



## **Visionen für die Direktsaat und ihr Beitrag zum Boden-, Wasser- und Klimaschutz**

F. Tebrügge

Institut für Landtechnik, Justus-Liebig Universität, Gießen

Vor dem Hintergrund politischer Rahmenbedingungen wird die Bodennutzung mit der Forderung konfrontiert, Belange des Biotop-, Landschafts- und Gewässerschutzes stärker als bisher zu berücksichtigen. Verfolgt man die öffentlichen Diskussionen, so sieht sich die Landwirtschaft zunehmend dem Vorwurf ausgesetzt, sie zerstöre die „*natürliche Bodenfruchtbarkeit*“, denn bei der heutigen Sensibilität zu Fragen der Umweltbelastung wird auch die Intensität der Bodenbearbeitung zunehmend kritisch betrachtet. Neben den sichtbaren Anzeichen des Verlustes an Bodenfruchtbarkeit, wie Bodenerosion durch Wasser und Wind, Verschlämmung und Verkrustung der Ackeroberfläche, stehen die Probleme, die sich aus tiefreichender Bodenverdichtung, die Wasserinfiltration und Durchwurzelbarkeit einschränken, sowie der Trinkwassergefährdung vornehmlich durch Verlagerung (leaching) und Austrag (run-off) von Nitrat, wasserlöslichem Phosphat und weiterer Xenobiotika ergeben.

Ebenso kritisch ist der schleichende Verlust an organischer Bodensubstanz zu bewerten, da in Folge der biologische Oxidation des Kohlenstoffs erhebliche Mengen Kohlendioxyd in die Atmosphäre emittieren und als Treibhausgas zur globalen Erwärmung beiträgt.

Im letzten Jahrzehnt hat die gemeinsame EU-Agrarpolitik (CAP) zwar einerseits dazu beigetragen, die Modernisierung der Landwirtschaft in Europa zu fördern. Andererseits war und ist zu erkennen, dass diese Modernisierung von negativen Einflüssen auf die Umwelt begleitet wurde. Ein offensichtlicher Zusammenhang zwischen Landwirtschaft (50,5% der Gesamtfläche der EU werden landwirtschaftlich genutzt, weitere 27,9% entfallen auf Wald) und Umwelt ist nicht von der Hand zu weisen.

Aus landwirtschaftlicher Sicht zwingen abnehmende Verkaufserlöse zu Rationalisierungsmaßnahmen, insbesondere im Bereich der kosten-, energie- und zeitaufwendigen Bodenbearbeitung. Es stellt sich daher die Frage nach der notwendigen Intensität der Bodenbearbeitung, die sowohl den ökologischen Forderungen der Allgemeinheit, als auch den ökonomischen Belangen des landwirtschaftlichen Betriebes entspricht. Eine interdisziplinäre Forschergruppe beschäftigt sich daher an der Justus-Liebig-Universität seit 20 Jahren mit den

Wechselwirkungen differenzierter Bodenbearbeitungsintensität auf das Ökosystem Boden (Tebrügge, Eichhorn 1992, Tebrügge, Düring 1999).

Die Untersuchungen erfolgen auf fünf Ackerbaustandorten mit unterschiedlichen Boden-, Fruchtfolge- und Klimamerkmalen mit dem Ziel, u.a. die langfristige Anwendung des Direktsaatsystems (zero- oder no-till im amerik. Sprachgebrauch), d. h. Verzicht auf Wendung und Lockerung des Bodens, Pflanzenreststoffe verbleiben zunächst auf der Bodenoberfläche und der Werkzeugeingriff in den Boden beschränkt sich auf das Anlegen der Saatschlitze, im Vergleich zur konventionellen Pflug-Bodenbearbeitung auf nachstehende ökologische und ökonomische Auswirkungen zu prüfen und zu beurteilen (Tebrügge 1994):

- Bodenschadverdichtungen insbesondere im Bereich der Krumbasis,
- Porenraumverteilung und Funktionalität des Porensystems,
- Schonung des Bodengefügeaufbaus,
- Inkorporation von Pflanzenrückständen,
- Verzahnung der Ackerkrume mit dem Unterboden,
- Anreicherung organischer Bodensubstanz, CO<sub>2</sub>-Emission,
- Bodenerosion, Run-off und Oberflächenverschlammung,
- Aktivierung der Bodenfauna mit Wirkung auf Aggregatstabilität,
- Erhaltung und Förderung biogener Poren, Bioturbation,
- Durchwurzelungsintensität,
- Wasserleitfähigkeit, Infiltrationskapazität,
- Wasserspeichervermögen des Bodens,
- Austrag von Agrochemikalien,
- Pflanzenkrankheiten und Beikrautflora,
- Ertragsstabilität über Fruchtfolgerotationen,
- Energie- und Kostenaufwand,
- Ökonomie und Ökologie.

Konventionelle Bodenbewirtschaftung, gekennzeichnet durch massiven tiefreichenden Werkzeugeingriff in die Ackerkrume i.d.R. durch Pflugeinsatz, dessen Charakteristikum die totale Bodenwendung ist, bewirkt durch Überlockerung (GPV > 60%) eine Zerstörung des Bodengefüges, welches danach außerordentlich instabil ist (Tebrügge, Wagner 1995, Gruber, Tebrügge 1990). Sie ist weiterhin vielerorts gekennzeichnet durch das Verbrennen oder Entfernen von Stroh, Vergraben pflanzlicher Reststoffe im Bereich der Krumbasis, durch intensive bodenaggregatzerstörende Saatbettbereitung und durch einseitig ökonomisch

ausgerichtete Fruchtfolgen. Dieses System der wendenden Bodenbearbeitung wird nach wie vor allgemein in Europa praktiziert und weist nicht zu übersehende negative Effekte auf Boden-, Wasser- und Luftqualität, das globale Klima, Biodiversität und Landschaft auf.

Denn auch in Europa ist Bodendegradierung aufgrund von Erosions- und Verdichtungsprozessen ein nicht zu unterschätzendes Umweltproblem, das von konventioneller Bodenbewirtschaftung verursacht wird. Rund 157 Millionen Hektar (16% von Europa, fast 3mal so groß wie Frankreich) sind hiervon betroffen (Oldemann et al. 1991). So beträgt die jährliche Bodenerosionsrate in Europa im Mittel 17 Tonnen pro Hektar/Jahr und übersteigt bei weitem die Rate der Bodenneubildung in Höhe von ca. 1 t/ha/J (Troeh, Thompson 1993). Die meisten EU Länder wie auch die Schweiz sind hiervon, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß, betroffen. Bei einem jährlichen Bodenabtrag durch Erosion von ca. 2,5 Milliarden Tonnen in der EU, bedeutet dies, dass bezogen auf eine Mächtigkeit der Ackerkrume von 25 cm, jährlich der Landwirtschaft in der EU ca. 700.000 ha verlustig gehen (80% der AFL von Holland) und damit als nachhaltiger Produktionsfaktor nicht mehr zu Verfügung steht. Würde man dies auf das offene Ackerland der Schweiz beziehen (290.000 ha), so wäre dies einem Verlust an Bodenmächtigkeit von 60 cm pro ha und Jahr gleichzusetzen.

Intensivierung der Landbewirtschaftung, v.a. geprägt durch zunehmende Mechanisierung in der Bodenbearbeitung mit der Folge, dass durch Zerstörung des Bodengefüges, der Lebendverbauung des Bodens die Bodentragfähigkeit gravierend reduziert wird, ist maßgeblich dafür verantwortlich, dass Bodenauflasten während der Bodenbearbeitung und durch nachfolgende Pflege- und Erntemaschinen, tiefreichende Bodenverdichtungen verursachen können und die Porenkontinuität zerstören (Gruber, Tebrügge 1990), die ihrerseits die zügige Infiltration von Überschußwasser verhindern und die Ursache für Run-off sind. Insgesamt wird deutlich, dass ständig zunehmende Intensität bei der Bodenbearbeitung in den letzten Jahrzehnten wesentlich dazu beigetragen hat, dass das Risiko der Bodendegradierung (Erosion, Schadverdichtung, Humusschwund) stetig zugenommen hat.

Bodenerosion hat nicht nur eine erhebliche ökonomische Auswirkung durch Minderung der Bodenfruchtbarkeit auf den betroffenen landwirtschaftlichen Flächen, sondern verursacht auch erhebliche infrastrukturelle Off-site Schäden, wie z.B. an Vorflutern, Drainagen, Verkehrswegen, Kanälen, Wasserstraßen etc.. So ist nach Schätzungen der US-Landwirtschaftsbehörde davon auszugehen, dass auf den betroffenen Flächen durch Bodenerosion die landwirtschaftlichen Produktionskosten um etwa 25% pro Jahr zunehmen (53 Euro pro Hektar). Unter Einbeziehung der Off-site Schäden (32,5 Euro), die von der

Öffentlichkeit unwissentlich getragen werden (Steuergelder), summieren sich die Gesamtkosten durch Bodenabtrag auf schätzungsweise 85,5 Euro pro Jahr und ha erosionsverursachender Fläche (Pimentel et al. 1995). Dies bedeutet, dass von den 157 Mio. ha in der EU die von Bodenerosion betroffen sind, Gesamtkostenbelastungen in Höhe von nahezu 13,5 Milliarden Euro (33% des EU-Agrarhaushalts) verursacht werden.

Insbesondere die Direktsaat trägt nachweislich dazu bei, die Bodenerosion erheblich zu vermindern (>90% für Direktsaat/no-tillage, >60% für nichtwendende Bodenbearbeitung) (Towery 1998). Geht man davon aus, dass von den 70 Mio. ha Ackerland in der EU, 16% hohes Erosionsrisiko aufweisen (11,2 Mio. ha), und hiervon gar nur 40% für Direktsaat tauglich wären, könnte der Verlust an wertvoller Ackerkrume im Vergleich zu konventioneller Pflugbodenbearbeitung (179 Mio. t) um 64,5 Mio. Tonnen reduziert werden. Bezogen auf eine Krümmenmächtigkeit von 25 cm ergibt dies 18.400 ha pro Jahr, die nicht durch Bodenerosion verlustig gehen, womit Kosten durch on-und off-site Schäden in Höhe von 345 Mio. Euro pro Jahr eingespart werden könnten. Gemäß einer EU-weit durchgeführten Befragung sind auch Experten aus der Schweiz der Meinung, dass eine Daueranwendung der Direktsaat auf ca. 50% der Schweizer Böden, die im Ackerbau bewirtschaftet werden, mithin ca. 145.000 ha, problemlos möglich ist (Tebrügge, Böhrnsen 1997b), wovon nach einer Studie ca. 20% der Ackerfläche (29.000 ha) als hoch erosionsgefährdet einzustufen sind.

Weiterhin tragen extensive Bodenbearbeitungsverfahren wie die Direktsaat, bedingt durch einen etwa 69% geringeren Oberflächenabfluß (Run-off) im Vergleich zur wendenden Bodenbearbeitung dazu bei, eine Reduktion von ca. 70% des Herbizid-, >85% Nitrat-, >65% des löslichen Phosphataustrages und 93% weniger Sedimentverfrachtung ( Blum 1990, Brown et al. 1996, Fawcett 1995) zu erreichen und wirken sich damit positiv auf die Wasserqualität aus. In 1987 betrugen die Stickstoffeinträge in Oberflächengewässer in der BRD allein durch Bodenabtrag und Oberflächenabfluß 66.000 Tonnen. Durch Direktsaatanwendung auf 40% der 12 Mio. ha AFL der BRD könnte der Stickstoffeintrag in Oberflächengewässer um 22.400 Tonnen pro Jahr reduziert werden. Nach Berechnungen des Departments of Agriculture (USDA 1994) ist davon auszugehen, dass jährlich durch Run-off und Bodenabtrag durch Winderosion in USA Gesamtkosten in Höhe von 7 Billionen US Dollar entstehen. Forschungsergebnisse der 70-iger Jahre in den USA belegen, dass in Folge von Direktsaat, obwohl sie zunächst nur auf einem relativ kleinem Flächenanteil eines Einzugsgebietes zur Anwendung kam, bereits signifikante positive Auswirkungen auf Reduktion von Wind-, Bodenerosion, Run-off, etc., verbunden mit einem Anstieg des organischen

Bodensubstanzgehaltes nachgewiesen werden konnten. Demnach kann durch Anwendung der Direktsaat ein erheblicher Beitrag zur Umweltentlastung erreicht werden.

Wenngleich weltweit nur ca. 5% aller CO<sub>2</sub>-Emissionen von der Landwirtschaft ausgehen (Cole 1996), verursacht intensive wendende Bodenbearbeitung nicht nur einen um das 6,4-fache höheren Verbrauch an Dieselkraftstoff im Vergleich zur Direktsaat, sondern fördert auch den Humusabbau und produziert, wie auch das Abflämmen von Stroh, zusätzlich Kohlendioxid, welches in die Atmosphäre gelangt und als Klimagas zur globalen Erwärmung beiträgt (Kyoto Protokoll 1997). Versuche in USA belegen, dass nach einer Zeitspanne von nur 19 Tagen nach der Bodenbearbeitung, die CO<sub>2</sub>-Freisetzung durch mikrobielle Oxidation der organischen Substanz bei wendender Bodenbearbeitung um ca. 80% über derjenigen eines Bodens, der in Direktsaat mit Mulchauflage bewirtschaftet wird, liegt. Daraus resultiert, dass eine wiederholte, wendende Bodenlockerung den Bodenvorrat an organischer Substanz erheblich vermindert und entsprechende Mengen an CO<sub>2</sub> (ca. 1000 mg/100 g Boden) in die Atmosphäre gelangen. Insgesamt wird der Verlust an Humussubstanz durch mikrobielle Oxidation nach Pflugeinsatz um 10-fach höher eingeschätzt, als der Verlust der in Folge von Bodenerosion entsteht (Reicosky 1995), denn mit jeder Tonne Kohlenstoff des Bodens, die beim Abbau der organischen Substanz verlorenght, entweichen ca. 3,7 Tonnen CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre, wohingegen bei Verzicht auf konventionelle Bodenbearbeitung der Kohlenstoffgehalt des Bodens im Durchschnitt um 0,77 Tonnen/ha/Jahr zunahm und das CO<sub>2</sub>-Emissionsvolumen allein dadurch um 2,8 Tonnen/ha/Jahr abnimmt (Brian et al. 1999). Diesen Umstand nutzen bereits Energieversorger in Kanada und zahlen, um ihrer Umweltverpflichtung hinsichtlich CO<sub>2</sub>-Reduktion nachzukommen, Betrieben, die ihre Flächen mit Direktsaat bestellen, ca. 40.- DM/ha.(12,5-25 US Dollar). Verträge wurden derzeit mit 400 US-Farmern abgeschlossen, wodurch die Energieversorger zu ihrer CO<sub>2</sub>-Entlastung 2,8 Mio. Tonnen nicht emittiertes CO<sub>2</sub> aus den Direktsaatbetrieben einkaufen (Farmers weekly 14.01.00).

Schon Franklin D. Roosevelt, Präsident der USA, hob 1936 in einer Rede anlässlich der Unterzeichnung der Bodenschutzakte hervor, dass der historische Rückblick über eine Nation vermutlich davon geprägt sein wird, wie sorgsam diese mit ihrem Boden umgegangen ist. Es verwundert deshalb auch nicht, dass in der USA konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat, unterstützt durch ein engagiertes, meist staatliches Beratungswesen, mit deutlich zunehmender Tendenz von der landwirtschaftlichen Praxis genutzt wird und in umgekehrter Richtung die Stückzahlen für verkaufte Pflüge von ca. 500.000 in 1970 auf ca. 2.500 in 1996 drastisch zurückgingen.

Hinsichtlich Umweltbelastung ist weiterhin zu berücksichtigen, dass bei der Produktion aus Erdöl und Verbrennung von 100 Ltr. Dieselkraftstoff 376 kg Klimagase entstehen. Dies bedeutet, dass bei konventioneller Bodenbearbeitung, Saatbeetbereitung, Aussaat und Stoppelbearbeitung (45 Ltr./ha) auf 70 Mio. ha Ackerland in der EU 11,8 Mio. Tonnen Klimagase, vornehmlich als CO<sub>2</sub> freigesetzt werden, wohingegen bei Direktsaatanwendung (6,8 Ltr./ha) selbst wenn diese auf nur 40% der EU-AFL zum Einsatz käme, der Ausstoß an Klimagasen um 4 Mio. Tonnen bzw. um nahezu 34% reduziert werden könnte.

Weltweit werden derzeit rund 48 Mio ha in Direktsaat (entspr. ca. 70% der AFL in der EU) bestellt. Dies bedeutet global gesehen eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission in Höhe von ca. 7 Mio. Tonnen pro Jahr, allein durch verminderten Verbrauch an fossiler Energie (!,5 Mrd. Tonnen Diesel). Hinzuzurechnen sind 134 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr, die wegen der Anreicherung der organischen Substanz (0,77 t/ha/J) nicht als Klimagas entweichen (Arrue 1997).

Im Rückblick zeigt sich, dass in den letzten drei Jahrzehnten intensive Bodenbearbeitung zu Verlusten an Kohlenstoff (Humus) von häufig über 50% geführt hat (Harrod 1994), wodurch ein schleichender Verlust an natürlicher Bodenfruchtbarkeit zwangsläufig verbunden ist. Langzeitversuche zur Direktsaat belegen, dass jene dem Verlust an organischer Bodensubstanz nachweislich nicht nur entgegen wirkt, sondern ermöglicht deren Anreicherung im Oberboden (Ball et al. 1998, Tebrügge et al. 1991). Die Direktsaat wirkt sich damit neben der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission u.a. positiv auf Aggregat- und Oberflächenstabilität des Bodens (Lebendverbauung) aus, die ihrerseits ganz erheblich dazu beitragen, Verschlümmungen der allerobersten Bodenschicht als wesentliche Ursache der Bodenerosion zu begegnen (Groß 1996).

Bei konventioneller Landbewirtschaftung ist die Biodiversität, die maßgeblichen Einfluß auf die sog. Lebendverbauung, Bodengare, Aggregat- und Oberflächenstabilität hat, eindeutig geringer, da ein Verzicht von Pflanzenrückständen auf oder nahe der Bodenoberfläche (reiner Tisch) keinen Schutz gegen die Energie der auftreffenden Regentropfen (Splasheffekt) und keine ausreichende Nahrungsquelle und Habitat für die Bodenlebewesen liefert. Im Gegensatz dazu hat sich gerade die Direktsaat mit einem hohen Anteil oberflächennaher Ernterückstände nachweislich als äußerst förderlich erwiesen, um die unterschiedlichsten Formen der Makro-, Meso-, und Mikrofauna des Bodens gedeihen zu lassen. So erkannte schon 1881 Charles Darwin die Bedeutung des Regenwurms für die Bodenneubildung, Durchmischung des

Bodens und Fermentation aufliegender Pflanzenreststoffe und merkte an, dass diesen Erdbewohnern leider nicht die gleiche Aufmerksamkeit wie z.B. beim Schutz der Wale oder des Habitatschutzes des Galapagos Archipels erfahren, obwohl gerade sie durch ihre Exkremete (Losung) an den Mineralisierungsprozessen und Entstehung fruchtbaren Bodens maßgeblich beteiligt sind. So konnten auf bzw. in den verschiedenen Böden, die derzeit seit 20 Jahren konsequent mit differenzierter Bodenbearbeitungsintensität bewirtschaftet werden, bereits nach wenigen Jahren der Umstellung von Pflugbewirtschaftung (20-35 Regenwürmer) auf Direktsaat ein Anstieg der Regenwurmpopulation auf bis zu 200 Individuen pro m<sup>2</sup> nachgewiesen werden, die nicht nur die aufliegende pflanzliche Restsubstanz i.d.R. in Form von Häckselstroh in den Boden einverleiben, sondern auch durch ihre grabende Tätigkeit unterschiedliches Bodenmaterial vermischen und dabei ein tiefreichendes kontinuierliches Röhrensystem (Bioturbation) anlegen, welches der Bodendurchlüftung und der zügigen Ableitung von Überschußwasser dient und gleichermaßen als Leitbahnen den Pflanzenwurzeln einen tiefen Bodenaufschluß ermöglichen (Tebrügge, Abelsova 1998).

Bei Direktsaatanwendung weist zwar die Ackerkrume eine höhere Lagerungsdichte (ca. 1,4-1,5 g/cm<sup>3</sup>) wegen eines geringeren Makroporenvolumens im Vergleich zur Pflugvariante (1,2-1,35 g/cm<sup>3</sup>) auf, ist aber wegen der Porenverteilung zu Gunsten der Mittelporen in der Lage, ein größeres Wasservolumen zu speichern, welches unter Streßsituation, wie Niederschlagsmangel der Pflanzenwurzel, für die Nährstoffaufnahme länger zur Verfügung steht (Tebrügge, Wagner 1995, Berenga 1997). In gleicher Richtung wirkt sich die bessere Unterbodendurchwurzelung der Direktsaat aus (Richter 1995), die insbesondere bei Wasserdefizit für die Ertragsbildung voll zum tragen kommt, zumal evt. verlagerte Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten aufgenommen werden können. Auch werden durch Anwendung der Direktsaat die Voraussetzungen für die Stoffumsetzungen im Boden variiert. Allein schon die unterschiedliche Inkorporation der Ernterückstände, bei Direktsaat auf biogenem Weg, bei Pflug durch mechanische Einarbeitung überwiegend in die Nähe der Krumbasis, führt zu einer drastischen Veränderung des Nahrungsangebotes, das sich auch in der gänzlich verschiedenen Verteilung der C- und N-Gehalte in der Krume widerspiegelt (Tebrügge et al. 1997). Der Ort des größten Nahrungsangebotes für die Mikroorganismen ist durch die Veränderung des Bodengefüges auch einem unterschiedlichen Zusammenspiel der weiteren abiotischen Lebensbedingungen der Mikroben ausgesetzt. Das vielfältige Zusammenspiel von Bodentemperatur, Bodenluft und Bodenwasser variiert den Zeitraum und die Intensität der mikrobiellen Aktivität sehr stark. Für die Umsetzung in die landwirtschaftliche Praxis

bedeuten diese Ergebnisse, dass die N-Düngermenge gegenüber der konventionellen Bodenbearbeitung mit Ausnahme der Anpassung an ein möglicherweise besseres Ertragspotential nicht erhöht werden muß, jedoch eine Anpassung an die sich ändernden N-Nachlieferungen in der Vegetationsperiode erfolgen muß (Richter 1995).

In einigen Ländern der BRD wird bereits die pfluglose Bodenbearbeitung zum Schutz des Grundwassers als ordnungsgemäße Landbewirtschaftung angesehen. Denn durch eine geringere Lockerung des Bodens im Herbst wird die Gefahr eines Mineralisierungsschubes reduziert, womit in den niederschlagsreichen Wintermonaten eine geringere Befruchtung des entstehenden Sickerwassers mit Nitrat einhergeht. Dies belegen Untersuchungen des Instituts für Bodenkunde zur Nitratverlagerung (Kohl, Harrach 1991), die eindeutig nachweisen, dass nach Pflugeinsatz mit sehr hohem Nitratausgangsgelalt in der oberen Bodenschicht dieses nach 10-tägigen natürlichen Regenereignissen von insgesamt 63 mm in die Bodenzone von 60 cm verlagert wird. Die Gefahr der Verlagerung und das Eintragsvolumen von Nitrat in grundwasserführende Schichten kann somit beim Pflugverfahren in der vegetationslosen Zeit deutlich höher, als auf Direktsaatflächen mit deutlich geringeren Ausgangsgehalten an Nitrat, eingeschätzt werden. Denn insbesondere die Direktsaat zeichnet sich dadurch aus, dass Überschußwasser zwar in dem kontinuierlichen biogen geprägten Makroporensystem zügig abgeführt wird, ohne dabei Nitrat aus der Bodenmatrix wegen des Bypass-effektes in nennenswertem Umfang zu verlagern. Darüberhinaus wird Stickstoff zunächst verstärkt an die organische Substanz in Form von  $N_{-org}$  gebunden und entzieht sich somit der Verlagerung in der vegetationslosen Zeit. Auch  $N_{-min}$  Untersuchungen (Hütsch 1991), im Vegetationsablauf verdeutlichen, dass die Böden unter Direktsaat in tieferen Bodenschichten deutlich geringere  $N_{-min}$  Gehalte aufweisen und die Summe der Verlagerung erheblich geringer ist. Worst case Bedingungen, wie häufig unter Versuchsbedingungen simuliert, Wassersättigung des Bodens, Applikation einer Agrochemikalie mit unmittelbar folgendem massiven Niederschlag, würden auf Direktsaatflächen dazu führen, dass die Agrochemikalie wegen des kontinuierlichen Porensystems zügig in tiefere Bodenzone verlagert wird. (Beisecker 1996). Allerdings würde kein Landwirt auf die Idee kommen, bei Wassersättigung des Bodens und der Erwartung eines extremen Niederschlages Mineraldünger oder Herbizide auszubringen.

Die Untersuchungen zur Unkrautflora lassen erkennen, dass in der Umstellungsphase auf Direktsaat eine höhere Auflauftrate des Samenpotentials mit zügiger Entwicklung des Unkrautbesatzes einhergeht. Danach ist ein Rückgang des oberflächennahen Samenpotentials zu bemerken (Bräutigam 1993). Entscheidend ist hier letztlich das Bewirtschaftungs-



management des Betriebsleiters. Denn bei extrem wintergetreidebetonter Fruchtfolge ist insbesondere bei Direktsaat die Gefahr des Fremdbesatzes und des vermehrten Auftretens von Monokotylen nicht auszuschließen. Bei derartigen Fruchtfolgerotationen sollte daher auch bei Direktsaat eine extrem flache Stoppelbearbeitung nicht ausgeschlossen werden. Ansonsten ist hier vor der Saat ein nicht selektives Herbizid anzuwenden. Im Durchschnitt der 20-jährigen Vergleichsversuche lagen die Herbizidkosten, in Abhängigkeit der standorttypischen Fruchtfolgen, für die Direktsaat um 40-60.- DM/ha/Jahr über der Pflugvariante.

Die Einschätzung, dass durch aufliegendes oder unzureichend tief eingearbeitetes Stroh der Pflanzenbestand verstärkt von bodenbürtigen Fußkrankheitserregern und den Erregern der Schwarzbeinigkeit infiziert wird, konnte sowohl durch visuelle Bonituren der Weizenbestände, als auch durch Labortests nicht nachgewiesen werden (Bräutigam 1993).

Selbst bei hohem Getreideanteil von 85% in der Fruchtfolge nahmen die Befallswerte infolge von Stadienresistenz und Antagonisten der genannten Erreger auf den Direktsaatflächen signifikant ab. Die derzeitige Vermutung, dass bei Daueranwendung extensiver Bodenbearbeitung ein vermehrter Befall mit Ährenfusarien einhergehen soll (Winterweizen nach Mais), kann an Hand der Fruchtfolgerotationen auf den 5 Standorten der Praxisbetriebe nicht bestätigt werden.

Die bodenstrukturellen und ökologischen Aspekte mit ihrer Wirkung auf Umweltentlastung (Boden-, Wasser- und Klimaschutz) sind aber für den Praktiker derzeit nicht ausreichend für eine Entscheidung zur Anwendung der Direktsaat. Für ihn stehen zunächst die Ertragshöhe und der nachhaltige Pflanzenertrag im Vordergrund seiner Überlegungen. Dabei wird übersehen, dass den Pflanzenerträgen und den Verkaufserlösen die Verfahrenskosten des Bearbeitungssystems gegenüber zu stellen sind. Das heißt, insbesondere bei weiter sinkenden Verkaufserlösen in Richtung auf Weltmarktpreise, dass nicht nur die Höhe des Pflanzenertrages sondern verstärkt die Kosten je Produkteinheit den wirtschaftlichen Erfolg eines Betriebes ausmachen.

Bei konventioneller Bestellung erfordert die Summe der Bodenbearbeitungsmaßnahmen erheblich höhere Investitionen für Maschinenausstattung (Faktor 2), höhere Kosten für Instandhaltung (Faktor 4), für fossile Brennstoffe (Faktor 6,5) sowie höheren Arbeitszeitaufwand (Faktor 5) bei geringerer Flächenleistung in der verfügbaren Arbeitszeitspanne (Faktor 4) im Vergleich zur Direktsaat (Tebrügge, Böhrnsen 1997).

So ergeben sich bei einer Ackerfläche von 120 ha, die mit einer konventionellen Mechanisierungseinheit (120 PS Traktor, Scheibenegge 4m, 4-Scharvoll Drehpflug,

Kreiseleggedrillmaschinenkombination 3m) in der Herbstarbeitszeitspanne von 20 Tagen von 1 AK saarfertig zu bestellen ist, Verfahrenskosten in Höhe von DM 420.-/ha. Mit dem Direktsaatverfahren hingegen ließen sich die Verfahrenskosten bei gleicher Flächenausstattung gegenüber der konventionellen Bodenbearbeitung um 300.- DM/ha senken, wobei aufgrund der Schlagkraft (15 km/h) mit der Direktsaatmaschine eine gut dreifache Flächenleistung, die sich weiter kostenreduzierend auswirkt, gegeben ist und sie sich damit auch hervorragend für den Überbetrieblichen- oder Lohnmaschineneinsatz eignet. Unter Berücksichtigung der Verfahrenskosten, der Ernteerträge und Verkaufserlöse summiert über 20 Jahre ergeben sich bis dato auf allen Standorten der Praxisbetriebe für die Direktsaat deutliche ökonomische Vorteile, die mit 7% bis zu 23% gegenüber dem Pflugverfahren zu buche schlagen (Tebrügge, Böhrnsen 1997). Im Ablauf der langjährigen Versuche war und ist zu erkennen, daß je weiter sich die Verkaufserlöse dem Weltmarktniveau nähern (Verkaufserlöse für W.-Weizen 1981 DM 50.-, 1999 DM 24.-), kostengünstige Verfahren wie die Direktsaat an Bedeutung gewinnen.

Eine Expertenbefragung von Wissenschaftlern und Beratern zeigt im Ergebnis, dass diese 37% der Ackerfläche der BRD mithin 4,4 Mio ha für eine dauerhafte Direktsaatanwendung als geeignet einschätzen (Tebrügge, Böhrnsen 1997). Unter Zugrundelegung von Differenzkosten in Höhe von nur DM 300.-/ha zu Gunsten der Direktsaat gegenüber konventioneller Bodenbearbeitung könnten somit in der deutschen Landwirtschaft bei der Bewirtschaftung der Ackerflächen jährlich über 1,3 Milliarden DM an Mechanisierungskosten im Bereich der Bodenbearbeitung eingespart werden. Der entsprechende Wert für die Schweiz würde bei 45 Mio. DM liegen und nach dem Ergebnis der Expertenbefragung aus 9 EU-Ländern würde das Einsparungspotential auf den 22,9 Mio. ha direktsaatgeeigneter Fläche insgesamt 6,86 Milliarden DM betragen. Allein an Dieselkraftstoff könnten ca. 875 Mio. Ltr., bei einem Preis von DM 1,50 DM/Ltr., mithin über 1,3 Mrd. DM eingespart werden. Gleichzeitig würde die CO<sub>2</sub>-Emission aus Produktion und Verbrennung um 3,3 Mio. Tonnen, allein in den 9 an der Befragung teilgenommenen EU-Ländern, abnehmen.

### **Zusammenfassung**

An Hand 20-jähriger Versuche unter Praxisbedingungen und der Ergebnisse auf internationaler Ebene läßt sich ableiten, dass einerseits durch Verfahren der pfluglosen Bodenbearbeitung bis hin zur Direktsaat in der Regel vergleichbare Pflanzenerträge erzielt und andererseits die vielfältigen Funktionen des Bodens bewahrt werden können und die vielfältigen Vernetzungen im Ökosystem gefördert werden. Die Direktsaat bietet somit die

Möglichkeit, sowohl den Forderungen des Boden- und Klimaschutzes weitgehendst zu entsprechen, als auch den wirtschaftlichen Belangen des Landwirts Rechnung zu tragen. Dies gilt um so mehr, je weiter sich die Erzeugerpreise auf Weltmarktniveau hin entwickeln und der Praxisbetrieb ev. Bodenschutzaufgaben in Zukunft zu beachten hat. Erfolgreiches Wirtschaften mit Direktsaat wird aber nur demjenigen gelingen, der frühzeitig bereit ist, sich mit Unterstützung der Beratung, das notwendige Wissen in Analogie zur Bodenbearbeitung mit dem Pflug anzueignen, denn entsprechend einer Zielsetzung der Agenda 2000, kann zum Schutz des Bodens davon ausgegangen werden, teilweise ist dies bereits der Fall, dass Verordnungen oder Gesetze auf nationaler Ebene verabschiedet oder in Vorbereitung sind und letztlich in EU-Richtlinien oder Gesetze überführt werden, in denen die bodenschützende Wirkung extensiver Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren explizit verankert sein wird.

Dieser Aufgabe und Zielsetzung hat sich auch die European Conservation Agriculture Federation (ECAAF) im Verbund mit derzeit sieben nationalen Gesellschaften (DK, F, D, GB, I, S, P u. ass. CH) verschrieben, um die Akzeptanz und Verbreitung der konservierenden Bodenbearbeitung und Direktsaat mit ihren vielschichtigen Wirkungen auf Umwelt, Ökosystem Boden unter Einbindung betriebswirtschaftlicher Aspekte, durch praxisrelevante Veröffentlichungen, Seminare, Feldbesichtigungen, Maschinenvorfürungen und Tagungen, wie diese am heutigen Tag und letztlich auch durch Lobbyarbeit (u.a. Aufklärung der Öffentlichkeit, der administrativen Behörden) und Austausch internationaler Erfahrungen herbeizuführen, zu fördern und die landwirtschaftliche Praxis entsprechend zu sensibilisieren. In diese Richtung soll ein gemeinsames EU-Projekt „Koordination von Aktivitäten und Wissenstransfer zur Reduktion der Bodenerosion, Gewässerbelastung und der CO<sub>2</sub>-Emission aus der europäischen Landwirtschaft“ gefördert im Rahmen des EU-Life Programms, dazu beitragen, dass die Landwirtschaft erkennt, welchen wichtigen Beitrag sie zum Wohle der Umwelt aber auch im Eigeninteresse, der Erhaltung des Produktionsfaktors Boden bei Optimierung des Betriebsgewinns, leisten kann.

Nicht weil die Direktsaat wegen des Verzichts auf gewohnte traditionelle Bodenbearbeitung schwierig ist, wagen wir, Landwirte wie Beratung, sie nicht, sondern weil wir ein zukunftsweisendes Anbausystem nicht wagen, sind seine nachhaltigen Wirkungen auf das Ökosystem Boden mit den Auswirkungen auf die Umwelt so schwierig zu verstehen und es bleibt zu hoffen, dass diese Technologie mit Unterstützung der Administration eine zunehmende Akzeptanz allseits erfährt

**Projektförderung:**

BMFT/KFJA-0339, EU-AIR 3-CT 93-1464, EU-EV5V-CT93-0244, EU-Life 99-E-308, DFG/SFB 299.

## Literatur:

- ARRUE, J.L. (1997): Effect of conservation tillage in the CO<sub>2</sub> sink effect of the soil, pp. 189-  
In: GARCIA-TORRES and P. GONZALEZ-FERNANDEZ (eds.), Conservation  
agriculture: agronomic, environmental and economic bases (in Spanish), Spanish  
Association for Conservation Agriculture (AEAC/ SV), Cordoba, Spain, pp. 372.
- BALL, B.C., F. Tebrügge F., L. SATORI, J.V:GIRALDEZ, P. GONZALEZ (1998):  
Influence of no- tillage an physical, chemical and biological soil properties, p. 7-27. In:  
Tebrügge F. & Böhrnsen A. (eds): Experience with the application of no-tillage crop  
production in the West-European countries. Final EU-Report of Concerted Action No Air3-  
CT93- 1464, pp.89, Fachverlag Köhler, Giessen.
- BEISECKER, R. (1994): Einfluß langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf  
das Bodengefüge, die Wasserinfiltration und die Stofflagerung eine Löß- und eine  
Sandbodens. Diss. Gießen. Bodenökologie und Bodengenese, 12, pp.195.
- BERENGEN, J. (1997): Effect of tillage system in soil water content, pp. 53-73. In: GARCIA  
TORRES, L. and P. GONZALES-FERNANDEZ (eds.), Conservation Agriculture:  
agronomic, environmental and economic bases (in Spanish), Spanish Association for  
Conservation Agriculture (AEAC/ SV), Cordoba, Spain, pp. 372.
- BLUM, WE.H. (1990): The challenge of soil protection in Europe. Environmental  
Conservation, 17, 72-74.
- Brian Mc COKEY, B. CHANG LIANG, G. PADBURY and W. LINDWALL (1999): Carbon  
Sequestration and direct Seeding. Semiarid Prairie Agric. Res. Centre, pp.155-164.
- BRÄUTIGAM, V: (1993): Einfluß verschiedener Bodenbearbeitungssysteme auf  
Halmbasiskrankheiten des Getreides, die Unkrautentwicklung und –bekämpfung. Diss.  
Gießen. Forschungsbericht Agrartechnik (MEG) 231, pp.192.
- BROWN, L., G.V. DONALSON, V.W. L. JORDAN, J.B. THORNES(1996): Effects and  
interactions of rotation, cultivation and agrochemical input levels an soil erosion and nutr-  
ient emissions. Aspect of Applied Biology 47, Rotations and Cropping Systems, 409-412.
- COLE, C.V. (1996): Intergovernmental Panel an Climate Change. Agricultural options for  
mitigation of greenhouse gas emissions IPCC Workgroup 11. Chapter 23, Washington, D.C.
- GROß, U. (1996): Einfluß unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf  
Verschlammungsneigung und Aggregatstabilität verschiedener Boden. Diss. Gießen.  
Forschungsbericht Agrartechnik (VDI-MEG) 281, pp.143.
- GRUBER, W., F.TEBRÜGGE (1990): Influence of different tillage systems on trafficability and  
soil compaction. Paper No. 91-1090, ASAE St. Joseph, MI, 15pp.
- HARROD, T. R. (1994): Runoff, soil erosion and pesticide pollution in Cornwall.  
In:Rickson, R.J. (edit.) 1994. Conserving soil resources, CABI, Oxford, U.K.
- HÜTSCH, B., K. MENGEL (1991): Messung von Denitrifikationsverlusten bei Plugarbeiten  
und Direktsaat. Z. f. Kulturt. u. Landesent. 38, 70-79.
- KOHL, R. and T. HARRACH (1991): Zeitliche und räumliche Variabilität der  
Nitatkonzentration in der Bodenlösung in einem langjährigen Bodenbearbeitungsversuch.  
Z. f. Kulturtechnik u. Landent., 32, 80-86.
- Mc. INTYRE, D.S. (1958): Soil splash and the formation of surface crust by raindrop impact.  
Soil Sci. 85, 261-266.

- OLDEMAN L.R. , R.T:A.HAKKELING and W.G. SOMBROEK (1991): World Map of the status of human-induced soil degradation, and explanatory note (2nd. Edition), Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD), ISRIC, Wageningen, The Netherlands.
- PIMENTEL, D., C. HARVEY, P. RESOSUDARMO, K. SINCLAIR, D. KURZ, McNAIR S. CRIST, L. SHPRITZ, L. FITTON, R. SAFFOURI, R. BLAIR (1995): Environmental and economic cost of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267, 1117-1123.
- REICOSKY, D.C. (1995): Impact of tillage on soil as a carbon sink p.50-53. In: *Farming for a Better Environment. A White Paper*, Soil, Water Conservation Soc., Ankeny, Iowa, pp.67.
- RICHTER, U. (1995): Einfluß langjährig differenzierter Bodenbearbeitungssysteme auf das Bodengefüge und den Stickstoffhaushalt. Diss. Gießen. *Boden und Landschaft*, 4, pp. 163.
- TEBRÜGGE, F., W. GRUBER, R. KOHL, H. BÖHM (1991): Long-term cultural practices effects on the ecologic system. Paper No. 91-1009, ASAE St.-Joseph, MI, 15 pp.
- TEBRÜGGE, F., H. EICHHORN (1992): Die ökologischen und ökonomischen Aspekte von Bodenbearbeitungssystemen. In: Friebe, B. (ed.), *Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden*. Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen, 7 - 20.
- TEBRÜGGE, F. (1994): Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen unter den Aspekten von Bodenschutz und Ökonomie. In: TEBRÜGGE, F. and M. DREIER (eds.), *Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristige Auswirkungen auf den Boden*. Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, Langgöns, 5 - 16.
- TEBRÜGGE, F., A. WAGNER (1995): Soil structure and trafficability after long-term application of no-tillage, p. 49-57. In: TEBRÜGGE, F., and A. BÖHRNSEN (eds.), *Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries*. Proceeding EC-Workshop II, Silsoe, p.201. Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, Giessen
- TEBRÜGGE, F., M. BORIN, M. MAZZONCINI and G. BASCH (1997): Effects of tillage systems on physical, chemical and biological soil characteristics, pp. 41-74. In: Borin, M. et al (eds), *Effects of tillage systems on herbicide Dissipation*, 247 pp. Unipress Padova.
- TEBRÜGGE, F., A. BÖHRNSEN (1997a): Crop yields and economic aspects of no-tillage compared to plough tillage. P. 25-43.
- TEBRÜGGE, F., A. BÖHRNSEN (1997b): Survey with no-tillage crop production in the West-European countries, p. 55-153. In: TEBRÜGGE, F., and A. BÖHRNSEN (eds.), *Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries*. Proc. EC-Workshop IV, Boigneville, p.192. Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, Giessen.
- TEBRÜGGE, F., J. ABELSOVA (1998): Auswirkung der Pflug-Bodenbearbeitung und Direktsaat auf biogene Durchporung und ungesättigte Infiltrationsleistung des Bodens. *Landtechnik*, 1, p
- TEBRÜGGE, F., R.A. DÜRING (1999): Reducing tillage intensity – a review of results from long-term study in Germany. *Soil & Tillage Research* 1432, pp.1-14.
- TEBRÜGGE, F., A. BÖHRNSEN (2000): Direktsaat -Beurteilung durch Landwirte und Experten in der EU und Nebraska. *Landtechnik* 55, 1, 17-19
- TOWERY, D. (1998): No-till's impact on water quality, p. 17-26. In: 6th Argentine National Congress of Direct Drilling (in Spanish AAPRESID), Mar de Plata, Argentina, p. 17-26.
- TROEH, F.R. and L.M. THOMPSON (1993): *Soils and soil fertility*, Oxford University Press, New York.

## **Leistungen der Direktsaat zum Umweltschutz in der EU**

Von Bodendegradierung durch Erosion in Europa betroffen **157 Mio. ha**

Bodenerosionsrate abzüglich Bodenneubildung **16 t /ha/Jahr**

Bodenverlust aus der LN der EU **2,51 Mrd. t /Jahr**

Bezogen auf eine Bodenmasse **→ Verlust von ca. 700.000 ha**  
(1,4 kg/ltr.) der Ackerkrume von 25 cm **(78 % der AFL Hollands)**

Bezogen auf Ackerland Schweiz mit **→ Gesamter Boden der AF in**  
290.000 ha **einer Mächtigkeit von 60**  
**cm wäre erodiert**

## **Direktsaat vermindert den Bodenverlust durch Erosion um > 90 %**

**AFL EU12 = 70 Mio. ha**

Anwendung der Direktsaat auf 40% der 11,2 Mio. ha Ackerland, die in der EU ein hohes Erosionsrisiko aufweisen (16% der AFL)



**Reduzierung des Bodenabtrages  
von 179 Mio. um 65 Mio. t/Jahr  
(= Ackerkrumenfläche von  
18.400 ha)**

## **Direktsaat verringert auf Erosionsstandorten den Oberflächenabfluss (Run-off) um ca. 69%**

- ⇒ 69% mehr an Wasser kann im Bodenkörper gespeichert werden, bzw. steht für die Grundwasserneubildung zur Verfügung
- ⇒ Verringerung des Risikos von Überschwemmungen in Folge massiver Niederschlagsereignisse sowie der damit einhergehenden off-site Schäden
- ⇒ Positive Auswirkung auf Qualität von Grund- und Oberflächenwasser: Lateraler Austrag von **Herbiziden** kann um ca. **70%**, von **Nitrat** um **85%** und von **löslichem Phosphat** um **65%** reduziert werden

Stickstoffeinträge in Oberflächengewässer in der BRD (1987) allein durch Bodenabtrag und Oberflächenabfluss betragen 66.000 t/Jahr

- ⇒ Durch Direktsaatanwendung auf 40% der AFL könnte der Eintrag von Stickstoff in Oberflächengewässer um 22.400 t/Jahr reduziert werden



**Gesamtkosten aus on- und off-site Schäden durch  
Bodenerosion ca. 85,5 € /ha**

- 157 Mio. ha, die in der EU von Erosion betroffen sind,  
können demnach Kostenbelastungen von 13,5 Mrd.  
€ /Jahr verursachen (33% des EU-Agrarhaushaltes)

**Anwendung der Direktsaat auf 40% des  
erosionsgefährdeten Ackerlandes in der EU  
(11,2 Mio. ha)**



**Reduzierung der Kosten um 345 Mio.€**

## Klimagas CO<sub>2</sub>

A. durch Oxidation der organischen Substanz

Konventionelle Bodenbearbeitung fördert den Humusabbau

→ Bis zu 10 t/ha an CO<sub>2</sub> können in die Atmosphäre entweichen

Direktsaatanwendung vermindert nicht nur den Humusabbau, sondern erhöht den Kohlenstoffgehalt des Bodens im Durchschnitt um 0,77 t/ha und Jahr

Mit jeder Tonne Kohlenstoff des Bodens, die beim Abbau organischer Substanz verloren geht, werden 3,7 t CO<sub>2</sub> freigesetzt

- Anreicherung von Kohlenstoff in Folge von Direktsaat → **Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission von > 2,8 t/ha**
- Auf 50% des offenen Ackerlandes der Schweiz bezogen (130.000 ha) → **Reduktion von 364.000 t CO<sub>2</sub>**
- Weltweit wird Direktsaat auf rund 48 Mio.ha praktiziert → **Globale Verminderung von >134 Mio. t CO<sub>2</sub>**

**Würden 40% der EU-AFL (70 Mio. ha) im Direktsaatverfahren bestellt, könnte die Umwelt in Europa durch 78,4 Mio.t CO<sub>2</sub> entlastet werden**

**Beispiele in den USA zeigen, dass der Umwelteffekt durch  
Direktsaat weit größer ist, denn**

durch Verträge von Energieerzeugern mit nur 400  
Direktsaatfarmern, erkaufen sich die Unternehmen zu einem

Preis von durchschnittlich 40,- DM/ha  
2,8 Mio. t nicht emittiertes CO<sub>2</sub>,

um ihrer Umweltverpflichtung nachzukommen.

## **Klimagas CO<sub>2</sub>**

B. durch Dieselkraftstoff

- Direktsaatanwendung vermindert den Verbrauch gegenüber konventioneller Bodenbearbeitung um 38,2 Ltr./ha
- Bei Produktion und Verbrennung von 100 Ltr. Diesel entstehen 376 kg Klimagase, vornehmlich CO<sub>2</sub>
- Bei konventioneller Bodenbearbeitung der EU-AFL von 70 Mio. ha entstehen durch Verbrauch an Diesel 11,8 Mio. t CO<sub>2</sub>

Durch Direktsaatanwendung auf 40% der AFL könnte die Umwelt in der EU von 4 Mio. t Klimagas entlastet werden

**Würden 50% der AFL der Schweiz mit Direktsaat bestellt, ergibt dies eine Einsparung von 5,5 Mio. Ltr. Diesel (4,2 Mio. € ) und eine Entlastung von rund 21.000 t CO<sub>2</sub>**

## **Vergleich konventioneller Bodenbearbeitung mit Direktsaat unter Kostenaspekten für Umwelt und Produktionsinput**

**Grundlage: 75 Mio. ha Ackerfläche in der EU 15**

Davon 40% für Direktsaat geeignet → 30 Mio. ha\*

\*Davon 4,8 Mio. ha (16%) mit hohem Energierisiko behaftet

Kostenersparnis durch Verringerung der on- und off-site Schäden (85,5 € )	<b>369 Mio. € /Jahr</b>
Einsparung an Dieselkraftstoff (28,65 € /ha)	<b>860 Mio. € /Jahr</b>
Kostenreduktion bei AfA, Instandhaltung und Arbeitszeitaufwand (150 € /ha)	<b>4,5 Mrd. € /Jahr</b>
<b>Einsparungspotential durch Direktsaat</b>	<b>5,729 Mrd. € /Jahr</b>
<b>Pro Kopf Entlastung der EU(12) Bürger durch Direktsaat</b>	<b>17,63 € /Jahr</b>