

Alles fließt

Wie groß ist unser
Wasserfußabdruck?

.....

Haben Äpfel Durst?

.....

Was macht die Kuh im Moor?

.....

Liebe Leserinnen und Leser,

herzlich willkommen zur aktuellen Ausgabe der **forschungsfelder**!

Wussten Sie, dass Sie mit jedem Apfel, den Sie essen, einen Fußabdruck hinterlassen? Nicht nur den auf dem Weg zum Obststand, und auch um Ihre CO₂-Bilanz soll es diesmal nicht gehen. Nein, jedes Lebensmittel hat einen eigenen Wasserfußabdruck. Und je nachdem, was Sie da verspeisen, ist der mal enorm groß oder eher klein. Er errechnet sich unter anderem aus dem verbrauchten Niederschlag, dem Grundwasser und dem entstandenen Abwasser.

Die neue Ausgabe der **forschungsfelder** geht der Frage nach, wie und was in der Forschung passiert, um Wasser sinnvoll zu nutzen, und wie eine moderne Landwirtschaft mit weniger Wasser auskommt. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten mit Hightech, Elan und Neugier daran, die Ansprüche einzelner Pflanzen besser zu erkennen, die Wassernutzung produktiver zu machen, und daran, wie Fische in Aquakulturen besser aufgezogen werden können. Kurz gesagt: Da ist viel im Fluss.

Ihr Redaktionsteam



forschungsfelder

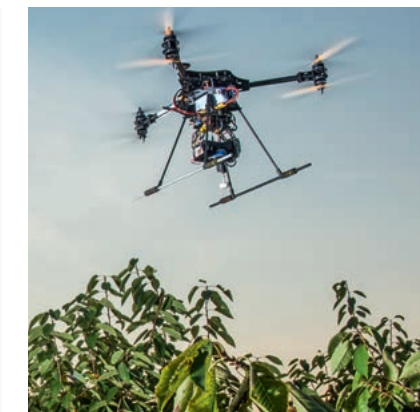
Ausgabe 4 – Dezember 2016

THEMEN

- 8 Steter Tropfen**
Wasser bestimmt seit jeher unser Leben.
- 10 Wie viel Wasser steckt in Schokolade?**
Die knappe Antwort: reichlich.
- 12 Verstecktes Wasser**
Wie bilanziert man den Bedarf in der Landwirtschaft?
- 16 Ist unser Grundwasser gefährdet?**
Gespräch mit Dr. Claudia Heidecke vom Thünen-Institut.
- 20 Wie ein Fisch im Wasser**
Forscher zeigen, wie eine naturnahe Aquakultur aussehen kann.
- 22 Drei Fragen an ...**
Prof. Dr. Ulfert Focken über die Schwierigkeiten in der deutschen Fischzucht.
- 24 Apfel an Erde**
Jede Pflanze hat spezielle Wünsche. Doch wie wird man diesen gerecht?
- 28 Die Sumpfkühe**
Wie Rinder das brandenburgische Niedermoor retten.

RUBRIKEN

- 4 Das besondere Foto**
- 6 Forschungslandschaft**
- 19 Landkarte**
- 23 Schon gewusst?**
- 32 Stichwort**
- 33 Was morgen wichtig wird**
- 34 Die Forschungsfrage**
- 35 Impressum**



Fotos: © links: Maisie Paterson/Tetra Images/Getty Images; rechts oben: Jan Windauszus; rechts unten: Christen/OKAPIA

forschungsfelder

- » Ausgabe downloaden
 - » Weitere Themen und Texte
 - » Kostenfreies Abonnement
- www.forschungsfelder.de

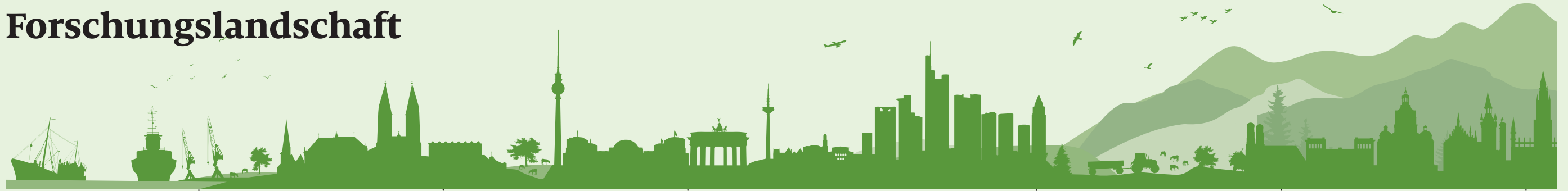


Das besondere Foto

Salat zentrifugal

Was wie eine überdimensionale Salatschleuder aussieht, ist in Wahrheit ein Gewächshaus. Die Arbeiterinnen der japanischen Hightech-Station setzen die jungen Pflanzen in der Mitte ein, dadurch werden die älteren nach außen geschoben, wo sie geerntet werden können.

Forschungslandschaft



Freising

Gescannter Weizen

Immer mehr Menschen vertragen keine weizenhaltigen Produkte. Bekannt ist die Zöliakie, eine entzündliche Reaktion des Dünndarms auf Gluten, das Klebereiweiß im Weizen. Weniger gut erforscht ist eine andere Art der Unverträglichkeit, die Nicht-Zöliakie-Weizensensitivität (NCWS). Betroffene leiden nach dem Verzehr von Weizen an Bauchschmerzen, Durchfall oder auch Kopfschmerzen. Außerdem können sich entzündliche Erkrankungen verschlimmern. Noch ist unklar, warum Menschen eine NCWS entwickeln. Antworten möchten Forscher jetzt in dem interdisziplinären Projekt WHEATSCAN finden. Erste Ergebnisse deuten an, dass eine bestimmte Proteinklasse aus dem Weizen verantwortlich sein könnte. Diese wird nun näher untersucht. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchen auch, ob diese Proteine häufiger als früher in Weizen zu finden sind. Das könnte eine Zunahme der Erkrankung erklären.

Kontakt

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Leibniz Institut
Lise-Meitner-Straße 34, 85354 Freising
www.dfal.de

Dummerstorf

Robuste Forellen

Der Name lässt es nicht vermuten, doch die Regenbogenforelle ist kein heimischer Fisch. Meist werden die Larven aus Nordamerika importiert. Es gibt aber auch heimische Züchtungen, die sich für die Aquakultur eignen. Die sogenannte Born-Forelle hat sich dabei als besonders robust erwiesen. Ihr Immunsystem reagiert besser auf Krankheitserreger und auch Temperaturschwankungen machen den Fischen weniger aus. Bisher fehlte allerdings ein wissenschaftlicher Nachweis dieser Robustheit. In einem Forschungsprojekt unter Leitung des Leibniz-Instituts für Nutztierbiologie wurde nun nach den Ursachen geforscht. Dazu wurden verschiedene Zuchtlinien unter unterschiedlichen Bedingungen untersucht. Die Zuchtlinie Born hat sich dabei bewährt. Mit den Ergebnissen soll der Forellensamm noch besser angepasst werden.

Kontakt

Leibniz-Institut für Nutztierbiologie
Institut für Genombiologie
Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf
www.fbn-dummerstorf.de

Bonn

Sinnvolle Ergänzung

Kleine Biogas-Anlagen sind für Landwirte eine sinnvolle Ergänzung zur Milchviehhaltung. Das fanden Forscher der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn in einem Langzeitversuch heraus. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchten auf einem typischen Milchviehbetrieb mit 140 Kühen in Rheinland-Pfalz, ob sich die Biogaserzeugung als zusätzliche Einkommensquelle für Milchbauern eignet. Außerdem wollten sie wissen, wie effizient kleine Anlagen sind, die hauptsächlich mit Gülle betrieben werden. Die Ergebnisse geben Anlass zur Hoffnung: Für viele Betriebe lohnt sich die Kleinanlage wirtschaftlich. Häufig kommt es außerdem zu Synergieeffekten: Futter- und Einstreureste werden verwertet und mit der Abwärme der Anlage wird geheizt. Ist bereits ein Silage- oder ein Güllelager vorhanden, senkt das die Baukosten für die Gasanlage.

Kontakt

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Institut für Landtechnik
53115 Bonn, Nußallee 5
www.uni-bonn.de

Westerau

Starkes Gemenge

Mais wird seit vielen Jahren als energiereiches Futter für Rinder und Schweine angebaut. Ideal wäre es, wenn man zusammen mit dem Mais zusätzlich hochwertiges Eiweiß ernten könnte, denn das benötigen die Tiere ebenfalls. Um dieses Ziel zu erreichen, pflanzen Experten vom Thünen-Institut für Ökologischen Landbau jetzt erstmals in Deutschland Mais und proteinreiche Bohnen zusammen auf Äckern an – in einem sogenannten Gemenge. Damit können zugleich Maiskörner und Bohnen geerntet und zu einem nahrhaften Mischfutter verarbeitet werden. In dem Projekt, an dem auch Fachleute vom Julius Kühn-Institut und Friedrich-Loeffler-Institut beteiligt sind, wird unter anderem untersucht, welche Bohnen sich für den gemischten Anbau besonders eignen oder wie dicht Bohnen und Mais gepflanzt werden sollten.

Kontakt

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32, 23847 Westerau
www.thuenen.de/ol

Potsdam

Recycelter Phosphor

Phosphor ist ein wichtiger Baustein für lebende Organismen. In der Landwirtschaft wird er als Dünger eingesetzt, um das Pflanzenwachstum zu verbessern. In der Aquakultur – der künstlichen Aufzucht von Fischen – ist er ein Abfallprodukt. In einem vom Bundeslandwirtschaftsministerium geförderten Projekt wurde nun ein Verfahren entwickelt, um den Phosphor aus dem Ablaufwasser in Aquakulturen zu filtern. Dabei wird ein Substrat eingesetzt, das den enthaltenen Phosphor nach einer kurzen Ablagerungszeit bindet. Das gefilterte Wasser wird dem Kreislauf wieder zugeführt. Mit der neuen Methode können bei einer Anlage, in der täglich zwölf Kubikmeter Ablaufwasser entstehen, bis zu 35 Kilogramm Phosphor pro Jahr gewonnen werden. Das reicht zum Beispiel, um ein bis zwei Hektar Mais ein Jahr lang zu düngen. Um die Methode zur Marktreife zu bringen, soll als nächster Schritt eine zweijährige Testphase eingeleitet werden.

Kontakt

Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow
Im Königswald 2, 14469 Potsdam
www.ifb-potsdam.de

Waldsiedersdorf

Resistente Eschen

Sein Name klingt nett, doch das Falsche Weiße Stängelbecherchen ist für Eschen tödlich. Seit wenigen Jahren breitet sich dieser Pilz in Europa aus. Er löst bei Eschen das sogenannte Triebsterben aus, bei dem zuerst die Blätter und dann die Stängel befallen werden. Die Verluste für die Forstwirtschaft sind immens. Zudem gehen durch die Zerstörung der Eschenbestände wichtige Lebensräume verloren. Um das Aussterben der Esche zu verhindern, haben der Landesforst Mecklenburg-Vorpommern und das Thünen-Institut für Forstgenetik jetzt das Projekt „ResEsche“ gestartet. Ein geringer Prozentsatz der Eschen ist von Natur aus gegen den Pilz resistent. Die Forscherinnen und Forscher wollen solche Eschen finden und dann anpflanzen, um Saatgut für Eschen zu gewinnen, die dem Pilz Paroli bieten können.

Kontakt

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Institut für Forstgenetik
Eberswalder Chaussee 3a, 15377 Waldsiedersdorf
www.thuenen.de/fg

Steter Tropfen

Wenn im spanischen Valencia das Wassergericht tagt, wird es ernst: Jeden Donnerstag treffen sich vor den Toren der Kathedrale acht Richter, um Streitigkeiten zwischen Landbesitzern über die Bewässerung von Reis- und Apfelsinenfeldern zu schlichten. Hat der Nachbar zu viel Wasser abgezweigt? Sich nicht an die Bewässerungsvorgaben gehalten? Vor dem „Tribunal de les Aigües“ kommt Fehlverhalten öffentlich zur Sprache. Die Laienrichter sind Landwirte, gewählte Vertreter der Bewässerungsbezirke. Sie folgen einer alten Tradition: Das Wassergericht, 2009 zum Weltkulturerbe ernannt, wird seit ca. 1.000 n. Chr. in unveränderter Form praktiziert und ist damit der älteste Gerichtshof Europas. Noch immer gilt: Was das Wassergericht beschließt, ist unumstößlich.

Die Felder rund um Valencia versorgen halb Europa mit Obst, Gemüse und Reis, das Wassergericht entscheidet über die Lebensgrundlage vieler in der Region. Das ausgeklügelte Bewässerungssystem wurde dabei seit seinem Entstehen nicht verändert. Was vor mehr als 5.000 Jahren in Mesopotamien seinen Ursprung nahm, als die Sumerer den Grundstein für mo-

derne Bewässerung legten, gilt bis heute: Ohne sorgsamen Umgang mit Wasser keine Landwirtschaft, keine Nahrungsmittel, kein Leben.

Von daher ist Süßwasser ein kostbares Gut. Zumal sich im Laufe des 20. Jahrhunderts die Weltbevölkerung verdreifachte und der Verbrauch an Süßwasser um das Sechsfache zugenommen hat. In vielen Regionen herrscht Wasserknappheit. Damit stellt sich die Frage, wie Lösungen aussehen können, die garantieren, dass wir satt werden und gleichzeitig die wertvollste Ressource unseres Planeten nicht verschwendet wird?

Dass Wasser unser Leben bestimmt, zeigen die zahlreichen Forschungsprojekte, die das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft unterstützt. In dieser Ausgabe der **forschungs**f**elder** schauen wir vor allem auf die Verwendung von Wasser in der Landwirtschaft. 70 Prozent des globalen Wasserverbrauchs gehen auf ihr Konto. Das ist dreimal mehr als vor 50 Jahren. Daher fragen wir, wie der „Wasserfußabdruck“

aussieht, also die Menge Wasser, die in die Produktion der Lebensmittel fließt. Zur Herstellung von einem Kilogramm Brot werden ca. 1.500 Liter Wasser benötigt, für ein Kilogramm Schweinefleisch mehr als viermal so viel. Aber wie wird der Wasserbedarf in der Landwirtschaft bilanziert? Damit beschäftigen sich Forscher am Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB) in Potsdam.

Seit Jahren in der Diskussion ist das Thema Nitratbelastung mancher Böden. Zu Recht sind wir stolz auf die Qualität unseres Trinkwassers, doch zugleich kommt es durch Düngung zu Verstößen gegen die Nitratrichtlinie der EU. Am Thünen-Institut haben wir nachgefragt, was geändert werden müsste, damit Nitrat nicht ins Grundwasser sickert.

Moore sind wichtige Ökosysteme und speichern enorme Mengen Kohlendioxid. Doch immer mehr Moorflächen werden trockengelegt. Jetzt prüfen Wissenschaftler Möglichkeiten, dieses Ökosystem zu bewahren.

Lesen Sie in dieser Ausgabe der **forschungs**f**elder**, welchen Gestaltungsspielraum die moderne Landwirtschaft hat, eine knappe Ressource besser zu nutzen – ganz ohne dazu gleich ein öffentliches Wassergericht wie in Valencia zu bemühen.

10.000

9.000

8.000

7.000

6.000

5.000

4.000

3.000

2.000

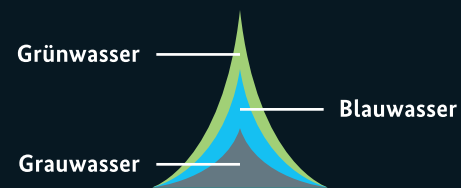
1.000

0

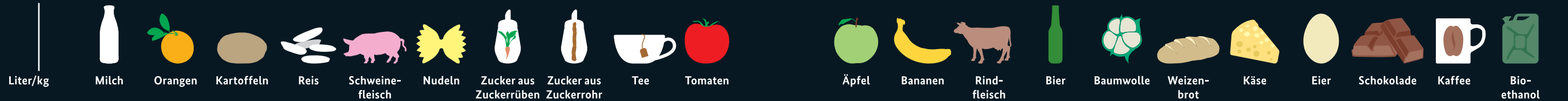
Wie viel Wasser steckt in Schokolade?

Dem Frühstücksei sieht man es nicht an, aber auch Eier brauchen, wie die meisten Produkte unseres täglichen Bedarfs, Wasser zur Herstellung. Manche mehr, manche weniger. Rindfleisch zum Beispiel: Mehr als 15.000 Liter Wasser werden benötigt, bevor ein Kilogramm Rind in der Auslage beim Metzger liegt. Noch 2.000 Liter mehr verstecken sich in einem Kilogramm Schokolade. Hier handelt es sich vor allem um sogenanntes grünes Wasser. Das

ist Wasser, das die Pflanze in den natürlichen Kreislauf zurückgibt – also vor allem Regen und Bodenwasser. Blaues Wasser stammt aus Oberflächen- oder Grundwasser und wird den Pflanzen künstlich zugefügt. Graues Wasser wird bei der Produktion des entsprechenden Produkts verunreinigt. Einsamer Spitzenreiter der Grafik ist deshalb auch nicht Schokolade, sondern Baumwolle: Für ein Kilogramm werden fast 1.300 Liter Wasser verunreinigt.



Die Werte des Wasserverbrauchs sind grobe Näherungen, der tatsächliche Verbrauch hängt immer von den Produktions- und Verarbeitungsbedingungen vor Ort ab.



Verstecktes Wasser

Forscher entwirren die komplexen Zusammenhänge in der Landwirtschaft und arbeiten an ressourcenschonenden Lösungen.

Der griechische Philosoph Heraklit wusste es bereits: panta rhei – alles fließt, alles ist miteinander verknüpft. Auch in der Landwirtschaft, wie die Grafik auf Dr. Katrin Drastigs Laptop deutlich macht: Lauter Pfeile verbinden unterschiedliche Positionen miteinander. Auf den ersten Blick erschließt sich dieses Wirrwarr nicht. Doch dann wird klar: Wasser ist das verbindende Element. Die Pfeile verdeutlichen, wie abhängig Pflanzen und Tiere von ihm sind.

Drastig und ihre Kolleginnen und Kollegen am Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB) in Potsdam forschen konkret zum Thema Wasserproduktivität in der Landwirtschaft. Wie bilanziert man den Wasserbedarf in der Landwirtschaft? Wie lässt sich die Ressource möglichst produktiv nutzen? Fest steht: In die Landwirtschaft fließen 70 Prozent des weltweiten Wasserverbrauchs.

Der Laie mag dabei zunächst an Regen, künstliche Bewässerung von Feldern und an Viehtränken im Stall denken. Doch gibt es, und genau das zeigt die Grafik auf dem Laptop, wesentlich mehr Fak-

toren, die zum Wasserverbrauch in der Landwirtschaft beitragen. Da gibt es die sogenannten Abflüsse: jenes Wasser, das auf dem Boden oder auf Pflanzen verdunstet, das von ihnen beim Wachsen quasi ausgeschwitzt wird oder im Grund versickert. Es fließt in die Wasserbilanz

Nicht nur die Menge, auch die Herkunft des Wassers spielt in der Bilanz eine Rolle.

der Pflanze ein. In der Viehwirtschaft schlagen besonders jene immensen Wassermengen zu Buche, die für die Produktion des Futters notwendig sind. Bis zu 99 Prozent des gesamten, für die Viehhaltung aufgewendeten Wassers entfallen auf die Futtermittelerzeugung.

Alles ist miteinander verbunden: Das gilt beim Thema Wasser nicht nur für den Kreislauf der Natur, sondern auch für eine mittlerweile globalisierte Landwirtschaft. Wenn ein brandenburgischer Bau-

er sein Viehfutter aus Brasilien bezieht, dann liegt dort auch die größte Quelle für seinen Wasserverbrauch. Die paar Liter in der Tränke des Kuhstalls fallen da nicht ins Gewicht. Also spielt nicht nur die Menge, sondern auch die Herkunft des Wassers in der Bilanz eine Rolle.

Nicht jeder muss Wasser sparen. In Deutschland herrscht kein Mangel, in trockenen Regionen ist hingegen jeder Liter wertvoll. „Dort sollte man nicht unter hohem Wasseraufwand Futtermittel produzieren“, sagt Drastig.

In den frühen 2000er-Jahren begannen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, den sogenannten Wasserfußabdruck (WFP) von Produkten zu errechnen. Auf ihm basiert der 2009 veröffentlichte „Global Water Footprint Standard“, der sich rasch verbreitete. Mit seiner Hilfe lassen sich jene Mengen von Niederschlag und Bodenwasser (grünes Wasser), Grund- und Oberflächenwasser (blaues Wasser) und verschmutztem Abwasser (graues Wasser) kalkulieren, die zur Herstellung eines Lebensmittels oder Produktes notwendig sind. Die konkreten Zahlen machten das Thema auch für die Öffentlichkeit greifbar. Über 15.000 Liter



PORTRÄT

Das 1992 gegründete Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB) gehört zu den führenden agrartechnischen Forschungseinrichtungen in Europa. Auf dem Institutsgelände in Potsdams Norden entwickeln etwa 250 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus aller Welt Technologien und Strategien für eine nachhaltige und effiziente Landwirtschaft. Der Forschungsfokus liegt auf der Erzeugung und Nutzung von Biomasse für Lebens- und Futtermittel, als Rohstoff und Energieträger. Das Institut arbeitet interdisziplinär an der Schnittstelle zwischen biologischen und technischen Systemen – von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung in verfahrenstechnischen Innovationen. Im Themenbereich Wasser analysieren und modellieren die Forscherinnen und Forscher die Effizienz verschiedener landwirtschaftlicher Produktionssysteme. Die Grundfinanzierung des ATB erfolgt durch das Land Brandenburg und das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, dazu kommen Drittmittel. Im Jahr 2015 lag das Gesamtbudget bei 16,2 Millionen Euro.

Wasser werden demnach benötigt, um ein Kilogramm Rindfleisch zu produzieren. Für dieselbe Menge Nudeln werden nur 1.800 Liter Wasser benötigt (siehe Infografik Seite 10–11).

Seit 2014 gibt es zur Bestimmung des Wasserfußabdrucks zudem einen internationalen Standard, vergeben von der ISO (International Organization for Standardization). Doch der bezieht noch nicht die Auswirkungen des Wasserverbrauchs auf das Ökosystem ein, gibt keine Auskunft, ob das Wasser aus üppigen oder raren Quellen stammt und ob die Wassernutzung andere Bereiche negativ beeinflusst. Fehlt vielleicht das zur Futterherstellung entnommene Grundwasser im Pflanzenanbau? Wie nachhaltig ist die Nutzung des verwendeten Wassers? „Dieser Faktor wird in die Bilanz einfließen“, sagt Drastig.

In Deutschland herrscht kein Mangel, in trockenen Regionen ist hingegen jeder Liter wertvoll.

Genau daran arbeiteten 42 Experten in einer internationalen Arbeitsgruppe der FAO, der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen. Wie sie den fehlenden Nachhaltigkeitsfaktor einbeziehen, steht noch nicht fest. Denn außer dem WFP kommen derzeit noch zwei andere Methoden zum Einsatz, um den Wasserverbrauch in der Viehwirtschaft zu kalkulieren. Das Nebeneinander der Ansätze macht Zahlen und Ergebnisse schwer vergleichbar.

Einer bezieht beispielsweise Regenwasser in die Kalkulation des Wasserverbrauchs ein, ein anderer nicht. „Und jeder ist von seiner Methode überzeugt“, sagt Drastig, die als Co-Vorsitzende der FAO-Arbeitsgruppe mit dabei ist. Bis zum kommenden Jahr wollen die Wissenschaftler die Modelle diskutieren und sich darauf einigen, wie man den ISO-Standard anpassen kann.

In der internationalen Arbeitsgruppe kann das ATB auch auf seine Erfahrung mit dem im Institut entstandenen Modell „AgroHyd Farmmodell“ verweisen. Das Computerprogramm ist ein gutes Beispiel für die interdisziplinär ausgerichtete Arbeit des ATB. Als Hydrogeologin ist Drastig Expertin für Wasserkreisläufe, ihre Kollegin Dr. Judy Libra kennt als Umweltverfahrenstechnikerin die



Dr. Katrin Drastig leitet das Projekt zur Wasserproduktivität in der Landwirtschaft am ATB.



Den größten Teil des in der Tierhaltung verwendeten Wassers trinken nicht die Kühe – er wird für die Futterproduktion benötigt.

Mit den erhobenen Daten kann Betrieben weltweit geholfen werden.

konkreten Prozesse in der Landwirtschaft, im Team arbeitet auch ein Programmierer. Gemeinsam setzten sie ihre Erkenntnisse auf der Betriebsebene um und entwickelten eine Webanwendung für Landwirte. Die Software „AgroHyd Farmmodell“ berechnet die Wasserproduktivität sowohl von Betrieben als auch für einzelne Erzeugnisse. Dazu muss ein Landwirt das Programm lediglich mit Informationen über Standort, Pflanzen, Fruchtfolgen sowie Aussaatdaten füttern und erhält dann zum Beispiel die Informationen, wie viel Wasser er pro Zentner Kartoffeln auf seinem Acker einsetzen muss.

„Das System nutzt nationale und internationale Boden- und Klimadaten“, erklärt Drastig, die das Projekt leitet. Alle eingegebenen Informationen werden im Hintergrund automatisch mit anderen Datenbanken, beispielsweise mit pflanzenspezifischen Informationen verknüpft. In der nächsten Programmversion können Landwirte ihre Anbaufläche dann auf einer Karte einfach heranzoo-

men, Feld für Feld virtuell bepflanzen und sogleich Hinweise auf den Wasserbedarf erhalten.

Mit den in Potsdam erhobenen Daten und erarbeiteten Modellen kann Betrieben weltweit geholfen werden, Wasser auf dem Feld und im Stall möglichst effizient einzusetzen. In Kooperationsprojekten erarbeiten die Potsdamer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gemeinsam mit den Kollegen vor Ort Vorschläge, wie das knappe Gut besser genutzt werden kann: zum Beispiel durch den Anbau anderer Pflanzen, Fruchtfolgen oder durch Bewässerungsmethoden. Das ist schon deshalb dringlich, um die steigende Weltbevölkerung auch in Zukunft ernähren zu können.

Von Petra Krimphove

Ist unser Grundwasser gefährdet?

Agrarwissenschaftlerin Dr. Claudia Heidecke über die Auswirkungen von Gülle und Gärresten

Frau Heidecke, seit Jahren bekommt das deutsche Trinkwasser vom Umweltbundesamt Bestnoten. Nun hat die EU-Kommission jedoch Klage gegen Deutschland eingereicht, weil die Nitratbelastungen im Grundwasser teilweise zu hoch sind. Müssen wir uns Sorgen um unser Trinkwasser machen?

Nein, unser Trinkwasser ist nach wie vor unbedenklich. Tatsächlich haben wir aber – unter anderem durch intensive Tierhaltung und die Gülle, die dabei entsteht – ein Problem. Auch wenn es regional unterschiedliche Entwicklungstendenzen gibt, wurde an gut jeder vierten deutschen Messstelle der europaweit geltende Schwellenwert für Nitrat im Grundwasser in Höhe von 50 Milligramm pro Liter überschritten. Die EU hat Deutschland verklagt, weil wir die Nitratrichtlinie nicht einhalten.

Was ist schlecht an Gülle? Sie wird immerhin seit Jahrhunderten auf deutschen Äckern ausgebracht.

Grundsätzlich sind Gülle und die darin enthaltenen Stickstoffverbindungen positiv für die Fruchtbarkeit des Bodens. Zudem ist Stickstoff ein Grundbaustein des Lebens. Er befindet sich im Boden und in der Luft, kommt im menschlichen Körper, in Tieren und Pflanzen vor.

»Stickstoff ist ein Grundbaustein des Lebens.«

Aber?

Wie so häufig kommt es auf das Maß an. Wird mehr Stickstoff gedüngt, als die Pflanzen brauchen und als der Boden auf natürliche Weise abbauen kann, sickert Nitrat ins Grundwasser. Seit Jahrzehnten halten immer weniger Bauern Tiere und die einzelnen Viehbestände werden größer. Haben die Höfe nicht genügend eigene Flächen, kann die Ausbringung der Gülle zum Problem werden. Hinzu kommt, dass in den letzten zehn Jahren sehr viele Biogasanlagen gebaut wurden, in denen insbesondere Mais vergärt wird. Die Gärreste sind ein Dünger, der ebenfalls auf Felder und Wiesen ausgebracht wird.

Um diese Entwicklungen genauer zu untersuchen, haben wir am Thünen-Institut für Ländliche Räume gemeinsam





Gülle ist eine Mischung aus Kot und Harn sowie gegebenenfalls Einstreu und Futterresten, die bei der Nutztierhaltung entsteht.

mit dem Forschungszentrum Jülich und dem Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei Nitrateinträge ins Grund- und Oberflächenwasser regional differenziert analysiert und Minderungsmaßnahmen für den Bereich der Landwirtschaft untersucht.

Und was herausgefunden?

In vielen Gemeinden und Kreisen besteht kein Handlungsbedarf. In einigen Regionen werden die EU-Vorgaben in den nächsten Jahren aber auch bei vollständiger Umsetzung der heute geltenden Düngeverordnung nicht erreicht – vor allem in Regionen mit intensiver Viehhaltung.

Was müsste hier passieren?

Der Eintrag von Nitrat in Gewässer kann deutlich reduziert werden, wenn die Landwirte grundwasserschonende Ausbringungsverfahren einsetzen oder nach der Ernte keine Gülle und Gärreste ausbringen. Auch die Reduzierung der Minereraldüngung und der Anbau von Zwischenfrüchten nach der Ernte der Hauptfrucht können helfen.

Sie sprachen eben auch von der Düngeverordnung. Was ist hier geregelt?

Sie regelt seit 1996 die gute fachliche Praxis der Düngung auf landwirtschaftlichen Flächen. Die Bauern müssen zum Beispiel ermitteln, wie viele Nährstoffe in ihrem Boden stecken. Pro Jahr dürfen

»Der Eintrag von Nitrat ins Grundwasser kann deutlich reduziert werden.«

sie nur eine bestimmte Menge Gülle aufs Feld bringen. Und im Winter, wenn die Pflanzen nicht wachsen, oder wenn der Boden gefroren ist und kaum Nährstoffe aufnehmen kann, darf sie gar nicht auf den Acker. 2006 wurden die Regeln verschärft und ein maximaler Nährstoffüberschuss eingeführt.

Das hat aber nicht gereicht?

Das hat nicht gereicht und darüber besteht auch Konsens. Seit einiger Zeit wird deshalb an einer Novellierung der Verordnung gearbeitet. Neben einigen der bereits angesprochenen Verbesserungsmöglichkeiten – etwa umweltfreundlichere Ausbringungsverfahren – sollen zukünftig auch die Gärreste aus Biogasanlagen auf die Höchstgrenze angerechnet werden. Es ist zu wünschen, dass die seit Langem diskutierte Novellierung bald abgeschlossen wird.

Was ist noch anzupacken?

Auch Beratung und Forschung können einen wichtigen Beitrag leisten. Langfristig muss in den Problemregionen jedoch weniger Gülle anfallen – also indem die Viehbestände reduziert werden – oder mehr Gülle aus den Überschussregionen

gebracht werden. Schon heute wird ein kleiner Teil per Lkw in vieharme Regionen gefahren. Hier muss jedoch darauf geachtet werden, das Grundwasser in diesen Regionen nicht zu verschlechtern. Insgesamt geht es darum, dass der ausgebrachte Dünger besser von den Pflanzen ausgenutzt wird, dass also die Effizienz der Düngung verbessert wird. Dies betrifft organische Dünger wie Gülle oder Gärreste, aber auch Mineraldünger.



Dr. Claudia Heidecke ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in den Bereichen Ressourcennutzung, Umwelt- und Naturschutz und Politikfolgenabschätzung des Thünen-Instituts für Ländliche Räume.

Das Interview führte Marion Koch.

LANDKARTE

Tiefe Brunnen, kalte Seen

Deutschland wartet mit einigen Rekorden auf

2015 maß Schleswig-Holstein einen durchschnittlichen Niederschlag von 890 Litern pro Quadratmeter. Damit ist es das **regenreichste Bundesland.**

2009 zog ein Angler in Schlüsselburg den wohl **dicksten Fang** an Land: Der Wels wog 113 Kilogramm und war 2,58 Meter lang.

Mit rund vier Kilometern Länge gilt die Pader als **kürzester Fluss** Deutschlands.

Der Geysir Andernach sichert sich mit über 50 Metern Auswurfhöhe den Titel als **höchster Kaltwassergeysir der Erde.**

865 Kilometer vom Bodensee bis Kleve – der Rhein ist der **längste in Deutschland fließende Fluss.**

536 Quadratkilometer und 251,14 Meter tief: Der **größte und tiefste See** Deutschlands ist der Bodensee. Teile davon gehören jedoch auch zu Österreich und der Schweiz.



Der **größte vollständig deutsche See** ist die Müritz (117 Quadratkilometer).

Brandenburg ist das **wasserreichste Bundesland.** Es besitzt rund 3.000 Seen.

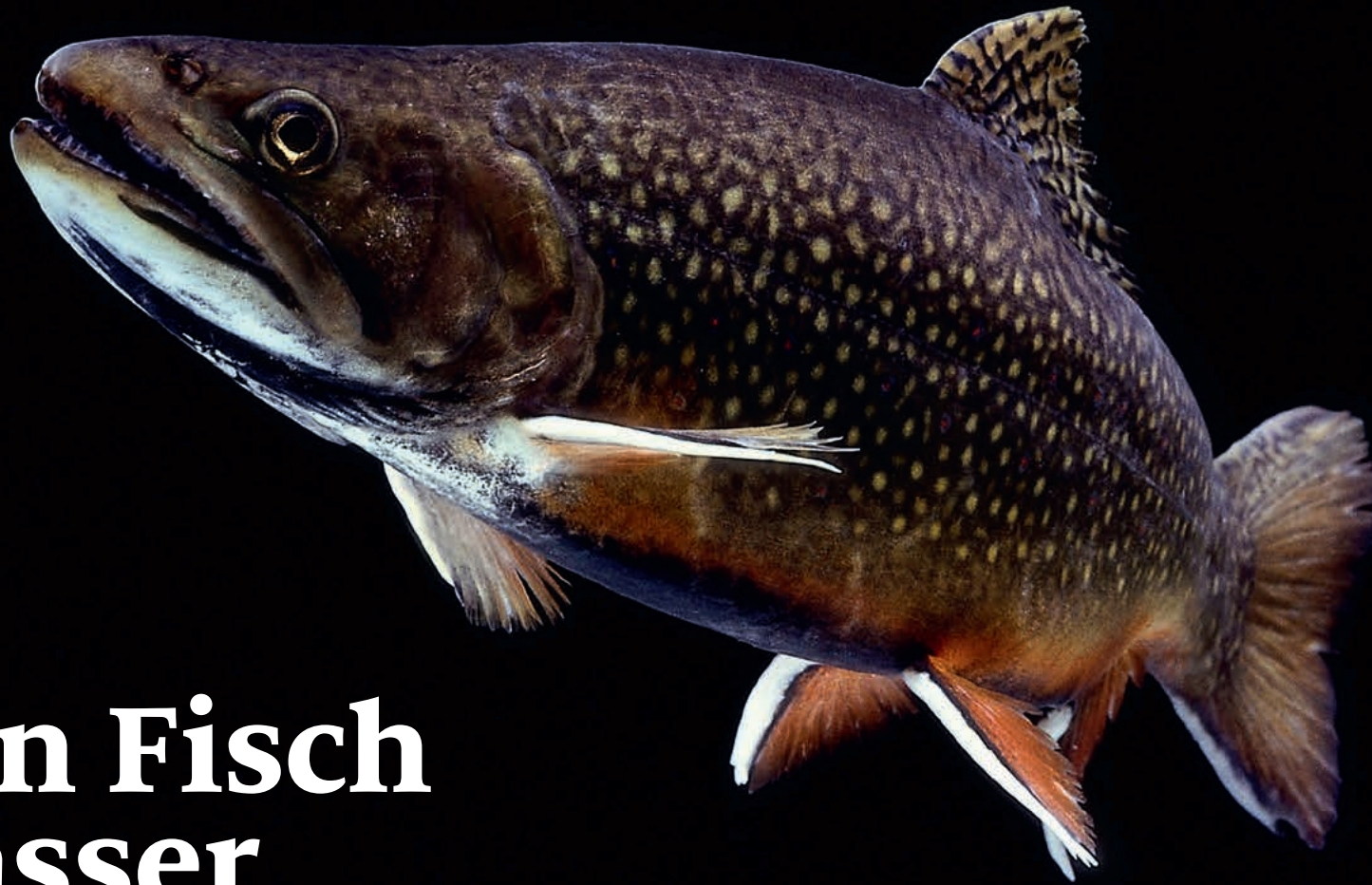
Der Kyffhäuserbrunnen ist mit 176 Metern der **tiefste Burgbrunnen der Welt.**

Die Bleilochtalsperre besitzt mit 215 Millionen Kubikmeter das **größte Fassungsvermögen** aller heimischen Stauseen.

Der Frillensee gilt als **kältester See** Mitteleuropas. Seine Temperatur steigt nie über 10 Grad Celsius.

Der **höchste Wasserfall** in Deutschland ist der Röhbachfall. Er misst 470 Meter.

Deutschlands **größter Gletscher** ist der Nördliche Schneeferner. 2013 maß er 27,9 Hektar. Ende des 19. Jahrhunderts waren es noch 103 Hektar.



Wie ein Fisch im Wasser

Hamburger Forscher zeigen, wie leicht für Forelle, Saibling und Co. in Aquakulturen eine natürlichere Umgebung geschaffen werden kann.

Man könnte sie Landwirtschaft unter Wasser nennen: die Aquakultur. Fest steht, als Lebensmittellieferant gewinnt sie eine immer größere Bedeutung. Die gezielte Aufzucht vieler Fischarten hat jedoch wenig mit der natürlichen Umgebung der Fische zu tun. Ein Vorhaben, das diese Bedingungen verbessern möchte, läuft aktuell am Hamburger Thünen-Institut für Fischereiökologie. Die Forscher des Projekts „Setzlinge naturnah produzieren“ untersuchen am Beispiel lachsartiger Fische – dazu gehören zum Beispiel die beliebten Speisefische Forelle und Saibling –, wie eine natürlichere Haltung aussehen könnte. „Ziel ist, durch die naturnahe Aufzucht mög-

lichst robuste und leistungsstarke Setzlinge – also unter künstlichen Bedingungen ausgebrütete und aufgezogene Jungfische – für die heimische Aquakultur zu erzeugen“, sagt Projektleiter Dr. Stefan Reiser. Sein Team arbeitet dafür mit drei Teichwirtschaftsunternehmen aus dem norddeutschen Raum zusammen.

Doch wie läuft die Aufzucht in einer solchen Aquakultur überhaupt ab? Bei den Forellen und Saiblingen findet die erste Phase genau wie bei Lachsen und vielen anderen Fischarten in Bruthäusern statt. Dort werden die Fischeier in speziellen, siebartigen Einsätzen aus Edelstahl aufgelegt, wo sie gleichmäßig von Wasser umspült werden. In jedem dieser Kästen liegen wie Perlen nebeneinander aufge-

reht jeweils 8.000 bis 10.000 Eier. Das Problem: „Normalerweise besitzen diese Kästen keinerlei Strukturen“, so Fischereibiologe Reiser. Lachsartige Fische sind aber sogenannte Kieslaicher. Das heißt: In der Natur suchen sich diese Fische Kiesbetten. Dort graben die Elterntiere Laichgruben. Die weiblichen Fische legen hier die Eier ab, die dann von den Männchen befruchtet werden. Anschließend werden sie mit Kies und Steinen zugedeckt. In der Folge entwickeln sich in den Eiern die Larven – samt Dottersack, der prall gefüllt ist mit Vorräten wie Fett und Eiweiß. So weit die Natur. „Unser Ziel ist es, das Kernelement eines natürlichen Laichbetts, den Kies, in das Bruthaus zu holen und ein natürliches Kiesbett nachzuahmen“, sagt Reiser. Dazu wurden die Kä-

sten in dem Demonstrationsvorhaben mit kleinen Steinchen angereichert.

Im Schnitt schlüpfen die Fische hier nach 30 Tagen. Dreieinhalb bis vier Wochen bleiben sie noch in den Einsätzen und ernähren sich in den ersten zwei Wochen nach dem Schlüpfen von ihren Reserven. Wenn diese zu gut zwei Dritteln aufgezehrt sind, fangen sie an zu schwimmen. Zu diesem Zeitpunkt beginnt auch die Fütterung. Anschließend werden die Tiere in Längs- und Rundstrombecken umgesetzt. Anders als bislang üblich, werden diese von den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern am Thünen-Institut mit einer durchgehenden Sandschicht ausgestattet. So erhalten die Fische auch in dieser Phase der Aufzucht eine Umgebung, die einem Bachlauf nachempfunden ist. „Einen positiven Effekt hat zudem eine leichte Strömung in den Haltungssystemen“, sagt Reiser. „Auch damit werden die natürlichen Lebensbedingungen der Fische nachgeahmt. Das ist für die Tiere von großem Vorteil.“

Ganz neu ist die Idee der naturnahen Aufzucht allerdings nicht. In Skandinavien und Nordamerika wurden laut Reiser bereits naturnah aufgezogene Jungfische ausgesetzt, um bedrohte Bestände in natürlichen Gewässern zu sichern. Verwendete man hier Setzlinge aus konventioneller Aquakultur, war die Überlebenswahrscheinlichkeit nicht besonders hoch. „Die Lebensbedingungen überfordern die Fische“, erklärt Reiser. „Die Tiere haben Probleme, selbstständig zu fressen, wissen nicht, wie sie auf Feinde reagieren sollen, können mit der Wasserströmung nicht umgehen, weil sie nicht die Kondition haben, sich in der Strömung zu halten.“

Anders ist das bei den Setzlingen, die in einer naturnahen Umgebung aufgezogen wurden. In der freien Wildbahn kommen diese Jungfische wesentlich besser zurecht. Doch auch für die Erzeugung von Setzlingen zur Speisefischproduktion in Aquakulturen ist die naturnahe Aufzucht interessant. Denn: Der Gesundheitszustand naturnah aufzogener Setzlinge ist besser als bei konventionell gehaltenen Fischen, die Tiere wachsen schneller und verwerten das Futter besser. Außerdem werden natürliche Verhaltensweisen wie die Schwarmbildung gefördert. Gleichzeitig mindert sich ihr Aggressionspotenzial, was sich in einer Verringerung von Flossenschäden zeigt. Die künstlich erzeugte Strömung fördert außerdem die Aktivität der Tiere. Die Folge: Ihr Muskelanteil nimmt zu, der Fettgehalt ab. Das ist auch für den Verbraucher interessant, da die Qualität der erzeugten Fische verbessert wird.

Was spricht für die Produzenten künftig also noch gegen eine naturnahe Haltung? „Natürlich macht etwa das Reinigen der Erbrütungskästen wegen der Kiesschicht mehr Arbeit“, sagt Reiser. Auch der Sand ist arbeitsintensiver für die Produktion. Aber: Die Hygiene im Bruthaus – um die sich Betriebsinhaber große Sorgen machten – wird nicht beeinträchtigt. Auch die zusätzlichen Kosten sind gering. „Um Maßnahmen zur Schaffung naturnaher Bedingungen in unserer heimischen Aquakultur umzusetzen, sind nur überschaubare Investitionen notwendig“, unterstreicht Reiser. „Und diese können das Tierwohl bereits nachhaltig fördern.“

Von Sabine Hoffmann

Drei Fragen an ...

Prof. Dr. Ulfert Focken



Herr Professor Focken, Sie sind Experte für Aquakulturen. Wo steht Deutschland im internationalen Vergleich?

Auch wenn einzelne Aquakulturbetriebe, vor allem in der Forellenproduktion, durchaus profitabel arbeiten, ist die Lage für den Sektor in Deutschland schwierig. Generell werden etwa 80 Prozent der konsumierten Fisch- und Meeresfrüchte importiert. Forellen, die zu den beliebtesten Speisefischen zählen, kommen nicht nur aus Deutschland, sondern aus Dänemark, Polen oder der Türkei. Obwohl Fisch hierzulande eine beliebte Speise ist, sind die Produktionsmengen in den vergangenen Jahrzehnten stetig gesunken. Bei der Forellenproduktion gibt es zwar einen leichten Trend nach oben. Dennoch reicht das nicht aus, um die Einbußen bei der Karpfenproduktion auszugleichen. In der gleichen Anlage Forellen statt Karpfen zu züchten, ist aus verschiedenen Gründen schwierig: Forellen brauchen im Gegensatz zu Karpfen

beispielsweise ständig frisches Wasser, das Sauerstoff in den Teich transportiert. Es stehen in Deutschland aber nur begrenzt Gewässer zur Verfügung. Aus heutiger Sicht wäre es deshalb schon ein Erfolg, wenn sich die deutsche Fischproduktion in Zukunft auf dem derzeitigen Niveau hält.

Welche Herausforderungen kommen vor diesem Hintergrund auf die Branche zu?

Der Karpfen hat eine lange Tradition in Europa. Er wurde schon im Mittelalter in Teichen als Nahrung für die Fastenzeit gezüchtet. Karpfenteichlandschaften gehören zu unserem landschaftshistorischen und kulturellen Erbe. Wenn wir uns anschauen, wie viele verschiedene Organismen – Säugetiere, Vögel, Reptilien, Amphibien, Wildfischarten, Insekten – in so einem Teichsystem vorkommen, dann sind das teilweise mehr als in naturgeschützten Flussauen. Karpfenteiche zählen daher zu den wertvollsten Biotopen. Die Fische ernähren sich zu einem Großteil durch die im Teich vorhandene Naturnahrung. Forellen hingegen werden ausschließlich mit Fischfutter ernährt. Trotzdem haftet dem Karpfen das Image des gräten- und fettreichen, leicht modrigen Fisches an. Letzteres liegt sicherlich daran, dass er seine Nahrung vom Teichboden im Schlamm aufnimmt, den er durchwühlt und filtert. Karpfen kann aber hervorragend schmecken. Es kommt auf die Haltung und Verarbeitung an. Dabei können Teichwirtschaftsbetriebe und Handel eine Schlüsselrolle einnehmen. Es müssen neue Produkte für den Handel entwickelt werden. Gleichzeitig gilt es, den Verbrauchern die Vorzüge der nachhaltigen ökologischen Wirtschaftsweise zu vermitteln.

Diese müssen bereit sein, für ein qualitativ hochwertiges und regionales Produkt mehr zu bezahlen.

Angenommen, das gelingt. Wo sind die Grenzen und Risiken der Aquakultur?

Der rechtliche Rahmen bestimmt die Grenzen der Aquakultur. Deutschland ist relativ dicht besiedelt und besitzt vergleichsweise wenig Küste. Die Voralpenseen würden gute Bedingungen für die Aquakultur bieten. Aus Angst vor einer möglichen Wasserverschmutzung durch die Ausscheidungen der Fische wird dies aber abgelehnt. Gleichzeitig ist es aus Umweltschutzgründen nahezu unmöglich, neue Teichanlagen genehmigt zu bekommen. Entstehen jedoch in den Tropen neue Anlagen – etwa zur Shrimpszucht –, ist das Risiko groß, dass infolgedessen Mangrovenwälder zerstört werden. Hier wirken sich vor allem die indirekten Effekte schädlich aus: Werden die Teiche etwa von der Küste aus gesehen hinter den Mangrovegebieten angelegt, ändert sich die Wasserführung, es lagert sich vermehrt Schlamm in den Mangroven ab. Das schädigt die Bäume. Dem könnte der Verbraucher entgegenwirken, indem er zum Beispiel bei Importprodukten auf Bio- oder ASC-zertifizierte Ware achtet. Würden die Konsumenten in Deutschland nur noch diese Produkte kaufen, würde sich auch die Aquakultur in den wichtigen Exportländern ändern.

Prof. Dr. Ulfert Focken ist Fischereibiologe, Experte für Aquakultur und Fischernährung und Leiter der Außenstelle Ahrensburg des Thünen-Instituts für Fischereibiologie.

Das Gespräch führte Sabine Hoffmann.

Illustration: © Sarah Heiß

Quelle: Statistisches Bundesamt (2013)

Schon gewusst?

Seit Kaisers Zeiten

Global betrachtet braucht die Landwirtschaft zunehmend mehr Wasser zur Bewässerung. Doch wie ist die Lage in Deutschland? Das hat ein Expertenteam jetzt erstmals anhand von Sommergerste, Hafer, Winterweizen und Kartoffeln für die vergangenen 100 Jahre analysiert. Und obwohl die Ergebnisse der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Potsdamer Leibniz-Institute für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB) und Klimafolgenforschung (PIK) zum Teil sehr komplex und regional unterschiedlich ausfallen, machen sie eines deutlich: Die Fläche und die Art der darauf angebauten Kulturen haben einen deutlich stärkeren Einfluss auf den Bedarf an Bewässerungswasser als die Veränderungen des Klimas. Zwar stieg zum Beispiel die Durchschnittstemperatur seit der Kaiserzeit an, der

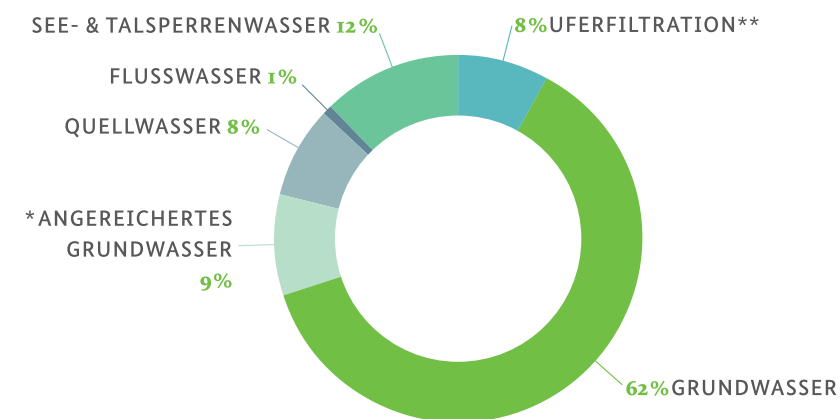
Wasserbedarf veränderte sich hierzulande jedoch kaum. Das liegt – neben weiteren Faktoren – daran, was auf unseren Äckern wächst. Während Anfang des 20. Jahrhunderts Kulturen wie Hafer und bewässerungsintensive Kartoffeln dominierten, ist es mittlerweile der eher genügsame Weizen. Die Anbaufläche für Kartoffeln ging beispielsweise um knapp 90 Prozent zurück. Die Frage, wie viel Wasser wir künftig für die Bewässerung aufwenden müssen, hängt nach den Ergebnissen der Studie somit maßgeblich davon ab, wo und in welchem Umfang wir Kulturpflanzen mit hohen Wasseransprüchen anbauen. Weitere Zusammenhänge und Ergebnisse zu diesem Thema haben die Wissenschaftler im Fachblatt „Science of the Total Environment“ veröffentlicht.

97,5 %

DES GESAMTEN WASSERHAUSHALTES DER ERDE SIND SALZIG.

Süßwasser macht dementsprechend lediglich 2,5 Prozent aus. Davon wiederum ist weniger als 1 Prozent direkt nutzbar, der überwiegende Teil des Süßwasservorkommens ist in Eis und Gletschern gebunden.

Woher kommt unser Trinkwasser?



* Angereichertes Grundwasser besteht überwiegend aus planmäßig versickertem Oberflächenwasser, echtem Grundwasser und teilweise Uferfiltrat.

** Uferfiltrat ist Wasser, das aus Brunnen in unmittelbarer Nähe von Flüssen oder Seen gewonnen wird und daher zu einem erheblichen Anteil aus versickertem Wasser aus diesen Gewässern besteht.

Apfel an Erde

Jede Pflanze hat ganz eigene Bedürfnisse. Potsdamer Wissenschaftler wollen dem künftig gerechter werden.

Erst ist nur ein leises Surren zu hören. Doch bereits wenige Sekunden später rauscht sie an einem vorbei und kommt in rund 30 Metern Höhe zur Ruhe: eine Drohne. Aber es ist kein Hobbyflieger, der das Flugobjekt hier über eine Obstplantage in Brandenburg steuert. Der kleine Hubschrauber, mit einer Kamera ausgestattet, ist vielmehr im wissenschaftlichen Auftrag unterwegs und wird von einem Forscher des Leibniz-Instituts für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB) in Potsdam gelenkt. Zudem ist die Drohne nur ein Mittel aus einem ganzen Hightech-Arsenal, mit dem die Wissenschaftler etwas schaffen wollen, das bisher unmöglich schien: Sie wollen messen, wie es Pflanzen geht – und das möglichst individuell.

Denn obwohl es sich ungewöhnlich anhört, auch Bäume oder Sträucher sind Individuen mit verschiedenen Eigenschaften. Manche blühen früher. Andere tragen besonders große Früchte.

Wieder andere werfen ihre Blätter im Herbst später ab. Das gilt für wild wachsende Bäume und Sträucher genauso wie für Pflanzen in einer Obstplantage. Bisher wird die Individualität der Pflanzen beim Anbau allerdings kaum berücksichtigt. So hat jeder Baum oder Strauch einen ganz unterschiedlichen Wasser- und Nährstoffbedarf. Zu Zeiten, in denen sich die Zellen in den Früchten teilen, benötigt die Pflanze oder der Strauch zum Beispiel viel Wasser. In der darauffolgenden Phase, in der die Zellen in den Früchten wachsen, ist der Wasserbedarf geringer. Insofern müsste jede Pflanze eigentlich individuell gepflegt und auch bewässert werden. Heute geschieht das auf einer Plantage mehr oder weniger für alle Pflanzen gleich – einfach deshalb, weil es kaum möglich ist, den individuellen Zustand exakt zu ermitteln.

Doch das soll anders werden: Künftig soll die Bewässerung und Düngung von Obst und Früchten sehr viel punktgenauer und präziser erfolgen als heute – um Wasser





Der kleine „Rucksack“ ist ein Sensor. Er misst, in welchem Zustand der Apfel ist. Die Ergebnisse lassen sich dann auf einem Smartphone auswerten.

und Dünger zu sparen und um den Ertrag zu steigern. „Wir wollen herausfinden, in welcher Phase sich eine Pflanze befindet, um dann präzise bewässern zu können – wir nennen das Präzisions-Gartenbau, den wir in den kommenden Jahren mit voranbringen möchten“, sagt Prof. Dr. Manuela Zude-Sasse, leitende Wissenschaftlerin für diesen Bereich am ATB. Aus den Bildern, die die Drohne beispielsweise von den Apfelbäumen schießt, lässt sich Pixel für Pixel errechnen, wie groß die Blattfläche der Pflanzen ist. Diese wiederum ist ein Maß dafür, wie viel Energie die Pflanze über die Photosynthese erzeugen kann – und wie viele Früchte sie produzieren wird. Aus zusätzlichen Bodenkarten können die Forscher zudem auf die Bodenqualität in verschiedenen Bereichen der Plantage schließen. So lässt sich feststellen, ob im Untergrund Sand vorkommt, der dazu führt, dass das Wasser schnell abläuft. In einem solchen Bereich müsste dann stärker bewässert werden.

Natürlich lässt sich aus einem Drohnenbild allein nicht auf eine einzelne Pflanze schließen. Manuela Zude-Sasse und ihre Kollegen setzen daher ganz verschiedene Messverfahren oder Sensoren ein. „Wir nutzen Technik, mit der wir den Bestand aus der Ferne – wie zum Beispiel mit der Drohne – betrachten, und zum anderen Verfahren, die einzelne Pflanzen

Ziel ist ein Modell, das von den Sensordaten auf den Zustand der Pflanze schließen kann.

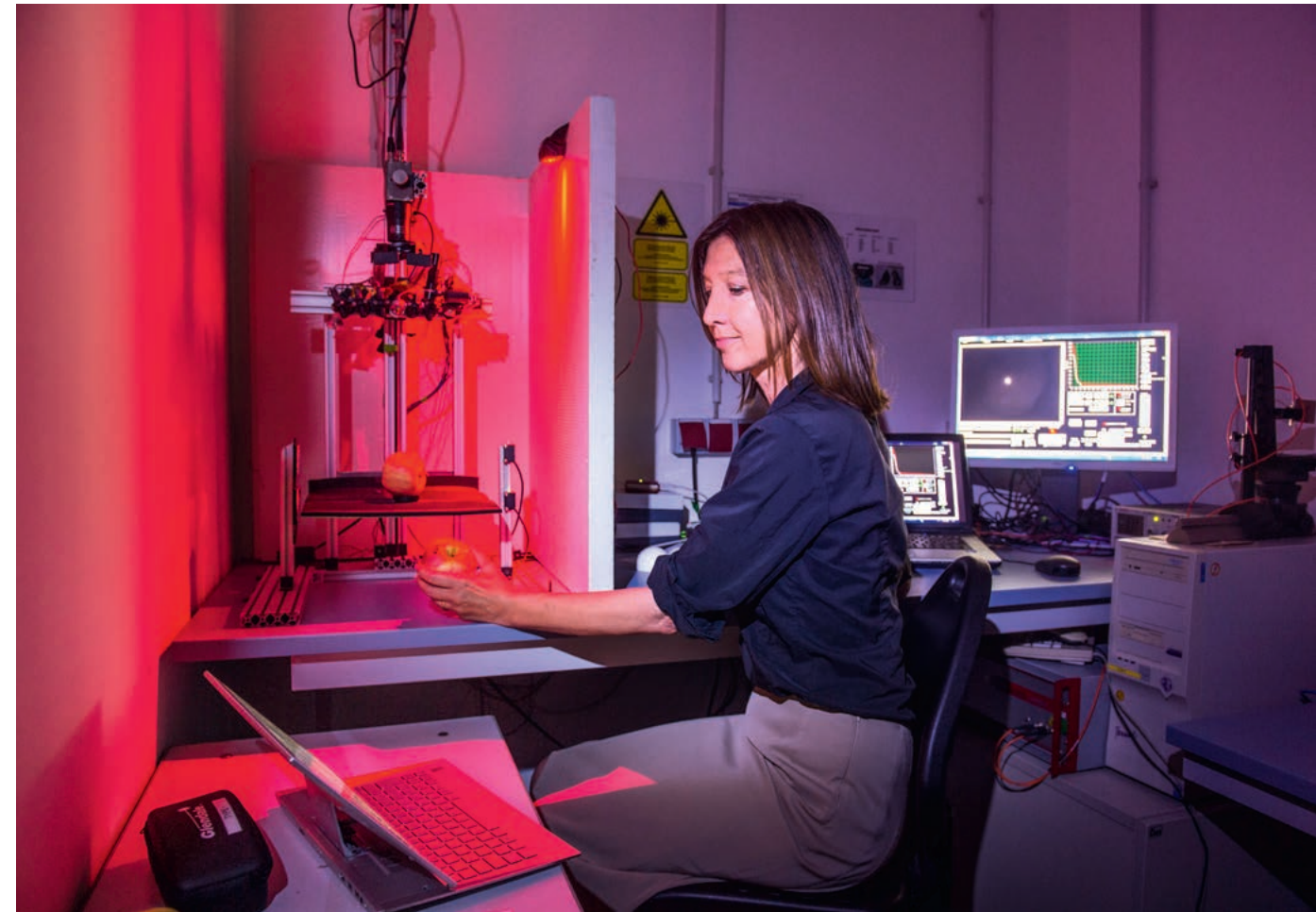
unter die Lupe nehmen.“ So wurde am ATB in den vergangenen Jahren ein einzigartiger Fruchtsensor entwickelt, der sich wie ein kleiner Rucksack auf die Früchte schnallen lässt – auf Pflaumen, Tomaten oder Äpfel. In diesem Fruchtsensor sitzen Leuchtdioden und Photosensoren. Die Leuchtdioden schicken Licht bestimmter Wellenlängen durch die Frucht, das von den Sensoren auf der anderen Seite empfangen wird. Je nachdem, welchen Zustand die Frucht hat, wird das Licht unterschiedlich stark gestreut und absorbiert. „Wir erhalten charakteristische Lichtsignale, aus denen wir künftig darauf schließen wollen, ob die Frucht sich beispielsweise gerade in der Phase der Zellteilung oder des Zellwachstums befindet.“

Die ATB-Forscher nutzen auch sogenannte Dendrometer, Geräte, mit denen sich die Dicke eines Stammes messen lässt. Diese verändert sich nämlich im Laufe eines Tages, je nachdem ob und wie stark die Pflanze Wasser verdunstet. Dabei wird ein Messstreifen auf den Stamm geklebt, der die Dehnung des Stammes misst. „Auch daraus können wir auf den Wasserbedarf schließen“, sagt Zude-Sasse.

Doch bevor die Forscher Tipps für die präzise Düngung und Bewässerung von Obstbäumen und -sträuchern geben können, müssen sie zunächst lernen, wie die Signale der Sensoren zu interpretieren sind. Dazu gleichen sie die Messergebnisse der Sensoren mit chemischen und biologischen Analysen der Pflanzen ab. So wollen sie herausfinden, welcher Messwert des Fruchtsensors zum Beispiel eine intensive Zellstreckungsphase repräsentiert. „Unser Ziel ist ein mathematisches Modell, das von den Sensordaten genau auf den physiologischen Zustand der Pflanze schließen kann“, erklärt Manuela Zude-Sasse. Daraus sollen dann Empfehlungen für die Obstproduzenten abgeleitet werden.

Die ATB-Experten entwickeln darüber hinaus ein Modell, das je nach Zustand der Pflanzen die bestmögliche Bewässerung vorschlägt. Darin fließen neu erhobene Daten von Sensoren ein, die die

Fotos: © Jan Windszus



Prof. Dr. Manuela Zude-Sasse analysiert mit einer lasergestützten Methode die Qualität eines Apfels. Mit den gewonnenen Daten werden die Sensoren für den Feldeinsatz optimiert.

elektrische Bodenleitfähigkeit messen. Auch aktuelle Wetterdaten von meteorologischen Stationen in der Obstanlage werden berücksichtigt. „Solche Daten sind Stand der Technik. Neu an unserem Ansatz ist, dass wir die Individualität der Pflanzen berücksichtigen und damit den Ertrag bei gleichzeitiger Ressourcenschonung optimieren – nicht zu viel und nicht zu wenig“, sagt Zude-Sasse.

Natürlich beschäftigen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch mit der Frage, wie die Daten aus den vielen Sensoren an die Zentrale im Büro des Gartenbaubetriebs übertragen werden. Für Zude-Sasse bietet sich dafür vor allem eine Übertragung per Mobilfunk an.

Wichtig ist bei alledem, dass die Entwicklungen aus der Wissenschaft praxis-

nah sind und schnell zum Einsatz kommen können. Denn: Die Verbraucher verlangen täglich nach frischem Obst und die Produzenten benötigen zeitgemäße und nachhaltige Methoden. Die ATB-Experten kooperieren deshalb in dem Verbundprojekt „Aqua C+“ mit Gartenbaubetrieben in Brandenburg, die Süßkirschen, Äpfel und Heidelbeeren anbauen. Das Projekt hat das Ziel, die Bewässerung von Obstbauplantagen zu verbessern. Es wird über das Programm der Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP) gefördert, das Forscher und Wirtschaftsbetriebe zusammenbringt. Entwickelt wird hierzu am ATB auch eine Smartphone-App, die dem Obstproduzenten künftig schnell und einfach mitteilt, in welchem Stadium der Fruchtent-

wicklung sich die Früchte in der Anlage befinden und wie stark er sie zu einem bestimmten Zeitpunkt bewässern sollte.

Dass künftig tatsächlich jeder Baum auf dem Acker ein eigenes Dendrometer oder einen eigenen Fruchtsensor tragen muss, glaubt Zude-Sasse nicht. „Ich denke, dass der Aufwand überschaubar bleiben wird. Zunächst ordnen wir anhand der Drohnenaufnahmen mehrere Bäume und Sträucher in Gruppen und erfassen diese gemeinsam.“ So wird zwar nicht jeder Baum ganz individuell gewürdigt, aber man ist damit den einzelnen Bäumen schon deutlich näher als bei der einheitlichen Bewirtschaftung großer Flächen.

Von Tim Schröder

Die Sumpfkühe

Das Niedermoor in Brandenburg ist bedroht. Wissenschaftler erarbeiten neue Bewirtschaftungsverfahren, um den Fortbestand dieses Ökosystems zu sichern.

ungestörte Brutplätze. Dank seines Vermögens, riesige Mengen Wasser zu speichern, dient das Niedermoor außerdem als natürlicher Hochwasserschutz. Und aufgrund seiner Filterwirkung trägt das Ökosystem zum Erhalt der Trinkwasservorräte bei.

Wenn Jürgen Pickert erklärt, was dem Niedermoor in den letzten 300 Jahren so zu schaffen gemacht hat, zeigt er auf einen Kanal. Dieser zieht sich unweit der Koppeln entlang. „In den Jahren 1718 bis 1724 wurde er von Hand geschippt, um das Wasser aus dem Moor zu leiten“, erzählt er. „Mit einem ausgeklügelten Kanalsystem entwässerten die Bauern das Land. So gewannen sie Anbauflächen für Futtergräser und dort, wo es die erreichten Wasserstände zuließen, sogar



Es riecht nach Kuh. In der Forschungsstation Paulinenaue, einer Außenstelle des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), treiben Wilfried Bock und seine Kollegen eine kleine Rinderherde zur Fangstelle. Die Kühe tragen ein Transpondersystem um den Hals, das alle fünf Minuten den Herzschlag und die Körpertemperatur misst und die Aufenthaltsorte auf den Koppeln festhält. Während die Kühe gewogen werden, verkabelt ein Mitarbeiter das System und speist die Informationen der letzten Wochen in die Computer der Forschungsstation ein. Diese Operation ist Teil der Untersuchungen, die unter der Leitung von Dr. Jürgen Pickert im Rahmen des Projekts „Nutzungsstrategien für kalkreiches Niedermoorgrünland“ durchgeführt werden.

Das havelländische Niedermoorgrünland ist ein einzigartiges Ökosystem, Lebensraum für viele Pflanzen- und Tierarten. Der streng geschützte Lungenenzian blüht hier, und die seltenen Großtrappen, die zu den schwersten flugfähigen Vögeln der Welt zählen, finden

für Hafer, Weizen oder Winterraps.“ Auf einigen Flächen wurde die Torfschicht des Niedermoorgrünlands allerdings durch die Entwässerung zerstört und ist unwiederbringlich verloren. Um das übrig gebliebene Ökosystem zu bewahren,

erforscht das Team um Jürgen Pickert Möglichkeiten einer schonenderen Bewirtschaftung des Grünlands, wobei die Entwässerungsmaßnahmen auf ein Mindestmaß reduziert werden sollen.

Und hier kommen die Kühe in der Forschungsstation Paulinenaue ins Spiel. Denn: Drei Herden zu je sechs Mutterkühen mit ihren heranwachsenden Kälbern dienen den Forschern als Versuchsherden. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben herausgefunden, dass ihre Tiere gut mit dem Grünland zurechtkommen, obwohl dort keine hochwertigen Futterpflanzen wachsen und manche Flächen viel zu nass sind.

Neben der Entwicklung des Gewichts wird auch das Tierwohl unter die Lupe



Der Transponder um den Hals misst Herzschlag und Körpertemperatur der Rinder. Darüber hinaus speichert er ihren Aufenthaltsort. Am Computer werden die Daten von Expertinnen des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung ausgewertet.



genommen: Rückschlüsse darüber erlauben die Daten aus dem Transpondersystem. Die Auswertung überrascht, sagt Jürgen Pickert: „Gerade die niedrig gelegenen, feuchteren Bereiche suchen die Rinder an heißen Tagen vorzugsweise auf. Dort wächst zwar nicht so nahrhaftes Futter, doch es ist kühler.“ In Zeiten des Klimawandels eine wichtige Erkenntnis: In den letzten Jahrzehnten hat sich die Anzahl der Tage mit einer Temperatur von über 30 Grad Celsius in Brandenburg fast verdoppelt.

„Unsere Arbeit macht deutlich: Das Niedermoorgrünland kann nicht nur Lebensmittel wie Fleisch und Milch sowie Rohstoffe für alternative Energien wie Biogas liefern“, sagt der Forscher. „Die Menschen möchten auch eine abwechslungsreiche Landschaft sehen, weidende Kühe gehören nun einmal dazu“, sagt er.

Jürgen Pickert und sein Team haben einen Katalog von Handlungsmöglich-

»Die Menschen möchten eine abwechslungsreiche Landschaft sehen, weidende Kühe gehören nun einmal dazu.«

keiten für die Landwirte der Region erarbeitet, denn nur eine Nutzung, die es dem Bauern erlaubt, die Anforderungen des Naturschutzes zu erfüllen und dabei trotzdem Geld zu erwirtschaften, kann den Fortbestand der Brandenburger Niedermoorflächen gewährleisten. Das ist auch deswegen so wichtig, weil der Landstrich eine zentrale Rolle für das Klima

spielt: In den 10.000 Jahren seiner Entstehung entzog das Niedermoor der Atmosphäre große Mengen des Treibhausgases Kohlendioxid. Der anfallende Kohlenstoff ist im wassergesättigten Boden fest eingelagert. Pro Hektar sind bis zu 2.000 Tonnen Kohlenstoff gespeichert.

„Wird dem Niedermoorgrünland Wasser entzogen, gelangt Sauerstoff in den Boden“, sagt Jürgen Pickert. Die Mineralisierung des Torfes kommt dann in Gang, Kohlendioxid wird freigesetzt und gelangt in die Atmosphäre. Das Projekt der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler um Jürgen Pickert ist also nicht nur gut für die lokale Flora, Fauna und Landwirtschaft: Es trägt darüber hinaus dazu bei, dass das in den Niedermoorflächen Nordostdeutschlands gebundene Kohlendioxid weiterhin dauerhaft im Boden bleibt.

Von Stephanie Eichler



Fotos: © Jan Windszus

Das havelländische Niedermoorgrünland ist ein einzigartiges Ökosystem, Lebensraum für viele Pflanzen und Tierarten.

STICHWORT



Es ist in Flüssen, Seen und Meeren nachweisbar. Man findet es in Bodenproben, aber auch in Plankton, Muscheln, Fischen oder Seevögeln – praktisch überall. Die Rede ist von Mikroplastik – kleinste Kunststoffteilchen, die auch im Verdacht stehen, sich in unseren Lebensmitteln anzusammeln und so womöglich eine Gefahr für unsere Gesundheit darstellen. Doch woher kommen sie? Und wie gefährlich sind sie für Mensch und Tier tatsächlich?

Zu Beginn hilft ein Blick auf die Zahlen: Allein in Deutschland werden jährlich etwa zehn Millionen Tonnen Plastik auf den Markt gebracht. Auch wenn ein Großteil davon recycelt wird, ein Drittel bleibt als Plastikmüll zurück. Davon verdrückt wiederum ein beachtlicher Teil die Umwelt, vor allem das Wasser. Schätzungen legen nahe, dass weltweit jährlich rund acht Millionen Tonnen Plastik jährlich in die Ozeane gelangen. Das ist eine Müllwagenladung pro Minute.

Doch was passiert mit dem ganzen Abfall? Die Antwort ist einfach: Er bleibt da. Während andere Stoffe mit der Zeit abgebaut werden, sieht das bei Plastik anders aus. Kunststoff zersetzt sich praktisch nicht, er zerfällt. Die Witterung sorgt dafür, dass er in Milliarden kleine Fragmente zermahlen wird. Ab einer Größe

von unter fünf Millimetern spricht man von Mikroplastik.

Doch dieser Prozess ist nur eine Möglichkeit, wie die Partikel in die Umwelt gelangen. Sie werden auch gezielt industriell hergestellt. Als Granulat oder winzige Pellets stecken sie in zahlreichen Pflegeprodukten. Dort sollen sie unter anderem dafür sorgen, dass sich die Haut besser reinigen lässt; in Sonnencremes, Make-up oder Lippenstiften werden sie zudem als Bindemittel oder Füllstoff eingesetzt. Wer unter der Dusche ein Peeling nutzt, sorgt also unter Umständen dafür, dass die Partikel durch das Abwasser in die Kanalisation und von dort in die Klärwerke gelangen. Da solche Mikropartikel hier kaum zurückgehalten werden können, gelangen sie direkt in die Umwelt. Auch kunststoffhaltige Kleidung – zum Beispiel Fleece – ist problematisch. Es besteht aus einem Veloursstoff, der meist aus Polyester oder Polyacryl hergestellt wird. Durch das Tragen oder Waschen werden Mikrofasern freigesetzt und gelangen so in die Luft oder das Wasser.

Bleibt die Frage, was richtet Mikroplastik an? Was man sicher weiß: An einigen Plastikmaterialien können sich organische Stoffe und bestimmte Elemente anreichern. Tiere, die das Plastik aufnehmen – weil sie es zum Beispiel mit Nahrung verwechseln –, verspeisen es

samt diesen anhaftenden unerwünschten Stoffen. Der Beginn eines Kreislaufs: Kleine Fische werden von größeren gefressen, diese wiederum von noch größeren. Am Ende dieser Kette steht auch der Mensch.

Während der Verbreitungsweg unstrittig ist, geht die Bewertung der gesundheitlichen Risiken auseinander. Vor allem Umweltschutzorganisationen warnen vor einer Belastung durch Mikroplastik. Andere, etwa das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), sehen Mikroplastik zwar kritisch, bewerten mögliche Auswirkungen für den Verbraucher jedoch zurückhaltender. Eine wissenschaftliche Bewertung denkbarer Risiken sei laut BfR derzeit kaum möglich. Es fehle schlicht eine verlässliche und vergleichbare Datengrundlage. Aber: Genau hieran arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler weltweit – auch am BfR.

Auch wenn das für den Verbraucher im Moment unbefriedigend ist, es gibt auch eine gute Nachricht: Nach öffentlichem Druck haben viele Hersteller von Kosmetika angekündigt, auf Mikroplastik verzichten zu wollen. Das löst zwar nicht das Problem, dass wir noch immer Millionen Tonnen Plastik verbrauchen und zu häufig unsachgemäß entsorgen, doch hier kann schließlich jeder bei sich selbst anfangen.

Was morgen wichtig wird

Global Forum for Food and Agriculture

Der weltweite Wasserbedarf steigt. Die UNESCO schätzt, dass in 30 Jahren eineinhalbmal so viel Wasser benötigt wird wie heute. Bereits heute haben mehr als 760 Millionen Menschen keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. Wasserknappheit und Wasserverschmutzung gefährden die ökonomische und soziale Entwicklung in den betroffenen Regionen. Darüber hinaus leidet aber auch die politische Stabilität unter dem zunehmenden Konkurrenzdruck um den Zugang zur Ressource Wasser und dieses Problem wird künftig weiter zunehmen. Mittendrin die Landwirtschaft – verbraucht sie doch einen Großteil des welt-

weit genutzten Wassers. Beim „Global Forum for Food and Agriculture (GFFA) 2017: Landwirtschaft und Wasser – Schlüssel zur Welternährung“ diskutieren deshalb Agrarministerinnen und Agrarminister aus der ganzen Welt über den Einfluss der Landwirtschaft auf globale Wasserkreisläufe. Bereits 2016 hatten sie die Verantwortung der Landwirtschaft für den nachhaltigen Umgang mit Wasser festgehalten. Auch dieses Jahr sollen im Rahmen des GFFA Wege aufgezeigt werden, wie die Landwirtschaft ihrer Rolle für die Ernährungssicherung gerecht werden und gleichzeitig eine wertvolle Ressource schützen kann.



20. – 29. Januar 2017



Internationale Grüne Woche

Messegelände Berlin

Zum 82. Mal öffnet die Internationale Grüne Woche im Januar ihre Tore. 1.500 Aussteller und 300 Fachveranstaltungen erwarten jeweils von 10 bis 18 Uhr Besucher aus aller Welt.

Innovative Werkstoffe

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) weitet seine Forschung zu sogenannten innovativen Werkstoffen aus. Dazu gehören auch Nanomaterialien, Stoffe, die kleiner als ein zehntausendstel Millimeter sind. Das BfR untersucht insbesondere die Aufnahme dieser Materialien über Nahrung, Kosmetika und Kleidung. Bewertet werden die gesundheitlichen Risiken der neuartigen Stoffe. Bereits seit 2008 verantwortet das BfR zusammen mit vier weiteren Bundesbehörden die gemeinsame Forschungsstrategie zur Nanotechnologie. Die aktuelle Verlängerung und Ausweitung ist Teil des von der Bundesregierung vereinbarten Aktionsplans Nanotechnologie 2020.

Futtern Fische Flüsse sauber?

Herr Schneider, Sie haben den Verdacht, dass Kormorane an der sinkenden Wasserqualität von Flüssen schuld sind. Wie das?

Das wollen wir in einem Projekt am Beispiel der Nister herausfinden. Die Nister ist ein kleiner Nebenfluss der Sieg. Ihre Wassergüte hat sich in den vergangenen 15 Jahren dramatisch verschlechtert und zwar zeitgleich mit dem Auftauchen des Kormorans. Seit er hier jagt, ist der Bestand an mittelgroßen und großen Fischen bis zu 90 Prozent gesunken.

Es ist also ziemlich leer geworden in der Nister?

Ja. Dafür gibt es mehr Algen. Viele der hier heimischen Fischarten nehmen auch Pflanzen zu sich oder sind reine Vegetarier. Sie fressen Algen und halten so deren Wachstum unter Kontrolle. Fehlen die Fische, sprießen die Algen wie Unkraut. In der Nister ist zum Beispiel der Fisch mit dem schönen Namen „Nase“ durch die Kormorane immer seltener geworden. Die Nase wird bis zu einem halben Meter groß und ernährt sich hauptsächlich von Aufwuchsalgen, also von Algen, die unter der Wasseroberfläche, zum Beispiel auf Steinen, wachsen. Man schätzt, dass allein durch ihren Rückgang im Unterlauf der Nister jährlich rund 250 Tonnen pflanzlicher Biomasse weniger von Fischen konsumiert werden als Mitte der 90er-Jahre.

Was ist so schlimm an den Algen?

Bis zu einer bestimmten Grenze sind sie Teil eines gesunden Ökosystems. Wenn Algen aber ungehemmt wachsen und dann absterben, bilden sie einen Schlammteppich und verstopfen das wichtige hyporheische Interstitial.

Was ist das denn?

Das ist das Kieslückensystem in der Gewässersohle – ein ganz wichtiger

Lebensraum für jede Menge Kleintiere. Viele davon sind ebenfalls sogenannte Weidegänger und fressen Algen. Die Kleintiere sind gleich zweifach gefährdet, ihr Lebensraum ist durch die abgestorbenen Algen quasi versiegelt und die Zahl der Kleinfische, die diese Kleintiere wiederum fressen, ist stark gestiegen, seit die Kormorane deren Fressfeinde dezimieren.

Also helfen Sie den Algenfressern zurück ins Wasser.

Genau. Wir arbeiten nach dem Prinzip der Biomanipulation und greifen in die Nahrungskette ein: In einer 500 Meter langen Manipulationsstrecke der Nister erhöhen wir den heimischen Fischbestand auf das Niveau, das er einst hatte. Gleich nebenan entspricht der Fischbestand auf einer Kontrollstrecke dem derzeitigen niedrigen Stand. Später wird hier der Fischbestand auch manipuliert. Drei Jahre lang vergleichen wir in beiden Strecken die Algen- und Kleintierentwicklung und den Sauerstoffgehalt im Kieslückensystem. Der Zusammenhang zwischen Fischbestand und Algenwuchs ist in Seen bereits untersucht worden. Hier konnte durch Biomanipulation das Wachstum pflanzlichen Planktons effektiv reduziert werden. Wir probieren das nun zum ersten Mal im Fließgewässer mit Aufwuchsalgen aus. Die Zeit drängt. Die Gewässer drohen umzukippen.

Die Fische schwimmen Ihnen nicht aus Ihrer Versuchsstrecke davon?

Die Abschnitte sind durch flexible Gitter getrennt. Nur Fische, die kleiner sind als 20 Zentimeter, können da noch durchschlüpfen.

Aber den Kormoran können Sie doch nicht am Jagen hindern. Holen die Ihnen nicht die eingesetzten Fische aus dem Fluss?

Die Strecke liegt in der Nähe eines Wohngebiets, da jagt der Kormoran nicht gerne. Zudem werden im Bereich der Versuchsstrecken Kormorane geschossen.

Das geht auf einer Versuchsstrecke. Aber sie können den Kormoran ja nicht von den gesamten Flussläufen fernhalten.

Unser Ziel ist es, wissenschaftlich zu belegen, wie sich ein reduzierter Fischbestand auf die Selbstreinigungskraft des Ökosystems Fluss auswirkt. Wie mit dem Ergebnis umzugehen ist und was das für die Kormorane bedeutet, muss dann die Politik entscheiden.



Dr. Jörg Schneider von der Bürogemeinschaft für fisch- und gewässerökologische Studien geht gemeinsam mit der Uni Koblenz und der Arge Nister e.V. der Frage nach, ob sich die Wasserqualität von Flüssen durch Eingriffe in die Nahrungskette manipulieren lässt.

Das Gespräch führte Petra Krimphove.

Haben Sie auch eine Forschungsfrage? Ihre Anregungen sind willkommen: redaktion@forschungsfelder.de



Impressum

forschungsfelder

Das Magazin wird herausgegeben vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

Fachliche Betreuung, Steuerung:

BMEL-Referat 221, Strategie und Koordinierung der Abteilung 2, Bürgerangelegenheiten, Forschungskommunikation, Jens Teschke (V.i.S.d.P.)

Konzept, Redaktion, Gestaltung:

neues handeln GmbH, Berlin, Isabel Canet (Ltg.), Nicolas Bilo, Dominik Wüchner, Sarah Heiß (AD), Angela Matern

Bildredaktion: Barbara Stauss

Foto und Illustrationen: wenn nicht anders angegeben: Titel und Rücktitel: Hans Hansen
Illustration Seite 6/7: phoelix, Potapov Alexander, CataVic, Vertyr, Jktu_21, Valentinash, kontur-vid, Yoko Design/shutterstock

Litho: Twentyfour Seven, Berlin

Druck: Prinovis GmbH & Co. KG, Dresden

Wenn Sie dieses Magazin

bestellen möchten:

Bestell-Nr.: BMEL16077

E-Mail: publikationen@bundesregierung.de

Telefon: 030 18 272-27 21

Fax: 030 18 10 22-27 21

Schriftlich: Publikationsversand der

Bundesregierung,

Postfach 48 10 09, 18132 Rostock

Printed in Germany



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Tierwohl

Die Haltung von Tieren in Deutschland soll weiter verbessert werden. Das Bundeslandwirtschaftsministerium hat dazu eigens die Tierwohl-Initiative ins Leben gerufen. Aber wann fühlen sich Schweine wirklich wohl? Wie sieht artgerechte Haltung aus? Mehr dazu in der nächsten Ausgabe der **forschungsfelder**, die im März 2017 erscheint.

