

Wald und Klimawandel in NRW

1. Klima und Anmerkungen zu Änderungen

Unter dem Begriff Klima wird die statistische Betrachtung von Wetter und Witterung über längere Zeiträume, i.d.R. 30-jährige Perioden, verstanden. Parameter dieser Betrachtung sind u.a. Temperatur, Niederschlag, Luftdruck, Luftfeuchte, Windstärke und -richtung, Einstrahlung, Bewölkung. Das Klima auf der Erde ist Resultante eines hochkomplexen Zusammenwirkens zahlreicher Elemente. Hierzu gehören die Lufthülle, Landflächen, Ozeane, Eisflächen u.a., die durch verschiedene Prozesse miteinander in Verbindung stehen.

Änderungen von Klimamerkmale fanden in der Vergangenheit immer wieder statt (z.B. Wärmeperiode im Mittelalter von 950 bis 1250; Weinbau in Norddeutschland oder Kleine Eiszeit von 1350 bis 1880; Weinbau in Norddeutschland kam zum Erliegen) und werden auch in der Zukunft immer wieder auftreten. Dieser Wandel des Klimas wurde in verschiedenen Arbeiten ausführlich betrachtet. Hierbei ist wichtig, dass Klimaelemente, wie z.B. die Lufttemperatur erst seit ca. 250 Jahren systematisch gemessen und seit ca. 100 Jahren wissenschaftlich ausgewertet werden.

Untersuchungen in den letzten Jahren belegen einen stark beschleunigten Wandel von Klimamerkmale (insbesondere der Mitteltemperatur). Dieser Wandel scheint durch menschliche Aktivitäten und die Emission von Treibhausgasen mit verursacht zu sein. Prognosen für die Klimaentwicklung in den nächsten Jahrzehnten gehen von einer weiteren Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um 1 bis 4°C und einer Verlängerung der Vegetationszeit in den nördlichen Breiten aus.

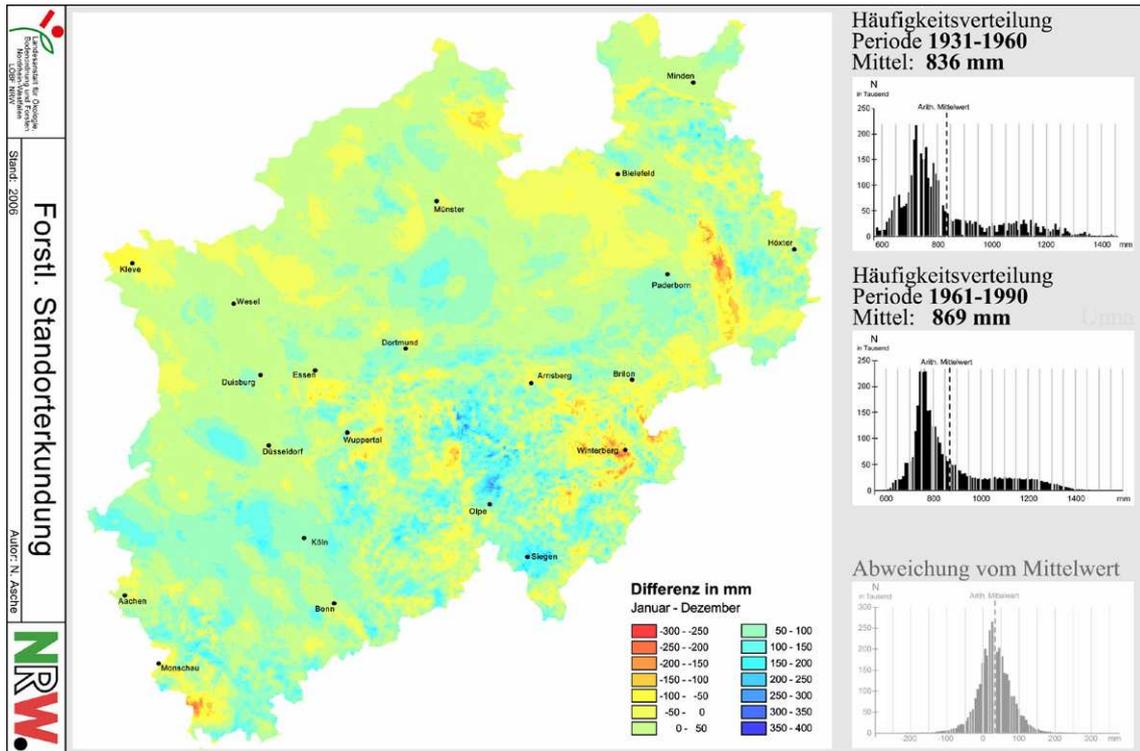


Abb. 2: Niederschlagsdifferenzen in mm, Periode 1961-1990 minus 1931-1960 (Jahreswerte)

Eine Auswertung dieser Klimadaten für das Sommerhalbjahr (April bis September) und das Winterhalbjahr (Oktober bis März) zeigt, dass im Vergleich der beiden Perioden (1961-1990 und 1931-1960) die Temperaturen im Sommerhalbjahr nahezu konstant geblieben sind [Abb. 3, 4], während in den Wintermonaten die Mitteltemperatur im Zeitraum 1961-1990 deutlich angestiegen ist. Der Periodenvergleich ergibt für die Niederschläge keine Änderung in den Sommermonaten jedoch einen deutlichen Anstieg im Winter [Abb. 5, 6].

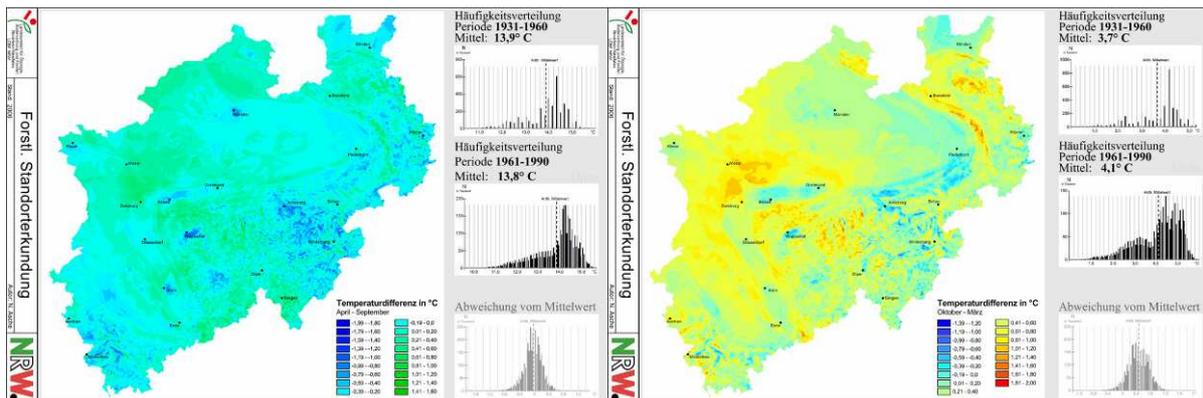


Abb. 3 und 4: Temperaturdifferenzen in °C, Periode 1961-1990 minus 1931-1960 (Sommer, Winter)

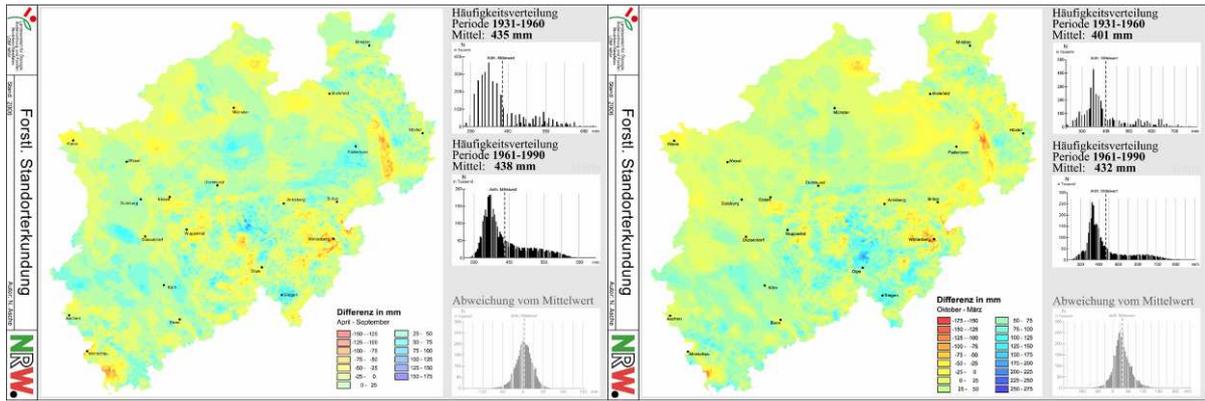


Abb. 5 und 6: Niederschlagsdifferenzen in mm, Periode 1961-1990 minus 1931-1960 (Sommer, Winter)

Ergebnis dieser Betrachtung ist, dass sich das Klima in NRW verändert hat; es ist im Mittel wärmer und feuchter geworden, insbesondere im Winterhalbjahr. Ob und wie dieser Wandel sich auch in der Häufigkeit von Extremereignissen ausgewirkt hat, kann aus den hier vorliegenden Daten nicht abgeleitet werden.

3. Heute schon erkennbare Merkmale eines Klimawandels im Wald

Baumarten, die hohe Ansprüche an den Faktor Wärme haben und in den Niederungsgebieten recht gut wachsen, fruktifizieren und verjüngen sich jetzt auch erfolgreich natürlich und können so ihr Verbreitungsgebiet ausweiten. Beispiele sind u.a. Robinie (*Robinia pseudoacacia*) und Esskastanie (*Castanea sativa*). Baumarten, die an kühl feuchte Standortbedingungen angepaßt sind (z.B. Fichte, *Picea abies*) können durch eine Klimaerwärmung in ihrer Vitalität beeinträchtigt und anfälliger gegenüber verschiedensten Stressoren werden. Dies gilt insbesondere auf sogenannten Grenzstandorten. Neben Baumarten aus wärmeren Klimaten erweitern auch andere Organismen mit erhöhtem Wärmeanspruch ihr Verbreitungsgebiet. Beispielsweise treten in den letzten Jahren verstärkt Massenvermehrungen des Eichenprachtkäfers (*Agrilus biguttatus*), des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) und des Eichenprozessionsspinners (*Thaumetopoea processionea*) auf. Diese hier genannten Insekten können z.T. erhebliche Schäden in Wäldern verursachen, die bis hin zum Absterben ganzer Bestände führen.

4. Klimawandel und Länge der Vegetationszeit

Die Periode mit einer Tagesmitteltemperatur $>10^{\circ}\text{C}$ wird als Vegetationszeit bezeichnet. Nur in dieser Zeit können Pflanzen Biomasse produzieren und ihren gesamten Lebenszyklus (blühen, fruktifizieren, verjüngen) durchlaufen. Die Vegetationszeit ist eine wichtige Größe, des jeweiligen (forstlichen) Standortes und insbesondere im Bergland sehr stark differenziert. Sie beträgt in Nordrhein-Westfalen ca. 190 Tage im Tiefland und nimmt auf ca. 110 Tage in den Hochlagen des Sauerlandes ab. Da die Ansprüche der Baumarten an die erforderliche Länge der Vegetationszeit für ihr Wachstum unterschiedlich sind, werden durch dieses Standortmerkmal die Verbreitungsareale von Baumarten mitbestimmt.

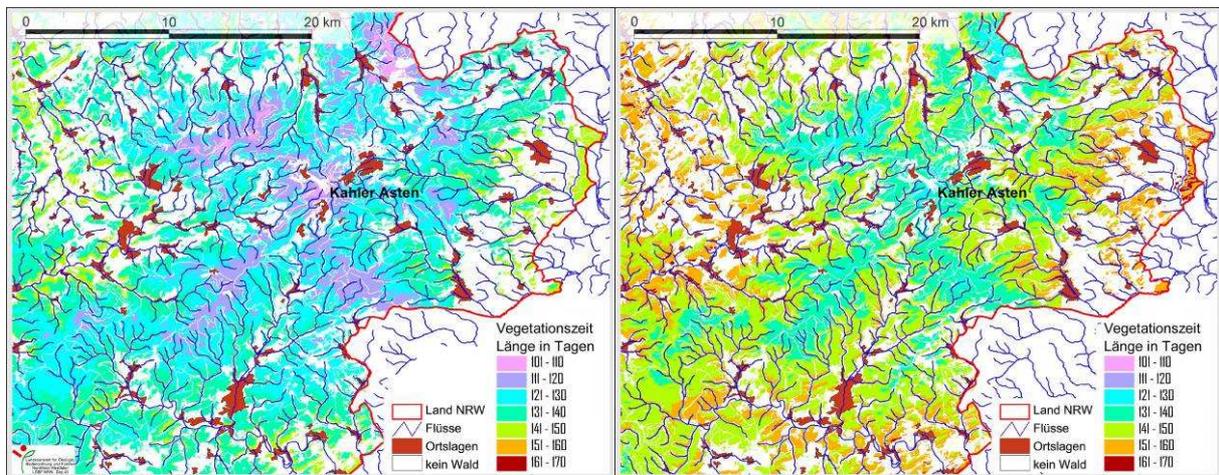


Abb. 7 und 8: Länge der Vegetationszeit im Hochsauerland im Mittel der Periode 1961-1990 [links] und nach Erhöhung der monatlichen Mitteltemperaturen um 1°C [rechts].

Wird das Klima wärmer, so hat dies auch Auswirkungen auf die Länge der Vegetationszeit, wie dies am Beispiel des Hochsauerlandes in den Abbildungen 7 und 8 dargestellt ist. Welche Auswirkungen dies auf die Verbreitung von Baumarten hat ist unter Punkt 3 angesprochen und wird unter dem Abschnitt standortgerechte Baumartenwahl behandelt.

5. Klimawandel und Waldstandorte: regionale und lokale Auswirkungen

Das Wachstum der Waldbäume wird durch den Standort bzw. wichtige Umweltbedingungen geprägt. Sie sind im Gelände durch Lage, **Klima**, Geologie, Boden und Waldnutzungsgeschichte charakterisiert. Je nachdem wie die Umweltbedingungen bzw. Standortmerkmale ausgeprägt sind und je nachdem wie diese mit den Ansprüchen der Waldbäume übereinstimmen, zeigen die Bäume unterschiedliche Wuchsleistungen und bilden charakteristische Waldtypen aus.

Einige Autoren weisen darauf hin, dass der Gesamtwasserhaushalt (**Klima** und Boden) des jeweiligen Standortes die Wirkungen eines Klimawandels auf den Waldzustand prägen wird. Da der Gesamtwasserhaushalt eine wichtige Zielgröße der forstlichen Standorterkundung ist, kann unter Nutzung der dort angewandten Methoden abgeschätzt werden (vgl. ASCHE u. SCHULZ, 2005, Wertermittlungsforum, 23. Jg. 4, S. 129-132), welche Auswirkungen Klimaänderungen auf den Gesamtwasserhaushalt der Standorte und damit auf Wuchsleistung und Vitalität der Waldbäume erwarten lassen.

Wenn Merkmale der Klimaänderung bekannt oder geschätzt sind, kann mit den Werkzeugen der digitalen forstlichen Standortklassifikation ihre Wirkung auf die Länge der Vegetationszeit und den Gesamtwasserhaushalt für die regionale und auch lokale Ebene berechnet werden. Bei der Standortklassifikation werden digital verfügbare Daten u.a. zu den Merkmalen Lage, **Klima**, Boden, Vegetation in z.T. hoher räumlicher Auflösung (10x10 m Rasterzellen) genutzt, um waldökologisch wichtige Zielgrößen, u.a. Vegetationszeitlänge, Trophie- und Gesamtwasserhaushaltsstufe zu berechnen.

Für die Standortklassifikation werden Klimamerkmale der Periode 1961-1990 benutzt. Die hiermit erarbeitete Verteilung der Gesamtwasserhaushaltsstufen stellt den aktuellen Ausgangszustand dar (**Klima 0**). Als gesetzte Varianten möglicher Klimaänderungen bzw. Abweichungen von dieser Periode wurden folgende **Szenarien** berechnet:

Klima 1:Verlängerung der Vegetationszeit um ca. 14 Tage bei einer Erhöhung aller monatlicher Mitteltemperaturen um 1°C und **Erhöhung** des monatlichen **Niederschlages um 10 %**.

Klima 2:Verlängerung der Vegetationszeit um ca. 14 Tage bei einer Erhöhung aller monatlicher Mitteltemperaturen um 1°C, der **Niederschlag** entspricht dem der **Periode 1961-1990**.

Klima 3:Verlängerung der Vegetationszeit um ca. 14 Tage bei einer Erhöhung aller monatlicher Mitteltemperaturen um 1°C und **Verminderung** des monatlichen **Niederschlages um 10 %**.

Für die Berechnung der Gesamtwasserhaushaltsstufen wurde die Standortklassifikation insgesamt 4 mal durchgeführt. In den vier Durchgängen wurden lediglich klimatische Eingangsgrößen entsprechend den oben angegebenen **Szenarien Klima 0 bis Klima 3** verändert. Alle anderen Parameter wurden unverändert für die Varianten übernommen. Berücksichtigt wurde bei diesen Berechnungen, dass sich bei veränderten Klimamerkmale auch die einzelnen Klassen der stau- und grundwasser geprägten Standorte in ihrer Flächenausdehnung verändern. Der mögliche Wechsel

zwischen nicht hydromorphen Flächen und Stau- und Grundwasser geprägten Standorten wurde noch nicht umgesetzt. Um dies realitätsnah abbilden zu können sind noch weitere Arbeiten erforderlich.

Regionale Auswirkungen

Die **Szenarien Klima 0 bis Klima 3** wurde für das gesamte Bergland in Nordrhein-Westfalen berechnet. Betrachtet man z.B. die Waldflächen des Bergischen Landes und des Sauerlandes, so weisen dort von den ca. 450.000 ha Wald ca. 26.500 ha einen durch Stau- oder Grundwasser geprägten Wasserhaushalt auf und ca. 423.500 ha Waldfläche verteilen sich auf die terrestrischen Wasserhaushaltsstufen sehr trocken bis sehr frisch. Im Szenarion **Klima 0** nehmen trockene und sehr trockene Standorte einen Anteil von ca. 2.200 ha bzw. weniger als 1% der Waldfläche ein. Frische und sehr frische Standorte haben eine Flächenausstattung von ca. 261.000 ha bzw. ca. 58% der Waldfläche. Eine Temperaturerhöhung mit gleichzeitig erhöhtem Niederschlag (**Klima 1**) hat eine Verschiebung der Gesamtwasserhaushaltsstufen zur Folge. Die trockenen und sehr trockenen Standorte nehmen um ca. 500 ha ab während die frischen und sehr frischen Bereiche um ca. 21.000 ha zunehmen. Steigt die Jahresmitteltemperatur und die Niederschläge bleiben gleich (**Klima 2**) so ist eine deutliche Verschiebung der Gesamtwasserhaushaltsstufen in Richtung trocken zu erwarten. Diese Verschiebung wird dann noch ausgeprägter sein, wenn zusätzlich die Niederschläge abnehmen (**Klima 3**). Bei dieser Variante nimmt der Flächenanteil der frischen und sehr frischen Standorte um ca. 88.000 ha ab, gleichzeitig nehmen die trockenen und sehr trockenen Bereiche um ca. 6.600 ha gegenüber dem Ausgangszustand (Klima 0) zu. Aus dieser Betrachtung wird deutlich, dass eine Änderung von Klimamerkmale erhebliche Auswirkungen auf den forstlichen Standort bzw. die Gesamtwasserhaushaltsstufe haben, die die weitere Entwicklung der Wälder wesentlich prägen wird.

Lokale Auswirkungen

Für den Waldbesitzer bzw. den Förster reicht die Auswertung für Regionen (siehe oben) nicht aus. Er benötigt für seine Arbeit Daten darüber, wie sich ein Klimawandel konkret in seinen Waldparzellen auswirken wird. Diese benötigten Informationen kann die Standortkunde in Form von Karten in hoher räumlicher Auflösung bereitstellen, die dann eine Grundlage für die gezielte Entwicklung der Wälder sein kann, um sie vorsorgend an den erwarteten Klimawandel anzupassen.

Am Beispiel eines Gebietes in der Hocheifel bei Monschau wird die lokale Wirkung möglicher Klimaentwicklungen vorgestellt. Die Waldflächen bei Monschau liegen in einer Höhe von 560 bis 620 m ü. NN, die Jahresmitteltemperatur beträgt 7 bis 7,5°C, die Niederschläge erreichen im Jahresmittel 1200 mm und die Vegetationszeit ist 130 bis 140 Tage lang. Aus den anstehenden devonischen Schiefen haben sich basenarme Braunerden verschiedener Entwicklungstiefe entwickelt. Kleinflächig kommen Pseudogleye und in den Talbereichen Gleye vor. Das Ergebnis der durchgeführten Standortklassifikation ist in Abbildung 9 dargestellt. Dabei gibt die Grundfarbe die Trophie an, die in den Talbereichen als mittel und auf der übrigen Waldfläche als schwach eingestuft wurde. Flächen mit einer blauen Schraffur sind frische Standorte mit einer ausreichenden Wasserversorgung.

Waldflächen ohne weitere Schraffur wurden als mäßig frisch eingestuft. Hier kann es im Jahresverlauf kurzfristig für die Waldbäume zu Wasserstreß kommen. Flächen mit einem mäßig trockenen Gesamtwasserhaushalt kommen nur kleinfächig vor. Hier ist die Wuchsleistung der Bäume durch Wasserstreß häufiger vermindert. Wechselfeuchte Standorte nehmen nur kleine Flächen ein.

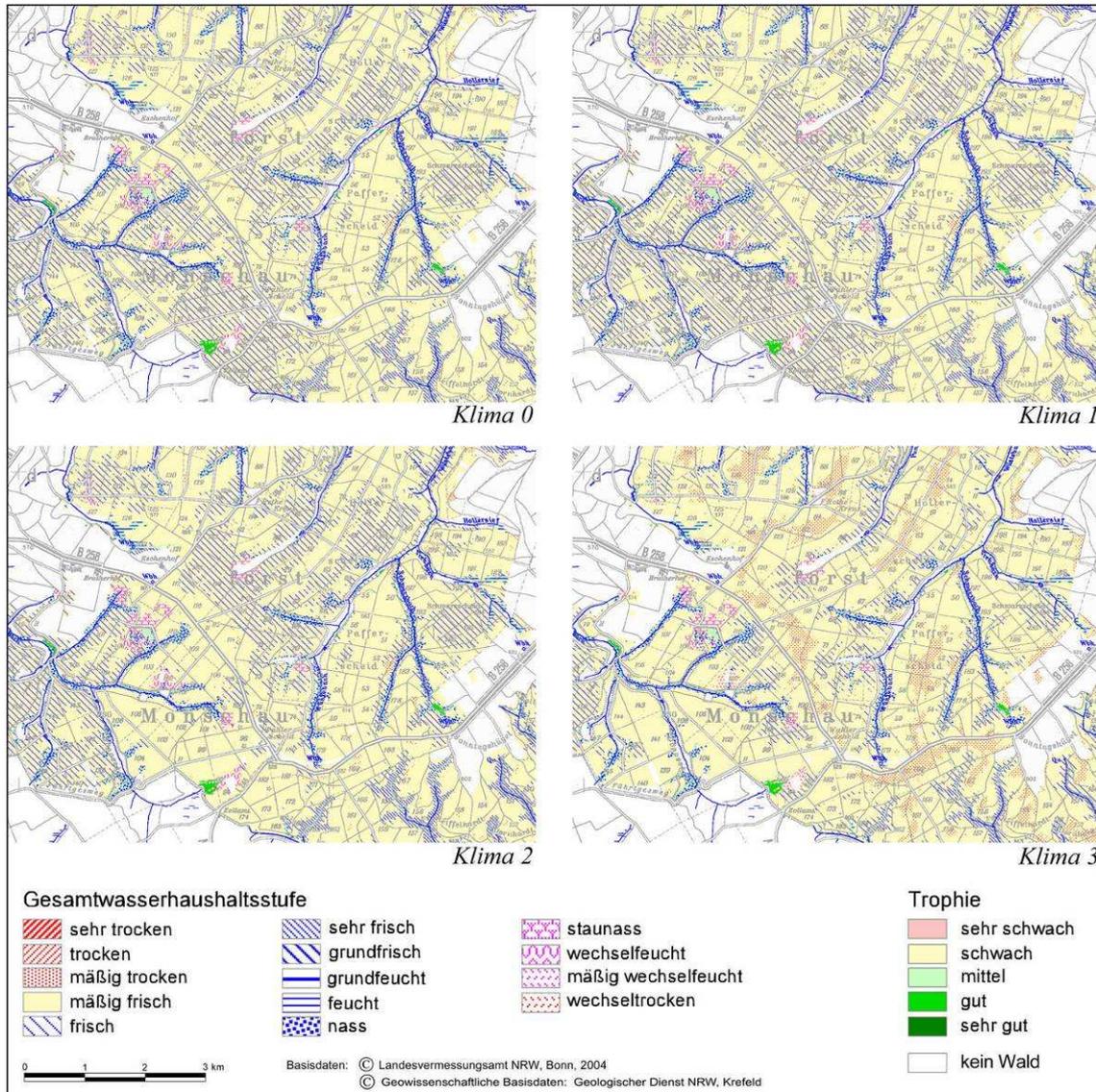


Abb. 9: Verschiebung der Gesamtwasserversorgung von Waldstandorte bei veränderten Klimabedingungen im Bereich Monschau

Ändert sich das Klima entsprechend **Klima 1** (wärmer und feuchter), so ändert sich der Gesamtwasserhaushalt der Standorte kaum (Abb. 9). Die Flächen mit einem mäßig trocken und mäßig frischen Wasserhaushalt werden geringfügig abnehmen, während Flächen mit einem frischen Gesamtwasserhaushalt geringfügig zunehmen. Wird es jedoch wärmer mit verlängerter Vegetationszeit bei gleich bleibenden Niederschlägen (**Klima 2**), so hat dies mehr Auswirkungen auf den Gesamtwasserhaushalt der Standorte (Abb. 9). Teile der bisher als frisch eingeschätzte Standorte werden als mäßig frisch eingestuft. Derartige Bereiche sind durch eine geringe bis mäßige nutzbare

Wasserspeicherkapazität der Böden charakterisiert. Auffällig ist, dass der Anteil der mäßig trockenen Standorte sich kaum verändert. Steigt die Temperatur bei verlängerter Vegetationszeit und nehmen gleichzeitig die Niederschläge ab (**Klima 3**), wird die Gesamtwasserhaushaltsstufe der Standorte deutlich in Richtung trocken verändert. Die Mehrzahl der ursprünglich als frisch eingeschätzten Flächen werden bei Klima 3 als mäßig frisch klassifiziert und der Anteil der mäßig trockenen Flächen nimmt größere Flächen auf flach- und mittelgründigen Böden ein (Abb. 9). Diese veränderten Klimamerkmale bzw. Gesamtwasserhaushaltsstufen werden auch Auswirkungen auf die Baumartenwahl und Vitalität der Waldbäume haben (siehe Punkt 3).

6. Klimawandel und standortgerechte Baumartenwahl

Die standortgerechte Baumartenwahl wird in verschiedenen programmatischen und rechtlichen Vorgaben für die Waldentwicklung und naturnahe Waldbewirtschaftung gefordert. Baumarten sind dann standortgerecht, wenn die bekannten ökologischen Ansprüche der Baumart bzw. des Baumbestandes mit den erfaßten Standorteigenschaften (Umweltbedingungen) möglichst vollständig übereinstimmen, die Baumart vital und stabil erwächst und keine negativen Einflüsse auf den Standort hat.

Für die Umsetzung dieser Vorgabe – standortgerechte Baumartenwahl – und das praktische waldbauliche Handeln wurden Ökogramme für waldbaulich interessante Baumarten entwickelt (Abb. 10). Hierfür wurden drei Schlüsselgrößen für die Einordnung der Baumarten benutzt: Länge der Vegetationszeit, Wasserversorgung, Trophie. Da mit diesen Parametern auch die Standorttypen gekennzeichnet werden (siehe Punkt 4), ist die Zuweisung von Baumarten zu einem Standorttyp recht leicht möglich. Bei diesem Vorgehen ist die Entscheidung ob eine Baumart als standortgerecht auf einem bestimmten Standorttyp gilt transparent und leicht nachzuvollziehen.

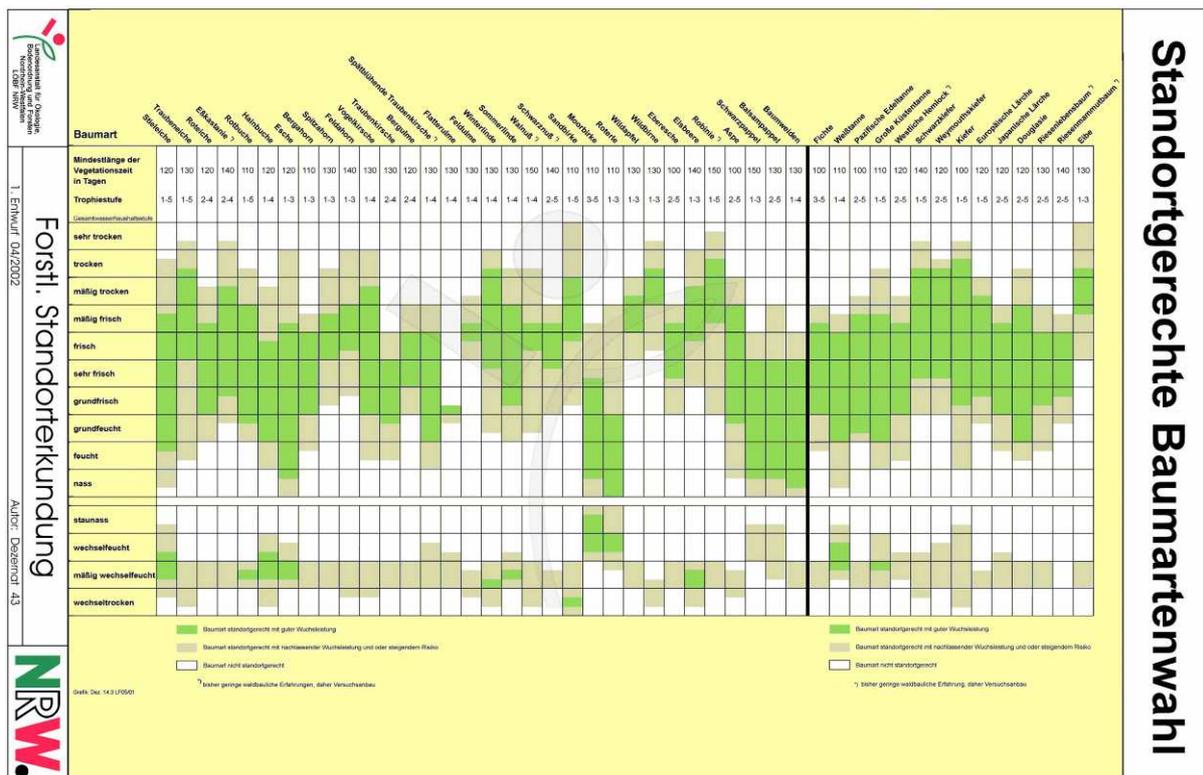


Abb. 10: Ansprüche wichtiger Waldbaumarten in NRW an die Länge der Vegetationszeit, der Trophie und der Gesamtwasserhaushaltsstufe

Da Klimaänderungen auch Änderungen des forstlichen Standortes bewirken, hat dies Auswirkungen auf die standortgerechte Baumartenwahl. **Erhöhte Risiken** für Baumarten bzw. die Waldwirtschaft dürften insbesondere dort zu erwarten sein, wo der Wasserbedarf der Vegetation kaum durch das Angebot gedeckt ist bzw. wo derzeit schon Gesamtwasserhaushaltsstufen als mäßig frisch bis sehr

trocken eingeschätzt werden. Durch eine weiter verlängerte Vegetationszeit steigt insbesondere auf flachgründigen Böden das Risiko für Wasserstreß und eine hierdurch verminderte Vitalität von Waldbäumen. So würden eine Baumart auf Flächen, wo sie heute noch als bedingt standortgerecht eingeschätzt wird bei einer Klimaerwärmung auf diesen Flächen dann als nicht mehr standortgerecht gelten. Ein Beispiel hierfür wären Fichtenbestände auf einem westexponiertem Hang, die aufgrund der verlängerten Vegetationszeit einen erhöhten Wasserbedarf haben (Abb. 11).

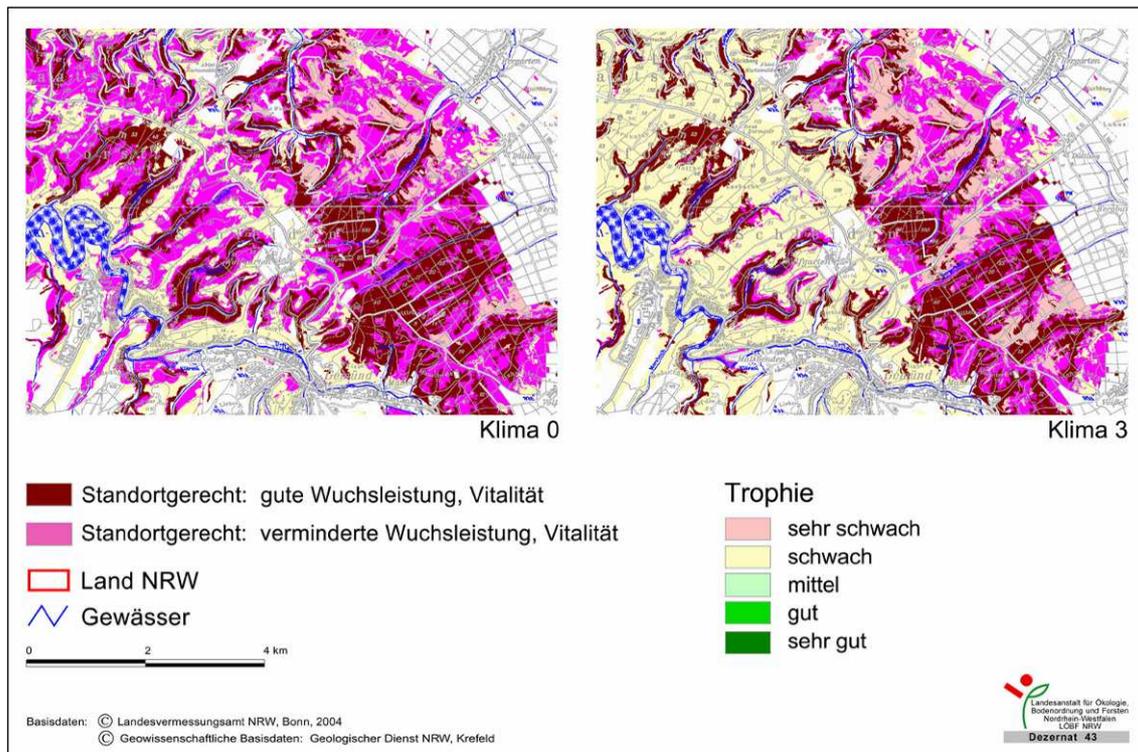


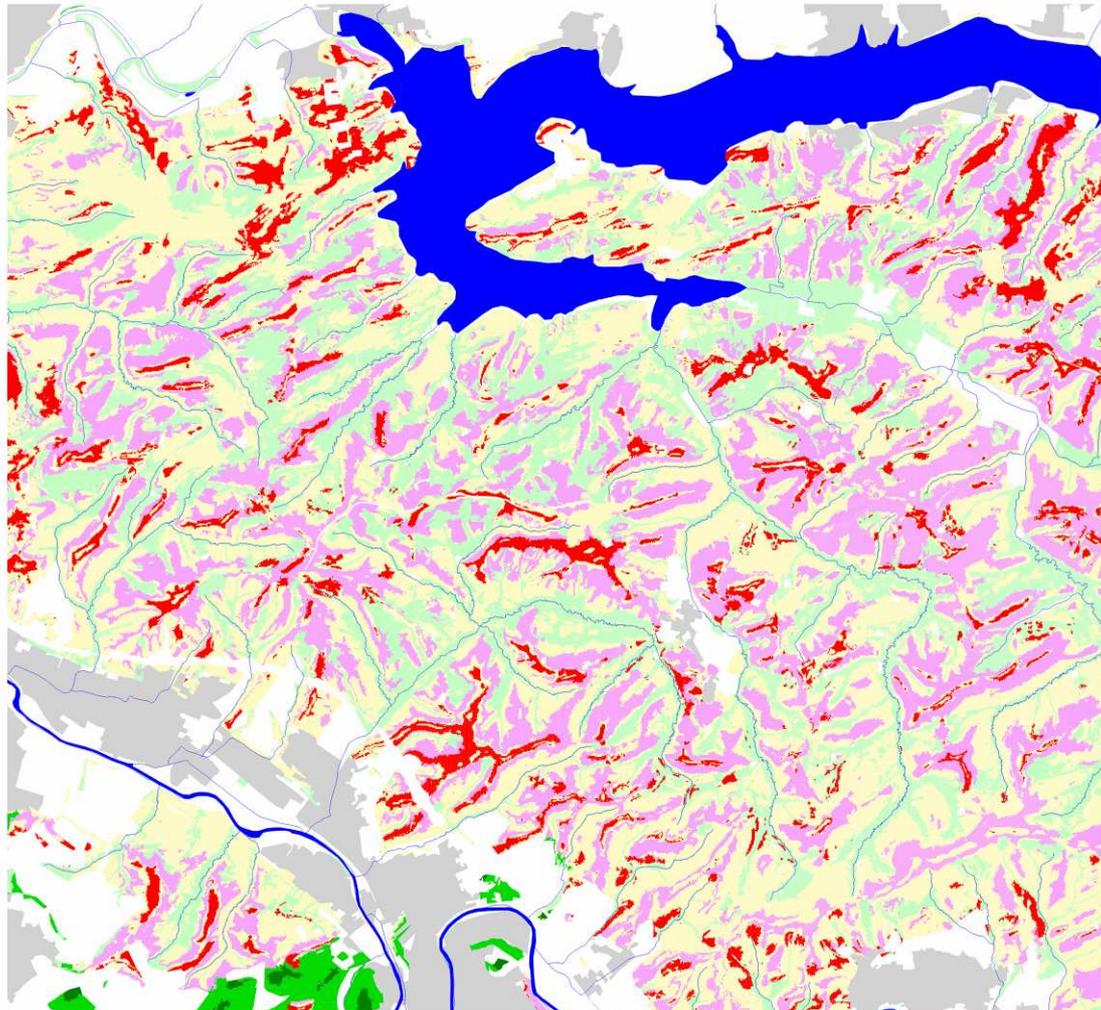
Abb. 11: Standortgerechter Fichtenanbau im Bereich Kermeter bei zwei Klimavarianten

Waldflächen, die bei einem Klimawandel von derartigen Veränderungen betroffen werden, können jetzt durch Vergleich der jeweiligen Klimavariante mit dem aktuellen Zustand eindeutig erfasst werden (Abb. 12). Die so identifizierten Flächen können dann vorrangig gezielt umgebaut werden, um zukünftige Wälder vorsorgend an den erwarteten Klimawandel anzupassen.

Standortgerechte Baumartenwahl: Fichte

Veränderung der Fläche bei Klimawandel (TK25 4514)

Klima 1°C wärmer, 10% weniger Niederschlag



■ Wechsel von bedingt standortgerecht zu nicht standortgerecht
■ Wechsel von voll standortgerecht zu bedingt standortgerecht
■ Ortslage
∩ Gewässer

Trophie
■ sehr schwach
■ schwach
■ mittel
■ gut
■ sehr gut

0 1,5 3 km

Basisdaten: © Landesvermessungsamt NRW, Bonn, 2004
© Geowissenschaftliche Basisdaten: Geologischer Dienst NRW, Krefeld

Wald und Holz.NRW.
Referat IV-3

Abb. 12: Wirkung eines Klimawandels auf den standortgerechten Anbau der Fichte

Der Klimawandel eröffnet aber auch **Chancen** für die Waldwirtschaft. Auf gut wasserversorgten Standorten werden bei steigenden Temperaturen weiterhin hohe bzw. steigende Biomassezuwächse möglich sein. Zudem dürfte sich das Spektrum standortgerechter Baumarten um Baumarten mit einem erhöhten Wärmeanspruch für einige Waldflächen erweitern. Zum Beispiel wurde bei steigenden Temperaturen die Traubeneiche auch in den Hochlagen des Sauerlandes als standortgerecht gelten, wo sie derzeit wegen fehlender Wärme als nicht standortgerecht eingeschätzt wird (Abb. 13).

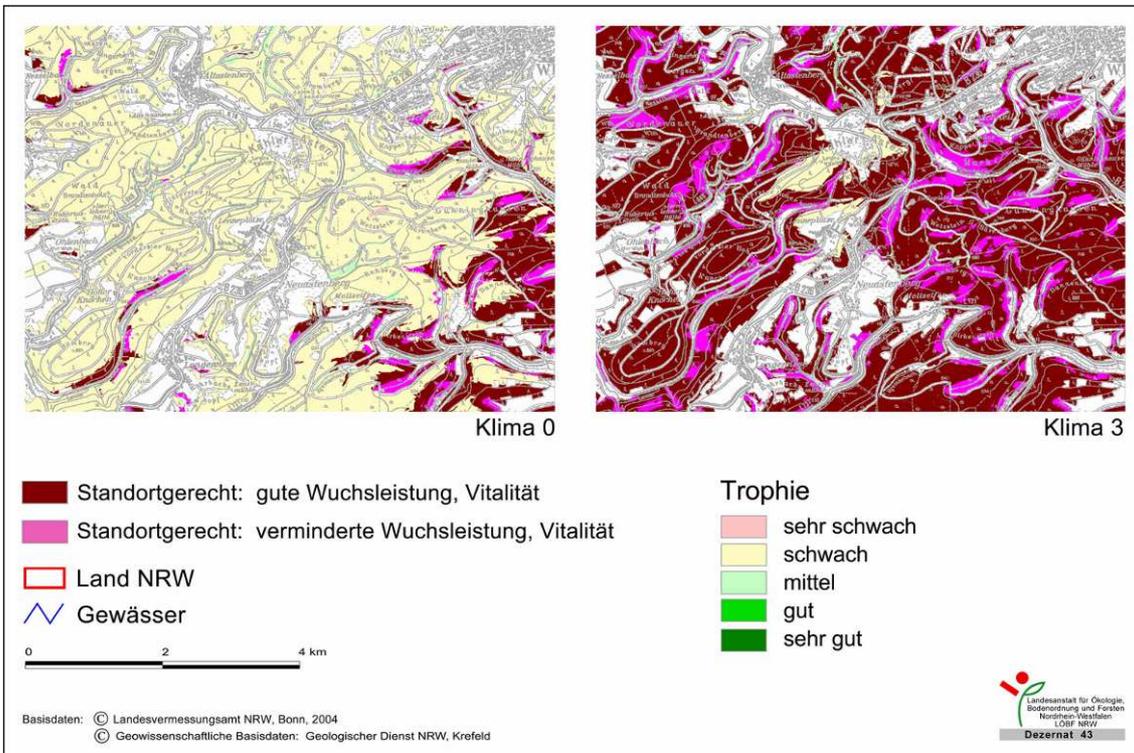


Abb. 12: Standortgerechter Traubeneichenanbau im Bereich Hochsauerland bei zwei Klimavarianten

Nutz man diese mit Hilfe der forstlichen Standorterkundung erarbeiteten Erkenntnisse der Klimaszenarien für die Waldwirtschaft, so besteht die Möglichkeit heutige Waldtypen im Sinne einer Vorsorge entsprechend den erwarteten Veränderungen der Umweltbedingungen gezielt weiterzuentwickeln. Dabei können schon heute die hier vorgestellten Ergebnisse für alle Wälder im Bergland von Nordrhein-Westfalen bereitgestellt werden.

7. Ausblick

Änderungen von Klimamerkmale fanden in der Vergangenheit immer wieder statt. Wie sich das Klima in Zukunft entwickeln wird ist unbekannt. Insofern können mögliche Änderungen von Klimaparametern mit erheblichem Aufwand berechnet (siehe IPCC, UBA) oder durch realistische Annahmen abgeleitet werden.

Mit dem Wissen der zu erwarten Klimaänderungen und deren Wirkungen auf Wälder und ihre Dynamik können wir heute jedoch unsere Wälder gezielt weiterentwickeln und so Risiken begrenzen aber auch Chancen des Wandels für die Gesellschaft nutzen.



Bilder 1 und 2: Risiken und Chancen des Klimawandels