



Nr. 154

Tagungsband

21. Wissenschaftliche Fachtagung

30. November 2006

Hochwasserschutz

**– Integrationskonzepte für Raumplanung, Flächenmanagement
und Landbewirtschaftung –**

22. Wissenschaftliche Fachtagung

14. Juni 2007

Bioenergieerzeugung in NRW

– Chancen und Perspektiven –

Band 154

der Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Herausgeber: Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Meckenheimer Allee 172, 53115 Bonn
Tel.: 0228 – 73 2285; Fax.: 0228 – 73 1776
www.usl.uni-bonn.de

Verantwortlich: Prof. Dr. T. Kötter
Teil 1: Hochwasserschutz – Integrationskonzepte für Raumplanung, Flächenmanagement und Landbewirtschaftung –

Prof. Dr. E. Berg
Teil 2: Bioenergieerzeugung in NRW – Chancen und Perspektiven –

Verfasser: M. Bongartz, J. Braun, W. Buchner, G.-U. Funk, F.-F. Gröblichhoff, M. Hannen, A. Huber, F. Köster, T. Kötter, W. Lorleberg, N. Lütke Entrup, H. Patt, M. Schneider, H. Wacup, T. Weyer, L. Wilstacke

Gefördert durch: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

Bonn 2009

ISSN 0943-9684

Konzept und redaktionelle Betreuung: Dr. J. Busenkell

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Teil 1: 21. Wissenschaftliche Fachtagung	
Vorbeugender Hochwasserschutz in der Regionalplanung Nordrhein-Westfalens Preventive flood protection in regional planning of North-Rhine Westphalia M. Bongartz	1
Hochwasserschutz im Rahmen der Stadtplanung - ein Beitrag zur Risikominderung Flood prevention within the context of urban planning - a contribution to risk mitigation T. Kötter	13
Technische Maßnahmen zum vorbeugenden Hochwasserschutz Technical measures to the preventative flood protection H. Patt	30
Bodenordnungsverfahren zum Hochwasserschutz Flood protection by land consolidation A. Huber	45
Schadverdichtet oder nur dicht? Zum Ausmaß von Bodenschadverdichtungen in Nordrhein-Westfalen Defectively compacted or just defected? Degree of defective soil compaction in North-Rhine Westphalia T. Weyer	62
Effekte des Erosions- und Hochwasserschutzes durch Konservierende Bodenbearbeitung auf die Wirtschaftlichkeit pflanzenbaulicher Produktionssysteme Impacts of erosions protection and flood protection through preserved cultivation on profitability of plant production systems N. Lütke Entrup, F.-F.Gröblichhoff, M. Schneider	81

Teil 2: 22. Wissenschaftliche Fachtagung

Politische Rahmenbedingungen für die Bioenergieerzeugung in Nordrhein-Westfalen

Political framework for bioenergy production in North-Rhine Westphalia

M. Hannen und L. Wilstacke

99

Biogasproduktion in Veredlungsregionen in NRW**– Struktur- und Einkommenswirkungen**

Biogas production in regions with intensive animal production – impacts of structure and income

J. Braun, W. Lorleberg und H. Wacup

105

Biogasproduktion aus landwirtschaftlichen Kulturpflanzen**– Stand und Perspektiven**

Biogas production of agricultural crops – status quo and perspectives

N. Lütke Entrup und F.-F. Gröblichhoff

117

Humusbilanz und Bodeneigenschaften

Soil organic matter: balances and nature of the ground

W. Buchner

129

Perspektiven der Erzeugung von Bioethanol für die Wertschöpfung in der Landwirtschaft

Perspectives of bioethanol production for agricultural value added

G.-U. Funk und F. Köster

139

Teil 1

Hochwasserschutz
**– Integrationskonzepte für Raumplanung, Flächenmanagement und Landbe-
wirtschaftung –**

21. Wissenschaftliche Fachtagung

30. November 2006

Landwirtschaftliche Fakultät
der
Universität Bonn

Vorbeugender Hochwasserschutz in der Regionalplanung Nordrhein-Westfalens

Preventive flood protection in regional planning of North-Rhine Westphalia

M. Bongartz

Einleitung

Nach den Hochwasserkatastrophen an Rhein, Maas und Mosel kämpften die Anlieger an der O-der und Mulde gegen die Flutkatastrophe. Ein Jahr später wurde Sachsen und Sachsen-Anhalt von einer Flutkatastrophe heimgesucht, die Schäden in bisher unbekannter Höhe und bisher unbekanntem Umfang angerichtet hat. Wenngleich Hochwasser zu den üblichen Abflussscheinungen an Gewässern gehören, haben sie in den letzten Jahren an Ausmaß und Häufigkeit deutlich zugenommen.

Obwohl die globalen Klimaveränderungen als Ursachen für vermehrt auftretende Extremniederschläge und dadurch bedingte Überflutungen verantwortlich gemacht werden, werden die Symptome durch weitere Entwicklungen noch verschärft: durch den Verlust von Auenbereichen an Fließgewässern. Durch weitere Siedlungsentwicklung sind Auenbereiche entlang der Gewässer zunehmend überbaut, deren Retentionsräume eingeengt worden oder verlorengegangen. Die Hochwasserproblematik wird zusätzlich durch Überbauung und Oberflächenabdichtungen von Böden verschärft, durch die wichtige Regenrückhalte-/ Speicherfunktionen entfallen.

Die Flutkatastrophen der letzten Jahre haben gezeigt, dass bei Hochwasser die förmlich festgesetzten Überschwemmungsgebiete nicht ausreichen, den notwendigen Stauraum in den Auenbereichen abzusichern, da Retentionsräume an Gewässern nur teilweise als Überschwemmungsgebiete verbindlich gesichert sind. Eine Entspannung kritischer Hochwassersituationen ist nur dann zu erreichen, wenn zusätzlicher Stauraum durch Wiederherstellung ehemaliger Retentionsräume (z. B. durch Deichrückverlegung) oder durch Herstellung zusätzlicher Überschwemmungsflächen geschaffen wird. Hierfür vorgesehenen Entwicklungsflächen müssen vorwiegend vor dem Zugriff durch andere, entgegenstehende Nutzungen gesichert werden. Dieses ist die vorrangige Aufgabe der Raumordnung und Landesplanung.

Vorbeugender Hochwasserschutz als Aufgabe der Raumordnung und Landesplanung

Die Aufgabe der Raumordnung ist die Sicherung und Steuerung einer zielgerichteten, langfristigen Entwicklung durch Ordnung und Koordinierung der unterschiedlichen raumbezogenen Nutzungsansprüche des Menschen. Auf der Ebene der Raumordnung werden die Rahmenbedingungen für die Inanspruchnahme aber auch für die Freihaltung von Flächen gefällt. Dabei spielt die Sicherung der natürlichen Ressourcen im Sinne des Nachhaltigkeitsgrundsatzes eine gewichtige Rolle. Über den zielgerichtete Einsatz der planerischen Instrumente können Flächen für eine in Aussicht genommene Nutzung gesichert, bzw. andere konkurrierende oder aber die in Aussicht genommene Nutzung erschwerende anderweitige Nutzungen verhindert werden. Damit kommen der Raumordnung und Landesplanung im Hinblick auf den vorbeugenden Hochwasserschutz

besondere Aufgaben zu:

- Sicherung der Auenbereiche als natürliche Retentionsräume vor weiterer Inanspruchnahme (Bestandssicherung)
- Verhinderung weiterer Bebauung in hochwassergefährdeten Bereichen (vorbeugende Gefahrenabwehr)
- Wiederherstellung ehemaliger bzw. Schaffung neuer Rückstauräume entlang von Gewässern (zusätzliche Entlastung der Gewässer bei Hochwasser)
- Schaffung von Rückhaltemöglichkeiten bei Neuplanungen bzw. Maßnahmen im Bestand (Verringerung zusätzlichen Wasserabflusses/Bestandsoptimierung)

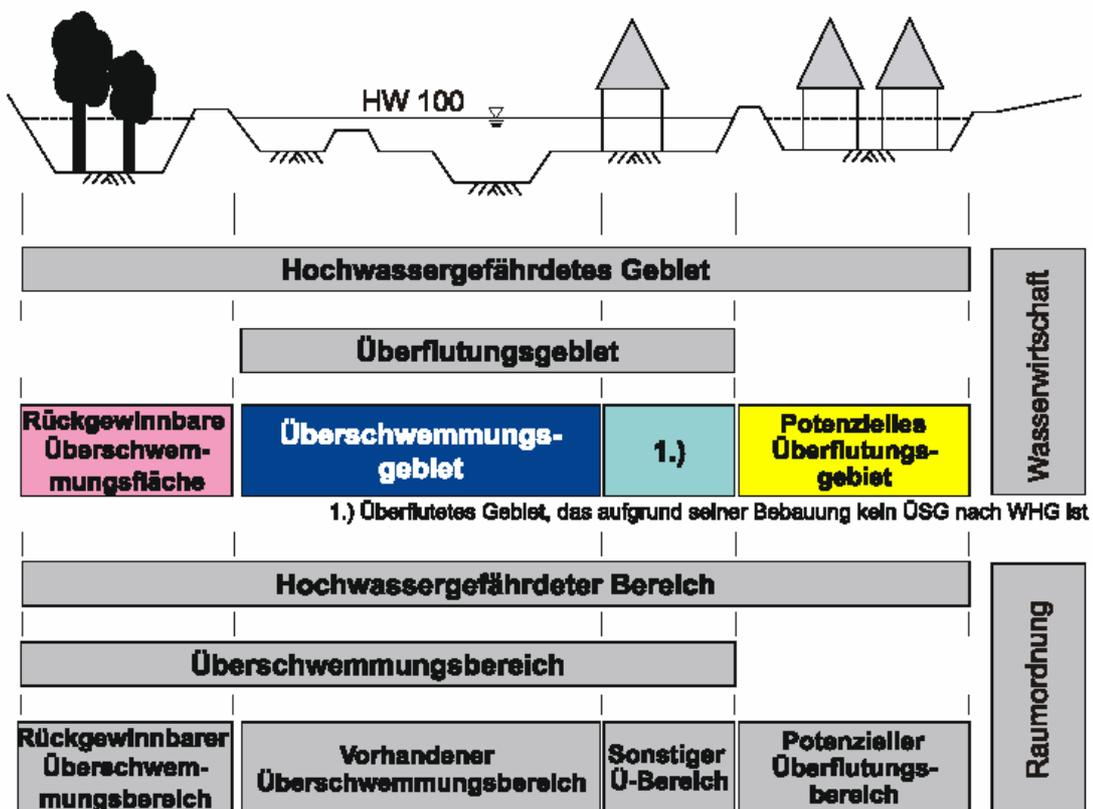


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Begriffe aus dem Hochwasserschutz (Quelle: Landesumweltamt NRW, Digitale Karte der hochwassergefährdeten Bereiche, 2001)

Überschwemmungsbereiche als Gebietskategorie der Raumordnung und Landesplanung

Gemäß § 2 Abs. 2 Nr. 8 Satz 7 Raumordnungsgesetz ist geregelt, dass für den vorbeugenden Hochwasserschutz an der Küste und im Binnenland zu sorgen ist. Im Binnenland vor allem durch Sicherung oder Rückgewinnung von Auen, Rückhalteflächen und überschwemmungsge-

fährdeten Bereichen. Die Ministerkonferenz für Raumordnung hat in ihren Handlungsempfehlungen zum vorbeugenden Hochwasserschutz vom Juni 2000 (GMBL 24/2000) ausführend zur gesetzlichen Regelung „Überschwemmungsbereiche“ als Gebietskategorien der Raumordnung und Landesplanung definiert. Während Überschwemmungsgebiete als bei einem hundertjährlichen Hochwasser überflutete Auenbereiche (innerhalb der HQ₁₀₀-Linie) definiert sind, die vor einer weiteren Inanspruchnahme geschützt werden sollen, umfassen die Überschwemmungsbereiche nicht nur festgesetzte Überschwemmungsgebiete, sondern auch wasserrechtlich (noch) nicht unter Schutz gestellte Bereiche sowie ehemalige, wiedergewinnbare Retentionsräume und auch Flächen, die für die zusätzliche Ausweitung bzw. Vergrößerung von Retentionsräumen geeignet sind.

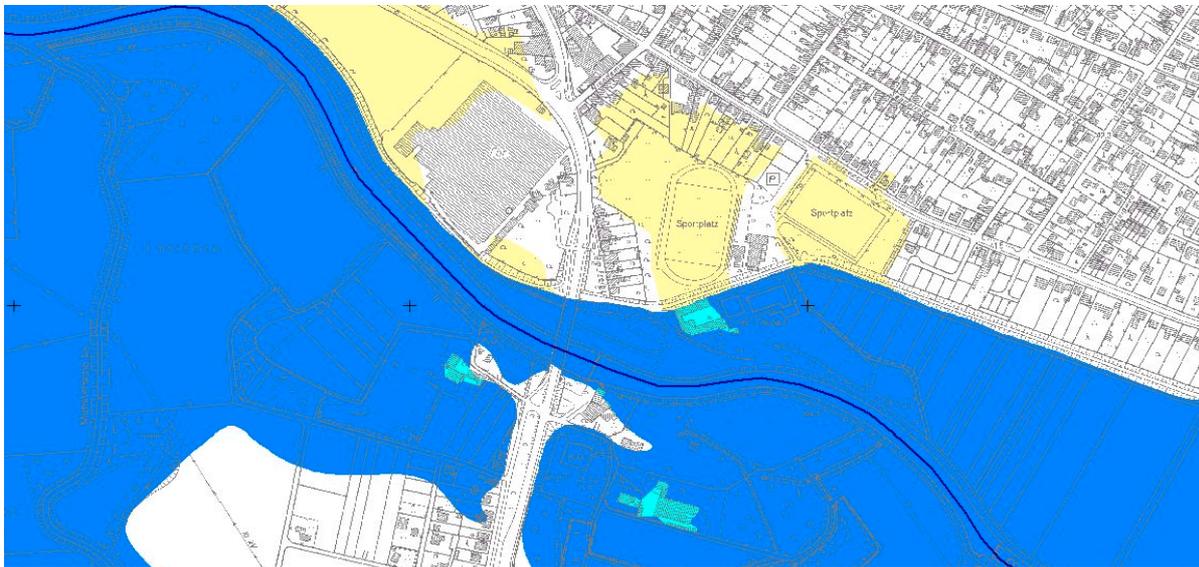


Abbildung 2: Festsetzung von Überschwemmungsgebieten (Kartenausschnitt aus der Überschwemmungsgebietsverordnung; blau: Überschwemmungsgebiet, gelb: potentiell überschwemmungsgefährdeter Bereich)

Vorbeugender Hochwasserschutz nach dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

Vorbeugender Hochwasserschutz ist fachrechtlich im Wasserhaushaltsgesetz geregelt. Entsprechend den Grundsätzen des § 31a WHG sind oberirdische Gewässer so zu bewirtschaften, dass so weit wie möglich Hochwasser zurückgehalten, der schadlose Wasserabfluss gewährleistet und der Entstehung von Hochwasserschäden vorgebeugt wird. Gebiete, die bei Hochwasser überschwemmt werden können oder deren Überschwemmung dazu dient, Hochwasserschäden zu mindern, sind nach Maßgabe der Vorschriften dieses Abschnitts zu schützen.

Überschwemmungsgebiete gemäß WHG

Die Legaldefinition der Überschwemmungsgebiete enthält § 31 b Abs.1 WHG. hiernach sind Überschwemmungsgebiete Gebiete zwischen oberirdischen Gewässern und Deichen oder Hochufern und sonstige Gebiete, die bei Hochwasser überschwemmt oder durchflossen oder die für Hochwasserentlastung oder Rückhaltung beansprucht werden.

Ausnahmeklausel des § 31 b Abs. 4 (WHG)

In Überschwemmungsgebieten dürfen gemäß § 31 b Abs. 4 WHG durch Bauleitpläne keine neuen Baugebiete ausgewiesen werden; ausgenommen sind Bauleitpläne für Häfen und Werften. Die zuständige Behörde kann die Ausweisung neuer Baugebiete ausnahmsweise zulassen, wenn

1. keine anderen Möglichkeiten der Siedlungsentwicklung bestehen oder geschaffen werden können,
2. das neu auszuweisende Gebiet unmittelbar an ein bestehendes Baugebiet angrenzt,
3. eine Gefährdung von Leben, erhebliche Gesundheits- oder Sachschäden nicht zu erwarten sind,
4. der Hochwasserabfluss und die Höhe des Wasserstandes nicht nachteilig beeinflusst werden,
5. die Hochwasserrückhaltung nicht beeinträchtigt und der Verlust von verloren gehendem Rückhalteraum umfang-, funktions- und zeitgleich ausgeglichen wird,
6. der bestehende Hochwasserschutz nicht beeinträchtigt wird,
7. keine nachteiligen Auswirkungen auf Oberlieger und Unterlieger zu erwarten sind,
8. die Belange der Hochwasservorsorge beachtet sind und
9. die Bauvorhaben so errichtet werden, dass bei dem Bemessungshochwasser, das der Festsetzung des Überschwemmungsgebietes zu Grunde gelegt wurde, keine baulichen Schäden zu erwarten sind.

Vorbeugender Hochwasserschutz im Landeswassergesetz Nordrhein-Westfalens

In Ausführung der wasserrechtlichen Rahmenvorschriften enthält das Landeswassergesetz (LWG) in den §§ 112 und 113 Regelungen zum Hochwasserschutz auf Landesebene. Demnach werden „Überschwemmungsgebiete“ landesrechtlich als Schutzgebiete durch ordnungsbehördliche Verordnung verbindlich festgesetzt. Sie entfalten gegenüber Dritten unmittelbare Rechtswirkung. Damit können für den Hochwasserschutz notwendige Ge- und Verbote rechtsverbindlich umgesetzt werden. Der fachrechtliche Gebietsschutz ist dabei primär auf den Bestandsschutz ausgerichtet.

Die Regelungen des § 31 b Abs. 4 WHG entfalten unmittelbare Rechtswirkung, unabhängig davon, ob Überflutungsflächen bereits ordnungsbehördlich als Überschwemmungsgebiete festgesetzt worden sind. Als materielles Recht richten sich die Verpflichtungen nicht nur an Wasserbe-

hörden, sondern sind bei allen behördlichen Planungen und Genehmigungen als Verschlechterungsverbot bzw. Optimierungsgebot im Rahmen der Abwägung zu berücksichtigen.

Vorbeugender Hochwasserschutz im Regionalplan Nordrhein-Westfalen

Die planerischen Instrumente der Regionalplanung in Nordrhein-Westfalen sind die Regionalpläne. Sie enthalten regionale Vorgaben für die Entwicklung der Regierungsbezirke und für alle raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen in Form von „Grundsätzen“ und „Zielen“ der Raumordnung und Landesplanung. Sie bestehen gemäß § 14 Abs. 3 Landesplanungsgesetz NRW (LPIG) aus zeichnerischen Darstellungen in Kartenform und aus textlichen Festsetzungen.

Überschwemmungsbereiche, als Gebietskategorie bzw. Bereichsdarstellung der Regionalplanung, sind in Regionalplänen zeichnerisch darzustellen (Staatskanzlei Nordrhein-Westfalen, Vorbeugender Hochwasserschutz in der Gebietsentwicklungsplanung, Erlass vom 19 Juni 2000). Als Vorranggebiete gemäß § 7 Abs. 4 Nr. 1 ROG sind (Ministerkonferenz für Raumordnung, 2000) sind sie als abschließend abgewogene, verbindliche Ziele gemäß § 4 ROG von allen öffentlichen Stellen als Ziele Raumordnung und Landesplanung zu beachten. In Vorranggebieten sind anderweitige Raumnutzungen unzulässig, die deren Funktion als Retentionsraum bzw. als wiedergewinnbare bzw. neu herzustellende Überschwemmungsfläche einschränken oder zunichte machen würde.

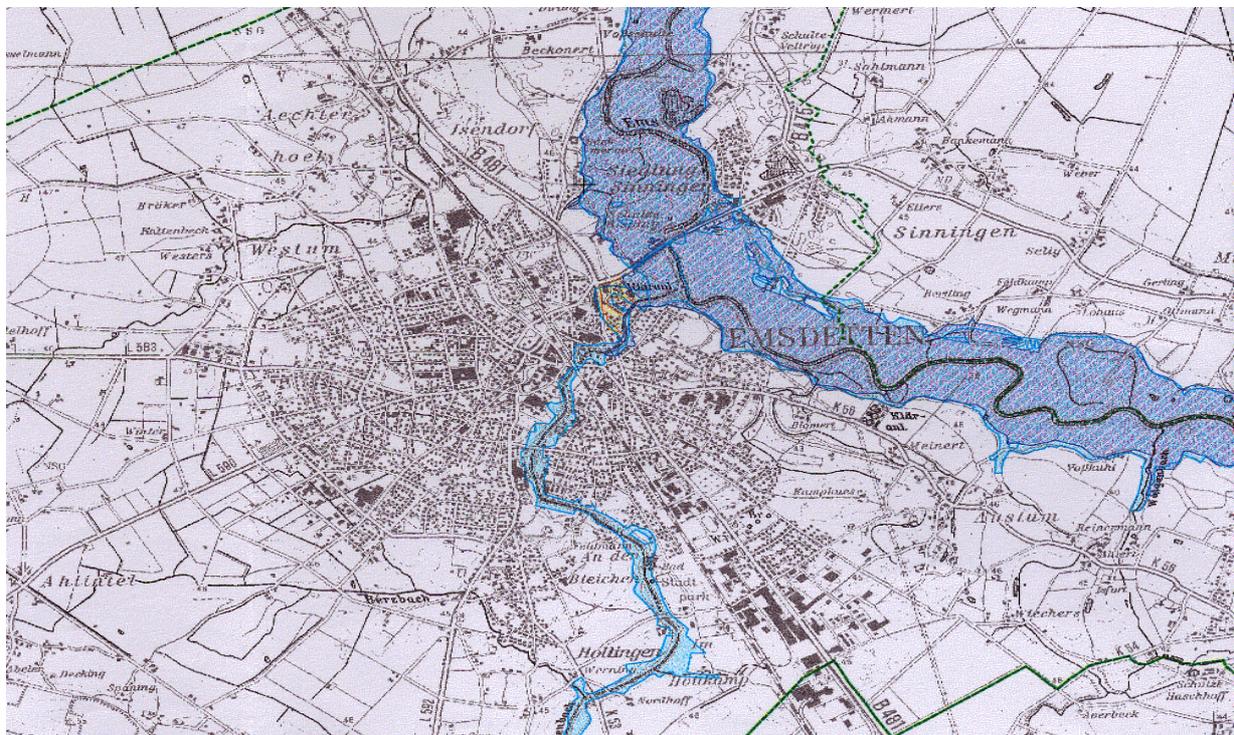


Abbildung 3: Überschwemmungsgebiete in der Regionalplanung (blau schraffierte Fläche: Ausschnitt des Regionalplanes Teilabschnitt „Emscher-Lippe“ für den Regierungsbezirk Münster

Unter Bezug auf den Beschluss „Raumordnung und vorbeugender Hochwasserschutz“ vom 4. Juni 1998 und die Handlungsempfehlungen der Ministerkonferenz für Raumordnung zum vorbeugenden Hochwasserschutz hat die Landesplanungsbehörde mit den Erlassen vom 7. April 1998 und 14. Juni 2000 die Umsetzung der landesplanerischen Zielvorgaben des § 33 Landesentwicklungsprogramms (LEPro) bzw. Ziel B III 4.25 des Landesentwicklungsplans NRW (LEP NRW) zum vorbeugenden Hochwasserschutz handlungsorientiert präzisiert.

Für in Regionalplänen dargestellte Überschwemmungsbereiche gilt demnach:

- Die Überschwemmungsbereiche der Fließgewässer sind für den Abfluss und die Retention von Hochwasser zu erhalten und zu entwickeln.
- Überschwemmungsbereiche sind – soweit sie bei hundertjährlichen Hochwasserereignissen überschwemmt werden – von entgegenstehenden Nutzungen, insbesondere von zusätzlicher Bebauung freizuhalten. Die in diesen Bereichen in Flächennutzungsplänen dargestellten Siedlungsflächen, die noch nicht realisiert oder in verbindliche Bauleitpläne umgesetzt sind, sollen nicht für Siedlungszwecke in Anspruch genommen werden, sondern vorrangig als natürlicher Retentionsraum gesichert werden. Hiervon ausgenommen sind bauliche Anlagen, die zwangsläufig oder aus überwiegenden Gründen des Wohls der Allgemeinheit in Überschwemmungsbereichen angesiedelt werden müssen (z. B. Infrastruktureinrichtungen, Hafenanlagen).
- Zur Vergrößerung des Rückhaltevermögens sind an ausgebauten und eingedeichten Gewässern hierfür geeignete Bereiche vorsorgend zu sichern und durch entsprechend Planungen und Maßnahmen (z. B. Deichrückverlegung, Gewässerrenaturierung) als Retentionsraum zurückzugewinnen.

Diese Regelungen werden durch die Aufnahme (als textliche Ziele) in die Regionalpläne zu verbindlichen Zielen der Raumordnung und Landesplanung. Die textlichen Ziele in den Regionalplänen stellen konkretisierende Vorgaben für die Umsetzung der materiellen Rechtsgrundlagen zum vorbeugenden Hochwasserschutz in der Landesplanung dar, die bei der planerischen Beurteilung durch die Bezirksregierungen heranzuziehen und von allen nachfolgenden Genehmigungen, Planfeststellungen oder sonstigen behördlichen Entscheidungen über raumbedeutsame Maßnahmen als verbindliche Vorgaben zu beachten sind. Diese Vorgaben sind endabgewogen und unterliegen damit nicht mehr der planerischen Abwägung durch die Kommunen oder Fachbehörden.

Umsetzung der Ziele im Rahmen des landesplanerischen Anpassungsverfahrens

Gemäß § 1 Abs. 4 Baugesetzbuch (BauGB) sind die Bauleitpläne den Zielen der Raumordnung und Landesplanung anzupassen. Hierzu haben die Gemeinden gemäß § 32 Abs. 1 Landesplanungsgesetz NRW zu Beginn Ihrer Arbeiten im Rahmen der Aufstellung oder Änderung eines Bauleitplanes unter der Angabe ihrer Planungsabsichten bei der Bezirksplanungsbehörde anzufragen, welche Ziele für den Planungsbereich bestehen (Anpassung an die Bauleitplanung, landesplanerisches Anpassungsverfahren). Sofern es die Bezirksregierung für geboten hält, sind die Planungsabsichten der Gemeinden gemäß § 32 Abs. 3 LPlG mit ihr zu erörtern. Außerdem hat

die Gemeinde vor Beginn des Verfahrens nach § 3 Abs. 2 BauGB der Bezirksplanungsbehörde eine Ausfertigung des Entwurfs des Bauleitplanes zuzuleiten.

Im Rahmen des landesplanerischen Anpassungsverfahrens haben die Bezirksplanungsbehörden zu prüfen, ob die in Aussicht genommene bauliche Entwicklung bzw. die Inhalte des Bauleitplanentwurfes mit den Zielen der Raumordnung und Landesplanung übereinstimmen. Hierbei ist abzugleichen, ob sich die geplante Siedlungsentwicklung (Bauflächen des Flächennutzungsplans bzw. die Baugebiete des Bebauungsplans) innerhalb der vom Regionalplan vorgegebenen Siedlungsbereichsdarstellungen befindet. Im Hinblick auf den vorbeugenden Hochwasserschutz ist zu prüfen, ob durch die in Aussicht genommene Siedlungsentwicklung ggf. bestehende, wiedergewinnbare oder potenzielle Retentionsräume in Anspruch nehmen würden.

Überschwemmungsbereiche als Grundlage des planerischen Abgleichs

Der planerische Abgleich erfolgt auf der Grundlage der zeichnerischen Darstellungen des Regionalplans. Die Bezirksplanungsbehörde ermittelt, ob geplante Baugebiete bzw. bauliche Vorhaben innerhalb der im Regionalplan dargestellten Überschwemmungsbereichsdarstellungen liegt. Sollte der Abgleich ergeben, dass in Flächennutzungsplan- oder Bebauungsplanentwürfen innerhalb der dargestellten Überschwemmungsbereiche Bauflächen neu dargestellt bzw. Baugebiete bzw. bauliche Vorhaben neu festgesetzt werden sollen, würden diese den Zielen der Raumordnung und Landesplanung zuwiderlaufen. Da sie gemäß § 1 Abs. 4 BauGB nicht an die Ziele der Raumordnung und Landesplanung angepasst sind, wären sie zu versagen. Eine landesplanerische Zustimmung könnte hierfür nicht erteilt werden. Da es sich hierbei um zu beachtende Ziele der Raumordnung und Landesplanung handelt, könne diese auch im Rahmen der planerischen Abwägung im Rahmen der Bauleitplanung nicht überwunden bzw. weggewogen werden.

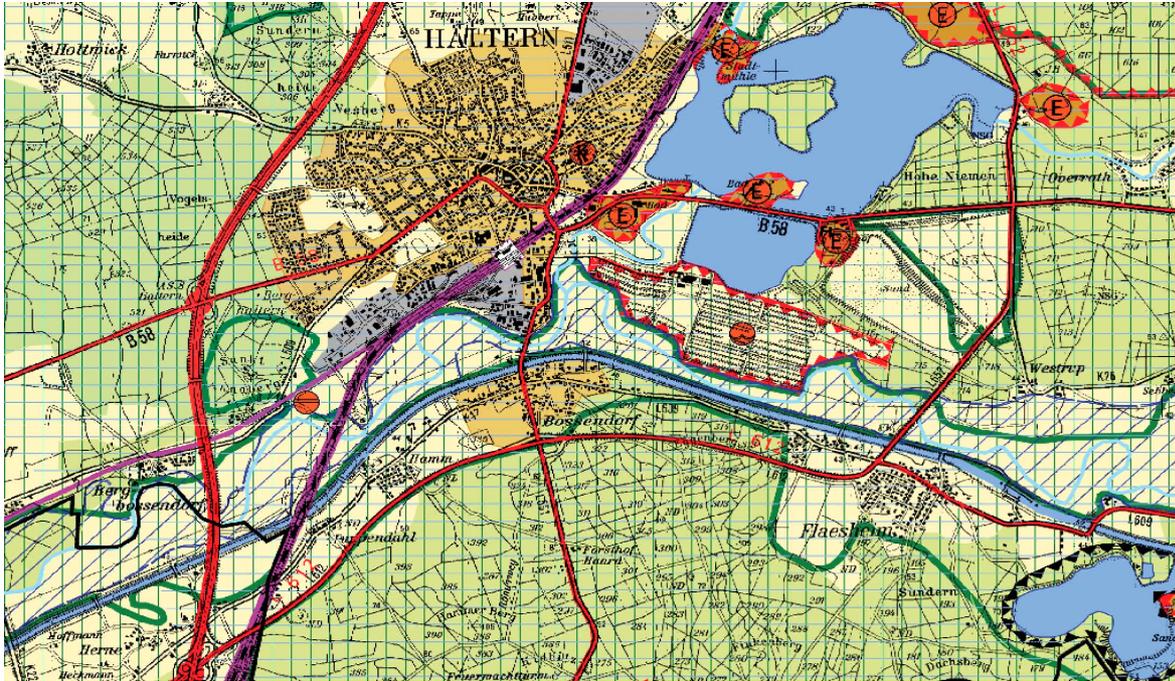


Abbildung 4: Überschwemmungsgebiete an der Ems; Ausschnitt aus der Überschwemmungsgebietskarte (hellblau: preußische Überschwemmungsgebietskarte, dunkelblau: aktualisiert durch das Staatl. Umweltamt)

Sofern in gültigen Flächenutzungsplänen Siedlungsflächen innerhalb dieser Linien dargestellt sind, erlischt die Rechtfertigung für eine aus diesen Darstellungen entwickelte Festsetzung im Bebauungsplanentwurf gemäß § 8 Abs. 2 BauGB, da diese den Zielen der Raumordnung und Landesplanung zuwider laufen würden.

Von diesen Regelungen sind rechtskräftige Bebauungspläne ausgenommen, da eine Änderung oder Aufhebung eines rechtskräftigen Bebauungsplanes ggf. Entschädigungsansprüche gemäß § 42 BauGB i. V. m. § 33 Abs. 3 LPlG auslösen würde. Die Rücknahme oder Einschränkung bestehender Baurechte gemäß § 34 BauGB könnte ebenfalls Entschädigungsansprüche auslösen. Innerhalb der Überschwemmungsbereiche liegende Siedlungen genießen Bestandsschutz. Überlagernde Überschwemmungsbereichsausweisungen können hier allenfalls zu einer Überprüfung der Hochwassersicherheit und ggf. zu Nachbesserungen der Hochwasserschutzvorkehrungen führen. Zugleich können innerhalb der Überschwemmungsbereiche einzelne Flächen liegen, die nachweislich nicht überflutet werden. Bei diesen Vorhaben würden Hochwasserschutzgründe allein nicht zu einer Versagung führen.

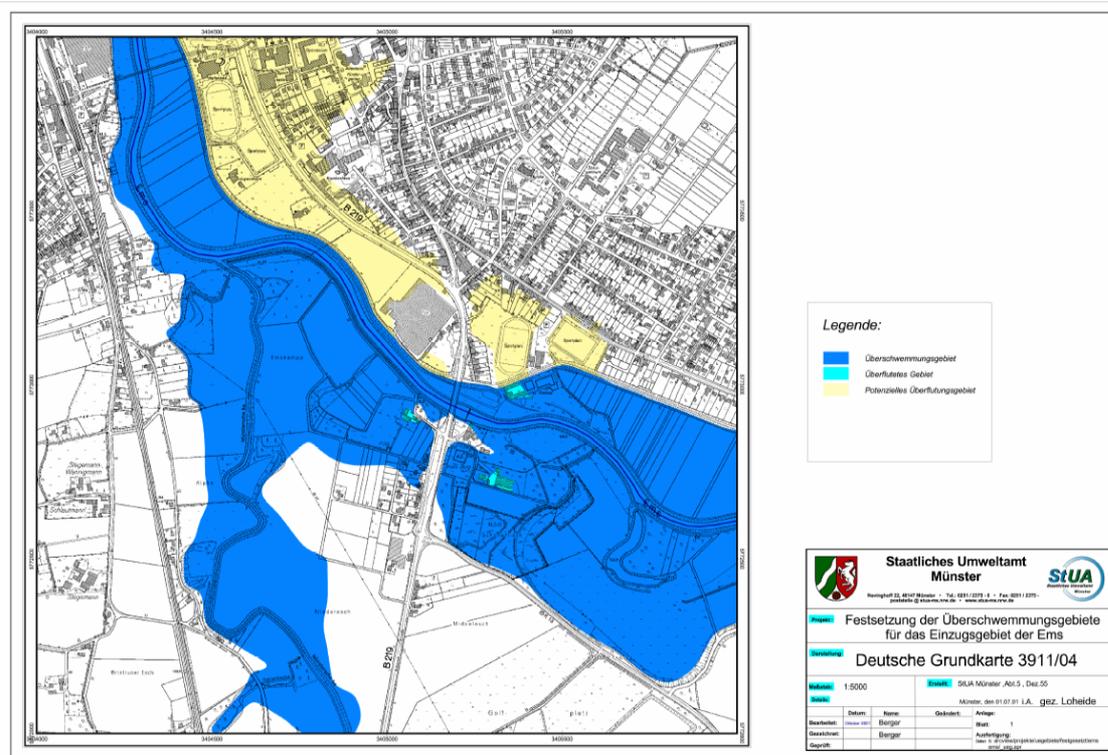


Abbildung 5: Festsetzung von Überschwemmungsgebieten (Kartenausschnitt aus der Überschwemmungsgebietsverordnung; blau: Überschwemmungsgebiet, gelb: potentiell überschwemmungsgefährdeter Bereich)

Einschätzung

Die Umsetzung des vorbeugenden Hochwasserschutzes erfolgt maßgeblich über das landesplanerische Anpassungsverfahren gemäß § 32 LPlG. Im Rahmen dieses Verfahrens werden die Inhalte der Bauleitplanentwürfe mit den übergeordneten Zielvorgaben der Raumordnung abgeglichen. Erst auf der Grundlage der Bauleitplanentwürfe kann dezidiert beurteilt werden, ob und inwieweit Überschwemmungsbereiche/ Retentionsräume innerhalb der HQ₁₀₀-Linien bzw. potenzielle zusätzliche Retentionsräume in Anspruch genommen würden. Für die konkrete Umsetzung der raumordnerischen Zielvorgaben hat das landesplanerische Anpassungsverfahren daher eine besondere Bedeutung. Im Rahmen des planerischen Abgleichs hat sich die Zusammenarbeit mit den Wasserfachbehörden, insbesondere mit den Staatlichen Umweltämtern sehr bewährt.

Es hat sich auch gezeigt, dass durch frühzeitigen Abgleich Klarheit über eine eventuelle Inanspruchnahme von Retentionsräumen und damit über die Realisierungsfähigkeit von Vorhaben geschaffen wird. Der Abgleich mit den Fachbehörden, insbesondere den Wasserfachbehörden, erspart den Kommunen oftmals unnötige Planungskosten. Die Erarbeitung detaillierter Planungsgrundlagen bindet finanzielle und personelle Ressourcen, deren Einsatz sich dann nicht rechnen

würde, wenn im Verlauf des weiteren Verfahrens Vorhaben mit dem Verweis, dass sie in Überschwemmungsbereiche liegen und damit den Zielen der Raumordnung und Landesplanung widersprechen würden, versagt werden müssen.

Die Versagung von in Überschwemmungsbereichen liegenden Vorhaben kann, ungeachtet des notwendigen Hochwasserschutzes, einen Eingriff in die gemeindliche Siedlungsentwicklung bewirken. Dieser Eingriff kann dadurch abgemindert werden, indem die Bezirksplanungsbehörden die betroffenen Kommunen bei der Suche anderer geeigneter, realisierungsfähiger Standorte außerhalb der Überschwemmungsbereiche unterstützen und hierfür die notwendigen regionalplanerischen Voraussetzungen schaffen.

Die Praxis zeigt aber auch, dass trotz wiederkehrender Flutkatastrophen dem Hochwasserschutz noch nicht der gebührende Stellenwert eingeräumt wird. Nach dem Abklingen der Hochwasser geraten die Schäden allzu leicht wieder in Vergessenheit, wird die weiter bestehende potenzielle Gefährdung verdrängt. Es muss immer wieder festgestellt werden, dass die Sicherung der Überschwemmungsbereiche eher als zusätzliche Hürde angesehen wird, die es durch geschickte Abwägung zu überwinden gilt. Nicht selten wird argumentiert, dass Hochwasserschutz zwar eine wichtige Aufgabe sei, jedoch die zur landesplanerischen Anpassung vorgelegte Planung gerade keinen gravierenden Eingriff in den Retentionsraum bewirken würde. Der Hinweis, dass viele kleine Eingriffe im gesamten Gewässersystem zu einer Summierung der Auswirkungen und sich damit zu einer erheblichen Beeinträchtigung entwickeln können, wird dabei gern überhört.

Literaturverzeichnis:

BATTIS, U., KRAUTZBERGER, M. und LÖHR, R.-P. (1999): Baugesetzbuch, München: Beck'sche Verlagsbuchhandlung, 7/1999.

BAUGESETZBUCH (BauGB) in der Fassung des Gesetzes zur Änderung des Baugesetzes und zur Neuregelung des Rechts der Raumordnung (Bau- und Raumordnungsgesetz 199-BauROG) vom 18. August 1997 (BGBl. I, s. 2081).

BEZIRKSREGIERUNG MÜNSTER (2003): Regionalplan Teilabschnitt „Emscher-Lippe“, (vom Regionalrat beschlossener, noch nicht genehmigter Entwurf).

BEZIRKSREGIERUNG MÜNSTER (1998): Regionalplan Teilabschnitt „Münsterland“.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2002): Umweltbericht 2002, Berlin.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2003): Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes (Entwurf), Berlin (Manuskript).

EUROPÄISCHES PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (2000): Richtlinie 2000/60/EG vom 20. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie), in: Amtsblatt der europäischen Gemeinschaft ABl. L 327, Brüssel.

GESETZ ZUR LANDESENTWICKLUNG (Landesentwicklungsprogramm-LEPro) (2000): In

der Fassung 5. Oktober 1989 (GV. NW. S. 485); geändert am 9. Mai 2000 (GV. NRW. S. 403).

GESETZ ZUR ORDNUNG DES WASSERHAUSHALTS (Wasserhaushaltsgesetz-WHG) (2002): Neugefasst durch Bekanntmachung vom 19. August 2002 (BGBl. I S. 3245) zuletzt geändert durch Artikel 2 G. vom 25. Juni 2005 (BGBl. I S. 1746).

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2001): Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Cambridge, New York, Oakley, Madrid, Cape Town.

LANDESPLANUNGSGESETZ (LPIG) (2001): In der Fassung der Bekanntmachung vom 11. Februar 2001 (GV. NRW. S. 50); geändert durch Gesetz vom 17. Mai 2001 (GV. NRW. S. 195).

LANDESUMWELTAMT (LUA)/HYDROTEC (2001): Digitale Karte der hochwassergefährdeten Bereiche in Nordrhein-Westfalen, Aachen.

MINISTERIUM FÜR UMWELT; RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NRW (1995): Landesentwicklungsplan NRW, Düsseldorf.

MINISTERIUM FÜR UMWELT; RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NRW (1998): Anpassung der Bauleitpläne an die Ziele der Raumordnung, Erlass vom 7.04.1998, Az.: VI A3/VI B 4- 73.14.03, Düsseldorf.

MINISTERIUM FÜR UMWELT; RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NRW (2000): Potentielle Hochwasserschäden am Rhein in NRW, Düsseldorf.

MINISTERIUM FÜR UMWELT; RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NRW (2000): Verwaltungsvorschrift zur Anwendung der nationalen Vorschriften zur Umsetzung der Richtlinie 92/43/EWG (FFH-RL) und 79/409/EWG (Vogelschutz-RL) vom 26.04.2000, Düsseldorf.

MINISTERKONFERENZ FÜR RAUMORDNUNG (1998): Beschluss der Ministerkonferenz für Raumordnung, Raumordnung und vorbeugender Hochwasserschutz“ vom 4. Juni 1998.

MINISTERKONFERENZ FÜR RAUMORDNUNG (2000): Handlungsempfehlungen der Ministerkonferenz für Raumordnung zum vorbeugenden Hochwasserschutz vom 14. Juni 2000, GMBL 24/2000.

RAUMORDNUNGSGESETZ (ROG) (1997): ROG vom 18. August 1997 (BGBl. I S. 2081) zuletzt geändert am 15. Dezember 1997 (BGBl. I S. 2902).

SIEDLER, F., ZEITLER, H. und DAHME, H. (2003): Wasserhaushaltsgesetz/Abwasserabgabengesetz, Bd.2, München C.H. Beck.

STAATSKANZLEI NORDRHEIN-WESTFALEN (2000): Vorbeugender Hochwasserschutz in der Regionalplanung, Erlass vom 19 Juni 2002, Az.: IV.2-30.10.28, Düsseldorf.

WASSERGESETZ FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN (Landeswassergesetz – LWG -) (1995): In der Fassung der Bekanntmachung vom 25. Juni 1995 (GV. NRW. S. 926); zuletzt geändert durch Artikel 100 des Gesetzes vom 25. September 2001 (GV. NRW. S. 708).

Kontakt

Dipl.-Ing. Michael Bongartz
Regierungsbaudirektor
Bezirksregierung Münster, Abteilung Regionalplanung
48128 Münster
Tel.: 0251/411-1455
E-Mail: michael.bongartz@bezreg-muenster.nrw.de

Hochwasserschutz im Rahmen der Stadtplanung - ein Beitrag zur Risikominderung

Flood prevention within the context of urban planning - a contribution to risk mitigation

T. Kötter

1. Handlungsfeld Klimawandel, Hochwasserschutz und Stadtentwicklung

Der Weltklimarat (IPCC) geht von anthropogenen Ursachen für den globalen Klimawandel, insbesondere für die im 20. Jahrhundert beobachtete Erhöhung der bodennahen Lufttemperatur aus. Im Wesentlichen aufgrund des Anstiegs der CO₂-Emissionen wird für Mitteleuropa in den nächsten 100 Jahren je nach Szenario ein Lufttemperaturanstieg zwischen 2 – 4 C° erwartet, der auch die langfristigen Niederschlagsmuster verändern wird. Entsprechende Untersuchungen sind insbesondere auf der regionalen Ebene notwendig, da hier mittelfristige Vorsorgestrategien entwickelt und umgesetzt werden können. Die klimatischen Änderungen führen beim Wasserhaushalt zu räumlichen und innerjährlichen Verschiebungen des Niederschlags von den Sommer- auf die Wintermonate, einer Erhöhung der Verdunstung und zu einer Zunahme von Extremereignissen. Die auf globaler Ebene projizierten Veränderungen des Niederschlags sowie vorliegende Ergebnisse aus Regionalisierungen unterstreichen die Notwendigkeit, sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt auch in Deutschland auseinanderzusetzen. Insbesondere die Auswirkungen von Starkregenereignissen, die zu den letzten Hochwasserereignissen an Oder, Rhein und Elbe geführt und wohl nach Intensität und Häufigkeit weiter zunehmen werden, werfen die Frage auf, wie die Risiken, also die Intensität der Überschwemmungsereignisse und zugleich die Vulnerabilität der Siedlungen verringert werden können, um die entstehenden Schäden zu reduzieren.

Hochwasserschutz kann daher als Risikomanagement mit präventiven und adaptiven Strategien sowie mit einem Bündel abgestimmter Maßnahmen aufgefasst werden, und zwar sowohl auf regionaler als auch auf kommunaler Ebene. Dazu gehören neben der Rückgewinnung der ursprünglichen natürlichen Überschwemmungsflächen und der Entwicklung neuer Retentionsräume vor allem auch die Steuerung der Niederschlagsabflüsse sowie die Verringerung der Vulnerabilität bzw. Erhöhung der Resilienz der bestehenden Siedlungs- und Infrastrukturen entlang der Gewässer. Deshalb rücken Maßnahmen auf kommunaler Ebene immer stärker ins Blickfeld, denn gerade hier sind weitreichende Potenziale bei der Entwicklung neuer und vor allem bei der Umgestaltung bestehender Siedlungsgebiete weder erfasst noch konsequent genutzt worden. So können aktuellen Untersuchungen zufolge Maßnahmen der Kommunen im Bereich der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung einen essentiellen Beitrag zum vorbeugenden Hochwasserschutz leisten. Stadt-, Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung müssen deshalb künftig stärker als bisher auch zur Verringerung von Risiken beitragen, um die Zukunftsfähigkeit der Städte und Gemeinden zu verbessern. Im Folgenden soll dieses Handlungsfeld skizziert und einige erfolgreiche städtebauliche Strategien zum vorbeugenden Hochwasserschutz mit ihren vielfältigen kleinteiligen Maßnahmen sowie der neuen rechtlichen Grundlagen und Instrumente als Teil eines integrierten risikoorientierten Planungsansatzes vorgestellt werden.

2. Hazards, Risiko und Vulnerabilität

Der Hochwasserschutz ist als Teil eines umfassenden raumbezogenen Risikomanagements aufzufassen, bei der Raumplanung und Flächenmanagement eine zentrale Steuerungsfunktion übernehmen können, denn Art und Intensität der Landnutzung haben darauf entscheidenden Einfluss. So sind die Risiken von urbanen und ruralen Räumen in Bezug auf Hochwasserereignisse sehr unterschiedlich zu bewerten, denn diese hängen nicht nur von der Stärke, Dauer und Auftretenshäufigkeit der Naturkatastrophen selbst ab, sondern entscheidend von der jeweiligen Vulnerabilität gegenüber bestimmten Ereignissen und von den Bewältigungspotenzialen des Raums und seiner Gesellschaft ab. Zur Einordnung der Hochwasserproblematik in die Gesamtzusammenhänge ist deshalb zunächst eine Auseinandersetzung mit den wesentlichen Begriffen Hazard, Risiko, Vulnerabilität und Resilienz notwendig (Abbildung 1). Es ist indessen darauf hinzuweisen, dass aufgrund der unterschiedlichen Sichtweisen der Disziplinen, die sich mit Risikoforschung befassen, bisher kein einheitliches Begriffsverständnis vorliegt (Birkmann 2008, S. 6). Da die Raum- und Planungswissenschaften interdisziplinär angelegt sind, sollen für die weiteren Ausführungen nicht nur die Ansätze aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht betrachtet werden, sondern auch die anderer planungsrelevanter Disziplinen.

- **Hazards** werden danach als Ereignisse aufgefasst, die die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen sowie der Tiere, (anthropogene) Landnutzungen, sowie Sach- und Kulturgüter einer Region erheblich beeinträchtigen. Der Ansatz umfasst sowohl Naturkatastrophen als solche, die durch menschliche (Planungs-) Entscheidungen und der daraus resultierenden Projekte verursacht oder verstärkt worden sind. Gerade hinsichtlich der Hochwasserereignisse ist eine Trennung nicht sinnvoll und auch nicht möglich, da für die Intensität, Häufigkeit, Geschwindigkeit ihres Eintritts und der räumlichen Ausbreitung sowie hinsichtlich der Dauer vielfältige natürliche und anthropogene Einflüsse einschließlich ihrer Rückkopplungen zu beachten sind. Nur das Verständnis der Systemzusammenhänge ermöglicht die Ableitung sinnvoller schadensvermeidender oder -mindernder Maßnahmen.

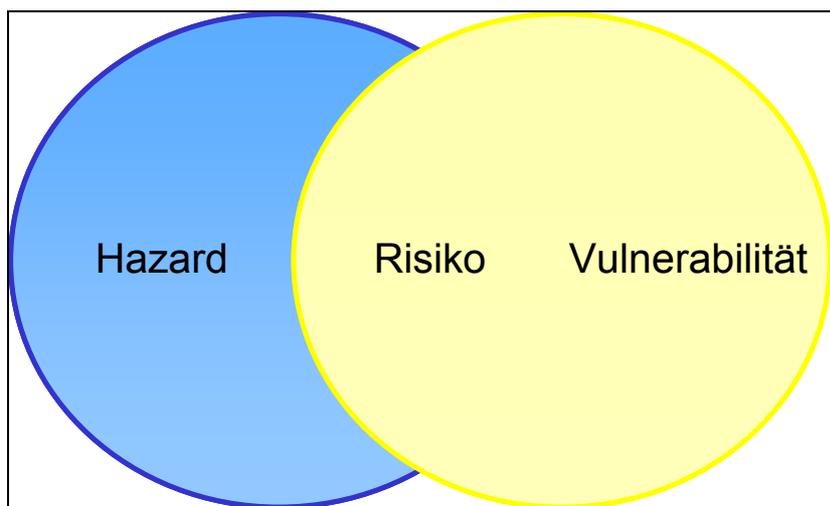


Abbildung 1: Zusammenhang von Hazard, Vulnerabilität und Risiko (nach Birkmann (2008))

- **Vulnerabilität** bezeichnet gewöhnlich die Anfälligkeit und Verwundbarkeit der Menschen und des Raums gegenüber Hazards und kann daher nur durch einen integrierten Ansatz mit sozialen, ökonomischen und physikalischen Kriterien umfassend erfasst und bewertet werden. Aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht bieten sich für eine quantitative Bewertung statistische Methoden an, mit denen etwa die Wahrscheinlichkeiten bestimmter Schadensfälle (Tod und Verletzung von Menschen, Einsturz von Gebäuden oder sonstiger Schadensfälle) in Abhängigkeit der Intensität der jeweiligen Katastrophen abgeschätzt werden können. Dabei wird vor allem Bezug auf die physischen Eigenschaften der Umwelt und ihrer Schutzgüter genommen, um die Wahrscheinlichkeit eines Schadensereignisses zu ermitteln. Aus ökonomischer Hinsicht kann die Höhe des vermutlichen Schadens im Katastrophenfall zur Abschätzung der Vulnerabilität herangezogen werden. Aus soziologischer Sicht geht es vor allem um eine Einschätzung der Vorbereitung und Fähigkeiten der Bevölkerung und ihrer verschiedenen Gruppen, sich im Katastrophenfall schadensmindernd zu verhalten und die Folgen des Ereignisses zu bewältigen. Dabei spielt für die Hochwasserproblematik die Ausstattung mit spezifischer personeller, materieller und institutioneller Infrastruktur eine herausragende Rolle. Ein multi-dimensionaler, umfassender Bewertungsrahmen zur Vulnerabilität liegt derzeit noch nicht vor.
- **Risiko** ist der zentrale Zielbegriff des Risikomanagements. Aus der Vielzahl der vorliegenden Definitionen sind vor allem zwei Ansätze zu nennen. Risiko kann einerseits als Eintrittswahrscheinlichkeit (Resultat von Ereignishäufigkeit und Schadenspotential) sowie dessen Bewertung ausgedrückt werden. Es kann andererseits aber auch nur als das Schadenspotential von gefährlichen natürlichen Prozessen gesehen werden. Es kann aus menschlichen Entscheidungen erwachsen oder verstärkt werden sowie Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Risikoaspekten beschreiben. Ein eher natur- und ingenieurwissenschaftlich geprägter Ansatz bezeichnet Risiko daher als Ergebnis der Interaktion zwischen einem Hazard und einer vulnerablen Gesellschaft und einem vulnerablen Raum einschließlich der Eintrittswahrscheinlichkeiten der Ereignisse (z.B. Hochwasserereignisse). Nach einer eher sozialwissenschaftlich geprägten Definition beruht Risiko auf menschlichen Entscheidungen bei unsicheren Prognosen über die künftige Entwicklung, so dass durch Ereignisse auch Schäden eintreten können (Dikau/Pohl 2007).

3. Risiken des Siedlungs- und Verkehrsflächenwachstums

Unter den vielfältigen anthropogenen Einflüssen in Bezug auf das Hochwasserrisiko weist freilich neben den technischen Gewässerausbaumaßnahmen die Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächen eine herausragende Stellung auf. Die Vulnerabilität von Siedlungen gegenüber Hochwasserereignissen wird durch folgende Faktoren geprägt, die im gesamten Einzugsgebiet zu betrachten sind:

- Bodenverhältnisse und Versickerungsfähigkeit
- Versiegelungsgrad
- Potenzielles Speichervermögen des Bodens
- Topografische Verhältnisse
- Lage von Siedlungsflächen und Bauwerken in überschwemmungsgefährdeten Bereichen
- Konzeption und Kapazität des Regenwasserentwässerungssystems
- Abflussprozesse

Den bedeutsamsten Einfluss auf Anzahl und Ausmaß der Hochwasserereignisse hat der Anteil der versiegelten Fläche im jeweiligen Einzugsgebiet, da davon der Anteil des oberflächigen Abflusses abhängt. Wenngleich die statistisch erfasste Siedlungs- und Verkehrsfläche insgesamt nicht voll versiegelt ist, weil in den Werten auch die siedlungsinternen öffentlichen Grünflächen und Parks sowie die Hausgärten und sonstigen Freiflächen enthalten sind, so ist deren Entwicklung doch insgesamt ein aussagefähiger Indikator für den Versiegelungsgrad. Der Siedlungs- und Verkehrsflächenanteil beträgt derzeit im Bundesdurchschnitt 12,9 %, und es ist davon auszugehen, dass trotz Abschwächung der Flächenumwidmungsrates von 129 auf 106 ha/Tag im Zeitraum 1996 - 2007 keine Trendwende sondern vielmehr der Einfluss der allgemeinen konjunkturellen Entwicklung vorliegt. Insgesamt hat sich die Siedlungsfläche in den vergangenen 70 Jahren mehr als verdoppelt und damit auch den Wasserhaushalt entscheidend verändert. So nimmt der Oberflächenabfluss bei bebauten Flächen gegenüber unbebauten Flächen von 5 – 10 % auf immerhin bis zu 77 % zu. Angesichts des dynamischen Siedlungsflächenwachstums wird sich diese Problematik noch weiter verschärfen und nicht nur an den großen Flüssen eine besondere Bedrohung darstellen, sondern ebenso an kleineren Vorflutern in den Gemeinden. Die siedlungsbedingten Oberflächenabflüsse haben zwar für großräumige Hochwasserereignisse mit 4 – 7 % offensichtlich eher eine geringere Bedeutung (Sieker 1996), gleichwohl ergeben sich für Agglomerationen indessen erhebliche Veränderungen im Wasserhaushalt, denn die vorherrschenden konventionellen Abwassersysteme sehen eine Entwässerung der versiegelten Flächen über das Kanalnetz vor.

Tabelle 1: Maßnahmen zur Adaption und Prävention von Hochwasserereignissen

Handlungsfelder	Maßnahmen
1. Erfassung und Bewertung von Hochwasserrisiken	<ul style="list-style-type: none"> • Erfassung und Festlegung der überschwemmungsgefährdeten Gebiete • Hochwassersimulation • Bewertungsrahmen für Risiken • Räumliche Zonierung • Planungsrechtliche Sicherung
2. Verringerung der Risiken	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherung und Erweiterung von Retentionsflächen durch Schaffung neuer und Freihaltung bestehender Polder • Deichrückverlegung • Wiederherstellung großer Ströme • Renaturierung der Gewässer • Steuerung der Landnutzung und Landbewirtschaftung (Extensivierung) • Begrenzung und Rücknahme der Bodenversiegelung • Rückhaltung in der Fläche durch dezentrale Regenwasserbewirtschaftung (Versickerung und Regenwassernutzung)
3. Verringerung der Vulnerabilität	<ul style="list-style-type: none"> • Steuerung der Siedlungsentwicklung • Freihaltung potenzieller Überschwemmungsbereiche von Bauvorhaben • Anpassungsmaßnahmen an Gebäuden • Information der Öffentlichkeit • Schaffung von Problembewusstsein • Hochwasservorhersage, -warnung

Die Folgen sind hohe Abflussspitzen und Überlastungen der Kanäle, deren technische Lebensdauer dadurch erheblich gemindert werden kann. Oftmals werden außerordentlich kostenintensive adaptive Maßnahmen wie eine Erweiterung von Misch- und Trennsystemen mit Stauraumkanälen, Regenüberlaufbecken bzw. Regenrückhaltebecken vorgenommen, die allerdings nicht die Ursachen beseitigen, sondern lediglich die Auswirkungen, so dass die Probleme dadurch nicht dauerhaft bewältigt werden können.

Angesichts der Trends sollten deshalb die sich bietenden Möglichkeiten der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung in den Kommunen und die Rückhaltung in der Fläche konsequent im Rahmen der städtebaulichen Entwicklung von Neubaugebieten und beim Umbau im Bestand ausgeschöpft werden. Den Kommunen kommt insofern eine besondere Verantwortung beim vorsorgenden Hochwasserschutz zu.

4. Städtebauliche Handlungsfelder

4.1 Rechtliche Grundlagen

Das „Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes“ vom 3.5.2005 ist eine erste Reaktion auf die dramatischen Hochwasserereignisse in Deutschland. Aufgrund des Querschnittscharakters der Aufgabe wurden mit diesem Artikelgesetz mehrere Rechtsmaterien geändert, primär das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), aber auch das Baugesetzbuch (BauGB). Eine erste wichtige Forderung richtet sich an die Länder, bis zum 10.5.2007 flächendeckend die Überschwemmungsgebiete für ihr Landesgebiet festzusetzen, die statistisch von einem hundertjährlichen Hochwasser betroffen sind (HQ₁₀₀-Gebiete) (§ 31b WHG). Zudem führt das Gesetz die neue Kategorie „überschwemmungsgefährdete Gebiete“ ein (§ 31c WHG). Dabei handelt es sich um Gebiete, deren Überschwemmungswahrscheinlichkeit zum einen geringer ist als in HQ₁₀₀-Gebieten oder die zum anderen bei Versagen von technischen Hochwasserschutzmaßnahmen (z.B. Deiche) überschwemmt werden könnten. Diese Flächen sind zu ermitteln und in Raumordnungs- und Bauleitplänen zu kennzeichnen. Zudem besteht eine Verpflichtung zur Aufstellung von Hochwasserschutzplänen.

Das städtebauliche Planungsrecht hat durch das Artikelgesetz zum vorbeugenden Hochwasserschutz drei im wesentlichen redaktionelle Klarstellungen erfahren:

1. Die Belange des Hochwasserschutzes werden in Abwägungen bei der Bauleitplanung als wichtiges berücksichtigungspflichtiges Kriterium in **§ 1 BauGB** neu eingefügt.
2. **§ 5** und **§ 9 BauGB** werden dahingehend ergänzt, dass
 - festgesetzte Überschwemmungsgebiete nachrichtlich übernommen sowie
 - noch nicht festgesetzte (faktische) Überschwemmungsgebiete und überschwemmungsgefährdete Gebiete in F- und B-Plänen vermerkt werden sollen.
3. Das allgemeine Vorkaufsrecht der Gemeinde wird auf Gebiete ausgeweitet, die zum Zweck des Hochwasserschutzes von Bebauung und störenden Nutzungen freizuhalten sind (**§ 24 Abs. 1 Satz 1 Nr. 7 BauGB**)

Für die städtebauliche und bauliche Entwicklung der Kommunen wesentlich bedeutsamer sind freilich die einschneidenden und kontrovers diskutierte baurechtlichen Beschränkungen, die auf Grundlage des § 31 WHG unmittelbar in festgesetzten und vorläufig gesicherten Überschwemmungsgebieten gelten. Danach dürfen die Gemeinden in diesen Gebieten grundsätzlich keine Neubaugebiete durch Bauleitpläne mehr ausweisen (**Planungsverbot**). Zudem bedarf hier die Errichtung und Erweiterung baulicher Anlagen nach §§ 30, 34 und 35 BauGB der Genehmigung der zuständigen Landesbehörde.

Ausnahmen sind nach § 31b Abs. 4 WHG lediglich unter neun Voraussetzungen zulässig, die kumulativ erfüllt sein müssen:

1. Keine andere Möglichkeit der Siedlungsentwicklung der Kommune
2. Neu auszuweisendes Gebiet muss unmittelbar an ein bestehendes Baugebiet angrenzen
3. Kein Entstehen von Gefahrenatbeständen
4. Keine nachteiligen Auswirkungen auf Hochwasserabfluss und Wasserstand

5. Keine Beeinträchtigung der Hochwasserrückhaltung und Ausgleich von Rückhalteraum
6. Keine Beeinträchtigung des bestehenden Hochwasserschutzes
7. Keine nachteiligen Auswirkungen auf Oberlieger oder Unterlieger
8. Beachtung des Belanges der Hochwasservorsorge
9. HQ₁₀₀-gemäße Ausführung der Bebauung

Lediglich das **kumulative Vorliegen** dieser Voraussetzungen ist Bedingung für eine Befreiung vom Planungsverbot. Zuständige Behörde für die Erteilung der Befreiung ist in NRW die Bezirksregierung.

4.2 Maßnahmen in Neubaugebieten

Die strategische Steuerung der Siedlungsentwicklung, insbesondere die langfristige Disposition der Flächennutzung, erfolgt mit dem vorbereitenden Bauleitplan. Gerade Standort und Ausdehnung von Siedlungserweiterungen sind auch für den vorbeugenden Hochwasserschutz von größter Bedeutung. Die neuen Regelungen des § 31 b WHG werden Gemeinden in Mittelgebirgslagen mit vergleichsweise geringen Potenzialen an ebenen Flächen vor schwierige Abwägungsentscheidungen bei der Standortwahl stellen. Vielfach finden sich Neubauflächen vor allem für Gewerbe in den Flussauen, denn hier lassen die topografischen Verhältnisse gewerbliche Ansiedlungen mit entsprechender Ausdehnung zu. Ein Ausweichen auf Hangflächen wird die Bebauung erschweren und meistens erhebliche Eingriffe in das Landschaftsbild mit sich bringen.

Bei der Konzeption neuer Baugebiete und ihrer abwassertechnischen Erschließungsplanung sind folgende Aspekte in Bezug auf den Grundwasserhaushalt und den vorsorgenden Hochwasserschutz einzubeziehen und sorgfältig abzuwägen:

- Möglichkeiten der kompakten flächensparenden Bauweise
- Begrenzung der Bodenversiegelung
- Grundwasserschonende Bauweisen durch Vermeidung von Keller- und Tiefgeschossen
- Anlagen für die Sammlung und Nutzung von Regenwasser (Zisternen, Regenwassernutzung in Gebäuden etc.)
- Sicherung vorhandener versickerungsfähiger Oberflächen
- Versickerungsfähige Gestaltung der Oberflächen von Erschließungsanlagen und Grundstücken
- Anlagen zur Sammlung, Rückhaltung und Versickerung des Regenwassers mit und ohne gedrosselte Ableitung (Flächenversickerung, Muldenversickerung, Mulden-Rigolen-System, Schachtversickerung)

In zahlreichen Gemeinden herrschen Mischkanalsysteme für die Entwässerung vor, die auch das Regenwasser vollständig ableiten, oftmals derzeit bereits hydraulisch überlastet sind und zudem die Vorfluter mit Schmutzstoffen belasten, da es bei Starkregenereignissen zum Überlauf kommt. Eine dezentrale Bewirtschaftung des Regenwassers vermindert die Ableitung, hält das Regenwasser in der Fläche zurück und entlastet dadurch bestehende Systeme. Das Landeswassergesetz NRW sieht bereits für alle Grundstücke, die nach dem 1.1.1996 bebaut worden sind vor, das anfallende Regenwasser auf dem Grundstück zu versickern, zu verrieseln oder ortsnah ohne Vermi-

schung mit Schmutzwasser über die Kanalisation in ein Gewässer einzuleiten, soweit die Topographie und die natürliche Bodebeschaffenheit dies zulassen (§ 51 a LWG NRW). Dabei wird die Speichervermögen des ungesättigten Bodens, das sogenannte Senkenpotenzial, ausgenutzt. Die Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen bodenbezogenen dezentralen Bewirtschaftungsmaßnahmen bzw. Anlagen mit und ohne Ableitungskomponente hängen im Wesentlichen von den Boden- und Grundwasserverhältnissen ab. Dafür haben sich unvernetzte oder vernetzte Mulden-Rigolen-Systeme bewährt, die auch in verdichteten Baugebieten wegen des vergleichsweise geringen Flächenbedarfs und der guten landschaftlichen Gestaltungs- und Integrationsmöglichkeiten angewendet werden können. Den aktuellen Stand der Technik hinsichtlich Planung, Bau und Unterhaltung der verschiedenen Anlagen hat die Abwassertechnische Vereinigung (ATV) im Arbeitsblatt 138 im Jahr 2002 zusammengestellt. In der Planungspraxis bedarf es einer sorgfältigen Abwägung hinsichtlich der Frage, unter welchen Voraussetzungen welche Maßnahmen bzw. Anlagen in Siedlungsgebieten sinnvoll und möglich sind (vergl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Entscheidungsmatrix für dezentrale Bewirtschaftungsmaßnahmen in Siedlungsgebieten (Sieker et al. (2008), S. 409)

		Maßnahmen					Ableitung ins Gewässer
		Flächenversickerung	Muldenversickerung	Versickerung mit unterirdischer Speicherung	Versickerung mit Ableitung	Versickerung mit Ableitung und Stauwasserbewirtschaftung	
Einflussfaktoren	Trinkwasserschutzzone	Nein, Zone III	Nein, Zone III	Nein, Zone III	Nein, Zone III	Nein, Zone III	ohne Einfluss
	Gewässernähe	ohne Einfluss	ohne Einfluss	ohne Einfluss	ohne Einfluss	ohne Einfluss	Ja
	Flurabstand	≥ 13 dm	≥ 13 dm	≥ 23 dm	≥ 23 dm	10–23 dm	ohne Einfluss
	Bodenmächtigkeit	≥ 5 dm	≥ 5 dm	≥ 13 dm	≥ 13 dm	≥ 13 dm	ohne Einfluss
	Bodentyp	keine Staunässe- und Grundwasserböden	keine Staunässe- und Grundwasserböden	keine Staunässe- und Grundwasserböden	keine Staunässe- und Grundwasserböden	keine Grundwasserböden	ohne Einfluss
	hydraul. Leitfähigkeit (kf)	≥ 100 mm/h	≥ 19 mm/h	≥ 5 mm/h	ohne Einfluss	ohne Einfluss	ohne Einfluss
	Hangneigung	< 15 %	< 15 %	< 15 %	< 15 %	< 15 %	ohne Einfluss
	Landnutzung	gering verschmutzte Flächen	gering verschmutzte Flächen	gering verschmutzte Flächen	gering verschmutzte Flächen	gering verschmutzte Flächen	gering verschmutzte Flächen

Die obligatorische wasserrechtliche Erlaubnis für die Regenwasserversickerung kann durch eine Anzeige ersetzt werden, so dass die dezentrale Bewirtschaftung weiter gefördert wird.

Bei der Aufstellung von Flächennutzungsplänen sind für den Hochwasserschutz folgende Maßgaben bedeutsam:

- **Darstellung** von Flächen, die im Interesse des Hochwasserschutzes und der Regelung des Wasserabflusses freizuhalten sind (§ 5 Abs. 2 Nr. 7 BauGB) (z.B. Hochwasserabfluss und –rückhaltegebiete oder Darstellung von Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft).
- **Kennzeichnungspflicht** für Flächen, bei denen besondere Sicherungsmaßnahmen gegen Naturgewalten erforderlich sind (§ 5 Abs. 3 Nr. 1 BauGB).
- **Nachrichtliche Übernahme** festgesetzter Überschwemmungsgebiete,

- Noch nicht festgesetzte (faktische) Überschwemmungsgebiete und überschwemmungsgefährdete Gebiete sollen **vermerkt** werden.

Derartige Darstellungen im Flächennutzungsplan sind bei der Entscheidung über Außenbereichsvorhaben nach § 35 BauGB als öffentliche Belange zu berücksichtigen. So sind privilegierte Vorhaben nur zulässig, wenn öffentliche Belange nicht entgegenstehen und sonstige Vorhaben nur dann, wenn diese öffentlichen Belange nicht beeinträchtigen. Danach werden solche Vorhaben in den vorgenannten Gebietskulissen grundsätzlich nicht genehmigungsfähig sein.



Abbildung 2: Versickerungsteich als naturnahes Gestaltungselement im Siedlungsbereich

Im Bebauungsplan können für den besiedelten Bereich darüber hinaus folgende Festsetzungen getroffen werden:

- Von der Bebauung **frei zu haltende Flächen** und ihre Nutzung (§ 9 Abs. 1 Nr. 10 BauGB).
- Flächen für die **Rückhaltung und Versickerung** von Niederschlagswasser (§ 9 Abs. 1 Nr. 14 BauGB).
- Flächen für **Hochwasserschutzanlagen** und für die Regelung des Wasserabflusses (§ 9 Abs. 1 Nr. 16 BauGB).
- **Maßnahmen zur Rückhaltung und Versickerung** von Niederschlagswasser wie etwa Versickerungsmulden und –teiche, die Art der Bodenversiegelung von Stellplätzen (§ 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB).
- Festsetzungen der **Höhenlage baulicher Anlagen** (§ 9 Abs. 3 BauGB): Dies kann z.B. in Überschwemmungsgebieten oder überschwemmungsgefährdeten Gebieten zum Schutz

der Gebäudenutzung oder hinsichtlich des Anschlusses an das Kanalnetz erforderlich werden. In diesen Gebieten besteht indessen nach § 31b WHG ein grundsätzliches Planungsverbot der Gemeinde, das nur unter den vorgenannten Voraussetzungen überwunden werden kann.

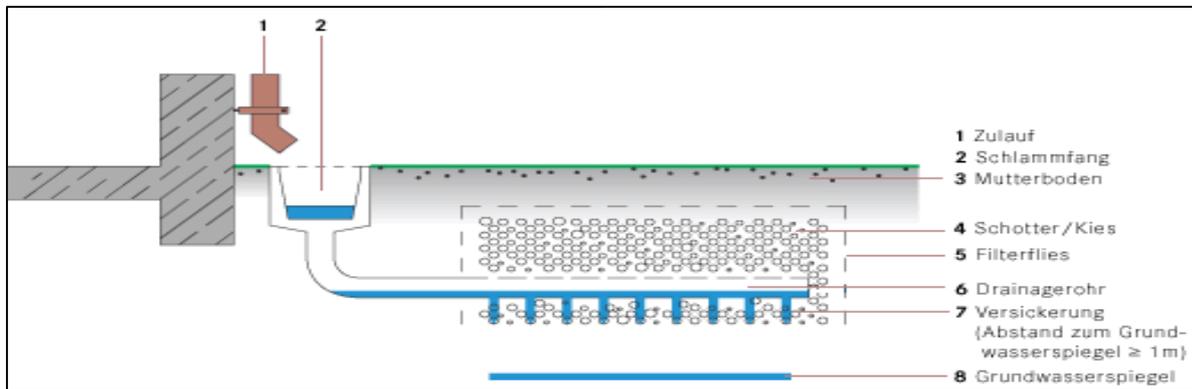


Abbildung 3: Mulden-Rigolen-System mit Innodrain-Elementen nach Sieker (2006)

Das Bauordnungsrecht der Länder eröffnet den Städten und Gemeinden zudem die Möglichkeit, in eigenständigen Gestaltungssatzungen oder durch Bebauungsplan einschlägige Festsetzungen zu treffen, die eine Rückhaltung bzw. Versickerung von Regenwasser im Siedlungsbereich fördern. Dazu gehören Regelungen zur Dachgestaltung, Vordächern, Eingrünungen, Vorgärten etc. So sieht die Freiflächengestaltungssatzung der Stadt München vor, dass Flachdächer und Dächer bis zu Neigung von 4 % ab 100 m² Dachfläche begrünt werden müssen. Weiterhin sind offene Stellplätze mit Bäumen zu überstellen und einzugrünen sowie mit wasserdurchlässigen Belägen zu versehen.

Für die Durchsetzung von hochwasserschutzrelevanten Maßnahmen stellt das Städtebaurecht vor allem drei bodenrechtliche Instrumente zur Verfügung:

- **Kommunales Vorkaufsrecht:** In Gebieten, die zum Zwecke des vorbeugenden Hochwasserschutzes von Bebauung freizuhalten sind, insbesondere in Überschwemmungsgebieten, steht den Gemeinden ein Vorkaufsrecht zu (§ 24 BauGB).
- **Rückbau- und Entsiegelungsverpflichtung:** Bei Baugenehmigungen von Vorhaben nach § 35 Abs. 1 Nr. 2 – 6 BauGB ist eine Verpflichtungserklärung abzugeben, das Vorhaben nach dauerhafter Aufgabe der zulässigen Nutzung zurückzubauen und die Bodenversiegelung zu beseitigen. Die Sicherung soll z.B. durch Baulast erfolgen (§ 35 Abs. 5 BauGB).
- **Rückbau- und Entsiegelungsgebot:** Die Gemeinde kann auf Grundlage eines Bebauungsplans ein Rückbau- und Entsiegelungsgebot aussprechen, das genau genommen eine Duldungspflicht darstellt, denn die Gemeinde hat die Maßnahmen auf eigene Kosten vorzunehmen. Dieses Instrument wird wohl nur in Einzelfällen und nicht etwa flächenhaft in festgesetzten Überschwemmungsgebieten in Betracht kommen; denn es besteht in diesen

Fällen, wenn durch die Beseitigung weitere Vermögensnachteile entstehen, eine Entschädigungspflicht und es kann bei wirtschaftlicher Unzumutbarkeit ein Übernahmeverlangen geltend gemacht werden (§ 179 BauGB).

4.3 Maßnahmen im Bestand

Wesentlich schwieriger gestaltet sich die nachträgliche Umsetzung der vorgenannten Maßnahmen im Bestand, da hier weniger mit planungsrechtlichen Festsetzungen sondern vielmehr mit Information und Beratung sowie ökonomischen Anreizen agiert werden muss. Zahlreiche Kommunen haben inzwischen nach dem Urteil des OVG Münster vom 18.12.2007 eine gesplittete Abwassergebühr eingeführt, die eine getrennte Berechnung des Abwassers aus Frisch- und Niederschlagswasser vorsieht¹. Der Anteil für die Regenwasserentwässerung richtet sich nach der versiegelten Fläche auf den angeschlossenen Grundstücken. Dadurch ergibt sich ein wirtschaftlicher Anreiz für die Grundstückseigentümer, Flächen zu entsiegeln bzw. von der Kanalisation abzukoppeln und das anfallende Niederschlagswasser auf dem Grundstück zu versickern. Das Reduktionspotenzial für den Regenwasserabfluss in das Kanalnetz ist erheblich; denn der durchschnittliche Versiegelungsanteil in Siedlungsgebieten wird auf ca. 30 % geschätzt. Bezieht man die unbefestigten Flächen mit ein, so wird sich die Rückhaltekapazität der dezentral bewirtschafteten Siedlungsflächen mindestens verdoppeln. Als wichtige Maßnahmen im Bestand sind zu nennen:

- Entsigelung von Flächen durch Austausch der Oberflächenmaterialien, die voll- oder teilversicherungsfähig sind, wie beispielsweise der Ersatz von Schwarzdecken durch großporige Pflasterung.
- Nutzung des Regenwassers als Brauchwasser. Für die Sammlung und Zwischenspeicherung sind entsprechende Zisternen anzulegen.
- Herstellung von Dachbegrünungen bei Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden, um den Direktabfluss von den jeweiligen Dachflächen zu verringern und die Verdunstung zugunsten positiver kleinklimatischer Effekte zu erhöhen.

¹ Das BVerwG hat eine Revision gegen das Urteil des OVG Münster vom 18.12.2007 nicht zugelassen.



Abbildung 4: Freigelegter Bachlauf im Stadtgebiet

- Schaffung von Rückhaltungs- und Versickerungssystemen im Siedlungsbestand, um die bisher an die (Trenn- oder Misch-) Kanalisation angeschlossenen versiegelten Flächen abzukoppeln.
- Freilegung von Gewässern und Querschnittsvergrößerungen

Diese Maßnahmen tragen insgesamt dazu bei, die Versickerung, die Verdunstung und die Rückhaltung in Siedlungsgebieten erheblich zu erhöhen und die Abflussspitzen durch eine Abkopplung um durchschnittlich 15 %, im Einzelfall sogar bis über 40 % im Vergleich zu konventionell entwässerten Siedlungsflächen zu verringern.

Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung entfalten ihre volle Wirkung erst durch ihre Kombination und sollten daher stets als Gesamtbündel auch im Bestand verwirklicht werden. Dies bedarf einer intensiven Information und Beratung der Bewohner, der Eigentümer und auch der Wohnungsunternehmen; denn nur durch eine Beteiligung dieser Akteure am Planungs- und Realisierungsprozess ist zu erwarten, dass die Maßnahmen auch auf eine entsprechende Akzeptanz stoßen und ihre vollen Wirkungen entfalten können. Zugleich gilt es, die erforderlichen Pflege- und Unterhaltungsmaßnahmen dauerhaft vertraglich zu regeln.

4.4 Maßnahmen des präventiven Hochwasserschutzes im Rahmen der Stadterneuerung und des Stadtumbaus

Die Relevanz von Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung für Stadt- und Gemeindeentwicklung ist erheblich und reicht weit über den primären Beitrag zum präventiven Hochwasserschutz hinaus. Es ist durchaus realistisch, dass in den nächsten 15 Jahren etwa 15 % der derzeit an das Kanalisationsnetz angeschlossenen Siedlungs- und Verkehrsflächen auf eine dezentrale Bewirtschaftung umgestellt werden können. Entsprechende Beschlüsse haben bereits die Emschergenossenschaft und die Stadt München gefasst. Würde man dieses Ziel im gesamten Rheineinzugsgebiet realisieren, so ließe sich für ein viertägiges hochwassererzeugendes Niederschlagsereignis ein Rückhaltepotential von rund 500 Mio. m³ schaffen (Sieker 2006). Durch Retentionspolder und Überschwemmungsgebiete durch Deichrückverlegungen können im Rheineinzugsgebiet lediglich 350 Mio. m³ Speicherraum entwickelt werden. Dies unterstreicht eindrucksvoll die Bedeutung der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung, die ergänzend zu den traditionellen Maßnahmen durchgeführt werden sollte.

Darüber hinaus sind auch ökonomische Vorteile eines solchen Systems sowohl für die privaten Grundstückseigentümer als auch für die Gemeinden zu nennen. So können Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen auf Wohn- und gewerblichen Grundstücken realisiert und damit die laufenden Gebühren für die Regenwasserableitung eingespart werden. Die Auswertung von Modellvorhaben hat gezeigt, dass eine Amortisation der Kosten bereits innerhalb von 5 Jahren eintritt (Kaiser 2006). Ökonomische Vorteile ergeben sich aber auch für die Kanalnetzbetreiber. In vielen Altbaugebieten sind inzwischen die Mischwasserkanalnetze insbesondere bei Starkregenereignissen überlastet und bedürfen dringend der Sanierung. Durch eine Abkoppelung dieser Siedlungsbereiche und der damit verbundenen Entlastung der Kanalnetze kann auf eine bauliche Sanierung und Austausch der Kanalrohre sowie auf eine Kapazitätsausweitung des Kanalnetzes und der Reinigungsanlagen zunächst verzichtet werden. Deshalb rechnet die Stadt München bis zum Jahre 2020 bei einer Abkoppelung von 15 % der befestigten Flächen vom Kanalnetz mit einer Kosteneinsparung von immerhin 500 Mio. Euro.

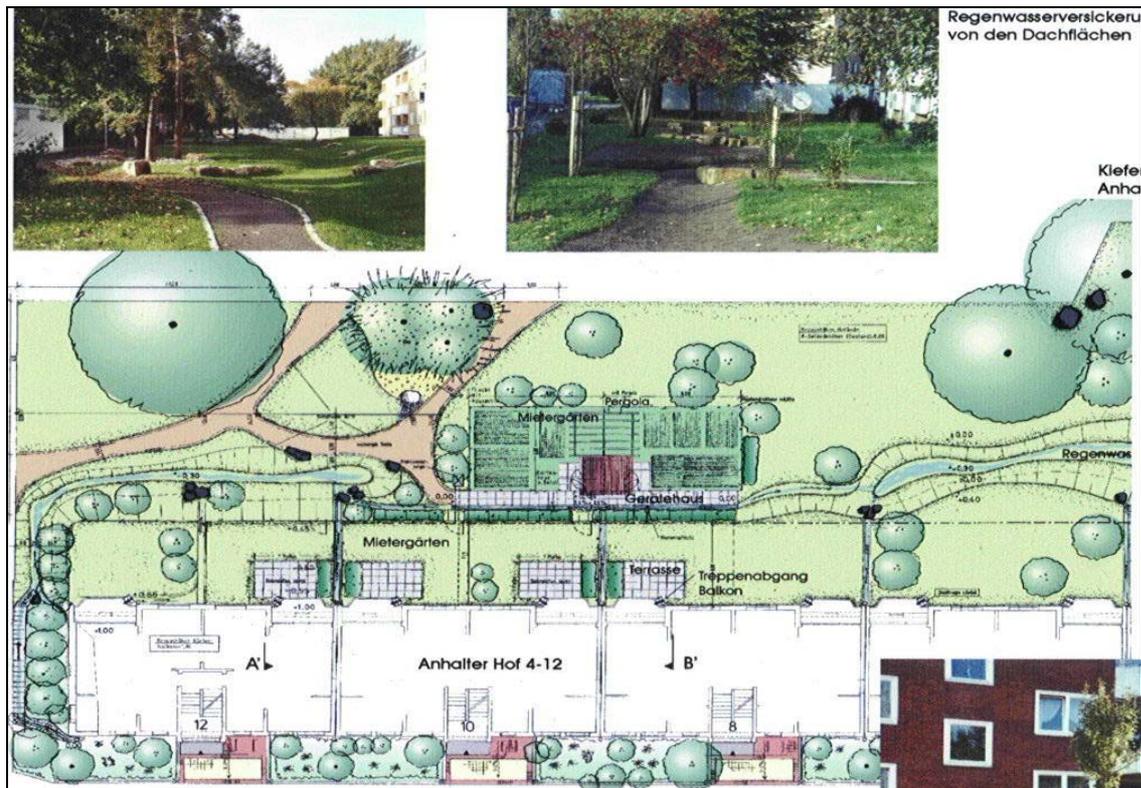


Abbildung 5: Planung nachträglicher Entwässerungsmulden in einer Großsiedlung (Quelle: Stadt Hannover 2000)

Potenziale für solche Maßnahmen bieten sich vor allem in bestehenden Großsiedlungen der 60er bis 80er Jahre sowie in Städten mit rückläufiger Bevölkerungs- und Haushaltsanzahl und demzufolge steigenden strukturellen Leerständen von Wohngebäuden. Der gezielte Rückbau kann einen erheblichen Beitrag auch für den Hochwasserschutz leisten, wenn unter diesen Gesichtspunkten Standorte in überschwemmungsgefährdeten Gebieten bevorzugt zurückgebaut oder aufgelockert werden. Über die für den Wasserhaushalt positiven Wirkungen der Flächenentsiegelung hinaus bieten die neu gewonnenen Freiflächen erhebliche Möglichkeiten für flächen- oder muldenförmige Versickerungssysteme.

Diese zusätzlich geschaffenen Regenwasserversickerungsmaßnahmen im Bestand führen nicht nur zu einer Regeneration des Wasserhaushaltes und der Grundwasserverhältnisse im Siedlungsgebiet, sondern sie können aufgrund der positiven ökologischen Wirkungen als Ausgleichsmaßnahmen für Eingriffe in Natur- und Landschaft an anderer Stelle eines Stadt- oder Gemeindegebietes bewertet und angerechnet werden. Auf Basis von Gestattungsverträgen mit entsprechend langfristiger Laufzeit sind solche Maßnahmen auch auf privaten Grundstücken realisierbar.

Stadtumbaumaßnahmen bieten daher eine Chance, Versickerungs- und Abflussmulden als Elemente der Freiraumgestaltung in die Freiraumplanung zu integrieren und entstehende Brachflächen im Wohnumfeld gestalterisch aufzuwerten, indem Wasserflächen zu einem Gestaltungs-

element in Siedlungsbereichen genutzt werden. Gerade in Großsiedlungen, in denen die Freiräume oftmals nur die Funktion von Abstandsgrün erfüllen, kann durch die geschickte gestalterische Einbindung von Versickerungsmulden eine ansprechende Strukturierung dieser Gemeinschaftsflächen mit halb öffentlichen Charakter vorgenommen werden. Bisherige Modellvorhaben zeigen, dass dadurch die Aufenthaltsqualität der Räume für die Bewohner und Nutzer erheblich verbessert werden kann.

Die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung bietet sich auch als Aktionsfeld des Quartiersmanagements zur Aktivierung der Bevölkerung an. Die Einbeziehung der Bewohner und Nutzer in den Siedlungsgebieten und deren Einbindung in Arbeitskreise und Workshops kann dazu beitragen, dass aus ersten Impulsen und Initiativen dauerhafte Institutionen wie Fördervereine zur Herstellung und Weiterentwicklung der Regenwasseranlagen entstehen, die langfristig die Unterhaltung der Anlagen wahrnehmen. Damit können solche Anlagen nicht nur zur angestrebten Neugestaltung privater und öffentlicher Räume beitragen, sondern auch zur Quartiersbildung in Großsiedlungen.

5. Entschädigungsfragen

Die Festsetzung von Überschwemmungsgebieten nach § 31b Abs. 2 WHG durch die Fachbehörde greift nicht nur unmittelbar in die kommunale Planungshoheit ein, sondern auch in das private Eigentum an Grundstücken: Zum einen löst es für die Gemeinden hinsichtlich neuer Baugebiete ein Planungsverbot in Überschwemmungsgebieten aus und zum anderen sind Bauvorhaben hier grundsätzlich nicht mehr genehmigungsfähig. Hinsichtlich der Frage, ob derartige Gebietsfestsetzungen mit Blick auf die Eigentumsgarantie des Art. 14 GG eine Entschädigungspflicht auslösen, ist ein Urteil des BVerwG zum Hochwasserschutz aus dem Jahr 2004 sehr aufschlussreich²: Das Gericht führt aus, dass der Hochwasserschutz eine Gemeinwohlaufgabe von hohem Rang sei, die einschränkende Regelungen im Sinne des Art. 14 Abs. 1 GG rechtfertige. Das grundsätzliche Bauverbot sei geeignet und erforderlich, um den gesetzlichen Zweck zu erreichen, die natürlichen Rückhalteflächen zu erhalten und dadurch den schadlosen Abfluss des Hochwassers zu sichern. Das Bauverbot belaste den Eigentümer auch nicht übermäßig, da nach Landesrecht Ausnahmen zulässig seien. Eine Ausnahme sei allerdings nicht genehmigungsfähig, wenn durch die geplante Nutzung der Wasserabfluss, die Höhe des Wasserstands oder die Rückhaltung beeinflusst werden könnten. Aus Gründen der Gefahrenvorsorge müsse eine Gefahr erhöhende Nutzung unterbunden werden. Ein Überschwemmungsgebiet könne nur für solche Grundstücke festgesetzt werden, die tatsächlich bei Hochwasser überschwemmt werden. Eine Änderung ihrer Nutzung, insbesondere ihre Bebauung, verringere aber bisher vorhandene natürliche Rückhalteflächen und erhöhe dadurch die Gefahr, dass sich das Hochwasser auf bisher nicht betroffene Bereiche ausweite. Ähnliche Grundsätze gelten im Übrigen auch bei der eigentumsrechtlichen Beurteilung von Einschränkungen der Bodennutzung durch Planungen des Natur- und Landschaftsschutzes, des Denkmalschutzes und der Ortsgestaltung³.

² Vergl. Urteil des BVerwG vom 22.7.2004 – 7 CN 1.04

³ Vergl. Papier in Maunz-Düring, Kommentar zu Art 14 GG, Rd. 422 ff.

Wird diese restriktive Haltung auf die durch das Hochwassergesetz eingeführten Regelungen übertragen, so sind danach neue Bauvorhaben in Überschwemmungsgebieten nicht mehr genehmigungsfähig. Eine Entschädigungspflicht liegt indessen nach den Kriterien der Situationsgebundenheit und der objektiven Nutzbarkeit dann nicht vor, wenn das Grundstück weder vorher bebaut noch bebaubar war⁴. Dabei müssen folgende Fälle unterschieden werden:

1. In einem im Zusammenhang bebauten Ortsteil nach § 34 BauGB ist ein Vorhaben nur dann zulässig, wenn u.a. die Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse gewahrt bleiben. Ein geplantes Vorhaben in einem natürlichen Überschwemmungsbereich wird daher regelmäßig bereits an diesen Anforderungen scheitern. Es liegt folglich kein entschädigungspflichtiger Eingriff in das Eigentum vor.
2. Ein Bauvorhaben im planungsrechtlichen Außenbereich nach § 35 BauGB ist nur dann zulässig, wenn bei privilegierten Vorhaben die Belange des Hochwasserschutzes nicht entgegenstehen bzw. bei sonstigen Vorhaben nicht beeinträchtigt werden. In natürlichen Überschwemmungsbereichen werden Vorhaben an diesen Anforderungen scheitern. Die redaktionelle Ergänzung des § 35 Abs. 3 Nr. 6 BauGB hat diesbezüglich lediglich eine Klarstellung gebracht.
3. Liegt ein Bebauungsplan nach §§ 13a oder 30 BauGB vor, kommt das Planungsschadensrecht nach § 42 BauGB zur Anwendung. Danach wird das Versagen der Baugenehmigung innerhalb der siebenjährigen Plangewährleistungsfrist wohl Entschädigungsansprüche an die Gemeinde auslösen. Erst nach Ablauf dieser Frist kann die Gemeinde den Bebauungsplan und damit die bestehenden, aber noch nicht ausgeübten Baurechte entschädigungslos aufheben. Entschädigungsansprüche für ausgeübte Nutzungen bleiben indessen bestehen, sofern die Aufhebung des Baurechtes dazu führt, dass eine wirtschaftliche Verwertung des Grundstücks nicht mehr möglich ist oder wesentlich erschwert wird. Geht man davon aus, dass die Belange des Hochwasserschutzes bereits nach alter Rechtslage in die Abwägung hätten einbezogen werden müssen, um Flächen von Nutzungen freizuhalten, die die Wasserrückhaltung oder den schadlosen Hochwasserabfluss behindern, so werden gerechtfertigte Entschädigungsansprüche von der Gemeinde zu tragen sein.

Zusammenfassend kann festgestellt werden dass die Regelungen des Gesetzes zur Verbesserung des Hochwasserschutzes vom 3.5.2005 keine neuen Planungsschadensansprüche begründen.

6. Fazit

Anlagen und Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung sowie die Steuerung der Siedlungsflächenentwicklung und einzelner Bauvorhaben sind ein essentieller Beitrag der Kommunen zum vorbeugenden Hochwasserschutz. Ihre sorgfältige Abstimmung und Integration in die Stadtentwicklungsplanung sind unverzichtbar. Insbesondere die Kombination mit Maßnahmen des Stadtumbaus eröffnet vielfältige Chancen und schafft Synergien. Allerdings ist zu beachten, dass der Klimawandel neben verstärkten Hochwasserrisiken auch wachsende Probleme

⁴ Vergl. auch Fassbender (2007), S. 932..

me infolge Sommertrockenheit mit sich bringt. Strategien zur Förderung des Wasserrückhalts in der Fläche können daher auch dazu einen wirksamen Beitrag leisten. Es ist daher vordringlich, Hochwasserminderungsansätze gemeinsam mit Wasservorsorgeansätzen weiter zu entwickeln.

Literaturverzeichnis:

- ATV-DVWK (2002): Arbeitsblatt A 138 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser; Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik, Hennef.
- Birkmann, J. (2008): Globaler Umweltwandel, Naturgefahren, Vulnerabilität und Katastrophensilienz. In: Raumforschung und Raumordnung 1/2008; S. 5-22.
- Dikau, B.; Pohl, J. (2007): „Hazards“: Naturgefahren und Naturrisiken. In: Gebhardt, H.; Glaser, R.; Radtke, U.; Reuber, P. (Hrsg.): Geographie, Physische Geographie und Humangeographie.. Heidelberg, S. 1029-1076.
- Fassbender, K. (2007): Aktuelle Fragen und Entwicklungen des Hochwasserschutzes. In: BVBl, S. 926-935.
- Kaiser, M. (2006): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung als Baustein einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung. In: Raumforschung und Raumordnung 2/2006, S. 126-134.
- Kötter, Th.; Friesecke, F. (2006): The Contribution of the Surveying Profession to Disaster Risk Management, A publication of FIG Working Group 8.4, International Federation of Surveyors (FIG) Frederiksberg, DENMARK. 39
- Maunz-Düring (Stand 2006): Kommentar zum GG, Loseblatt.
- Sieker, F. (2006): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Siedlungsgebieten. In: Wasser + Abwasser 147 (2006) Nr. 4 S. 310-314.
- Sieker, Friedhelm et al. (2008): Vorbeugender Hochwasserschutz in der Fläche - untersucht am Beispiel des Einzugsgebietes der Mulde in Sachsen. In: Wasser + Abwasser, S. 404-415.

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Theo Kötter
Universität Bonn
Institut für Geodäsie und Geoinformation
Professur für Städtebau und Bodenordnung
Nußallee 1
53115 Bonn

Technische Maßnahmen zum vorbeugenden Hochwasserschutz

Technical measures to the preventative flood protection

H. Patt

1. Allgemeines

Es ist unbestritten, dass der Mensch in der Vergangenheit mit seinen Nutzungen zu nahe an die Gewässer herangerückt ist. Wohngebiete, Industrie und Infrastruktureinrichtungen sind insbesondere in historisch gewachsenen städtischen Bereichen in den natürlichen Überschwemmungsgebieten der Fließgewässer konzentriert.

Für die Intensivierung der Nutzungen an den Fließgewässern gab es in der Vergangenheit viele gute Gründe. Heute, wo ein Abrücken vom Gewässer meist nicht mehr möglich ist, gilt es Konzepte zu entwickeln, um die Schäden bei einem Hochwasser (HW) möglichst gering zu halten. In innerstädtischen Bereichen kann dazu in der Regel auf technische Schutzmaßnahmen und organisatorische Vorausplanungen nicht verzichtet werden.

Die in diesem Aufsatz vorgestellten Überlegungen und Maßnahmen gelten überwiegend für urbane Bereiche. Ein optimaler Hochwasserschutz muss jedoch auch Maßnahmen im Einzugsgebiet vorsehen. Dazu zählen zum Beispiel die Wiederanbindung abgeschnittener Überschwemmungsgebiete oder der Bau von Hochwasserrückhaltebecken.

Ein hundertprozentiger Schutz vor Hochwasserschäden wird trotz aller Vorsorge nicht erreichbar sein. Eine optimale Kombination aller beschriebenen Maßnahmen sollte jedoch auf Dauer zu einer Verbesserung des Hochwasserschutzes, d.h. zu einer deutlichen Reduzierung der Hochwasserschäden führen (z.B. LAWA 1995; LAWA 2000).

2. Planungsgrundlagen

Die Verteilung des Wassers im Wasserkreislauf kann durch die Wasserhaushaltsgleichung, d.h. durch eine Bilanzierung der Parameter Niederschlag, Verdunstung, Abfluss und Rückhalt beschrieben werden. Höhere Abflüsse (= Hochwasser) sind in diesem Zusammenhang ein wesentlicher Bestandteil eines natürlichen Wasserkreislaufes.

Von den vielfältigen anthropogenen Einwirkungen auf den natürlichen Wasserkreislauf sind insbesondere das Heranrücken der Nutzungen an die Fließgewässer und der damit verbundene Gewässerausbau mit entsprechenden Hochwasserschutzmaßnahmen zu nennen. Der dadurch verursachte Verlust an natürlichen Rückhaltmöglichkeiten (Retentionsräume) und die Beschleunigung der Abflüsse bewirken meist höhere Wasserstände (PATT et al. 2004).

2.1 Gerinne- und Geländedaten, Niederschläge, Abflüsse, Wasserstände, Überschwemmungsgrenzen

Für die Planung des Hochwasserschutzes werden Gerinnetdaten (z.B. Gerinneabmessungen, Sohlengefälle, Rauheiten), Geländehöhen sowie gemessene Abflüsse bzw. Wasserstände benötigt. Luftaufnahmen zeigen eindrucksvoll und zeitgleich die Überschwemmungsgrenzen und Schwachstellen eines größeren Gewässerabschnittes. Bei Verwendung handelsüblicher Speichermedien stehen die vorhandenen Informationen auch später für eine weitergehende Bearbeitung und Auswertung zur Verfügung, wie z.B. in einem Geoinformationssystem (GIS) oder ein Niederschlags-Abfluss-Modell (NA-Modell).

2.2 Hochwasservorhersage

Die Hochwasservorhersage ist für den organisatorischen (insbesondere zeitlichen) Ablauf der Schutzmaßnahmen wichtig. Dazu müssen repräsentative Parameter (i.d.R. Niederschlagshöhen und Wasserstände) an geeigneten Messstellen im Einzugsgebiet ermittelt werden, um daraus die voraussichtliche Entwicklung der Wasserstände an dem zu schützenden Gewässerabschnitt ableiten zu können. Zwischengeschaltete hydrologische Auswerteprogramme können die Entscheidungsträger bei der Bewältigung der Informationsflut unterstützen.

Von besonderer Bedeutung sind die Vorhersagezeiträume (Vorwarnzeiten) und die Verlässlichkeit der Angaben. Durch den Vergleich von "vorhergesagten" Wasserständen und gemessenen Werten ist es möglich, die Prognosen über die Jahre kontinuierlich zu verbessern.

2.3 Hochwasserwelle

Wichtige Planungsgrundlagen sind auch der zeitliche Ablauf eines Hochwassers, d.h. der Verlauf der Wasserstände über einem „mittlerem“ Wasserstand (z.B. dem Mittelwasserstand -MW- s. Bild 1), und die Maximalwasserstände (Hochwasserscheitel). Die maximalen Wasserstände und die Form der Hochwasserwelle bestimmen die Hochwasserfülle, d.h. das „Wasservolumen“ eines Hochwassers. In Bild 1 ist beispielhaft eine HW-Welle mit nur einem Scheitel skizziert. Es ist jedoch durchaus möglich, dass mehrere Maxima kurz hintereinander folgen.

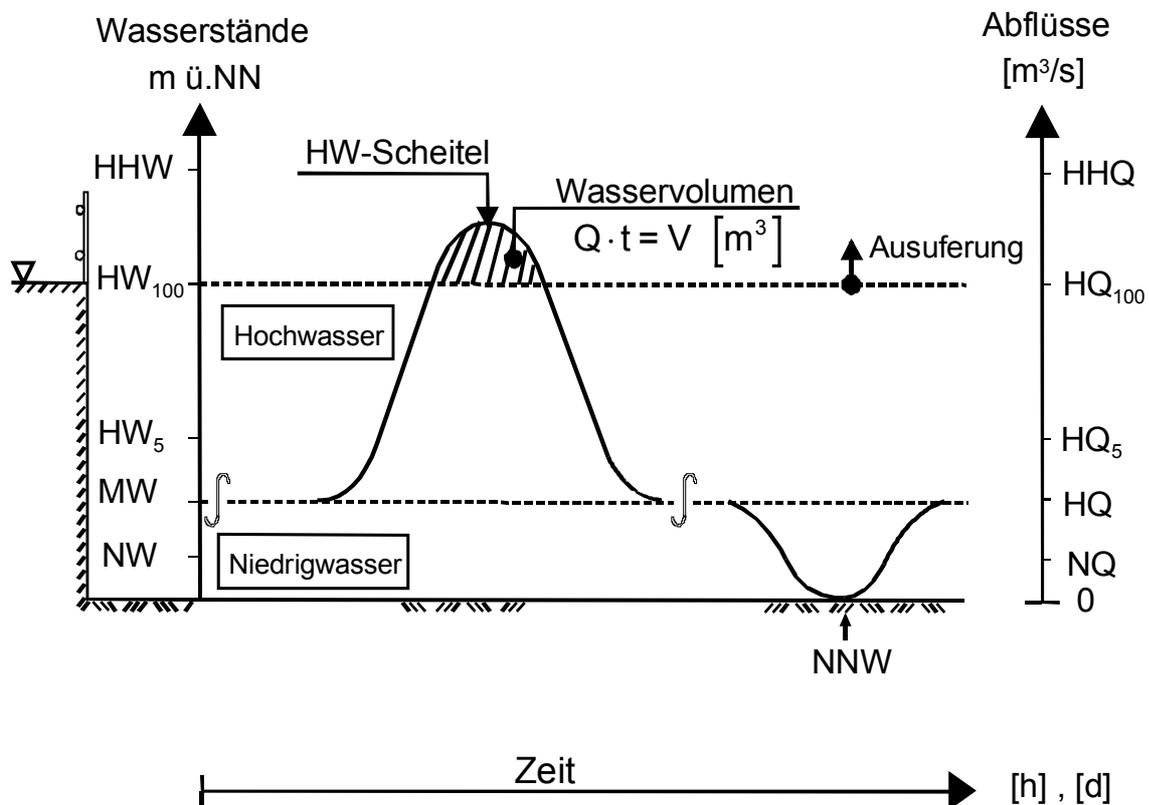


Abbildung 1: Beispiel für den zeitlichen Verlauf einer Hochwasserwelle

Für den Hochwasserschutz ist von besonderer Bedeutung, bei welchen Wasserständen es voraussichtlich wann und wo zu welchen schädlichen Auswirkungen kommen wird (z.B. erste Ausuferungen bei einem HW100 - Überschwemmung einer Straße - s. Bild 1) und welche Gegenmaßnahmen damit verbunden sind (z.B. Sperrung der Straße). Auf diese Weise lassen sich allen vorgesehenen Schutzmaßnahmen entsprechende Wasserstände zuweisen.

2.4 Oberflächenwasser, Grundwasser, Abwasserkanäle

Hinsichtlich der "Wege", wie das Wasser an die Schutzgüter gelangt, ist zwischen oberirdischem Wasser (Oberflächenwasser) und unterirdischem Wasser (Grundwasser) zu unterscheiden. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sollen hier dazu einige Hinweise gegeben werden.

- **Oberflächenwasser → Ausuferungen → Überschwemmungen**

Die Überschreitung der Gerinneleistungsfähigkeit führt zu Ausuferungen, die in den angrenzenden Flächen Überschwemmungen verursachen. Tiefer liegende Bereiche (z.B. Mulden, Senken, Keller, Tiefgaragen) werden zuerst geflutet, während höher liegende Geländepunkte (z.B. Aufhöhungen, Anschüttungen) entsprechend später mit dem Wasser in Kontakt kommen.

Überschwemmungen führen zu einer Einschränkung der Mobilität der Bevölkerung (Individualverkehr und öffentlicher Nahverkehr), zu einer eingeschränkten Nutzung der dort befindlichen Wohn- und Infrastruktureinrichtungen oder einfach nur zum Kontakt mit Wasser (Nässe, Feuchtigkeit). Die mitgeführten Inhaltsstoffe (hauptsächlich Schwimmstoffe, Schwebstoffe, gelöste Stoffe) führen zu Verunreinigungen, die meistens einen erhöhten Sanierungs- und Reinigungsaufwand erfordern.

Bei Hochwasser werden die Gewässerberandungen (Gewässerbett - Sohle und Ufer, Deiche, Ufermauern, Fundamente) aufgrund der erhöhten hydraulischen Belastungen stärkeren Beanspruchungen ausgesetzt. Unterspülungen und Auftriebskräfte können die Stabilität ganzer Gebäude beeinträchtigen. Die Verstopfung von Abflussquerschnitten mit Schwimmstoffen kann steigende Wasserstände sowie höhere Fließgeschwindigkeiten bewirken und so die Kraftwirkungen noch verstärken. Feststoffumlagerungen und -ablagerungen können ebenfalls die Belastungen erhöhen.

- **Grundwasser → Sickerwasser → Qualmwasser → Flutungen**

Bei länger andauernden hohen Wasserständen im Fließgewässer stellen sich, mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung wegen der stark reduzierten Fließgeschwindigkeiten im Grundwasserleiter, auch höhere Grundwasserstände ein. Hinter Hochwasserschutzdeichen können deshalb insbesondere an tiefer liegenden Geländepunkten kritische hydraulische Belastungen (z.B. die Gefahr eines hydraulischen Grundbruches) und Überschwemmungen durch Wasseraustritte auftreten. Lange bevor Überflutungen durch Oberflächenwasser eine Rolle spielen, können durch Grundwasseraustritte bereits große Flächen unter Wasser stehen. Tröstlich für die Anwohner ist allenfalls, dass das Grundwasser i.d.R. nicht verunreinigt ist.

- **Wasser in Kanalnetzen → Abwasserreinigung**

Auch über die Abwasserkanäle kann Flusswasser hinter die Deiche gelangen. Im Vergleich zum Grundwasserleiter fließt das Wasser in den Kanälen jedoch wesentlich schneller. Es kann durch die oft weit verzweigten Kanalnetze weit in das Hinterland vordringen und an jeder nicht gesicherten Anschlussstelle (z.B. Schächte, Gullys) austreten.

Übliche Gegenmaßnahmen sind das Höherlegen der Kanalauslässe (z.B. die Wehrschwellen der Regenüberlaufbecken), wasserstandsabhängige Abschieberungen im Kanalnetz und Rückstausicherungen (MEYER 1997). Gegen das Eindringen von Oberflächenwasser in die Kanalisation schützen wasserdichte Kanaldeckel. Oft findet das Wasser jedoch seinen Weg in die Kanäle über undichte Leitungen. In hochwasserbetroffenen Bereichen sollte der Sanierung der Abwasserkanäle daher große Bedeutung beigemessen werden.

Anfallendes Abwasser (i.d.R. Mischwasser) wird u.a. in Rückhaltebecken und Stauraumkanälen gespeichert. Von dort wird das Schmutzwasser durch Pumpen in höher liegende Netzteile gefördert und von dort den Kläranlagen zur Reinigung zugeführt. Bei kleineren Hochwasserereignissen kann so meist sichergestellt werden, dass Abwasser in das Fließgewässer gelangt.

3. Hochwasserschutzmaßnahmen in urbanen Bereichen

Hinsichtlich der Schutzmaßnahmen ist zwischen der Bauvorsorge (dem vorbeugenden baulichen Hochwasserschutz), der Verhaltensvorsorge und dem Hochwassermanagement zu unterscheiden (PATT 2001; ROTHER 1995). Die wichtigsten Gestaltungsmöglichkeiten für den Hochwasserschutz in urbanen Bereichen sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Die Maßnahmen im Rahmen der Bauvorsorge und der Verhaltensvorsorge werden, schon alleine aus Kostengründen, sukzessive über längere Zeiträume realisiert. Dazu zählen z.B. Bau und Sanierung der Hochwasserschutzdeiche, Sanierung der Abwasserkanäle, Förderung der Regenwasserversickerung, aber auch die Berücksichtigung der Hochwasserproblematik in der Bauleitplanung oder die Verbesserung der Hochwasservorhersage. Das Hochwassermanagement umfasst die Koordinierung aller vorgesehenen Maßnahmen während eines Hochwassers.

3.1 Bauvorsorge

Bei der Bauvorsorge ist zwischen raum- und objektorientierten Maßnahmen zu unterscheiden. Die Übergänge sind jedoch meist fließend.

3.1.1 Raumorientierte Schutzmaßnahmen

Raumorientierte Schutzmaßnahmen in urbanen Bereichen umfassen zum Beispiel die Festlegung der Linienführung der Schutzdeiche und der mobilen Hochwasserschutzwände, die Erschließung von lokalen (stadtnahen) Rückhalteräumen sowie alle großräumige Maßnahmen im Kanalnetz.

3.1.2 Objektorientierte Schutzmaßnahmen

Im Hochwasserfall sind Gebäudeaußenwände, insbesondere Kellerwände und Sohle, den Einwirkungen des Wassers ausgesetzt. Zu den objektorientierten Schutzmaßnahmen gehören zum Beispiel die Anwendung spezieller Bauweisen in hochwassergefährdeten Bereichen, der Einbau von Sperren gegen das Eindringen von Wasser, die Verwendung geeigneter Baumaterialien und Überlegungen zur Nutzung von Gebäuden.

- **Gründungen**

Von Wasser beanspruchte Gebäudeteile müssen dicht gegründet werden. Dafür kommen „schwarze“ (Dichtung auf bituminöser Basis) und „weiße“ (Dichtung durch verminderte Rissbildung oder Beschränkung der Rissbreiten des Stahlbetons) Wann in Frage (WEBER 1996).

- **Abschottungen, Absperrungen, Abdichtungen**

Durch Fenster- und Türöffnungen sowie Aussparungen für Hausanschlüsse kann Wasser in ein Gebäude eindringen. Diese Öffnungen müssen gegen eindringendes Wasser gesichert werden. Dazu müssen entsprechende Verschlüsse, Nischen, Verankerungen o.ä. vorbereitet werden.

- **Innenausbau, Nutzung**

Der Innenausbau (Baumaterialien) und die Nutzung muss den möglichen Einwirkungen eines Hochwassers Rechnung tragen. In diese Kategorie von Vorsorge fallen z.B. die hochwassersichere Ausführung von Ver- und Entsorgungsleitungen sowie eine geeignete Elektrizitätsversorgung.

3.1.3 Absperrsysteme, Schutzkonstruktionen

Grundsätzlich ist zwischen ortsfesten, d.h. dauerhaft vor Ort befindlichen, und zeitweise wirkenden Schutzkonstruktionen zu unterscheiden (PATT 2001). Welche dieser beiden Bauformen gewählt wird, hängt an Fließgewässern mit großen Einzugsgebieten vorzugsweise von gestalterischen Gesichtspunkten, vom baulichen Gesamtkonzept und von der Einpassung der Schutzbauten in bestehende Strukturen ab (Bild 2).

Eine besondere Bedeutung haben ortsfeste HW-Schutzkonstruktionen bei kurzen Vorwarnzeiten. Dies betrifft insbesondere Gewässern mit kleinen Einzugsgebieten (z.B. im alpinen Raum), wenn lokal starke Niederschläge auftreten und diese aufgrund der Charakteristik des Einzugsgebietes innerhalb von kurzer Zeit abflusswirksam werden. Unter derartigen Bedingungen ist in der Regel keine Zeit für den Aufbau oder die Aktivierung von Schutzmaßnahmen vorhanden, so dass ausschließlich ortsfeste Schutzbauten wirksam sein können. Die Vorwarnzeit ist deshalb ein wesentliches Auswahlkriterium.

Ortsfeste Konstruktionen bieten zudem größere Sicherheiten, so dass diese, unter Beachtungen der bautechnischen Regeln, wesentlich höher gebaut werden können. Sie können derart gestaltet werden, dass eine Erhöhung durch mobile oder bewegliche Schutzkonstruktionen möglich ist.

Die ortsfesten Konstruktionen können wiederum in Hochwasserschutzdeiche und ortsfeste Hochwasserschutzwände unterteilt werden. Ein großer Vorteil der Hochwasserschutzdeiche ist, dass sich diese durch landschaftspflegerische Maßnahmen den natürlichen Strukturen an einem Fließgewässer besser anpassen lassen, so dass, bei entsprechender Gestaltung, die technisch-funktionalen Komponenten etwas in den Hintergrund rücken. In vielen Fällen können diese daher auch für Freizeit- und Erholungsaktivitäten erschlossen werden (z.B. Rad- und Wanderwege, Naturerleben). Hochwasserschutzdeiche benötigen jedoch wesentlich mehr Grundfläche als Hochwasserschutzmauern und sind daher in innerstädtischen Bereichen schon alleine aus Platzgründen häufig nicht realisierbar. Als Alternative zu Schutzdeichen werden dann Hochwasserschutzwände gebaut. Häufig ist dies in urbanen Bereichen durch den gewachsenen Bestand vorgegeben.

Gestalterische Fragen und die Sicherstellung des Zugangs zum Gewässer bei normalen Wasserständen sind Gründe, bewegliche oder mobile Systeme vorzusehen. Sind keine Befestigungsmöglichkeiten vorhanden, kommen Sandsackdeiche und Sandsack-Ersatzsysteme zum Einsatz. Ob und welches Sandsack-Ersatzsystem einen Sandsackdeich ersetzen kann, hängt von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten ab. Bei der Auswahl können die folgenden Kriterien herangezogen werden:

- Zeit- und Personalbedarf für Auf- und Abbau, Transport, Wartung
- Kosten für Anschaffung und Unterhaltung

- Platzbedarf bei der Lagerung
- Nachkaufbarkeit des Systems
- Anpassbarkeit des Systems an örtliche Besonderheiten (Treppen, Hausecken, Stufen u. a.)
- Einsatz des Systems auch in überschwemmten Bereichen möglich
- Möglichkeit der Erhöhung des Systems

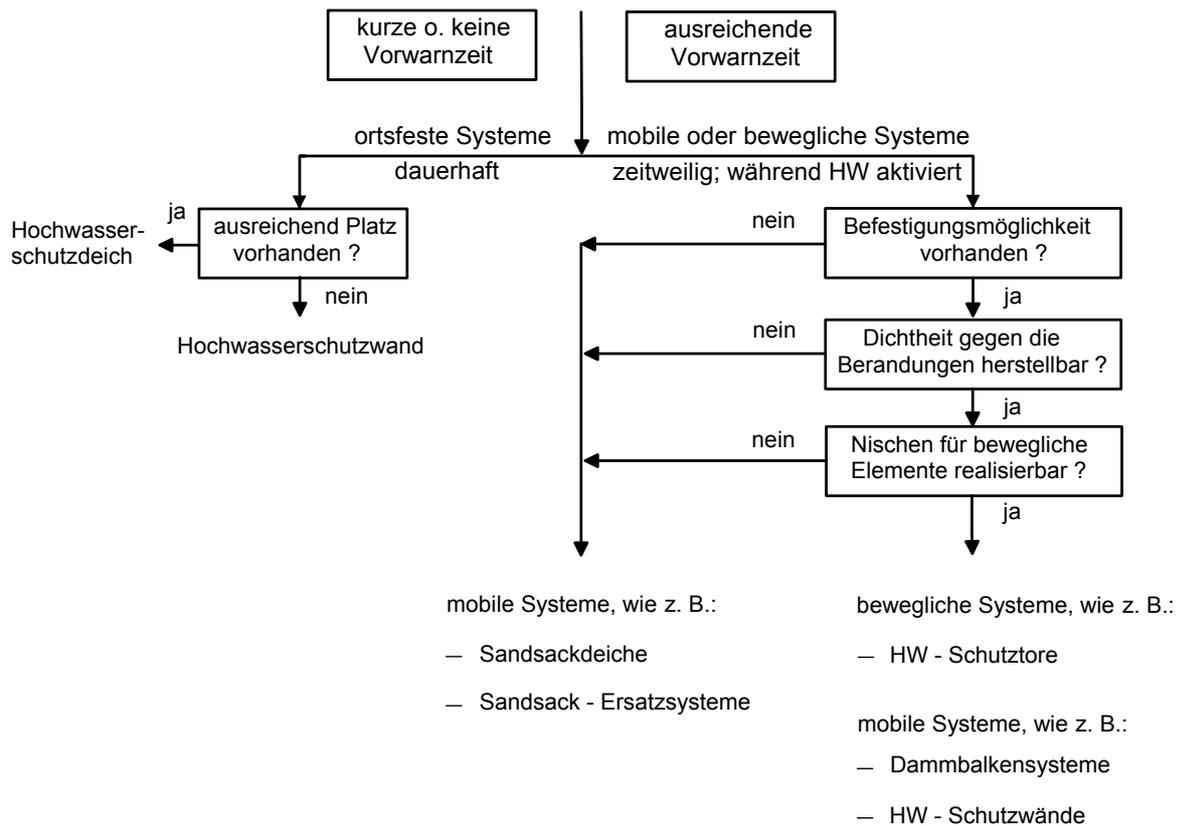


Abbildung 2: Vereinfachtes Schema zur Auswahl einer Hochwasserschutzkonstruktion

Der mit der Deichhöhe überproportional ansteigende Bedarf an Sandsäcken, die damit verbundenen Auf- und Abbauzeiten und der Materialbedarf sowie die mit zunehmender Bauhöhe hinzukommenden Sicherheitsaspekte bei Bau und Einstau sind Gründe, welche die Höhe eines Sandsackdeiches von vornherein limitieren. Es ist daher sicher nicht falsch, die maximale Höhe eines Sandsackdeiches auf ca. 1,8 m zu begrenzen. Sandsack-Ersatzsysteme sollten aus Sicherheitsgründen nicht höher als 1,2 m eingestaut werden.

Mobile Hochwasserschutzwände sind schneller aufgebaut als Sandsack-Deiche oder Sandsack-Ersatzsysteme, benötigen kein Füllmaterial und haben in der Regel den Vorteil einer platzsparenden Lagerung. Voraussetzung für den schnellen Aufbau sind vorbereitete Befestigungsvor-

richtungen (systemabhängig) oder eine stabiler Untergrund. Bei der Planung sollte aus Sicherheitsgründen eine Wandhöhe von 1,2 m nicht überschritten werden (PASCHE 1997).

Bewegliche Hochwasserschutzkonstruktionen (Hochwassertore u.ä.) können nur dann eingesetzt werden, wenn Befestigungsvorrichtungen und entsprechende glatte Flächen für die Abdichtung vorhanden sind. Gleiches gilt auch für einige mobile Konstruktionen, wie zum Beispiel Damm-balkensysteme.

Bei entsprechend stabiler Ausführung können bewegliche Systeme höher eingestaut werden, als mobile Schutzkonstruktionen. Dies muss durch eine statische Berechnung und eine Abnahme des Bauwerkes vor Ort sichergestellt werden. Werden auf einer kurzen Schutzstrecke (z. B. einer Tor- oder Maueröffnung) daher Wassertiefen $> 1,2$ m erwartet, sollten die erforderlichen Befestigungsmöglichkeiten geschaffen werden.

Welches Hochwasserschutzsystem letztendlich die besten Voraussetzungen für den Hochwasserschutz einer Gewässerstrecke bietet, kann abschließend nur unter Einbeziehung der örtlichen Gegebenheiten entschieden werden. Da die Verhältnisse vor Ort nicht einheitlich sind, finden sich in einer Hochwasserschutzlinie in der Regel Komponenten mehrerer Schutzsysteme. Deshalb sind Ortstermine, Gespräche mit den Gewässeranliegern, mit betroffenen Behörden und eine sorgfältige Bestandsaufnahme unabdingbar, wenn unliebsame Überraschungen vermieden werden sollen.

3.2 Verhaltensvorsorge

Die Verhaltensvorsorge umfasst alle organisatorischen Maßnahmen im Vorfeld eines Hochwassers, die geeignet sind, Schäden zu vermeiden oder zu reduzieren. Hierzu gehören sowohl städteplanerische Aspekte als auch die Schaffung geeigneter Organisationsstrukturen, ein geeignetes Hochwassermeldesystem und die Ausarbeitung von Informationsunterlagen.

- **Bauleitplanung**

In der Bauleitplanung (Flächennutzungs- und Bebauungspläne) sollten die Aspekte des Hochwasserschutzes stärker und ernsthafter berücksichtigt werden. So ist zum Beispiel nach dem Wasserhaushaltsgesetz (§ 32 WHG) die Bebauung der natürlichen Überschwemmungsgebiete nicht mehr ohne weiteres möglich. Von den vorgesehenen Ausnahmen (§ 32 Abs. 2 WHG) sollte möglichst wenig Gebrauch gemacht werden.

- **Bau- oder Kaufberatung**

Für Hauseigentümer und Käufer von Immobilien in hochwassergefährdeten Bereichen sind Hinweise auf die Problematik „Wohnen in hochwassergefährdeten Bereichen“ in Form einer Bau- oder Kaufberatung wichtig. Informiert werden sollte nicht nur über die Einschränkung der Bewegungsfreiheit im Hochwasserfall, sondern auch über die möglichen Auswirkungen auf die Bausubstanz und die erhöhten Unterhaltungsaufwendungen. Weiterhin sollten konkrete Ratschläge für das Verhalten bei Hochwasser sowie Vorschläge für bauliche Vorsorgemaßnahmen enthalten sein. Der Hinweis, dass die Risiken eines Hochwassers unter bestimmten Voraussetzungen versichert werden können, sollte nicht fehlen.

- **Aufbau von Organisationsstrukturen**

Die Zuständigkeiten und Informationswege während eines Hochwassers müssen eindeutig geregelt werden. Bewegt sich das Hochwasser im „normalen“ Rahmen, obliegt die Koordination aller Maßnahmen i.d.R. einer aus verschiedenen Fachabteilungen (z.B. Umweltamt, Tiefbauamt, Ordnungsamt, Stadtreinigung, Feuerwehr, Polizei u.a.) zusammengesetzten Hochwasserschutzzentrale. Aber auch die Aufgaben der einzelnen Einsatzgruppen vor Ort müssen detailliert festgelegt werden.

Entwickelt sich das Hochwassergeschehen unkontrolliert (z.B. nach einem Deichbruch), müssen entsprechende Katastrophenschutzpläne vorbereitet sein.

Tabelle 1: Maßnahmengruppen und Einzelmaßnahmen für den HW-Schutz urbaner Bereiche (Auswahl)

unabhängig von einem Hochwasserereignis:

die **Bauvorsorge** umfasst z.B.

- Wahl eines hochwassersicheren Standortes
- Bau von Deichen und Schutzmauern
- Schaffung der baulichen Voraussetzungen für Maßnahmen im Rahmen des Hochwassermanagement (z.B. Aussparungen für Dammbalken, Befestigungen für Schutzwände)
- Spezielle Formen der Bauwerksgründung (weiße oder schwarze Wanne)
- Verwendung von geeigneten Baumaterialien
- angepasster Innenausbau und Raumaufteilung
- Maßnahmen im Kanalnetz (Abschottungen, Pumpwerke, Kanalstauräume, Sanierung des Leitungsnetzes)
- Bau von Hochwasserrückhaltebecken

unabhängig von einem Hochwasserereignis: nach Überschreiten eines Schwellenwertes ..

<p>die Verhaltensvorsorge umfasst z.B.</p> <p>Bauleitplanung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Freihalten der Fließquerschnitte und Überschwemmungsgebiete - Bauberatung - Ausweisung von Überschwemmungsgebieten <p>Schaffung von schnell und effektiv reagierenden Organisationsstrukturen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Organisation der Einsatzführung (z.B. Einrichtung einer HW-Schutzzentrale) - Zusammenstellung und Einplanung anderer Organisationseinheiten, z.B. <ul style="list-style-type: none"> - Bundeswehreinsetzes, Polizei, Technisches Hilfswerk - Katastrophenschutzmaßnahmen <p>Hochwasservorhersage</p> <ul style="list-style-type: none"> - Auswahl von repräsentativen Messdaten und Auswerteverfahren - Aufbau, Unterhaltung und Nutzung des HW-Meldesystems <p>Ausarbeitung und Fortschreibung von technischen Anleitungen, Ratgebern u.a.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hochwasseralarmplan - Ausarbeitung einer HW-Vorschrift - Aufstellung von Risikokarten - Hinweise auf Versicherungen 	<p>das Hochwassermanagement umfasst z.B.</p> <p>Bürgerinformation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Herstellung einer ständigen Erreichbarkeit - Information, Beratung und Warnung der Bevölkerung (Hochwasserwarndienst) <ul style="list-style-type: none"> - Broschüren, Faltblätter, Telefonansagen, Radio und Fernsehen - Bürgertelefone, Internet-Seiten <p>Schutz- und Hilfsmaßnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abfallentsorgung, Straßenreinigung - Sperrung von Straßen, Umleitungen - Ausgabe von Hilfsmaterialien Aufbau der mobilen Wände und Stege - Versorgung der Einsatzkräfte - Evakuierung und Räumung z.B. von <ul style="list-style-type: none"> - Wohnhäusern, - Krankenhäusern, - Tierheimen, Tierparks (Zoo) - Planung Öleinsätze, Entsorgung - Unterbringung u. Notverpflegung der Bevölkerung - Schutz der HW-Schutzmaßnahmen und Einrichtungen vor Schaulustigen - Abbau der Schutzeinrichtungen und Aufräumarbeiten - Schadenaufnahme, -bewertung - Bereitstellung von finanzielle Hilfeleistungen von HW-Betroffenen
---	--

3.3 Hochwassermanagement

Nach Überschreiten eines festgelegten Schwellenwertes (s. Abbildung 3) treten die vorgesehenen Schutzmaßnahmen nach einem auszuarbeitenden Hochwasser-Alarmplan in Kraft.

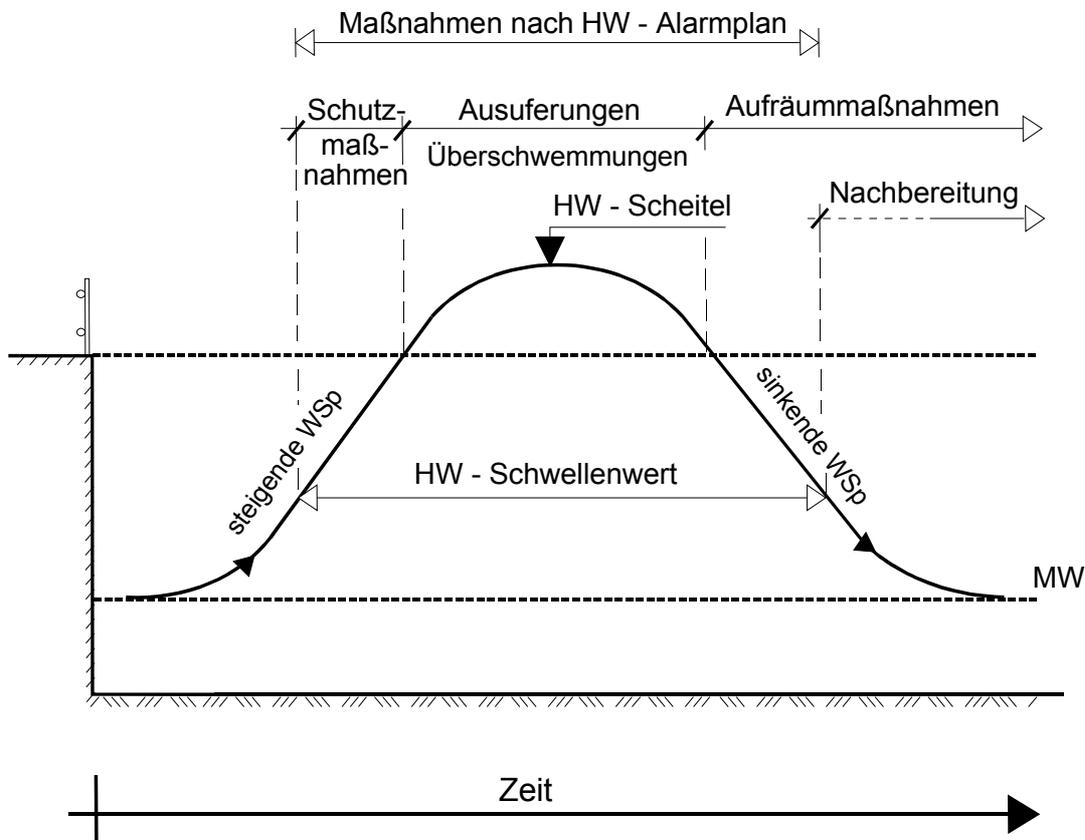


Abbildung 3: Maßnahmen im Hochwassermanagement

3.3.1 Maßnahmenkatalog (Hochwasseralarmplan)

Die umfassende Information aller Beteiligten (betroffene Bürger; aber auch Einsatzkräfte) über die voraussichtliche Entwicklung eines Hochwassers ist eine wichtige Voraussetzung für den reibungslosen Ablauf aller Schutzmaßnahmen. Sie dient sowohl der Vorbereitung als auch der Warnung der Betroffenen.

Im Hochwasseralarmplan sind die Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von den Wasserständen festgelegt. Während die ersten Maßnahmen von der Bevölkerung meist nicht bemerkt werden (z.B. das Schließen eines Schiebers im Kanalnetz), ist spätestens nach der Sperrung von Straßen und der Aussendung einer Hochwasserwarnung klar, dass die verantwortliche Einsatzzentrale mit steigenden Wasserständen rechnet.

Entsprechend der Entwicklung der Hochwasserwelle verlaufen die Gegenmaßnahmen im Rahmen des Hochwasserschutzes. Nach Überschreiten des Hochwasserscheitels (HW-Scheitel) sinkt der Wasserspiegel und die getätigten Maßnahmen werden schrittweise zurückgenommen. Aufräum- und Reinigungsarbeiten sowie die Einlagerung der Hilfsmittel sind zu organisieren.

4. Schäden durch Hochwassereinwirkungen

Ein Hochwasser bzw. die damit verbundenen Überschwemmungen führen nicht unmittelbar zu Schäden, sondern erst dann, wenn Menschen gefährdet und Nutzungen in Funktion und Wert beeinträchtigt werden. Es ist zwischen Personen- und Sachschäden zu unterscheiden.

• Personenschäden

Hochwasserbedingte Personenschäden müssen unter allen Umständen verhindert werden. Dabei ist zwischen direkten (z.B. Gefahr des Ertrinkens, lebensbedrohende Situationen durch einstürzende Gebäude, Stromstöße durch elektrische Anlagen) und indirekten Schäden (z.B. das Umstürzen einer mobilen Hochwasserschutzwand, Unfälle beim Evakuieren von Häusern) zu unterscheiden. Letztere sind mehr oder weniger auf die besonderen Umstände während eines Hochwassers zurückzuführen. Jede geplante Schutzmaßnahme muss daher auch dahingehend bewertet werden, ob dadurch nicht letztlich das Gefährdungspotential für Personen steigt.

• Sachschäden

Die Höhe der Sachschäden ist unmittelbar mit der Ausfall-, Stör- und Schadensanfälligkeit sowie der Wiederbeschaffbarkeit des betroffenen Wirtschaftsgutes verbunden. Zusätzlich sind eventuelle Wertminderungen an Gebäuden und Wirtschaftsgütern sowie ökologische Schäden zu berücksichtigen (z.B. Auslaufen von Öltanks). Den Zusammenhang zwischen Schadenshöhe und Wasserstand für die unterschiedlichen Nutzungsformen stellen die Wasserstands-Schaden-Funktionen her (Bild 4).

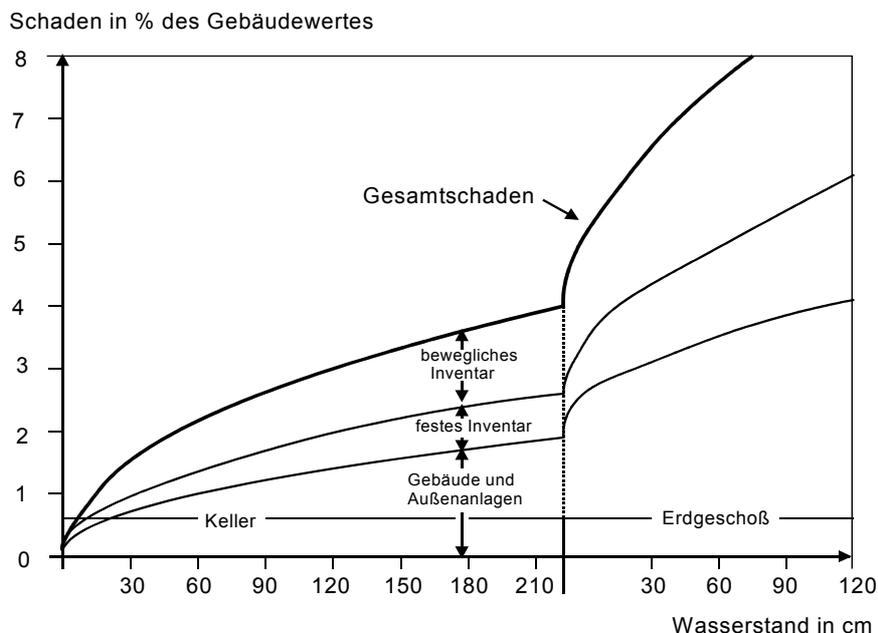


Abbildung 4: Wasserstands-Schaden-Funktion für ein voll unterkellertes Einfamilienhaus (MÜNCHENER RÜCKVERSICHERUNG, 1997)

Für die meiste Nutzung steigt die Schadenshöhe mit steigendem Wasserspiegel kontinuierlich an bis es ab einem bestimmten Wasserstand zu einem überproportionalen oder sogar sprunghaften Anstieg der Schadenshöhe kommt (z.B. in Abbildung 3; wenn das Wasser das Erdgeschoß erreicht).

5. Überlegungen zur Reduzierung von Hochwasserschäden

Die Wasserstands-Schaden-Funktionen sind ein Ansatzpunkt für weitergehende Konzepte zur Reduzierung von Hochwasserschäden. Der Grundgedanke ist: Finden weniger Beeinträchtigungen statt, gibt es auch geringe Hochwasserschäden.

Für den typischen Verlauf einer Wasserstands-Schaden-Funktion sind die Reduzierungspotentiale in Abbildung 5 dargestellt. Die entsprechenden Maßnahmen sind in Tab. 2 beschrieben.

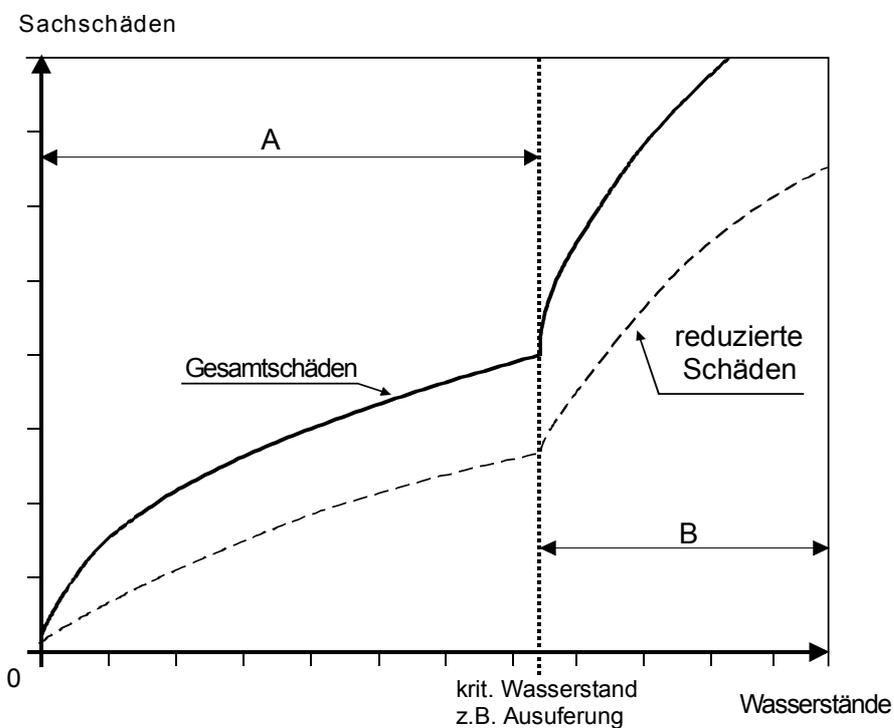


Abbildung 5: Reduzierung von HW-Schäden (z.B. durch die in Tab. 2 dargestellten Maßnahmen)

Tabelle 2: Weitergehende Maßnahmen zur Reduzierung von Hochwasserschäden in urbanen Bereichen

bei Wasserständen im Bereich	Zusätzliche Reduzierung bzw. Vermeidung von ...		
	Personenschäden	Sachschäden	ökologische Schäden
	ist u.a. möglich durch ...		
A	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der HW-Vorhersage • Information der Bevölkerung 	<ul style="list-style-type: none"> • Sukzessive Aussiedlung von Nutzungen • Verbesserung des baulichen HW-Schutzes • Bauberatung • Flutung von lokalen Rückhalteräumen • Sanierung undichter Kanäle 	<ul style="list-style-type: none"> • Aussiedlung von wassergefährdenden Anlagen
B	<ul style="list-style-type: none"> • keine mobilen Schutzwände über 1,20 m Höhe • rechtzeitige Evakuierung gefährdeter Bereiche 	<ul style="list-style-type: none"> • Schutz einzelner, sehr empfindlicher Bereiche (z.B. durch Ringdämme) - gestaffelter Hochwasserschutz 	<ul style="list-style-type: none"> • rechtzeitiger Abtransport gefährlicher Güter

Im Bereich **A** (s. Abbildung 5) wird eine Reduzierung der HW-Schäden durch Aussiedlung von Nutzungen, eine verbesserte Hochwasservorhersage sowie durch Information der Bevölkerung und Bauvorsorge erreicht werden können (s. Tab. 2). Für den Bereich **B** ist ein flächendeckender Schutz nicht möglich. Die Reduzierungspotentiale lassen sich hier hauptsächlich durch eine Auswahl von zu schützenden Objekten und Bereichen sowie durch rechtzeitig eingeleitete Maßnahmen realisieren.

6. Zusammenfassung

In innerstädtischen (urbanen) Bereichen kann der Hochwasserschutz i.d.R. nicht auf technische Lösungen verzichten. Es wird zwischen den Einwirkungen von oberirdischem Wasser (Oberflächenwasser) und unterirdischem Wasser (Grundwasser) unterschieden. Bei den Hochwasserschäden gilt es Personen- und Sachschäden zu berücksichtigen. Die Sachgüter sind sowohl auf ihre Ausfall-, Stör- und Schadensanfälligkeit als auch im Hinblick auf Wertminderungen zu beurteilen.

Die Wasserstands-Schaden-Funktionen sind ein wichtiges Hilfsmittel bei der Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen. Durch die Verbesserung der bisherigen Schutzmaßnahmen können die HW-Schäden weiter reduziert werden. Zusätzliche Reduzierungspotentiale bieten die Übergangsbereiche der Wasserstands-Schaden-Funktionen durch einen gestaffelten HW-Schutz und den bevorzugten Schutz ausgewählter, besonders empfindlicher Objekte und Bereiche.

7. Literaturverzeichnis

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (1994): Hochwasserschutz in Bayern, Broschüre.

INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZE DES RHEINS (IKSR) (HRSG.) (1998): Aktionsplan Hochwasser, Internationale Kommission zum Schutze des Rheins, Technisch-wissenschaftliches Sekretariat, Koblenz.

LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER - LAWÄ (1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz - Hochwasser - Ursachen und Konsequenzen, Broschüre im Auftrag der Umweltministerkonferenz.

LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER - LAWÄ (2000): Handlungsempfehlung zur Erstellung von Hochwasser-Aktionsplänen.

MEYER, T. (1997): Rückstauschutz im Bereich der Grundstücks- und Gebäudeentwässerung, Rohr-Rohrleitungsbau-Rohrleitungstransport, 9/1997, Vulkan-Verlag, Essen.

MÜNCHENER RÜCKVERSICHERUNGS-GESELLSCHAFT (1997): Überschwemmung und Versicherung, München.

PASCHE, E. (1997): Mobile Hochwasserschutzwände, In: Stein Verlag GmbH (Hrsg.).

PATT, H. (HRSG.) (2001): Hochwasser-Handbuch, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

PATT, H., JÜRGING, P, KRAUS, W. (2004): Der naturnahe Wasserbau - Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern, 2. Aufl., Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

ROTHER, K.-H. (1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz, In: Ratgeber - Mit dem Hochwasser leben, Dokumentation einer Fachtagung, Baden-Baden.

STADT KÖLN (o. Jahresangabe): Hochwasserschutzkonzept Köln, Der Oberstadtdirektor der Stadt Köln, Dezernat Tiefbau und Verkehr, Köln.

WEBER, J. (1996): Bauen im Grundwasser: Weiße Wannen verlangen sehr große Sorgfalt, Deutsches Ingenieurblatt, Zeitschrift für Ingenieurwesen, Bautechnik, Umweltschutz, 6/1996, Vogel Baumedien GmbH.

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Heinz Patt
Fakultät für Bauwissenschaften der Universität Duisburg-Essen
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
Universitätsstraße 15, 45117 Essen

Bodenordnungsverfahren zum Hochwasserschutz

Flood protection by land consolidation

A. Huber

Ländliche Bodenordnungsverfahren zum Hochwasserschutz sind dann sinnvoll bzw. notwendig, wenn ländliche Grundstücke für Maßnahmen des Hochwasserschutzes in Anspruch genommen werden. Die rechtliche Grundlage für derartige Verfahren bildet das Flurbereinigungsgesetz (FLURBG 1976). Es bietet abhängig von den vorliegenden Voraussetzungen fünf verschiedene Verfahrensarten an, die in der Praxis in Nordrhein Westfalen unterschiedliche Bedeutung erlangt haben.

Hochwasserschutz in NRW

Es würde den Rahmen des gestellten Themas sprengen, an dieser Stelle die gesamte Strategie des Hochwasserschutzes in NRW darzulegen. Insofern werden nur themenbezogene Zusammenhänge aufgegriffen.

Nach den großen Hochwassern am Rhein in den Jahren 1993 und 1995, die allein in NRW einen Schaden von etwa 200 Mio. € verursachten und zur Evakuierung von 110 Einwohnern führten, hat die Landesregierung am 16. Januar 1996 als Antwort auf die Herausforderungen das „Konzept für einen nachhaltigen Hochwasserschutz in NRW“ verabschiedet und sich intensiv um dessen Umsetzung bemüht. Das Konzept beinhaltet für den Rhein konkrete Umsetzungsmaßnahmen und für das übrige Land Instrumente für ein gezieltes Vorgehen.

Dabei stehen folgende Maßnahmen im Zusammenhang mit der Inanspruchnahme von Grundstücken:

- Sanierung (= Neuaufbau incl. Erhöhung und Verbreiterung) von 150 Deich-km am Rhein
- Schaffung von 7 Rückhalteräumen durch Deichrückverlegungen
- Einrichtung von 4 steuerbaren Rückhalteräumen
- Renaturierung von Flüssen und Bächen

Bis 2005 sind 101 Deich-km saniert worden sowie weitere 45 Deich-km im Bau bei Gesamtbaukosten von 413 Mio.€. Außerdem sind 4 große Deichrückverlegungen für eine Fläche von 1530 ha durchgeführt worden.

Im Hinblick auf die allein am Niederrhein hochwassergefährdete Bevölkerung von 1,4 Mio. Menschen und gefährdeten Vermögensbestände von 130 Mrd. € bestand Bedarf, das Konzept fortzuschreiben. Mit einem Zeithorizont bis 2015 wurde ein neues Konzept mit dem Titel „Zukunftsfähiger Hochwasserschutz in NRW“ vom Kabinett am 07. März 2006 verabschiedet und

vom Landtagsausschuss für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz zustimmend zur Kenntnis genommen (Vorlage 14/441 vom 26.04.2006).

Danach sind weitere 115 Deich-km zu sanieren und zusätzlich 44 Deich-km auf ihre Standfestigkeit zu untersuchen. Außerdem sollen Deichrückverlegungen auch an den Nebengewässern in Angriff genommen werden. Durch Auenrenaturierung und Hochwasserrückhaltebecken sowie durch naturnahe Entwicklung der Fließgewässer entsprechend den Zielen der EG-Wasserrahmenrichtlinie soll der Hochwasserschutz an allen hochwassergefährdeten Gewässern verbessert werden. Für den Zeitraum bis 2015 wird für alle Maßnahmen des neuen Konzeptes mit Gesamtkosten von 1,2 Mrd. € gerechnet.

Die rechtliche Grundlage zur Umsetzung dieser Maßnahme und damit auch der Grundstücksinanspruchnahme wird durch eine Planfeststellung gem. § 31 Wasserhaushaltsgesetz (WHG -2002) bewirkt, mit deren Rechtswirksamkeit eine Enteignung zulässig ist. Der Entzug des Volleigentums für diese Hochwasserschutzmaßnahme ist möglich.

Verantwortlich für den Hochwasserschutz am Rhein sind die Deichverbände, die auf eine jahrhundertalte Tradition zurückblicken können, was sich auch heute noch an den Bezeichnungen der Gremien des Verbandes erkennen lässt (vgl. Abb. 1 und 2)

Dem Hochwasserschutz an den kleineren Flüssen in NRW diene auch das Gewässerauenprogramm von 1990, das erst in die Praxis umgesetzt werden konnte, nachdem es im Jahr 1995 gelang, eine „Vereinbarung über Grundsätze für Kooperationslösungen beim Gewässerauenprogramm“ zwischen Umweltministerium und den Vertretungen der Landwirtschaft abzuschließen. Für 12 Landesgewässer wie u.a. Ems, Lippe, Ruhr, Sieg, Erft, Niers und Rur ist in den Programmen aufgezeigt worden, wie die Gewässerauen als Rückhalteräume und zu natürlichen Lebensräumen entwickelt werden können. Umfangreiche Maßnahmenpakete sind bisher auch umgesetzt worden.

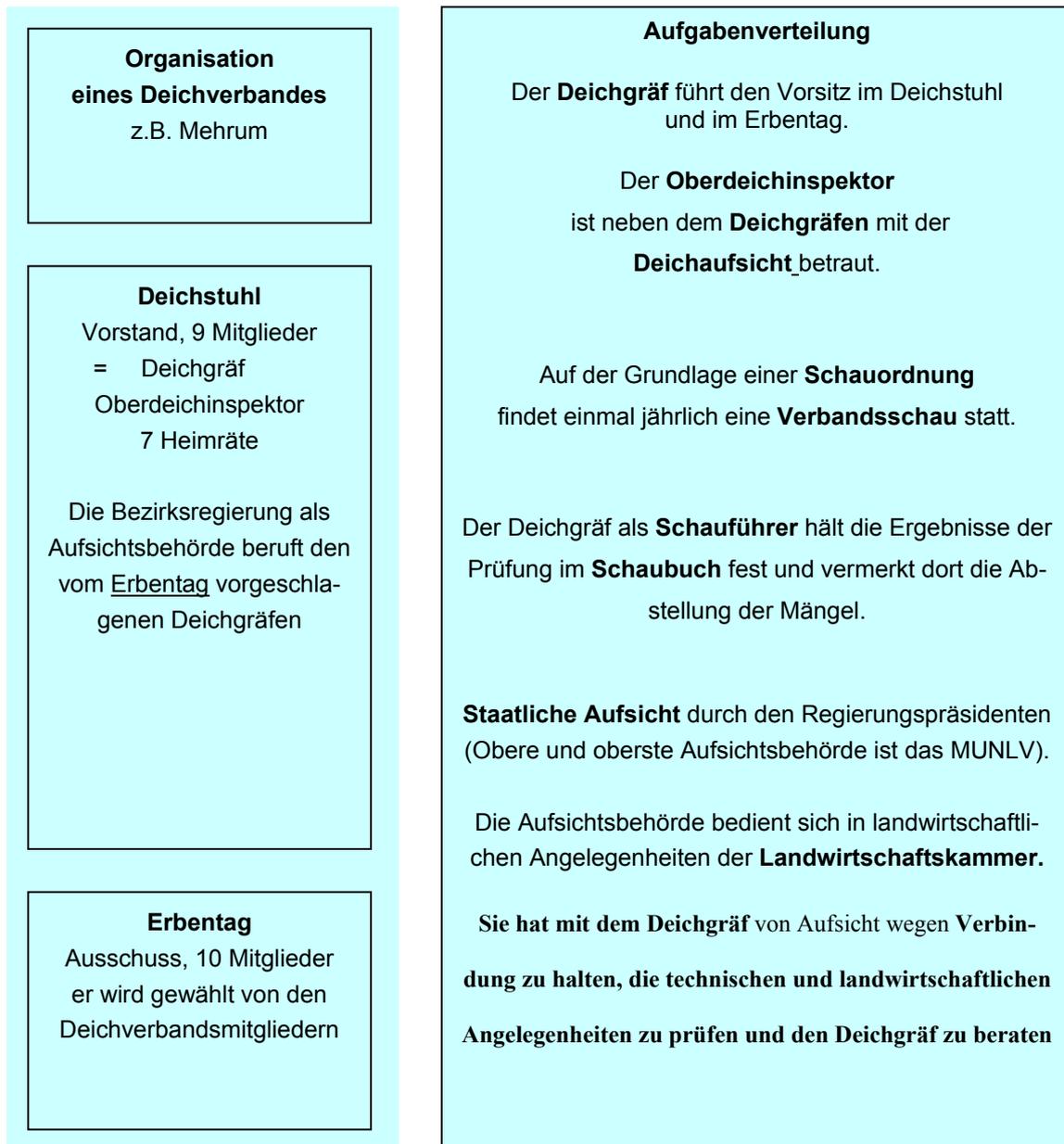


Abbildung 1: Organisation eines Deichverbandes

Abbildung 2: Aufgabenverteilung beim Hochwasserschutz am Rhein

Die Inanspruchnahme von Grundstücken erfolgt auf der Grundlage der Konzepte des Gewässer-
aunprogramms auf freiwilliger Basis, häufig mit 10-jährigem Pächterschutz für die betroffenen
Landwirte. Für wasserbauliche Veränderungen können darauf aufbauend Planfeststellungen gem.
WHG erforderlich sein.

Als Teil eines nachhaltigen Hochwasserschutzes ist auch schon das „Konzept zur naturnahen
Entwicklung von Fließgewässern“ (Rd.Erl. des MUNLV vom 20. Juli 1992) zu sehen, dass für
die Gewässerunterhaltung kleinerer Gewässer „Konzepte zur Erhaltung und Entwicklung der

günstigen Wirkung im Sinne der Gewässer für den Naturhaushalt und die Gewässerlandschaft (§ 90 Landeswassergesetz NRW)“ förderte, die in der Regel den kleineren Wasser- und Bodenverbänden als Handlungsleitlinie für die Unterhaltung der Gewässer diene, wozu z.B. auch die Ausweisung von Uferrandstreifen mit dem Ziel der Reduzierung des Unterhaltungsaufwandes insbesondere im Gewässerprofil diene.

Unabhängig von den Rechten des Trägers der Gewässerunterhaltung, am Gewässer liegende Grundstücke in Anspruch nehmen zu können, und der Verpflichtungen gem. § 94a LWG (Umbruchverbot, Verbot chemischer Pflanzenschutzmittel und von Düngemitteln) im Außenbereich Gewässerrandstreifen von 5m Breite einzuhalten, wurde auch der Erwerb von Uferstreifen gefördert, was natürlich nur auf freiwilliger Basis erfolgen konnte.

Die o.a. Erlasse waren Grundlage für die im Weiteren dargestellten Beispiele, sie sind fortgeschrieben worden und sind zusammengefasst im Handbuch Wasserwirtschaft des MUNLV, Düsseldorf 2003.

Bodenordnungsverfahren für Hochwasserschutzmaßnahmen

Ein Bodenordnungsverfahren bietet grundsätzlich den großen Vorteil, ganze Grundstücke oder Teile von Grundstücken so zu verlegen oder zu verändern, wie es im Rahmen eines vorgegebenen Verfahrenszweckes erforderlich oder zweckmäßig ist. Eine Übersicht über weitere Vorteile ist in Abb. 3 zusammengefasst.

Das Flurbereinigungsgesetz bietet je nach Verfahrenszweck verschiedene Verfahrensarten an, auf die im Folgenden bezüglich ihrer Anwendbarkeit bzw. Relevanz für den Hochwasserschutz eingegangen wird. Dabei wird auf die Situation in NRW abgestellt.

- **Größere Akzeptanz der Planung bei betroffenen Grundstückseigentümern**
- **Vermeidung von Verlusten an Eigentumsflächen und Bewirtschaftungerschwernissen durch Ersatzlandkauf**
- **Höhere Bereitschaft nicht wirtschaftender Grundstückseigentümer zum Flächenverkauf**
- **Deutliche Kosten- und Zeitvorteile beim Bauprojekt für Grunderwerb und Vermessung**
- **Verringerung von Entschädigungszahlungen**
- **Sinnvolle Ausweisung von Kompensationsflächen**
- **Beitrag im Sinne eines positiven Strukturwandels, in dem das Überleben der zukunftsorientierten Betriebe gesichert werden kann**

Abbildung 3: Übersicht über die Vorteile einer maßnahmebegleitenden Flurbereinigung

Regelflurbereinigung gem. § 1 FlurbG

Die Regelflurbereinigung ist in NRW eher eine große Ausnahme geworden. Sie bietet aber auf Grund ihres integralen Ansatzes durchaus die Möglichkeit auch Maßnahmen des Hochwasser-

schutzes umzusetzen, wenn sie dabei zur Verbesserung der Produktions- und Arbeitsbedingungen in der Landwirtschaft beiträgt oder die allgemeine Landeskultur bzw. Landentwicklung fördert und die Privatnützigkeit dieser Verfahrensart beachtet wird. Diese Vorgehensweise bildete die Grundlage für die „klassische“ Flurbereinigung der 50'er und 60'er Jahre.

Vereinfachte Flurbereinigung gem. § 86 FlurbG

Vereinfachte Flurbereinigungen können unter anderem eingeleitet werden, wenn durch Maßnahmen der Landentwicklung insbesondere die naturnahe Entwicklung von Gewässern ermöglicht oder Landnutzungskonflikte aufgelöst werden sollen.

Auch bei dieser Verfahrensart ist zu beachten, dass „der fremdnützige Zweck niemals Hauptzweck, sondern nur -im Konfliktfall zurücktretender- Nebenzweck dieser Flurbereinigung seindarf“ (SEEHUSEN und SCHWEDE 1997) und daher die agrarstrukturellen Ziele im Vordergrund stehen. Zwingend erforderlich ist auch die Gewährleistung einer wertgleichen Abfindung in Land.

Unter Beachtung dieser Voraussetzungen eignet sich diese Verfahrensart zur Umsetzung der Konzepte des Gewässerauenprogramms und zur naturnahen Entwicklung von Fließgewässern und ist in NRW vielfach angewendet worden (vgl. nachfolgende Beispiele).

Beschleunigte Zusammenlegung gem.§ 91 FlurbG

Diese Verfahrensart soll eine rasche Verbesserung der Produktions- und Arbeitsbedingungen oder notwendige Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege ermöglichen. Hier wäre eine Anwendbarkeit auf den Hochwasserschutz nur in dem Maße denkbar, wie die o.a. Ziele (nebenbei) auch dem Hochwasserschutz dienen. Auch hier ist wieder die Privatnützigkeit des Verfahrens erforderlich. In der Praxis sollte diese Verfahrensart für Hochwasserschutzzwecke keine Anwendung finden.

Freiwilliger Landtausch gem. § 103a FlurbG

„Um ländliche Grundstücke zur Verbesserung der Agrarstruktur in einem schnellen und einfachen Verfahren neu zu ordnen, kann ein freiwilliger Landtausch durchgeführt werden“ (§ 103a FlurbG); er kann auch aus Gründen des Naturschutzes und der Landschaftspflege durchgeführt werden. Eine Anwendung unmittelbar auf den Hochwasserschutz ist nicht möglich, denkbar wäre lediglich, dass Tauschgrundstücke, die zur Verbesserung der Agrarstruktur -also zum (privatnützigen) Vorteil eines landwirtschaftlichen Betriebes- getauscht werden, nach dem Tausch für Maßnahmen des Hochwasserschutzes genutzt werden. Diese theoretische Möglichkeit wird nur in seltenen Einzelfällen zutreffen.

Unternehmensflurbereinigung gem. § 87 FlurbG

Wenn für eine Maßnahme (=Unternehmen) eine Enteignung zulässig ist und ländliche Grundstücke in großem Umfang in Anspruch genommen werden, kann auf Antrag der Enteignungsbehörde ein Flurbereinigungsverfahren eingeleitet werden, wenn der den betroffenen Grundstückseigentümern entstehende Landverlust auf einen größeren Kreis von Eigentümern verteilt oder

Nachteile für die allgemeine Landeskultur, die durch das Unternehmen bestehen, vermieden werden sollen.

Unter Nachteilen für die allgemeine Landeskultur versteht man im Wesentlichen die Unterbrechung des landwirtschaftlichen Wege- und Gewässernetzes durch die Maßnahme und die Durchschneidung landwirtschaftlicher Flächen mit der Folge erheblicher Arbeits- und Produktionsschwernisse. Die Verteilung des Landverlustes auf viele Eigentümer in Form eines prozentualen Abzuges für die Flächenbereitstellung der Maßnahme soll der Existenzgefährdung der Betriebe entgegenwirken, die zufällig von dem Unternehmen betroffen sind – auch in diesem fremdnützigen Flurbereinigungsverfahren erkennt man den Grundansatz des Flurbereinigungsgesetzes, der die Verfahrensteilnehmer in einer Solidargemeinschaft zusammenführt.

In der Praxis kommt es kaum zu diesem prozentualen Abzug, weil es in der Regel gelingt, Grundstücke verstreut im Verfahrensgebiet mit der notwendigen Flächengröße freihändig zu erwerben, was auch dem Aspekt der Solidargemeinschaft entspricht.

Eine Enteignung ist nur möglich, wenn als Voraussetzung eine Planfeststellung vorliegt, begonnen darf die Unternehmensflurbereinigung allerdings schon, wenn mit dem Planfeststellungsverfahren begonnen wurde. Das ist deswegen sinnvoll, weil so der o.a. Landerwerb rechtzeitig getätigt werden kann. Vor Neuzuteilung der Grundstücke muss die Planfeststellung allerdings unanfechtbar sein oder für vollziehbar erklärt worden sein.

In diesem Verfahren wird ein wertgleicher Flächenersatz durch die Flurbereinigungsbehörde zwar angestrebt, er ist aber nicht zwingend, weshalb der Gesetzgeber auch die Möglichkeit einer Geldentschädigung vorsieht, die eine Enteignungsentschädigung darstellt.

In der Praxis wird diese Verfahrensart bei den Deichplanungen zum Hochwasserschutz am Rhein angewendet, für die Planfeststellungsverfahren gem. § 31 Wasserhaushaltsgesetz bestehen. Die Verfahrensabgrenzung für die Deichprojekte muss mit großer Sorgfalt vorbereitet werden, weil durch die Nähe der Deiche zum Rhein die Verfahrensausdehnung in der Regel sehr einseitig landseits erfolgt, was für die Flächenaufbringung durch Vorratskauf, aber auch bei einem Landabzug ungünstig ist. Bei den vielfach entlang des Rheines unmittelbar hinter dem Deich gelegenen Ortschaften muss auch darauf geachtet werden, dass sich auch die Unternehmensflurbereinigung immer (nur) mit den ländlichen Grundstücken befassen kann. Damit ist die Einbeziehung ländlicher Hof- und Gebäudeflächen nicht ausgeschlossen, sie muss aber im Hinblick auf die Zielorientierung genau überprüft werden und mit den Unternehmensträgern exakt abgestimmt werden.

Nur so kann auch der Beschleunigungseffekt einer Unternehmensflurbereinigung genutzt werden. Dieser Effekt trägt im wesentlichen dazu bei, dass Unternehmensflurbereinigungen bei einer umfassenden Wertschöpfungsbilanz einen Wirkungsfaktor von über 1,5 haben, also der Gesamtnutzen 50% über den Gesamtkosten liegt, dies sogar ohne Berücksichtigung wichtiger nicht direkt messbarer (intangibler) Nutzenaspekte. (BERENS et al. 2005).

Beispiele für Bodenordnungsverfahren

Es werden drei Beispiele für Bodenordnungsverfahren vorgestellt, die im Zusammenhang mit einem Deichprojekt, einem Gewässerauenkonzept und einem Unterhaltungskonzept für Fließgewässer durchgeführt wurden.

Für weitere Beispiele wird insbesondere auf den Beitrag von Ralph MERTEN im Jahresbericht der Verwaltung für Agrarordnung 2002 „Hochwasserschutz – was leistet die ländliche Neuordnung“ (Herausgeber: MUNLV) hingewiesen. Auch auf den Internetseiten der Bezirksregierungen in NRW – Dezernat 69 – unter „Aufgaben“, „Bodenordnung und Flächenmanagement“ sind Beispiele einzusehen.

Unternehmensflurbereinigung Bislicher Insel

Anlass für dieses Flurbereinigungsverfahren war eine Deichrückverlegung die im Wesentlichen im linksrheinischen Bereich der Stadt Wesel erfolgte.

Die Bislicher Insel gehört zum international bedeutsamen RAMSAR-Gebiet „Unterer Niederrhein“. Neben der Schaffung von Retentionsräumen zum Hochwasserschutz führten auch Naturschutzgründe zur Planfeststellung eines rheinfernen Deiches, was von der Landwirtschaft sehr kritisch aufgenommen wurde. Der erhebliche Flächenbedarf und die bestehenden landeskulturellen Nachteile rechtfertigen ohne weiteres eine Unternehmensflurbereinigung. Dennoch wurde der Antrag auf Einleitung einer Flurbereinigung recht spät gestellt, weil der Deichverband längere Zeit davon ausging, die Bauerlaubnis – und Grunderwerbsverhandlungen selbst durchführen zu können, was sicher durch die besondere organisatorische Struktur eines Deichverbandes bei starker örtlicher Präsenz bedingt war, sich aber in der Praxis in diesem Fall als nicht umsetzbar herausgestellt hat.

Daten und Fakten

Flurbereinigungsgebiet: 710 ha

120 Eigentümer, 525 Flurstücke, 11 Landwirte als Pächter betroffen (Problem: Landverlust)

Flächenbedarf: 40 ha, Deichlänge: 6,1 km, Deichbreite: 65 m, Deichhöhe: 7,5 m

Planfeststellung des Deiches: 1998; Einleitung des Flurbereinigungsverfahrens: 1999

Wertermittlung 1999 (benötigte Deichbauflächen), Bauerlaubnisverhandlungen: 1999

Wertermittlung und Vermessung des Verfahrensgebietes: 2000 – 2002

Deichbau: 2000 – 2003

Planwuschtermin: Januar 2003, Vorläufige Besitzeinweisung: September 2003

10 Widersprüche, 2 Widersprüche noch offen, daher Rechtskraft des Flurbereinigungsplanes 2007

Abbildung 4: Wichtige Verfahrensdaten der Flurbereinigung Bislicher Insel

Wegen des erheblichen Flächenverlustes landwirtschaftlicher Flächen für die Maßnahme waren die Teilnehmer des Flurbereinigungsverfahrens zuerst skeptisch, es wurden allerdings keine Widersprüche gegen den Einleitungsbeschluss eingelegt. Die Eigentümer wünschten von der Flurbereinigungsbehörde die Arrondierung von Eigentums- und Pachtflächen sowie die Landzuteilung

in den hochwassergeschützten Bereichen. Obwohl der Deichverband durchaus bereit war, auch Flächen im Deichvorland (= nicht hochwassergeschützter Bereich) über den planfestgestellten Bedarf hinaus zu übernehmen, konnte diesem Wunsch nur in beschränktem Umfang entsprochen werden, weil insgesamt nur gut 10 ha über den konkreten Bedarf hinaus erworben werden konnten (vgl. grün gefärbte Flächen in Abb. 5).

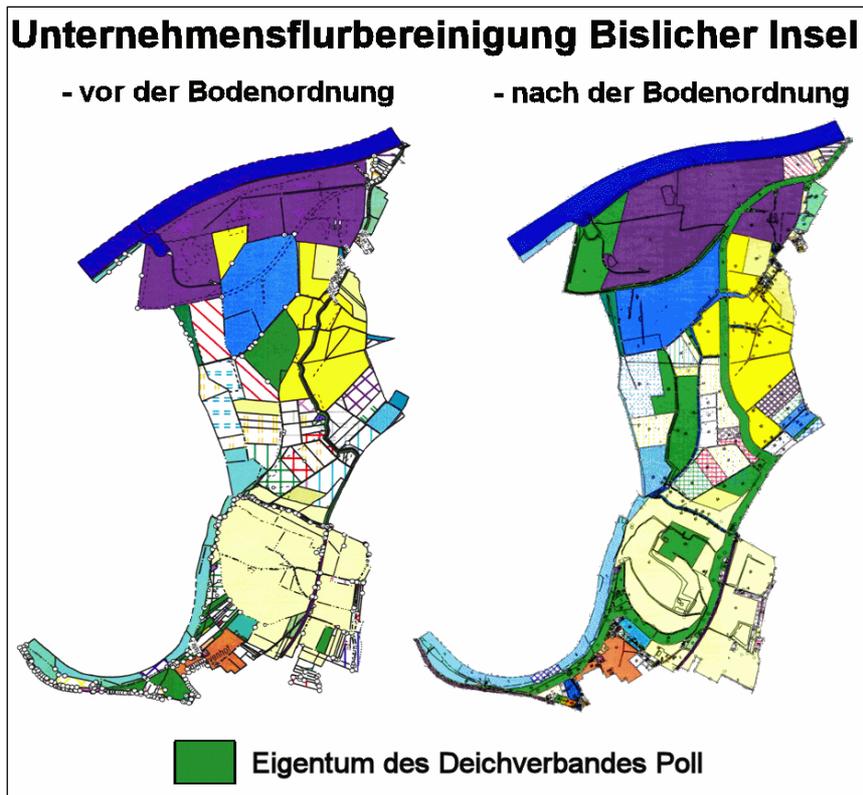


Abbildung 5: Grundstücks- und Eigentumssituation (vorher/nachher)



© 2007 Google Grafiken -
© 2007 Aerodata International
Surveys

Abbildung 6: Google-Luftbild aus der Bauzeit des Deiches

Beim Grunderwerb wurden die marktüblichen Verkehrswerte gezahlt, die für Deichvorland 2,50-3,00 €/m², für Deichhinterland 3,00-4,00 €/m² und für die bisherige Deichfläche, die noch im Privateigentum war, 1,00 €/m betragen. Die Unterhaltung der Deiche liegt zum Teil in den Händen von Landwirten, die das Mähen übernehmen, im Wesentlichen wird sie aber mittels Beweidung mit Schafen durchgeführt.



Abbildung 7: Deich Bislicher Insel nach der Fertigstellung

Vereinfachte Flurbereinigung Hellinghauser Mersch

Die Hellinghauser Mersch liegt in Lippstadt unmittelbar westlich des Stadtkerns. In dem zu Grunde liegenden Gewässerauenkonzept für diesen Teilbereich der Lippe sollte in einem 8 km langen Flussabschnitt der historische Gewässerverlauf wiederhergestellt werden (vgl. Abb.8) und die Möglichkeit der Entwicklung des Überschwemmungsgebietes durch vielfältige Maßnahmen geschaffen werden. Veranlasser dieses Projektes war die Nordrhein-Westfalen-Stiftung für Naturschutz, Heimat- und Kulturpflege in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest e.V. (ABU).



Abbildung 8: Historische Karte (Auszug), aus HELLE, 2006

Daten und Fakten

Flurbereinigungsgebiet: 1100 ha, 112 Teilnehmer

Flächenerwerb: 170 ha NRW-Stiftung

310 ha Land NRW

Gesamtlänge des Renaturierungsabschnittes der Lippe: 10 km

Einleitung des Flurbereinigungsverfahrens: 1992

Eintritt des neuen Rechtszustandes: 1997,

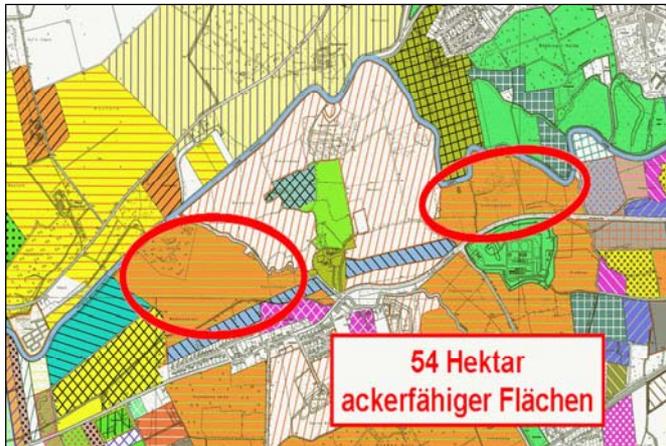
aber sukzessiver weiterer Landerwerb

1. Bauabschnitt: 2 km im Jahr 1997, weitere Bauabschnitte von 2005 – 2007

Um den umfangreichen Grunderwerb bewerkstelligen zu können, wurde das Verfahren frühzeitig, bereits im Dezember 1992, eingeleitet.

Im Ergebnis stehen nach 10 Jahren des Verhandeln 480 ha in öffentlichem bzw. Stiftungseigentum, davon 75% getauscht; die Ergebnisse sind im Flurbereinigungsplan rechtlich zusammengefasst.

Die verstreute private Besitzstruktur zeigt Abb. 9 beispielhaft; in Abb. 10 ist der einvernehmliche Tausch von 54 ha ackerfähiger Flächen über eine Distanz von 16 km bildlich dargestellt. Derartige vergleichbare Tauschmöglichkeiten auch über das engere Verfahrensgebiet hinaus ergeben sich in der Praxis immer wieder.



© Topographische Karte Landesvermessungsamt NRW, Bonn 2007

Abbildung 9: Grundstückssituation vor der Flurbereinigung

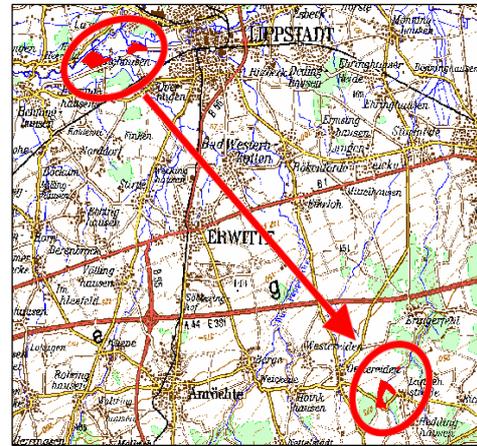
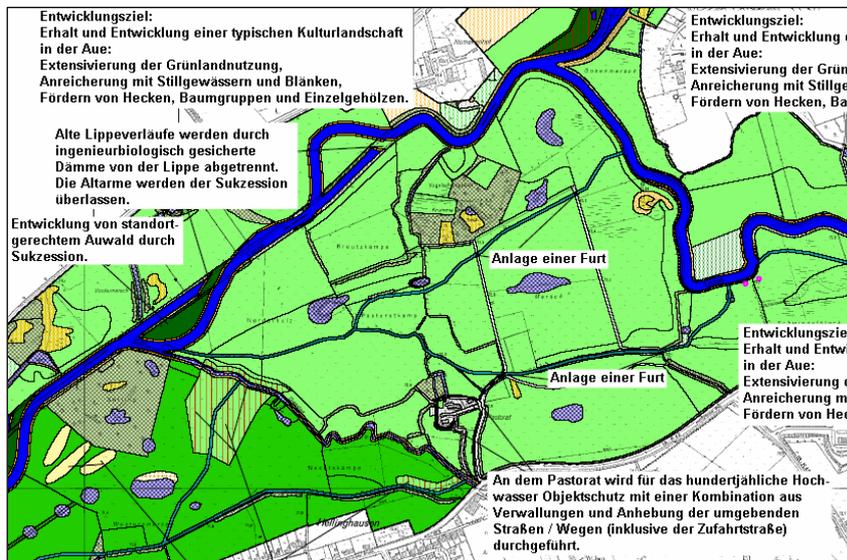


Abbildung 10: Tauschlösung für 54 Hektar

Die Konkretisierung der im Gewässerauenkonzept formulierten Ziele erfolgte im Jahre 2004/2005 durch einen Planfeststellungsbeschluss zur Renaturierung der Lippe, in dem auf den öffentlichen Flächen diverse Einzelmaßnahmen festgestellt (vgl. Abb.11) und im Jahr 2005/2006 baulich ausgeführt wurden.

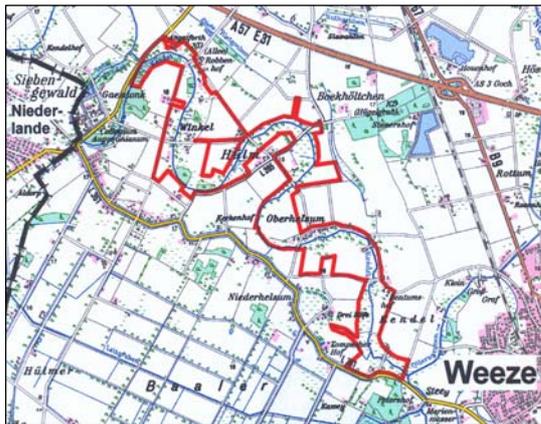


© Topographische Karte Landesvermessungsamt NRW, Bonn 2007

Abbildung 11: Geplante Einzelmaßnahmen – Ausschnitt – Staatliches Umweltamt Lippe

Vereinfachte Flurbereinigung Kendelaue I

Der Wasser- und Bodenverband Baaler Bruch (Sitz: Stadt Kevelaer) ist verantwortlich für die Unterhaltung der Kendel, einem Gewässer, das am Niederrhein westlich von Kevelaer, Weeze und Goch in nördlicher Richtung verläuft und dann übertritt in die Niederlande.



Daten und Fakten

Flurbereinigungsgebiet: 270 ha

60 Eigentümer

10 Bewirtschafter

Flächenbedarf : 13 ha

Länge der Kendel im Verfahrensgebiet: 9 km

Einleitung des Flurbereinigungsverfahrens: 1999

Vorlage des Flurbereinigungsplanes: 2003

© Topographische Karte Landesvermessungsamt NRW, Bonn 2007

Abbildung 12: Kendelaue I – Flurbereinigungsgebiet

Zur naturnahen Entwicklung dieses Gewässers stellte der Verband ein Unterhaltungskonzept auf, das zu einer mittelfristigen Minderung des Unterhaltungsaufwandes beitragen sollte und folgende Ziele verfolgte:

- Erhaltung und Weiterentwicklung der vorhandenen Auenlandschaft
- Entfesselung der Kendel durch Förderung der Eigendynamik der Kendel
- Sicherung von Pufferzonen beidseits des Gewässers zur Verbesserung der Wasserqualität
- Verbesserung des Hochwasserschutzes und der Fließverhältnisse

Im Flurbereinigungsverfahren sollte als Ziel ein beidseitiger Uferstrandstreifen von in der Regel 7,5 m ins Eigentum des Wasser- und Bodenverbandes überführt werden. Eine Rechtsgrundlage zum Entzug des Eigentums bestand nicht, das Unterhaltungskonzept selbst reicht dafür nicht aus, eine Planfeststellung zur Durchsetzung von Maßnahmen, die über die übliche Unterhaltung von Gewässern hinausgehen, war nicht vorgesehen.

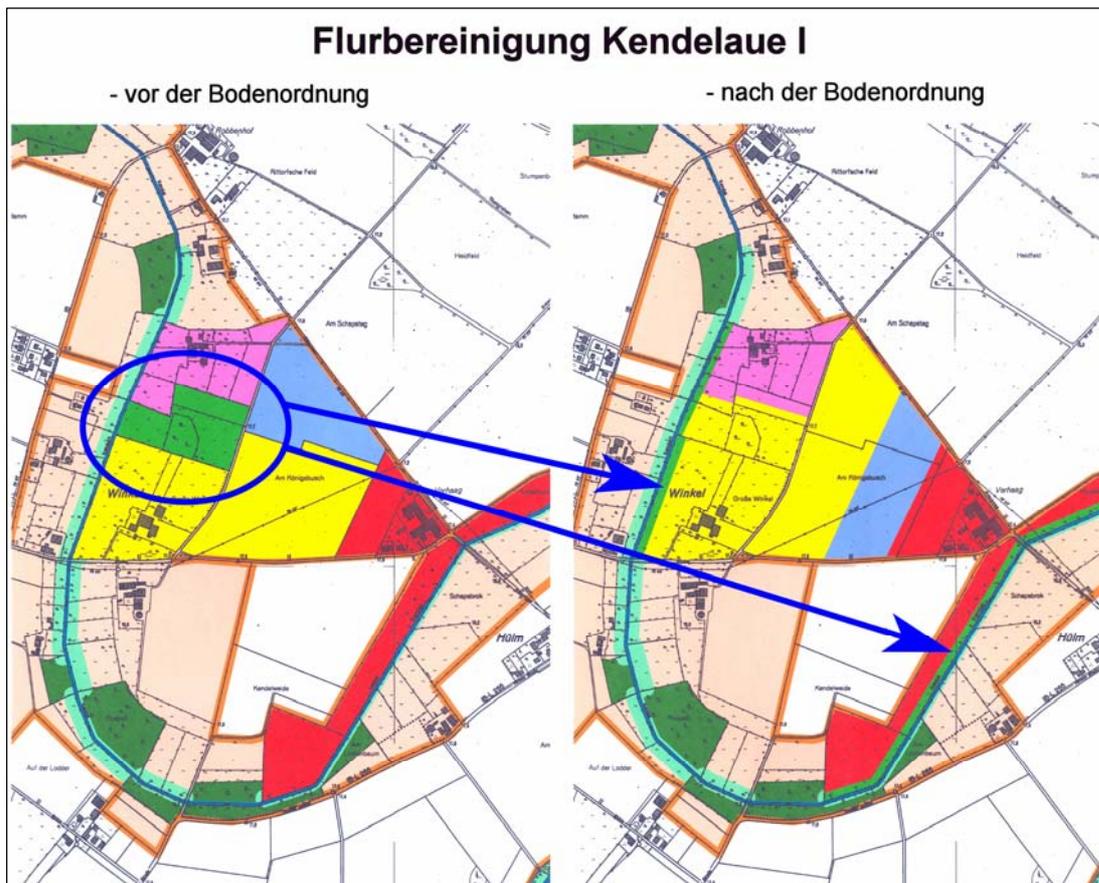


Abbildung 13: Kendelaue I - Beidseitiger Uferstreifen

Die Voraussetzungen zur Einleitung einer vereinfachten Flurbereinigung, nämlich Maßnahmen zur naturnahen Entwicklung von Gewässern zu ermöglichen und dadurch entstehende Landnutzungskonflikte für die Grundstückseigentümer zu lösen, lagen vor.

Bei Aufklärung der Grundstückseigentümer stellte sich heraus, dass das Kendelauenkonzept nur durchsetzbar war, wenn seitens des Wasser- und Bodenverbandes ausdrücklich auf freiwillige Mitwirkung der an die Kendel angrenzenden Grundstückseigentümer abgestellt wurde. Vor diesem Hintergrund wurde auch seitens der Flurbereinigungsbehörde im Einleitungsbeschluss eine Selbstbindung für nur freiwillige Grundstücksregelungen formuliert und auf die Möglichkeit des Gesetzes verzichtet, wertgleiche Landabfindungen auch von Amtswegen festsetzen zu können. Dem Wasser- und Bodenverband war bewusst, dass damit eine vollständige Zielerreichung in Frage gestellt war.

Im Ergebnis wurde nach 4 Jahren, in denen etwa 100 Verhandlungen mit den 60 Eigentümern geführt wurden, auf 10 km Länge der Uferstreifen ins Eigentum des Wasser- und Bodenverbandes überführt, was einem Zielerreichungsgrad von 68% entspricht.



© Topographische Karte Landesvermessungsamt NRW, Bonn 2007

Abbildung 14: Kendelaue I – Tauschbeispiel



Abbildung 15: Kendelaue I - Uferstreifen von 7,5m Breite

In der Praxis stellte sich heraus, dass ein starres Festhalten an der Ausweisung des 7,5m breiten Uferstreifens nicht sinnvoll war, insbesondere dann nicht, wenn eine klare Geländekante den Außenbereich auch in größerer Entfernung markierte (vgl. Abb. 16).



Abbildung 16: Kendelaue I - Uferstreifen und weiterer Auenbereich

Der Wasser- und Bodenverband will die Unterhaltung des Uferstreifens mit Schafen durchführen

Zusammenfassung

Bodenordnungsverfahren nach dem Flurbereinigungsgesetz können bei allen Hochwasserschutzmaßnahmen zur Zielreichung beitragen, wenn ländliche Grundstücke in Anspruch genommen werden. Zielreichungsgrad und Dauer der Verfahren hängen von den Rechtsgrundlagen ab, die Grundlagen für die Einleitung der Flurbereinigungsverfahren sind.

Bei Nutzung der Möglichkeiten des Flurbereinigungsgesetzes durch die Flurbereinigungsbehörde (=Landesbehörde) werden nicht nur die rechtlichen Möglichkeiten für Grunderwerb und bodenordnerische Grundstücksregelungen zur Verfügung gestellt, die im wesentlichen ehrenamtlichen Verantwortlichen des Hochwasserschutzes werden darüber hinaus durch das Know-how der Beschäftigten der Flurbereinigungsbehörde für Flächenmanagement und Bodenordnung unterstützt, was zur Beschleunigung des Hochwasserschutzes wesentlich beiträgt und damit wichtige landespolitische Ziele befördert.

Summary

Land consolidation procedures are useful respectively essential in the case that agricultural land is affected by measures for flood protection. The Federal Land Consolidation Act (FLURBG 1976) forms the legal basis and offers a variety of 5 different procedures to be chosen depending on the particular preconditions. The relevance of practical application in North-Rhine Westphalia is quite diverse.

Literatur

ARGE LANDENTWICKLUNG, BUND-LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT (2004): Landentwicklung - Antworten der Landentwicklung auf aktuelle und künftige Herausforderungen im ländlichen Raum – Eigenverlag, Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz, Mainz 2004.

BERENS, MOSIEK, SIEMES, COUNSULTING GMBH (2005): Wirkungsorientiertes Controlling: Gesamtwirtschaftliche Wertschätzungsanalyse von Bodenordnungsverfahren der Verwaltung für Agrarordnung am Beispiel der Bodenordnung nach § 87 FlurbG (Unternehmensflurbereinigung), Abschlussbericht, Bezirksregierung Münster 2005.

HELLE, R. (2006): Land Consolidation-An instrument to Provide Areas for Water Retention by Mutual Consent, XXIII International FIG Congress, 12. October 2006 – Munich.

HENTSCHER, A. (2006): Fließgewässerentwicklung und Landwirtschaft - Möglichkeiten der Konfliktlösung, Tagungsband der 17. und 18. Wissenschaftlichen Fachtagung der landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn 2006, ISSN 0943-9684.

HUBER, A. (2002): Hochwasserschutz am Niederrhein, Jahresbericht der Verwaltung für Agrarordnung NRW 2001, Hrsg.: Bezirksregierung Münster, Recklinghausen 2002.

MERTEN, R. (2003): Hochwasserschutz – was leistet die ländliche Neuordnung, Jahresbericht der Verwaltung für Agrarordnung NRW 2002, Hrsg: MUNLV Düsseldorf; Bezirksregierung Münster, Düsseldorf 2003.

Gesetze, Richtlinien, Verordnungen

FLURBEREINIGUNGSGESETZ (FlurbG) (1976): i.d.F. vom 16.03.1976 (BGBl. I, S. 546), zuletzt geändert durch Artikel 2 Abs. 23 des Gesetzes vom 12.08.2005 (BGBl. I, S. 2345)

GESETZ ZUR ORDNUNG DES WASSERHAUSHALTES (Wasserhaushaltsgesetz -WHG-) (2002): i.d.F. vom 19.08.2002 (BGBl. I, S.3245), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 25.06.2005 (BGBl. I, S. 1746).

KNEF (1999): Konzept zur naturnahen Entwicklung von Fließgewässern gem. Kapitel 4 der Richtlinie vom 06.04.1999 („Blaue Richtlinie“).

Konzept „Zukunftsfähiger Hochwasserschutz in NRW“, Landtag NRW, Landtagsausschuss für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Vorlage 14/441 vom 26.04.2006.

MINISTER FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NRW (MURL) (1990): Gewässerauenprogramm, März 1990, Einführungserlass vom 12. März 1990 -III B 3-2510-28686.

MINISTER FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NRW (MURL) (1990): RdErl. vom 13.03.1990 -III B 3-2211-22609, -III B 4-4000-22250, Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für Maßnahmen des Wasserbaus einschl. Talsperren.

MINISTER FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NRW (MURL) (1995): Vereinbarung über Grundsätze für Kooperationslösungen beim Gewässerauenprogramm vom 19.04.1995, Landwirtschaftskammer, Landwirtschaftsverbände.

MINISTER FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NRW (MURL) (1996): Konzept für einen nachhaltigen Hochwasserschutz in NRW.

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (MUNLV) (1999): Richtlinien für naturnahe Unterhaltung und naturnahen Ausbau der Fließgewässer in NRW, („Blaue Richtlinie“), RdErl. Vom 06.04.1999 (SMBl. NRW. 772).

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (MUNLV) (2002): Richtlinien über die Gewährung von Zuwendungen für Maßnahmen des „Aktionsprogramms zur naturnahen Entwicklung der Gewässer 2. Ordnung in NRW“, Rd.Erl. vom 05.07.2002 -IV-10-2202-6551.

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (MUNLV) (2003): Wasserwirtschaft Nordrhein-Westfalen, Handbuch zur naturnahen Entwicklung von Fließgewässern, Düsseldorf 2003.

SEEHUSEN, SCHWEDE (1997): Flurbereinigungsgesetz, Kommentar, 7. Auflage, Münster 1997.

Kontakt

Armin Huber
Bezirksregierung Düsseldorf (ehem. Amt für Agrarordnung)
Croonsallee 36 – 40
41061 Mönchengladbach

Schadverdichtet oder nur dicht? Zum Ausmaß von Bodenschadverdichtungen in Nordrhein-Westfalen

Defectively compacted or just defected? Degree of defective soil compaction in North-Rhine Westphalia

T. Weyer

1. Einleitung

Die zunehmende Öffnung der internationalen Märkte und der anhaltende Trend der Preisorientierung am Weltmarkt üben einen starken ökonomischen Zwang auf die Pflanzenbausysteme hierzulande aus. Die notwendigen Produktivitätssteigerungen und Kostensenkungen führen zum Einsatz immer leistungsstärkerer und gleichzeitig schwererer Maschinen und Geräte. Damit verbunden sind erhöhte **Radlasten** und **Kontaktflächendrücke**, die eine stärkere technologische Belastung des Bodens verursachen. Seit Jahrzehnten ist ein ständiges Ansteigen der Masse von landwirtschaftlichen Fahrzeugen und Geräten zu beobachten (SCHÖN und OLFE 1986, KRUPP 1988, OLFE 1995). Heute werden mit schlagkräftigen Erntemaschinen (z.B. Mähdrescher, Zuckerrübenvollernter) die Gesamtlasten von 50 t bzw. die Radlasten von 10 t (PROFI 2003) bei ausgeschöpften Bunkerkapazitäten häufig überschritten.

Die veränderten Produktionsverfahren in der Landwirtschaft geben Anlass zur Sorge, dass durch unsachgemäßen Technikeinsatz nachhaltige Schäden durch **Bodenschadverdichtungen** hervorgerufen werden. Als Bodenschadverdichtung wird eine dauerhafte bewirtschaftungsbedingte Schädigung des Bodengefüges bezeichnet, die negative Auswirkungen auf die Bodenfunktionen hat (BMVEL 2002, WEYER 2004). Die Schädigung resultiert aus der Reduzierung der Porengröße und deren Kontinuität, woraus sich eine gestörte Wasser- und Luftleitfähigkeit, ein verringertes Infiltrationsvermögen sowie eine verminderte Luftkapazität ergeben. Die **Verlagerung** und **Dynamik** von Stoffen im Boden werden beeinträchtigt, so dass verstärkte Nährstoffverluste durch Auswaschung und Denitrifikation die Folge sein können (DÜRR et al. 1995). Daneben hemmen Bodenschadverdichtungen aufgrund des Sauerstoffmangels die **biologische Aktivität**. Die Lebensmöglichkeiten der Mikroorganismen werden negativ beeinflusst, aerobe Zersetzungs-, Ab- und Umbauprozesse vermindert. Weiterhin bedingen schädliche Bodenverdichtungen ein eingeschränktes Wurzelwachstum verbunden mit negativen Auswirkungen auf den **Pflanzenenertrag**. Verantwortlich hierfür sind zum einen die geringere Durchlüftung des Bodens aufgrund unzureichender Makroporosität und zum anderen die negativen Auswirkungen auf den Wasserhaushalt der Böden (BMVEL 2002). Daneben wirken hohe mechanische Bodenwiderstände hemmend auf eine optimale Wurzelverbreitung (DÜRR et al. 1995).

Nach OLDEMAN et al. (1991) weisen weltweit ca. 68 Mio. ha der landwirtschaftlichen Nutzfläche physikalische Degradierungserscheinungen infolge Verdichtungen, Versiegelung oder Verkrustung auf, davon allein 33 Mio. ha in Europa. BÖTTCHER (1986, zit. in DÜRR et al. 1995) geht nach Auswertung von Daten aus dem FZB Müncheberg davon aus, dass in den neuen Bun-

desländern auf ca. 40 % der Ackerflächen bewirtschaftungsbedingte Krumenbasisverdichtungen vorliegen. Die Verbreitung von Bodenverdichtungen in Westdeutschland wird hingegen recht unterschiedlich bewertet (RUHM 1983, SONDERHOFF 1988, HORN et al. 1991). Für NRW liegen Schätzungen nach WEYER und BUCHNER (2001) vor, wonach im Rheinland bis zu 40% der Ackerflächen als krumenbasisverdichtet einzustufen sind.

Der Gesetzgeber hat die Gefahr erkannt und mit dem **Bundesbodenschutzgesetz** (BBodSchG 1998) rechtliche Regelungen zur Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen als auch zur Abwehr von Gefahren aus schädlichen Bodenveränderungen geschaffen. Im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes fordert das BBodSchG eine nachhaltige Sicherung der natürlichen Funktionen des Bodens als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen. Nach §17 Abs.2 BBodSchG sind „Bodenverdichtungen, insbesondere durch Berücksichtigung der Bodenart, Bodenfeuchte und des von den zur landwirtschaftlichen Bodennutzung eingesetzten Geräten verursachten Bodendrucks, so weit wie möglich zu vermeiden“ (BBodSchG 1998).

In den letzten Jahren hat die Wissenschaft Prognosekonzepte entwickelt, die auf eine gefügeschonende Landbewirtschaftung im Sinne eines vorbeugenden Bodenschutzes abzielen. Heute werden vor allem folgende Konzepte diskutiert:

„**Schadverdichtungsgefährdungsklassen**“ nach PETELKAU et al. (2000), „**Vorbelastung**“ nach HORN et al. (2002) und „**Druckbelastungsquotient**“ nach PAUL (2004). Daneben wurde in einem vom Umweltbundesamt durchgeführten Forschungsvorhaben (LEBERT et al. 2004) ein „**Indikatorenmodell**“ entwickelt, das die eindeutige Identifikation einer Bodenschadverdichtung im Sinne des Vollzuges nach §8 BBodSchG durch bodenkundlich geschulte Fachleute ermöglichen soll.

Zielsetzung

Die gegenwärtige Diskussion im Blick auf Bodenschadverdichtung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen wird kontrovers diskutiert. Auf der einen Seite sieht man in dem Einsatz schwerer Landmaschinen eine Gefährdung der Leistungsfähigkeit der Böden (HORN 1991, SCHRÖDER 2004). Demgegenüber stehen Behauptungen, dass selbst landwirtschaftliche Großmaschinen bei Beachtung bestimmter Voraussetzungen ohne nachhaltigen Schaden auf das Bodengefüge eingesetzt werden können (SCHWARK und ISENSEE 2004). Aus diesen widersprüchlichen Positionen resultieren gegensätzliche Handlungsempfehlungen, die für die Realisierung wirksamer Bodenschutzmaßnahmen kontraproduktiv sind. So führen BRANDHUBER et al. (2001) auf, dass die Unterböden durch den Einsatz heute üblicher schwerer Landmaschinen (Fahrzeugmasse = 40t) nicht generell geschädigt werden. Demgegenüber warnt HORN (in DVWK 2002) vor dem Einsatz von Maschinen mit Radlasten über 2-3 t, da ab dieser mechanischen Belastung die Eigenstabilität des Bodens überschritten und das Bodengefüge irreversibel verformt wird. Die bodenkundliche Grundlagenforschung scheint also augenblicklich von dem landtechnischen Entwicklungsdrang zu größeren, schlagkräftigeren Maschinen überholt zu werden.

Auch über die Anwendung der genannten Modelle zur Abschätzung der potenziellen Verdichtungsgefährdung der Böden herrscht in der Fachwelt noch kein Konsens. Zu komplex ist das Wirkungsgefüge aus Bodenbelastbarkeit und Bodenbelastung. Zwar wurde die Thematik in

jüngster Zeit immer wieder in verschiedenen Workshops und Arbeitskreissitzungen (z.B. Workshop „Bodenverdichtungen im Gespräch – Gefahrenabwehr und Beurteilungskriterien“, Soest 2004; Arbeitskreissitzung „Bodenschadverdichtung“, Bonn 2005) aufgegriffen und diskutiert, es konnten aber keine **generellen** Aussagen zu den Auswirkungen des Technikeinsatzes auf die Bodengefügeentwicklung abgeleitet werden. Immer noch bleibt die Vorhersage schwer zu treffen, wann auf einer bestimmten Fläche unter den spezifischen Standortbedingungen bei gegebenen Maschinen irreparable Bodenschäden auftreten oder zu erwarten sind. Für den Praktiker oder Berater können demnach keine konkreten Orientierungspunkte zur Abschätzung des Gefährdungspotenzials technogener Lasteinträge angegeben werden. Auch vor der Anwendung des Indikatorensystems zur bodenschutzrechtlichen Bewertung von Schadverdichtungszuständen sind weitere Wissenslücken zu schließen (LEBERT et al. 2004).

Aus diesem Grunde wurde vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV), Düsseldorf, die folgende Forschungsarbeit in Auftrag gegeben, deren Ziel zum einen die Quantifizierung des Bodengefügezustandes landwirtschaftlicher Nutzflächen in NRW ist (Status der Bodenverdichtung). Unter Anwendung des Indikatorenmodells soll der Bodenstrukturzustand bewertet und Gefährdungspotenziale heutiger Landbewirtschaftung abgeleitet werden (Abb. 1; Ziel 1).

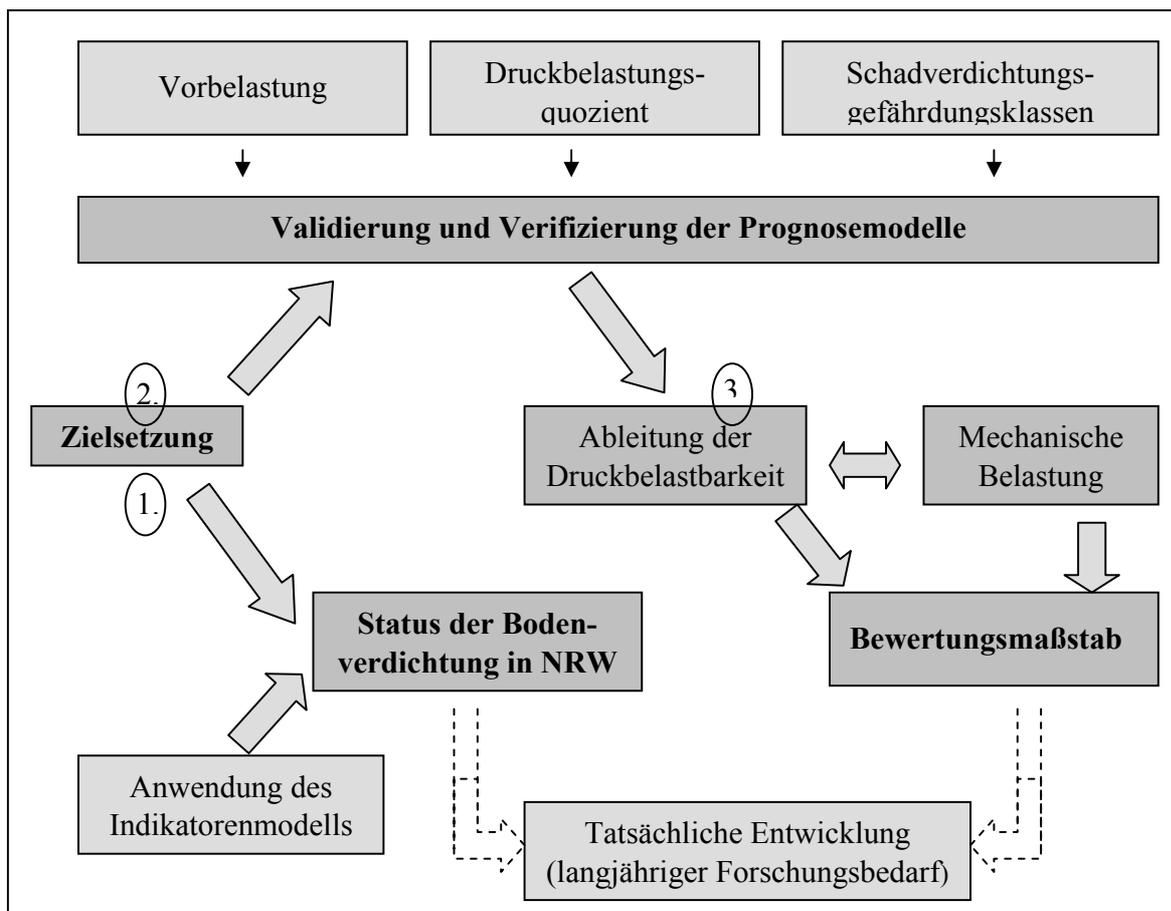


Abbildung 1: Zielsetzung des Forschungsvorhabens

Ein weiteres Ziel besteht in der Validierung und Verifizierung der Prognosemodelle zur Abschätzung der mechanischen Belastbarkeit. Ihre Anwendbarkeit auf nordrhein-westfälische Bodenbedingungen soll geprüft und die Aussagekraft aufgrund einer erweiterten Datenbasis verbessert werden (Abb. 1; Ziel 2). Aus den Erkenntnissen soll schließlich die Druckbelastbarkeit für nordrhein-westfälische Böden abgeleitet und unter Berücksichtigung der mechanischen Belastung ein Vorschlag für einen Bewertungsmaßstab entwickelt werden, der auf eine gefügeschonende Landwirtschaft abzielt (Abb. 1; Ziel 3). Ob die prognostizierte Gefährdungseinschätzung der tatsächlichen Gefügeentwicklung entspricht, kann allerdings nur durch langfristige Untersuchungen bestätigt werden (Abb. 1; schraffierte Pfeile).

Um der Zielvorgabe gerecht zu werden, wurden bodenphysikalische, -mechanische und chemische Untersuchungen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen unter verschiedenen Standort-, Nutzungs-, Bewirtschaftungs- und Witterungsbedingungen durchgeführt.

2. Untersuchungsumfang

Die Auswahl der Standorte erfolgte in Absprache mit Vertretern des MUNLV (Düsseldorf), der Landwirtschaftskammer NRW (Bonn/Münster), des Geologischen Dienstes (Krefeld) und der Fachhochschule Südwestfalen (Soest).

Die Abdeckung eines möglichst weiten Spektrums der für die Beurteilung von Bodenschadverdichtungen relevanten Faktoren stand bei der Frage nach geeigneten Messstellen im Mittelpunkt. Um für das bodenkundlich sehr vielfältige Land NRW zu repräsentativen Aussagen zu kommen, ist es wichtig, sich auf die wesentlichen Haupteinflussfaktoren zu beschränken. Eine sehr detaillierte Untergliederung würde zu Unübersichtlichkeiten führen. Daher wurde nach dem Prinzip der Fallstudie eine selektive Auswahl getroffen, die die nordrhein-westfälischen Verhältnisse widerspiegelt. Folgende Kriterien fanden Beachtung:

- Für die Bodenstabilität ist vor allem die Korngrößenverteilung sowie das bodengeogenetische Ausgangsmaterial verantwortlich (KÉZDI 1969, HARTGE und HORN 1991). Aus diesem Grund sollten die **Böden** repräsentativ sein für typische, ackerbaulich genutzte nordrhein-westfälische Landschaften.
- Die Primärbodenbearbeitung hat einen wesentlichen Einfluss auf die mechanische Belastbarkeit (SOMMER 1998a). Die unterschiedlichen Arten der **Grundbodenbearbeitung** (Wendend/Konservierend/Direktsaat) sollten deshalb hinreichend berücksichtigt werden.
- Aufgrund des Einflusses der Bodenfeuchte auf die Bodenbelastbarkeit, sollten die Standorte in verschiedenen **Niederschlagsregionen** Nordrhein-Westfalens liegen.
- Die landwirtschaftlichen **Nutzungsvarianten (Fruchtfolgen)** der beprobten Ackerflächen sollten typischen nordrhein-westfälischen Verhältnissen entsprechen.
- Die Flächen sollten langjährig durch **einen Betriebsleiter** bewirtschaftet worden sein.

Unter den zahlreichen praktizierenden Betrieben waren auch die Versuchsgüter der Landwirtschaftskammer NRW („Köln-Wahn“ bzw. „Haus Düse“) und der Fachhochschule Südwestfalen („Merklingsen“) sowie Leitbetriebe aus dem Projekt „Bodenbewirtschaftung in Leitbetrieben in NRW“ (LÜTKE ENTRUP et al. 2005) vertreten.

Jeder landwirtschaftliche Betrieb erhält zur Wahrung der Anonymität eine Standortnummer die fortan beibehalten wird. Einzig bei den Versuchsgütern erfolgt eine namentliche Zuordnung. Abb. 2 zeigt die geographische Lage der Standorte.

Um Nutzungseinflüsse zu bewerten wurden neben den Ackerflächen zusätzlich eine Grünlandparzelle (Standort 11b) und zwei langjährig stillgelegte Flächen (Standort 9c+14h) in die Untersuchungen aufgenommen.

Insgesamt bilden 23 Standorte mit 46 landwirtschaftlichen Nutzflächen die Datengrundlage der empirischen Erhebungen.

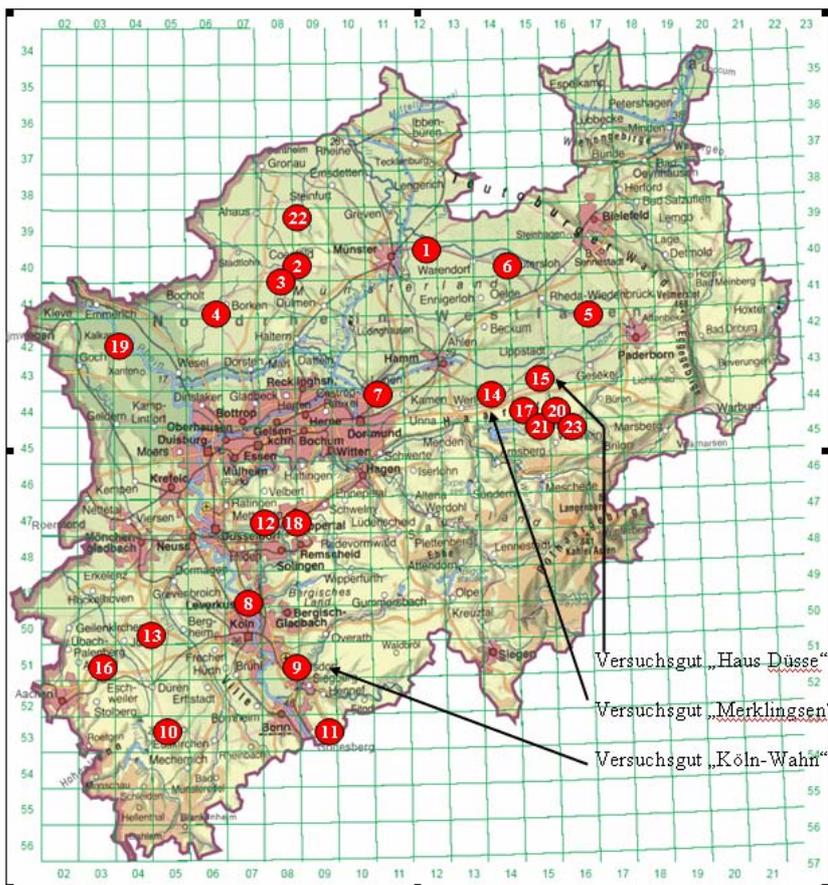


Abbildung 2: Geographische Lage der Standorte

3. Bewertungsmodelle zur Identifikation und Prognose von Bodenschadverdichtungen

Der fachliche Austausch zwischen Wissenschaftlern und Behörden hat dazu geführt, dass drei Verfahren, die als empirische Modellansätze den Eintritt eines Bodengefügeschadens zu prognostizieren versuchen, heute besonders in der Diskussion stehen. Es sind dies die Konzepte „**Schadverdichtungsgefährdungsklassen (SVGK)**“ nach PETELKAU et al. (2000), „**Vorbelastung**“ nach HORN et al. (2002) und „**Druckbelastungsquotient (DBQ)**“ nach PAUL (2004).

Für eine Anwendung der Modelle im Sinne von Handlungsempfehlungen für die Praxis bzw. im Vollzug der Gefahrenabwehr sind ausführliche Validierungen erforderlich, die speziell für nordrhein-westfälische Boden- und Bewirtschaftungsbedingungen noch nicht vorliegen.

Mittels der erhobenen Daten soll jede Frage diskutiert werden, um daraus eine Aussage über die Anwendbarkeit der einzelnen Modelle abzuleiten. Die Modelle Vorbelastung und DBQ beruhen auf vergleichbaren Versuchsbedingungen und Berechnungsweisen, so dass es bei der Überprüfung zu einer Überschneidung beider in großen Teilen nahezu identischen Verfahren kommt.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass bei der Validierung besonders der Schutz des Unterbodens im Vordergrund steht. In dieser Bodentiefe ist die Fähigkeit zur Selbstauflockerung durch natürliche Vorgänge als nicht ausreichend anzusehen. Schadverdichtungen sind somit irreversibel. Eine mechanische Tiefenlockerung ist sehr kostenintensiv, die Wiederherstellung natürlicher Gefügestrukturen nach einer solchen Maßnahme als äußerst langwierig einzustufen (DÜRR et al. 1995, WEYER 2003).

Der Ansatz *Vorbelastung* basiert auf der Tatsache, dass Böden über eine horizontspezifische Eigenfestigkeit verfügen, die anhand des Wertes der Vorbelastung gekennzeichnet wird. Bei Belastungen auf den Boden bis zum Wert der Vorbelastung treten keine weiteren irreversiblen plastischen Veränderungen ein, so dass die Porendichte und Porenfunktionen erhalten bleiben (HORN et al. 2002). Das Modell zielt also dahingehend, den Lasteintrag durch landwirtschaftliche Maschinen so zu beschränken, dass die Eigenstabilität des Bodens nicht überschritten wird, der aktuelle Zustand des Bodengefüges erhalten bleibt und weitere Verdichtungen nicht zugelassen werden.

Das Modell *DBQ* (PAUL 2004) beruht auf einer Weiterentwicklung des Modells der Vorbelastung, wobei die potenzielle Verdichtungsgefährdung und das Vorsorgeprinzip im Mittelpunkt stehen. Nach dem Verfahren DBQ darf der Boden bis an die Untergrenze der ökologischen Funktionsfähigkeit verdichtet werden. Ein Luftgehalt von 5 Vol.-% verbunden mit einer gesättigten Wasserleitfähigkeit von 10 cm/d bilden dabei im krumennahen Unterboden die Grenze ökologischer Mindestfunktionalität. Die maximale Druckbelastbarkeit kann nach diesem Verfahren höher oder geringer als die aktuelle Vorbelastung sein, je nachdem ob ein überlockerter oder ein schadverdichteter Boden vorliegt.

Das Modell *SVGK* geht auf Arbeiten von PETELKAU et al. (2000) zurück, die für die Grundmoränenlandschaften des Landes Brandenburg die potenzielle Verdichtungsgefährdung anhand substratspezifischer Bereiche der optimalen Lagerungsdichte ableiten. Prinzip des Ansatzes ist es, die durch landwirtschaftliche Maschinen verursachten Spannungen soweit zu begrenzen, dass keine bleibende oder nachhaltige Verformung des Bodens im Wurzelraum hervorgerufen wird, die über pflanzenökologisch tolerierbare Limits hinausgeht.

4. Zum Status der Bodenverdichtungen in NRW

Bodenverdichtungen sind nicht automatisch schädliche Verdichtungen des Bodens und damit als Bodenschaden zu bewerten. Die Bodenschadverdichtung muss ihrer Definitikon nach (vgl. Tab. 1) die Funktionen des Bodens negativ beeinträchtigen.

Tabelle 1: Was ist eine Bodenschadverdichtung?

Unter **Bodenschadverdichtung** versteht man die **bewirtschaftungsbedingte Beschädigung des Bodengefüges**, welche zeitweilig oder dauerhaft die

- Regulationsfunktion** (Puffer, Speicher und Leiter für Wasser, Sauerstoff, Nähr- und Schadstoffe)
 - Lebensraumfunktion** (Mikroorganismen und Bodentiere) und wodurch schließlich auch die
 - Produktionsfunktion** (landwirtschaftliche Nutzung, Ertrag, Kosten)
- des Bodens **negativ beeinträchtigen** wird.

Weiterhin lässt sich feststellen, dass die Druckempfindlichkeit der verschiedenen Böden sehr unterschiedlich ausfällt. So sind es insbesondere lössbürtige Böden, welche eine auffallende Empfindlichkeit aufweisen. Warum gerade bei den ertragreichen Böden aus Löss diese besondere Empfindlichkeit besteht, resultiert aus den physikalischen Kennwerten dieser Böden. Vielfach liegt ihre Wasseraufnahmefähigkeit zwischen 30 bis 35 %, die Fließgrenze bei 26 % Wassergehalt, die Ausrollgrenze bei 22 % Wassergehalt und der optimaler Wassergehalt für Bodenbearbeitungsmaßnahmen zwischen 16 und 18 %. Das bedeutet, mit zunehmendem Wassergehalt des Bodens steigt die Gefahr tieferreichender Bodenverdichtungen.

In der Abb. 3 sind alle Einzelwerte der Luftkapazität und der gesättigten Wasserleitfähigkeit (n = 2036) der 43 untersuchten Ackerflächen für die jeweiligen Untersuchungstiefen in Abhängigkeit von der Hauptbodenart aufgeführt.

Die Darstellung der Einzelwerte wurde gewählt, um die bei bodenphysikalischen Untersuchungen auftretenden Schwankungen -auch innerhalb gleicher Hauptbodenarten- zu verdeutlichen. Bewusst wird zur Wahrung der Objektivität zunächst auf die Darstellung der Feldparameter verzichtet. In die Diagramme sind die Schadschwellenwerte nach LEBERT et al. (2004) in Form der roten Linie für die Luftkapazität und der blauen Linie für die Wasserleitfähigkeit (logarithmische Einteilung) eingezeichnet. Das Diagramm teilt sich somit in 4 Rechtecke, wobei alle im 1. Rechteck befindlichen Punkte keine der beiden Schadschwellen unterschreiten. Punkte im 2. und 3. Rechteck liegen bei jeweils einem der zwei Parameter unter der kritischen Grenze, bei den Punkten im 4. Rechteck wird gleichermaßen die Grenze der Luftkapazität und der gesättigten Wasserleitfähigkeit unterschritten.

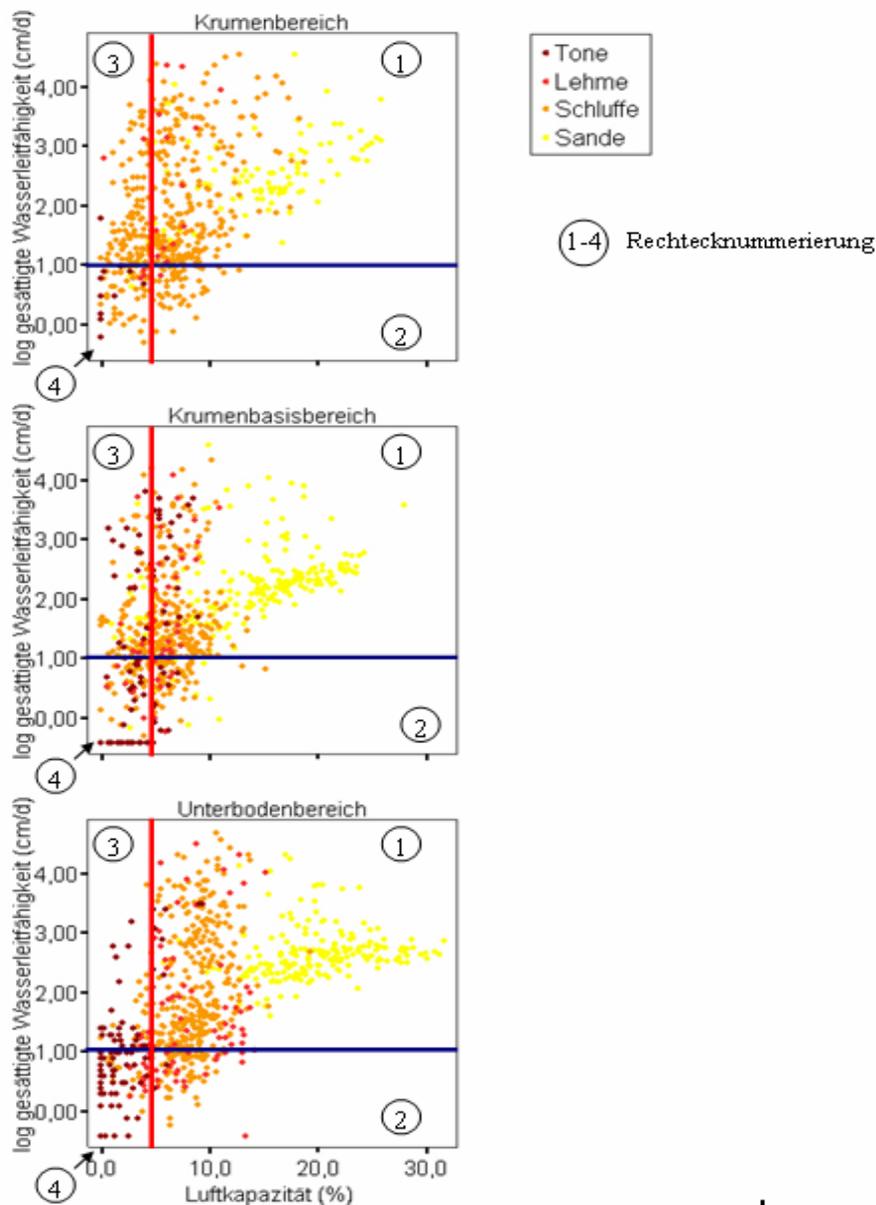


Abbildung 3: Luftkapazität (%) und gesättigte Wasserleitfähigkeit (cm/d) in Abhängigkeit von der Hauptbodenart für die Untersuchungstiefen Krume, Krumenbasis und Unterboden

Im Bereich des **Unterbodens** liegt ein Großteil der Messungen im 1. Rechteck, wobei vor allem die Sandböden Luftkapazitäten > 10 Vol.-% und gesättigte Wasserleitfähigkeiten > 100 cm/d aufweisen. Bei den Böden aus Schluff wurden zwar niedrigere Luftkapazitäten (ca. 5-12 Vol.-%) gemessen, auffallend sind aber die teilweise enorm hohen Wasserleitfähigkeiten, die mit Werten > 10000 cm/d nur mit Hilfe logarithmischer Datentransformation dargestellt werden können. Die Werte der Lehme, die mit 80 Einzelproben den geringsten Stichprobenumfang ausmachen, sind

sehr verstreut und in allen 4 Rechtecken zu finden. Charakteristisch für die Unterböden der untersuchten Tone sind die fast ausnahmslos unter 5 Vol.-% gemessenen Luftkapazitäten sowie Wasserleitfähigkeiten, die die Marke von 10 cm/d unterschreiten. Bei Betrachtung der *Krumenbasis-ergebnisse* zeigt sich - ohne zunächst auf die einzelnen Hauptbodenarten einzugehen - eine Konzentration der Punkte um den Schnittpunkt der beiden Grenzgeraden. Vor allem bei den Schluffen, die durch den höchsten Stichprobenumfang (n=368) einnehmen, sind verringerte Luftkapazitäten deutlich zu erkennen. Zusätzlich ist die Anzahl der Messungen mit äußerst hohen Wasserleitfähigkeiten im Vergleich zum Unterboden nicht mehr so ausgeprägt. Die Punkte der untersuchten Sandböden liegen enger zusammen, im Vergleich zum Unterboden ist die Probenanzahl im 3. Rechteck erhöht, die im 1. Rechteck verringert. Bei den Tonen liegen nahezu 50 % der Punkte im 4. Rechteck. Lehme sind durch eine verminderte Luftkapazität gekennzeichnet, wobei nahezu alle Punkte die 10 Vol.-% Marke unterschreiten und dem 3. bzw. 4. Rechteck zuzuordnen sind. In der Krume schwanken in allen Bodenarten die Werte sehr stark. Überprägt wird die Abbildung wiederum durch den hohen Stichprobenumfang der Schluffe (n = 447), wohingegen die Tone und Lehme mit nur 11 bzw. 20 Einzelmessungen einen geringen Anteil der Stichprobe bilden. Ein Großteil der Schluffwerte liegt im 3. bzw. 4. Rechteck und unterschreitet somit die kritische Marke der Luftkapazität von 5 Vol.-%. Ähnlich der Krumenbasisdarstellung ist auch hier - wenn auch nicht so ausgeprägt - eine vermehrte Ansammlung um den Schnittpunkt der Geraden zu erkennen. Die vornehmlich gepflügten Krumenbereiche der Sandböden weisen im Vergleich mit den beiden anderen Untersuchungstiefen hohe und weit schwankende Wasserleitfähigkeiten auf.

In allen Untersuchungstiefen unterschreiten zahlreiche Einzelmessungen die Schadschwellenwerte der Luftkapazität und der gesättigten Wasserleitfähigkeit

In den beiden vorangegangenen Kapiteln wurden zum einen die Druckbelastbarkeit verschiedener Böden in NRW und die Druckfortpflanzung der in den 23 Betrieben zum Einsatz kommenden Landtechnik herausgestellt. Verknüpft man nun die Kennwerte der bodeneigenen Stabilität mit den berechneten Bodenspannungen, so können die Arbeitsverfahren hinsichtlich ihrer Bodenbeanspruchung bewertet werden.

Dies erfolgt im Folgenden modellhaft für die beprobten Schluffstandorte aus Löss. Für diese geo- und pedogenetisch vergleichbaren Böden konnte die Stabilität aufgrund des hohen Stichprobenumfangs relativ genau abgeschätzt werden. Zudem spiegeln die Schluffböden im Unterboden mit einer durchschnittlichen Vorbelastung von 100 kPa im Zustand der Feldkapazität die instabilsten Verhältnisse wieder und sind somit am verdichtungs-empfindlichsten. SCHNEIDER (1994), SEMMEL und HORN (1995) und HORN et al. (2001) (alle zit. in SCHRÖDER und SCHNEIDER 2004) bestätigen diesen Wert in ihren Untersuchungen.

Da nicht jedes landwirtschaftliche Arbeitsverfahren einer Bewertung unterzogen werden kann, erfolgt der Vergleich an einer Auswahl typischer Landmaschinen, die sowohl ein geringes als auch ein hohes Gefährdungspotenzial hinsichtlich ihrer Bodenbeanspruchung aufweisen.

Abb. 4 zeigt die tiefenabhängig gemessene Vorbelastung sowie die tiefenabhängig berechnete Bodendruckspannung verschiedener Schleppertypen. Es wird die Druckausbreitung des Schlepplers mit der höchsten Radlast (blaue Linie) sowie mit dem höchsten Kontaktflächendruck des Hinterrades (grüne Linie) aufgeführt. Daneben werden mit der roten Linie die Druckfortpflan-

zungsberechnungen für die durchschnittlichen Schlepperhinterradlasten der 23 untersuchten Betriebe in Verbindung mit für heutige Zugmaschinen typischer Bereifung (600/65 R 38) aufgeführt.

In der Abb. 5 sind die einzelnen Indikatoren der Verdichtungsgefährdung diesmal für Erntemaschinen und exemplarisch für einen Flüssigmisttankwagen dargestellt.

Die Werte sind jeweils für weiche Bodenverhältnisse (pF 1,8) abgebildet. Die Reifeninnendrucke betragen 1,5 bar bei den Schleppern, 2 bar bei den Erntemaschinen und 2,5 bar beim Flüssigmisttankwagen.

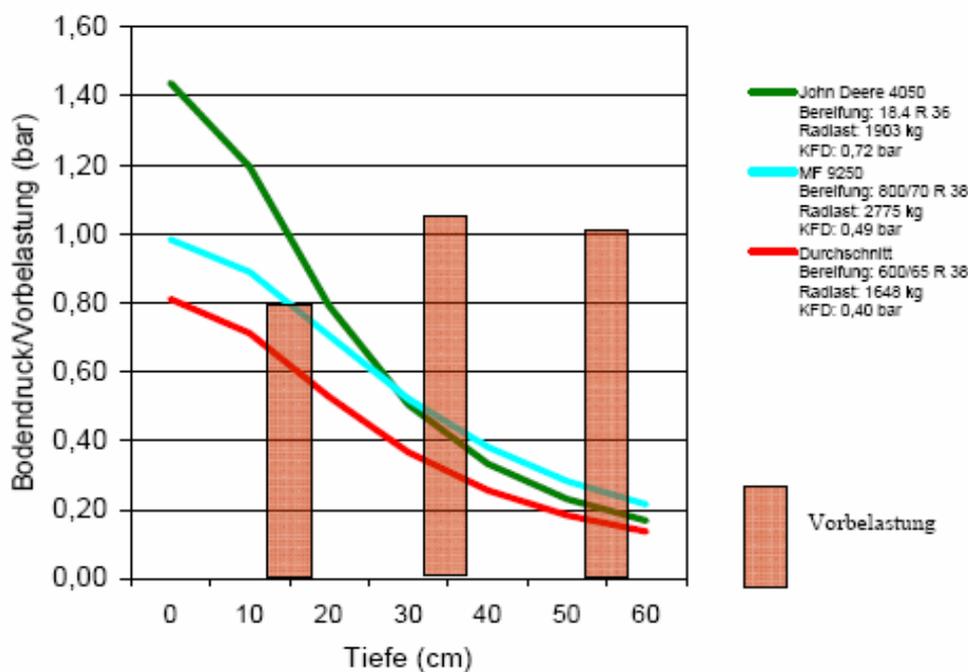


Abbildung 4: Gegenüberstellung von Bodendruck und Vorbelastung für verschiedene Schlepper

Bezogen auf die Schlepper zeigt sich deutlich die stärkere Krümmenbelastung aufgrund eines hohen Kontaktflächendrucks (grüne Linie). Mit zunehmender Tiefe nähern sich die Bodendrücke den durch die Radlast vorgegebenen Unterschieden an. Dass die Radlast der wichtigste Einflussfaktor auf die Tiefenwirksamkeit von Belastungen darstellt, wurde auch von SEMMEL (1993) beschrieben. Dennoch ist im Bereich der Krümmenbasis und des Unterbodens eine Deformation auch unter der Annahme hoher Schlepperradlasten > 2700 kg nicht zu erwarten.

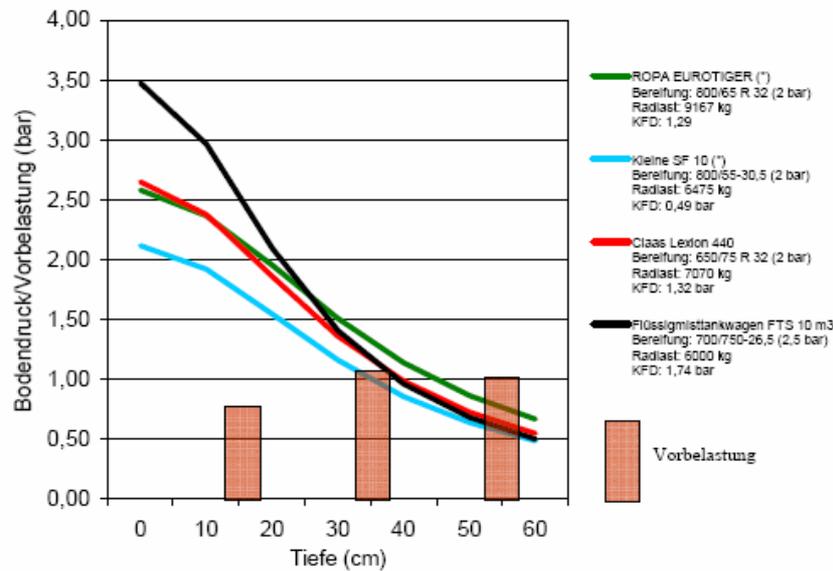


Abbildung 5: Bodendruck und Vorbelastung für verschiedene Ernte- und Transportmaschinen

Im Krumbereich hingegen kann bedingt durch hohe Kontaktflächendrücke die Bodenstabilität überschritten werden. Gerade bei flacher Bodenbearbeitung können Böden hier längerfristig zur Dichtlagerung neigen. Einen weiteren Problembereich in der Bodenbewirtschaftung stellt das Pflügen dar. Durch das in der Furche laufende Schlepperrad werden die Bodendrücke direkt auf die Krumbasis und den Unterboden übertragen, was insbesondere in der Krumbasis zu erhöhter Dichtlagerung führt. Die Ergebnisse der Statuserhebung bestätigen solche Vermutungen. Auch SEMMEL (1993) stellte fest, dass beim Pflügen die mit Abstand stärkste Belastungsintensität im Jahresverlauf auftritt. Weiterhin fügt SEMMEL (1993) hinzu, dass beim Pflügen in 60 cm Bodentiefe zum Teil höhere vertikale Drücke als in 40 cm Tiefe gemessen wurden. Zurückzuführen ist dies auf die räumliche Druckfortpflanzung durch das schräg daneben laufende Furchenrad. Hinweise auf eine anthropogen bedingte stabilere Krumbasis zeigen die tendenziell höheren Vorbelastungswerte am Standort 14a-c. LEBERT (1989) geht davon aus, dass im Pflugsohlenbereich infolge der Zeitabhängigkeit der Setzung eine weitere Erhöhung der Vorbelastung bei Verfahren der wendenden Bodenbearbeitung (Schlepperad läuft in der Furche) zu erwarten ist. Erst wenn sich ein Gleichgewicht zwischen der mechanischen Belastung und der Stabilität der Anordnung der festen Bodenpartikel eingestellt hat, ist eine Zunahme der Vorbelastung nicht zu erwarten.

Die eigentliche Gefährdung für unsere Böden stellt jedoch die Druckbelastung durch schwere Ernte- und Transportmaschinen dar. Diese kommen in der Landwirtschaft aufgrund des Strukturwandels mehr und mehr zum Einsatz. Zudem werden Feldarbeiten verstärkt an Lohnunternehmer abgegeben, die meist über schlagkräftige und gleichzeitig schwere Maschinen verfügen

(*) Die Angaben geben die Standardbereifung der Rübenroder (1. Achse) wieder. Zwar werden die Hinterachsen bzw. die mittlere Achse (ROPA) mit breiteren Reifen ausgestattet, es wurden aber bewusst bei der Annahme gleich verteilter Achsenlasten die Reifen mit der höchsten Bodenbeanspruchung ausgewertet.

(IMA 1991). Solche kostenintensiven Maschinen müssen zur optimalen Auslastung vielfach wetterunabhängig, d.h. auch bei feuchten Bodenverhältnissen, eingesetzt werden.

Die Spannungen der Ernte- und Transportmaschinen übersteigen mit Werten zwischen 1 bar und 2 bar in Tiefen bis 40 cm deutlich die bodeneigene Stabilität. Wird diese wiederkehrend überschritten, sind langfristig irreversible Bodendegradierungen mit negativen Auswirkungen auf den Luft- und Wasserhaushalt unterhalb des Lockerungsbereiches zu erwarten. Instabile weiche Bodenverhältnisse treten im Herbst während der Wiederauffüllung der Poren mit Niederschlagswasser, im zeitigen Frühjahr nach der Schneeschmelze oder nach Starkniederschlagsereignissen auf (HORN 2004). Bei trockenen Bodenverhältnissen (pF 2,5) hingegen steigt die bodeneigene Stabilität deutlich an, was zu einer verminderten vertikalen Druckausbreitung führt. Ist der Boden auch in tieferen Bodenbereichen abgetrocknet, sind Verdichtungen nicht zu erwarten. Wird hingegen ein trockener augenscheinlich befahrbarer Oberboden über einem nassen instabilen Unterboden belastet, ist dennoch eine potenzielle Verdichtungsgefahr gegeben (SEMMEL 1993). Dies liegt zum einen daran, dass im stabiler werdenden Oberboden weniger Spannungen über Partikelbewegungen abgebaut werden und zum anderen, weil der Oberboden oft nicht fest oder mächtig genug ist, schwere Lasten zu tragen. In diesem Fall muss nach SEMMEL (1993) „für die aufliegende Last durch das Abstützen auf dem noch feuchten Unterboden ein Widerlager (verdichteter Horizont) geschaffen werden“.

Berücksichtigt werden muss bei den Darstellungen, dass die Vorbelastung im Krumbereich nur einen Durchschnittswert abbildet. Tatsächlich aber wird z.B. durch Verfahren der nicht wendenden Bodenbearbeitung die Stabilität gerade im Krumbereich deutlich erhöht. Ein tragfähigerer Oberboden reduziert dann den Konzentrationsfaktor und kann die Bereiche unterhalb des Lockerungshorizontes vor Verdichtungen schützen (HORN 1986, SEMMEL 1993, STAHL et al. 2002).

Insgesamt geht aus den Untersuchungen hervor, dass ein wirksamer Schutz vor Bodenschadverdichtungen durch die Begrenzung der Radlast bietet, denn die Erweiterung der Reifenaufstandsfläche sind natürliche Grenzen gesetzt. Diese liegt nach den eigenen Berechnungen nicht bei den von HORN geforderten Maximallasten von 2 –3 t. Auf lössbürtigen Böden ist erst beim Einsatz schwerer Landtechnik mit Radlasten von 5,8 t bei nassen und von 10 t bei trockenen Bodenverhältnissen mit einer schleichenden Unterbodendegradierung zu rechnen (Abb. 6).

Auswirkungen bei Anwendung des Modells in der Praxis:

- Vorbelastung: 100 kPa (pF 1,8); 130 kPa (pF 2,5)
- 600-er Reifen, Kontaktfläche ca. 0,31 m²

$$P_k = \frac{P_v}{1 - \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{r}{z}\right)^2 + 1}}}$$

Max. Radlasten (Unterbodenschutz)

5,8 t bei nassen Bodenverhältnissen
10,9 t bei trockenen Bodenverhältnissen

Abbildung 6: Auswirkungen auf die Begrenzung der Radlasten bei Anwendung des Modells Vorbelastung

Alle Maßnahmen der Bodenbewirtschaftung sollten insgesamt das Ziel der Gefügeschonung ins Zentrum stellen. Praktischen Schutz vor Bodenschadverdichtungen bieten neben technischen Möglichkeiten, beispielsweise auch die Verbesserung der Tragfähigkeit der Böden (Abb. 7)

- ✓ Anwendung und Weiterentwicklung technischer Möglichkeiten
- ✓ Anpassung von Arbeitsverfahren
- ✓ Verbesserung der Tragfähigkeit des Böden
- ✓ Begrenzung der mechanischen Bodenbelastung



Abbildung 7: Gefügeschonende Landwirtschaft und vorsorgender Bodenschutz

5. Zusammenfassung

Böden bilden als natürliche Ressource die unersetzbare Lebensgrundlage für Mensch, Tier und Pflanze. Neben der Erfüllung der Produktions- und Lebensraumfunktion, regeln die Böden den Stoffhaushalt für einen ausgeglichenen Naturhaushalt.

Im Zuge der Rationalisierung pflanzenbaulicher Produktionssysteme stellen steigende Radlasten und Kontaktflächendrücke eine Gefährdung der Funktionsfähigkeit unserer Böden dar. Durch Bodenschadverdichtungen werden die Verlagerung und Dynamik von Stoffen im Boden eingeschränkt, die biologische Aktivität gehemmt und die Wurzelentwicklung der Pflanzen vermindert. Der Boden wird in der Erfüllung seiner Funktionen negativ beeinträchtigt.

Zur Vermeidung schädlicher Bodenveränderungen hat die Wissenschaft in den letzten Jahren Prognosekonzepte entwickelt, die auf eine gefügeschonende Landbewirtschaftung im Sinne eines vorbeugenden Bodenschutzes abzielen. Dies sind die Konzepte „Schadverdichtungsgefährdungsklassen“, „Vorbelastung“ und „Druckbelastungsquotient“. Daneben wurde ein „Indikatorenmodell“ vorgestellt, das die eindeutige Identifikation einer Bodenschadverdichtung im Sinne des Vollzuges nach §8 BBodSchG durch bodenkundlich geschulte Fachleute ermöglichen soll.

Die gegenwärtige Diskussion im Blick auf Bodenschadverdichtung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen wird kontrovers diskutiert. Aus diesem Grund wurde durch das Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz in Nordrhein-Westfalen (MUNLV) ein Forschungsvorhaben in Auftrag gegeben, in dem die nachfolgenden Versuchsfragen beantwortet werden sollen:

1. Wie präsentiert sich der Bodengefügezustand nordrhein-westfälischer Ackerstandorte im Bereich der üblich bewirtschafteten Kernproduktionsfläche?
2. Erlaubt das Indikatorenmodell die eindeutige Identifikation einer Bodenschadverdichtung im Sinne eines bodenschutzrechtlichen Vollzugsystems?
3. Welches der in der Wissenschaft diskutierten Modelle ist für eine praxistaugliche Prognose zur Abschätzung der potenziellen Verdichtungsgefährdung geeignet?
4. Wie kann im Sinne eines vorsorgenden Bodenschutzes die mechanische Belastbarkeit für Böden NRW's abgeschätzt und daraus ein Bewertungsmaßstab für eine bodengefügeschonende Landbewirtschaftung abgeleitet werden?

Dazu wurden bodenphysikalische, -mechanische und -chemische Untersuchungen bei 23 landwirtschaftlichen Betrieben auf insgesamt 46 Nutzflächen unter verschiedenen Standort- Nutzungs- und Witterungsbedingungen durchgeführt. Beprobte wurde jeweils der Bereich der Krume (ca. 15 cm), der Krumbasis (ca. 35 cm) und des Unterbodens (ca. 50 cm).

Die Ergebnisse zeigen, dass die Unterböden der untersuchten Standorte derzeit ihre Funktion der Wasser- und Luftführung erfüllen. Zwar weisen 8 der 46 untersuchten Schläge in dieser Bodentiefe Luftkapazitäten unter 5 Vol.-% auf, dies beschränkt sich aber vornehmlich auf tonhaltige Böden. Außerdem fällt die Feldgefügeansprache mit einer Ausnahme durchweg positiv aus. Im Krumbasis- und nicht gelockerten Krumbereich sind die Böden jedoch stärker verdichtet. Hier zeugen insbesondere die Feldgefügeansprachen sowie die laboranalytisch gemessenen ge-

ringen Luftkapazitätswerte von schädlichen Bodengefügeveränderungen. Demnach wird auf 12 Schlägen (Krume) bzw. 17 Schlägen (Krumenbasis) die Luftkapazitätsgrenze von 5 Vol.-% unterschritten. Nach der Feldgefügeansprache werden 5 Schläge (Krume) bzw. 11 Schläge (Krumenbasis) als schadverdichtet eingestuft.

Die Anwendung des Indikatorenmodells ermöglicht grundsätzlich die Identifikation einer Schadverdichtung. Probleme stellen jedoch die definierte Schadschwelle von 5 Vol.-% Luftkapazität für Sandböden und die Schwankungsbreiten der gesättigten Wasserleitfähigkeit dar. Des Weiteren ergeben sich offenen Fragen, inwieweit im konkreten Fall von einer verdichteten Fläche ausgegangen werden kann. Der Gesamtteil der verdichteten Bodenschicht an der Fläche sowie deren Tiefenlage und Mächtigkeit müssen berücksichtigt werden.

Zur Vermeidung schädlicher Bodenverdichtungen eignet sich das Konzept Schadverdichtungsgefährdungsklassen nicht, da der Parameter Lagerungsdichte nicht die Funktionsfähigkeit der Böden beschreibt. Zusammenhänge der Lagerungsdichte zur Luftkapazität wurden allenfalls für Böden gleicher Entstehung festgestellt. Außerdem wurden Drucksetzungsversuche zur Ableitung der maximalen Belastung an gestörten Proben durchgeführt. Dadurch bleibt der Faktor „Aggregation“ unberücksichtigt.

Das Konzept Vorbelastung lässt auf lange Sicht einen wirkungsvollen Beitrag zum Schutz des Bodengefüges erwarten. Der Parameter Vorbelastung beschreibt die Druckstabilität der Böden, bei einer Überschreitung dieser muss langfristig mit einer Degradierung und Funktionseinschränkung gerechnet werden. Von einer rechnerischen Ermittlung der Vorbelastung anhand vorhandener Regressionsgleichungen muss jedoch abgeraten werden, da die modellierten Werte unzureichend mit den tatsächlich gemessenen Werten übereinstimmen.

Das Konzept Druckbelastungsquotient eignet sich für Ton- und Sandböden aufgrund der Luftkapazitätsgrenze von 5 Vol.-% nicht. Für Schluff- und Lehmböden ist eine Orientierung an die untere Grenze der Funktionsfähigkeit der Böden als fragwürdig einzustufen. Man bewegt sich mit 5 Vol.-% im absoluten Grenzbereich, was im Widerspruch zu dem generellen Ziel eines Gefahrenabwehrkonzepts steht, das das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung bereits vor dessen Eintritt erkennen soll.

Einen Bewertungsmaßstab für eine gefügeschonende Landbewirtschaftung muss die Bodenbelastbarkeit, charakterisiert durch den Wert der Vorbelastung, mit der eigentlichen Bodenbelastung verknüpfen. Die Auswertung der Drucksetzungsversuche hat gezeigt, dass die Vorbelastung standortbedingt erheblichen Schwankungen unterworfen ist. Die Werte reichen von 30 kPa im gelockerten Krumenbereich bis hin zu äußerst stabilen Unterbodenhorizonten fluvialer Sande (> 500 kPa). Die Unterböden der umfangreich untersuchten Lössböden erreichen bei Feldkapazität Stabilitäten von ca. 100 kPa.

Die landtechnischen Erhebungen zeigen, dass die Gewichte von Schleppern, Ernte- und Transportmaschinen deutlich angestiegen sind. Die Bereifung der Schlepper variiert betriebsindividuell sehr stark, was sich direkt in den berechneten Werten für das Druckfortpflanzungsverhalten niederschlägt.

Durch die Gegenüberstellung der Druckbelastbarkeit mit der mechanischen Belastung können landwirtschaftliche Arbeitsverfahren hinsichtlich ihrer Bodenbeanspruchung bewertet werden.

Die exemplarisch berechneten Bodendruckspannungen zeigen, dass insbesondere der Einsatz schwerer Erntemaschinen ein Gefährdungspotenzial für die Bodenbereiche unterhalb des Lockerungshorizontes darstellt. Je nach Bereifung ist bei Radlasten oberhalb von 6-10 t bei weichen Schluffböden aus Löss mit einer schleichenden Unterbodenverformung zu rechnen. Gemessenen Luftkapazitäten von unter 8 Vol.-% auf nahezu der Hälfte der beprobten Ackerschläge deutet auf diese Entwicklung hin. Die kritischen Radlasten liegen aber deutlich über den nach dem HORN-schen- Ansatz abgeleiteten Werten von 2,3 t.

Die praxistaugliche Umsetzung eines vorsorgenden Bodenschutzes erfordert noch eine genauere Abschätzung der Vorbelastung. Dabei sind insbesondere die Effekte wechselnder Bodenfeuchten zu berücksichtigen. Prinzipiell können dann aber direkte Handlungsempfehlungen gegeben werden. Langfristig sollte durch ein angelegtes Bodenmonitoring die tatsächliche Bodengefügeentwicklung mit der prognostizierten Entwicklung verglichen werden.

Summary

Three prediction models are available to avoid damage to soil structure: The Compaction Risk Classes Model, The Pre-Compression Stress Model and the Pressure Quotient Model. All models shall aim at an agricultural concept for the protection of soil structure. A fourth model, the Indication Model shall help to identify an already affected soil structure, as outlined by the German Federal Soil Protection Act.

The controversial discussion on soil compactions lead to this study which should quantify the soil structure of arable lands in North Rhine-Westphalia. It was also an objective of the work presented to verify models for preventing and identification of soil structure damages. During a period of three years, soil physical, soil mechanical and soil chemical measurements were performed on 46 agricultural field areas at different locations and under different land use.

The results point out that the subsoils of the investigated fields still fulfill its functions for water and air household of water regime and aeration at this time. However, the plowplan layers and the loosened topsoils are more compacted. The concept "Pre-compression stress" might be an effective contribution to protect soil structure. The calculated soil pressure distribution displays the hazardous potential of heavy agricultural machinery for the subsoils.

Keywords: soil compaction, Federal Soil Protection Act, Pre-compression, Compaction Risk Classes subsoil, precaution, soil pressure, harmful changes.

6. Literatur

BBodSchG (1998): Gesetz zum Schutz des Bodens vom 17.03.1998.- BGB I, 502.

BÖTTCHER, B. (1986): Verdichtungsgefährdete, verdichtete und lockerbare Anteile der Ackerflächen in der DDR nach Bezirken.- FZB Müncheberg, Erhebung unveröffentlicht.

BRANDHUBER, R., SCHÄFER-LANDEFELD, L., KOCH, H.-J. und STOCKFISCH, N. (2001): Sind heute übliche Fahrzeugmassen bei Rübenenernte und Gülleausbringung mit den Zielen vorsorgenden Bodenschutzes vereinbar? Ergebnisse eines Forschungsprojektes.- Mitt. Deutsch. Bodenk. Gesellsch., 96 (2), 711-712.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.) (BMVEL) (2002): Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Erosion.- Bonn.

DÜRR, H.J., PETELKAU, H. und SOMMER, C. (1995): Literaturstudie Bodenverdichtung.- Texte Umweltbundesamt 55/95, Berlin.

DVWK (2002): Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden, Teil 3: Methoden für eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung.- ATV-DVWK-Merkblatt 901, ATV-DVWK, Bonn.

HARTGE, K.H. & HORN, R. (1991): Einführung in die Bodenphysik.- Enke Verlag, Stuttgart.

HORN, R. (1986): Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf die Belastbarkeit von Ackerböden.- Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 149, 9-18.

HORN, R. (1991): Unterbodenverdichtung - gibt es gesicherte Hinweise auf nachhaltige Ertragseinbußen?- Wasser & Boden 51 (12), 15-18.

HORN, R. (2004): Bearbeitung und Verdichtung von Böden.- In: BLUME (2004): Handbuch des Bodenschutzes.- 3. Auflage, ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg.

HORN, R., LEBERT, M. und BURGER, N. (1991): Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Böden als Pflanzenstandort auf der Grundlage von Labor- und in situ Messungen.- Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Materialien 73: Mechanische Belastbarkeit von Böden Bayerns.

HORN, R., SIMOTA, C., FLEIGE, H., DEXTER, A. und RAJKAI, K. (2001): Möglichkeit zur Prognose der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden.- Wasser und Boden 53 (9), 9-12.

HORN, R., SIMOTA, C., FLEIGE, H., DEXTER, A., RAJKAI, K. und DE LA ROSA, D. (2002): Prognose der mechanischen Belastbarkeit und der auflastabhängigen Änderung des Lufthaushaltes in Ackerböden anhand von Bodenkarten.- J. Plant Nutr. Soil Sci. 165, 235-239.

IMA (1991): Information, Medien, Agrar e.V., Bonn.

KÉZDI, A. (1969): Handbuch der Bodenmechanik.- Verlag für Bauwesen, Berlin.

KRUPP, G. (1988): Rationeller Einsatz von Traktoren für schwere Feldarbeiten.- VEB, Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.

LEBERT, M. (1989): Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden.- Bayreuther Bodenkundl. Berichte 12, Universität Bayreuth.

LEBERT, M., BRUNOTTE, J. und SOMMER, C. (2004): Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden/Regelungen zur Gefahrenabwehr.- UBA Texte 46/04. Berlin.

LÜTKE ENTRUP, N., KIVELITZ, H. und ISING, W. (2005): Projekt: Bodenbewirtschaftung in Leitbetrieben.- Fachhochschule Südwestfalen, Agrarwirtschaft, Soest.

OLDEMAN, L.R., HAKKELING, T.A. und SOMBROEK, W.G. (1991): World map of the status of human-induced soil degradation and explanatory note.- Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD), ISRIC, Wageningen, The Netherlands.

- OLFE, G. (1995): Zur Bodenbelastung durch den Schlepper- und Maschineneinsatz in der pflanzlichen Produktion.- KTBL-Schrift 362, KTBL, Darmstadt, 12-28.
- PAUL, R. (2004): Verfahren zur Ermittlung der Schadverdichtungsrisiken auf ackerbaulich genutzten Böden.- Zwischenbericht 46.02., Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt.
- PETELKAU, H., SEIDEL, K. und FRIELINGHAUS, M. (2000): Ermittlung des Verdichtungswiderstandes von Böden des Landes Brandenburg und Bewertung von Landmaschinen und landwirtschaftlichen Anbauverfahren hinsichtlich der Beeinträchtigung von Bodenfunktionen durch die Verursachung von schwer regenerierbaren Schadverdichtungen.- ZALF Müncheberg. 145.
- PROFI (2003): Landmaschinen- und Schlepperkatalog 2003.- CD-ROM, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.
- RUHM, E. (1983): Schlechte Vorraussetzung für eine gute Ernte.- Hannover. Land- und forstw. Zeitung 136, 3-4.
- SCHNEIDER, R. (1994): Gefügeentwicklung in Neulandböden aus Löß und Hafenschlick und deren Auswirkungen auf bodenphysikalische und -mechanische Parameter.- Berichte aus der Geowissenschaft, Shaker Aachen, 210.
- SCHÖN, H. & OLFE, G. (1986): Bodenbelastung durch Schlepper- und Maschineneinsatz in der Landwirtschaft.- KTBL-Schrift 308, 35-48.
- SCHRÖDER, D. und SCHNEIDER, R. (2004): Beurteilung und Vermeidung von anthropogenen Boden(schad)verdichtungen.- Berichte über Landwirtschaft 82 (2), 173-187.
- SCHWARK, A. und ISENSEE, E. (2004): Die Radlasten begrenzen?- DLG-Mitteilungen 7, 64-65.
- SEMMELE, H. (1993): Auswirkungen kontrollierter Bodenbelastungen auf das Druckfortpflanzungsverhalten und physikalisch-mechanische Kenngrößen von Ackerböden.- Schriftenreihe Inst. Pflanzenernähr. u. Bodenkd., Universität Kiel 26, 183.
- SEMMELE, H. und HORN, R. (1995): Möglichkeiten zur Bestimmung der mechanischen Belastbarkeit und der Druckfortpflanzung im Boden im Hinblick auf die Ableitung von bodentypischen und maschinenspezifischen Grenzwerten.- Bodenverdichtung, KTBL-Schrift 362, 61-92.
- SOMMER, C. (1998a): Konservierende Bodenbearbeitung - ein Konzept zur Lösung agrarrelevanter Bodenschutzprobleme.- Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 191, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig.
- SOMMER, C. (1998b): Ein Konzept zur Vorbeugung von Bodenschadverdichtungen in der pflanzlichen Produktion.- Bodenschutz 1, 12-16.
- SONDERHOFF, W. (1988): Messung zum Status der Bodenverdichtung und Bedeutung von Mechanisierungsverfahren.- Dissertation, Universität Kiel.
- STAHL, H., SCHMIDT, W. und GIERKE, U. (2002): Beratung zur guten fachlichen Praxis zum Schutz des Bodengefüges - Ansätze, Strategien, offene Fragen.- Tagungsband der 14. Wissenschaftlichen Fachtagung: Schadverdichtung in Ackerböden, 5. Dezember 2001, Bonn.

WEYER, TH. (2003): Persönliche Mitteilung.- Fachhochschule Südwestfalen, Agrarwirtschaft, Soest.

WEYER, TH. (2004): Bodenschadverdichtungen vermeiden.- Bodenschutz 2, 33.

WEYER, TH. und BUCHNER, W. (2001): Bodenschadverdichtungen- Ausmaß, Ursachen, Wirkungen und Lösungsansätze.- Tagungsband der Fachtagung „Bodenbewirtschaftung im Umbruch“, Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft Soest, 9-31.

Kontakt:

Prof. Dr. Thomas Weyer
Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft
Lübecker Ring 2
59494 Soest

Effekte des Erosions- und Hochwasserschutzes durch Konservierende Bodenbearbeitung auf die Wirtschaftlichkeit pflanzenbaulicher Produktionssysteme

Impacts of erosions protection and flood protection through preserved cultivation on profitability of plant production systems

N. Lütke Entrup, F.-F.Gröblichhoff, M. Schneider

Einleitung

Die Hochwasserereignisse der letzten Jahre an Oder, Elbe, Rhein und Donau unterstreichen die Bedeutung vorbeugender Maßnahmen zum Hochwasserschutz. Zusätzlich haben verschlammte Fahrbahnen und geflutete Keller die Forderung nach einem umfassenden Schutz vor Erosionsereignissen gefördert. Eine ganz wichtige Maßnahme ist die Verbesserung der Infiltration des Niederschlagswassers in den Boden. Deshalb richtet sich das Augenmerk auf den Abfluss von Niederschlagswasser von landwirtschaftlich genutzten Flächen. Die Konservierende Bodenbearbeitung ist eine der wirkungsvollsten pflanzenbaulichen Maßnahmen zum Schutz des Bodens vor Erosion und zur Verminderung von Hochwasserereignissen.

In diesem Beitrag wird dargestellt, dass durch die Kombination der Konservierenden Bodenbearbeitung mit vielseitiger Fruchtfolgegestaltung neben den positiven Wirkungen auf Boden- und Gewässerschutzziele auch das wirtschaftliche Ergebnis pflanzenbaulicher Produktionssysteme verbessert wird.

Definition und Effekte pflanzenbaulicher Produktionssysteme

Die pflanzenbaulichen Produktionssysteme lassen sich in drei grundsätzliche Typen einteilen (Tab. 1). Die Konventionelle Bodenbearbeitung ist durch die wendende Arbeit des Pfluges bei der Primärbodenbearbeitung gekennzeichnet. Dadurch ist die Bodenoberfläche frei von Ernteresten der Vorfrucht und der Boden sehr stark gelockert. Im Zuge der Sekundärbodenbearbeitung und Saatbettbereitung werden größere Aggregate zerkleinert und der Boden wieder rückverfestigt. Durch das Einpflügen der Reste der Vorfrucht kann die Saat auch mit einfacher Drilltechnik problemlos erfolgen.

Die Verfahren der Konservierenden Bodenbearbeitung sind gekennzeichnet durch den konsequenten Verzicht auf die wendende Bodenbearbeitung durch den Pflug. Zur Stoppelbearbeitung und Vorbereitung der Aussaat einer Kultur wird der Boden mehr oder weniger tief und häufig gelockert und die Reste der Vorfrucht werden oberflächlich eingemischt. In diesen Mulch erfolgt die Aussaat der Folgekultur mit einer verstopfungsfrei arbeitenden speziellen Drilltechnik.

Die Direktsaat als extremste Form der Konservierenden Bodenbearbeitung verzichtet weitgehend auf jegliche Bodenbearbeitung. Die Aussaat erfolgt mit geeigneter Technik direkt in den unbearbeiteten Boden, soweit Bodenzustand und die Abfolge der Kulturen dies ermöglichen.

Tabelle 1: Definition und Einordnung von Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren (Schneider 2006)

Arbeitsschritte	Verfahren der Bodenbewirtschaftung				
	Konventionell (Pflug)	Konservierend			
		Mulchsaat		Direktsaat	
		tief (>10 cm)	flach (<10 cm)	Ganz- flächig	Band- bzw. Scharbreite
Strohbearbeitung	-	+ (-)	- (+)	+	- (+)
Stoppelbearbeitung	+	- (+)	+	-	-
Grundbodenbearbeitung	wendend	+	(+)	-	-
Saatbettbereitung	+	- (+)	-	-	-
Saat	+	+		+	

Die Einführung der Konservierenden Bodenbearbeitung und Direktsaat hat vielfältige Auswirkungen auf den Boden- und Gewässerschutz sowie die Wirtschaftlichkeit des Pflanzenbaus (Tab. 2).

Die vielfältigen Auswirkungen der Konservierenden Bewirtschaftung werden insbesondere bei der Erosionsvermeidung deutlich. Im Pflugsystem sind die einzelnen Bodenaggregate kurz nach einer Bodenbearbeitung instabil und zerfallen unter der kinetischen Energie der Regentropfen relativ leicht, so dass die Bodenoberfläche verschlämmt, das Niederschlagswasser nicht mehr vollständig versickern kann und teilweise oberflächlich abläuft. Durch die Bedeckung des Bodens mit Pflanzenresten wird der Boden vor der kinetischen Energie der Regentropfen geschützt, die Infiltration ist verbessert und das Wasser versickert im Boden. Zusätzlich werden die einzelnen Bodenaggregate bei oberflächennaher Lagerung durch die Tätigkeit der Mikroorganismen biologisch stabilisiert und sind auch nach einer flachen Bearbeitung stabil ausgebildet. Durch die erhöhte Stabilität der einzelnen Aggregate ist zusätzlich die Tragfähigkeit des Bodens erhöht, dadurch sinkt die Spurtiefe und die Erosionsgefahr durch Verdichtungen wird vermindert.

Tabelle 2: Elemente und Auswirkungen der Konservierenden Bodenbearbeitung / Direktsaat

Wesentliche Elemente	Auswirkungen
Keine tiefe Lockerung durch den Pflug	Senkung der Maschinenkosten Energieeinsparung Geringerer Arbeitszeitbedarf
Nur flache Bearbeitung, keine Überlockerung	Förderung der natürlichen Regenerationsfähigkeit
Verminderte Eingriffsintensität, längere Bodenruhe	Stabiles, gut befahrbares Bodengefüge Hohe Tragfähigkeit Geringere Verdichtungen
„Konservierung“ der Bodenstruktur durch ganzjährige Bodenbedeckung: <ul style="list-style-type: none"> • Kulturpflanzen • Ernterückstände • Zwischenfrüchte 	Bodenschutz: <ul style="list-style-type: none"> • Höhere Wasseraufnahme • Geringere Verschlammung • Höhere biologische Aktivität • Erosionsminderung

Tabelle 3: Einfluss der Bodenbedeckung auf Bodenabtrag und Oberflächenabfluss (10 – jährige Messungen), (Frielinghaus et al. 1999, verändert)

Bodenbedeckung (%)	0	20-30	30-50	50-70	>70
Bodenabtrag Wassererosion (%)	100	25	8	3	<1
Oberflächenabfluss (% des Niederschlags)	45	40	<30	<30	<30

Die geringere Eingriffstiefe und das höhere Angebot an Ernteresten auf der Bodenoberfläche lässt die Zahl der Regenwürmer (Abb. 1) bei Konservierenden Bewirtschaftungsverfahren gegenüber der Pflugarbeit deutlich ansteigen. Die Vielzahl der bis zur Bodenoberfläche reichenden Regenwurmröhren sorgt ebenfalls für eine deutlich verbesserte Infiltration der Niederschläge. Insbesondere nach Direktsaat wird Erosion durch Oberflächenabfluss nahezu vollständig verhindert.

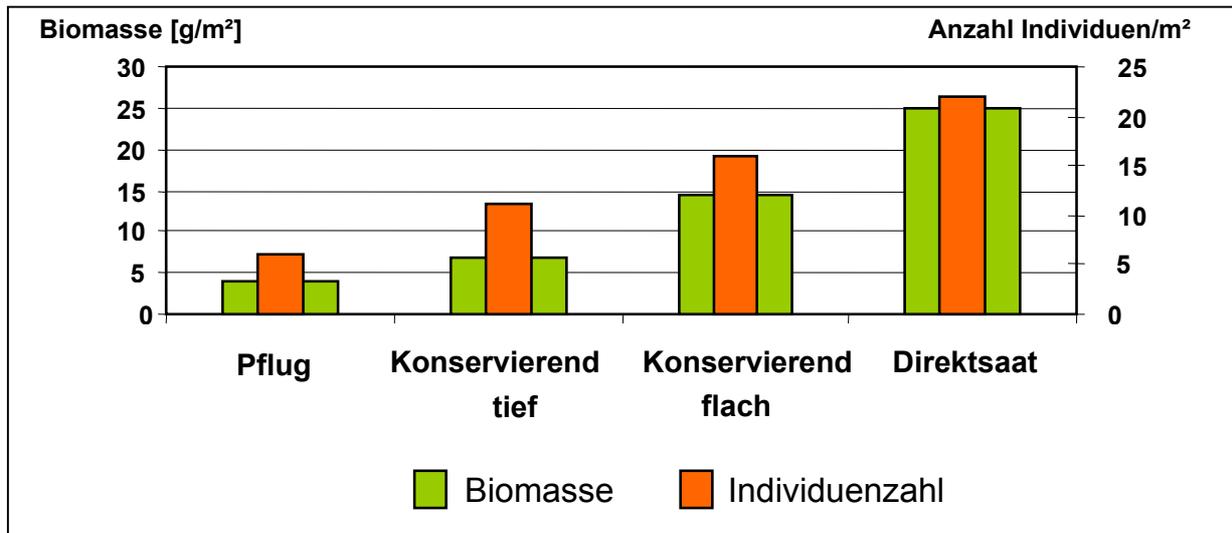


Abbildung 1: Höhere Regenwurmaktivität auf mehrjährig Konservierende und in Direktsaat bewirtschaftete Flächen

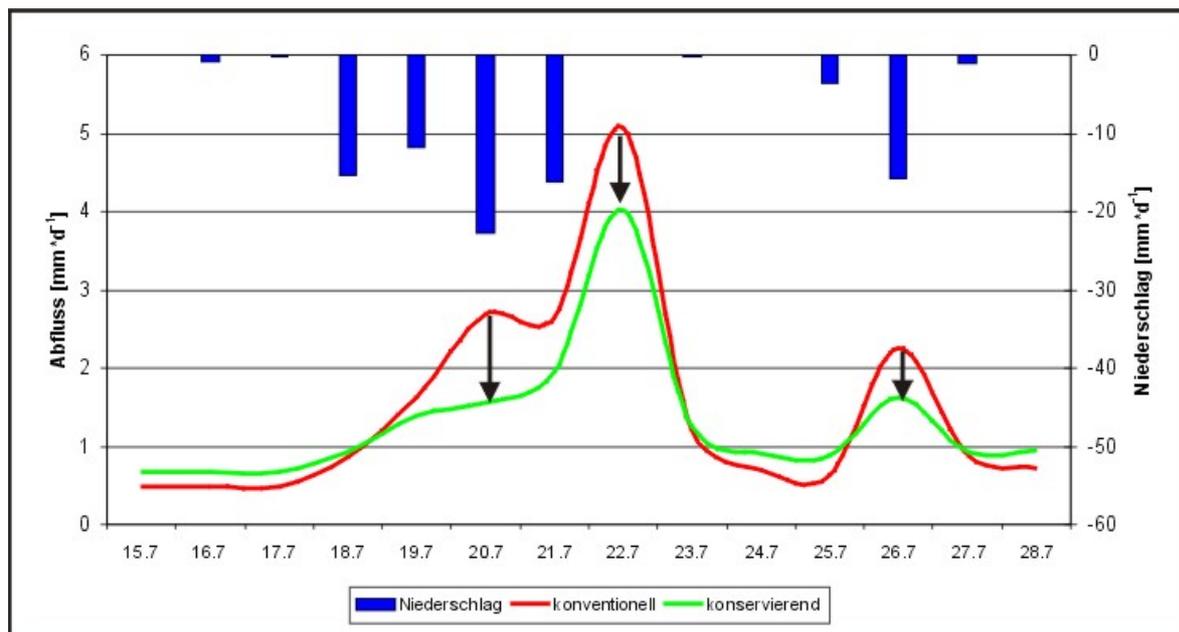


Abbildung 2: Modellrechnung zur Einschätzung der Hochwasserminderung durch flächendeckende Konservierende Bodenbearbeitung am Beispiel des Einzugsgebietes der Pließnitz, Lausitzer Neiße (Schmidt et al. 2005)

Von Schmidt und Mitarbeitern (2005) wurden für das Einzugsgebiet der Pließnitz, einem Nebenfluss der Lausitzer Neiße, die Effekte einer flächendeckenden Einführung der Konservierenden Bodenbearbeitung modellhaft berechnet (Abb. 2). Durch die bessere Infiltration auf den acker-

baulich genutzten Flächen werden nach mehrtägigen Regenereignissen die Abflussspitzen um 20 -25 % gesenkt. Zwischen den Niederschlagsereignissen ist der Abfluss dagegen leicht erhöht, so dass die Wasserführung des Flusses insgesamt ausgeglichener ist. Da die Abflussspitzen für die Hochwasserlage entscheidend sind, kann durch die Konservierende Bodenbearbeitung ein nennenswerter Beitrag zum Hochwasserschutz geleistet werden.

Knapp 1/3 der Phosphor- und Pflanzenschutzmitteleinträge in die Oberflächengewässer erfolgen über Erosion und Abschwemmung von landwirtschaftlichen Nutzflächen. Gegenüber der konventionellen Bodenbewirtschaftung mit dem Pflug wird durch Konservierende Bodenbewirtschaftung und Direktsaat eine Reduktion der Nährstoff und PSM-Austräge um 70-100% erreicht (Tab. 4).

Tabelle 4: Wirkstoffaustrag in Mais nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung (1998 – 2001) (ERLACH et al. 2005)

Wirkstoff / Menge	Bewirtschaftungssystem				
	Konventionell	Konservierend		Direktsaat	
	Austrag	Austrag	Reduktion (%) gegen konvent.	Austrag	Reduktion (%) gegen konvent.
Terbutylazin 750 g/ha	0,96 g/ha	0,10 g/ha	90	kein	100
Metolachlor 1450 g/ha	0,80 g/ha	0,16 g/ha	80	kein	100
Pendimethalin 990 g/ha	0,38 g/ha	0,11 g/ha	71	kein	100

Die ökologischen Vorteile (Erosionsschutz, Förderung des Bodenlebens, bessere Tragfähigkeit der Böden u.a.) der pfluglosen Bodenbearbeitung sind unbestritten. In der Praxis werden jedoch solche Verfahren nur akzeptiert, wenn sie auch wirtschaftlich tragfähig sind. Die Bodenbearbeitungsintensität wird maßgeblich von den Bodenverhältnissen, der Mechanisierung, der Fruchtfolge und den Fähigkeiten des Betriebsleiters bestimmt. Eine geringere Eingriffsintensität in das Bodengefüge ist in der Regel mit geringeren Kosten der Bodenbearbeitung verbunden. Bei pflugloser Bodenbearbeitung können Arbeitszeit und variable Maschinenkosten (vor allem Treibstoff und Arbeitszeit, aber auch Reparaturen) eingespart werden. Nach UPPENKAMP (2001) verursacht das Pflügen im Vergleich zum Einsatz von Kreiselegge und Grubber mit Abstand die höchsten variablen Kosten und bietet damit auch das größte Einsparpotenzial. Der Grubbereinsatz weist nur 30 % der variablen Kosten des Pflügens auf. Darüber hinaus darf der einzelne Arbeitsgang nicht isoliert betrachtet werden. So kann auf tonigen Böden unter Umständen durch den Pflugverzicht ein nachfolgender separater Einsatz der Kreiselegge eingespart werden.

Tabelle 5: Auswirkungen der Fruchtfolgegestaltung auf die Kosten (Auswahl)

Problembereiche enger, wintergetreidebetonter Fruchtfolgen	Auswirkungen auf:
Ungrasbekämpfung, Resistenzen	Direktkosten
Vermehrtes Auftreten von Fruchtfolgekrankheiten wie Halmbruch, Schwarzbeinigkeit, DTR, Fusarium	Direktkosten
Hohe Arbeitsspitzen	Schlechte Auslastung von Maschinen und Arbeitskräften
Kurze Anbaupausen zwischen den Hauptkulturen	Intensive (teure) Bodenbearbeitung notwendig, um Ernterückstände einzuarbeiten und eine störungsfreie Aussaat zu sichern
<u>Resultat:</u> Mulchsaat ist eingeschränkt möglich, Direktsaat ist kaum möglich, Pflugsaat verringert die Probleme, verursacht aber hohe Direktkosten und hohe Kosten der Arbeitserledigung	

In der Diskussion um die notwendige Bodenbearbeitungsintensität fällt häufig das Argument, dass auf den Pflug zu bestimmten Kulturen nicht verzichtet werden kann. Pflanzenbauliche Probleme (Tab.5) der engen Wintergetreide betonten Fruchtfolgen werden mit dem Pflug kompensiert, und die Konservierende Bewirtschaftung als nicht wirtschaftlich abgelehnt. Dabei ist zu bedenken, dass der Weizenanbau nach einer Blattfrucht bei höherer Ertragserwartung deutlich niedrigere Aufwendungen im Vergleich zum Weizenanbau in Selbstfolge (Stoppelweizen) erfordert (Tab. 6, 7). Trotz der höheren Aufwendungen sind die Ertragshöhe und vor allem die Ertragssicherheit beim Stoppelweizen deutlich vermindert (Tab. 7).

Tabelle 6: Verfahrensvergleich zur Bestellung von Weizen nach unterschiedlichen Vorfrüchten im Versuchsgut Merklingsen (nach Blattfrucht Konservierend, nach Halmfrucht Pflugfurche)

	Vorfrucht: Blattfrucht (Raps/Leguminosen)	Vorfrucht: Halmfrucht (Weizen)	Mehr- kosten €/ha
Bodenbearbeitung (variable Maschinenkosten)	<ul style="list-style-type: none"> • ggf. Walze/Striegel • Roundup • Grubber/Saat 	<ul style="list-style-type: none"> • Lockern/Mischen (8 – 10 cm) • Pflügen • Einebnen/Saat 	20 – 40
Sortenwahl	Keine Einschränkung	Stoppelweizeneignung	20*
Saatgutbeizung	Standardbeizung	Jockey / Latitude	15-20
Saattermin	Flexibel	Spätere Saat (+10 – 14 Tage)	10*
Verunkrautung	Geringer bis mittlerer Besatz	Normaler – hoher Besatz (Schwerpunkt Gräser)	15-30
N- Düngung	140-160 kgN/ha	180-200 kgN/ha	16-32
Fungizideinsatz	EC 32-34: Azol/Strobilurin EC 37-49: Srobilurin (Azol)	EC 30/31: Strobilurin+Unix EC 34/37: HTR Bekämpfung EC 61/69: Fusarium Bekämpfung	20-30
Summe der Mehrkosten bei Stoppelweizen			86 – 182

* nicht zwingend erforderlich

Die Fruchtfolge ist somit der wichtigste Bestimmungsfaktor für die Intensität der Bodenbearbeitung. Durch den Wechsel von Winterung/Sommerung und/oder Blattfrucht/Halmfrucht wird eine Reihe von Wirkungen erzielt, die insbesondere das System der Konservierenden Bodenbearbeitung bis hin zur Direktsaat sicherer und effizienter gestalten. Durch die z.T. relativ langen Zeiträume zwischen den Hauptkulturen werden günstige Voraussetzungen für den Zwischenfruchtbau und die Strohrotte geschaffen, Saatgutablage und Feldaufgang der Sommerung werden dadurch verbessert. Mehrjährig pfluglos bewirtschaftete Böden sind tragfähiger und früher befahrbar, so dass durch frühe Saattermine (Direktsaat Körnerleguminosen, Sommergetreide) die Vegetationszeit effizienter für die Ertragsbildung genutzt wird. Der Infektionsdruck für Krankheiten wird deutlich reduziert, Blatt-/Halmfruchtwechsel ermöglichen die effektive Bekämpfung von Ungräsern und relativieren das Resistenzrisiko.

Den Vorfruchtwirkungen verschiedener Blattfrüchte und Sommerungen kommt insgesamt eine Schlüsselfunktion zu (STEMANN 2001). Sie senken das Anbaurisiko und die Produktionskosten der Folgekulturen.

Tabelle 7: Erträge verschiedener Kulturen bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung in den Fruchtfolgen: FF.1: ZR-WW-WW-WW, FF.2: ZR-WW-AB-WW (Standort Soester Börde, 70-75 BP, 2000-2006, n=7)

Kultur	Vorfrucht	Ertrag dt/ha		
		Direktsaat	Mulchsaat	Pflug
Weizen (WW)	Ackerbohnen (n=4)	97	97	96
Weizen (WW)	Zuckerrüben (n=7)	98	97	97
1.Stoppelweizen (WW)	Weizen (n=4)	77	85	85
2.Stoppelweizen (WW)	Stoppelweizen (n=3)	67	82	82
Ackerbohnen (AB)	Weizen (n=4)	60	55	51
Zuckerrüben (ZR)	Weizen(n=7)	658	722	710

Ökonomische Bewertung von Bodenbearbeitungs- und Fruchtfolgeversuchen des Fachbereichs Agrarwirtschaft Soest

Sollen Bodenbewirtschaftungssysteme langfristig vergleichend bewertet werden, sind alle Effekte und Wirkungen monetär zu berücksichtigen, also neben den variablen auch die festen Kosten. Somit ist die einfache Deckungsbeitragsrechnung kein ausreichendes Bewertungsverfahren. Vielmehr bietet sich die aus der Kontrollrechnung stammende Vollkostenanalyse an.

Diese wird modifiziert, um nur die Kosten zu erfassen, die von der Fruchtfolgegestaltung und der Bodenbearbeitung beeinflusst werden. Als Erfolgsmaßstab wird die „direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL)“ ausgewiesen (Tab.8). Für eine „komplette“ Vollkostenrechnung müssten die Pacht bzw. ein Pachtansatz und sonstige Gemeinkosten noch in Ansatz gebracht werden.

Am Beispiel von zwei Bodenbewirtschaftungsversuchen sollen die wirtschaftlichen Unterschiede zwischen den Systemen dargestellt werden. Zuerst wird ein am Versuchsgut Merklingsen der Fachhochschule Südwestfalen angelegter Versuch näher erläutert. In diesem Vorhaben werden die beiden Fruchtfolgen Zuckerrüben-Winterweizen-Winterweizen-Winterweizen (ZR-WW-WW-WW) und Zuckerrüben-Winterweizen-Ackerbohnen-Winterweizen (ZR-WW-AB-WW) in den drei Verfahren - Pflug, Mulchsaat und Direktsaat - geprüft.

Die pflanzenbaulichen Maßnahmen bis hin zur Bodenbearbeitung/Saattechnik sind den Anforderungen der einzelnen Kulturen angepasst, so dass jede Fruchtfolge für sich produktionstechnisch optimiert wurde. Die mehrjährigen Erträge aus dem Systemversuch sind in Tabelle 7 aufgeführt. Die Weizenerträge zeigen, dass nach Blattfrüchten auf die Bodenbearbeitung weitgehend verzichtet werden kann. Lediglich bei der Selbstfolge von Weizen in Direktsaat fällt der Ertrag deutlich ab, während eine Mulchsaat kompensatorische Effekte aufweist, aber - wie der Pflug - nicht

das Ertragsniveau des Weizens nach Blattfrucht erreicht. Auch Zuckerrüben honorieren eine flache Bearbeitung. Ackerbohnen können systembedingt sehr früh (ab Anfang Februar) in Direktsaat (Scheibenschar) gesät werden und nutzen die längere Vegetationszeit. Die Bodenbearbeitung mit dem Pflug zeigt in keinem Fall deutliche Ertragsvorteile.

Tabelle 8: Berechnungsschema zur Auswertung von pflanzenbaulichen Systemversuchen

Leistungen:	Markterlös Produktionsgebundene Direktzahlungen
= Geldrohertrag	
./. Direktkosten:	Saat-, Pflanzgut Düngung Pflanzenschutz Trocknung, Lagerung Versicherung (Hagel) Zinsansatz Feldinventar
= direktkostenfreie Leistung	
./. Arbeiterledigungskosten:	Personalaufwand (fremd) Lohnansatz Lohnunternehmer Maschinenmiete Feste Maschinenkosten Variable Maschinenkosten
= Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL)	

Wie wirkt sich die Systemveränderung (Ersatz des ersten Stoppelweizens durch Ackerbohnen) auf das wirtschaftliche Ergebnis bei Pflug-, Mulch- und Direktsaat aus? Zur Berechnung der DAL wurden die Leistungen und Kosten aus den mehrjährigen Systemversuchen errechnet. Die technische Ausstattung ist entsprechend der Leistungsfähigkeit der Maschinen und Geräte angepasst. Die Arbeitsgänge sind mit Hilfe von KTBL-Daten, angepasst an die Verhältnisse der Soester Börde, bewertet worden.

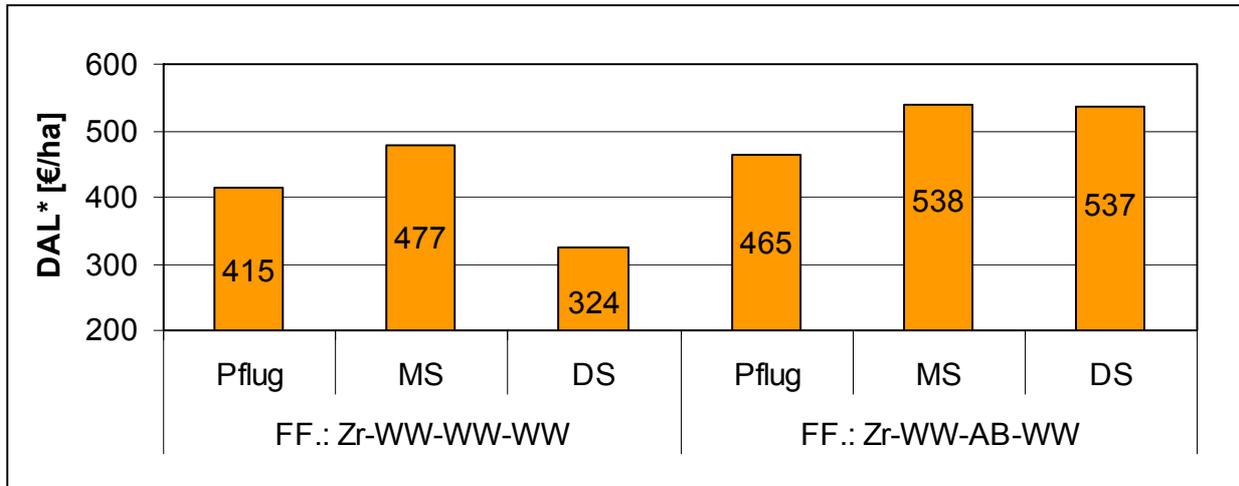


Abbildung 3: DAL in einem 150 ha großen Modellbetrieb bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung und verschiedenen Fruchtfolgen (ohne Flächenprämienansatz) (Versuchsgut Merklingsen 2000-2006)

Die monetäre Überlegenheit der erweiterten Fruchtfolge (Abb. 3) wird insbesondere durch die Konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat im Erfolgsmaßstab Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) deutlich. Selbst bei enger Anbaufolge (ZR-WW-WW-WW) ist die Mulchsaat der Pflugsaat noch um 62 €/ha überlegen. Die Direktsaat schneidet im engen Anbausystem mit bis zu 22 % Verlusten in der DAL im Vergleich zur Pflugsaat ab. Direktsaaten in engen Fruchtfolgen wirken sich insbesondere bei Zuckerrüben und beim Stoppelweizen leistungsmindernd aus.

Die Kombination von erweiterten Fruchtfolgen und Konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat ermöglicht eine deutliche Kostensenkung bei gleich bleibenden oder steigenden Erträgen im Vergleich zum Pflugverfahren, dies führt zu deutlichen Steigerungen der DAL um fast 30%. Für die Praxis würde sich ein Mischsystem aus Mulchsaat und Direktsaat in durch Sommerungen und/oder Blattfrüchte erweiterten Fruchtfolgen anbieten. Zuckerrüben (und Mais) sollten in flacher Mulchsaat bestellt werden, um die Temperaturführung der Böden zu verbessern. Bei anderen Früchten im Fruchtfolgesystem sollte - wenn möglich - auf die Bodenbearbeitung verzichtet werden. Im Gesamtsystem müssen die Kosten minimiert und die Erträge weiterhin maximiert werden. Der ökonomische Erfolg des Fruchtfolgesystems ist letztlich das wichtigste Beurteilungskriterium.

In einem weiteren Forschungsvorhaben wurden deutschlandweit auf vier klimatisch unterschiedlichen Standorten eine winterweizenbetonte Fruchtfolge (Ra-WW-WW-WW) in Pflug- und Mulchsaat mit erweiterten Fruchtfolgen und pfluglos bestellten Systemen verglichen. Hier werden nur die Erträge der Standorte in Nordrhein-Westfalen und Mecklenburg-Vorpommern dargestellt.

Erträge - Auswirkungen der Fruchtfolgegestaltung und Bodenbearbeitung

An dem Standort in Mecklenburg-Vorpommern wurden deutliche Ertragseffekte bei Weizen in Abhängigkeit von der Vorfrucht festgestellt. Am Standort Soest konnte dies nicht bestätigt werden. Die Tabellen 8 und 9 zeigen die Erträge beziehungsweise die Ertragsdifferenzen zwischen Stoppelweizen und Blattfruchtweizen im Mittel über alle Bodenbearbeitungsvarianten.

Beim Vergleich der Blattfrucht- und Stoppelweizenerträge in den unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten werden weitere Unterschiede deutlich (Tab. 9, 10). Der pfluglose Anbau von Weizen nach Blattfrüchten ist auf beiden Standorten ohne wesentliche Ertragsverluste zu realisieren. Am Standort in Mecklenburg ergeben sich sogar markante Mehrerträge bei Konservierender Bodenbearbeitung. Beim Stoppelweizenanbau ergibt sich ein anderes Bild. Hier wurden durch die pfluglose Bestellung an beiden Standorten etwa gleiche Erträge festgestellt. Das Ertragsniveau des Stoppelweizens lag bei einer pfluglosen Bestellung auf vergleichbarem Niveau zur Pflugsaat, dies wurde vor allem durch eine spezielle Produktionstechnik (Strohausgleichdüngung, Strohzerkleinerung) erreicht.

Tabelle 9: Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Vorfrucht und Bodenbewirtschaftungssystem (Standort Soester Börde, 70-75 BP, 2003-2005)

Kultur	Konventionell	Konservierend
Winterweizen nach Blattfrucht *	98,9	99,9
Winterweizen nach Winterweizen	98,8	97,1
Winterraps nach Winterweizen	44,3	43,8
Winterraps nach Körnererbsen	-	43,4
Körnererbsen nach Winterweizen	-	50,8**
Ackerbohnen nach Winterweizen	-	59,5
Hafer nach Winterroggen	-	72,3
Winterroggen nach Winterweizen	-	80,8

* Körnererbsen, Ackerbohnen, Winterraps, **2003 und 2005, 2004 Taubenfraß.

Tabelle 10: Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Vorfrucht und Bodenbewirtschaftungssystem (Standort Gülzow, MV, 2003-2005)

Kultur	Konventionell	Konservierend
Winterweizen nach Blattfrucht *	84,6	94,5
Winterweizen nach Winterweizen	66,1	70,2
Winterraps nach Winterweizen	47,5	45,1
Winterraps nach Blauer Lupine	-	52,5
Blaue Lupine nach Winterweizen	-	28,5
Wechselweizen n. Winterweizen	-	69,4
Hafer nach Winterroggen	-	54,1
Winterroggen nach Winterweizen	-	78,6

* Blaue Lupine, Winterraps

Direktkosten

Bodenbearbeitung und Fruchtfolgegestaltung haben wesentlichen Einfluss auf Produktionsintensität und damit auf die Höhe der Direktkosten. (Abb. 4 und 5).

Durch die Auflockerung der Fruchtfolge werden pflanzenbauliche Problemkreisläufe unterbrochen. Dadurch kann der Produktionsmittelaufwand sinken. Durch den Pflugverzicht steigen die Direktkosten in der engen, winterweizenbetonten Fruchtfolge im Durchschnitt aller Standorte um sechs Prozent an. Durch die Erweiterung der Fruchtfolge, hier der Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht/ Sommerung, sinken die Direktkosten im Vergleich zur Pflugvariante um sieben Prozent.

Kosten der Arbeitserledigung

Die Reduzierung der Arbeitserledigungskosten wird im engen Zusammenhang mit Konservierender Bodenbearbeitung diskutiert. Durch die Verringerung der Bearbeitungsintensität können Maschinenkosten und Arbeitszeit eingespart werden. Im Mittel über alle Versuchsstandorte führt der Pflugverzicht in der engen Fruchtfolge zu 11 Prozent geringeren Arbeitserledigungskosten. Doch auch die Fruchtfolgegestaltung kann zur Verminderung dieser Kosten beitragen. Die weiteren Einsparungen bei den Arbeitserledigungskosten bei einem Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht/ Sommerung in Kombination mit Konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaat sind hauptsächlich durch zwei Teilbereiche verursacht:

- Pflanzenbaulich: Durch die längeren Anbaupausen kann die Strohrotte ohne tiefere Einarbeitung ablaufen, das Strohproblem ist kostengünstig gelöst. Infektionszyklen werden beim Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht gebrochen, es ist aus phytosanitärer Sicht kein tieferes Einmischen des Strohes notwendig.

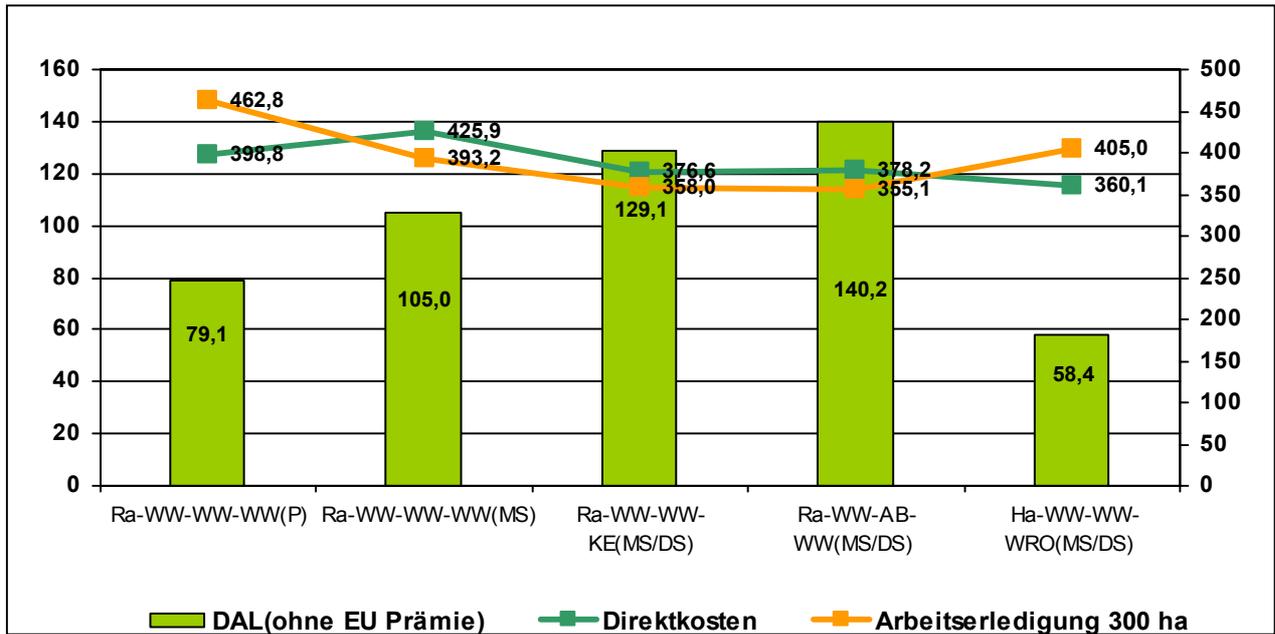


Abbildung 4: DAL, Direktkosten und Kosten der Arbeitserledigung verschiedener Bewirtschaftungssysteme im Vergleich (Standort Soest, 2003-2005)

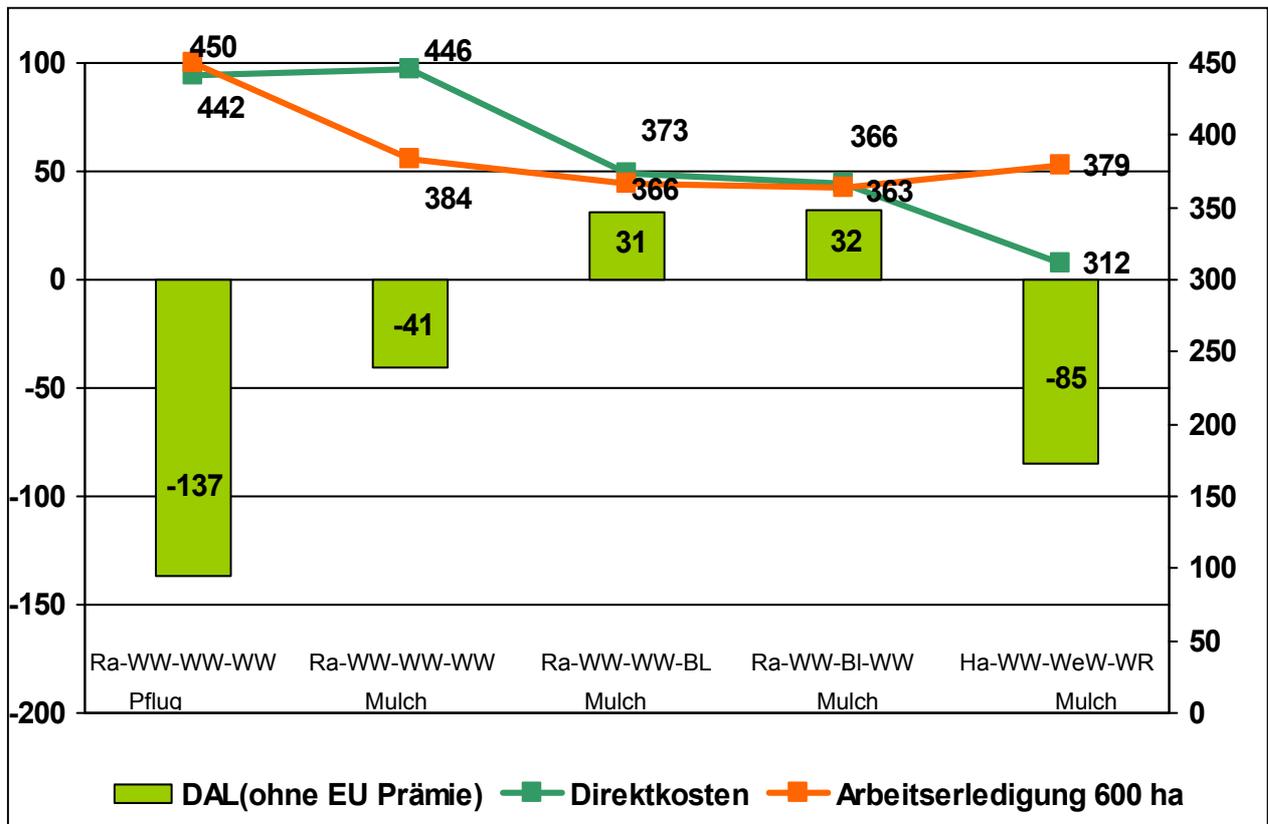


Abbildung 5: DAL, Direktkosten und Kosten der Arbeitserledigung verschiedener Bewirtschaftungssysteme im Vergleich (Standort Mecklenburg, 2003-2005)

- Verfahrenstechnisch: Durch die Entzerrung der Arbeitsspitzen kann die notwendige Mechanisierung in aufgelockerten Fruchtfolgen reduziert werden. Das eingesetzte Maschinenkapital wird über das Jahr effizienter ausgenutzt.

Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL)

Die positiven Ertragseffekte und die Kosteneinsparungen in erweiterten Fruchtfolgen in Kombination mit Konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat machen sich über beide Standorte in der DAL bemerkbar. In diesen Systemen wird die höchste DAL erzielt. Die engen Wintergetreidebetonten Fruchtfolgen können unabhängig vom Bodenbearbeitungsverfahren nur eine deutlich geringere DAL erreichen. In Mecklenburg-Vorpommern ist in diesen Systemen die DAL negativ, d. h. ein Beitrag zur Deckung der Pachtkosten oder sonstiger Gemeinkosten kann aus der Pflanzeproduktion nicht erwirtschaftet werden.

Fazit

Die Konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat vermindern die Eingriffsintensität in das Bodengefüge, verbessern den Erosionsschutz und die Wasserinfiltration und sorgen so für einen verbesserten Gewässerschutz durch Verringerung von Oberflächenabfluss, Nähr- und Wirkstoffeinträgen. Sie leisten einen effektiven Beitrag zum Hochwasserschutz.

Die pflanzenbaulichen Probleme enger, wintergetreidebetonter Fruchtfolgen (Verungrasung, Auftreten von Krankheiten und Mykotoxinbelastung des Erntegutes) werden durch die Konservierende Bodenbearbeitung verschärft.

Lösungsmöglichkeiten bieten erweiterte Fruchtfolgen in Kombination mit der Konservierenden Bewirtschaftung. Sie entschärfen die pflanzenbaulichen Problemkreise, tragen zur Senkung der Direkt- und Arbeitserledigungskosten bei, sparen Energie und Arbeitszeit, erhöhen die Biodiversität im Kulturpflanzenpektrum und verbessern die ökonomische Effizienz des Pflanzenbaus.

Literatur

BACHTALER, G. (1979): Fruchtfolge und Produktionstechnik. BLV Verlagsgesellschaft, München, 16-29.

DEECKE, U. und KRECECK, A. (2002): Kostenreserven entdecken – Bessere Leistung und geringere Kosten. DLG – Mitteilungen 6, 13-15.

DEERBERG, K.-H. und KLEINGARN, P. (2003): Produktionseffizienz und Produktionskosten im Marktfruchtbau Schleswig - Holsteins – Datenmaterial und Auswertungsergebnisse aus der Beratung von Marktfruchtbetrieben 2000/01. In: Landwirtschaftskammer Schleswig – Holstein: Marktfruchtreport 2003, 6-13.

ERLACH, F., LÜTKE ENTRUP, N. und GRÖBLINGHOFF, F.-F. (2005): Konservierende Bodenbearbeitung als ackerbauliche Maßnahme zur Verringerung des diffusen Eintrages von Pflanzenschutzmitteln (PSM) und Nährstoffen in Oberflächengewässer, Forschungsbericht des Fachbereichs Agrarwirtschaft Soest, Nr. 17.

FREYER, B. (2003): Fruchtfolgen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 11-17.

FRIELINGHAUS, M., BRANDHUBER, R., GULLICH, P. und SCHMITT, W. (2001): Gute Fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL), 44-92.

PLESSMANN, F. (2001): Vergleichende Produktionskostenanalyse des Marktfruchtbaus in Mecklenburg – Vorpommern und Schleswig – Holstein unter besonderer Berücksichtigung der Anwendung unterschiedlicher Methoden der Effizienzanalyse aus betriebswirtschaftlicher Sicht. Dissertation CAU Kiel, 186 -191.

STEMANN, G. (2001): Pflanzenbausysteme für Konservierende Bodenbearbeitung/Direktsaat entwickeln und verfahrenstechnisch gestalten. In: LÜTKE ENTRUP, N. und GRÖBLINGHOFF, F.F. (Hrsg.) (2001): Bodenbewirtschaftung im Umbruch, 165-185.

STEMANN, G. (2005): Mündliche Mitteilung.

SCHMIDT, W. (2006): Vorbeugender Hochwasserschutz durch Konservierende Bodenbearbeitung im Einzugsgebiet der Pließnitz,
<http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/6697.htm> (27.04.2006).

UPPENKAMP, N. (2001): Technische Anforderungen und Kostenstrukturen in pfluglosen Pflanzenbausystemen. In: LÜTKE ENTRUP und GRÖBLINGHOFF (Hrsg.) (2001): Bodenbewirtschaftung im Umbruch, 186-193.

Kontakt:

Prof. Dr. Norbert Lütke Entrup*, Dr. Franz-Ferdinand Gröblichhoff*, Marco Schneider**

* Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft

Lübecker Ring 2

59494 Soest

** Hessischer Landesbetrieb Landwirtschaft, Kassel

Teil 2

**Bioenergieerzeugung in NRW
– Chancen und Perspektiven –**

22. Wissenschaftliche Fachtagung

14. Juni 2007

Landwirtschaftliche Fakultät
der
Universität Bonn

Politische Rahmenbedingungen für die Bioenergieerzeugung in Nordrhein-Westfalen

Political framework for bioenergy production in North-Rhine Westphalia

M. Hannen und L. Wilstacke

Die 22. wissenschaftliche Fachtagung „Bioenergieerzeugung in NRW – Chancen und Perspektiven“ ist die erste Fachtagung des Lehr- und Forschungsschwerpunktes, die sich ausschließlich dem Thema „Bioenergie“ widmet. Vor ein paar Monaten, während der Handball-WM, hätte man sicher kommentiert: „Wenn nicht jetzt – wann dann?“. Der geradezu atemberaubende Zuwachs bei der Nutzung von Biomasse im Treibstoff-, Strom und Wärmesektor und die dadurch rapide wachsende Nachfrage nach jedweder Biomasse haben weltweit ihre Spuren auf den land- und forstwirtschaftlichen Märkten hinterlassen.

Diese Entwicklung ist so rasant abgelaufen, dass es zu vielen Aspekten und Fragen rund um die Bioenergie und die Folgen ihrer Nutzung noch recht wenige, wissenschaftliche Beiträge gibt. Für die Agrarwissenschaften tut sich hier ein neues, großes und aus meiner Sicht sehr spannendes Arbeitsfeld auf, das man beackern sollte!

Der Lehr- und Forschungsschwerpunkt zeigt mit dieser Tagung, dass nicht erst heute mit dem Ackern angefangen, sondern vielmehr schon die ersten Früchte eingefahren werden können. Es freut mich ganz besonders, dass einige dieser Früchte mit der Hilfe des MUNLV im Rahmen unserer Forschungsförderung offenbar gut und zügig gewachsen sind, so dass wir heute schon von der Ernte in Form von Vorträgen profitieren können.

Im folgendem werden einige Ausführungen zu den politischen Rahmenbedingungen für die Bioenergieerzeugung in NRW aufgezeigt.

Die weltweit sehr lebhaften Diskussionen um die Bioenergie weisen sehr viele Facetten auf. In der Umwelt- und auch der Agrarpolitik gibt es einerseits große Zustimmung zur Bioenergienutzung, andererseits nimmt mit zunehmender quantitativer Bedeutung die Zahl kritischer Stimmen deutlich zu. Tatsächliche oder auch nur vermeintliche Nachteile oder Auswüchse des Energiepflanzenanbaus werden immer häufiger genannt. Die Diskussion um die weltweite Nachhaltigkeit des Energiepflanzenanbaus und die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion hat sehr deutlich zugenommen.

Diese Diskussion zeigt vor allem eines: Die Nutzung der Bioenergie kann nicht allein unter Energie- und Klimaaspekten diskutiert werden, sondern ebenso müssen weitere Aspekte der Agrarpolitik und natürlich auch der Umweltpolitik zwingend beachtet werden. Die Landesregierung legt deshalb großen Wert darauf, dass diese Politikfelder miteinander verknüpft werden und bei der künftigen Nutzung der Bioenergie ausgewogen berücksichtigt werden.

Bioenergie kann auch nicht isoliert betrachtet werden, sondern muss sinnvoll in die Nutzung aller erneuerbaren Energien integriert werden. Dabei sind nationale wie auch regionale Besonderheiten zu beachten. Das gilt in Nordrhein-Westfalen in besonderem Maße, denn NRW ist nun einmal kein klassisches Agrarland.

Die Landesregierung hat deshalb im Februar als einen von vier Bestandteilen des energiepolitischen Gesamtkonzepts der Landesregierung eine eigene Biomassestrategie beschlossen. Sie hat damit einerseits deutlich gemacht, welche hohe Bedeutung sie der Biomasse als Teil der Energieversorgung beimisst. Andererseits hat sie damit auch klar gestellt, dass es bei der Nutzung von Biomasse zur Energieerzeugung viele Aspekte gibt, die berücksichtigt werden müssen und die es in dieser Form bei den anderen erneuerbaren Energien – etwa Wind oder Photovoltaik – nicht gibt.

Zu diesen Aspekten und Zusammenhängen möchte ich einige Ausführungen machen:

Zunächst zur Energiepolitik. Hier richtet sich die Politik der Landesregierung grundsätzlich an drei Eckpfeilern aus – und zwar genau in dieser Reihenfolge:

1. der Reduzierung des Energieverbrauchs durch Sparmaßnahmen,
2. der Erhöhung der Energieeffizienz bei der Umwandlung und Nutzung,
3. dem Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien als heimische und nachhaltige Energiequelle.

Klar ist aber auch: Fossile Ressourcen wie Kohle, Öl und Gas werden in Nordrhein-Westfalen noch auf längere Zeit eine zentrale Rolle spielen. Sie sind kurzfristig durch keine andere Energiequelle zu ersetzen, weil derzeit noch über 95% unseres Primärenergieverbrauchs in Nordrhein-Westfalen auf solchen fossilen Quellen beruht.

Auch wenn wir in NRW mittelfristig weiterhin einen großen Teil unseres Energiebedarfs zwangsläufig aus fossilen Energieträgern decken müssen, steht dennoch eines außer Zweifel: die Zukunft gehört den erneuerbaren Energien. Hier wird sich – weltweit – das stärkste Wachstum abspielen, hier werden die größten technischen Entwicklungen erfolgen und die meisten Arbeitsplätze geschaffen werden. Diese Chancen für unsere Industrie, aber auch für die Land- und Forstwirtschaft, wollen wir nutzen. Hier besitzt Nordrhein-Westfalen als Energieland Nr. 1 große Kompetenzen und viele innovative Unternehmen, die schon jetzt vom Aufschwung der Erneuerbaren profitieren.

Dieser Aufschwung hat in Deutschland im Jahr 2006 alle bisherigen Rekorde gebrochen. Wind, Wasser, Sonne, Bioenergie und Erdwärme haben ihren Beitrag zur Energieversorgung stärker erhöht als je zuvor. Ihr Anteil am deutschen Endenergieverbrauch ist von 6,6% in 2005 auf 7,4% angestiegen. Das bedeutet ein Wachstum von ca. 12%! Hiervon träumen andere Branchen.

Kurz einige Fakten zu Bioenergie 2006:

Die Anbaufläche nachwachsende Rohstoffe in Deutschland lag 2006 bei ca. 1,6 Mio. ha (= 13% der Ackerfläche in D). Der größte Teil davon wurde für Biokraftstoffe genutzt (ca. 4,7% des Kraftstoffverbrauchs in D).

Biodieselanlagen haben in Deutschland bereits eine Produktionskapazität von mehr als 4 Mio.t erreicht, davon in NRW ca. 650.000 t.

Die Entwicklung bei Bioethanol ist ebenfalls stark im Aufbau begriffen. Hier liegt die Anlagenkapazität in Deutschland derzeit bei ca. 600.000 t, ein Anstieg auf 1 Mio. t wird bereits erwartet.

Die Zahl der Biogasanlagen in Deutschland beträgt aktuell etwa 3.500, davon 230 in NRW mit einer Leistung von 77 Megawatt. Die Silomaisfläche für Biogasanlagen hat sich in

Deutschland von 2005 nach 2006 auf ca. 180.000 ha verdoppelt. In NRW wird ca. 13.000 ha Silomais für Biogasanlagen angebaut, dies entspricht etwa 10% des Silomaisanbaus in NRW.

Als Landesregierung werden wir alles tun, diese Entwicklung zu unterstützen und voranzutreiben, damit sich die Nutzung der Bioenergie durchsetzt und unsere Unternehmen auch davon profitieren können.

Wenn ich hier von Unternehmen spreche, dann sowohl von denen der Land- und Forstwirtschaft als den Produzenten der Bioenergie – aber insbesondere auch von den Unternehmen im industriellen Produktionsbereich, z.B. dem regenerativen Anlagen- und Komponentenbau. Dieser Technologie- und Wirtschaftsaspekt hat in NRW eine besonders hohe Bedeutung.

Die regenerative Energiewirtschaft in Nordrhein-Westfalen hat in den letzten Jahren ihre Umsätze massiv gesteigert. Allein von 2003 bis 2005 konnte sie ihre Umsätze mehr als verdoppeln. Mehr als 3.000 Unternehmen erwirtschafteten im Jahre 2005 einen Umsatz von mehr als 4,2 Mrd. Euro. Diese Zahlen dürften inzwischen um einiges höher liegen. Bis zum Jahr 2020 erwartet die Landesregierung einen Zuwachs auf 40.000 Arbeitsplätze im regenerativen Anlagen- und Systembau in NRW!

Grundsätzlich sind alle erneuerbaren Energien auch in Nordrhein-Westfalen nutzbar und wir werden sie im Rahmen eines wirtschaftlich vernünftigen Maßes vorantreiben. Dabei geht es um zweierlei: es gilt

- den Anteil erneuerbarer Energien am Energiemix auszudehnen und
- das industriepolitische Potenzial unter industrie-, struktur- und beschäftigungspolitischen Aspekten zu stärken.

Biomasse ist dabei schon heute die Nr. 1 unter den erneuerbaren Energien in NRW: Nach den letzten Daten des IWR Münster, die für 2005 vorliegen, stammen 47% der regenerativen Stromproduktion in NRW aus Biomasse. Bei der regenerativen Wärme sind es 72% und bei den Treibstoffen unverändert natürlich 100%.

Unstrittig ist, dass Biomasse nicht nur in Nordrhein-Westfalen, sondern in Deutschland, in der EU und vermutlich auch weltweit über das größte Potenzial in allen wichtigen Einsatzfeldern verfügt. Derzeit wächst weltweit die Nachfrage nach Biomasse als Energieträger schneller als die land- und forstwirtschaftliche Produktion hinterherkommen kann. Die Preise für Getreide, Ölsaaten und Holz sprechen dazu eine deutliche Sprache.

Welche speziellen Ziele verfolgt die Landesregierung nun zur Bioenergie?

Unsere Politik für die Bioenergie ist zunächst einmal daran ausgerichtet, die sehr ehrgeizigen Ausbauziele der Europäischen Union und der Bundesregierung in Nordrhein-Westfalen so weitgehend als möglich zu erfüllen. In einem dicht besiedelten Industrieland mit einem hohen Bedarf an Nahrungsmitteln ist dies eine echte Herausforderung!

Der Biomasseaktionsplan der Europäischen Union sieht vor, den Anteil der energetischen Biomassenutzung in Europa innerhalb von nur 5 Jahren bis zum Jahre 2010 auf 8 % zu verdoppeln. Bei den Biokraftstoffen strebt die EU bis zum Jahr 2010 einen Anteil von 5,75 % am Gesamttreibstoffverbrauch an. Deutschland hat dieses Ziel schon nahezu erreicht und deshalb die Zielmarke sogar auf 8% bis zum Jahr 2015 erhöht. Mit der neuen Biokraftstoffrichtlinie der EU soll die Latte noch einmal auf 10% im Jahr 2020 erhöht werden.

Der Bund bereitet momentan einen nationalen Biomasseaktionsplan vor, der auch für Strom und Wärme aus Biomasse konkrete Ausbauziele setzen soll. Wenn wir diese Ziele als Richtschnur nehmen, wird das insbesondere beim Strom für NRW eine riesige Herausforderung.

Dieser nationale Biomasseaktionsplan wird auch deshalb von vielen mit Spannung erwartet, weil er Aussagen dazu treffen soll, wie denn künftig die Gesamtstrategie bei der energetischen Biomassenutzung aussehen soll. Biomasse ist die einzige erneuerbare Energie, die sowohl für den Wärme- und Kältesektor, den Treibstoffbereich und die Stromerzeugung genutzt werden kann. Aber jeder Hektar kann auch nur einmal genutzt werden.

Die Herausforderung besteht deshalb darin, die Ausbauziele und die politischen Rahmenbedingungen so zu setzen, dass die Biomasse mit der höchstmöglichen energetischen und volkswirtschaftlichen Effizienz eingesetzt wird. Und sie sollte aus Sicht der Landesregierung auch so eingesetzt werden, dass für die Land- und Forstwirtschaft neue Chancen durch echte Teilhabe an der energetischen Wertschöpfungskette geboten werden.

Mit unserer NRW-Biomassestrategie haben wir uns bereits zu einigen Fragen dieser Gesamtstrategie klar positioniert:

1. Für die Produktion von Biomasse in Land- und Forstwirtschaft gibt es in Nordrhein-Westfalen noch erhebliche, ungenutzte Potentiale. Wir können die Produktion heimischer Biomasse momentan noch deutlich ausbauen. Aber mittelfristig lässt sich ebenso deutlich absehen, dass dieser Zuwachs in Nordrhein-Westfalen an Grenzen stoßen wird und die Biomasse nur einen Teilbeitrag zur Deckung des Gesamtenergiebedarfs leisten kann. Jede andere Annahme wäre unrealistisch und das muss man auch ganz klar so kommunizieren. Die Aufhebung der Stilllegungsverpflichtung kann zwar sicher einen Beitrag zur Mobilisierung zusätzlicher Biomasse leisten – man darf aber deren Beitrag auch nicht überbewerten, weil wir schon heute ziemlich genau die Hälfte der Stilllegung in NRW ohnehin für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen nutzen. Das dürfte in vielen anderen Bundesländern ähnlich sein.
2. Der Ausbau der Biomasse muss mit Augenmaß vorangetrieben werden, weil er zur Flächenkonkurrenz für die in Nordrhein-Westfalen wirtschaftlich sehr bedeutende Ernährungs- und Holzwirtschaft führt. In einigen Regionen – wie z.B. hier in der Köln-Aachener-Bucht – bietet der Anbau von Biomasse noch erhebliche Chancen für die Landwirtschaft. In Regionen mit starker tierischer Veredlungswirtschaft müssen dagegen zu starke Konkurrenzen vermieden werden.
3. In gleicher Weise müssen wir eine vernünftige Balance zwischen der energetischen und der technischen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen - z.B. in der Chemie- oder der Bauindustrie - finden. Ziel muss es dabei sein, Kaskadennutzungen zu ermöglichen. Das bedeutet konkret, die Biomasse erst einer stofflichen Verwertung zuzuführen und nach der Nutzungsphase einer energetischen Verwertung. Hier liegen die größten Potentiale zur Ressourcenschonung.
4. Die Biomassenutzung bietet große industriepolitische Chancen. Deshalb müssen wir Nordrhein-Westfalen als Demonstrationsmarkt für Technologien heimischer Unternehmen nutzen, die anschließend exportiert werden können. Hier werden voraussichtlich die höchsten Arbeitsplatzeffekte entstehen und deshalb ist dieser Aspekt von hoher Bedeutung!

5. Auch für die Biomassenutzung gilt der Grundsatz: Wir brauchen eine möglichst hohe Nutzungseffizienz. Das gilt bei den in NRW begrenzten Produktionspotentialen der Biomasse in ganz besonderer Weise! Insbesondere bei dezentraler Nutzung sind z.B. für die Kraft-Wärme-Kopplung gute Voraussetzungen gegeben, aber davon muss auch Gebrauch gemacht werden. Es kann z.B. nicht vernünftig sein, Biogas-BHKW's dort hin zu stellen, wo keinerlei sinnvolle Wärmenutzung möglich ist. Daran müssen wir arbeiten und dementsprechend werden wir uns auch in die Diskussion um die anstehende Novelle des EEG einschalten!

Aus diesen Rahmenbedingungen ergeben sich für die Bioenergiepolitik in Nordrhein-Westfalen einige wichtige Schlussfolgerungen:

1. Biomasse sollte in Nordrhein-Westfalen für alle energetischen Nutzungsformen - also für Wärme, Strom und Treibstoffe - angebaut und verwendet werden. Wir brauchen einen ausgewogenen Mix und deshalb auch eine ausgewogene Balance der eingesetzten Förderinstrumente. Es kann nicht darum gehen, den Beitrag der Biomasse im Treibstoff- oder Stromsektor zu maximieren, wir brauchen auch einen möglichst hohen Anteil Biowärme, weil Wirtschaftlichkeit und Effizienz hier besonders hoch sind. Das ist übrigens einer der Gründe, warum sich Nordrhein-Westfalen klar für die Möglichkeit der Getreideverbrennung ausspricht!

Und es ist der Grund dafür, dass wir z.B. das Biokraftstoffziel der EU von 10% als mittelfristige Obergrenze eines sinnvollen und ausgewogenen Mixes ansehen.

Alle Experten sind sich einig, dass eine Nutzung der Biomasse im Treibstoffbereich zwar einerseits eine der wenigen kurzfristige Alternativen im Verkehr darstellt. Andererseits ist ihre Nutzung gegenüber einer Verwendung im Wärme- oder Strombereich aber deutlich weniger effizient.

Anders ausgedrückt: Die Nutzung von Biomasse als Kraftstoff hat die höchsten CO₂-Vermeidungskosten und ersetzt das wenigste Öl. Insbesondere die Wärmenutzung - aber auch die Stromnutzung - ist deutlich effizienter. Hier lässt sich mit einem Hektar Biomasse wesentlich mehr Erdöl ersetzen als mit Biotreibstoffen. Für die Landwirtschaft sind die Chancen, hier an der Wertschöpfung teilzuhaben ohnehin eher gering.

2. Wir brauchen den Verwendungsmix bei Biomasse auch, um für Wissenschaft und Industrie eine breite Basis für die Entwicklung möglichst vieler neuer Technologien bieten zu können. Nur damit lassen sich in Nordrhein-Westfalen die industriepolitischen Chancen der Biomassenutzung umfassend realisieren und Exportmärkte für innovative technische Verfahren erschließen.
3. Die Produktion und Nutzung von Biomasse sollte in Nordrhein-Westfalen vorrangig in solchen Nutzungspfaden erfolgen, die eine hohe Wertschöpfung und/oder hohe Arbeitsplatzeffekte haben und gleichzeitig eine hohe energetische Effizienz aufweisen. Das gilt beispielsweise für Biogas in Kraft-Wärme-Kopplung.
4. Biomasse ist schon heute in Nordrhein-Westfalen ein Importprodukt. Für Biotreibstoffe - ganz besonders für Biodiesel - wird die EU schon in Kürze ebenfalls zum Netto-Importeur werden. Dies muss bei der Standortwahl für die Verarbeitung von Biomasse berücksichtigt werden. Verarbeitungsstandorte mit hohem Biomassebedarf - wie z.B. für Biotreibstoffe - gehören deshalb an Standorte mit optimaler Infrastruktur. Hier bie-

ten sich die hervorragend ausgebauten Industriestandorte der Rheinschiene und des Ruhrgebietes an.

Kleine und mittelgroße Anlagen für die Biomassenutzung sind dagegen prädestiniert für die lokale und regionale Ebene. Die volle Ausschöpfung unserer knappen Rohstoffpotenziale an Biomasse setzt außerdem voraus, dass Biomasse mit geringer Transportwürdigkeit - wie z.B. Gülle, Mist, Stroh oder auch Schwachholzbündel - möglichst dezentral umgewandelt wird. Hier liegen die Chancen für die ländlichen Räume.

Die Steigerung der Energieeffizienz und der Ausbau der erneuerbaren Energien sind Kernbereiche der Energiepolitik der Landesregierung. Der Ausbau der Biomassenutzung wird hierbei eine zentrale Rolle spielen. Hiervon werden Land- und Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen auch in den nächsten Jahren in starkem Maße profitieren. Die Landesregierung wird deshalb Maßnahmen unterstützen, um

- neue Potenziale sowohl beim Anbau als auch in der Verarbeitung und Nutzung von Bioenergie in Nordrhein-Westfalen zu erschließen,
- die Biomasse künftig noch effizienter und umweltschonender einzusetzen und
- die für beide Punkte erforderlichen Strukturen und Netzwerke bereitzustellen.

Das sind die Leitlinien unserer Politik und hiermit werden wir in Nordrhein-Westfalen unseren Beitrag zu

- Versorgungssicherheit
- Wirtschaftlichkeit
- und Umweltschutz

bei der Energieversorgung leisten.

Kontakt

Martin Hannen

Dr. Ludger Wilstacke,

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

Schwannstraße 3

40476 Düsseldorf

E-Mail: Martin.Hannen@munlv.nrw.de

Ludger.Wilstacke@munlv.nrw.de

Biogaserzeugung in Veredlungsregionen in NRW – Struktur- und Einkommenswirkungen

Biogas production in regions with intensive animal production
– impacts of structure and income

J. Braun, W. Lorleberg und H. Wacup

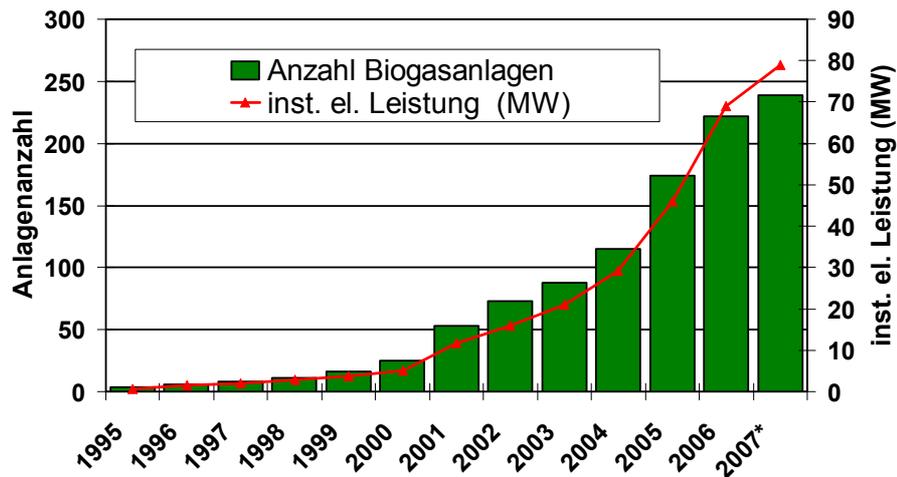
1. Einleitung

Die Erzeugung von Biogas hat in Deutschland seit 2004 – gemessen an der Zahl der Anlagen und der installierten Leistung – deutlich zugenommen. Zu Beginn des Jahres 2007 gab es in Deutschland rund 3.500 Biogasanlagen mit einer gesamten installierten elektrischen Leistung von 1.080 MW (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NRW 2007). Regional gesehen liegen die Schwerpunkte in den Bundesländern Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen, in denen auch vergleichsweise hohe Anteile der tierischen Veredlung Deutschlands zu finden sind. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwieweit es durch die Biogasproduktion vor allem in den viehintensiven Regionen zu einer verstärkten Konkurrenz um die Nutzung der vorhandenen Flächen, verbunden mit steigenden Pachtpreisen für Ackerflächen, kommt und welche strukturellen sowie wirtschaftlichen Auswirkungen zu erwarten sind.

Im Folgenden werden die Struktur- und Einkommenswirkungen der Biogaserzeugung in veredlungsstarken Regionen des Landes Nordrhein-Westfalen dargestellt. Im ersten Teil werden Stand und Entwicklung der Biogasproduktion in Nordrhein-Westfalen beschrieben und die Abgrenzung von Regionen mit Veredlungsproduktion vorgenommen. Den Schwerpunkt des Beitrags bildet die Bewertung von Wechselwirkungen zwischen Biogaserzeugung und Veredlungsproduktion auf den Ebenen der Produktionsverfahren, des Einzelbetriebes und der Region. Auf der Basis der Ergebnisse dieser Bewertung werden abschließend Schlussfolgerungen formuliert.

2. Biogasproduktion in Nordrhein-Westfalen: Stand und Entwicklung

In Nordrhein-Westfalen wurde zu Beginn des Jahres 2007 Biogas in rund 250 Anlagen mit einer Gesamtleistung von etwa 80 MW_{el} produziert. Bezogen auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche ergeben sich daraus 4,7 kW_{el}/100 ha LF, womit Nordrhein-Westfalen im Vergleich der Bundesländer an dritter Stelle steht. Wie die Abbildung 1 zeigt, haben Zahl der Biogasanlagen und installierte Leistung in NRW mit Einführung des EEG im Jahre 2004 einen deutlichen Anstieg erfahren. Während in den Jahren zuvor die Zahl der Anlagen stagnierte bzw. nur geringfügig zugenommen hat, gab es im Jahr 2005 etwa 180 Anlagen mit einer installierten Leistung von insgesamt rund 45 MW. Das entspricht einer Zunahme von Zahl und Anlagenleistung gegenüber dem Vorjahr um etwa 50 %.

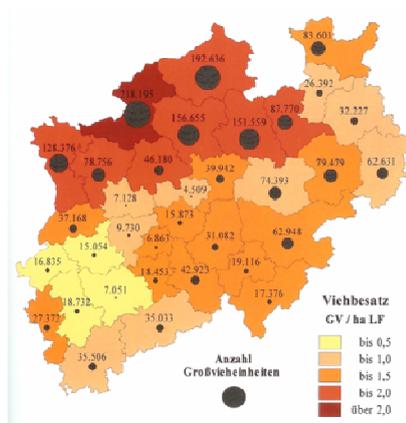


Quelle: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen 2007

Abbildung 1: Entwicklung der Biogasproduktion in Nordrhein-Westfalen

Diese positive Entwicklung hielt bis etwa 2006 an und macht zugleich deutlich, dass eine Investition in die Biogaserzeugung angesichts niedriger Preise für Getreide und Veredelungsprodukte in vielen landwirtschaftlichen Betrieben eindeutig eine attraktive Option war. In den letzten Monaten haben sich jedoch die Erzeugerpreise bei Getreide und Schweinefleisch deutlich erhöht und neue Rahmenbedingungen gesetzt.

Wie in anderen Bundesländern auch, liegt der Schwerpunkt der Biogasproduktion in Nordrhein-Westfalen unter anderem in Regionen mit hoher Verdichtungsdichte. Hier sind das vor allem der nördliche Teil des Landes und darunter insbesondere die beiden Landkreise Borken und Steinfurt, die sowohl beim Viehbesatz mit 2,42 GV/ha bzw. 1,8 GV/ha als auch bei der Zahl der Biogasanlagen in Nordrhein-Westfalen zu den Spitzenreitern zählen (vgl. Abbildung 2).



Quelle: Zerger u. Haas 2003

Abbildung 2: Viehbesatz in Nordrhein-Westfalen auf Landkreisebene

In Anbetracht dessen wurden für die Analyse der Einkommens- und Strukturwirkungen der Biogasproduktion auf regionaler Ebene die beiden Landkreise Borken und Steinfurt ausgewählt. Diese Analyse ist gleichzeitig Schwerpunkt eines Projektes, das vom Ministerium für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz in der Zeit von 15.08.2006 bis 15.09.2007 gefördert wurde. Stellvertretend für die viehintensiven Landkreise wird im Folgenden die Situation hinsichtlich Biogasproduktion, Flächenbedarf und Nährstoffanfall im Landkreis Borken beschrieben.

Ende des Jahres 2006 gab es im Landkreis Borken insgesamt 41 Biogasanlagen, die zu rund 83% in der Kombination Gülle und NawaRo betrieben werden und eine durchschnittliche Leistung von rund 240 kW_{el} aufweisen. Insgesamt betrachtet sind Zahl und Größe der bestehenden Biogasanlagen von nicht außergewöhnlichem Ausmaß. Dies spiegelt sich auch in der Lage bezüglich Anfall und Abfuhr der wichtigsten Nährstoffe des Landkreises wider. Es zeigt sich, dass mit einem Nährstoffanfall von rund 131.000 kg Stickstoff und 92.000 kg P nur etwa 0,8 % bzw. 1% des gesamten Nährstoffanfalls aus der Biogasproduktion stammen und somit die nährstoffbedingte Verschärfung der Konkurrenz um die Fläche eher als gering einzuschätzen ist. Stellt man vereinfacht die laut DüngeVO maximal zulässige Aufnahmekapazität gegenüber, ergibt sich im Saldo noch ein – allerdings vergleichsweise geringes – Potenzial für Nährstoffaufnahmen, das die Erweiterung der Veredlungskapazitäten im tierischen Bereich - am stärksten begrenzt durch die Phosphor-Bilanz – noch um rund 8.000 Schweinemastplätze oder 3,0 MW zusätzlicher installierter Biogasanlagenleistung zuliebe (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Geschätzter Nährstoffanfall der Tier- und Biogasproduktion im Landkreis Borken

Tierproduktion	Anzahl	N gesamt (kg)	P₂O₅ gesamt(kg)
Rinder (Tiere)	231.734	9.575.052	3.882.296
Schweine (Tiere)	974.992	6.342.338	4.498.075
Legehennen (Tiere)	382.615	172.942	130.089
Biogasensubstrat (m ³)	39.516	131.193	92.072
Nährstoffanfall gesamt		16.221.525	8.602.532
Kalk. Aufnahmekapazität (gem. DüngeVO)		16.621.230	8.637.780
Saldo		-399.795	-35.248
Mögl. Schweinemastplätze		57.941	8.011
Zusätzliche Biogasleistung		23,8	3,0

Quelle: Eigene Berechnungen

Wird zunächst nur der Flächenanspruch der bis Ende 2006 fertig gestellten Biogasanlagen im Landkreis Borken abgeschätzt, indem je 100 kW_{el} installierter Leistung ein Flächenbedarf (unter Einbeziehung von geringfügigen Anteilen an Substrat-Gülle) von 35 ha NawaRo-Anbaufläche angesetzt wird, so ergibt sich – wie in Deutschland insgesamt – auch in Borken

noch kein beunruhigendes Bild. Dies gilt umso mehr, wenn man berücksichtigt, dass diese Schätzung die „flächenlose“ Gasproduktion über Gülle und Reststoffe nicht einbezieht (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Geschätzter Flächenanspruch der Biogasproduktion im Landkreis Borken (ohne Berücksichtigung von Gülle und Reststoffen)

Jahr	Ackerfläche	Energiepflanzen auf Stillfl.-flächen ¹⁾	Brachflächen, o. NawaRo-Anbau	Install. elekt. Leistung	Flächenbedarf Biogasanlagen	
	ha	ha	ha	MW	ha	% d. AF
2002	71.500	483	3.068	3,3	1.162	1,63
2003	71.520	505	3.272	3,4	1.176	1,64
2004	71.500	418	2.448	5,4	1.897	2,65
2005	71.393	2.711	2.390	7,4	2.594	3,63
2006*	71.400	2.983*	1.816	7,6	2.667	3,74

* Vorläufig bzw. geschätzt

¹⁾ Ohne Pflanzenöle

Quelle: Landwirtschaftskammer NRW 2006, LDS 2007

Im gesamten Landkreis hätte sich der Flächenanspruch für Biogas 2006 auf grob geschätzt knapp 2.700 ha bzw. 3,7 % der Ackerfläche belaufen. Diesen Flächenbedarf decken die landwirtschaftlichen Betriebe bisher überwiegend durch die Nutzung von Stilllegungsflächen. Abgesehen von diesen durchschnittlichen Werten ist jedoch sicher davon auszugehen, dass punktuell vor allem durch größere Anlagen mit erheblichem Flächenbedarf in ihrer unmittelbaren Nähe gravierende Auswirkungen auf den lokalen Bodenmarkt bestehen bzw. zu erwarten sind.

3. Wechselwirkungen zwischen Veredlungs- und Biogasproduktion

Obwohl auf Grund der Nährstoffsituation und der Flächenverfügbarkeit im Landkreis keine unmittelbar verschärfte Konkurrenz um die Nutzfläche zur Veredlung über die Tierproduktion oder die Erzeugung von Biogas abzuleiten ist, soll nachfolgend eine genauere Bewertung der Wettbewerbskraft von Biogasanlagen im Vergleich zu Verfahren der Nahrungsmittelproduktion auf unterschiedlicher Ebene vorgenommen werden.

Stellvertretend für die Nahrungsmittelproduktion werden vereinfacht die Marktfrucht-Weizenerzeugung sowie die Futterproduktion mit anschließender Verwertung in der Schweinemast und der Milchviehhaltung bezogen auf 1 ha Ackerfläche dargestellt (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Relative Vorzüglichkeit unterschiedlicher Verfahren der Flächennutzung ¹⁾

	Einheit	Marktfrucht	Veredlung		Biogas
			Schweinemast	Milchproduktion	
		1 ha Weizen	1 ha CCM	1 ha Silomais	1 ha Energiemais
Pflanzenproduktion					
Variable Kosten	€	560	620	700	700
Maschinenfestkosten	€	250	210	250	250
Ertrag	dt FS	90	140	550	550
Methanertrag	m ³				5.380
Verwertung					
			36 Schweine	4 Kühe (8.500 kg)	
Variable Kosten	€		2.520	4.800	1.016
Festkosten	€		576	4.520	1.590
Wirkungsgrad	%				38
Vermarktung					
Preis je Einheit	€/dt;kg;m ³	13,00	1,30	0,275	0,157
Marktleistung	€	1.170	4.446	10.604	3.921
Deckungsbeitrag	€	610	1.306	5.104	2.205
Lohnansatz (15 €/AKh)	€	105	321	2.790	270
Gewinnbeitrag	€	255	199	-2.456	95
dto. o. Quotenkosten				264	

¹⁾ Investitionsbedarf Mastschweineplatz 400 €, Biogasanlage 3.300 €/kW (o. Investitionsförderung), Laufleistung 8.000 Stunden/Jahr, Vergütungssätze einschl. Boni lt. EEG

Quelle: KTBL 2006, eigene Berechnungen

Bei allen dargestellten Produktionsverfahren wurden gute bis optimale Leistungsparameter und Kostenstrukturen angenommen. Während im Deckungsbeitrag nur die variablen Kosten enthalten sind, sind im Gewinnbeitrag zusätzlich noch eventuell entstehende und zuordenbare Festkosten berücksichtigt. Der Gewinnbeitrag steht demnach für die Entlohnung der Fläche (Pachtansatz) sowie zur Deckung des nicht zuordenbaren, je nach Betriebsform deutlich unterschiedlich ausfallenden Gemeinkostenanteils zur Verfügung. Die seit dem Jahr 2005 gewährten Zahlungsansprüche wurden nicht mit einkalkuliert, da sie verfahrensunabhängig sind.

Im Ergebnis zeigt sich Folgendes: Werden für die Nahrungsmittel vorsichtig kalkulierte Preiserwartungen und somit für Weizen 13 € je dt, für Milch 27,5 ct je kg und für Schweinefleisch 1,30 € je kg SG als loco-Hof-Preise unterstellt, liegt die Flächenverwertung in der Milchproduktion nach Deckungsbeitrag bzw. variablen Kosten vor der der Biogaserzeugung. Mit einem Deckungsbeitrag von rund 2.200 € je ha Ackerfläche besitzt die Biogaserzeugung allerdings gegenüber der Marktfruchtproduktion oder der tierischen Veredlung über Schweinemast immer noch eine enorme Wettbewerbskraft. Nach Gewinnbeiträgen wären jedoch die Getreide- und Schweineproduktion unter aktuellen Preisbedingungen wesentlich attraktiver. Dies gilt auch für die Milchproduktion allerdings nur dann, wenn keine zusätzliche Referenzmenge an der Börse gekauft werden muss und die Erweiterung Milchproduktion im Rahmen vorhandener freier eigener Referenzmenge möglich wäre.

Mit Blick auf die Vorzüglichkeit der Flächennutzung und damit auch der Wettbewerbsposition auf dem Bodenmarkt lässt sich festhalten, dass die Biogaserzeugung in einer bereits vor-

handenen Anlage mit zusätzlichem Rohstoffbedarf sehr hohe bzw. wesentlich höhere Pachtzahlungen ermöglicht als die Nahrungsmittelproduktion. Grundlage für die Kalkulation des möglichen Pachtpreises sind in diesem Fall die Deckungsbeiträge. Selbst wenn auf Grund der Festkostenbelastung der Gewinnbeitrag dann in der Biogasproduktion negativ wäre, würde die Zupacht von Fläche auch zu sehr hohen Preisen dazu beitragen, wenigstens etwaige Verluste zu verringern.

Allerdings sieht die Situation im Falle einer Neu- oder Erweiterungsinvestition in die Biogasproduktion etwas anders aus: Hier sollten die zusätzlichen Festkosten in die Entscheidung zur möglichen Pachtzahlung einbezogen und als Entscheidungsgrundlage der Gewinnbeitrag herangezogen werden. Unter den hier unterstellten Bedingungen ist dann die mögliche Pacht in der Nahrungsmittelerzeugung in allen Produktionsrichtungen deutlich höher als bei der Biogasproduktion - ausgenommen die Milchproduktion, bei der dies nur ohne zusätzlichen Quotenkauf gilt. Die Nahrungsmittelerzeugung erlaubt bei den aktuellen Preisverhältnissen eine deutlich bessere Flächenentlohnung und damit auch höhere Pachtpreise als die Biogasproduktion.

Um die relative Vorzüglichkeit im Hinblick auf die Flächenverwertung der Produktionsverfahren besser einschätzen zu können, wurden in einem weiteren Schritt die möglichen Deckungs- und Gewinnbeiträge bei unterschiedlichen Preis- und Förderbedingungen berechnet (vgl. Abbildungen 3 und 4).

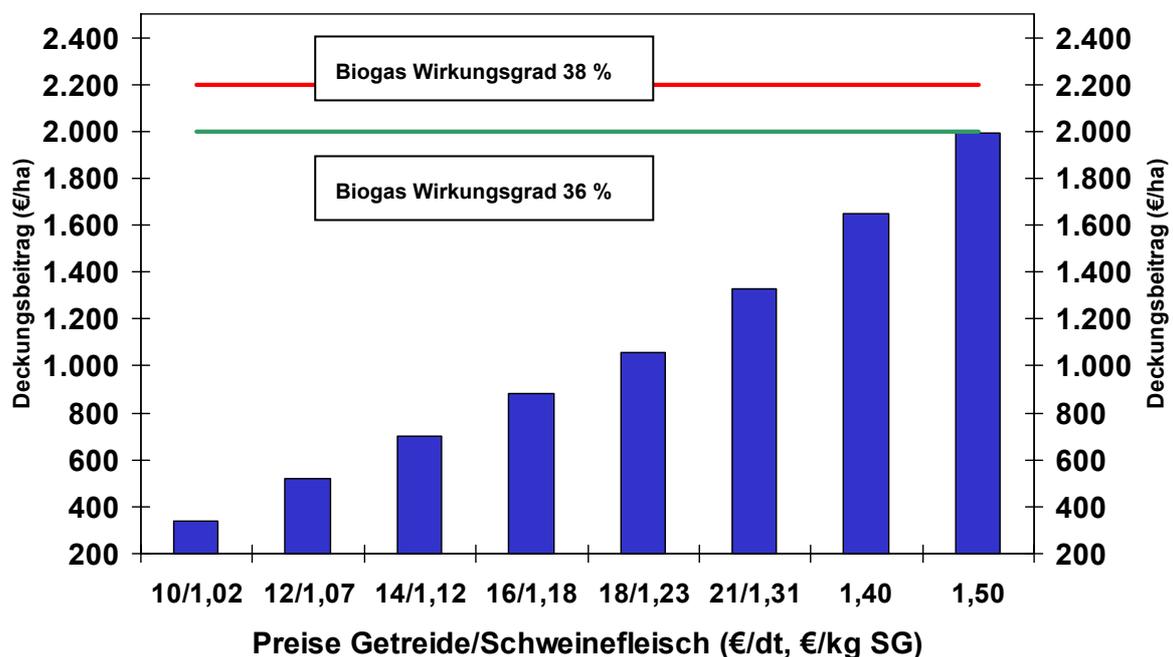


Abbildung 3: Flächenverwertung nach Deckungsbeitrag der Nahrungsmittel- und Biogasproduktion in Abhängigkeit verschiedener Erzeugerpreisniveaus

In den Abbildungen 3 und 4 ist die Flächenverwertung der Getreide- und der Schlachtschweineproduktion jeweils an Hand einer Säule dargestellt, die bei angenommenen Marktpreisen gleich hoch ausfallen würde. So würde die Flächenverwertung bei kurzfristiger Betrachtung sowohl in der Getreide- als auch in der Schweineproduktion bei einem Deckungsbeitrag von

etwa 700 € je ha liegen, wenn unterstellt wird, dass der Getreidepreis bei 14 €/dt oder der Schweinepreis bei 1,12 €/kg SG liegt. Ist die Entscheidung bei kurzfristiger Betrachtung an Hand des Deckungsbeitrags als Vergleichsmaßstab zu treffen, ist auch bei vergleichsweise hohen Getreidepreisen eine bereits bestehende Biogasproduktion hinsichtlich der Flächenverwertung deutlich überlegen. Der Getreideanbau kann in diesem Fall praktisch nicht konkurrieren. Anders sieht es für die Schweinemast aus: Bei Preisen von etwa 1,50 € je kg SG kann sie die Flächenentlohnung der Gasproduktion erreichen und darüber sogar übertreffen. Für die Biogasbetreiber dagegen sind die Preise fix – sie können ihre Flächenverwertung nur durch Prozessoptimierung insbesondere durch Steigerung des Wirkungsgrades deutlich verbessern.

Wird der Verfahrenvergleich mit Blick auf Neu- oder Erweiterungsinvestitionen an Hand des Gewinnbeitrags und somit unter Einbeziehung aller (variablen und festen) Kosten vorgenommen, so ändert sich die Vorzüglichkeit deutlich zugunsten der Verfahren der Nahrungsmittelproduktion (vgl. Abbildung 4). Hier ist die Produktion von Getreide oder Schlachtschweinen bereits ab Preisverhältnissen von 12 € je dt Getreide oder 1,29 € je kg SG der Biogaserzeugung deutlich überlegen. Bei höheren Preisen sind sie als Produktions- und Investitionsrichtungen demnach wesentlich attraktiver.

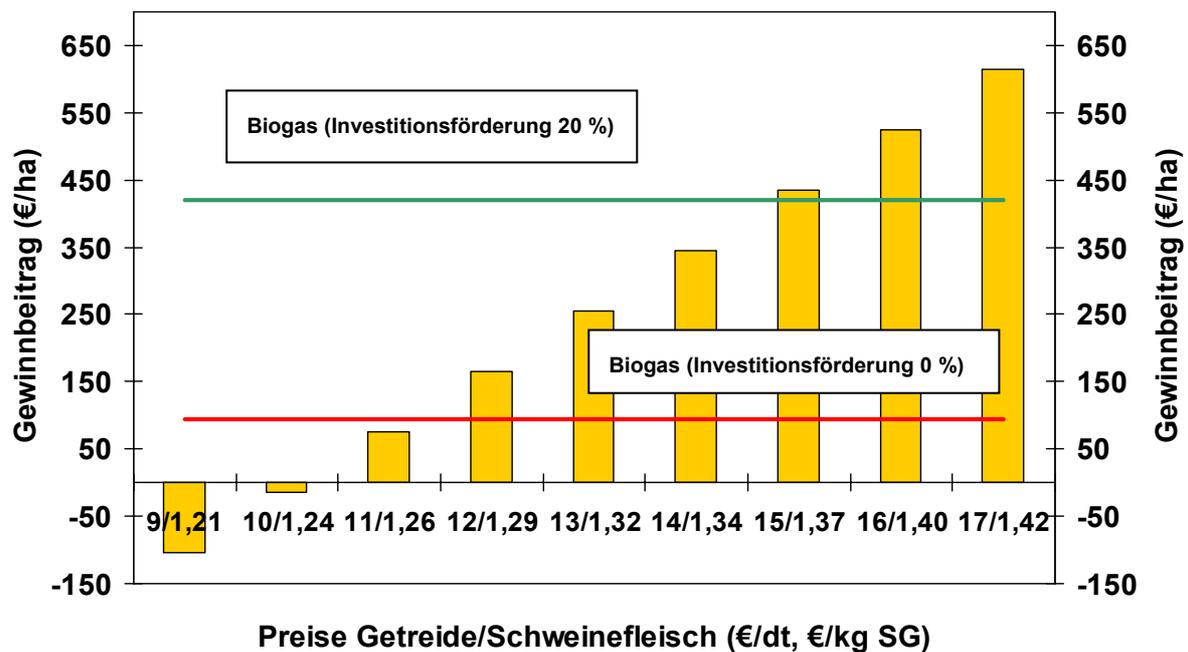


Abbildung 4: Flächenverwertung nach Gewinnbeitrag der Nahrungsmittel- und Biogasproduktion in Abhängigkeit verschiedener Erzeugerpreisniveaus

Nicht berücksichtigt sind hierbei jedoch mögliche Zuschüsse, die beim Bau von Biogasanlagen aus Förderprogrammen von Bund und Ländern gewährt werden und indirekt zur Senkung des Kapitalbedarfs bzw. der Festkostenbelastung beitragen. Erhält ein Betreiber einer Biogasanlage wie in Abbildung 4 dargestellt einen Investitionszuschuss von 20 % des Kapitalbedarfs, ist er wiederum der Nahrungsmittelproduktion überlegen. Für eine der Biogasproduktion entsprechende Verwertung der Ackerfläche müsste sich der Getreidepreis dauerhaft bei

etwa 15 € je dt und der Schweinefleischpreis bei etwa 1,37 €/kg SG etablieren. Nach den Erfahrungen der letzten Jahre sind beide Preise als relativ hoch und für längerfristige Kalkulationen als sehr optimistisch einzuschätzen. Daraus abgeleitet zeigt sich, dass die Investition in eine Biogasanlage, für die ein Investitionszuschuss von mindestens 20 % gewährt wird, für risikoaverse Investoren eine attraktive Option darstellt. Zur Sicherung ihres Rohstoffbedarfs können Betreiber von solchermaßen geförderten Anlagen auch bei Neuinvestitionen – je nach Marktpreislage - höhere Pachten als Nahrungsmittelproduzenten bieten. Investitionszuschüsse könnten durch ihre indirekte Beeinflussung der Festkosten einer Biogasanlage folglich darüber entscheiden, ob der Biogasboom in der Landwirtschaft unter aktuellen Marktbedingungen anhalten wird.

Auf einzelbetrieblicher Ebene sind die Aussagen auf Grund der genauen Darstellung betrieblicher Knappheitsverhältnisse der Produktionsfaktoren ähnlich, wenngleich je nach Betriebsform etwas differenzierter zu treffen. Im Rahmen des o.g. Forschungsprojektes wurden die betrieblichen und regionalen Auswirkungen der Biogasproduktion ermittelt. Hierfür wurden auf der Basis von Normdaten und Expertenbefragungen für die Veredlungsregionen des Landes „typische“ Modellbetriebe abgeleitet und deren optimale Betriebsorganisation mit linearer Programmierung ermittelt. Durch einen komparativ-statischen Vergleich wurden die Einkommens- und Strukturwirkungen der Biogasproduktion bei unterschiedlichen Preis-Kosten-Verhältnissen ermittelt. Als Referenzsystem diente für alle Modellbetriebe die optimierte Organisation unter den Rahmenbedingungen des Jahres 2006. Im nun kurz für ausgewählte Modellbetriebe dargestellten Szenario 1 werden die Preis-Kostenverhältnisse Anfang des Jahres 2007 unterstellt und betriebsspezifisch Investitionsalternativen (-aktivitäten) zur Erweiterung der tierischen Produktion oder zur Neuaufnahme bzw. Erweiterung der Biogasproduktion bereitgestellt, die die optimale Weiterentwicklung der Modellbetriebe abbilden. Insgesamt wurden für das Projekt bzw. die Hochrechnung auf die Landkreisebene 16 Modellbetriebe mit unterschiedlicher Faktorausstattung und Produktionsrichtung erstellt. Tabelle 4 zeigt beispielhaft für den Landkreis Borken die Faktorausstattung zweier Modellbetriebe.

Tabelle 4: Faktorausstattung ausgewählter Modellbetriebe des Landkreises Borken

Milchviehbetrieb	Schweinemastbetrieb
30 ha Ackerfläche 25 ha Grünland 80 Milchkühe (Milchleistung 8.500 kg) 680.000 kg Referenzmenge Milch Arbeitskräfte 4.500 AKh	60 ha Ackerfläche Kartoffel- und Zuckerrübenanbau 1.240 Mastschweineplätze (725 g tägl. Zunahme, 2,7 Umtriebe) Arbeitskräfte 2.200 AKh
Biogasproduktion: 250 kW installierte Leistung Begrenzte Zukaufsmöglichkeit für Silomais, Gülle und Hühnertrockenkot	

Die Auswirkungen der Biogasproduktion in den ausgewählten Modellbetrieben auf die Struktur der Produktion und des Einkommens unter den Bedingungen des Jahres 2006 lassen sich an Hand eines Vergleiches der Ergebnisse für Betriebe ohne und mit Biogasproduktion ermitteln. Tabelle 5 zeigt dies anhand der Erlösstruktur der Betriebe und des Gewinnbeitrags. Es wird deutlich, dass die Aufnahme der Biogasproduktion in den Betrieben unabhängig von der

Produktionsausrichtung bei unveränderter Höhe der Umsatzerlöse der Tierproduktion lediglich in der Pflanzenproduktion Veränderungen hervorruft. Im Milchviehbetrieb nehmen die Umsatzerlöse aus der Pflanzenproduktion durch die Biogasproduktion um rund 80 % ab, was insbesondere durch die Substitution von Marktgetreide durch Silomaisanbau als Substrat für die Biogasproduktion hervorgerufen wird. Deutlich geringer fällt die Abnahme der Umsatzerlöse aus der Pflanzenproduktion im Schweinemastbetrieb aus. Hier wird aufgrund der Möglichkeit des Zuckerrüben- und Kartoffelanbaus weniger Fläche zur Erzeugung von Biogas genutzt. Die Sicherstellung der Biogasproduktion erfolgt in diesem Betrieb vorwiegend durch Zukauf von Silomais und Hühnertrockenkot aus benachbarten Betrieben mit geringen Transportentfernungen.

Tabelle 5 : Auswirkungen der Biogasproduktion in ausgewählten Modellbetrieben

	Milchviehbetrieb		Schweinemastbetrieb	
	Ohne Biogas	Mit Biogas (250 kW)	Ohne Biogas	Mit Biogas (250 kW)
Umsatzerlöse Tierproduktion (€/ha LF)	3.215	3.215	7.761	7.761
Umsatzerlöse Pflanzenproduktion (€/ha LF)	330	71	447	413
Gewinnbeitrag (€/ha LF)	1.505	1.807	465	438
Export P (kg/ha)	0	629	0	151

Die Einkommenswirkungen lassen sich vereinfacht über die Veränderung des Gewinnbeitrags je ha LF ermitteln. Im Milchviehbetrieb wird durch die Aufnahme der Biogasproduktion eine Steigerung des Gewinnbeitrags um 20 % auf 1.800 € je ha erreicht, was vor allem durch die Verwertung der betriebseigenen Gülle und des Silomais über die Biogaserzeugung möglich wird. Im Schweinemastbetrieb, der mangels Flächenverfügbarkeit (Zuckerrüben- und Kartoffelanbau mit hoher relativer Vorzüglichkeit) verstärkt auf den Zukauf von Silomais angewiesen ist, kommt es zu einer geringen Abnahme des Gewinnbeitrages auf 438 € je ha. Bezüglich der Nährstoffsituation zeigt sich, dass durch die Aufnahme der Biogasproduktion, die in beiden Modellbetrieben mit verstärktem Zukauf und damit Nährstoffimport verbunden ist, vor allem aus Gründen des Nährstoffs Phosphor Gärsubstrate und Gülle zur Einhaltung der Vorgaben der Düngeverordnung auch unter Inkaufnahme höherer Transportkosten exportiert werden müssen.

Die regionalen Auswirkungen der Biogasproduktion im Umfang und bei Preisverhältnissen des Jahres 2006 im Landkreis Borken sind als gering einzuordnen. In der Marktfruchtproduktion sorgt die Verringerung der Raps- und Getreideerzeugung um etwa 2,0 % nur für eine geringe Abnahme der Angebotsmenge. Bei den tierischen Produkten ergibt sich keine Veränderung der Produktion und des Angebots. Hinsichtlich des Einkommens in der Region kann eine leichte Steigerung des Gewinnbeitrages um 0,4 % ermittelt werden. Die Nährstoffproblematik im Landkreis verschärft sich leicht, so dass 3,6 kg/ha Phosphor mehr aus dem Land-

kreis exportiert werden müssen als vor der Aufnahme der Biogaserzeugung (vgl. Abbildung 5).

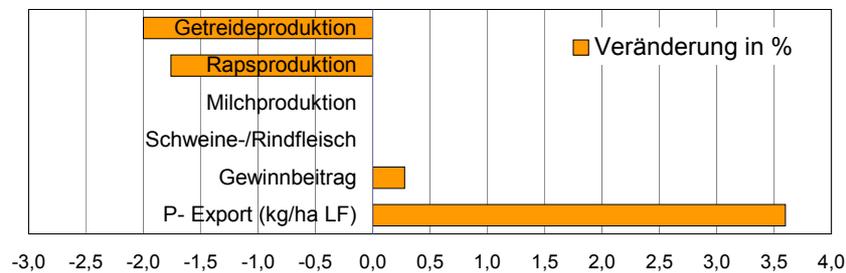


Abbildung 5: Struktur und- Einkommenswirkungen auf regionaler Ebene (Landkreis Borken) Jahr 2006

Wie die Situation sich bei veränderten Preis-Kostenverhältnissen des ersten Quartals 2007 mit Getreidepreisen von rund 15 € je dt, Milchpreisen von 27,5 ct je kg und einem Schweinefleischpreis von 1,35 € je kg SG darstellt und welche Vorzüglichkeit die Aufnahme der Biogasproduktion besitzt, wurde in einem weiteren Szenario berechnet. Für die beispielhaft bereits dargestellten Modellbetriebe im Landkreis Borken ergibt sich folgendes (vgl. Tabelle 6):

- Im Milchviehbetrieb nehmen die Umsatzerlöse der Tierproduktion durch den gestiegenen Milchpreis und die zusätzliche Aufnahme der Bullenmast um rund 1.000 € je ha (30%) zu. Auch die Pflanzenproduktion erwirtschaftet höhere Umsätze. Dies ist vor allem auf die deutlich höheren Preise für Raps und Getreide zurückzuführen. Unter diesen Preisverhältnissen stellt sich die Investition in eine Biogasanlage nur in geringem Umfang (bis 150 kW) zur Ausnutzung der höchsten nach EEG gewährten Einspeisevergütung und auf der Basis von eigener Rindergülle und zugekauften Silomais als wirtschaftlich sinnvolle Alternative dar. Vor allem preisbedingt steigt der Gewinnbeitrag deutlich um rund 600 € je ha bzw. 39 % auf 2.092 € je ha an.
- Der Schweinemastbetrieb verringert die Umsatzerlöse der Tierproduktion auf 2.330 € je ha. Dies bedeutet eine Abnahme im Vergleich zum Ausgangsszenario um 5.430 € je ha bzw. 70 %. Ursache hierfür ist zum einen die deutliche Verringerung der Preise für Schweinefleisch zu Beginn des Jahres 2007, die sogar dazu führt, dass es wirtschaftlich wäre, die Schweineproduktion abzustocken und stattdessen in geringem Umfang (11.000 Mastplätze) in die Hähnchenmast einzusteigen. In geringem Umfang (ca. 100 kW) ist es für diesen Betrieb auch sinnvoll, auf der Basis eigenen und zugekauften Hühnertrockenkots sowie Silomais die Biogasproduktion aufzunehmen. Insgesamt wird dadurch in Verbindung mit der Hähnchenmast und der Ausdehnung der preisbedingt deutlich wirtschaftlicheren Getreideproduktion eine Steigerung des Gewinnbeitrags um 115 € je ha (25%) auf 580 € je ha möglich.

Tabelle 6: Ökonomische Kennzahlen der Modellbetriebe bei veränderten Preisverhältnissen und Investitionsmöglichkeit

	Milchviehbetrieb		Schweinemastbetrieb	
	2006	2007 Investition	2006	2007 Investition
Umsatzerlöse Tierproduktion (€/ha LF)	3.215	4.236	7.761	2.330
Umsatzerlöse Pflanzenproduktion (€/ha LF)	330	598	447	740
Gewinnbeitrag (€/ha LF)	1.505	2.092	465	580
Export P (kg/ha LF)	0	105	0	31

4. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend kann auf Grund der dargestellten Modellergebnisse festgehalten werden, dass in Betrieben, die bereits Biogas produzieren, eine hohe Verwertung der Fläche erreicht wird, die sie zu wettbewerbsstarken Akteuren am Bodenmarkt macht. Voraussetzung ist jedoch, dass deren Organisation und Prozessführung in allen Bereichen optimal gestaltet ist. Bei steigendem Rohstoffbedarf müssen sie sich je nach notwendiger Transportentfernung und eigener Flächenausstattung zwischen Flächenzupacht und Substratzukauf entscheiden. Bei Substraten ist insbesondere Hühnertrockenkot auf Grund seiner hohen Gasausbeute und der vergleichsweise hohen Dichte als sehr interessant einzustufen. Allerdings muss sicher gewährleistet sein, dass keine Verunreinigungen mit Medikamenten vorliegen, die unter Umständen den gesamten Biogasprozess zum Erliegen bringen könnten.

Die relative Vorzüglichkeit der Flächenverwertung über Biogas bei Neuanlagen ist bei steigenden Nahrungsmittelpreisen eher gering. Aktuell ist die Verwertung der Fläche über die klassische Nahrungsmittelherstellung vor allem gegenüber Biogasanlagen mit einer installierten Leistung über 150 kW aufgrund der dann abnehmenden Einspeise-Grundvergütung überlegen. Investitionen in Biogas sind unter diesen Umständen nur dann ökonomisch interessant, wenn die Festkosten über Fördermittel oder Eigenleistungen gesenkt oder das Risiko über Kooperationsanlagen verteilt werden kann.

Eine Flächenkonkurrenz ist lokal durch bestehende, nicht ausgelastete Anlagen durchaus möglich, der Gesamtflächenanspruch landwirtschaftlicher Biogasanlagen ist landesweit jedoch noch nicht beunruhigend hoch. Dies gilt gleichermaßen für die regionalen Einkommens- und Strukturwirkungen sowie für die in Veredlungsregionen bestehenden Probleme hinsichtlich des Nährstoffanfalls. Steigende Energiepreise (auf fossiler Basis) ziehen zwangsläufig steigende Nahrungsmittelpreise nach sich. Kurzfristige Wettbewerbsvorteile der Biogasproduktion werden somit bei fester Vergütung nach EEG immer wieder relativiert.

5. Literaturverzeichnis

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (2006): Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07, 20. Auflage, Darmstadt.

LANDESAMT FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK NORDRHEIN-WESTFALEN (LDS) (2007): Bodennutzung in Nordrhein-Westfalen 2006, Endgültiges Ergebnis, Düsseldorf.

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NRW (2006): persönliche Mitteilung, Kreisstelle Borken.

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NRW (2007): persönliche Mitteilung.

ZERGER, C. UND HAAS, G. (2003): Ökologischer Landbau und Agrarstruktur in Nordrhein-Westfalen, Atlas und Analyse; in: KÖPKE, U. (HRSG.): Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Berlin, S. 25.

Kontakt

Prof. Dr. Jürgen Braun, Prof. Dr. Wolf Lorleberg, Dipl.-Ing. (FH) Heike Wacup
Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft
Lübecker Ring 2
59494 Soest

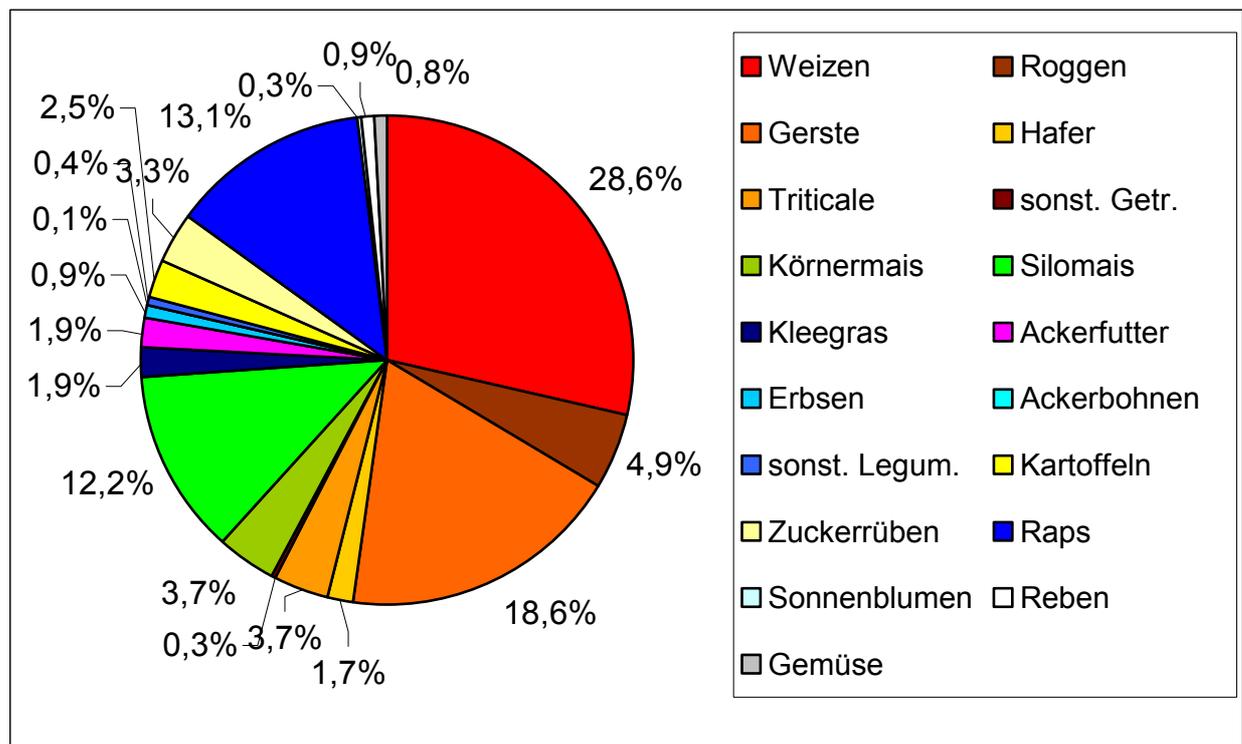
Biogaserzeugung aus landwirtschaftlichen Kulturpflanzen – Stand und Perspektiven

Biogas production of agricultural crops – status quo and perspectives

N. Lütke Entrup und F.-F. Gröblichhoff

Flächenpotenziale und Anforderungen an Pflanzenmasse

Der Einsatz von Biomasse zur Strom- und Wärmerzeugung über Biogasanlagen ist in landwirtschaftlichen Betrieben durch die Förderung über das EEG besonders interessant geworden. In der Bundesrepublik Deutschland beträgt die gesamte Ackerfläche ~11,8 Mio ha. Davon nehmen die Getreidearten rund 58% der Fläche ein, weitere Großkulturen sind Mais (16,0 %) und Raps (13,1 %) (Abb. 1).



Stat. JB. ELF 2006

Abbildung 1: Relative Anteile der Kulturpflanzen an der Ackerfläche der Bundesrepublik Deutschland (2006)

Auf ca. 1,56 Mio. ha wurden 2006 nachwachsende Rohstoffe und Energiepflanzen angebaut, davon wurde auf 1,1 Mio. ha Rapsöl sowie auf knapp 130.000 ha Stärke erzeugt. Der Energiepflanzenanbau erfolgte auf 295.000 ha, hiervon wurden ca. 2/3 in Biogasanlagen verwertet (Abb. 2). Der Anbau von Energiepflanzen für die Biogaserzeugung hat sich von 2004 mit 13.600 ha auf 200.100 ha im Jahr 2006 vervielfacht. Die dominierende Fruchtart zur Biogas-

erzeugung ist der Mais (Silomais, CCM/LKS) mit über 80 % Flächenanteil, daneben erreichen nur die Getreidearten (Korn und GPS) und Gräser- und Kleearten Anteile über 1%.

Nach WEILAND (2006) wird die Effizienz der Biogasproduktion durch die stofflichen und physikalischen Eigenschaften bestimmt. Die stofflichen Eigenschaften der Substrate bestimmen das Gärverhalten, die Biogasbildungsrate und die Gasausbeute. Hohe Gehalte an umsetzbarem Proteinen, Kohlenhydraten und Fett, eine geringe Lignifizierung, ausreichende Versorgung mit Makro- und Mikronährstoffen sowie ein optimales C/N-Verhältnis um 30:1 sichern die Gasausbeuten.

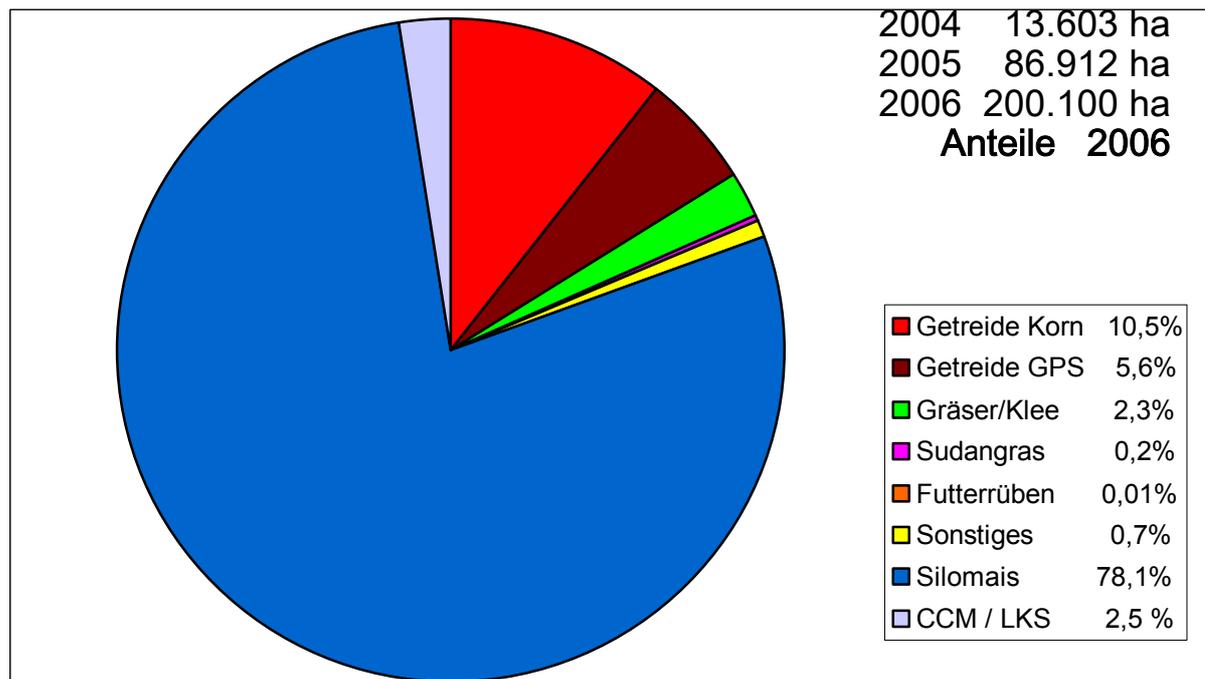


Abbildung 2: Anbau von Energiepflanzen für die Biogaserzeugung 2006 (SCHÜTTE, 2007)

Auf der anderen Seite vermindern Störstoffe wie ein hoher Schwefel- oder Ammoniakgehalt im Fermenter die Gasausbeuten. Die physikalischen Eigenschaften beeinflussen die Bioverfügbarkeit der Inhaltsstoffe für die Mikroorganismen und die Handhabungseigenschaften im Fermenter. Hier können durch die Häcksellänge und Partikelstruktur durch die Einstellung der Erntemaschinen bzw. zusätzliche Reibböden vor allem die Pump- und Rühreigenschaften verbessert werden.

In umfangreichen Versuchen wurden für viele Pflanzenarten im Batchansatz die Biogasausbeuten und Methangehalte im Biogas untersucht (Abb. 3). Das Biogasbildungspotential variiert zwischen den Pflanzenarten zwischen 550 und 800 Nm³/100kg oTS relativ stark, der Gehalt an Methan im Biogas ist bei pflanzlichen Substraten mit etwa 55% relativ stabil, nur die ölhaltigen Substrate (Sonnenblumen) erreichen deutlich höhere Methangehalte.

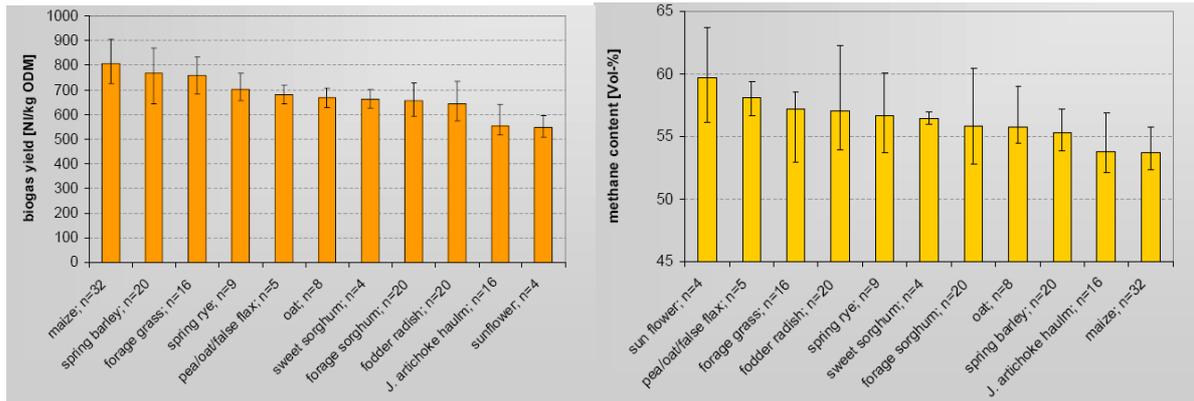


Abbildung 3: Biogasbildungspotential und Methangehalte im Biogas aus Silagen verschiedener Pflanzenarten (HEIERMANN et al 2007)

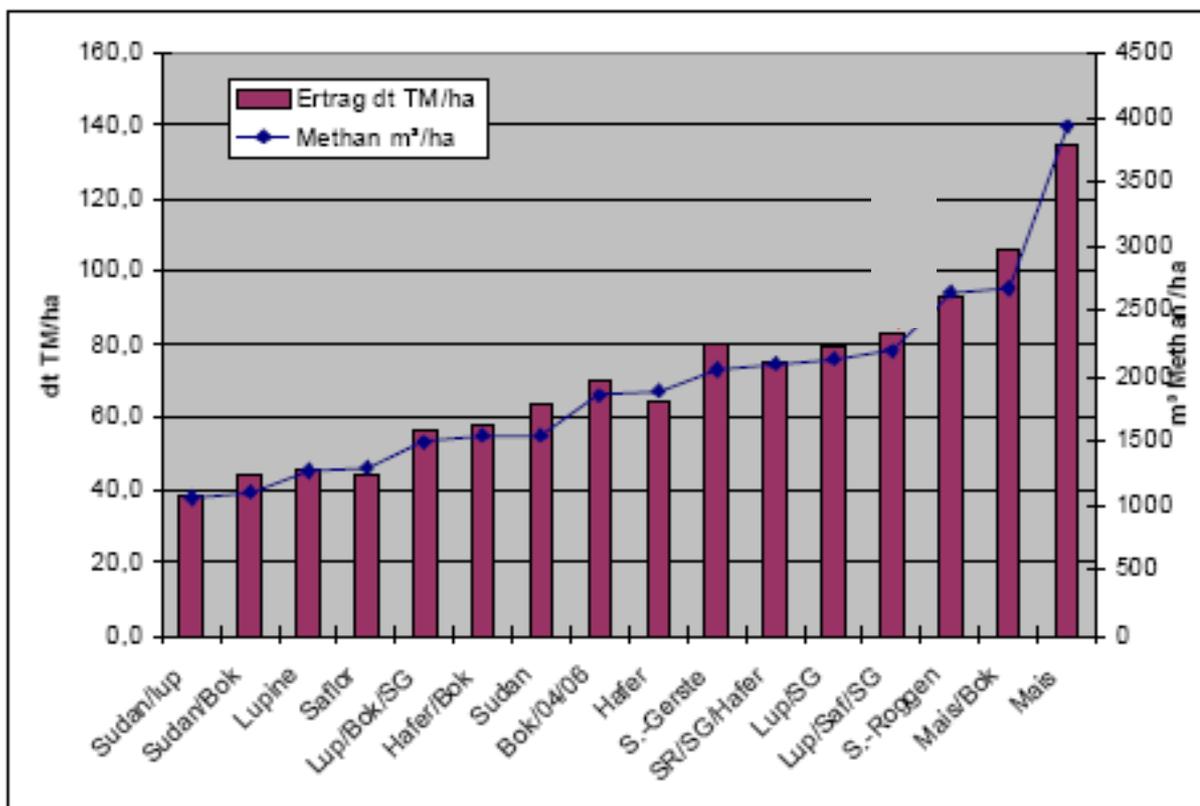


Abbildung 4: Trockenmasse- und Methanerträge ha⁻¹ verschiedener Fruchtarten und Mischungen 2006 (DIETZE 2007)

Wird zusätzlich zur Methanbildung noch die geerntete Trockenmasse berücksichtigt, zeigt sich, dass der Methanertrag je ha vor allem durch die geerntete Biomasse bestimmt wird (Abb.4). Deshalb werden die für die Biogasproduktion geeigneten Fruchtarten vor allem nach ihrem Massenertrag ausgewählt.

Mais als Substrat für Biogasanlagen

Im Projekt 'Entwicklung und Vergleich optimierter Anbausysteme für die landwirtschaftliche Erzeugung von Energiepflanzen (EVA)' der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft wurden auf 7 Standorten der Bundesrepublik verschiedene Fruchtarten geprüft (Abb. 5). Dabei erweist sich der Mais auf fast allen Standorten als die Fruchtart mit dem höchsten Massenertrag.

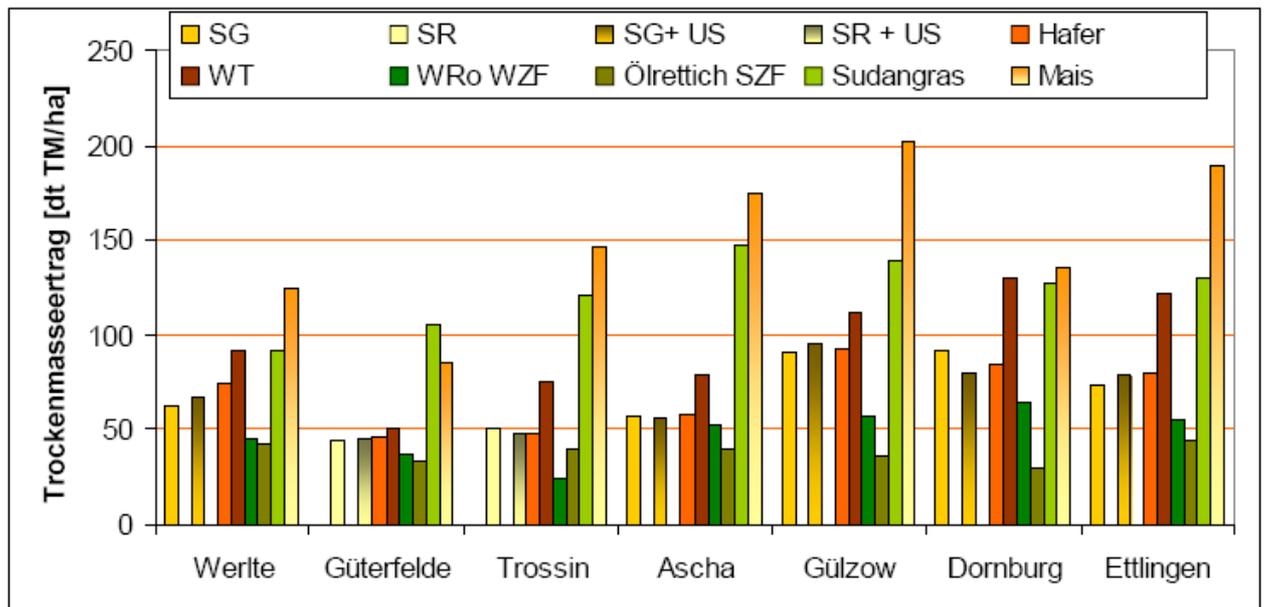


Abbildung 5: Trockenmasserträge von Pflanzenarten für die Biogaserzeugung an verschiedenen Standorten (GÖDECKE 2007)

Aufgrund der hohen und weitgehend sicheren Massenerträge bei stabilen Gasausbeuten wird Mais als Energiepflanze bevorzugt. Dazu kommen die bekannte und unkomplizierte Anbau- und Siliertechnik bei guter Verfügbarkeit der notwendigen Saat- und Erntetechnik durch Lohnunternehmer. Auch in den Biogasanlagen stellt Maissilage keine besonderen Anforderungen an die Pump- und Rührtechnik. Deshalb wird auch zukünftig Mais die wichtigste Pflanzenart für Biogas bleiben, zumal sie die besten züchterischen Perspektiven zur Entwicklung spezieller 'Biogas-Sorten' bietet.

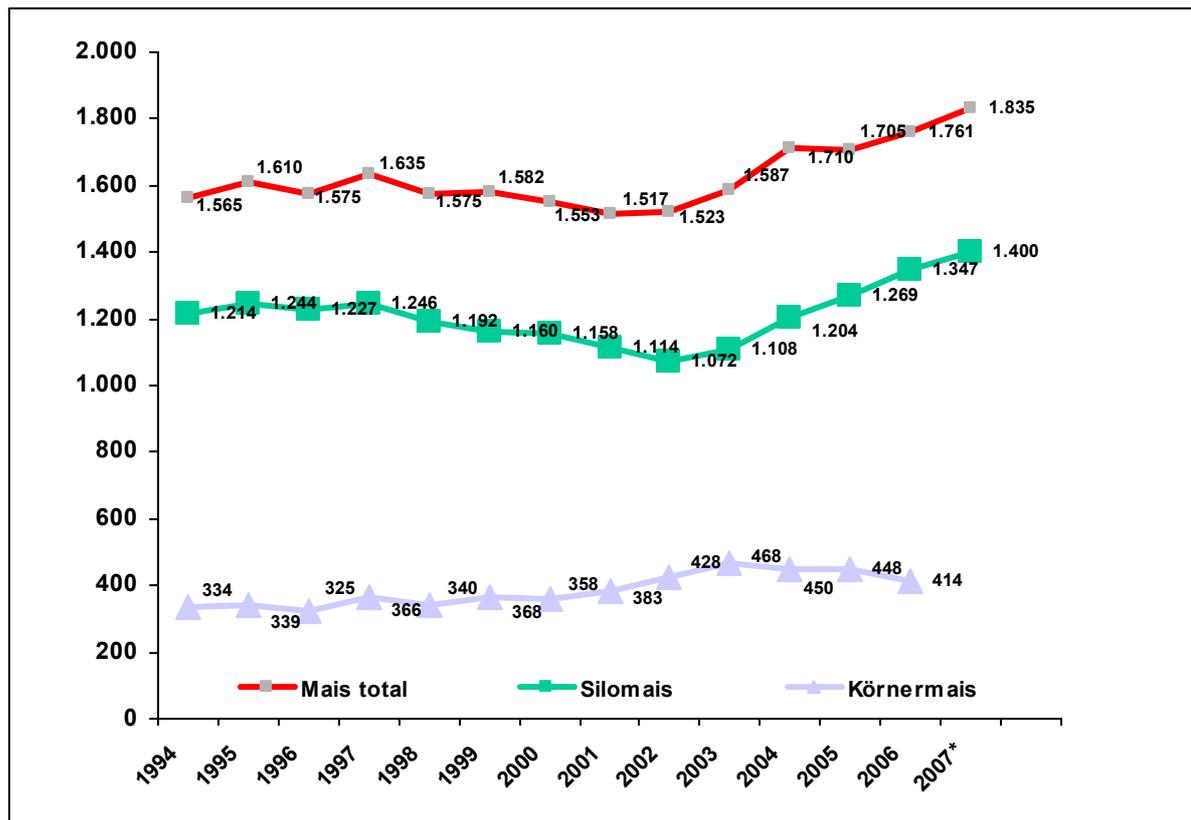


Abbildung 6: Entwicklung der Maisanbaufläche in Deutschland (DMK 2007)

Seit dem Jahr 2004 stieg die Fläche mit Energiemaisanbau von 10.600 ha auf 151.850ha in 2006, ein weiterer Anstieg auf etwa 193.000 ha wird für das Jahr 2007 erwartet. Bis zum Jahr 2020 wird aufgrund der weiteren Entwicklungen auf dem Biogassektor ein Anstieg der Silomaisfläche um 15-20 % (=200-250.000 ha) auf etwa 1,6 Mio. ha prognostiziert (DMK 2007). Der Körnermaisbau wird nach diesen Prognosen etwa gleich bleiben. Die Entwicklung der Anbauflächen von Mais zeigt die Abb.6.

Alternativen zum Mais

Ein übermäßiger Anstieg der Maisanbauflächen wird aus verschiedenen Gründen kritisch gesehen, so dass von verschiedenen Institutionen an Alternativen gearbeitet wird.

Sudangras-Sorghum Hirsen

Eine der am häufigsten genannten Fruchtarten ist das Sudangras. Neben den neueren Ergebnissen aus dem Projekt 'EVA' (Abb. 5) zeigen auch ältere Ergebnisse vom Niederrhein, dass die damaligen Futtertypen des Sudangrases dem Mais im Ertrag unterlegen sind (Tab. 1) Seitdem wurden beim Mais erhebliche züchterische Fortschritte erreicht, während beim Sudangras erst seit wenigen Jahren die züchterischen Aktivitäten wieder aufgenommen wurden. Nur auf Standorten mit stärkerem Wassermangel erreicht das Sudangras vergleichbare oder höhere Erträge (Abb. 5.).

Tabelle 1: Ertragsleistung und Nährstoffgehalte von Sorghum-Sudangras (Weider) bei unterschiedlicher Nutzungsweise im Hauptfruchtbau im Vergleich zu Silomais (Brillant) (ø 2 Jahre, Niederrhein)

Art	Schnitt am:	Wuchshöhe cm	TM dt/ha	Rohpr. %	Rohf. %
Sorghum-Sudangras	1. 25.07	101	34,2	17,3	28,0
	2. 18.09	109	51,3	13,9	27,2
Sorghum-Sudangras	1. 13.08	170	67,7	13,4	32,7
	2. 18.09	45	17,6	20,0	22,6
Sorghum-Sudangras	1. 16.09	218	122,1	9,9	30,0
Mais	1. 15.10	191	148,1	8,8	20,0

Zweikultursysteme

Durch den Anbau von Zweit- bzw. Zwischenfrüchten kann die von den Hauptfrüchten nicht genutzte Einstrahlung im Frühjahr und Herbst zur Biomasseproduktion genutzt werden. In Anbaufolgen mit Mais bieten sich auf ausreichend mit Wasser versorgten Standorten mit langer Vegetationszeit Winterzwischenfrüchte wie Welsches Weidelgras oder Grünroggen als Erstfrucht an. Diese erreichten bei einem Schnitt in der ersten Maihälfte in der Soester Börde und am Niederrhein zwischen 60 und 80 dt/ha Trockenmasse. Danach kann Mais als Zweitfrucht angebaut werden. In Versuchen auf Haus Düsse, Soester Börde, erreichten die nach Grünroggen angebauten Maissorten im Vergleich zum Landessortenversuch am gleichen Standort in Abhängigkeit von der Jahreswitterung unter günstigen Bedingungen gleiche unter ungünstigeren Verhältnissen um bis zu 50 dt/ha verminderte Erträge (Abb. 7, Tab. 2), so dass in der Anbaufolge Grünroggen –Mais im Vergleich zum einmaligen Maisanbau zwischen 25 und 70 dt/ha TM mehr Biomasse erzeugt wurde.

Weitere Nutzungsmöglichkeiten ergeben sich durch Sommerzwischenfrüchte. Ganzpflanzensilagen aus Wintergetreide als Erstfrucht werden etwa im Stadium der beginnenden Teigreife geerntet. Zu diesem Entwicklungsstadium ist das Maximum der Biomasseentwicklung erreicht, gleichzeitig ist die Vergärbarkeit der Gesamtpflanzen noch auf hohem Niveau. Bis zur Kornreife erfolgen im Wesentlichen nur noch Umlagerungen, die Vergärbarkeit der Restpflanze nimmt aufgrund der starken Verholzung dramatisch ab. Der Trockenmassegehalt beträgt ca. 30 %, so dass problemlos siliert werden kann. Im Vergleich zur Körnerernte wird das Feld ca. 4-5 Wochen früher geräumt. Diese gewonnene Vegetationszeit kann durch eine Zweitfrucht zur Biomasseerzeugung genutzt werden.

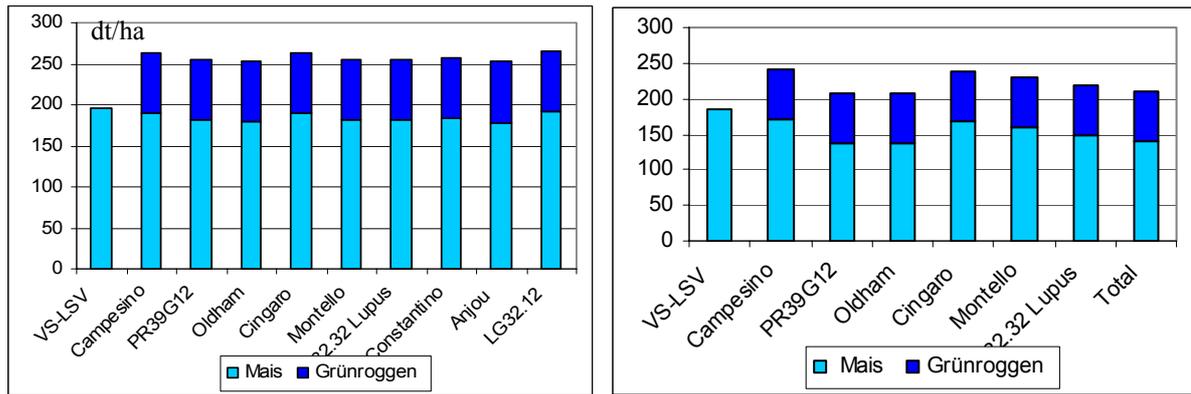


Abbildung 7: Erträge von Maissorten nach Grünroggen im Vergleich zu den LSV-Ergebnissen ohne Winterzwischenfrucht am gleichen Standort 2004 (links) und 2006 (rechts)

Tabelle 2: Trockenmasseertrag (dt/ha) aus Winterzwischenfruchtbau und Silomais als Zweitfrucht (x 3 Jahre, 2 Ernteterminen; Standort Soester Börde, ca. 75 BP)

Winterzwischenfrucht	Erntezeit	Trockenmasseertrag dt/ha		
		Winterzwischenfrucht	Silomais	gesamt
ohne	-	-	139,6	139,6
Winterrübsen	Ende April	36,4	146,3	182,7
Winterraps	Anf. Mai	39,6	142,6	182,2
Futterroggen	Anf. Mai	59,7	147,1	206,8
Welsches Weidelgras	Mitte Mai	65,9	140,1	206,0

Wintergerste konnte 2007 bereits am 30.5., Triticale am 13. 6. und Winterweizen am 20.6. 2007 geerntet werden, die Trockenmasseerträge zeigt die Abbildung 8. Trockenmasseerträge von 150- 160 dt/ha bei Triticale und Winterweizen bei einer Ernte bis Ende Juni/ Anfang Juli lassen in Kombination mit der Aussaat von Zweitkulturen Gesamttrockenmasseerträge beider Kulturen von über 20 t/ha erwarten.

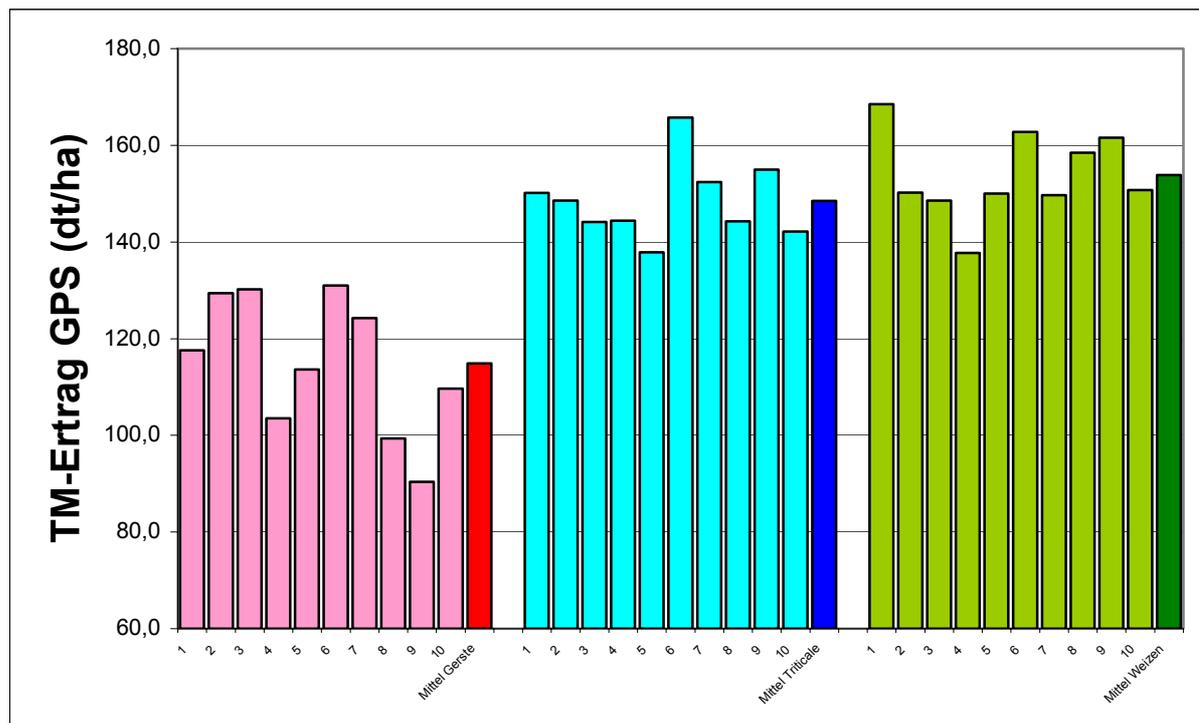


Abbildung 8: Trockenmasserträge (dt/ha TM GPS) von je 10 Sorten von Wintergerste, -triticale und -Weizen (2007, Soester Börde)

Tabelle 3: Erträge der Futterbaufolge Welsches Weidelgras (1. Schnitt) und Zweitfruchtanbau verschiedener Futterpflanzen im Vergleich zur ganzjährigen Nutzung des Welschen Weidelgrases (Standort Niederrhein, Ø 2 Jahre, Saatzeit der Zweitfrüchte 1. Dekade Juni)

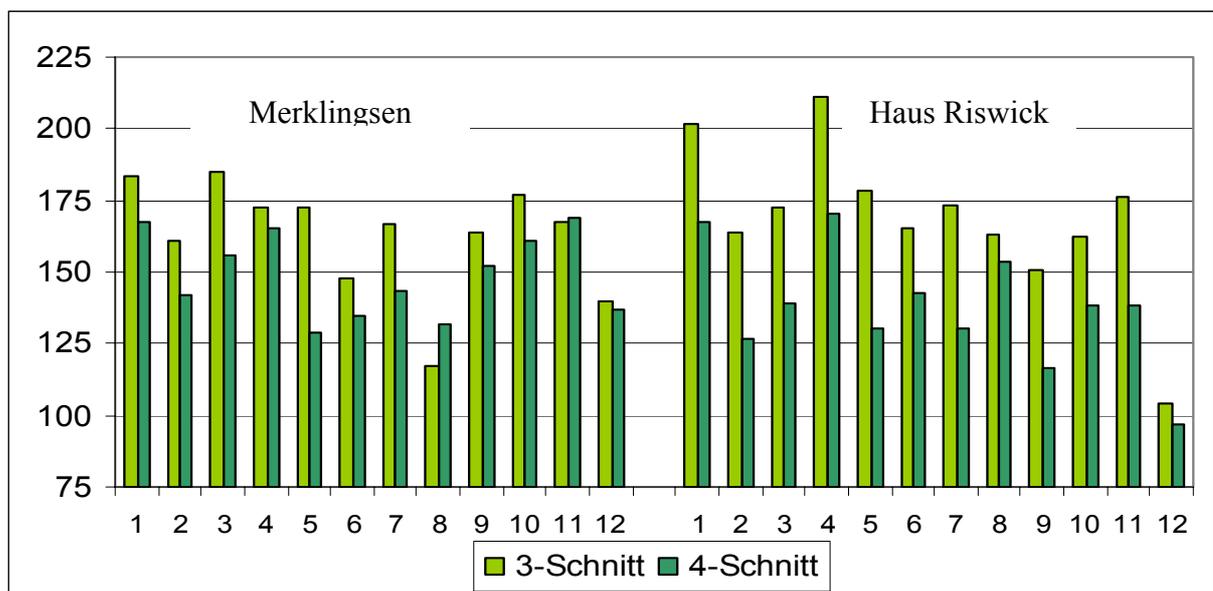
Winterzwischenfrucht/ Zweitfrüchte	TM-Erträge dt/ha	TM-Erträge des Welschen Weidelgrases + Zweitfrüchte dt/ha	rel.	Erträge Zweitfrüchte rel. zu 2.-5. Schnitt des Welschen Weidelgrases
Welsches Weidelgras (WW)				
1. Schnitt	73			
2.-5. Schnitt	93			100
Jahresertrag	166	166	100	
Zweitfrüchte				
Markstammkohl	105	178	107	113
Hybridsorghum	68	142	85	73
Silomais	123	197	119	132
Kohlrübe (gepflanzt)	75	148	89	81

Bereits in älteren Untersuchungen konnten einige Zweitfrüchte ihre hohe Leistungsfähigkeit belegen (Tab. 3). Neben den verschiedenen Formen und Kreuzungen von Zuckerhirse und Sudangras kommen bei früher Aussaat bis Mitte Juni noch Sonnenblumen in Betracht. Bei

Aussaaten nach Wintertriticale- und –weizen-GPS bis Mitte Juli sind neben Markstammkohl auch Futterraps und Grobleguminosengemische prinzipiell geeignet. Zum Thema Zweitfrüchte nach Wintergetreide GPS werden von den Autoren z. Z. umfangreiche Untersuchungen durchgeführt.

Ausdauernde Gräser und Ackerfutterbau

Eine bisher wenig beachtete Alternative stellen ausdauernde Gräser und der Ackerfutterbau mit Gräsern und Klee grasgemische dar. Von vielen dieser Grasarten ist bereits seit längerem bekannt, dass sie hohe bis sehr hohe Biomasseerträge erreichen können. Aufgrund ihrer geringen Eignung für die Fütterung von Milchkühen bzw. weil sie vom Weidevieh ungern gefressen werden, wurden sie wenig beachtet und nicht oder nur wenig züchterisch bearbeitet.



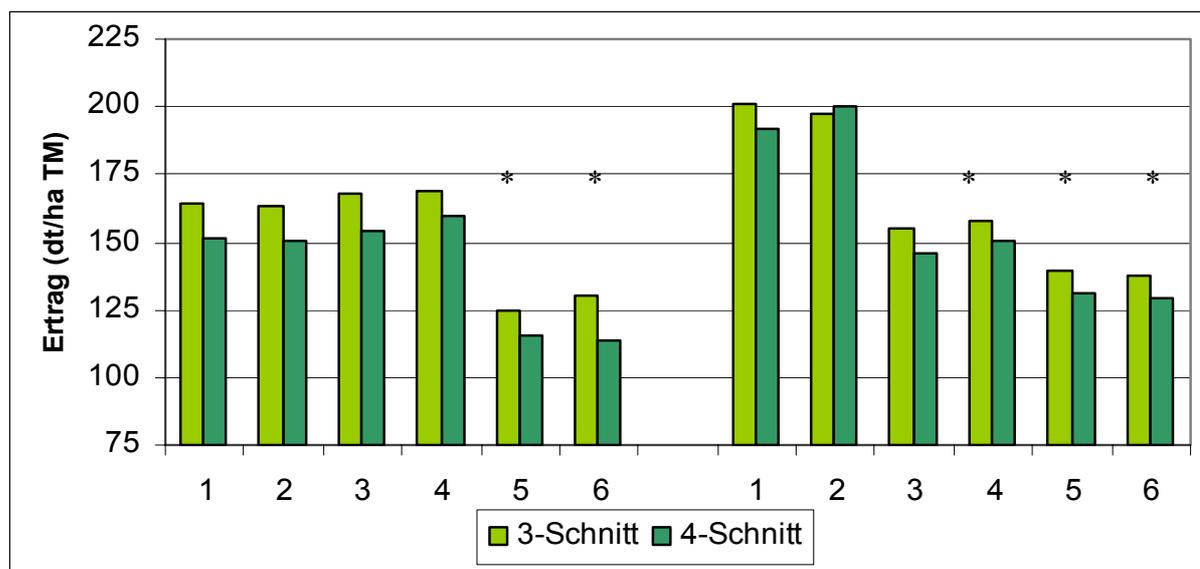
1= Rohrschwengel 4 = Knaulgras 7 = W. Straußgras 10 = Knaulgr. + Rotklee
 2= W.Lieschgras 5 = Glatthafer 8 = Dt. Weidelgras 11 = Rohrschw. + Rotklee
 3= Rohrglanzgras 6 = Wiesenschwengel 9 = Lieschgr.+Rotklee 12 = Rotklee

Abbildung 9: Erträge (dt/ha TM) ausdauernder Grasarten, Rotklee und Klee gras zur Biogas-erzeugung im Versuchsgut Merklingsen (Soester Börde) und Haus Riswick (Niederrhein)(Ø 2005 + 2006, GD 5% = 11,5 dt/ha)

Versuche auf den Standorten am Niederrhein (Haus Riswick) und in der Soester Börde (Versuchsgut Merklingsen) mit 8 Sortengemischen ausdauernder Grasarten sowie 3 Klee grasgemischen und Rotklee zeigen, dass für alle ausdauernden Grasarten und Klee grasmischungen ein 3-Schnittregime vorteilhaft ist (Abb. 9). Besonders hohe Trockenmasse-Erträge an beiden Standorten erreichen Rohrschwengel, Rohrglanzgras, Knaulgras, Glatthafer und eingeschränkt Wiesenlieschgras. Von diesen Arten wurden im Batchversuch zur Bestimmung des Biogaspotenzials gute bis sehr gute Gasausbeuten erreicht (Tab. 4).

Bei den parallel durchgeführten Versuchen im Ackerfutterbau werden nur am besonders günstigen Standort Niederrhein im 4. Schnittregime im Mittel der beiden Versuchsjahre gleiche Erträge erreicht, so dass aufgrund der höheren Erntekosten auch hier das 3-Schnittsystem zu

bevorzugen ist. Unterschiede in der Ertragsleistung und in den Gasausbeuten zwischen den diploiden und tetraploiden Sorten bestehen nicht.



1 =Welsches Weidelgras dipl. 3 =W-gras dipl+Rotklee 5 =W-gras dipl.+Luzerne
 2 =Welsches Weidelgras tetrapl. 4 =W-gras tetrapl.+Rotklee 6 =W.gras.tetrapl.+Luzerne
 * weitgehender Ausfall des Klees bzw. der Luzerne

Abbildung 10: Erträge (dt/ha TM) im Ackerfutterbau mit Welschem Weidelgras und Klee-grasgemischen im Versuchsgut Merklingsen (Soester Börde) und Haus Riswick (Nieder-rhein)(ø 2005 + 2006, GD 5% = 6,5 dt/ha)

Um von den im Versuch gemessenen Erträgen zu realistischen Praxiserträgen zu kommen, wurden die Parzellenerträge um 25% vermindert und mit den Gasausbeuten der Arten auf die Methanerträge je ha hochgerechnet. Mit den ausdauernden Gräsern und im Ackerfutterbau mit Welschem Weidelgras können etwa 4000-4400 Nm³/ha Methan erzeugt werden. Das entspricht dem Potential eines guten Maisertrages (Abb. 11). Beim Rohrglanzgras können trotz sehr hoher Erträge aufgrund des geringen Biogaspotenzials keine optimalen Energieerträge erwirtschaftet werden.

Tabelle 4: Gasausbeuten verschiedener Grasarten (Mittelwerte über Schnitte und Schnittre-gime) (verändert nach CLEMENS et. al. 2007)

Art	n	Gasausbeute (Nl/kg oTS)	Methangehalt (%)	Methanausbeute (Nl/kg oTS)
Rohrschwengel	3	540	51,6	279
Rohrglanzgras	3	416	52,3	217
Knaulgras	7	605	50,9	309
Wiesenlieschgras	6	637	53,4	340
Welsches Weidelgras	4	650	49,6	322
Knaulgras + Rotklee	7	571	51,5	294
Rotklee	3	550	52,1	286

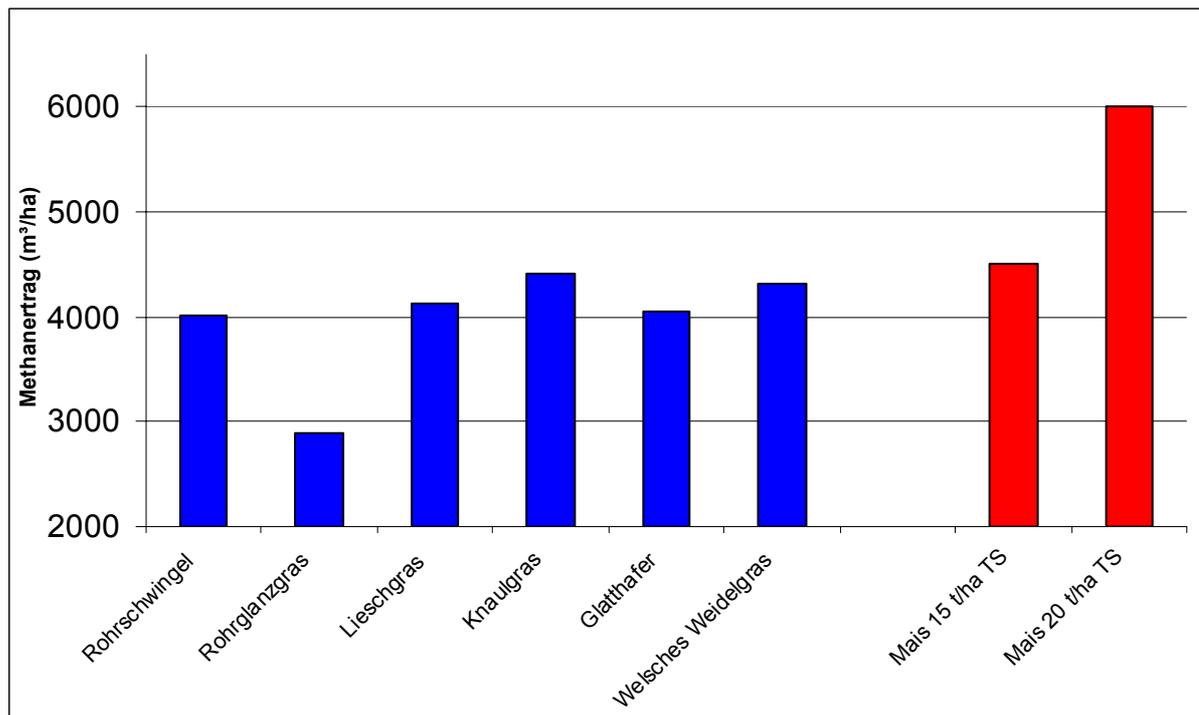


Abbildung 11: Methanerträge (m³/ha) aus Gräsern im Vergleich zu guten bis sehr guten Maiserträgen

Ausblick

Aufgrund der ausgereiften Produktionstechnik im Feld, bei der Konservierung und im Betrieb der Biogasanlagen wird Mais voraussichtlich die wichtigste Pflanzenart zur Erzeugung von Biogas bleiben. Intensive züchterische Bemühungen zur Steigerung des Massenertrages und Sicherung der Biogasausbeuten lassen deutliche Fortschritte erwarten. Ein Anstieg der Maisanbaufläche auf über 2,0 Mio. ha wird erwartet. Dieser Anstieg wird kritisch gesehen. Zu hohe Anbaukonzentrationen im Umfeld von Biogasanlagen werden befürchtet. Von mehreren Institutionen werden deshalb umfangreiche Forschungsprojekte zur Entwicklung und Prüfung von alternativen Energiepflanzenfruchtfolgen durchgeführt. Ein großes Hemmnis bei der Züchtung und Beurteilung von Energiepflanzen stellen die geringen Kapazitäten der Labore bei der Prüfung der potentiellen Gasausbeuten dar. Um eine kostengünstige Schnellmethode auf Basis der NIRS-Technologie für die Bewertung von Energiepflanzen zu entwickeln, werden in einem Verbundprojekt verschiedene Anbaufolgen auf ihre Biogasleistung geprüft und bewertet. Am gleichen Ausgangsmaterial werden direkt nach der Ernte, am getrockneten und am silierten Material, die NIR-Spektren gemessen und mit den im Batchversuche ermittelten Biogasmengen und -qualitäten in Beziehung gebracht. Fernziel ist es, sowohl für die Pflanzenzucht als auch für Biogasanlagenbetreiber NIRS-Kalibrationen zur Verfügung zu stellen, die eine rasche Selektion im Zuchtmaterial oder eine qualitätsorientierte Bezahlung der angelieferten Substrate erlauben. In verschiedenen Teilvorhaben wird ein durchgängiges Qualitätsmanagement der Batchversuche zur Abschätzung des Biogaspotentials über Ringversuche eingeführt, die KTBL-Veröffentlichung 'Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen' wird fortgeschrieben und eine ökonomische Bewertung einzelner Anbaufolgen in Energiefruchtfolgen durchgeführt.

Literatur

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (HRSG) (2006): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2006, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup.

CLEMENS, J., WULF, S. und SPOTH, K., (2007): Ergebnisse der Batchversuche mit Gräsern. Schriftl. Mitteilung.

DIETZE, M. in GÖDECKE, K., NEHRING, A. VETTER, A. (2007): Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschland –Ergebnistand Februar 2007, http://www.tll.de/vbp/vbp_idx.htm. (eingestellt am 14.5.2007).

DMK (2007): Schriftliche Mitteilung.

GÖDECKE, K., NEHRING, A. und VETTER, A. (2007): Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschland –Ergebnistand Februar 2007, http://www.tll.de/vbp/vbp_idx.htm. (eingestellt am 14.5.2007).

HEIERMANN, M., HERRMANN, C., IDLER, C. und SCHOLZ (2007): Optimized Growth and preservation of energy crop. IEA/CROPGEN-Workshop, 15th Int. Biomass Conference Berlin, 8. Mai 2007. <http://www.tll.de/ainfo/html/biot1106.htm>.

SCHÜTTE, A. (2007): Energiepflanzen in Deutschland – Potenziale und Rahmenbedingungen. Int. Energy Farming Congress in Papenburg, 13. März 2007.

WEILAND, P. (2006): Anforderungen an Pflanzen seitens des Biogasanlagenbetreibers. 12. Thüringer Bioenergietag, Erfurt 2. November 2006.

Kontakt

Prof. Dr. Norbert Lütke Entrup und Dr. Franz-Ferdinand Gröblichhoff
Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft
Lübecker Ring 2
59494 Soest

Die Autoren bedanken sich für die finanzielle Unterstützung der Forschungs- und Entwicklungsvorhaben beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bonn und Berlin bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Gülzow) und beim Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.

Humusbilanz und Bodeneigenschaften

Soil organic matter: balances and nature of the ground

W. Buchner

Einleitung

Mit dem Beginn der Sesshaftigkeit der ersten Bauern ca. 10.000 Jahre vor Christus wurden Ackerbauinseln in den bis dahin bewaldeten Regionen Mitteleuropas geschaffen, die Ausgangspunkte der bis heute wehrenden Entwicklung von Kulturlandschaften (BAEUMER 1996) sind; dem zunehmenden Nährstoffmangel in Getreidemonokulturen begegnete im frühen Mittelalter die unter Karl dem Großen geförderte Drei-Felder-Wirtschaft, die mit der Folge „Wintergetreide, Sommergetreide, Brache“ den Ackerbau der Folgezeit bis in das 20. Jahrhundert hinein bestimmte (BUCHNER 2006). Mit dem zweimaligen Umbruch der sich selbst begrünenden Brache sollten die stets im Mangel befindlichen Bodennährstoffe geschont und die natürliche Bodenfruchtbarkeit erhalten werden.

Der Humusmehrung diente auch das Abplaggen von Heide auf den weniger ertragreichen Sandstandorten Nordwestdeutschland und die sog. „Dreizelgen-Wirtschaft“, die mit einem Flurzwang kombiniert eine gegenseitige Behinderung der Flächennutzung im Sinne einer gemeinsamen Erhaltung der Ertragsfähigkeit auszuschließen vermochte.

Der von Schubart (1743-1787) unter der österreichischen Kaiserin Maria-Theresia eingeführte Feldfutteranbau stellte mit dem Anbau stickstoffanreichernder Leguminosen einen epochemachenden Eingriff zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit dar. Luzerne, aus Persien eingewandert und Esparsette, vor allem aber der Rotklee, verstärkten den Betriebszweig Futterbau-Rindviehhaltung und schufen die Voraussetzung für die Herauslösung des landwirtschaftlichen Einzelbetriebes aus dem Flurzwang und der gemeinschaftlichen Allmende-Nutzung. Damit wurde zugleich die Grundlage für die Sommerstallfütterung und die Sicherung eines hohen Vorfruchtwertes für Weizen und Roggen geschaffen.

Nachdem die Kartoffel unter Friedrich dem Großen (1740-1786) Brachflächen verdrängte und die Zuckerrübenproduktion unter Achard (1786) insbesondere in Preußen und Schlesien hemmungslose Züge der Monokultur entwickelte, wurde unter Albrecht THAER (1821) die Fruchtwechsel-Wirtschaft als Kernstück eines auf Gleichgewicht zwischen Zu- und Abfuhr produktiver Bodenkräfte ausgerichteten Ackerbausystems entwickelt. THAER hat mit Ablösung der Drei-Felder-Wirtschaft und seinem „Versuch einer Ausmittlung des Reinertrages der produktiven Grundstücke mit Rücksicht auf Boden, Lage und Örtlichkeit“ seinerzeit ein Klassifikationssystem entwickelt, das in der späteren Reichsbodenschätzung Eingang fand und bis zum heutigen Tag die Fruchtfolgegestaltung – in ihrer nachhaltigen Abhängigkeit von der Bodengüte des Standortes – mitgeprägt hat. Die Forderung zur Begrenzung des Halmfruchtanteils auf 50 % in der speziellen Variante des Doppelfrucht- oder Überfruchtwechsels hat den Übergang zu neuzeitlichen Fruchtfolgesystemen geschaffen. Mit der Zufuhr des Stallmistes - mehr Nährstofflieferant als Humusdünger (LÜTKE ENTRUP 1986) - und der Einführung bahnbrechender Erkenntnisse des Nährstoffersatzes durch Justus von LIEBIG (1879) sind Bausteine zur Mehrung und Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und der organischen Sub-

stanz im Boden entwickelt worden. Hierzu beigetragen hat auch die Einbindung der Leguminosen unter HELLRIEGEL und die Entwicklung komplexer Fruchtwechsel-Fruchtfolgen mit intensivem Zwischenfruchtanbau unter Schulz-Lubitz (GÄDE 1991).

In der neueren Zeit ist es BRINKMANN (1943) zu verdanken, dass er eine Unterteilung der Ackerbausysteme in

- Feldwirtschaften oder Feldersysteme
- Fruchtwechselwirtschaften oder -systeme
- Wechselwirtschaft oder Feldgras-Klee gras-Systeme

entwickelte, womit ein Ordnungssystem geschaffen wurde, das bis in die Gegenwart im Zeichen standort- und marktgerechter Fruchtfolge-Systeme neben den Grundsätzen der Bodenfruchtbarkeit die ökonomische Bewertung von Anbau- und Fruchtfolgesystemen prägt.

Waren die Nachkriegszeit sehr stark durch die Vereinfachung von Fruchtfolgesystemen unter starkem Druck zur Rationalisierung und Mechanisierung geprägt (BUCHNER 2006), zeichnete sich - mit der Ausprägung eines zunehmenden Umweltbewusstseins - durch die Einbindung des Zwischenfruchtanbaues, den Übergang zur konservierenden Bodenbewirtschaftung und die Einbeziehung der Strategien des Wasserschutzes und der Nährstoffoptimierung ein stetiges Bewusstsein für die Erhaltung eines stabilen Bodengefüges und des notwendigen Humusersatzes ab (HARTMANN und STRÄHLER 1995).

Ökologisch wirtschaftende Betriebe haben durch die Vorgaben zur Einbindung einer weitgestellten Fruchtfolge, die Einbringung organischer Wirtschaftsdünger in Viehhaltungssystemen, die Etablierung von Untersaaten und die Nutzung des Leguminosenstickstoffes vielerorts einen systembedingten Vorteil im Hinblick auf die Sicherung eines hinreichenden Humusgehaltes in Ackerböden (BUCHNER 1993).

Erhaltung der organischen Substanz im Boden: Cross-Compliance

Auf der Grundlage umfassender Regelwerke zur Gewährung von Prämien sind seit 2005 die sog. Cross-Compliance-Regelungen in folgenden Bereichen einzuhalten:

- Regelungen zur Erhaltung landw. Flächen in gutem landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand
- Regelungen zur Erhaltung von Dauergrünland
- 19 einschlägige, bestehende EU-Regelungen (DIREKTZAHLVERPFLV 2004)

Die im sog. Anhang 4 eingebundenen Standards in Bezug auf Erosionsschutz, Erhaltung der org. Substanz des Bodens und der Bodenstruktur sind seitdem Ausgangspunkt umfassender Erörterungen zur Bedeutung der Humusversorgung in der Landbewirtschaftung (Abb. 1).

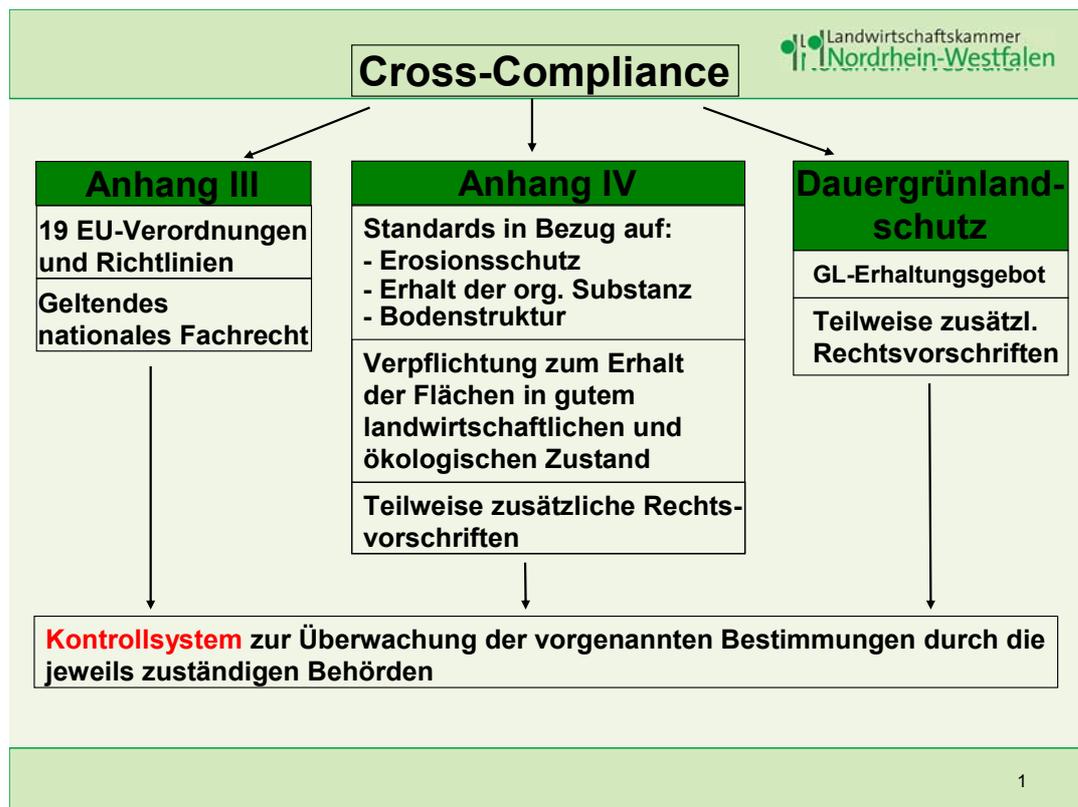


Abbildung 1: Cross Compliance

Die Erhaltung des guten landwirtschaftlichen Zustandes soll zum einen vornehmlich der Erosionsvermeidung dienen (LANDWIRTSCHAFTLICHE ZEITSCHRIFT RHEINLAND 2005) und fordert, dass mind. 40 % der Ackerflächen eines Betriebes in der Zeit vom 01.12. bis zum 15.02. des Folgejahres mit Pflanzen bewachsen sind. Neben dem Verbot einer Beseitigung von Terrassen werden die Vorgaben der Humusersatzwirtschaft durch folgende Maßnahmen erfüllt:

- Anbauverhältnis mit mind. 3 Kulturen sicherstellen oder jährliche Humusbilanz oder Untersuchung des Bodenumusgehaltes mit Hilfe von Bodenproben
- ein Betrieb muss mind. 3 Kulturen anbauen
- jede Kultur muss mind. 15 % der Ackerflächen umfassen
- es ist die Zusammenfassung mehrerer Kulturen möglich
- Stilllegungsflächen sind eine eigenständige Kultur, wenn sie den Mindestanteil von 15 % erreichen.
- Dauerkulturen oder mehrjährige Kulturen sind wegen der ihnen innewohnenden Eigenstabilität im Hinblick auf die Versorgung des Bodens mit org. Substanz von diesen Fruchtfolgevorgaben ausgenommen (MÜLLER-LIST 2007).

Nachdem nunmehr die Zahlungen der Prämien an Landwirte von der Erzeugung abgekoppelt und mit dem 01.01.2005 die Einführung von Betriebsprämien vollzogen wurde, sind im Hinblick auf den Bodenschutz die Standards zur Erhaltung der org. Substanz zusammenfassend wie folgt zu erfüllen (PREGER 2006):

Das vorgeg. Regelwerk erfordert in seiner Komplexität eine hochspezialisierte Begleitung durch die Fachberatung der Landwirtschaftskammer in NRW.

Sofern die Optimierung der guten fachlichen Praxis im Hinblick auf die Humusversorgung durch unmittelbare Gestaltung der Fruchtfolgesysteme nicht gewährleistet ist, wird eine jährliche Humusbilanz auf betrieblicher Ebene notwendig. Der Saldo darf im Durchschnitt von drei Jahren den Wert von minus 25 kg c_{org} ha⁻¹ a⁻¹ nicht unterschreiten und soll zwischen minus 25 kg c_{org} ha⁻¹ a⁻¹ und 125 kg c_{org} ha⁻¹ a⁻¹ liegen. Eine Alternative hierzu ist eine Untersuchung der organischen Bodensubstanz mindestens in einem Abstand von 6 Jahren. Böden mit weniger als 13 % Ton müssen einen Humusgehalt von mind. 1 % entsprechend 0,58 % c_{org} aufweisen und bei einem Tongehalt von mehr als 13 % liegt der vorgeschriebene Mindestwert für den Humusgehalt bei 1,5 % (Abb. 2).

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen						
Humusbilanz						
für		Unternehmer-Nr.:				
erstellt am		(Tel.):				
Humusbedarf der Fruchtfolge						
Fruchtfolge	Zuordnung	ha	Ertrag		Humuswirkung (kg C)	
			Erntegut	Erntereste	Betrieb	Erntereste
Winterweizen (12% RP) Nr. 4)	Strohdüngung	25,00	75	60	-7.000	15.000
Wintergerste (12% RP) (Nr. 13)	Strohverkauf	25,00	75		-7.000	
Zuckerrüben (Nr. 42)	Blatt nicht abgef.	50,00	750	525	-38.000	21.000
Gründungs-ZF (Nr. 55)	Winter-ZF	25,00	300	300	3.000	6.000
Summe					49.000	42.000
Humuslieferung durch organische Düner auf die Ackerflächen						
betriebeigene Tierhaltung	Dünger	Stall.	% TS	m ²	Humuswirkung (kg C)	
					je m ² , t	Betrieb
Wirtschaftsdüngerabgabe (-) / Aufnahme organischer Dünger (+)						
Champignonerde (Nr. 28)	Champignonerde		30,0	+20	53,5	1.070
Summe Humuslieferung durch organische Dünger						1.070
Humusbilanz						
Humusbedarf der Fruchtfolge						-49.000
Humuslieferung durch Erntereste						42.000
Humuslieferung durch organischen Dünger						1.070
Bilanz Gesamtackerfläche (100 ha)						-5.930
Bilanz je ha						-59

2

Abbildung 2: Grenzwerte für die Humusbilanz

Hierbei gilt in der Direktzahlungen- und Verpflichtungen-Verordnung die Umrechnung: Humusgehalt ist gleich $c_{org} \times 1,72$. Werden die beiden letztgenannten Forderungen nicht eingehalten, besteht für den Landwirt die Verpflichtung zur Inanspruchnahme von Beratungsmaßnahmen der Landwirtschaftlichen Fachbehörden, hier also der Landwirtschaftskammer NRW, um die Fragen einer vorschriftgemäßen Humus-Ersatzbewirtschaftung zu erörtern (Abb. 3).

 Landwirtschaftskammer
Nordrhein-Westfalen

Anlage 1 DirektZahlVerpflV

1. Grenzwert für die Humusbilanz
Der Humusbilanzsaldo soll im Bereich zwischen **-75 kg C/ha/a** und **+125 kg C/ha/a** liegen und darf den Wert von **-75 kg C/ha/a nicht unterschreiten**.

2. Grenzwerte für den Erhalt der organischen Substanz im Boden bei der Bodenuntersuchung

Ton < 13 %:	Humusgehalt > 1 Prozent
Ton > 13 %:	Humusgehalt > 1,5 Prozent

Umrechnung von organischem Kohlenstoff in Humus durch Multiplikation mit dem Faktor 1,72

3

Abbildung 3: Humusbilanz

Beratung: Von der Bodenart zur Humusbilanz

Die landwirtschaftliche Fachbehörde hält auf der Grundlage der Vorgaben des Regelwerkes der EU einen rechnergestützten umfangreichen Arbeitskatalog vor, mit dessen Hilfe die Humusbilanzierung übersichtlich gestaltet werden kann. Nach einer mehr als hundertjährigen traditionsreichen, wissenschaftlich fundierten Humusforschung muss das nunmehr von der EU vorgegebene Wertungsschema wie die praktische Umsetzung in Betrieben angepasst werden. So unterstreichen ABRAHAM et al. (2005), dass eine einfache Festlegung auf den Anbau verschiedener Fruchtarten nur sehr bedingt geeignet ist, um eine ausgeglichene Humusbilanz zu erzielen. Die Beratung muss die wesentlichen Bestimmungsfaktoren und Einflussmöglichkeiten der Praxis über die Gestaltung des Produktionsverfahrens integrieren. Das von der Landwirtschaftskammer NRW eingesetzte Nährstoffbewertungsprogramm „DUNGPRO“ fordert im Analysenauftrag eine detaillierte Beschreibung des Fruchtfolgegeschehens. So muss neben der jährlich erwarteten Niederschlagsmenge und der Bodenart (5 Gruppen/11 Bodenarten) auch die Fruchtfolgeplanung der nächsten drei Jahre, die Art und Bewirtschaftung der Zwischenfrüchte sowie Art und Umfang der organischen Düngung angegeben werden. Der Humusgehalt hat wesentlichen Einfluss auf die Ermittlung des Grundnährstoffbedarfes, wirkt sich zugleich aber auch auf die anzustrebenden pH-Werte und die notwendige Erhaltungskalkung auf Acker und Grünland aus. Insbesondere sind im Hinblick auf die Untersuchung des Humusgehaltes die jährlichen Schwankungen und die großen naturräumlichen Unterschiede sowie die Inhomogenität auf dem einzelnen Feldschlag Anlass, diese Untersuchungen für den einzelnen Landwirt in der Beratung gezielt zu erläutern.

Die landwirtschaftliche Fachberatung der Landwirtschaftskammer NRW befürwortet eine systematische Bewertung des Humusstatus der Böden in NRW, wie sie von PREGER et. al. (2006) unter Bezugnahme auf landesweite Erhebungen gefordert wird. Als Grundlage der bisherigen Bewertungen notwendiger organischer Substanzgehalte in Ackerböden hat sich die seinerzeit von KÖRSCHENS (1998) erarbeitete Orientierungstabelle bewährt (Abb. 4). Eine Anpassung an die humid geprägten Klimate Westdeutschlands ist angezeigt.

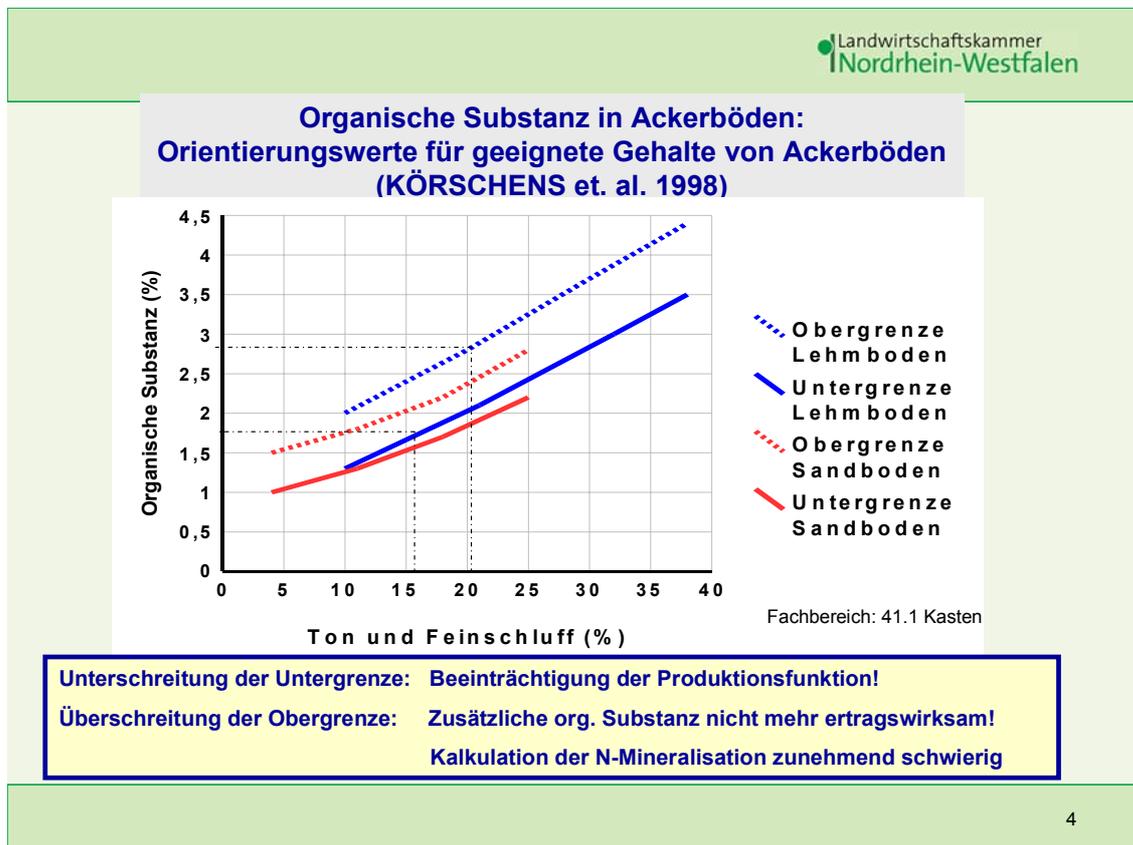


Abbildung 4: Organische Substanz in Ackerböden

Bioenergie: Humusmanagement vor neuen Herausforderungen

Die globalen „Perspektiven“ zu Beginn des 21. Jahrhunderts lassen sich durch die gegenwärtig unaufhaltsame Zunahme des klimaschädigenden CO₂-Gehaltes, den Anstieg der Weltbevölkerung auf erwartete 9 Milliarden Menschen, die beschränkte Vermehrbarkeit der Ackerböden und die Zunahme der Industrialisierung in Schwellenländern Asiens und Südamerikas charakterisieren (BUCHNER 2005). Gegenwärtig zeichnen sich eine dramatische Abnahme der Weltgetreidevorräte und die verstärkte Forderung nach einer Ausdehnung der Produktion von Bio-Energie und Nahrungsmitteln im weltweiten Maßstab ab. Insoweit müssen auch für die im Beratungsgebiet der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen liegenden Naturräume Optimierungsmodelle entwickelt werden, die den Formen der Landnutzung, den Düngungsstrategien und der Fruchtfolgeoptimierung, der Bodenbearbeitung und den sich entwickelnden Landbausystemen gerecht werden. Grundlage dieser Arbeit sind die Humusuntersuchungen durch die LUFA NRW, die – als geschützte Daten des einzelnen landwirtschaftlichen Unternehmers dem Datenschutz unterliegen - in der Beratungsarbeit Rückschlüsse auf

den Versorgungszustand der Böden mit organischer Bodensubstanz zulassen. Im Rahmen der Beratungstätigkeit werden die Landwirte gebeten, ergänzende, auf die Bodenart ausgerichtete Humusuntersuchungen auf Einzelschlägen durchzuführen (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER 2007). Die in Dauerdüngungsversuchen und Langzeiterhebungen namentlich auf dem Versuchsgut Wahn der Landwirtschaftskammer Rheinland gewonnenen Daten (BUCHNER 1999) belegen, dass die Integration von Zwischenfrüchten, die Einschränkung der wendenden Bodenwirtschaft auf ein – auch aus phytosanitärer Sicht – vertretbares Maß und die Rückführung des Getreidestrohes die Stabilisierung des Humusgehaltes auf eine Größenordnung von 1,7 % bis 2 % zuließe.

Mit dem Energieeinspeisegesetz hat sich die Zahl der Biogasanlagen in NRW deutlich erhöht; die Förderung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe mit dem Ziele der Herstellung von Energie- oder Industrieprodukten hat in Teilbereichen des Landes zur Veränderung der Fruchtfolgen beigetragen. Neben dem verstärkten Anbau von Silomais entwickeln sich nunmehr auch sogen. Zweitnutzungs-Systeme, die dem hauptfruchtgemäßen Mais- oder Sonnenblumenanbau bzw. weiterer Gemenge eine Vornutzung durch winterharte Zwischenfrüchte (z. B. Grünroggen) voranstellen. Zur Erhöhung der Flächenproduktivität zeichnen sich zudem eine intensive Nutzung des herbstlichen Zwischenfruchtanbaues ab. Damit kann die Auswaschungsgefährdung für den herbstlichen Rest-Stickstoff verringert, aber auch die Effizienz von Güllegaben im Herbst verbessert werden. Neuere Untersuchungen des Landwirtschaftszentrums Haus Riswick gemeinsam mit der Fachhochschule Soest (Abb. 5) deuten darauf hin, dass die Feldgraswirtschaft als mögliche Alternative zu einem übermäßig hohen Maisanteil in der Fruchtfolge im Bereich der Biogaserzeugung konkurrenzfähig ist; die Häufigkeit der Schnitttermine lässt sich durch längere Wachstumszeiten verringern (GRÖBLINGHOFF, LÜTKE-ENTRUP und BERENDONK 2006). Angesichts der sich verschärfenden Flächenkonkurrenz in der Landwirtschaft muss sich die Feldbewirtschaftung auf Ertragsoptimierung und gleichzeitige Qualitätssicherung ausrichten. Die Fortentwicklung von Zweitkulturnutzungssystemen trägt zur Optimierung der flächengebundenen Photosynthese-Leistung bei, stützt aber auch durch eine nennenswerte Verlängerung der Begrünungszeiten die Stabilisierung der organischen Substanz in Ackerböden.

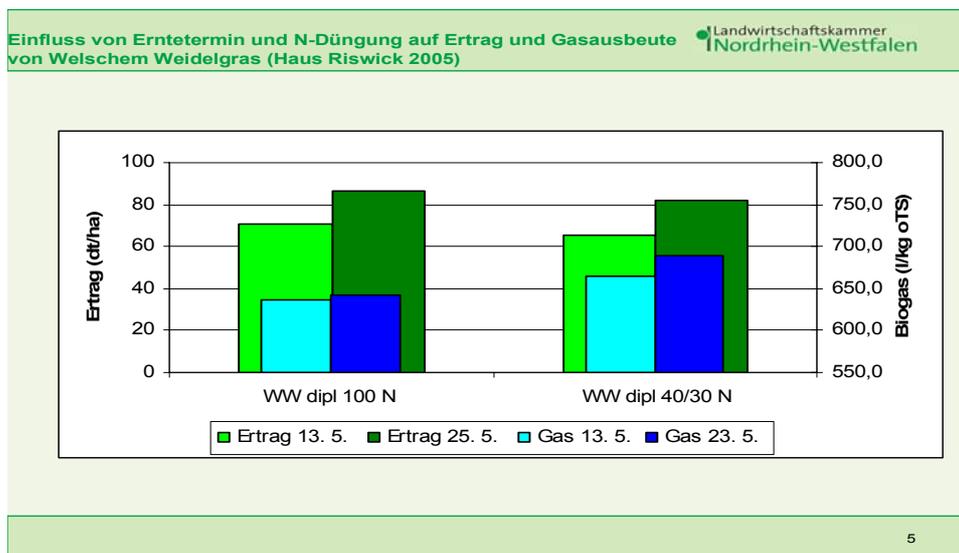


Abbildung 5: Einfluss von Erntetermin und N-Düngung auf Ertrag- und Gasausbeute vom-Welschen Weidelgrass (Haus Riswick 2005)

Die Validierung der seinerzeit von dem Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Forschungsuntersuchungsanstalten (VDLUFA 2004) erarbeiteten „Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland“ wurde nicht unerheblich aus Dauerfeldversuchen abgeleitet, die im mitteldeutschen Trockengebieten angelegt sind. Als Werkzeug zur Umsetzung der Cross-Compliance-Vorgaben und zur Schärfung des Bewusstseins in der Landwirtschaft um die Rolle der organischen Bodensubstanz hat diese Methode wertvolle Unterstützung geleistet. Für die zukünftige Beschreibung eines notwendigen Humusgleichgewichtes ist eine georeferenzierte Erhebung und Auswertung von Datensätzen zur Erarbeitung eines Schätzrahmens standorttypischer Humusgehalte wünschenswert. Neben Auswertungen für die Nährstoffversorgung und -bilanz enthält das Modell „Repro“ mit der Humuseinheitenmethode und die Humusbilanz nach VDLUFA weitergehende Ansätze zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit (ABRAHAM, 2005). Im Einklang zwischen wissenschaftlichem Anspruch und praxisverwertbarer Anbaustrategien sind vorrangig folgende Themenkomplexe zu erörtern:

1. Zur weiteren Differenzierung für verschiedene Standortbedingungen und Bewirtschaftungssysteme sind Langzeitexperimente erforderlich. Zusätzlich sollten Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen und Modellbetrieben sowie Simulations- und Bodenprozessmodelle mit einbezogen werden.
2. Der Kenntnisstand über den bewirtschaftungsspezifischen Humusbedarf moderner Anbausysteme muss verbessert werden. Die Bedarfsfaktoren sind insbesondere auf ihre Richtigkeit, z. B. bei konservierender pflugloser Bodenbewirtschaftung zu überprüfen. Ebenso ist der Einfluss des Produktionsniveaus in Abhängigkeit von der mineralischen N-Düngung zu berücksichtigen.
3. Die Humus-Reproduktionsleistung von Stroh in Abhängigkeit von Standort, Bodenbearbeitung und N-Status der Böden bedarf einer kurzfristigen Präzisierung.
4. Für den ökologischen Landbau ist eine Präzisierung des Humusbedarfes erforderlich.

Zusammenfassung

Im Verlauf der mehr als 10000 Jahr währenden jüngeren Ackerbaugeschichte haben sich schrittweise standörtlich geprägte „an die natürliche Ertragsfähigkeit der Böden angepasste Nutzungsformen“ entwickelt. Mit der Einbindung von Fruchtfolgeelementen, der symbiotischen N-Bindung und einer optimierten Düngung und Gesunderhaltung der Kulturpflanzen sind bis zur Gegenwart komplexe Bewirtschaftungsformen entstanden. Mit der Ausprägung und Anwendung gesetzlicher Regelwerke im Zuge der Agrarförderung durch die Europäische Union ist die Diskussion - namentlich im Bereich der Humusversorgung - um standortgerechte Bewertung der organischen Substanz der Böden im Bereich der Wissenschaft, aber auch der landwirtschaftlichen Fachbehörden neu entfacht worden. In diesem Kontext weist der Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Forschungsuntersuchungsanstalten (VDLUFA) in einem Standpunktpapier darauf hin, dass die Humusbilanzierung in allen landwirtschaftlichen Betrieben als integraler Indikator für die Gewährleistung von Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit der Agrarproduktion angewendet werden sollte. Dennoch bedarf die gegenwärtig praktizierte Bilanzierungsmethode einer weiteren Absicherung für unterschiedliche Standortbedingungen, Klimaräume und Böden (VDLUFA 2004).

Literatur

- ABRAHAM, J., Reinicke, F. und Christen, O. (2005): Wenn die Humusbilanz nötig wird, DLZ Nr. 3, Seite 26-31.
- BAEUMER, A. (1996): Die Landwirtschaft und Naturverständnis, Ber. Ldw. 74, 369-387.
- BRINKMANN, Th. (1943): Das Fruchtfolgebild des deutschen Ackerbaues, Universität Bonn.
- BUCHNER, W. (1993): Abschlussbericht: Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Alternativer Landbau Borscheider Hof“ 1979-1992, Reihe C, Heft 49, Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen.
- BUCHNER, W. (1999): Für die rheinische Landwirtschaft: 50 Jahre Versuchsgut Wahn – Eine Chronik. In Landwirtschaftskammer Rheinland: 50 Jahre Versuchsgut Wahn – 1940-1998, Bonn.
- BUCHNER, W. (2005): Welche globalen Herausforderungen gibt es im Boden- und Klimaschutz? Tagungsband zur Fachveranstaltung von ilo und gkb am 22.09.2005, Bonn, Seite 135-146.
- BUCHNER, W. (2006): Wesen standortgerechter und wirtschaftlicher Fruchtfolgen in Lehrbuch des Pflanzenbaus, Band 1, Kapitel 8: Fruchtfolge, Seite 373-419.
- DIREKTZAHLVERPFLV (2004) Bundesgesetzblatt 2004; I Seite 2778, Direktzahlungsverpflichtungen-Verordnung (DirektZahlVerpflV) vom 04.11.2004.
- GÄDE, H. (1991): Albert Schultz-Lubitz, Lebenswerk und Vermächtnis eines deutschen Sandbodenpioniers und Mitbegründer der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft (DLG). Deutsche Saatveredlung (HRSG.), Lippstadt-Bremen.
- GRÖBLINGHOFF, LÜTKE ENTRUP und BERENDONK (2006): Tagungsbericht 47. Fachtagung des DLG-Ausschusses „Gräser, Klee und Zwischenfrüchte“, 05.-06.12.2006 in Fulda.
- HARTMANN, H. und STRÄHLER, A. (1995): Die Stellung der Biomasse. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band III, Landwirtschaftsverlag. Münster-Hiltrup.
- KÖRSCHENS, M., WEIGEL, A. und SCHULZ, E. (1988): Turnover of Soil Organic Matter (SOM) and Long-Term Balances – Tools for Evaluating Sustainable Productivity of Soils.
- LANDWIRTSCHAFTLICHE ZEITUNG (2005): Fragen und Antworten zur GAP-Reform: Teil 37, LZ 1/16).
- LIEBIG, J.V. (1879): Naturwissenschaftliche Briefe über die moderne Landwirtschaft, 2. Auflage, Leipzig, Winter 1859.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER (2007): Ratgeber Pflanzenbau und Pflanzenschutz.
- LÜTKE ENTRUP, N. (1986): Fruchtfolge als Grundlage der Pflanzenproduktion. IN OEHMICHEN (1986): Pflanzenproduktion, Band II, Verlag P. Parey, Hamburg und Berlin, 11-44.
- MÜLLER-LIST (2007): Cross-Compliance: Kein Buch mit sieben Siegeln in Ratgeber Förderung 2007 der Landwirtschaftlichen Zeitschrift Rheinland, 22.03.2007, Seite 39.
- PREGER, A.C., WELP, G., MARQUARD, U., KOLLECZEK, B. und AMELUNG, W. (2006): Humusgehalte in nordrhein-westfälischen Ackerbauböden: Aktueller Status und zeit-

liche Entwicklung, Universität Bonn; Institut für Nutzpflanzen, Wissenschaft und Ressourcenschutz (INRES), Bereich Bodenwissenschaften, Seite 22-24.

THAER, A. (1821): Grundsätze der rationellen Landwirtschaft, Band **I-IV**, 2. Auflage, Berlin, REIMER zit. in SEIDEL, A. (1995): Deutsche Agrargeschichte, Fachhochschule Weihenstephan, Freising.

VDLUFA (2004): Humusbilanzierung: Methoden zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerböden, 30. April 2004, Bonn, Selbstverlag.

Kontakt

Prof. Dr. Werner Buchner
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Siebengebirgstrasse 200
53229 Bonn

Perspektiven der Erzeugung von Bioethanol für die Wertschöpfung in der Landwirtschaft

Perspectives of bioethanol production for agricultural value added

G.-U. Funk und F. Köster

Im November 2007 veröffentlichten die Bundesministerien für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz sowie für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zusammen mit großen Verbänden der Mineralölwirtschaft und Automobilindustrie eine „Roadmap Biokraftstoffe“¹, in der das EU-Ziel einer Beimischung von 10% energetisch an Biokraftstoffen unterstützt wird und sogar höhere Beimischungen in Aussicht gestellt werden. Daneben wird auch auf den B100 (RME)- und den E85 (Ethanol)-Markt gesetzt.

Das bedeutet für die Landwirtschaft, dass sie sich z.B. durch Energiepflanzen neue Märkte für Bioenergie und Biokraftstoffe erschließen kann, wenn entsprechende Deckungsbeiträge erzielt werden. Aber: Dies ist nicht immer gegeben. So stieg im Jahr 2007 der Weizenpreis aus verschiedenen Gründen (insbesondere wetterbedingt) auf über 200 € / Tonne, so dass sich die Produktion von Bioethanol in einigen Anlagen nicht mehr wirtschaftlich darstellen ließ.

Für Nordrhein-Westfalen ist die Frage nachhaltiger Mobilität besonders dringlich, da es eines der größten Transitländer in Europa ist. Es verfügt außerdem über Technologien für die zukünftige Anpassung oder Änderung der Kraftstoff-Infrastruktur und über namhafte Forschungseinrichtungen auf diesem Gebiet.

Aufgrund der komplexen Fragestellungen in diesen Bereichen hat das Land Nordrhein-Westfalen vor zwei Jahren beschlossen, das Thema Kraftstoffe und Antriebe in einem gleichnamigen Kompetenz-Netzwerk zu bündeln. Ziel ist es, die Potentiale konventioneller und alternativer Kraftstoffe auszuloten und Projekte zu initiieren, die die Versorgung mit Kraftstoffen bei gleichzeitiger Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit langfristig sicherstellen sollen. Dabei ist der grenzüberschreitende, internationale Aspekt von besonderem Gewicht. Unter dem Titel „Connecting Clean Mobility“ fand 2007 eine erste große Veranstaltung in Arnheim statt, auf der Projekte und Projektideen zwischen NRW und Niederlande diskutiert wurden.²

Bioethanol als Kraftstoff

Flüssige Biokraftstoffe können in die bestehende Infrastruktur integriert werden. Sie basieren auf ölhaltigen (Diesel-Ersatz) oder auf stärkehaltigen Pflanzen (Benzin-Ersatz) oder werden synthetisch aus der ganzen Pflanze hergestellt. Im ersten Fall (Biodiesel, Bioethanol, Pflanzenöl) handelt es sich um bereits im Markt befindliche Kraftstoffe der sog. 1. Generation. Biokraftstoffe der 2. Generation sind synthetische Kraftstoffe auf Biomassebasis (Biomass-to-Liquid - BtL) oder z.B. Ethanol aus Zellulose. Mit letztgenannten Verfahren können auch

¹ Roadmap Biokraftstoffe. Gemeinsame Strategie von BMU/BMELV, VDA, MWV, IG, VDB und DBV. – Berlin, 21.11.2007.

² Ergebnisse und Präsentationen auf www.kraftstoffe-der-zukunft.de unter der Rubrik „Terminrückschau“.

verholzte Pflanzen, Pflanzen, die nicht als Nahrungs- oder Futtermittel genutzt werden, oder Pflanzenreste für die Kraftstoffherstellung genutzt werden. Darüber hinaus gibt es auch die Variante, Biogas zu Erdgas (Green Gas) aufzubereiten und als Kraftstoff beizumischen.

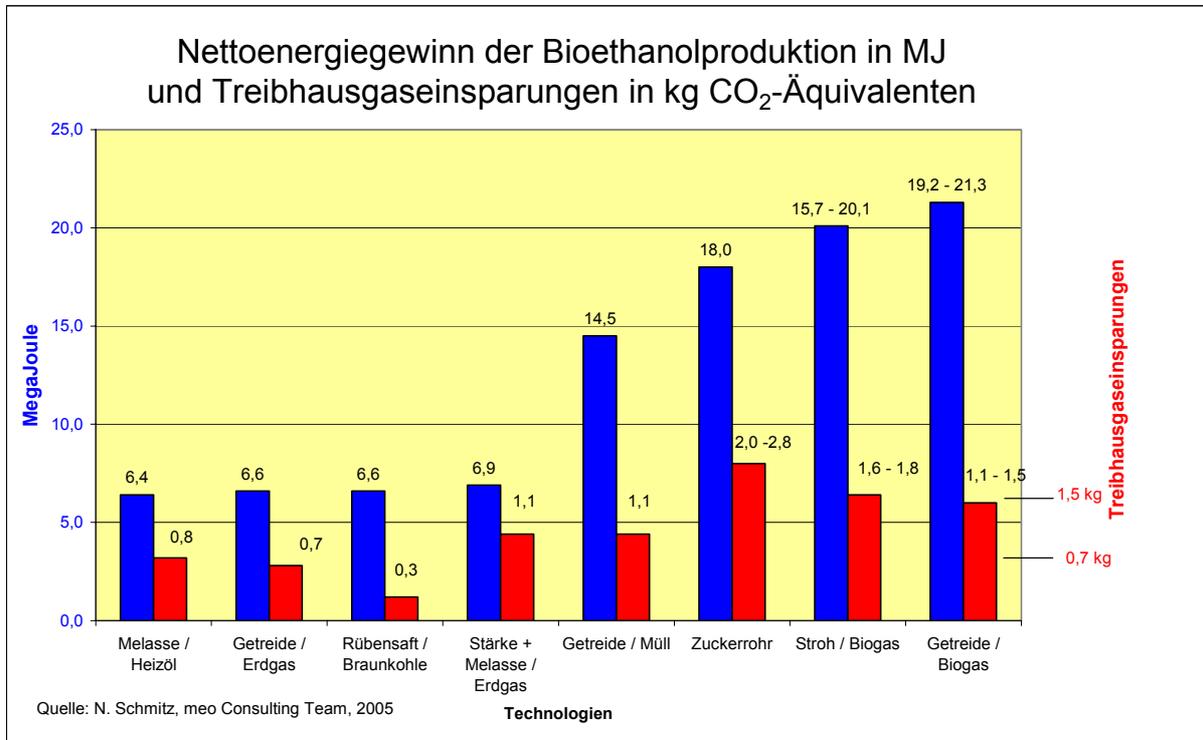


Abbildung 1: Nettoenergiegewinn der Bioethanolproduktion

Kraftstoffe der 1. Generation emittieren ca. 15 - 30 % weniger Treibhausgase (THG) als konventionelle, fossile Kraftstoffe. Zusätzlich kann sich die Nutzung aller Rest- und Ersatzstoffe sowie von Biogas für die Dampferzeugung vorteilhaft in der Bilanz niederschlagen. Eine Verschlechterung der THG-Bilanz der Kraftstoffe der so genannten 1. Generation kann allerdings dadurch hervorgerufen werden, dass z. B. Braunkohle für die Prozessenergie eingesetzt wird. Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, kann dagegen auch eine europäische Bioethanolproduktion durchaus zum Zuckerrohr bezüglich der Energieausbeute und der der Treibhausgasbilanz konkurrenzfähig sein, wenn z.B. Biogas für die Bereitstellung von Prozessenergie genutzt wird.

Bioethanol wird in Deutschland in der Regel aus Getreide oder aus Zuckerrüben hergestellt. Durch Verzuckerung entsteht ein Substrat, das in mehreren Schritten (Fermentation, Destillation, Rektifikation) zu Ethanol aufbereitet wird. Eine vorteilhafte Kraftstoffeigenschaft ist die hohe Klopfestigkeit bei der Verbrennung. Gleichzeitig erhöht sich dank der Oktanzahl von 104 bei einem entsprechenden Motormanagement die Leistung. Allerdings steigt aufgrund des geringeren Heizwertes der Verbrauch um 30%.

Der Ethanolertrag ist bei der Herstellung aus Zuckerrüben am größten. So liefern 10 ha Zuckerrüben etwa 58 t Bioethanol. Zehn Hektar Weizen ergeben 7,2 t und 10 ha Roggen 4,9 t Ethanol (vgl. Abb. 1).

Die Rohstoffbasis lässt sich wesentlich verbreitern, wenn man Bioethanol aus Zellulose herstellt. Mittels Enzymen wird dabei zunächst die Zellulose in Zucker umgewandelt, bevor der Prozess der Fermentation beginnt. Herausforderungen stellen hierbei die hohen Kosten und der Forschungsaufwand bei der Enzymproduktion dar.

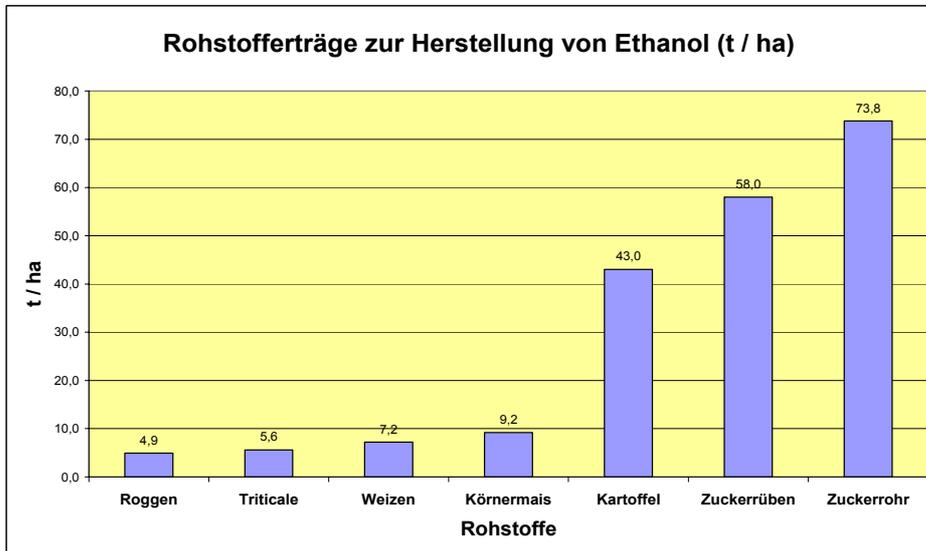


Abbildung 2: Rohstoffträge (nach UFOP)

Das amerikanische Unternehmen Iogen sieht sich auf dem Weg einer großtechnischen Produktion. Verbesserungen betreffen die Vorbehandlung mittels Dampfexplosion, wodurch die Menge an benötigten Enzymen reduziert wird und insbesondere die Optimierung der gentechnischen Herstellung der Enzyme selbst.

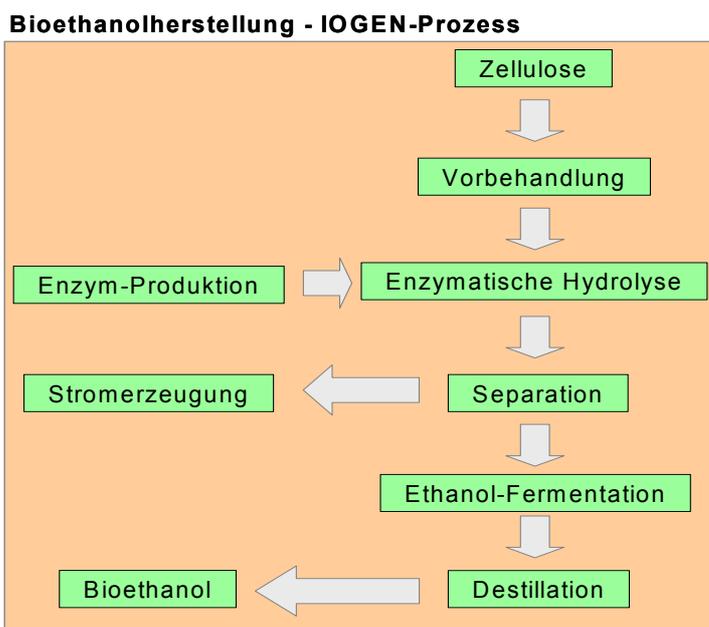


Abbildung 3: Schema Bioethanolherstellung aus Zellulose

Bioethanol findet als Kraftstoff in unterschiedlichen Beimischungen Anwendung. Die dem E angefügte Zahl gibt an, wie viel Volumenprozent Ethanol dem Benzin beigemischt wird. Die Norm EN DIN 228 für Benzin erlaubt zur Zeit nur eine ungekennzeichnete Beimischung zu Benzin bis zu 5%. Ab 2007 ist eine Beimischung von Bioethanol zum Ottokraftstoff in Höhe von 1,2 % durch die Mineralölindustrie verpflichtend. Eine Änderung der DIN EN 228 hin zu einer zehnpromzentigen Ethanolbeimischung ist vorgesehen.

Viele Fahrzeughersteller legen ihre Ottomotoren schon heute standardmäßig für E10 aus. Mit geringen Nachrüstkosten kann auch E85 getankt werden. Die Erhöhung der Beimischung ist auch in Deutschland gemäß der „Roadmap Biokraftstoffe“ vom November 2007 vorgesehen (s. o.).

E85 besteht zu 85% aus Bioethanol und zu 15% aus Benzin. Die Motoren für die Verbrennung dieses Kraftstoffs müssen besondere Anforderungen an die verwendeten Metalle und Legierungen erfüllen. Die auf diese Anforderungen abgestimmten Motoren werden in den sog. FFV - Flexible Fuel Vehicles eingesetzt. FFV- Fahrzeuge sind „kraftstoff-flexibel“, das heißt eine elektronische Steuereinheit erkennt den jeweiligen Kraftstoff über eine Sonde automatisch und variiert die Einspritzfrequenz entsprechend. Die erhöhte Oktanzahl steigert die Motorleistung um 5% bis 20%. In Brasilien und USA sind FFV-Fahrzeuge weit verbreitet. Seit 2005 bieten auch die europäischen Fahrzeughersteller vermehrt diese Fahrzeuge an.

Die Umrüstung kann an jedem herkömmlichen Fahrzeug, das über eine elektronische Multi-point - Einspritzung verfügt, erfolgen. Der Umbau ermöglicht ein bivalentes Betreiben des Fahrzeugs mit Benzin und Bioethanol. Die Umrüstkosten werden auf den Internetseiten der Umrüster mit ca. 1000 € angegeben. Der Bushersteller Scania betreibt seine auf Bioethanol ausgelegten Dieselmotoren mit Ethanol, ohne Benzin beizumischen. Stattdessen werden 5% Additive, vor allem Zündverstärker zugesetzt (E95).

ETBE (Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether) besteht zu 46% aus Bioethanol und kann dem Benzin im Rahmen der Norm DIN EN 228 bis zu einem Anteil von 15% beigemischt werden. ETBE dient als Oktanzahlverbesserer, um so die Klopfneigung des Kraftstoffs herabzusetzen. ETBE ersetzt heute weitgehend das - in den USA aus Umwelt- und Gesundheitsgründen inzwischen verbotene - Antiklopfmittel Methyl-Tertiär-Butyl-Ether (MTBE).

Dieselbeimischung: Auch dem Dieselkraftstoff kann Bioethanol beigemischt werden, mit dem Vorteil, dass die Russpartikelemissionen stark gesenkt werden kann. Speziell auf den Betrieb mit Diesel abgestimmte Motoren sind in der Entwicklung.

Der Markt für Bioethanol in Deutschland und NRW

Der Markt für Bioethanol ist in Deutschland erst im Aufbau begriffen. Es gibt drei große Anlagen in Zeitz, Schwedt und Zörbig, die über eine Kapazität von ca. 500.000 t verfügen. Produziert wurden im Jahr 2006 ca. 340.000 t, was zwar einer Verdoppelung der Produktionsmenge gegenüber 2005 darstellt, im internationalen Vergleich aber noch sehr gering ausfällt.

In NRW beträgt im Jahr 2006 die Kapazität zur Herstellung für Bioethanol 30.000 t³, darüber hinaus werden 250.000 t ETBE hergestellt (2006). Im europäischen Vergleich ist Deutschland zusammen mit Spanien, Frankreich und Schweden führend. Es gibt in Deutschland 2007 ca. 100 Bioethanoltankstellen, darunter auch einige öffentliche E-85-Zapfsäulen.

³ Derzeitiges Maximum für die Absolutierung von Bioethanol in NRW

Um das Mengenziel von 5,75 % bis 2010 zu erreichen, müssen bis dahin 1,8 Mio. t Bioethanol hergestellt werden. Das entspricht ca. 0,8 bis 1,0 Mio. ha Getreideanbaufläche (=7,43 % der gesamten Ackerfläche). Da Bioethanol in der Form E 85 bis 2015 von der Steuer befreit bleibt, ist mit einem Anstieg der bislang geringen Produktion zu rechnen.

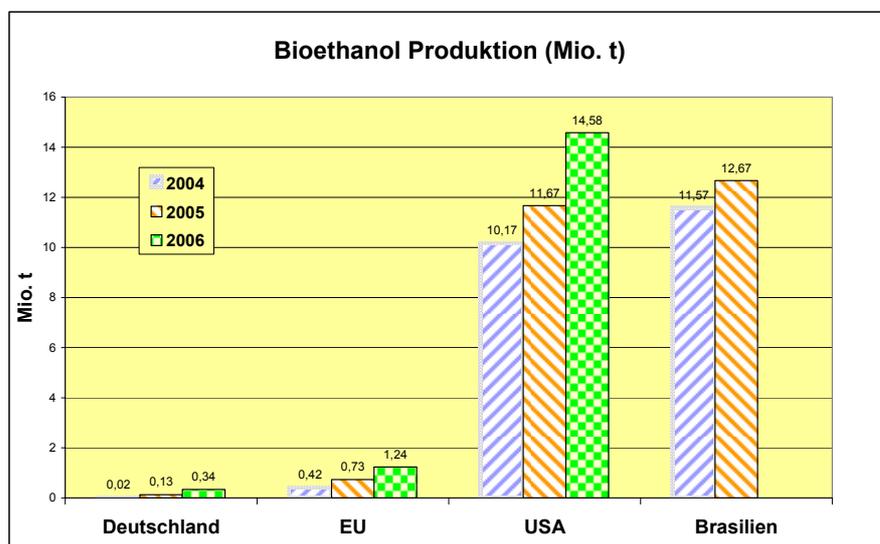


Abbildung 4: Bioethanolproduktion (LAB)

In Brasilien wurden 2005 12,67 Mio. t hergestellt. Die Produktionsverfahren konnten aufgrund langjähriger Erfahrung ständig verbessert werden. Die Lernkurve zeigt einen Rückgang der Kosten von ca. 700 \$/m³ im Jahr 1980 auf 200 \$/m³ im Jahr 1998 (nach N. Schmitz, meó consulting Team).

Die Produktionskosten für Bioethanol in Brasilien sind um etwa die Hälfte geringer, als in Europa. Ähnliches gilt für die USA, wo 2005 11,67 Mio. t Bioethanol hergestellt wurden. Prognostiziert wird, dass die USA Brasilien als Spitzenreiter in der Ethanolproduktion ablösen wird.

Da der Marktanteil an Ottokraftstoffen, für dessen Ersatz Bioethanol gedacht ist, in Europa stetig sinkt, haben Konzepte der regionalen Produktion von Bioethanol eine Chance, die Bioethanol neben dem Einsatz als Kraftstoff auch als Plattformchemikalie für die Herstellung von Produkten der Petrochemie beinhalten.

Bioethanol als Chemikalie: Das Konzept Bio-Raffinerie

Dieses Konzept wird in Nordrhein-Westfalen vom Kompetenz-Netzwerk Kraftstoffe und Antriebe der Zukunft als Forschungsschwerpunkt gesehen und vom Fraunhofer Institut für Umwelt Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT) verfolgt. Nach UMSICHT ist die Bioraffinerie ein Produktionssystem mit dem besonderen Merkmal, dass dezentral im Verbund produziert wird. Es handelt sich um ein integratives Gesamtkonzept für die bio- und thermochemische Umwandlung von nachwachsenden Rohstoffen zu Chemikalien, Werkstoffen sowie Brenn- und Kraftstoffen. Ziel ist, Biomasse möglichst vollständig zu nutzen. Bioraffinerien zeichnen sich zudem durch eine Logistik der kurzen Wege und die Nähe zu anderen Anlagen wie Biodiesel-, Bioethanol- oder Biogasanlagen aus.

Schwerpunkte, die von Fraunhofer UMSICHT dabei verfolgt werden sind:

- Entwicklung besserer Katalysatoren im Bereich Biodiesel, die geeignet sind, weitere Produkte für alternative Märkte wie für den Kunststoff- oder den Kosmetikmarkt herzustellen.
- Erforschung profitablerer Verwertungswege für Rohglycerin, das bei der Biodieselherstellung anfällt.
- Konditionierung und die katalytische Umsetzung von Synthesegasen aus der Biomassevergasung.
- Erarbeitung von Konzepten zur Gewinnung von Ethanol und Methan aus Lignozellulosen.
- Erforschen biotechnologischer Umsetzung von stärke- oder zuckerbasierten Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen, wie z. B. Bernsteinsäure, eine der wichtigsten Plattformchemikalien.

Zu diesen Basischemikalien zählt auch Ethanol, das in der Bio-Raffinerie zugleich Ausgangsstoff für viele relevante Produktstammbäume der konventionellen Petrochemie wird.

Dezentrale Herstellung von Bioethanol

Einige Aspekte der Bioraffinerie, wie zum Beispiel das Ausnutzen von Synergien unterschiedlicher Herstellprozesse und die Logistik der kurzen Wege und damit das Erzielen einer positiven Umweltbilanz, sind in einem Projekt im Münsterland verwirklicht worden.

Mit der Genehmigung zunächst einer Betriebstankstelle, später einer öffentlichen Tanksstelle, ist es gelungen, die Wertschöpfungskette der Bioethanols von der Produktion bis zur Distribution zu schließen. Der Kraftstoff wird unter dem Namen REGIONOL vermarktet. Zahlreiche Partner des Kompetenz-Netzwerkes Kraftstoffe und Antriebe der Zukunft waren daran beteiligt: Neben acht Kornbrennereien Unternehmen des Maschinenbaus (Rietberg), der Bioethanolaufbereitung (Sasol Solvents), des Vertriebs (Maschinenring) und nicht zuletzt Gutachter (SVJS) und die Genehmigungsbehörden.

Die Vorteile einer dezentralen Rohalkoholproduktion bestehen in der Treibhausgas (THG) - reduzierten Herstellung von Bioethanol durch eine Verknüpfung von Brennereien mit regenerativen Biogasanlagen oder Strohheizungen.



Abbildung 5: Betankung mit E85 REGIONOL

Bioethanol wird auf der Basis von stärkehaltigen Rohstoffen wie Getreide hergestellt. Es entsteht 85 bis 96-prozentiges Bioethanol, das in einem zweiten Schritt durch die Sasol Solvents Germany GmbH auf eine Qualität von 99,7% absolutiert wird. Das Nebenprodukt Schlempe wird auf kurzen Transportwegen als Futtermittel oder Biogassubstrat genutzt. Somit entfällt eine energieintensive Trocknung.

Die E 85 Tankstelle

Zur Betankung des mit Ethanol betriebenen Firmenwagens installierte die Grünes Zentrum Agrar Service GmbH Anfang 2007 eine oberirdische Betriebstankstelle für E85. Wichtigster positiver Aspekt ist die einfachere und kostengünstigere Umsetzbarkeit gegenüber einer teureren und größeren erdgebundenen Lösung.

Somit kann sie eine einfache Zwischenlösung für einen Einstieg in eine Ethanol tankstelle sein, und sie ist für kleinere Flottenbetreiber, Autohäuser, Brennereien und andere Interessierte geeignet. In Anlehnung an die TRbF 40 (Tankstellen) kommt ein explosionsdruckstoßfester Rietbergtank mit 995 l Fassungsvermögen zum Einsatz. Die eingesetzte Technik ist beständig gegen Gemische aus Ethanol und Ottokraftstoff. Als Tankfläche wird ein ebenfalls von den Rietbergwerken gefertigter Kraftstoffabfüllplatz eingesetzt. Somit ist eine vorschriftsmäßige Betankung von Ethanolfahrzeugen möglich. Der Tank wurde mit einer Zapfsäule verbunden und mit allen erforderlichen Armaturen werkseitig vorbereitet.



Abbildung 6: Von der Produktion bis zur Verteilung (Bildnachweis: Zentrum für nachwachsende Rohstoffe NRW im Landwirtschaftszentrum Haus Düsse)

Die gesamte Anlage kann auf diese Weise auch wieder entfernt und abtransportiert werden (Leasing-Voraussetzung). Eine (empfohlene) Überdachung bzw. Einhausung für Zapfsäule, Schaltschrank wurde im vorliegenden Beispiel verzichtet.

Die Anlage hat eine gut sichtbare Tafel für die Auszeichnung (10. BImSchV, §7Nr.8) sowie Warn- und Hinweisschilder. Der Abfüllplatz wurde flüssigkeitsdicht ausgeführt, mit Einlauf in die Schmutzwasser-Kanalisation am von der Zapfsäule entferntesten Punkt.

E85 ist gut biologisch abbaubar. Da E85 wasserlöslich ist, kann die Rückhaltung über ein Entwässerungssystem mit Abscheider nicht funktionieren. Deshalb wurde eine technische Regel erarbeitet, nach der die Anlage so ausgerüstet ist, dass nur mit Tropfmengen zu rechnen ist. Diese Regel TRwS 781 Teil 3 wurde als Gelbdruck veröffentlicht und dient bis zur endgültigen Verabschiedung als Entscheidungsgrundlage für Ausführung und Genehmigung.



Abbildung 7: Tankplatz für E 85

Tropfmengen werden aufgenommen, geeignete Bindemittel sind vorgehalten. Durch diese technische Ausrüstung lässt sich das Risiko minimieren.

Ein Explosionsschutzdokument wurde erstellt. In der Betriebsanweisung steht der Hinweis, dass der Befüllvorgang ständig überwacht wird. Das Betanken von Kundenfahrzeugen soll nur nach Freigabe der Zapfsäule geschehen.

Durch ein Hinweisschild im Bereich der Zapfsäule wird der Kunde auf die Besonderheiten hingewiesen. Für den öffentlichen Verkauf muss die Zapfsäule eichfähig sein.

Fazit

Zur Diversifizierung des Kraftstoffmarktes sind biogene Kraftstoffe der 1. Generation ein unverzichtbarer Baustein. Klima- und umweltpolitische Vorgaben werden sich nur unter Einbeziehung der biogenen Kraftstoffe erzielen lassen. Aufgrund der verfügbaren Rohstoffe und Ackerflächen wird Bioethanol langfristig das größte Potential zugeschrieben. Nicht zuletzt durch die Steuerbefreiung für E 85 bis 2015 kann die Verbreitung dieses Kraftstoffes weiter gefördert werden. Dazu kommt eine Bereitschaft verschiedener Automobilhersteller, weitere FFV Modelle einzuführen. Gleichzeitig werden gemäß der Roadmap der Automobilhersteller die Beimischquoten für Bioethanol angehoben.

Die Herstellung von Bioethanol über dezentrale Wertschöpfungsketten führt zu einer positiven Energie- und Klimabilanz, die durch verschiedene Synergien (kurze Wege, Verknüpfung mit Strohheizkraftwerken und Biogasanlagen) verstärkt wird. Im Hinblick auf erforderliche Standards für jeden „Kraftstoffpfad“ hat Bioethanol aus der Region bei optimalem Einsatz

von erneuerbaren Energien und optimaler Ausnutzung der Reststoffe Zukunftschancen. Das gilt auch für die Betrachtung der Logistik und Infrastruktur.

Voraussetzung für erfolgreiche Projektes ist das lokale / regionale Zusammenwirken von Wirtschaftsförderung, Landwirtschaft, Handwerk u. Industrie sowie Genehmigungsbehörden

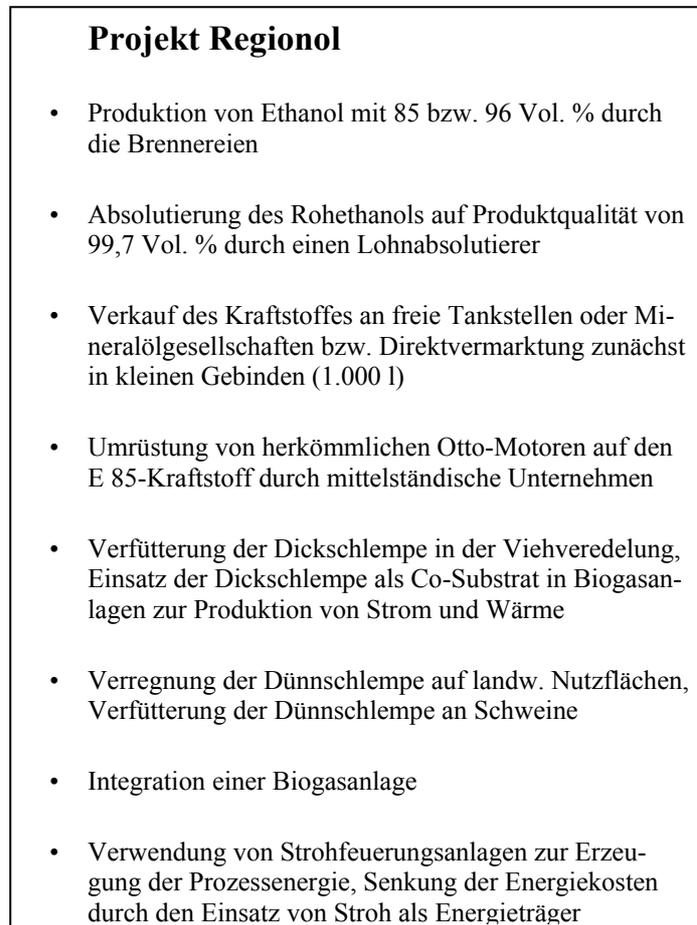


Abbildung 8: Projekt REGIONOL

Im Projekt REGIONOL konnte eine geschlossene Wertschöpfungskette von Herstellung und Vertrieb für Bioethanol dargestellt werden. Die Herausforderung liegt nun darin, zukünftige Konzepte für den Anbau von Energiepflanzen und ggf. neue Erntetechniken zu diskutieren, um eine effiziente Produktion von Bioenergie und Biokraftstoffen zu ermöglichen. In den USA hat das DOE (Department of Energy) den Bau von sechs Ethanolanlagen mit unterschiedlichen Verfahren auf der Basis von Lignozellulose, darunter auch Iogen Biorefinery Partners, unterstützt. Dies kann für Europa beispielgebend sein.

Kontakt

Gerd-Uwe Funk

EnergieAgentur.NRW

Kompetenz-Netzwerk Kraftstoffe und Antriebe der Zukunft

Munscheidstr. 14; 45886 Gelsenkirchen

