

# Teil 2: Der Wald im Klimawandel

## Chance oder Risiko?

### Klimaänderungen im Wald

Der Wald und auch die Forstwirtschaft sind besonders von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen [3, 4, 16]. Der Grund hierfür ist, dass Waldbäume sehr langlebig und ortsgebunden sind. Je nach Art werden Bäume auch im Wirtschaftswald 100 Jahre und älter. Natürliche Anpassungsprozesse laufen aufgrund dieser langen Generationsdauer nur sehr langsam ab [5]. Als Folge kann das Anpassungsvermögen vieler Baumarten mit dem Ausmaß und der Geschwindigkeit der aktuellen klimatischen Veränderungen überfordert sein [2, 5, 13]. Diese Auswirkungen des Klimawandels fallen regional jedoch sehr unterschiedlich aus.

#### Bergland

Die Vitalität der Wälder ist stark abhängig von den spezifischen Standortmerkmalen [6, 21]. Zu den Standortmerkmalen zählen die Lage, das Klima, das Ausgangssubstrat, der Boden und die Vegetation [27]. Die Mittelgebirgsregionen in Nordrhein-Westfalen sind regenreich mit einer geringeren Jahresmitteltemperatur (Abb. 1). In diesen Regionen ist die Länge der Vegetationszeit der begrenzte Wachstumsfaktor. Die Erhöhung der Jahresmitteltemperatur und folglich die Verlängerung der Vegetationszeit können sich produktivitätssteigernd auswirken [7].

#### Flachland

Das Klima am Niederrhein und in der Westfälischen Bucht ist deutlich wärmer mit nur mäßigem Niederschlag (Abb. 1). In diesen Regionen sind Hitze und Trockenheit die limitierenden Wachstumsfaktoren. Eine Verringerung der Niederschläge in der Vegetationszeit und eine Erhöhung der Temperaturen können sich negativ auf die Forstwirtschaft auswirken [7].

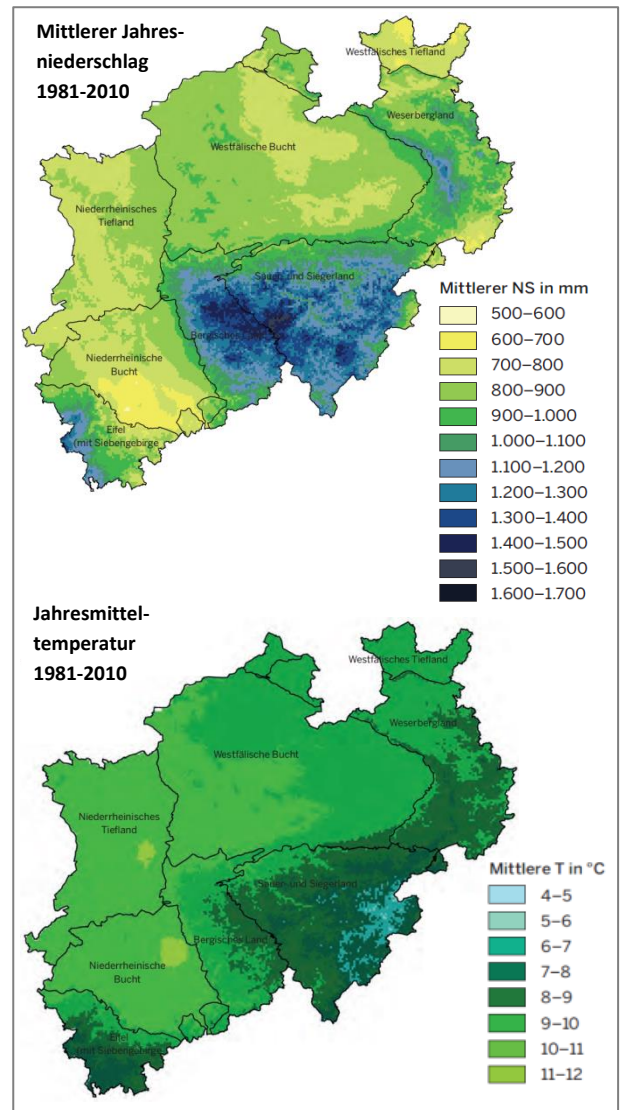


Abbildung 1: Mittlerer Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur in NRW 1981-2010. Quellen: DWD, Kartengrundlage: Geobasis NRW, [18].

Ein weiterer entscheidender Faktor für die Vitalität des Waldes sind Klimaextreme [7]. Lange Trockenphasen und hohe Temperaturen, wie im Jahr 2003, erhöhen das Risiko des Absterbens von Bäumen und verringern deren Produktivität drastisch [8]. Der extreme Sommer von 2003 könnte nach Berechnungen des IPCC Ende dieses Jahrhunderts einen normalen, mitteleuropäischen Durchschnittssommer darstellen [5, 14].

## Künftige Verbreitungsgebiete

Das häufigere Auftreten von Witterungsextremen und die Veränderung der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse wirken sich auf die Lebens- und Konkurrenzbedingungen der Baumarten aus [4, 5, 15, 30]. Betrachtet man Mitteleuropa, dann werden sich die Verbreitungsgebiete der heimischen Baumarten zukünftig verschieben [16, 21]. Derartige Verschiebungen fanden schon in der Vergangenheit während des Pleistozäns statt. In den Zwischeneiszeiten<sup>1</sup> besiedelten die Tiere und Pflanzen das vom Eis befreite Land, und Laubbaumarten drangen auf eine Höhenlage vor, in der sie heute nicht mehr vorkommen [11].



Abbildung 2: Der Klimawandel fördert in den höheren Lagen von NRW Schaderreger an der Buche (Foto: Grüner).

Wissenschaftliche Untersuchungen gehen von einer Veränderung der Verbreitungsgrenzen der heimischen Baumarten in Mitteleuropa aus. Der Eichenwald wird in den Tieflagen auf Kosten des Buchenwaldes zunehmen. Der Buchenwald hingegen wird in die Mittelgebirgslagen wandern

<sup>1</sup> Es gab drei Zwischeneiszeiten zwischen 550.000 und 120.000 Jahren vor unserer Zeitrechnung.

und dort die Fichten- und Kiefernwälder ablösen [9, 10, 12]. Diese These mag im großen Maßstab zutreffend sein, sie darf jedoch nicht für regionale Betrachtungen verallgemeinert werden.

Im nordrhein-westfälischen FFH<sup>2</sup>-Gebiet Schanze beispielsweise zeigt sich für Buche und Fichte ein anderes Bild. Denn der Klimawandel in den höheren Lagen Nordrhein-Westfalens fördert nicht nur die Verbreitung der Buche, sondern auch ihre Schaderreger (Abb. 2) [23]. Ausschlaggebend hierfür sind u.a. feuchte und milde Winter, die den Befall der Buche mit dem Pilz *Neonectria coccinea* begünstigen. Dieser Pilz löst die Buchenrindenerkrankung aus [22]. Durch das Absterben älterer Buchen in den Waldbeständen gelangt mehr Licht an den Boden. Für die Fichte entsteht so ein Konkurrenzvorteil gegenüber der Buchenverjüngung, da sie anders auf die Lichtverhältnisse reagieren kann. Auch der selektive Wildverbiss wirkt sich hier begünstigend auf das Wachstum der jungen Fichten aus [31].

## Dynamische Standorte

Durch den Klimawandel wird nicht nur der Wald beeinflusst, sondern auch der Waldboden. Wärmere Lufttemperaturen lassen gleichzeitig die Bodentemperatur ansteigen und die im Boden ablaufenden, biologischen Prozesse verstärken sich. Als Folge wird die organische Substanz schneller abgebaut und auch Kohlenstoff freigesetzt, dies betrifft vor allem die humose Auflage. Nährstoffe werden so mobilisiert und sind für die Bäume nicht mehr verfügbar, wenn sie durch Niederschläge ausgewaschen werden. Auch Bodenerosionen als Folge von Starkregen können zunehmend auftreten [19, 20, 21].

Da die klimatischen Verhältnisse aktuell und auch in Zukunft einem nicht vorhersagbaren Wandel unterworfen sind, muss das Klima in der Standortkundung künftig als Variable berücksichtigt werden [5]. Bei dem Zusammenwirken der Standortfaktoren und den jeweiligen Baumarten

<sup>2</sup> FFH: Fauna-Flora-Habitatrichtlinie

handelt es sich um ein komplexes Wirkungsgefüge. Je nach Ausprägung der verschiedenen Standortmerkmale können sich positive und negative Klimafolgen aufheben oder verstärken.

**Aus diesem Grund müssen die Auswirkungen des Klimawandels für jeden Waldbestand separat betrachtet werden.** Diese regionale bzw. lokale Betrachtungsweise ist in Nordrhein-Westfalen möglich. Mit den digitalen Werkzeugen der forstlichen Standortklassifikation kann die standortgerechte Baumartenwahl unter verschiedenen klimatischen Szenarien simuliert werden. Durch diese Szenario-Betrachtung ist es möglich, die Auswirkungen von Klimaänderungen auf den Gesamtwasserhaushalt und somit die Wuchsleistung und Vitalität der Waldbäume zu untersuchen und Aussagen auf der Ebene von Forstbetrieben zu treffen [1].

#### Exkurs: Bewertung der Naturnähe

Die Zielsetzung des Waldnaturschutzes liegt im Wesentlichen darin, naturnahe Waldgesellschaften zu erhalten und die biologische Vielfalt zu vermehren [5]. Die Bewertung der Naturnähe der Waldvegetation basiert auf dem Konzept der potenziellen natürlichen Vegetation (pnV). Bei diesem Konzept werden das Klima und der Einfluss des Standortes als konstant gegenüber heute betrachtet [29].

Da der Klimawandel Einfluss auf den Standort hat, muss dieser zukünftig als variabel berücksichtigt werden. Konflikte zwischen den Zielen Waldanpassung im Klimawandel und Naturnähe treten dann auf, wenn die Baumarten der aktuellen pnV jetzt und in Zukunft nicht diejenigen mit der höchsten Anpassungsfähigkeit sind [7].

### Klimafolgewirkungen im Wald

Das Ausmaß und die Geschwindigkeit des Klimawandels sowie dessen Auswirkungen sind für die Dauer von Waldgenerationen nicht vorhersagbar. Generell kann aber davon ausgegangen werden, dass die Forstwirtschaft in Zukunft risikoreicher wird [32]. Aus den klimatischen Veränderungen

heraus ergeben sich für den Wald und die Forstwirtschaft gravierende ökologische, ökonomische und soziale Folgen (Abb. 3). Diese Folgen sind jedoch nicht ausschließlich negativ, sondern bieten auch Chancen für die Zukunft [2, 17].

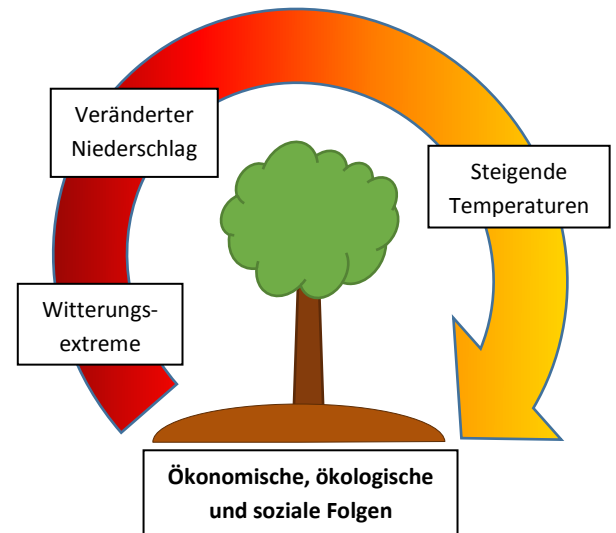


Abbildung 3: Wirkungsfaktoren auf den Wald im Klimawandel (Darstellung: Grüner).

Die **Chancen** bestehen vornehmlich durch die verlängerte Vegetationszeit. Bei ausreichend verfügbarem Wasser können die Produktivität und folglich auch das Ertragspotenzial der Bäume steigen. Zudem gewinnen wärmeliebende Baumarten an Konkurrenzkraft und können auch in höheren Lagen die Baumartenvielfalt gezielt ergänzen [2, 17, 21].

**Risiken** für den Wald hingegen ergeben sich aus den Verschiebungen der Niederschlagsmengen in den Winter und das vermehrte Auftreten von Trockenphasen während der Vegetationszeit. Die Bäume leiden unter Trockenstress in den Sommermonaten. Dies führt bei älteren Bäumen zu Wachstumseinbrüchen und zum Absterben. Die Sämlinge und Jungpflanzen haben ein erhöhtes Risiko zu vertrocknen. Zudem steigt durch eine verlängerte Vegetationszeit die Gefahr von Früh- und Spätfrösten. Einen weiteren Risikofaktor stellen Unwetter und Stürme dar sowie ein erhöhtes Waldbrandrisiko als Folge von lang anhaltender Trockenheit [2, 5, 21].





Abbildung 4: Hitze und Trockenheit wirken sich auch auf das Wachstum junger Pflanzen und Keimlinge aus (Foto: Grüner).

Neben den bereits genannten abiotischen Waldschäden, werden die Bäume auch durch biotische Schaderreger geschwächt. Zu den biotischen Schaderregern zählen Insekten und Pilze, die von den Temperaturerhöhungen und der höheren Luftfeuchtigkeit profitieren können [12, 23]. Es lässt sich aber nur schwer beurteilen, wie sich die Waldschäden im Klimawandel konkret entwickeln werden. Der Grund hierfür sind zahlreiche komplexe Wechselwirkungen zwischen den potentiellen Wirtsbäumen, den Schaderregern und den natürlichen Gegenspielern. Hinzu kommt die Ungewissheit, welche Anpassungsstrategien die einzelnen Organismen an die veränderten Umweltbedingungen entwickeln werden [16].

Die klimatischen Veränderungen wirken sich nicht nur auf den Wald, sondern auch auf den Forstbetrieb aus. Neben waldbaulichen Entscheidungen ist auch der organisatorische Ablauf in den Forstbetrieben betroffen. Durch die milderen Winter und die fehlenden Frosttage wird die Befahrbarkeit des Waldbodens während der Holzernnte stark eingeschränkt [2]. Aber auch der vermehrte Anfall von Kalamitätsnutzungen in Folge von Waldschäden stellt die Forstbetriebe vor Herausforderungen.

## Anpassungsvermögen der Bäume

Verlässliche Annahmen über die Anpassungsfähigkeit der verschiedenen Baumarten im Klimawandel treffen zu können ist äußerst schwierig. Das komplexe Zusammenspiel von zahlreichen Faktoren ist hierfür ausschlaggebend. Auf Basis verschiedener Beurteilungskriterien und Modelle wurden für häufige Baumarten in Deutschland Einschätzungen getroffen [4, 25, 26, 28]:

Von den Nadelbaumarten wird die **Fichte** generell als besonders anfällig angesehen, die **Douglasie** und **Küstentanne** sind im Vergleich relativ widerstandsfähig. Der **Kiefer** wird in Süddeutschland eine begrenzte Trockenheitstoleranz zugeschrieben, in Ostdeutschland hingegen gilt sie als trocken tolerant. Bei den Laubbaumarten werden **Traubeneiche**, **Roteiche** und einige Nebenbaumarten (Spitzahorn, Feldahorn, Hainbuche, Winterlinde, Robinie) als trocken tolerant eingeschätzt. Die Toleranz der **Buche** gegenüber Wassermangel wird als gering eingestuft, wobei einige Autoren davon ausgehen, dass ihr Anpassungspotenzial unterschätzt wird [4, 24, 25, 26, 28].

Die Bewertung der Anpassungsfähigkeit auf Ebene der Baumarten ist jedoch nicht hinreichend. Durch lokale und regionale Anpassung können sich die Herkünfte der Baumarten stark voneinander unterscheiden. Die Wahl der geeigneten Herkunft kann folglich das Anpassungsvermögen des Waldes erhöhen [4]. Eine Entscheidung, ob und mit welchem Anteil eine Baumart angebaut werden soll, muss einzelfallweise erfolgen und kann nicht pauschal getätigt werden.

## Chance!

Klimatische Veränderungen hat es seit jeher gegeben. Der Wald, so wie wir ihn kennen, wird sich unter dem Einfluss des Klimawandels verändern. Manche Baumarten können sich gut anpassen, manche weniger. Für die Forstwirtschaft sind diese Veränderungen eine Chance die Vielfalt im Wald zu erhöhen und ihn widerstandsfähig für die Zukunft zu machen.



- [1] ASCHE N., SCHULZ R. 2010. Standortgerechte Baumartenwahl in Nordrhein-Westfalen, Wuchsgebiet Sauerland. Eine Entscheidungshilfe unter Berücksichtigung des Klimawandels. Cuvillier Verlag Göttingen. Göttingen
- [2] BMEL 2017. Waldbericht der Bundesregierung 2017
- [3] BMUB 2016. Anpassung an den Klimawandel. Erster Fortschrittsbericht der Bundesregierung zur deutschen Anpassungsstrategie. 39 S.
- [4] BOLTE A., DEGEN B. 2010. Anpassung der Wälder an den Klimawandel: Optionen und Grenzen. Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Reserach, 111-118
- [5] BOLTE A., IBISCH P.L. 2007. Neun Thesen zu Klimawandel, Waldbau und Waldnaturschutz. AFZ-Der Wald 11, 572-576
- [6] BOLTE A., IBISCH P.L. 2009. Funktionen des Waldes im Klimawandel - Konfliktfelder und mögliche Lösungen. In: MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES BRANDENBURG (Hrsg.). Waldmanagement im Klimastress: Anpassungsstrategien im nordostdeutschen Tiefland. Potsdam, 7-14
- [7] BOLTE A., WELLBROCK N., DUNGER K. 2011. Wälder, Klimaschutz und Klimaanpassung. Welche Maßnahmen sind umsetzbar? AFZ-Der Wald 2, 27-29
- [8] CIAIS P., REICHENSTEIN M., VIOVY N., GRANIER A. 2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. Nature 437 (7058), 529-533
- [9] HANEWINKEL M., CULLMANN D.A., SCHELHAAS M.J., NABUURS G.J., ZIMMERMANN N.E. 2012. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. Nat Clim Chang 3(3), 203-207
- [10] HANEWINKEL M., HUMMEL S., CULLMANN D.A. 2010. Modelling and economic evaluation of forest biome shifts under climate change in Southwest Germany. For Ecol Manage 259 (4), 710-719
- [11] HASEL K. 1985. Forstgeschichte: ein Grundriss für Studium und Praxis. 1. Auflage. Parey, Hamburg u. Berlin
- [12] HENSCHER A. 2008. Habitatmodellierung der drei Baumarten Waldkiefer, Traubeneiche und Stieleiche. Geographisches Institut. Berlin. Humboldt-Universität. Diplom 119 S.
- [13] IBISCH P.L. 2006. Klimawandel und Klimaschutz: Chancen, Gefahren und Handlungsoptionen für den Naturschutz im Wald. In: BfN (Hrsg.) Wald, Naturschutz und Klimawandel, BfN-Skripten 185, 71-81
- [14] IPCC 2007. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR UND H.L. MILLER, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch ProClim-, österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinationsstelle, Bern/Wien/Berlin, 2007
- [15] IPCC 2014. Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. PACHAURI und L.A. MEYER (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016
- [16] KÖHL M., PLUGGE D., GUTSCH M., LASCH-BORN P., MÜLLER M., REYER C. 2017. Wald und Forstwirtschaft. In: BRASSEUR G., JACOBS D., SCHUCK-ZÖLLER S. (Hrsg.) Klimawandel in Deutschland. Berlin u. Heidelberg, 193-201
- [17] KROPP J., HOLSTEN A., LISSNER T., ROITHMEIER O., HATTERMANN F., HUANG S., ROCK J., WECHSUNG F., LÜTTGER A., POMPE S., KÜHN I., COSTA L., STEINHÄUSER M., WALTHER C., KLAUS M., RITCHIE S., METZGER M. 2009. Klimawandel in Nordrhein-Westfalen - Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren. Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV).
- [18] LANUV 2016. Klimawandel und Klimafolgen in Nordrhein-Westfalen. Ergebnisse aus den Monitoringprogrammen 2016. LANUV-Fachbericht 74
- [19] MELILLO J.M., FREY S.D., DEANGELIS K.M., WERNER W.J., BERNARD M.J., BOWLES F.P., POLD G., KNORR M.A., GRANDY A.S. 2017. Long-term pattern and magnitude of soil carbon feedback to the climate system in a warming world. Science 358 (6359), 101-105
- [20] MKULNV NRW 2011. Klimawandel und Boden. Auswirkungen der globalen Erwärmung auf den Boden als Pflanzenstandort
- [21] MKULNV NRW 2014. Klimawandel im Wald - Konzept für eine Anpassungsstrategie für NRW. Freiburg
- [22] NIESAR M., HARTMANN G., KEHR R., PEHL L., WULF A. 2007. Symptome und Ursachen der aktuellen Buchenrindenerkrankung in höheren Lagen von Nordrhein-Westfalen. Forstarchiv 78, 105-116
- [23] NIESAR M., ZÜBIK M., KUNCA A. 2012. Waldschutz im Klimawandel. Wie bleiben unsere Wälder vital? Nikara. Slowakei
- [24] PROFFT I., SEILER M., ARENHÖVEL W. 2007. Die Zukunft der Fichte in Thüringen vor dem Hintergrund des Klimawandels. Forst Holz 62 (2), 19-25
- [25] ROLOFF A., GRUNDMANN B.M. 2008. Waldbaumarten und ihre Verwendung im Klimawandel. Arch Forstwes Landschaftsökol 42 (3), 97-109
- [26] SPELLMANN H., SUTMÖLLER J., MEESENBURG H. 2007. Risikovorsorge im Zeichen des Klimawandels. Vorläufige Empfehlungen der NW-FVA am Beispiel des Fichtenanbaus. AFZ-DerWald 23, 1246-1249
- [27] STAKA 2016. Forstliche Standortaufnahme. Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. (Hrsg.): Arbeitskreis Standortkartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung. 7. Aufl. IHW-Verlag, Eching bei München
- [28] SUTMÖLLER J., SPELLMANN H., FIEBINGER C., ALBERT M. 2008. Der Klimawandel und seine Auswirkungen auf die Buchenwälder in Deutschland. Beiträge aus der NW-FVA Band 3
- [29] TÜXEN R. 1956. Die heutige natürliche potentielle Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. Remagen. Berichte zur Deutschen Landeskunde 19, 200-246
- [30] UBA 2015. Monitoringbericht 2015 zur deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Umweltbundesamt, Dessau, 256 S.
- [31] WELLER A.W. 2014. Untersuchungen zum Wachstumsverhalten von Buchen- und Fichten-Naturverjüngungen in einem als Hainsimsen-Buchenwald ausgewiesenen FFH-Lebensraumtyp der Mittelgebirgslagen des Sauerlandes. Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie. Göttingen. Masterarbeit 130 S.
- [32] WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK, ERNÄHRUNG UND GESUNDHEITLICHER VERBRAUCHERSCHUTZ UND WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT WALDPOLITIK BEIM BMEL 2016. Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Gutachten. Berlin