

# Gewässer- und Bodenschutz mit KUP

Das Beispiel Kaufering zeigt: Kurzumtriebsplantagen reduzieren Stoffeinträge in Grund- und Oberflächengewässer und schonen gleichzeitig den Ackerboden

Martina Zacios, Johanna Kozák, Simon Wöllhaf und Lothar Zimmermann

**Kurzumtriebsplantagen (KUP) – richtig eingesetzt – leisten einen wertvollen Beitrag zum Schutz von Gewässern und landwirtschaftlich genutzter Böden. Eine gründliche Auswahl des Standortes sowie eine angepasste Anlage und Bewirtschaftung können gewünschte positive Effekte, wie die Reduktion von Stoffeinträgen in Grund- und Oberflächengewässer, die Verringerung der Bodenerosion sowie eine Verbesserung der Bodenstruktur von intensiv bewirtschafteten Ackerflächen, fördern und verstärken.**

Seit den 1990er Jahren wurden durch die langjährigen Forschungsaktivitäten in Bayern zum Thema Kurzumtriebsplantagen (bspw. im Projekt »Anbauversuche mit schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb«) umfangreiches Wissen und viele Erfahrungen schwerpunktmäßig zu den Aspekten der Bewirtschaftung (Sortenwahl, Anlage, Pflege, Ernte) sowie der Ertragsoptimierung generiert. Besonders in den vergangenen zehn Jahren hat das Interesse auch an den Auswirkungen von KUP auf physikalische Bodeneigenschaften und Bodenökologie sowie auf Grundwasserspende und Stoffeinträge in Grund- und Oberflächengewässer deutlich zugenommen. Seit 2009 werden in diesem Zusammenhang im Trinkwasserschutzgebiet der Marktgemeinde Kaufering intensive hydrologische und bodenkundliche Untersuchungen an Pappel-KUP durchgeführt. An dieser Stelle sollen neben Erkenntnissen aus bun-

desweiten Forschungsvorhaben besonders die Ergebnisse aus dieser Fallstudie (Projekt »Hydrologische, ökologische sowie ertragskundliche Aspekte von Kurzumtriebsplantagen in Kaufering«) vorgestellt werden, um die Einflüsse des KUP-Anbaus auf den Wasser- und Stoffhaushalt beispielhaft an einem Standort im äußersten Süden Deutschlands, im Alpenvorland, darzulegen.

## KUP – Vielfältige Möglichkeiten der Gestaltung

Die Möglichkeiten, eine KUP zu gestalten, sind so vielfältig wie die Beweggründe, die einzelne Landwirte oder Kommunen dazu bringen, ihre Wärme aus Holzenergie dezentral und in der Region zu produzieren. Jeder Betrieb kann KUP, angepasst an seine Standortpalette, seine betrieblichen Voraussetzungen sowie seine vorrangigen Ziele anlegen und bewirtschaften. Einerseits großflächig zur Maximierung der Produktion, andererseits auch kleinflächig zur Verbesserung der technologischen Eignung einer Fläche oder streifenförmig mit dem Ziel einer Verbesserung des Boden- und Wasserschutzes sowie zur Deckung und Ergänzung der Eigenversorgung (Abbildungen 1 A bis D).

Besonders kleinere Schläge mit ungünstigen Flächenzuschnitten, in Hanglagen oder mit eingeschränkter Befahrbarkeit beispielsweise wegen periodischer Vernässung eignen sich hervorragend für den Anbau von KUP. Die Kombination aus extensiver Energieholzproduktion bei gleichzeitigen positiven Umweltwirkungen ist eine Alternative zum konventionellen Ackerbau. Aufgrund des verhältnismäßig hohen Wasserbedarfs der Bäume sollte bei der Standortwahl auf eine ausreichende Wasserversorgung geachtet werden. Eine gründliche Planung und intensive Auseinandersetzung mit dem Thema vor der Anlage kann neben der ökonomischen Rentabilität auch die positiven ökologischen Wirkungen jeder einzelnen KUP fördern und optimieren. Einen umfassenden Überblick der Entscheidungsmöglichkeiten bei der Anlage und Bewirtschaftung einer KUP haben Bärwolff et al. (2014) zusammengestellt. Grundlegende Informationen zur richtigen Sortenwahl sowie zur Anlage und Bewirtschaftung von KUP liefern auch die entsprechenden Merkblätter der LWF (Burger et al. 2011) sowie des Amtes für forstliche Saat- und Pflanzenzucht (ASP 2013).

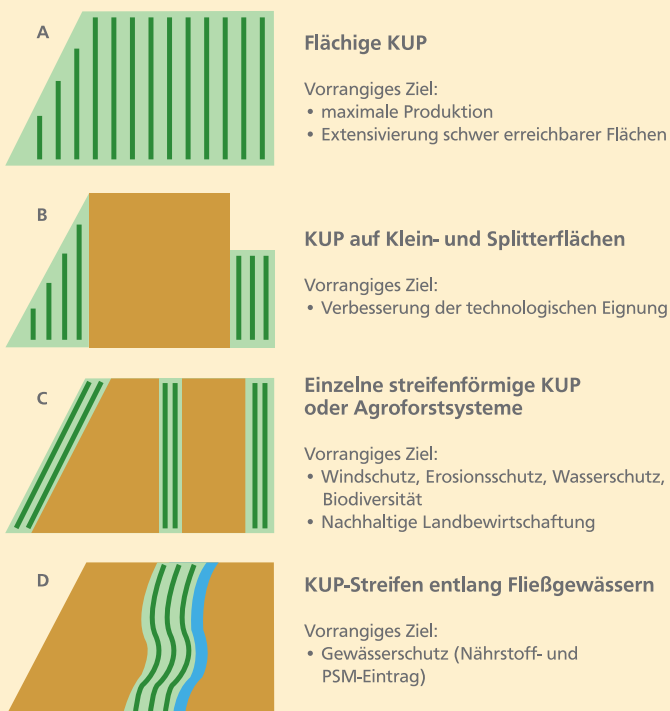


Abbildung 1: Verschiedene KUP-Anlageformen (verändert, nach Bärwolff et al. 2014)



Foto: V. Pfeiffer

Abbildung 2: Kauferinger Versuchsfläche im 2. Frühling nach der Ernte (Vordergrund) und Anfang der 7. Vegetationsperiode (Hintergrund)

## Grundwasserneubildung und Stoffeinträge unter KUP

Seit 2009 werden in der Marktgemeinde Kaufering im Landkreis Landsberg am Lech intensive Erhebungen zum Wasser- und Stoffhaushalt von Kurzumtriebsplantagen im Vergleich zu konventioneller landwirtschaftlicher Nutzung durchgeführt. Die untersuchte Pappel-KUP (Klon Max 3, Abbildung 2) wurde im Frühjahr 2008 im Pflanzverband 1 m x 2 m angelegt und 2013 das erste Mal teilweise geerntet. Sie steht auf einem sehr gut mit Wasser und Nährstoffen versorgten Parabraunerde-Standort im Trinkwasserschutzgebiet der Gemeinde. Der benachbarte Referenzacker war mit der regional üblichen Fruchtfolge Winterweizen – Sommerweizen – Mais – Winterweizen – Grünroggen – Mais bestellt. Mit den im Rahmen des Projekts KLIP11 gewonnenen Erkenntnissen zum Wasser- und Stoffhaushalt von KUP kann der bundesweit verfügbare Datenbestand nun um einen Standort unter den Witterungsverhältnissen des bayerischen Alpenvorlandes ergänzt werden.

### Grundwasserneubildung reduziert

Die Grundwasserneubildung, also der Anteil des Niederschlagswassers, der dem Grundwasserkörper unterhalb einer Fläche in einem Jahr zugeführt wird, ist zunächst klar mit dem dargebotenen Jahresniederschlag gekoppelt. Abhängig von Landnutzung und damit einhergehend vom spezifischen Wasserbedarf einer Kultur wird dem Bodenwasserspeicher im Laufe der Vegetationsperiode mehr oder weniger Wasser entzogen. Pappeln und Weiden haben einen verhältnismäßig hohen Wasserbedarf, welcher die Grundwasserspende unter KUP, verglichen mit einjährigen Ackerkulturen, reduziert. Für diesen erhöhten Wasserbedarf sind im Wesentlichen folgende vier Bedingungen verantwortlich:

- Die *längere Vegetationsperiode* der Bäume: Während der Acker bereits im Hochsommer abgeerntet ist, verbrauchen die Bäume noch bis in die Herbstmonate hinein das im Boden gespeicherte Wasser.
- Die *größere Blattfläche* der Bäume: Sie ist die treibende Kraft für die erhöhte Transpiration.
- Die *tiefere Erschließung* des Bodens über die mehrjährigen Wurzelstöcke: Besonders in größeren Tiefen wird dem Boden so mehr Wasser entzogen und es bedarf, abhängig vom Standort, einer verhältnismäßig längeren Zeitspanne, bis der Bodenwasserspeicher im Herbst wieder gefüllt ist und Grundwasserneubildung stattfinden kann.
- Das *schnelle Wachstum der KUP-Bäume*: Für die rapide Biomasseproduktion wird viel Wasser benötigt.

KUP sollten deshalb bevorzugt auf ausreichend mit Wasser versorgten Standorten etabliert werden, ein Jahresniederschlag von 500 l/m<sup>2</sup> sollte mindestens gegeben sein (Petzold et al. 2006). In Bayern wird dieser Schwellenwert nur in einigen wenigen Regionen im Nordwesten unterschritten. Besonders in Bereichen der Mittelgebirge und im Einflussbereich der Alpen liegen die Niederschläge deutlich darüber. An den Kauferinger Versuchsflächen ist beispielsweise mit 950 l/m<sup>2</sup> mittlerem Jahresniederschlag eine sehr gute Wasserversorgung der Bäume gewährleistet.

Auf Basis der bodenhydrologischen Messungen im Rahmen des Kauferinger Projekts konnten für den Zeitraum von November 2009 bis August 2014 die monatlichen Grundwasserneubildungsraten für KUP im Vergleich zu konventioneller Ackerbewirtschaftung auf einer benachbarten Fläche mit dem Wasserhaushaltsmodell LWF-BROOK90 ermittelt werden (Abbildung 3). Die längere Vegetationsperiode und die tiefere Ausschöpfung des Bodenwasserspeichers führt dazu, dass die Grundwasserneubildung unter KUP im Herbst deutlich später einsetzt (vgl. Herbst der Jahre 2009, 2011, 2012). Der Vergleich der Jahressummen in Abbildung 4 zeigt, dass die Grundwasserneubildung unter KUP, abhängig von den jeweiligen

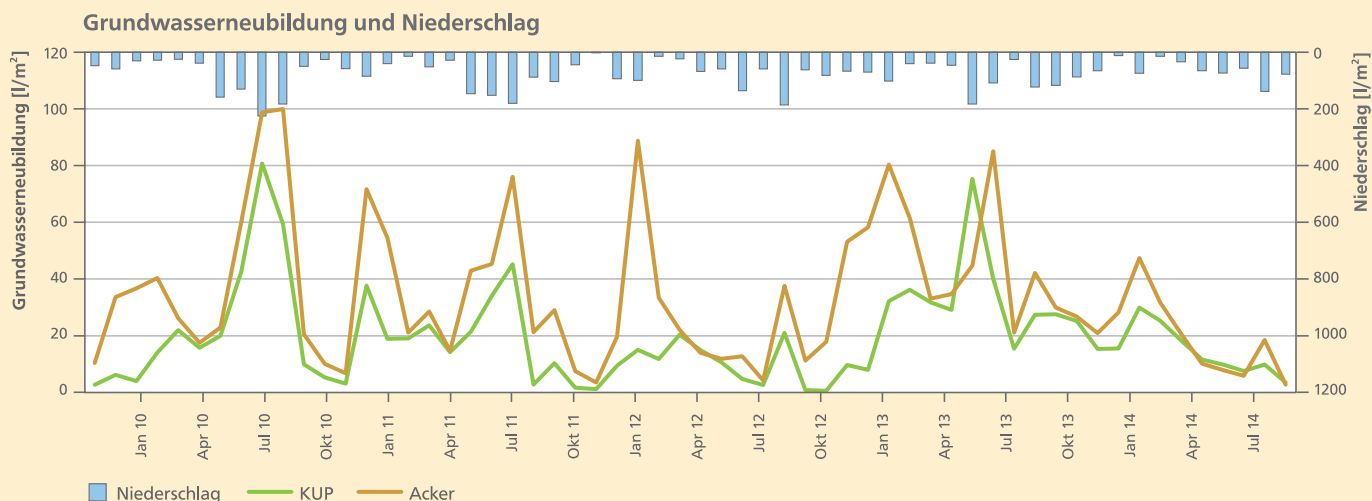


Abbildung 3: Monatssummen [mm] der Grundwasserneubildung (modelliert) unter KUP und Acker sowie Niederschlag für den Zeitraum November 2009 und Juli 2014

Witterungsverhältnissen, um rund 30 % im kühleren, niederschlagsreichen Jahr 2013 und um bis zu 60 % im wärmeren, trockenen Jahr 2012 gegenüber den einjährigen Ackerkulturen zurückgeht. In allen Jahren des Untersuchungszeitraums verbrauchte die KUP rund 20 % des Jahresniederschlags mehr als der Acker und führte damit dem Grundwasserkörper entsprechend weniger Wasser zu.

Weiterführende Modellberechnungen aus dem Kauferinger Projekt haben ergeben, dass die Bäume während der Aufwuchsphase einen geringeren Wasserbedarf aufweisen als im Alter von vier und mehr Jahren. Über die Wahl einer kürzeren Umtriebszeit kann der Wasserverbrauch der KUP also etwas reguliert werden. Zu überprüfen wäre, ob nicht auch ein

vergleichsweise weniger lehmiger, also ein sand- und steinreicher Standort eine höhere Grundwasserneubildung erlaubt. Begünstigt durch den durchlässigeren, lockereren Boden könnte dort vor allem bei hohen Sommerniederschlägen und Dauerregen schneller Wasser in den Grundwasserkörper gelangen.

Zwar haben KUP erst bei größeren Flächenanteilen messbare Auswirkungen auf den Wasserhaushalt eines Gebiets (Wahren et al. 2014), vor einem großflächigen Anbau, besonders in Bereichen mit geringer Grundwasserneubildung sollten jedoch wasserwirtschaftliche Aspekte berücksichtigt werden.

### Stoffeinträge ins Grundwasser deutlich geringer

Das Grundwasser ist verschiedenen Gefahren ausgesetzt. Besonders hervorzuheben dabei sind Stickstoffverbindungen (im wesentlichen Nitrat) und Pflanzenschutzmittel (PSM), von denen aufgrund ihres flächenhaften Eintrags eine wesentliche Beeinträchtigung der Grundwasserqualität ausgehen kann (LfU 2014). Für Nitrat wird der gemäß Grundwasserverordnung geltende Schwellenwert in Höhe von 50 mg/l in Bayern im Rohwasser von etwa 3 % der untersuchten Wassergewinnungsanlagen überschritten. Weitere 16 bis 20 % der Anlagen bzw. gleichzeitig auch der gewonnenen Wassermenge verteilen sich auf die Belastungsklassen zwischen 25 und 50 mg/l und sind somit als mäßig bis stark belastet einzustufen. Mit Blick auf die Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie sind daher laut dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) weitergehende Maßnahmen erforderlich. Bayern setzt dabei auf ergänzende Maßnahmen im Rahmen des Bayerischen Kulturlandschaftsprogramms und eine entsprechende Beratung, um die Stickstoffeinträge zu vermindern und damit für eine Verbesserung der Nitratsituation im Grundwasser zu sorgen.

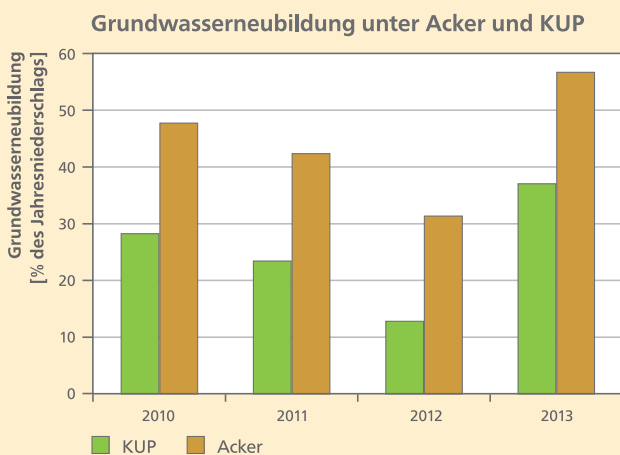


Abbildung 4: Grundwasserneubildung unter KUP und Acker für die Jahre 2010 bis 2013 in Prozent des Jahresniederschlags

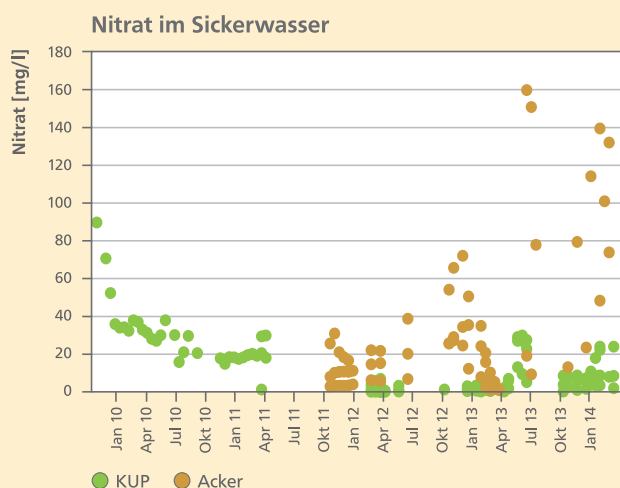


Abbildung 5: Nitratkonzentrationen (gemessen) im Sickerwasser unter KUP und Acker für den Zeitraum 11/2009 bis 04/2014

Durch eine Extensivierung der Landnutzung mittels der Anlage einer KUP können die Nitratreinträge ins Grundwasser gegenüber gedüngten Flächen, sei es Acker aber auch intensiv bewirtschaftetes Grünland, deutlich reduziert werden, da je nach Standort während der KUP-Bewirtschaftung größtenteils oder gar ganz auf eine Düngung verzichtet werden kann. Verglichen mit konventioneller Ackernutzung ist auf KUP-Flächen auch der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln beispielsweise zur Unkrautregulierung in der Begründungsphase deutlich geringer. KUP sind damit eine geeignete Landnutzung, um Stoffeinträge ins Grundwasser zu minimieren. Die auf den Käuferinger Versuchsflächen erhobenen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der beiden Landnutzungen bestätigen diesen positiven Effekt (Abbildung 5).

Für die Jahre 2012 und 2013 wurden auf Basis der Wasserflüsse aus der Wasserhaushaltsmodellierung sowie der gemessenen Stoffkonzentrationen im Bodensickerwasser die Stoffausträge ermittelt. Unter KUP wurden um rund 50 bzw. 70 % geringere Nitratausträge gegenüber dem konventionell bewirtschafteten Vergleichsacker ermittelt (Abbildung 6). Ähnlich verhält es sich auch mit Verlusten weiterer Nährelemente wie Calcium, Magnesium und Sulfat. Die Erntemaßnahme im Januar 2013 zeigte keine nennenswerten zusätzlichen Stoffverlagerungen in die Tiefe. Lediglich im Jahr der Anlage einer KUP sowie bei der Rückwandlung der Fläche in Ackerland ist mit einer größeren Stoffmobilisierung zu rechnen. In Anbetracht der langen Lebensdauer einer Kurzumtriebsplantage sollten sich diese beiden Eingriffe in der Gesamtbilanz jedoch nur gering bemerkbar machen.

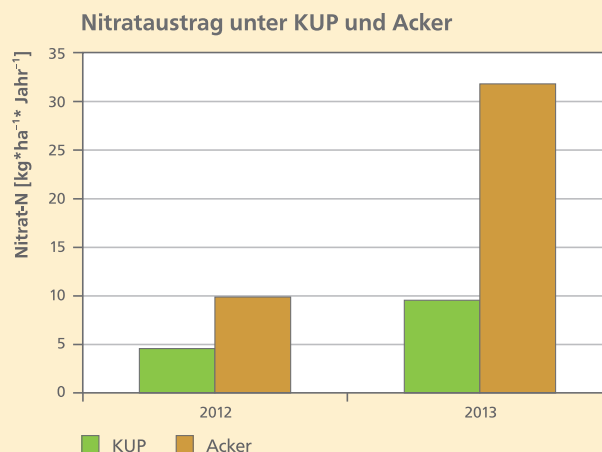


Abbildung 6: Nitratausträge unter KUP und Acker für die Jahre 2012 und 2013 [ $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{Jahr}^{-1}$ ]. Die großen Unterschiede zwischen den beiden Jahren erklären sich durch die abweichenden Witterungsverhältnisse.

## Bodenschutz mit KUP

Der Boden ist das größte Kapital der Landwirte. Die Erträge von Ackerflächen werden unmittelbar durch die Bodenstruktur und die Bodenfruchtbarkeit beeinflusst. Die dauerhafte Bestockung einer Kurzumtriebsplantage, einhergehend mit ihrer geringen Bewirtschaftungsintensität während dieser Zeit, können vor allem bei stark in Anspruch genommenen Böden und auf erosionsgefährdeten Flächen positive Effekte auf die Bodenqualität und die Bodenfunktionen haben (Böhm et al. 2012). Besonders die Humusanreicherung durch das Laub von KUP-Bäumen ist förderlich für den Humushaushalt dieser zum Teil schon lange als Acker bewirtschafteten Böden. Der über Jahrtausende gewachsene Boden reagiert nur sehr langsam auf bewirtschaftungsbedingte Veränderungen. Aufgrund der relativ jungen Bewirtschaftungsform liegen daher nur sehr wenige umfangreiche Erhebungen über die unmittelbare Langzeitwirkung von KUP auf die Bodeneigenschaften vor. Aus den bisherigen Beobachtungen können dennoch bereits einige Aussagen über den Beitrag von KUP zum Thema Bodenschutz abgeleitet werden.

### Weniger Bodenerosion durch Wasser und Wind

Durch eine Vergrößerung der Bewirtschaftungseinheiten sowie den vermehrten Anbau erosionsanfälliger Kulturen wie Mais und Zuckerrüben hat die Erosionsgefährdung auf landwirtschaftlichen Flächen bundesweit zugenommen. Negative Auswirkungen der Bodenerosion sind der Verlust von Humus und Nährstoffen, die Verminderung des Wasserspeicher- und Wasserfiltrationsvermögens sowie eine durch Bodenabtrag verursachte uneinheitliche Bodenqualität der Ackerschläge. Indirekt kann Bodenabtrag beispielsweise zu Verschmutzung und Verstopfung von Wegen, Gräben und Abläufen oder im



Foto: H. Moritz

Abbildung 7: Winderosion vom offenen Ackerboden: Eine ganzjährige Bestockung mit KUP samt Begleitvegetation oder mit Windschutzstreifen könnten hier Abhilfe leisten

(Quelle: Herbert Moritz, Naturschutzbund Deutschland, Kreisgruppe Borken)



Foto: D. Tornov

Abbildung 8: Maisacker im Überschwemmungsbereich: Stoffverluste in das Fließgewässer könnten hier durch eine angepasste Bewirtschaftung vermieden werden

(Quelle: Dieter Tornow, Biologische Schutzgemeinschaft Hunte Weser-Ems e.V., Diepholz)

schlimmsten Fall zu einer Überdüngung von Gewässern (vor allem durch Phosphor) führen. Bereits etablierte Mittel zur erosionsmindernden Ackerbewirtschaftung wie pfluglose Bearbeitung, Mulchsaatverfahren oder Veränderungen des Schlagzchnitts sind in problematischen Regionen vielfach nicht ausreichend (Perner 2011). KUP- oder Agrarholzstreifen wie in Abbildung 1 C und 1 D skizziert könnten den Bodenabtrag an entsprechenden Stellen dämpfen (Bärwolff et al. 2013; Jung 2013). Besonders während der ersten Jahre, in denen die Stöcke buschartig austreiben und die Begleitvegetation den Boden flächendeckend schützt, kann das oberhalb erodierte Material in KUP-Streifen zurückgehalten werden. Aber auch durch eine Verkürzung der erosiv wirksamen Hanglängen oder als Begrünung zur Stabilisierung von Erosionsrinnen innerhalb von Feldstücken können KUP zum Erosionsschutz beitragen (Perner 2011). Zusätzlich können KUP-Streifen in angemessenen Abständen die Windgeschwindigkeit (vgl. Abbildung 7) auf ausgeräumten Kulturlandschaften ohne Windschutzhecken dämpfen und windbedingten Bodenabtrag kleinräumig mindern (Böhm 2014). Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft und die Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft untersuchen derzeit im gemeinsamen Projekt »Agroforstsysteme zur Energieholzgewinnung im ökologischen Landbau« die Wirkung von Energieholzstreifen bezüglich Windschutz, Bodenfeuchte, Humusgehalt des Bodens und Bodenfauna sowie Effekte auf Ertrag und Qualität der angrenzenden Ackerfrüchte (Winterling et al. 2014).

## Verschnaufpause für den Ackerboden

Anders als bei einjährigen Ackerkulturen findet auf KUP-Flächen nur im Anlagejahr sowie bei der Rückwandlung in Ackerland eine Bodenbearbeitung statt. Die Fläche wird nach der Anlage lediglich während den Ernten mit Maschinen befahren, während der übrigen Jahre herrscht Bodenruhe. Die damit einhergehende geringere jährliche Bodenverdichtung bewirkt eine Verbesserung der Bodenstruktur. Zudem fördern die Anreicherung von Streumaterial und das Wurzelsystem der Bäume die Bodenauflockerung. Pappeln und Weiden können über die Jahre den Boden mit ihren Wurzeln deutlich tiefer erschließen als einjährige Ackerkulturen, welche den Boden meist nur bis zur Pflugsohle intensiv durchwurzeln. Ein weniger verdichteter Boden lässt sich sowohl von Pflanzen als auch von Bodenlebewesen besser besiedeln. Das hohe Angebot an organischem Material sorgt auch für eine intensive Besiedlung durch Bodenlebewesen wie beispielsweise Regenwürmer, die über ihre grabende Tätigkeit neue Bodenporen bilden, insgesamt den Boden auflockern und die Stabilität der Bodenaggregate erhöhen. Durch die sogenannte Bioturbation verbreiten sie des Weiteren organisches Material auch in große Bodentiefen und fördern somit neben der Nährstoffverfügbarkeit auch die Wasserhaltefähigkeit des Bodens.

## KUP in Gewässerrandstreifen

Ackerbauliche Nutzung am Uferrand oder im Überschwemmungsbereich auch kleinerer Fließgewässer birgt besonders während Hochwasserereignissen (siehe Abbildung 8) die Gefahr von erhöhten Stoffeinträgen in den Bach- oder Flusslauf. Die oben beschriebenen positiven Effekte bezüglich der Einträge gelöster oder erodierter Stoffe in Gewässer können im

Uferbereich von Oberflächengewässern genutzt werden. Bei fehlender natürlicher Ufervegetation können KUP in Gewässerrandstreifen, erodiertes Bodenmaterial zurückzuhalten und somit den oberflächigen Eintrag von Sedimenten und daran gebundener Nährstoffe in das Fließgewässer abpuffern (Bärwolff et al. 2013; Fürstenau 2014; vgl. auch Absatz »Bodenschutz« in diesem Artikel). Wie oben beschrieben wirkt sich das Ausbleiben der Düngung auch und insbesondere in unmittelbarer Gewässernähe positiv auf die Stoffeinträge in das Fließgewässer aus. Darüber hinaus fördert die langjährige Bodenruhe eine gesteigerte Wasser- und Stoffhaltefähigkeit des Bodens. Angereicherte Stoffe können durch das ausgeprägte Wurzelsystem der Bäume auch aus tieferen Regionen des Bodens entzogen werden. Diffuse Stoffeinträge durch Uferinfiltration können so ebenfalls deutlich reduziert werden. In Bayern sind bei der Genehmigung einer KUP das zuständige Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, die Untere Naturschutzbehörde sowie gegebenenfalls das Wasserwirtschaftsamt und andere betroffene Behörden beteiligt. Ob eine KUP am Gewässerrand angelegt werden kann, ist je nach örtlichen Gegebenheiten eine Einzelfallentscheidung, wie uns Herr Josef Radlmeier vom Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Pfaffenhofen aus der Genehmigungspraxis berichtete.

Als Fazit kann festgehalten werden, dass KUP viele individuelle Möglichkeiten der Realisierung bieten. Sie können bei guter Planung schon vor der Anlage gezielt eingesetzt werden, um die beschriebenen positiven Umweltwirkungen an geeigneten Stellen zu nutzen.

## Literatur

ASP – Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht (Hrsg.) (2013): Energiewald – Anbau schnell wachsender Baumarten in Kurzumtriebskulturen. Merkblatt Pa 02

Bärwolff, M.; Gödeke, K.; Fürstenau, C. (2014): Einsatzfälle KUP: Greening, Gewässer- und Erosionsschutz, Produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahmen (PIK). Thüringer Bioenergietag 2014 – Optionen von Energieholz aus KUP für die Landwirtschaft, S. 9–16

Bärwolff, M.; Reinhold, G.; Fürstenau, C.; Graf, T.; Jung, L.; Vetter, A. (2013): Gewässerrandstreifen als Kurzumtriebsplantagen oder Agroforstsysteme. Verband für Agrarforschung und Bildung, Thüringen e.V. (VAFB) Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), 63 S.

LfU - Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2014): Grundwasser für die öffentliche Wasserversorgung: Nitrat und Pflanzenschutzmittel; Berichtsjahre 2008 bis 2012. Umwelt Spezial

Böhm, C. (2014): Bodenschutz und Bodenfruchtbarkeit, Wasserhaushalt und Mikroklima. 4. Forum Agroforstsysteme am 3./4.12.2014 in Dornburg. [http://www.agroforstenergie.de/\\_forum-agroforst/2014/B\\_3\\_Boehm\\_Boden-Wasser-Mikroklima.pdf](http://www.agroforstenergie.de/_forum-agroforst/2014/B_3_Boehm_Boden-Wasser-Mikroklima.pdf) (aufgerufen am 22.12.2014)

Böhm, C.; Quinkenstein, A.; Freese, D. (2012): Vergleichende Betrachtung des Agrarholz- und Energiemaisanbaus aus Sicht des Bodenschutzes. In: Bodenschutz, Jg. 17, Nr. 2

Burger, F.; Sommer, W.; Ohrner, G. (2011): Anbau von Energiewäldern. LWF-Merkblatt Nr. 19

Fürstenau, C. (2014): Agrarholz ein natürlicher Biofilter entlang von Fließgewässern – Chancen und Risiken. 4. Forum Agroforstsysteme am 3./4.12.2014 in Dornburg. [http://www.agroforstenergie.de/\\_forum-agroforst/2014/D\\_3\\_Fuerstenau\\_KUP\\_Pufferstreifen.pdf](http://www.agroforstenergie.de/_forum-agroforst/2014/D_3_Fuerstenau_KUP_Pufferstreifen.pdf)

Jung, L. (2013): Kurzumtriebsplantagen an Fließgewässern – Gewässerschutz durch Erosionskontrolle und Verringerung des Stoffeintrages. Gülzower Fachgespräche 43, Tagungsband des Internationalen Kongress Agrarholz 2013, 19.–20.2.2013, Berlin, S. 30

Perner, J. (2011): Agrarholzstreifen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen als Barriere zur Vermeidung von Bodenerosion und Stoffeinträgen in Fließgewässer (Teil 1). Vortrag zum 2. Forum Agroforstsysteme am 20./21.6.2011 in Dornburg. [http://www.agroforstenergie.de/\\_forum-agroforst/2011/afs14\\_11.pdf](http://www.agroforstenergie.de/_forum-agroforst/2011/afs14_11.pdf)

Petzold, R.; Feger, K.-H.; Siemer, B. (2006): Standörtliche Potenziale für den Anbau schnell wachsender Baumarten auf Ackerflächen. In: AFZ – DerWald 16, S. 855–857

Wahren, A.; Julich, S.; Feger, K.H. (2014): Modellgestützte Untersuchung zum Einfluss von Energieholz-Anbau auf ein mesoskaliges Einzugsgebiet (Hoyerswerdaer Schwarzwasser, Sachsen). In: Cyffka, B. (Hrsg.): Beiträge zum Tag der Hydrologie 2014 in Eichstätt. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 34.14, Hennef, S. 245–252

Winterling, A.; Jacob, I.; Wiesinger, K.; Borchert, H. (2014): Agroforst – Holzenergie vom Acker. Bioland 8, S. 13–14

---

Martina Zacios bearbeitet seit 2009 das vom Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten finanzierte Projekt KLIP11 – Hydrologische, ökologische und ertragskundliche Aspekte von Kurzumtriebsplantagen bei Kaufering.

Johanna Kozák und Simon Wöllhaf haben das Vorhaben als wissenschaftliche Hilfskräfte unterstützt.

Lothar Zimmermann leitet das Projekt seit 2012 in der Abteilung »Boden und Klima«.

Korrespondierende Autorin: [Martina.Zacios@lwf.bayern.de](mailto:Martina.Zacios@lwf.bayern.de)