

# Einweg- versus Mehrweg-Patientenabdeckung im Operationssaal

## Ökobilanz: Vergleich von Zellstoff-Polyethylen- und Baumwoll-Mischabdeckung

M. Dettenkofer<sup>1</sup>, R. Griebhammer<sup>2</sup>, M. Scherrer<sup>1</sup> und F. Daschner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene (Direktor: Prof. Dr. F. Daschner), Universitätsklinikum Freiburg

<sup>2</sup> Öko-Institut e. V., Freiburg

### Life-Cycle Assessment of single-use versus reusable surgical drapes (cellulose/polyethylene – mixed cotton system)

**Summary.** Surgical drapes made of cotton are under increasing competition with various disposable products and reusable draping systems (e. g., made of synthetic fabrics like polyester). When making a choice to use one of these medical devices in practical surgery, major aspects like handling, hygienic safety and costs, but also environmental effects have to be taken into account. In this study a mixed system for patient drapes (reusable cotton drapes combined with a reduced set of impermeable single-use drapes made of cellulose/polyethylene) was compared to a system that is only based on single-use drapes with regard to ecology [life-cycle assessment (LCA)]. The medical literature was reviewed to assess important medical aspects of the use of patient drapes, resulting in the statement that there are no conclusive arguments to support a clear hygienic superiority of one of these alternatives. Based on the conditions assumed and stated, the results of the LCA indicate that the mixed draping system is associated with two times more total energy consumption. In addition, more water is needed and more CO<sub>2</sub> emissions are produced. However, draping with the single-use product results in more clinical waste. Regarding water pollution no system

proved superior. It is difficult to compare and weigh various environmental aspects like the polluting cultivation of cotton in distant countries (reusable drapes) and the higher figure of transportation necessary to deliver the single-use product within Germany. It is an important disadvantage of the mixed system that it combines the ecological burden of both cotton drapes and the single-use alternative.

**Key words:** Environmental protection – Disposable products – Infection control – Life-cycle assessment – Reusable products – Surgical drapes.

**Zusammenfassung.** Operationsabdeckmaterialien aus Baumwolle stehen in zunehmender Konkurrenz mit verschiedenen Einwegprodukten oder Mehrwegsystemen aus synthetischen Fasern wie etwa Polyester. Neben Gebrauchstauglichkeit, hygienerelevanten Aspekten und Kosten müssen bei der Auswahl solcher Medizinprodukte für die operative Praxis auch Umweltgesichtspunkte berücksichtigt werden. In der vorliegenden Untersuchung wurde daher eine Mischabdeckung (Baumwolltücher kombiniert mit wenig flüssigkeitsundurchlässigem Zellstoff-Polyethylen-Einwegmaterial) mit einer reinen Einwegabdeckung aus ökologischer Sicht verglichen (Produkt-Ökobilanz). Zu den medizinischen Nutzenaspekten von Operationsabdeckmaterialien

wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Aus hygienischer Sicht ist demnach die Mischabdeckung nach derzeitigem Wissensstand als sicheres Verfahren einzuschätzen, ebenso wie die alleinige Abdeckung mit flüssigkeitsdichten Einwegmaterialien. Unter den zugrundegelegten und beschriebenen Vergleichsbedingungen der Ökobilanz führt die Mischabdeckung allerdings zu einem etwa doppelt so hohen Energieverbrauch, zu höheren Kohlendioxid-Emissionen und einem vermehrten Wasserverbrauch. Bei Einwegabdeckung mit Zellstoff/PE-Material fallen mehr Abfälle an. Bei der Wasserbelastung ist die Situation uneinheitlich. Der Vergleich verschiedener Umweltaspekte wie z. B. der umweltbelastende Anbau von Baumwolle außerhalb Deutschlands mit der höheren Verkehrsbelastung durch den Transport von Einwegabdeckungen innerhalb Deutschlands ist nur mit Einschränkungen möglich. Ein wesentlicher struktureller Nachteil der Mischabdeckung ist die Kombination der ökologischen Nachteile von Baumwolle mit denen einer Zellstoff/PE-Einwegabdeckung.

**Schlüsselwörter:** Umweltschutz – Einwegprodukte – Hygiene – Ökobilanz – Mehrwegprodukte – Operationsabdeckmaterialien.

Das klassische und noch oft verwendete Material für die Patientenab-

deckung bei Operationen ist Baumwollgewebe. Neben dieser Naturfaser finden zunehmend auch verschiedene synthetische Materialien und Mischgewebe (Baumwolle/Synthetik) Verwendung. Unter den Gesichtspunkten einer leichten Handhabbarkeit, Verfügbarkeit, Kosteneffektivität und hygienischen Sicherheit haben Einwegprodukte in der medizinischen Praxis erhebliche Marktanteile erlangt. Die ökologischen Belastungen wurden dadurch verlagert: während wiederverwendbare Textilien eine wasser- und energieintensive Behandlung durchlaufen (Waschen und Sterilisieren), verschiebt der Gebrauch von Einwegprodukten die Belastung auf die Bereiche Produktion und Abfallentsorgung.

Bei der Frage, welchen Materialien und Systemen für bestimmte Einsatzzwecke der Vorzug zu geben ist, müssen primär medizinische, aber auch ökonomische und ökologische Aspekte berücksichtigt werden. Operationsabdeckmaterialien müssen hohe Anforderungen an Hygiene und Handhabbarkeit erfüllen. Diese sind allerdings nur teilweise standardisiert, was eine Gegenüberstellung und Bewertung erschwert [4]. Noch weniger festgelegt sind die ökologischen Anforderungen an solche Medizinprodukte. Umweltbelastungen, die von Kliniken ausgehen, finden oft nur unzureichende Beachtung. So führen beispielsweise allein die in Deutschland jährlich durchgeführten über 6 Mio. Operationen zu einem erheblichen Bedarf an Operationsabdeckmaterialien mit entsprechendem Ressourcenverbrauch und Schadstoffbelastungen. Auch im Medizinsektor muß ein deutlicher Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung geleistet werden, z. B. durch die Verringerung des Energieverbrauchs und des Eintrags von Schadstoffen in Luft und Wasser sowie durch die systematische Organisation des Umweltschutzes in Krankenhäusern [3, 5]. Die dafür notwendige Datenbasis ist allerdings noch unzureichend.

Aufgabenstellung der vorliegenden Studie war der ökologische Vergleich der im Universitätsklinikum Freiburg in den meisten operativen Bereichen verwendeten Mischab-

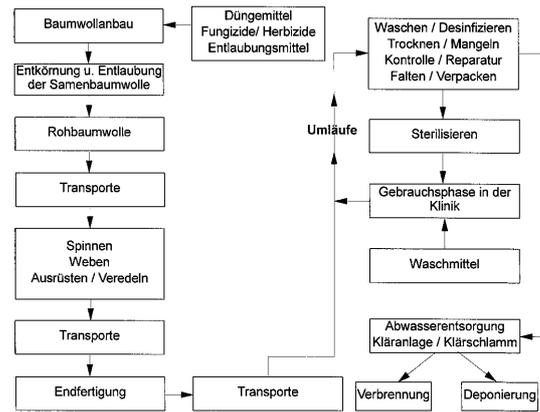


Abb. 1. Produktlinie Baumwoll-Operationsabdeckmaterialien

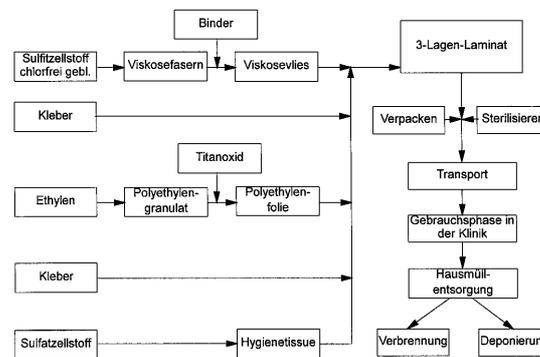


Abb. 2. Produktlinie Zellstoff/PE-Einwegabdeckmaterialien

deckung (Basisabdeckung mit Baumwolltüchern, im engeren Operationsfeld flüssigkeitsundurchlässiges Zellstoff-Polyethylen(PE)-Einwegmaterial) mit einer reinen Einwegabdeckung (Zellstoff/PE) unter Berücksichtigung medizinischer Nutzenaspekte.

## Methode

Die medizinische Gebrauchstauglichkeit von drei Alternativen einer Operationsabdeckung (Zellstoff/Polyethylen-Einwegmaterial, Baumwolltücher und Mischabdeckung aus diesen Varianten) wurde auf der Basis der wissenschaftlichen Literatur vergleichend analysiert. Da insbesondere für größere operative Eingriffe Baumwoll-Operationsabdeckmaterialien nur noch selten allein verwendet werden, beschränkte sich der detaillierte ökologische Vergleich auf Einweg- versus Mischabdeckung. Bilanziert wurden nur Patientenabdeckungen und keine Tischabdeckungen.

Ein aussagekräftiger ökologischer Vergleich muß im Rahmen einer Ökobilanz den kompletten Lebensweg der Produkte berücksichtigen, von der Produktion über den Gebrauch bis hin zur Entsorgung [8, 21]. Die grundsätzlichen Anforderungen an Ökobilanzen sind mittlerweile international festgelegt (ISO 14040) [10]. Die erforderli-

chen Bilanzierungsdaten für Operationsabdeckmaterialien basieren auf Erhebungen im Universitätsklinikum Freiburg, Literaturrecherchen und Angaben von Herstellern zur Produktion. Da die ökologisch vergleichsweise günstige Energieversorgung der klinikumseigenen Wäscherei in Freiburg (eigenes Heizkraftwerk der Universitätsklinik) zugrunde gelegt, wurde bei den Standardberechnungen ein Modell einer allgemein üblichen Energieversorgung (Strombezug aus öffentlichem Netz; Dampferzeugung durch Industriekessel) zugrunde gelegt. Die Abb. 1 und 2 zeigen die Produkt-Lebenswege der untersuchten Baumwoll-Operationsabdeckmaterialien und des Einwegproduktes.

Unterschiedliche Operationen erfordern unterschiedliche Abdeckungen. Aber auch bei vergleichbaren Operationsarten werden z. T. sogar innerhalb einzelner Kliniken unterschiedliche Abdeckmaterialien bzw. Mengen verwendet. Bezogen auf das Gewicht muß deutlich weniger Einwegabdeckung eingesetzt werden als bei einer vergleichbaren Operation mit Mischabdeckung. Für die Festlegung der Vergleichseinheit (Nuteinheit) als Grundlage der ökologischen Bilanz und der für Sensitivitätsanalysen erforderlichen Variationen wurden repräsentative Daten aus der Chirurgischen Universitätsklinik Freiburg herangezogen [6] und mit Literaturangaben verglichen. Bei der Bestimmung des Materialeinsatzes wurden nicht nur die Abdeck-

**Tabelle 1.** Wesentliche Anforderungen an Operationsabdeckmaterialien und vereinfachte Beurteilung von Mehrwegtüchern (Baumwolle), Einwegmaterial (Zellstoff/Polyethylen) und deren Kombination (Mischabdeckung)

Anforderungen	Baumwolle	Zellstoff/PE	Mischabdeckung
Sichere Keimbarriere	–	+	+
Flüssigkeitsdichtigkeit	–	+	+
Geringe Flusenabgabe	–	+/-	–
Reißfestigkeit	+	+/-	+
Handhabung	+	+	+/-
Standardisierte Anwendung	+/-	+	+/-

– Eigenschaft eher nicht erfüllt; +/- Eigenschaft zufriedenstellend erfüllt; + Eigenschaft ohne Einschränkung erfüllt

**Tabelle 2.** Wundinfektionsrate (WI): Einwegabdeckung – Baumwollabdeckung

Einwegabdeckung		Baumwollabdeckung		Quelle
n	WI [%]	n	WI [%]	
26 303	1,5	9 252	2,3	Cruse und Foord, 1980 [2]
2 139	5,1	2 223	6,0	Schaaf et al., 1986 [17]
226	2,2	268	2,2	Garibaldi et al., 1986 [9]
1 121	2,8	1 060	5,6	Moylan et al., 1987 [14]
679	10,0	354	11,3	Müller et al., 1989 [15]

n = Anzahl der operativen Eingriffe

**Tabelle 3.** Materialaufwand einer Standardoperation mit Zellstoff/PE-Einwegabdeckung und mit Mischabdeckung

	Zellstoff/PE-Einwegabdeckung	Mischabdeckung
Zusammensetzung	2 × Zellstoff/PE 75 × 75 2 × Zellstoff/PE 175 × 175 1 × OP-Tape	Baumwolltücher 4 × Zellstoff/PE 75 × 75
Gewicht Baumwolle	–	5,95 kg
Gewicht Zellstoff/PE	613,2 g	243,6 g
Produkt-Verpackung PE	35,0 g	17,6 g
Produkt-Verpackung Papier	–	22,1 g
Transportverpackung (Wellpappe); wird recycelt	136,3 g	42 g
Abfallsack (PE)	75,0 g	75,0 g
PE gesamt (Verpackung und Abfallsack)	110,0 g	92,6 g

materialien selbst, sondern auch Verpackungen, Müllsäcke und ggf. Waschmittel berücksichtigt. Als ein relevanter Einflussfaktor war die Wiederverwendungsrate von Baumwoll-Operationsabdeckmaterialien zu ermitteln: Reine Waschversuche ohne Benutzung der Baumwolltücher ergeben etwa 150 Zyklen, frühere Studien gehen von 100 Zyklen [1] oder „eher 80“ Zyklen aus [19]. Für Mehrweg-Operationsabdecktücher aus Laminat (Mikrofilamentgewebe und PTFE-Membran) werden 80 Umläufe angegeben [11]. Zur Ermittlung eines realistischen Wertes wurde eine Analyse der Verbrauchsdaten des Universitätsklinikums Freiburg durchgeführt.

## Ergebnisse

### Nutzenaspekte (Literaturrecherche)

Die wesentlichen Anforderungen an Operationsabdeckmaterialien und eine orientierende Einstufung der untersuchten Varianten sind in Tabelle 1 dargestellt. Nicht speziell ausgerüstetes Baumwollgewebe ist in der Regel frei passierbar [24] und stellt keine sichere Flüssigkeitsbarriere dar. Insbesondere nach vielfacher Wiederaufbereitung kommt es zu einer gegenüber anderen Mate-

rialien hohen Partikelabgabe [7]. Im Rahmen von Bestrebungen zur europäischen Normung (Operationsmäntel und -abdecktücher) wird daher die Verwendung von Baumwollmaterial grundsätzlich kritisch bewertet [22, 23].

Zusammengefaßt ist bzgl. der Gebrauchstauglichkeit eine Patientenabdeckung mit Baumwolltüchern bei operativen Eingriffen ohne wesentlichen Flüssigkeitsanfall aus hygienischer Sicht vertretbar. Bei anderen Operationen sprechen dagegen praktische und präventive Überlegungen (Flüssigkeitsdurchlässigkeit, Wundkontaminationsrisiko) gegen eine reine Baumwollabdeckung, auch wenn bisher in der wissenschaftlichen Literatur kein eindeutiger Nachweis einer erhöhten Anzahl postoperativer Wundinfektionen beim Vergleich von Baumwoll- mit Einwegabdeckung erbracht wurde [4]. Methodisch ist bei den hierzu vorliegenden Studien (Tabelle 2) v.a. problematisch, daß durch den gleichzeitigen Austausch von Abdecktüchern und Operationskitteln eine eindeutige Zuordnung eines möglichen Effektes zu einem dieser Einflußfaktoren nicht möglich ist.

Die in der Chirurgischen Universitätsklinik Freiburg meist eingesetzte Mischabdeckung mit Baumwolltüchern und flüssigkeitsdichten Einwegmaterialien ist dagegen nach derzeitigem Wissensstand als hygienisch sicheres Verfahren einzuschätzen, ebenso die alleinige Abdeckung mit flüssigkeitsdichten Einwegmaterialien.

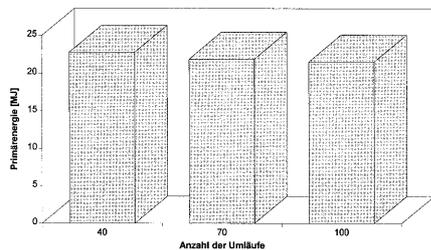
### Vergleichseinheit

Eine allgemeinchirurgische Operation (abdominalchirurgische Operation, z.B. Cholecystektomie) entspricht weitgehend dem durchschnittlichen Verbrauch an Abdeckmaterialien [6] und wurde als „Standardoperation“ eingestuft (Tabelle 3). Um die Spannbreite der Operationen zu beschreiben und Sensitivitätsprüfungen zu ermöglichen, wurden zwei weitere repräsentative Operationsarten bestimmt: Die Variante „A“ (Hüftgelenkeingriff) fällt aufgrund der Materialkombina-

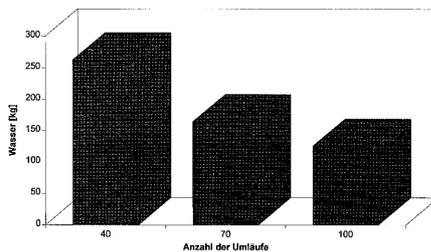
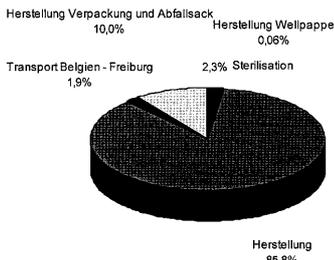
**Tabelle 4.** Inputfaktoren der Teilbilanzen Baumwollanbau und Gebrauchsphase von Baumwoll-Operationsabdeckmaterialien im Universitätsklinikum Freiburg

Wasserverbrauch (Bewässerung):	10 m <sup>3</sup> /kg Baumwolle
Pestizideinsatz:	14 g/kg Baumwolle
Düngemittelsatz (NPK-Dünger):	300 kg/ha
Hektarertrag:	525 kg/ha
Transport der Rohbaumwolle:	6000 km Seeweg, 750 km Bahn
Wasserverbrauch (Waschen):	19 l/kg Baumwolle
Dosierung des Waschmittels:	27,4 g/kg Baumwolle
Primärenergiebedarf (Waschen, Vortrocknen, Mangeln, Sterilisieren, Container-Transport):	20,6 MJ/kg Baumwolle

Primärenergie [MJ]



Wasser [kg]

**Abb. 3.** Gesamtprimärenergie- und Wasserverbrauch von 1 kg Baumwoll-Operationsabdeckmaterialien (verschiedene Umlaufzahlen)**Abb. 4.** Verteilung des Energieverbrauchs über die einzelnen Teilbilanzen bei Zellstoff/PE-Abdeckmaterial

tion eher günstig für Zellstoff/PE-Einwegabdeckung aus, die Variante „B“ (gynäkologischer Eingriff) dagegen tendentiell günstiger für die Mischabdeckung.

### Ökologische Bilanz

**A. Baumwoll-Operationsabdeckmaterialien.** Der Anbau von Baumwolle erfolgt in vielen Ländern der Welt innerhalb des sog. Baumwollgürtels und zeichnet sich durch einen hohen Wasserverbrauch, Pestizid- und Düngereinsatz sowie Energieverbrauch für die Ernte und Trennung der verschiedenen Baumwollprodukte aus. Diese Inputfaktoren schwanken von Land zu Land und innerhalb der Länder. Da für den Einsatz von Rohbaumwolle für Operationsabdecktücher kein eindeutiges Herkunftsland zu eruieren war, wurden für die Teilbilanz „Baumwollanbau“ durchschnittliche Werte angenommen, für die Verarbeitung zum Endprodukt Herstellerangaben. Die wesentlichen Daten zu Baumwollanbau und Gebrauchsphase in der

Klinik sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Die Analyse der Gebrauchs- und Nachkaufmengen am Universitätsklinikum Freiburg ergab eine durchschnittlich 70fache Wiederverwendung der Baumwolltücher. Danach werden sie ausgesondert und als Putzlappen weiterverwendet. Diese Nachnutzungsphase wurde weder als Entsorgung eingestuft noch mit einer Gutschrift versehen. Der Gesamtenergie- und der Wasserverbrauch von Baumwoll-Operationsabdeckmaterialien sind in Abb. 3 bei verschiedenen Umlaufzahlen dargestellt. Bei 70 Umläufen entfallen 94% des gesamten Primärenergieverbrauchs auf die Anwendung und Aufbereitung.

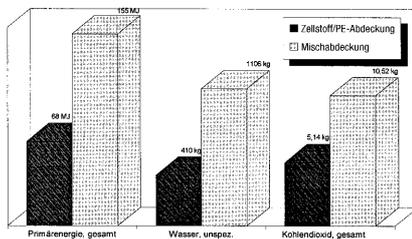
**B. Zellstoff/PE-Einwegabdeckung.** Die ökologische Bilanzierung der Zellstoff/PE-Einwegabdeckung wurde vom Hersteller selbst durchgeführt. Die Ermittlung der Daten wurde dadurch erschwert, daß der Herstellungsprozeß der einzelnen Materialien und deren Endverarbeitung auf verschiedene europäische Länder und mehrere Zulieferer verteilt sind. Die kritische Überprüfung ergab, daß im Vergleich zu Literaturangaben die aggregierten Daten plausibel sind und nur im Falle der Polyethylenfolie eher zu niedrig angesetzt wurden. Abbildung 4 zeigt die Verteilung des Energieverbrauchs über die einzelnen Teilbilanzen.

**C. Vergleich der Ökobilanzen.** Die Ergebnisse des Vergleichs von Zellstoff/PE-Einwegabdeckung und Mischabdeckung sind in Tabelle 5 wiedergegeben. Dargestellt sind neben den Werten für die Standardoperation auch die der Operationsvarianten A und B. Bei der Abfallentsorgung wurde eine Verbrennung von Zellstoff/PE-Einwegabdeckung und PE-Abfallsack angenommen. Bei Deponierung liegen die Abfallwerte der Varianten der Einwegabdeckung jeweils höher – etwa doppelt so hoch wie bei der Mischabdeckung.

**Tabelle 5.** Ökobilanz-Vergleich des Einsatzes von Zellstoff/PE-Einwegabdeckung und Mischabdeckung (ausgewählte Parameter)

	Standard-OP Zellstoff/PE	Standard-OP Mischabdeckung	Variante A Zellstoff/PE	Variante A Mischabdeckung	Variante B Zellstoff/PE	Variante B Mischabdeckung
Primärenergie (MJ)	67,9	155,0	97	221,0	58,7	105,0
CO <sub>2</sub> [kg]	5,1	10,5	7,3	15,1	4,5	6,8
SO <sub>2</sub> [g]	13,0	15,0	19,1	22,6	11,1	9,8
NO <sub>x</sub> [g]	16,3	17,2	23,1	25,2	14,2	11,6
CSB [g]	27,2	18,9	40,2	30,3	23,1	11,9
BSB [g]	2,0	2,4	2,9	3,6	1,7	1,6
Wasser [kg]	410	1106	607	1600	349	745
Abfälle gesamt [g]; ohne Klärschlamm	166	188	224	272	148	124

Standard-OP = Mittlere abdominalchirurgische Operation, z. B. Cholecystektomie; Variante A = Hüftgelenkseingriff; Variante B = Gynäkologischer Eingriff, z. B. vaginale Hysterektomie



**Abb. 5.** Ergebnisse des Ökobilanz-Vergleichs bei der Standardoperation (Parameter Primärenergie- und Wasserverbrauch; Kohlendioxidemissionen)

## Diskussion

Bei der Auswahl von Patientenabdeckungen im Operationssaal müssen für die Entscheidung v. a. Kriterien wie Gebrauchstauglichkeit und Handhabbarkeit, Kosteneffektivität und Umweltfreundlichkeit herangezogen werden. Aufgrund der verfügbaren Untersuchungen zu den verschiedenen Aspekten ist eine wissenschaftlich begründete Gesamtaussage zugunsten des einen oder anderen (Ein- bzw. Mehrweg) Systems oder Materials bislang nicht möglich [20]. Die vorliegende ökologische Analyse der Produktlinien von Operationsabdeckmaterialien aus Baumwolle und aus Zellstoff/PE zeigt, daß diese weltweit und z. T. auf unabhängige Produzenten verteilt sind. Ein Vergleich der jeweiligen Ökobilanzdaten muß daher v. a. die uneinheitliche Validität und Aussagekraft der Werte berücksichtigen, die sich u. a. aus der Notwendigkeit ergeben, Basisdaten aus verschiedenen Quellen einzubeziehen. Dabei sind einzelne Parameter z. T.

unterschiedlich definiert (z. B. Abfälle) oder bestimmte Parameter nur in einzelnen Quellen einbezogen (z. B. Wasserverbrauch bei der Produktion). Die Aggregation ist bei einzelnen Parametern wie bei CO<sub>2</sub>-Emissionen zulässig, in anderen Fällen aber methodisch problematisch: So wird der Wasserverbrauch der Zellstoffproduktion im wasserreichen Skandinavien, die künstliche Bewässerung bei der Baumwollproduktion etwa im wasserarmen Israel und der Wasserverbrauch beim Waschen der Baumwolltücher in Deutschland zu einem Wasserverbrauchswert addiert. Dies muß bei der Bewertung berücksichtigt werden.

Bei der Gesamtbilanz sind wegen der hohen Datenqualität vor allem die „klassischen“ Luftemissionen Kohlendioxid, Schwefeldioxid/Schwefeloxide und Stickoxide aussagekräftig. Der Ökobilanz-Vergleich bei der Standardoperation (vgl. Tabelle 5 und Abb. 5) zeigt im einzelnen: Der Primärenergieaufwand und die Kohlendioxidemissionen sind bei der Mischabdeckung etwa doppelt so hoch wie bei Zellstoff/PE-Einwegabdeckung. Die Emissionen von Schwefeldioxid und Stickoxiden liegen in der gleichen Größenordnung. Der Wasserverbrauch liegt bei der Mischabdeckung fast 3mal so hoch, die Abwasserparameter CSB und BSB haben eine vergleichbare Größenordnung. Bei den Reststoffen liegen die Abfälle bei Zellstoff/PE-Einwegabdeckung gegenüber der Mischabdeckung etwa gleich (Ver-

brennung) bzw. doppelt so hoch (Deponierung).

Sensitivitätsberechnungen bei der Teilbilanz „Baumwolle“ (verschiedene Umlaufzahlen für die benutzten Baumwolltücher, unterschiedliche Waschmittelmengen; günstige Eigenenergieerzeugung im Universitätsklinikum Freiburg) zeigen, daß die Schwankungen klein sind und die Vergleichsergebnisse nicht wesentlich verändern. Die Abweichungen bei den Operationsvarianten A (Hüftgelenkseingriff) und B (gynäkologischer Eingriff) sind dagegen deutlicher. Gesamtenergieverbrauch und Emissionen sind in geringerem Maße von der Wiederverwendungsrate abhängig als anzunehmen (vgl. Abb. 3). Der über die Produktlinie aggregierte Energieverbrauch wird v. a. von der Nachgebrauchs- bzw. Aufbereitungsphase bestimmt: Waschen, Trocknen, Mangeln und Sterilisieren sind energieintensiv und müssen nach jedem Gebrauch erfolgen. Der für eine Operation anzurechnende siebzigste Teil des Energieverbrauchs für die Herstellung fällt dagegen nur wenig ins Gewicht. Nur der Gesamtwasserverbrauch und der Pestizideinsatz werden deutlich von der Anzahl der Wiederaufbereitungen bestimmt.

Wesentliche Optimierungsmöglichkeiten liegen generell im sparsamen Einsatz von Operationsabdeckmaterialien, der natürlich aus Sicht des Operateurs und aus hygienischer Sicht vertretbar sein muß. Bei Mehrwegsystemen sind Optimierungsmöglichkeiten vor allem beim Energie- und Wasseraufwand beim Wa-

schen, Trocknen, Mangeln und Sterilisieren gegeben (größter Einfluß auf die Gesamtbilanz), für den Fall von Baumwolltüchern in umweltschonend angebaute und verarbeitete Baumwolle. Für die Mischabdeckung bzw. den Einsatz von Zellstoff/PE-Einwegabdeckung bei der Mischabdeckung liegen Optimierungsmöglichkeiten v. a. darin, die Einweg-Abdecktücher in einem Set statt in getrennten Verpackungen zusammenzufassen sowie in der Wahl eines kleineren Polyethylen-sacks zur Abfallentsorgung.

Ein direkter Vergleich der Ergebnisse der vorliegenden Studie mit denen anderer Ökobilanzen zu verschiedenen Operationsabdeckungen [1, 11–13, 16, 18, 19] ist nur sehr bedingt möglich, da unterschiedliche Materialien untersucht wurden und die jeweilige Methodik und Datenbasis z. T. erheblich voneinander differieren. Dies gilt u. a. für die Zahl der angenommenen Nutzungen bei den Mehrwegsystemen, die von 30 bis 100 Zyklen reichen, und für den Einbezug von Gutschriften für die Energienutzung bei der Abfallverbrennung. Die aufgeführten veröffentlichten Studien lassen kein Abdecksystem mit eindeutigen, über alle Bereiche reichenden ökologischen Vorteilen erkennen. Die Spanne des kumulierten Primärenergieverbrauchs für Produktion, Gebrauch und Entsorgung von Abdeckmaterialien für eine Standardoperation reicht von 54 MJ (Laminat/Mikrofaser, 80 Nutzungszyklen [11]) bis 112 MJ (Microfaser, 30 Zyklen [13]) bzw. 155 MJ (Mischabdeckung). Zum Vergleich entspricht dies dem Energie(treibstoff-)verbrauch von 15–40 Autokilometern bzw. bei den ca. 6 Mio. in Deutschland jährlich durchgeführten Operationen bis zu 240 Mio. Autokilometern mit einer durchaus relevanten Umweltbelastung.

Bei der Bewertung der hier vorgelegten Bilanzergebnisse und deren Nutzung für die klinische Praxis ist zu berücksichtigen, daß sie für den Vergleich „Mischabdeckung“ mit „Zellstoff/PE-Einwegabdeckung“ für drei verschiedene repräsentative Operationsarten und nicht für den Vergleich mit anderen Operationsabdecksystemen gelten.

Da die Verbrauchsdaten auf einer Erhebung am Universitätsklinikum Freiburg und auf Herstellerangaben basieren, empfiehlt sich für Anwender ein Vergleich dieser Einsatzmengen mit den klinikeigenen Verhältnissen. Eine weitere Einschränkung betrifft die Umweltaspekte, die nicht unmittelbar gegenübergestellt werden können – etwa der wenig ökologische Anbau von Baumwolle außerhalb Deutschlands (Wasserverbrauch, Pestizide) im Vergleich zu der höheren Verkehrsbelastung durch den Transport von Einwegabdeckungen innerhalb der Landesgrenzen. Zusammenfassend besteht ein wesentlicher struktureller Nachteil der Mischabdeckung darin, daß die ökologischen Nachteile von Baumwolle und von Zellstoff/PE-Einwegabdeckung in einem System kombiniert sind (z. B. vergleichsweise hoher Anteil von Produktverpackung und Abfallsack). Unter den genannten Voraussetzungen ist die Mischabdeckung aus ökologischer Sicht auf keinen Fall günstiger als die Zellstoff/PE-Einwegabdeckung zu beurteilen.

Die Autoren danken Herrn Priv.-Doz. Dr. K.-D. Rückauer (Chirurgische Klinik des Universitätsklinikums Freiburg) für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

## Literatur

1. Brune B, Krauch H (1988) Ökobilanz von Operations- und Klinikmaterialien. Bönningheim
2. Cruse PJE, Foord R (1980) The epidemiology of wound infection. A 10-year prospective study of 62,939 wounds. *Surg Clin North Am* 60: 27
3. Daschner FD, Dettenkofer M (1997) Protecting the patient and the environment – new aspects and challenges in hospital infection control. *J Hosp Infect* 36: 7
4. Dettenkofer M, Daschner FD (1994) Verwirklichung hygienischer, ökonomischer und ökologischer Anforderungen durch richtige Auswahl von Einwegwäsche und aufbereitbaren Textilien. In: Sander J, Sander U (Hrsg) *Praxis der Krankenhaushygiene – Verbindung von Ökonomie und Ökologie mit den Zielen der Krankenhaushygiene*. Schliehe, Osnaabrück, S 188
5. Dettenkofer M, Kümmerer K, Schuster A, Mühlich M, et al (1997) Environmental auditing in hospitals: approach and implementation in an university hospital. *J Hosp Infect* 36: 17
6. DKI – Deutsches Krankenhausmanagement (Hrsg) (1990) *Verfahrensvergleich von Einmal- und Mehrfachabdeckung im Operationsbereich*. Gutachten, DKI Düsseldorf
7. Emergency Care Research Institute/ECRI (1986) *Surgical Drapes*. *Health Devices* 15: 111
8. Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des Deutschen Bundestages (Hrsg) (1994) *Die Industriegesellschaft gestalten. Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen*. *Economica*, Bonn
9. Garibaldi RA, Maglio S, Lerer T, Becker D, Lyons R (1986) Comparison of nonwoven and woven gown and drape fabric to prevent intraoperative wound contamination and postoperative infection. *Am J Surg* 152: 505
10. International Standard Organisation, ISO (1997) *ISO 14040 – Ökobilanz/Life Cycle Assessment*.
11. Jäger RW (1995) *Ökologischer Vergleich von Einweg- mit Mehrweg-OP-Sets*. Hohensteiner Report 53: 25
12. Little AD (ed) (1991) *Strategic Analysis of Single-Use versus Reusable Drapes and Gowns – Final Report*. Arlington
13. Mayer U, Schorb A (1996) *Ökobilanz für OP-Abdecksysteme und OP-Kittel*. Endbericht im Auftrag der Firma Johnson & Johnson Medical GmbH, Nordstedt. ifeu Institut GmbH, Heidelberg
14. Moylan JA, Fitzpatrick KT, Davenport KE (1987) Reducing wound infection. Improved gown and drape barrier performances. *Arch Surg* 122: 152
15. Müller W, Jiru P, Mach R, Polaschek F, Fasching W (1989) Der Einsatz von Einwegabdeckung im Operationssaal und sein Einfluß auf die postoperative Wundinfektionsrate. *Wien Klin Wochenschr* 101: 837
16. *Öko-Bilanz von Einweg- und Mehrwegprodukten* (1990) Vergleich auf der Basis von Flächenäquivalenten. Hohensteiner Report 47: Sonderdruck
17. Schaaf D, Rausch C, Pappas S (1986) Single use non-worn gowns and drapes: ho effect on postoperative wound infection rate. (Abstract No. 1033) ICAAC, New Orleans
18. Schorb A (1996) *Ökobilanzen von Op.-Materialien*. *Schwester/Pfleger* 35: 826
19. Schorb A, Heinstein F (1990) *Ökobilanz von Hygieneprodukten für den Krankenhausbereich*. Heidelberg
20. Schweins M (1993) *Hygiene im chirurgischen Alltag – Standortbestimmung und Standards 1992*. In: Schweins M, Holthausen U, Troidl H, Neugebauer E, Daschner F (Hrsg) *Hygiene im chirurgischen Alltag – Traditionen, Glaubensbekenntnisse, Fakten*. de Gruyter, Berlin New York, S 153
21. *Umweltbundesamt* (Hrsg) (1992) *Ökobilanzen für Produkte. Bedeutung – Sachstand – Perspektiven*. Reihe Texte Nr. 38/92. Umweltbundesamt Berlin

22. Urech D (1998) Welche Materialien eignen sich für die Wiederaufbereitung der OP-Mäntel und der Patientenabdeckung? Hyg Med 23: 18
23. Werner H-P, Feltgen M (1998) Qualität von OP-Abdeckmaterialien und OP-Mänteln. Hyg Med 23 [Suppl 1]: 1
24. Whyte W (1988) The role of clothing and drapes in the operating room. J Hosp Infect 11 [Suppl C]: 2

Dr. M. Dettenkofer  
 Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene, Universitätsklinikum  
 Hugstetter Straße 55  
 D-79106 Freiburg  
 Tel. 0761/270-5483  
 Fax: 0761/270-5485

## Kommentar auf Anforderung der Schriftleitung

H. Troidl, Köln

Tatsache ist, daß die für die Chirurgie so wichtigen Fragen der Krankenhaushygiene meist mit emotionalem und dogmatischem Verhalten belegt sind. Eine Entartung in Hysterie ist manchmal zu beobachten. Das Ergebnis ist oft, daß die so entscheidende Frage auf das Niveau reiner Gebräuche und Rituale degradiert wird. Auf diesem Hintergrund werden dann auch noch Kommissionen gebildet, die dann die berühmterbichtigten Standards und Verhaltensmaßstäbe verkünden. Viele Mitglieder dieser Kommissionen haben nicht auf diesem Feld wissenschaftlich gearbeitet. Sie haben sich höchstens literarisch profiliert – meist mit den Ergebnissen anderer.

Seit Semmelweis hat sich – nach meiner Überzeugung – hier wenig geändert. Man muß sich schon mal daran erinnern, daß Semmelweis trotz seiner Fakten, die nachweislich die Chirurgie revolutioniert haben, von sog. Experten und Würdenträgern der Academia ins Irrenhaus geschickt wurde [1]. Fakten werden entweder gar nicht erarbeitet, fair analysiert, oder wenn sie vorhanden sind, nicht zur Kenntnis genommen, oder rhetorisch mit Spitzfindigkeit und zur Schau getragener Wissenschaftlichkeit und Skepsis „zerredet“. Ich weiß wovon ich rede, ich habe zwei Kongresse (national und international) zu diesem Thema organisiert und entsprechend publiziert [2]. Dieses Szenario ist eigentlich bei der Bedeutung der Krankenhaushygiene für den täglichen Ablauf in der Chirurgie „nicht mehr auszuhalten“; Verantwortungslosigkeit ist hier geradezu eine Verharmlosung!

Nicht nur aus diesen Gründen ist es für mich eine lohnende Aufgabe, eine Arbeit aus dem Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene aus Freiburg zu kommentieren/analysieren. Die vorgelegte Arbeit von Dettenkofer et al. hat sich die Frage gestellt, ob das „Abdecken mit dem alt-

ehrwürdigen Tuch gegenüber Papier“ unterschiedlich oder gleich zu bewerten ist, genauer, ob vor allem ökologische Fragestellungen neue Betrachtungsweisen, Bewertungen erfordern.

Dieser Aufgabe komme ich vor allem deshalb gerne nach, weil ich weiß, daß das Freiburger Institut extrem wissenschaftlich orientiert ist, Fakten mit wissenschaftlichen Methoden erarbeitet und dabei auch weiß und betont, daß jedes Ergebnis von der angewandten Methode und natürlich auch von der intelligent gestellten Frage abhängig ist! Nicht nur ich weiß auch, daß Ergebnisse aus diesem Institut meist mit kräftiger Sprache manchmal überdeutlich verkündet werden. Der beißende Humor kommt dabei im übrigen nicht zu kurz.

Beim Dissens, den es natürlich gibt, führt dies immer zu harten Auseinandersetzungen, die sich aber immer an den Fakten, sprich Studien orientieren – und damit kann ich leben.

Nun zurück zur zu kommentierenden Studie. Die Arbeit stellt sich die Aufgabe, klinisch relevante Information vorzustellen, die die Tuchabdeckung im Vergleich zur Papierabdeckung beurteilen helfen. Es ist kein kontrollierter Vergleich. Den wird es bei dieser Fragestellung auch kaum geben können. Die Studie besteht mehr oder weniger aus zwei Teilen, einer Literaturrecherche und einer retrospektiven/prospektiven Datensammlung. Das „Design“ der eigentlichen Studie ist ein Mix aus retrospektiver und prospektiver Datenanalyse. Bemerkenswert, daß diese Studie den Fettschisten des Formalen nicht zum Opfer gefallen ist.

Das entscheidende und absolut positive dieser Studie sind die gewählten „relevanten“ Zielkriterien [3]. Bisher haben sich gute Studien an einer Technologieprüfung entlang gearbeitet, die man folgendermaßen akzeptiert hat:

1. ethische Konsequenzen der Technologie,
2. Sicherheit der Technologie,
3. Vorteil für den Patienten (vor allem aus der Sicht des Patienten),
4. allgemeine Anwendbarkeit mit gleichen effektiven Wirkungen,
5. Vorteil für den Chirurgen

6. ökologische Analyse (wie ist die Kostensituation?).

Nicht aufgenommen in dieser Art der Analyse ist die ökologische Wirkung einer Technologie.

Einmalig und erstmalig unternimmt und fordert die Gruppe um das Freiburger Institut die Überprüfung auf Umweltschäden. Wie ich überzeugt bin, eine völlig neue Dimension, die möglicherweise in der Gewichtung der Zielkriterien weit über der heute so geforderten ökonomischen Analyse steht; es ist eine neue Qualität, nicht eine Quantität.

Dies ist möglicherweise auch der Grund, warum Professor Daschner den Sonderpreis für innovatives ökologisches Management „Öko-Manager des Jahres 1998“, verliehen von der Zeitschrift Capital und der WWF Umweltstiftung Deutschland, bekam.

Die entscheidende und sicher auch zu fordernde Frage heißt also: „wieviel Dreck erzeugen wir?“, „... erzeugen wir in unserem Klinikbetrieb?“, „... erzeugen wir mit unserer möglicherweise völlig überzogenen Hygiene-Hysterie?“.

Diese Arbeit demonstriert uns mit Abb. 1 und 2 mit welchem Aufwand, sprich Energie, Wasser etc., Baumwolle erzeugt werden muß, bis sie als Abdeckung in Frage kommt und welchem Aufwand an Energie, Waschmitteln (= Giften) die Tücher zum erneuten Gebrauch bearbeitet werden müssen.

Ähnlich ist die Situation mit den Papierabdeckungen; ökologisch ähnlich erschreckend. Hier wird die Frage eklatant, „Wem von uns fällt eigentlich der Müll, der täglich in unseren Kliniken entsteht, auf?“. Dies wäre der erste Schritt. Jeden Morgen, wenn ich zwischen 5.00 und 6.00 Uhr in die Klinik komme, bin ich bisher ziemlich gedankenlos an den schwarzen, gelben und blauen Müllsäcken im Durchgang zur Ambulanz vorbeigelaufen.

Eine weitere Information der Arbeit verdeutlicht, daß wir in unserem Vorschriftenwahn die Weltmeister im Waschen und dem damit zusammenhängenden Verbrauch an Energie sind. Wobei waschen mit niedrigerer Temperatur beim Zielkrite-