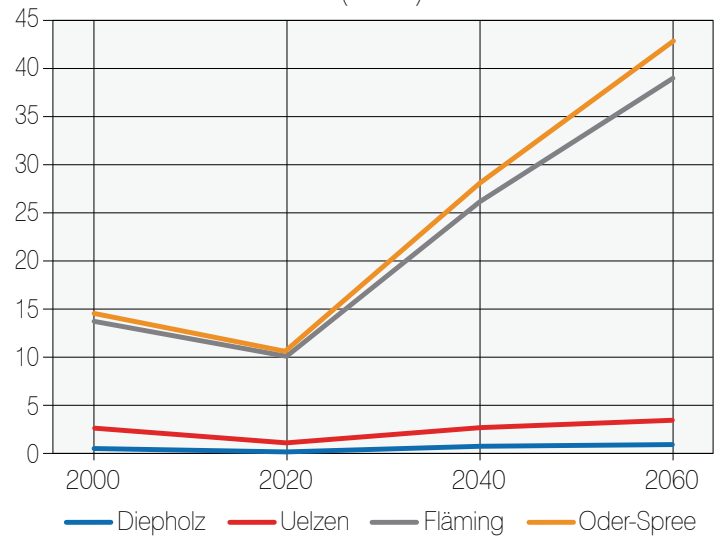


Klimawandel und Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland

Der ungebremsste Anstieg des Kohlendioxidgehalts der Atmosphäre ist ein zentrales Problem für die Land- und Forstwirtschaft, weil er Klimaveränderungen wie Temperaturanstieg, Trockenperioden und Starkregenereignisse nach sich zieht, deren Auswirkungen in den letzten Jahren mehr und mehr sichtbar wurden. Wie ist es bei diesen grundlegenden Veränderungen möglich, ein nachhaltiges Landmanagement zu betreiben, das auch für die kommenden Generationen noch vielfältige Nutzungsmöglichkeiten zulässt? Wie lässt sich die zukünftige Entwicklung überhaupt abschätzen? Das Projekt NaLaMa-nT (Nachhaltiges Landmanagement im Norddeutschen Tiefland) untersucht die Folgen des Klimawandels für Zustand und Leistungsfähigkeit der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft in den kommenden 60 Jahren und zeigt auf, in welchem Maße sie sich durch Bewirtschaftungsalternativen beeinflussen lassen. Neben der ebenfalls abgeschätzten sozioökonomischen Entwicklung werden klimasensitive physikalische Modelle für die Abschätzung des Waldbrandrisikos und von Kohlenstoff- und Stickstoffumsätzen in Wäldern eingesetzt. Das zukünftige Klima wird auf Basis des Treibhausgasszenarios RCP 8,5 abgeschätzt, das von einer nur leichten Reduzierung des gegenwärtigen Treibhausgasausstoßes ausgeht. Darauf aufbauend wurde der mittlere Lauf von drei verschiedenen Globalmodellen (ECHAM6, ACCESS 1.0 und INM-CM4) als Grundlage für die globale Klimaentwicklung angenommen, der dann mit dem Modell STARS II (Orlowsky et al. 2008) für das norddeutsche Tiefland regionalisiert wurde. Das resultierende Klimaszenario entspricht einer Temperaturerhöhung um 4 °C bis zum Jahr 2100 im Vergleich zu heute und damit einem Verfehlen des politischen 2-Grad-Ziels, das eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf 2 °C gegenüber dem Niveau vor Beginn der Industrialisierung vorsieht. In den vier Modellregionen Diepholz, Uelzen, Fläming und Oder-Spree werden drei mögliche Entwicklungspfade des Landmanagements hinsichtlich der Auswirkungen der erwarteten Klimaveränderungen verglichen: Der Referenz-

Entwicklung des Waldbrandrisikos (Referenzpfad)
Jährliche Waldbrandfläche (Hektar)



C-Speicherung im Waldboden (Referenzpfad)
kg Kohlenstoff je Hektar und Jahr

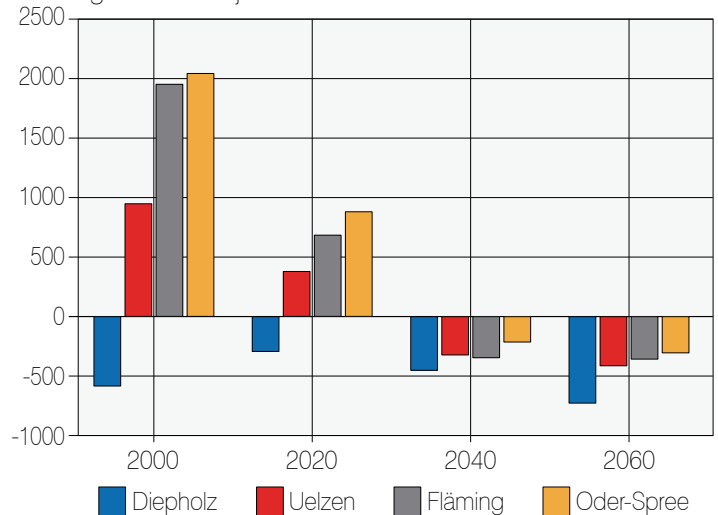


Foto: J. Weymar

Klimawandel und Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland

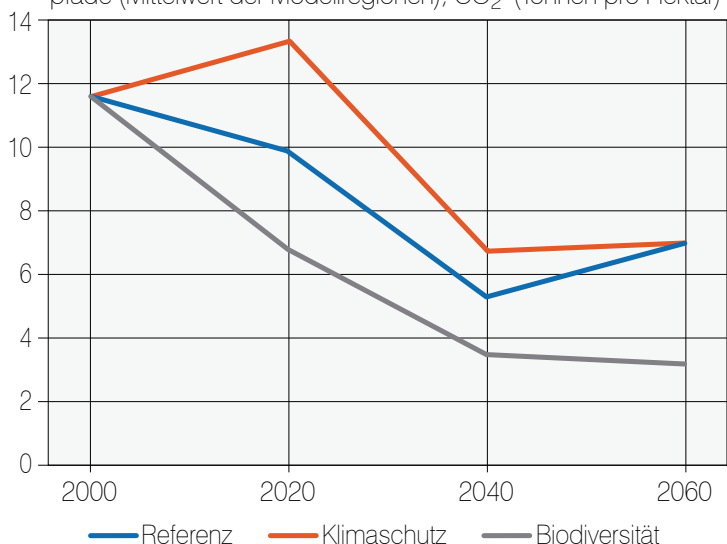


Foto: J. Evers

renzpfad entspricht der Fortsetzung der aktuell praktizierten Bewirtschaftung. Der Klimaschutzpfad dagegen beinhaltet den verstärkten Anbau schnell wachsender Nadelbaumarten bei maximaler Holzproduktion, um so der Atmosphäre mehr CO₂ zu entziehen. Alternativ dazu wird beim Biodiversitätspfad weniger Holz entnommen, die Bestände (bevorzugt Laubholz) werden älter und speichern Kohlenstoff auch vermehrt in Form von Totholz. Ausgehend von der aktuellen Bestockung und diesen Vorgaben wurde mit dem Modell WaldPlaner (Hansen & Nagel 2014) die daraus resultierende Bestandesentwicklung in den kommenden Jahrzehnten vorgezeichnet.

Simulationen mit dem Waldbrandindex FWI (van Wagner 1987) und dem M68-Waldbrandindex (Käse 1969) ergaben übereinstimmend eine deutliche und stetige Zunahme des Waldbrandrisikos und der erwarteten jährlichen Waldbrandfläche in den Modellregionen Fläming und Oder-Spree (Abbildung Seite 40 oben). Diese direkte Auswirkung höherer Temperaturen und längerer Trockenperioden war in Diepholz

CO₂-Bilanz des Forstsektors für die verschiedenen Entwicklungspfade (Mittelwert der Modellregionen), CO₂ (Tonnen pro Hektar)



und Uelzen weit weniger ausgeprägt, weil hier die Klimaveränderungen durch die Meeresnähe etwas abgemildert sind und weil es risikodämpfende Faktoren gibt: So ist der Anteil von Beständen mit Grundwasseranschluss in Diepholz besonders hoch und in Uelzen sinkt im Simulationszeitraum der Anteil besonders brandanfälliger Kiefernbestände. Ein um etwa 25 % geringerer Anstieg der jährlichen Waldbrandfläche ist im Klimaschutzpfad zu erwarten, weil dann der Anteil besonders brandanfälliger Baumarten auch im Fläming und in Oder-Spree zurückgeht.

Die Kohlenstoffspeicherung im Boden (Mineralboden bis 90 cm Tiefe einschließlich organischer Auflage) wurde mit den Modellen YASSO07 und Roth-C abgeschätzt, die den beobachteten Anstieg der Kohlenstoffspeicherung in der Vergangenheit korrekt berechnen (Tuomi et al. 2009, Coleman & Jenkinson 2005). Durch die temperaturbedingt höheren Bodenatmungsraten und zurückgehende Streueinträge geht sie in Zukunft jedoch auf das schon heute niedrigere Niveau wärmerer Länder zurück (Abbildung Seite 40 unten): Nach 2030 setzen die Waldböden in allen Modellregionen Kohlenstoff frei, in Diepholz ist dies aufgrund des hohen Moorbodenanteils schon heute der Fall. Es kommt damit zu einem drastischen Abbau der Humusvorräte, der nur im Biodiversitätspfad durch die höhere Streuproduktion geringfügig abgemildert ist. Im Klimaschutzpfad verstärkt die geringere Streuproduktion dagegen den Abbau der Humusvorräte.

Der zukünftige Abbau der organischen Bodensubstanz beeinflusst auch stark die Netto-CO₂-Bilanz der Bestände, in der außer den Bodenvorräten auch die Entwicklung der Biomassevorräte, der C-Vorrat in Holzprodukten (Berechnung mit WaldPlaner) und der Brennstoffsubstitutionseffekt berücksichtigt werden. Da aufgrund der gegenwärtigen Altersstruktur der Bestände in allen Entwicklungspfaden auch mit einem Abbau der Biomassevorräte gerechnet wird, gibt es eine durch den zukünftigen C-Vorratsabbau bedingte abnehmende Grundtendenz in der durchschnittlichen CO₂-Bilanz des Forstsektors der Modellregionen, die in allen Szenarien ähnlich ist (Abbildung links). Nur durch die CO₂-Aufnahme

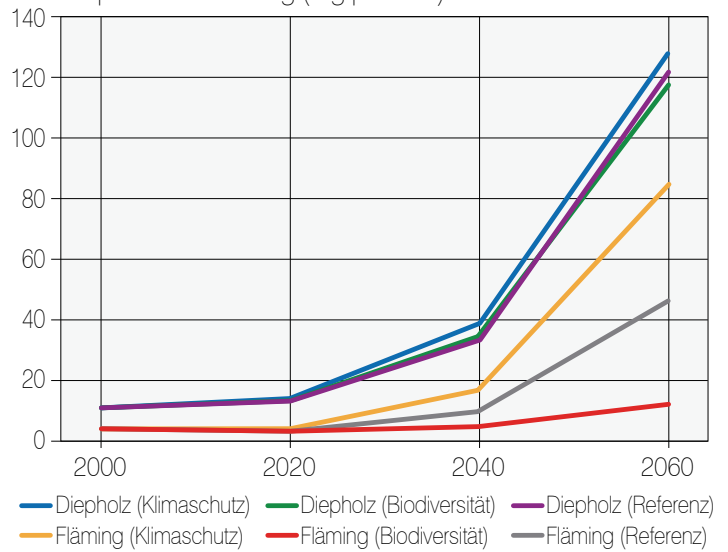
Klimawandel und Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland

beim Wachstum der Wälder, durch die bei späterer Verbrennung des Holzes der Einsatz von fossilen Brennstoffen vermieden wird (Substitutionseffekt), bleiben die Waldbestände trotzdem C-Senken: Im am stärksten auf die CO₂-Aufnahme ausgerichteten Klimaschutzpfad können die Wälder diese Funktion auf Dauer am besten erfüllen, während die alternen Bestände des Biodiversitätspfads immer weniger CO₂ aufnehmen können und so langfristig fast die C-Senkenfunktion verlieren.

Mit dem temperaturbedingten Abbau organischer Bodensubstanz werden auch andere Verbindungen, insbesondere Stickstoffverbindungen, freigesetzt. Die Berechnungen des Nährstoffhaushalts erfolgten mit dem Modell VSD+ (Bonten et al. 2011). In allen drei Entwicklungspfaden wird es wegen des zukünftigen Humusabbaus auch zu einer erheblichen Nitratfreisetzung kommen, so dass die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser insbesondere in Diepholz, wo es zudem hohe luftbürtige Stickstoffeinträge gibt, nach 2050 über den Grenzwert der Trinkwasserverordnung (50 mg/l) hinaus ansteigen werden. Bei einer Entwicklung im Sinne des Klimaschutzpfads kommt es zu verstärktem Humusabbau und dann auch in den Modellregionen Fläming und Oder-Spree zu einer Überschreitung des Grenzwerts, wohingegen die Maßnahmen des Biodiversitätspfads zu einer verstärkten Stickstoffspeicherung in Biomasse und Waldboden führen, die die Nitratkonzentrationen weniger stark ansteigen lassen. Allerdings werden die Nitratkonzentrationen in Diepholz nach 2050 auch in diesem Fall über den Grenzwert ansteigen (Abbildung rechts oben).

Zusammenfassend zeigen diese Ergebnisse, dass die Stabilität unserer Umweltbedingungen in Zeiten des Klimawandels nicht mehr gegeben ist und dass es aktiver Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels bedarf, um die negativen Wirkungen in Grenzen zu halten. Der zu erwartende Humusabbau kristallisiert sich als ein zentrales klimawandelbedingtes Problem der Zukunft heraus, nicht nur für die Bodenfruchtbarkeit, sondern auch für die C-Senkenfunktion und die Funktion von Wäldern für die Erzeugung von

Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der Modellregionen Diepholz und Fläming (mg pro Liter)



unbelastetem Grundwasser. Wegen seiner direkten Temperaturabhängigkeit wird der Humusabbau im Falle der erwarteten Klimaveränderungen unausweichlich beschleunigt und dies ist mit den vorgeschlagenen Maßnahmen der Entwicklungspfade nur wenig abzumildern. Die durch verstärkten Humusabbau induzierten Sekundärschäden in Form von Nitratfreisetzung und einer Verschlechterung der CO₂-Bilanz können sich dabei genauso wie die klimabedingte Zunahme der Waldbrandfläche zu einer Herausforderung für das Landmanagement entwickeln, der immer mehr durch aufwändige technische Maßnahmen begegnet werden muss: Die Wiedervernässung von Moorböden, die Optimierung einer klimaschutzorientierten Waldbewirtschaftung und verbesserte Waldbrandvorbeugungs- und Überwachungsmaßnahmen sind mögliche Antworten des Landmanagements auf jedes einzelne der Problemfelder. Ohne ein aktives Landmanagement ist eine nachhaltige Entwicklung in diesen Feldern nicht mehr zu erreichen.



Foto: T. Ullrich