

# Forstlich-standortkundliche Auswertung auf Basis der Bodenkarten 1 : 5 000 und 1 : 50 000 Update 2023

- Projektbericht -

Bearbeitung: Stefan Schulte-Kellinghaus (GD NRW)  
Alexander Weller (LB WH NRW)  
Datum: 16.06.2023

Zitierhinweis: SCHULTE-KELLINGHAUS, S., WELLER, A. (2023): Forstlich-standortkundliche Auswertung auf Basis der Bodenkarte 1 : 5 000 und 1 : 50 000, Update 2023. Projektbericht. – 19 S.; Krefeld (Geol. Dienst Nordrh.-Westf.).

## Inhalt

Einleitung.....	3
1 FSK-Methode unter aktuellem Klima.....	3
1.1 verwendete Datengrundlagen .....	3
1.2 Beziehung nFK – KWBv.....	4
1.3 Besonderheit des aktuellen Klimas .....	4
2 FSK-Methode unter Verwendung von Daten der RCP-Szenarien.....	4
2.1 verwendete Datengrundlagen .....	4
2.2 Besonderheiten der Klimaszenarien .....	4
3 Grundsätze der methodischen Weiterentwicklung.....	5
3.1 Zunahme der Anzahl der trockenen Monate.....	5
3.2 Beschreibung der Berechnung .....	8
3.3 Algorithmen der Berechnung.....	8
3.4 Anwendung auf FSK5.....	9
4 Ergebnisse .....	9
5 Diskussion .....	16
6 Zusammenfassung .....	18
7 Literatur.....	19

## Einleitung

Seit 2020 existieren auf Basis der BK5F und der BK50 Varianten der FSK5 und FSK50, die auf Klimadaten der etablierten Klimaszenarien RCP 4.5 und RC P8.5 des Weltklimarats IPCC für die ferne Zukunft (2071 - 2100) zurückgreifen. Diese werden nach der identischen Methode berechnet wie bei der Verwendung der Klimadaten der Periode 1981 - 2010. Die „Klimavarianten“ zeigen, wie erwartet, eine gewisse Standortdrift hin zu trockeneren Gesamtwasserhaushaltsstufen. Diese Verschiebung ist allerdings in vielen Fällen nicht sehr groß. Unerwartete Ergebnisse – sogar Verschiebung hin zu einem feuchteren Gesamtwasserhaushalt – beruhen zum Teil auf den vergleichsweise großen Rasterzellen (5 × 5 km). Bei genauerer Betrachtung zeigt sich aber ein systematisches Problem: die Klimaprojektionen führen zu einer Verschiebung der Niederschlagsverteilung im Jahresverlauf, es kommt insbesondere zu deutlich geringeren Niederschlägen im Sommer. Diese werden von der Klimatischen Wasserbilanz innerhalb der forstlichen Vegetationsperiode (KWBv), als dem bisher verwendeten zentralen Klimaparameter, nicht ausreichend abgebildet. Daher ist es notwendig, die FSK-Methode für die Klimaszenarien weiterzuentwickeln, so dass die zunehmende Sommertrockenheit besser berücksichtigt werden kann.

## 1 FSK-Methode unter aktuellem Klima

Eine ausführliche Beschreibung findet sich im Bericht von DWORSCHAK und SCHULTE-KELLINGHAUS (2018).

### 1.1 Verwendete Datengrundlagen

#### (a) Bodenkarte

- Polygongrenzen
- nutzbare Feldkapazität (nFK)
- Basengehalt

#### (b) Reliefdaten DGM10-Auswertung

- potentieller topographischer Strahlungsgenuss (Exposition, Hangneigung, Beschattung)
- modifizierter Bodenfeuchteindex (komplexer Reliefparameter, Fa. Scilands)

#### (c) Klimadaten (1 × 1 km)

- Dauer der forstlichen Vegetationsperiode (Anzahl Tage mit Tagesmitteltemperatur größer 10 °C)
- Klimatische Wasserbilanz in der forstlichen Vegetationsperiode auf Basis der 10 °C-Vegetationsperiode, Monatswerte

## 1.2 Beziehung nFK – KWBv

Der Kern des Gesamtwasserhaushaltsmodells ist die Beziehung zwischen nFK und KWBv. Es wurde ein Satz von Kurven entwickelt, der in Abhängigkeit der beiden Parameter zu einer Ersteinstufung in Gesamtwasserhaushaltsstufen (GWH-Index) führt. Diese Beziehung beruht auf der Auswertung existierender Standortkarten und standortkundlicher Expertise, um der Standortsbewertung erfahrener Standortkundler möglichst nahe zu kommen (DWORSCHAK & SCHULTE-KELLINGHAUS, 2018).

## 1.3 Besonderheit des aktuellen Klimas

Das aktuelle Klima in NRW ist ozeanisch geprägt. Dies äußert sich insbesondere in einer relativ ausgeglichenen Niederschlagsverteilung im Jahresverlauf. Die monatlichen Niederschläge variieren nicht sehr stark; es gibt insbesondere ausgeprägte Sommerniederschläge. Die Unterschiede in der KWB der einzelnen Monate beruhen daher in erster Linie auf der temperaturabhängigen unterschiedlichen Höhe der Evapotranspiration.

## 2 FSK-Methode unter Verwendung von Daten der RCP-Szenarien

Eine ausführliche Beschreibung findet sich im Bericht von SCHULTE-KELLINGHAUS et al. (2020).

### 2.1 Verwendete Datengrundlagen

Die Datengrundlagen sind grundsätzlich identisch mit denen im Kapitel 1. Die einzige Abweichung liegt in den Klimadaten selbst:

- 5 × 5 km-Raster
- Werte der forstlichen Vegetationsperiode auf Basis der RCP 4.5- und RCP 8.5-Projektionen für den Zeitraum 2071-2100 (Mediane)
- Werte der KWBv auf Basis der RCP 4.5- und RCP 8.5-Projektionen für den Zeitraum 2071-2100 (Monatswerte; Mediane)

### 2.2 Besonderheiten der Klimaszenarien

Abgesehen von den konkreten einzelnen Werten der Klimaparameter gibt es einige systematische Veränderungen (vgl. Klimaatlas NRW, 2022a):

- (a) aufgrund generell höherer Temperaturen verlängert sich die forstliche Vegetationsperiode,
- (b) die Jahresniederschlagssumme ändert sich verhältnismäßig wenig,
- (c) die Verteilung der Jahresniederschläge verschiebt sich hin zu trockeneren Sommern und feuchteren Wintern,

- (d) die KWB der Sommermonate reduziert sich durch geringere Niederschläge und höhere Verdunstung, die Zahl an Monaten mit negativer KWB innerhalb der Vegetationsperiode nimmt zu,
- (e) die KWB der Frühjahrsmonate ändern sich wenig oder können sogar durch die höheren Niederschläge bei gleichzeitig noch nicht erhöhter Evapotranspiration ansteigen.

### 3 Grundsätze der methodischen Weiterentwicklung

Die FSK-Methode berechnet das komplette Land einheitlich. Es gibt keine willkürlichen räumlichen Grenzen, an denen unterschiedliche Methoden verwendet werden. Jegliche Differenzierung stützt sich allein auf die Werte von beteiligten Parametern, daher dürfen methodische Ergänzungen oder Veränderung dieses Prinzip nicht verletzen (vgl. DWORSCHAK & SCHULTE-KELLINGHAUS, 2018).

Wie schon in der Einleitung erwähnt, ist es das Ziel, die neu auftretende Sommertrockenheit durch eine Anpassung der FSK-Methodik stärker einzubeziehen. Dabei darf allerdings die Basis-Methode, die im Kapitel 1 skizziert ist und auch die Basis der FSK-Klimaszenarien ist, nicht verändert werden. Jede Veränderung der Methode der FSK-Berechnung, die mehr beinhaltet als die Berücksichtigung der Besonderheiten der Klimaszenarien (Kapitel 2.2), würde notwendigerweise dazu führen, dass die komplette FSK-Methode neu entwickelt werden müsste! Modifikationen der Methode müssen somit als eine Ergänzung fungieren, die für die Berechnung des Gesamtwasserhaushalts unter aktuellen – bisherigen – Klimabedingungen der Periode 1981 - 2010 noch nicht relevant ist.

#### 3.1 Zunahme der Anzahl der trockenen Monate

An vielen Standorten verändert sich die KWBv im Vergleich zwischen dem aktuellen Klima und den Klimaprojektionen. Standorte, deren KWBv bereits negativ ist, verschieben sich weiter in den negativen Bereich. Aufgrund des Verlaufs der Kurven der nFK-KWBv-Beziehung – zunehmend steilerer Verlauf mit abnehmender KWBv – kann sich das auch merklich auswirken (vgl. DWORSCHAK & SCHULTE-KELLINGHAUS, 2018). Nicht wenige Standorte, deren KWBv bisher positiv war, behalten trotz der Reduzierung eine positive KWBv. Damit bleibt die Wasserversorgung für Pflanzen in Summe relativ gut. Es überdeckt aber, dass im Sommer dennoch längere Trockenphasen auftreten, die sich in einzelnen Monaten mit negativer KWB äußern können. Diese Phasen können für viele Pflanzen zum Problem werden. Die Problematik ist umso bedeutender, wenn die Summe der KWBv positiv bleibt. Die gravierende und in Hinblick auf die Ergebnisse problematische klimatische Veränderung liegt damit in der Zunahme der Anzahl der "trockenen" Monate.

Die KWB ist ein Modellwert, der auf einer potentiellen, d.h. maximal möglichen Verdunstung für Grasland beruht. Sie entspricht damit nicht dem sehr individuellen Verbrauch unter-

schiedlicher Baumarten oder Waldbestände, gilt aber als verlässlicher Parameter zur quantitativen Gegenüberstellung von Wassergewinn und -verbrauch in einem bestimmten Gebiet für einen festgelegten Zeitraum (Klimaatlas NRW, 2022c). Daher wird für die weitere Modellierung eine KWB von 0 mm als Grenzwert gewählt, Monate mit einer negativen KWB als “trocken” definiert und Monate mit einer positiven KWB als “feucht”.

Das Auftreten von trockenen Monaten an Standorten mit positiver KWBv sowie die Amplitude der monatlichen KWB zwischen feuchteren und trockeneren Monaten wird in den Klimaprojektionen der RCP-Szenarien deutlich größer im Vergleich zu den Klimadaten der Periode 1981-2010 (Abbildungen 1 und 2 als Beispiele). Diese übersteigt die nach bisherigem Klima auftretenden Spannen und muss zu einer trockeneren Einstufung des Gesamtwasserhaushalts führen als es die Erfahrungen und Berechnungen unter den bisherigen Klimabedingungen anzeigten. Es wird die Annahme getroffen, dass ab einer gewissen Anzahl von trockenen Monaten – trotz ausreichender KWBv-Summe – im Sinne der Standortdrift sich die Gesamtwasserhaushaltsstufe verschiebt.

Für die hier vorgestellte methodische Fortentwicklung wird als Prämisse angenommen, dass eine Zunahme der Trockenphase in der Vegetationsperiode um drei Monate (z.B. Juni, Juli, August) – bei gleicher KWBv – zu einer Verschiebung um eine Wasserhaushaltsstufe führt. Diese Prämisse kann sich nicht auf Vergleichswerte stützen und stellt deshalb derzeit nur eine gutachterlich festgelegte Größe dar. Eine Zunahme der relevanten Trockenphase auf zwei oder zweieinhalb Monate führt dementsprechend zu einer reduzierten Drift zu trockeneren Standorten, eine Verlängerung auf vier Monate zu einer verstärkten Standortdrift.

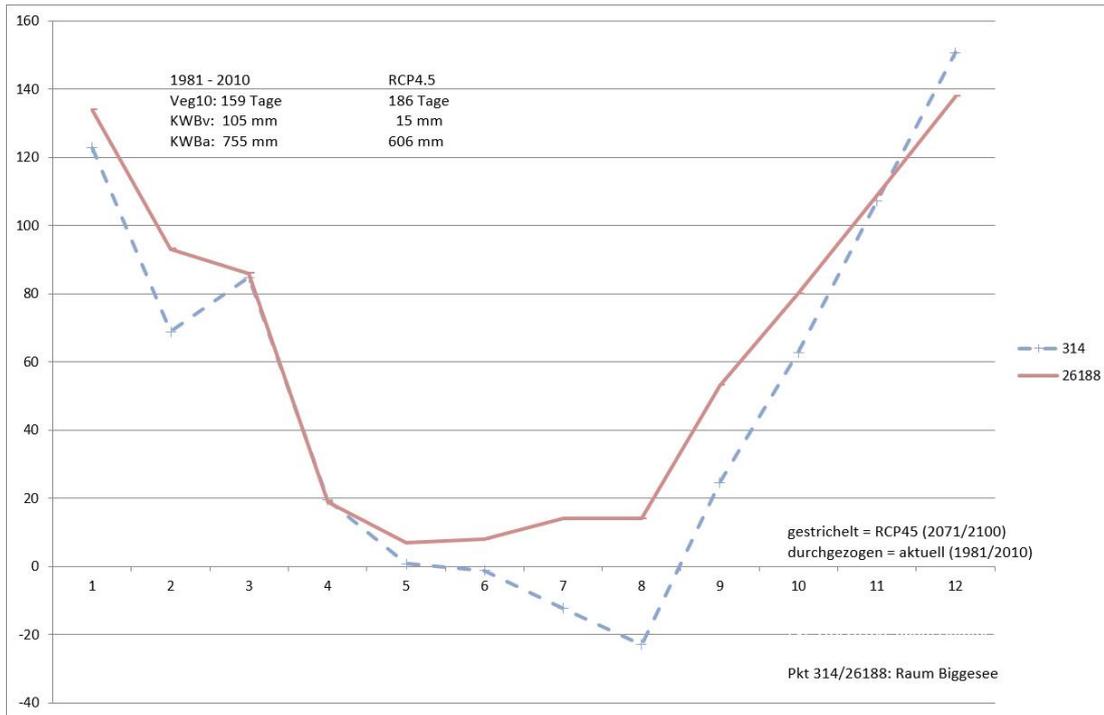


Abb. 1: Gegenüberstellung KWB nach Klima 1981-2010 (rot, durchgezogen) und 2071-2100, RCP4.5 (blau gestrichelt) für einen Standort im Raum Biggese.

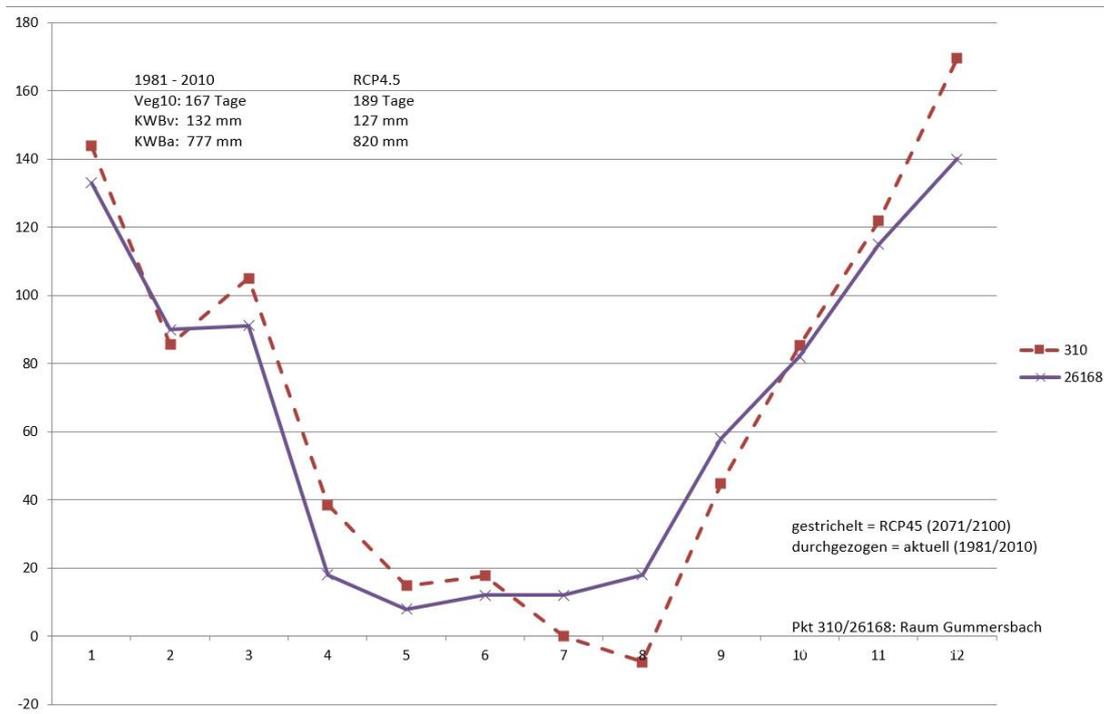


Abb. 2: Gegenüberstellung KWB nach Klima 1981-2010 (blau, durchgezogen) und 2071-2100, RCP4.5 (rot gestrichelt) für einen Standort im Raum Gummersbach.

### 3.2 Beschreibung der Berechnung

Auf Basis der Klima-Rasterdaten wurde für jede Rasterzelle aus den monatlichen Werten der KWB die Zahl der Monate mit negativer KWB als Anzahl trockener Monate je Rasterzelle berechnet (DWORSCHAK & SCHULTE-KELLINGHAUS, 2018, SCHULTE-KELLINGHAUS, 2022).

Bei der Zuweisung der Klimadaten zu den Polygonen der Bodenkarte wird die Zahl der „trockenen Monate“ als weiterer Parameter zugewiesen.

Entsprechend der modifizierten Methode (SCHULTE-KELLINGHAUS, 2022) wird für jedes Bodenpolygon die mittlere Zahl der trockenen Monate berechnet.

Für Bodenpolygone mit positiver KWBv wird die Differenz zwischen der Anzahl der trockenen Monate nach RCP-Szenario und aktuellem Klima berechnet.

Die errechnete Differenz wird normiert:

- negative Werte werden auf 0 gesetzt: eine Abnahme der Anzahl der trockenen Monate ist unplausibel.
- Werte größer 4 werden auf 4 reduziert: größere Differenzen werden als Ausreißer angesehen, die als Folge der modellbedingten Lage und Größe der Rasterzellen entstehen können.
- Erzeugung des Korrekturwertes für den GWH-Indexwert (Details s. DWORSCHAK & SCHULTE-KELLINGHAUS, 2018) durch Division der Differenz-Werte durch 3: Nach der Prämisse (vgl. Kap. 3.1) wird eine Anzahl von 3 trockenen Monaten für eine Standortdrift um eine Gesamtwasserhaushaltsstufe angesetzt.
- der negative Korrekturwert wird bei der Berechnung des GWH-Index (Ersteinstufung) als ergänzender Parameter eingefügt.

Alle weiteren Schritte der Berechnung der Forstlichen Standortkarte für die Klimawandelszenarien erfolgen unverändert wie in den Berichten von 2018, 2020 und 2022 beschrieben.

### 3.3 Algorithmen der Berechnung

$$\text{Korr}_{\text{RCP}} = -1 \times ( \sum( \text{Mt}_{\text{rcp}} ) / \text{R}_{\text{rcp}} - \sum( \text{Mt}_{81} ) / \text{R}_{81} ) / 3$$

wobei gilt:

Wenn  $\text{KWBv} > 0$

und wenn  $\text{Mt}_{\text{rcp}}\text{diff} < 0$  dann  $\text{Mt}_{\text{rcp}}\text{diff} := 0$

und wenn  $\text{Mt}_{\text{rcp}}\text{diff} > 4$  dann  $\text{Mt}_{\text{rcp}}\text{diff} := 4$

Wenn  $\text{KWBv} \leq 0$

dann  $\text{Mt}_{\text{rcp}}\text{diff} := 0$

dabei ist:

$\text{Mt}_{\text{rcp}}\text{diff} = \sum( \text{Mt}_{\text{rcp}} ) / \text{R}_{\text{rcp}} - \sum( \text{Mt}_{81} ) / \text{R}_{81}$  Zunahme trockener Monate RCP-Szenario

$\text{R}_{\text{rcp}}$  Anzahl Rasterzellen je Polygon RCP-Szenario

$R_{81}$	Anzahl Rasterzellen je Polygon Klima 1981-2010
$Mt_{rcp}$	Anzahl trockener Monate je Rasterzelle RCP-Szenario
$Mt_{81}$	Anzahl trockener Monate je Rasterzelle Klima 1981-2010
$\sum(Mt_{rcp}) / R_{rcp}$	Anzahl trockener Monate je Polygon RCP-Szenario
$\sum(Mt_{81}) / R_{81}$	Anzahl trockener Monate je Polygon Klima 1981-2010

### 3.4 Anwendung auf FSK5

Dieser ergänzte methodische Ansatz wird identisch auf die Berechnung des Gesamtwasserhaushalts für die Klimaszenarien der FSK5 übertragen und im Update der FSK5-RCP45 und FSK5-RCP85 im Jahre 2023 verwendet.

## 4 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden hier an Beispiel der FSK50 gezeigt und diskutiert – aufgrund der bodenkundlichen Unterschiede zwischen BK5 und BK50 gibt es natürlich teils deutliche Unterschiede im Detail, grundsätzlich sind die Ergebnisse wegen der identischen Methode aber absolut vergleichbar.

Die Abbildungen 1 und 2 (siehe Kap. 3.1) zeigen exemplarisch die Auswirkungen von sommerlicher Trockenheit: trotz positiver KWBv treten mehrere Monate mit negativer KWB auf. Diese Einzelfälle werden durch die flächenhafte Darstellung für die Regionen Bergisches Land, Sauer- und Siegerland verdeutlicht.

Die Abbildungen 3 bis 6 stellen die Anzahl der als trocken definierten Monate mit negativer KWB für das aktuelle Klima dem Szenario RCP 8.5 gegenüber und zeigen die Veränderung landesweit. Die Veränderung liegt in den Flachlandregionen überwiegend bei unter einem Monat, während sie im Bergland großflächig bei ein bis drei Monate und örtlich darüber liegt.

Die Abbildungen 7 und 8 stellen die Berechnung des Gesamtwasserhaushalts für das Szenario RCP 8.5 nach der bisherigen Methode und nach der neuen Berücksichtigung der Trockenphasen einander gegenüber. Für dieses Beispiel – Ausschnitt aus dem nördlichen Sauerland – auf Basis der FSK50 ohne Berücksichtigung der Waldverbreitung zeigt sich die Verschiebung der Gesamtwasserhaushaltsstufen sehr deutlich. Der hohe Anteil frischer und sehr frischer Standorte geht zu Gunsten mäßig frischer und teils trockenerer Standorte zurück.

Abbildung 9 stellt den Gesamtwasserhaushalt nach aktuellem Klima und für die beiden Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 für den gleichen Ausschnitt parallel dar. Die Veränderung auf Basis der Klimaprojektionen wird sehr deutlich, zwischen den beiden Szenarien bleiben die Unterschiede in diesem Ausschnitt allerdings gering.

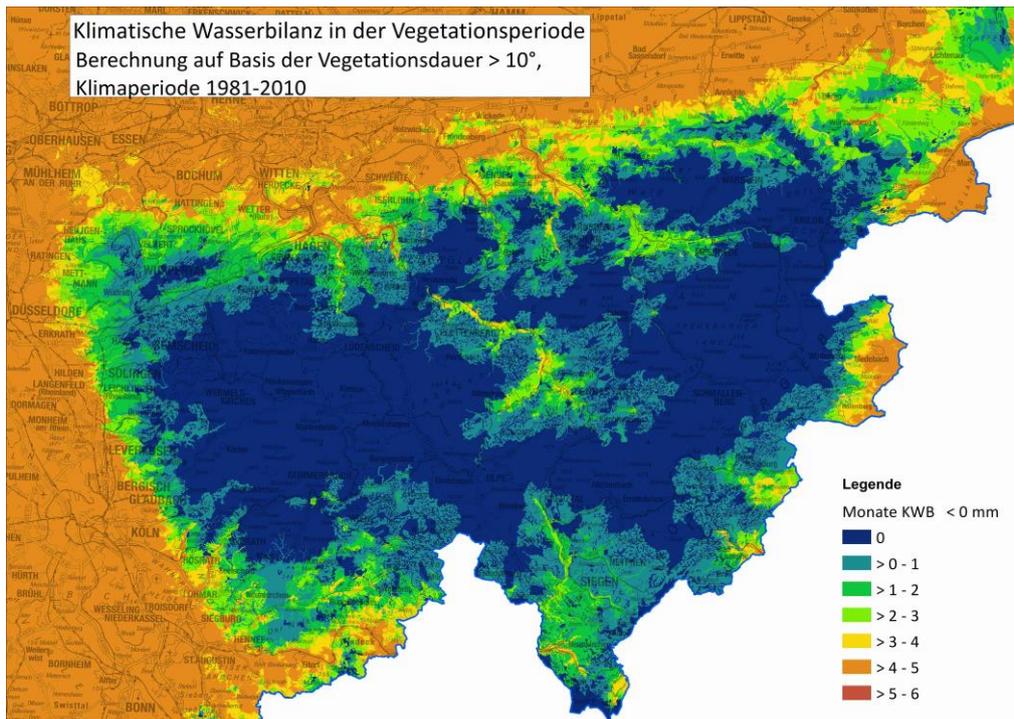


Abb. 3: Anzahl der Monate mit negativer Klimatischer Wasserbilanz unter aktuellem Klima (1981 – 2010); Darstellung auf Basis der Polygone der BK50

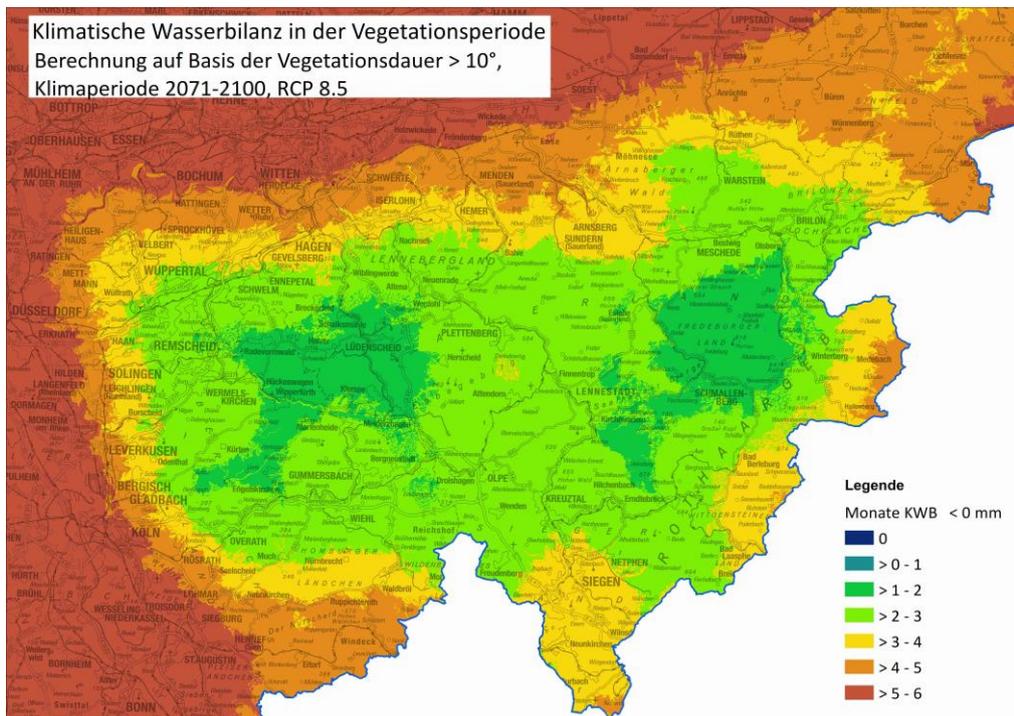


Abb. 4: Anzahl der Monate mit negativer Klimatischer Wasserbilanz unter Szenario RCP 8.5 (2071 - 2100) ; Darstellung auf Basis der Polygone der BK50

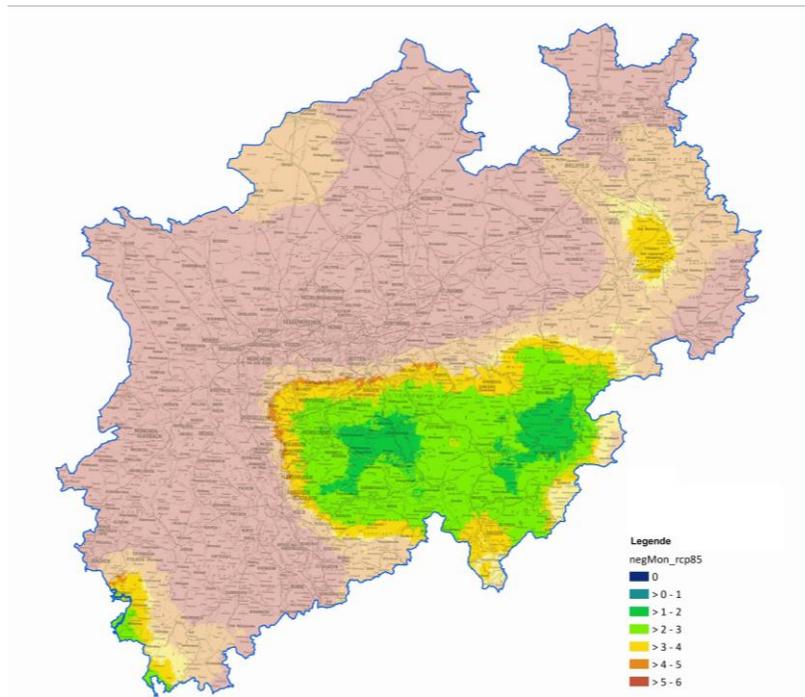


Abb. 5: Anzahl der Monate mit negativer Klimatischer Wasserbilanz unter Szenario RCP 8.5 (2071 - 2100) im landesweiten Überblick; Bereiche mit negativer KWBv grau maskiert; Darstellung auf Basis der Polygone der BK50

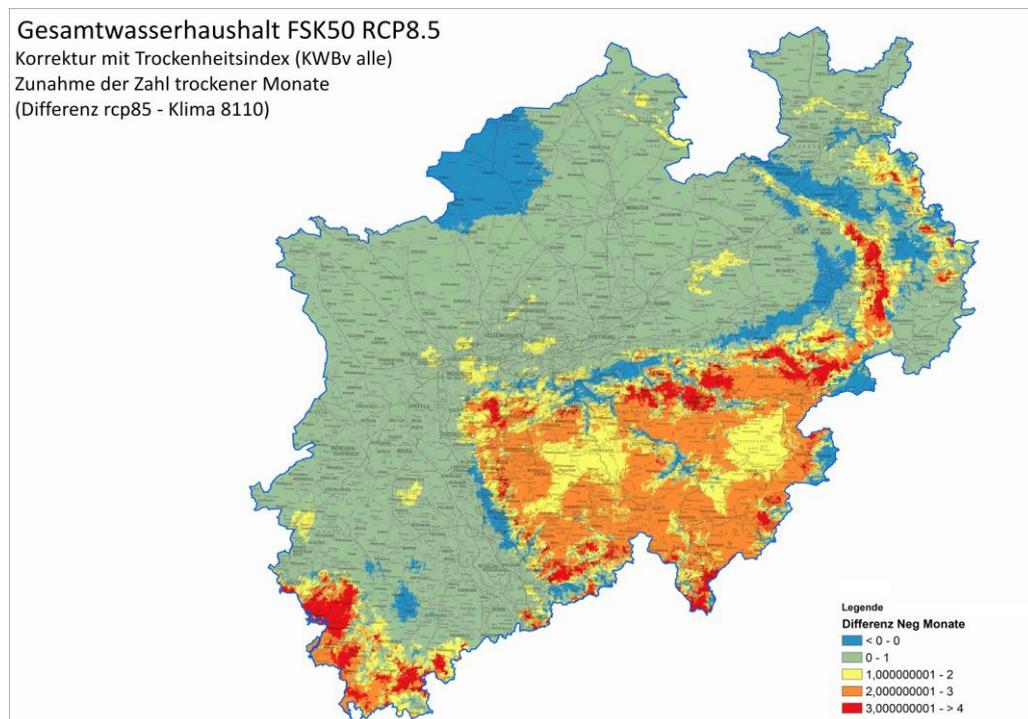


Abb. 6: Veränderung der Zahl der Monate mit negativer Klimatischer Wasserbilanz zwischen aktuellem Klima (1981 – 2010) und Szenario RCP 8.5 (2071 - 2100)

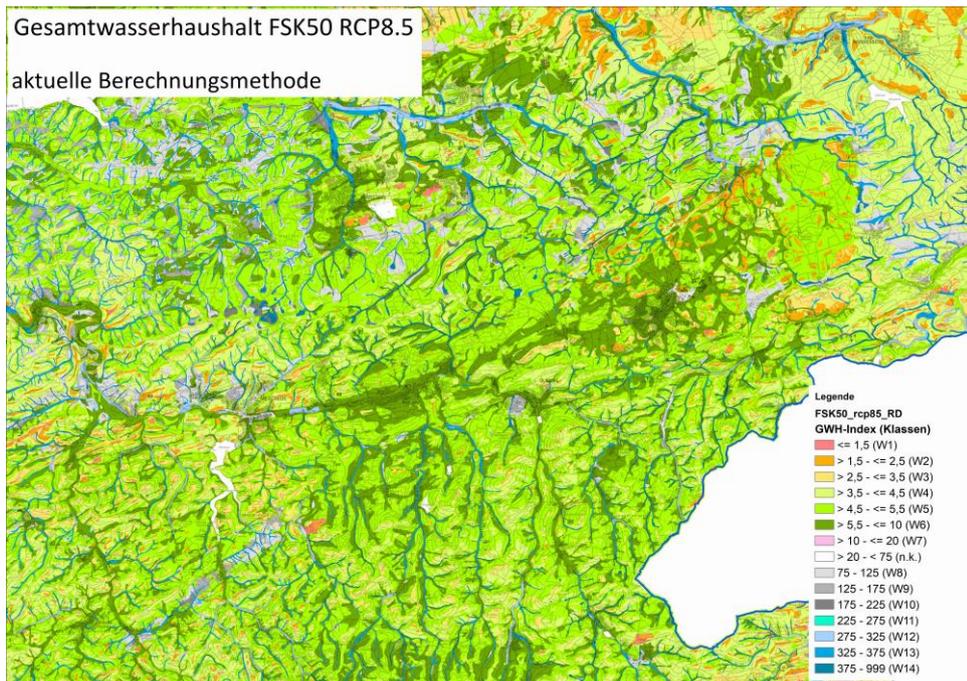


Abb. 7: Gesamtwasserhaushalt nach bisheriger Methode für Szenario RCP 8.5 (2071 - 2100); aufgrund der vollflächigen Darstellung ohne Berücksichtigung des Reliefs.

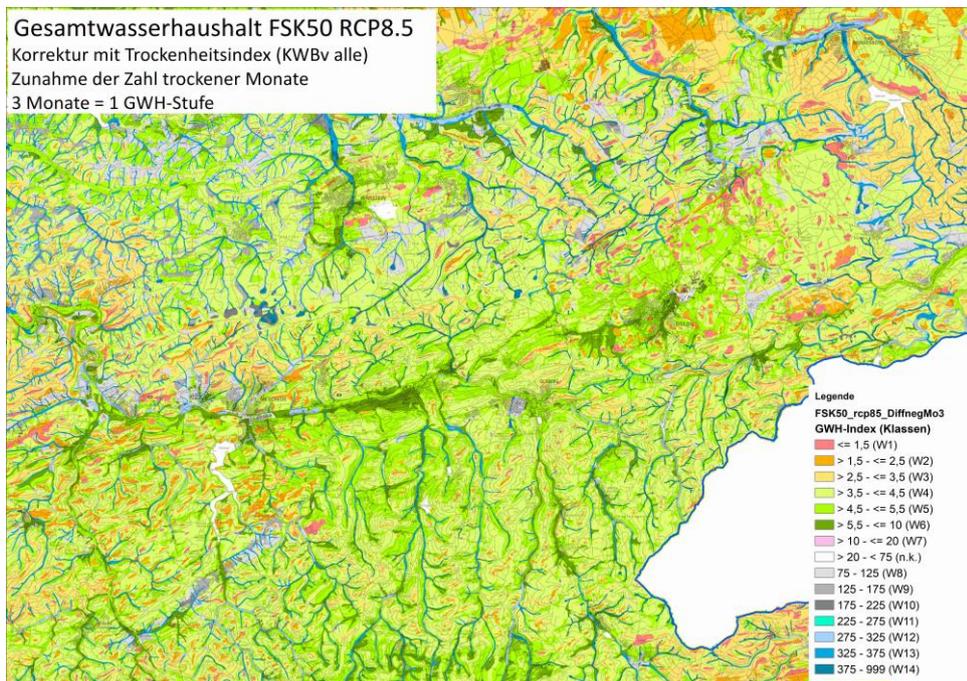


Abb. 8: Gesamtwasserhaushalt unter Berücksichtigung der Trockenphasen für Szenario RCP 8.5 (2071 - 2100); aufgrund der vollflächigen Darstellung ohne Berücksichtigung des Reliefs.

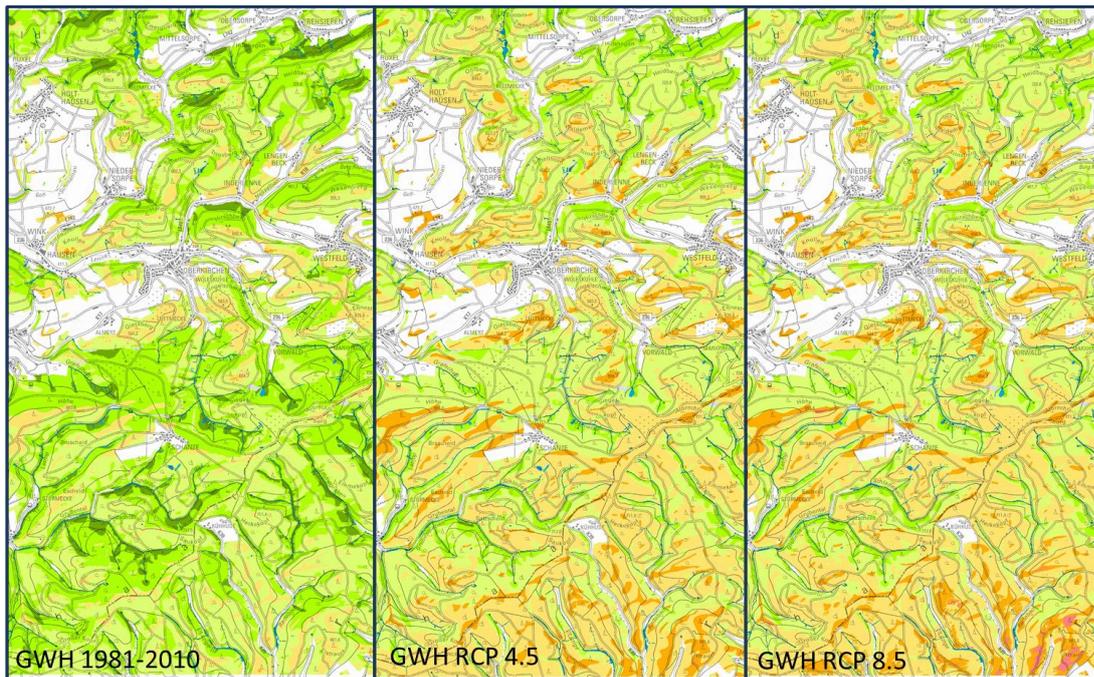


Abb. 9: Gegenüberstellung des Gesamtwasserhaushalts eines Ausschnitts nach den verschiedenen Klimavarianten; Darstellung auf Basis der FSK50

Die berechneten Einstufungen des Gesamtwasserhaushalts sind die Grundlage für die weiteren Ableitungen der Forstlichen Standortkarte. Das sind die Dürreempfindlichkeit für Waldstandorte, die Gruppierung zu Standorttypen mit der Empfehlung geeigneter Waldentwicklungstypen und die Baumarteneignung.

Als Beispiel für die Auswirkung wird in den Abbildungen 10 und 11 die Standorteignung für die Fichte nach bisheriger Methode und nach der Berücksichtigung der Trockenphasen beim RCP 4.5 gegenübergestellt. In diesem Ausschnitt zeigt die Gegenüberstellung eine sehr deutliche Verschiebung hin zu nur bedingter oder keiner Standorteignung und damit einem höheren Risiko für die Fichte.

Verschiebungen der Standorteignung zeigen sich – in unterschiedlichem Maße – bei allen bearbeiteten Baumarten.

Die Abbildungen 12 und 13 zeigen die Verschiebungen, die sich bei den Standorttypen ergeben. Trotz der Aggregation von Gesamtwasserhaushaltsstufen ist die Verschiebung von großenteils frischen zu vorherrschend mäßig frischen oder trockeneren Standorten deutlich zu erkennen.

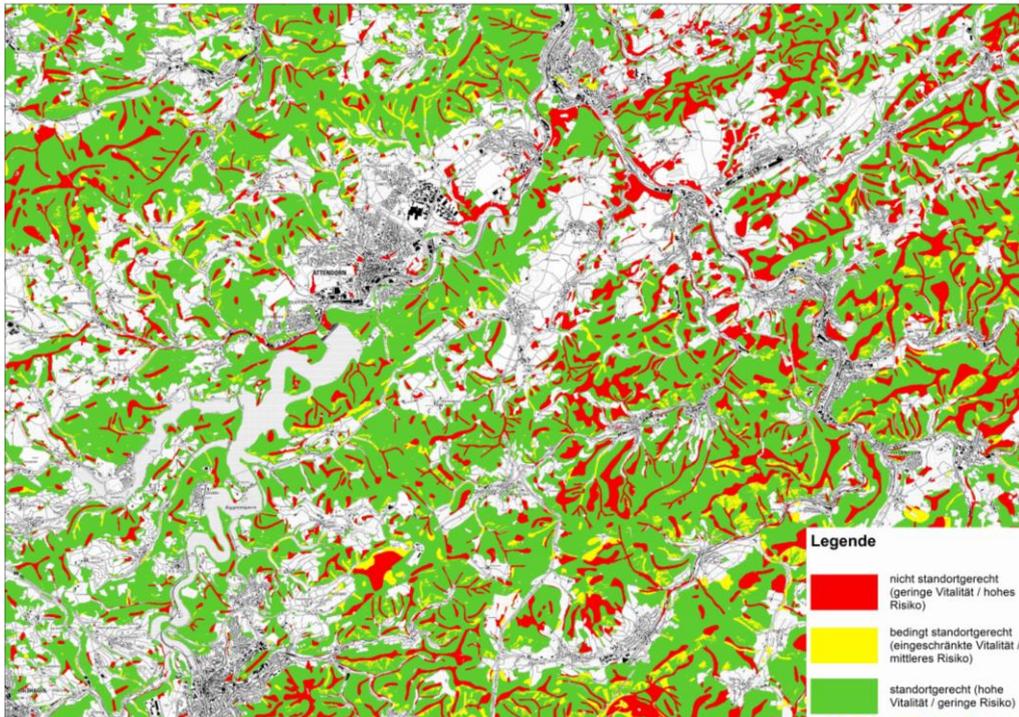


Abb. 10: Standorteignung für Fichte, FSK50 Klimaszenario RCP 4.5, bisherige Version

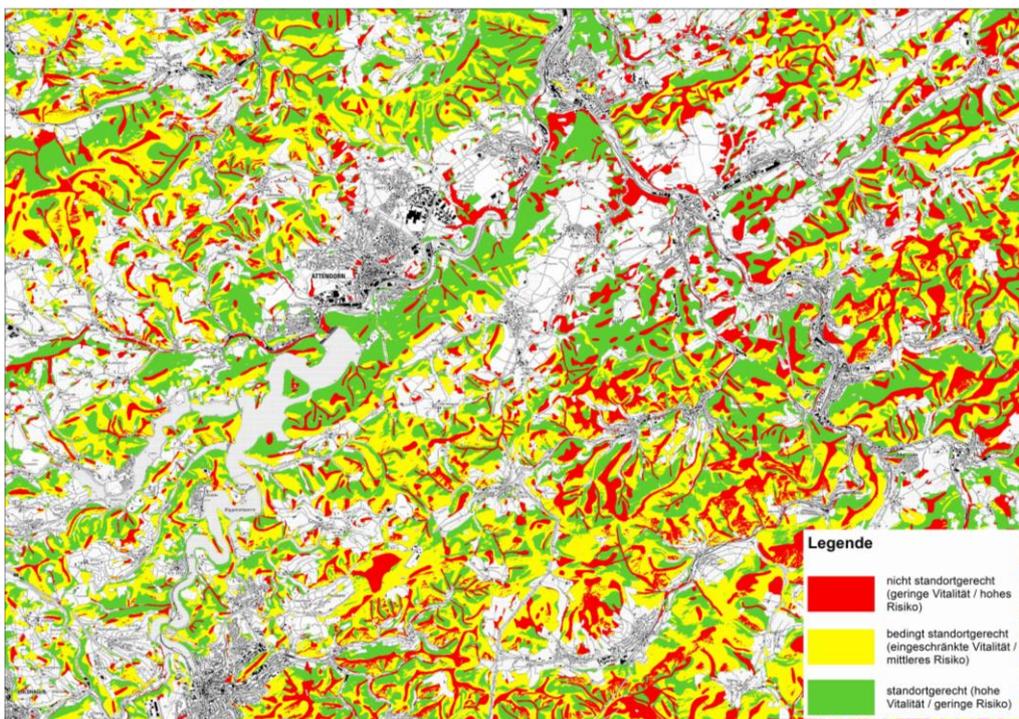


Abb. 11: Standorteignung für Fichte, FSK50 Klimaszenario RCP 4.5, mit neuer Berücksichtigung der Trockenphasen



## 5 Diskussion

Die im Kapitel 4 gezeigten und kurz beschriebenen Ergebnisse zeigen einerseits die Problematik der Trockenheit, die sich in der monatlichen KWB äußert und andererseits deutliche Auswirkungen der hier beschriebenen Methode zur Berücksichtigung der sommerlichen Trockenphasen.

Die sommerlichen Trockenphasen, die sich in stark reduzierter monatlicher KWB zeigen, beruhen sicherlich auf zwei Aspekten, die sich in den Klimakarten des Klimaatlas zeigen (Klimaatlas NRW, 2022a). Die Niederschläge werden geringer und die Temperaturen steigen. Die Klimatische Wasserbilanz als Modellwert zeigt die kombinierte Wirkung.

Das Modell der Beziehung zwischen KWBv und nFK des Standortes, das zur Berechnung des Gesamtwasserhaushaltes entwickelt wurde (DWORSCHAK & SCHULTE-KELLINGHAUS, 2018), ging noch von der seit langem gewohnten Verteilung der Niederschläge und Temperaturverläufe aus. Die Möglichkeit der ausgeprägten Trockenphasen in Regionen mit grundsätzlich positiver KWBv muss deshalb als zusätzlicher Parameter berücksichtigt werden. Insofern erscheint der hier gewählte Weg plausibel.

Die Annahme, drei trockene Monate innerhalb der Vegetationszeit bei ansonsten positiver KWBv als Kriterium für eine Standortdrift um eine Wasserhaushaltsstufe zu werten, ist nach ausführlichen Diskussionen gutachterlich gesetzt worden. Es gibt keine Möglichkeiten diese Prämisse standortkundlich zu validieren. Die Beurteilung und Festlegung für die Methode beruht letztlich nur auf der Bewertung der Ergebnisse, wie stark die Standortdrift sich auswirkt – im Vergleich zur Standortkarte nach aktuellem Klima und im Vergleich zu den bisherigen Standortkarten auf Basis der Klimaprojektionen.

Hier bleibt insofern Potential zur Diskussion und möglicherweise weiteren Verbesserung der Methode.

Der grundsätzliche Berechnungsweg über einen stufenlosen Gesamtwasserhaushaltsindex, der erst abschließend klassifiziert wird, ist in DWORSCHAK & SCHULTE-KELLINGHAUS (2018) beschrieben. Durch die Einbeziehung der Trockenheitskorrektur in diesen Algorithmus wird gewährleistet, dass es nicht zu unplausiblen harten Sprüngen kommt. Dies betrifft sowohl den Vergleich benachbarter Flächen als auch eine Änderung der Einstufung jeder einzelnen Fläche. Jede beliebige Dauer der nach den Klimarasterzellen berechneten Trockenphase einer Fläche wirkt sich auf den Indexwert der GWH-Berechnung aus. Gleichzeitig kann eine bewertete Fläche am unteren oder am oberen Rand einer GWH-Stufe liegen. Insofern kann auch schon eine relativ geringe Trockenphase zu einer Standortdrift in die nächst trockenere Gesamtwasserhaushaltsstufe führen. Andererseits ist die Verschiebung um mehr als eine

Stufe selten. Sie kann nur auftreten, wenn die Trockenheitsdifferenz mehr als drei Monate beträgt und damit der Korrekturwert maximal 1,3 erreicht.

Die Unterschiede zwischen den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 wurden in den Ergebnissen nicht thematisiert. Die Anzahl der trockenen Monate nach RCP 8.5 nimmt gegenüber RCP 4.5 zwar zu, allerdings bleibt es bei den gleichen Größenordnungen, meist zwischen ein und drei, selten über drei trockene Monate. Das führt im Ergebnis dazu, dass es natürlich noch weitere Verschiebungen innerhalb der Klassen kommt, aber es findet zwischen RCP 4.5 und RCP 8.5 nicht eine großflächige weitere Standortdrift statt. Die Erwartung, dass im Szenario RCP 8.5 es zu nochmals deutlich trockeneren Standorten kommt wird nur teilweise erfüllt. Ein Ansatz, ob oder wie man begründet methodisch zwischen den beiden Szenarien differenziert vorgehen könnte, liegt nicht vor. Dieser fehlende Unterschied ist allerdings auch bereits in den Klimadaten der Projektionen begründet, die insbesondere über die Niederschlagsverteilung im Jahr und die Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode keine so starke Differenzierung liefern (Klimaatlas NRW, 2022a).

Standorte, deren Wasserhaushalt primär von Stau- oder Grundwasser geprägt sind – mäßig wechselfeucht, wechselfeucht, staunass oder grundfeucht, feucht, nass – bleiben weiterhin unberührt von der berechneten Standortdrift durch die Klimaprojektionen und auch die Modifikationen durch Trockenphasen. Dieses Thema ist schon von SCHULTE-KELLINGHAUS et al. (2020) diskutiert worden.

Wechselfeuchte oder Staunässe bleiben als grundsätzliche Standorteigenschaft erhalten, auch wenn der Wechsel zwischen Trocken- und Nassphasen ausgeprägter wird. Zu welchen Gesamtwasserhaushaltsstufen bzw. Standorttypen mit entsprechender Baumarteneignung eine Standortdrift führen könnte, ist noch ungeklärt.

Ähnliches gilt für Grundwasserstandorte: die Amplitude des Grundwasserstandes im Laufe des Jahres wird – aber möglicherweise auch regional verschieden – größer. Ob oder unter welchen Bedingungen aber eine Standortdrift zu einer anderen Gesamtwasserhaushaltsstufe und damit zu einem anderen Standorttyp führen kann, ist noch ungeklärt, da auch der Einfluss der Klimaprojektionen auf die Grundwasserneubildung nicht ausreichend geklärt ist.

## 6 Zusammenfassung

Im Jahre 2018 wurde die Forstliche Standortkarte FSK50 auf Grundlage der Bodenkarte 1 : 50.000 vorgestellt. Es folgte die FSK5 auf Basis der Bodenkarte 1 : 5.000. Mit gleicher Methode wurden im Jahre 2020 Varianten der FSK5 und FSK50 auf Basis von Klimaprojektionen veröffentlicht. Die Forstlichen Standortkarten auf Grundlage der Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 haben das Ziel eine mögliche Standortdrift aufzuzeigen und risikoarme Entscheidungshilfen für Wiederaufforstung und andere Maßnahmen der Waldbewirtschaftung zu geben. Es zeigte sich relativ schnell, dass die Ergebnisse – obwohl methodisch korrekt – nicht befriedigend waren. Die Erwartungen an die Veränderungen der Standorte und insbesondere die damit verbundene Veränderung der Standorteignung verschiedener Baumarten und damit deutlichere Hinweise zur Baumartenwahl in Hinblick auf den Klimawandel wurden nicht erfüllt.

Die Analyse der zugrundeliegenden Daten zeigte, dass die Intensität von Trockenphasen während der Vegetationsperiode nicht ausreichend berücksichtigt war. Diese Problematik wird mit dem vorliegenden Text und dem darauf beruhenden Update der Forstlichen Standortkarten bearbeitet. Mit einem Ansatz, der eine Verschiebung des Standortwasserhaushaltes um eine Gesamtwasserhaushaltsstufe bei drei trockenen Monaten einbezieht, wird eine deutliche Veränderung der Standorte, Standorttypen und Baumarteneignung erreicht. Die auf Grundlage dieser methodischen Ergänzungen berechneten neuen Standortkarten für die Klimawandelszenarien werden im Jahre 2023 veröffentlicht.

## 7 Literatur

DWORSCHAK, M.; SCHULTE-KELLINGHAUS, S. (2018): Forstlich-standortkundliche Auswertung auf Basis der Bodenkarte 1 : 50 000. Projektbericht. – 72 S.; Krefeld (Geol. Dienst Nordrh.-Westf.).

Klimaatlas NRW, 2022a: <https://www.klimaatlas.nrw.de/klima-nrw-pluskarte> (zuletzt abgerufen am 12.6.2023)

Klimaatlas NRW, 2022b: <https://www.klimaatlas.nrw.de/klima-erklaert/klimawandel> (zuletzt abgerufen am 12.6.2023)

Klimaatlas NRW, 2022c: Methodik – Papier zum Handlungsfeld Wasserwirtschaft: Klimatische Wasserbilanz. - [https://www.klimaatlas.nrw.de/sites/default/files/2022-12/Methodik\\_Umwelt\\_Wasserwirtschaft\\_KWB.pdf](https://www.klimaatlas.nrw.de/sites/default/files/2022-12/Methodik_Umwelt_Wasserwirtschaft_KWB.pdf) (zuletzt abgerufen am 12.6.2023)

LANUV, 2021: Klimabericht NRW 2021. Klimawandel und seine Folgen – Ergebnisse aus dem Klimafolgen- und Anpassungsmonitoring. LANUV Fachbericht 120- – 320 S.; Recklinghausen

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, MULNV NRW (2021): Walbaukonzept Nordrhein-Westfalen - Empfehlungen für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung- - 192 S. ; Düsseldorf

SCHULTE-KELLINGHAUS, S., WELLER, A., WOLFF, I. (2020): Erweiterung der Forstlichen Standortkarte von Nordrhein-Westfalen auf der Grundlage von Klimaprojektionen und zur Entwicklung von Karten zur Eignung von Baumarten und Waldentwicklungstypen - Projektbericht. – 58 S.; Krefeld (Geol. Dienst Nordrh.-Westf.).

SCHULTE-KELLINGHAUS, S. (2022): Forstlich-standortkundliche Auswertung auf Basis der Bodenkarte 1 : 5.000 und 1 : 50.000, Update 2022. Projektbericht. – 36 S.; Krefeld (Geol. Dienst Nordrh.-Westf.).