



1 Prolog

Das gesellschaftliche Bewusstsein für die Umwelt hat sich insbesondere in den letzten Jahrzehnten entwickelt (Winiwarer, 2004). Dazu beigetragen haben öffentlich wahrnehmbare Umweltprobleme wie die Katastrophe von Tschernobyl, das Waldsterben und die Verunreinigung von Gewässern. Umweltschutz ist daher heute ein wichtiges Ziel der Politik. Darüber hinaus gehört der Erhalt der natürlichen Umwelt neben ökonomischer Stabilität und sozialer Ausgeglichenheit zu den Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung (Moldan et al., 2012). Eine nachhaltige Entwicklung ist nach Definition der World Commission on Environment and Development (1987) gegeben, wenn das Handeln von Staat und Gesellschaft die Bedürfnisse der gegenwärtigen Generation erfüllt, ohne die Bedürfnisse zukünftiger Generationen einzuschränken. Auf der Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Jahr 1992 haben sich Deutschland und andere Staaten zu einer nachhaltigen Entwicklung verpflichtet (Vereinte Nationen, 1992).

Die Landwirtschaft hat sich im letzten Jahrhundert durch die Mechanisierung, die Nutzung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, den Ausbau der Züchtung sowie durch Wachstum und Spezialisierung der Betriebe sehr verändert (Kirchmann und Thorvaldsson, 2000). Dies hat zum einen die Produktivität der Landwirtschaft erhöht, zum anderen aber auch die Umwelt beeinflusst. Als Folge der höheren Intensität in der Landwirtschaft haben sich zum Teil Beeinträchtigungen von Boden, Wasser und Luft, Veränderungen der Flora und Fauna sowie ein anderes Landschaftsbild ergeben (Stoate et al., 2009). Gesellschaft und Politik verfolgen die Umweltwirkungen der Landwirtschaft kritisch, da die Landwirtschaft einen großen Anteil an der Flächennutzung hat und Auswirkungen auf die Umwelt auch abseits landwirtschaftlich genutzter Flächen auftreten. Belastungen in Nahrungs- und Futtermitteln (u. a. Rückstände von Arznei- und Pflanzenschutzmitteln, BSE, Dioxin) werden zudem häufig im Kontext der Umweltwirkungen gesehen (Loeber et al., 2011) und führen zu weiterer Skepsis gegenüber Landwirtschaft und Agribusiness.

In der Agrarpolitik haben die Umweltwirkungen der Landwirtschaft immer weiter an Bedeutung gewonnen. Auf europäischer Ebene wurde im Rahmen der Agenda 2000 mit der Verordnung (EG) Nr. 1259/1999 (Anonym, 1999) die Zahlung von Flächenprämien an die Einhaltung von Umweltauflagen gebunden (Cross Compliance). Um die Umweltsituation in der Landwirtschaft zu erfassen und die Wirksamkeit politischer Maßnahmen zu bewerten, wurden Kriterien zur Umweltbewertung der Landwirtschaft zusammengestellt (EU-Kommission, 2000). Daneben sind in der EU in den letzten Jahren z. B. die Richtlinie 2000/60/EG (Wasserrahmenrichtlinie) (Anonym, 2000) und die Richtlinie 2009/128/EG (Aktionsrahmen über die nachhaltige Verwendung von Pestiziden) (Anonym, 2009a) mit dem Ziel einer umweltschonenderen Landwirtschaft erlassen worden, die von den Mitgliedsstaaten



schonenderen Landwirtschaft erlassen worden, die von den Mitgliedsstaaten umzusetzen sind. In Deutschland wurden deshalb Regelungen wie z. B. der Nationale Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (BMELV, 2008) oder die Düngeverordnung (Anonym, 2007a) erlassen bzw. um weitere Vorgaben ergänzt. Zusätzlich hat die Bundesregierung die Landwirtschaft und ihre Umweltwirkungen auch in die Nachhaltigkeitsstrategie für Deutschland eingebunden (Bundesregierung, 2012). Eine zusammenfassende Umweltbewertung der Landwirtschaft erfolgt im Rahmen dieser Strategie mit den Indikatoren Stickstoffüberschuss (bezogen auf die Gesamtbilanz Deutschlands) und Anteil des ökologischen Landbaus (bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche).

Der Anbau von Zuckerrüben erfolgte im Zuckerwirtschaftsjahr 2011/12 in Deutschland auf einer Fläche von 398 Tsd. ha (3,4 % der Ackerfläche) und in der EU 25 auf 1,540 Mio. ha (1,7 %) (CEFS, 2012). Der Zuckerrübenanbau innerhalb der EU unterliegt der Zuckermarktordnung (Anonym, 2006) bzw. seit 2007 den Regelungen der gemeinsamen Marktorganisation in Verordnung (EG) Nr. 1234/2007 (Anonym, 2007b). Die Marktregelungen mit garantierten Lieferrechten und Mindestpreisen für Rüben werden 2017 auslaufen (EU-Kommission, 2013). Innerhalb der letzten Jahrzehnte wurden die Marktregelungen mehrfach verändert. Bei der Reform der Zuckermarktordnung im Jahr 2001 wurden auch die Umweltwirkungen des Zuckerrübenanbaus thematisiert. In Artikel 47 der Verordnung (EG) Nr. 1260/2001 (Anonym, 2001) wurden die Mitgliedsstaaten der EU verpflichtet, den Umweltschutz im Zuckerrübenanbau sicherzustellen und Berichte über Umweltwirkungen des Rübenanbaus zu erarbeiten.

Das politische Interesse an den Umweltwirkungen des Zuckerrübenanbaus war Anlass für mehrere Studien: Baldock et al. (2002) ermittelten in einer Analyse für die EU-Kommission, dass durch Zuckerrübenanbau Beeinträchtigungen der Biodiversität, Einträge von Nitrat in Grundwasser und Oberflächengewässer sowie Bodenverluste durch den Erdanhang an geernteten Rüben entstehen. Eigene Untersuchungen der EU-Kommission (2003) ergaben, dass der Anbau zum Verbrauch von Wasser für die Beregnung führt, Gewässer mit Pflanzenschutzmitteln belastet und Bodenerosion auslöst. Daneben führt der Zuckerrübenanbau zur Anreicherung von Phosphat und zum Humusabbau im Boden sowie zu höheren CO₂-Emissionen als beim Anbau von Getreide (Cheesman, 2004). Im Gegensatz dazu zeigte eine Analyse für Deutschland, wie durch umfangreiche Anwendung reduzierter Bodenbearbeitungsverfahren die Bodenerosion verhindert und durch die Reinigung der Rüben vor dem Transport zur Verarbeitung der Erdanhang reduziert werden konnte (Märländer et al., 2003). Betrachtungen von CIBE und CEFS (2003) machten deutlich, dass die Düngung mit N, P und K verringert wurde und ein deutlich vermindertes Risiko für Nährstoffeinträge in Grundwasser und Oberflächengewässer besteht. Ergänzend dazu wurde in einer Untersuchung für



Großbritannien über den positiven Einfluss des Zuckerrübenanbaus auf die Biodiversität berichtet und auf die deutlich reduzierte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln verwiesen (DEFRA, 2002).

Insgesamt führten die Studien über Umweltwirkungen des Zuckerrübenanbaus zu unterschiedlichen und zum Teil widersprüchlichen Aussagen. Diese ergaben sich, weil im Rahmen von Literaturstudien häufig Ergebnisse aus älteren oder regional beschränkt gültigen Untersuchungen auf den Anbau in ganz Europa übertragen wurden. Eine Diskussion über die Umweltsituation im Zuckerrübenanbau im Hinblick auf die weitere Gestaltung der Zuckermarktordnung war dadurch schwierig. Auch bei Analysen zur Eignung von Ackerkulturen als Biomasse (EEA, 2007) standen für Zuckerrüben kaum ausreichend fundierte Forschungsergebnisse zur Verfügung.

Vor diesem Hintergrund wurde deutlich, dass eine qualifizierte Analyse der Umweltwirkungen des Zuckerrübenanbaus nur auf Grundlage von Untersuchungen zum Anbau in der Praxis einzelner Länder oder Regionen erfolgen kann. Um in Deutschland Umweltwirkungen des Anbaus näher zu analysieren, wurde deshalb am Institut für Zuckerrübenforschung an der Universität Göttingen das Verbundprojekt „Umweltwirkungen im Zuckerrübenanbau“ initiiert (Stockfisch et al., 2008). Ziel des Verbundprojektes war die Entwicklung eines Kennzahlensystems für den Zuckerrübenanbau. Um die Umweltwirkungen des Anbaus im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung bewerten zu können, sollten ökologische und ökonomische Kenngrößen erarbeitet werden. Mit den Kennzahlen sollten der Zuckerrübenanbau und die daraus resultierenden Leistungen, Kosten und Umweltwirkungen beschrieben werden.

Insgesamt bestand das Verbundprojekt aus vier Teilprojekten: Ziel des Projekts „Umweltindikatoren“ war die Analyse der Intensität des Zuckerrübenanbaus und die Ableitung von Einflüssen auf die Umwelt. Innerhalb des Projekts „Ökoeffizienz“ (Fuchs, 2009) wurden die Umweltwirkungen im Verhältnis zur Ertragsleistung des Zuckerrübenanbaus bewertet. Das Projekt „Kostenstrukturen“ (Starcke, 2009) umfasste eine Analyse der Erfolgsfaktoren und der externen Effekte des Zuckerrübenanbaus. Im Projekt „REPRO“ (Deumelandt und Christen, 2008) wurden die Stoff- und Energieflüsse für den Zuckerrübenanbau in der Fruchtfolge mit Hilfe der Software REPRO analysiert. Eine übergreifende Diskussion von Ergebnissen aus den Teilprojekten erfolgte im Rahmen eines projektbegleitenden Ausschusses zusammen mit Vertretern aus Zuckerrübenbauerverbänden, Zuckerindustrie sowie Unternehmen der Bereiche Pflanzenzucht und Pflanzenschutz.

Als gemeinsame Datengrundlage für die Teilprojekte des Verbundprojekts diente eine Befragung von 109 landwirtschaftlichen Betrieben zum Zuckerrübenanbau 2004. Die Betriebe waren in allen wesentlichen Anbaugebieten in Deutschland verteilt und sollten möglichst den



regionaltypischen Anbau repräsentieren. Bei der Befragung wurden für bis zu drei Schläge der Betriebe die gesamte Anbaugestaltung zwischen Ernte der Vorfrucht und Ernte der Zuckerrüben sowie die Ergebnisse von Ertrag und Qualität erhoben. Weitere Fragen bezogen sich auf Standortverhältnisse und Rahmenbedingungen sowie Kosten und Leistungen der Betriebe. Alle Daten aus den Befragungen wurden zur weiteren Analyse in den Teilprojekten in einer gemeinsamen Datenbank gesammelt.

Im Rahmen dieser Dissertation werden die Ergebnisse aus dem Teilprojekt „Umweltindikatoren“ vorgestellt. Die wesentliche Aufgabe dieses Projekts war, die Umweltwirkungen des Zuckerrübenanbaus durch Kennzahlen möglichst nachvollziehbar und verständlich zu beschreiben. Primär erfolgte dies, um wissenschaftlich begründete Informationen für die Diskussion von Politik und Gesellschaft verfügbar zu machen. Daneben wurde die Umweltsituation beim Anbau von Rüben aber auch analysiert, weil zukünftig auch die Bereitstellung von Kenngrößen für weiterverarbeitende Unternehmen in der Wertschöpfungskette und möglicherweise für die Verbraucher Bedeutung erlangen kann (Russillo und Pintér, 2009). Darüber hinaus lassen sich Informationen über die Umweltwirkungen von Landwirten und der Beratung auch zur Weiterentwicklung und Optimierung des Anbauverfahrens nutzen. Innerhalb des Projekts „Umweltindikatoren“ sollten deshalb folgende Fragestellungen untersucht werden:

1. Wie lassen sich die Umweltwirkungen des Zuckerrübenanbaus in der Praxis durch Indikatoren darstellen?
2. Wie ist der Zuckerrübenanbau in Deutschland im Hinblick auf die Umweltwirkungen zu bewerten?
3. Welche Möglichkeiten bestehen, den Zuckerrübenanbau im Hinblick auf die Umweltwirkungen zu optimieren?

Die im Teilprojekt zu erarbeitenden Kenngrößen entsprachen der Definition von Umweltindikatoren und wurden daher so bezeichnet. Umweltindikatoren sind Kenn- oder Hilfsgrößen, die nicht direkt messbare oder meist komplizierte Zusammenhänge in der Umwelt abbilden (Bergschmidt, 2004). Sie ermöglichen eine vereinfachte Kommunikation der Umweltsituation insbesondere gegenüber der Politik und interessierten Öffentlichkeit. Dazu sollten die Indikatoren auf Basis hochwertiger Daten ermittelt werden, methodisch abgesichert sein und auch eine politische Relevanz aufweisen (Christen und O’Halloren-Wietholz, 2002).

Zur Beschreibung von Umweltwirkungen sind verschiedene Ansätze für Umweltindikatoren möglich. Wenn die Belastung von Oberflächengewässern dargestellt werden sollte, könnten sich Indikatoren z. B. auf den Eintrag schädlicher Stoffe oder das Vorkommen spezifischer

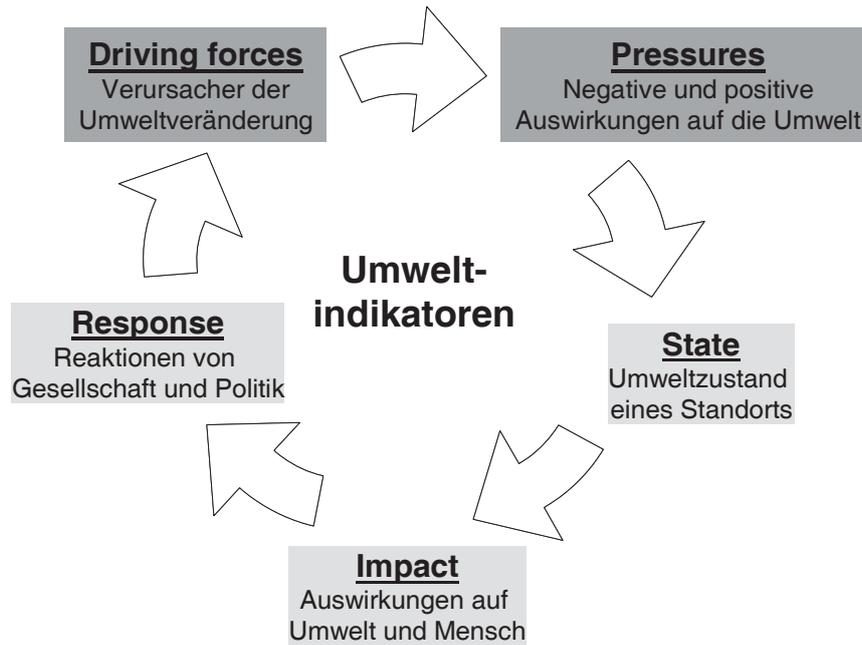


Abb. 1: Systematisierung von Driving-force-, Pressure-, State-, Impact- und Response-Indikatoren (verändert nach EEA, 1999)

Arten beziehen. Zur Systematisierung von Umweltindikatoren hat die Europäische Umweltagentur daher das DPSIR-Konzept entwickelt (EEA, 1999). Die Indikatoren werden danach unterschieden, ob sie die Ursachen von Umweltveränderungen, die Auswirkungen auf die Umwelt, den Zustand der Umwelt, Auswirkungen auf die gesamte Umwelt oder den Menschen bzw. die Reaktionen von Politik und Gesellschaft darstellen (Abb. 1). Bisher entwickelte Indikatoren zur Umweltbewertung landwirtschaftlicher Betriebe oder Produktionsverfahren entsprechen weitgehend den Driving Force- und Pressure-Indikatoren. Sie beziehen sich daher auf die Intensität landwirtschaftlicher Produktionsverfahren und auf daraus resultierende Umweltwirkungen. Beispiele dafür sind die Kennzahlen in den Bewertungsmodellen REPRO (Hülsbergen, 2002) oder Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung (KUL) (Eckert et al., 1999).

Die innerhalb des Projekts „Umweltindikatoren“ erarbeiteten Kennzahlen bezogen sich ausschließlich auf die Intensität des Zuckerrübenanbaus und auf daraus resultierende Umweltwirkungen. Vorrangig wurden die Anbaumaßnahmen Bodenbearbeitung, N-Düngung und Pflanzenschutz untersucht, weil diese einen großen Teil der Produktionstechnik ausmachen. Zudem war bei diesen Anbaumaßnahmen eine hohe Umweltrelevanz zu erwarten.

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Teilprojekts "Umweltindikatoren" in drei Artikeln dargestellt: Der erste Artikel "Ausgewählte Umweltindikatoren für Bodenbearbeitung, Dün-