

# Energiewald unter Dauerbeobachtung

Seit zwei Jahren werden in Kaufering die Auswirkungen einer Kurzumtriebsplantage auf die Grundwasserneubildung und die Trinkwasserqualität untersucht

Martina Zacios, Jörg Niederberger und Christoph Schulz

**Anfang 2009 startete das Projekt »Hydrologische, faunistische und ertragskundliche Aspekte eines neu begründeten Energiewaldes in Kaufering«. Die LWF begleitet mit ihren Untersuchungen einen Teil des Nachhaltigkeitskonzepts der Gemeinde Kaufering, welches unter anderem die Begründung von Energiewäldern in einem Trinkwasserschutzgebiet vorsieht. Im Vergleich zum konventionellen Ackerbau wird von der Extensivierung der Bewirtschaftung eine verbesserte Qualität des Trinkwassers erwartet und zusätzlich eine ökologische Aufwertung der Flächen erhofft.**

Die Bayerische Staatsregierung beschloss am 24. Mai 2011 das Bayerische Energiekonzept »Energie innovativ«. Das Energiekonzept sieht unter anderem den Ausbau der Kraft-Wärme-Koppelung (KWK) vor. Solche KWK-Anlagen produzieren aus Biomasse, beispielsweise Hackschnitzeln aus Kurzumtriebsplantagen, sowohl Wärmeenergie als auch Strom. Im hier vorgestellten Projekt werden die Auswirkungen einer Kurzumtriebsplantage (KUP, vgl. Kasten) auf den Wasser- und Stoffhaushalt sowie auf die ökologische Artenzusammensetzung unter anderem von Laufkäfern, Spinnen und Regenwürmern im Vergleich zur konventionellen landwirtschaftlichen Nutzung untersucht. An dieser Stelle soll jedoch ausschließlich auf die hydrologischen Untersuchungen eingegangen werden.

## Kurzumtriebsplantagen (KUP)

KUPs dienen zur Erzeugung von Brennholz, weshalb sie oft auch als Energiewälder bezeichnet werden. Im Frühjahr werden circa 15 Zentimeter lange Stecklinge auf einer landwirtschaftlichen Fläche in den Boden eingebracht. Die verwendeten Baumarten, vor allem Pappeln, Weiden und Robinien, zeichnen sich durch ein rasches Jugendwachstum aus. Bereits nach drei bis acht Jahren – abhängig vom Standort, von der Baumart und dem gewünschten Ernteverfahren – sind die Bäume »erntereif«. Sie werden in Bodennähe abgeschnitten, also auf den Stock gesetzt, und meist zu Hackschnitzeln oder Pellets weiterverarbeitet. Die im Boden verbleibenden Stöcke treiben im Frühjahr nach der Ernte erneut aus. Die neuen Triebe profitieren dabei vom bereits vorhandenen Wurzelstock, der sie sofort optimal mit Wasser und Nährstoffen versorgen kann. Dieser Zyklus kann ohne zusätzliche Düngergaben drei bis fünfmal wiederholt werden. Da eine KUP rechtlich weiter als landwirtschaftliche Fläche und nicht als Aufforstung betrachtet wird, kann das Areal ohne Weiteres nach der letzten Ernte wieder in eine Ackerfläche rückgewandelt werden.

Pro Jahr und Hektar können mit der Wärme aus Hackschnitzeln 5.000 – 6.000 Liter Heizöl ersetzt werden. Dies bedeutet eine Einsparung von circa 15 Tonnen CO<sub>2</sub>-Emission pro Jahr und Hektar. In Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen wird aus den Hackschnitzeln neben Wärme zusätzlich auch Strom produziert.

## Instrumentierung und erste Ergebnisse

Im Zentrum unserer hydrologischen Untersuchungen stehen zwei Fragestellungen. Zum einen, ob sich die Sickerwasserqualität unter einer landwirtschaftlich intensiv genutzten Fläche durch die Anlage einer Kurzumtriebsplantage verbessert und zum anderen, ob sich die geänderte Landnutzung auf die Menge des auf der Fläche neu gebildeten Grundwassers auswirkt. Um diese Effekte quantifizieren zu können, wurde im Sommer 2009 auf der KUP- sowie auf der Ackerfläche je ein drei Meter tiefer und zwei Meter breiter Messschacht eingebaut (Abbildung 1). In den Schächten werden seit Herbst 2009 kontinuierlich Bodenfeuchten in fünf Tiefen gemessen sowie Sickerwasserproben mittels Saugkerzen gewonnen. Um neben den am Schacht gemessenen Daten die räumliche Streuung der Sickerwasserkonzentrationen zu erfassen, wurden im Frühjahr 2011

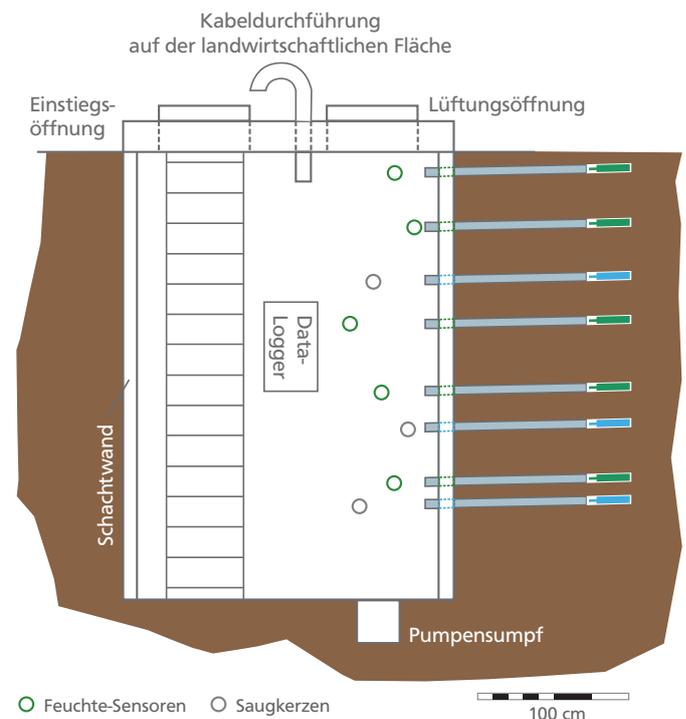


Abbildung 1: Skizze des Messschachts mit Lage der eingebauten Feuchtesensoren und Saugkerzen



Foto: J. Niederberger

Abbildung 2: In der Pappelplantage wird der Bestandesniederschlag in zwei Rinnen gesammelt und in einen Auffangbehälter geleitet.

zusätzlich 25 Saugkerzen in 85 Zentimeter Tiefe über beide Flächen verteilt. Auf einer benachbarten Freifläche wird in drei Depositionssammlern der Niederschlag aufgefangen, um den Stoffeintrag (nasse Deposition) auf die Flächen zu bestimmen. Der Anteil des Niederschlags, der tatsächlich unter den Bäumen auf dem Boden ankommt, wird mit Hilfe zweier Bestandesniederschlagsrinnen erfasst (Abbildung 2). Auch dieses Wasser wird auf seine Inhaltsstoffe hin untersucht.

### Bodenwassergehalt

Über die Bodenverhältnisse (Korngrößenverteilung, Lagerungsdichte etc.) lässt sich die Feldkapazität (FK) des Bodens bestimmen, also die Menge an Wasser, die der Boden gegen die Schwerkraft halten kann. Die nutzbare Feldkapazität eines Bodens (nFK) ist wiederum der Anteil des Bodenwassers, der schließlich auch von den Pflanzen aufgenommen werden kann.

Aus den gemessenen Wassergehalten lässt sich berechnen, welcher Teil der potentiellen nFK tatsächlich mit Wasser gefüllt ist. In Abbildung 3 ist der zeitliche Verlauf dieser effektiv nutzbaren Feldkapazität aufgetragen. Die Unterschiede zwischen KUP und Acker sind deutlich zu erkennen. Auf dem Acker wurde im Herbst 2009 Sommergerste geerntet und Wintergerste ausgesät. Schon zu Beginn der Messungen ist zu sehen, dass die Pappeln dem Boden im Sommer mehr Wasser entziehen als die Ackerfrucht. Über den Winter 2009/2010 füllt sich der Bodenwasserspeicher beider Böden wieder auf, da der Wasserentzug durch die Vegetation ausbleibt. Im Frühjahr setzt zunächst die Wintergerste mit der Wasseraufnahme ein, wohingegen die Pappel erst wenige Blätter ausgebildet hat und kaum Wasser verbraucht. Während einer kleinen Trockenperiode im Juli macht sich die nun große Blattfläche der Pappel deutlich bemerkbar, der Wasserentzug ist jetzt stärker als auf dem Acker. Noch klarer ist dieser Effekt nach dem feuchten August zu sehen. Während auf dem Acker die Gerste bereits abgeerntet ist und kein Wasser mehr entzogen wird, steht die Pappel noch voll im Laub

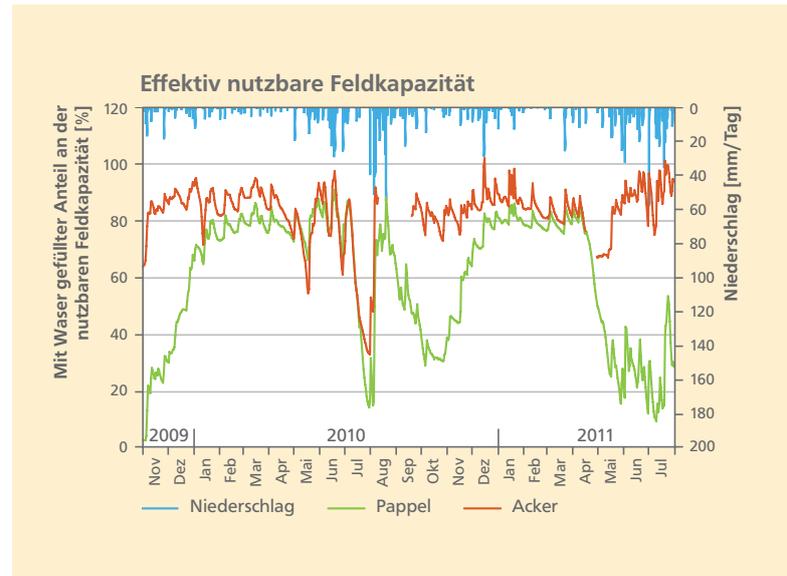


Abbildung 3: Anteil der mit Wasser gefüllten nutzbaren Feldkapazität (nFK); Erläuterungen im Text

und transpiert große Mengen an Wasser. Über den Winter 2010/2011 füllen sich die Bodenwasserspeicher wieder. Noch stärker als im Vorjahr ist ab April 2011 der Wasserentzug durch die Pappel zu erkennen. Im Acker wiederum – zu diesem Zeitpunkt mit Mais bestellt – wird der Bodenwasserspeicher durch die starken Regenfälle und den geringen Wasserentzug der noch kleinen Maispflanzen deutlich aufgefüllt.

Der verstärkte Wasserverbrauch durch die Pappel kann mit ihrer größeren Blattfläche, ihren tiefer reichenden Wurzeln sowie der längeren Vegetationsperiode erklärt werden. Mit einem Wasserhaushaltsmodell wird u. a. die Menge des unter den beiden Flächen versickernden Wassers berechnet. Zum jetzigen Zeitpunkt ist davon auszugehen, dass sich der höhere Wasserbedarf der Bäume auch in einer verringerten Grundwasserneubildung widerspiegelt.

### Stoffhaushalt

Kurzumtriebsplantagen müssen, anders als landwirtschaftlich intensiv genutzte Flächen, nicht gedüngt werden. Ob und wie sehr sich die Extensivierung der Landnutzung auf die Qualität des Sickerwassers auswirkt wird anhand von Bodenwasserproben untersucht. Die Proben werden aus 85, 185 und unter Pappel zusätzlich aus 235 Zentimeter Tiefe gewonnen und auf ihren Gehalt der wichtigsten Nährelemente hin untersucht. In Tabelle 1 sind die durchschnittlichen Konzentrationen im Sickerwasser dargestellt.

Die pH-Werte der beiden Flächen unterscheiden sich kaum. Auf Grund der regelmäßigen Kalkzufuhr auf der Ackerfläche liegt die Sickerwasserkonzentration von *Calcium* in beiden Tiefen deutlich über den Konzentrationen der Pappelfläche. Im Gegensatz dazu ist die *Magnesium*konzentration in 85 Zentimeter Tiefe unter Acker deutlich geringer. Möglicherweise ist dies mit dem Nährstoffentzug durch die Ernte zu erklären. In den größeren Tiefen unterscheiden sich die Magnesiumkonzentrationen kaum. Für *Kalium* und *Sulfat* zeigt sich

Tabelle 1: Stoffgehalte im Sickerwasser unter der Ackerfläche und unter der KUP

Nutzungsart	Tiefe [cm]	pH-Wert	Calcium [mg/l]	Magnesium [mg/l]	Kalium [mg/l]	Sulfat [mg/l]	Phosphor [mg/l]	Nitrat [mg/l]
Acker	85	8,3	130,6	19,4	5,33	23,10	0,074	115,5
	185	8,2	106,3	28,4	0,80	17,89	0,056	91,4
Pappel	85	8,4	77,7	24,3	0,21	1,45	0,061	11,3
	185	8,4	73,5	27,7	0,15	1,30	0,052	30,1
	235	8,4	68,1	25,2	0,13	0,77	0,059	40,3

wieder der Effekt der Düngung auf der landwirtschaftlichen Fläche. Die Konzentrationen im Sickerwasser sind unter Acker gegenüber den Konzentrationen unter Pappel in allen Tiefenstufen deutlich erhöht. Die *Phosphorkonzentrationen* unterscheiden sich kaum, weder in den verschiedenen Tiefenstufen noch zwischen den beiden Flächen. Die Phosphordüngung auf der Ackerfläche macht sich nicht in der Bodenlösung bemerkbar. Der Grund hierfür ist die geringe Mobilität von Phosphor und seine Fixierung im Boden bei hohen pH-Werten.

Für *Nitrat* gibt die deutsche Trinkwasserverordnung einen Grenzwert von 50 Milligramm pro Liter [mg/L] vor, die EU-Wasserrahmenrichtlinie gibt einen Wert von unter 25 mg/L als erstrebenswert an. Die Nitratkonzentration der Trinkwasserfassung, in dessen Einzugsgebiet sich die Untersuchungsflächen befinden, deutet auf eine hohe Grundbelastung des Gebietes hin. Sie weist stabil Werte von rund 30 mg/L auf. Die Nitratkonzentration unter der Kurzumtriebsplantage liegt in 85 Zentimeter Tiefe seit Beginn der Messungen nahezu durchgehend unter 10 mg/L. Im Verlauf des Jahres 2010 nahm allerdings die bestehende Bodenvegetation auf Grund der zunehmenden Beschattung durch die Pappeln sukzessive ab. Dieses organische Material wurde zusammen mit der anfallenden Laubstreu zersetzt und im Winter nicht wieder über die Vegetation aufgenommen. Die Nitratwerte in 85 cm Tiefe stiegen kurzfristig bis auf 40 mg/L an, gingen aber mit einsetzendem Nährstoffentzug der Pappeln im Frühjahr 2011 wieder auf knapp 4 mg/L zurück. In den beiden größeren Tiefen wurden zu Beginn der Messreihe, circa eineinhalb Jahre nach der Begründung der KUP, sehr hohe Nitratkonzentrationen um 90 mg/L (185 cm) bzw. 175 mg/L (235 cm) gemessen. Diese Nitrat auswaschung wurde sehr wahrscheinlich durch den Grünlandumbruch bei Bestandsgründung verursacht. Seitdem zeigen die Konzentrationen jedoch für beide Tiefenstufen rückläufige Werte, sie sind mittlerweile auf knapp 20 mg/L zurückgegangen.

Eindeutig erhöht sind die durchschnittlichen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter der landwirtschaftlichen Fläche. Um jedoch endgültige Aussagen treffen zu können, müssen die Analysen der zusätzlich auf der Fläche gewonnenen Proben abgewartet werden. Die Konzentrationen unterliegen auf dem Acker über den gesamten Messzeitraum starken Schwankungen. Diese werden zum einen bedingt durch eine sehr variable Vegetationsbedeckung und somit einen unbeständigen Nährstoffentzug, zum anderen durch zusätzliche Stoffeinträge über die Düngung. In den letzten beiden Jahren

konnten unter dem Acker Nitratkonzentrationen zwischen 40 und 230 mg/L gemessen werden. Der Grundwasserspiegel liegt auf der Lechterrasse knapp 20 Meter unterhalb der Geländeoberkante. Bis das Sickerwasser zur Trinkwasserentnahmestelle gelangt, kann ein Teil des ausgewaschenen Nitrats noch abgebaut werden.

### Grundwasser: Neubildung und Stoffeinträge

Der Wasserhaushalt einer Fläche definiert sich hauptsächlich über die Komponenten Niederschlag, Verdunstung sowie Versickerung. Die Niederschlagsmenge ist relativ einfach zu erfassen, die beiden anderen Parameter lassen sich nur mit erheblichem technischen Aufwand bestimmen. Für Fragestellungen zur Grundwasserneubildung sowie zu Stoffeinträgen ins Grundwasser werden deshalb oft Wasserhaushaltsmodelle zu ihrer Berechnung herangezogen.

Mit Hilfe des Modells LWF-BROOK90 wird der Wasserhaushalt der beiden Flächennutzungen ermittelt. In dieses Modell fließen die unterschiedlichsten Informationen ein, sowohl Klima- und Bodenverhältnisse als auch Angaben über die Pflanzenentwicklung (u. a. Blattfläche und Durchwurzelungstiefe). Zur Validierung der Modellergebnisse werden die in Kaufering gemessenen Bodenwassergehalte verwendet. Die Menge infiltrierten Wassers wird für beide Flächen berechnet werden, um die Unterschiede in der Grundwasserneubildung zu quantifizieren. Zusammen mit den chemischen Analysen des Sickerwassers lassen sich daraus die unterschiedlichen Stofffrachten und somit die Stoffeinträge in das Grundwasser bestimmen. Ob eine Extensivierung in Form von Kurzumtriebsplantagen dabei helfen können, die Trinkwasserqualität zu verbessern, wird sich bis zum Ende des Projektes zeigen lassen. Offen bleibt jedoch die Frage, wie sich die anstehende Ernte der Kurzumtriebsplantage auf den Wasser-, vor allem aber auf den Stoffhaushalt der Fläche auswirken wird.

---

Martina Zacios und Jörg Niederberger sind Mitarbeiter der Abteilung Boden und Klima der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. [Martina.Zacios@lwf.bayern.de](mailto:Martina.Zacios@lwf.bayern.de); Projektleitung: Dr. Frank Burger (federführend) sowie Christoph Schulz (Teil Hydrologie)  
Das Projekt wird durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten im Rahmen des Klimaprogramms Bayern 2020 finanziert.