



Das Lebensministerium



## Landwirtschaftlicher Bodenschutz

Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft  
Heft 10 – 9. Jahrgang 2004

Freistaat  Sachsen  
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft



**Landwirtschaftlicher Bodenschutz in Sachsen**

**Tagungsband zur Fachveranstaltung der  
Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
und des  
Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG)**

am 9. November 2004 in Leipzig



## **Inhaltsverzeichnis**

Dr. Hartmut Schwarze, Präsident der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) <b>Vorwort</b>	<b>1</b>
Dr. Walter Schmidt (LfL) <b>Bodenschutz in der Landwirtschaft – Handlungsempfehlungen in Sachsen</b>	<b>3</b>
Karin Marschall, Henning Stahl (LfL) <b>Vorsorge zum Bodengefügeschutz</b>	<b>11</b>
Dr. Olaf Nitzsche, Dr. Berno Zimmerling (LfL) <b>Erosionsminderung durch konservierende Bodenbearbeitung – Potenziale und Perspektiven</b>	<b>21</b>
Herwig Vopel, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) <b>Der Bodenschutz in der Agrarumweltförderung</b>	<b>33</b>
Heinz-Friedrich Schönleber, Schönleber GbR <b>Landwirtschaftlicher Bodenschutz in Sachsen aus Sicht der Praxis</b>	<b>37</b>
Dr. Thomas Kreuter, Dr. Olaf Nitzsche (LfL) <b>Bedeutet pfluglose Bodenbearbeitung gleichzeitig Förderung der Biodiversität?</b>	<b>41</b>
Dr. Steffen Zacharias (LfL) <b>Konservierende Bodenbearbeitung und Hochwasserschutz – Bodenphysikalische Aspekte</b>	<b>53</b>
Enrico Thiel (LfL) <b>Einzugsgebietsbezogene Abschätzung der Sediment- und partikelgebundenen Phosphorfrachten von landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Hilfe des Modells EROSION 3D, Beispiel Talsperre Saidenbach</b>	<b>65</b>
Marek Kornmann (LfL) <b>Umsetzung erosionsmindernder und hochwasserreduzierender Maßnahmen auf Einzugsgebietsebene am Beispiel des Stausees Baderitz</b>	<b>79</b>



## Vorwort

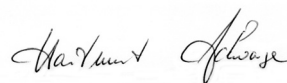
Mit dem vorliegenden Tagungsband zur Veranstaltung „Landwirtschaftlicher Bodenschutz in Sachsen“ vom 9. November 2004 möchten die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft und das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie das Vorgehen und den aktuellen Stand der Umsetzung des landwirtschaftlichen Bodenschutzes in Sachsen dokumentieren. Im Mittelpunkt der Vortragsveranstaltung standen Darstellung und Bewertung innovativer Maßnahmen zur Minderung der Bodenerosion, zum Bodengefügeschutz und zum Schutz des Bodenlebens.

Der Boden erfüllt vielfältige Funktionen im Naturhaushalt und ist eine nicht vermehrbare Ressource. Der Schutz des Bodens vor schädlichen Veränderungen ist daher eine vordringliche gesellschaftliche Aufgabe. Zu den Leitbildern des vorsorgenden Bodenschutzes gehört die Erhaltung der Leistungsfähigkeit der Böden und ihrer natürlichen Funktionen. Hierzu legt das Bundes-Bodenschutzgesetz die Anforderungen zur Vorsorge gegen schädliche Bodenveränderungen und zur Gefahrenabwehr fest. Das Gesetz formuliert auch die Grundsätze der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung.

Die Strategie zur Umsetzung des Bodenschutzes in der sächsischen Landwirtschaft beruht auf einem partnerschaftlichen Miteinander von Landwirten und Landwirtschafts- und Umweltverwaltung. Ziel ist es, auf Basis von Beratung, Weiterbildung, Förderung und Motivation die Kreativität und Innovationskraft der landwirtschaftlichen Betriebe zu nutzen, um neuen boden- und umweltschonenden Maßnahmen zur breiten Anwendung zu verhelfen.

Ein gutes Beispiel für das Miteinander landwirtschaftlicher und gesellschaftlicher Interessen ist die konservierende Bodenbearbeitung, deren Umsetzung in Sachsen bereits auf über 30 % der Ackerfläche erfolgt. Grundlage hierfür ist, neben dem Bewusstsein der Landwirte zur Notwendigkeit des Bodenschutzes, auch die Weiterentwicklung von praxisgerechten Empfehlungen für den Pflugverzicht und eine zielgerichtete Förderung durch das Agrarumweltprogramm „Umweltgerechte Landwirtschaft“.

Der in Sachsen eingeschlagene Weg zur umfassenden Umsetzung des landwirtschaftlichen Bodenschutzes erweist sich als erfolgreich und soll auch in Zukunft in enger Zusammenarbeit mit der landwirtschaftlichen Praxis fortgesetzt werden. Der auf Basis der Veranstaltung „Landwirtschaftlicher Bodenschutz in Sachsen“ hier vorgelegte Tagungsband bietet die Möglichkeit zur Information über den aktuellen Stand und die Perspektiven des Bodenschutzes und soll als Diskussionsgrundlage bei der weiteren Umsetzung dienen.



Dr. Hartmut Schwarze  
Präsident der Sächsischen  
Landesanstalt Landwirtschaft





## **Bodenschutz in der Landwirtschaft – Handlungsempfehlungen in Sachsen**

Walter Schmidt, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft,  
Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

### **1 Einleitung**

Im Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) ist neben der Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderung auch die Abwehr von Gefahren aus schädlichen Bodenveränderungen rechtlich geregelt. Ziel des vorsorgenden Bodenschutzes nach § 1 BBodSchG ist es, bei Einwirkungen auf den Boden (z. B. bei landwirtschaftlicher Nutzung), Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen soweit als möglich zu vermeiden (BMVEL 2001). Art und Umfang der Vorsorge zum Schutz der Böden ist im § 7 BBodSchG erläutert. Die Vorsorgepflicht wird durch die Einhaltung der Grundsätze der guten fachlichen Praxis erfüllt (§ 17, 2 BBodSchG). Hierzu zählen u. a., dass die Bodenbearbeitung standortangepasst erfolgt, Bodenabträge durch Wasser und Wind sowie Bodenverdichtungen möglichst vermeiden und die Bodenstruktur, die natürliche biologische Aktivität sowie der Humusgehalt des Bodens erhalten bzw. verbessert werden. Darüber hinaus ergeben sich aus der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (Erhaltung einer guten Wasserqualität) sowie der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie der EU (Verschlechteungsverbot für landwirtschaftlich genutzte Flächen in ausgewiesenen FFH-Gebieten) Anforderungen an den Landwirt im Hinblick auf den vorsorgenden Bodenschutz bezüglich Vermeidung von Bodenerosion bzw. von Bodengefügeschäden. Im Rahmen der zukünftigen Gemeinsamen Agrarpolitik der EU sind Landwirte, die ab 2005 Direktzahlungen beantragen, verpflichtet, im Sinne von Cross Compliance Grundanforderungen bei der Be-

triebsführung einzuhalten sowie Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand zu erhalten. Hierbei müssen u. a. auch Bodenschutzaspekte berücksichtigt werden. Hier sollen zukünftig zur Vermeidung der Bodenerosion Mindestanforderungen an die Bodenbedeckung aufgestellt und geeignete, an die standortspezifischen Bedingungen angepasste Mindestpraktiken der Bodenbearbeitung festgelegt werden. Gleichzeitig hat der Landwirt durch die Beachtung entsprechender Vorgaben die organische Substanz zu erhalten und die Bodenstruktur zu schützen.

Modellierungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel prognostizieren für Sachsen, neben milderem Wintern und deutlich wärmeren Sommern sowie einer Abnahme der Niederschläge im Frühjahr und Sommer, eine Zunahme von extremen Niederschlags- bzw. Starkregenereignissen. Aus letzterem ergibt sich ein zusätzlicher Optimierungsbedarf für vorsorgende Schutzmaßnahmen gegen Wassererosion auf Ackerflächen. Ergänzend dazu gilt es, diese optimierten Erosionsschutzmaßnahmen auf Ackerflächen als Beitrag der Landwirtschaft zum vorsorgenden Hochwasserschutz zu nutzen. Im Folgenden wird dargestellt, auf welche Art und Weise diesen Anforderungen bezüglich des landwirtschaftlichen Bodenschutzes entsprochen werden kann.

## **2 Nichtstofflicher landwirtschaftlicher Bodenschutz in Sachsen**

### **2.1 Handlungsfeld Bodenerosion**

Bezüglich der Vermeidung von Bodenerosion besteht in Sachsen großer Handlungsbedarf. So sind annähernd 450 Tsd. ha Ackerland (rund 60 % der sächsischen Ackerfläche) durch Wassererosion sowie rund 150 Tsd. ha Ackerfläche (entsprechend ca. 25 % der Ackerflächen) durch Winderosion potenziell bedroht und z. T. jährlich betroffen. Der erhebliche Umfang erosionsgefährdeter Flächen ist auf den großen Anteil landwirtschaftlich genutzter Flächen in Sachsen zurückzuführen. So werden gut 50 % Sachsens landwirtschaftlich genutzt, wobei der Ackerflächenanteil bei rund 80 % liegt. Ursache hierfür sind u. a. die in Sachsen weit verbreiteten, vorrangig ackerbaulich genutzten schluffreichen, und damit sehr verschlammungsanfälligen Lößböden. In Verbindung mit einem z. T. sehr bewegten Relief (z. B. im Sächsischen Lößhügelland) führt dies zu einer potenziell hohen Gefährdung durch Wassererosion. Als erosionsgefährdet eingestuft werden müssen, neben Zuckerrüben und Mais, auch die im Spätsommer bzw. Frühherbst gesäten Fruchtarten Winterraps und Wintergetreide. Winterweizen ist, insbesondere bei schlechter Vorwinterentwicklung, von Wintererosion als Folge von Schneeschmelze bzw. Regenfällen auf gefrorenen Boden betroffen. Hieraus folgt: Erosionsschutzmaßnahmen müssen in Sachsen nicht nur zu einzelnen Fruchtarten, sondern im Sinne der Vorsorge vor Bodenerosion, möglichst dauerhaft im gesamten Fruchtfolgeverlauf praktiziert werden.

### **2.2 Handlungsfeld Bodengefügeschutz**

Sowohl Acker- als auch Grünlandböden werden im Rahmen bewirtschaftungsbedingter Befahrung geknetet, gesichert und verdichtet. Dies kann zu schädlichen Wirkungen z. B. für die Funktionsfähigkeit von Böden in Bezug auf Wasserversickerung, Durchlüftung, Durchwurzelbarkeit usw. führen.

Aus diesen Gründen sind vorsorgende gefügeschonende bzw. –schützende Maßnahmen unerlässlich. Die Umsetzung erosionsmindernder sowie gefügeschonender Maßnahmen in Sachsen wird nachfolgend dargestellt.

## **3 Empfohlene Bodenschutzmaßnahmen**

Leitgedanke des landwirtschaftlichen Bodenschutzes in Sachsen ist der partnerschaftliche Ansatz zwischen Landwirtschaft, Fachberatung und angewandter Forschung zur Entwicklung und Umsetzung praxiserer bodenschonender Maßnahmen. Nur auf diese Weise ist eine umfassende und dauerhafte Anwendung bodenschonender Maßnahmen zu erreichen. Im Folgenden werden die in Sachsen empfohlenen landwirtschaftlichen Bodenschutzmaßnahmen dargestellt.

### **3.1 Maßnahmen zum Schutz vor Wassererosion**

Zu den wirksamsten Maßnahmen des vorsorgenden landwirtschaftlichen Erosionsschutzes gemäß § 17 BBodSchG zählt die konservierende, d. h. die pfluglose Bodenbearbeitung (Sommer 1999; Erläuterung s. Übersicht 1). Der Bodenabtrag und der Oberflächenabfluss werden durch die konservierende Bodenbearbeitung gegenüber gepflügten Flächen deutlich gemindert (s. Beitrag von O. Nitzsche und

B. Zimmerling in diesem Tagungsband). Verantwortlich hierfür ist der im Vergleich zu gepflügten Flächen höhere Humusgehalt und die größere Aggregatstabilität in der Oberkrume sowie die höhere Mulchbedeckung konservierender bestellter Flächen (Tabelle 1). Die Mulchauflage ihrerseits fördert wiederum die biologische Aktivität des Bodens z. B. in Form eines höheren Regenwurmbesatzes bzw. einer höhe-

ren mikrobiologischen Aktivität (s. Beitrag von T. Kreuter in diesem Tagungsband) (Krück et al. 2001; Nitzsche et al. 2002). Dies hat seinerseits eine höhere Aggregatstabilität zur Folge (Tabelle 1), was die Erosion mindert bzw. verhindert.

#### **Übersicht 1: Definition der Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren (nach KTBL 1998)**

##### **Konventionelle – wendende Bodenbearbeitung**

Lockerung und Wendung des Bodens mit dem Pflug auf Krumentiefe (bis ca. 30 cm Bodentiefe), Herstellung einer unbedeckten Bodenoberfläche für die störungsfreie Drillsaat der Folgefrucht.

##### **Konservierende – nichtwendende Bodenbearbeitung**

Lockerung des Bodens mit nichtwendenden Bearbeitungsgeräten (z. B. Grubber, Scheibeneggen usw.), Belassen einer mit Pflanzenresten (Mulch) bedeckten Bodenoberfläche für die Mulchsaat der Folgefrucht.

##### **Direktsaat**

Aussaart der Folgefrucht mit Direktsäegeräten ohne Bearbeitung der Ackerfläche.

Besonders gut kommen die in Tabelle 1 dargestellten Vorteilswirkungen pflugloser Bestellverfahren zum Tragen, wenn diese dauerhaft und konsequent im gesamten Fruchtfolgeverlauf praktiziert werden. Die höhere Aggregatstabilität und der höhere Regenwurmbesatz (Tabelle 1) als Voraussetzungen für höhere Infiltrationsraten und einen dadurch verringerten Wasserabfluss und Bodenabtrag können sich nur so entwickeln.

Eine intensive Bearbeitung erhöht auch bei konservierender Bodenbearbeitung die Wassererosion infolge steigender Verschlammungsfähigkeit und geringerer Mulchbedeckung (Tabelle 1). Der Erhalt der Bodengare und der Mulchbedeckung der Vorfrüchte erfordert daher eine in Bezug auf die Anzahl der Arbeitsgänge und die Bearbeitungsintensität angepasste konservierende Bodenbearbeitung.

**Tabelle 1: Vergleich verschiedener Parameter nach konventioneller und achtjährig konservierender Bodenbearbeitung (Parzellenversuchsergebnisse, Sächsisches Lösshügelland)**

	Pflug	Konservierende Bodenbearbeitung	Direktsaat
Mulchbedeckung [%]	1	13	77
Organische Substanz [%]	2,0	2,6	2,5
Aggregatstabilität [%]	30	43	49
Regenwürmer [Ind./m <sup>2</sup> ]	125	312	358
Makroporen [Anzahl./m <sup>2</sup> ]	264	493	775

In der Summe stellt die dauerhafte konservierende Bodenbearbeitung, auch auf Grund ihrer flächenhaften Wirkung und ihrer Umsetzbarkeit durch Landwirte, die zentrale Maßnahme eines wirksamen und umfassenden Erosionsschutzes auf Ackerflächen dar. In diesem Sinne wird die dauerhafte konservierende Bodenbearbeitung in Sachsen durch die Fachberatung empfohlen und im Rahmen des Programms Umweltgerechte Landwirtschaft des Freistaates Sachsen gefördert.

In Ergänzung zur dauerhaft konservierenden Bearbeitung werden im Einzelfall nachstehende passive Erosionsschutzmaßnahmen empfohlen:

- Hangquerbearbeitung, Konturbearbeitung,
- Hanggliederung bzw. Schlagunterteilung/-neugestaltung,
- Dauerbegrünung (Grünland, Wald), Begrünung von Hangrinnen.

Die Entscheidung über die Umsetzung dieser passiven Erosionsschutzmaßnahmen kann nur auf Grundlage einer einzelfallbezogenen Prüfung der Erosionsprozesse auf Ackerschlägen bzw. auf Einzugsgebietsebene getroffen werden. Ein wichtiges Werkzeug stellt hier das in Sachsen verfügbare Erosionssimulationsmodell EROSION 3D (Schmidt et al. 1996) dar. Hiermit ist auf Einzugsgebietsebene eine Abschätzung der Erosionsprozesse in Abhängigkeit der natürlichen Gegebenheiten (Bodenart, Relief, Landnutzung usw.), des Bodenzustandes (Lagerungsdichte, Bodenfeuchte usw.), der angebauten Fruchtarten, der Bodenbearbeitung (konventionell, konservierend) uvm. möglich. Gleichzeitig erlaubt das Modell EROSION 3D die Überprüfung der Wirksamkeit passiver Erosionsschutzmaßnahmen in Abhängigkeit ihrer Verortung im Einzugsgebiet (s. a. Beitrag von E. Thiel im vorliegenden Tagungsband).

## Übersicht 2: Maßnahmen des vorsorgenden Bodengefügeschutzes in der Landwirtschaft

### Pflanzenbauliche Maßnahmen

- Verbesserung der Tragfähigkeit von Böden z. B. durch konservierende Bodenbearbeitung,
- Verbesserung der Wasserführung von Böden z. B. durch konservierende Bodenbearbeitung,
- Beachtung der Tragfähigkeit von Böden.

### Landtechnische Maßnahmen

- Fahren außerhalb der Furche beim Pflügen (Onland-Pflügen),
- Reifenverbreiterung (Einsatz von Zwillings- bzw. Breitreifen zur Vergrößerung der Aufstandsfläche) insbesondere bei Schleppern, Mähdreschern, Transportfahrzeugen usw.,
- Reifenverbreiterung durch Absenken des Reifeninnendruckes mit Reifendruckregelanlage,
- Anlage von Regelspuren,
- Begrenzung der mechanischen Belastung,
- Zusammenlegen von Arbeitsgängen bzw. Reduktion der Feldüberfahrten bodenfeuchteabhängig auf das absolut notwendige Maß.

### 3.2 Maßnahmen zum Bodengefügeschutz

Vorsorgemaßnahmen gegen schädliche Bodenverdichtungen bzw. Gefügeschäden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen bilden einen weiteren Schwerpunkt der Arbeit der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Im Mittelpunkt der Facharbeit und der Fachberatung steht die Anwendung gefügeschonender Vorsorgemaßnahmen, die den Bodendruck durch Maschinen mindern sowie die Tragfähigkeit des Bodens erhöhen.

Beim Bodengefügeschutz ist, wie aus Übersicht 2 ersichtlich wird, zwischen pflanzenbaulichen und landtechnischen Maßnahmen zu unterscheiden (Stahl und Gierke 2002). Aus pflanzenbaulicher Sicht ist vor allem für eine stabile Bodenstruktur mit einer guten Funktionalität zu sorgen. Eine gute Durchwurzelbarkeit fördert diese Strukturbildung. Hierzu ist die konservierende Bodenbearbeitung besonders geeignet. Sie bewirkt eine hohe Tragfähigkeit bei gleichzeitig guter Funktionalität des Porengefüges.

Für den Landwirt ist dies an den flacheren Fahrspuren auf konservierend bestellten Flächen ablesbar. Gleichzeitig weisen konservierend bestellte Flächen infolge der besseren Wasserinfiltration eine bessere Wasserableitung auf. Damit trocknen konservierend bestellte Flächen in der Krume rascher ab, was ebenfalls eine gefügeschonendere Befahrung ermöglicht. Aus diesen Gründen wird die konservierende Bodenbearbeitung als zentrale Maßnahme des vorsorgenden Bodengefügeschutzes in Sachsen empfohlen.

Aus landtechnischer Sicht gibt es eine Reihe von Möglichkeiten (s. Übersicht 2), die standort- und betriebsspezifisch sinnvoll sein können (Stahl und Gierke 2002):

- Onland-Pflügen: Dieses Pflugverfahren ist eine einfache Maßnahme, um beim Pflügen Sohlenbildungen sowie Krumenbasis

verdichtungen durch die Furchenräder zu vermeiden. Wird Onland-Pflügen mit einem Absenken der Pflugtiefe auf 10 bis 15 cm verbunden, gelingt ein fließender Übergang zur konservierenden Bodenbearbeitung. So wird nicht nur eine Entlastung des Gefüges im Unterboden erzielt, sondern auch seine Stabilität erhöht.

- Absenken des Reifeninnendruck: Kontaktflächendrücke und damit auch Bodendrücke von Schleppern, Ernte- und Transportfahrzeugen können gesenkt werden, indem durch das Anpassen des Reifeninnendruckes an den jeweiligen Arbeitsgang die Reifenaufstandsfläche vergrößert wird. Integrierte Reifendruckregelanlagen ermöglichen eine einfache und schnelle Anpassung des Reifeninnendruckes an die Last und die jeweiligen Arbeitsbedingungen. Die Druckregler sind allerdings nicht sehr verbreitet, da vor allem in hügeligen Regionen noch Vorbehalte bezüglich der Fahrstabilität und dem Rutschen des Reifens auf der Felge besteht.
- Reifenverbreiterung: Durch den Einsatz von Breit- sowie Zwillingsreifen kann ein sehr wirksamer Beitrag zu vorbeugendem Bodengefügeschutz erreicht werden. So kann insbesondere bei schweren Maschi-

nen durch eine überproportionale Erhöhung der Reifenaufstandsfläche (z. B. durch Zwillingsbereifung) die Tiefenwirkung der Radlast der Stabilität des Unterbodens angepasst werden.

- Auch bei allen übrigen Arbeitsgängen, vor allem bei Pflanzenschutz und Düngung, wirkt eine Verbreiterung der Reifenaufstandsfläche in Form von Zwillings-, Terra- und Breitreifen insbesondere im Unterboden deutlich gefügeschonend.

In Sachsen werden die in Übersicht 2 aufgeführten Maßnahmen des vorsorgenden Gefügeschutzes durch Beratung vermittelt. Im Sinne eines wirksamen Gefügeschutzes muss die Auswahl gefügeschonender Maßnahmen standort- und betriebsspezifisch erfolgen. Grundlage hierfür bildet zukünftig die Erstellung einer betrieblichen Schwachstellenanalyse zur mechanischen Bodenbelastung. Diese dient als Entscheidungshilfe zum gefügeschonenden Maschineneinsatz und zur Auswahl der Fahrwerksausstattung z. B. bei Investitionen, Umbzw. Neubereifungen etc. Nähere Erläuterungen zur einzelbetrieblichen Schwachstellenanalyse im Hinblick auf die mechanische Bodenbelastung finden sich im Beitrag von K. Marschall im vorliegenden Tagungsband.

### Übersicht 3: Strategien zur Förderung der konservierenden Bodenbearbeitung in Sachsen

- Beratung (z.B. zu acker- und pflanzenbaulichen Fragen)
  - Berater der Ämter für Landwirtschaft
  - LfL-Internetportal „Boden“ ([www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/boden](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/boden))
  - Maschinenvorfürungen und Feldtage
- Akzeptanzsteigerung durch Demonstration der Wirkungen bodenschonender Maßnahmen (z. B. konservierende Bodenbearbeitung)
- Mitarbeit in regionalen Arbeitskreisen von Landwirten zu bodenschonender Bewirtschaftung
- Fachinformationen durch 16 Konsultationsbetriebe
- Förderung der konservierenden Bodenbearbeitung, von Zwischenfruchtanbau und von Untersaaten durch das Förderprogramm Umweltgerechte Landwirtschaft.

#### 4 Beratungs- und Untersuchungsbedarf

Bei der konservierenden, d. h. pfluglosen Bestellung als der zentralen Maßnahme eines nachhaltigen Erosions- und Bodengefügeschutzes in der Landwirtschaft handelt es sich um ein gänzlich neues Anbauverfahren. Der Bodengefügeschutz stellt zudem hohe Anforderungen an die Landtechnik. Daher besteht in Sachsen im Erosions- und Bodengefügeschutz ein erhöhter Untersuchungs- und Beratungsbedarf, insbesondere bezüglich:

- Strohmanagement und Stallmistanwendung,
- Stoppel- und Grundbodenbearbeitung,
- Saatbettbereitung,
- Aussaattechnik,
- Durchwuchs-, Unkraut- und Ungrasregulierung (z. B. Distel, Tresse),
- Krankheits- (z. B. Fusariuminfektionen) und Schädlingsmanagement (z. B. Schnecken, Mäuse),
- Düngungsstrategie,
- Kontaktflächendruck und Bodenbelastbarkeit.

In Zusammenarbeit mit Landwirten werden von den landwirtschaftlichen Fachbehörden Sachsens (Ämter für Landwirtschaft, Sächsische

Landesanstalt für Landwirtschaft) hierzu Lösungs- bzw. Anpassungsstrategien erarbeitet. Eine Unterstützung der konservierenden Bodenbearbeitung findet sich im Programm Umweltgerechte Landwirtschaft des Landes Sachsen. Zur umfassenden Umsetzung der zentralen Bodenschutzmaßnahme Konservierende Bodenbearbeitung werden die in Übersicht 3 aufgeführten Strategien verfolgt.

#### 5 Schlussfolgerungen

Der Schutz des Bodens vor Erosion und Bodenschadverdichtung ist eine existenzsichernde Aufgabe der Landwirtschaft. Im Mittelpunkt der sächsischen Bodenschutzstrategie steht der partnerschaftliche Ansatz zwischen Landwirten, Fachberatung und Wissenschaft zur Entwicklung und Umsetzung praxisingerechter bodenschonender Maßnahmen. Die dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung vermindert bzw. verhindert Bodenerosion und sie trägt sehr wirksam, in Kombination mit weiteren landtechnischen Maßnahmen (Reifenverbreiterung, Absenken des Reifeninnendruckes usw.), zum Bodengefügeschutz bei. Sie verbindet Vorsorge und Gefahrenabwehr in idealer Weise. Sie bildet so die zentrale Maßnahme eines nach-

haltigen Erosions- und Gefügeschutzes in der landwirtschaftlichen Praxis im Sinne des Bundes-Bodenschutzgesetzes mit direkten Wirkungen für den Gewässer- und Hochwasserschutz. Aus diesen Gründen stellt die konservierende Bodenbearbeitung eine zukunftsweisende und –sichernde Weiterentwicklung des Ackerbaus dar.

Die konservierende Bodenbearbeitung wird als zentrale bodenschützende Maßnahme von den landwirtschaftlichen Fachbehörden in Sachsen empfohlen und im Rahmen des Programms Umweltgerechte Landwirtschaft gefördert. Aktuell wird sie in großem und stark steigendem Umfang praktiziert. Bei der dauerhaft konservierenden Bodenbearbeitung handelt es sich um ein neuartiges Anbausystem. Dies macht die Prüfung und Demonstration von angepassten acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen erforderlich. Ähnliches gilt auch für den Bodengefügeschutz. Dieser erfolgt zukünftig auf Grundlage der Schwachstellenanalyse, bei der betriebsspezifische Lasteinträge mit Hilfe des Vorbelastungswertes im Hinblick auf ihre Gefügewirkung eingeschätzt werden können. Die Beratung zum landwirtschaftlichen Bodenschutz, im Sinne der anhaltenden Akzeptanz-

förderung, behält auch in Zukunft eine hohe Relevanz.

## 6 Literatur

- BMVEL (2001): Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.), Bonn, 104 S.
- Krück, S., Nitzsche, O. und W. Schmidt (2001): Regenwürmer vermindern Erosionsgefahr. Landwirtschaft ohne Pflug, 1/2001, S. 18-21.
- KTBL (1998): Bodenbearbeitung und Bodenschutz – Schlussfolgerungen für gute fachliche Praxis. Arbeitspapier 266, 130 S.
- Nitzsche, O., Krück, S., Zimmerling, B. und W. Schmidt (2002): Boden- und gewässerschonende Landbewirtschaftung in Flusseinzugsgebieten. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 11 – 7. Jahrgang, S. 1-22.
- Schmidt, J., von Werner, M., Michael, A., Schmidt, W. (1996): EROSION 2D/3D - Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser: Hrsg.: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden-Pillnitz und Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Freiberg/Sachsen.
- Sommer, C. (1999): Konservierende Bodenbearbeitung – ein Konzept zur Lösung agrarrelevanter Bodenschutzprobleme. Bodenschutz 1/1999, S. 15-19.
- Stahl, H. u. Gierke, U. (2002): Wie Sie hohen Bodendruck verringern können. Top Spezial Heft 8/2002.



## Vorsorge zum Bodengefügeschutz

Karin Marschall, Henning Stahl, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft,  
Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

### 1 Einleitung und Problemstellung

Bodengefügeveränderungen (Bodenschadverdichtung) werden in der öffentlichen Diskussion neben der Bodenerosion als vorrangiges bodenphysikalisches Problem der Landwirtschaft angesehen. In Ackerböden stehen vor allem die Schadverdichtungen in Form von Krumenbasis- und Unterbodenverdichtung im Mittelpunkt des Interesses. Pflugeinsatz bei feuchten Bodenbedingungen sowie Befahrung des Bodens mit hohen Maschinenlasten bergen das Risiko von schädlichen Gefügeveränderungen bis in Tiefen des Bodens, die mit der üblichen Bearbeitung nicht mehr erreicht werden.

Um die Bodenfunktionen nachhaltig zu sichern, müssen Schadverdichtungen vorsorgend vermieden werden. § 17 des BBodSchG formuliert dazu die Vorgaben im Rahmen der guten fachlichen Praxis. Für die Beratung und weitere Konkretisierung der guten fachlichen Praxis wurde dazu eine betriebsbezogene Entscheidungshilfe zum bodengefüge-schonenden Maschineneinsatz erarbeitet. Grundlagen bilden Untersuchungen zur Verdichtungsempfindlichkeit sächsischer Böden und zum Lasteintrag durch Maschinen. Ziel ist es den Status Quo des Bodengefüges langfristig zu erhalten.

### 2 Methoden

Untersuchungen zur Druckempfindlichkeit sächsischer Böden. Wird bei einer mechanischen Belastung die Eigenstabilität eines Bodenhorizontes nicht überschritten, ist die entstehende Verformung reversibel (elastisch). Die Gefügemerkmale bleiben erhalten. Bei Über-

schreitung der Eigenstabilität entstehen dagegen plastische Verformungen, da zur Einstellung eines neuen Spannungsgleichgewichts eine Erhöhung der Kornkontaktzahl notwendig ist (LEBERT 1989). Der Punkt an dem eine Drucksetzungskurve vom elastischen (Wiederverdichtungsbereich) zum plastischen Verformungsbereich (Erstverdichtungsbereich) übergeht, wird als "Vorbelastung" bezeichnet. Er wird nach einem Verfahren von CASAGRANDE (1936) bestimmt.

Die Vorbelastung [kPa] gibt also eine Orientierung zur Druckbelastbarkeit für den Bodenhorizont in dem sie ermittelt wird. Ein Überschreiten der Vorbelastung bedeutet unter Umständen, dass sich das Bodengefüge (weiter) verdichtet bzw. der Status Quo des Bodengefüges sich verändert. Da der Boden bei einem hohen Wassergehalt am druckempfindlichsten reagiert wurden die Vorbelastungen beim Feuchtegrad  $pF$  1,8 (d.h. nahe der Feldkapazität) und  $pF$  2,5 (ca. 80 % der Feldkapazität) bestimmt. Diese Feuchtegehalte kommen nach eigenen Untersuchungen häufig im Frühjahr und Herbst im Boden vor (STAHL & GIERKE, 2001).

Die Vorbelastung wurde anhand ungestörter Bodenproben im Labor ermittelt. An jeweils 6 Stechzylindern je Bodentiefe (20 und 40 cm Tiefe) wurden die Auflaststufen 10, 20, 40, 80, 120, 200, 300 und 500 kPa bei einer Belastungsdauer von 45 min auf den Boden aufgebracht. Schadverdichtete Böden (Luftkapazität  $LK \leq 8$  Vol-% in der Krume und  $LK \leq 5$  Vol-% im Unterboden oder eine gesättigte Wasserleitfä-

higkeit von  $K_f \leq 10 \text{ cm/d}$ , siehe WERNER & PAUL, 1999) wurden nicht in die Untersuchungen miteinbezogen.

### **2.1 Bodendruckmessungen bei dynamischer Belastung**

Ziel der Druckmessungen während einer Befahrung war es, die Druckausbreitung im Boden unter den Maschinen in Abhängigkeit der Maschinenparameter (Radlast, Reifenaufstandsfläche, Reifeninnendruck und Überfahrfrequenz) und Bodeneigenschaften (Feuchte, Bodenart und Bearbeitung) in die Tiefe festzustellen.

Für die Messungen wurden Druckdosen mit DMS (=Dehnungsmessstreifen) -Sensoren verwendet.

Die Bodendrücke (in kPa) werden in vertikaler Richtung erfasst. Pro Bodentiefe (20 und 40 cm) wurden jeweils 3 Sensoren seitlich in den ungestörten Boden eingebaut und anschließend die Bodengrube wieder verfüllt. Die Lage der Sensoren wurde an der Bodenoberfläche markiert, damit der Fahrer mit der Reifenmitte über die Sensoren steuern konnte. Die Maschinen und Geräte wurden im beladenen Zustand gemessen.

### **2.2 Berechnung zu erwartender Drücke**

Die Vielfalt von eingesetzten Maschinen in der Landwirtschaft ist so groß, dass die Bodenbelastung nur bei ausgewählten Maschinen gemessen werden kann. Deshalb wurde anhand der gemessenen Werte geprüft, inwieweit berechnete Werte gemäß dem DVWK-Merkblatt 234/1995 (nach NEWMARK) mit ihnen übereinstimmen. Als Grundlage für die Berechnungen

dienen die Maschinenparameter: statische Radlast, Reifenbreite und Reifendurchmesser (mittlere Kontaktfläche) sowie die Bodeneigenschaften: Bodenfeuchte, Bodenart und Vorbelastung, die anhand des „Konzentrationsfaktors“ (hier vereinfacht Konzentrationsfaktor  $v_k = 4$  für alle dargestellten Maschinen) in die Berechnung eingehen.

Da die Vorsorge gegen schädliche Bodengefügeveränderungen bei Ackerböden vor allem den Unterboden betrifft, richtete sich die Prüfung in erster Linie auf den Unterboden in 40 cm Bodentiefe.

## **3 Ergebnisse**

### **3.1 Druckempfindlichkeit sächsischer Ackerböden bei hoher Bodenfeuchte**

Insgesamt wurden die Vorbelastungen von 31 repräsentativen Ackerschlägen in Sachsen gemessen. Die Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Unterböden bei einem Bodenfeuchtegehalt von  $p_F 1,8$ . Dargestellt sind jeweils die Spannen der Mittelwerte der untersuchten Sand-, Lehm-, Schluff- und Tonböden. Die Sand- und Tonböden zeigen im Schnitt geringere Vorbelastungen als die Schluff- und Lehm Böden. Die Druckstabilität der Sand- und Tonböden war somit geringer, als die der meisten Schluff- und Lehm Böden. Will man den Status Quo der Gefüge im Unterboden halten, so sollten die Lasteinträge in dieser Tiefe die hier gefundenen Vorbelastungen möglichst nicht überschreiten.

**Tabelle 1: Gemessene Vorbelastungen (Mittelwerte) von sächsischen Acker-Unterböden (in 40 cm Tiefe)**

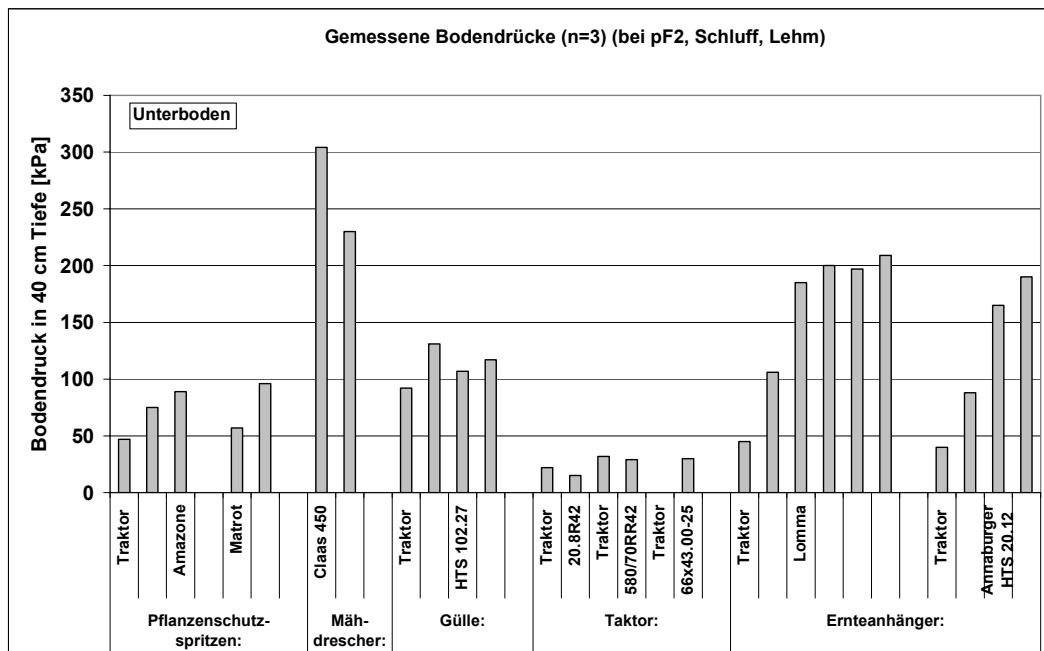
Bodenarten-hauptgruppe	Bodenarten	Vorbelastung $p_{F1,8}$ (Mittelwerte, n=6) [kPa]	Anzahl untersuchter Ackerschläge
<b>Sand</b>	Ss, Su2, St2	<b>27-74</b>	6
<b>Lehm</b>	Slu, Sl4, Lt2	<b>50-128</b>	10
<b>Schluff</b>	Ut3, Uls, Ut4	<b>64-157</b>	11
<b>Ton</b>	Tu4, Lt3, Tu3	<b>68-75</b>	4

### 3.2 Lasteinträge bei hohem Bodenfeuchtegrad - Ergebnisse von Bodendruckmessungen

Insgesamt wurde der Bodendruck unter über 30 verschiedenen Maschinen gemessen (Abbildung 1). Zum Teil wurden gleiche Maschinen bei verschiedenen Bodenbedingungen (Bodenfeuchte, Bodenbearbeitung oder Bodenart) gemessen, so dass insgesamt die Ergebnisse von ca. 60 Messungen vorliegen. In der Abbildung 1 sind die Bodendrucke dargestellt, die im Unterboden bei einer Bodenfeuchte nahe Feldkapazität ( $p_F 2$ ) in verschiedenen Lehm- und Schluffböden in Sachsen gemessen wurden. Dargestellt sind die Bodendrucke unter einer angehängten und einer selbstfahrenden Pflanzenschutzspritze, einem Mähdrescher, einem Güllewagen, einem verschieden bereiften Traktor und zwei Ernteanhängern. Die Maschinendaten der dargestellten Maschinen sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Die Bodendrucke der Ernteanhänger erreichen ca. 200 kPa in 40 cm Bodentiefe, die des Mähdreschers etwas über 300 kPa unter der Vorderachse. Diese Werte übersteigen den Bereich der Vorbelastung von Schluff- und Lehm Böden um ca. 50-175 kPa.

Die Traktoren, die Pflanzenschutzspritzen sowie das Güllefass verursachten hingegen Bodendrucke, die im Bereich der gemessenen Vorbelastungen, also im Bereich der Druckstabilität von Schluff- und Lehm Böden liegen. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass es sich hier um kurzzeitige Belastungsimpulse handelt, kann vermutet werden, dass hier kaum Veränderungen des Bodengefüges eintreten werden. Die hohen Bodendrucke der übrigen Maschinen weisen daraufhin, dass die Reifenaufstandsflächen nicht überproportional zu den Radlasten vergrößert wurden. Da hier die Lastimpulse im Unterboden 2-3-fach höher im Vergleich zur Vorbelastung liegen, ist hier voraussichtlich eher mit nachteiligen Veränderungen des Gefüges zu rechnen.



**Abbildung 1:** Bodendrücke in 40 cm Bodentiefe unter ausgewählten Maschinen auf verschiedenen Standorten bei pF 2 (Lehm- und Schluffböden, vertikal mit DMS-Sensor)

**Tabelle 2: Technische Angaben für die Maschinen der Bodendruckmessungen**

Arbeitsgang	eingesetzte Technik	Reifenabfolge bei einer Überfahrt	statische Radlast [kg]	Reifeninnen- druck [bar]	Bodenart
<b>Spritzen:</b>	Traktor John Deere 3650	16.9R28	1350	1,4	Ut3
		18.4R38	2000	1,4	Ut3
	Amazone	18.4R38	2600	1,5	Ut3
		Matrot	650/75R34	3250	1,6
		650/75R34	3750		Uls
<b>Mäh- drescher:</b>	Claas 450	650/75R32	8295	2,8	Slu/Sl4
		500/60-26.5	3553	H2O	Slu/Sl4
<b>Gülle:</b>	Traktor John Deere 4755	480/70R30	1400	1,0	Slu/Sl4
		710/70R38	3500	1,6	Slu/Sl4
	HTS 102.27	550/60-22.5	3000	2,4	Slu/Sl4
		550/60-22.5	3000	2,4	Slu/Sl4
<b>Reifenbreiten Taktor:</b>	Traktor MF 3690	540/65R30	1520	1,5	Ut3
		20.8R42	2280	1,0	Ut3
	Traktor MF 3690	480/70R30	1520	1,5	Ut3
		580/70R42	2280	1,3	Ut3
	Traktor MF 3690	48x25.00-20NHS	1520	0,8	Ut3
		66x43.00-25NHS	2280	0,8	Ut3
<b>Ernteanhänger:</b>	Traktor Fendt 824	600/65R34	1600	1,2	Slu/Sl4
		710/70R38	2345	1,2	Slu/Sl4
	Lomma	445/65R22.5	4750	6,8	Slu/Sl4
		445/65R22.5	4750	6,8	Slu/Sl4
		445/65R22.5	4750	6,8	Slu/Sl4
		445/65R22.5	4750	6,2	Slu/Sl4
	Traktor John Deere 4755	480/70R30	1400	1,0	Slu/Sl4
		710/70R38	2500	1,6	Slu/Sl4
		Annaburger HTS 20.12	600/55-26.5	5500	2,4
600/55-26.6	5500		2,4	Slu/Sl4	

Da nicht für jede Maschine bzw. für jedes Gerät Bodendruckmessungen durchgeführt werden können, galt es zu prüfen, inwiefern die gemessenen Bodendrucke mit den berechneten nach DVWK 234/1995 übereinstimmen. In Abbildung 2 sind die gemessenen und die berechneten Bodendrucke der oben dargestellten Maschinen nebeneinander in einem Balkendiagramm abgebildet.

Zunächst lässt sich feststellen, dass die gemessenen und die berechneten Bodendrucke den gleichen Trend bei der Druckentwicklung wiedergeben. Der Korrelationskoeffizient von  $r_{\text{gem./berechn.}}=0,88$  verdeutlicht, dass die gemessenen Werte unter gewissen Einschränkungen mit den berechneten übereinstimmen. Tendenziell zeigt sich eine der Unterschätzung des Bodendrucks bei Berechnung (Abbildung 3).

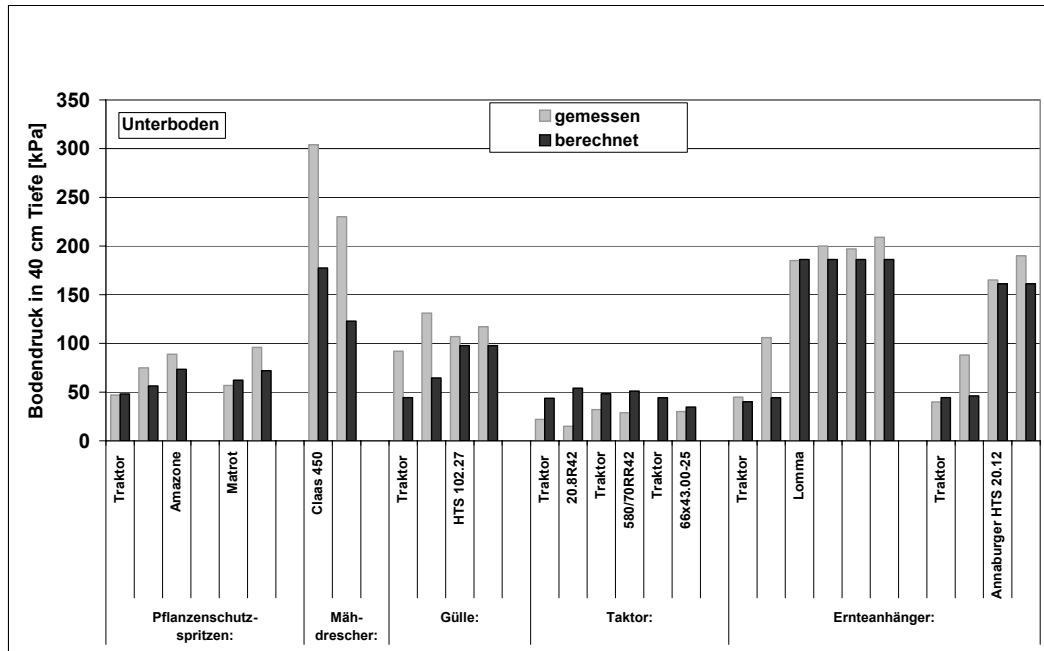


Abbildung 2: Gemessene und berechnete Bodendrücke (nach DVWK 234/1995) im Vergleich

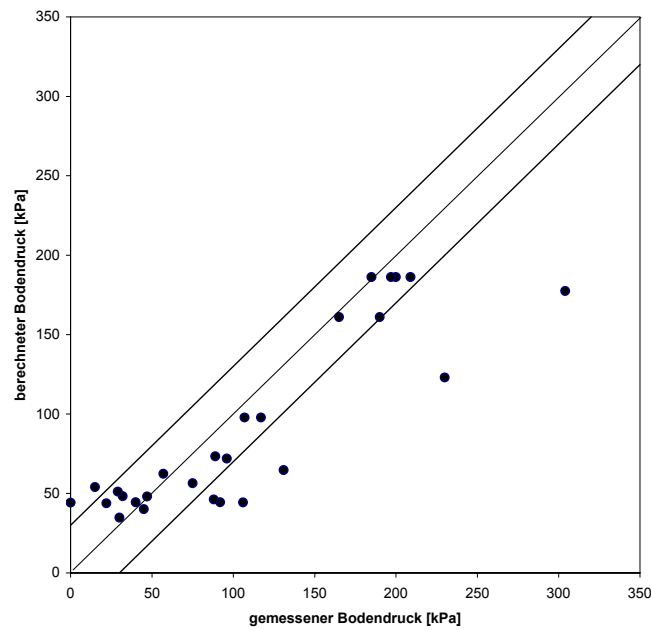


Abbildung 3: Vergleich der gemessenen und berechneten Werten nach DVWK 234/1995, Kennzeichnung des Toleranzbereiches (+/- 30 kPa Abweichung)

Der berechnete Bodendruck unter dem Traktorhinterrad vor dem Güllewagen und dem Ernteanhänger sind niedriger als die tatsächlich gemessenen Werte. Hier wurde die zusätzliche Hinterachsbelastung der Traktoren durch Zugkräfte offensichtlich bei der Berechnung unterschätzt. Die größte Abweichung zeigt der Mäh-drescher. Seine gemessenen Bodendrücke liegen über 100 kPa über den berechneten (Abbildung 2). Sehr wahrscheinlich ist dies auf zu niedrig bemessene Radlasten<sup>1</sup> bei der Berechnung des Bodendruckes zurückzuführen.

#### **4 Entscheidungshilfe zum gefügeschonenden Maschineneinsatz**

Die Befahrung landwirtschaftlicher Produktionsflächen mit Maschinen, Geräten und Transporttechnik ist unabdingbar. Zur Vermeidung von schädlichen Bodengefügeveränderungen kann im Landwirtschaftsbetrieb vorsorglich eine Analyse der mechanischen Belastung des Bodens durch seine Maschinen und Geräte vorgenommen werden. Sie kann als Entscheidungshilfe zum gefügeschonenden Maschineneinsatz und zur Auswahl der Fahrwerksausstattung z.B. bei Investitionen, Um- bzw. Neubereitungen etc. dienen.

Für diesen Zweck wurde eine einfache Excel-Anwendung „Entscheidungshilfe Bodendruck“ entworfen. In nachvollziehbaren Schritten werden dabei für jeden Arbeitsgang eines Betriebes die zu erwartenden Bodendrücke (vertikal) für den Unterboden berechnet und der Stabilität des Bodengefüges (mechanische Vorbelastung) gegenübergestellt. Dabei wird vorsorglich

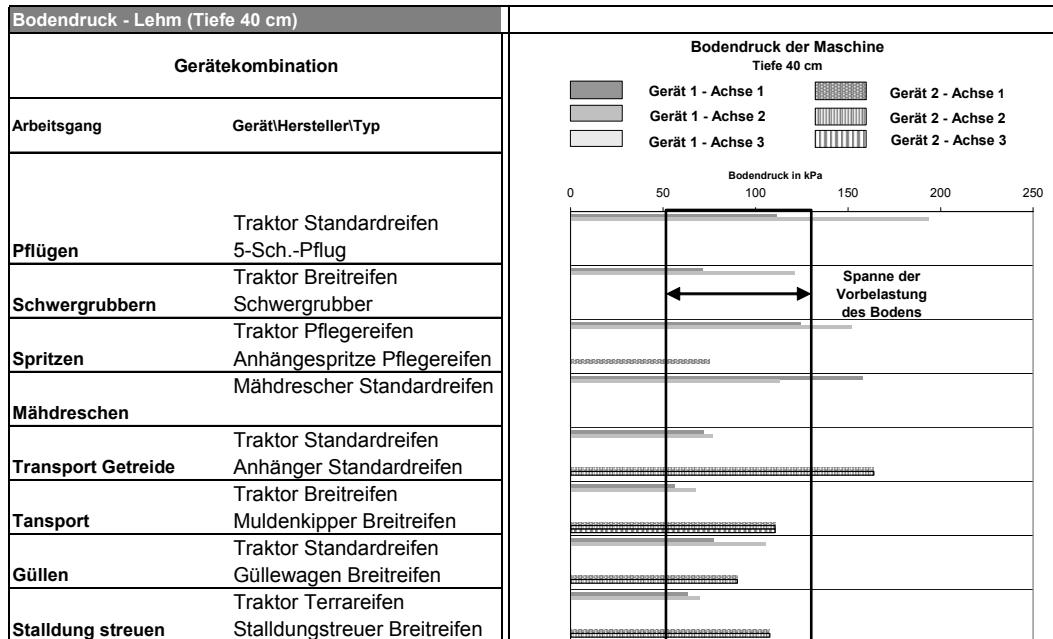
von einer hohen Bodenfeuchtigkeit (nahe Feldkapazität) ausgegangen.

Liegen die berechneten Bodendrücke der Maschinen im Bereich der üblichen Vorbelastung der betreffenden Bodenart, ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass der Boden sich durch deren Einsatz weiter verdichtet. Insbesondere, da die Druckimpulse der Maschinen in der Regel relativ kurz sind. Liegt der Bodendruck von Maschinen über dem Bereich der üblichen Vorbelastung, kann hingegen der Einsatz dieser Maschinen bei feuchten Bodenbedingungen möglicherweise zu einer allmählichen Verdichtung des Unterbodengefüges führen.

In der Excel-Anwendung erscheinen nach Eingabe der Maschinendaten (statische Radlast, Reifendurchmesser und –breite) die berechneten Bodendrücke (numerisch und graphisch) der Arbeitsgänge in 40 cm Bodentiefe für die verschiedenen Bodenarten (Lehm, Schluff und Sand). In Abbildung 4 ist beispielhaft die Analyse der Bodendrücke für 8 Arbeitsgänge auf Lehm Boden dargestellt. Die zu erwartenden Bodendrücke sind als horizontale Balken im Balkendiagramm abgebildet und sind den jeweils auf der rechten Seite aufgelisteten Maschinen zugeordnet. Der Bereich der üblichen Vorbelastung (Mittelwerte der gemessenen Vorbelastungen dieser Bodenart) ist durch zwei vertikale Linien im Diagramm gekennzeichnet. In diesem Beispiel übersteigen die Arbeitsgänge Pflügen, Spritzen und Dreschen sowie der Transport von Getreide den Bereich der Vorbelastung.

---

<sup>1</sup> Die Maschinen konnten nicht gewogen werden. Die Radlasten wurden auf Grundlage von Händlerangaben, Bunkerinhalten und Zusatzgewichten bestimmt.

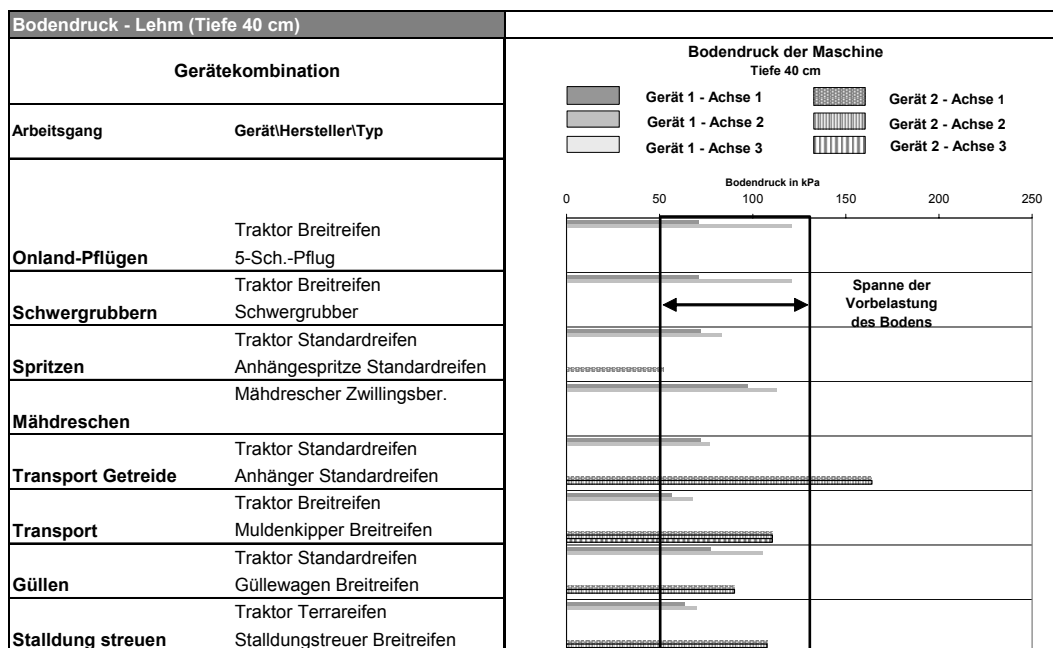


**Abbildung 4:** Beispiel einer betrieblichen „Entscheidungshilfe Bodendruck“ (Ist-Analyse der Arbeitsgänge) für einen Lehmstandort

Beabsichtigt man aus Gründen der Vorsorge den Bodengefügestatus der Lehmstandorte dieses Betriebes auf Dauer erhalten, dann sollten für diese Arbeitsgänge vorsorglich bodendruckmindernde Lösungen gesucht werden. Diese könnten z.B. wie folgt aussehen: Pflügen wird durch Onland-Pflügen ersetzt, die Pflegereifen der Spritze werden durch Standardreifen ausgetauscht, der Mähdrescher wird bei hoher Bodenfeuchte mit Zwillingsreifen gefahren und der Getreideanhänger wird im beladenen Zu-

stand nicht mehr über Ackerboden gezogen. Im Ergebnis liegen die Bodendrucke im Unterboden beim Pflügen, Spritzen und Dreschen im Bereich der Vorbelastung (Abbildung 5). Sind technische Änderungen an den Maschinen zur Minderung (z.B. Montage von Zwillingsreifen) des Bodendrucks nicht möglich, dann bleibt die Möglichkeit trockenere Bodenbedingungen abzuwarten oder die Radlasten durch geringeren Befüllungsgrad der Maschine zu senken.





**Abbildung 5:** Beispiel einer betrieblichen „Entscheidungshilfe Bodendruck“ für einen Lehmstandort mit integrierten Optimierungsmaßnahmen

Die „Entscheidungshilfe Bodendruck“ ist somit konzipiert, um für den Einsatz von bestimmten Maschinenkombinationen auf dem Acker einen vergleichenden Überblick zu geben. Dadurch können Optimierungsmöglichkeiten im Maschineneinsatz im Sinne eines vorsorgenden Bodenschutzes sichtbar werden. Der Landwirt kann anhand der Analyse einschätzen, welche Möglichkeiten und Grenzen in seinem Betrieb zum bodengefügeschonenden Maschineneinsatz bestehen. Das Erkennen der Grenzen ist sofern wichtig, da nur so Anforderungen zum Bodengefügeschutz gegenüber der Landmaschinenindustrie formuliert werden können.

## 5 Fazit

Bodendruckmessungen zeigen, dass in der Praxis häufig Bodendrucke im Unterboden auftreten, die im Bereich der Vorbelastung liegen. Daher sind hier kaum schädliche Veränderungen des Bodengefüges zu erwarten. Bei

bestimmten Maschinen, z.B. Mähdrescher, Anhänger, liegt der Bodendruck hingegen 2-3-fach über der Druckstabilität des Bodens. Daher ist hier eher mit einer schädigenden Belastung des Gefüges zu rechnen.

Soll der Status Quo des Bodengefüges auf Dauer gehalten werden, sollten vorsorglich alle Maschinen eines Betriebes auf ihre mögliche Bodenbelastung hin eingeschätzt und bewertet sowie entsprechende Minderungsmaßnahmen festgelegt werden.

Die Excel-Anwendung „Entscheidungshilfe Bodendruck“ dient diesem Zweck. Sie stellt den berechneten Bodendruck einer Maschine der Vorbelastung, als Maß der Tragfähigkeit bei feuchten Bodenverhältnissen des Bodens, gegenüber. Für das Bodengefüge problematische Maschinen können so sichtbar werden. Mögliche bodendruckmindernde Maßnahmen

können dann speziell auf die Bedürfnisse des Betriebes ausgerichtet werden und deren Wirkung in der Analyse geprüft werden.

## 6 Literatur

- BUNDESBODENSCHUTZGESETZ (1998): Gesetz zum Schutz des Bodens. Bundesgesetzblatt Jahrgang 1998 Teil I.
- CASAGRANDE, A. (1936): The determination of preconsolidation load and its practical significance. In: Lebert, M. (1989): Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. Bayreuther Bodenkundl. Ber. (12).
- DVWK (1995): Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden, Teil I: Mechanische Belastbarkeit. DVWK-Merkblatt 234.
- LEBERT, M. (1989): Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. Bayreuther Bodenkundl. Ber. (12).
- NEWMARK, N.M. (1942): Influence charts for computation of stress in elastic foundations. In: LEBERT, M. (1989): Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. Bayreuther Bodenkundl. Ber. (12).
- STAHL, H. & GIERKE, U. (2001): Auswirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf die Fruchtbarkeit sächsischer Ackerböden unter Berücksichtigung der im Programm UL geförderten Maßnahmen zum physikalischen Bodenschutz. Zwischenbericht – 1.1 bis 31.12.2001 (unveröffentlicht).
- WERNER, D. & PAUL, R. (1993): Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Landwirtschaftssystemen, Einschätzung der Verdichtungsgefährdung. Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) Thüringen, Abschlussbericht.
- WERNER, D. & PAUL, R. (1999): Kennzeichnung der Verdichtungsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Böden. Wasser & Boden 51/12, 10-14.

## **Erosionsminderung durch konservierende Bodenbearbeitung – Potenziale und Perspektiven**

Olaf Nitzsche, Berno Zimmerling, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft,  
Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

### **1 Einleitung und Problemstellung**

Die wirksamste Maßnahme zur Reduzierung von Bodenerosion auf Ackerflächen ist die Umstellung der Bodenbearbeitung auf konservierende Bearbeitungsverfahren (BMVEL 2001). Insbesondere die dauerhafte Anwendung der konservierenden Bodenbearbeitung trägt zu einem optimierten Schutz vor Bodenerosion bei.

Ziel dieses Erosionsschutzkonzeptes ist die Verhinderung der Bodenerosion an dem Ort ihres Entstehens, also dort wo der erosive Niederschlag auf den Boden auftrifft und nicht die Vermeidung von Schäden nach bereits erfolgtem Bodenabtrag.

Die konservierende Bodenbearbeitung führt bei dauerhafter Anwendung zu einer Anreicherung organischer Substanz im oberen Krumenbereich, sowie zu einer Erhöhung der mikrobiellen Biomasse und Aktivität in diesem Bereich. Diese beiden Parameter, verbunden mit einer Förderung der Regenwurmmaktivität bewirken eine verbesserte Stabilität der Bodenaggregate gegen Verschlammung. Die verringerte Verschlammungsanfälligkeit sowie die verbesserte Makroporosität des Bodens verbessern die Infiltrationsleistung und reduzieren so den erosionsauslösenden Oberflächenabfluss (Nitzsche et al. 2004). Ein wesentlicher Vorteil dieses Bodenschutzkonzeptes ist die Möglichkeit der Beibehaltung des Ackerbaus auch auf erosionsgefährdeten Standorten. Dies bedeutet, dass die Akzeptanz, die dieser Bodenschutz-

maßnahme von Landwirten entgegengebracht wird, wesentlich größer ist, als bei Erosionsschutzstrategien, die die Einschränkung oder Aufgabe des Ackerbaus zum Inhalt haben, wie z.B. die Umstellung auf Grünland, die Schlagunterteilung oder der Verzicht auf den Anbau bestimmter Kulturarten wie Mais oder Zuckerrüben.

Von zentraler Bedeutung für dieses Bodenschutzkonzept ist jedoch dessen Wirksamkeit im Hinblick auf das Ausmaß des Erosionsschutzes. Um als wirksames Konzept anerkannt zu werden, ist die sichere und deutliche Minderung der Bodenerosion über den gesamten Fruchtfolgeverlauf hinweg bei allen angebauten Kulturarten notwendig.

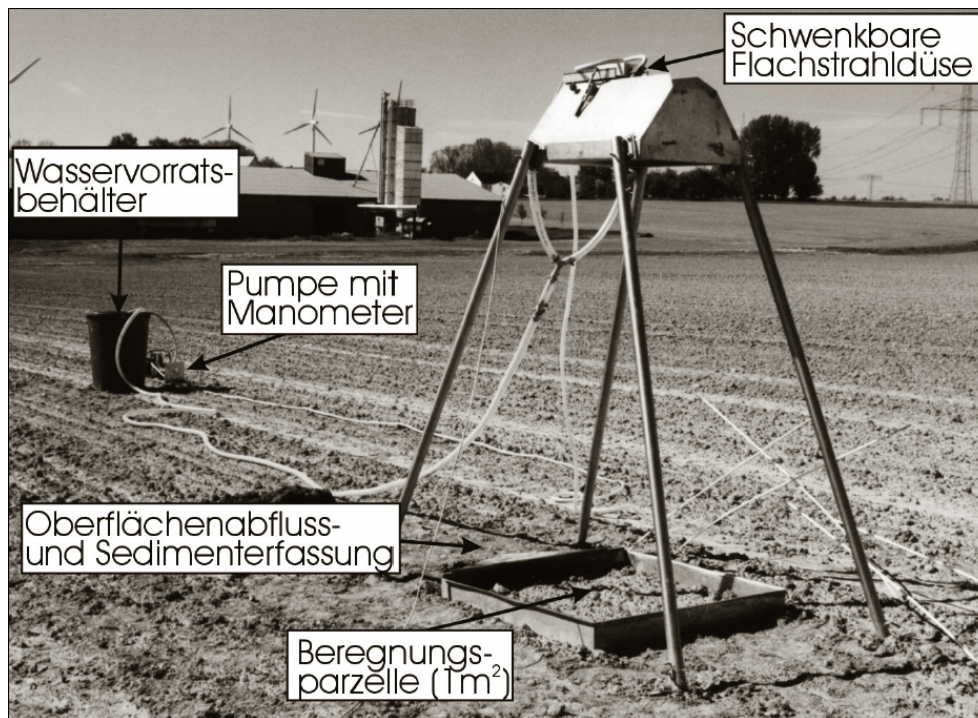
Um die Wirksamkeit der konservierenden Bodenbearbeitung zu überprüfen, wurde eine Vielzahl von Beregnungsversuchen (74 Beregnungsversuche) in unterschiedlichen Kulturarten nach unterschiedlichen Vorfrüchten durchgeführt.

### **2 Methodik der Beregnungsversuche**

Die Beregnungsversuche wurden mit einer Kleinberegnungsanlage durchgeführt (Abbildung 1). Diese Anlage erlaubt die exakte Steuerung von Beregnungsmenge und -dauer. Das erzeugte Tropfenspektrum entspricht weitgehend demjenigen natürlicher Niederschläge (Schmidt et al 1996). Die für diese Auswertung berücksichtigten Beregnungen wurden ausschließlich auf Böden aus Löß im Mittelsächsi-

schen Lösshügelland, im Mulde-Lösshügelland und im Lausitzer Lösshügelland mit den Bodenarten Ut3 und Ut4 durchgeführt. Alle Beregnungsversuche erfolgten in Großparzellen auf Praxisschlägen unter Nutzung der jeweils betriebstypischen Bodenbearbeitungsgeräte. Das

bedeutet, dass die Abtragsmessungen ein Bild über die derzeit vorhandenen Praxisbedingungen geben. Dabei variieren sowohl eingesetzte Geräte als auch Bearbeitungshäufigkeit und –intensität.



**Abbildung 1:** Aufbau der Beregnungsanlage zur Simulation von Starkregenereignissen

Die mit der Anlage beregnete Fläche umfasst jeweils einen Quadratmeter. Der von dieser Fläche ablaufende Oberflächenabfluss mitsamt dem transportierten Bodenmaterial wurde minutlich aufgefangen. Im Labor erfolgte die exakte mengenmäßige Bestimmung der abgeflossenen bzw. abgetragenen Mengen. Auch wenn sich die Methode aufgrund der kleinen beregneten Flächenumfänge nicht eignet, um die erfassten Mengen direkt auf größere Flächeneinheiten hochzurechnen, da Fließprozesse im Hangverlauf nicht abgebildet werden können, so ermöglicht sie doch einen sehr guten Ver-

gleich zwischen verschiedenen Bewirtschaftungssystemen. Ein funktionierendes Erosionsschutzkonzept muss insbesondere bei extremen Niederschlagsereignissen seine Wirksamkeit entfalten. Aus diesem Grund wurde für die Beregnungsversuche eine sehr hohe Beregnungsintensität von 1,9 mm Niederschlag \* min<sup>-1</sup> gewählt. Mit dieser Intensität wurde jeweils 20 Minuten beregnet und so eine Niederschlagsmenge von 38 mm erreicht. Die gewählte Niederschlagsintensität entspricht im Hinblick auf Menge und maximale Intensität für die untersuchten Regionen etwa einem 20- bis

50-jährigen Niederschlagsereignis (Schmidt et al. 1996). Jedoch ist bei den natürlichen Extremniederschlägen nicht mit einer so lange anhaltenden maximalen Intensität, wie sie bei den Simulationen eingestellt wurde, zu rechnen. Das bedeutet, dass die Niederschlagssimulationen bezogen auf die Erosivität der Niederschläge sogar noch deutlich über den natürlicherweise auftretenden Extremereignissen liegen.

### 3 Ergebnisse der Berechnungssimulationen

Im Folgenden werden die Bodenabträge der durchgeführten Berechnungsversuche darge-

stellt. Die Angaben zu den ebenfalls erfassten abgeflossenen Wassermengen sind bei Zimmerling (2004) dargestellt. In einem ersten Auswertungsschritt wurde der Mittelwert der Bodenabträge aller durchgeführten Berechnungsversuche auf konservierend bearbeiteten Flächen demjenigen der gepflügten Flächen in Form einer Summenkurve gegenübergestellt (Abbildung 2). Dabei wird deutlich, dass die Bodenabträge nach konservierender Bodenbearbeitung deutlich langsamer ansteigen als nach konventioneller Bodenbearbeitung mit dem Pflug. Die relative Abtragsminderung durch konservierende Bodenbearbeitung liegt über den gesamten Berechnungszeitraum hinweg immer über 60 %.

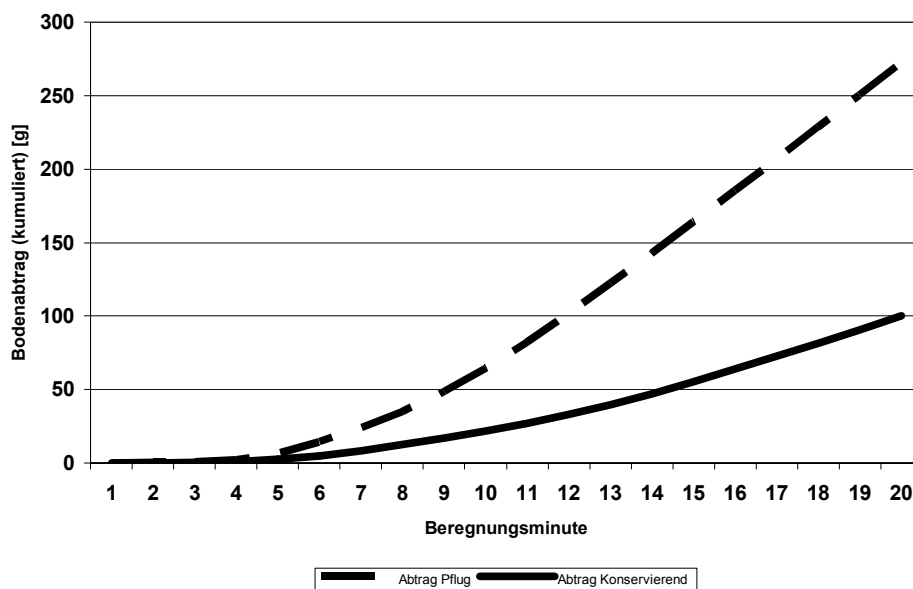
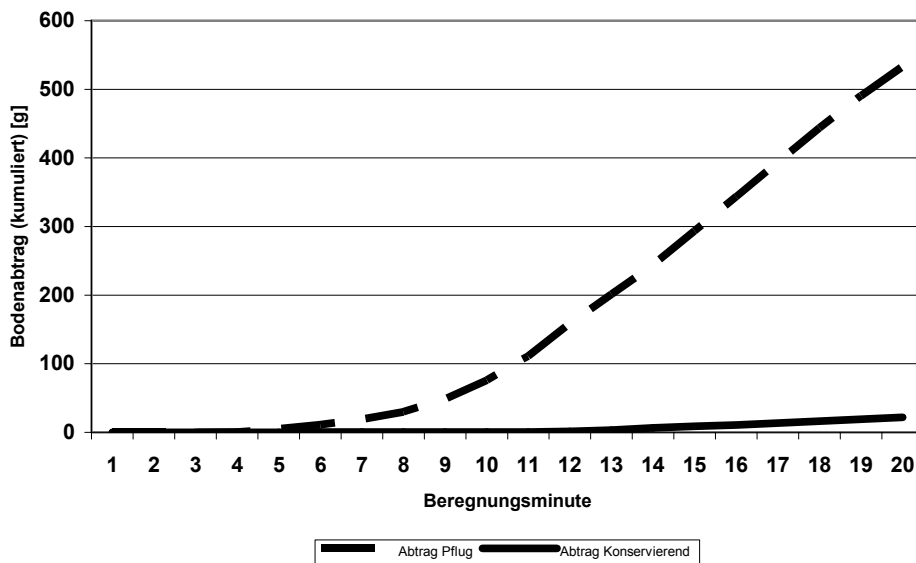


Abbildung 2: Bodenabtrag im Durchschnitt aller Berechnungsversuche (Summenkurven), n=74

Da die absoluten Werte des Bodenabtrages in Abhängigkeit von den jeweils aktuellen Bedingungen zum Zeitpunkt der Simulation (z.B. Bodenfeuchte, Bodenbedeckungsgrad, Vorverschlämzung etc.) sowie von den Standortbedingungen (z.B. Hangneigung und Vorfrucht) erheblich variieren, sind die Durchschnittsangaben über alle Versuche im Detail nur wenig aussagekräftig. Aus diesem Grund erfolgt in den weiteren Bildern eine Darstellung der Bodenabträge für ausgewählte Kulturen unter Angabe der wichtigsten Rahmenbedingungen. Dabei wurden insbesondere typische Fruchtfolgekonstellationen berücksichtigt. Die dargestellten Ergebnisse der ausgewählten Berechnungssimulationen spiegeln dabei jeweils ein typisches Beispiel wider.

#### Wintergetreideanbau nach Getreide

Abbildung 3 zeigt den Bodenabtragsverlauf für eine Berechnung in Wintergerste nach Vorfrucht Winterweizen im Oktober 2000. Bei einer Hangneigung von 17 % wurde in der gepflügten Variante eine Bodenbedeckung von 17,5 % gemessen, die vollständig durch die Kulturdeckung zu erklären ist. Die Bodenbedeckung in der konservierend bearbeiteten Variante betrug 52,3 % und spiegelt die Kulturdeckung und die Mulchbedeckung wider. Die Bodenabträge wurden durch die konservierende Bodenbearbeitung im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitung über den gesamten Berechnungszeitraum hinweg um über 95 % reduziert. Deutlich wird hierbei die Wirkung der schützenden Mulchauflage des Weizenstrohs sowie die verschlammungsmindernde Wirkung der höheren Stabilität der Bodenaggregate nach mehrjährig konservierender Bodenbearbeitung.



**Abbildung 3:** Bodenabtrag bei Berechnungssimulation in Wintergerste nach Winterweizen

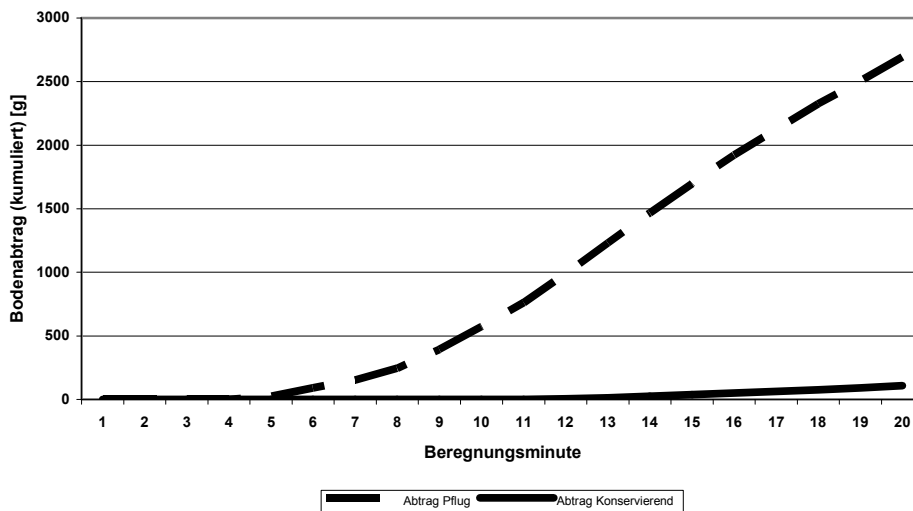
#### Zuckerrübenanbau nach Getreide

In Abbildung 4 sind die Bodenabtragsverläufe für ein Berechnungsbeispiel von Zuckerrüben

nach Wintergerstenvorfrucht dargestellt. Die Hangneigung betrug wiederum 17 %. In der gepflügten Parzelle bedeckten die Zuckerrüben

im beginnenden Zweiblattstadium den Boden erst zu 2,5 %. In der konservierend bearbeiteten Variante betrug der Kultur- und Mulchdeckungsgrad 55,3 %. Auch in der gemeinhin als besonders erosionsanfällig geltenden Zuckerrübenkultur konnte der Bodenabtrag trotz der hohen Hangneigung bei konservierender

Bodenbearbeitung um über 95 % gesenkt werden. Dieses Ergebnis gibt einen Hinweis darauf, dass bei konservierender Bodenbearbeitung weniger die angebaute Kultur sondern vielmehr der Feldzustand und der erzielte Bedeckungsgrad den Ausschlag für die Erosionsgefährdung geben.



**Abbildung 4:** Bodenabtrag bei Beregnungssimulation in Zuckerrüben nach Wintergerste

#### Winterweizenanbau nach Zuckerrüben

Ein anderes Bild ergab sich bei der Beregnung in Winterweizen nach der Vorfrucht Zuckerrüben. Die in Abbildung 5 dargestellten Bodenabträge zeigen einen nahezu parallelen Verlauf der Bodenabträge für die konventionelle und die konservierende Variante (Hangneigung 8 %). Die Beregnung wurde im April 2000 durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt hatte der Winterweizen in beiden Varianten schon einen Deckungsgrad von über 40 % erreicht. Die Bodenoberfläche war jedoch in allen Parzellen vor Beregnungsbeginn stark verschlämmt. Die Ursache für die gemessenen Effekte ist in der Vorfrucht zu sehen. Bei der Zuckerrübenernte wird der Boden intensiv gestört. Darüber hinaus hinterlässt die Zuckerrübe in Form ihrer Blatt-

masse und der Rübenköpfe zwar viel organische Substanz, die jedoch sehr schnell abgebaut werden kann und so nur für kurze Zeit eine schützende Mulchschicht hinterlässt. Diese Ausgangsbedingungen können zu nahezu gleicher Erosionsgefährdung bei der Fruchtfolgekonstellation Winterweizen nach Zuckerrüben in beiden Bodenbearbeitungssystemen führen.

Eine deutliche Reduzierung des Bodenabtrages konnte in der nicht bearbeiteten Direktsaatparzelle festgestellt werden (Abbildung 5). Dies legt als wichtige Schlussfolgerung nahe, dass nach Vorfrüchten wie der Zuckerrübe die Bodenbearbeitungsintensität auf das absolut erforderliche Maß reduziert werden sollte, wie es

z.B. bei der Direktsaat der Fall ist. Jedoch ist zurückbleiben, die einen gewissen Bodenbearbeitungsaufwand zur Einebnung erfordern. aus ackerbaulicher Sicht festzustellen, dass nach der Zuckerrübenenernte oftmals Fahrspuren

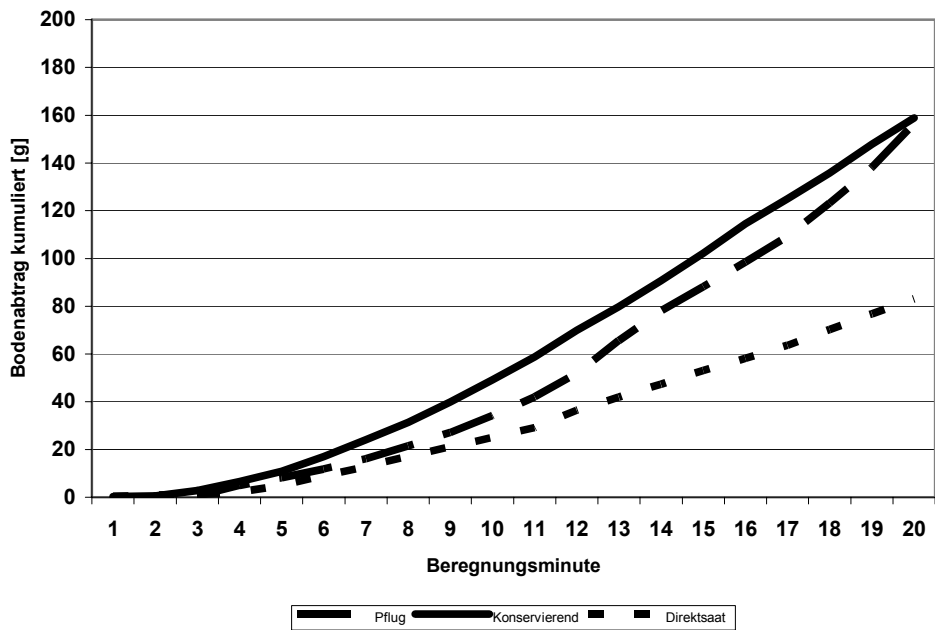


Abbildung 5: Bodenabtrag bei Berechnungssimulation in Winterweizen nach Zuckerrüben

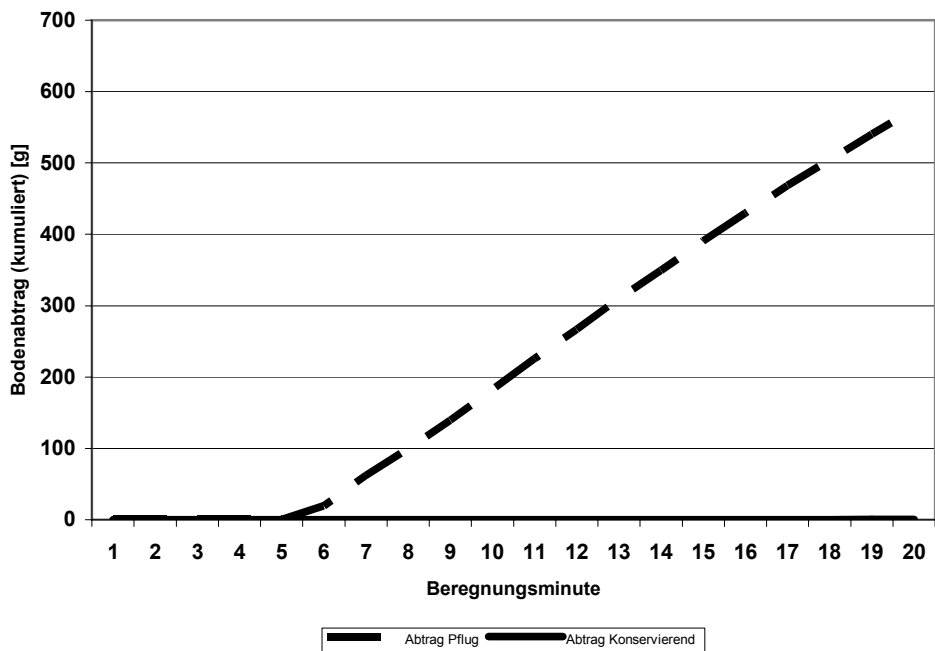


Abbildung 6: Bodenabtrag bei Berechnungssimulation in Winterweizen nach Zuckerrüben



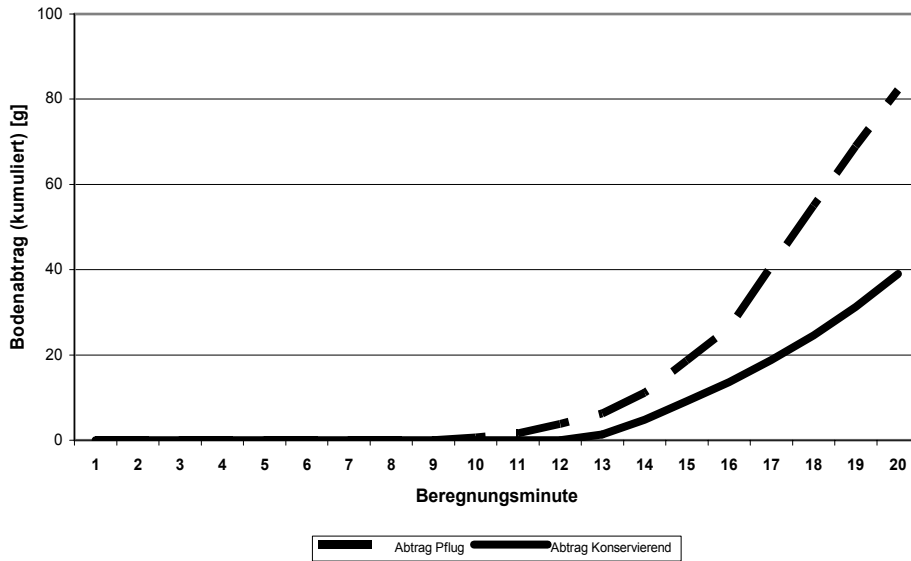
In anderen Berechnungsversuchen (z.B. Abbildung 6) dieser Fruchtfolgekonstellation konnte die positive Wirkung der konservierenden Bodenbearbeitung jedoch festgestellt werden. Dies zeigt, dass es in der landwirtschaftlichen Praxis eine erhebliche Spanne unterschiedlicher Feldzustände bei der Winterweizenbestellung nach Zuckerrüben gibt. Anzustreben ist in jedem Fall im Rahmen der dauerhaft konservierenden Bodenbearbeitung eine möglichst geringe Bearbeitungsintensität nach der Vorfrucht Zuckerrübe.

#### Maisanbau nach Getreide

Auch Mais, gilt als Reihenkultur als besonders erosionsfördernd. Für den konventionellen Maisanbau trifft dies auch zu, da die Bodenbedeckung durch den Kulturpflanzenbestand erst sehr spät im Jahr einen bodenschützenden Zustand gewährleistet. Bei konservierender Maisbestellung wird jedoch durch die Mulchbedeckung sowie die wenig verschlammungsanfälligen Aggregate ein erheblicher Erosionsschutz erzielt. Die in Abbildung 7 dargestellten Berechnungsergebnisse zeigen den verzögerten

Abtragsbeginn und die geringere abgetragene Bodenmenge. Die Berechnung wurde im Mai 2001 bei einer nahezu unbedeckten konventionellen Variante (0,5 % Deckungsgrad) und einer zu 18,3 % bedeckten konservierend bestellten Variante mit einer Hangneigung von 9 % durchgeführt.

Zu Mais erfolgt in der landwirtschaftlichen Praxis oftmals auch bei konservierender Bodenbearbeitung eine noch zu intensive Bearbeitung, obwohl die Kultur, wenn das Samenkorn gut in den Boden eingebracht wird, keine intensive Bearbeitung benötigt. Neue Entwicklungen befassen sich mit der streifenweisen Bearbeitung, so dass nur noch der Streifen, in den das Saatgut abgelegt wird, bearbeitet wird. Dies bedeutet für einen Großteil der Ackerfläche einen optimalen Schutz vor Bodenerosion durch hohe Mulchdeckungsgrade und geringe Verschlammungsanfälligkeit der ungestörten Bodenoberfläche.

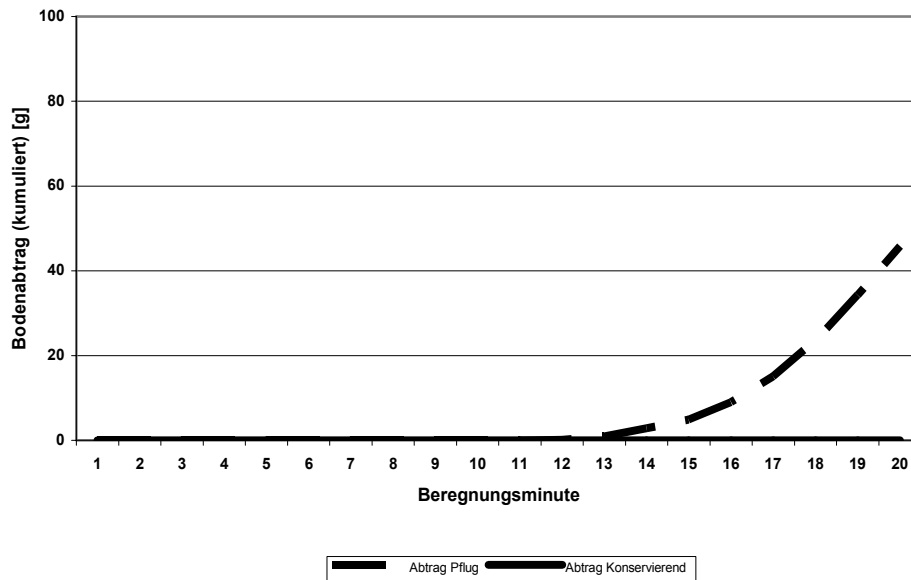


**Abbildung 7:** Bodenabtrag bei Beregnungssimulation in Mais nach Winterweizen

Sommergerstenanbau nach Körnermais

Die Vorfrucht Körnermais hinterlässt ausgesprochen viel organische Substanz, die den Boden bei konservierender Bearbeitung vor Erosion schützen kann. In Abbildung 8 sind die Ergebnisse einer Beregnung in Sommergerste nach Körnermais dargestellt. Der Bedeckungsgrad nach Pflugeinsatz betrug im Mai 2000

25 %. In der konservierend bearbeiteten Variante lag der Deckungsgrad bei 60 %. Die Hangneigung betrug 7 %. Im Gegensatz zu der gepflügten Variante konnte bei konservierender Bodenbearbeitung keinerlei Abfluss und Bodenabtrag beobachtet werden. Die Fläche war optimal vor Bodenerosion geschützt.



**Abbildung 8:** Bodenabtrag bei Beregnungssimulation in Sommergerste nach Körnermais

#### **4 Schlussfolgerungen für die Optimierung der konservierenden Bodenbearbeitung**

Die bei konservierender Bodenbearbeitung verbleibende Bodenerosionsgefährdung ist abhängig vom Grad der Bodenbedeckung und der Bodenoberflächenstabilität. Beides kann durch eine Reduzierung der Bearbeitungsintensität und –tiefe verbessert werden.

Bei stark reduzierter Bodenbearbeitungsintensität kann auch bei der hier gewählten extremen Niederschlagsintensität von einer Erosionsminderung von über 90 % im Vergleich zu konventionell bestellten Beständen ausgegangen werden. Noch stärker gilt dies für die regelmäßig auftretenden geringeren Niederschlagsintensitäten. Das bedeutet, dass bei Beibehaltung der ackerbaulichen Nutzung ein Zustand erreicht werden kann, der im Hinblick auf den Schutz vor Bodenerosion einer Nutzung durch Grünland oder Wald gleichkommt.

Die angebaute Kulturart nimmt nur unterrangig Einfluss auf die Erosionsgefährdung. Gerade die bei konventioneller Bodenbearbeitung als erosionsfördernd angesehenen Reihenkulturen stellen sich im Hinblick auf ihre Erosionsgefährdung bei konservierender Bodenbearbeitung sehr gut dar. Besonders gilt dies für den Mais. Da er einerseits bei guter Bodenstruktur eine stark reduzierte Bodenbearbeitungsintensität erlaubt und andererseits große Mengen an Ernterückständen hinterlässt, kann er aus Bodenschutzsicht bei konservierender Bodenbearbeitung sogar als besonders günstige Kultur gewertet werden. Oft gestellten Forderungen nach einem Anbauverbot von Mais in erosions-

gefährdeten Lagen ist aus diesem Grund eine klare Absage zu erteilen.

In der landwirtschaftlichen Praxis ist derzeit oft eine noch zu hohe Bearbeitungsintensität auch bei pfluglosen Verfahren zu verzeichnen. Diese hat ihre Ursache in dem Wunsch nach Absicherung eines hohen Feldaufganges und eines gleichmäßigen und dichten Pflanzenbestandes. Mit zunehmenden Erfahrungen mit dem System konservierende Bodenbearbeitung ist auf den meisten Betrieben zu beobachten, dass die Bearbeitungsintensität zurückgeht. Da jeder Bearbeitungsgang Kosten verursacht, hat dies auch mit dem Ziel einer Kostenersparnis bei der Feldbestellung zu tun. Seitens der Beratung sollte in Zukunft noch stärker auf die Optimierung der konservierenden Bodenbearbeitung hingearbeitet werden.

Die wichtigsten Parameter sind hierbei:

- Die dauerhafte Anwendung der pfluglosen Bodenbearbeitung
- Die weitere Reduzierung der Bearbeitungsintensität
- Die weitere Reduzierung der Bearbeitungstiefe
- Und, wenn im Einzelfall möglich, die Durchführung von Direktsaat.

Die Senkung der Eingriffsintensität hat neben der Erhöhung der bodenschützenden Mulchbedeckung auch die Erhöhung der Stabilität der Bodenoberfläche vor Verschlammung zum Ziel. Zu beachten ist bei der Reduzierung der Bearbeitungsintensität aber in jedem Fall, dass dies nicht zu Lasten der Etablierung guter Feldbestände erfolgen darf. Nur bei optimaler Sätechnik und an die Situation angepasster Bearbeitungsintensität kann das System „konservierende Bodenbearbeitung“ auf Dauer erfolgreich betrieben werden und eine weitere Ausdehnung erfahren.

##### **5 Anwendungsumfang der konservierenden Bodenbearbeitung**

Derzeit liegt der Anwendungsumfang der konservierenden Bodenbearbeitung unter Zugrundelegung der Förderzahlen aus dem Programm „Umweltgerechte Landwirtschaft“ in Sachsen bei über 30 % der gesamten Ackerfläche. In den Bezirken einzelner Ämter für Landwirtschaft erreicht die geförderte Fläche sogar schon Werte von ca. 45 %.

Nach Schätzungen der LfL ist unter Berücksichtigung der pfluglos bearbeiteten aber nicht vom Förderprogramm erfassten Fläche bereits heute ein Anwendungsumfang von fast 50 % der gesamten Ackerfläche Sachsens erreicht. In einzelnen Regionen, wie z.B. dem Einzugsgebiet der Talsperre Saidenbach, liegt der Anwendungsumfang schon heute bei über 80 % der Ackerfläche. Diese Zahlen und die rasanten Steigerungsraten der zurückliegenden Jahre verdeutlichen das Anwendungspotenzial der konservierenden Bodenbearbeitung in Sachsen. Da derzeit fast kein Landwirtschaftsbetrieb mehr existiert, der konsequent pflügt, ist davon auszugehen, dass auf nahezu allen Betrieben

Erfahrungen mit dem System der konservierenden Bodenbearbeitung gesammelt werden. Dies ist der erste Schritt für eine weitere Ausdehnung des Anwendungsumfanges. Auch auf Betrieben die heute vollständig auf den Pflug verzichten, hat sich die Umstellung oft über mehrere Jahre hingezogen, die genutzt wurden, um eine optimale Adaption des Verfahrens an die spezifischen Bedingungen des jeweiligen Betriebes zu ermöglichen. Es ist davon auszugehen, dass in den nächsten Jahren eine weitere Ausdehnung dieses bodenschonenden Verfahrens erfolgt. Voraussetzung hierfür ist jedoch auch, dass noch bestehende acker- und pflanzenbauliche Unsicherheiten beseitigt und Managementempfehlungen für die sichere Beherrschung der dauerhaft pfluglosen Bodenbearbeitung erarbeitet und den Landwirten zur Verfügung gestellt werden. Geschieht dies, so ist ein flächendeckender Erosionsschutz bei Beibehaltung eines hochproduktiven Ackerbaus das wahrscheinlichste Zukunftsszenario für die sächsische Landwirtschaft.

## 6 Literatur

- BMVEL [Hrsg.] (2001): Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. 104 S.
- Nitzsche, O., Krück, S., Zimmerling, B., Schmidt, W. (2004): Innovative Bodenbearbeitungsverfahren zur Minderung von Bodenerosion und Nährstoffeinträgen. In: BECKER, A., LAHMER, W. [Hrsg.]: Gewässer. In Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft. Weißensee-Verlag, Berlin, S. 343-361.
- Schmidt, J., von Werner, M., Michael, A., Schmidt, W. (1996): EROSION 2D/3D – Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser: Hrsg.: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden-Pillnitz und Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Freiberg/Sachsen
- Zimmerling, B. 2004. Beregnungsversuche zum Infiltrationsverhalten von Ackerböden nach Umstellung der konventionellen auf konservierende Bodenbearbeitung. HORIZONTE. Herrenhäuser Forschungsbeiträge zur Bodenkunde, Bd. 15; Herausgeber: Institut für Bodenkunde, Universität Hannover



## Der Bodenschutz in der Agrarumweltförderung

Herwig Vopel, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

### 1 Ausgangssituation Anfang der 90-iger Jahre

Bodenabschwemmung durch Wasser ist neben der Nitratauswaschung das schwerwiegendste Bodenschutzproblem der sächsischen Landwirtschaft.

In Sachsen wird überschlägig mit jährlich mindestens 2,5 Mio. Tonnen Ackerbodenumlagerung infolge von Wassererosion gerechnet (Sächsische Bodenschutztagung 1995, Tagungsband Seite 10). Umgerechnet sind dies etwa 3,5 Tonnen je Hektar im Landesdurchschnitt.

Von den sächsischen Ackerflächen sind ca. 450.000 Hektar (~ 60 % der gesamten Ackerfläche) durch **Wassererosion** und ca. 150.000 Hektar (~ 25 % der Ackerfläche) durch **Winderosion** potentiell bedroht und in Teilen jährlich betroffen. So besteht eine erhebliche Wassererosionsgefährdung der Ackerflächen in den mittleren und südlichen Regionen Sachsens. Diese wird durch die dort auftretenden natürlichen Standortgegebenheiten mit vorwiegend hängigem Gelände bei gleichzeitig großflächiger Verbreitung schluffreicher, verschlammungsanfälliger Ackerböden stark begünstigt. In den nördlichen Gebieten Sachsens mit vorherrschend sandigen Ackerböden überwiegt dagegen die Winderosion.

Somit hat sich der Freistaat Sachsen Anfang der 90-iger Jahre zum **Ziel** gesetzt, **Bodenerosion** auf landwirtschaftlichen Flächen **mit geeigneten Maßnahmen möglichst zu vermeiden**.

### 2 Förderung bodenschonender Maßnahmen

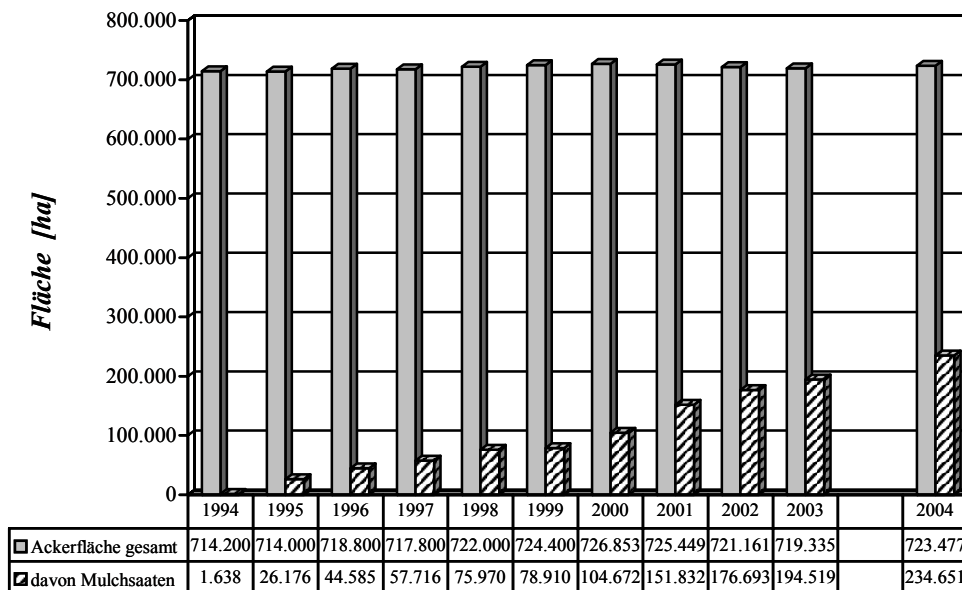
Auf der Grundlage der Verordnung (EWG) Nr. 2078/92 für umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende Produktionsverfahren (ABl. Nr. L 215 vom 30.7.1992, S. 85) wurden seit dem Jahr 1994 bodenschonende Maßnahmen im Rahmen des Agrarumweltprogramms „**Umweltgerechte Landwirtschaft im Freistaat Sachsen**“ (**UL**) angeboten. Dies wurde in der Förderperiode 2000 bis 2006 mit der Verordnung (EG) Nr. 1257/1999 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Ausrichtungs- und Garantiefonds für die Landwirtschaft (E-AGFL) und zur Änderung bzw. Aufhebung bestimmter Verordnungen (ABl. Nr. L 160 vom 26.6.1999, S. 80) fortgesetzt.

Landwirte haben die Möglichkeit durch freiwillige Vereinbarungen über mindestens 5 Jahre folgende Maßnahmen durchzuführen. Für den entstandenen Mehraufwand werden Beihilfen gezahlt.

- **Ansaat von Zwischenfrüchten** nach der Ernte der Hauptfrüchte, die nicht vor dem 10. Februar des Folgejahres umzubrechen [66 €/ha]
  - ein Grassamenvermehrungsbestand vorausgegangen sein muss;
  - seit 2003 Verbot des Anbaus von fusariumanfälligen Weizensorten nach der Vorfrucht Mais [42 €/ha; bis 2003: 25 €/ha]
- **Untersaaten**, die nach Ernte der Deckfrüchte nicht vor dem 10. Februar des Folgejahres umgebrochen werden [51 €/ha]
- **Pfluglose Bodenbearbeitung (Mulchsaaten)**
  - bei der Herbstbestellung, wobei eine Mulchdecke aus Pflanzenresten auf der Bodenoberfläche verbleiben muss;
  - bei der Frühjahrsbestellung, wobei entweder eine Zwischenfrucht, eine Untersaat, eine überjährige Futterkultur oder

Die Maßnahme ist hinsichtlich der Umweltrelevanz ein Kernstück des Programms mit hohen Zuwachsraten. In den vergangenen 10 Jahren wuchs die geförderte Mulchsaatfläche von 1.638 Hektar auf 234.651 Hektar (siehe **Übersicht 1**). Derzeitig werden mindestens  $\frac{1}{3}$  der Ackerfläche in Sachsen pfluglos bewirtschaftet.

**Übersicht 1: Entwicklung der Mulchsaatfläche im Programm UL**



Quelle: - Sächsischer Agrarbericht 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003  
 - für das Jahr 2004: Daten der Auszahlung im September 2004

Die UL-Maßnahme "Pfluglose Bodenbearbeitung" hat somit zu einer Erosionsminderung geführt, deren Größenordnung mit aller Vorsicht auf 1 bis 3,5 Tonnen je Hektar (30 bis 100 % von 3,5 Tonnen je Hektar) veranschlagt werden kann. Hochgerechnet mit dem im Jahr 2004



erreichten Anwendungsumfang der Maßnahme „Pfluglose Bodenbearbeitung“ von 234.651 Hektar bedeutet dies 234.000 bis 821.000 Tonnen weniger Bodenabtrag.

### 3 Cross Compliance und Bodenschutz

Landwirte, die ab dem Jahr 2005 Direktzahlungen beantragen, sind nach **Verordnung (EG) Nr. 1782/2003** mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe (ABl. Nr. L 270 vom 21.10.2003, S. 1) verpflichtet Grundanforderungen bei der Betriebsführung einzuhalten sowie Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand zu erhalten.

Erstmals werden im **EU-Recht** auch Aspekte des Bodenschutzes bei den Mindestanforderungen berücksichtigt. So sollen zur Vermeidung der Bodenerosion Mindestanforderungen an die Bodenbedeckung aufgestellt und geeignete Maßnahmen an die standortspezifischen Bedingungen angepasste Mindestpraktiken der Bodenbearbeitung festgelegt werden.

Die Umsetzung der o.g. Verordnung erfolgt in **Deutschland** hinsichtlich des Bodenschutzes in zwei Phasen.

Für den **Zeitraum von 2005 bis 2008** sieht ein Entwurf der Verordnung über die Grundsätze der Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (**Direktzahlungen-Verpflichtungsverordnung - DirektZahl-VerpfIV**) [Stand: Beschluss des Bundesrates vom 24.09.2004, Drucksache 602/04] hinsichtlich der Erosionsvermeidung ein Verbot des

Pflügens auf 40 % der Ackerfläche im Zeitraum nach der Ernte der Vorfrucht und vor dem 15. Februar des Folgejahres, es sei denn, die gepflügten Flächen werden vor dem 1. Dezember eingesät. Diese Vorgaben können bei Gebieten mit geringer Erosionsgefahr entfallen. Auch sind Ausnahmegenehmigungen bei witterungsbedingten Gründen möglich.

**Ab 2009** gilt das Gesetz zur Regelung der Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen durch Landwirte im Rahmen gemeinschaftsrechtlicher Vorschriften über Direktzahlungen (**Direktzahlungen-Verpflichtungengesetz – DirektZahl-VerpfIG**) (BGBl. Teil I Nr. 38/2004 vom 26.07.2004, S. 1763 ff.). Dieses Gesetz sieht in Bezug auf Erosionsvermeidung eine Einteilung der landwirtschaftlichen Flächen nach dem Grad der Wasser- oder Winderosionsgefährdung vor. Weiterhin sind die im Rahmen der Einteilung nach dem Erosionsgefährdungsgrad auf den landwirtschaftlichen Flächen erforderlichen Maßnahmen näher zu bestimmen.

### 4 Ausblick

Für die Förderperiode 2007 bis 2013 legte die EU-Kommission einen Vorschlag für eine Verordnung über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) [Stand: 13.07.2004] vor. In dieser sind die Agrarumweltmaßnahmen – wie in bisheriger Form – berücksichtigt worden. Trotz Cross-Compliance-Regelungen soll nach Aussage von Vertretern der EU-Kommission auch künftig die Förderung von Erosionsschutzmaßnahmen möglich sein.

**Sachsen beabsichtigt auch künftig bodenschonende Maßnahmen auf dem Ackerland zu fördern**, um weiterhin Bodenerosion möglichst zu vermeiden und einen aktiven Beitrag zum Hochwasserschutz zu leisten.

Maßnahmen wie Pfluglose Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtanbau und Untersaaten sollten

Einzelflächen bezogen verbunden mit einem Mindestflächenanteil am betrieblichen Ackerland angeboten werden.

## Landwirtschaftlicher Bodenschutz in Sachsen aus Sicht der Praxis

Heinz - Friedrich Schönleber, Schönleber GbR, Littdorf

### 1 Standort und Beschreibung des Landwirtschaftsbetriebes Schönleber GbR

Der Marktfruchtbetrieb Schönleber GbR, mit einer LN von ca. 1000 ha befindet sich im sächsischen Lößhügelland. Die mittleren Jahresniederschläge liegen bei etwa 600 mm, die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 8,5 °C, die mittlere Bodenwertzahl beträgt 70. Die speziellen Standortbedingungen mit einem stark erosionsanfälligen Lößboden in Verbindung mit dem sehr kuppigten Gelände stellen für jeden Landwirt auf diesem Standort eine Herausforderung bezüglich eines optimalen Erosionsschutzes dar. Die natürlichen Standortvoraussetzungen begünstigen den Hackfruchtanbau, wodurch das Risiko von Erosionsschäden zusätzlich erhöht wird.

Die zuvor genannten Punkte waren der Grund für folgende Betriebsorganisation:

Grundsätzliches:

- 100 % der Flächen werden seit 12 Jahren pfluglos bewirtschaftet.
- die Bodenbearbeitungsintensität variiert je nach Frucht, Vorfrucht und Hangneigung zwischen einer Bearbeitungstiefe von 15 cm und einer Direktsaat ohne jegliche Bodenbearbeitung.
- Zukünftig wird sich die Bodenbearbeitung und Bestellung stärker als bisher an dem Höhenlinienprofil des jeweiligen Schrages orientieren.

- Speziell für die Hackfrüchte müssen die bisherigen Verfahren noch optimiert werden

Mechanisierung:

- Sämtliche Zugmaschinen sind mit Breitreifen ausgerüstet.
- Zur Ernte wird ein Überladewagen mit Breitreifen eingesetzt, daher keine Transportfahrzeuge auf den Acker.
- Zur Bodenbearbeitung werden eine Scheibenegge mit Tiefenführung, ein mehrbalkiger Grubber eingesetzt. Zukünftig soll ein Streifenbearbeitungsgerät für Zuckerrüben und Mais eingesetzt werden.
- Bei der eingesetzten Sätechnik handelt es sich um Scheibensärsätechnik die Mulch- und Direktsaatfähig ist.
- Zukünftig sollen alle Zumaschinen mit einer Reifendruckregelanlage ausgerüstet werden.
- Die Mähdrescherarbeitsbreite ist auf 6,8 m begrenzt um eine exakte Strohverteilung zu garantieren.
- Der Mähdrescher besitzt einen speziellen Strohhäcksler.

Pflanzenbauliche Gesichtspunkte:

- Die Düngungs- und der Pflanzenschutzmaßnahmen entsprechen denen eines konventionell bewirtschafteten Betriebes.
  - Der Pflanzenschutzmittelaufwand ist **nicht** höher als in einem konventionell bewirtschafteten Betrieb.
  - Das entscheidende Kriterium um erfolgreich pfluglosen Ackerbau betreiben zu können, ist die Fruchtfolge. Auf dem Betrieb Schönleber GbR wird eine 5 – gliedrige Fruchtfolge eingehalten. Wichtig ist ein Wechsel innerhalb der Fruchtfolge zwischen Winterung und Sommerung und Halmfrucht und Blattfrucht.
- Die Schlagkraft insbesondere bei der Aussaat und Bodenbearbeitung nimmt zu.
  - Der Maschinenbesatz kann langfristig reduziert werden.
  - Die Treibstoffkosten können sinken.
  - Die Erosion kann nachhaltig verringert werden.
  - Die Erträge der pfluglos bewirtschafteten Flächen entsprechen denen von konventionell bewirtschafteten Flächen.

## 2 Schlussfolgerungen

Die in den vergangenen Jahren mit dem System des pfluglosen Ackerbaues gemachten Erfahrungen können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Die Mechanisierungskosten eines pfluglos wirtschaftenden Betriebes sind wegen der teuren Spezialmaschinen bzw. der Zusatzausrüstungen der Maschinen und Geräte höher als die eines konventionellen Betriebes.
- Die Anforderungen an die Arbeitsqualität steigen an.
- Der Kontrollaufwand insbesondere nach der Aussaat nimmt zu.
- Die Managementanforderungen an den Betriebsleiter bei konsequenter pflugloser Bodenbearbeitung steigen im Vergleich zu pflügenden Betrieben an.

## 3 Ausblick

Perspektiven im Bereich des pfluglosen Ackerbaues:

Insbesondere bei den Hackfrüchten gibt es Optimierungspotential was den Erosionsschutz angeht. Der Grund dafür ist die relativ lange Periode nach der Aussaat, in der der Boden fast unbedeckt ist. Eine Lösung für dieses Problem könnte die reine Direktsaat in den mit Mulchmaterial bedeckten Boden sein. Bei der reinen Direktsaat nimmt man allerdings in Kauf, dass sich Boden langsamer erwärmt was eine verzögerte Mineralisierung und eine verzögerte Jugendentwicklung der Pflanzen zur Folge haben kann. Eine Lösung für diese Probleme könnte das sogenannte „strip – till“ Verfahren darstellen. Hier wird mit dem in Abbildung 1 gezeigten Werkzeug das Feld entlang der Höhenlinien nur streifenweise bearbeitet. Zwischen den bearbeiteten Streifen bleibt die bodenbedeckende Mulchmaterialschiicht erhalten.



**Abbildung 1:** Werkzeug zur streifenweisen Bearbeitung des Bodens („strip-till“)

Ein weiterer Ansatzpunkt zur Optimierung des Erosionsschutzes könnte eine der Hangneigung und angepasste Intensität der Bodenbearbeitung sein. Abhängig von der Hangneigung und vom Oberflächenprofil des Ackers wird dann beispielsweise die Bearbeitungstiefe des Bodenbearbeitungsgerätes verändert.

Dies kann im Extremfall bei einer starken Hangneigung sogar dazu führen, dass Teilbereiche des Ackers nicht bearbeitet werden. Zur Umsetzung dieses Verfahrens ist allerdings eine Ausstattung der Zugmaschine entsprechender Elektronik und GPS-Ausrüstung erforderlich.



## Bedeutet pfluglose Bodenbearbeitung gleichzeitig Förderung der Biodiversität?

Thomas Kreuter, Olaf Nitzsche, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft,  
Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

### 1 Einleitung

Das Förderprogramm „Umweltgerechte Landwirtschaft“ des Freistaates Sachsen honoriert seit vielen Jahren die Anwendung konservierender Bodenbearbeitungsverfahren im Ackerbau als ein Instrument auf dem Wege zu nachhaltigen und damit umweltgerechten Produktionssystemen. Tatsächlich wirkt der pfluglose Ackerbau mit Mulch- und Direktsaat eindeutig positiv auf wichtige bodenphysikalische und hydrologische Parameter. So ist auf den entsprechenden Schlägen in vielen Fällen die Wasserinfiltration deutlich erhöht; die Bodenerosion wird generell drastisch reduziert.

Unter den Bodenlebewesen sind besonders Regenwürmer als diejenige Tiergruppe bekannt geworden, die durch konservierende Bodenbearbeitung sowohl qualitativ als auch quantitativ wirksam gefördert werden kann und dadurch entscheidend zu den zuvor genannten Effekten beiträgt. Inwieweit pfluglose Verfahren die biologische Vielfalt auf den Schlägen insgesamt positiv beeinflussen können, war bisher von untergeordnetem Interesse, obwohl die Biodiversität zu den gelisteten Agrarumweltindikatoren zählt, an denen die Nachhaltigkeit der Landbewirtschaftung gemessen werden soll (OECD 2001).

Mit der vorliegenden Studie sollen einige Wissenslücken zu dieser Thematik geschlossen werden. Untersucht wurden Effekte der drei Bodenbearbeitungsvarianten „Pflugeinsatz“, „Mulchsaat“ und „Direktsaat“ auf ausgewählte qualitative, quantitative und funktionale Para-

meter der Aktivität und Vielfalt des Bodenlebens. Ziel ist die vergleichende Einschätzung des ökologischen Wertes dieser Verfahren.

Ungeachtet der generellen Probleme, die biologische Vielfalt anthropogener Lebensräume überhaupt bewerten zu können, strebt die europäische Agrarpolitik an, dem ökologischen Zustand einer ackerbaulich genutzten Fläche auch als Förderkriterium eine größere Bedeutung beizumessen als bisher. Die Bewertung komplexer Anbau- und Bearbeitungsverfahren anhand einer Vielzahl funktionaler, quantitativer und qualitativer Bioindikatoren dürfte dabei ein praktikabler Weg sein.

Die Integration der vorliegenden Arbeit in die Begleitforschung zur Zusatzförderung II des sächsischen UL-Programms trägt dem Ziel des Freistaates Rechnung, über die Etablierung bodenschonender Maßnahmen hinaus die Biodiversität in der Agrarlandschaft zu fördern. Das Forschungsprojekt erfüllt damit auch ein wesentliches Anliegen der gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union.

### 2 Material und Methoden

Die Untersuchungsgebiete liegen im sächsischen Lößgürtel und damit in einer seit vielen Jahrzehnten intensiv genutzten Agrarlandschaft. Der **Standort Lüttewitz** repräsentiert die Ackerfluren der Lommatzscher Pflege (Naturraum: Mittelsächsisches Lößhügelland) zwischen Döbeln und Ostrau. Auf Grund der Großflächigkeit der Ackerflur und der teilweise starken Hangneigungen sind die Böden dieses

Gebiet besonders verschlammungs- und erosionsgefährdet. Der **Standort Zschortau** (Naturraum: Nördliche Leipziger Bucht) repräsentiert eine typische Feldflur der ackerbaulich genutzten Ebenen des mitteldeutschen Trockenlöß-Gebietes.

An beiden Standorten wird seit mindestens 8 Jahren eine 3-gliedrige Zuckerrübenfruchtfolge (Zuckerrübe – Weizen – Weizen oder Gerste) angebaut. Zuckerrüben standen zuletzt im Jahr 2002 auf den Flächen. Am Standort Zschortau folgten darauf Sommerweizen (2003) und Winterweizen (2004); in Lüttewitz wurde in beiden Folgejahren (2003 + 2004) Winterweizen angebaut.

Folgende Bodenbearbeitungssysteme werden im Rahmen der Untersuchungen verglichen:

- I) **Pflugeinsatz** (jährliche Pflugfurche; i.d.R. kein Totalherbizid)
- II) **Mulchsaat** (konservierende Bodenbearbeitung, Grubber mit ca.10 cm Arbeitstiefe, i. d. R. Einsatz eines Totalherbizids)
- III) **Direktsaat** (Verzicht auf Bodenbearbeitung, flache Saatbettbereitung zu Zuckerrüben; i. d. R. Einsatz eines Totalherbizids)

Weitere Bodenbearbeitungsmaßnahmen zur Pflege und Unkrautregulierung sowie Düngung und Pflanzenschutz erfolgten i. d. R. ohne Unterschiede auf allen drei Vergleichsparzellen. Tabelle 1 enthält eine Übersicht über die untersuchten Bioindikatoren sowie über die Methoden ihrer Erfassung und Auswertung.

**Tabelle 1: Zur Biodiversität auf sächsischen Ackerflächen. Indikatoren; Parameter; Methoden**

Indikator	untersuchte Parameter	Erfassungsmethode / erfasster Bodenhorizont
Mikrobielles Bodenleben	Biomasse & Atmungsaktivität der Bodenmikroben	Bodenproben mit <i>Pürckhauer</i> -Bohrstock / 0-30cm (3 Stufen)
Potenzial des Streuabbaus*	Fraßaktivität der Primär- und Sekundärzersetzer*	Köderstreifentests nach <i>v.Thörne</i> / 0-8cm (16 Stufen)*
Diversität epigäischer Raubarthropoden	Arten- & Dominanzstruktur sowie Aktivitätsdichte von Laufkäfern und Spinnen	Fallenfänge nach <i>Barber</i> / Bodenoberfläche

\* nur am Standort Lüttewitz

Während die Untersuchungen zur mikrobiellen Biomasse und Atmungsaktivität rein quantitativer Natur sind, lassen die Laufkäfer und Spinnenfänge neben der Messung der Aktivitätsdichten auch qualitative Aussagen zu. Der Köderstreifentest stellt eine Momentaufnahme

der Fraßaktivität potenziell streuabbauender Organismen dar und erlaubt diesbezüglich eine vergleichende Bewertung der Funktionalität der Systeme, ohne dass auf Qualitäts- oder Quantitätsparameter der beteiligten Organismen geschlossen werden kann.



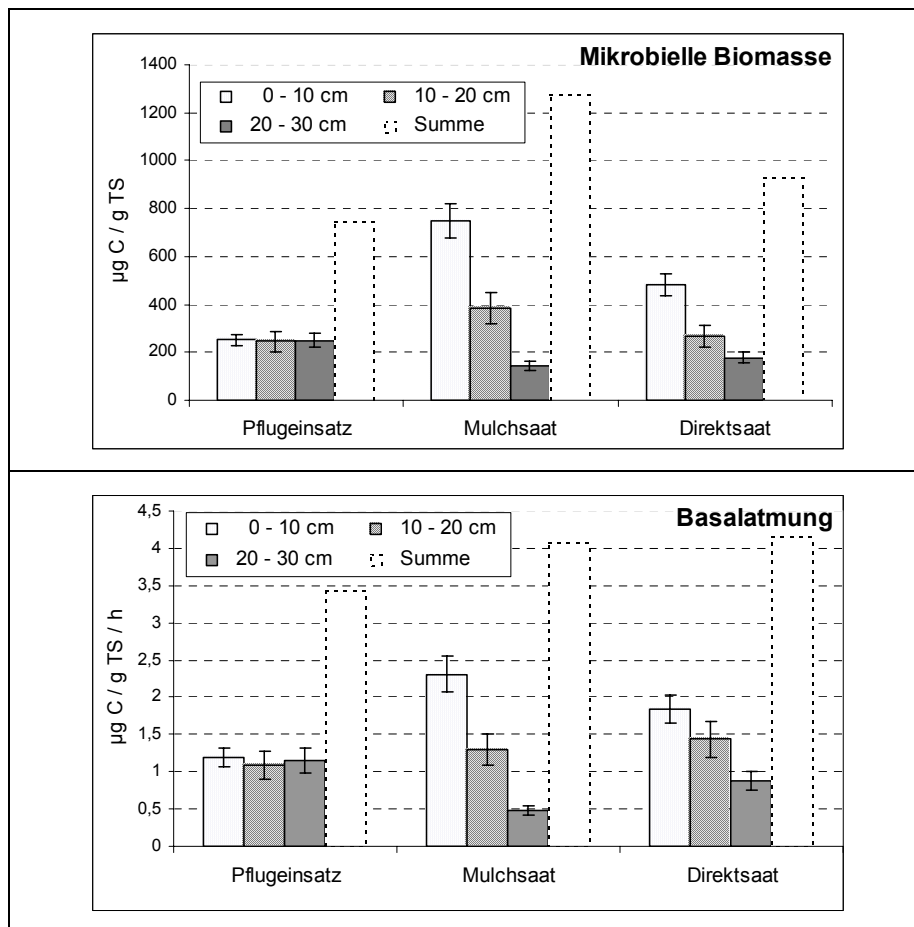
Die Probennahmen zur Bestimmung der mikrobiellen Biomasse und Aktivität erfolgten im Frühjahr und Herbst der Jahre 2003 und 2004. Betrachtet wurden die drei Bodenhorizonte 0-10cm, 10-20cm und 20-30cm Bodentiefe. Köderstreifen kamen im Oktober 2003 und im April 2004 am Standort Lüttewitz zum Einsatz. Auf jeder Variante wurden drei Testfelder mit jeweils 16 Köderstreifen etabliert. Im Rahmen der Arbeit mit Bodenfallen (sechs Fanggefäße pro Variante) wurden Fangergebnisse aus den Monaten April bis Juni der Jahre 2002 bis 2004 ausgewertet.

Allen Auswertungen liegen identische Aufnahmezeiten und Erhebungsumfänge auf den drei verglichenen Bearbeitungsvarianten zu Grunde. Statistische Aussagen im Ergebnisteil beruhen auf dem parameterfreien Mann-Whitney-(U-) Test.

### 3 Ergebnisse

#### Mikrobielle Biomasse und Atmungsaktivität:

Im Vergleich der drei Bodenbearbeitungsverfahren ließen sich hinsichtlich beider Parameter typische Unterschiede erkennen. Besonders deutlich traten diese im Rahmen der Herbstuntersuchungen zutage (Abbildung 1); allerdings wurden im Frühjahr prinzipiell die gleichen Tendenzen sichtbar. Unter der Pflugeinwirkung kommt es zu einer relativ gleichmäßigen Durchmischung der oberen Bodenschichten (0-30cm) und damit auch der dort vorhandenen mikrobiellen Biomasse (Abb 1, oberes Diagramm). Diese Durchmischung spiegelt sich auch in der Atmungsaktivität der Mikroben wider (Abbildung 1, unteres Diagramm).



**Abbildung 1:** Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf Masse und Aktivität der Bodenmikroben im Herbst 2003

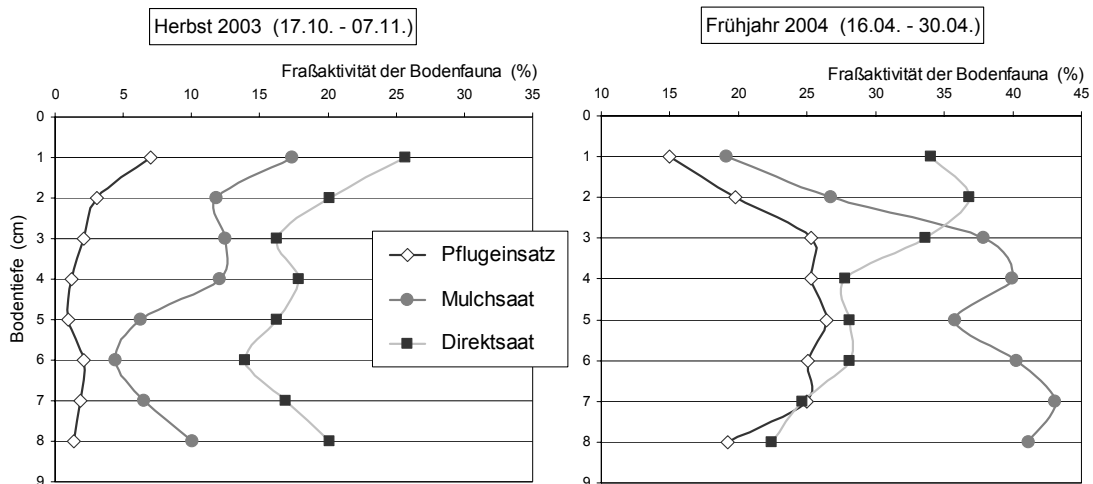
Mulch- und Direktsaat führen dagegen zu einer typischen Zonierung sowohl der mikrobiellen Biomasse als auch der Atmungsaktivität. In der oberflächennahen Bodenschicht wurden die signifikant höchsten Werte gemessen, mit zunehmender Bodentiefe ließ sich ein schrittweiser Rückgang von Biomasse und Aktivität der Mikroben konstatieren. Lediglich im Frühjahr 2003 wurden auf der Mulchsaatfläche unterhalb der mechanisch gelockerten Bodenschicht keine Aktivitätsdifferenzen festgestellt.

In der Summe der drei separat untersuchten Bodenschichten (Abbildung 1, gestrichelte Säulen) erreichten Mulch- und Direktsaatvariante meist etwas höhere, zumindest aber vergleichbare mikrobielle Biomassen. Auch hinsichtlich der Basalatmung wurden auf dem gepflügten Teilschlag überwiegend niedrigere Werte festgestellt, wobei die Unterschiede vor allem im Frühjahr sehr gering waren.

Fraßaktivität der Bodenfauna (Köderstreifen-test):

Auch der Köderstreifen-test ergab deutliche Differenzen zwischen den drei Bearbeitungsverfahren (Abbildung 2). Im Herbst 2003 wurden in nahezu allen untersuchten Bodentiefen auf den konservierend bearbeiteten Flächen signifikant höhere Fraßraten festgestellt, wobei die Direktsaatfläche die mit Abstand größten Aktivitäten aufwies. Die pfluglosen Bearbeitungsvarianten zeigten dabei eine typische Stratifizierung, während die Werte vom gepflügten Teilschlag – analog zur Situation bei den Bodenmikroben - auf die typische Durchmischungswirkung des Pflügens hinweisen.

Im Frühjahr 2004 waren die Fraßaktivitäten insgesamt deutlich höher, die Differenzen zwischen den drei Varianten dagegen weniger deutlich. Die vertikale Verteilung der Fraßaktivitäten folgte in den Varianten keinem einheitlichen Muster. So entsprach die Situation in der obersten Bodenschicht (0-3cm) den Befunden vom Herbst 2003. In den darauf folgenden Schichten (3-8cm) gingen die gemessenen Aktivitäten auf der Direktsaatparzelle bis auf das Niveau der Pflugvariante zurück, während auf dem gemulchten Teilschlag signifikant höhere Werte erreicht wurden.



**Abbildung 2:** Fraßaktivitäten der Bodenorganismen, gemessen mit dem Köderstreifen-test (nach v. Thörne) am Standort Lüttewitz

Artenzahlen und Aktivitätsdichten von Laufkäfern (Carabidae) und Webspinnen (Araneae):

In den meisten Vergleichszeiträumen wurden auf den gepflügten Varianten beider Standorte mehr Laufkäferarten nachgewiesen als auf den konservierend bearbeiteten Flächen. Zwischen Mulch- und Direktsaat bestanden diesbezüglich keine Verteilungstendenzen (Tabelle 2).

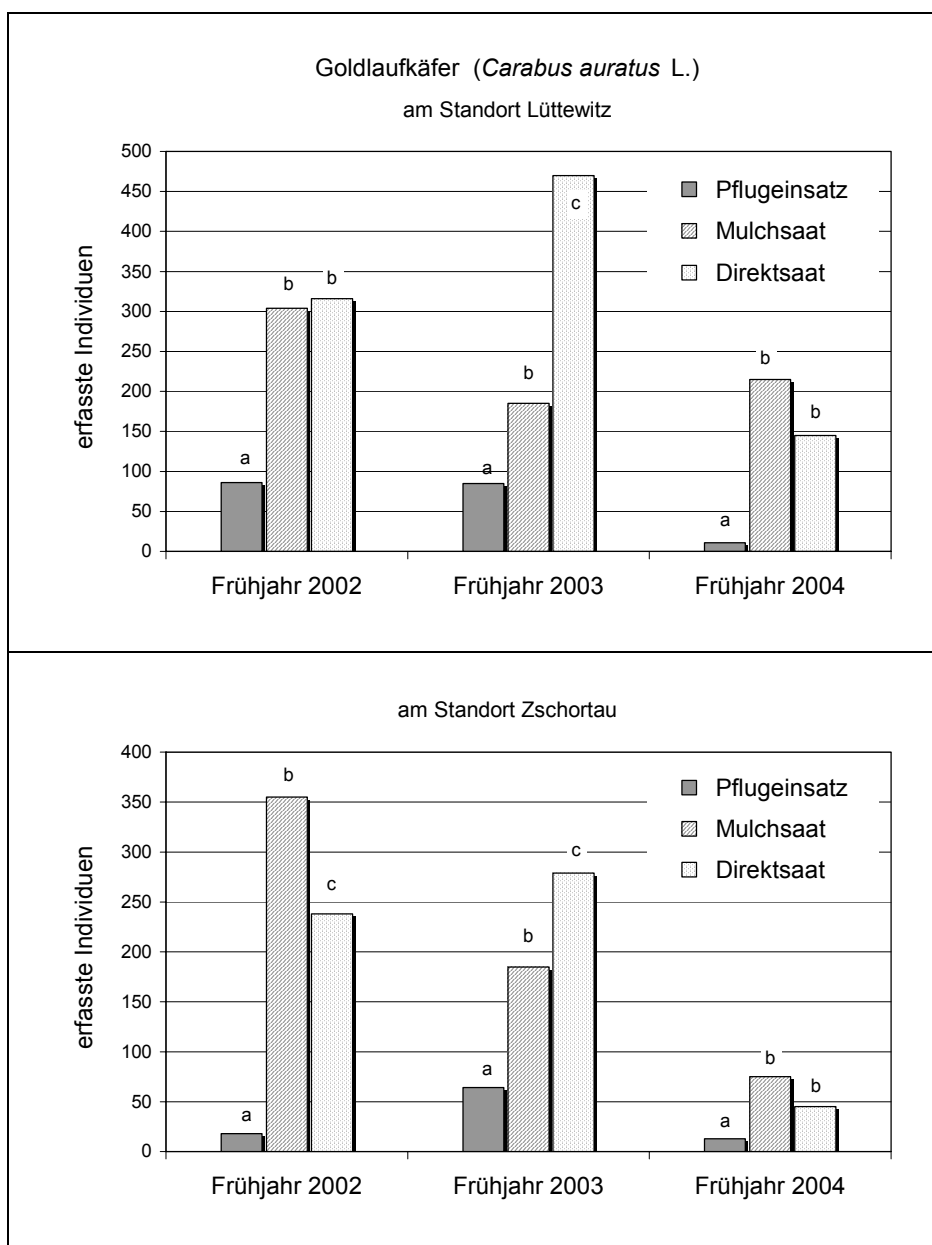
Auf die Aktivitätsdichten der Laufkäfer hatte das Verfahren der Bodenbearbeitung generell keine tendenziellen Auswirkungen (Tabelle 2). Die signifikant höheren Fangzahlen des Jahres 2002 auf den Mulch- und Direktsaatflächen beider Standorte gehen größtenteils auf die gemessenen Aktivitätsdichten der Art *Carabus auratus* (Goldlaufkäfer) zurück.

**Tabelle 2: Laufkäferfänge im Frühjahrsaspekt auf unterschiedlich bearbeiteten Ackerparzellen**

Bodenbearbeitung	Jahr	Standort Lüttewitz			Standort Zschortau		
		Pflug	Mulch	Direkt	Pflug	Mulch	Direkt
Artenzahl	2002	20	16	18	16	8	10
	2003	25	20	17	26	23	18
	2004	24	22	22	27	18	21
Individuenzahl	2002	187	452	522	68	390	298
	2003	430	354	643	657	617	818
	2004	180	356	288	206	211	203

Der Goldlaufkäfer (*Carabus auratus*) gehört sowohl hinsichtlich seiner faunistisch-naturschutzfachlichen Bedeutung als auch auf Grund seiner regulativen Funktion als Nützling im Ackerökosystem zu den bemerkenswerten Arten der mitteleuropäischen Feldflur.

Diese Spezies erreichte in allen Fangperioden und auf beiden Standorten in den Mulch- und Direktsaatvarianten signifikant höhere Aktivitätsdichten im Vergleich zur gepflügten Variante (Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Effekte unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf die Aktivitätsdichten der Laufkäferart *Carabus auratus* (Bodenfallenfänge nach Barber)

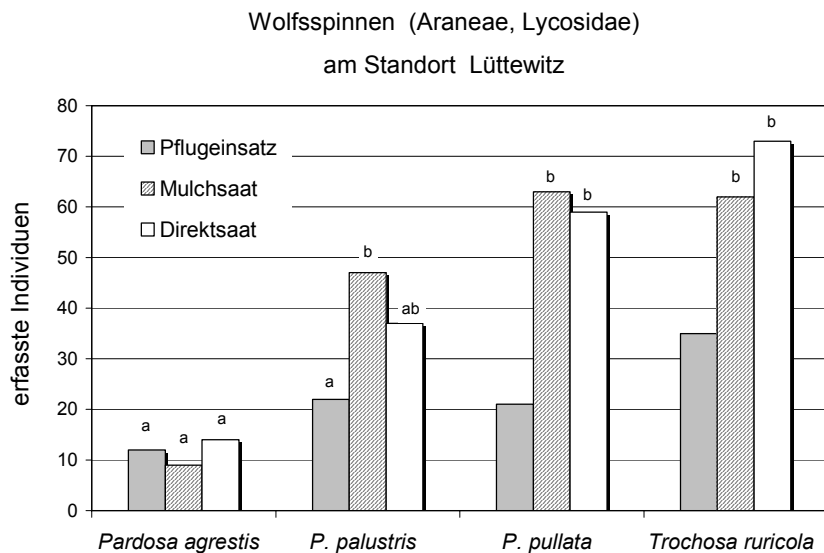
Auch andere interessante Carabidenarten (z.B. *Cicindela campestris* oder *Nebria brevicollis*) wiesen signifikante Präferenzen einer bestimmten Bearbeitungsvariante auf. Dabei ist dem Pflugeinsatz eine zumindest ebenso große

Bedeutung beizumessen wie den konservierenden Verfahren, da die Artendiversität bei wendender Bodenbearbeitung vergleichsweise hohe Werte erreicht (vgl. Tabelle 2).

Verglichen mit den Laufkäfern, ergaben die Fänge felddesiedelnder Webspinnen noch deutlich größere qualitative und darüber hinaus auch quantitative Differenzen. So waren die Aktivitätsdichten auf der Mulchsaatparzelle mit insgesamt 3162 Spinnen signifikant höher als auf den Varianten "Pflugeinsatz" (2228 Individuen) und "Direktsaat" (1977 Individuen). Im deutlichen Gegensatz zu den geringeren Individuenzahlen der Direktsaatfläche steht die vergleichsweise hohe Artenzahl (40 Spezies) dieser Fläche. Auf dem gemulchten Teilschlag konnten 35 Spinnenarten nachgewiesen wer-

den; die gepflügte Parzelle erbrachte lediglich 32 Spezies.

Besonders solche Arten, die Ackerbrachen und Ruderalflächen, z.T. auch Grünlandbiotope bevorzugen, profitierten offensichtlich von der geringeren Frequenz und Intensität der Störungen auf der Direktsaatfläche. Auffällig wird dieser Effekt hinsichtlich der Familie der Wolfsspinnen (Lycosidae), denen auf Grund ihrer Größe und Mobilität auch als Regulative eine bedeutende agrarökologische Funktion zugeschrieben werden kann (Abbildung 4).



**Abbildung 4:** Effekte unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf die Aktivitätsdichten der Wolfsspinnen (Bodenfallenfänge nach Barber)

#### 4 Diskussion und Zusammenfassung

Die Beeinflussung der Bodenfauna durch verschiedene abiotische und biotische Umweltfaktoren war in der jüngeren Vergangenheit bereits Gegenstand zahlreicher wissenschaftlicher Studien. Dabei standen anfangs in erster Linie allgemeine Auswirkungen des Bewuchses bzw.

der Oberflächenstruktur auf die Bodenfauna (Piffner et al. 1993, Schreiter 2001, Jossi et al. 2004) sowie Effekte des ökologischen Landbaus (Papaja & Hülsbergen 2000, Tischer 2000) im Mittelpunkt des Interesses. Mit der Einführung pflugloser Ackerbauverfahren erfolgten vergleichende Untersuchungen auch zu diesem Thema, wobei vorerst Auswirkungen

bestimmter Organismen auf die Qualität des Bodens als Produktionsmittel von Interesse waren (z.B. Krück et al. 2001, Hofmann et al. 2003). Derzeit erlangt die Vielfalt des Bodenlebens als Teil der biologischen Diversität der Kulturlandschaft im Rahmen der Umgestaltung der Agrarpolitik eine wachsende Bedeutung (OECD 2001). Aus den vorgestellten Ergebnissen geht hervor, dass durch die Wahl des Verfahrens der Bodenbearbeitung alle untersuchten Lebensgemeinschaften im und auf dem Ackerboden entscheidend beeinflusst werden.

Die Ergebnisse zum mikrobiellen Bodenleben und zur Fraßaktivität der Bodenorganismen entsprechen weitgehend den Aussagen älterer Studien zu diesen Themenkomplexen (Krück et al. 2001, Heisler & Brunotte 1998). Allerdings weisen die Resultate des Köderstreifentests darauf hin, dass die Aktivität sehr starken Einflüssen durch die Witterung und weitere Umweltfaktoren ausgesetzt ist. Diese Faktoren können sich auf die Höhe und die Stratifizierung der Fraßaktivitäten unter Umständen stärker auswirken als die differenzierte Bodenbearbeitung.

Unter geeigneten Rahmenbedingungen ist mit den höheren Fraßaktivitäten auf Mulch- und Direktsaatflächen auch ein verstärkter Abbau von Pflanzenrückständen zu erwarten. Dies gilt besonders für die obersten Bodenschichten. Friebe & Henke (1991) wiesen für verschiedene pfluglose Bearbeitungssysteme im Vergleich zur gepflügten Fläche eine mindestens doppelt so hohe Strohabbaurates nach. Auch Heiber & Eisenbeis (1999) stellten einen verstärkten Streuabbau bei nicht wendender Bodenbearbeitung fest. Die höhere Aktivität der Primärersetzer kann aus Sicht der ökologischen Selbstre-

gulation eine entscheidende Rolle spielen, z.B. im Maisanbau, der im Rahmen pflugloser Anbauverfahren als problematisch gilt. So ist nach Friebe & Henke (1991) die Mesofauna am Abbau von Maisstroh wesentlich stärker beteiligt, als an der Umsetzung von gemulchten Weizenstoppeln.

Inwieweit solche Effekte im Rahmen der Eindämmung problematischer Krankheitserreger (*Fusarium* spp., DTR/HTR, Virose, Maiswurzelbohrer) quantifiziert werden können, muss in weiterführenden Forschungsarbeiten geklärt werden. Diese Thematik ist gerade im Kontext der Förderung pflugloser Bearbeitungsstrategien von großem wirtschaftlichen Interesse.

Das signifikant stärkere Auftreten großer Laufkäfer der Gattung *Carabus* sowie von Wolfspinnen (Lycosidae) in Folge der pfluglosen Bodenbearbeitung gehört zu den herausragenden Resultaten der vorliegenden Untersuchungsreihe, da derart starke positive Effekte der Mulchsaat bislang nicht bekannt waren. Offensichtlich hat bereits der Verzicht auf die Bodenwendung sowohl direkt (kaum Verschüttung, weniger mechanische Verletzungen größerer Bodenorganismen) als auch indirekt (Humusakkumulation im obersten Bodenhorizont und damit auch Förderung zahlreicher potenzieller Beutetiere) signifikant positive Effekte.

Eine signifikante Förderung von Spinnen durch konservierende Bodenbearbeitung wurde in den letzten Jahren von Zahirovic et al. (2001) und Volkmar et al. (2003) beschrieben.

Über diese faunistischen Ergebnisse hinaus dokumentieren die vorliegenden Befunde auch ein höheres regulatives Potenzial und damit die

vergleichsweise große funktionale Diversität der pfluglos bearbeiteten Flächen. Zur bevorzugten Beute der *Carabus*-Arten gehören z.B. viele Schädlinge, die durch pfluglose Bodenbearbeitung gefördert werden (darunter Ackerschnecken und verschiedene im bzw. am Boden lebende Insektenlarven).

Das tatsächliche Regulationspotenzial räuberischer Spinnen und Feldlaufkäfer könnte auf konservierend bearbeiteten Feldern sogar noch größer sein, als allein aus den höheren Fangzahlen zu schließen ist. Einige typische Beutetiere, z.B. Diplopoden (Doppelfüßer), Dipluren (Doppelschwänze) oder Fliegenlarven, erreichen dort nämlich deutlich geringere Individuenzahlen als auf gepflügten Äckern (Friebe & Henke, 1991). Folglich dürften all jene Bodentiere, die durch pfluglose Bodenbearbeitung gefördert werden (z.B. Schnecken), entsprechend größere Anteile am Nahrungsspektrum der Raubarthropoden einnehmen.

Darüber hinaus weisen die Ergebnisse auf eine deutliche qualitative und quantitative Differenzierung der Laufkäfer- und Spinnengesellschaften in Folge der unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren hin. Zum einen fördert die konservierende Bearbeitung zahlreiche störungsempfindliche und große Spezies. Andererseits verdeutlichen die jeweils höchsten Artenzahlen der Laufkäfer in der Pflugvariante, dass auch die traditionelle wendende Bodenbearbeitung zu verhältnismäßig artenreichen Lebensgemeinschaften führen kann.

Über die untersuchten Elemente der Bodenfauna hinaus finden sich in der Fachliteratur weitere Hinweise auf die positiven Auswirkungen pflugloser Bearbeitungsverfahren. Seit länge-

rem bekannt ist z.B. der fördernde Einfluss konservierender Bodenbearbeitungssysteme auf die Siedlungsdichte und teilweise auch auf die Artendiversität von Regenwürmern (*Lumbricidae*). Entsprechende Effekte wurden bereits von Friebe & Henke (1991) beschrieben. Besonders günstig wirkt sich der Pflugverzicht offensichtlich auf die tiefgrabende Art *Lumbricus terrestris* aus, deren Aktivitäten sowohl für die Verbesserung der Bodenstruktur als auch für die Erosionsminderung von besonderer Bedeutung sind (Krück et al. 2001). Insgesamt zeigt sich, dass von konservierenden Bodenbearbeitungssystemen eindeutig positive Impulse auf die Biodiversität der Agrarflächen und auf die Selbstregulation der Ackerökosysteme ausgehen. Hervorzuheben ist die Tatsache, dass Direkt- und Mulchsaatverfahren große Potenziale zur Eindämmung gerade solcher Schaderreger enthalten, deren verstärktes Auftreten erst durch die Umstellung auf pfluglose Bearbeitung induziert wird. Die optimale Ausschöpfung dieser Potenziale dürfte eine wichtige Voraussetzung für die dauerhafte Etablierung konservierender Verfahren darstellen.

Hinsichtlich ihrer prinzipiellen Durchführbarkeit und Praxisreife kommt der Mulchsaat die größte wirtschaftliche Bedeutung unter den konservierenden Verfahren zu. Die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Mulchsaat ähnlich positive oder sogar stärkere Auswirkungen auf die Artenvielfalt und das regulative Potenzial der betreffenden Ackerflächen haben kann als die derzeit nur eingeschränkt anwendbare Direktsaat.

Im Sinne einer mannigfaltigen Agrarlandschaft sollte das Nebeneinander verschiedener acker-



und pflanzenbaulicher Methoden einem radikalen Austausch herkömmlicher durch modernere Praktiken vorgezogen werden. Dabei sind auch Extreme (z.B. tiefes Pflügen oder konsequente Direktsaat), der biologischen Vielfalt prinzipiell förderlich. Ein ökologisches Grundprinzip besagt, dass die Biodiversität einer Landschaft nicht allein durch Wertzahlen für einen konkreten Lebensraum ( $\alpha$ -Diversität) bestimmt wird, sondern auch durch die Vielfalt und Spannweite der Ausprägungsvarianten dieses Lebensraumes entlang bestimmter Umweltgradienten sowie durch die Vielfalt verschiedener Lebensräume in der Landschaft ( $\beta$ - bzw.  $\gamma$ -Diversität). Ferner ist zu berücksichtigen, dass einzelne Förderprogramme prinzipiell niemals allen Zielen und Vorstellungen zum Schutz gefährdeter Arten und bedrohter Vielfalt genügen können. Als Beispiel sei hier die Segetalvegetation als potenziell artenreiche Lebensgemeinschaft und Grundlage vielfältiger Nahrungsketten im Ackerökosystem genannt. Dieser große Komplex der agrarischen Biodiversität wird im konventionellen Landbau derzeit durch die gängige Pflanzenschutzpraxis so stark eingeengt, dass die zu erwartenden positiven Effekte einer konservierenden Bodenbearbeitung in der Regel ausbleiben.

Abgesehen von diesen Einschränkungen stellt die konsequente Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung ein effektives Konzept dar, die biologische Vielfalt der Ackerflächen deutlich und umfassend zu fördern.

Unser Dank gilt der Südzucker AG, GB Landwirtschaft für die Bereitstellung der Versuchsfelder.

## 5 Literatur

- Friebe, B. & Henke, W. (1991): Bodentiere und deren Strohabbauleistung bei reduzierter Bodenbearbeitung. – Z. Kulturtechnik u. Landentwicklung 32, 121-126.
- Heiber, T. & Eisenbeis, G. (1999): Vergleich wendender und nichtwendender Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau: Messungen zum Strohabbau mit Minicontainern bei Vertikalexposition. – Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 91: 621-624.
- Heisler, C. & Brunotte, J. (1998): Beurteilung der Bodenbearbeitung mit Pflug und der konservierenden Bodenbearbeitung hinsichtlich der biologischen Aktivität mittels des Köderstreifen-Tests nach von Törne sowie der Populationsdichten von Collembolen und Raubmilben. Landbauforschung Volkenrode, 48, 78-85.
- Hofmann, B.; Tischer, S. & Christen, O. (2003): Auswirkungen langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitungsintensität auf Humushaushalt, mikrobielle Aktivität und Lumbricidenfauna. – VDLUFA-Schriftenreihe.
- Jossi, W.; Bruderer, R.; Valenta, A.; Schweizer, C.; Scherrer, C.; Keller, S. & Dubois, D. (2004): Einfluss der Bewirtschaftung auf die Nützlingsfauna. – Agrarforschung 11(3), 98-103.
- Krück, S.; Nitzsche, O. & Schmidt, W. (2001): Regenwürmer vermindern Erosionsgefahr. – Landwirtschaft ohne Pflug 1, 18-21.
- OECD (2001): Agar-Biodiversitätsindikatoren: - Bericht über das OECD-Expertentreffen in Zürich, Schweiz, November 2001.
- Papaja, S. & Hülsbergen, K.-J. (2000): Die Entwicklung der Regenwurmpopulationen unter dem Einfluss der Bewirtschaftungsumstellung. In: Hülsbergen, K.-J. & Diepenbrock, W. (2000): Die Entwicklung von Fauna, Flora und Boden nach Umstellung auf ökologischen Landbau – Untersuchungen auf einem mitteldeutschen Trockenlößstandort. – UZU-Schriftenreihe, Sonderband, 108-122.
- Pfiffner, L.; Mäder, P.; Besson, J.-M. & Niggli, U. (1993): DOK-Versuch: Vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-dynamisch, organisch-biologisch und konventionell. – Schweiz. Landw. Forschung 32(4), 547-563.
- Schreiter, T. (2001): Auswirkungen von Landnutzungssystemen auf die Zusammensetzung von Coleopterenzönosen. – Eugen Ulmer GmbH & Co. Stuttgart, H. 13, 143 S.
- Tischer, S. (2000): Veränderungen der mikrobiologischen Aktivität nach Bewirtschaftungswechsel. In: Hülsbergen, K.-J. & Diepenbrock, W. (2000): Die Entwicklung von Fauna, Flora und Boden nach Umstellung auf

- ökologischen Landbau – Untersuchungen auf einem mitteldeutschen Trockenlößstandort. – UZU-Schriftenreihe, Sonderband, 101-107.
- Volkmar, C.; Lübke-Al Hussein, M. & Kreuter, T. (2003): Effekte moderner verfahren der Bodenbewirtschaftung auf die Aktivität epigäischer Raubarthropoden. - Gesunde Pflanze 55, H.2, 40-45.
- Zahirovic, S; Heimbach, U. & Sommer, R. (2001): Einfluss verschiedener Mulchsaatsysteme auf Spinnen in Ackerbohnen-Beständen. – Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Entomol. 13, 261-264.

## Konservierende Bodenbearbeitung und Hochwasserschutz – Bodenphysikalische Aspekte

Steffen Zacharias, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft,  
Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

### 1 Einleitung

Die Hochwasserereignisse des Jahres 2002 intensivierten die Diskussionen um eine Verbesserung des Hochwasserschutzes und der Hochwasserprävention. In einer ersten Reaktion verabschiedete die Bundesregierung im September 2002 ein 5-Punkte-Programm zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes. Dem dezentralen Wasserrückhalt in den Einzugsgebieten wird dabei eine besondere Bedeutung zugemessen. Neben Maßnahmen zur Rückgewinnung ehemaliger Retentionsräume, Fließgewässerrenaturierungen, dezentraler Niederschlagsversickerung in Siedlungsräumen und technischen Möglichkeiten wird hierin auch eine verbesserte Standortgerechtigkeit der Landnutzung und eine Erhöhung der Versickerungsfähigkeit der Böden gefordert. Diese Forderungen tragen der Erkenntnis Rechnung, dass die zunehmende Flächenversiegelung und Verringerungen der Wasseraufnahmefähigkeit durch bestimmte Formen der Landwirtschaft in unserer Landschaft zu einer Verstärkung von Oberflächenabflüssen führen und damit für eine Beschleunigung und Erhöhung von Hochwasserwellen verantwortlich sind (Longdon, 1996; Sieker, 1998)

Wasserrückhaltende Effekte können sowohl durch eine Erhöhung der Infiltrationsfähigkeit als auch durch eine Verzögerung des Oberflächenabflusses bzw. eine erhöhte Speicherung von Niederschlagswasser auf der Oberfläche erreicht werden. Dabei sind drei Wirkungskomplexe zu unterscheiden:

- Geomorphologische Wirkungen (Oberflächenrauigkeit, Muldenspeicherung),
- Wirkungen der Porenstruktur (Porengrößenverteilung, Porenkontinuität),
- Wirkungen der Aggregatstabilität (Oberflächenverschlammung).

Eine der Maßnahmen, denen im Zusammenhang mit dem vorbeugenden Hochwasserschutz eine besondere Bedeutung zugemessen wird, ist die konservierende landwirtschaftliche Bodenbearbeitung.

Gegenwärtig werden zahlreiche Anstrengungen unternommen, den Effekt veränderter landwirtschaftlicher Bodenbearbeitung auf den Wasserhaushalt auf Einzugsgebietsebene zu untersuchen. Ein wichtiges Instrument in diesem Maßstabbereich sind computergestützte Modellierungen des Wasserhaushaltes. Um die qualitativen und quantitativen Unterschiede verschiedener Formen der Landwirtschaft in den Modellen adäquat abbilden zu können, sind eindeutige Modellparametrisierungen erforderlich. Gerade hierbei bestehen jedoch noch große Unsicherheiten.

In zahlreichen Untersuchungen der letzten Jahre wurde die infiltrationsbeeinflussende Wirkung der konservierenden Bodenbearbeitung untersucht (Zimmerling, 2004). Während in der Mehrzahl der Arbeiten die geringere Verschlammungsanfälligkeit konservierend bestellter Flächen nachgewiesen werden konnte (Zimmerling, 2004), zeigten Untersuchungen zur Porenstruktur z. T. widersprüchliche Wirkungen nach (ebenda; Carter et al., 2002;

Rasmussen, 1999; VandenBygaart et al., 2000; Nitzsche et al., 2001).

Im Rahmen des DBU-Verbundprojektes „Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte“ wird die Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen zur Verbesserung des flächenhaften Wasserrückhalts auf Einzugsgebietsebene untersucht. Es ist geplant, die Parametrisierung der bodenphysikalischen Eigenschaften über einen in anderen Arbeiten oft verwendeten rein bodenartabhängigen Ansatz der Parameterwahl hinaus zu differenzieren. Neben der üblichen Kennzeichnung der hydraulischen Leitfähigkeit und bestimmter porenvolumenbezogener Kennwerte an Hand der dominierenden Bodenart soll eine verbesserte Berücksichtigung der Wasserretentionseigenschaften und Standortabhängigkeiten erfolgen.

Änderungen der Wasserretentionseigenschaften eines Bodens können die Infiltrationseigenschaften eines Bodens entscheidend beeinflussen. Zu diesem Zweck werden entsprechende bodenphysikalische Untersuchungen auf Flächen vorgenommen, die einen direkten Vergleich von konventioneller und konservierender Bodenbearbeitung ermöglichen.

## **2 Theorie**

### **2.1 Wasserretentionsfunktion**

Um Infiltrationsvorgänge von Wasser in den Boden zu beschreiben, existieren eine Reihe von Simulationsmodellen. Verschiedene physikalisch basierte Ansätze sind bekannt. Um eine Berücksichtigung des instationären Wassertransportes in der ungesättigten Bodenzone zu ermöglichen, werden beschreibende Parameter benötigt, welche porenstrukturabhängige Standortunterschiede abbilden. Zu diesen Parametern gehören z. B. die hydraulische Leitfähigkeit  $K(h)$  oder die spezifische Wasserkapazität  $C(h)$ .

Eine Möglichkeit diese Parameter zu bestimmen, besteht in der Messung von Wasserretentionskurven und gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit und der anschließenden Anpassung entsprechender Wasserspannungs-Wassergehalts-Beziehungen ( $\theta(h)$ ). Ein häufig verwendeter Ansatz zur Beschreibung der  $\theta(h)$ -Beziehung ist das von van Genuchten (1980) entwickelte Modell:

$$\theta(h) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + |\alpha h|^n\right]^{\left(1 - \frac{1}{n}\right)}} \quad h < 0$$

$$\theta(h) = \theta_s \quad h \geq 0 \quad (1)$$

- h = Tensiometerdruckhöhe [cm]  
q = Bodenwassergehalt [cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>]  
θ<sub>s</sub> = Bodenwassergehalt bei Sättigung [cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>]  
θ<sub>r</sub> = Restwassergehalt [cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>]  
α = Optimierungsparameter zur Anpassung an die gemessene Wasserretentionsfunktion [1/cm<sup>3</sup>]  
n = Optimierungsparameter zur Anpassung an die gemessene Wasserretentionsfunktion [dimensionslos]

Die ungesättigte hydraulische Leitfähigkeit K(h) (h < 0) ist ein Parameter, der direkt vom Bodenwassergehalt bzw. den auftretenden Tensiometerdruckhöhen abhängig ist. Die Kenntnis der K(h)-Beziehung ist für die Modellierung des Wassertransportes von entscheidender Bedeu-

tung. Parameter von (1) können über das Modell von Mualem - van Genuchten (van Genuchten, 1980) direkt zur Beschreibung der ungesättigten hydraulischen Leitfähigkeit genutzt werden.

$$K(h) = K_s \frac{(1 - |\alpha h|^{n-1} (1 + |\alpha h|^n)^{-m})^2}{(1 + |\alpha h|^n)^{ml}} \quad l = 0,5 \quad m = 1 - 1/n \quad (2)$$

- K = hydraulische Leitfähigkeit [cm/s]  
K<sub>s</sub> = hydraulische Leitfähigkeit bei Sättigung, gemessen oder geschätzt [cm/s]

## 2.2 Parameterschätzung

Zur Parametrisierung gemessener θ(h)-Kurven wurde die von van Genuchten et al. (1991) entwickelte Optimierungssoftware RETC verwendet. Die θ(h)-Beziehung (1) enthält in der obigen Form vier unabhängige Parameter, θ<sub>s</sub>, θ<sub>r</sub>, α und n. In RETC ist eine gleichzeitige bzw. separate Schätzung der vier Parameter an Hand gemessener Wasserretentionsdaten

möglich. Der Parameter θ<sub>s</sub> hat generell einen starken Einfluss auf den Kurvenverlauf. Allerdings sind exakte Werte des Sättigungswassergehaltes auf Grund von Lufteinschlüssen bei der Aufsättigung von Bodenproben nur schwer messbar. Es hat sich gezeigt, dass sich durch eine Behandlung als Optimierungsparameter oft bessere Werte für θ<sub>s</sub> abschätzen lassen, als durch direkte Messung. Daher wurde für die

hier vorgestellten Daten eine gleichzeitige Anpassung aller Parameter angewendet, d.h. ohne die Vorgabe bestimmter, feststehender Parameterwerte. Die Parameteroptimierung erfolgt durch eine nichtlineare Optimierung nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate.

Infolge der gleichzeitigen Parameteroptimierung aller vier Parameter lassen sich physikalische Entsprechungen der Parameter nur bedingt ableiten. Durch die gleichzeitige Optimierung verlieren die Parameter ihre Unabhängigkeit.

### **3 Material und Methoden**

#### **3.1 Untersuchungsgebiet**

Den hier vorgestellten Ergebnissen liegen Messungen auf einem landwirtschaftlichen Bodenbearbeitungsversuch im Mulde-Lößhügelland zu Grunde. Die Ackerfläche wird seit neun Jahren konservierend bearbeitet. Zu Vergleichszwecken wird auf dem Standort eine Bearbeitungsbreite konventionell bewirtschaftet. Die Bodenart wurde als Ut3 bestimmt.

Die konservierende Bodenbearbeitung erfolgt mittels einer Grubber-Scheibeneggenkombination bis zu einer Tiefe von 15 cm. Auf der konventionellen Variante erfolgt eine wendende Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug bis in eine Arbeitstiefe von 25 cm-30 cm.

#### **3.2 Messung der Wasserretentionskurven**

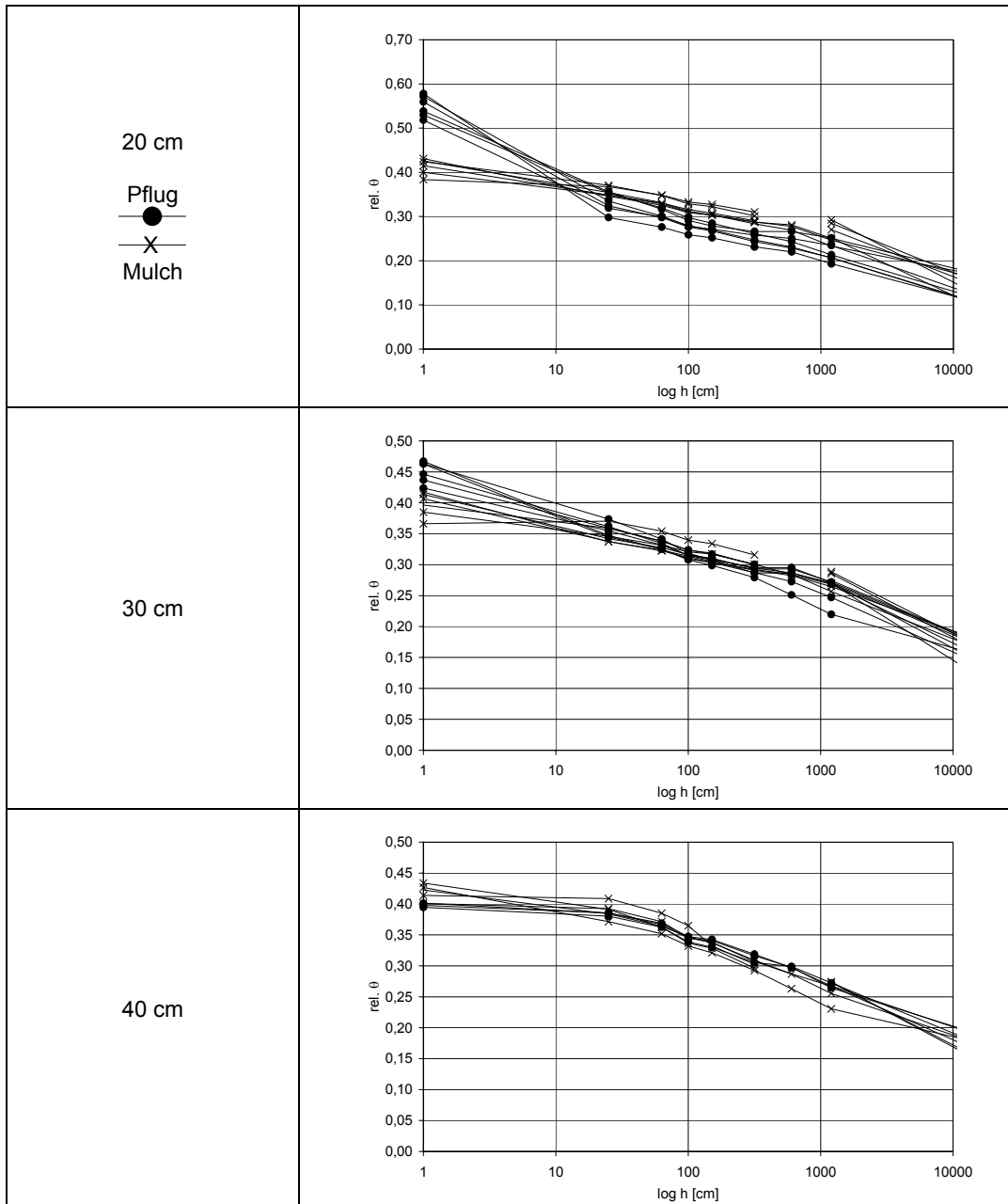
Aus den Versuchsflächen (konservierende und konventionelle Bearbeitung) wurden ungestörte Bodenproben (Stechzylinder Höhe 5 cm, Radius 2,5 cm) entnommen. Die Entnahme erfolgte in den Bodentiefen 20 cm; 30 cm und 40 cm. Insgesamt wurden je Tiefe sechs Wiederholungen beprobt.

Die Messung der Wasserretentionscharakteristik erfolgt mittels Sandbox- bzw. Drucktopf-Entwässerung für die Tensiometerdruckhöhen von  $h = -1, -25, -63, -100, -151, -316, -602, -1202$  und  $-15848$  cm. Auf diese Weise wurde ein weiter und detailliert abgestufter Druckhöhenbereich von Sättigung bis zum sog. Permanenten Welkepunkt erfasst.

### **4 Ergebnisse**

Die gemessenen Wasserretentionskurven zeigen für die beiden Bearbeitungsvarianten charakteristische Verläufe. Die folgende Darstellung bildet die gemessenen Wasserretentionskurven der beiden Bearbeitungsvarianten und die beprobten Tiefenbereiche ab.

Die erhöhte Porosität der gepflügten Fläche zeigt sich in erhöhten Sättigungswassergehalten. Dieser Effekt wird mit zunehmender Tiefe geringer und endet unmittelbar über der Pflugsohle. In der Tiefe von 40 cm liegen die Sättigungswassergehalte für die konservierend bearbeitete Fläche geringfügig (ca. 2-3 Vol.-%) über den Werten für die gepflügte Fläche.

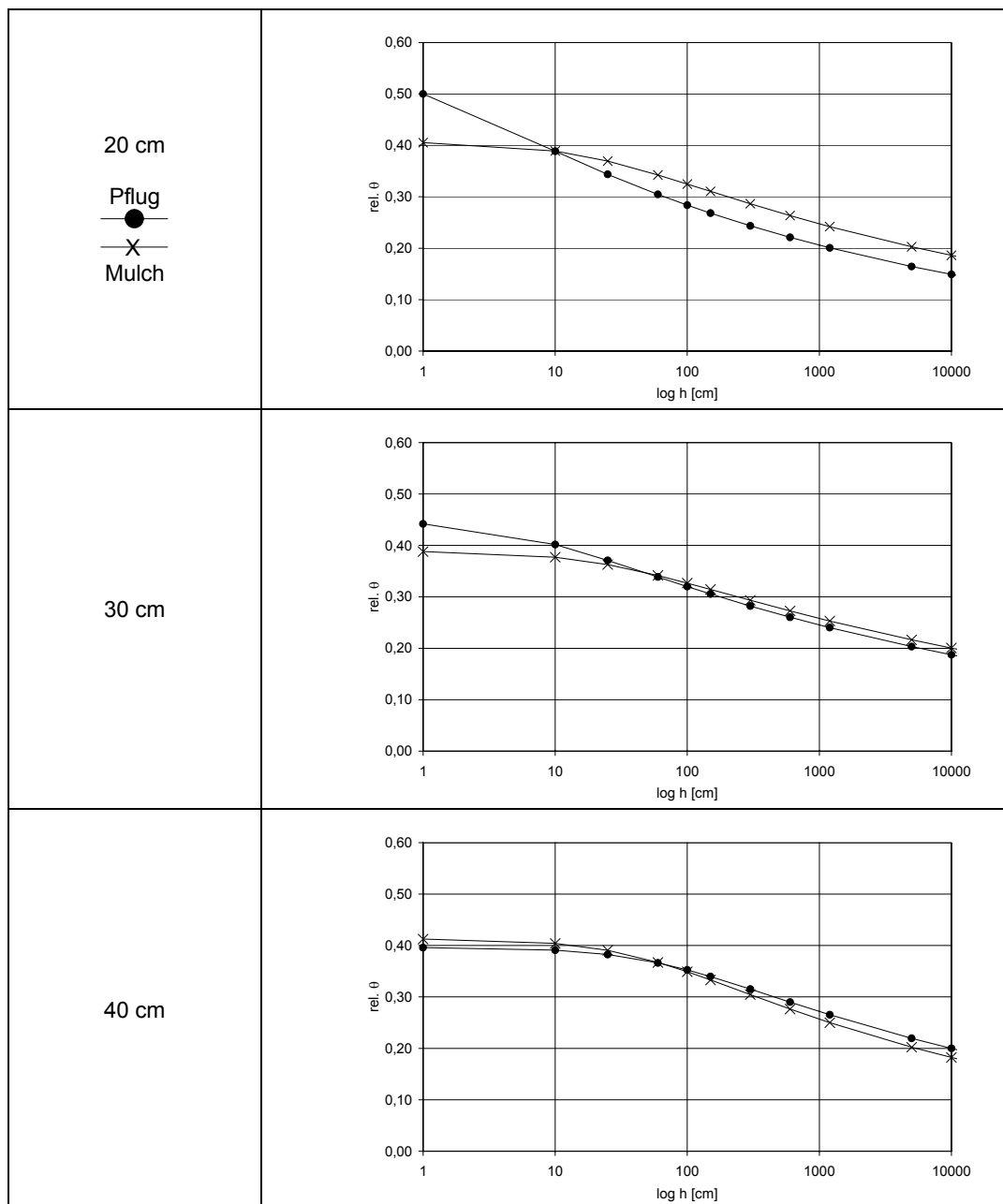


**Abbildung 1:** Gemessene Wasserretentionskurven für konventionelle und konservierende Bodenbearbeitung in drei Bodentiefen

Die in den experimentellen  $\theta(h)$ -Kurven sichtbaren Unterschiede schlagen sich auch in den geschätzten Parametern von (1) nieder. Der Vergleich der Parametermittelwerte für die konservierende und die konventionelle Bearbeitungsvariante ergab in allen drei Tiefen signif-

kante Differenzen für die Parameter  $\theta_s$  (Irrtumswahrscheinlichkeit  $< 0,01$ ) und  $\alpha$  (Irrtumswahrscheinlichkeit  $< 0,05$ ). Diese Signifikanz der Parameterunterschiede erlaubt die Ableitung und Verwendung idealisierter Wasserretentionskurven für die Bearbeitungsvarianten

und drei Bodentiefen. Das idealisierte Wasserretentionsverhalten ist in der folgenden Abbildung dargestellt.



**Abbildung 2:** Idealisierte Wasserretentionskurven für konventionelle (Pflug) und konservierende Bodenbearbeitung (Mulch) in drei Bodentiefen

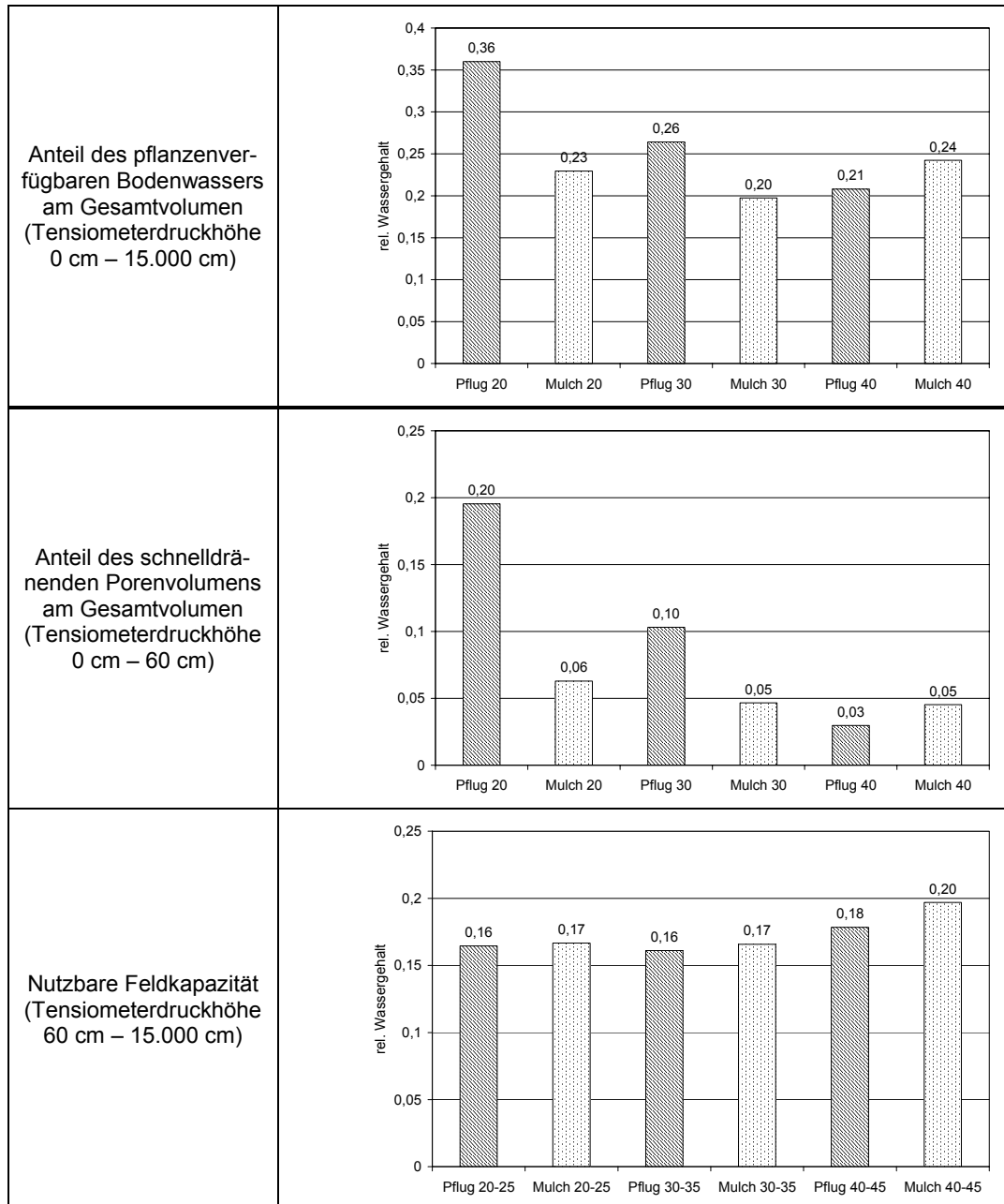
Die idealisierten Wasserretentionskurven wurden zur Schätzung der charakteristischen Parameterkombination für die Wassergehalts-

Wasserspannungsbeziehung genutzt. Die generelle Erhöhung der Porosität im Pflugbereich durch die wendende Bodenbearbeitung führt in



diesem Bereich zu erhöhten Sättigungswasser-  
gehalten  $\theta_s$ . Die folgende Abbildung stellt wich-  
tige Kenngrößen des Bodenwasservorrates in

Abhängigkeit der Bodenbearbeitung gegen-  
über.



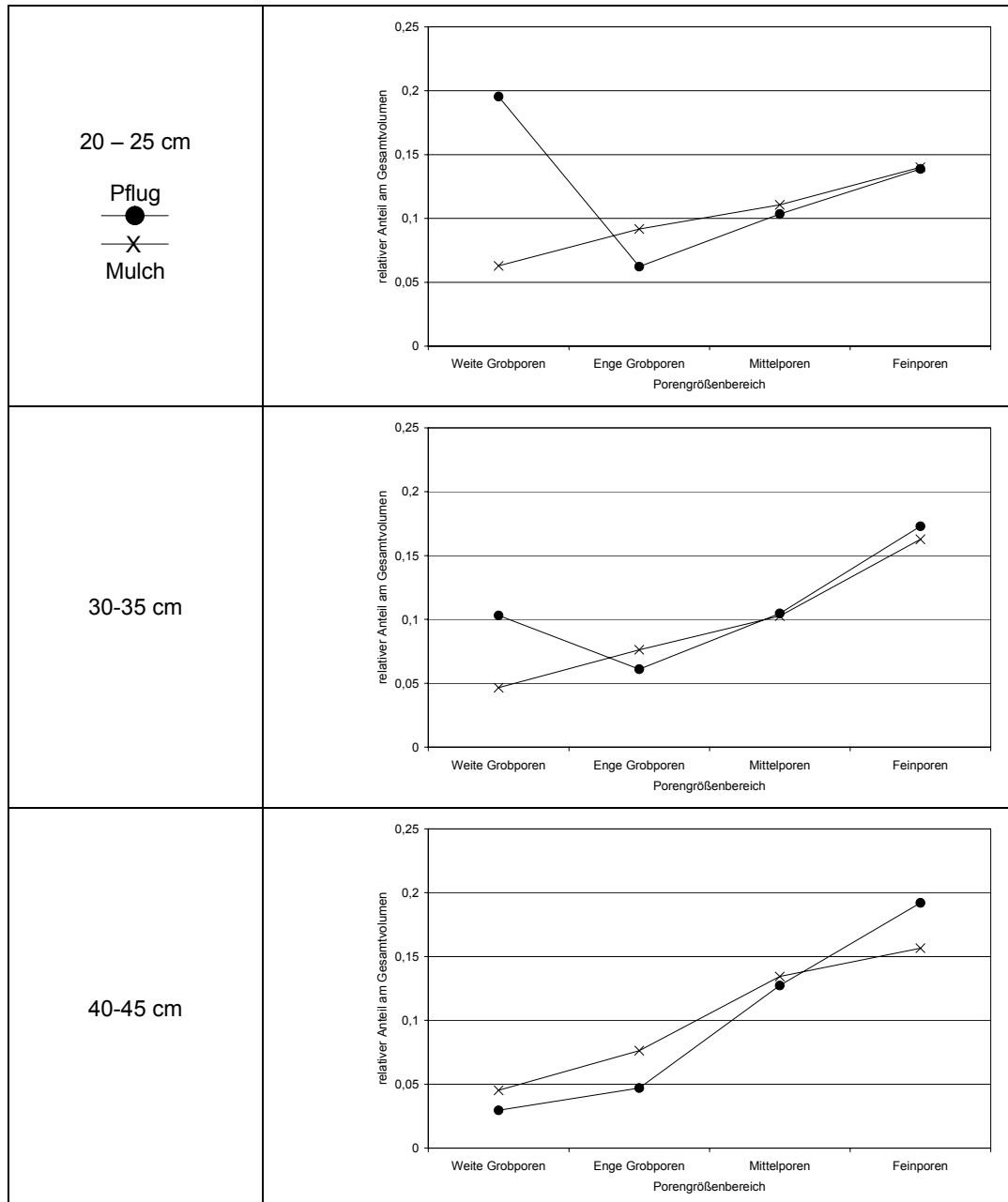
**Abbildung 3:** Kenngrößen des Bodenwasserhaushaltes für konventionelle und konservierende Bodenbearbeitung und verschiedene Bodentiefen

Auf dem untersuchten Standort erhöhte sich  
der Anteil des theoretisch pflanzenverfügbaren

Bodenwassers auf der gepflügten Variante im  
Bereich von 20 cm Bodentiefe um 13 Volumen-

Prozent. In der Tiefe von 30 cm betrug der Anstieg immerhin noch 6 Volumen-Prozent. Die Mehrzahl dieses Wasser findet sich jedoch in Poren, die dem Bereich der weiten Grobporen (schnelldränendes Bodenwasser, Tensiome-

terdruckhöhe 0-60 cm) zuzurechnen sind. Dies wird deutlich wenn die Porengrößenverteilung für die beiden Bearbeitungsvarianten betrachtet wird (Abbildung 4).



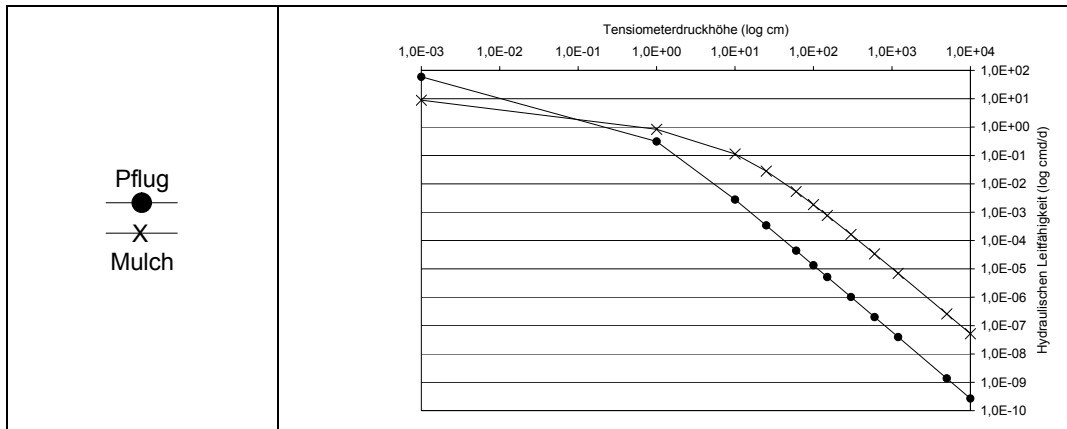
**Abbildung 4:** Porengrößenverteilung für konventionelle und konservierende Bodenbearbeitung in verschiedenen Bodentiefen

Hier zeigt sich die deutliche Dominanz der weiten Grobporen im gepflügten Bodenhorizont. Im Bereich der engen Grobporen (Durchmesser  $10\ \mu\text{m} - 50\ \mu\text{m}$ ) weist die konservierend bestellte Fläche in allen Tiefe höhere Anteile als die gepflügte Variante auf. Die Pflugsohlenverdichtung wird an Hand des deutlich höheren Feinporenanteils auf der konventionell bearbeiteten Fläche in der Tiefe von 40 cm deutlich.

## 5 Diskussion und Ausblick

Die Wirkung des unterschiedlichen Wasserretentionsverhaltens auf das Entwässerungsverhalten eines Bodenprofils wurde mit Hilfe des Software-Paketes HYDRUS 1-D (Simunek et al. 1998) überprüft. Dieses Modell ermöglicht die Simulation von Wasser-, Wärme- und Stofftransportprozessen in eindimensionalen, ungesättigten porösen Medien. Der Wassertransport wird hierbei über eine numerische Lösung der Richards-Gleichung abgebildet. Die Wirkung der am Untersuchungsstandort gefundenen Differenzen im Wasserretentionsvermögen für konservierende und konventionelle Bodenbearbeitung wurde für verschiedene Entwässerungsszenarien untersucht. Zusätzlich zum differierenden Wasserretentionsverhalten wurden die am Standort gemessenen Unterschiede in der hydraulischen Leitfähigkeit berücksichtigt. Hierbei konnte für den gewendeten Bodenbereich in der gepflügten Variante eine signifikant höhere hydraulischen Leitfähigkeit gemessen werden als für die konservierend bestellte Fläche ( $k_f = 52\ \text{cm/d}$  vs.  $8,9\ \text{cm/d}$ ). Im Ergebnis

zeigt sich erwartungsgemäß ein stark unterschiedliches Verhalten der beiden Bodenwasserhaushalte. Während die konventionell bearbeitete Fläche auf Grund ihrer spezifischen Bodenstruktur vor allem in den oberen Bodenhorizonten schnelle und stärkere Reaktionen auf die Niederschlagsereignisse zeigt, findet sich auf der konservierend bearbeiteten Variante ein gedämpfterer Verlauf der Bodenfeuchte. Diese Ergebnisse bedeuten gleichzeitig Differenzen im verfügbaren Speichervolumen zu den verschiedenen Zeitpunkten im Jahresverlauf. Diese Größe ist für die Fragestellung des Wasserrückhaltes in der Fläche als Beitrag zum vorbeugenden Hochwasserschutz von entscheidender Bedeutung. Wesentlich für die Beurteilung der zeitlichen Dynamik der Bodenwassergehalte ist neben dem Wasserretentionsverhalten auch die Größe der ungesättigten hydraulischen Leitfähigkeiten. Die veränderte Bodenstruktur wendend bearbeiteter Ackerflächen führt oft zu schnelleren gravitativen Wasserabflüssen vor allem im nahe gesättigten Bereich. Dadurch sinken die hydraulischen Leitfähigkeiten sehr schnell ab und können damit u. U. bereits nach relativ kurzer Zeit unterhalb der Leitfähigkeiten für die konservierend bestellten Flächen absinken. Dies wiederum hat eine gegenüber diesen Flächen verlangsamten gravitativen Wasserabfluss im ungesättigten Bereich zur Folge. Für Betrachtungen des Bodenwasserhaushaltes und den Entwässerungsverhaltens sollte daher immer die Instationarität des Entwässerungsverlaufes berücksichtigt werden (Zacharias und Bohne, 1997)



**Abbildung 5:** Verringerung der hydraulischen Leitfähigkeit bei zunehmender Entwässerung; Versuchsfläche Tiefe 20 cm; nach (2)

Verschiedene Autoren beschreiben in ihren Arbeiten die erhöhte Makroporosität auf konservierend bestellten Flächen. Im vorgestellten Beispiel zeigte sich für die Tiefe von 40 cm ein signifikant um ca. zwei bis drei Volumenprozent erhöhter Sättigungswassergehalt für die konservierend bearbeitete Fläche. Dies kann als Hinweis auf eine erhöhte Makroporosität gewertet werden, wurde jedoch vor Ort nicht visuell überprüft. Trotz allem deutet der gegenüber der gepflügten Variante etwas höhere Porenanteil im Bereich weiten Grobporen hier einen beginnenden Aufschluss der ehemaligen Pflugsohle an. Die Porenverteilung der konventionellen Fläche ist darüber hinaus noch durch einen deutlich erhöhten Feinporenanteil im Bereich der Pflugsohle gekennzeichnet.

Die Untersuchungen zeigen, dass eine qualitative und quantitative Bewertung der konservierenden Bodenbearbeitung unter dem Aspekt des vorbeugenden Hochwasserschutzes eine eindeutige Parametrisierung erforderlich macht. Pauschalisierende Angaben zu bodenphysikalischen Parametern in Simulationsmodellen sind nicht geeignet, das komplexe Verhalten des Bodenwasserhaushaltes adäquat abzubilden.

Neben den bearbeitungsinduzierten Unterschieden sollte außerdem die zeitliche Komponente der Entwässerung berücksichtigt werden. Eine verbesserte Berücksichtigung des Wasserretentionsverhaltens kann z. B. durch Nutzung bereits tabellierter Genuchten-Parametersätze erfolgen (z. B. Bohne und Zacharias, 1995). In weiteren Untersuchungen soll geklärt werden, inwieweit sich Regelmäßigkeiten in der veränderten Wasserretention konservierend bzw. konventionell bestellter Flächen finden lassen, an Hand derer sich die vorhandenen bodenartabhängigen Parametersätze modifizieren ließen.

Die im Rahmen dieser Veröffentlichung gezeigten Ergebnisse für eine konventionell bearbeitete Ackerfläche wurden an Hand von Beprobungen unmittelbar nach Abschluss der Bodenbearbeitung gewonnen. Die Differenzen in der Porengrößenverteilung werden sich im Zuge der Rekonsolidierung des Pflughorizontes wieder verringern. Daher ist zu prüfen, inwieweit dieser Prozess in den Modellen berücksichtigt werden kann.

Die dargestellten Untersuchungen dienen der Klärung des Anteils der Porenstruktur am oft beobachteten verbesserten Infiltrationsverhalten auf konservierend bearbeiteten Flächen. Dies kann nur unter Berücksichtigung der zweiten wichtigen Einflussgröße, der Oberflächenverschlammung, erfolgen. Es ist notwendig, eine Klärung der tatsächlichen Bedeutung beider Wirkungsbereiche herbeizuführen. Zu diesem Zweck werden an der LfL momentan Untersuchungen durchgeführt, die eine Quantifizierung des Anteils der Oberflächenverschlammung an beobachteten Oberflächenabflüssen erlauben sollen.

## 6 Literatur

- Bohne, K. und S. Zacharias. 1995. Berechnung neuer Richtwerte des kapillaren Wasseraufstiegs und der Feldkapazität für verallgemeinerte Bodenarten auf der Grundlage von Parametern des VAN GENUCHTEN-Modells. – Bericht im Auftrag des DVWK-Fachausschusses 4.1 [unveröffentl.]
- Carter, M.R., Sanderson, J.B., Ivany, J.A., White, R.P. 2002. Influence of rotation and tillage on forage maize productivity, weed species, and soil quality of a fine sandy loam in the coolhumid climate of atlantic Canada. *Soil Tillage Res.* 67:85-98.
- Londong, D. 1996. Neue Wege für das Regenwasser im Emschergebiet. *Wasserwirtschaft* 3:112-114.
- Nitzsche, O., Krück, St., Schmidt, W., Richter, W. 2001. Reducing soil-erosion and phosphate losses and improving soil biological activity through conservation tillage systems. 185-189. In L. Garcia-Torres et al. (Hrsg.) *Conservation agriculture a worldwide challenge. I. World congress on conservation agriculture.* XUL, Cordoba.
- Philip, J.R. 1957. The theory of infiltration. 4. Sorptivity and algebraic infiltration equations. *Soil Sci.* 48: 257-264
- Rasmussen, K.J. 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil Tillage Res.* 53:3-14.
- Sieker, F. 1998. On-site stormwater management as an alternative to conventional sewer system: A new concept spreading in Germany. *Water, Sci. Technol.* 38:65-71.
- Simunek, J.; M. Sejna und M. Th. Van Genuchten. 1998. The HYDRUS-1D software package for simulation the movement of water, heat, and multiple solutes in variably saturated media, Version 2.0. U.S. Salinity Laboratory, USDA, ARS, Riverside, California
- VandenBygaart, A.J., Fox, C.A., Fallow, D.J., Protz, R. 2000. Estimating earthworminfluenced soil structure by morphometric image analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:982-988.
- Van Genuchten, M. Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 892-898
- Van Genuchten, M. Th., F.J. Leij und S.R. Yates. 1991. The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils, U.S. EPA Rep. 600/2-91/065, 85 pp. Environ. Protect. Agency, Washington D.C.
- Zacharias, S. und K. Bohne. 1997. Replacing the field capacity concept by an internal drainage approach -A method for homogeneous soil profiles. *Sciences of soils Rel 2.*; <http://www.hintze-online.com/sos/1997/Articles/Art2>
- Zimmerling, B. 2004. Beregnungsversuche zum Infiltrationsverhalten von Ackerböden nach Umstellung der konventionellen auf konservierende Bodenbearbeitung. *HORIZONTE. Herrenhäuser Forschungsbeiträge zur Bodenkunde*, Bd. 15; Herausgeber: Institut für Bodenkunde, Universität Hannover



## **Einzugsgebietsbezogene Abschätzung der Sediment- und partikelgebundenen Phosphorfrachten von landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Hilfe des Modells EROSION 3D, Beispiel Talsperre Saidenbach**

Enrico Thiel, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft,  
Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

### **1 Einleitung**

In der Praxis ist die Umsetzung der Ziele der EU- Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) eine anspruchsvolle Aufgabe, für die geeignete Hilfsmittel entwickelt werden müssen. Zu diesem Zweck unterstützt die Deutsche Bundesstiftung Umwelt seit Mitte 2002 für drei Jahre ein Verbundprojekt zur Entwicklung von „Verbesserten Ansätzen für Wasser- und Stoffstrommanagement in intensiv genutzten kleinen Einzugsgebieten auf der Grundlage von integrierten Nutzen- und Risikobewertungen“. Für die integrierte wasserwirtschaftliche Planung in kleinen Einzugsgebieten bis 300 km<sup>2</sup> wird hierbei ein Decision Support System (DSS) anhand von drei Fallstudien entwickelt.

Im Rahmen der Projektarbeiten werden drei sehr unterschiedlich geprägte Fallstudien untersucht. Weitergehende Informationen finden sich unter [www.wsm300.de](http://www.wsm300.de). In der hier betrachteten Fallstudie Trinkwassertalsperre Saidenbach (Erzgebirge) werden u.a. Abschätzungen der diffusen Stoffeinträge aus dem Bereich der Landwirtschaft vorgenommen. Das Einzugsgebiet der Trinkwassertalsperre Saidenbach befindet sich ca. 20 km südwestlich von Freiberg im Osterzgebirge. Die Talsperre dient der Rohwasserbereitstellung für die Trinkwasserversorgung. Sie verfügt über einen Stauraum von 22,4 Mio. m<sup>3</sup> und ist somit der größte Trinkwasserspeicher im Talsperrenverbundsystem „Mittleres Erzgebirge“, welches eine wichtige Grundlage für die Trinkwasserversorgung des Großraumes Chemnitz ist. Das natürliche Wasser-

einzugsgebiet der Talsperre Saidenbach umfasst 60,7 km<sup>2</sup>. Der Flächenanteil der Landwirtschaft beträgt hier 66 %, davon sind 73 % dem Ackeranteil zuzuordnen. Vorherrschend sind basen- und nährstoffarme Braunerdeböden aus verwittertem Gneismaterial. Bei den dominierenden Bodenartengruppen handelt es sich um Lehmsande und Sandlehme. Die mittleren Jahresniederschlagshöhen liegen bei 940 mm (SCHWARZE et al., 1991) und die mittlere Lufttemperatur bei 6,5 °C.

Für das regionale Umweltmanagement ist die Kenntnis der Reaktionen des landschaftlichen Wasser- und Stoffhaushaltes auf Landnutzungsänderungen erforderlich. Auf dieser Basis können in Szenarien Landnutzungsvarianten abgeleitet werden, die sich mindernd auf Stoffausträge aus Landschaftsteilen und Stoffeinträge in das Oberflächen- und Grundwasser auswirken. Nach VOLK & STEINHARDT (2004) sind für größere Räume Bilanzierungen, Modellierungen, Typisierungen und Klassifizierungen die geeigneten Methoden. Der damit verbundene Verlust an Detailinformationen, z.B. im Vergleich zu Messungen und Kartierungen, wird durch den Gewinn an Überblicksinformation zu Strukturen, Beziehungen und Wechselwirkungen kompensiert. Nachstehend wird eine Möglichkeit zur Abschätzung der Sediment- und partikelgebundenen Phosphorfrachten von landwirtschaftlichen Nutzflächen auf Einzugsgebietsebene vorgestellt.

## 2 Problemstellung

In der betrachteten Fallstudie der Trinkwassersperre Saidenbach werden nach Aussage von REICHELT (2004) gegenwärtig 80% der Ackerflächen konservierend bewirtschaftet. Eine deutlich verbesserte Wasserinfiltration konnte bei mehrjähriger konservierender Bodenbearbeitung durch ZIMMERLING (2004) ebenso wie eine starke Verminderung der Wassererosion durch NITZSCHE et al. (2001) nachgewiesen werden. Die bekannten Auswirkungen einer nicht wendenden Bodenbearbeitung müssen von der Plotebene auf die Ebene eines kompletten Einzugsgebietes übertragen werden. Für die genaue Planung von Erosionsschutzmaßnahmen zur Ausnutzung der erwähnten Effekte ist weiterhin die exakte Verortung von Bodenabtragsbahnen mithilfe von Erosionsprognosemodellen von Bedeutung.

Der Pflanzennährstoff Phosphor (P) liegt zum Hauptteil im Boden in einer an bodenpartikelgebundenen Form vor (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1998). Haupteintrittspfad von Phosphor in Gewässer in vorrangig landwirtschaftlich genutzten Regionen ist der Abtrag von Bodenpartikeln. Phosphor besitzt eine schlechte Löslichkeit und wird meistens nur geringfügig in tiefere Schichten verlagert. Durch die P-Düngung werden die obersten Bodenschichten mit Phosphor angereichert. Erodieren nun diese obersten Bodenschichten, so wird sehr nährstoffreiches Material in die Gewässer transportiert. Im Gewässer tritt Phosphor als wachstumslimitierender Faktor im Hinblick auf die Phytoplanktonentwicklung auf. Bei erhöhter oder kontinuierlicher Zufuhr einer P-Fracht kann eine stetige Eutrophierung eines Gewässers induziert und somit dessen Nutzung unmöglich werden. Nach FREDE & DABBERT (1998)

kann es durch erhöhte P-Einträge im Gewässer zu einer Algenmassenentwicklung, zum Verlust der Artenvielfalt sowie Licht- und Sauerstoffverlusten kommen. Daraus können sich Nutzungskonsequenzen für die Trinkwasseraufbereitung sowie für die Badenutzung und die Fischerei ergeben. Darauf basierend besteht die Notwendigkeit geeigneter Maßnahmen zur Verminderung der Bodenerosion und dem damit verbundenen Phosphoreintrag abzuleiten. Die Entwicklung und Umsetzung von Minderungsstrategien für die Praxis setzt jedoch voraus, dass stark erosionsgefährdete Flächen lokalisiert und die Größenordnungen der eingetragenen Sediment- und Phosphormenge erfasst oder abgeschätzt bzw. modelliert werden können.

Ein großes Defizit im Sinne eines integrierten Einzugsgebietsmanagements bildet in vielen Gewässereinzugsgebieten der fehlende Überblick über Datenausprägungen und deren Verfügbarkeiten sowie über bereits vorhandene Modellierungsergebnisse. Im Rahmen der laufenden Projektarbeiten sollen u.a. die Möglichkeiten der Nutzung eines Web-GIS zur interaktiven Ergebnisaufbereitung der vorher simulierten Szenarien für die Entwicklung von Strategien zum nachhaltigen Einzugsgebietsmanagement von Gewässern aufgezeigt werden. Durch diese neue Form der interaktiven Verwendung von Karten, lassen sich auch Nutzergruppen einbinden, welche vorher nicht an diesen Darstellungen interessiert waren. (Herrmann, 2001).



### **3 Methodik**

#### **3.1 Das Erosionsprognosemodell**

##### **EROSION 2D/3D**

In der betrachteten Fallstudie der Trinkwassersperre Saidenbach wurde das Modell EROSION 3D zur Simulation der Auswirkungen verschiedener Nutzungsszenarien verwendet. Das Modell wurde ausgewählt, da sich mit ihm die Prozesse einer veränderten Wassererosion durch unterschiedliche Bodenbearbeitung abschätzen lassen. Das Modell EROSION 2D/3D ist ein physikalisch begründetes, ereignisbezogenes Modell zur Simulation der Wassererosion auf Ackerflächen. Das Modell basiert auf dem von SCHMIDT (1990) entwickelten Impulsansatz. Die hydrologischen Teilprozesse sind auf der Grundlage des Infiltrationsansatzes von GREEN & AMPT (1911) modelliert. Während das Modell EROSION 2D zur Erosionssimulation auf Einzelhängen entwickelt wurde, ist EROSION 3D für kleinere und mittlere Einzugsgebiete konzipiert. Das Modell wurde im Rahmen des in Sachsen durchgeführten „Erosionsmessprogramms Sachsen“ umfangreich validiert. Weiterhin wurde das Modell für zahlreiche Simulationen erfolgreich angewandt (u.a. MICHAEL & v. WERNER, 1998; v. WERNER & MICHAEL, 1999). Das Modell wurde als Werkzeug zur Bodenerosionsabschätzung speziell für die Planungspraxis auf regionaler und kommunaler Ebene entwickelt. Es ist in der Lage, einzelne Erosionsereignisse abzubilden und zerlegt den Erosionsprozess in die Teilprozesse Loslösung, Transport und Deposition der Partikel. Somit liefert das Modell nicht nur Informationen über die Höhe des Feststoffaustrages, sondern auch über den Ablagerungsort sowie die Korngrößenfraktionen der sedimentierten Partikel. Die modellspezifischen Eingangspa-

rameter sind im Handbuch EROSION 2D/3D (SCHMIDT et al., 1996) dokumentiert.

Für die Fallstudie Talsperre Saidenbach wurden folgende Szenarien modelliert: 10-, 20- und 100jähriges Niederschlagsereignis bei flächendeckend konventioneller bzw. konservierender Bodenbearbeitung, bei konventioneller bzw. konservierender Bodenbearbeitung mit begrünter Tiefenlinien (grassed waterways) sowie bei konventioneller bzw. konservierender Bodenbearbeitung mit Grünstreifen auf gefährdeten Flächen. Der Ist-Zustand zur Verteilung von Ackerland und Grünland wurde nach Satellitenbilddaten (IRS-1C) mit dem Stand von 2000/2001 dargestellt.

#### **3.2 Verwendete Eingangsdaten**

Die notwendigen Eingangsparameter für den Bereich Boden und Bodenbearbeitung, wurden aus dem Handbuch EROSION 2D/3D (SCHMIDT et al., 1996) übernommen. Im Rahmen einer Studie (v. WERNER & MICHAEL, 1999) fand im Einzugsgebiet der Talsperre Saidenbach im Herbst 1998 eine Probenahme zur Ermittlung der Korngrößenverteilung und des Corg-Gehaltes der Krume an repräsentativen Standorten statt. Anhand der ermittelten Werte wurden Thiessen – Polygone gebildet. In Bezug auf andere sächsische Einzugsgebiete sei hier auf die Verwendung der Konzeptkarte Boden (BKkonz) und die amtliche Bodenkarte 1:50.000 (BK 50) des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG) verwiesen. Die BK 50 liegt gegenwärtig noch nicht flächendeckend für Sachsen vor. Da die BKkonz keine Bodeninformationen zu Siedlungsflächen enthält, müsste hier zwischen den dominant vorkommenden Bodenartengruppen der Umgebungsflächen interpoliert werden, um zu flä-

chenhaften Informationen für die Berechnung zu kommen. Nach Aussagen von v. WERNER & SCHRÖTER (2004) wäre ebenfalls eine Übernahme der zu einer Leitbodenform zugeordneten Bodenart aus der Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK 200) möglich.

Das verwendete digitale Geländemodell ebenso wie die Einteilung des Gebietes in sieben Teilzugsgebiete, zur Berücksichtigung der Wirkung der Vorsperren und Vorbecken, entstammt der Arbeit von v. WERNER & MICHAEL (1999).

Von den Basisdaten des DWD wurden im Parameterkatalog Sachsen (SCHMIDT et al., 1996) die Niederschlagsparameter für Extremereignisse mit einem Wiederkehrintervall von 2, 5, 10, 20, 50 und 100 Jahren sowie eines Referenzjahres abgeleitet. Hier sind für das gesamte Landesgebiet unmittelbar in EROSION - 3D verwendbare Niederschlagsdateien für einzelne Regenerereignisse sowie für Referenzjahre hinterlegt. Das Gebiet des Freistaates Sachsen wurde in acht Regionen mit unterschiedlichen Niederschlagscharakteristika untergliedert. Diese wurden ausgehend von typischen Niederschlagsmustern und Naturräumen abgegrenzt. Die Fallstudie Talsperre Saidenbach befindet sich in der Niederschlagsregion 7 „Unteres Erzgebirge und Erzgebirgsvorland“.

Zur Ermittlung der Phosphorgehalte der oberen Krume wurden Daten von 25 Dauertestflächen (DTF), welche über das Einzugsgebiet verteilt sind, der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) ausgewertet. Die LfL betreibt seit 1990 ein Nitratmessnetz von fest eingemessenen Dauertestflächen auf Praxissschlägen. Durch dieses Messnetz erfolgt die Bewer-

tung des Anteils der Landwirtschaft an der Belastung des Grund- und Oberflächenwassers sowie die Prüfung der Effekte des Förderprogramms „Umweltgerechte Landwirtschaft“. Gegenwärtig beinhaltet das Messnetz 1022 Dauertestflächen in ganz Sachsen (Stand 04/2004). Die jährliche Auswertung dieser Daten erfolgt durch KURZER (vgl. KURZER, 2003) in Form der „Nitratberichte“. Bei den für die P-Frachtenabschätzung durch Simulation mit dem Modell EROSION 3D verwendeten P-Gehalten handelt es sich um die pflanzenverfügbaren P-Anteile (DL-Auszug bzw. CAL-Auszug) der obersten Bodenschicht der beprobten Dauertestflächen.

### **3.3 Ergebnisaufbereitung**

Im Sinne einer umfassenden Öffentlichkeitsarbeit und Akzeptanz- sowie Diskussionsförderung der vorher simulierten Maßnahmen zum Erosionsschutz, wurde für die Fallstudie Trinkwassertalsperre Saidenbach ein GIS-gestütztes Internetinformationssystem eingerichtet. Die aufbereiteten Ergebnisse der vorher simulierten Szenarien wurden beispielhaft in dieses WEB-GIS eingebunden.

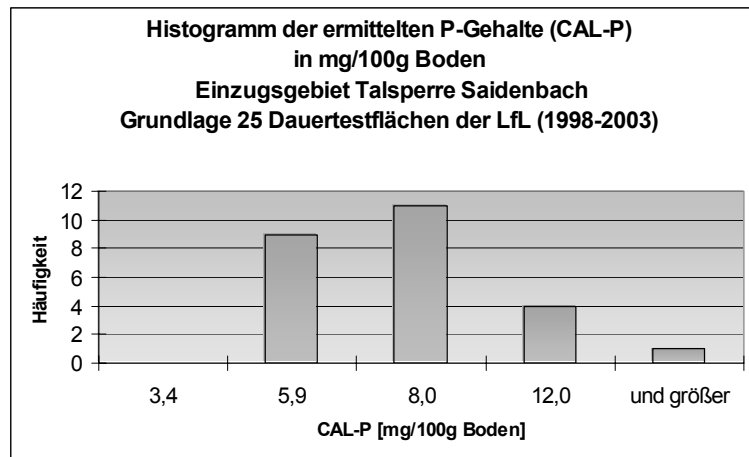
## **4 Ergebnisse und Diskussion**

### **4.1 Sediment- und partikuläre gebundene P-Frachten**

Das Fehlen entsprechender Daten zu P-Gehalten von Einzelflächen stellt ein Problem bei der einzugsgebietsbezogenen Abschätzung der P-Austräge dar. Im Untersuchungsgebiet wurde auf die Messergebnisse von Dauertestflächen zurückgegriffen. Bei der Auswertung der Dauertestflächen im Gebiet wurde ein flächengewichtetes Mittel (25 Werte, 1998 - 2003) von 6,7 mg/100g Boden CAL-P für das Ein-

zugsgebiet ermittelt. Dieser Wert wurde für die Abschätzung der partikulär gebunden P-Frachten verwendet. In der Abbildung 1 ist eine Häufigkeitsverteilung der verwendeten Werte der Dauertestflächen dargestellt. Die Klassen wurden entsprechend der Nährstoffversor-

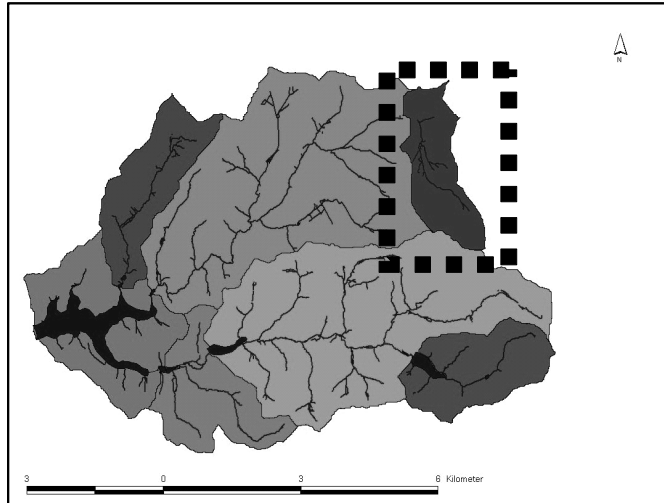
gungsstufen (SML, 1997) gegliedert. Es wird deutlich, dass 80% der verwendeten Messwerte in den Bereich der Nährstoffversorgungsstufe C (optimaler Gehalt) und der Nährstoffversorgungsstufe B (niedriger Gehalt) fallen.



**Abbildung 1:** Häufigkeitsverteilung nach Nährstoffversorgungsstufen der ermittelten CAL-P-Gehalte der Dauertestflächen (LfL) im Einzugsgebiet Talsperre Saidenbach

Für die Simulation der erwähnten Szenarien wurde das komplette Einzugsgebiet der Talsperre Saidenbach in sieben Teileinzugsgebiete gegliedert. Simuliert wurde jeweils ein „schlimmster Fall“ Szenario (worstcase), d.h. flächendeckend befindet sich die Kulturart im Saatbettzustand und die Bodenfeuchte entspricht der Feldkapazität. Dabei wurde flächendeckend eine konventionelle Bodenbearbeitung angenommen. Dem wurde flächendeckend eine konservierende Bodenbearbeitung (Zinkenrotor, 50% Bodenbedeckung) gegenübergestellt (bestcase). Zugrunde gelegt wurde die aktuelle Landnutzungsverteilung nach Satellitenbild-

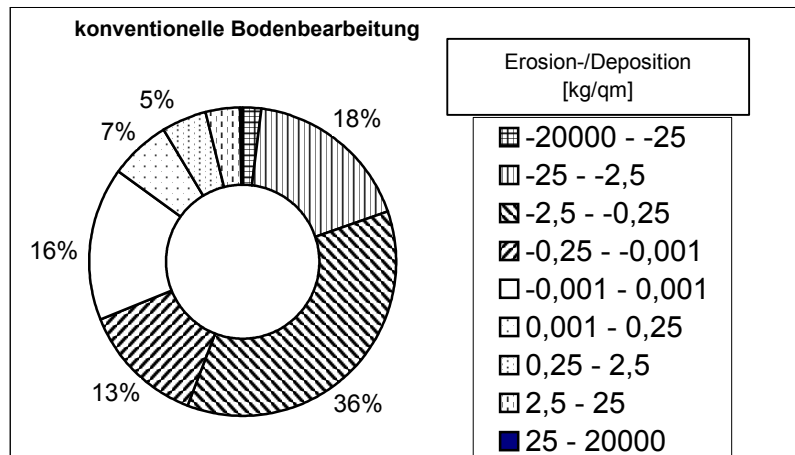
auswertungen des Satelliten IRS-1C (LfUG, 2004) mit dem Stand 2000/2001. Die simulierte Kulturart bzw. die simulierten Bodenbearbeitungsverfahren auf diesem Ackerland entsprechen nicht dem Ist-Stand. Durch die Simulation des fiktiven Szenarios (worstcase/ bestcase) kann die bodenabtragsmindernde Leistung einer veränderten Bodenbearbeitung aufgezeigt werden. Beispielhaft werden hier die Modellierungsergebnisse für ein 20jähriges Extremniederschlagsereignis für das 339 ha große Teileinzugsgebiet „Kunstteich“ (Abbildung 2) der Saidenbachtalsperre dargestellt.



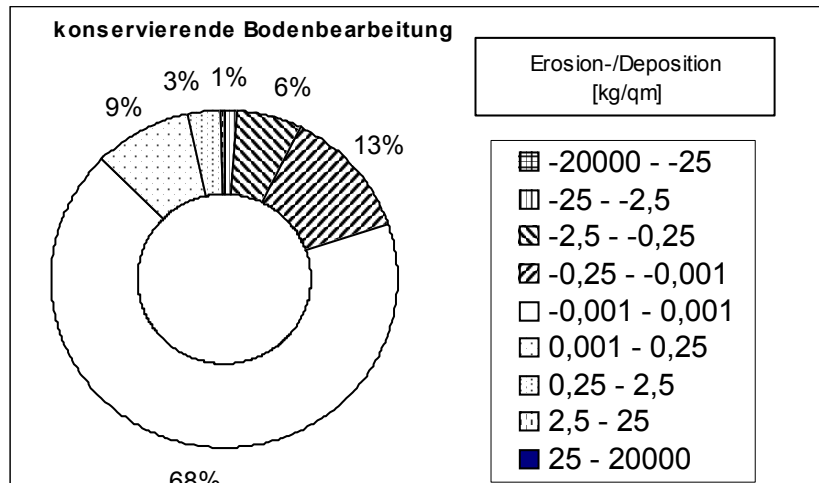
**Abbildung 2:** Teileinzugsgebiet „Kunstteich“ (gestrichelte Umrandung)

Durch die Simulation eines 20jährigen Niederschlagsereignisses (41,5 mm Niederschlag in 60 min.) für ein „bestcase-Szenario“ im Teileinzugsgebiet „Kunstteich“ konnte durch die Annahme einer flächenhaften konservierenden Bodenbearbeitung beispielhaft eine Minderung von ca. 95% (Gesamteintrag an Sediment in die Vorsperre) im Vergleich zu einer flächenhaft konventionellen Bodenbearbeitung (worstcase-Szenario) ermittelt werden. Der mittlere flä-

chenhafte Nettoaustrag an Bodenmaterial fiel dabei von 30,7 t/ha auf 1,3 t/ha. Da die Angabe des mittleren flächenhaften Nettoaustrages wenig aussagefähig für die einzelnen Flächenbereiche ist, wurde die jeweilige Anzahl der Rasterzellen der entsprechenden Erosions- oder Depositionsklassen vergleichend gegenübergestellt (Abbildung 3, Abbildung 4).



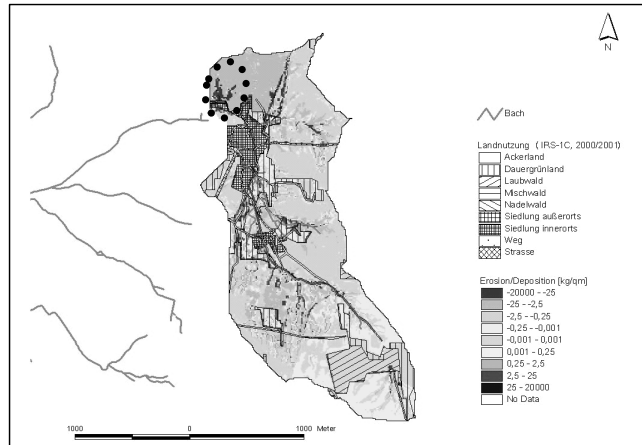
**Abbildung 3:** prozentuale Verteilung der Rasterzellen (10\*10m) der verschiedenen Erosions-/Depositionsklassen bei Simulation eines worstcase-Szenarios im Teileinzugsgebiet „Kunstteich“ bei Annahme einer flächendeckend konventionellen Bodenbearbeitung (20jähriger Niederschlag).



**Abbildung 4:** prozentuale Verteilung der Rasterzellen (10\*10m) der verschiedenen Erosions-/Depositionsklassen bei Simulation eines bestcase-Szenarios im Teileinzugsgebiet „Kunstteich“ bei Annahme einer flächendeckend konservierenden Bodenbearbeitung (20jähriger Niederschlag).

Bei der Simulation einer flächenhaften konventionellen Bodenbearbeitung fallen 20% der Rasterflächen (Abbildung 3) in die stark erosionsgefährdete Bereiche von  $>25 \text{ kg/m}^2$  bzw.  $25\text{-}2,5 \text{ kg/m}^2$  Erosion. Bei einer konservierenden Bodenbearbeitung wären dies 1,2 % der Rasterflächen. 69% der Rasterflächen weisen bei einer konventionellen Bodenbearbeitung im angenommenen worstcase-Szenario bei einem 20jährigen Niederschlagsereignis eine potenzielle Erosionsgefährdung auf. Im Fall einer konservierenden Bearbeitung betrifft dies nur 20% der Rasterflächen.

Zur Planung von weiteren passiven Erosionsschutzmaßnahmen, z.B. begrünten Tiefenlinien („grassed waterways“), ist die genaue Verortung von Erosionsbereichen von Bedeutung. In Abbildung 5 ist eine mögliche Ergebnisdarstellung der Simulationen mit dem Modell EROSION 3D dargestellt. In den Erosionsbereichen mit deutlich linienhafter Ausbildung können so weitere Maßnahmen geplant und simuliert werden.



**Abbildung 5:** Simulation eines worstcase-Szenarios im Teileinzugsgebiet „Kunstteich“ bei Annahme einer flächendeckend konventionellen Bodenbearbeitung (20jähriger Niederschlag); (linienhafte Erosion - gestrichelte Umrandung)

Bei den ermittelten P-Gehalten (Abbildung 1) und der mit EROSION 3 D bestimmten Sedimentmenge ergibt sich bei einem fiktiven 20jährigen Niederschlag eine potenzielle Erosionsminderung von ca. 95% durch die Anwendung einer flächenhaften konservierenden Bodenbearbeitung gegenüber flächenhaft kon-

ventioneller Bodenbearbeitung (Tabelle 1). Es wurden nur die partikulären P-Austräge berücksichtigt. Für die verglichenen Bodenbearbeitungsvarianten wurden dieselben P-Gehalte verwendet.

**Tabelle 1: Ergebnis der Simulation eines worstcase- sowie bestcase-Szenarios im Teileinzugsgebiet „Kunstteich“ (20jähriger Niederschlag). Nettoabtrag Boden mit Dichte von 1400 kg/m<sup>3</sup> errechnet. (Sedimentmenge konventionell = 100%)**

Bodenbearbeitung	Sediment [%]	Nettoabtrag Boden [mm]	CAL-P - Eintrag [%]
konventionell	100	1,6	100
konservierend	5	0,1	5

Vergleichbare Minderungsleistungen fanden MICHAEL et al. (2003) für Flächen im Einzugsgebiet des Mehltheuerbaches (Sächsisches Lößhügelland). Die drastische Abnahme der Bodenabträge bei den konservierend bearbeiteten und mit Mulchmaterial bedeckten Flächen führen die Autoren auf eine höhere Bodenbedeckung und die höhere Oberflächenrauigkeit im Vergleich zu konventionell bestellten Flächen zurück. Der stark erosionsmindernde Effekt wird durch die nur geringe Beeinflussung der gewachsenen Bodenstruktur und den weit-

gehenden Erhalt des kontinuierlichen Porensystems erreicht.

Aktuell werden im Einzugsgebiet Talsperre Saidenbach ca. 80 % der Ackerflächen konservierend bearbeitet. Damit ist von einer Reduktion des Eintrags von partikulärem P in den in Tabelle 1 angegebenen Größenordnungen auszugehen.

Die Verwitterungsböden auf Gneis und Glimmerschiefer im Erzgebirge sind durch einen hohen Fixierungs-Quotienten P-HCL/P-DL von  $\geq 10$  gekennzeichnet (RICHTER & SUNTHEIM, 2003). So ermittelten die Autoren für den Standort Sayda, in unmittelbarer Nähe zur Talsperre Saidenbach, einen Quotienten von über 30. Wenn in Regionen der Verwitterungsböden auf Gneis und Glimmerschiefer bei der Abschätzung der P-Frachten mit HCL-P gearbeitet wird, führt dies somit zu einer Überschätzung des ökologisch wirksamen P-Eintrages. Das Modell EROSION 3D liefert nicht nur Informationen über die Höhe des Feststoffaustrages, sondern auch über die Korngrößenfraktionen der sedimentierten Partikel. Die von RICHTER & SUNTHEIM (2003) ermittelten P-Fixierungsfaktoren der Grob- und Sandfraktion der Verwitterungsböden unterscheiden sich im Allgemeinen nicht erheblich von denen der Feinfraktion. Deshalb ist eine Zuordnung der P-Fractionen zu den Korngrößenklassen der sedimentierten Partikel für die Simulation nicht von Bedeutung.

In langjährigen limnologischen Untersuchungen an der Saidenbach-Talsperre fanden PAUL ET AL. (2000) einen Zusammenhang zwischen P-

Quelle und P-Fracht. Die Autoren ermittelten, dass die Konzentration von partikulärem P vom Ausmaß der Erosion und der Partikelabschwemmung von befestigten Flächen, aus einem vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet, abhängt. Der Gehalt an gelöstem reaktiven Phosphor (SRP) wird überwiegend durch häusliche Abwässer beeinflusst. Dieses Phosphat ist nach Meinung von PAUL ET AL. (2000) vom Plankton am besten nutzbar. Dagegen schlechter ausnutzbar sind die partikulär gebundenen Phosphate. Gerdes & Kunst (1997) gehen von einer P-Bioverfügbarkeit im Gewässer von erodiertem Bodenmaterial (partikulär gebundene Phosphate) von 30% aus.

Vergleichend zu den vorgestellten Simulationsergebnissen sind die Untersuchungen von NITZSCHE et al. (2002) in Gebiet Talsperre Saidenbach anzuführen. Um die aus der Minderung der Bodenerosion resultierende Minderung des P-Abtrages von Ackerflächen zu bestimmen, wurden durch NITZSCHE et al. (2002) bei Berechnungssimulationen im Einzugsgebiet der Talsperre Saidenbach die P-Gehalte im abgetragenen Bodenmaterial und im abgeflossenen Wasser erfasst (Tabelle 2).

**Tabelle 2: Relative Boden- und P-Abträge bei Niederschlagssimulationen in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung an einem Standort im Einzugsgebiet der Talsperre Saidenbach (Variante Pflug=100), (\*: Die Fraktionen berücksichtigen auch das im abfließenden Wasser gelöste Phosphat)**

Standort	Parameter	Pflug	Konservierend
Erzgebirge Bodenart SI3	Boden-Abtrag	100	12,0
	P-Gesamt*-Abtrag	100	12,3
	P-H <sub>2</sub> O-löslich*-Abtrag	100	16,3

Ausgehend von den in Tabelle 2 dargestellten Ergebnissen konnte durch NITZSCHE et al. (2002) entsprechend der Minderung des Bodenabtrages auch eine erhebliche Reduzierung

des Phosphorabtrages durch die Anwendung konservierender Bodenbearbeitungsverfahren festgestellt werden. Die im Vergleich zum Bodenabtrag leicht erhöhten Werte für den P-

Austrag resultieren aus einer geringen Steigerung der P-Gehalte in den oberen 5 cm der Krume bei dauerhaftem Pflugverzicht. Durch die Bodenbearbeitung kann Einfluss auf die Verteilung von Nährstoffen in der Krume genommen werden. Im Rahmen des Projektes „Elbe-Ökologie“ wurden durch SCHMIDT et al. (2004) an drei Standorten im Sächsischen Lößhügelland, einem Standort im Leipziger Tiefland und zwei Standorten im Erzgebirge jeweils die P-Gehalte (DL-löslich) in mehreren Tiefen innerhalb der Krume bei konventioneller und konservierender Bodenbearbeitung bestimmt. An allen Standorten ließen sich demnach keine signifikanten durch die Bodenbearbeitung bedingten Unterschiede hinsichtlich des DL-P-Gehaltes und der vertikalen P-Verteilung erkennen. Offensichtlich konnte hier die wendende und mischende Wirkung des Pfluges durch die teilweise mischende Wirkung der eingesetzten Grubber bzw. Scheibeneggen sowie durch die erhöhte biologische Aktivität ersetzt werden.

#### 4.2 Verfügbare Datengrundlagen in Sachsen

Die für ähnliche Fragestellungen und Modellierungen in Sachen in Frage kommenden Datenquellen sind:

- Relief: Digitales Geländemodell 1:25.000 (DGM 25/1) des Sächsischen Landesvermessungsamtes, Digitalisierung topographischer Karten, Messung
- Niederschlag: Parameterkatalog EROSION 2D/3D, Messung
- Bodeninformationen:
- Konzeptkarte Boden 1:50.000 (BKkonz) des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG)

- Bodenkarte 1:50.000 (BK50) des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG)
- Reichsbodenschätzung (RBS) –aufbereitete Daten des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG)
- Beprobung
- Landnutzung:
- Digitales Landschaftsmodell 1:25.000 (DLM 25/1 (Stand 1996)) des Sächsischen Landesvermessungsamtes
- Landnutzungsdaten nach Auswertung des Satelliten IRS-1C (Stand 1998/99, 2000/2001) des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG)
- Digitale Orthophotos (DOP) 1:10.000 des Sächsischen Landesvermessungsamtes
- CIR-Biotoptypenkarte (Stand 1992/93) des Freistaates Sachsen
- Bewirtschaftung:
- InVeKoS-Feldblockdaten (Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem, Stand Oktober 2004) des Sächsischen Ministeriums für Umwelt und Landwirtschaft
- Befragung

#### 4.3 Modellanwendung

Für eine exakte Validierung des Modells sind prinzipiell Erosionsmessungen im Gelände nötig. Eine weitere Validierungsmöglichkeit wurde von SEIDEL (2002) im Einzugsgebiet des Stausees Baderitz untersucht. Hier wurden die Ergebnisse einer Ist-Zustandssimulation mit aktuellen Luftbildaufnahmen der in der Modellierung ausgewiesenen gefährdeten Flächen verglichen. Eine gute Übereinstimmung konnte festgestellt werden. Für eine Abschätzung der Minderungspotenziale bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung kann auch ohne diese Validierung gearbeitet werden. Eine Zusammen-



stellung (SCHMIDT, 2004) zum Vergleich von gemessenen und modellierten Austrägen auf Einzugsgebietsebene in unterschiedlichem Maßstab (41 ha bis 9753 ha) bescheinigt dem Modell eine mittlere Abweichung von 34 %. Der Autor führt diese Abweichungen u.a. auf Fehler bei der Messung der Bodenabträge, Fehler bei der Bestimmung der Eingabeparameter und eine unzureichende Abbildung bestimmter Prozesse, z.B. der Rinnenerosion (SCHMIDT et al. (2001), Windeffekte, zurück. DEUMLICH et al. (2003) fanden bei ihren vergleichenden Untersuchungen zur Nutzung von Bodendaten verschiedener Skalen für Wassererosionsmodelle (u.a. auch EROSION 3D), dass unterschiedliche Modellergebnisse bei der Anwendung desselben Modells auf der Basis verschieden hergeleiteter Bodendaten erzielt werden. Eine Validierung numerischer Erosionsmodelle in Einzelhang- und Einzugsgebiet-Dimension wurde von HEBEL (2003) durchgeführt. Hier wurde u.a. das Modell EROSION 3D auf Einzugsgebietsebene untersucht. Die Validierung der untersuchten Einzugsgebiet-Modelle bewertete sowohl die empirischen Modelle MUSLE, USLE2D/SDR und WaTEM als auch das prozessorientierte physikalische Modell EROSION 3D als nicht ausreichend zuverlässig für den Zweck einer Richtwertkontrolle.

Aufgrund der starken zeitlichen und räumlichen Veränderungen der landwirtschaftlichen Realnutzung, welche nur unzureichend durch das ATKIS-DLM erfasst werden, sollen diese Daten mit den Nutzungsgeometrien der Feldblöcke nach InVeKoS-Angaben verwendet werden. Feldblöcke sind räumlich zusammenhängende Flächen mit überwiegend einer Bodennutzungsart (Acker, Grünland etc.). Sie werden von natürlichen Grenzen (Straße,

von natürlichen Grenzen (Straße, Graben etc.) oder von den Grenzen zu Feldblöcken mit anderen Bodennutzungsarten gebildet. Über diese Feldblöcke läuft die jährliche Beantragung der EU-Flächenbeihilfen (ab 2005) durch die Landwirtschaftsbetriebe und somit liegen diese flächendeckend für den Freistaat Sachsen mit Stand vom Oktober 2004 vor.

Bei jeder Modellierung muss der Einfluss der jeweiligen Eingangsparameter auf das Modellergebnis geprüft werden. Hierfür wurde für alle Parameter der durchgeführten Simulation ein Sensitivitätstest (vgl. NEARING et al., 1990) durchgeführt. Den größten Einfluss auf das Berechnungsergebnis haben demnach die Parameter Anfangswassergehalt > Lagerungsdichte > Bedeckungsgrad > organischer Kohlenstoffgehalt.

## 5 Fazit

Die Ergebnisse der einzugsgebietsbezogenen Simulationen mit Modell EROSION 3D verdeutlichen die erosionsmindernde und damit gewässerentlastende Wirkung der konservierenden Bodenbearbeitung.

Das Modell EROSION 3D wurde für kleinere und mittlere Einzugsgebiete bzw. speziell für die Planungspraxis auf regionaler und kommunaler Ebene konzipiert. Die Abschätzung von Bodenabtragungspotenzialen und die Erfassung von Transportpfaden des Bodenfeinmaterials aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in Oberflächengewässer ist von entscheidender Bedeutung für die Erarbeitung von Planungs- und Vollzugmaßnahmen vor Ort. Die Planung dieser Maßnahmen kann durch Modellierungen mit EROSION 3D unterstützt werden. Durch die durchgeführten Modellierungen konnten darge-

stellt werden, dass das Modell EROSION 2D/3D geeignet ist, um auf Einzugsgebietsebene Sediment- und partikuläre Phosphorfrachten abzuschätzen. Die für die Modellierung geeignete Datengrundlagen sind in Sachsen vorhanden (besonders InVeKoS – Daten). Durch die Modellierung von einzelnen Szenarien oder des Ist-Zustandes kann eine Unterstützung der Beratung von Landwirten bei der Maßnahmenplanung zum Boden- und Gewässerschutz erfolgen. Weiterhin besteht die Möglichkeit, den Beitrag eines Landwirtes am Gewässerschutz auf Einzugsgebietsebene zu bewerten. Die Simulationsergebnisse zum Erosionsgeschehen wurden in ein Web-GIS eingebunden ([www.smul.sachsen.de/wsm300/](http://www.smul.sachsen.de/wsm300/)). In Kombination bilden das verwendete Modell EROSION 2D/3D und die interaktive Ergebnisaufbereitung in einem Web-GIS einen wichtigen Baustein für den Moderationsprozess im Sinne der Erarbeitung von Maßnahmenkomplexen zum Erreichen der Ziele der EU-WRRL.

## 6 Literatur

- DEUMLICH, D. REUTER, H.I., VÖLKER, L. (2003): Nutzung von Bodendaten in verschiedenen Skalen für Wassererosionsmodelle. In: Landnutzung und Landentwicklung, 44, 195-201
- FREDE, H.-G., DABBERT, S. (1998): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Ecomed Verlag, Landsberg
- GERDES, P., Kunst, S. (1997): Untersuchungen zur ökologischen Wirksamkeit von Nährstoffeinträgen in Fließgewässer – Methoden und Ergebnisse. Teilbericht zum Vorhaben „Ökologische Effektivitätskontrolle von Gewässerschutzmaßnahmen in der EU“. Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Universität Hannover
- GREEN, W.-H., AMPT, G.-H. (1911): Studies on soil physics. Part I: The flow of air and water through soils. J. of Agricultural Science, 4, 1-24.
- HEBEL, B. (2003): Validierung numerischer Erosionsmodelle in Einzelhang- und Einzugsgebiet-Dimension. Inaugural-Dissertation. Universität Basel
- HERRMANN, C.M. (2001): Webmapping – Thesen, Beispiele und Tendenzen. In: Kartographische Nachrichten, Heft 6
- KURZER, H. J. (2003): Nitratbericht 2002. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Heft 10 – 8. Jahrgang 2003
- MICHAEL, A., v. WERNER, M., (1998): Hochauflösende Erosionsprognosekarten für das Gebiet Niederstrieigis. Forschungsbericht im Auftrag der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft.
- MICHAEL, A., v. WERNER, M., SCHMIDT, J. (2003): Abschätzung des Sediment- und Nährstoffeintrages in Oberflächengewässer mit dem Erosionsprognosemodell EROSION 3D. Tagungsband 20. DFD-Nutzerseminar, 06-08.10.2003, 56-65
- NEARING, M. A., DEER-ASCOUGH, L., LAFLEIN, J. M. (1990): Sensitivity analysis of the WEPP hillslope profile erosion model. Transactions of the ASAE 33 (§)
- NITZSCHE, O., KRÜCK, S., SCHMIDT, W., RICHTER, W. (2001): Reducing soil-erosion and phosphate losses and improving soil biological activity through conservation tillage systems. In: I World Congress on Conservation Agriculture. Madrid, 1-5 October, 2001: Garcia-Torres, L., Benites, J., Martinez-Vilela, A. (Hrsg), Volume II, 185-189
- NITZSCHE, O., KRÜCK, S., ZIMMERLING, B., SCHMIDT, W. (2002): Boden- und gewässerschonende Landbewirtschaftung in Flusseinzugsgebieten. In: Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, 11, 1-22
- PAUL, L., HORN, H., HORN, W. (2000): Die Veränderungen der Nährstoffbelastung der Saldenbach-Talsperre seit 1990 und Auswirkungen auf den Stoffhaushalt. In: W. Fritsche & L. Zerling (Hrsg.): Umwelt und Mensch – Langzeitwirkungen und Schlussfolgerungen für die Zukunft. Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu

- Leipzig. Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Band 59, 5, 79-87
- REICHEL, C.-P. (2004): Schriftliche Mitteilung. Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen
- RICHTER, W., SUNTHEIM, L. (2003): Untersuchungen zum P-Fixierungsverhalten Sächsischer Verwitterungsböden auf metamorphen Gesteinen. Archives of Agronomy and Soil Science, 49, 261-273
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, ERNÄHRUNG UND FORSTEN (1997): Ordnungsgemäßer Einsatz von Düngern entsprechend der Düngeverordnung. Freistaat Sachsen
- SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. 14. Auflage. Stuttgart
- SCHMIDT, J. (1990): A mathematical model to simulate rainfall erosion. Catena Suppl., 19, 101 – 109
- SCHMIDT, J. (2004): winds effects on soil erosion by water. Vortrag. Gehalten in Cartagena/ Spanien auf der ILC 2004.
- SCHMIDT, W., NITZSCHE, O., KRÜCK, S. ZIMMERMANN, M. (2004): Entwicklung von dauerhaft umweltgerechten Landbewirtschaftungsverfahren im sächsischen Einzugsgebiet der Elbe Teilthema I: Begleitende Untersuchungen zur praktischen Anwendung und Verbreitung von konservierender Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtanbau sowie Mulchsaat in den Ackerbaugebieten Sachsens zur Minderung von Wassererosion und Nährstoffaustrag im Elbeeinzugsgebiet. Endbericht
- SCHMIDT, J., SCHMIDT, W., v. WERNER, M., MICHAEL, A. (2001): Actions against soil erosion at the single field and the catchment scale guided by computer simulation. In: Stott, D. E., Mohtar, R. H., Steinhardt, G. C. (eds): Sustaining the Global Farm. Selected papers from the 10<sup>th</sup> International Soil Conservation Organization Meeting held May 24-29, 1999. Pages 973-978
- SCHMIDT, J., VON WERNER, M., MICHAEL, A., SCHMIDT, W. (1996): EROSION 2D/3D - Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser: Hrsg.: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden-Pillnitz und Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Freiberg/Sachsen
- SCHWARZE, R., HERRMANN, A., SCHÖNINGER, M. (1991): Rechnergestützte Analyse von Abflusskomponenten und Verweilzeiten in kleinen Einzugsgebieten. Acta Hydrophysica., 2, 143-184.
- SEIDEL, N. (2002): Vorschläge zur Verminderung der Wassererosion im Einzugsgebiet des Baderitzer Stausees – Sächsisches Lößhügelland. Diplomarbeit. TU Bergakademie Freiberg
- V. WERNER, M., MICHAEL, A. (1999): Modellgestützte Ableitung hochauflösender digitaler Bodenerosionsprognosekarten für das Talsperreneinzugsgebiet Saidenbach (Ist-Stands-Analyse und Variantenvergleich). Endbericht
- v. WERNER, M., SCHRÖTER, A. (2004): Erarbeitung der digitalen Datengrundlage für die Anwendung von EROSION-3D auf mesoskaliger Maßstabsebene mit Durchführung einer Erosionssimulation für das zu bearbeitende Gebiet. Zwischenbericht
- VOLK, M., STEINHARDT, U. (2004): Mesoskalige Landschaftsanalyse auf Basis von Untersuchungen des Landschaftshaushaltes. Probleme und hierarchische Lösungsansätze am Beispiel von Flusseinzugsgebieten. In: Lorz, C., Haase, D. (Hrsg.) (2004): Stoff- und Wasserhaushalt in Einzugsgebieten. Beiträge zur EU-Wasserrahmenrichtlinie und Fallbeispiele.
- ZIMMERLING, B. (2004): Berechnungsversuche zum Infiltrationsverhalten von Ackerböden nach Umstellung der konventionellen auf konservierende Bodenbearbeitung. Dissertation, Universität Hannover



## **Umsetzung erosionsmindernder und hochwasserreduzierender Maßnahmen auf Einzugsgebietsebene am Beispiel des Stausees Baderitz**

Marek Kornmann, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft,  
Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

### **1 Einleitung und Problemstellung**

Dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung erhöht in erheblichem Umfang die Wasserinfiltration und reduziert dadurch Oberflächenabfluss und Bodenabtrag durch Wasser (vgl. Beitrag von O. Nitzsche). In dem vom Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft finanzierten Projekt „Umsetzung erosionsmindernder und hochwasserreduzierender Maßnahmen auf Einzugsgebietsebene am Beispiel des Stausees Baderitz“ (Laufzeit von Mai 2004 bis März 2006) sollen die Voraussetzungen für die flächenhafte Anwendung der konservierenden Bodenbearbeitung geschaffen und deren Auswirkungen auf Hochwasserausprägung und Erosion erfasst werden.

Bei dem ausgewählten Untersuchungsgebiet im Einzugsgebiet des Stausees Baderitz mit dem Oberlauf der Jahna handelt es sich um ein für das Sächsische Lößhügelland typisches Einzugsgebiet mit sehr hoher Erosionsgefährdung. Die Größe des Einzugsgebietes beträgt etwa 20 km<sup>2</sup>. Im Rahmen des Vorhabens soll der Einfluss einer flächenhaft durchgeführten konservierenden Bodenbearbeitung auf den vorsorgenden Hochwasserschutz und den Erosionsschutz anhand von Messungen und Datenerhebungen dokumentiert werden. Durch den einzugsgebietsbezogenen Ansatz wird erstmals eine direkte Bestimmung der Wirkungen sich verändernder Bewirtschaftungsverfahren auf die Abflussdynamik und die dadurch möglicherweise beeinflusste Hochwasserausprägung

sowie die Bodeneinträge in das Gewässer möglich.

Die im Einzugsgebiet bereits in größeren Umfängen umgesetzte konservierende Bodenbearbeitung bietet günstige Voraussetzung für diesen Arbeitsansatz. Ergänzend dazu soll die Förderung der weiteren Umsetzung konservierender Bodenbearbeitung durch eine gezielte Unterstützung der Landwirtschaftsbetriebe im Hinblick auf Anpassungsstrategien in den Bereichen Acker- und Pflanzenbau (Bodenbearbeitungsintensität, Fruchtfolge, Sortenwahl usw.) sowie Pflanzenschutz abgesichert werden. Durch eine begleitende Dokumentation der betrieblichen Anpassungsstrategien und eine Erfassung der Veränderungen auf der Ackerfläche (Unkrautbesatz, Auftreten von Krankheiten und Schädlingen, Bodenstruktur, Wasserhaushalt) soll eine Rückkopplung erzielt werden, die eine weitere Optimierung der konservierenden Bewirtschaftung erlaubt. Die exakte Erfassung von Boden- und Abflussparametern im Einzugsgebiet Baderitz schafft die Voraussetzung für die Modellierung des Wasser- und Stoffhaushaltes sowie der Bodenerosion. Dieses Vorgehen ermöglicht die Validierung der eingesetzten Modelle als Grundlage für deren Einsatz in vergleichbaren weiteren Einzugsgebieten.

## 2 Zielsetzung

Ziel des Projektes sind die Abschätzung und die Bewertung einer einzugsgebietsweiten Anwendung der konservierenden Bodenbearbeitung auf Oberflächenabfluss und Bodenabtrag zur Entwicklung von Bewirtschaftungsplänen im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie und von Hochwasserschutzkonzepten. Unter Nutzung einer Pegelmessstation und des Erosionsprognosemodells EROSION 3D (vgl. Beitrag von E. Thiel) soll am Beispiel des überwiegend ackerbaulich genutzten Einzugsgebietes des Stausees Baderitz der Beitrag großflächig durchgeführter konservierender Bodenbearbeitung zum vorsorgenden Hochwasserschutz und Erosionsschutz demonstriert und dokumentiert werden. Die Arbeiten in diesem beispielhaft ausgewählten Einzugsgebiet dienen darüber

hinaus der Akzeptanzsteigerung zur Förderung der weiteren Umsetzung von boden- und gewässerschonenden Bewirtschaftungsverfahren. Dazu sollen die landwirtschaftlichen Betriebe im Untersuchungsgebiet bei der weiteren Umsetzung und Optimierung erosionsmindernder Bestellverfahren begleitet und unterstützt werden.

## 3 Versuchsdurchführung

### 3.1 Untersuchungsgebiet

Das bearbeitete Untersuchungsgebiet bietet für die einzugsgebietsweite Betrachtung günstige Voraussetzungen. Es stellt hinsichtlich der landwirtschaftlichen Nutzung sowie der auftretenden Probleme ein für das sächsische Lößhügelland typisches Gebiet dar (**Tabelle 1**).

**Tabelle 1: Charakterisierung des Untersuchungsgebietes**

Eigenschaft	Einzugsgebiet Stausee Baderitz
Fläche:	ca. 2.000 ha, davon <ul style="list-style-type: none"><li>• Ackerfläche ca. 1.600 ha</li><li>• Grünland ca. 125 ha</li><li>• Wald ca. 30 ha</li><li>• Ortschaften, Straßen, etc. ca. 250 ha</li></ul>
Höhenlage über NN:	170 – 240 m
Bodenartengruppe:	Lehmschluffe (lu) und Normallehme (II)
Hauptbodentyp:	Parabraunerde und Parabraunerde-Pseudogley
mittlerer Jahresniederschlag:	650 – 700 mm
mittlere Jahrestemperatur:	7,8 – 8,8 °C
Ackerzahl:	64 – 73
mittlere Schlaggröße:	13,8 ha
Anteil konservierender Bodenbearbeitung:	- ca. $\frac{2}{3}$ der Ackerfläche im Erntejahr 2004 - ca. $\frac{1}{2}$ der Ackerfläche dauerhaft konservierend bearbeitet

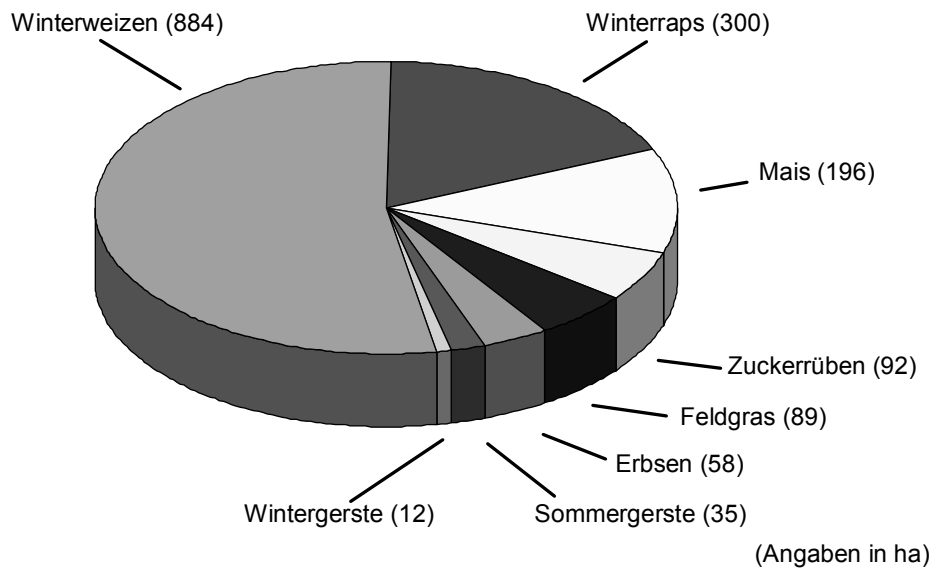


die z.B. Fruchtfolge, Art und Intensität der durchgeführten Bodenbearbeitung betreffen. Im Rahmen der Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung erfolgte Änderungen der Düngungsstrategien sowie Veränderungen im Pflanzenschutz (Pflanzenschutzmitteleinsatz und -aufwand, Unkraut- und Krankheitsauftreten) sind ebenfalls zu ermitteln.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Anbauverhältnisse im Erntejahr 2004

Die Darstellung der Anbauverhältnisse auf den ackerbaulich genutzten Flächen im Einzugsgebiet des Stausees Baderitz im Erntejahr 2004 zeigt **Abbildung 2**.



**Abbildung 2:** Anbaustruktur im Einzugsgebiet des Stausees Baderitz im Erntejahr 2004

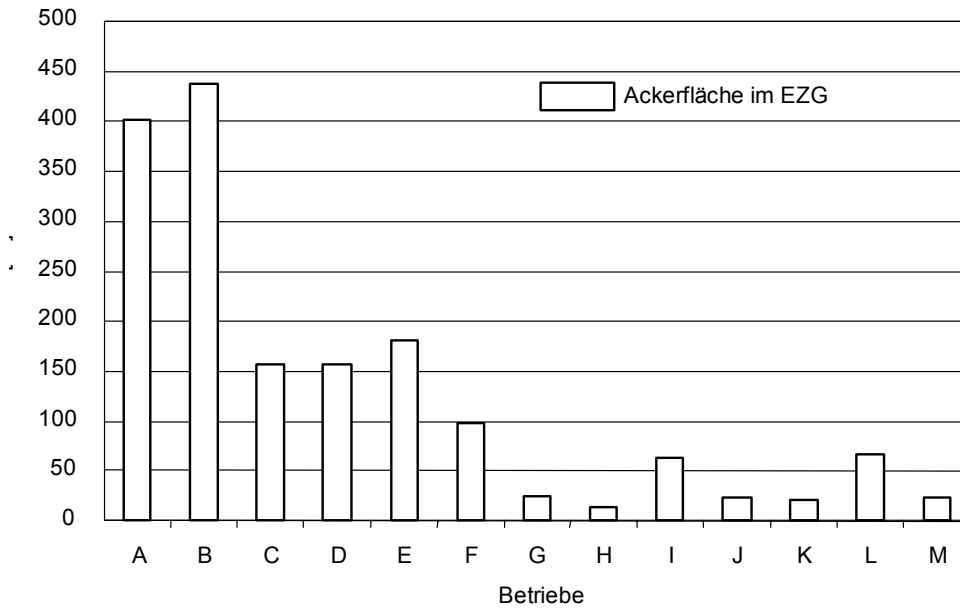
Den größten Anteil der Ackerkulturen stellt dabei der Winterweizen, der 2004 auf ca. 53 % der Ackerfläche angebaut wird, gefolgt von Winterraps mit ca. 18 % und Mais mit ca. 12 %. Der Anbau von Zuckerrüben erfolgt auf ca. 6 %, Feldgras und Erbsen folgen mit ca. 5 % bzw. 3 %. Der Gerstenanbau spielt im Erntejahr 2004 mit Sommergerste auf ca. 2 % und Wintergerste mit unter 1 % der Ackerfläche nur eine geringe Rolle. Da zahlreiche Betriebe aber nur einen geringen Flächenanteil ihrer gesamten Ackerfläche innerhalb des Einzugsgebietes haben und überwiegend außerhalb des Untersuchungsgebietes wirtschaften, sind jährlich

deutliche Schwankungen der beschriebenen Anbauanteile zu erwarten.

### 4.2 Ackerfläche und Schlaggrößen

Die Ackerfläche, die von den verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben im Einzugsgebiet des Stausees jeweils bewirtschaftet wird, weist große Unterschiede auf und beträgt zwischen ca. 15 ha und ca. 440 ha (**Abbildung 3**). Während bei einigen Betrieben nahezu die gesamte Anbaufläche im Untersuchungsgebiet liegt, werden von anderen Betrieben z.T. nur wenige Hektar im Einzugsgebiet bewirtschaftet.



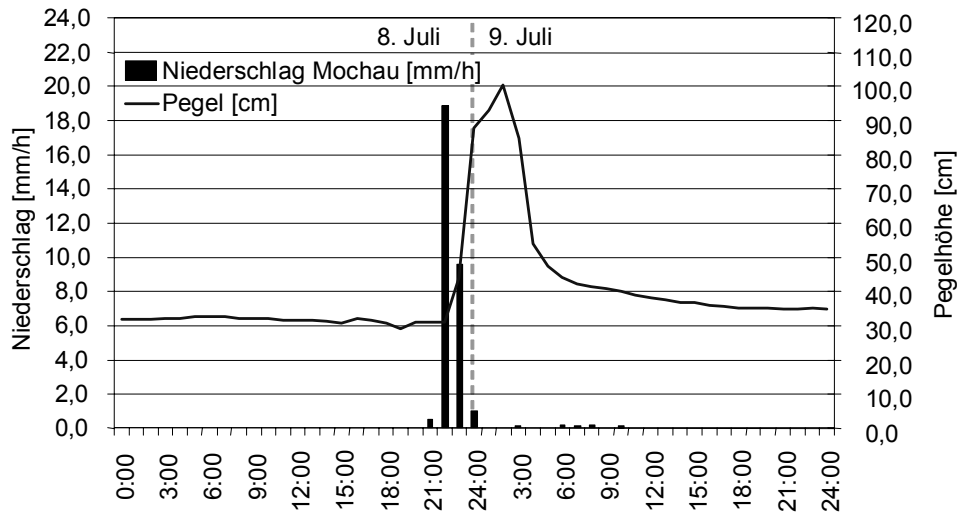


**Abbildung 3:** Umfang der von landwirtschaftlichen Betrieben im Einzugsgebiet des Stausees Baderitz bewirtschafteten Ackerfläche

Die durchschnittliche Schlaggröße beträgt weniger als 14 ha und weist für eine intensiv ackerbaulich genutzte Region eine verhältnismäßig geringe durchschnittliche Größe auf. Insgesamt werden im Einzugsgebiet 30 % der Ackerfläche in Schlägen mit einer Größe von weniger als 14 ha bewirtschaftet. 61 % der Ackerfläche befindet sich in Schlägen mit einer Größe unter 30 ha, wohingegen die verbleibenden 39 % der Ackerfläche auf Schläge mit einer Größe von mehr als 30 ha entfallen.

#### 4.3 Niederschläge und Pegelreaktion am Beispiel des Monats Juli 2004

An einem Niederschlagsereignis in der Nacht vom 8. auf den 9. Mai 2004 wird in **Abbildung 4** die Reaktion des Pegels der Jahna in Abhängigkeit der ermittelten Niederschläge am Standort Mochau dargestellt.



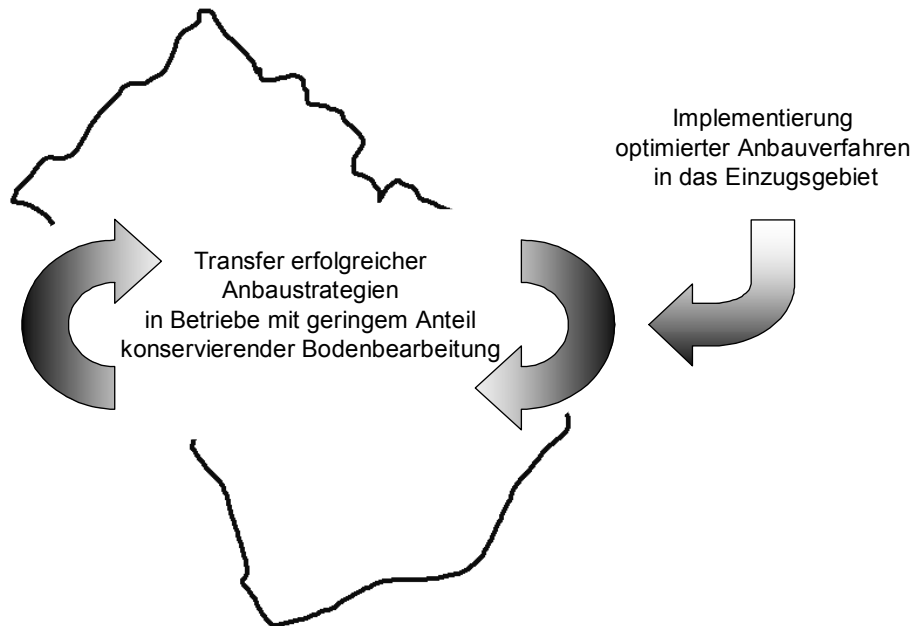
**Abbildung 4:** Beispielhafte Darstellung des Niederschlages und der Reaktion des Pegels der Jahna für ein Starkregenereignis am 8./9. Juli 2004

Dabei wird besonders die rasche Reaktion des Pegels am Zulauf des Stausees Baderitz auf ein im Einzugsgebiet stattgefundenes Starkregenereignis deutlich. Hierfür sind mehrere Ursachen verantwortlich. Obwohl aufgrund des Vegetationszustandes am 8./9. Juli 2004 von einem vollständigen Bedeckungsgrad der Ackerflächen ausgegangen werden kann, ist ein so unverzügliches Ansteigen des Pegels nur mit dem Oberflächenabfluss der Flächen im Einzugsgebiet zu erklären. Andererseits beträgt die versiegelte und bebaute Fläche ca. 12,5 % der Gesamtgröße des Einzugsgebietes, so dass hiervon ebenfalls nicht unerhebliche Wassermassen erfasst und der Jahna zugeleitet werden können. Hier gilt es, im Rahmen des Projektes den Beitrag der unterschiedlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet zum Entstehen und zum Ausmaß der jeweiligen Hochwasserwelle zu quantifizieren.

## 5 Ausblick

Die umfassende Erfassung ackerbaulicher und produktionstechnischer Daten der landwirtschaftlichen Betriebe im Einzugsgebiet soll es ermöglichen, besonders erfolgreiche Strategien in der Adaption konservierender Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren in Abhängigkeit der betrieblichen Voraussetzungen zu definieren. In der weiteren Umsetzung ist vorgesehen, diese bewährten, an die lokalen Gegebenheiten angepassten Anbaustrategien zu den unterschiedlichen Kulturen innerhalb des Einzugsgebietes auf die Betriebe zu transferieren, die bisher in der Umsetzung und Anwendung bodenschonender Produktionsverfahren noch Vorbehalte haben (**Abbildung 5**).

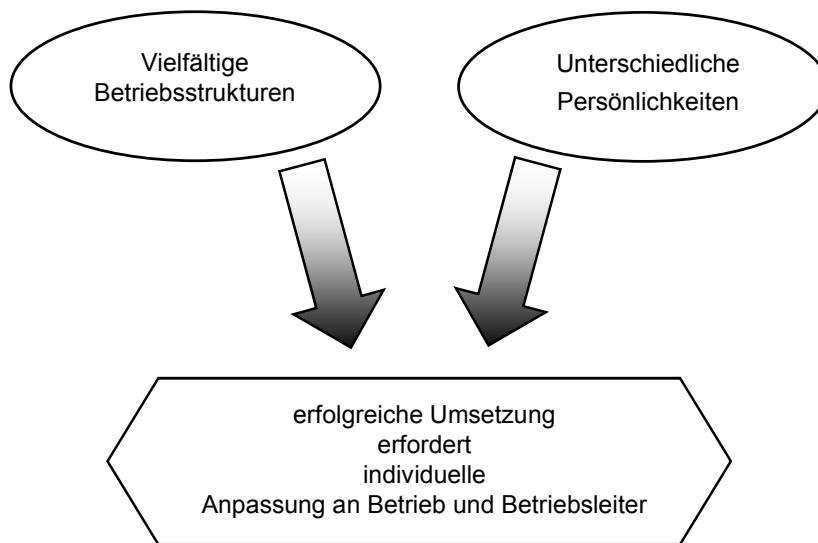
**Erhöhung des Einsatzumfanges dauerhaft konservierender Bodenbearbeitung durch:**



**Abbildung 5:** Maßnahmen zur Erhöhung des Umfangs konservierender Bodenbearbeitung im Untersuchungsgebiet

Zusätzlich soll über weiterführende unterstützende Maßnahmen, wie z.B. die Organisation und Durchführung von Informations- und Demonstrationsveranstaltungen, zusätzliches Know-how zur Optimierung konservierender Anbauverfahren in das Untersuchungsgebiet eingebracht werden.

Soll die Umsetzung und Weiterentwicklung konservierender Bodenbearbeitungsverfahren erfolgreich vorgenommen werden, kann diese nur betriebsindividuell erfolgen (**Abbildung 6**).



**Abbildung 6:** Einflussgrößen auf die erfolgreich Umsetzung konservierender Bodenbearbeitung im Untersuchungsgebiet

Zielsetzung ist die mittelfristige Anwendung konservierender Bodenbearbeitung auf allen Ackerflächen im Einzugsgebiet und die messtechnische Erfassung dieser ackerbaulichen Maßnahmen auf die Hochwasserausprägung.

Aufgrund der Vielfalt der zur Verfügung stehenden ackerbaulichen Maßnahmen ist es möglich, für verschiedene Betriebssituationen angepasste Strategien zu erarbeiten.

Als besonders wichtige Einflussgrößen sind dabei die vielfältigen Betriebsstrukturen im Einzugsgebiet des Stausees Baderitz sowie die unterschiedlichen Charaktere der Betriebsleiter mit ihren differierenden Einstellungen zu den Verfahren konservierender Bodenbearbeitung zu nennen.





## Impressum

- Herausgeber:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden  
**Internet:** [www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl)
- Autoren:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Fachbereich Pflanzliche Erzeugung  
Dr. Walter Schmidt, Henning Stahl, Karin Marschall,  
Dr. Olaf Nitzsche, Dr. Thomas Kreuter, Dr. Steffen Zacharias,  
Enrico Thiel, Marek Kornmann  
Gustav-Kühn-Str. 8  
04159 Leipzig  
Telefon: 0341 / 9174-130 Telefax: 0341 / 9174-111  
E-mail: [olaf.nitzsche@leipzig.lfl.smul.sachsen.de](mailto:olaf.nitzsche@leipzig.lfl.smul.sachsen.de)
- Herwig Vopel  
Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
- Heinz-Friedrich Schönleber  
Schönleber-GbR, 04741 Littdorf
- Redaktion:** Dr. Olaf Nitzsche, Marek Kornmann  
Gustav-Kühn-Str. 8  
04159 Leipzig  
Telefon: 0341 / 9174-130 Telefax: 0341 / 9174 - 111  
E-mail: [olaf.nitzsche@leipzig.lfl.smul.sachsen.de](mailto:olaf.nitzsche@leipzig.lfl.smul.sachsen.de)
- Endredaktion:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Thomas Freitag, Ramona Scheinert  
Telefon: 0351/2612 – 138  
Telefax: 0351/2612 - 151  
E-mail: [thomas.freitag@pillnitz.lfl.smul.sachsen.de](mailto:thomas.freitag@pillnitz.lfl.smul.sachsen.de)
- Redaktionsschluss:** November 2004
- Druck:** RT Reprotechnik.de GmbH, Leipzig
- Auflage:** 300 Exemplare
- Bezug:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Öffentlichkeitsarbeit  
August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden  
Fax: 0351 / 2612 - 151  
E-Mail: [poststelle@pillnitz.lfl.smul.sachsen.de](mailto:poststelle@pillnitz.lfl.smul.sachsen.de)
- Schutzgebühr:** 12,78 EUR

Diese Broschüre wurde auf chlorfrei gebleichtem sowie alterungsbeständigem Papier (ISO 9706) gedruckt. Die Alterungsbeständigkeit beträgt laut Zertifikat mehr als 200 Jahre.

Für alle angegebenen E-Mail-Adressen gilt:  
Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente

### Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.