

## **GIS-basierte Optimierung zwischenbetrieblicher Stoffströme im Rhein-Neckar-Raum**

Thomas Ott<sup>1</sup> und Thomas Sterr<sup>2</sup>

### **Abstract**

Der Beitrag erläutert die Konzeption und Realisierung verschiedener Softwarekomponenten zur Optimierung der Stoff- und Abfallströme von und zwischen kleinen und mittleren Industriebetrieben im Rhein-Neckar-Raum. Es handelt sich um Ergebnisse eines Pilotprojektes des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (bmb+f) im Rahmen der Förderinitiative "Modellprojekte für nachhaltiges Wirtschaften – Innovative Ansätze zur Stärkung der regionalen Ökonomie." Das Zusammenspiel der Softwarekomponenten erlaubt einerseits eine produkt- und prozessbasierte Analyse und Bilanzierung umwelt- und kostenrelevanter Faktoren und stellt andererseits eine Inter- bzw. Intranetbasierte Kommunikations- und Datentransferplattform zwischen den beteiligten Unternehmen, aber auch mit externen Akteuren (z.B. Entsorgungswirtschaft), zur Verfügung.

### **1. Einführung**

Nachhaltigkeitsorientiertes Wirtschaften zielt ganz allgemein auf einen möglichst umweltschonenden und sparsamen Umgang mit knappen Ressourcen. Nachhaltigkeitsorientiertes Stoffstrommanagement konkretisiert diese Zielsetzung, indem Materialströme entlang einer Wertschöpfungskette auch über verschiedenartige Akteure hinweg konsequent verfolgt und nach ökologischen wie ökonomischen Gesichtspunkten optimiert werden. Das Stoffstrommanagement endet damit nicht am Werkstor, sondern gewinnt eine seiner wesentlichen Besonderheiten gerade daraus, daß es Betriebsgrenzen überschreitet. Genau an dieser Stelle erfährt jedoch die beim einzelnen Unternehmen vorhandene Informationsdichte einen deutlichen Einbruch. Vor allem bei kleinen und mittelständischen Unternehmen kann dies mit einer deutlichen Unterausnutzung ökologisch-ökonomischer Chancen im Bereich der Stoffkreislauf-führung verbunden sein, weil zwischenbetriebliche Input-Output-Potentiale nur mehr oder weniger zufällig erkannt werden können (Sterr 1997).

---

<sup>1</sup> Dr. Thomas Ott, Geographisches Institut, Universität Mannheim, Schloß, 68131 Mannheim, email: thott@rumms.uni-mannheim.de, Internet: <http://www.thott.de>

<sup>2</sup> Dipl. Geogr. Thomas Sterr, Institut für Umweltwirtschaftsanalysen e.V. (IUWA), Tiergartenstr. 17, 69121 Heidelberg, email: [sterr@iuwa.de](mailto:sterr@iuwa.de), Internet: <http://www.iuwa.de>

Das vorgestellte Projekt (Sterr 1999a; 1999b) verfolgt dementsprechend das Ziel den "Wirtschaftsraum" Rhein-Neckar für die dort angesiedelten Industrieunternehmen auch als "Stoffverwertungsraum" transparent zu machen. Hierdurch gelingt es, über ein firmenübergreifenden Verbinden von Abfallquellen (Produzenten von Abfällen) und Abfallsenken (Interessenten an Sekundärrohstoffen) ein Maximum an Stoffkreislaufpotentialen zu identifizieren und in qualitativ hochwertiger Form im regionalen Rahmen zu etablieren.

## **2. Konzeptionelle Gedanken zur Vernetzung der Projektbeteiligten aus Sicht der EDV**

Die am Projekt beteiligten Akteure lassen sich vier Sphären zuordnen (Abbildung 1):

- Projektmanagement (IUWA Heidelberg e.V.)
- Arbeitsgemeinschaft Umweltmanagement (AGUM)
- Unternehmen
- Öffentlichkeit

Diese zunächst voneinander abgeschotteten Sphären sind mittels EDV zu vernetzen, um einen reibungslosen und stabilen Datenaustausch sicherzustellen. Gleichzeitig sind die auf den verschiedenen Ebenen unterschiedlich ausgeprägten Datenschutz- und Geheimhaltungserfordernisse zu berücksichtigen.

Folgende Ziele stehen bei der Entwicklung im Vordergrund:

- Die Entwicklung von Softwarelösungen unter Berücksichtigung der Anwenderbedürfnisse sowie zum beiderseitigen Nutzen (Projektmanagement und Firmen).
- Die Entschärfung der Schnittstellenproblematik durch Einsatz von Standardsoftware und Etablierung einer gemeinsamen Datenstruktur.
- Die Nutzung Internet-basierter Verfahren zur Beschleunigung und Vereinfachung des Datenaustauschs und der Kommunikation.
- Die Entwicklung zukunftssicherer, d.h. skalierbarer und updatefähiger Lösungen (über den Projektzeitraum hinaus).

## **3. Kernmodule und Schnittstellen**

Abbildung 1 stellt die oben genannten Projektsphären samt der zugehörigen EDV-Instrumente im Überblick dar. Zu betonen ist, dass es einerseits Module gibt, die ausschließlich in einer bestimmten Akteursgruppe zur Anwendung gelangen, und

andererseits solche Tools, die sphärenüberschneidend gewissermaßen die Schnittstellen zwischen den Sphären bilden und definieren. Im Einzelnen besteht das System aus folgenden Komponenten:

- Abfallinformationspool
- Abfallmanager
- Abfallbörse
- Abfallanalyser
- Geographisches Informationssystem
- Stoffstromanalysesoftware

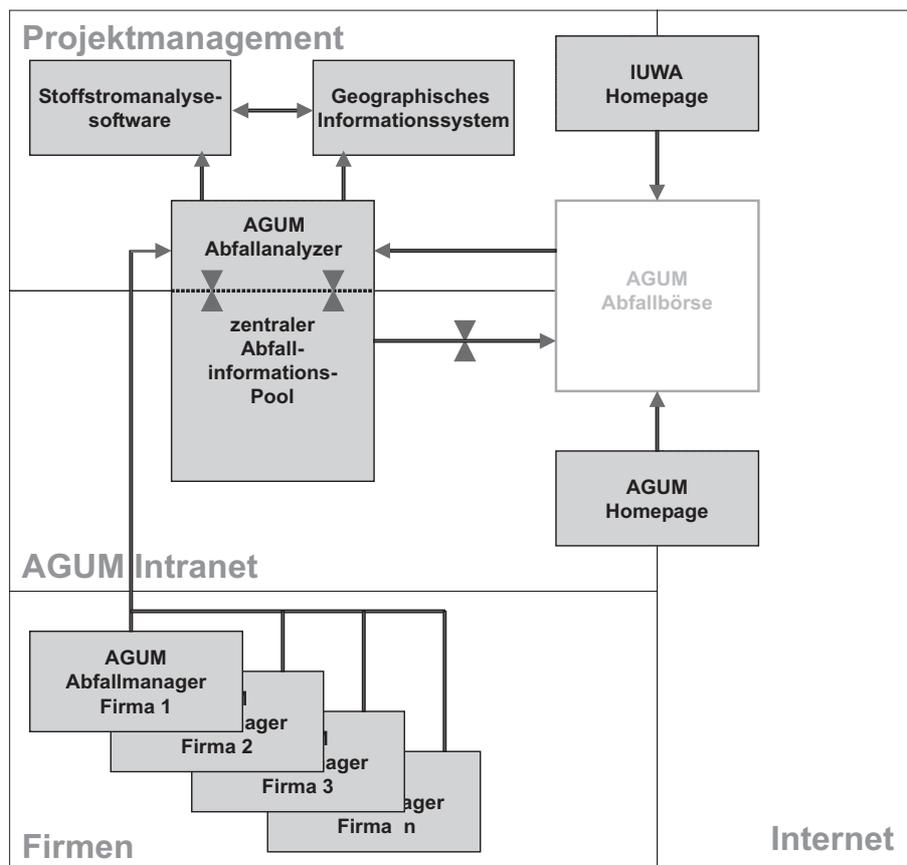


Abbildung 1  
Konzeptioneller Aufbau des Analysesystems

### 3.1 Abfallinformationspool

Im Zentrum des Stoffstrommanagements steht ein regionaler Abfallinformationspool, der einerseits die Abfalldaten der beteiligten Unternehmen und andererseits damit in Beziehung stehende Informationen wie gesetzliche Vorschriften, verfahrenstechnische Richtlinien, relevante Adressen und Internet-Links usw. enthält. Der Abfallinformationspool gliedert sich in einen nur dem Projektmanagement zugänglichen Administrationsbereich sowie einen allen Projektpartnern offenstehenden Bereich, der technisch als Datenbank-basiertes Intranet realisiert wurde.

Dem einzelnen Industriebetrieb bietet dieser Informationspool u.a. folgende ökologisch-ökonomischen Vorteile:

- Das Auffinden geeigneter Kooperationspartner für zwischenbetriebliche Input-Output-Beziehungen
- Die Ermöglichung gezielter Planungen potentieller Input-Output-Partner zur Verbesserung der Paßfähigkeit möglicher Stofftransfers.
- Die Erleichterung der Beschaffung gewünschter Sekundärmaterialien in räumlicher Nähe.
- Die Kanalisierung bestimmter Stoffströme durch zwischenbetriebliche Koordination und Kooperation bzw. Angliederung kleinerer Betriebe an die entsorgungswirtschaftliche Infrastruktur benachbarter Betriebsstätten.
- Die genauere Beurteilung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses einer Investition in Recyclingkapazitäten vor dem Hintergrund transparenter stoffspezifischer Abfallmengen aus dem räumlichen Umfeld.

Dem Projektmanagement obliegt die Aufgabe, die Inhalte des Informationspools auf dem aktuellen Stand zu halten und ggf. um neue Informationen zu erweitern. Über diverse Filterfunktionen ist sichergestellt, dass die Abfallrohdaten der beteiligten Industrieunternehmen nur in aggregierter und anonymisierter Form in den Intranet-Bereich des Abfallinformationspools gelangen.

### 3.2 Abfallmanager

Der Abfallmanager (MS Windows-Applikation auf der Basis von MS Access) bietet den Unternehmen eine komfortable Möglichkeit, den Bestimmungen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW/AbfG) nachzukommen (Verpflichtungen zur Erstellung von Abfallwirtschaftskonzepten und -bilanzen) und interne Bilanzierungen vorzunehmen. Am Jahresende (oder zu jedem gewünschten Zeitpunkt) erstellt

die Software gesetzlich vorgeschriebene Nachweisformulare und zusätzliche statistische Auswertungen.

Das Programm erfasst alle hierfür relevanten Stammdaten der jeweiligen Firma und nimmt die laufenden Verbuchungen von anfallenden Abfällen vor. Folgende Stammdaten werden verwaltet:

- Die Adressen und Daten aller mit der Beförderung und Entsorgung der Abfälle betrauten Unternehmen (Eingabemaske Firmen).
- Die Daten aller Stellen innerhalb und außerhalb des Unternehmens, an denen Abfälle gesammelt, zwischengelagert, entsorgt oder verwertet werden (Eingabemaske Entsorgungswege).
- Die Eigenschaften aller Abfallstoffe, die im Unternehmen anfallen (Eingabemaske Abfallstoffe).
- Die Kenndaten aller Nachweise und Genehmigungen, die gegenüber den Aufsichtsbehörden geführt werden müssen (Eingabemaske Entsorgungsnachweise).
- Die Namen und persönlichen Daten aller mit der Bedienung des AGUM Abfallmanager betrauten Personen (Eingabemaske Mitarbeiter).

Die laufende Verbuchung der Entsorgungsvorgänge gliedert sich in eine Kurzmaske zur Erfassung der wichtigsten Daten durch die Pforte zu Beginn des Entsorgungsvorganges. Nach Rechnungseingang ergänzt die Buchhaltung den Buchungssatz um weitere Informationen (z.B. Entsorgungskosten/-erlöse).

Ein wichtiger Vorzug des Abfallmanagers besteht darin, dass die Abfalldaten der Betriebe in standardisierter Form in den Abfalldatenpool bzw. den Abfallanalyser eingespeist werden können. Weiterhin erlaubt die offene Struktur bzw. die ausführliche Dokumentation der zugrunde liegenden Datenbanken den Import von Abfallbuchungsdaten aus zurückliegenden Perioden.



Abbildung 2  
Auswahlmenü des Abfallmanagers (Screenshot)

### 3.3 Abfallbörse

Eine Internet-basierte Abfallbörse erweitert zukünftig die zur Verfügung stehende Stoffmenge. Sie bietet zugleich die Möglichkeit, Abfallstoffe, die nicht innerhalb des geschlossenen Systems der Projektteilnehmer verwertet werden können, an die Entsorgungswirtschaft weiterzugeben. Eine ausreichende Teilnehmerzahl vorausgesetzt, lassen sich zudem aktuelle Informationen über das Preis-Leistungsgefüge des Entsorgungsmarktes gewinnen.

### 3.4 Abfallanalyser

Auf der Projektmanagementebene werden die Abfalldaten der Firmen aggregiert und mittels der Stoffstrommanagementsoftware Umberto (Abschnitt 3.6) analysiert. Hierzu dient der Abfallanalyser, der im Kern nichts anderes ist, als ein um Aggregations- und weitere Bilanzierungsfunktionen erweiterter Abfallmanager.

Die Daten aus den Abfallmanagern der beteiligten Unternehmen werden in den Datenbanken des Abfallanalyzers zusammengeführt, so dass firmenübergreifende Analysen und Bilanzierungen ermöglicht werden. Auf der Outputseite lassen sich mit Hilfe des Abfallanalyzers aggregierte Tabellen und Kennziffern zur Einspeisung in den zentralen Abfallinformationspool erstellen.

### **3.5 Stoffstrom-GIS**

Aufgabe des Geographischen Informationssystems (Ott 1997; Saurer/Behr 1997) ist es, die abstrahierten Stoffströme in einem realräumlichen Zusammenhang darzustellen und zu analysieren. Dies ermöglicht es fortwährend, die mit dem Transport dieser Materialien verbundenen ökonomischen und ökologischen Kosten zu quantifizieren und logistische Alternativen (Etablierung von Ringverkehren, Abstimmung von Abfahrterminen) zu modellieren.

#### **3.5.1 Routenplanungsmodul**

Die Routenplanungskomponente des GIS liefert realräumliche Entfernungs- und Transportkostenparameter in die Analyse- und Bilanzierungsumgebung der Stoffstromanalysesoftware Umberto (Abschnitt 3.6). Zur Berechnung bzw. Optimierung eines Transportvorgangs werden Start- und Endpunkt sowie eventuell anzusteuern- de Zwischenstationen benötigt. Die Adressdaten und Koordinaten können direkt aus dem Abfallmanager bzw. Abfallanalyzer übernommen werden. Die Route kann anhand einer vorgegebenen Reihenfolge, oder anhand der Kriterien Entfernung, Fahrzeit und Vermeidung innerörtlicher Straßen optimiert werden. Restriktionen wie Lademenge, Fahrzeuggewicht oder Durchfahrthöhe werden bei der Routenfindung berücksichtigt (Abbildung 3).

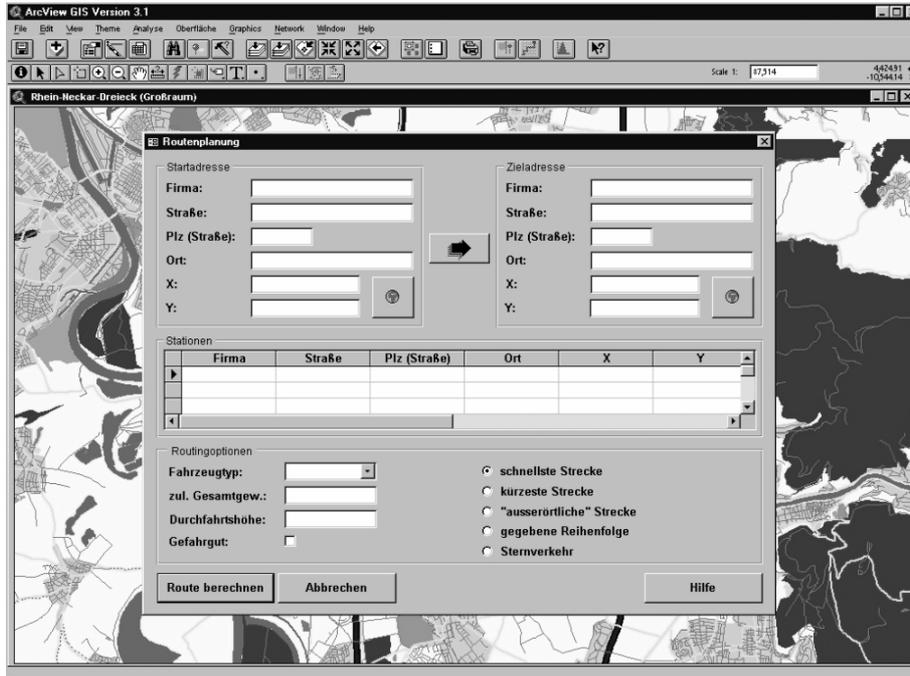


Abbildung 3  
Screenshot des Routenplanungsmoduls: Dateneingabe

Als Ergebnis der Routenplanung werden Entfernungsparameter berechnet, die in die Stoffstromanalysesoftware Umberto übernommen werden können (Abbildung 4). Die dort vorhandenen Fahrzeugbibliotheken ermöglichen die Berechnung von Treibstoffverbrauch, sowie Umweltbelastung (z.B. CO<sub>2</sub>-Ausstoß) und Transportkosten.

### 3.5.2 Sankeydiagramm-Modul

Nach erfolgter Berechnung eines Stoffstromnetzes dient das Sankey-Modul des GIS zur Visualisierung der Stoffflüsse im Realraum. Zu diesem Zweck werden im Abfallmanager bzw. Abfallanalyzer die Koordinaten aller an den Entsorgungsvorgängen beteiligten Stellen (z.B. Produktions- und Entsorgungsanlagen, Zwischenlager) erfasst und verwaltet.

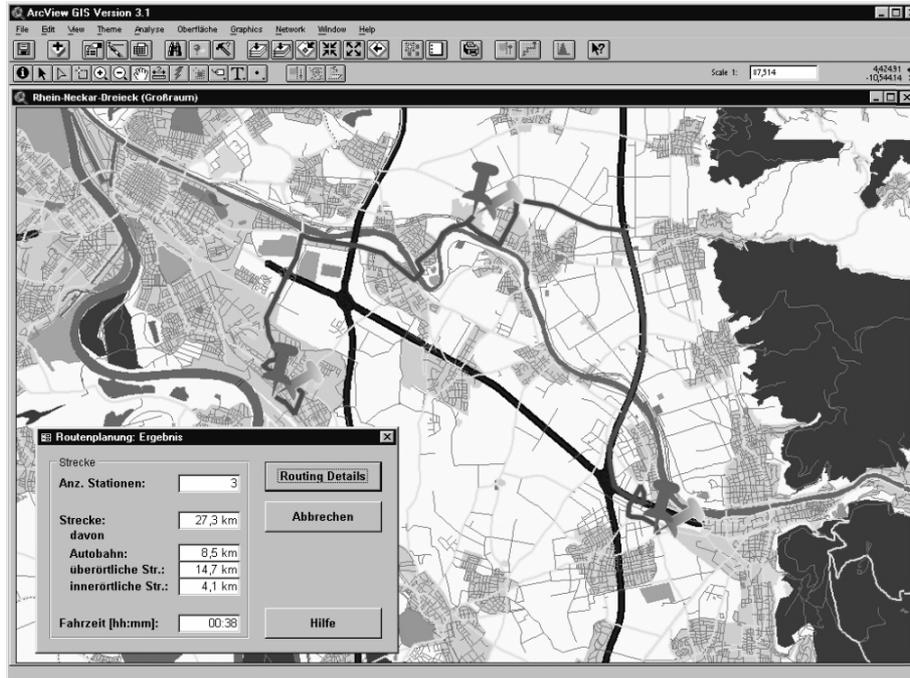


Abbildung 4  
Screenshot des Routenplanungsmoduls: Datenausgabe

### 3.6 Stoffstromanalysesoftware

Die Analyse der Abfalldaten der beteiligten Industrieunternehmen erfolgt mittels des Stoffstromanalysesoftwarepakets Umberto (Schmidt 1995; Schmidt/Häuslein 1996). Dieses Paket ermöglicht die stoffliche und wertmäßige Bilanzierung von Stoffströmen sowie die vergleichende Bewertung unterschiedlicher Stoffkreislauf-, Verwertungs- und Entsorgungsverfahren (Sterr 1999a).

Gegenwärtig existiert kein automatischer Datenaustausch zwischen GIS und Stoffstrommanagementsoftware, d.h. die Datenim- und exporte erfolgen manuell. Im Endausbau ist eine weitestgehend automatisierte Integration des GIS und der Stoffstromanalyse vorgesehen (Wohlgemuth 2000).

#### 4. Realisierungsstand und Problemfelder

Eine Schwierigkeit liegt in der heterogenen IT-Landschaft der beteiligten Industrieunternehmen begründet. Diese von handschriftlichen Listen, über selbstgestrickte Excel-Tabellen hin zu vollständig integrierten, SAP-basierten Produktionsplanungskomponenten reichende Vielfalt korreliert naturgemäß mit der unterschiedlichen Größe der Unternehmen und der Komplexität der hergestellten Produkte. Der Einsatz von Standardsoftware kann die Heterogenität nur zum Teil überwinden, da eine Einigung auf dem kleinsten gemeinsamen Nenner nicht möglich ist; die Benutzer in den informationstechnisch fortgeschrittenen Betrieben möchten nicht hinter die etablierten Verfahren zurückfallen.

Probleme ergeben sich auch durch die relativ schnell aufeinanderfolgenden Updates des gewählten Standardsoftwarepakets. Zwar ist in der Regel eine problemlose Migration der programmierten Anwendungen auf die neuen Versionen möglich, jedoch erfolgt der Versionswechsel in den Unternehmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten, was eine beschwerliche Verwaltung von Parallelversionen der selbstentwickelten Softwarekomponenten erforderlich macht.

In abgewandelter Form gilt diese Problematik auch für die Entwicklung des Stoffstrom-GIS und die Integration von Geographischem Informationssystem und Stoffstromanalysesoftware. Das ArcView GIS-Paket der Firma ESRI lässt sich bislang mit der proprietären Programmiersprache Avenue (Herter/Höck/Jacobi 1999) an die Benutzerbedürfnisse anpassen. Die zur Routenplanung eingesetzte Erweiterung "Network Analyst" ist nichts anderes als eine solche in Avenue programmierte "Extension". Seit mehreren Monaten ist eine völlig neu programmierte Version des GIS-Pakets angekündigt, die die proprietären Elemente zugunsten einer Neuorientierung auf die Microsoft COM-Technologie aufgibt. Preis der verbesserten Integrierbarkeit (unter anderem Wechsel der Programmierumgebung zu VBA) ist jedoch eine Inkompatibilität in Bezug auf die unter Avenue entwickelten Komponenten (ESRI 2000).

In Abbildung 5 ist der Realisierungsstand der Softwarekomponenten wiedergegeben. Abgesehen von der Abfallbörse haben alle Module den Prototypstatus erreicht bzw. befinden sich im Alltagseinsatz bei den beteiligten Unternehmen bzw. der Projektadministration.

Komponente	Konzeptionel- les Modell	Physisches Datenmodell	Prototyp bzw. Teilmodule	Alltagsein- satz
Abfallinformations-	●	●	●	—
Abfallmanager	●	●	●	●
Abfallbörse	●	○	—	—
Abfallanalyzer	●	●	●	○
GIS Routenplanung	●	●	●	○
GIS Sankey	●	●	○	—
Integration Umberto	●	●	○	—

- (noch) nicht realisiert
- in Arbeit
- abgeschlossen

Abbildung 5  
Schema zum Realisierungsstand der Softwarekomponenten

## 5. Fazit

Basierend auf den Ergebnissen eines Teilgebiets (Sterr 1998b) läßt sich bereits 18 Monate vor Projektende ein sehr positives Zwischenfazit ziehen. Bei nahezu allen beteiligten Unternehmen übertrafen die Einsparungen im Entsorgungsetat bereits im ersten Jahr die in das Projekt investierten Aufwendungen – pro Unternehmen immerhin ein Betrag in fünfstelliger Höhe. Über diese ökonomischen Erfolge hinaus konnte somit die eigentliche Projektziele, die Reduzierung des betrieblichen Abfallaufkommens und die Optimierung zwischenbetrieblicher Stoffströme erreicht werden. Mit zunehmender Projektdauer und Teilnehmerzahl ergeben sich weitere bislang unerschlossene Optimierungspotentiale. Wichtigste Aufgabe des Projektmanagements bleibt es, ein über die Projektlaufzeit hinausreichendes, stabiles System zu schaffen, das es den beteiligten Akteuren erlaubt, sich den wandelnden Rahmenbedingungen anpassen zu können.

## Literaturverzeichnis

- ESRI (2000): ESRI User Conference Survey Answers – Letter from Jack Dangermond [http://www.esri.com/events/uc/surveyanswers/letter\_questions.html; Abfrage vom 8.7.2000]
- Herter, M., Höck, M., Jacobi, M. (1999): Avenue – Programmierung in ArcView GIS, Freising.
- Meyer, U. et al. (1997): Fortgeschrittene EDV-Unterstützung des ökologischen Stoffstrom-Managements. In: Fraunhofer-Institut Chemische Technologie (Hrsg.): Produzieren in der Kreislaufwirtschaft. S. 30.1-30.14
- Ott, Th. (1997): Introductory remarks on GIS: basic principles, current issues, future developments. In: Bandilla, W., Faulbaum, F. (Hrsg.): SoftStat '97 – Advances in Statistical Software 6, Stuttgart, S. 207-214
- Saurer, H., Behr, F.J. (1997): Geographische Informationssysteme – Eine Einführung, Darmstadt
- Schmidt, M. (1995): Stoffstromanalysen als Basis für ein Umweltmanagementsystem im produzierenden Gewerbe. In: Haasis, H.-D. et al. (Hrsg.): Umweltinformationssysteme in der Produktion, Marburg. S. 67-80
- Schmidt, M., Häuslein, A. (1996): Ökobilanzierung mit Computerunterstützung. Produktbilanzen und betriebliche Bilanzen mit dem Programm Umberto, Berlin / Heidelberg / New York
- Sterr, Th. (1997): Potentiale zwischenbetrieblicher Stoffkreislaufwirtschaft bei kleineren und mittelständischen Unternehmen. Umweltwirtschaftsforum 5 (4), S. 68-72
- Sterr, Th. (1998a): Stoffstrommanagement – Lösungsansätze auf dem Weg zu einer industriellen Kreislaufwirtschaft. Umweltwirtschaftsforum 6 (2), S. 3-5
- Sterr, Th. (1998b): Aufbau eines zwischenbetrieblichen Stoffverwertungsnetzwerks im Heidelberger Industriegebiet Pfaffengrund, Betriebswirtschaftlich-ökologische Arbeiten 1, Heidelberg
- Sterr, Th. (1999a): Aufbau eines nachhaltigkeitsorientierten Stoffstrommanagements in der Industrieregion Rhein-Neckar. In: GSF (Hrsg.): Innovative Ansätze zur Stärkung der regionalen Ökonomie. – Förderinitiative Modellprojekte für nachhaltiges Wirtschaften 1998-2002, Bonn, S. 27-30
- Sterr, Th. (1999b): Öko-industrielle Symbiosen – Industrielles Stoffstrommanagement im regionalen Kontext. Politische Ökologie 17 (62), S. 61-62
- Wohlgemuth, V. (2000): Einbettung von Tourenplanungs- und Simulationsmodellen in Stoffstromnetze, unveröff. Vortrag, Workshop BMBF Pilotprojekt „Regionales Stoffstrommanagement“, 17.05.2000, Hamburg