

# **Biogasproduktion und nachhaltige Landnutzung: Ein Widerspruch? – Eine modellgestützte Analyse am Beispiel von Schleswig-Holstein**

Biogas production and sustainable land-use: A conflict? – A model-based analysis on the example of Schleswig-Holstein

Ernst ALBRECHT und Christian H.C.A. HENNING

## **Zusammenfassung**

In dem vorliegenden Beitrag wird untersucht, inwieweit eine effektive und effiziente Bereitstellung von lokalen und globalen Umweltgütern durch unterschiedliche Landnutzungspolitiken ermöglicht werden kann. Anhand empirischer Daten Schleswig-Holsteins wird in einem ökologisch-polit-ökonomischem Modell der Trade-off zwischen lokalen und globalen Umweltgütern untersucht. Der ökonomische und ökologische Teil wird hierbei durch ein regionales LP-Modell der Schleswig-Holsteinischen Landwirtschaft abgebildet, bei dem politischen Modul wird ein probabilistisches Wählermodell angewendet. Es zeigt sich, dass einer relativ geringen Klimaschutzwirkung (CO<sub>2</sub>-Einsparung) eine Verschlechterung der lokalen Umweltgüter Landschaftsbild und Nitrat-Auswaschung gegenüber stehen, was die Umsetzung von politischen Instrumenten, wie dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) allerdings kaum beeinflusst.

**Schlagnworte:** lokale und globale Umweltgüter, ökonomisch-ökologische Analyse, Biogas, probabilistisches Wählermodell

### Summary

This paper examines how different land-use policies provide an effective and efficient supply of local and global public environmental goods. On the basis of empirical data from Schleswig-Holstein the trade-off between local and global public goods is analyzed using an ecological-policy-economic model. The economic and ecological part is provided by a regional LP-model of the Schleswig-Holstein agriculture. The policy part is determined by a probabilistic voter-model. It is shown, that a relative low climate protection effect (CO<sub>2</sub>-reduction) is opposed by a decrease of the local public goods landscape and nitrate-leaching. However the effect on the implementation of policy instruments like the "Erneuerbare-Energien-Gesetz" (EEG) is little.

**Keywords:** local and global public environmental goods, economic-environmental analysis, biogas, probabilistic voter model

### 1. Einleitung

Die Landwirtschaft in Europa steht vor multiplen Herausforderungen: Wachstum generieren, Beschäftigungsmöglichkeiten schaffen, wirtschaftliches Wohlergehen liefern und dabei gleichzeitig nachhaltig zu wirtschaften und eine zufriedenstellende Bereitstellung von lokalen und globalen öffentlichen Umweltgütern zu garantieren (EU-KOMMISSION, 2011). Die Rahmenbedingungen hierfür werden durch politische Institutionen gesetzt, insbesondere öffentliche Güter werden durch den Staat bereitgestellt bzw. werden externe Effekte durch staatliche Instrumente internalisiert.

In Deutschland existiert z.B. mit dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) ein Instrument, das den Klimaschutz bzw. die Reduktion von Treibhausgasen fördern soll. Aufgrund dieser Förderung ist in den letzten Jahren die Anzahl der Biogasanlagen in Deutschland stark gestiegen. Im Zeitraum von 2004 bis 2010 hat sich die Anlagenzahl in Deutschland verdreifacht und in Schleswig-Holstein sogar verneunfacht (FACHVERBAND BIOGAS, 2010). Die von der Bundesregierung ausgegebenen Ziele, bis zum Jahr 2020 30% der Strombereitstellung und 14% der Wärmebereitstellung durch erneuerbare Energien zu decken, lässt hier weiteres Wachstum vermuten (BMU, 2010).

Allerdings treten in neuester Zeit immer mehr Bürgerinitiativen auf, die sich gegen die Biogasproduktion und den damit einhergehenden Maisanbau aussprechen; auch Umweltverbände warnen zunehmend vor den negativen Folgen der Biogasproduktion (BOSCH und PEYKE, 2011). Es lässt sich also ein Trade-off zwischen lokalen und globalen Umweltgütern feststellen. Lokale Umweltgüter sind in diesem Zusammenhang z.B. die Änderung des Landschaftsbildes ("Vermaisung der Landschaft") und Nitrat-Auswaschung, während es sich bei Klimaschutz in Form von CO<sub>2</sub>-Einsparung um ein globales Umweltgut handelt.

Mit Hilfe eines Modells für Schleswig-Holstein soll daher eine genaue Erfassung der tatsächlichen Änderungen und deren Auswirkung auf die Wählerunterstützung im politischen Willensbildungsprozess betrachtet werden.

## 2. Modell

Am Beispiel von Schleswig-Holstein wird ein gekoppeltes polit-ökonomisches Simulationsmodell abgeleitet und angewendet.

Um die landwirtschaftlichen Produktionsstruktur in Schleswig-Holstein abzubilden wird in Anlehnung an eine Studie von HENNING et al. (2004) ein regionales, integriertes ökologisch-ökonomisches Modell verwendet. Bei dem Modell handelt es sich um ein einheitliches Lineares Programmierungsmodell (LP), mit Modellbetrieben für 22 Unternaturräume, 8 Betriebstypen und 4 Betriebsgrößenklassen. Diese 22 Unternaturräume von Schleswig-Holstein stellen homogene räumliche Einheiten mit ähnlichen natürlichen Bedingungen in Höhenlage, Oberflächenform, Boden, Klima und Vegetation dar. Die Einteilung der Betriebe in die verschiedenen Betriebstypen beruht auf Standarddeckungsbeiträgen.

Die Modellbetriebe können aus ca. 960 verschiedenen Produktionsaktivitäten auswählen, wobei alle wichtigen Aktivitäten des Pflanzenbaus, der Tierhaltung und der Biogasproduktion abgedeckt werden. Für den Pflanzenbau stehen alle relevanten Marktfrüchte sowie Futterbaufrüchte zur Verfügung. Die Nährstoffversorgung wird über eigene Aktivitäten bereitgestellt, wobei sowohl Mineraldünger als auch auf dem Betrieb anfallender organischer Dünger genutzt werden kann. In der Tierhaltung stehen Milchproduktion, Rindermast bzw. -aufzucht,

Schafhaltung sowie Schweinemast und Ferkelproduktion zur Auswahl. Über den Grundfutterbedarf der Rinderhaltung und den anfallenden organischen Dünger sind die Tierhaltung und der Pflanzenbau miteinander verknüpft. Ähnlich wie bei der Rinderhaltung Raufutter als Input benötigt wird, ist bei der Biogasproduktion die innerbetriebliche Verwendung von Mais als Substrat vorgesehen. Anders als bei der Rinderhaltung kann zusätzlich auch Substrat von außerhalb zugekauft werden. Vereinfacht wird angenommen, dass Biogasanlagen nur mit Mais oder Mais und Gülle als Substrat genutzt werden. Außerdem wird auch von Biogasanlagen organischer Dünger für pflanzenbauliche Aktivitäten geliefert. Es stehen sechs Biogasaktivitäten zur Verfügung; dabei wird zwischen den Größen 190 kw, 350 kw und 540 kw und den Substratnutzungen *Mais* und *Mais plus Gülle* unterschieden. Grundlage der Vergütung ist das EEG 2009, sowie die darin genannten *Nawaro-* und *Gülleboni*. Es wird nur die Stromproduktion der Anlagen betrachtet, eine Wärmenutzung sowie der KWK-Bonus werden nicht berücksichtigt. Von den anderen Produktionsalternativen unterscheidet sich die Biogaserzeugung vor allem darin, dass die jeweiligen Betriebe bei einer Aufnahme dieser Aktivität erst in eine Biogasanlage investieren müssen. Für alle anderen Produktionsaktivitäten werden die entsprechenden Betriebsausstattungen als gegeben angenommen. Desweiteren sind lineare Produktionsaktivitäten für spezifische Stoffflusskoeffizienten wie Nitrat-Auswaschung und CO<sub>2</sub>-Produktion enthalten. Für die Nitrat-Auswaschung sind dies Standardwerte, abhängig von Kultur und Boden; bei der CO<sub>2</sub>-Produktion werden Standardwerte für die Einsparung von CO<sub>2</sub> durch Biogasstrom gegenüber einem Strommix aus 30% Gas- und 70% Kohlestrom (BACHMAIER et al., 2009) verwendet. Begrenzt werden die Aktivitäten durch die jeweilige Ausstattung der Betriebe (Boden, Stallplätze, Arbeit usw.), gesetzliche Vorgaben (Düngeverordnung, Cross-Compliance usw.) oder Beziehungen wie zum Beispiel Vorfruchtbedingungen. Insgesamt liegen ca. 540 verschiedenen Restriktionen vor. Die Produktionsstruktur der Betriebe wird aus den Aktivitäten so modelliert, dass als Zielfunktion der Gesamtdeckungsbeitrag maximiert wird.

Als Datengrundlagen für die Modellbetriebe werden ca. 15.000 reale landwirtschaftliche Betriebe herangezogen. Es wurden also nahezu alle landwirtschaftlichen Betriebe in Schleswig-Holstein berücksichtigt. Für diese Betriebe liegen Daten über den Unternaturraum, die

landwirtschaftliche Nutzfläche, Information über die Milchquote usw. vor. Anhand dieser Merkmale werden die Betriebe unterschieden und in 416 Klassen eingeteilt (vgl. HENNING et al., 2004). Mit Hilfe dieser 416 Modellbetriebe wird der landwirtschaftliche Sektor von Schleswig-Holstein abgebildet und es lassen sich aggregierte Ergebnisse für die Unternaturräume bzw. Schleswig-Holstein ermitteln.

Um das Modell zu regionalisieren, wurden 15 Bodenklassen für die pflanzenbaulichen Aktivitäten in das Modell eingeführt. Die einzelnen Klassen basieren auf Einteilung nach Bodenpunkten und der Unterscheidung nach „Mineralboden“ und „Niedermoorboden“. Auf den zehn Klassen des Mineralbodens können alle pflanzenbaulichen Aktivitäten betrieben werden, während auf den fünf Niedermoorklassen nur Grünlandaktivitäten möglich sind. Die Deckungsbeiträge und Faktoransprüche der Aktivitäten werden in Abhängigkeit dieser Bodenklassen bestimmt. In welchen Bodenklassen die Flächen eines Betriebes liegen, wird durch den Unternaturraum des Betriebes bestimmt.

Als politisches Modell wird, dem Standard der empirischen Wahlforschung folgend (vgl. SCHOEFIELD, 2004) ein probabilistisches Wählermodell verwendet. Dazu wird auf Grundlage von Landtagswahldaten von 2009 das Modell geschätzt und anschließend anhand der Ergebnisse eine politische Unterstützungsfunktion spezifiziert, die globale und lokale Umweltgüter als Argumente mitberücksichtigt. Als Output aus dem ersten Modellteil gehen neben den Umweltgüter auch die Profite der LandwirtInnen sowie die Subventionskosten für die Biogasproduktion in die Unterstützungsfunktion mit ein. Allerdings können auf der Grundlage der vorhandenen Wahldaten die Parameter der globalen und lokalen Umweltgüter noch nicht geschätzt, sondern lediglich simuliert werden. Als Wählergruppen sind in dem Modell die beiden Gruppen der ruralen und der urbanen Wähler enthalten. Diese beiden Gruppen unterscheiden sich unter anderem im ideologischen, also nicht-rationalen Wahlverhalten, dies kann in dem Modell explizit abgebildet werden (vgl. HENNING et al., 2009).

### 3. Ergebnisse

Um die Auswirkungen der Biogasproduktion auf die schleswig-holsteinische Landwirtschaft und Politik zu simulieren, werden unterschiedliche Szenarien betrachtet. Insbesondere die Auswirkungen auf

lokale und globale Umweltgüter aufgrund der Einführung der Biogasproduktion (als Folge des EEG) werden hier analysiert.

### 3.1 Umweltgüter

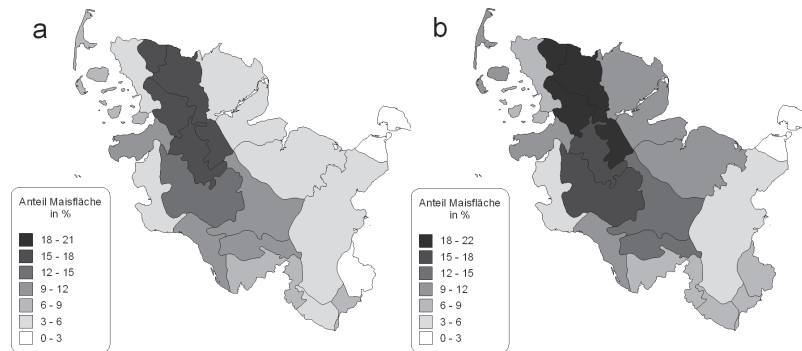


Abb. 1: Anteil Maisfläche an der Landwirtschaftlichen Nutzfläche je Unternaturraum ohne Biogasproduktion (a) und mit Biogasproduktion (b)

Quelle: Eigene Darstellung

Als erstes lokales Umweltgut wird die Änderung des Landschaftsbildes („Vermaisung“ bzw. Anteil Maisfläche an der Landwirtschaftlichen Nutzfläche) analysiert (Abbildung 1). Durch die Aufnahme der Biogasproduktion, bei der Silomais als vorwiegendes Substrat dient, steigt der Anteil der Maisfläche in Schleswig-Holstein insgesamt an (Abbildung 1b), wobei das östlichen Hügelland sowie die nördliche Marsch den größten Anstieg aufweisen. In den Geestregionen wird bereits vorher relativ viel Mais als Futter für die Rinderhaltung angebaut, so dass die Flächenanteile hier relativ gering ansteigen. Es fällt auf, dass in dem Unternaturraum Nordoldenburg und Fehmarn sowohl ohne als auch mit EEG nahezu kein Mais angebaut wird. In dieser fast reinen Ackerbauregion sind andere Ackerfrüchte der Biogasproduktion und dem Maisanbau überlegen. Die beiden Regionen Eider-Treene Niederung und Südmecklenburgische Niederung weisen geringen bzw. keinen Zuwachs an Maisflächen auf. Der Anteil an Niedermoorflächen, auf denen kein Ackerbau möglich ist, ist in diesen Unternaturräumen sehr hoch.

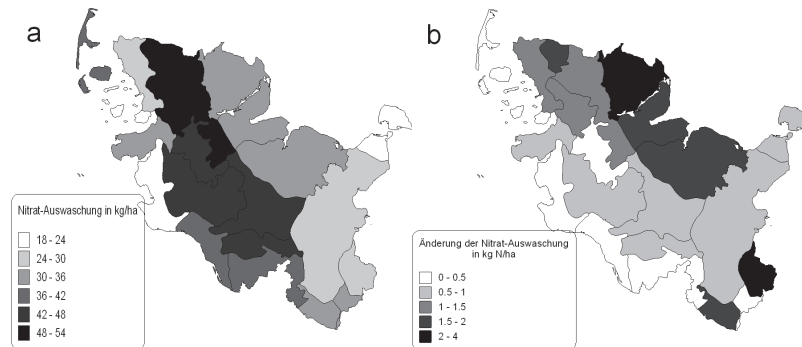


Abb. 2: (a) Nitrat-Auswaschung in kg/ha je Unternaturraum, (b) Änderung der Nitrat-Auswaschung durch Einführung der Biogasproduktion.

Quelle: Eigene Darstellung

Ein weiteres lokales Umweltgut ist die Auswaschung von Nitrat. Neben der Bewirtschaftungsweise hat die Bodenart einen entscheidenden Einfluss auf die Höhe der Nitrat-Auswaschung. Im Basislauf des Modells ohne Biogasproduktion lassen sich daher bereits Unterschiede der Nitrat-Auswaschung in Schleswig-Holstein je nach Naturraum feststellen (Abbildung 2a). Mit bis zu 50 kg N/ha weist der Geestrücken die stärksten Auswaschungswerte auf. Im Hügelland liegen die Werte bei ca. 30 kg N/ha, in der Marsch liegt der niedrigste Wert bei 20 kg N/ha. Für die Aufnahme der Biogasproduktion wurde die Annahme getroffen, dass auf Flächen, die neu in die Silomaisproduktion genommen werden, die Nitrat-Auswaschung im Vergleich zu bestehenden Futtermaisflächen besonders hoch ist. Diese Annahme geht auf vorläufige Untersuchungsergebnisse des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der CAU Kiel im Rahmen von Biogas-Expert zurück.

Die Nitrat-Auswaschung steigt bei Aufnahme der Biogasproduktion in ganz Schleswig-Holstein an (Abbildung 2b). Dieser Effekt ist aufgrund der verwendeten Koeffizienten zu erwarten, es liegen allerdings regionale Unterschiede in der Ausprägung vor. Außer in dem Unternaturraum Westmecklenburgische Seenplatte mit einem Spitzenwert von knapp 3 kg N/ha höherer Auswaschung sind vor allem in den nördlichen Regionen Angeln und der Lecker Geest hohe Änderungen mit Werten zwischen 1,7 und 2,4 kg N/ha zu verzeichnen.

In den südlicheren Regionen mit wenig Biogasproduktion kommt es zu eher niedrigen bzw. kaum Änderungen der Nitrat-Auswaschung. Den lokalen Umweltgütern steht das globale Umweltgut des Klimaschutzes bzw. der Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber. Insgesamt wurden in Schleswig-Holstein durch Endverbraucherenergie im Jahr 2008 21,6 Mio. t CO<sub>2</sub> emittiert (STATISTIKAMT NORD, 2010). Durch die im Modell eingeführte Biogasproduktion werden in Schleswig-Holstein 0,38 Mio. t CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart. Das entspricht einer Einsparung von 1,75%.

### 3.2 Wählerunterstützung

Die Modellergebnisse für die Umweltgüter gehen als Argumente in das Wählermodell ein. Unterschieden werden ein Basisszenario ohne Biogasproduktion, ein Szenario in dem die Biogasproduktion auf die Realität kalibriert wird und ein „freier“ Modelllauf, in dem die Biogasproduktion um den Faktor 10 überschätzt wird. Der Ausgang der Landtagswahlen in Schleswig-Holstein wird auf Grundlage der Wahldaten von 2009, sowie der verwendeten Modellergebnisse für diese drei Szenarien untersucht. Das Modell ist so kalibriert, dass für das Basisszenario ohne Biogasproduktion genau das Ergebnis der Landtagswahl von 2009 erreicht wird.

Vereinfacht betrachtet ist die in Schleswig-Holstein bzw. Deutschland geltende personalisierte Verhältniswahl eine Kombination aus Mehrheitswahl und Verhältniswahl. Allerdings bestimmt das Wählermodell aus Gründen der Modellanpassung die Wahlresultat einzeln als Ausgang einer Mehrheits- oder Verhältniswahl. Konkret bestimmt wird die Wiederwahlwahrscheinlichkeit der Landesregierung bzw. der regierenden Koalition (50% oder mehr entspricht einer Wiederwahl).

Aufgrund der Besonderheit, dass die Landtagswahl 2009 in Schleswig-Holstein durch Überhangmandate gewonnen wurde, liegen die Modellergebnisse für die Verhältniswahl immer unter 50% für die Regierungskoalition. Für das Basisszenario liegt die Wählerunterstützung somit bei nur 46%, im Szenario mit realistischer Biogasproduktion bei 49% und bei starker Überschätzung der Biogasproduktion bei 48%. Die Ergebnisse des Wählermodells für das Mehrheitswahlrecht sind völlig unabhängig von den Umweltgütern. In diesem Fall gewinnt die Landesregierung immer 85% der Wahlkreise.



Insgesamt sind die Ergebnisse aufgrund der starken Vereinfachung durch das Modell und der eingeschränkte Datenlagen kritisch zu sehen.

#### 4. Diskussion und Ausblick

Durch die Biogasproduktion wird eine geringe Menge an CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart, die Klimawirkung der Biogasproduktion kann daher als eher niedrig betrachtet werden. Dem stehen Änderungen der lokalen Umweltgüter Landschaftsbild und Nitrat-Auswaschung gegenüber, wobei gerade regionale Unterschiede in den Änderungen auftreten. Diese Ergebnisse sind aufgrund einiger getroffener Annahmen kritisch zu betrachten. Die Beschränkung der verwendeten Substrate für Biogasanlagen auf Mais und Gülle führt möglicherweise zu einer Überschätzung der Maisfläche und damit auch zu einer Überschätzung der Nitrat-Auswaschung. Die Implementierung von weiteren Substrat in das Modell ist daher sinnvoll. *Mais* und *Mais plus Gülle* sind allerdings die mit Abstand wichtigsten Substrate für Biogasanlagen, daher ist trotz dieser starken Beschränkung die Abschätzung der „Vermaisung“ möglich.

Durch die nicht berücksichtigte Wärmenutzung von Biogasanlagen wird außerdem die Menge an eingespartem CO<sub>2</sub> unterschätzt. Die Ergebnisse für die Nitrat-Auswaschung sind ebenfalls durch die Verwendung von Standardwerten differenziert zu betrachten. Die Bildung einer N-Bilanz, abhängig von der Art und Menge der N-Applikation könnte die realen Gegebenheiten besser abbilden. Um die Wohlfahrts-effekt im Hinblick auf die Umweltgüter besser analysieren zu können, müssten die wahren Präferenzen der einzelnen Umweltgüter bekannt sein. Die Effekte der Bioenergieproduktion beschränken sich nicht auf die in diesem Beitrag betrachteten drei Umweltgüter, daher sollten Faktoren wie z.B. Energiepreisstabilität bei einer weiteren Betrachtung berücksichtigt werden.

Die Verwendung der Simulationsergebnisse für die Umweltgüter im politischen Modell zeigt, dass die Änderungen kaum Einfluss auf die Wählerunterstützung hat. Allerdings unterliegt das Modell bisher starken Restriktionen durch verfügbare Daten und Annahmen. So ließen sich durch aktuellere und detailliertere Befragungsdaten die Modellparameter verbessern. Ein starker Einfluss der betrachteten Umweltgüter

auf die Wählerunterstützung kann anhand der bisherigen Ergebnisse aber nicht festgestellt werden.

### Literatur

- BACHMAIER, H., BAYER, K., GRONAUER, A., FRIEDL, G., RAUH, S. und PAHL, H. (2009): Treibhausgasemissionen der Energieproduktion aus Biogas, Biogas Forum Bayern.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2010): Erneuerbare Energien in Zahlen: Nationale und internationale Entwicklung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- BOSCH, S. und PEYKE, G. (2011): Gegenwind für die Erneuerbaren - Räumliche Neuorientierung der Wind-, Solar- und Bioenergie vor dem Hintergrund einer verringerten Akzeptanz sowie zunehmender Flächennutzungskonflikte im ländlichen Raum. *Raumforschung und Raumordnung* 69(2), S. 105-118.
- EU KOMMISSION (2011): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. „Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa“. Brüssel, 20. September.
- FACHVERBAND BIOGAS (2010): Biogas Branchenzahlen 2010. Fachverband Biogas.
- HENNING, C., HENNINGSEN, A., STRUVE, C. und MÜLLER-SCHEEßEL, J. (2004): Auswirkungen der Mid-Term-Review-Beschlüsse auf den Agrarsektor und das Agribusiness in Schleswig-Holstein und Mecklenburg Vorpommern. *Agrarwirtschaft Sonderdruck* 178.
- HENNING, C., LINHART, E. und SHIKANO, S. (2009): Parteienwettbewerb, Wählerverhalten und Koalitionsbildung. *Festschrift zum 70. Geburtstag von Franz Urban Pappi*.
- SCHOFIELD, N. (2004): Equilibrium in spatial valence models of politics, *Journal of Theoretical Politics*, 16, 447-481.
- STATISTIKAMT NORD (2010): Umweltökonomische Gesamtrechnungen Basisdaten und ausgewählte Ergebnisse für Schleswig-Holstein 2010. Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein.

### Anschrift der Verfasser

*M.Sc. Ernst Albrecht und Prof. Dr. Dr. Christian H.C.A. Henning  
Institut für Agrarökonomie, Christian Albrechts Universität zu Kiel  
Olshausenstr. 40, 24118 Kiel, Germany  
Tel.: +49 431 8804446  
eMail: ealbrecht@ae.uni-kiel.de und chenning@ae.uni-kiel.de*