



Forstliche Versuchs-  
und Forschungsanstalt  
Baden-Württemberg



# FVA-einblick

2/2017



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

20 Jahre FVA-einblick, so hieß es in der letzten Ausgabe. Um den FVA-einblick weiterhin leserfreundlich und informativ zu gestalten, wurde der Jubiläumsausgabe eine Umfrage beigelegt. Leider haben nur wenige Leserinnen und Leser ihre Meinung geäußert; ihnen gilt unser herzliches Dankeschön. Aus diesen Meinungsäußerungen war eine deutliche Zufriedenheit zu entnehmen. Besonders positiv wurden hierbei die Praxisrelevanz der Themenauswahl und die ansprechende Gestaltung des FVA-einblicks beurteilt. Zudem wurden die Inhalte als sehr informativ und Abbildungen als textunterstützend empfunden. Die wenigen Verbesserungsvorschläge bezogen sich auf die Papier- und Abbildungsqualität und auf die teilweise zu langen Texte. Einmal wurde auch der Wunsch geäußert, die Bandbreite der FVA-Projekte durch Kurzinformationen zu präsentieren. Mit zwei Projekten fangen wir schon in dieser Ausgabe an. Auch das Thema „Klimawandel-Baumartenalternativen“, wie gewünscht, werden wir noch angehen. Fast ausschließlich lag die Präferenz bei der gedruckten Version gegenüber einer digitalen Ausgabe. Wir freuen uns jeder Zeit auf weitere Meinungsäußerungen zu unserer Publikation und bemühen uns, die vorgetragenen Anregungen und Wünsche anzugehen.

Seit der Ausgabe 1/2016 vermittelt der FVA-einblick den Leserinnen und Lesern einen tieferen Einblick in die FVA-Kernaufgabe „Umweltmonitoring in Baden-Württemberg“. Bisher erschienen in dieser Reihe Beiträge zu Waldinventuren, Schädlingsüberwachung, Ökosystemmonitoring, Standort- und Biotopkartierung, Bann- und Schonwälder, Wildtiermonitoring sowie zu Beziehung der Menschen zu Wald und Waldwirtschaft. Den Abschluss dieser Reihe bildet nun der Beitrag über die Testbetriebsnetze der Waldwirtschaft in Baden-Württemberg (ab Seite 4). Einen zusammenfassenden Überblick über die verschiedenen Monitoring-Arten präsentiert außerdem die Broschüre „Wald unter der Lupe“. Diese kann kostenlos an der FVA bezogen oder unter [www.fva-bw.de](http://www.fva-bw.de) heruntergeladen werden.

Den Schwerpunkt der vorliegenden Ausgabe bilden vier Beiträge aus der Abteilung Boden und Umwelt in Zusammenarbeit mit der Abteilung Biometrie und Informatik zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung im Hinblick auf Standortsleistung und Wasserversorgung (ab Seite 10).

Auch im Namen der Redaktion wünsche ich allen Leserinnen und Lesern eine angenehme Sommerpause – vielleicht sogar mit der aktuellen Ausgabe im Reisegepäck.

Ihr

Prof. Konstantin FrHr. von Teuffel

## Inhalt

### 4 Testbetriebsnetze der Waldwirtschaft in Baden-Württemberg

von Andreas Gehrke und Wolfgang Hercher

### 10 Energieholzernte und stoffliche Nachhaltigkeit in Deutschland: das Projekt „EnNa“

von Heike Puhmann, Gerald Kändler und Christian Vonderach

### 14 Bodenschutzkalkungen als Grundlage einer nachhaltigen Nährstoffversorgung und Gesunderhaltung von Wäldern

von Lelde Jansone und Peter Hartmann

### 19 Aktive Regeneration von Bodenschäden

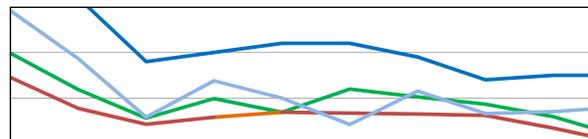
von Juan Luis Flores Fernández und Peter Hartmann

### 23 Klimaanpassung durch Stärkung des Wasser- und Bodenrückhalts in kommunalen Außenbereichen

von Heike Puhmann, Karl-Alexander Grasshorn Gebhardt, Jessica Kempf, André Assmann und Norbert Billen

### 28 FVA-Projekte

### 30 FVA-Nachrichten



## Impressum

### Herausgeber

Prof. Konstantin Frhr. von Teuffel  
Direktor der Forstlichen Versuchs- und  
Forschungsanstalt Baden-Württemberg

### Adresse

Wonnhaldestr. 4  
D-79100 Freiburg  
Tel.: (07 61) 40 18 - 0  
Fax: (07 61) 40 18 - 3 33  
fva-bw@forst.bwl.de  
www.fva-bw.de

### Redaktion

Dr. Petra Adler  
Steffen Haas  
Dr. Reinhold John  
Dr. Kaisu Makkonen-Spiecker  
Thomas Weidner

### Bildherkunft

Titel: Thomas Weidner  
Wenn nicht anders angegeben, stammen  
die Bilder von den Autorinnen bzw. Autoren.

### Auflage

1.700 Exemplare

Die Redaktion behält sich die sinnwah-  
rende Kürzung, das Einsetzen von Titeln  
und Hervorhebungen vor. Die Beiträge  
müssen nicht unbedingt die Meinung der  
Redaktion wiedergeben.

Nr. 2, August 2017, Jahrgang 21  
ISSN 1614-7707

# Testbetriebsnetze der Waldwirtschaft in Baden-Württemberg

von Andreas Gehrke und Wolfgang Hercher

Über 38% der Landesfläche Baden-Württembergs sind mit Wald bedeckt. Eine Besonderheit stellt die relativ ausgewogene Aufteilung des Waldes in die drei größten Besitzkategorien dar: ca. 40% Kommunalwald, 36% Privatwald und ca. 24% Staatswald. Diese Aufteilung macht deutlich, dass valide Aussagen über Einschlag, Rohholzmengen und Holzvermarktung nur mit einer gründlichen und regelmäßigen Datenerhebung in allen Waldbesitzarten zu treffen sind.

Ob zur Berechnung von Energieholzpotenzialen, zur Durchführung regionaler Clusterstudien oder zur Einschätzung von Rohholzaufkommen, ohne Verfügbarkeit zeitnaher Daten aus allen Waldbesitzarten sind diese Berechnungen nur eingeschränkt möglich. Dank der an der FVA betriebenen Testbetriebsnetze gibt es eine zuverlässige Datenbasis für die Waldwirtschaft in allen Besitzarten Baden-Württembergs ([www.fva-bw.de/monitoring/](http://www.fva-bw.de/monitoring/)).

## Das Testbetriebsnetz BMEL und TBN 5-200 ha Kleinprivatwald

In Baden-Württemberg bestehen im Bereich der Forstwirtschaft zwei sich ergänzende Testbetriebsnetze. Eines davon ist das seit 1979 bestehende Testbetriebsnetz Kleinprivatwald Baden-Württemberg, welches von der FVA unterhalten wird. Die Zielgruppe dieses Netzes sind Privatwaldbetriebe mit Waldflächen zwischen 5 und 200 ha. Derzeit nehmen 144 Testbetriebe mit einer Waldfläche von 3.400 ha an der Datenerhebung teil. Entsprechend der Gesamtverteilung im Land liegt der Schwerpunkt mit 69 Betrieben im Schwarzwald und mit 28 Betrieben in der Region Oberland/Ostalb. Die Regionen Schwäbisch-Fränkischer Wald und Odenwald/Hohenlohe sind mit jeweils 23 Betrieben beziehungsweise 24 Betrieben an der Untersuchung beteiligt. Das Netz entstand im Zuge des Ausbaus der Beratung und Betreuung im Privatwald Baden-Württembergs Anfang der 70-er Jahre, und half mit, die Privatwald-Verordnung zu einem vielfältigen System von Service-Leistungen zu entwickeln.

Das bundesweite Testbetriebsnetz Forstwirtschaft, das Privatwälder und Kommunalwälder über 200 ha sowie den Staatswald umfasst, wird vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMEL) unterhalten. Es entstand aus einer freiwilligen Erhebung, die ab 1951 vom Deutschen Forstwirtschaftsrat durchgeführt wurde. In seiner heutigen Form besteht das Netz seit 1976, als das für den Agrar- und Forstbereich zuständige Bundesministerium die Erhebung fortführte. Es ist ausgerichtet auf

körperschaftliche und private Forstbetriebe mit mehr als 200 ha Waldfläche und die Staatsforstbetriebe der Länder. Die Organisation und Durchführung der jährlichen Erhebungen im Netz ist Angelegenheit der Länder. Diese Aufgaben sind in Baden-Württemberg an die FVA, Abteilung Forstökonomie, delegiert. Aktuell nehmen im Land rund 70 Betriebe teil. Auch bei diesem Netz bestehen aufgrund der geschichtlichen Entwicklung und damit der Zugehörigkeit von Wäldern zu den drei Waldbesitzarten unterschiedliche räumliche Schwerpunkte. Die Teilnehmenden des Körperschaftswaldes im Testbetriebsnetz des BMELV liegen schwerpunktmäßig im Gebiet des Schwarzwaldes, des Neckarlandes, der Baar und der Schwäbischen Alb. Die meisten Testbetriebe des mittleren und großen Privatwaldbesitzes kommen aus dem Gebiet Ostalb/Oberschwaben.

## Datenerhebung und Datenbasis

Zur Erfassung betriebswirtschaftlicher Daten von Forstbetrieben gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten, die Vollerhebung und die Stichprobe. Die Datenerhebung über Testbetriebe stellt eine Stichprobe dar, die aus einer bekannten Grundgesamtheit von Waldbetrieben gezogen wird. Die definierte Grundgesamtheit aller privaten und kommunalen Forstbetriebe ab 10 ha liegt für Baden-Württemberg am Statistischen Landesamt vor. Es ließe sich daher eine geschichtete Stichprobe vornehmen, das heißt die Zahl der Testbetriebe je Region oder je Größenklasse könnte nach dem jeweiligen Anteil an der

Gesamtheit festgelegt werden. Da die Mitarbeit auf freiwilliger Basis stattfindet, kann die zentrale Grundregel der Stichprobentheorie, die zufällige Auswahl, nicht erfüllt werden. Die Datenlieferung unter freiwilliger Mitarbeit erfüllt daher in beiden Netzen nur die Voraussetzung einer „Beurteilungsstichprobe“. Sekot formulierte dies 1990 so: „Immerhin kann aufgrund der bestehenden geographischen Verteilung der Betriebe sowie der Verteilung nach Betriebsgrößen davon ausgegangen werden, dass diese (Testbetriebsnetz-)Ergebnisse die allgemeine Entwicklung der Forstbetriebe widerspiegeln“ (nach Peter 1988).

Im Testbetriebsnetz BMEL >200 ha erhebt die FVA-Abteilung Forstökonomie kontinuierlich Daten über Revierleitungen und kommunale Beschäftigte. Derzeit nehmen 15 Privatwaldbetriebe und 56 Kommunalwälder an der Untersuchung teil. Dabei stammen die Daten aus den unterschiedlichsten Buchführungssystemen der Waldbesitzenden und müssen in ein genormtes betriebswirtschaftliches Kontensystem, den „Produktplan Forst“ des Deutschen Forstwirtschaftsrates überführt werden. Mit Hilfe einer eigens programmierten MS-Excel-Vorlage geschieht die Datenübertragung und Plausibilisierung über engen E-Mail-Kontakt beziehungsweise intensiven telefonischen Kontakt. Die Ansprechpersonen unserer Kundschaft sind in der Regel Mitarbeitende der Gemeinden oder forstlich ausgebildetes Personal des Waldbesitzes.

Im TBN 5-200 ha muss zunächst eine monetäre Abgrenzung des forstlichen Teils von den übrigen Betriebszweigen vorgenommen werden. Im Ertragsbereich werden nur Holzprodukte oder forstliche Nebenerzeugnisse aus den Waldflächen berücksichtigt. Mit Entschädigungen für Duldung, Gewährung von Überfahrtsrechten etc. wird ebenso verfahren. Schwieriger gestaltet sich die Abgrenzung des Maschinenbestandes. Während die klassischen Forstmaschinen wie

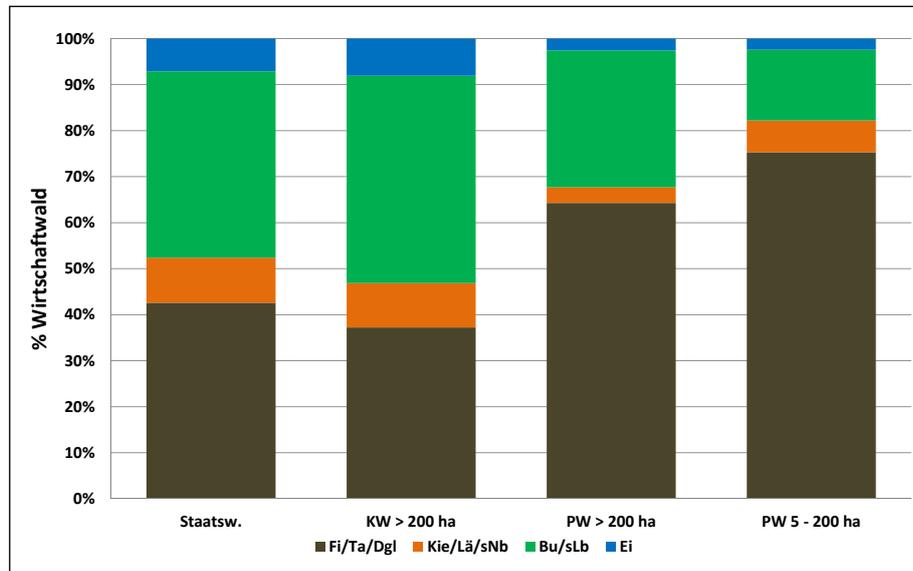


Abb. 1: Flächenanteile der Hauptbaumartengruppen im Wirtschaftswald

Seilwinden, Holzspalter oder Motorsägen noch relativ einfach dem Forstbetrieb zuzurechnen sind, ist dies beim Schlepperbestand bei gemischten Land- und Forstbetrieben schwieriger. Hier ist das Erhebungsteam der FVA auf die Akribie der Betriebsleitenden angewiesen, nach jedem Waldeinsatz die Einsatzstunden Forst in einen Kalender einzutragen, um den Leistungsanteil Wald zu ermitteln. Die Daten werden von Mitarbeitenden der FVA jährlich vor Ort erhoben und müssen für die Eingabe in eine ACCESS-Datenbank vorbereitet und aggregiert werden.

### Ergebnisse aus den Testbetriebsnetzen der FVA

#### Baumartenverteilung und Waldstruktur

Jeder Testbetrieb im Kommunalwald oder größeren Privatwald hat normalerweise einen forstlichen Betriebsplan. Für die Betriebe aus dem Kleinprivatwald wird extra ein vereinfachtes forstliches Betriebsgutachten erstellt. Hier werden die Waldfläche nach Waldbetriebsarten (Altersklassen-, Plenter-, Niederwald u. a.),

Baumarten, Vorräten, Zuwachsverhältnissen und Nutzungsmöglichkeiten aufgeschlüsselt. In beiden Testbetriebsnetzen werden die Daten in eine einheitliche Struktur gebracht und in den jährlichen Rechenläufen ausgewertet.

Der Kleinprivatwald ist durch die Konzentration auf Höhenlagen und diverse Aufforstungswellen die nadelholzreichste Besitzart. Mit 75% erreicht diese Besitzart eindeutig den höchsten Anteil der Baumartengruppe Fichte/Tanne/Douglasie (Abb. 1). Der Mittlere Privatwald (200-500 ha) und der Großprivatwald (> 500 ha) kommen auch in tieferen laubholzreicheren Lagen vor. Daher waren diese von den Aufforstungswellen nicht in dem Maße wie der Kleinprivatwald betroffen. Mit 64% der Baumartengruppe Fi/Ta/Dgl rangieren diese Besitzarten direkt hinter dem Kleinprivatwald.

Während der Nadelholzanteil im Kleinprivatwald auf einem stabilen Niveau blieb und im Großprivatwald eher wieder im Ansteigen begriffen ist, werden im Kommunalwald und Staatswald die Bemühungen der Risikominderung sichtbar. Im FWJ 2006 bestanden noch 51% der Waldfläche aus Fichte, Tanne und

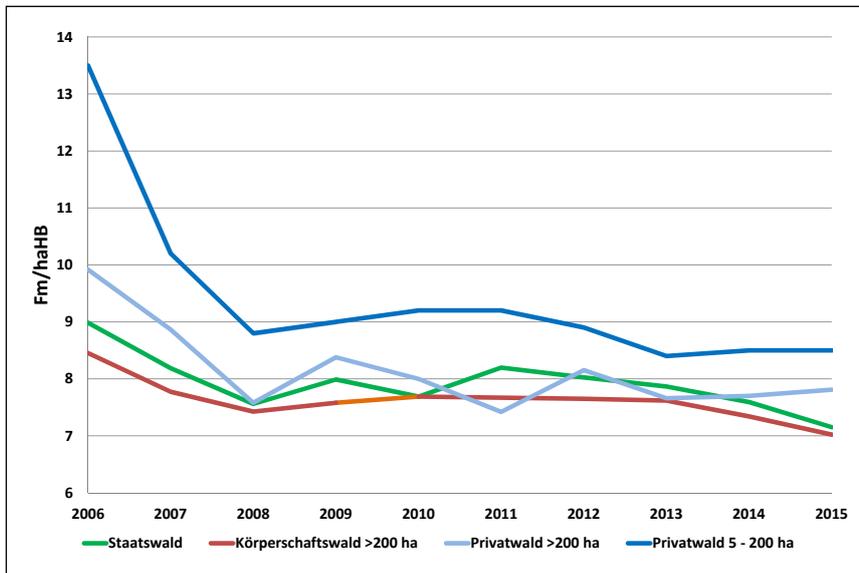


Abb. 2: Holzschlag in den Waldbesitzarten von Baden-Württemberg

Douglasie. Durch konsequente Umbaumaßnahmen ist dieser in den letzten Jahren auf 43% gesunken. Eine ähnliche Entwicklung ist auch im Kommunalwald zu beobachten. In den letzten Jahren wurden etliche, für Fichte, Tanne und Douglasie risikobehaftete Flächen verstärkt mit Laubholz bepflanzt oder mit Hilfe der Naturverjüngung in stabilere Bestände überführt. Dadurch konnte der Flächenanteil von Fi/Ta/Dgl von 44% auf derzeit 37% gesenkt werden (Abb. 1).

### Holzeinschlag

Da zwischen dem öffentlichen und privaten Waldbesitz erhebliche Unterschiede hinsichtlich gesellschaftlicher Ansprüche und gesetzlicher Verpflichtungen bestehen, wurden im Testbetriebsnetz Forstwirtschaft (>200 ha) nach den Empfehlungen des Deutschen Forstwirtschaftsrates (DFWR) die Tätigkeiten eines Forstbetriebes in fünf Produktbereiche unterteilt: Holzproduktion (PB 1), Schutz und Sanierung (PB 2), Erholung und Umweltbildung (PB 3), Leistungen für Dritte (PB 4) und hoheitliche und sonstige behördliche Aufgaben (PB 5). Die nachfolgend beschriebenen Ergebnisse aus den Testbetriebsnet-

zen beschränken sich deshalb auf das Kerngeschäft Holzproduktion, um die Waldbesitzarten vergleichbar darstellen zu können.

Hinsichtlich der Höhe des Holzeinschlags spielen neben betrieblichen Gründen die unterschiedlichen Wuchsleistungen der Baumarten eine große Rolle. Da der Kleinprivatwald den höchsten Anteil der wuchskräftigen Baumartengruppe Fichte, Tanne und Douglasie hat, ist es na-

heliegend, dass der Kleinprivatwald auch das höchste Einschlagsniveau der Besitzarten aufweist (Abb. 2). Die Ausnahmejahre 2006 und 2007 waren im Klein- und Großprivatwald durch Nachholbedarf des nach dem Sturm „Lothar“ darniederliegenden Holzmarktes geprägt. Nach Ausklingen der Käferkalamitäten, folgend auf den Sturm „Lothar“, stiegen die Holzträge auf ein akzeptables Niveau. Das Fi/Ta/Dgl-Stammholz übertraf 2007 im Durchschnitt die 80-Euro-Marke. Besonders die Milchbetriebe nutzten diese Entwicklung für die Kompensierung fallender Milchpreise. Danach lag der Holzeinschlag im Kleinprivatwald bis 2012 um 9 Fm/ha. In den letzten Jahren liegt er stabil auf einem Niveau von ca. 8,5 Fm/ha. Im Körperschafts- und Staatswald arbeitete man nach anfänglicher Einschlagszurückhaltung (Forstschädensausgleichsgesetz) in der Folgezeit „nach Plan“. Man erfüllte den Hiebssatz in Höhe von 7,7 Fm/ha (Kommunen) beziehungsweise 8,0 Fm/ha (Staat). Im Spätsommer kamen jedoch bei beiden Besitzarten nochmals ca. 20% Käferholz und sonstiges Kalamitätsholz hinzu. Ab 2008 sank der Kalamitätsholzanteil wieder auf ein erträgliches Niveau um 10% des Einschlags (Abb. 2).

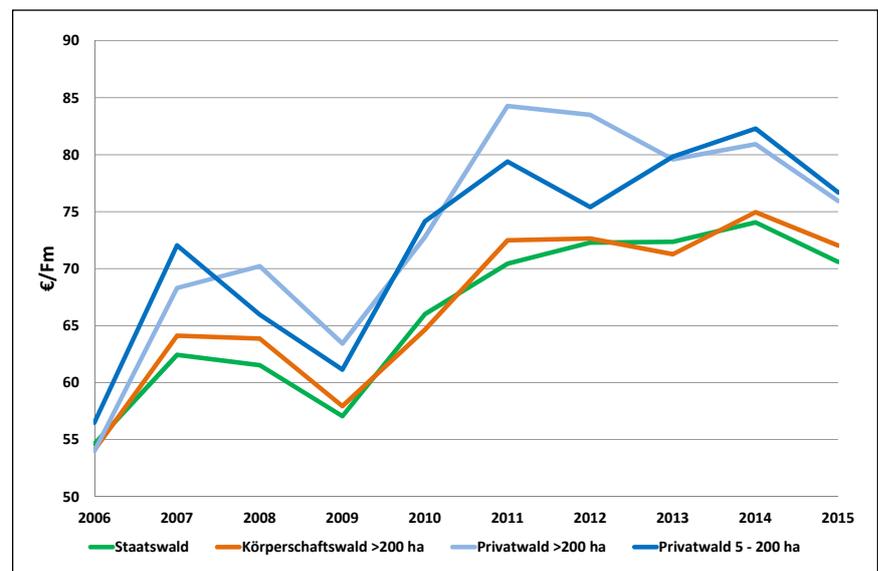


Abb. 3: Holzpreis ohne Selbstwertbereinschlag

## Holzertrag

Nachdem die Auswirkungen von „Lothar“ überstanden waren, verlief die Einschlagskurve im Körperschaftswald relativ gleichmäßig. Den kommunalen Försterinnen und Förstern ist wichtig, dass der Wald seinen im Haushaltsplan eingestellten Beitrag leistet. Im Staatswald findet eine Mischung aus Zielvereinbarung und Versorgung der Holzmärkte, besonders im Sommer, statt.

Am flexibelsten reagiert der Großprivatwald. Die Spitzen und Senken in der Einschlagskurve lassen sich am besten durch das primäre Ziel eines fixierten Betriebseinkommens in Zusammenarbeit von Einschlag und der Entwicklung des Holzertrags erklären (Abb. 2 und 3). Steigt der Holzertrag wie im Jahr 2008, kann der Einschlag zurückgefahren werden. Sinkt er dagegen wie 2009 oder 2012, muss zusätzliches Holz eingeschlagen werden, um das Betriebsziel zu erreichen. Ähnliche Phänomene finden sich auch bei den größeren Milchbauern im geschlossenen Hofgebiet des Schwarzwalds. Sinkt der Milchpreis unter ein bestimmtes Niveau, muss zur Abdeckung der Fixkosten (Versicherungen, Verpflichtungen, Steuern u. a.) der Holzeinschlag erhöht werden, um das anvisierte Betriebseinkommen halten zu können.

Insgesamt wird aus Abbildung 3 deutlich, dass jede Besitzart dem Holzmarkt in gleicher Weise unterworfen ist. Sei es der durch Fichten, Tannen und Douglasien dominierte Klein- und Großprivatwald (blaue Linien) oder der durch höhere Laubholzanteile geprägte Kommunal- und Staatswald (rote und grüne Linie).

## Sonstige Erträge und Fördermittel

In vielen Betrieben spielen die mit der Waldfläche in Verbindung stehenden Nichtholzerträge eine erhebliche Rolle. Im Großprivatwald sind dies traditionell Einnahmen aus dem Bereich Jagdbetrieb und Fischerei. Besonders im Großprivatwald mit

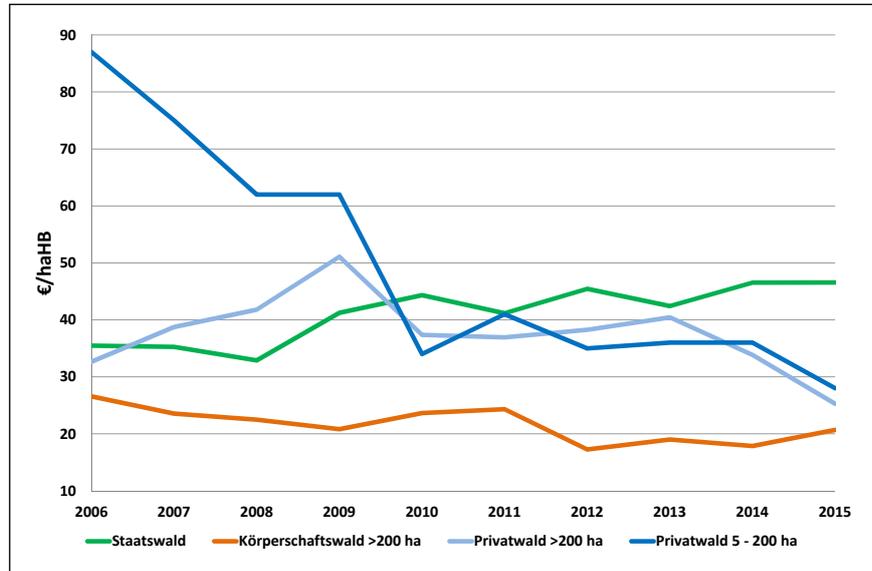


Abb. 4: Sonstige Erträge und Fördermittel

umfangreichem Gebäudebestand wurden in den letzten Jahren verstärkt Betriebsgebäude verpachtet. Noch im Jahr 2005 übertraf diese Komponente mit 15 Euro/ha den Bereich Jagd und Fischerei (13 Euro/ha). Sie sank jedoch in den Folgejahren kontinuierlich und beträgt derzeit ca. 6 Euro/ha. Einnahmen aus Christbaumgewinnung, Zierreisig und Forstpflanzen waren in den letzten Jahren ebenfalls rückläufig und erreichen derzeit ca. 3 Euro/ha. Insgesamt betragen Nebennutzungen und sonstige Erträge im Großprivatwald im FWJ 2006 fast 33 Euro/ha. 2009 erreichten sie ein Maximum mit 51 Euro/ha. Seit 2013 sind sie deutlich gesunken und markieren mit derzeit 25 Euro/ha den Tiefpunkt der letzten Jahre (Abb. 4).

Im Staatswald lief die Entwicklung bei Vermietung und Verpachtung gegenläufig. Während in diesem Bereich 2006 noch 13 Euro/ha erwirtschaftet wurden, werden derzeit durch den Betrieb von beispielsweise Friedwäldern und Windkraftanlagen 21 Euro/ha erreicht. Der Bereich Jagd und Fischerei zeigt einen ähnlich stabilen Verlauf wie im Großprivatwald. Im FWJ 2015 betragen die Einnahmen aus Jagd und Fischerei 14 Euro/ha.

Im Körperschaftswald spielte die Verpachtung und Vermietung in Zusammenhang mit dem Wald nie eine große Rolle. 2006 lag diese Ertragskomponente bei nur 4 Euro/ha, sie ist jedoch im Verlauf der Jahre auf 7 Euro/ha 2015 gestiegen. Interessant ist die Entwicklung bei der Jagd und Fischerei. Während 2006 noch 12 Euro/ha aus diesem Sektor kamen, sind es derzeit 9 Euro/ha. Durch die recht stabile Komponente aus Nebenerzeugnissen und Sonstigem (4-5 Euro/ha) erklärt sich der tendenzielle Rückgang in Abbildung 4. Der Kleinprivatwald hat die Jahre mit hohen Förderbeträgen hinter sich. Nach der Zerstörung vieler Kleinprivatwälder durch den Sturm „Lothar“ wurde von der Forstverwaltung der „Wiederaufbauzuschuss“ eingerichtet. Dieser Zuschuss endete nach zehn Jahren 2009. Dadurch fielen die sonstigen Erträge um rund 25 Euro/ha auf 36 Euro/ha. Der Einbruch nach 2014 um 8 Euro/ha ist auf das Ende der „Umweltzulage Wald“ zurückzuführen (Abb. 4).

## Aufwand im Bereich Holzproduktion

Tendenziell steigt der Aufwand in den Forstbetrieben beispielsweise

durch die Teuerungsrate im Bereich der Betriebsstoffe, aber auch durch Lohnerhöhungen, wie in den meisten anderen Sektoren auch. Aufgefangen wird dieser Prozess in der Wirtschaft durch eine höhere Produktivität und eine höhere Auflage. Im Wald entspricht der Auflage das Einschlagsniveau. Im Betriebsplan der Forstbetriebe ist jedoch der nachhaltige Holzeinschlag in einem Zehnjahreszeitraum festgeschrieben. Wird in einigen Jahren mehr eingeschlagen, muss diese Menge in den Folgejahren eingespart werden. Im Bereich der Holzernte hat sich jedoch in der Mechanisierung einiges getan: Vollernter ersetzen mehr und mehr den Waldarbeitendeneinsatz. Im Kleinprivatwald spielt jedoch die Eigenarbeit der besitzenden Familie nach wie vor eine Rolle. Wird beispielsweise für eine zeitintensive Erstdurchforstung die vollmechanisierte Holzernte mehr und mehr akzeptiert, so setzt man für die normale Holzernte im mittelstarken Holz nach wie vor den eigenen land- und forstwirtschaftlich einsetzbaren Schlepper, vorzugsweise mit einer Funkwinde, ein. In dauerwaldartig bewirtschafteten Betrieben kamen in den letzten Jahren Funkwinden mit Kran und Holzzange hinzu.

Im Großprivatwald hat die Holzproduktion in Regieaufarbeitung in den letzten Jahren stark abgenommen. Die vollmechanisierte Holzernte ist in dieser Besitzart gang und gäbe. Derzeit werden fast 80% des Gesamteinschlags durch Unternehmen und Selbstwerbende getätigt. In Abbildung 5 fällt auf, dass im Großprivatwald der Aufwand im FWJ 2015 deutlich gesenkt werden konnte, obwohl sich der Einschlag leicht erhöhte. Dies geschah durch die Absenkung der Verwaltungskosten und forcierten Holzeinschlag durch Vollerntemaschinen.

Im Kommunalwald spielen neben einer günstigen Holzernte auch andere, soziale oder regionalwirtschaftliche Aspekte eine Rolle. So werden beispielsweise im ländlichen Raum durch Waldarbeit in Teilzeit land- und forstwirtschaftliche Betriebe in der Gemarkung gesichert, oder es kann die Auslastung der Mitarbeitenden im Bauhof der Gemeinde verbessert werden. Derzeit werden jedenfalls über 50% der Waldarbeiten mit eigenen Kräften ausgeführt. Im Staatswald hat die Aufarbeitung in Eigenregie deutlich abgenommen. Wurden 2006 noch 67% des Einschlags in Eigenregie durchgeführt, ist dieser Anteil 2015 auf 43% gesunken.

## Wirtschaftsergebnis im Bereich Holzproduktion

Die Wirtschaftsergebnisse als Differenz von Ertrag und Aufwand (ohne Fördermittel) spiegeln die schwierigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in den Nachsturmjahren wider. Lediglich der Großprivatwald über 200 ha konnte in den auf „Lothar“ folgenden Jahren in der Holzproduktion positive Betriebsergebnisse erwirtschaften. In den FWJ 2003 und 2004 konnte er mit 96 €/ha und 66 €/ha als einzige Besitzart ein deutlich positives Ergebnis erzielen, während alle anderen Besitzarten negativ abschlossen.

Im FWJ 2006 war die Käferkalamität infolge der Sturmschäden ausgestanden und die Holzmärkte zogen an. Dies war im Kleinprivatwald der Anlass, wieder vermehrt Holz einzuschlagen. Der Nachholbedarf in den Betrieben führte in dieser Besitzart zu einem Holzeinschlag über 13 Fm/ha, was ein Wirtschaftsergebnis von fast 300 Euro/ha brachte, dem höchsten bis dato erhobenen Wert, sieht man von den Sturmjahren ab. In den letzten Jahren pendelte sich das Betriebsergebnis zwischen 150 und 200 Euro/ha ein (Abb. 6).

In den letzten fünf Jahren konnte der Großprivatwald durchweg Betriebsergebnisse über 250 Euro/ha erzielen. Möglich wurde dies durch eine kontinuierliche Verschlankeung der Verwaltung sowie Ausreizen sämtlicher Möglichkeiten der Rationalisierung in der Holzernte. Die Kommunen konnten in den Jahren 2011 bis 2014 150 Euro/ha erwirtschaften. Im letzten Jahr waren es bedingt durch einen höheren Anfall an Kalamitätsholz (20%) und niedrigere Holzerträge ca. 100 Euro/ha. Einen ähnlichen Verlauf wie der Kommunalwald zeigt der Staatsforstbetrieb, allerdings auf einem niedrigeren Niveau. Konnten 2011 bis 2014 noch über 50 Euro/ha erwirtschaftet werden, führten schlechtere Holzerlöse und aufwändige Einzelaufarbeitung von Kalamitätshölzern (25%) mit 4 Euro/ha zu

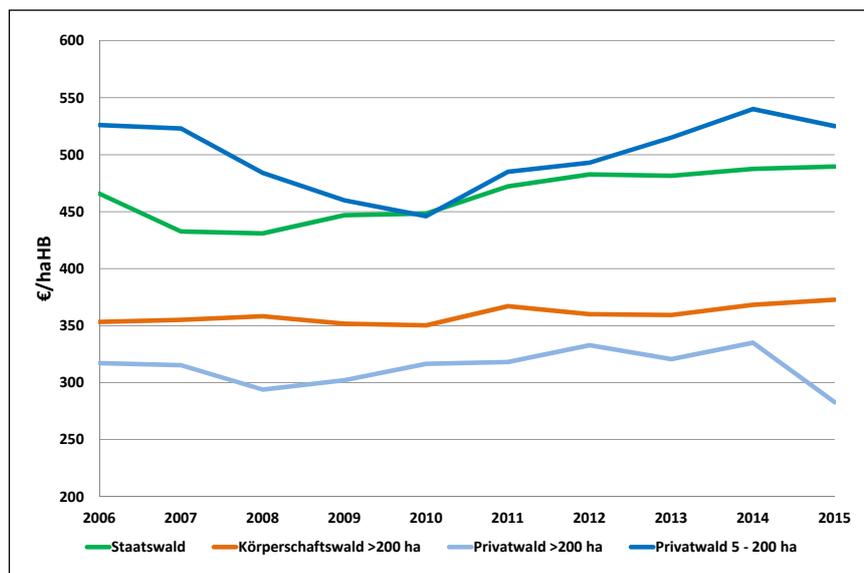


Abb. 5: Gesamtaufwand in der Holzproduktion

einem gerade noch positiven Betriebsergebnis.

## Fazit und Ausblick

Die Strukturveränderungen in der Land- und Forstwirtschaft sind auch im Kollektiv der Testbetriebe nicht spurlos vorbeigegangen. Im Kleinprivatwald nahmen zu Beginn der Untersuchung noch keine reinen Forstbetriebe, das heißt Betriebe ohne landwirtschaftlichen Betriebszweig, an der Untersuchung teil. Die Bezeichnung „Testbetriebsnetz Bauernwald“ ergab sich daher naturgemäß aus dieser Tatsache. In den über 20 Jahren seit der Einrichtung eines ständigen Testbetriebsnetzes sind etliche Testbetriebe dem Strukturwandel gefolgt. Vorhandene landwirtschaftliche Flächen wurden verkauft, verpachtet oder auch aufgeforstet. Unter der Berücksichtigung dieser Entwicklung werden heute beim Ausscheiden von Testbetrieben auch Betriebe ohne Landwirtschaft in das Kollektiv aufgenommen. Im Kommunalwald wurde das Modell, landwirtschaftlichen Betrieben im Winter zusätzliche Verdienste zu ermöglichen, zunehmend durch professionellen Unternehmenseinsatz abgelöst. Dies gilt in besonderer Weise für den Großprivatwald. Hier wird der Einschlag praktisch ausschließlich durch professionelle Unternehmen durchgeführt. Insofern zeichnet der Großprivatwald eine Linie dessen, was betriebswirtschaftlich ausgereizt werden kann.

Nicht vergessen werden darf, dass sich alle Waldbesitzarten durch ihr Wirtschaften auf die regionale wirtschaftliche Gesamtrechnung positiv auswirken. Im Zusammenwirken von örtlich belieferten Sägewerken, Zimmerei- und Holzbaubetrieben schafft diese Kette Arbeitseinkommen und verhindert ein übermäßiges Abfließen von Geld aus ländlichen Regionen. Nach der Clusterstudie Forst und Holz Deutschland umfasst die Holzbranche in Deutschland ins-

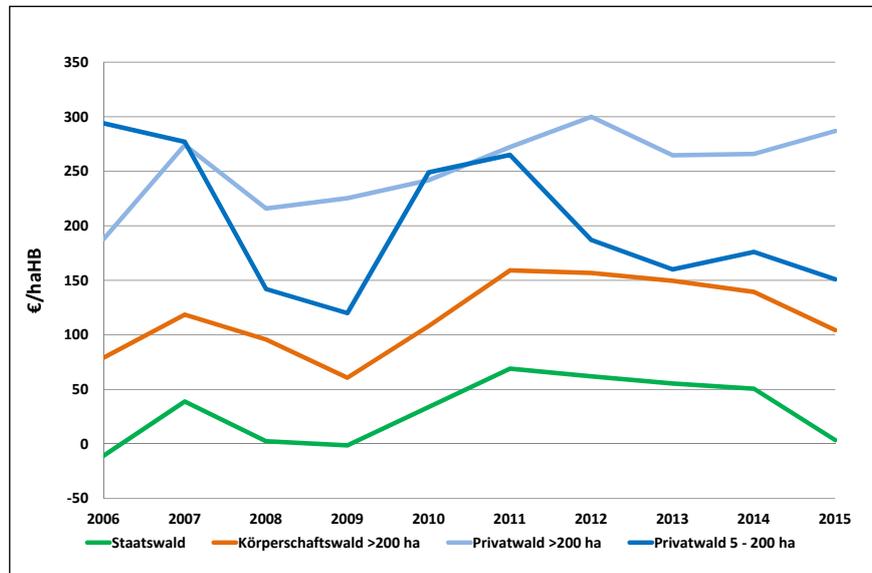


Abb. 6: Betriebsergebnisse im Kerngeschäft Holzproduktion

gesamt 185.000 Betriebe, 1,3 Mio. Beschäftigte und ein Umsatzvolumen von 181 Mrd. Euro. Damit hat die deutsche Forst- und Holzbranche mehr Beschäftigte als die Automobilindustrie (780 000 Beschäftigte). Einen Schub für die Waldwirtschaft brächten verstärkte Anstrengungen hinsichtlich der Energieeffizienz des Altbaubestandes, was die regionale Forst- und Holzwirtschaft mit ihren gut aufgestellten Betrieben fördern würde. Dazu gehört innerhalb aller in der Forst- und Holzwirtschaft tätigen Branchen ein neues Bewusstsein für die eigenen Stärken im eigenen Spezialbereich in der jeweiligen Region.

Die an der FVA betriebenen Testbetriebsnetze können auf forstbetrieblicher Ebene aufzeigen und in Erinnerung rufen, dass eine aktive Waldwirtschaft mit der regelmäßigen Nutzung von Stamm-, Industrie- und Energieholz für alle Waldbesitzenden in jedem Fall ein lohnenswertes Geschäft ist!

Wolfgang Hercher  
FVA, Abt. Forstökonomie  
Tel.: (07 61) 40 18 - 2 66  
wolfgang.hercher@forst.bwl.de



Abb. 7: Privatwald im mittleren Schwarzwald

(Foto: Thomas Weidner)

# Energieholzernte und stoffliche Nachhaltigkeit in Deutschland: das Projekt „EnNa“

von Heike Puhlmann, Gerald Kändler und Christian Vonderach

Das Forschungsprojekt „Energieholzernte und stoffliche Nachhaltigkeit in Deutschland (EnNa)“ hatte zum Ziel, deutschlandweit Informationen zur nachhaltig nutzbaren Holzbiomasse bereitzustellen und gleichzeitig Instrumente zur Sicherung der Nährstoffnachhaltigkeit, also zur Erhaltung des Nährelementpools in den Waldböden, zu erarbeiten. Das Projekt war ein Kooperationsvorhaben der FVA Baden-Württemberg, der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) und der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) und wurde in den Jahren 2013 bis 2017 vom Projektträger des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft, der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe, gefördert.

Motiviert wurde das Verbundvorhaben durch die bundesweit steigende Nachfrage nach Biomasse aus dem Wald. Diese wird zum einen durch die politisch forcierte Energiewende und den dadurch steigenden Bedarf nach Energie aus nachwachsenden Rohstoffen hervorgerufen. Zum anderen fördern auch die neuen Entwicklungen der Bioökonomie (z.B. die Verwendung von Lignocellulose aus Holz als Rohstoff für neue Werkstoffe) die Nachfrage nach Holzbiomasse.

## Methodischer Kern: Nährelementbilanzen an BWI-Punkten

Im Projekt EnNa wurde unter Nutzung umfangreicher Daten aus den forstlichen Monitoringsystemen ein Bilanzierungssystem entwickelt, welches die Nährelementeinträge

und -austräge, und damit die Veränderung der Nährelementvorräte im Boden an den Stichproben der Bundeswaldinventur (BWI) quantifiziert. Damit hat das Projekt die Basis für eine regional differenzierte aktive Steuerung der stofflichen Nachhaltigkeit im Rahmen der Holz- und Biomasseernte geschaffen.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Arbeitspakete (AP) des Projektes. Methodischer Kern des Projektes war die Erstellung von Stoffflussbilanzen für die Pflanzennährstoffe Calcium, Magnesium und Kalium (AP 6). Die Teilglieder der Stoffbilanz – der Eintrag aus der Gesteinsverwitterung (AP 3), der Eintrag mit der Deposition (AP 4), der Austrag mit dem Sickerwasser (AP 5) und der Export mit der Holz- und Biomasseernte (AP 1, 2 und 7.2) – sowie die Nährstoffvorräte im Boden (AP 6) wurden für die betrachteten Elemente Calcium,

Tab. 1: Arbeitspakete und federführende Projektbeteiligte

Arbeitspaket (AP)	Kurztitel der Arbeitspakete	Federführung
1	<b>Biomassefunktionen</b>	<b>FVA</b>
2	Harmonisierung Nährelementdaten	NW-FVA
3	Flächige Verwitterungsraten	NW-FVA
4	Flächige Depositionsdaten	NW-FVA
5	Stoffaustrag mit dem Sickerwasser	LWF
6	Bodenbezogene Stoffbilanzen	LWF
7.1	<b>Nutzungsfreie Stoffbilanzen</b>	<b>FVA</b>
7.2	<b>Ernteentzüge und Nutzungsszenarien</b>	<b>FVA</b>
8	Kohlenstoffhaushalt	LWF
9	<b>Nutzungsalternativen, Strategiebildung</b>	<b>FVA</b>
10	<b>Betriebsbezogene Nutzungsszenarien</b>	<b>FVA</b>

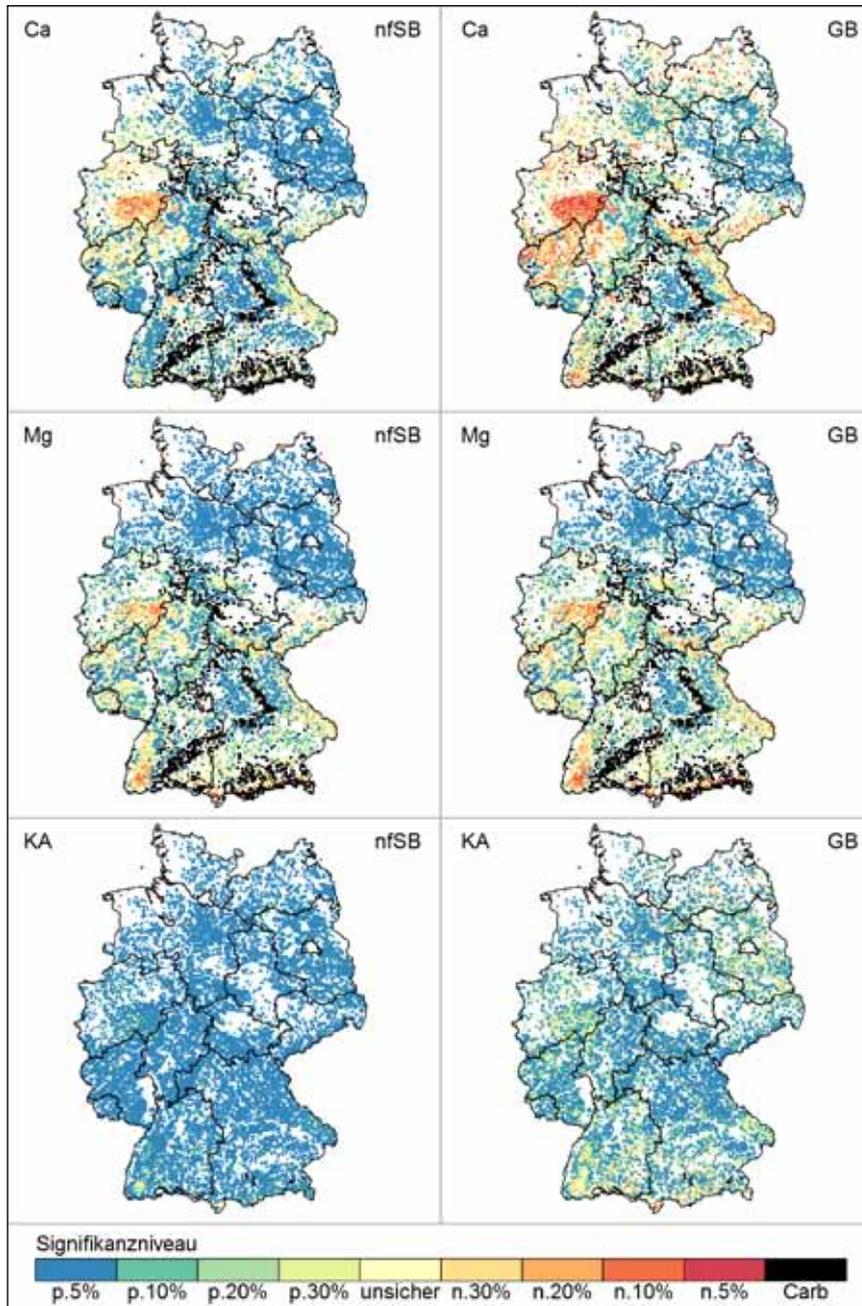


Abb. 1: Stoffbilanzen von Calcium, Magnesium und Kalium an den BWI-Punkten ohne (linke Spalte, nfSB = nutzungsfreie Stoffbilanz) und mit (rechte Spalte, GB = Gesamtbilanz) Ernteentzüge (Szenario ‚Real‘). Bilanzdefizite werden in rot, positive Bilanzen in blau dargestellt. Die Farbintensität gibt die Irrtumswahrscheinlich an: So bedeutet beispielsweise „p.5%“ eine positive Bilanz mit 5% Irrtumswahrscheinlichkeit, also eine sehr sichere Aussage. Carb = Karbonatstandort.

Magnesium und Kalium zunächst für die Erhebungspunkte der bundesweiten Bodenzustandserfassung im Wald (BZE) berechnet, da an diesen Punkten die umfassendste Datengrundlage vorliegt. In AP 7.1 wurden

die Bilanzen mithilfe statistischer Regressionen von den BZE-Punkten auf die BWI-Punkte übertragen. Die Unsicherheit der berechneten Elementbilanzen wurde für jede Traktecke mit Hilfe so genannter Monte-

Carlo-Simulationen abgeschätzt. Damit konnten zum ersten Mal auf nationaler Ebene Areale mit signifikant negativen und signifikant positiven Elementbilanzen identifiziert und daraus belastbare Strategieansätze zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung abgeleitet werden (AP 9). AP 10 zeigte auf, wie die für das BWI-Netz entwickelte Methodik angewendet werden kann, um auf Betriebsebene Konzepte für ein nachhaltiges Nährstoffmanagement zu entwickeln.

### Die an der FVA bearbeiteten Arbeitspakete

#### Herleitung von Biomassefunktionen (AP 1)

AP 1 hat für die wichtigsten deutschen Baumarten Biomassefunktionen für fünf beziehungsweise sechs Baumkompartimente (Stock, Stockrinde, Derbholz, Derbholzzrinde, Nichtderbholz und gegebenenfalls Nadeln) sowie deren Summenkompartimente (Stock mit Rinde, Derbholz mit Rinde und oberirdische Biomasse) entwickelt. Die kompartimentspezifischen Biomassefunktionen wurden zusammen mit den im 10-jährigen Wiederholungsturnus vorliegenden Erhebungsdaten der BWI genutzt, um an den BWI-Stichproben mittels WEHAM-Simulationen die mobilisierbare Holzbiomasse und die mit der Holzernte verbundenen Massen- und Nährelemententzüge zu berechnen. Mit dem so erzeugten Datensatz ist eine flexible Abbildung von Nutzungsszenarien, die sich im Hinblick auf die Nutzung der verschiedenen Biomassekompartimente unterscheiden, möglich.

#### Regionalisierung der nutzungs-freien Stoffbilanzen (AP 7.1)

In AP 7.1 wurden die von der Holzern-te nicht beeinflussbaren Nährelementflüsse im Boden (Stoffeintrag mit der Deposition und aus der Mineralverwitterung, Stoffaustrag mit dem Sickerwasser) sowie die verfügbaren

Nährstoffvorräte im Boden (Calcium, Magnesium, Kalium) für die Stichproben der BWI bereitgestellt. Da an den BWI-Punkten keine Informationen zu Deposition, Verwitterung und Sickerwasseraustrag vorlagen, wurden diese mittels Regressionsmodellen von den Standorten der BZE, für die in AP 6 (Teilvorhaben der NW-FVA) die Bilanzglieder berechnet wurden, auf die Traktecken des BWI-Messnetzes übertragen. Die Regressionsmodelle nutzen Zusammenhänge zwischen Deposition, Verwitterung, Sickerwasser und Nährstoffvorrat auf der einen Seite und geländemorphologischen, bodenkundlichen und geologischen Standortseigenschaften auf der anderen Seite. Aus den regionalisierten Bilanzgliedern wurden die Stoffbilanzen berechnet, wie sie sich an den BWI-Traktecken ohne Berücksichtigung von holzerntebedingten Nutzungsentzügen darstellen („nutzungsfreie Bilanzen“).

Abbildung 1 (linke Spalte) stellt die räumliche Verteilung dieser nutzungsfreien Nährelementbilanzen dar. Für Calcium ergeben sich für die meisten Naturräume leicht positive oder nahezu ausgeglichene Bilanzen, während sich signifikant negative Bilanzen in den kristallinen Mittelgebirgen, vor allem im Sauerland, konzentrieren. Bereiche mit negativen Bilanzen sind Regionen, die durch langandauernde hohe Schwefel- und Stickstoffeinträge belastet sind. Die nach wie vor hohe Befrachtung des Sickerwassers mit Sulfat und Nitrat führt aktuell trotz deutlich zurückgegangenen Säuredepositionen zu weiteren Calciumverlusten. Ähnliche räumliche Muster wie für Calcium ergeben sich für Magnesium, wobei hier zusätzlich der Schwarzwald mit signifikant negativen Elementbilanzen auffällt. Die Kaliumbilanzen sind bundesweit überwiegend im signifikant positiven Bereich. Lediglich auf flachgründigen Böden aus Kalk- und Dolomitverwitterung (Bayerische Kalkalpen, Schwäbische Alb) finden sich gehäuft schwach signifikant negative Bilanzen.

Abbildung 1: Stoffbilanzen von Calcium, Magnesium und Kalium an den BWI-Punkten ohne (linke Spalte) und mit (rechte Spalte) Ernteentzügen (Szenario ‚Real‘). Bilanzdefizite werden in rot, positive Bilanzen in blau dargestellt. Die Farbintensität gibt die Irrtumswahrscheinlichkeit an: So bedeutet beispielsweise „p.5%“ eine positive Bilanz mit 5% Irrtumswahrscheinlichkeit, also eine sehr sichere Aussage.

### Berechnung von Nutzungsszenarien und Ernteentzügen (AP 7.2)

Der Nährstoffexport mit der Holzernete wird durch Multiplikation der Nährelementgehalte in der Biomasse (AP 2) und der Sortimentsmassen (AP 1) berechnet. Hierfür wird der Verbleib beziehungsweise Export von Biomassen und den darin enthaltenen Nährelementmengen in Abhängigkeit von Nutzungsintensität (zum Beispiel Anteile der Kronenmasse, die mitgenutzt werden) und Nutzungstechnik (Verbleib der Biomassekompartimente im Bestand, auf der Rückegasse oder Entnahme) gesteuert. Die mögliche Spannbreite der Steuerungsmöglichkeiten wurde durch drei Nutzungsszenarien abgebildet: Das Szenario ‚Real‘ bildet die derzeit übliche, durchschnittliche Nutzungsintensität ab, während das Szenario ‚Min‘ ein möglichst nährelementextensives und das Szenario ‚Max‘ ein an der Vollbaumernte orientiertes Szenario darstellen. Die Szenarien unterscheiden sich in der Nutzungshöhe von nährstoffreichen und in der Regel massenarmen Biomassekompartimenten.

### Bewertung von Nutzungsalternativen und Strategiebildung (AP 9)

Ziel von AP 9 war es, bundeseinheitliche Kriterien zur Nachhaltigkeitssteuerung bei der Holzbiomasseernte zu entwickeln und daraus konkrete Konzepte zur Nutzungsbegrenzung auf sensitiven Standorten und zur Kompensation von Nährelementexporten durch Nährelementrückführung abzuleiten. Basis hierfür wa-

ren die berechneten nutzungsfreien Stoffbilanzen – also die Bilanz zwischen Nährstoffeintrag (Deposition, Verwitterung) und Nährstoffaustrag (Sickerwasserverluste) – und die berechneten Gesamtbilanzen, welche die Nährelementexporte mit der Holznutzung einbeziehen. Die nutzungsfreien Stoffbilanzen repräsentieren die standortstypischen Stoffumsätze und Stofftransporte, die durch Standortseigenschaften und Umwelteinflüsse bestimmt werden. Die Gesamtbilanzen sind die zentrale Entscheidungsgrundlage für die Beurteilung der Nährstoffnachhaltigkeit der aktuellen Holzerneteintensität und/oder der Identifikation von Nutzungsoptionen.

Die rechte Spalte in Abbildung 1 zeigt die Nährstoffbilanzen unter Berücksichtigung der Holznutzung (Szenario ‚Real‘). Auf einem Teil der deutschen Waldfläche sind die Nährelementbilanzen auch dann positiv, wenn die Nährelemententzüge mit der Ernte einbezogen werden (24 % der BWI-Punkte für Calcium, 40 % für Magnesium und 49 % für Kalium). Auf diesen Flächen ist eine intensivere Nutzung denkbar, so dass hier ein Teil der aus der Energiewende oder der Bioökonomie-Strategie der Bundesregierung resultierenden Nachfrage bedient werden könnte, ohne die Nährstoffnachhaltigkeit der Standorte zu gefährden. Wird der Nährstoffexport mit der Holzernete berücksichtigt, ergibt sich beim Calcium eine deutliche Verschiebung Richtung negativer Bilanzen, obgleich der Calciumexport mit der Holzernete im Mittel nur etwa 50 bis 70 % des Sickerwasserexportes ausmacht. Die Magnesiumbilanzen sind insgesamt relativ gering von der Nutzung beeinflusst und der Magnesiumexport mit der Holzernete beträgt in den meisten Regionen nur etwa 10 bis 30 % des Verlustes mit dem Bodensickerwasser. Die Bilanzen für Kalium sind ganz überwiegend von der Ernteintensität geprägt und die Exporte mit der Holzernete liegen in aller Regel deutlich über den Austrägen mit dem Sickerwasser. Allerdings

ist zu betonen, dass für Kalium auch unter Berücksichtigung der aktuellen Nutzungsentzüge die Bilanzen in weiten Teilen Deutschlands positiv bleiben.

Prinzipiell sind bei nutzungsbedingt defizitären Nährstoffbilanzen zwei unterschiedliche Handlungsalternativen gegeben: 1. die schrittweise Reduktion der Nutzungsintensität und damit des erntebedingten Nährelementexports, bis die Nährstoffbilanzen ausgeglichen sind; 2. das Ausgleichen des Nährelementdefizits durch entsprechende Nährelementrückführung. Die Wirkung der beiden Optionen auf den Nährstoffhaushalt lässt sich mit dem vorliegenden Datensatz quantifizieren.

Bei Betrachtung der drei Nährelemente Calcium, Magnesium und Kalium in Kombination, ergeben sich für 5,5 % der Standorte bereits ohne Nutzung mindestens schwach signifikant negative Bilanzen. Bei Berücksichtigung der Nährstoffentzüge im Rahmen gängiger Ernteverfahren (Szenario ‚Real‘) wurde der Anteil mindestens schwach signifikant negativer Nährstoffbilanzen mehr als verdreifacht (18,6 %). Dieser Anteil reduzierte sich bei Anwendung des Szenarios ‚Min‘ auf etwa die Hälfte (8,9 %). Die Auswirkungen des Belassens von Rinde und Reisigmaterial im Bestand sind besonders deutlich für Calcium und Kalium. Der Effekt ist umso ausgeprägter, je mehr die Bilanz durch Ernteexporte und nicht bereits durch hohe Verluste mit dem Sickerwasser ins Negative getrieben wurde. Besonders wirksam wäre eine Reduktion der Ernteintensität demnach im Norddeutschen Tiefland, aber auch in den kristallinen Mittelgebirgen. Die Intensivierung der Holzernte in Richtung Vollbaumernte (Szenario ‚Max‘) ergibt einen Flächenanteil mit mindestens schwach signifikant negativen Bilanzen von 24,8 %, also einen deutlichen Anstieg gegenüber dem Szenario ‚Real‘. Der Effekt war für Kalium besonders stark ausgeprägt.

Zum Ausgleich der negativen nutzungsfreien Stoffbilanzen kommen

Kompensationsmaßnahmen in Frage. Um den notwendigen Ausgleich zu quantifizieren, wurde der durchschnittliche Rückführungsbedarf nach Elementen getrennt berechnet. Für Kalium zeigte sich insgesamt ein geringer Rückführungsbedarf. Mit Ausnahme des Norddeutschen Tieflands, des Alpenvorlands und der Kalkalpen lagen die Flächenanteile mit Kaliumrückführungsbedarf in der Regel zwischen 0,2 und 0,4 % der Waldfläche. Bundesweit besteht ein Bedarf der Calcium- und Magnesiumrückführung auf etwa 14 % der Waldflächen. Er ist besonders hoch in den kristallinen Mittelgebirgen und in den Berg-/Hügelländern mit hohen Anteilen an Ton- und Schluff-schiefern. Bei einer Ausbringung in Höhe der üblichen Dosierung von 3 t ha<sup>-1</sup> Dolomit wären zum Ausgleich negativer Bilanzen innerhalb einer Umtriebszeit Wiederholungskalkungen im Turnus von 3 (Region Alpenländer/ Kalkalpen, aber ohne karbonatische Standorte) bis 45 (Jungmoräne, Norddeutsches Tiefland) Jahren notwendig.

### Anwendung in einer Testregion (AP 10)

AP 10 sollte zeigen, inwieweit die auf dem bundesweiten BWI-Netz entwickelte Methodik und die daraus abgeleiteten Indikatoren angewendet werden können, um Umfang und Intensität notwendiger Steuerungsmaßnahmen des Nährstoffmanagements auf Betriebsebene abzuleiten. Um bei der Forstplanung auf Betriebsebene kleinräumige Variationen der Bestandeszusammensetzung und Holzmasse berücksichtigen zu können, sind die Daten der Betriebsinventuren (BI) deutlich besser als die BWI-Daten geeignet, da diese eine deutlich höhere Punktdichte aufweisen (BI: 200m x 200m-Raster, BWI: 2000m x 2000m-Raster).

Im Testbetrieb „Altdorfer Wald“, Landkreis Ravensburg, wurden die Nährstoffbilanzen für die realen, aus wiederholten Inventuren abgeleiteten Nutzungen über einen Zeitraum von 20 Jahren (1994 bis 2014) hergeleitet. Es wurden die zuvor beschriebenen

Regionalisierungsmodelle verwendet, um die notwendigen Bilanzelemente (Deposition, Verwitterung, Sickerwasseraustrag und pflanzenverfügbarer Bodenvorrat) an die Messpunkte der BI zu übertragen, so dass dort die gleichen Auswertungen wie an den BWI-Trakten durchgeführt werden konnten. Damit konnten auf Betriebsebene detaillierte Karten von Bilanzdefiziten erstellt werden, die den kleinräumigen Steuerungsbedarf zeigen. Daraus folgt, dass die im Projekt entwickelten Methoden auch auf konkrete forstbetriebliche Situationen angewendet werden können und auf der operativen betrieblichen Ebene die stoffliche Nachhaltigkeit quantifiziert werden kann.

### Projektmehrwert

Ziel des Gesamtprojekts war die Entwicklung eines methodischen Rahmens zur deutschlandweiten Abschätzung der nachhaltig mobilisierbaren Holzbiomasse. Der wirtschaftliche Nutzen liegt dabei nicht in der generellen Intensivierung der Biomassenutzung, sondern darin, Beurteilungsgrundlagen zu schaffen, die standortsgerecht und unter Erhaltung der natürlichen Nährstoffressourcen eine optimale Waldbewirtschaftung ermöglichen. Aus wirtschaftlicher Sicht muss unbedingt verhindert werden, dass eine kurzfristige, übermäßige Nutzung nährstoffreicher Biomasse als billiger Energielieferant langfristig zur Abnahme der Produktivität deutscher Wälder insbesondere im wertvollen Stammholzsegment führt. Die im Projekt entwickelten Methoden zur Beurteilung des standörtlichen Nährstoffpotenzials erlauben auf regionaler und betrieblicher Ebene eine objektive Beurteilung, welche Intensität der Holzernte beziehungsweise welche Ausgleichsstrategie vor Ort sinnvoll ist.

*Dr. Heike Puhlmann  
FVA, Abt. Boden und Umwelt  
Tel.: (07 61) 40 18 – 2 24  
heike.puhlmann@forst.bwl.de*

# Bodenschutzkalkungen als Grundlage einer nachhaltigen Nährstoffversorgung und Gesunderhaltung von Wäldern

von Leide Jansone und Peter Hartmann

**Aktuell ist die FVA zusammen mit vier weiteren Forschungseinrichtungen an dem vom BMEL geförderten Modellvorhaben zur Förderung von Maßnahmen zur nachhaltigen Nährstoffversorgung und Gesunderhaltung von Wäldern beteiligt. Dabei werden langfristige Kalkungsversuchsflächen hinsichtlich der Wirkung von Bodenschutzkalkungen mit Dolomit und Dolomit-Holzasche-Gemischen auf das Waldökosystem untersucht.**

## Hintergrund

Obwohl die anthropogen bedingten Säureinträge des letzten Jahrhunderts dank der Luftreinhaltemaßnahmen in den letzten Jahrzehnten reduziert werden konnten, ist Bodenversauerung immer noch ein aktuelles Thema. Die Deposition von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) auf Waldflächen ist zurückgegangen, allerdings bleibt der Eintrag von Stickstoffverbindungen weiterhin hoch und belastet die Waldökosysteme. Zudem ist eine Säurelast in Waldböden geblieben, die weiterhin wichtige Bodenfunktionen wie Nährstoffversorgung,

Pufferung, Wasserversorgung, Wasserqualität und den Wurzelraum beeinträchtigt. Auch die natürliche Diversität der Waldböden ist in allen nicht kalkhaltigen Böden deutlich zurückgegangen. In Waldbeständen droht ein Nährstoffungleichgewicht wegen überschüssigem Stickstoff und Mangel an anderen Nährelementen wie Magnesium und Kalium. Zusätzlich entstehen Verluste von Nährelementen durch den Entzug mit der Holzernte (Meining et al. 2016). In Baden-Württemberg werden seit den 1980er Jahren Bodenschutzkalkungen als Kompensationsmaßnahmen durchgeführt, um einer fortschreiten-

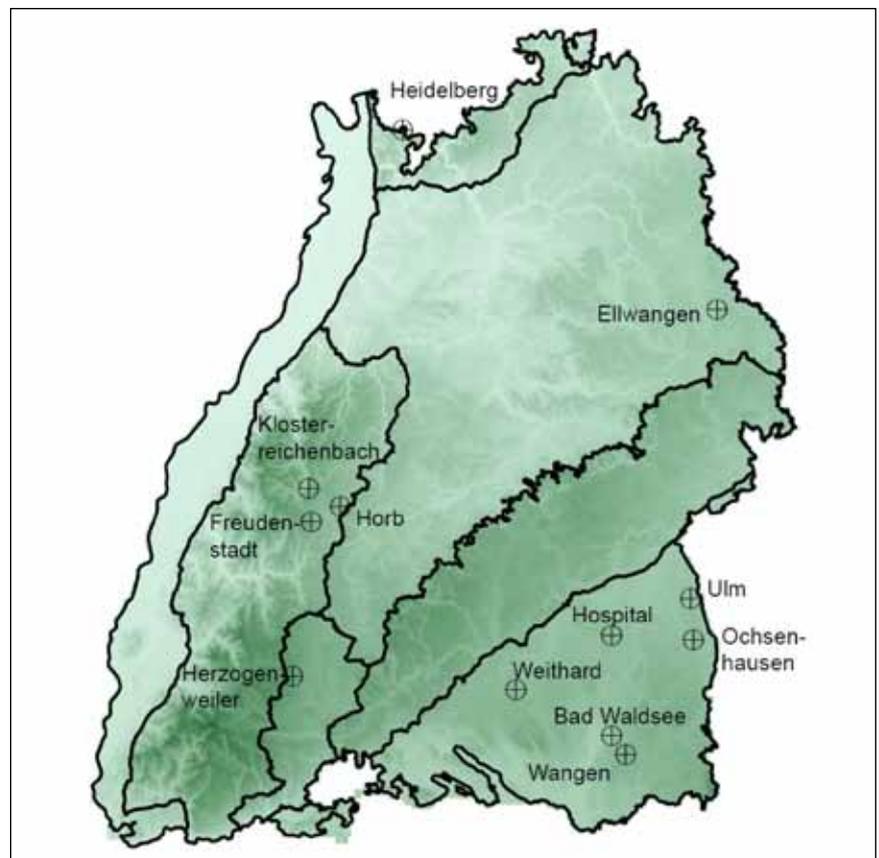


Abb. 1: Versuchsflächen in Baden-Württemberg



Abb. 2: Probenahme bis zur 60 cm Tiefe im Mineralboden (Foto: Hermann Buberl)

den Bodenversauerung entgegenzuwirken und die natürliche Funktionalität der Waldböden zu regenerieren. Als Teil der Strategie zum Nachhaltigkeitsmanagement von ForstBW gilt ein langfristiges Kalkungskonzept (FVA Merkblatt 54/2013). Aktuell ist die FVA an Modellvorhaben zur Förderung von Maßnahmen zur nachhaltigen Nährstoffversorgung und Gesunderhaltung von Wäldern beteiligt, gefördert vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Weitere Projektbeteiligte sind das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Land Brandenburg, die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF), das Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz Saarland (LUA) und die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA) als federführende Partnerin in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt. Das Modellvorhaben beinhaltet Kalkungsmaßnahmen auf Praxiskalkungsflächen mit feingemahlenem Dolomit, ungefähr zur Hälfte unter der Beimischung von zertifizierter und schadstoffgeprüfter Holzasche sowie Begleitforschung auf Versuchsflächen. Die Projektziele sind:

- Erforschung der Wirkung der Kompensationskalkung, insbesondere auch wiederholter Kalkungen auf Boden, Bodenlösung, Vegetation und Ernährungszustand der Bäume;
- Ableitung praktischer Empfehlungen zur Nährstoffrückführung;
- Erforschung der Akzeptanz von Holz-

asche bei den Waldbesitzenden;

- Weiterentwicklung der Fördergrundsätze und Handlungsempfehlungen für die Kompensationskalkung
- Wissenstransfer an die Waldbesitzenden

### Versuchsflächen und Beprobung

In Baden-Württemberg gibt es zwölf Dauerbeobachtungsflächen mit insgesamt ca. 170 ha gekalkter Fläche. Diese wurden bis zu dreimal gekalkt – in den 1980er Jahren (3-4 t/ha), im Jahr 2003 (6 t/ha) und im Jahr 2015 mit a) Dolomit-Gesteinsmehl und b) Dolomit-Holzasche-Gemisch (je 3,85 t/ha). Die Flächen befinden sich im Schwarzwald, Odenwald, Baar-Wutach, Südwestdeutschen Alpenvorland und Ne-



Abb. 4: Kalkung im Sommer 2015, Klosterreichenbach

ckarland (Abb. 1) auf grusig-sandigen bis lehmigen Böden, die im Wurzelraum stark versauert sind. Die Hauptbaumart ist Fichte. Auf je einer der zuvor zweimal gekalkten Teilfläche wurde die Kalkung nicht wiederholt. Daneben wird noch eine vierte Teilfläche ohne Behandlung untersucht. Pro Teilfläche wurden fünf Punkte zur Probenahme zufällig ausgesucht und dauerhaft markiert. An jedem Punkt wurden im Frühjahr 2015 – vor der dritten Kalkung – Standort, Bestand und Humusaufgabe aufgenommen, ein Bohrkern bis 60 cm Tiefe (Abb. 2) zur Wurzelzählung, Bodenansprache und Laboranalyse



Abb. 3: Saugkerzenanlage im Wald

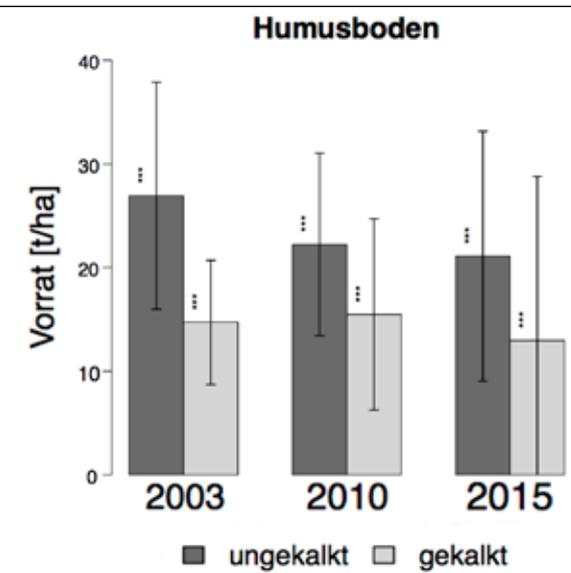


Abb. 5 Entwicklung der Humusvorräte auf den ungekalkten Nullflächen und den mit Dolomit-Gesteinsmehl gekalkten Teilflächen seit 2003.

entnommen, und Bodenwasser aus 60 cm Tiefe mithilfe einer mobilen Saugkerzenanlage (Abb. 3) gesammelt. Um die Elementkonzentrationen und die kurzfristigen Transportprozesse nach der Wiederholungskalkung zeigen zu können, wurde die Bodenlösung im Frühjahr und Herbst 2016 bis 2017 wiederholt beprobt. Von Mai bis Juli 2016 wurden Vegetationsaufnahmen auf jeweils 10x10 m Fläche direkt am Probepunkt durchgeführt. Im Winter 2016 wurden Nadelproben von drei Bäumen pro Teilfläche eingesammelt, um die Nährelementkonzentrationen in Nadeln zu erfassen.

### Entwicklung der Humusauflage

Die Entwicklung der Humusauflage zum Zeitpunkt der zweiten Kalkung 2003 bis kurz vor der dritten Kalkungsmaßnahme 2015 zeigt die Abbildung 5. Auf den mit Dolomit gekalkten Teilflächen sind die Humusvorräte zwar tendenziell geringer als auf den ungekalkten Flächen, aber auch innerhalb der nicht gekalkten Fläche sind die Werte zwischen 2003 und 2010 geringer ge-

worden. Auf den gekalkten Flächen sind nach ersten Abbaureaktionen die Mengen dahingegen stabil geblieben. Die Humusauflage besteht auf den ungekalkten Flächen meist aus typischem bis rohumusartigem Moder, und auf den gekalkten Flächen aus mullartigem Moder bis F- und L-Mull. Das weist auf eine gesteigerte mikrobielle Aktivität und bessere Zersetzungsraten in Folge der Kalkung hin.

### Ionenspeicher, pH und Kohlenstoff im Bodenprofil

Abbildung 6 zeigt als Beispiel das chemische Bodenprofil der Versuchs-

fläche Ulm. 30 Jahre nach der ersten Kalkung sieht man deutliche Unterschiede bis in 30 cm Tiefe zwischen der ungekalkten und gekalkten Waldfläche: Die gekalkte Fläche hat einen größeren Anteil an den puffernden Ionen Ca, Mg, K, und reduzierte Mengen an Al und Fe Ionen, die toxisch auf die Feinwurzeln der Bäume wirken, einen pH-Anstieg von 1,5 sowie eine deutlich verbesserte Basensättigung. Regenwürmer, die Bioturbation im Mineralboden betreiben und wichtig für die Qualität der Böden sind, leben in Bereichen von pH > 4.2, d.h. die gekalkte Fläche kann ihnen ein passenderes Habitat bieten. Bis in 10 cm Tiefe ist auch ein leichter Anstieg im

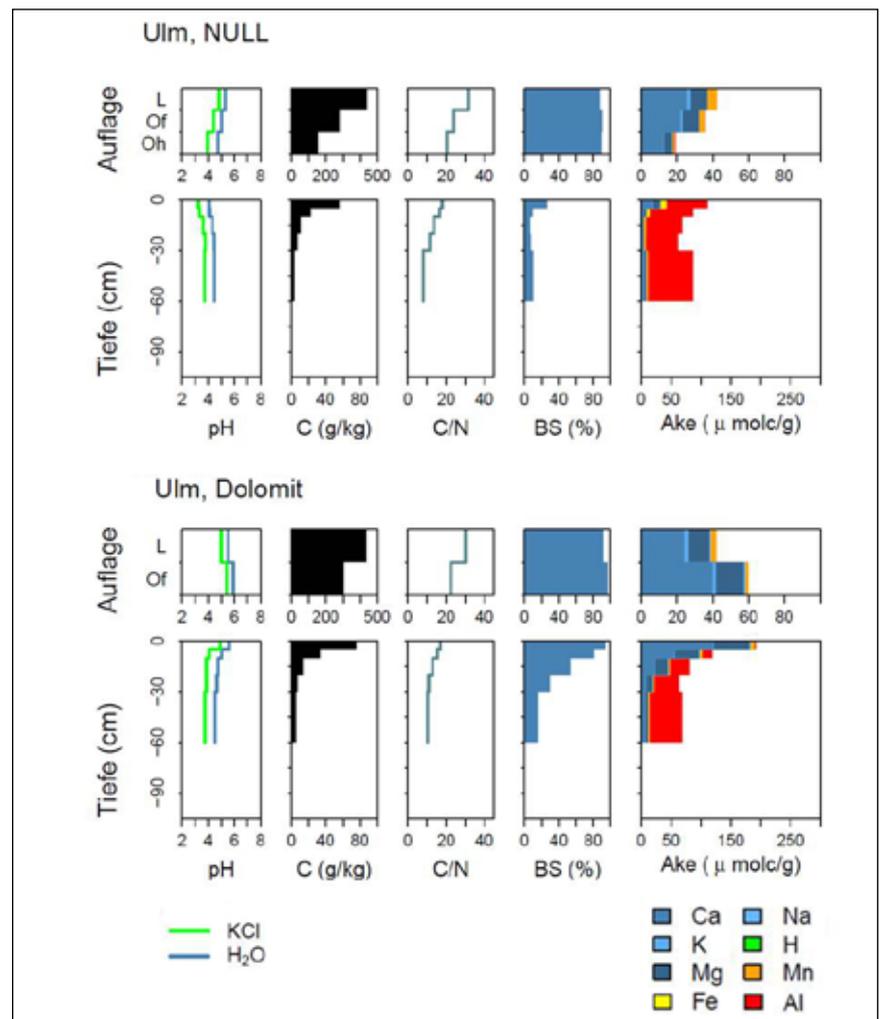


Abb. 6: Boden-chemische Tiefenprofile der Versuchfläche Ulm, 2015 (C=Kohlenstoffgehalte; BS = Basensättigung; Ake = effektive Austauschkapazität)

C-Vorrat ersichtlich, was darauf hinweist, dass die Kohlenstoffspeicherung im Mineralboden der gekalkten Fläche verbessert wurde und somit der durch die Kalkung geförderte Abbau der Humusaufgabe in einer Speicherung organischen Kohlenstoffs im Mineralboden resultiert ist.

**Betrachtung der Bodenwasserqualität**

Die Transportprozesse im Bodenwasser in 60 cm Tiefe waren auf der ungekalkten und gekalkten Fläche sehr ähnlich. Dies betrifft unter anderem sowohl den pH-Wert, als auch den Austrag von DOC und den basischen Kationen Ca und K. Bei der Anzahl der Mg-Ionen sieht man einen leichten Anstieg auf der Dolomit-Fläche zwischen 2016 und 2017, was ein Effekt der Kalkung von 2015 sein könnte.

Als Risiko der Kalkung wird oft der Anstieg an Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) und Aluminium-Ionen im Bodenwasser genannt. Eine solche Entwicklung ist in sehr unterschiedlichem Maß an den 12 Versuchsfeldern festzustellen. Auch Hiebmaßnahmen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf Teilen der Versuchsfelder während des Vorhabens durchgeführt wurden, können einen wesentlichen Einfluss auf die Stickstoffbilanz im Bodenwasser haben. Abbildung 7 zeigt als Beispiel die gemessenen Konzentrationen der beiden Elemente auf der Fläche Ulm. Auch wenn die Nitratkonzentrationen nach der Kalkung im Vergleich zur ungekalkten Fläche leicht angestiegen sind, sind sie nach wie vor unter dem Trinkwassergrenzwert von 50 mg/L. Der Austrag von Al mit dem Bodenwasser weist keine deutlichen Unterschiede zwischen den drei gekalkten Teilflächen und der ungekalkten Nullfläche auf.

**Ernährungszustand aktuell**

Das Dolomitgesteinsmehl beinhaltet in schwach löslicher Form die für die Ernährung der Bäume wichtigen Ma-

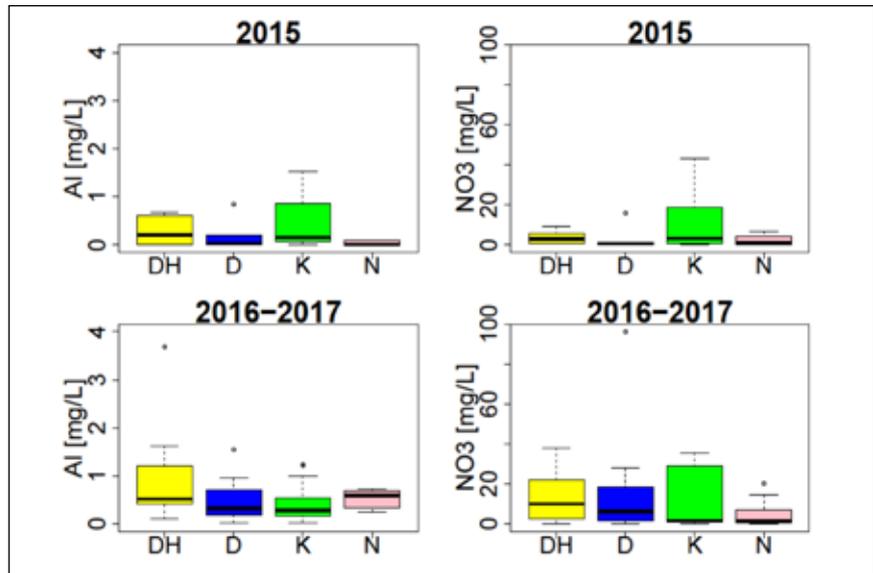


Abb. 7: Aluminium und Nitrat im Bodenwasser vor der Kalkung (2015) und danach (2016-2017); DH – Dolomit-Holz-asche-Gemisch, D – Dolomit-Gesteinsmehl, K – Keine Wiederholungskalkung in 2015, N – ungekalkte NULL Fläche

kroelemente Ca und Mg. Abbildung 8 zeigt, dass im Winter 2016 in den Nadeln der Fichte tendenziell mehr Ca auf den gekalkten Flächen als auf ungekalkten zu finden ist, wobei sich alle in der Kategorie „Normal“ (>2,5 g/kg) bis „Überschussbereich“ (>5,6 g/kg) befinden. Ähnlich ist es auch bei Mg,

wobei die Gehalte auf den ungekalkten Flächen zum Teil in der Kategorie „Normal“ (<1.3 g/kg) bis „Mangel“ (<0,8 g/kg) sind, und so auf eine eher beeinträchtigte Nährstoffversorgung hinweisen. Die Menge an K als Nährelement in den Nadeln der Fichte befindet sich auf allen Flächen überwiegend in der

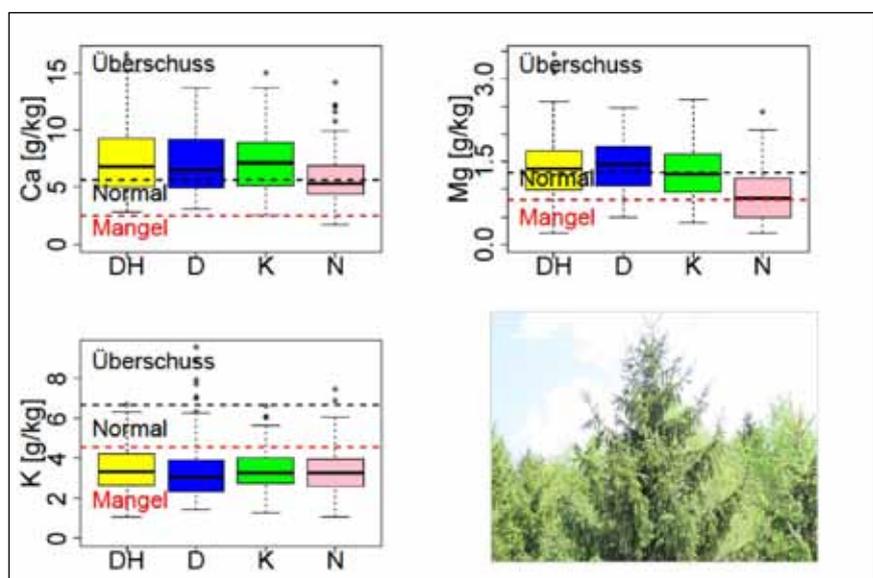


Abb. 8: Ernährungszustand der Fichte im Winter 2016; Grenzwerte nach Göttlein (2011); DH – Dolomit-Holz-asche-Gemisch, D – Dolomit-Gesteinsmehl, K – Keine Wiederholungskalkung in 2015, N – ungekalkte NULL Fläche



Abb. 8: Heidelberg, Teilfläche Dolomit

Kategorie „Mangel“ (<4.6 g/kg). Die Holzaschezumischung bei der Kalkung mit Dolomit 2015 scheint noch keinen deutlichen Verbesserungseffekt auf die Versorgung mit K zu haben. K soll aber in der Holzasche nur moderat löslich sein, d.h. dass es vermutlich einige Zeit braucht, um in den Nadeln der Bäume anzukommen.

## Ausblick

Noch weitere spannende Ergebnisse soll die Auswertung der Daten aus



Abb. 9: Heidelberg, NULL-Teilfläche

Vegetationsaufnahmen 2016 bringen, auch in Bezug auf die früheren Aufnahmen von 2003, um die Langzeitentwicklung der Bodenvegetation auf den Versuchsflächen wiederzugeben. Studien zeigen, dass zum Beispiel Anzahl und Deckungsgrad stickstoffliebender Arten wie beispielsweise Brombeere auf gekalkten Flächen ansteigen kann, während die Azidophyten wie zum Beispiel Heidelbeere und kalkmeidende Moose weniger vertreten sein können. Auch ein Vergleich der beiden Kalkungsmittel Dolomit-Gesteinsmehl und Dolomit-Holzasche-Gemisch wird sicher interessant, wobei es noch mehrere Jahre Zeit brauchen könnte, bis die Effekte auf das Ökosystem deutlich werden. Weitere Beobachtungen auf den Versuchsflächen wären von Vorteil,

um die Wissensbasis zu erweitern. Dieses Modellvorhaben soll dazu dienen, eine langfristig wirksame Strategie zur Bodenschutzkalkung zu formulieren, die den aktuellen Rahmenbedingungen und Problemstellungen entspricht und die Ziele der nachhaltigen Bewirtschaftung auch bundesländerübergreifend harmonisiert. Der Abschlussbericht des Vorhabens wird voraussichtlich ab April 2018 auf der Website des BMEL und der NW-FVA zur Verfügung stehen.

Lelde Jansone

FVA, Abt. Boden und Umwelt

Tel.: (07 61) 40 18 - 1 24

lelde.jansone@forst.bwl.de

## Literatur

Göttlein, A.; Baier, R.; Mellert, K. H. (2011): Neue Ernährungskennwerte für die forstlichen Hauptbaumarten in Mitteleuropa – Eine statistische Herleitung aus VAN DEN BURG's Literaturzusammenstellung. *Allgemeine Forst- und Jagt-Zeitung*, 182. Jg., 9/10, S. 173-186

[www.nw-fva.de/index.php?id=605](http://www.nw-fva.de/index.php?id=605)  
Modellvorhaben zur Förderung von Maßnahmen zur nachhaltigen Nährstoffversorgung und Gesunderhaltung von Wäldern (Modell-

vorhaben Nährstoffversorgung von Wäldern). *Nordwestdeutsche Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (NW-FVA)*

Meining, S.; Puhmann, H.; Augustin, N.; Delb, H.; John, R.; Metzler, B.; Schumacher, J.; Wußler, J.; Moosmann, S.; Seebach, L.; Braunisch, V. (2016): *Waldzustandsbericht 2016. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA)*, S. 45-47

Reif, A.; Schulze, E.-D.; Ewald, J.; Rothe, A. (2013) *Waldkalkung – Bodenschutz contra Naturschutz? Waldökologie, Landschaftsfor-*

*schung und Naturschutz – Forest Ecology, Landscape Research and Nature Conservation, online preview*

Wilpert, K. v.; Hartmann, P.; Schäfer, J. (2013): *Regenerationsorientierte Bodenschutzkalkung. Merkblatt 54, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA)*

Langhans, L. (2015): *Neue Waldkalkungsversuche mit und ohne Holzasche gelten der nachhaltigen Nährstoffversorgung und Kohlenstoffspeicherung im Wald. Der Waldwirt*, 5/2015, S. 18-20

# Aktive Regeneration von Bodenschäden

von Juan Luis Flores Fernández und Peter Hartmann

**Seit den 1960er Jahren nahm das Gewicht von Forstmaschinen bis heute kontinuierlich zu, was bei Befahrung im Wald zu erheblichen Schädigungen der Bodenstruktur führen kann. Insbesondere Befahrungen unter suboptimalen Bedingungen führen dazu, dass die Eigenstabilität der Böden überschritten und die Bodenstruktur zerstört wird. Die natürliche Regeneration der Böden dauert Jahre bis Jahrzehnte, meist findet keine vollkommene Regeneration statt. Um die Regeneration von Bodenfunktionen zu fördern und zu beschleunigen, werden unterschiedliche Bepflanzungen in Kombination mit technischen Bearbeitungen des Oberbodens wie Mulchen und Kalken untersucht.**

Bodenschäden als Folge von Befahrungen führen zur Störung der natürlichen Bodenstruktur und zur Verminderung des Wurzelwachstums. Dieses Phänomen hat verschiedene Ursachen. Durch zum Teil auch wiederholte Befahrungen mit schweren Maschinen werden Waldböden verdichtet. Nach großen abiotischen Schadereignissen, wie zum Beispiel nach dem Sturm „Lothar“ 1999, findet die Aufarbeitung und Holzbringung zudem unter suboptimalen Bedingungen statt. Wegen des hohen Zeitdrucks wird auch abseits von Befahrungslinien gefahren, oder Einschränkungen aufgrund hoher Bodenfeuchte werden nicht beachtet.

Untersuchungen der Bodenzustandserhebung (BZE II) zeigten, dass nur ein Drittel des Waldbodens Baden-Württembergs keine Verformungsschäden aufweist. Die höchsten Verformungsschäden wurden in der Vorbergzone des Schwarzwaldes, im lössbeeinflussten Neckarland und im Alpenvorland beobachtet, überwiegend also auf relativ steinarmen Böden mit hoher Standortqualität.

Als Reaktion auf die alarmierenden Bodenschäden verabschiedeten die deutschen Bundesländer die Richtlini-

en zum Bodenschutz. In Baden-Württemberg hat das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR 2003) Richtlinien zur Feinerschließung festgesetzt. Obwohl diese Richtlinien im Forstmanagement Beachtung finden, ist das Problem nicht gelöst. Zwar ist die Befahrung auf nur noch 10 bis 20% der Fläche reduziert, jedoch sollten auch hier grundlegende Bodenfunktionen und die Befahrbarkeit dauerhaft erhalten bleiben. Die Selbstregeneration der verdichteten Böden braucht sehr lange Zeit und findet oftmals nicht vollständig statt. Ziel des Forschungsprojektes „Aktive Regeneration von Bodenschäden“ ist es daher, die Bodenregeneration durch aktive bodenbiologische sowie bodenmechanische Maßnahmen zu unterstützen, um so die negativen Auswirkungen der Verdichtung zu überwinden.

## Bodenbiologische und technische Maßnahmen

Die Versuchsfläche liegt ca. 14 km östlich von Ulm auf der Schwäbischen Alb, in einer Höhe von rund 680 m. Im April 2012 wurde eine Befahrung mit einem Forwar-



Abb. 1: Beladener Forwarder HSM 208F mit 25t Gesamtgewicht bei der Befahrung der Versuchsfläche



Abb. 2: Mulchaggregat: hierbei wird der mineralische Oberboden gelockert und mit Pflanzenresten durchsetzt.

der mit 25t Gesamtgewicht auf einem schluffig-lehmigen Boden durchgeführt (Abb. 1). Es wurden drei Fahrtrassen mit 70 m Länge und 5 m Breite angelegt. Um die Regeneration des verdichteten Bodens zu untersuchen, wurden auf den drei Fahrlinien unterschiedliche Behandlungen angewandt: - eine chemische Behandlung bestehend aus der Zugabe von Kalk als dolomitisches Gesteinsmehl, das manuell verteilt wurde. Ziel der Kalkzugabe ist eine verbesserte Aggregatbildung sowie eine Verminderung der Bodenversauerung und somit Förderung der biologischen Aktivität um eine beschleunigte Regeneration zu erhalten.

Eine mechanische Behandlung, bei der die obersten 10 bis 15 cm Mineralboden mit Pflanzenresten gemulcht wurden (Abb. 2). Das Mulchen hat zur Folge, dass organische Substanz in den aufgelockerten Mineralboden eingebracht wird und somit die biologische Aktivität gefördert wird.

Nach den chemischen beziehungsweise mechanischen Behandlungen wurden die Flächen mit folgenden Baumarten bepflanzt: Grauerle (*Alnus incana*), Roterle (*Alnus glutinosa*), Faulbaum (*Rhamnus frangula*) und Salweide (*Salix caprea*). Diese Baumarten wurden nach waldbaulichen Erfahrungen und ihren physiologischen Eigenschaften ausgewählt (zum Beispiel Frostbeständigkeit und schnelles Wachstum in offenen Gebieten). Die Erlenarten gelten als gut angepasst an anaerobe Bedingungen zum Beispiel bei Überflutung in Flussauen. Die Salweide ist Teil der natürlichen Vegetationsgemeinschaft der Versuchsfläche. Faulbaum wächst normalerweise auf nassen, schattigen, sauren und sandigen Böden mit hohem Grundwasserspiegel.

### Quantifizierung der Bodenregeneration

Intensive Untersuchungen sind notwendig, um die Regeneration der Waldböden zu quantifizieren. Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

- Jährlich im September wurden die Überlebensraten sowie die biometrischen Parameter Wurzelhalsdurchmesser, Baumhöhe, Kronendurchmesser und Trieblänge aufgenommen.
- 2013 wurden 87 Bodengassammler in den behandelten Rückegassen und den Kontrollflächen installiert, um die Variation der CO<sub>2</sub>-Konzentration im Boden festzustellen. Das aufgefangene Bodengas wird im Labor der FVA gaschromatografisch analysiert.
- Das Wurzelwachstum wurde direkt im Boden erhoben. Hierfür wurden 16 Rhizotronkammern in 25 cm Tiefe installiert. So konnte monatlich eine Aufnahme der Durchwurzelung mittels Digitalkamera quasi in situ gewonnen werden.
- Die Feinwurzelichten ( $\varnothing < 2 \text{ mm}$ ) wurden im März 2016 an Quertransekten in der Fahrspur sowie in der Gassenmitte aufgenommen.
- Bodenstrukturuntersuchungen wurden zweijährlich (2012, 2014, 2016) mittels 100 cm<sup>3</sup> Stechzylinderproben mit natürlich gelagertem Boden im Labor der FVA durchgeführt. Neben der Porenverteilung und -kontinuität im Boden wurde insbesondere die Gasdiffusion untersucht. Verdichtete Böden weisen reduzierte Porenstrukturen und somit eine verschlechterte Gasdiffusion auf.

### Erste Anzeichen einer erfolgreichen Regeneration

Welche Baumart ist geeignet?

Sowohl zwischen den eingesetzten Baumarten als auch den unterschiedlichen Behandlungen zeigten sich deutliche Unterschiede (Abb. 3). Auf den behandelten Rückegassen zeigten alle Baumarten eine höhere Überlebensrate als die auf den unbehandelten Rückegassen und unverdichteten Kontrollflächen. Die beiden Erlenarten (*Alnus incana* und *Alnus glutinosa*) zeigten dabei die höchsten Überlebensraten mit Werten zwischen 71 und 96%. Die niedrigsten Überlebensraten wurden für Salweide und Faulbaum

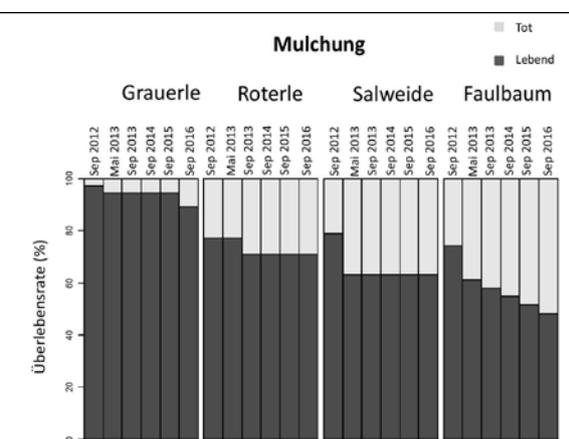


Abb. 3: Überlebensraten (in %) für die Baumarten auf den gemulchten Flächen zwischen September 2012 und September 2016

festgestellt. Beide Erlenarten zeigten zudem für alle biometrischen Varianten die höchsten Parameter. Da die Erlen die beste Anpassungsfähigkeit an die verdichteten Bedingungen zeigten, konzentrieren sich die weiteren Untersuchungen auf die mit Erlen bepflanzten Flächen.

**Wie entwickelt sich die Belüftungssituation?**

Zu Beginn der CO<sub>2</sub>-Messungen wiesen alle verdichteten Flächen deutlich erhöhte CO<sub>2</sub>-Werte auf – ein deutliches Indiz für schadhafte Bodenverdichtung. Böden mit gestörter Bodenstruktur weisen generell einen reduzierten Gasaustausch auf, wodurch es zu erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Boden kommt. Die höchsten Werte wurden auf der gemulchten Variante mit bis zu 8% CO<sub>2</sub> gemessen. Dies ist auf den Abbau organischer Substanzen, die durch das Mulchen in den Mineralboden eingebracht wurden, zurückzuführen. 2015 wurde ein starker Rückgang der CO<sub>2</sub>-Konzentration auf allen Flächen registriert. Dies wurde vermutlich durch die extreme Trockenheit verursacht. Das starke Austrocknen der Böden geht mit einer Schrumpfrissbildung einher, wodurch wiederum die Belüftung des Mineralbodens verbessert wird.

Im Allgemeinen wurde für den Untersuchungszeitraum 2014 bis 2016 bereits eine Verbesserung der Bodenbelüftung bei den meisten Flächen festgestellt (Abb. 4). Eine intensive Verbesserung der Bodenbelüftung lässt sich insbesondere in den bepflanzten und behandelten Flächen beobachten. Dies deutet auf eine schnellere Regeneration durch zusätzliche Behandlungen hin. Die sehr hohen Werte zu Beginn der Messungen sind auf intensive Abbauprozesse der organischen Bodensubstanz der gemulchten Variante zurückzuführen.

**Wie wurzeln Erlen auf verdichteten und behandelten Böden?**

Seit 2014 wird das Wurzelwachstum der Erlen durch die Rhizotronkammern

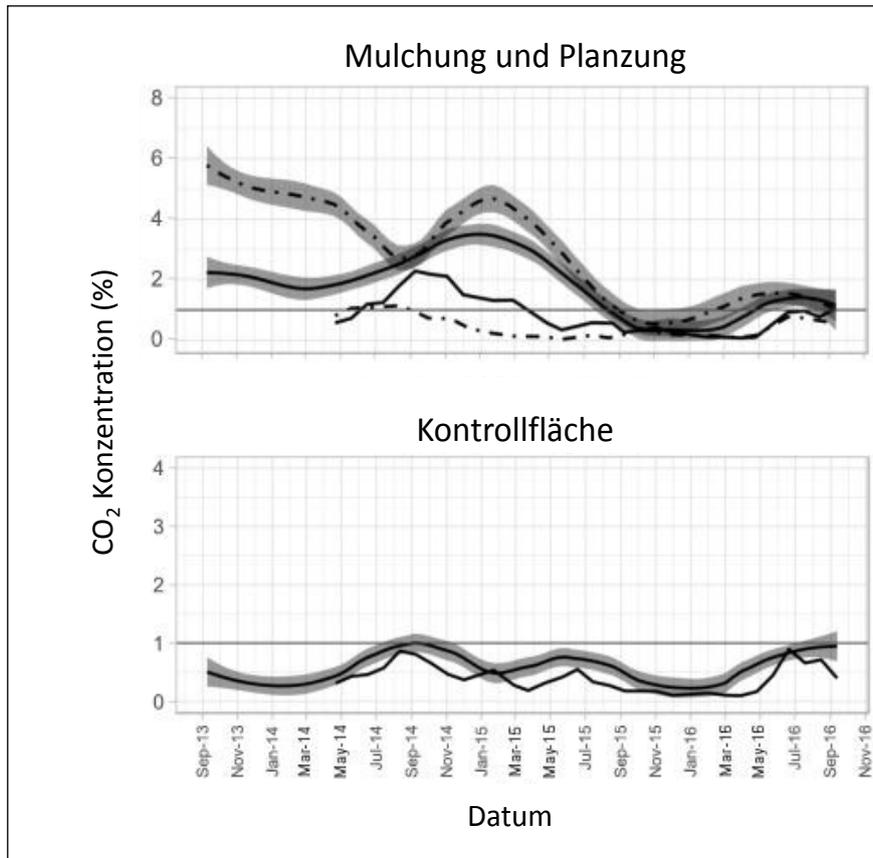


Abb. 4: CO<sub>2</sub>-Konzentrationen hinter Rhizotronscheiben (nicht-schattierten Linien) und in korrespondierenden Gassammlern in 25cm Tiefe (schattierten grauen Linien mit 95%-Vertrauensintervallen) für die gemulchte und bepflanzte Fläche sowie die nicht befahrene Kontrollfläche. Nach zwei Jahren ist bereits eine deutliche Reduktion des CO<sub>2</sub> eingetreten, was auf verbesserte Belüftungsbedingungen hinweist.

fotografiert (Abb. 5). Wie erwartet, wurde das höchste Wurzelwachstum in der nicht verdichteten Kontrollfläche gefunden. Für die behandelten, verdichteten

Flächen wurde das höchste Wachstum auf der gemulchten Variante beobachtet und das niedrigste Wachstum auf der gemulchten und nicht bepflanzten Variante.

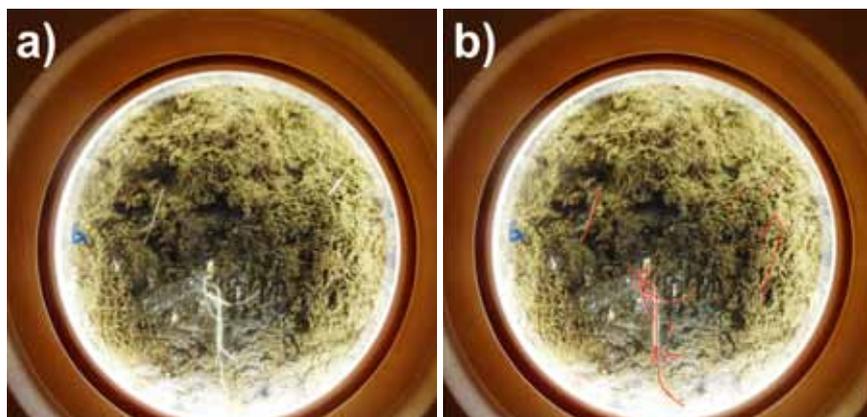


Abb. 5: Rhizotronscheibe ohne (links) und mit AutoCAD-Bearbeitung

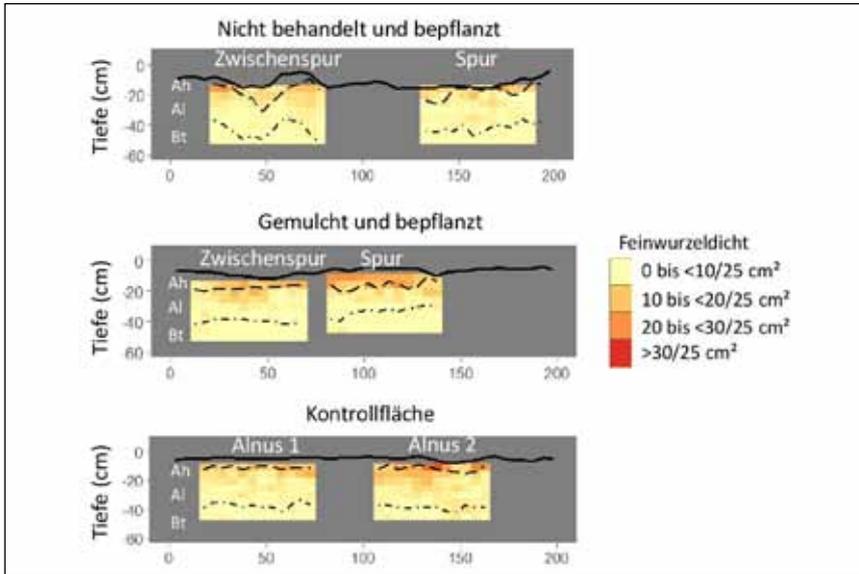


Abb. 6: Feinwurzelndichten in den Varianten verdichtete Fahrtrasse (nicht behandelt und nicht bepflanzt); verdichtete Fahrtrassen (gemulcht und bepflanzt); unverdichtete Kontrollfläche

Die Ergebnisse der Rhizotronkammermessungen werden durch die Feinwurzelzählungen an Quertransekten bestätigt (Abb.6) Auf allen Varianten zeigt sich die höchste Feinwurzelndichte im oberflächennahen Horizont (0 bis 20 cm). Die höchsten Feinwurzelndichten wurden auf der nicht verdichteten Kontrollfläche und den gemulchten/bepflanzten Variante (20 bis 30 pro 25 cm²) gefunden. Auf diesen Flächen sind die Feinwurzelndichten auch

im tieferen Horizont hoch. Die niedrigste Feinwurzelndichte befand sich in der nicht behandelten/nicht bepflannten Variante (10 bis 15 pro 25 cm²).

**Folgt daraus eine echte Regeneration der Bodenstruktur?**

Neben der Zunahme der Feinwurzelndichten sowie den reduzierten

CO<sub>2</sub>-Werten im Boden deuten auch die im Labor bestimmten Gasdiffusionswerte auf eine Regeneration hin. Während auf der nicht behandelten und unbepflanzten Fläche keine signifikante Verbesserung der Gasdiffusionswerte verzeichnet wurde, ist auf den behandelten Flächen eine zum Teil signifikante Verbesserung der Porenstruktur und damit der Diffusionswerte festgestellt worden (Abb. 7).

**Welche Behandlung ist am geeignetsten?**

Beide Erlenarten (*Alnus incana* und *Alnus glutinosa*) haben sich als am anpassungsfähigsten erwiesen. Hohe Überlebensraten sowie gutes Wachstum belegen deren Eignung für die Pflanzung auf stark verdichteten Böden. Durch die Kombination der Pflanzung wurzelaktiver Baumarten mit unterschiedlichen technischen Verfahren wie Mulchen und Kalkung wurden Verbesserungen der Belüftungssituation, der Durchwurzelbarkeit und auch der Bodenstruktur erwirkt. Allerdings sind die Wirkungen bisher auf den Oberboden beschränkt. Die Untersuchungen müssen noch längerfristig durchgeführt werden, um auch die Effekte auf den Unterboden untersuchen zu können. Die bisherigen Ergebnisse deuten jedoch vielversprechend daraufhin, dass die Bodenregeneration durch gezielte Maßnahmen beschleunigt werden kann.

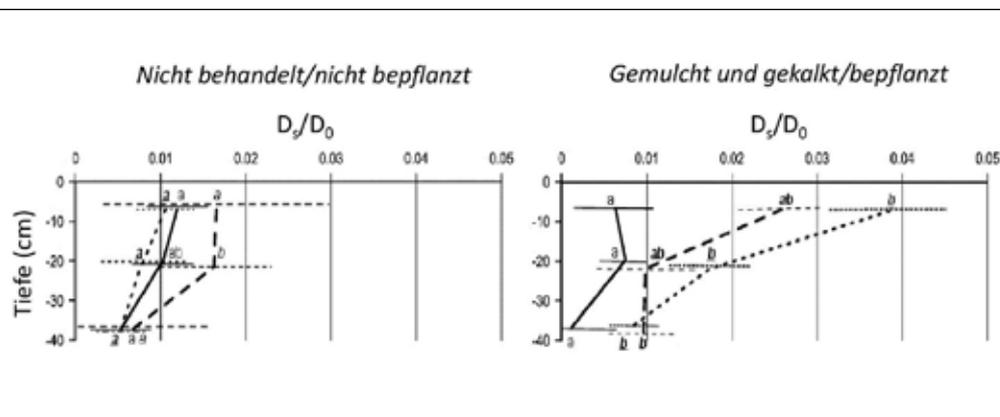


Abb. 7: Tiefengradienten der scheinbaren relativen Diffusionskoeffizienten ( $D_s/D_0$ ) für die Saugspannungsstufe 160 hPa für die unbehandelte Fahrtrasse (links) und die gemulchte, gekalkte und bepflannte Variante (rechts). Der Ausgangszustand 2012 ist durch die durchgezogene Linie dargestellt und die Entwicklung durch die gestrichelte (2014) und gepunktete Linie (2016). Hohe  $D_s/D_0$ -Werte deuten auf einen verbesserten Gasaustausch hin.

Juan Luis Flores Fernández  
FVA, Abt. Boden und Umwelt  
Tel.: (07 61) 40 18 – 2 95  
juan.fernandez@forst.bwl.de

# Klimaanpassung durch Stärkung des Wasser- und Bodenrückhalts in kommunalen Außenbereichen

von Heike Puhlmann, Karl-Alexander Grasshorn Gebhardt, Jessica Kempf, André Assmann und Norbert Billen

**Klimamodelle sagen für Süddeutschland eine Zunahme von Starkniederschlägen voraus. Starkregen führen – vor allem bei ungünstigen Bodeneigenschaften oder einem hohen Versiegelungsgrad in der Landschaft – zu erhöhtem Oberflächenabfluss und damit häufig einhergehender Bodenerosion. Dies liegt in erster Linie daran, dass die Aufnahmefähigkeit der Böden bei Starkregen nach kurzer Zeit erschöpft ist und das Wasser nicht mehr versickert.**

Da solche Ereignisse eher selten sind, können Kanalnetze nicht für derart große Wassermengen ausgelegt werden, so dass es in Siedlungsbereichen zu Überstauungen kommt. Überschwemmungen verursachen Gebäude- und Infrastrukturschäden, die für jeden offensichtlich sind. Daneben führt Bodenerosion zu Sediment- und Stoffeinträgen in Oberflächengewässer und gefährdet dort die Wasserführung und die Wasserqualität. Der erosionsbedingte (Ober-)Bodenverlust kann des Weiteren zu Ertragseinbußen in der Landwirtschaft und zu einem erhöhten Anbaurisiko in Trockenphasen führen. Anpassungsmaßnahmen an Starkregen müssen darauf zielen, Niederschlagswasser möglichst direkt in die Böden der Landschaft infiltrieren zu lassen. Dadurch kann das Wasser besser im Boden gespeichert werden und Oberflächenabfluss und Erosion werden somit abgeschwächt.

In den vergangenen Jahren traten unter anderem im Einzugsgebiet der Gloms (nordwestlich von Stuttgart) außergewöhnliche Starkregenereignisse auf, die zu großen Schäden in den betroffenen Kommunen führten.

So fielen am 4. Juli 2010 innerhalb von zwei Stunden teilweise bis zu 180 mm Regen. Dies entspricht etwa einem Viertel dessen, was in dieser Region normalerweise innerhalb eines ganzen Jahres fällt und ist mehr als das Doppelte der Niederschlagsmenge in einem durchschnittlichen Juli. Ausgelöst durch dieses und weitere Starkregenereignisse haben die betroffenen Kommunen Initiativen gestartet, um sich gegen zukünftige Risiken besser zu wappnen. Unterstützt wurden die Gemeinden unter anderem durch das Projekt „Klimaanpassung durch Stärkung des Wasser- und Bodenrückhalts in Außenbereichen“ (KliStaR), welches im Rahmen des KLIMOPASS-Programms (Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg) des Umweltministeriums gefördert wurde und von September 2014 bis Juni 2016 lief [4]. Koordiniert wurde das Projekt von der geomer GmbH Heidelberg. Neben der FVA waren die terra fusca Ingenieure Stuttgart als Mitglieder der Projektgruppe beteiligt. KLiStaR hat im Einzugsgebiet der Gloms acht Städte und Gemeinden in einem Netzwerk mit Landnutzen-

## Autorinnen und Autoren

*Norbert Billen von der terra fusca ing. PartG ([www.terra-fusca.de](http://www.terra-fusca.de)) arbeitet seit über 20 Jahren für Projekte und Gutachten mit Themen wie nachhaltige Landnutzung, Boden-, Hochwasser- und Klimaschutz. Dabei steht der Bezug zu Landwirtschaft, Böden und Standort kombiniert mit Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit häufig im Vordergrund.*

*André Assmann und Jessica Kempf sind Geschäftsführer und Mitarbeiterin der geomer GmbH. Die geomer GmbH versteht sich als Anbieter geointelligenter Lösungen für anspruchsvolle Aufgabenstellungen mit Geographie- und Raumbezug. Im Mittelpunkt unserer Tätigkeiten stehen Produkte, Lösungen und Projektdienstleistungen in den Bereichen GeoIntelligence, Geodaten und Risikomanagement.*

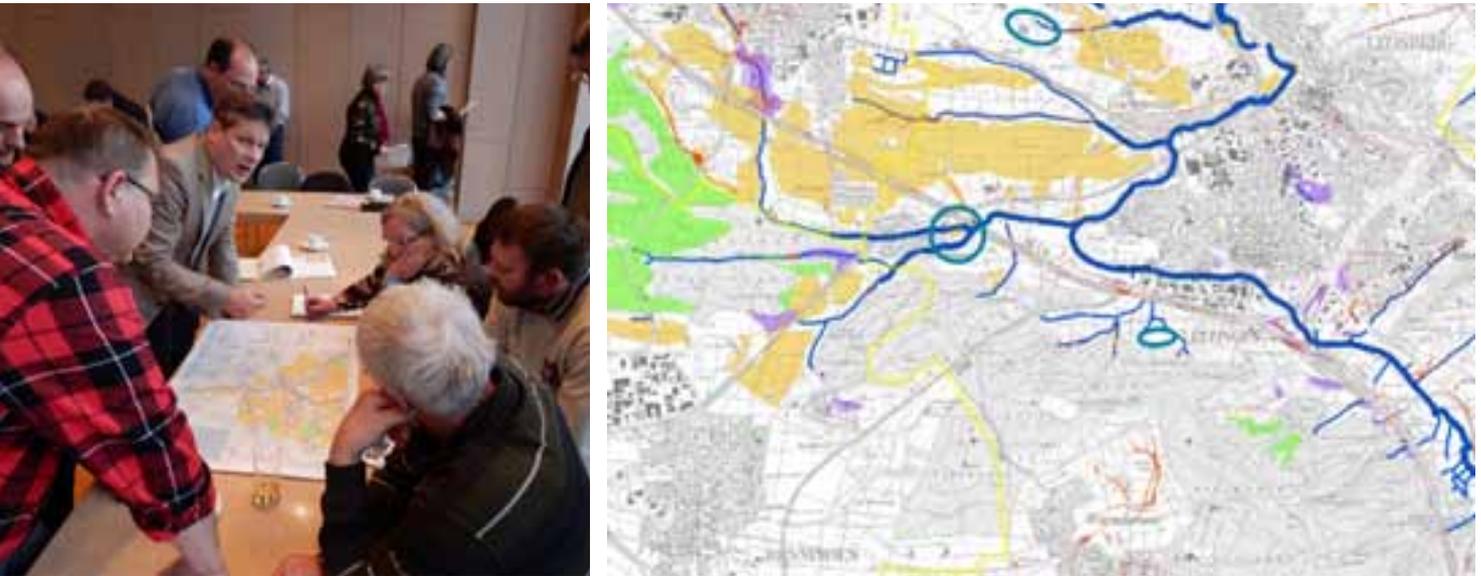


Abb. 1: Der Runde Tisch identifiziert Brennpunkte der Hochwasser- und Erosionsentstehung mit Hilfe von Bodenerodierbarkeitskarten. (Foto: geomer)

den und Sachverständigen aus den Bereichen Boden sowie Wasser-, Land- und Forstwirtschaft vereint. Im Vordergrund der Aktivitäten von KliStaR standen Maßnahmen zur Klimaanpassung, die in den land- und forstwirtschaftlich genutzten Bereichen der beteiligten Kommunen helfen sollen, den Bodenabtrag und den Oberflächenabfluss zu verringern sowie den Bodenwasserhaushalt zu verbessern. Ziel des KliStaR-Projektes war es, exemplarisch Lösungsmöglichkeiten zu suchen, anhand von Modellrechnungen ihre Wirksamkeit zu überprüfen und im Zusammenspiel mit allen Beteiligten die Umsetzung von Maßnahmen anzustoßen.

### Lösungen am Runden Tisch

Zentraler Bestandteil der Projektarbeit waren regelmäßige Treffen, an denen neben den Glems-Kommunen auch die Land- und Forstwirtschaft sowie die zuständigen Landratsämter vertreten waren (Abb. 1). Zunächst ging es darum, bestehende Hotspots von Erosions- und Abflussproblemen zu identifizieren und Anpassungsopti-

onen herauszuarbeiten. Basis hierfür waren unter anderem die Starkregengefahrenkarten der Glems-Kommunen und Bodenerodierbarkeitskarten. Die Bodenerodierbarkeitskarten basieren auf der digitalen Bodenkarte des Landes und den Starkregengefahrenkarten, und stellen neben der potenziellen Bodenerodierbarkeit von Acker- und Waldflächen auch potenzielle Abflusswege (Überflutungstiefe > 5 cm und Fließgeschwindigkeit > 0,5 m/s) dar.

Insgesamt wurden so im Glems-Einzugsgebiet sieben Brennpunkte identifiziert, für die KliStaR konkrete Anpassungsmaßnahmen an Starkregen konzipieren sollte. Von der KliStaR-Projektgruppe wurden umfangreiche Materialien erarbeitet, auf deren Grundlage die nötigen Anpassungsmöglichkeiten und deren Realisierbarkeit in den Brennpunktgebieten beurteilt wurden. Hierzu zählten insbesondere verschiedene, von der geomer GmbH erstellte Karten zur Bodenerosion (mit dem Modell LISEM) und zum Oberflächenabfluss (mit dem Modell FloodArea-HPC), welche die aktuellen Risiken sowie mögliche zukünftige Entwicklungen abbildeten. Die von der Projektgruppe vorge-

schlagenen Maßnahmen reichten von flächig wirksamen Bewirtschaftungsverfahren in der Landwirtschaft (zum Beispiel Anbau infiltrationsfördernder Zwischenfrüchte) bis hin zur Konzeption von lokal wirkenden Maßnahmen (zum Beispiel Wasserrückhalte, verbesserte Wegewasserableitung). Im Rahmen mehrerer Gesprächsrunden und Vor-Ort-Terminen mit Landnutzenden und Kommunen wurde erörtert, welche Schutzmaßnahmen in den Gemeinden angestoßen und am Ende tatsächlich realisiert werden sollten. Die Wirkungen der für die Realisierung vorgeschlagenen Anpassungsmaßnahmen wurden mit weiteren Erosions- und Abflussmodellierungen sowie Felderhebungen dokumentiert. Letztlich wurden vier konkrete Maßnahmen geplant und im Rahmen des Projektes realisiert, so dass deren Eignung für die Praxis im Projektgebiet erkennbar wird.

### Katalog möglicher Anpassungsmaßnahmen als Planungshilfe

Begleitend zu den konkret umgesetzten Maßnahmen wurde ein

Maßnahmenkatalog erstellt, der einen Überblick über mögliche Anpassungsmöglichkeiten an Starkregen in der Land- und Forstwirtschaft gibt. Der Katalog kann unter anderem als Ratgeber für weitere Kommunen in Baden-Württemberg dienen, wenn dort Maßnahmen zum verbesserten Rückhalt von Wasser und Boden geplant werden. Der erstellte Katalog greift insgesamt 22 Anpassungsmaßnahmen auf. Er beinhaltet eine Kurzbeschreibung jeder Maßnahme, ihr Wirkungspotenzial, Realisierungstipps, Vor- und Nachteile sowie Hinweise auf anfallende Kosten (Abb. 2).

### Realisierte Anpassungsmaßnahme: Hochwasserrückhalt entlang eines Forstwegs

Eines der von den Kommunen benannten Problemgebiete liegt in Leonberg-Warmbronn. Hier tritt nach Starkregen Wasser aus den bewaldeten Hängen oberhalb einer Siedlung aus und es werden, verstärkt durch weitere Zuflüsse aus landwirtschaftlich genutzten Flächen, regelmäßig Schäden in den Siedlungsgebieten verursacht. Waldböden können zwar aufgrund der größeren Porosität in der Regel deutlich mehr Wasser aufnehmen und speichern, als dies beispielsweise bei Ackerflächen der Fall ist, dennoch ist insbesondere bei bindigeren und staunässegeprägten Böden die Infiltrationskapazität bei hohen Niederschlagsmengen schnell erschöpft. Im Problemgebiet dominieren staunässegeprägte Böden, bei denen große Teile des Niederschlagswassers nicht in die Tiefe versickern können, sondern quasi als Kurzschluss in Form von Hangwasserabfluss sehr schnell in Bächen und Flüssen austreten. Abb. 3 stellt Überflutungshöhen dar, die aus einem mittleren Starkregenereignis (60 mm/h) resultieren. Am oberen Rand der Karte bei Punkt ④ befinden sich die Siedlungsbereiche,

## Wegewasserableitung

KliStaR



Der Abfluss von forst- und landwirtschaftlichen Wegen beruht einerseits auf deren Versiegelung selbst und andererseits auf der Konzentration des Wasserabflusses von der Fläche zu linienhaftem Gerinneabfluss. Die Abflusswirksamkeit der Wege hängt davon ab, ob das Wasser durch häufige Querentwässerung wieder auf der wegbegleitenden Fläche breitflächig versickern kann oder ob es weiter linear zum Vorfluter abfließt.

### WIRKUNG

Wenn das sich auf dem Weg sammelnde Wasser möglichst schnell in den angrenzenden Waldbestand abgeleitet wird und dort in den Boden infiltriert, kann der Oberflächenabfluss aus Wäldern fast vollständig verhindert werden. Die Fließzeit bis zum Fließgewässer verlängert sich, Hochwasserwellen werden gedämpft und zeitlich verzögert. Bei Landregen kann durch Ableitung des Wegewassers in den Wald nahezu das komplette Niederschlagswasser wiederversickern (siehe Grafik), bei Starkregen auf staunassen Böden ist der Effekt jedoch begrenzt. In der Grafik gibt die Säulenhöhe die Spannweite des Effektes für trockene (hoher Effekt) und nasse Böden (geringer Effekt) an.

### REALISIERUNG

Von allen abflussintensiven Wegen sollte das Wegewasser möglichst flächig in den Bestand abgeleitet werden. Hierfür sind im Flachland Wege mit beidseitig geneigten Querprofilen, im Bergland mit einseitiger talseitiger Querneigung bis 5 % auszustatten. Auf Wegen mit größerer Längsneigung sind mindestens alle 50 m wasserableitende Abschlagsmulden diagonal zur Fahrbahn anzulegen. Auf Wegebegleitgräben sollte verzichtet werden. Ist dies nicht möglich, so sollten die Gräben Bewuchs aufweisen, um den Abfluss des Wassers zu bremsen. zur Rückführung des Grabenwassers in den Waldbestand sind häufige, ausreichend dimensionierte Wegedurchlässe oder Rigolen anzulegen.

### VORTEILE

Vorteile sind geringere Reparaturkosten für Erosionsschäden am Wegekörper und geringere Unterhaltungskosten für wegbegleitende Gräben.

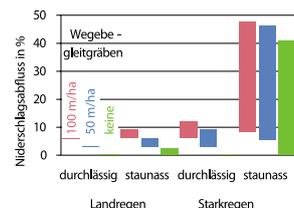
### NACHTEILE

Ein Nachteil ist der höhere Unterhaltungsaufwand für Abschlagsmulden auf dem Wegekörper und die Auslaufbereiche in den Bestand.

### KOSTEN

Kosten entstehen für die Anlage und Befestigung von Abschlagsmulden. Laufende Kosten verursachen die regelmäßige Prüfung und die Wiederherstellung zerfahrener oder anderweitig zerstörter Abschlagsmulden sowie die regelmäßige Kontrolle von Wegedurchlässen/Rigolen auf mögliche Sedimente und Verkläusungen.

### BEWERTUNG



Infos: z.B. Arbeitsblatt DWA-A 904, Merkblatt DWA-M 910

18

Abb. 2: Beispielseite aus dem Maßnahmenkatalog

die bei dem dargestellten Ereignis überstaut wären. Ebenfalls aus der Karte ersichtlich wird, dass oberhalb zweier Forstwege ① und ② bereits in der aktuellen Situation Wasser angestaut wird und der momentan im Gebiet vorhandene Rückhalteraum eher ein zufälliges Nebenprodukt des Wegebbaus ist. Der Rückhalt in einer kleinen Geländedepression ⑤

ist von sehr untergeordneter Bedeutung. Vorschäden am Wegedamm ① erhöhen das Risiko, dass bei einem Starkregen der Wegedamm erodiert und große Mengen Sediment in die unterhalb liegenden Bachabschnitte und die Ortslage eingetragen werden. Ein Seitentälchen ⑥ trägt mit einem knappen Viertel zum Gesamtabfluss ③ bei.

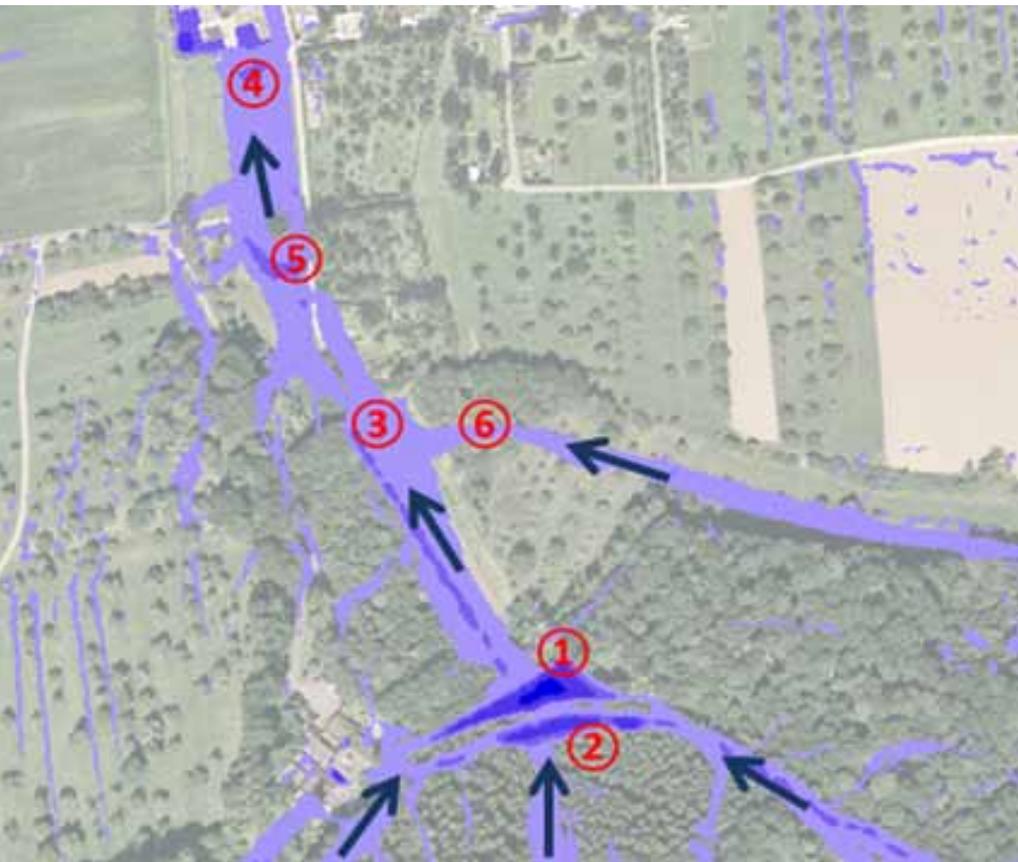


Abb. 3: Lageplan des Problemgebiets oberhalb von Leonberg-Warmbronn mit Überflutungshöhen (die Pfeile geben die Abflussrichtung an). (Grafik: geomer)

Um den Effekt der bestehenden Rückhalte hinter den Wegen sowie den Bedarf für zusätzliche Maßnahmen besser abzuschätzen, wurden Modellrechnungen durchgeführt. Hierfür wurden neben dem Ist-Zustand (maximale Einstauhöhe bei ①: 2,2 m, bei ②: 1,5 m) verschiedene Varianten der Wasserrückhaltung an den Wegen getestet (unter anderem höhere Einstauhöhen durch Eintiefung des Geländes hinter den Wegen, Variation des Dolendurchlasses durch veränderte Querschnitte und Einlaufbauwerke). Ziel der Variationsrechnungen war es, das Rückhaltevolumen zu optimieren, gleichzeitig die Einstauzeiten so kurz wie möglich zu halten und ein Überströmen der Wege zu vermeiden.

Die modellierten Hochwasserganglinien zeigen, dass die be-

reits vorhandenen Rückhalte eine merkliche Wirkung auf den Hochwasserabfluss haben. Bei dem der Modellierung zu Grunde liegenden Niederschlag von 60 mm in einer Stunde wird das Stauvolumen jedoch bereits im ansteigenden Ast der Ganglinie ausgeschöpft, die Abflussspitze wird nicht gekappt und es kommt zum Überströmen der Wege. Um die Starkregensituation für das Problemgebiet zu verbessern, müssen die Rückhalteräume hinter den Wegen gesichert und ein Überströmen der Wege verhindert werden. Das Variantenstudium ergab, dass eine geringfügige Erhöhung des Weges ① sowie die Vergrößerung des Dolendurchlasses die Rückhaltekapazität so vergrößern, dass die Hochwasserschwelle auch bei extremeren Starkregenereignissen soweit reduziert

werden kann (Scheitelkappung), dass die unterliegende Bebauung ④ nicht mehr überstaut wird. Aufbauend auf den Variantenstudien schlug die Projektgruppe folgende Maßnahmen vor:

- Sicherung und geringfügige Erhöhung des Weges,
- Schaffung eines befestigten Bereichs für den Fall einer Wegüberströmung und
- Bau eines Einlaufbauwerks, das einen wasserstandsabhängigen Abfluss aus dem Rückhalteraum gewährleistet. Der Einlauf des Durchlasses ist wartungsarm, kostengünstig und kann bei Bedarf leicht modifiziert werden.

Im Februar/März 2016 wurde die Maßnahme schließlich realisiert (Abb. 4). Die enge Kooperation während des Planungsverfahrens und einige Begehungen vor Ort mit allen



Abb. 4: Auslauf und befestigter Weg nach Abschluss der Baumaßnahme (Foto: geomer)

Beteiligten sowie die Einbindung des Landratsamtes Böblingen ermöglichte die Bauausführung innerhalb eines Jahres nach Vorstellung des ersten Maßnahmenkonzepts. Bereits kurz nach Fertigstellung wurde, „dank“ der vielen Starkregen im Mai und Juni 2016, die Wirksamkeit der realisierten Maßnahme unter Beweis gestellt (Abb. 5): Es traten keine Schäden im sonst bei derartigen Niederschlägen betroffenen, unterliegenden Siedlungsbereich auf. Die umgesetzte Maßnahme in Leonberg-Warmbronn trägt bei zur:

- Verzögerung der Abflusswelle,
- Reduktion der Abflussscheitelhöhe,
- Schadensreduzierung durch geringere Überschwemmungsgefahr und
- Kostenersparnis bei der Reinigung der Infrastruktur, insbesondere der Abwasserkanäle.

Für andere Kommunen, die Maßnahmen zur Anpassung an Starkregen planen, kann die realisierte Maßnahme als Anschauungsobjekt dienen.

### Fortführung in neuem INTERREG-Projekt

Die im Projekt KliStaR begonnenen Arbeiten werden an der FVA im kürzlich gestarteten Interreg-Projekt CAMARO-D [3] fortgeführt. In CAMARO-D arbeiten 14 Beteiligte aus neun Ländern zusammen, um im Donauraum Konzepte für einen verbesserten Schutz vor Hochwasser und Bodenerosion und zur Sicherung der Trinkwasserressourcen zu erarbeiten. Die FVA wird insbe-



Abb. 5: Gefüllte Retentionsmaßnahme in Leonberg-Warmbronn nach Starkregenereignissen im Mai 2016 (Foto: Stadt Leonberg)

sondere die Möglichkeiten einer angepassten Waldbewirtschaftung zur Reduzierung der Verschmutzung von Grund- und Oberflächenwasser bewerten. Zentrales Anliegen von CAMARO-D ist der Wissenstransfer in die Praxis. Hierfür werden von allen Projektbeteiligten Workshops und Exkursionen angeboten, bei denen Wissen über die Wirkung verschiedener Landnutzungen auf Hochwasser, Erosion und Wasserqualität vermittelt werden soll.

Außerdem soll in enger Zusammenarbeit mit Landbewirtschaftenden und Behörden herausgearbeitet werden, welche wichtigen Anreizmöglichkeiten geschaffen beziehungsweise welche Hindernisse beseitigt werden müssen, damit Änderungen von Landnutzungen im Sinne des Hochwasser-, Erosions- und Trink-

wasserschutzes tatsächlich auch umgesetzt werden.

Dr. Heike Puhlmann  
FVA, Abt. Boden und Umwelt  
Tel.: (07 61) 40 18 – 2 24  
heike.puhlmann@forst.bwl.de

### Literatur

- [1] Hochwassergefahrenkarten: <https://rp.baden-wuerttemberg.de/Themen/WasserBoden/Seiten/Hochwassergefahrenkarten.aspx>  
[2] Web-Auftritt von KliStaR: [http://](http://www.starkregengefahr.de/glems/category/klistar/)

- [www.starkregengefahr.de/glems/category/klistar/](http://www.starkregengefahr.de/glems/category/klistar/)  
[3] Web-Auftritt von CAMARO-D: <http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/camaro-d>  
[4] Klimaanpassung durch Stärkung des Wasser- und Bodenrückhalts in Außenbereichen (KliStaR),

Reihe KLIMOPASS-Berichte (Projektnr.: 4500352507/23), Februar 2017: <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/121828/?COMMAND=DisplayBericht&FIS=91063&OBJECT=121828&MODE=METAATA>

## FVA-Projekte

### CAMARO-D – Start eines neuen INTERREG-Projektes

Das Projekt CAMARO-D (Co-operating towards Advanced Management Routines for land use impacts on the water regime in the Danube river basin) hat im Januar 2017 begonnen und wird mit EU-Geldern (ERDF, IPA) innerhalb des Danube Transnational Programmes 2014-2020 unterstützt. In den zweieinhalb Jahren der Projektlaufzeit werden umfassende Empfehlungen für einen strategischen Leitfaden zur Implementierung eines innovativen transnationalen „Land Use Development Plans“ – basierend auf dem Einzugsgebiet der Donau – herausgearbeitet.



Abb. 1: Kalkfelsen im Oberen Donautal

(Foto: Yu Takahashi)

Intensive Landnutzung hat oft große negative Auswirkungen auf Grundwasserressourcen sowie auf Sturzbäche und Flüsse: Dies äußert sich in der Zunahme von Erosionsprozessen, Überschwemmungen, Bodenverdichtung, Oberflächenabfluss, invasiven Pflanzen und Wasserverschmutzung. Durch eine neue transnationale Beratung mithilfe von maßgeschneiderten, anwendungsorientierten Werkzeugen für relevante Interessengruppen soll ein nachhaltiger Schutz von Wasserressourcen gewährleistet und das Überschwemmungsrisiko gesenkt werden. Hierüber wird die sektorübergreifende und transnationale Kooperation im Gebiet der Wasser-, Forst- und Landwirtschaft sowie Raumentwicklung und des Naturschutzes gefördert.

Neu entwickelte Best Practices in funktionsorientierter nachhaltiger Landnutzung – unter Beachtung des Klimawandels – werden dabei in verschiedenen Pilotaktionen getestet und dokumentiert. Unterstützt durch intensive Stakeholder-Workshops und Schulungen wird die praktische Implementierung der Werkzeuge in ausgesuchten Pilot-Gebieten beginnen. Die Beteiligung von 23 Einrichtungen aus Politik, Wasserwirtschaft, Forschung, Ausbildung, Agro-

Meteorologie, Umwelt und Raumplanung gewährleisten eine breite geografische, wissenschaftliche und entscheidungstragende Basis für das Projekt. Die Beteiligten agieren auf regionalen und lokalen Ebenen und kommen aus nahezu allen Staaten im Donaueinzugsgebiet (Österreich, Slowenien, Bulgarien, Kroatien, Tschechien, Deutschland, Ungarn, Rumänien und Serbien). Federführend ist das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft in Österreich. CAMARO-D-Ergebnisse werden einen wichtigen Beitrag für die Weiterentwicklung der EUSDR (EU Strategie für die Donauregion) leisten, sowie für andere relevante EU-Strategien wie die Wasserrahmenrichtlinie, die Hochwasserrichtlinie und für die Bewirtschaftungspläne für die Donau. Um die Bedeutung der Implementierung dieses transnationalen „Land Use Development Plans“ hervorzuheben, werden wichtige Repräsentantinnen und Repräsentanten jedes beteiligten Landes bei der Abschlusskonferenz in Wien 2019 eine Absichtserklärung unterzeichnen. (CAMARO-D-Pressmitteilung, geändert)  
Weitere Information:  
<http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/camaro-d>.



Abb. 2: Totholz bei Gutenstein im Oberen Donautal

(Foto: Yu Takahashi)

### Startschuss für die Erhebung von Ökosystemleistungen in urbanen Wäldern

Wer aus Bäumen Bretter sägt, kennt den Wert des Waldes. Wer im Wald Bauland schafft, kennt ihn auch. Wie aber erkennt man den Wert von Wäldern, in denen Kinder spielen? Wie erfährt man, unter welchen Bäumen sich die Menschen am besten erholen? Was weiß man über die Lieblingsplätze von Joggerinnen und Joggern, von Radfahrerinnen und Radfahrern, wenn es um die Stadt-Wald-Planung geht?

Das sind die Fragen, die die Abteilung Wald und Gesellschaft der FVA derzeit bewegen. Gemeinsam mit der Forstverwaltung in Stuttgart, Karlsruhe und aus dem Raum Schwetzingen Hardt arbeitet das Team an neuen Wegen, um diese Themen besser zu verstehen. Zwei Ideen stehen dabei im Mittelpunkt: Der Wald wird als Gesundheitsfaktor in seiner Bedeutung für das Klima, den Wasserschutz und die Luftreinheit ökonomisch bewertet. Vor allem aber erstellen die Forschenden gemeinsam mit den Menschen, die den urbanen Wald täglich nutzen, ein gemeinsames Bild 'ihres' Waldes. Im Rahmen von Befragungen und Mit-Mach-Aktionen entstehen so Karten, die den sozialen und kulturellen Wert von Wäldern rund um die Städte in Baden-Württemberg differenziert darstellen. Mitte Juni erfolgte der Startschuss für die Datenerhebung. Mit über neuntausend Postkarten wurden Bürgerinnen und Bürger aus den drei Regionen eingeladen, den umfangreichen Onlinefragebogen auszufüllen und ihre persönlichen Walderlebniskarten im Internet zu gestalten. Die beteiligten Unteren Forstbehörden bewerben parallel dazu das Projekt in ihren Netzwerken und Medien.

„Wir müssen den ganzen Wert des Waldes in den Blick nehmen, wenn wir über urbanen Wald reden. Dazu gilt es, die Brille der Waldbesuchenden aufzusetzen“, meint Projektleiter Prof. Dr. Ulrich Schraml. Derzeit beraten mehrere Städte in Baden-Württemberg darüber, inwieweit sie dem erwarteten Zuzug von Neubür-



Abb. 3: Tina Gerstenberg und Christoph Baumeister beim Waldtag im Karlsruher Hardtwald  
(Foto: FVA, Abt. WG)

gerinnen und Neubürgern dadurch begegnen sollen, dass sie weiteren Wohnraum auf bisherigen Waldflächen schaffen. Die Rodung dieser Wälder am Stadtrand und sogar in den Städten selbst verändert aber die Lebensqualität der bisherigen Anwohnerinnen und Anwohnern. Eine politische Abwägung fällt schwer, da meist nur für den wirtschaftlichen und den ökologischen Wert von Waldflächen detaillierte Daten vorliegen. Der Wert des Waldes für die Gesundheit, die Naherholung und das Zusammenleben verschiedener Kulturen in der Stadt wird bislang nicht systematisch

erfasst und kann daher in Planungsprozessen kaum berücksichtigt werden. Das Projektteam erhofft sich eine breite Diskussion mit den Bürgerinnen und Bürgern der drei Modellregionen. Unter dem Motto, wer will was im Wald, möchte man mehr von den Menschen über deren Wertschätzung bestimmter Waldorte lernen. Die Forstleute, die vor Ort Verantwortung haben, können dann diese Wünsche bei ihren Planungen berücksichtigen und die richtigen Themen im Kontakt mit den Waldbesuchenden aufgreifen. Weitere Information: [Christoph.Baumeister@forst.bwl.de](mailto:Christoph.Baumeister@forst.bwl.de).



Abb. 4: Urbane Waldwirtschaft am Beispiel vom Rotwildpark Stuttgart  
(Foto: Tina Gerstenberg)

## FVA-Nachrichten

### FVA im Unternehmensnetzwerk „Erfolgsfaktor Familie“

Seit Anfang 2017 ist die FVA Mitglied im bundesweiten Unternehmensnetzwerk „Erfolgsfaktor Familie“ (Abb. 1). Die FVA möchte damit ein sichtbares Zeichen setzen, dass sie sich mit dem Thema Vereinbarkeit von Beruf und Familie intensiv auseinandersetzt.

Das 2006 gegründete Netzwerk ist mit rund 6.500 Mitgliedern die zentrale Plattform für Unternehmen in Deutschland, die sich für familienbewusste Personalpolitik interessieren oder bereits engagieren. Es ist eine gemeinsame Initiative des Bundesministeriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend sowie des Deutschen Industrie- und Handelskammertages. Unterstützt wird die Initiative im Rahmen des ESF-Bundesprogramms „Vereinbarkeit von Familie und Beruf gestalten“ von der Europäischen Union. Ziel des Netzwerks ist es, für die Notwendigkeit und den Nutzen einer besseren Vereinbarkeit von Beruf und Familie zu sensibilisieren. Das Engagement und die Erfahrung familienfreundlicher Betriebe werden durch das Netzwerk ins öffentliche Blickfeld gerückt und andere Unternehmen werden motiviert, Ideen und Maßnahmen für eine bessere Vereinbarkeit von Beruf und Familie im betrieblichen Alltag umzusetzen.



Abb. 1: Logo des Netzwerks Erfolgsfaktor Familie

### Ministerialdirektorin Grit Puchan zu Besuch

In Begleitung von Ministerialrätin Sibylle Werner besuchte Ministerialdirektorin Grit Puchan, vom Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR) kurz vor Ostern die FVA. Zum ersten Mal an der FVA, war Frau Puchan neugierig und interessiert an allem was die FVA betraf: Forschungsaktivitäten, Organisation, Beschäftigtenstruktur und Finanzen. Aufmerksam hörte sie den Ausführungen über die Forschung zum Waldzielartenkonzept und Waldzielarten-Informationssystem im Rahmen der Gesamtkonzeption Waldnaturschutz sowie zu den Quarantäne-Schadorganismen im Wald (Abb. 2) zu, stellte viele Fragen und diskutierte rege mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern. Auf dem Rundgang durch die Labore und das Gewächshaus fiel ihr Wesentliches auf. So stellte sie Fragen unter anderem zur Brandsicherheit und zur Sicherheit beim Hantieren mit Chemikalien. Schließlich wollte sie möglichst genaue Informationen mitnehmen, um sich für einen Neubau des deutlich in die Jahre gekommenen und technisch veralteten Labortraktes und Gewächshauses einzusetzen.

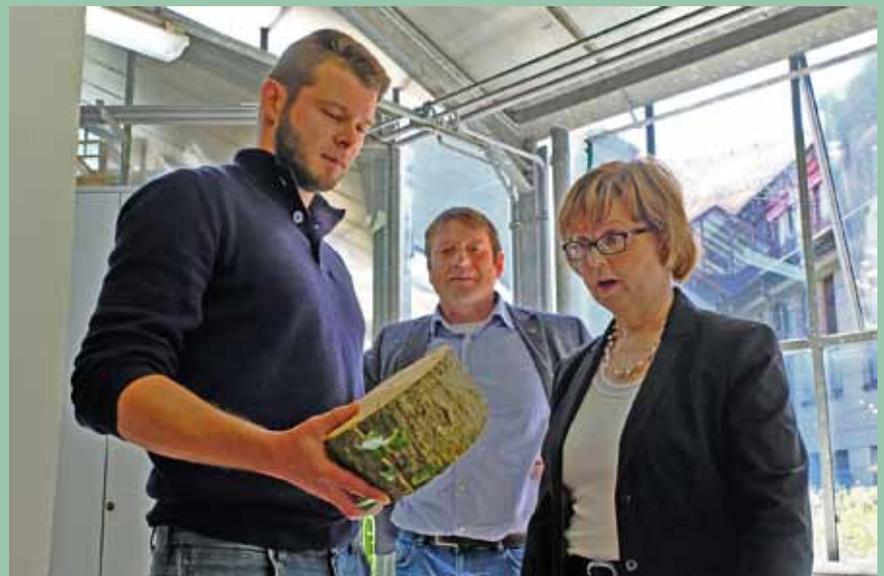


Abb. 2: (von rechts) Grit Puchan, Horst Delb und Manuel Hanke-Uhe (Foto: Thomas Weidner)

Ein Rundgang durch die FVA-Kita rundete den Besuch der Ministerialdirektorin ab. Bei einem gemeinsamen Mittagessen umringt von spielenden Kindern zeigte Grit Puchan sich von der inmitten von Wiesen und Wäldern liegenden Kita begeistert. Auch das an Natur und Nachhaltigkeit orientierte pädagogische Konzept beeindruckte sie. „Es ist schön, dass die Kinder hier auf ganz unbekümmerte Weise über den Wald und die Natur lernen“, so Puchan.

Auch die FVA-Leitung freute sich über das große Interesse der Ministerialdirektorin an der Forschungstätigkeit der FVA und vor allem über die zugesagte Unterstützung, die zukünftigen Herausforderungen, denen die Forschungsanstalt entgegenblickt, zu meistern. Beeindruckt zeigten sich alle Beteiligten von dem detaillierten Wissen der Juristin über die FVA und ihre Tätigkeitsfelder.

### Länderübergreifend für den Moorschutz

Breit gefächert war das Publikum auf der gemeinsamen Moorschutztagung der vier Landesinstitutionen aus Baden-Württemberg (FVA,



Abb. 3: Blick in das Haidgauer Torfstichgebiet im Wurzach Ried  
(Foto: Julia Raddatz/LUBW)



Abb. 4: Exkursion bei winterlichen Wetterverhältnissen  
(Foto: Bodo Krauß/UM)

LUBW) und Bayern (LfU, LWF) am 26. und 27. April 2017 in Biberach: Rund 140 Vertreterinnen und Vertreter aus baden-württembergischen und bayerischen Ministerien, aus der regionalen Politik, dem amtlichen Naturschutz, den Land-, Forst- und Wasserwirtschaftsverwaltungen, von Planungsbüros und aus den Bereichen Naturschutz sowie Land- und Forstwirtschaft und Tourismus. Die Veranstaltung sei ein Musterbeispiel für die erfolgreiche und wegweisende Zusammenarbeit der Forst- und Naturschutzverwaltungen der beiden Länder, darüber waren sich in ihren Grußworten einig: der baden-württembergische Forstminister Peter Hauk, der Präsident der bayerischen Landesanstalt für Umwelt Claus Kumutat stellvertretend für die bayerische Umweltministerin Ulrike Scharf, der Staatssekretär im baden-württembergischen Umweltministerium Dr. Andre Baumann, sowie Dr. Stefan Nüßlein aus dem bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

In beiden Bundesländern findet man Moore vor allem im Alpenvorland und in den Mittelgebirgen. Die naturräumlichen und historischen Gegebenheiten der Moornutzung und des Moorschutzes sind sehr

ähnlich, weshalb die Forst- und Umweltverwaltungen Süddeutschlands seit Jahren zunehmend zusammenarbeiten. Der Moorschutz bildet einen Schwerpunkt sowohl in der Naturschutzstrategie für Baden-Württemberg, als auch im Klimaschutzprogramm Bayern 2050. Beispielsweise wird derzeit gemeinsam das „Handbuch Moorschutz“ geschrieben, gleichzeitig ein Teilprojekt der Moorschutzkonzeption Baden-Württemberg, welche unter Federführung der Naturschutzverwaltung als Umsetzungsprojekt der Naturschutzstrategie des Landes entsteht. Die Zweckmäßigkeit und der Wunsch, die länderübergreifende Zusammenarbeit weiter auszubauen, war allen Grußworten zu entnehmen. Auch die Tagung trug dazu bei, die Zusammenarbeit der Fachverwaltungen beider Länder sowie den fachlichen Austausch zwischen den Teilnehmenden zu fördern.

Im Vergleich zum moorreichen Bayern braucht sich Baden-Württemberg als „zwar ein kleines, dafür aber ein ausgesprochen feines Moorland“ dennoch nicht zu verstecken, meinte Minister Hauk: Die Moorfläche betrage ungefähr 45.000 Hektar, damit nur 1,3% der Landesfläche Baden-Württembergs. Das Wurzach Ried

(ein Exkursionsobjekt am zweiten Veranstaltungstag) sei dafür das Naturschutzgebiet des Landes mit dem größten zusammenhängenden noch intakten Hochmoorkomplex Mitteleuropas. Das weiter nördlich liegende Naturschutzgebiet Federsee gelte als das größte zusammenhängende Moorgebiet Südwestdeutschlands, bekannt vor allem für seine Vogelwelt und seine kulturhistorischen Funde bis zurück zur Steinzeit. Die meisten Moore kommen in Oberschwaben, im Schwarzwald und auf der Baar vor.

Das Spektrum der angeschlossenen Vorträge reichte von der Bedeutung der Moore für den Klima- und Artenschutz bis zu neuen Ansätzen zum Moorschutz, welche naturschutzfachliche, politische, nutzungsbedingte, kulturhistorische und klimarelevante Aspekte berücksichtigten und zusammenführten.

Eine länderübergreifende Exkursion (Abb. 3 und 4) in das bayerische Schorenmoos und das baden-württembergische Wurzach Ried am folgenden Tag vertiefte die Vortragsthemen mit praktischen Beispielen rund um die Erhaltung und Wiedervernässung der Moore, und bot so einen Rahmen für einen weiteren Erfahrungsaustausch und Diskussion.



Abb. 5: Ulrich Schraml (rechts) bei der Jahreskonferenz des Rates für Nachhaltige Entwicklung (Foto: David Ausserhofer/Rat für Nachhaltige Entwicklung)

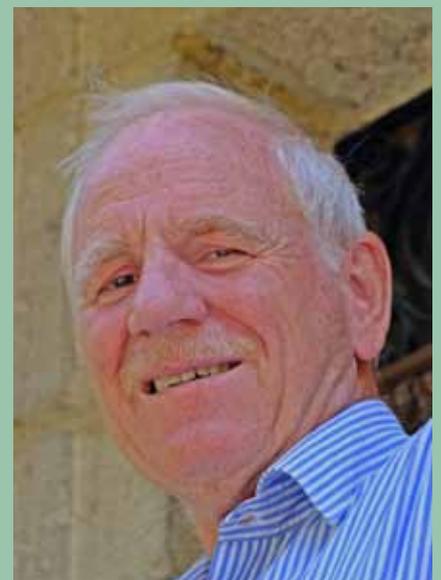


Abb. 6: Hansjochen Schröter (Foto: Thomas Weidner)

### Baden-Württembergische Erfahrungen nach Berlin getragen

Wissen – Wählen – Wünschen war das Motto der 17. Jahreskonferenz des Rates für Nachhaltige Entwicklung, in dem Prof. Dr. Ulrich Schraml, Leiter der Abteilung Wald und Gesellschaft der FVA, seit November 2016 Mitglied ist. Die Konferenz fand Ende Mai in Berlin statt. Vor allem der Besuch der Kanzlerin mit ihrer durchwachsenen Zwischenbilanz zur Nachhaltigkeitspolitik der Bundesregierung rückte das Ereignis ins Interesse der Öffentlichkeit. Die Regierungschefin machte deutlich, dass der Handlungsbedarf in den meisten Politikfeldern weiterhin groß ist, wenn Deutschland sich an den internationalen Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen ausrichten möchte. Dass für die in der Hauptstadt versammelten Fachleute aus Politik, Wissenschaft und Unternehmen die historischen Vorbilder der nachhaltigen Ressourcennutzung keine prominente Rolle mehr spielen, ließ sich an nahezu allen Statements der Beteiligten ablesen. Das Augenmerk liegt auf den internationalen Herausforderungen vor allem in Afrika sowie den Bedürfnissen einer urbanen Gesellschaft in

Bereichen wie Ernährung, Konsum oder Geldanlage. Vor allem die aktuellen Herausforderungen der Städte ergaben daher die Möglichkeit, Erfahrungen aus Baden-Württemberg mit den Besuchenden aus ganz Deutschland zu teilen. Der frühere Stuttgarter OB Wolfgang Schuster und Ulrich Schraml waren Gastgeber eines Forums zum Thema nachhaltige Stadtentwicklung. Unter der Überschrift „Städte - alles Smart City oder was?“ diskutierten die beiden Ratsmitglieder mit ihren Gästen auch über die Bedeutung stadtnaher Waldflächen, die Potenziale des Holzbaus sowie die Erfahrungen mit Bürgerbeteiligung im Rahmen der Diskussion um Stuttgart 21. Das aktuelle Forschungsvorhaben der FVA zu den Ökosystemleistungen urbaner Wälder stieß in diesem Kontext auf großes Interesse. Macht es doch den Beitrag der Bäume und der Forstleute zur nachhaltigen Stadtentwicklung mit modernen Methoden deutlich.

### Hansjochen Schröter 70 Jahre

23 Jahre leitete er die Abteilung Waldschutz der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), seit fünf

Jahren ist er im Ruhestand: Am 3. Juni 2017 vollendete Dr. Hansjochen Schröter sein 70. Lebensjahr. Schröter wurde in Triberg im Schwarzwald geboren, studierte in Freiburg und Wien und promovierte in Freiburg. Darauf folgend war Schröter Forstreferendar in der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, wo er im Ausbildungsvorstam Schopfheim erste Erfahrungen in der forstlichen Praxis sammelte. Nach dem Staatsexamen 1977 war er mit der Erstellung des Forstlichen Rahmenplans für den Stadtkreis Baden-Baden befasst, bevor er 1980 zum ersten Mal eine Tätigkeit an der FVA als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Waldschutz aufnahm. Nach einer Zwischenstation von 1986 bis 1989 als stellvertretender Forstamtsleiter im nordwürttembergischen Forstamt Gaildorf kam er zurück an die FVA und übernahm die Leitung der Abteilung Waldschutz. Im August 2012 trat Schröter in den Ruhestand. Seine dienstlichen Leistungen wurden anlässlich seiner Pensionierung in FVA-einblick 2/2012 gewürdigt. Die FVA-einblick-Redaktion gratuliert Hansjochen Schröter noch nachträglich zu seinem runden Geburtstag und wünscht ihm Gesundheit und Zufriedenheit für die nächste Dekade.