

Kohlenstoffspeicherung in Kurzumtriebsplantagen

Bettina Widmann, Frank Burger

Der Anbau von Kurzumtriebsplantagen ist eine effiziente Möglichkeit, schnell Biomasse für die energetische Verwendung zu erzeugen und durch die Verbrennung der Hackschnitzel zur Substitution fossiler Energieträger beizutragen. Zudem stellen die schnellwachsenden Bäume und Sträucher einen Kohlenstoffspeicher dar und leisten somit einen weiteren Beitrag zum Klimaschutz.

Die Kohlenstoffspeicherung in Kurzumtriebsplantagen ist von Faktoren wie Baumart, Umtriebszeit und Pflanzdichte abhängig (Tsonkova und Böhm 2020). Im Folgenden werden wir die Kohlenstoffsequestrierung des Pappelklons Max 4 auf der 1992 begründeten KUP-Versuchsfläche Wöllershof in der Oberpfalz betrachten. Der häufig angebaute Klon wurde sowohl mit einer Pflanzzahl von 6.600 Stück/ha für einen fünfjährigen Erntezyklus als auch mit einer Pflanzzahl von 3.300 Stück/ha für die zehnjährige Rotation begründet. In der ältesten durchgehend bewirtschafteten Plantage Bayerns konnten fünf fünfjährige und drei zehnjährige Rotationsperioden in die Betrachtung mit einbezogen werden.

Biomasseermittlung

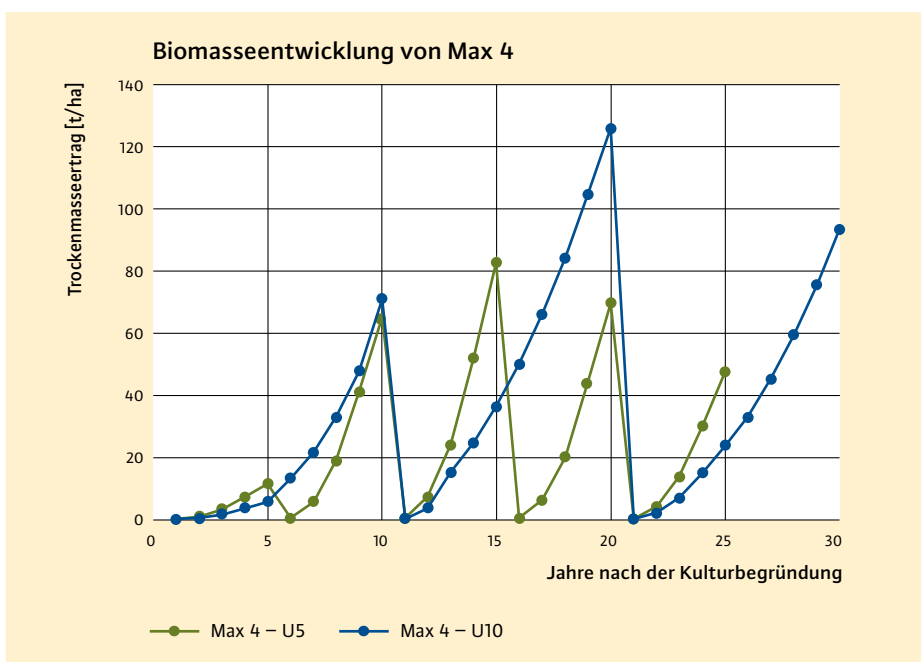
Die aufstockende Biomasse wurde jeweils nach Erreichen der Umtriebszeit mit einem Probestammverfahren, dem »Massenlinienverfahren« von Kopetzky-Gerhardt (Kramer und Akca 1995), ermittelt. Dabei wird die enge Korrelation zwischen dem Brusthöhendurchmesser und der Frischmasse des Baumes genutzt. Laut Röhle et al. (2006) bietet sich als geeignete Funktion eine allometrische Gleichung an, die lediglich den Durchmesser als Eingangsgröße erfordert. Durch die turnusmäßige Entnahme, Vermessung und Wiegung von Probestämmen vor den Ernten auf verschiedenen Versuchsflächen entstand eine umfangreiche Datengrundlage für die Biomassefunktionen der angebauten Klone. Nach der Vollklappung der Erntebestände kann somit die stehende Biomasse berechnet werden.



1 Wieviel Kohlenstoff wird in einer KUP gespeichert?
Foto: B. Widmann, LWF

Die Berechnung der Biomasseentwicklung zwischen den Ernten erfolgt in Anlehnung an Daten von Strobl (2007), der auf jährliche Erhebungen der stehenden Biomasse in den ersten fünf Jahren zurückgreifen konnte und daraus den prozentualen Beitrag der einzelnen Wachstumsjahre zur Gesamtbiomasseleistung herleitete. Die Ertragsdaten des zehnjährigen Max-Klons wurden unter Zuhilfenahme der Biomasseerhebung am Ende der zehnjährigen Rotation und der Wachstumskurven des fünfjährigen Bestandes interpoliert. Hierbei wurde die Annahme getroffen, dass bei einer halbierten Pflanzzahl der Biomassezuwachs in den ersten Wuchsjahren ebenfalls die Hälfte des im fünfjährigen Umtrieb ermittelten Zuwachses beträgt.

In Abbildung 2 ist die Wuchsdynamik des Balsampappelklons Max 4 in Abhängigkeit von der gewählten Umtriebszeit dargestellt. Deutlich zu erkennen sind die schwächeren Zuwächse in der ersten Umtriebszeit. Diese Startschwierigkeiten sind durch das noch nicht entwickelte



2 Biomasseentwicklung der Balsampappelsorte Max 4 im fünf- und zehnjährigen Umtrieb auf der Versuchsfläche Wöllershof in der Oberpfalz.



Wurzelsystem und die wuchsstarke Konkurrenzvegetation bedingt. Ab der zweiten Rotation werden im fünfjährigen Umtrieb Erträge von über 60 t/ha erreicht. Im zehnjährigen Umtrieb wird die schwache Initialphase durch die längere Standzeit etwas relativiert. Aber auch hier ist die zweite Umtriebszeit mit einem Biomasseertrag von 130 t Trockenmasse/ha deutlich ertragreicher als die erste Rotation. Bei beiden Rotationslängen sinken nach 20 Jahren die Erträge der Pappelsorte Max4 ab – im fünften fünfjährigen Bestand auf 50 t und in der dritten zehnjährigen Rotation auf 95 t Trockenmasse pro Hektar. Eine ähnliche Entwicklung ermittelten Pecenka et al. (2023), die beim Anbau von Max4 im vierjährigen Ernteturmus nach einem Ertragsmaximum bei 20 Jahren ein Absinken der Erträge feststellten.

Kohlenstoffbindung

Die Berechnung der Kohlenstoffbindung in der ober- und unterirdischen Holzbiomasse erfolgt in Anlehnung an die Methode des Umweltbundesamtes (UBA 2023). Zur Herleitung des oberirdisch gebundenen Kohlenstoffs wird die ermittelte Trockenmasse mit dem Faktor 0,45 in Kohlenstoff umgerechnet. Die unterir-

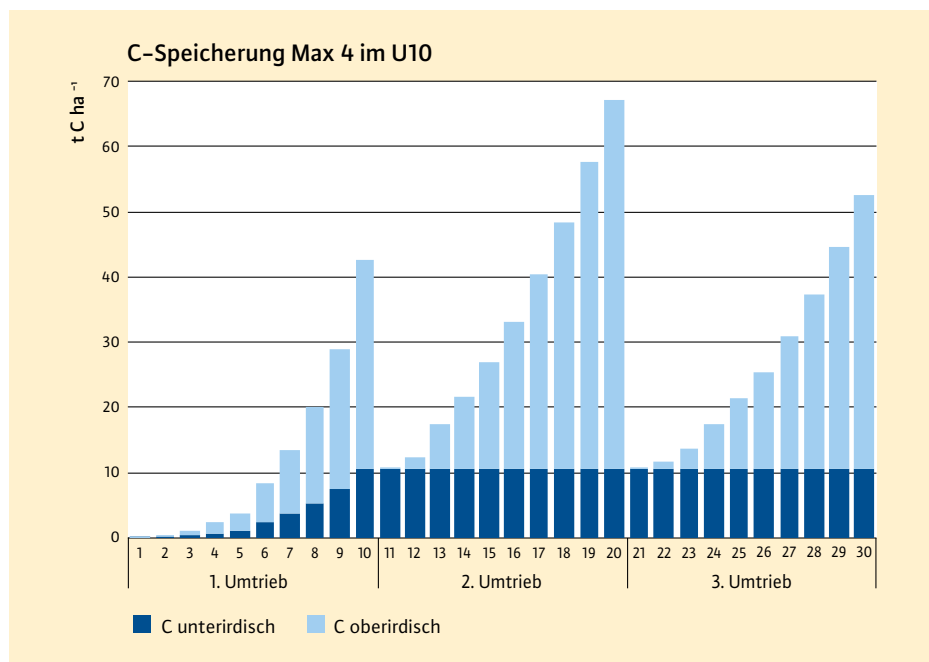
dische Biomasse wurde mittels des oberirdischen Kohlenstoffvorrates anhand der Formel von Mokany et al. (2006) bestimmt.

- C-Bindung oberirdisch = $0,45 * \text{Biomasse [t atro/ha]}$
- C-Bindung unterirdisch = $0,489 * \text{C-Bindung oberirdisch}^{0,89}$

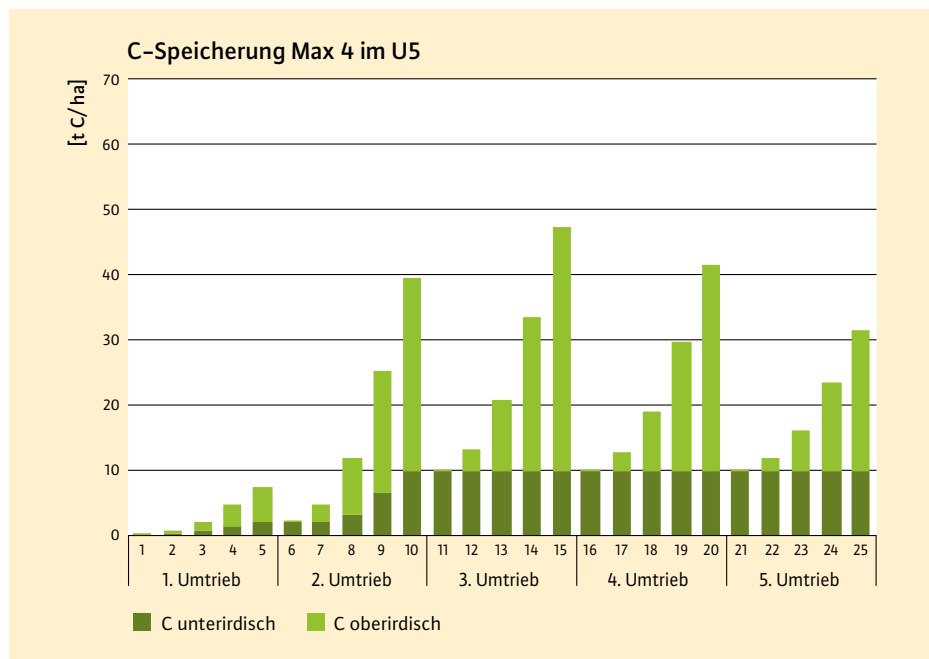
Bei Erreichen der Umtriebszeit wird der Bestand auf den Stock gesetzt, d.h. die oberirdische Biomasse wird entfernt. Die unterirdische Biomasse bleibt erhalten.

Für unsere Berechnungen wurde die Annahme getroffen, dass die Wurzelbiomasse nach 10 Jahren Betriebsdauer stabil und von den Schwankungen der oberirdischen Biomasse unberührt bleibt.

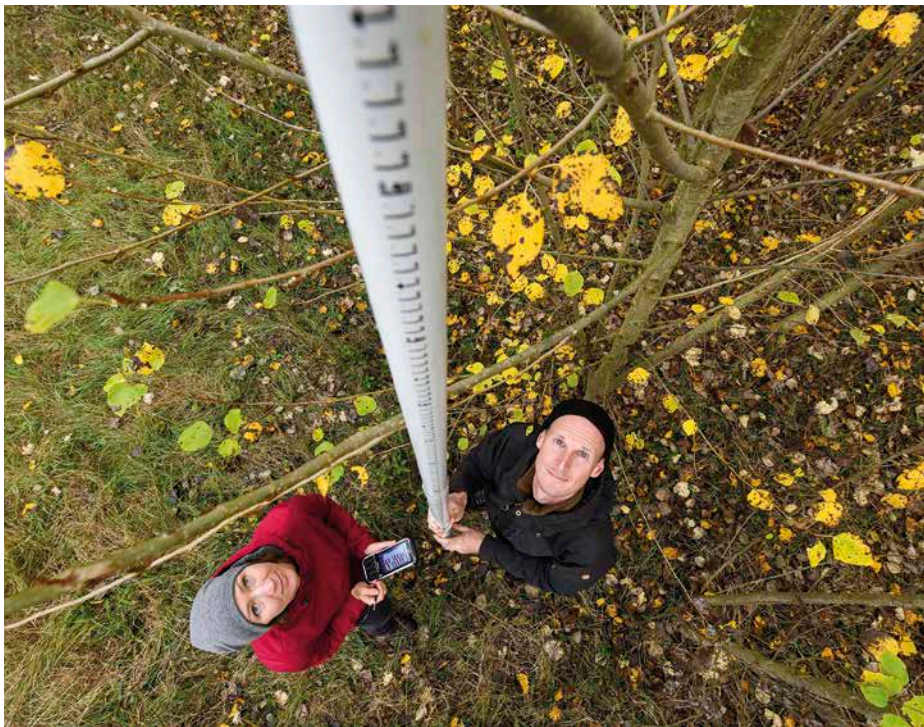
Die Dynamik der Kohlenstoffspeicherung in der holzigen Biomasse einer Kurzumtriebsplantage ist in Abhängigkeit von der Umtriebszeit in den Abbildungen 3 und 4 dargestellt. Die maximale gespeicherte Kohlenstoffmenge beträgt im fünfjährigen Umtrieb 47 t C/ha am Ende der



3 Kohlenstoffspeicherung in der ober- und unterirdischen Holzbiomasse bei zehnjährigem Erntezyklus einer Kurzumtriebsplantage



4 Kohlenstoffspeicherung in der ober- und unterirdischen Holzbiomasse bei fünfjährigem Erntezyklus einer Kurzumtriebsplantage



5 Umfangreiche Messungen in den Versuchsfeldern bilden die Grundlage der Hochrechnungen.

Fotos: Tobias Hase, StMELF



dritten Rotation und im zehnjährigen Umtrieb 67 t C/ha am Ende der zweiten Rotation. Durchschnittlich wird in Wöllershof im fünfjährigen Umtrieb bei einer Betriebsdauer von 25 Jahren 17,08 t C/ha auf der Fläche gespeichert. Hierbei ist zu beachten, dass der Zuwachs auf der Versuchsfeld Wöllershof im ersten Umtrieb mit 11,5 t atro/ha relativ schwach war. Die Gründe hierfür lagen in den Schwierigkeiten bei der Begründung der Versuchsfeld. Bei dem gewählten Pflanzverband von 2,5 x 0,6 m waren die Bäume in den ersten Jahren nicht in der Lage, den Lichtraum zwischen den Reihen abzudunkeln. Da auf den Einsatz von Herbiziden verzichtet wurde, bildete die sofort nach der Pflanzung auflaufende Begleitvegetation während des ersten Umtriebs eine starke Nährstoff- und Wasser Konkurrenz und beeinträchtigte den Wuchs der Bäume stark.

Ein Vergleich mit anderen KUP-Flächen zeigt, dass die Wuchsleistung im ersten Umtrieb deutlich höher sein kann. So wurde auf einer LWF-Versuchsfeld in Niederbayern bei Max 4 ein Ertrag von 42 t atro/ha im ersten fünfjährigen Umtrieb erzielt – bei vergleichbaren Biomasseerträgen der Folgerotationen wie in Wöllershof. Unter der Voraussetzung eines erfolgreichen Begleitwuchsmanagements ist deshalb von einer durchschnittlichen Kohlenstoffspeichermenge von 18,56 t C/ha im fünfjährigen Umtrieb auszugehen.

Im zehnjährigen Umtrieb in Wöllershof beträgt die mittlere Kohlenstoffspeicherung 24,11 t C/ha bei Betrachtung von drei Rotationen. Hier erhöht sich unter der Annahme einer reibungslosen Kulturbegründung die durchschnittliche Kohlenstoffspeicherleistung auf 25,77 t C/ha. Lange Standzeiten von Kurzumtriebsplantagen sind somit nicht nur bezogen auf die Begründungs- und Rückumwandlungskosten wirtschaftlich sinnvoll, sondern bewirken auch eine längere Fixierung von Kohlenstoff in der Biomasse.

Petzold et al. (2010) kommen hinsichtlich der Speicherleistung von KUP zu ähnlichen Ergebnissen. Sie ermittelten in einer zehnjährigen Pappelkultur Vorräte von knapp 37 t C/ha in der oberirdischen Biomasse und 16 t C/ha in der unterirdischen Biomasse. Waldflächen speichern laut Kohlenstoffinventur 2017 in Deutschland mit durchschnittlich 113,69 t C/ha noch weit höhere Mengen (Thünen-Institut 2017). Da Kurzumtriebsplantagen kein Wald sind, sollte man ihre Speicherwirkung aber besser mit jener von landwirtschaftlichen Flächen vergleichen. Der mittlere Kohlenstoffvorrat in der Biomasse aktueller Kulturen auf Acker- und Gartenbauland lag in Deutschland im Jahr 2021 mit 6,58 t C/ha (UBA 2023) weit unter den hier ermittelten Werten für die KUP. Würden auf 1% der landwirtschaftlichen Fläche in Deutschland KUP mit 10-jähriger Ro-

tation angelegt, könnten innerhalb dieser Zeit 11,7 Mio. Tonnen Kohlendioxid-äquivalent zusätzlich gespeichert werden, was im Hinblick auf die Klimaschutzziele Deutschlands eine relevante Größe darstellt. Die jährlichen Erträge aus der Holznutzung könnten zusätzlich zur Substitution fossiler Brennstoffe verwendet oder bei stofflicher Nutzung in den Holzproduktespeicher fließen.

Zusammenfassung

Kurzumtriebsplantagen sind nicht nur in der Lage, schnell Energiehackschnitzel zu erzeugen, sondern auch Kohlenstoff in der ober- und unterirdischen Biomasse auf der Fläche zu binden. Bei einer Nutzungsdauer der Plantage von über 20 Jahren können pro Hektar durchschnittlich 19 bis 26 t Kohlenstoff in der holzigen Biomasse gespeichert werden. Diese Werte liegen weit über der C-Sequestrierung von annualen Kulturen auf Äckern und beim Gartenbau.

Autoren

Dr. Frank Burger und Dr. Bettina Widmann bearbeiten in der Abteilung »Forsttechnik, Betriebswirtschaft, Holz« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) das Thema Kurzumtriebsplantagen.

Kontakt: Frank.Burger@lwf.bayern.de
Bettina.Widmann@lwf.bayern.de