



# **LEITFADEN ZUR AUSWAHL VON ROHRWERKSTOFFEN FÜR KOMMUNALE ENTWÄSSERUNGSSYSTEME**

## **TEILEXPERTISE**

### **„Umweltverträglichkeit (Ökobilanz)“**

Im Auftrag der Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e.V. (FBS), Bonn

Bearbeitung: Prof. Dr.-Ing. D. Stein  
Dipl.-Ing. A. Brauer

(Auszugsweise) Veröffentlichung nur mit Genehmigung  
der Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH, Bochum

Bochum, 06. Dezember 2004

# 1 Einführung in das Thema

## 1.1 Berücksichtigung von ökologischen Aspekten bei der Auftragsvergabe

Kommunale und staatliche Auftragsvergabe gilt als wichtiges Steuerungs- und Förderinstrument zur Schaffung von Wettbewerb und heute auch zur Verwirklichung und Unterstützung sozial- und umweltpolitischer Ziele. In der gesamten Europäischen Union werden jährlich öffentliche Aufträge in Höhe von mehr als 1 000 Milliarden € vergeben (14 % des BIP der EU) [1]. Die öffentliche Hand ist in ihrer Vorbildfunktion besonders verpflichtet, zur nachhaltigen Entwicklung beizutragen, welche ökonomische, ökologische und soziale Aspekte im Gleichklang realisieren soll. Die Beschaffung umweltverträglicher Produkte und Dienstleistungen findet auch als umweltpolitisches Instrument zunehmend Anerkennung.

Die Europäische Kommission hat in einer Mitteilung [2] erklärt, dass das Gemeinschaftsrecht öffentlichen Auftraggebern, die bei der Vergabe von Aufträgen Umweltbelange berücksichtigen möchten, zahlreiche Möglichkeiten hierzu lässt.

Darüber hinaus wird zur Zeit diskutiert, wie und an welchen Stellen die öffentlichen Auftraggeber Anreize für Unternehmen und Organisationen schaffen können, ein geprüftes Umweltmanagementsystem nach der EG-Öko-Audit-Verordnung (EMAS) bei der Vergabe öffentlicher Aufträge ein- oder weiterzuführen [3]. Konsequenz soll damit, neben dem umweltfreundlichen Produkt, auch die umweltfreundliche Produktionsweise in das Beschaffungswesen einbezogen werden.

Die oben angesprochenen Umweltaspekte und Diskussionspunkte betreffen speziell auch die hier behandelte Auswahl von Rohrwerkstoffen für den Einsatz in kommunalen Entwässerungssystemen, d.h. Bauvorhaben und die in Frage kommenden Bauprodukte sollten – insbesondere von öffentlichen Auftraggebern – unter Umweltgesichtspunkten ausgeschrieben werden.

Im Folgenden soll deshalb die Umweltverträglichkeit der verschiedenen in Kanalisationen eingesetzten Rohrwerkstoffe an Hand einer Ökobilanzierung untersucht werden.

## 1.2 Erstellung von Ökobilanzen

Verfahren zur Abschätzung der Umweltbelastung durch den Bauprozess oder zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Stoffumwandlungsprozessen beruhen letztendlich auf Energie- und Stoff(fluss)bilanzen [4]. Enthalten sie Bewertungen, werden sie auch Ökobilanzen [5, 6] genannt.

Das Instrument Ökobilanz wird zunehmend eingesetzt, um transparente, nachvollziehbare und wissenschaftlich fundierte Informationen zu potenziellen Umweltauswirkungen von Produkten, Prozessen oder Systemen zu erhalten. Im Unterschied zu standortbezogenen Managementinstrumenten – wie z.B. Ökoaudit – werden unterschiedliche Umweltaspekte entlang des gesamten oder von Teilen des Wertschöpfungskreislaufes betrachtet [7].

In Tabelle 1 sind zusammenfassend die wichtigsten Bewertungsgrundlagen von vier verschiedenen Studien vorgestellt, die sich speziell mit Untersuchungen bezüglich der Umweltverträglichkeit von Rohrwerkstoffen für Abwasserkanäle im Zusammenhang mit einer Ökobilanzierung beschäftigt haben.

Aus der tabellarischen Gegenüberstellung wird ersichtlich, dass sich die Studien insbesondere bezüglich Bilanzierungsziel (Formulierung des Zweckes und Festlegung der Systemgrenzen), Sachbilanz (Erfassung der Energie- und Stoffflüsse durch Prozessanalyse innerhalb der Systemgrenzen) und Wirkungsbilanz (Beschreibung der in der Sachbilanz erhobenen Wirkungen bezüglich möglicher Umweltauswirkungen, wie beispielsweise Klimaveränderung, Ressourcenbeanspruchung, Emissionen) sowie Bilanzbewertung unterscheiden.

**Tabelle 1 Zusammenstellung der wichtigsten Kriterien, auf deren Basis Ökobilanzen für Abwasserrohre aus verschiedenen Werkstoffen in unterschiedlichen Studien durchgeführt wurden**

	Studie 1 [11]	Studie 2 [7]	Studie 3 [8]	Studie 4 [9, 10]
Bilanzierungsziel	Ermittlung des Energieverbrauches und der CO <sub>2</sub> -Emission für die Herstellung von Abwasserrohren verschiedener Werkstoffe sowie Entsorgung	Ausarbeitung einer Ökobilanz an Fallbeispielen der Erstellung von Rohrleitungssystemen, die der Erschließung für die Trinkwasserversorgung und Schmutzwasserentsorgung einer Einfamilienhaussiedlung dienen (verschiedene Werkstoffe und Nennweiten)	Ermittlung der umweltrelevanten Aufwendungen und Belastungen während des gesamten Lebenszyklus von Rohren aus verschiedenen Nennweiten und Werkstoffen bezogen auf die Situation in Niederösterreich	Energetischer Vergleich verschiedener Werkstoffe für Abwasserrohre, beschränkt auf die Ermittlung des Energiebedarfs für die Herstellung
Funktionseinheit	1 m Abwasserrohr (bezogen auf geraden Rohrstrang ohne Bögen und Abzweige einschließlich Dichtung und Rohrverbindungen)	Wohnsiedlung bestehend aus 21 Einfamilienhäusern mit entsprechendem Wasserversorgungs- und Entwässerungssystem (werden getrennt voneinander bilanziert)	1 m Rohr mit Muffenanteil ohne Dichtung (speziell bezogen auf die Produktsituation in Niederösterreich)	2,5 m Rohr ohne Rohrverbindung
Rohrwerkstoffe	Abwasserkanal: Beton (Typ KW und KFW) Stahlbeton mit PE-Inliner (3 mm) als Korrosionsschutz Steinzeug Gusseisen PVC PE-HD	Wasserleitungen: PE-HD PVC-U Gusseisen Schmutzwasserkanäle: Steinzeug PE-HD PVC-U	Wasserleitung und Abwasserkanal Beton Beton mit PVC-Inliner als Korrosionsschutz Faserzement Steinzeug Duktiler (Sphäro-)Guss GFK <sup>1)</sup> PVC PE-HD	Beton (Typ KW) Faserzement Steinzeug Gusseisen PVC PVC-U
Betrachtete Nennweiten	Abwasserkanal: DN/ID 100 DN/ID 150 DN/ID 300 DN/ID 500	Wasserleitungen: DN/ID 32 (PE-HD) DN/ID 200 (PE-HD, PVC-U, Gusseisen) Schmutzwasserkanäle: DN/ID 150 und 200 (PE-HD, PVC-U, Steinzeug)	DN/ID 150 (Wasserleitung 10 bar), DN/ID 250 (Schmutzwasserkanal) DN/ID 400 (Regenwasserkanal)	DN/ID 300
Sachbilanzen	Rohstoffbereitstellung (Förderung, Aufbereitung, Transport) Herstellung Rohrwerkstoff Herstellung Rohre Nutzung (sdauer) Entsorgung (Wiederverwertung, Recycling)	Rohstoffgewinnung Transport Herstellung Rohrwerkstoff Herstellung Rohre Transport Verlegung (Sandeinbettung) Für Sekundärrohstoffe und Rezyklat berücksichtigt: Aufbereitung Transporte Entsorgung	Herstellung Rohstoffe Transport Herstellung Rohre Transport Verlegung (Sandeinbettung, 120 °C-Auflager Beton, Beton-Vollummantelung) Undichtheiten	Herstellung Rohre
Wirkungsbilanz (Klassifikation)	Energieverbrauch, CO <sub>2</sub> -Emission, Entsorgung	Rohstoffverbrauch (energetisch nicht genutzt & energetisch genutzt), ressourcenbezogener Energiebedarf, Heizwert (Feedstock-Energie), Endenergieverbrauch, Wasserverbrauch, Luft- und Wasserschadstoffe, Produktionsabfälle	Rohstoffe (fossil, mineralisch, Altstofflager) Energie (erneuerbar, nicht erneuerbar, nuklear, Ersatzbrennstoffe), Emissionen Luft (Staub, CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> +NO <sub>x</sub> , CxHy) und Abwasser (CSB), Abfall, Verlegung	Energieverbrauch
Bilanzbewertung	Aggregationsverfahren, verbal argumentativ (für Entsorgung)	Aggregationsverfahren	Verbal-argumentativ (Methode der kritischen Volumina, SETAC-Methode)	Aggregationsverfahren

<sup>1)</sup> Die Untersuchung von GFK-Rohren war ursprünglich vorgesehen, es konnten allerdings nur Daten zur Rohrproduktion erhalten werden. Da damit keine vergleichbare Datenqualität vorlag, war die Erstellung einer Ökobilanz nicht möglich.

## 2 Ökobilanz für Rohrwerkstoffe

### 2.1 Ergebnisse der Studie 1 [11]

Die in der Studie 1 (vgl. Tabelle 1) [11] veröffentlichten Ergebnisse einer Ökobilanz von Abwasserrohren aus verschiedenen Rohrwerkstoffen soll im Folgenden näher vorgestellt werden. Die Ökobilanz wurde für einen geraden Rohrstrang (ohne Bögen und Abzweige) einschließlich Dichtungen der Nennweiten DN/ID 100 bis DN/ID 500 durchgeführt und beinhaltet die Berücksichtigung des spezifischen Energieverbrauchs für die Bereitstellung der Rohstoffe und die Herstellung der Rohre (Tabelle 2), der damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emission (Tabelle 3) sowie der Entsorgung bzw. Recyclingfähigkeit (s.a. Abschnitt 2.5).

Um möglichst objektive Aussagen zu erhalten, werden für die einzelnen Produkte im wesentlichen nur Verbrauchswerte verwendet, die von den einzelnen Fachverbänden selbst veröffentlicht wurden [11]. In diesem Vergleich wird bei den Abwasserrohren aus verschiedenen Rohrwerkstoffen von einer identischen zu erwartenden Nutzungsdauer ausgegangen.

In Tabelle 2 ist der spezifische Energieverbrauch bei der Herstellung verschiedener Rohrwerkstoffe nach [11] dargestellt.

Der Energieverbrauch wurde unterteilt in energetische Aufwendungen für die Bereitstellung der Roh- und Hilfsstoffe (z.B. mineralische Rohstoffe, Zuschläge, Roheisen, Steinkohle, Koks, Erdgas, Erdöl etc.) sowie die Herstellung des Werkstoffes (z.B. Transport, Verarbeitung, Trocknung, Brennen, Strom etc.).

**Tabelle 2 Spezifischer Energieverbrauch bei der Produktion verschiedener Rohrwerkstoffe nach [11]**

Rohrwerkstoff	Spezifischer Energieverbrauch [MJ/kg]		
	Bereitstellung	Herstellung	Gesamt
Beton	0,24	1,00	1,24
Steinzeug	0,69	6,34	7,03
Duktiler Guss	2,92	16,63	19,55
PVC-U	4,60	63,70	68,3

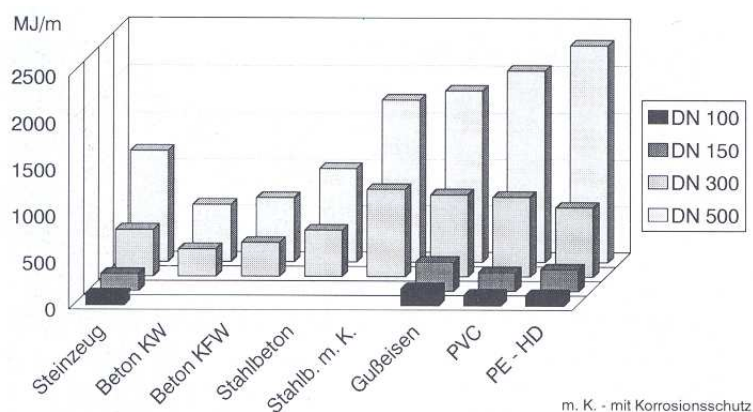
In Anbetracht der drohenden Klimaveränderungen durch den bekannten Treibhauseffekt sowie der derzeitigen Diskussion um den EU-weiten Handel mit Emissionszertifikaten werden zusätzlich die während des Bereit- und Herstellungsprozesses an die Atmosphäre abgegebenen CO<sub>2</sub>-Mengen ermittelt (Tabelle 3).

**Tabelle 3 Spezifische CO<sub>2</sub>-Emission bei der Produktion verschiedener Rohrwerkstoffe nach [11]**

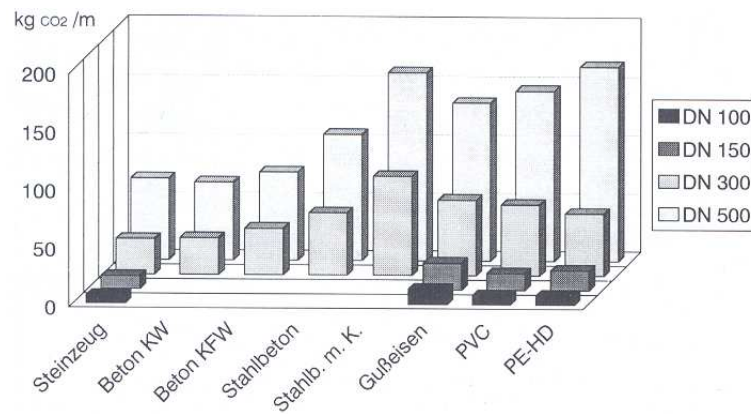
Rohrwerkstoff	Spezifische CO <sub>2</sub> -Emission [kgCO <sub>2</sub> /kg]		
	Bereitstellung	Herstellung	Gesamt
Beton	0,017	0,131	0,148
Steinzeug	0,051	0,358	0,409
Duktiler Guss	0,234	1,196	1,430
PVC-U	0,340	4,520	4,860

In die Ökobilanz werden entsprechend der spezifische Energieverbrauch und der CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Dichtungsmaterialien mit einbezogen. Rohre aus PE-HD werden miteinander verschweißt, so dass keine Dichtungen benötigt werden. Es wird jedoch berücksichtigt, dass für den Schweißvorgang Energie benötigt wird.

Bild 1 zeigt den spezifischen Energieverbrauch, Bild 2 die spezifische CO<sub>2</sub>-Emission eines geraden Rohrstranges, d.h. ohne Bögen und Abzweige.



**Bild 1 Spezifischer Energieverbrauch pro Meter eines geraden Rohrstranges (inkl. Dichtung) [11]**



**Bild 2** Spezifische CO<sub>2</sub>-Emission pro Meter eines geraden Rohrstranges (inkl. Dichtung) [11]

Die Rangfolge der verschiedenen Rohrwerkstoffe bezüglich des spezifischen Energieverbrauches (Bild 1) ist stark nennweitenabhängig. Bei kleinen Nennweiten (DN/ID 100 und 150) unterscheiden sich die Kunststoffe und Steinzeug nicht wesentlich voneinander. Gusseisen weist demgegenüber einen höheren Energieverbrauch auf. Obwohl Betonrohre auch im Rohrnennweitenbereich DN/ID 150 hergestellt werden, wurden sie hier nicht berücksichtigt.

Bei den Nennweiten DN/ID 300 und 500 schneidet Beton (Rohrtypen KW und KFW) mit Abstand am besten ab. Stahlbeton und Steinzeug weisen ein in etwa gleiches Niveau auf. Wird das Stahlbetonrohr mit einem inneren Korrosionsschutz aus PE versehen, so liegt dessen Energieverbrauch in der Größenordnung von Gusseisen und den Kunststoffen PE und PVC [11].

Die zugehörigen und im Bild 2 dargestellten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen weisen tendenziell die o.g. Rangfolge auf und unterscheiden sich nicht wesentlich zum Energieverbrauch [11].

Die Rohrwerkstoffe Polymerbeton und glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) sowie Polypropylen (PP) wurden in den vorangegangenen Ausführungen bzw. in [11] nicht berücksichtigt. Auch die Studien 2 bis 4 beinhalten diese Werkstoffe nicht, so dass zum spezifischen Energieverbrauch und der entsprechenden CO<sub>2</sub>-Emission in diesem Zusammenhang keine Aussagen getroffen werden können.

## 2.2 Ergebnisse der Studie 2 [7]

Beim Systemvergleich der Studie 2 [7] (s. Tabelle 1) werden folgende Ergebnisse, bezogen auf das Wasser- bzw. Entwässerungsnetz aus PE-HD, PVC-U, Guss sowie Steinzeug dargestellt.

- Gesamtenergieaufwand, nach Ressourcen unterteilt
- Gesamtenergieaufwand, nach Prozessen unterteilt
- Abfallmengen
- Treibhauspotenzial
- Versauerungspotenzial
- Überdüngungspotenzial.

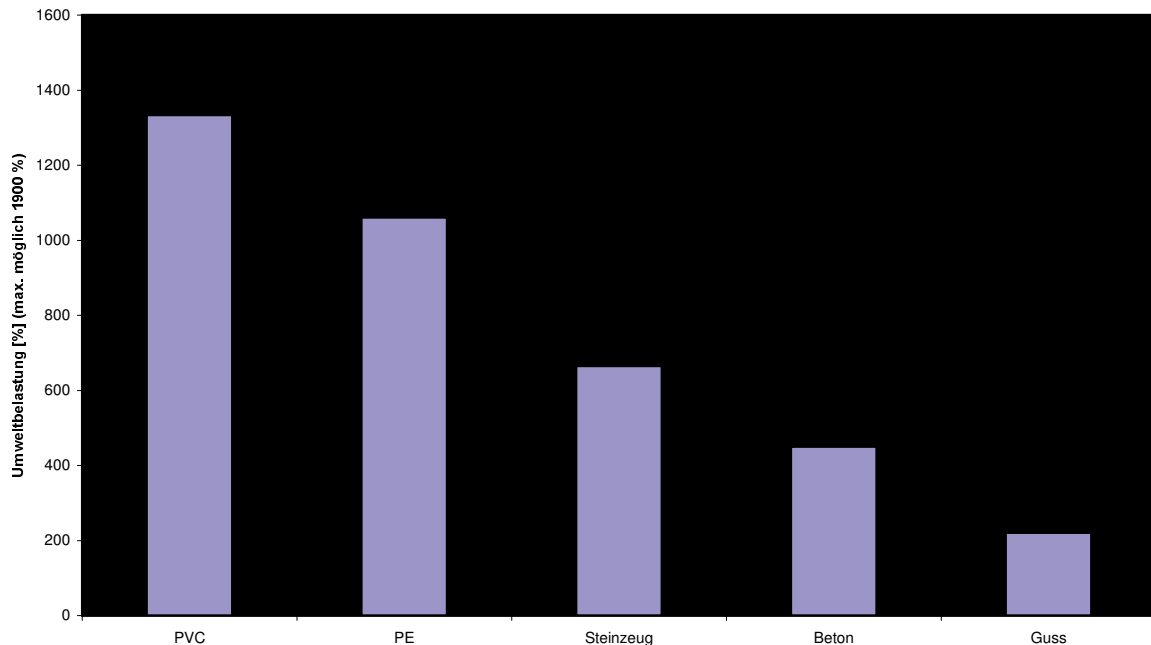
Da nur die jeweils drei Rohrwerkstoffe in der Ökobilanz berücksichtigt und darüber hinaus beispielhaft die Vergleiche an einem Wasserversorgungs- und einem Entwässerungssystem durchgeführt wurden (s. Tabelle 1) und somit der Anspruch auf Vollständigkeit im Rahmen dieser Ausführungen nicht gewahrt ist, wird an dieser Stelle auf eine detaillierte, grafische Darstellung der Ergebnisse verzichtet. Generell kann zusammenfassend jedoch gesagt werden, dass der Rohrwerkstoff Guss beim Wasserversorgungssystem einen bezüglich der o.g. Umweltkriterien in der Regel günstigeren Wert gegenüber PE-HD und PVC-U aufweist. Die einzige Ausnahme bildet das Kriterium „Treibhauspotenzial“ (s.o.), hier überwiegen die Nachteile der duktilen Gussrohre. Diese Aussagen einschließlich der Ausnahme sind tendenziell auch auf den Werkstoff Steinzeug im Vergleich zu PE-HD und PVC-U beim Entwässerungssystem zu übertragen [7].

## 2.3 Ergebnisse der Studie 3 [8]

Die Autoren der Studie 3 [8] (s. Tabelle 1) verzichteten darauf, die Bewertungsdaten soweit zu aggregieren, dass damit ein echter Vergleich und eine Reihung der Werkstoffe nach ihrem Umweltverhalten (Energiebedarf für Rohstoffbereitstellung und Rohrherstellung, Emissionen Luft und Abwasser, Abfallaufkommen, Transport, Verlegung der Rohre) möglich ist. In [12] wurde dieser Schritt auf Basis der Daten von [8] vollzogen und die Rangfolge der betrachteten Rohrwerkstoffe bezüglich der



relativen Umweltbelastung als Ergebnis der SETAC-Methode für die Nennweiten DN/ID 150, 250 und 400 ermittelt. Bild 3 zeigt beispielhaft das entsprechende Ergebnis für die Rohrnennweite DN/ID 250.

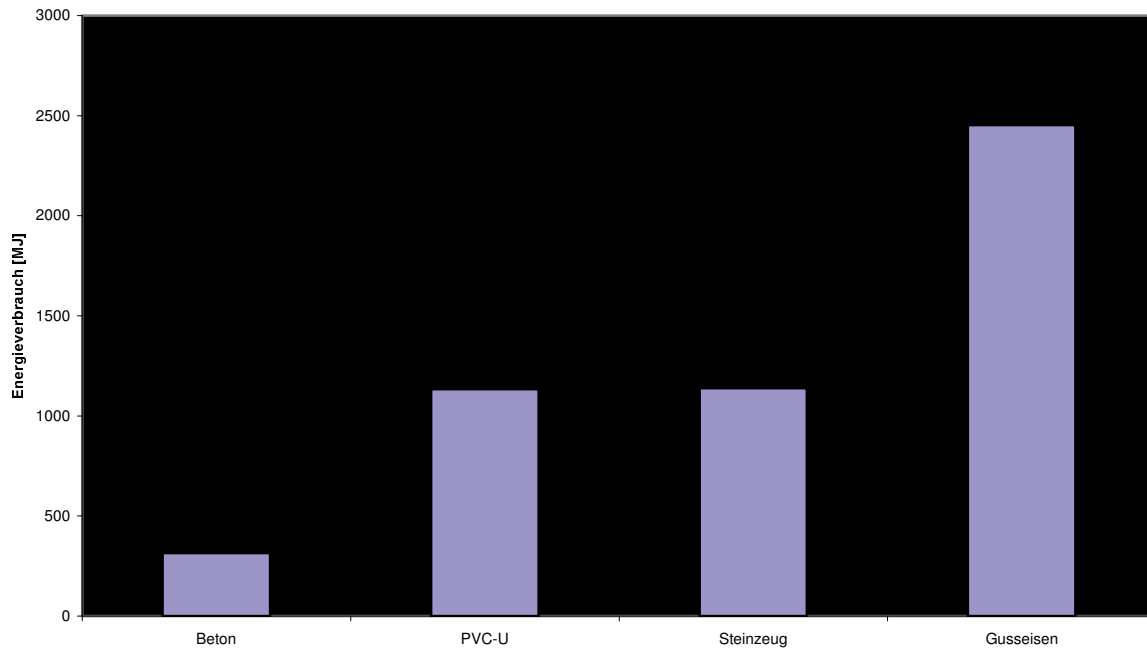


**Bild 3** Relative Umweltbelastungen von Rohrwerkstoffen im Vergleich (Ergebnis der SETAC-Methode für die Nennweite DN/ID 250) nach [12]

In diesem Fall schneiden Gussrohre besonders gut ab, gefolgt vom Rohrwerkstoff Beton sowie den Steinzeugrohre auf Platz 3. Die Kunststoffe PE und PVC weisen im Bild 3 eine relativ hohe Umweltbelastung auf.

## 2.4 Ergebnisse der Studie 4 [9, 10]

In Studie 4 [9, 10] wurde der Energieverbrauch für die Herstellung von Abwasserrohren DN/ID 300 mit einer Baulänge von 2,5 m ermittelt. Bild 4 zeigt das Ergebnis für die untersuchten Rohrwerkstoffe Beton, Steinzeug, Gusseisen und PVC-U.



**Bild 4** Energieverbrauch für die Herstellung von Abwasserrohren DN/ID 300 mit einer Baulänge von 2,5 m nach [9, 10]

Nach dieser Ökobilanz weist Beton den mit Abstand geringsten Energiebedarf für die Herstellung eines Abwasserrohres DN/ID 300 mit einer Baulänge von 2,5 m auf, PVC-U und Steinzeug liegen gleichauf, gefolgt von Gusseisen, welches mit Abstand den letzten Platz belegt [9, 10].

## 2.5 Entsorgung bzw. Recyclingfähigkeit

Eine ökologische Gesamtbilanz sollte die umweltgerechte Entsorgung der Abwasserrohre mit einbeziehen („Kreislauffähigkeit“). Zu diesem Zweck werden tabellarisch die Entsorgungs- bzw. Recyclingmöglichkeiten der unterschiedlichen Werkstoffe diskutiert, d.h. es wird die Wiederverwendbarkeit oder Weiterverwertbarkeit der Baustoffe auf unterschiedlichen Verwertungsstufen berücksichtigt. Dabei bleiben die Dichtungen der Rohrverbindungen unberücksichtigt. Die in der Tabelle 4 dargestellte Übersicht (verbal-argumentative Differenzierung) basiert auf den drei in den vorangegangenen Abschnitten vorgestellten Studien (s. Tabelle 1) sowie auf weiteren Literaturangaben und Praxiserfahrungen.

Der mit dem jeweiligen Entsorgungs- bzw. Recyclingprozess verbundene Energieverbrauch sowie der bei der ggf. aus der thermischen Verwertung resultierende Energierückgewinnungsgrad („Energiegutschrift“) sind sehr schwer exakt zu definieren und können deshalb im Folgenden nicht berücksichtigt werden.

**Tabelle 4 Entsorgungs- bzw. Recyclingmöglichkeiten unterschiedlicher Werkstoffe unter ökologischen Aspekten**

Rohrwerkstoff	Entsorgungs- bzw. Recyclingmöglichkeit
Beton	Betonrohre können, wie normaler Abbruchbeton auch, leicht gebrochen und aufbereitet sowie als mineralischer Bauschutt, Betonsplitt (z.B. Straßenbau, Zuschlagstoff für unbewehrte Betonteile bzw. Fundamente) oder Recyclingbeton für nichttragende Konstruktionen (z.B. Schaumglas, Betonsplittbeton, Ziegelsplittbeton, Zellulose-Dämmmaterial) weiterverarbeitet werden [13].
Stahlbeton	Stahlbetonrohre müssen etwas aufwändiger als Betonrohre von leistungsstarken Brechern zerkleinert und aufbereitet werden, da der Bewehrungsanteil z.B. über magnetische Vorrichtungen vom eigentlichen Rohrbeton getrennt werden muss. Der separierte Baustahl kann wieder eingeschmolzen und zu Roheisen verwertet werden, der Beton wird zu mineralischem Bauschutt, Betonsplitt o.ä. weiterverarbeitet (s. Beton).
Steinzeug	Steinzeugrohre können zu mineralischem Bauschutt (z.B. für die Verwendung im Verkehrswegebau) recycelt werden [14]. Der Steinzeuganteil kann auch aufgemahlen und als Schamotte den Rohstoffen beigemischt werden.
Duktiler Guss	Rohre aus Gusseisen können ebenfalls relativ problemlos recycelt und zu Roheisen verarbeitet werden (Rückschmelze) [14]. Eine aufwändige Reinigung erübrigt sich, da die Altröhre beim Einschmelzen hohen Temperaturen ausgesetzt werden [11]. Vor dem Einschmelzen sollte jedoch die Zementmörtelbeschichtung entfernt (aufwändiger Arbeitsschritt) und analog den Betonrohren wiederverwertet werden.
PVC-U & PE	Für Kunststoffe stehen für die stoffliche und thermische Verwertung der i.d.R. zu Splittergranulat verarbeiteten Altröhre mehrere Varianten (z.B. Wiederverwendung in anderen (minderwertigeren) Kunststoffprodukten (sog. „Down-Cycling“ [15]), Verwendung als Ersatzbrennstoff in Hoch- und Zementöfen, Entsorgung in Müllverbrennungsanlagen mit Energierückgewinnung etc.) zur Verfügung [7].

Polymerbeton, GFK und PP werden bezüglich Entsorgung und Recyclingfähigkeit nicht betrachtet, da diese Rohrwerkstoffe auch nicht in die Energie- bzw. Stoffbilanz der Studien 1 bis 4 (s. Abschnitte 2.1 bis 2.4) einbezogen wurden.

### 3 Zusammenfassung der Ergebnisse

In den vorangegangenen Abschnitten wurden an Hand von vier ausgewählten Studien die Ergebnisse von Ökobilanzen verschiedener in Kanalisationen eingesetzter Rohrwerkstoffe vorgestellt. Die Rohrwerkstoffe Polymerbeton, GFK und

PP konnten nicht berücksichtigt werden, da für diese keine vergleichbaren Ökobilanzen bzw. entsprechende Untersuchungen vorliegen.

In Tabelle 5 sind, basierend auf der Studie 3 [11] (s. Tabelle 1), der spezifische Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emission bei der Bereitstellung der Rohstoffe und der Herstellung der Rohre zusammenfassend gegenübergestellt (s. Bild 1 bzw. Bild 2). Berücksichtigt werden hierbei beispielhaft Rohre der Nennweiten DN/ID 300 und 500 der in [11] diskutierten Werkstoffe.

Darüber hinaus wurden in Tabelle 4 die Entsorgungsmöglichkeit und Recyclingfähigkeit der einzelnen Rohrwerkstoffe nach Ablauf der Nutzungsdauer dargestellt (s. Abschnitt 2.5).

**Tabelle 5 Zusammenfassung der Ergebnisse der Werkstoffanalyse bezüglich der Umweltverträglichkeit (Spezifischer Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission)**

Rohrwerkstoff *)	Spezifischer Energieverbrauch (s. Bild 1)	CO <sub>2</sub> -Emission (s. Bild 2)
Beton	gering	gering
Stahlbeton	mittel	mittel
Steinzeug	mittel	gering
Duktiler Guss (mit CEM-Beschichtung)	hoch	hoch
PVC-U	hoch	hoch
PE-HD	hoch	hoch
*) Die Rohrwerkstoffe Polymerbeton, GFK und PP konnten nicht berücksichtigt werden, da für diese keine entsprechenden Untersuchungen vorliegen.		

### Fazit:

Der mit der Herstellung von Rohren aus Beton und Stahlbeton verbundene Energieverbrauch ist im Vergleich mit Rohren gleicher Nennweite aus anderen Werkstoffen sehr gering. Darüber hinaus wird der Werkstoff Beton aus reinen, natürlichen Bestandteilen hergestellt. Auch sind die einzelnen Arbeitsschritte der Herstellung weder ökologisch noch gesundheitlich schädlich und nur mit geringen CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden. Beton- und Stahlbetonrohre lassen sich bei einem späteren Ausbau nach Ablauf der Nutzungsdauer einfach und ohne Belastung für die Umwelt recyceln.

## 4 Literatur

---

- [1] Internet: [http://europa.eu.int/comm/internal\\_market/de/publproc/general/01-1418.htm](http://europa.eu.int/comm/internal_market/de/publproc/general/01-1418.htm). Stand: 06.03.2004.
- [2] Kommission der europäischen Gemeinschaften (Hrsg.): Interpretierende Mitteilung der Kommission über das auf das Öffentliche Auftragswesen anwendbare Gemeinschaftsrecht und die Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Vergabe öffentlicher Aufträge. KOM(2001) 274 endgültig. Brüssel, 04.Juli 2001.
- [3] Umweltgutachterausschuss (UGA), Berlin: Berücksichtigung von EMAS bei der Vergabe öffentlicher Aufträge – Bericht vom Workshop des Umweltgutachterausschusses am 03.11.2003 in Berlin. Berlin, 26. November 2003.
- [4] Kohler, N; Klingele, M : Ökobilanzierung im Bauwesen. Bundesbaublatt (BbauBl) 44 (1995). H. 8.
- [5] DIN EN ISO 14040: Umweltmanagement – Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen (08.1997).
- [6] Zou, P.: Problem der Ökobilanzierung. Internationales Verkehrswesen 52 (2000), H. 1+2, S. 11–16.
- [7] Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) (Hrsg.): Ökobilanz von Rohrleitungssystemen – Eine Fallstudie am Beispiel der Erstellung der Trinkwasserversorgung und Schmutzwasserentsorgung für eine Einfamilienhaussiedlung. Vorabdruck des Schlussberichts, Stand vom 01.12.1997. St. Gallen, Schweiz.
- [8] Forschungsinstitut für Chemie und Umwelt (FICU) an der TU Wien (Hrsg.): Ökologischer Vergleich von Rohren aus verschiedenen Werkstoffen – Ergebnisbericht als Grundlage für ein ökologisches Beschaffungshandbuch. Im Auftrag der Niederösterreichischen Landesregierung, Wien, im Juni 1996.

- [9] Stein, D.: Eine Ökobilanz für Abwasserrohre unter besonderer Berücksichtigung des Energiebedarfes bei der Herstellung. Studie an der Ruhr-Universität Bochum, Juni 1993.
- [10] Drinkgern, G., Willma-Höse, R. A.: Ökologische und energetische Betrachtung für Rohre aus Beton. Betonwerk + Fertigteil-Technik (1994), H. 12, S. 64–69 (Teil 1) und (1995), H. 1, S. 119–128 (Teil 2).
- [11] Jeschar, R., Specht, E, Steinbrück, A.: Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission bei der Herstellung und Entsorgung von Abwasserrohren aus verschiedenen Werkstoffen. KA – Korrespondenz Abwasser 42 (1995), H. 4, S. 537–549.
- [12] Belazzi, T., Leutgeb, F.: Rohr-Werkstoffe – eine ökologische Bewertung. Greenpeace Österreich, Wien 1997.
- [13] Wischers, G.: Beton und Umwelt – Ökobilanz für Beton. Betonwerk + Fertigteil-Technik BFT (1992), H. 4.
- [14] Greenpeace e.V., Hamburg: Rohrleitungen ohne PVC. Informationsbroschüre, 11.2000.
- [15] Greenpeace e.V., Hamburg: PVC-Recycling – Anspruch und Wirklichkeit, Teil 2. Studie, 17.10.2002.