird als 30jähriger Mittelwert für die Vegetationsperiode ermittelt. Der Vegetationsbeginn wird nach dem Verfahren von MENZEL u. FABIAN (1999) für die Fichte getrennt für die Bilanzierungsperioden berechnet, sodass die in Zukunft erwartete Verlängerung der Vegetationszeit bei der KWB berücksichtigt werden konnte. Das Ende der Vegetationszeit wird in Anlehnung an VON WILPERT (1990) nach ALBERT et al. (2017) festgelegt.

Bereits in der aktuellen Klimareferenzperiode wird im Flächenmittel von Sachsen-Anhalt ein Defizit von rund 220 mm in der KWB für die Vegetationszeit ausgewiesen. Dabei werden in der östlichen Altmark und Börde und in weiten Teilen des östlichen Sachsen-Anhalts Werte von unter -250 mm bis knapp -300 mm erreicht (s. Abb. 16, links). Nur die westlichen Landesteile und der Unterharz weisen eine langjährige KWB von > -200 mm auf. Im Oberharz werden unter den heutigen Klimabedingungen aufgrund der hohen Niederschläge und des geringeren Verdunstungsanspruches positive Klimatische Wasserbilanzen von teilweise über 300 mm berechnet. Im Jahr 2018 wurde in weiten Teilen Deutschlands die bisher stärkste

Dürre seit Beginn der regelmäßigen Messungen im Jahr 1881 beobachtet. In der Vegetationsperiode 2018 betrug die KWB landesweit in Sachsen-Anhalt rund -450 mm. Für die trockensten Regionen wurden sogar Werte von unter -500 mm geschätzt.

In Zukunft werden sich die Wasserbilanzdefizite in Sachsen-Anhalt weiter erhöhen und in der Periode 2041 bis 2070 im Landesmittel bei rund -350 mm liegen. Die Ursachen für die starke Abnahme in der KWB sind trockenere Sommer bei gleichzeitig zunehmenden Verdunstungsanspruch der Pflanzen infolge höherer Temperaturen. In weiten Teilen des östlichen Sachsen-Anhalts wird im langjährigen Mittel die KWB bei -450 mm liegen (s. Abb. 16, rechts). Dies entspricht annähernd den Werten des Jahres 2018. In diesen Gebieten ist im Vergleich zur aktuellen Referenzperiode auch mit der stärksten Abnahme der KWB zu rechnen. Nur in den höchsten Lagen des Harzes werden zukünftig nach dem verwendeten Klimamodell noch positive Werte für die KWB erwartet. Für die Altmark, das nördliche Harzvorland, die Börde und das südliche Sachsen-Anhalt werden vielfach Klimatische Wasserbilanzen von weniger als -350 mm berechnet. In einzelnen extremen Trockenjahren sind durchaus noch weit größere Wasserbilanzdefizite denkbar.

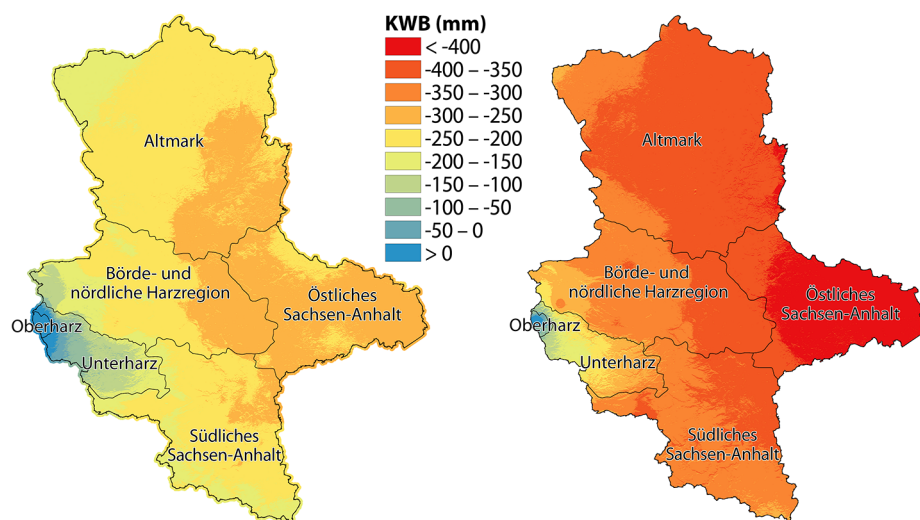


Abbildung 16: Klimatische Wasserbilanz in der aktuellen Klimanormalperiode (1991–2020, links) und in der Periode 2041–2070 für das Klimaszenario RCP8.5, berechnet mit dem Modell STARS II (Medianlauf, rechts)

4.2.2 Berechnung der nutzbaren Feldkapazität

4.2.2.1 Methodik

Die nutzbare Feldkapazität (nFK), auch nutzbare Wasserspeicherkapazität genannt, entspricht der Menge an Wasser im Boden zwischen Feldkapazität und permanenten Welkepunkt. Unter der Feldkapazität wird die Menge an Bodenwasser bezeichnet, die gegen die Schwerkraft im Boden gehalten werden kann. Durch Adhäsions- und Kohäsionskräfte wird in sehr feinen Poren des Bodens das Wasser so stark gebunden, dass es von Pflanzen nicht mehr aufgenommen werden kann, dies entspricht dem permanenten Welkepunkt (auch als Totwasser bezeichnet). Die nFK ist damit eine vom Porensystem des Bodens abhängige Größe. Vor allem die Bodenart (aus der Kombination von Ton-, Schluff- und Sandgehalt) und die Dichte des Bodens haben hierauf einen Einfluss. Sehr sandige Böden, aber auch tonige Böden weisen i. d. R. eine geringe nFK auf, wobei dies durch unterschiedliche Porenverteilung bedingt ist. Sande besitzen überwiegend mittlere bis feine Grobporen und damit eine geringe Feldkapazität, während Tone durch ihren hohen Anteil an Feinporen einen sehr hohen Totwasseranteil aufweisen. Schluff besitzt aufgrund des hohen Anteils an Mittelporen hingegen eine hohe nFK. Die allgemeinen Beziehungen zwischen der Feinbodenart und der nFK können durch die Dichte des Bodens verändert werden, da auch diese die Porenverteilung beeinflusst. Für Waldböden muss auch der Anteil der organischen Substanz berücksichtigt werden, da diese ebenfalls die Bindung des pflanzenverfügbaren Wassers begünstigt und im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Böden deutlich höher ist. In Abhängigkeit des Gehaltes an organischer Substanz und Feinbodenart werden Zuschläge bei der Berechnung der nFK vergeben.

Daneben haben aber auch die Entwicklungstiefe der Böden und der Steingehalt ($> 2 \text{ mm}$) einen entscheidenden Einfluss. Für eine ökologische Beurteilung muss die, i. d. R. horizontweise berechnete, nFK (in Vol-%) auf eine Bezugstiefe bezogen werden (effektiver Wurzelraum, fixe Tiefe), um die absolute Menge an pflanzenverfügbarem Wasser (in mm oder $1/\text{m}^2$) eines Standortes zu bestimmen. Dafür wird auch der Steingehalt des Bodens abgezogen. Dadurch haben sehr flachgründige und/oder sehr steinreiche Böden eine geringe nFK, obwohl ggf. im Feinboden eine günstige Porenverteilung vorliegt.

Für die Bestimmung der nFK wird auf sog. Pedotransferfunktionen (PTF) zurückgegriffen. Diese stellen die Zusammenhänge zwischen der nFK und den im Feld leicht zu erhebenden Proxy-Variablen dar. Für die Regionale Waldbauplanung in Sachsen-Anhalt wurde die nFK über die PTF nach DEHNER et al. (2015) berechnet. Über die zuvor beschriebenen Eingangsgrößen Feinbodenart und Dichte (Trockenrohdichte), werden Schätzwerte für die nFK in Vol-% abgeleitet. Diese Kennwerte werden anschließend um den Steingehalt (in Vol-%) reduziert und ggf. in Abhängigkeit des Humusgehaltes und der Feinbodenart mit einem Zuschlag (in Vol-%) versehen. Durch die Erfassung der Bodenform innerhalb der Standortsform

und ihrer Beschreibung über die Merkmalsspiegel werden alle Eingangsvariablen zur Berechnung der nFK bereitgestellt.

4.2.2.2 Datenmodell und Anwendung

Wie bereits in den Kapiteln der deskriptiven Auswertung der Standortseinheiten innerhalb der Naturräume beschrieben, sind in Sachsen-Anhalt sehr viele Lokalbodenformen ausgewiesen, wobei die jeweiligen Flächenanteile mitunter sehr gering sein können. Über das ganze Land betrachtet liegen für die kartierten Waldflächen 1.079 verschiedene Lokalbodenformen vor. Die relativen, kumulativen Flächenanteile der einzelnen Lokalbodenformen über deren Anzahl dargestellt, zeigt einen Verlauf ähnlich einer Wachstumskurve (s. Abb. 17). Es wird deutlich, dass mit verhältnismäßig wenigen Lokalbodenformen und deren Merkmalsspiegel große Flächenanteile mit Informationen zur Bodenform belegt werden können. Andererseits muss aber auch beachtet werden, dass der zusätzliche Aufwand zur Aufbereitung und Integration weiterer Merkmalsspiegel nur einen marginalen Flächengewinn zur Folge hat. Mit den in Abbildung 17 markierten Lokalbodenformen kann bereits die Hälfte der kartierten Waldfläche abgedeckt werden ($n = 14$). Indes werden für eine Beschreibung der Bodenform auf 85 % der kartierten Waldfläche bereits 146 Lokalbodenformen mit Merkmalsspiegeln benötigt.

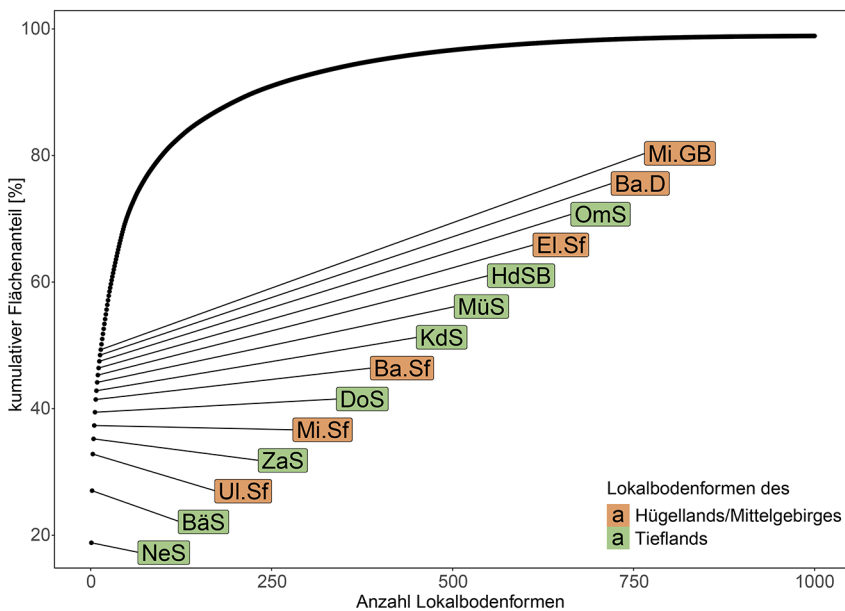


Abbildung 17: Kumulativer Flächenanteil in Abhängigkeit von den kartierten Lokalbodenformen in Sachsen-Anhalt

Die an der NW-FVA vorliegenden Merkmalsspiegel decken den Großteil der kartierten Waldflächen ab (s. Abb. 18). Für die Bereiche, die nicht über die Merkmalsspiegel abgedeckt werden konnten, wurden die Leitprofile der Vorläufigen Bodenkarte im Maßstab 1:50.000 (VBK50, LAGB 2020) verwendet. Für mehr als 80 % der kartierten Fläche liefern die Merkmalsspiegel die Eingangsdaten zur nFK-Berechnung. Die Leitprofile der VBK50 decken dies auf rund 16 % und durch eine Kombination beider Quellen (MMS & VBK) etwa 2 % der Fläche ab (bei Wechselkartierungen). Für 2 % der Waldfläche Sachsen-Anhalts liegen keine Bodendaten vor.

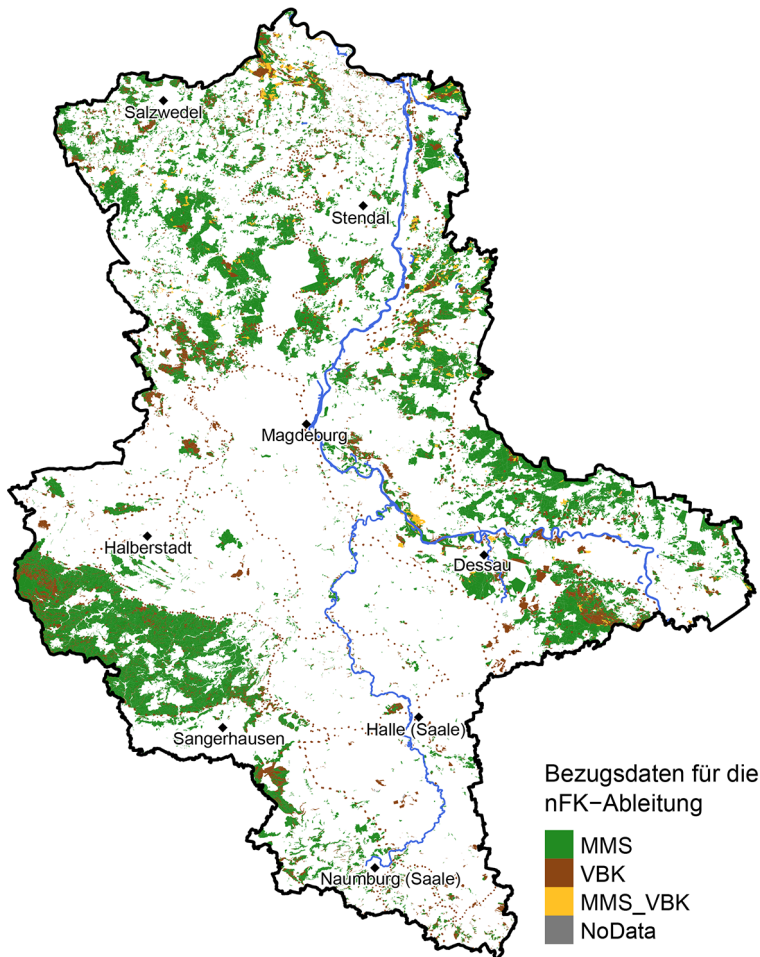


Abbildung 18: Karte zur Herkunft der Eingangsdaten für die Berechnung der nutzbaren Feldkapazität (MMS = Merkmalsspiegel der Lokalbodenform, VBK = Leitprofil der Vorläufigen Bodenkarte im Maßstab 1:50.000, MMS_VBK = Kombination beider Datenquellen bei Wechselkartierungen, NoData = Flächen, die von keiner der beiden Quellen abgedeckt sind)

Bei der Vereinigung der Geometriedaten beider Datenquellen kam es vor, dass real kartierte Standortspolygone durch die Polygone der VBK50 unterteilt wurden. Für die Bereiche die über die Merkmalspiegel berechnet wurden hat dies keine Bedeutung, da immer der gleiche nFK-Wert vorliegt. Indes hatte es Auswirkung bei den ausschließlich über die Leitprofile der VBK50 berechneten Geometrien. Daher wurden für diese flächengewichtete Mittelwerte je Standortspolygon aggregiert.

Die nFK wurde grundsätzlich für 1 Meter Bodentiefe berechnet. Auflagehorizonte wurden nicht berücksichtigt, da sie nicht immer vorlagen und die Beschaffenheit der Humusaufgabe über der Zeit höchst dynamisch ist. Abbildung 19 zeigt die Ergebnisse der nFK-Ableitung für jene Standortspolygone, für die die waldbauliche Planung nach der Standortwasserbilanz (SWB, s. Kap. 4.2.3) erfolgt. Die Gesamtfläche SWB-relevanter Standorten beträgt etwa 345.000 ha. Hiervon weisen fast 284.000 ha eine nFK zwischen > 100 mm und ≤ 150 mm auf (Klasse ≤ 150 mm). Im östlichen Mittelgebirge sowie fast im gesamten Hügelland sind nFK-Werte zwischen > 150 mm und ≤ 200 mm (Klasse ≤ 200 mm) sowie > 200 mm und ≤ 250 mm (Klasse ≤ 250 mm) aufgrund der stärkeren Lössbeeinflussung und/oder geringeren Skelettgehalte vorherrschend. Die nFK-Klasse ≤ 100 mm (> 50 mm und ≤ 100 mm) hat mit etwa 8.200 ha noch einen nennenswerten Anteil. Die oberen (> 250 mm) und unteren (≤ 50 mm) Extreme kommen nur marginal vor und nehmen zusammen eine Fläche von rund 1.200 ha ein.

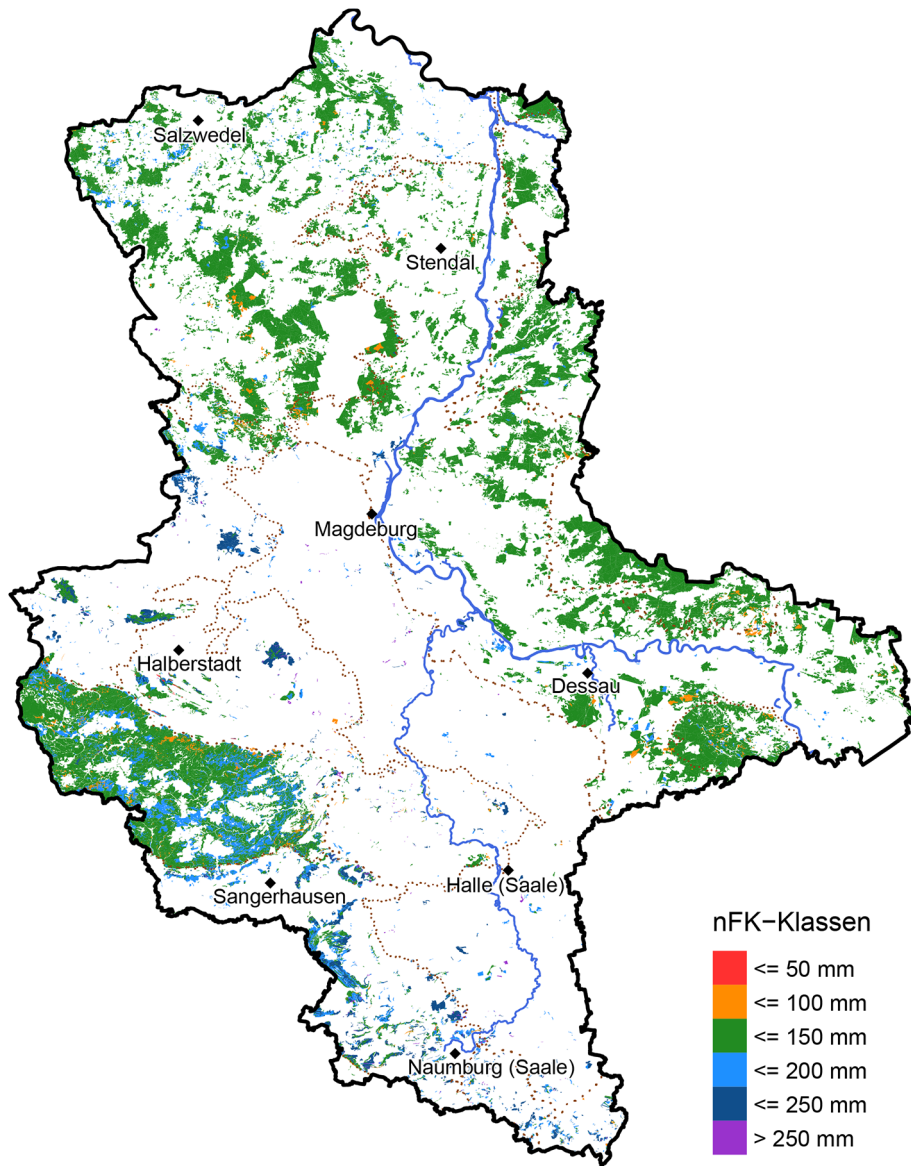


Abbildung 19: Karte der nutzbaren Feldkapazität bezogen auf 1 Meter Bodentiefe für die forstlichen Standortspolygone, die nach der Standortswasserbilanz geplant werden

4.2.3 Standortwasserbilanz

Zur Abschätzung der Wasserversorgung der Wälder wird der Kennwert der Standortwasserbilanz (SWB) in der Vegetationszeit herangezogen. Diese ergibt sich aus der Summe von Klimatischer Wasserbilanz und der nutzbaren Feldkapazität (nFK), also dem pflanzenverfügbaren Bodenwasser. Dabei wird angenommen, dass der Bodenwasserspeicher zu Beginn der Vegetationszeit vollständig gefüllt ist. Bereits unter heutigen Klimabedingungen reicht in einigen Regionen Sachsen-Anhalts das Bodenwasser nicht mehr aus, um eine uneingeschränkte Verdunstung der Pflanzen zu ermöglichen. Im Landesmittel beträgt das Defizit in der Standortwasserbilanz in der Vegetationszeit rund 85 mm. Regional gibt es sehr große Unterschiede. Besonders die Regionen im Osten von Sachsen-Anhalt mit einer hohen negativen KWB und einer geringen Wasserspeicherkapazität pflanzenverfügbaren Bodenwassers weisen für die aktuelle Klimareferenzperiode 1991–2020 gebietsweise ein Defizit in der SWB von über 100 mm bis regional über 200 mm auf (s. Abb. 20, links). Die westlichen Landesteile, der Harz und das Hügelland im südlichen Sachsen-Anhalt verfügen im langjährigen Mittel hingegen zurzeit noch über einen Wasserüberschuss.

In der Periode 2041 bis 2070 wird die SWB im Flächenmittel der Waldstandorte auf -225 mm abnehmen. Weite Bereiche des Tieflandes werden dann ein mehr oder minder hohes Defizit in der SWB aufweisen, und nur Standorte mit hohen Bodenwasservorräten und die höheren Lagen des Harzes sind noch durch einen leichten Wasserüberschuss gekennzeichnet (s. Abb. 20, rechts).

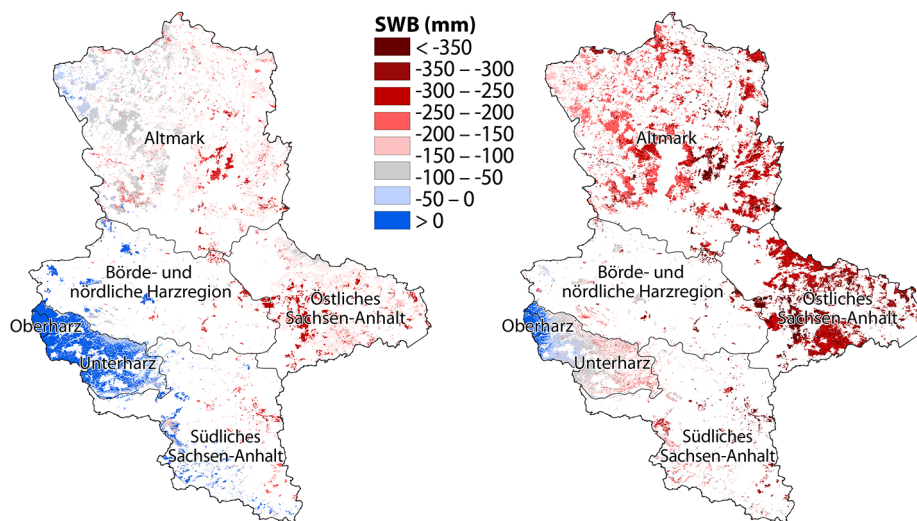


Abbildung 20: Standortwasserbilanz in der aktuellen Klimanormalperiode (1991–2020, links) und in der Periode 2041–2070 für das Klimaszenario RCP8.5, projiziert mit dem Modell STARS II (Medianlauf, rechts)

Sachsen-Anhalt zählt heute bereits zu den trockensten Regionen in Deutschland. Die weitere Erwärmung wird dazu führen, dass sich die Wasserversorgung der Waldstandorte besonders in den östlichen und südlichen Landesteilen deutlich verschlechtern wird. Langjährige Trockenperioden und Dürren werden in Zukunft voraussichtlich häufiger auftreten und den Trockenstress für die Bestände weiter erhöhen.

4.3 Der Waldbau-Algorithmus *baklawa*

Um den vielfältigen Anforderungen einer klimaangepassten Baumartenwahl an der NW-FVA nachhaltig und transparent begegnen zu können, wurde der *baklawa*-Algorithmus entwickelt. Das Akronym *baklawa* steht für Baumartenwahl im Klimawandel (*Ba*-umartenwahl im *Kli*m-*awa*-ndel). Im Wesentlichen setzt sich der Algorithmus aus zwei Prozessen zusammen: der Baumartenklassifizierung und der Ableitung von Mischbestandstypen (s. Abb. 21). Zielgröße sind die Handlungsoptionen einzelner Standorte in Form von Mischbestandstypen, die je nach Trägerland der NW-FVA unter den Bezeichnungen Waldentwicklungstyp (WET; Niedersachsen und Schleswig-Holstein), Waldentwicklungsziel (WEZ; Hessen) oder Bestandeszieltyp (BZT; Sachsen-Anhalt) bekannt sind.

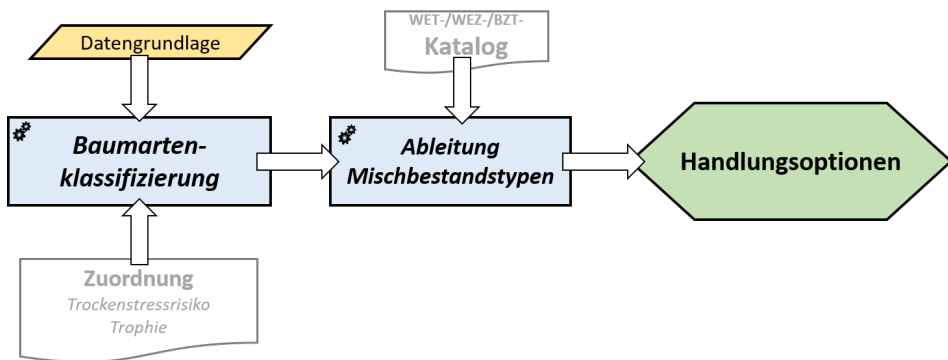


Abbildung 21: Aufbau des *baklawa*-Algorithmus

Der Algorithmus wurde programmiert, um die unterschiedlichen Besonderheiten der Trägerländer bei der Waldbauplanung zu berücksichtigen. Darüber hinaus bietet der Algorithmus umfangreiche Auswertungs- und Analysemethoden deskriptiver Natur. Er stellt somit ein wichtiges Instrument strategischer Waldbauplanung dar.

4.3.1 Baumartenklassifizierung

Grundlage aller Klimaanpassungsmaßnahmen ist die Überprüfung, ob auf gegebenem Standort die derzeit dort wachsenden oder dort noch zu verjüngenden Baum-

arten 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 eine Zuordnungstabelle entwickelt. Darin wird die Stellung der Baumarten in Mischbeständen entsprechend ihrer Wasser- und Nährstoffansprüche nach bestimmten Stufen der Standortswasserbilanz (50 mm-Stufen) und der sechs Nährkraftstufen in eine zweidimensionale Matrix eingeordnet. Je nach Erfüllung ihrer ökologischen Ansprüche an den Standort kann die Baumart *führend* (F), *beigemischt* (M), *vorübergehend beigemischt* (VM), *begleitend* (B) oder vom Anbau *ausgeschlossen* (grau) sein. Ihre Trockenstressgefährdung wird berücksichtigt (s. Tab. 6), indem die Hauptbaumarten maximal bis zur Grenze ihrer hohen Trockenstressgefährdung als *führend* eingeordnet werden. Bis an die Grenze zu einer hohen Gefährdung bleibt die Baumart potenziell Mischbaumart. Der Sonderfall *vorübergehend beigemischt* bezieht sich auf waldbauliche Ausgangssituationen in Buchen- und Fichtenbeständen mit flächiger Naturverjüngung, die auf Standorten stocken, deren Wasserversorgung in der Vegetationszeit sich in den kommenden Jahrzehnten in die günstigste Standortswasserbilanz-Stufe mit hoher Trockenstressgefährdung verschlechtert, sodass hier die vorhandene Verjüngung nur *vorübergehend* im Sinne kürzerer Produktionszeiten bzw. geringerer Zielstärken in die Waldentwicklung einbezogen werden kann. Begleitbaumarten als weiterer Bestandteil der BZT sind die auf einem breiten Standortsspektrum meist natürlich ankommenden Nebenbaumarten und natürlich ankommende Hauptbaumarten in ihrem standörtlichen Grenzbereich. Ihr Beitrag zur Risikovorsorge und zur Erhöhung der Artenvielfalt ist ökologisch nicht zu vernachlässigen.

Die Abbildung 22 zeigt beispielhaft die Baumartenklassifizierung der Baumart Buche (BU) für Standortkombinationen auf terrestrischen Standorten. Anhand der gestrichelten Trockenstressrisikogrenzen zeigt sich die Klassifizierung der Buche als führende Baumart bis in das mittlere Trockenstressrisiko bei -100 mm SWB.

Da die Beeinflussung des Trockenstressrisikos für Baumarten auf den Nassstandorten nicht durch Standortswasserbilanzen bestimmt werden kann, werden dort für die Zuordnung der Bestandeszieltypen Informationen aus der Standortskartierung angewendet. Zuordnungsgrößen sind hier die Nährkraftstufe und die Feuchtestufe des Bodens sowie des Mesoreliefs. Diese Bodenmerkmale lassen sich bislang nicht klimatisch dynamisieren und entsprechen damit den heutigen Kartierungsständen. Die entsprechenden Tabellen für Baumarten und Bestandeszieltypen sind in HAMKENS et al. (2020) oder auf <http://www.nw-fva.de/baem> (Stand Februar 2023) aufgeführt. Zu den Nassstandorten zählen die organischen/mineralischen Nassstandorte, die Bachtälchen-, die Überflutungs- sowie Standorte mit Wechselfeuchte.

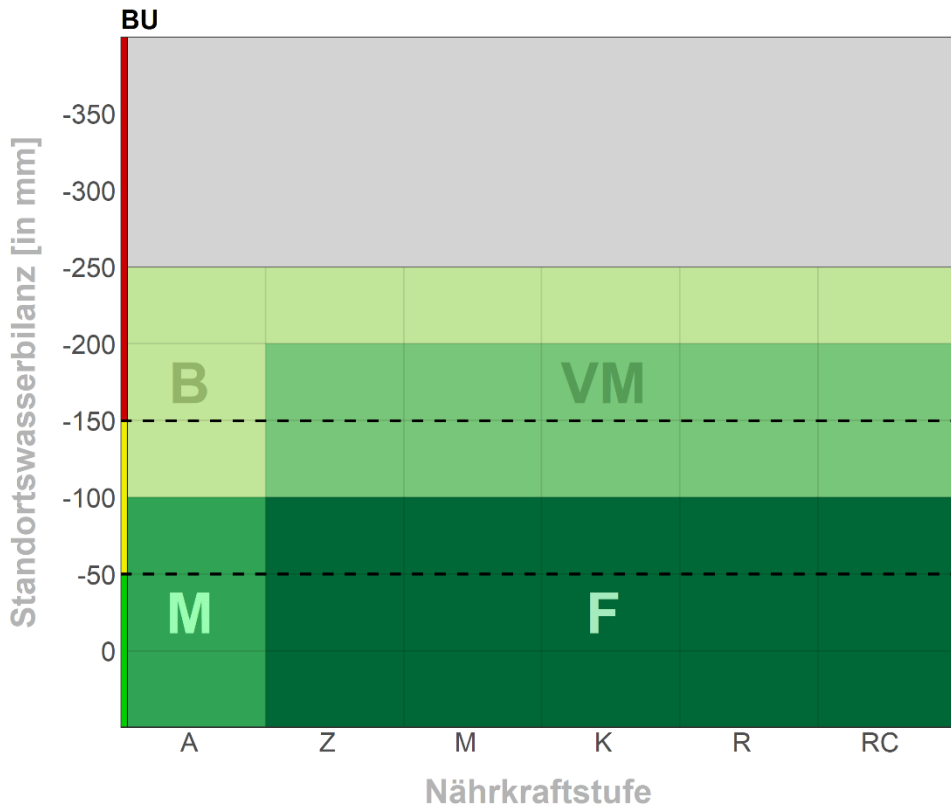


Abbildung 22: Klassifizierung der Buche (BU) auf terrestrischen Standortskombinationen auf Basis der Nährkraftstufe und der Standortswasserbilanzklasse. Die Klassifizierung ist farblich abgestuft in Grüntönen dargestellt: führend (F); Mischbaumart (M); vorübergehende Mischbaumart (VM); Begleitbaumart (B). In grauen Bereichen ist die Baumart ausgeschlossen. Die Trockenstressrisikogrenzen sind durch gestrichelte Linien dargestellt.

4.3.2 Empfehlung von Mischbestandstypen

4.3.2.1 Bestandeszieltypen

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 beim Ausgleich von 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 Baumartengruppen- bis horstweise oder kleinflächig zu mischen.

Ausgehend von diesen Überlegungen wurden die Bestandeszieltypen (BZT) für die waldbauliche Planung in Sachsen-Anhalt von einer gemeinsamen Arbeitsgruppe mit Vertretern/in der NW-FVA, des sachsen-anhaltischen Waldbesitzerverbandes, dem Landeszentrum Wald, dem Landesforstbetrieb und dem Ministerium weiterentwickelt. Sie beschreiben Leitbilder des angestrebten Waldaufbaus, der Verjüngungs- und Bestandesziele sowie die konkrete Mischungsform. Der Bestandeszieltypenkatalog umfasst die in Tabelle 7 aufgeführten Bestandeszieltypen, die in HAMKENS et al. (2020) näher beschrieben sind.

Tabelle 7: Überblick über die Bestandeszieltypen

BZT	Zugehörige Baumartengruppe	Beschreibung
10	Kiefer/Lärche	Kiefer
11		Kiefer – Eiche
14		Kiefer – Laubbäume
15		Höhenkiefer – Fichte – Laubbäume
16		Kiefer – Douglasie/Küstentanne – Buche
17		Lärche – Höhenkiefer – Laubbäume
18		Lärche – Laubbäume
19		Japanlärche – Laubbäume
20	Fichte	Fichte
22		Fichte – Buche
23		Fichte – Bergahorn
31	Sonstiges Nadelholz	Douglasie – Roteiche
32		Douglasie – Buche
35		Douglasie – Fichte – Buche
37		Douglasie – Kiefer – Laubbäume
38		Küstentanne – Buche
39		Weißtanne – Buche
40		Traubeneiche – Buche/Hainbuche
41		Stieleiche – Hainbuche
42	Eiche	Stieleiche – Buche
43		Stieleiche – Edellaubbäume
44		Eiche – Birke
47		Eiche – Kiefer – Sandbirke
48		Roteiche – Buche

(Fortsetzung Tabelle 7)

BZT	Zugehörige Baumartengruppe	Beschreibung
50	Buche	Buche
51		Buche – Eiche
53		Buche – Edellaubbäume
55		Buche – Fichte
56		Buche – Douglasie
58		Buche – Lärche
59		Buche – Tanne – Fichte
61	Hartlaubholz	Edellaubbäume – frischer Typ
63		Edellaubbäume – trockener Typ
64		Esche/Flatterulme – Roterle
66		Wildkirsche (Bergahorn)
70	Weichlaubholz	Roterle
72		Aspe mit Birke
74		Moorbirke (Kiefer/Fichte/Roterle)
75		Linde – Laubbäume
77		Sandbirke – Kiefer (Eiche)
79		Weide (Schwarzpappel)

4.3.2.2 Ableitung der Bestandeszieltypen

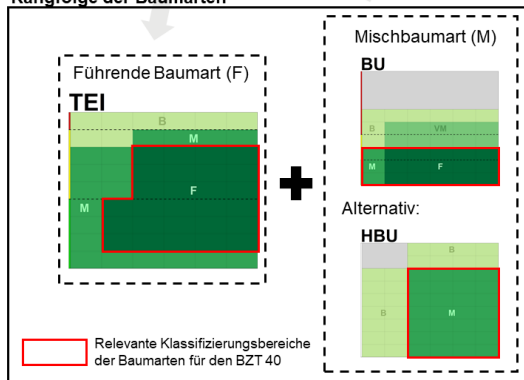
Grundlage für die Ableitung der BZT ist einerseits die Baumartenklassifizierung auf gegebenen Standort und andererseits die Mischungsvorgaben, die durch den BZT-Katalog definiert sind (s. auch Abb. 21). In Abhängigkeit besagter Baumartenklassifizierung lassen sich für alle terrestrische Standortskombinationen (SWB/Trophie) Bereiche identifizieren, auf denen ein BZT grundsätzlich empfohlen wird. Diese sogenannten Planungsbereiche ergeben sich aus der Schnittmenge der minimal erforderlichen Ansprüche der Baumarten des jeweiligen BZT.

Am Beispiel der Abbildung 23 zeigt sich, dass an die führende Baumart des dargestellten BZT die höchste Klassifizierung gefordert ist. In diesem Falle ist es der Bereich, in dem die Traubeneiche (TEI) mit *F* klassifiziert ist. An die Mischbaumart Buche (BU) sind etwas geringere Anforderungen gestellt, sodass hier die Bereiche mit der Einordnung *M* oder *F* ausreichend sind. Eine Besonderheit stellen die Alternativbaumarten dar. Um BZT möglichst weit fassen zu können, wurden für eine ganze Reihe an BZT Alternativbaumarten zugeordnet, die die primäre Baumart aus waldwachstumskundlicher Sicht ergänzen oder ganz ersetzen können. Am Beispiel des BZT 40 kann diese Rolle die Hainbuche (HBU) übernehmen. Das bedeutet, dass

sich dadurch auch der grundsätzliche Planungsbereich in den meisten Fällen erweitert. Diese Darstellungsweise birgt allerdings auch die Gefahr einer Fehlinterpretation der konkret empfohlenen Baumarten. Entsprechend der Klassifizierung der Buche beschreibt der Planungsbereich des BZT 40 ab einer SWB von -100 mm und schlechter keine Empfehlung der Buche als Mischbaumart. Auf solchen Standorten kann nur die Hainbuche als empfohlen gelten. Begleitbaumarten wurden bewusst nicht als eindeutige Baumart in die Empfehlung übernommen. Der Katalog bietet hier allerdings plausible Beispielbaumarten.

BZT 40: Traubeneiche – Buche/Hainbuche

Rangfolge der Baumarten



BZT 40: TEI-BU

Traubeneiche:	60 - 80 %
Buche/Hainbuche:	10 - 30 %
Begleitbaumarten:	10 - 20 %

BZT

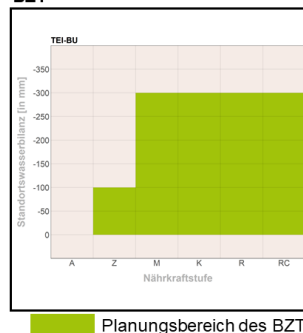


Abbildung 23: Ableitung des Planungsbereiches des BZT 40 (Traubeneiche – Buche/Hainbuche) auf Basis der Baumartenklassifizierung. Der Planungsbereich ergibt sich aus der Schnittmenge der relevanten Klassifizierungsbereiche (rot) der am BZT beteiligten Baumarten.

Anhand der einzelnen Planungsbereiche der BZT kann die Anzahl geeigneter BZT je Standortkombination aus Standortwasserbilanz und Nährkraftstufe ermittelt werden. Abbildung 24 zeigt, dass sich in den frischeren und besser nährstoffversorgten Bereichen der Standortsskala eine große Vielfalt an empfohlenen BZT ergibt. Ein Abfall ist allerdings auf den karbonatischen Standorten (RC) zu beobachten. Je trockener die klimatische Prognose ausfällt, desto weniger BZT stehen für die Planung zur Verfügung. Ein deutlicher Abfall ist ab einer SWB von -300 mm und schlechter zu verzeichnen. Auf reichen/reich-karbonatischen Standorten mit einer SWB von ≤ -350 mm kommt keine Empfehlung zustande. Das ist für die Planung in Sachsen-Anhalt allerdings unbedeutend, da diese Standortkombination nicht im tatsächlichen Datensatz vorkommt (s. a. Abb. 26).

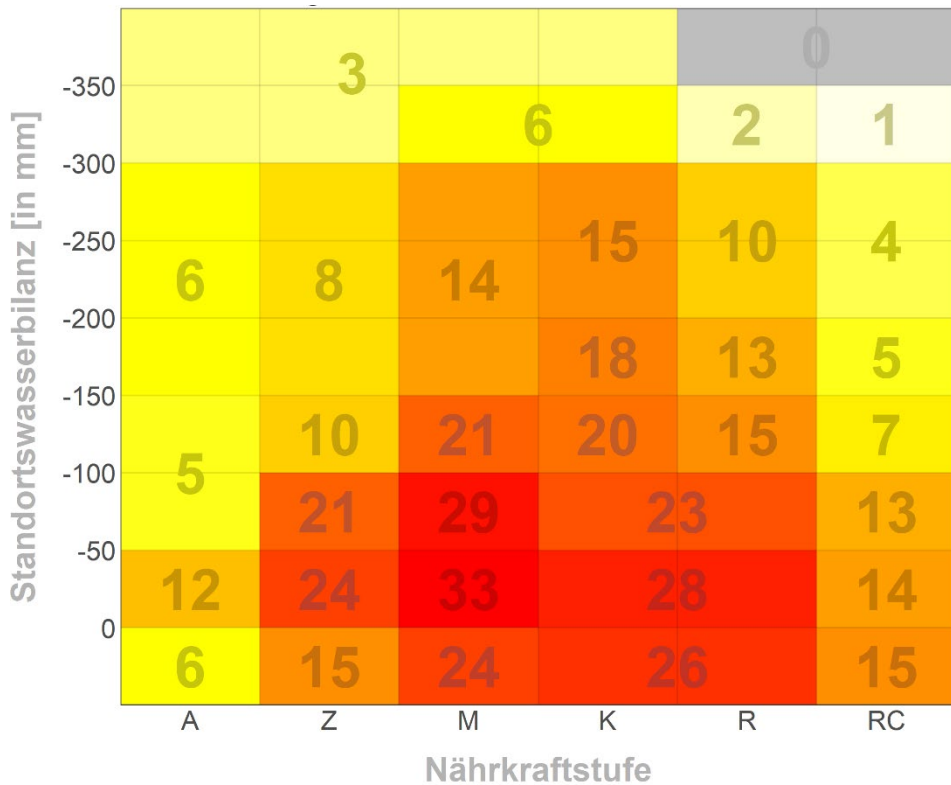


Abbildung 24: Anzahl möglicher BZT der terrestrischen Standortskombinationen auf Basis der Nährkraftstufe und der Standortswasserbilanzklasse

4.3.3 Restriktionen

Über die grundsätzlichen BZT-Empfehlungen auf Basis der standörtlichen und klimatischen Grundlage hinaus, ist der Algorithmus in der Lage Restriktionen bei der Baumartenklassifizierung oder der BZT-Empfehlung zu berücksichtigen. Die Gründe für die Anwendung von Restriktionen können vielfältig sein. Neben strategischen können auch waldwachstumskundliche oder physiologische Gesichtspunkte eine Rolle spielen, die durch Standortswasserbilanz und Trophie nur bedingt erfasst werden können. Für die Empfehlung in Sachsen-Anhalt wurden daher folgende Restriktionen bezüglich der Baumartenklassifizierung vorgenommen:

- Im Bereich der SWB-Stufe ≥ 0 mm sind die dort ggf. ebenfalls standortsgemäßen Baumarten Kiefer und Schwarzkiefer nicht eingeordnet, weil dieser Standortsbereich flächenmäßig stark schrumpft und Baumarten mit höheren Ansprüchen an die Wasserversorgung vorbehalten bleiben sollte.

- Im Bereich der SWB-Stufen ≥ 0 bis -100 mm ist keine führende Sandbirke vorgesehen, um diesen Standortsbereich für Baumarten mit höheren Ansprüchen an die Wasserversorgung und besseren Ertragsaussichten zu reservieren.
- Im Bereich SWB -100 bis -150 mm ist die Vogelkirsche nicht als führend eingestuft, weil die Leistung und Vitalität mit abnehmender Wasserversorgung deutlich sinkt.
- Im frischeren Bereich (SWB > -100 mm) ist keine führende Winterlinde vorgesehen, um ertragreicheren Baumarten Planungsfläche zu reservieren.
- Auf den reichen Kalkstandorten sind mehrere Baumarten ausgeschlossen, um Rotfäule oder Ernährungsungleichgewichten vorzubeugen.
- Die Fichte ist auf den hydromorphen Standorten des Tieflandes nicht vorgesehen.

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.

Im Zuge des Klimawandels ist außerdem zu erwarten, dass sich in den höheren Lagen des Berglandes die klimatischen Bedingungen für bestimmte Baumarten mit der Zeit verbessern werden. Da zunächst aber noch mit den für diese Lagen typischen Gefährdungen durch Schnee und Frost gerechnet werden muss, gelten für die Begründung und Etablierung bestimmter Baumarten Anbaugrenzen, die sich an den Höhenstufen der Standortkartierung orientieren (s. Kap. 2.1). Sie sind in Tabelle 8 zusammengefasst. Die Anbaugrenzen beziehen sich dabei auf eine führende Rolle der genannten Baumarten.

Tabelle 8: *Anbaugrenzen ausgewählter Baumarten im Bergland im Anbalt an heutige Klimastufen*

Anbaugrenze	Klimastufe	Baumart
Höhere Berglagen	Hf, Hff	Buche, Douglasie, Lärche
Mittlere Berglagen	Mf, Mff	Stiel-, Trauben- und Roteiche, Schwarznuss, Küstentanne, Hainbuche, Edellaubbäume (außer Bergahorn)

Bezüglich der BZT gibt es darüber hinaus noch weitere Restriktionen:

- Die Kiefern-BZT 10, 11, 14 und 16 werden ausschließlich in der Standortsregion *Tiefland* empfohlen.
- Die BZT mit der Beteiligung der Höhenkiefer (BZT 15 und 17) werden ausschließlich in den Standortsregionen *Hügelland* und *Mittelgebirge* empfohlen.
- Die beiden Edellaubtypen (BZT 61 und 63) werden durch die Grenze von -100 mm SWB getrennt.
- Die BZT 74 und 79 werden ausschließlich auf Nassstandorten empfohlen.

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass die Potenzialabschätzung der Baumarten keine Restriktionen berücksichtigt, die sich aus Schutzgebiets- und Zertifizierungsaufgaben ergeben. Grundsätzlich wird nicht zwischen natürlicher und künstlicher Bestandesbegründung unterschieden. Dies muss betrieblich unter Einbeziehung der waldbaulichen Ausgangslage entschieden werden.