

**Holger Rohn**

(Trifolium – Beratungsgesellschaft mbH)

**Nico Pastewski**

(Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO)

**Michael Lettenmeier**

(Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH)

Unter Mitarbeit von:

**Eberhard Büttgen** (LFA, RWTH Aachen)

**Martin Grismajer** (IWF, TU Berlin)

**Benjamin Kuhrke** (PTW, TU Darmstadt)

**Robert Kupfer** (ILK, TU Dresden)

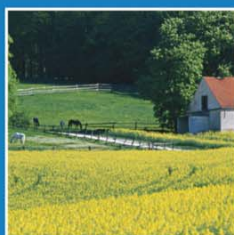
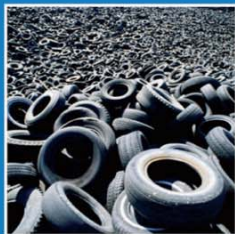
**Bastian Lang** (upp, Universität Kassel)

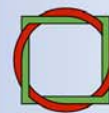
**Katrin Bienge, Kora Kristof und Klaus Wiesen** (Wuppertal Institut)

Chengizhan Aydin, Anna Cholewa, Almuth Eberhardt, Alain Heynen, Simon Kim, Mathias Leck, Peter Lucas, Melanie Lukas, Daniel Maga, Piotr Pacholak, Björn Reichardt, Silke Richter, Sebastian Rothenberg, Masi Sadeghi, Tobias Samus, Rüdiger Schmidt, Manuela Seitz, Lisa Marie Schimanski, Christoph Schniering, Verena Simon, Lene Stöwer, Jan Udes, Katrin Werner

## Ressourceneffizienz von ausgewählten Technologien, Produkten und Strategien – Poster der Ergebniszusammenfassungen

Bericht aus dem Arbeitspaket 1 des MaRes-Projekts





**Wuppertal Institut**  
für Klima, Umwelt, Energie  
GmbH

**Wuppertal Institut  
in Kooperation mit**

BASF  
Borderstep  
CSCP  
Daimler  
demea – VDI / VDE-IT  
ECN  
EFA NRW  
FhG IAO  
FhG UMSICHT  
FU Berlin  
GoYa!  
GWS  
Hochschule Pforzheim  
IFEU  
Institut für Verbraucherjournalismus  
IÖW  
IZT  
MediaCompany  
Ökopol  
RWTH Aachen  
SRH Hochschule Calw  
Stiftung Warentest  
ThyssenKrupp  
Trifolium  
TU Berlin  
TU Darmstadt  
TU Dresden  
Universität Kassel  
Universität Lüneburg  
ZEW

**Kontakt zu den Autor(inn)en:**

Holger Rohn

Trifolium – Beratungsgesellschaft mbH  
61169 Friedberg, Alte Bahnhofstr. 13

Tel.: +49 (0) 6031 68754 -64, Fax: -68

Mail: [holger.rohn@trifolium.org](mailto:holger.rohn@trifolium.org)

Nico Pastewski

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO  
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart, Germany

Tel.: +49 (0) 711 970 -5132, Fax: -2287

Mail: [nico.pastewski@iao.fraunhofer.de](mailto:nico.pastewski@iao.fraunhofer.de)

**„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“  
(MaRes) – Projekt im Auftrag des BMU | UBA**

**Projektlaufzeit:** 07/2007 – 12/2010

**Projektleitung:**

Dr. Kora Kristof / Prof. Dr. Peter Hennicke

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH  
42103 Wuppertal, Döppersberg 19

Tel.: +49 (0) 202 2492 -183 / -136, Fax: -198 / -145

Mail: [kora.kristof@wupperinst.org](mailto:kora.kristof@wupperinst.org)

[peter.hennicke@wupperinst.org](mailto:peter.hennicke@wupperinst.org)

© Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Weitere Informationen zum Projekt

„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes)

finden Sie unter [www.ressourcen.wupperinst.org](http://www.ressourcen.wupperinst.org)

Gefördert wird das Vorhaben im Rahmen des UFOPLAN  
durch das BMU und das UBA, Förderkennzeichen: 3707 93 300

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung  
liegt bei den Autor(inn)en.



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

**Umwelt  
Bundes  
Amt**   
Für Mensch und Umwelt

## **Ressourceneffizienz von ausgewählten Technologien, Produkten und Strategien – Poster der Ergebniszusammenfassungen**

### **Inhaltsverzeichnis**

1. Ermittlung von Ressourceneffizienzpotenzialen im Bereich der Abwasserfiltration durch Membrantechnologie _____	4
2. Ressourceneffiziente Energiespeicherung: Vergleich von direkter und indirekter Speicherung für elektrifizierte PKWs _____	5
3. Ressourceneffizienzpotenziale bei der Energiespeicherung - ressourceneffiziente Wärmespeicher _____	6
4. Ressourceneffizienzpotenziale von Dämmstoffsystemen _____	7
5. Ressourceneffizienzpotenziale durch Windenergie und Biomasse _____	8
6. Ressourceneffiziente großtechnische Energieerzeugung: Potenziale von Desertec-Strom _____	9
7. Ressourceneffiziente Energieerzeugung durch Photovoltaik _____	10
8. Ressourceneffizienzkriterien im Design _____	11
9. Green IT: Ressourceneffizienzpotenziale von Server Based Computing _____	12
10. Green IT: Ressourceneffizienzsteigerung bei IKT – Displayarten im Vergleich _____	13
11. Ressourceneffizienzpotenziale beim Recycling von kleinen Elektro- und Elektronikaltgeräten durch Rückgewinnung aus dem Hausmüll mit Hilfe einer RFID-Kennzeichnung der Primärprodukte _____	14
12. Ressourceneffizienzpotenziale in der Lebensmittelproduktion – Beispiel Fisch _____	15
13. Ressourceneffizienzpotenziale in der Lebensmittelproduktion – Beispiel Obst _____	16
14. Ressourceneffizienzpotenziale in der Lebensmittelproduktion – Beispiel Gemüse _____	17
15. Ressourceneffizienzpotenziale der intelligenten Landtechnik am Beispiel des Einsatzes von Stickstoffsensoren in der Düngung _____	18

16.	Ermittlung von Ressourceneinsparpotenzialen im Güterverkehr _____	19
17.	Ressourceneffizienz durch Elektrofahrzeuge _____	20
18.	Beachtung vom Ressourceneffizienzkriterien im Produktentwicklungsprozess _____	21
19.	Ressourceneffizienzpotenziale durch Umsetzung des Leichtbaus unter Nutzung neuartiger Werkstoffe _____	22
20.	Ressourceneffizienzpotenziale höher- und höchstfester Stähle _____	23
21.	Ressourceneffizienzpotenziale durch „Nutzen statt Besitzen“ bei Montageanlagen _____	24
22.	Ressourceneffizienz durch Production on demand _____	25



# Ressourceneffizienzpotenziale der Abwasserfiltration durch Membrantechnologie

Angesichts des wachsenden Bedarfs an sauberem Wasser, nicht nur als Trinkwasser, sondern auch zur Erzeugung von Nahrungsmitteln infolge der steigenden Weltbevölkerung, ist eine nachhaltige und effiziente Reinigung von Siedlungsabwasser erforderlich. Das so gewonnene Brauchwasser kann auch für landwirtschaftliche Zwecke weiterverwendet werden und so den Verbrauch von Trinkwasser verringern.

Vor diesem Hintergrund erfolgt in der Arbeit ein Vergleich zwischen einer konventionellen kommunalen Kläranlage (K-KA) mit 5 800 angeschlossenen Einwohnern und einer mit einem Membranbioreaktor (MBR-KA) (Abb. 3) ausgestatteten Kläranlage der gleichen Größenordnung. Deutschlandweit sind derzeit insgesamt ca. 10 000 kommunale Kläranlagen in Betrieb, welche sich auf 5 Größenklassen verteilen (s. Leck et al. 2010).

Die Ergebnisse belegen ein deutliches Einsparpotenzial durch Anwendung der MBR-Technologie. Es wird eine Einsparung von 14 % bei der Masse der Anlagenkomponenten (Abb. 1), v.a. durch den Wegfall der Nachklärung, erzielt. Weiterhin können 10 % an abiotischen Stoffen infolge des geringeren Bedarfs an Beton und Stahl und 1 % am Wasserbedarf eingespart werden. Der Luftbedarf bleibt bei K-KA und MBR-KA infolge des durch die MBR-Technik verursachten Energiemehrbedarfs während des Betriebs (30 Jahre) nahezu konstant. Das Ressourceneffizienzpotenzial für die in Deutschland betriebenen 913 kommunalen Kläranlagen ist in Abb. 2 dargestellt.

Aufgrund des guten Ressourceneffizienzpotenzials und der damit verbundenen Einsparung trotz energetischen Mehrbedarfs sollte der Einsatz der Membranbioreaktortechnologie im kommunalen Bereich weiter gefördert werden. Des Weiteren sind Projekte und Untersuchungen im Bereich der Faulgasgewinnung und dessen energetischer Nutzen in Blockheizkraftwerken zur Eigenverstromung und damit zur Senkung des Fremdstrombedarfs der Anlagen weiter zu verfolgen.

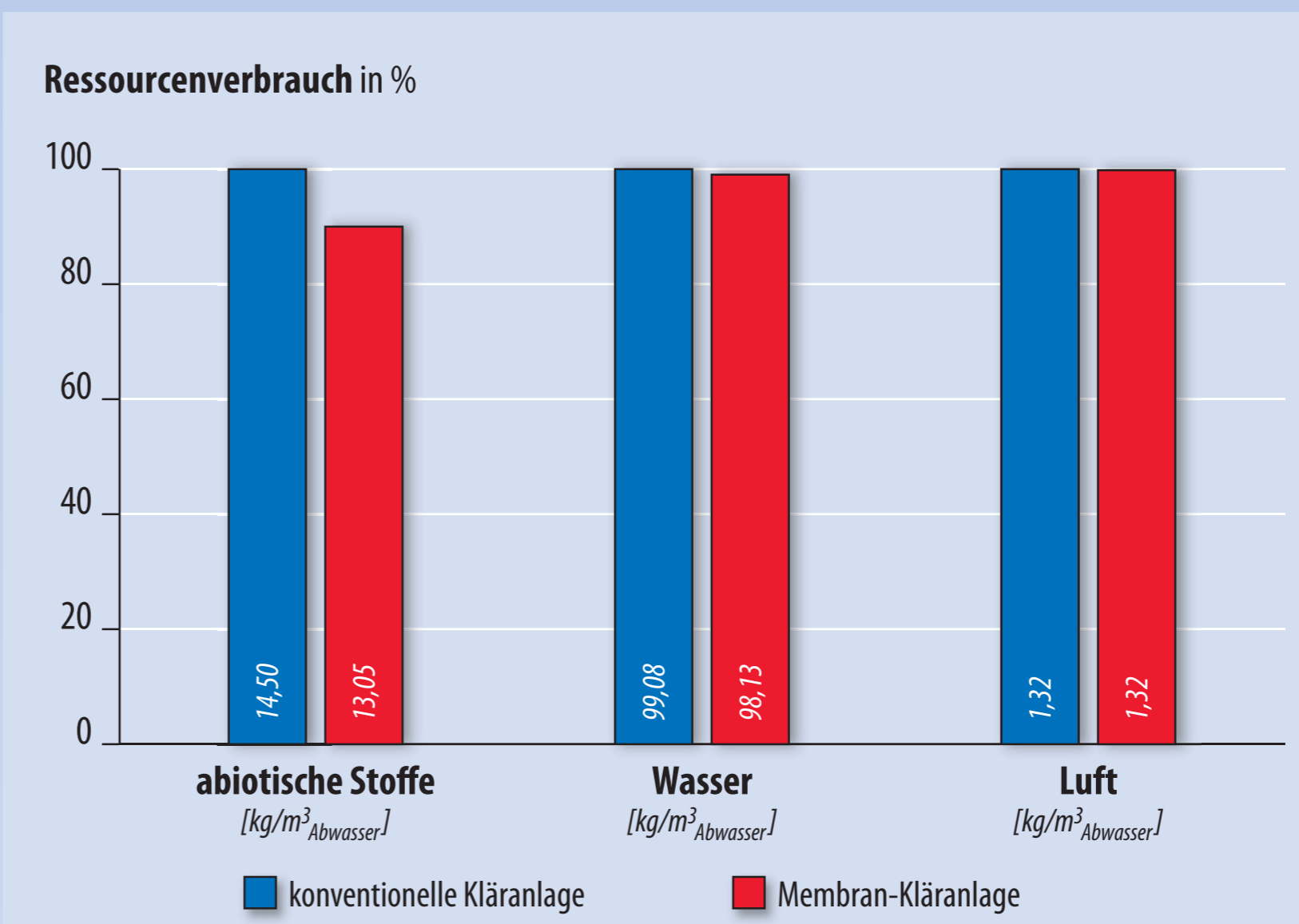


Abb. 1: Ressourcenverbrauch von konventioneller und von Membran-Kläranlage

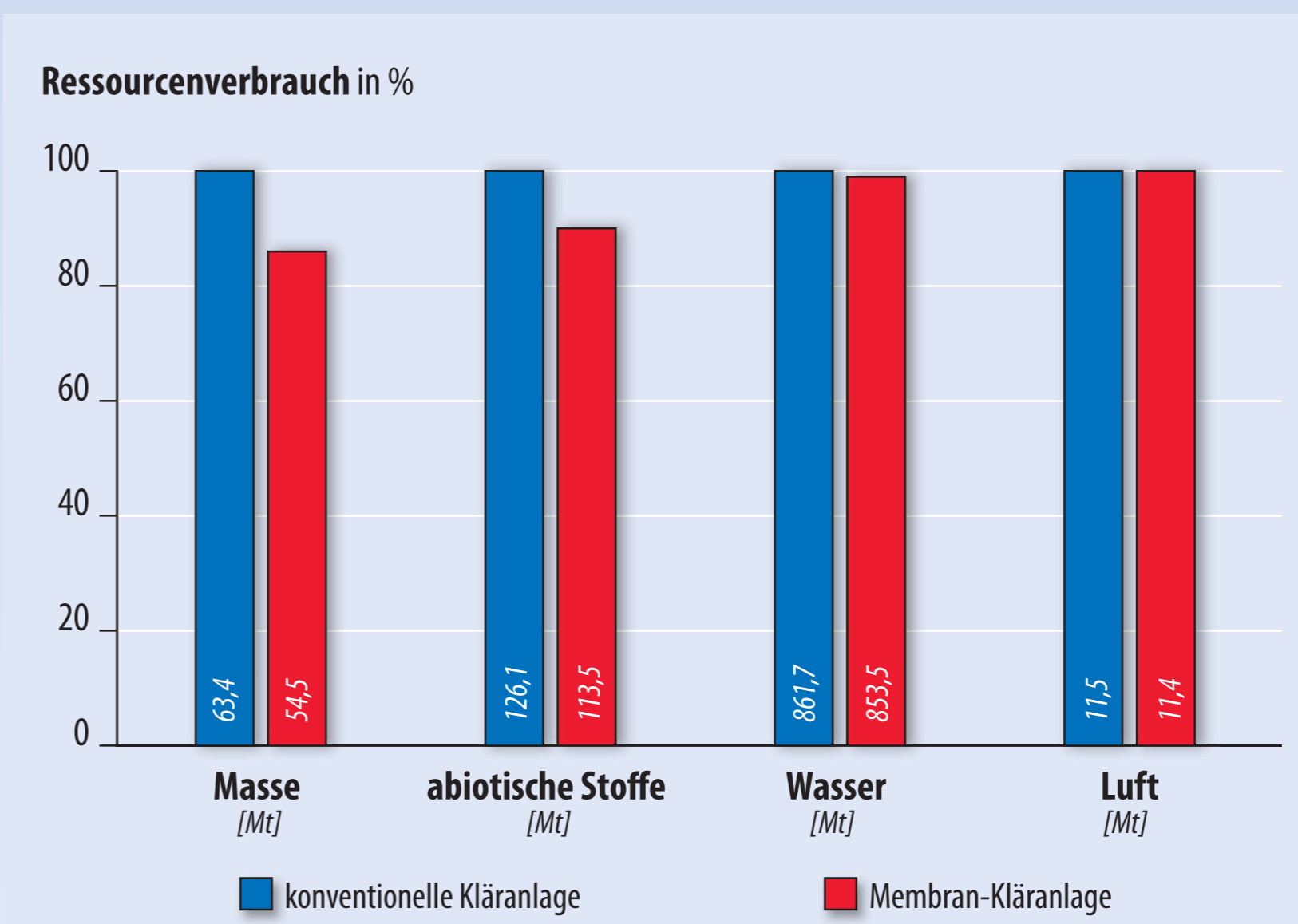


Abb. 2: Potenzialanalyse für die betrachtete Anlagengröße 3 (913 Anlagen) in Deutschland.

Abb. 3: MBR-Kläranlage. Quelle: Huber SE



Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

#### Quellen

Leck, Matthias / Lang, Bastian / Junge, Mark (2010): Ressourceneffizienzpotenziale im Bereich der Wasserfiltration durch Membrantechnologie. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

#### Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.

Querschnitts- und Enabling Technologien

VisLab Wuppertal Institut 2010



# Vergleich von direkter und indirekter Speicherung in elektrifizierten PKW

Den elektrifizierten Fahrzeugen wird ein hoher Stellenwert als direkter und indirekter Stromspeicher resp. Stromlieferant zugewiesen. Li-Ionen-Akkus und Brennstoffzellen sind Energielieferanten für den Antrieb, können aber durch intelligente Anbindung („smart grid“) auch Strom ins Netz einspeisen.

Zur Quantifizierung der Ressourceneinsätze der unterschiedlichen Energiekonzepte „Li-Ionen-Akku + Benzingenerator“ (Opel Ampera) und „Brennstoffzelle“ (Mercedes Benz A-Klasse „F-Cell“) für den Bereich der rein elektrisch angetriebenen Fahrzeuge (Abb. 2/3) wurden die Materialverbräuche bei der Herstellung der Aggregate und die jeweiligen Energieverbräuche während der Nutzungsphase analysiert (s. Heynen / Büttgen 2010). Bei der Potenzialabschätzung wurden unterschiedliche Energieszenarien der Stromproduktion zu Grunde gelegt: Strommix Deutschland 2008, Erneuerbare Energien Deutschland 2020, Strommix Deutschland 2020 (Aktualisierungen nach Wiesen 2010).

Die Ergebnisse zeigen ein deutliches Ressourceneffizienzpotenzial bei der Akku-Speichertechnologie mit unterstützter Verbrennungsmotorleistung im Opel Ampera trotz hohem Ressourceneinsatz bei der Herstellung der Akkus (Abb. 1). Die Wasserstoffproduktion hat einen großen Einfluss auf den Ressourcenverbrauch, selbst bei ausschließlicher Nutzung regenerativen Stroms (Energie-Szenario 2).

Elektroautos könnten in den kommenden Jahrzehnten eine wichtige Rolle in der Kurzstrecken-Mobilität einnehmen, wenn neue Fahrzeugkonzepte und optimierte Speichertechnologien den derzeitigen Nachteil gegenüber konventionellen Fahrzeugen aufheben werden. Damit sie auch ressourceneffizient gefahren werden können, müssen die unterschiedlichen Antriebskonzepte weiter optimiert und den Bedürfnissen der Verbraucher angepasst werden. Wegen des noch geringen gesamtenergetischen Wirkungsgrades der Wasserstoffnutzung in Brennstoffzellenantrieben ist die Ressourceneffizienz dieser Technologie trotz hohem Innovationscharakter noch deutlich schlechter als bei den Elektrofahrzeugen mit konventioneller Motorunterstützung.

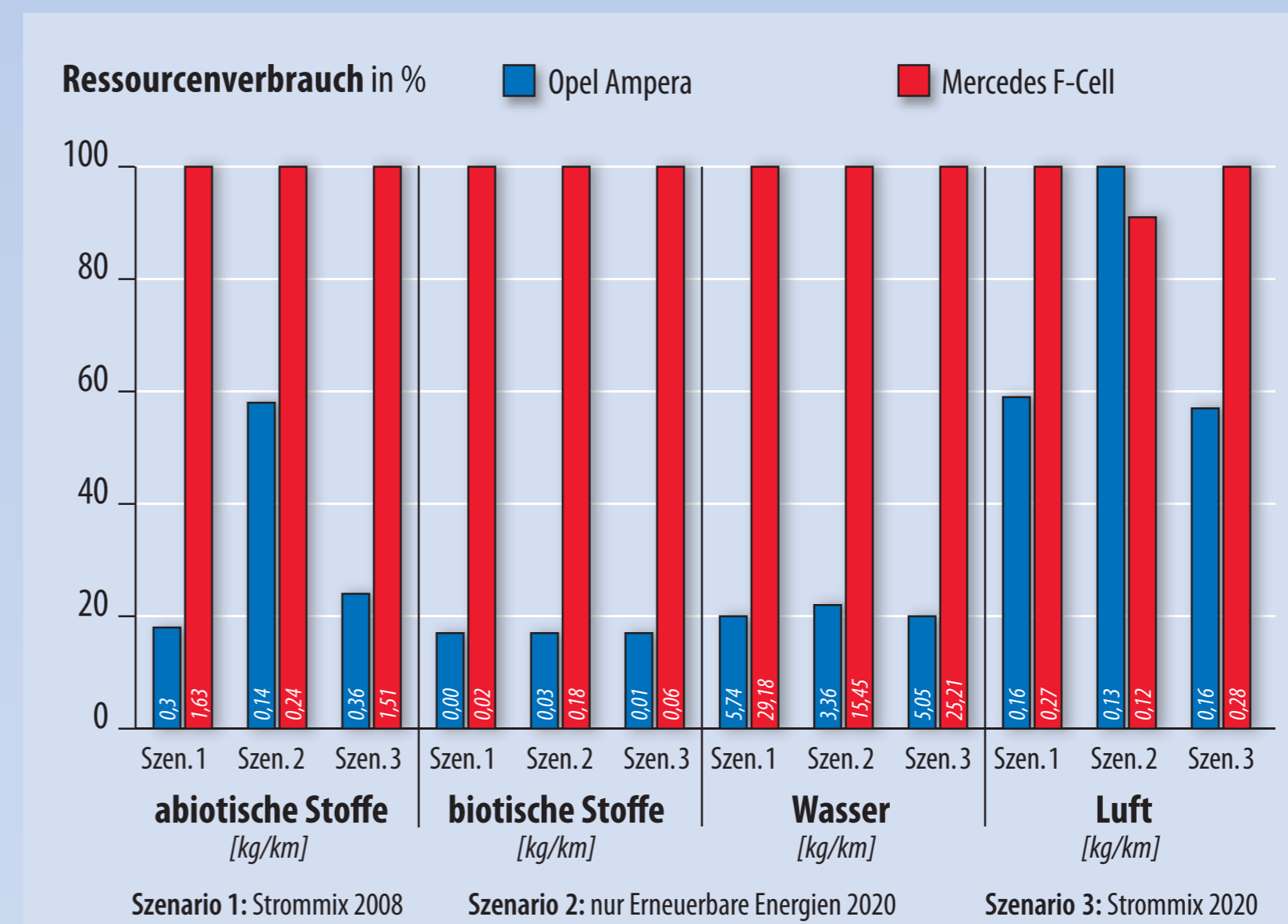


Abb. 1: Ressourcenverbrauch der untersuchten Fahrzeug-Energiekonzepte nach MIPS-Kategorien



Abb. 2/3: Mercedes B-Klasse „F-Cell“ und Opel Ampera (Quelle: Hersteller)



Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Heynen, Alain / Büttgen, Eberhard (2010): Ressourceneffiziente Energiespeicherung: Vergleich von direkter und indirekter Speicherung in elektrifizierten PKW. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal. | Wiesen, Klaus (2010): Ermittlung von Ressourceneffizienzpotenzialen der regenerativen Stromerzeugung durch Windenergie und Biomasse in Deutschland – Erweiterte Fassung. Fachgebiet Umweltgerechte Produkte und Prozesse, Universität Kassel.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.



# Ressourceneffizienzpotenziale unterschiedlicher Wärmespeicher

In dieser Arbeit wurde die ressourceneffiziente Speicherung von Energie in Form von Wärme untersucht. Wärme aus erneuerbaren Energien ist häufig an ihrem Entstehungsort nicht direkt oder effizient nutzbar. Drei alternative Wärmespeicher wurden mit einem konventionellen Wärmespeicher (Edelstahl mit Emaillebeschichtung) verglichen und ihre Ressourceneffizienzpotenziale analysiert.

Um die Ressourceneffizienzpotenziale quantitativ zu beurteilen, wurden die Materialintensitäten der vier Wärmespeicher nach dem MIPS-Konzept in  $\text{kg/kWh}_{\text{th}}$  ermittelt, d. h. der Materialeinsatz, pro kWh an gespeicherter thermischer Energie (s. Seitz et al. 2010). Wärmeverluste und der Trade-Off zwischen Isolierung und Wärmedurchgang wurden nicht berücksichtigt.

Die Berechnung der Materialintensitäten hat ergeben, dass die alternativen Wärmespeicher in den Kategorien abiotisches Material, Wasser und Luft ungleich große Ressourceneinsparpotenziale gegenüber dem konventionellen Wärmespeicher haben (Abb. 1). Es zeigt sich, dass die Vergleichsspeicher jeweils in einem Bereich besonders ressourcenschonend sind und in einem anderen verbesserungswürdig sind. Beispielsweise besitzt ein Warmwasserspeicher mit PPH-Dämmung den geringsten abiotischen Ressourcenverbrauch mit  $6 \text{ kg/kWh}_{\text{th}}$ , allerdings den höchsten im Bereich Wasser, Grund hierfür sind Stahl und Polyurethan. Sämtliche analysierten Alternativspeicher sind jedoch in allen Kategorien ressourceneffizienter als der konventionelle Wärmespeicher.

Es zeigt sich, dass alle drei alternativen Wärmespeicher Ressourceneffizienzpotenziale haben. Anzumerken ist, dass sie jeweils andere Vor- und Nachteile besitzen, sodass sich unterschiedliche Einsatzgebiete ergeben. Ein Latentwärmespeicher (Paraffin-Speicher) ist z.B. durch die Verwendung von Paraffin anstatt Wasser als Speichermedium in der Lage, die vierfache Wärmemenge pro Kilogramm Masse zu speichern. Daher ist er besonders platzsparend.

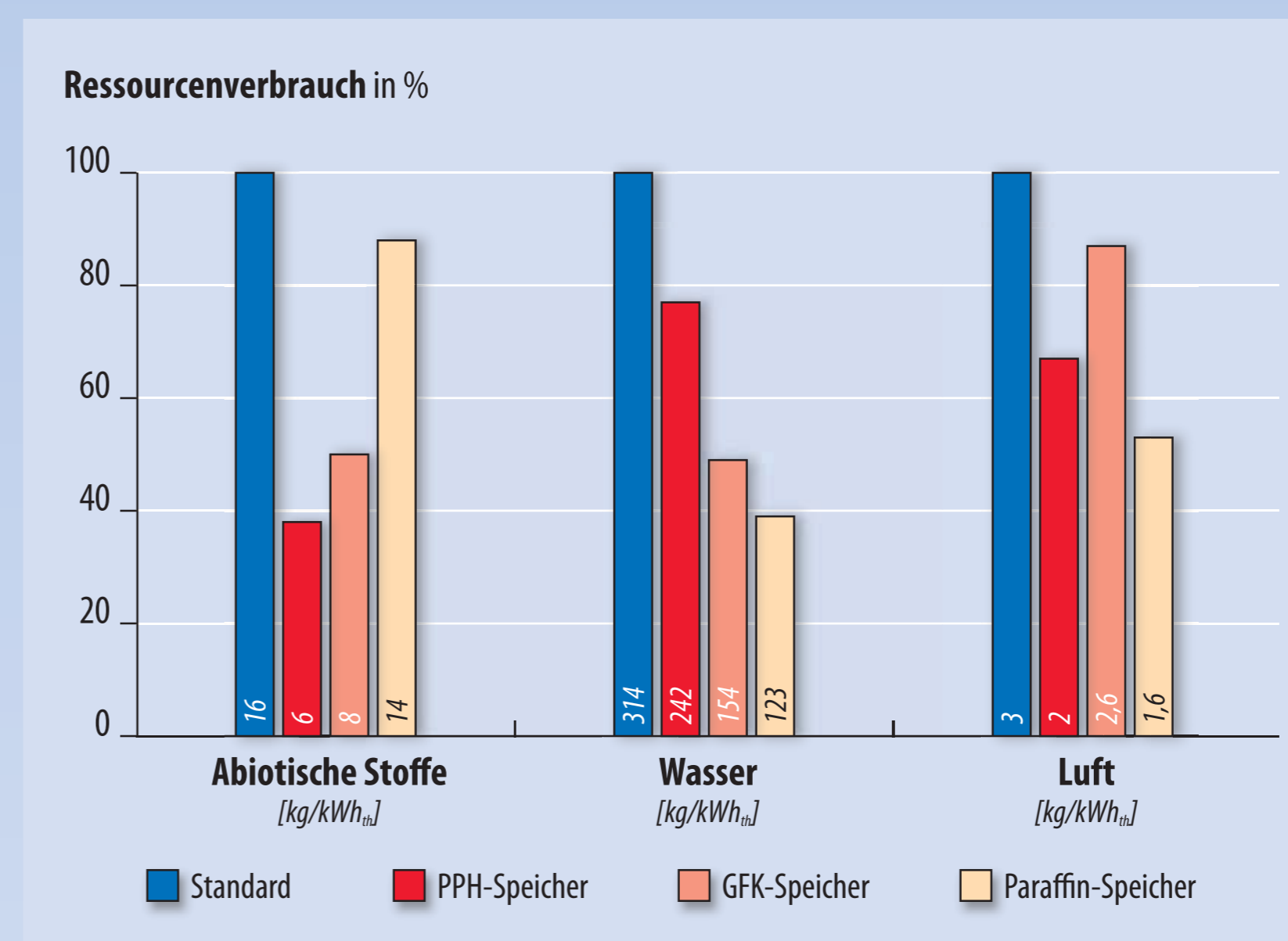


Abb. 1: Ressourcenverbrauch der drei Wärmespeicher im Vergleich zum konventionellen Warmwasserspeicher (Standard) pro kWh<sub>th</sub> nach MIPS-Kategorien

Querschnitts- und Enabling Technologien

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Seitz, Manuela / Lang, Bastian (2010): Ermittlung von Ressourceneffizienzpotenzialen der Energiespeicherung - ressourceneffiziente Wärmespeicher. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.

VisLab Wuppertal Institut 2010



# Ressourceneffizienzpotenziale von Dämmstoffsystemen

Etwa 40 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland entfällt auf die Beheizung der derzeit 17,6 Mio. Wohngebäude, von denen ca. 75 % vor 1979 gebaut wurden und damit einen niedrigen Wärmedämmstatus aufweisen. Durch die im Bestand erzielbaren Energieeinsparungen durch Wärmedämmmaßnahmen ergibt sich für die nächsten Jahrzehnte ein hoher Sanierungsbedarf und damit verbunden ein nicht unerheblicher Einsatz von Ressourcen, der je nach verwendetem Dämmstoffmaterial und Verbundsystem unterschiedlich ausfallen kann und somit hinsichtlich des Ressourcenaufwands ein Einsparpotenzial ergeben kann.

Die Analyse wurde auf zwei expandierte Polystyrol (EPS)-Hartschäume („grau“ und „weiß“) bezogen, die sich durch die Variation der Zusammensetzung (Additive) nur kaum, aber in ihrer Wärmedämmleistung merklich unterscheiden: Das Additiv Graphit wird bei beiden PS-Granulaten verwendet, beim Grundstoff für den EPS-Hartschaum „grau“ jedoch in die PS-Matrix eindiffundiert, was beim Aufschäumen zu einer höheren wärmeabsorbierenden Eigenschaft führt. Dieser Materialgruppe wird ein hohes Marktpotenzial zugesprochen (s. Schniering et al. 2010).

Die Untersuchungsergebnisse belegen für den EPS-Hartschaum „grau“ (Abb. 3) eine geringere Materialintensität als für den EPS-Hartschaum „weiß“. Der abiotische Bedarf liegt bei 69 %, der Wasserbedarf bei 73 % und die Luftinanspruchnahme bei 73 % des Wertes für den „weißen“ EPS-Hartschaum (Abb. 1). Bei einer noch sanierungsfähigen Fassadenfläche von ca. 1,3–2,0 Mrd. m<sup>2</sup> ergibt sich somit ein Einsparpotenzial von bis zu 5,9 Mio. Tonnen abiotischen Materials und 215 Mio. Tonnen Wasser, unter Annahme einer vollständigen Sanierung dieser Flächen mit EPS „grau“ (Abb. 2).

Ein Zertifizierungssystem sowie Anpassung der Förderbedingungen nach EnEV für ressourceneffiziente Dämmstoffe ist anzustreben. Die Verringerung oder Substitution des Treibgases Pentan sollte trotz geringer Klimarelevanz (Abbau in der Atmosphäre) mittelfristig durch Rechtsverordnung oder freiwillige Leistung der Industrie erreicht werden.

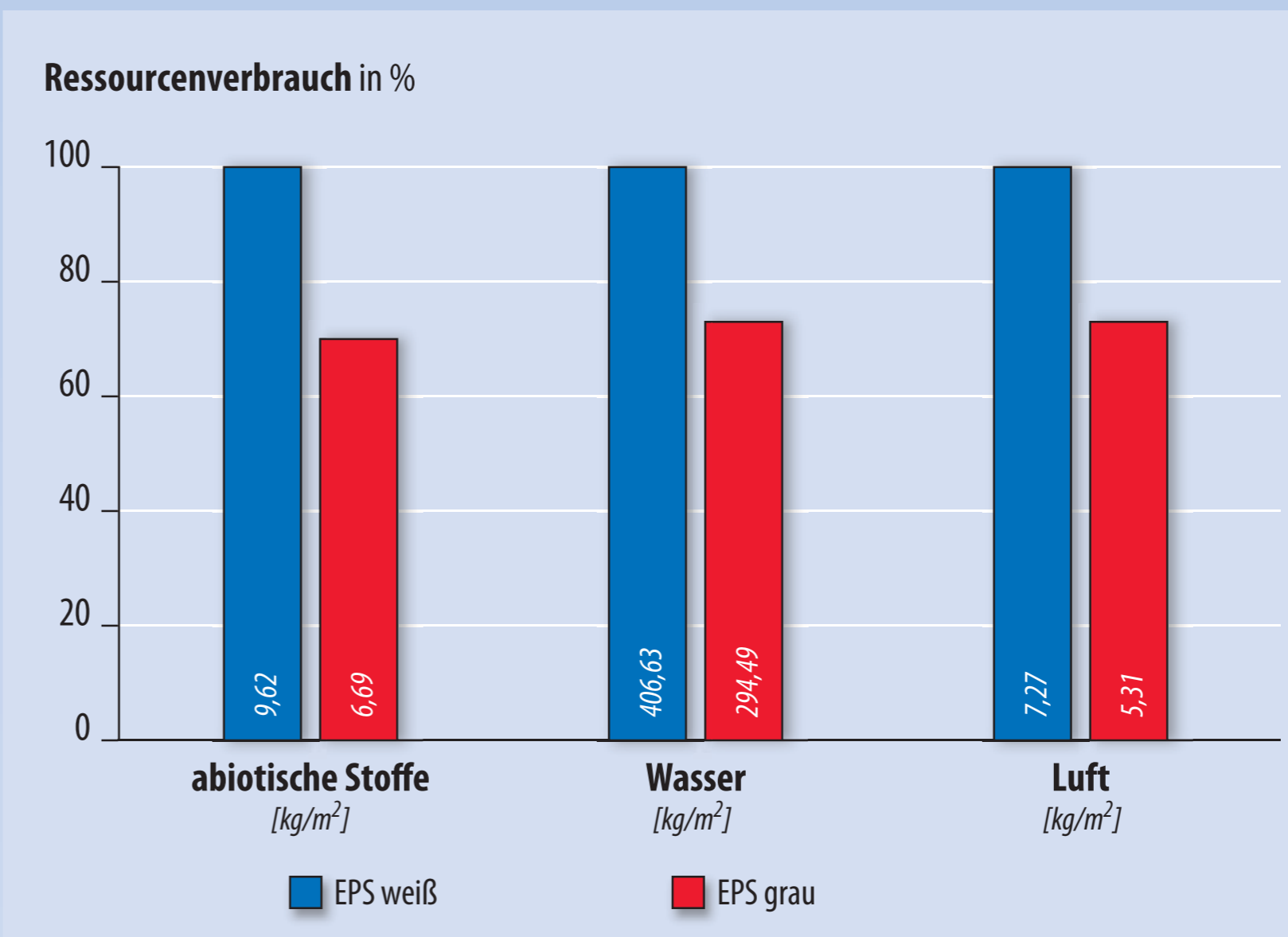


Abb. 1: Ressourcenverbrauch der untersuchten Dämmstoffe pro m<sup>2</sup> Fassadenfläche nach MIPS-Kategorien

Fassade in Mrd. m <sup>2</sup>		Primärenergie	Abiotische Stoffe	Wasser	Luft
Szenario 1 2,0	EPS (weiß)	273,90 PJ	19,16 Mt	801,64 Mt	14,47 Mt
	EPS (grau)	209,80 PJ	13,31 Mt	586,33 Mt	10,58 Mt
	Differenz	-64,10 PJ -23,4 %	-5,85 Mt -30,5 %	-215,31 Mt -26,9 %	-3,89 Mt -26,9 %
Szenario 2 1,3	EPS (weiß)	178,81 PJ	12,51 Mt	523,42 Mt	9,45 Mt
	EPS (grau)	136,98 PJ	8,69 Mt	382,84 Mt	6,91 Mt
	Differenz	-41,83 PJ -23,4 %	-3,82 Mt -30,5 %	-140,58 Mt -26,9 %	-2,54 Mt -26,9 %

Abb. 2: Ressourceneffizienzpotenzial für 1,3 Mrd. m<sup>2</sup> und 2,0 Mrd. m<sup>2</sup> zu dämmender Fassadenfläche



Abb. 3: Aufbau eines Wärmedämmverbundsystems WDVS (Quelle: Puren GmbH 2010)

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Schniering, Christoph / Büttgen Eberhard (2010): Ressourceneffizienzpotenziale von Wärmedämmssystemen. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.



# Ressourceneffizienzpotenziale von Windenergie und Biomasse in Deutschland

Vor dem Hintergrund des steigenden Energiebedarfs, den damit verbundenen Umweltproblemen und immer höheren Rohstoffpreisen ist eine Effizienzsteigerung bei der Energiebereitstellung zwingend notwendig. Der Einsatz erneuerbarer Energien ist eine der zentralen Maßnahmen, um den Ressourcenverbrauch der Energiebereitstellung zu senken.

In diesem Zusammenhang wurde in der Arbeit der Ressourceneinsatz der Stromerzeugung durch Windenergie und Biomasse quantifiziert und die Effizienzpotenziale in Bezug auf den deutschen Strommix untersucht. Dazu wurde eine Materialintensitätsanalyse des ersten deutschen Offshore-Windparks „Alpha Ventus“ (Abb. 1), eines Onshore-Windparks gleicher Leistungsklasse (60 MW) sowie einer Biogasanlage mittlerer Leistungsklasse (400 kWel) auf Basis des MIPS-Konzepts durchgeführt (Abb. 2).

Im Rahmen der Potenzialerhebung wurden die Auswirkungen einer verstärkten Nutzung von Windenergie und Biomasse innerhalb des deutschen Strommixes auf den Ressourcenverbrauch untersucht und mit dem aktuellen Strommix verglichen (s. Abb. 3).

Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere die untersuchten Windparks eine hocheffiziente Variante darstellen, um elektrischen Strom bereitzustellen. Daher sollten für eine ressourceneffizientere Strombereitstellung Windenergieanlagen weiter ausgebaut werden. Mit Einschränkungen empfiehlt sich auch eine Steigerung des Anteils der Biogas-Verstromung.



Abb.1: Windenergieanlagen im deutschen Offshore-Windpark „Alpha Ventus“ (Quelle: DOTI 2009)

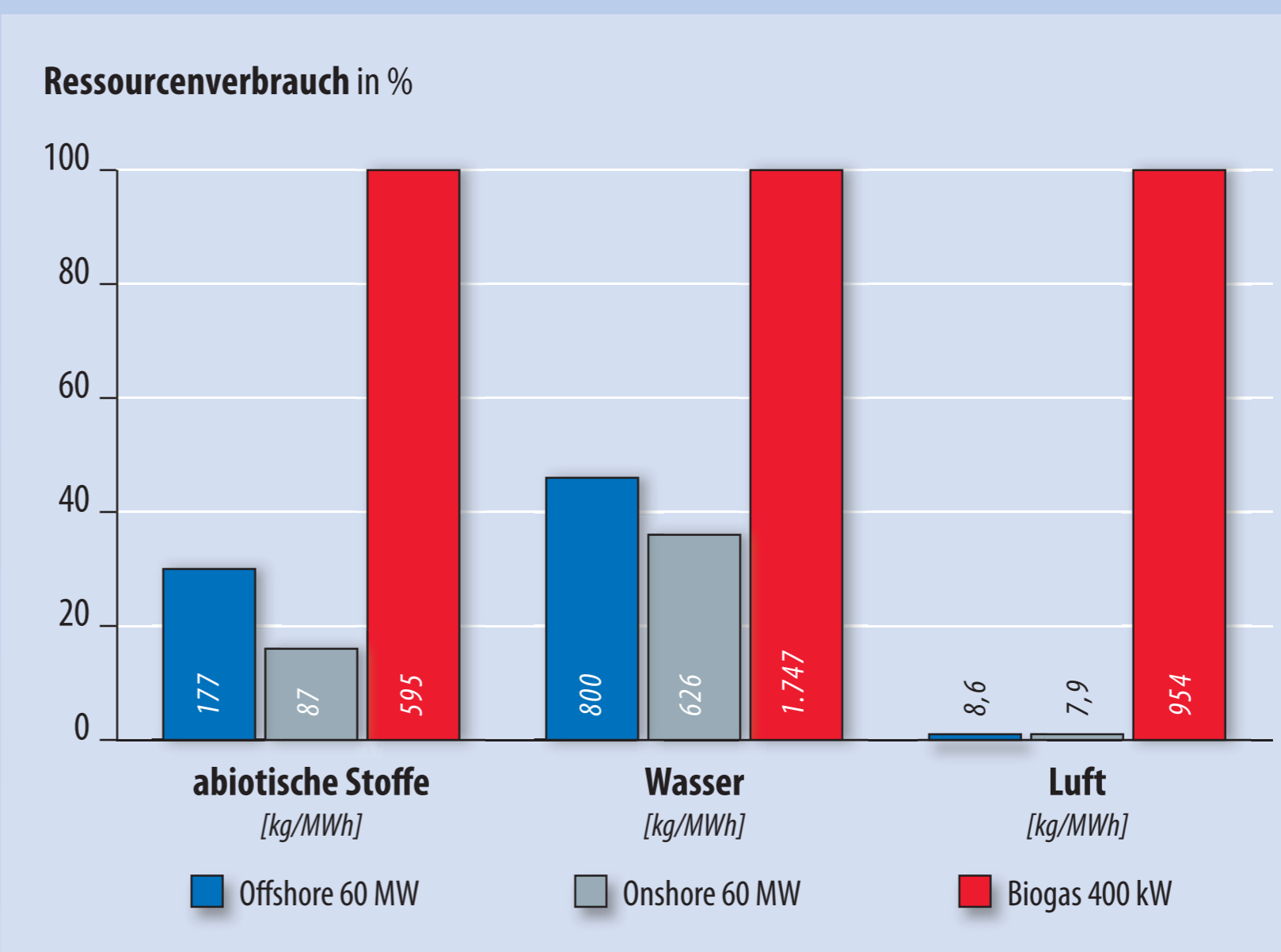


Abb. 2: Ressourcenverbrauch von Offshore- und Onshore-Windpark sowie Biogasanlage. Bei der Biogasanlage fallen außerdem 2.973 kg/MWh biotische Ressourcen sowie 346 kg/MWh landwirtschaftliche Bodenbewegungen an.

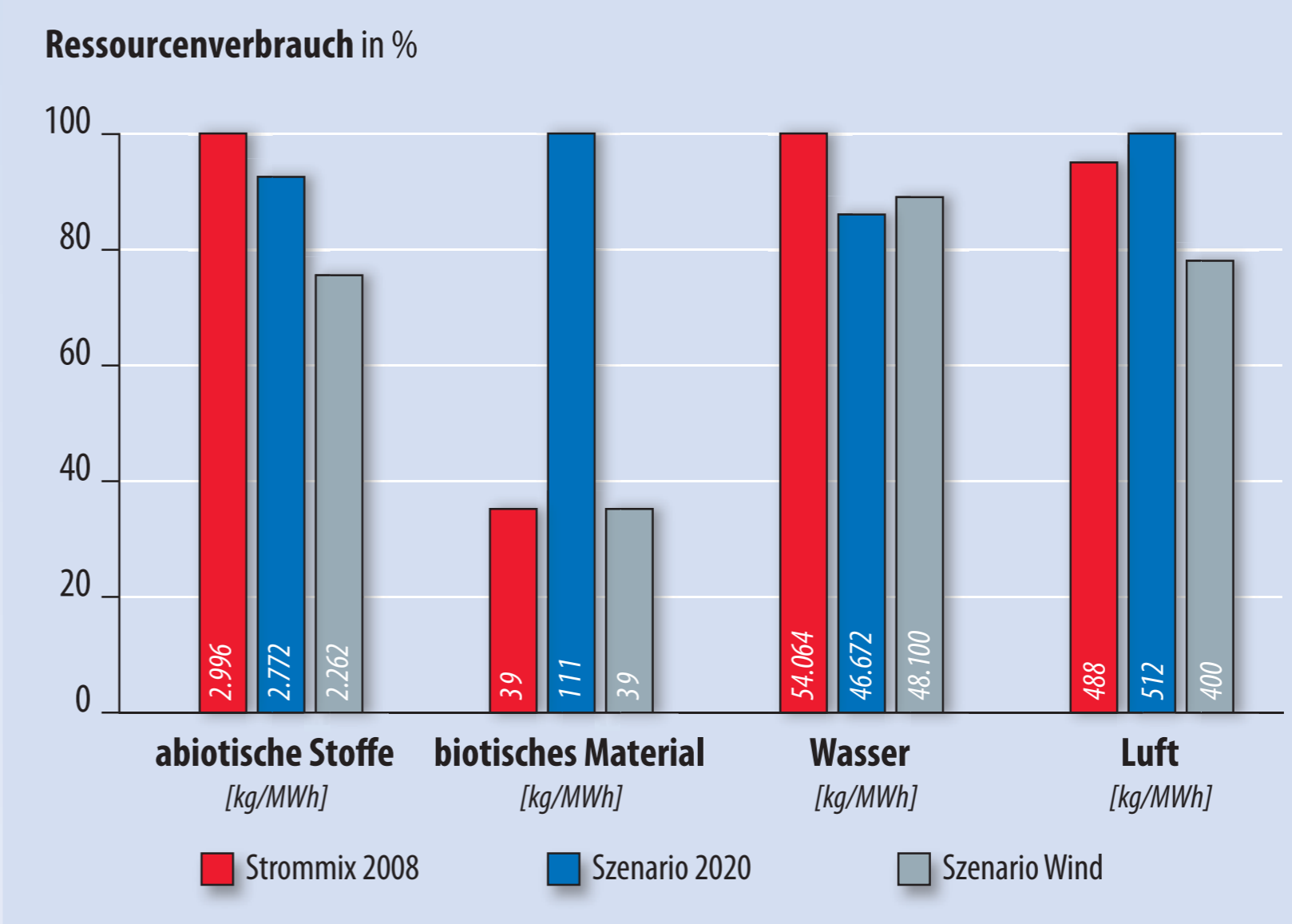


Abb. 3: Ergebnisse der Potenzialanalyse. Vergleich des Ressourcenverbrauchs (MWh frei Kraftwerk) im Jahr 2020 (nach BMU 2009) sowie bei gesteigertem Anteil der Windenergie im Vergleich zum Strommix 2008.

Regenerative Energien

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

#### Quellen

BMU (2009) Leitszenario 2009. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. DOTI (2010): Website der Deutsche Offshore-Testfeld und Infrastruktur GmbH & Co. KG. [www.alpha-ventus.de](http://www.alpha-ventus.de), Stand 13.05.2010.  
Wiesen, Klaus / Lang, Bastian / Rohn, Holger (2010): Ressourceneffizienzpotenziale der regenerativen Stromerzeugung durch Windenergie und Biomasse. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

#### Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.

VisLab Wuppertal Institut 2010



# Ressourceneffiziente Energieerzeugung: Potenziale von Desertec-Strom

Die Verknappung fossiler Brennstoffe sowie der aus ihrer Verbrennung resultierende Treibhausgasausstoß macht einen Umbau der Energieversorgung hin zu erneuerbaren Energieträgern unumgänglich. Da jedoch die meisten der regenerativen Energieträger nur fluktuierend verfügbar sind, ist Regelleistung – wie z. B. von Desertec geliefert – notwendig. Das Desertec-Konzept sieht vor, in Gebieten mit hoher Solarstrahlung in Nordafrika und dem Nahen Osten mittels solarthermischer Kraftwerke elektrische Energie zu gewinnen und diese nach Europa zu transportieren.

Daher wurde in der Arbeit der Strommix in der BRD in den Jahren 2008 (real), 2010 und 2050 (Solarstromimport-Anteil von 20 %) verglichen. Betrachtet wurden drei Standorte (Marokko, Tunesien, Ägypten) mit drei verschiedenen Kraftwerkskonzepten (Parabolrinne, Fresnelkollektor, Solarturm) zu je zwei Zeitpunkten (2030, 2050) inkl. Hochspannungsgleichstromübertragung in das europäische Verbundnetz. Diese Ausbaustufen wurden anschließend auf ein Desertec-Ausbauszenario hochgerechnet (s. Samus et al. 2010).

Der überwiegend regenerativ geprägte Strommix 2050 weist mit Ausnahme der biotischen Ressourcen auf Grund des höheren Biomasseanteils einen deutlich geringeren Ressourcenverbrauch gegenüber dem Strommix 2010 auf (s. Abb. 1). Im Vergleich zeigt sich, dass Solarturmkraftwerke die ressourceneffizienteste Variante der drei betrachteten Kraftwerkskonzepte (s. Abb. 2) sind. Großen Anteil am Ressourcenverbrauch haben vor allem Salz ( $KNO_3$ ; als Wärmeträger- bzw. Speichermedium), Wasser (zur Spiegelreinigung und als Kühlwasser), Beton und Erdaushub (für die Spiegel-fundamente) sowie Kollektormaterialien (Stahl, Glas).

Das aufgezeigte Ressourceneinsparpotenzial spricht eindeutig für einen regenerativen Strommix. Variationen der zurückzulegenden Transportstrecke zeigen, dass bei der Standortwahl für Desertec zur Sicherung der Wasserversorgung und zur Einsparung von Erschließungsinfrastruktur vor allem auf Küstennähe zu achten ist.

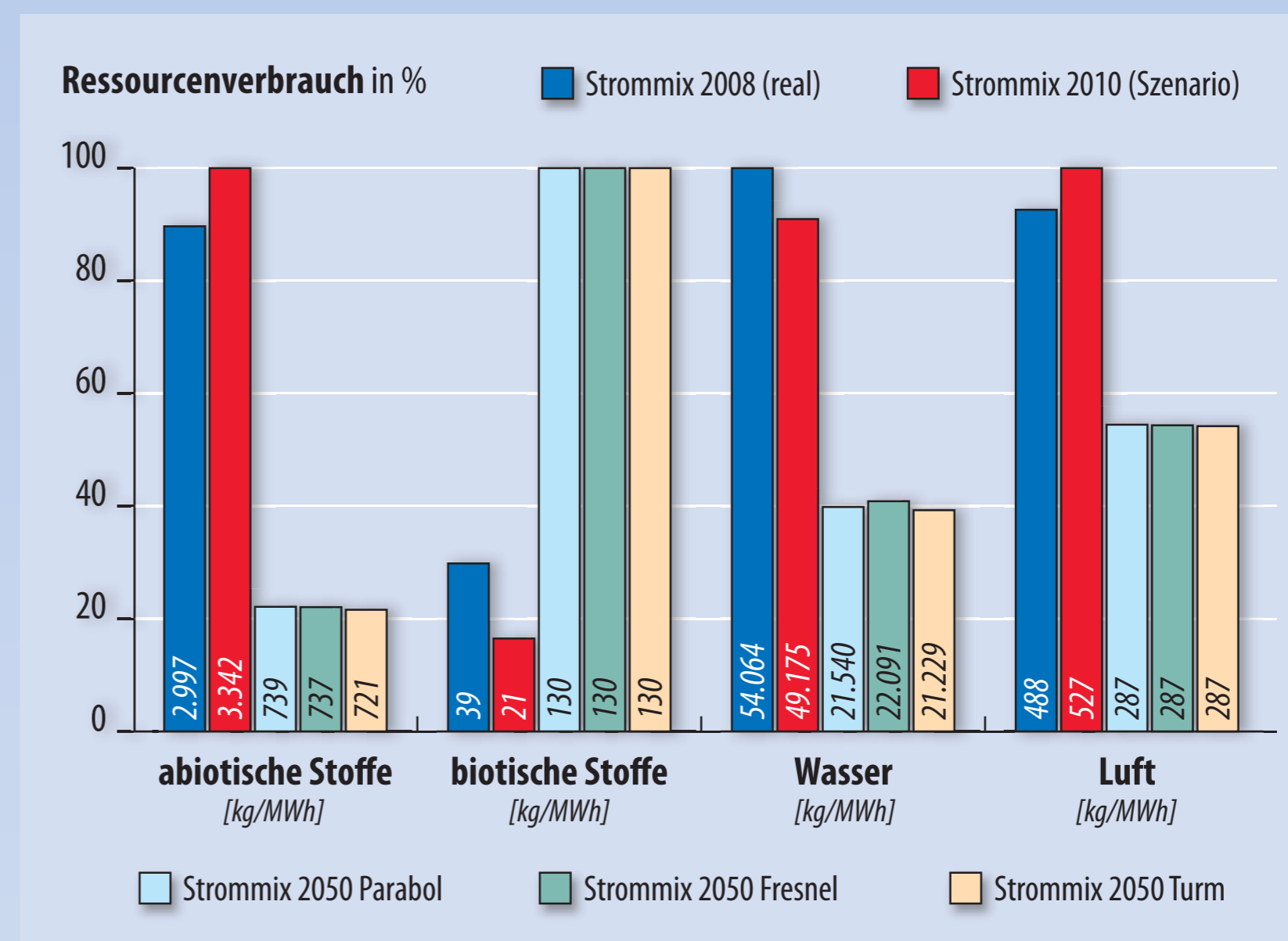


Abb. 1: Ressourcenverbrauch des Strommixes 2010 und 2050 (unterteilt nach den Technologien Parabolrinne, Fresnelkollektor und Solarturm)

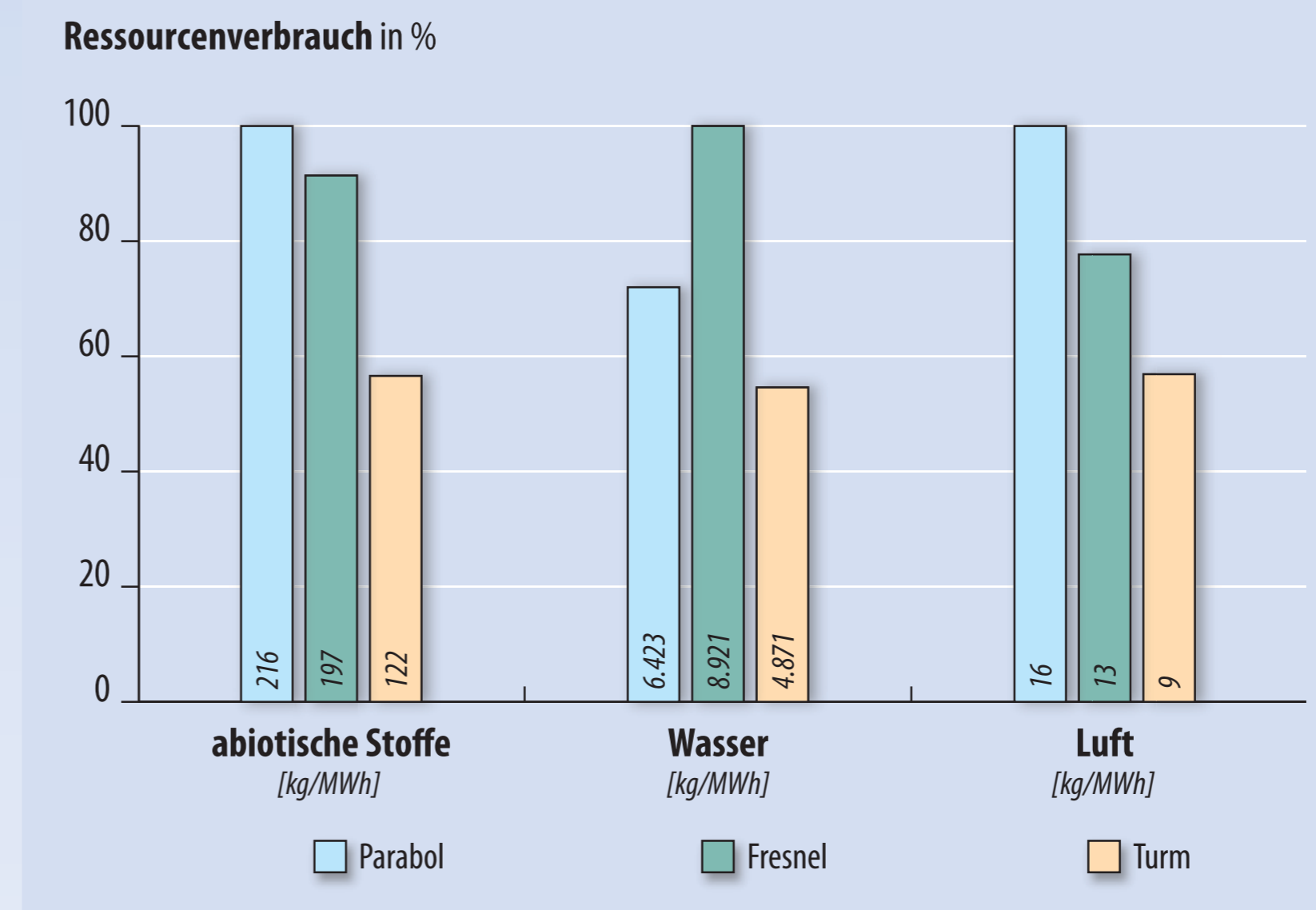


Abb. 2: Vergleich der drei Kraftwerkskonzepte Parabolrinne, Fresnelkollektor und Solarturm am Standort Marokko mit dem Bezugsjahr 2025

Regenerative Energien

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Samus, Tobias / Lang, Bastian / Rohn, Holger (2010): Ressourceneffiziente großtechnische Energieerzeugung: Potenziale von Desertec-Strom. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.



# Ressourceneffiziente Energieerzeugung durch Photovoltaik

Mit dem stetigen Wachstum des globalen Energiebedarfs wird die Notwendigkeit einer langfristig gesicherten und nachhaltigen Energieerzeugung immer deutlicher. Hierbei profiliert sich vor allem die Sonne als Energielieferant mit dem größten technisch nutzbaren Potenzial aller erneuerbaren Energien. Durch das starke Wachstum der Solarbranche sollen 2030 etwa 9 % der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland durch Photovoltaik (PV) gedeckt werden (BMU 2009). Dies führt zu einem zunehmenden Rohstoffverbrauch und so wird die Frage nach Umweltverträglichkeit und Ressourcenschonung immer dringender.

Hierzu erfolgte eine Analyse des derzeitigen Status und der Perspektiven des Photovoltaikmarktes mit Fokussierung auf zwei besonders relevante Technologien – Dickschichtmodule aus multikristallinem Silicium (mc-Si) und Dünnschichtmodule aus amorphem Silicium (a-Si) – die hinsichtlich ihres Ressourcenverbrauchs bewertet wurden (s. Cholewa / Büttgen 2010).

Die Untersuchungsergebnisse belegen für die multikristallinen Silicium- (mc-Si) Dickschichtmodule trotz des höheren Wirkungsgrads (WG=13 %) einen mehr als doppelt so hohen abiotischen Ressourcenverbrauch im Vergleich zu den amorphen (a-Si) Dünnschichtmodulen, was sich weitestgehend auf Grund des dickeren Modulaufbaus erklären lässt (Abb. 1). Die Bereitstellung von Installationsflächen für PV-Anlagen ist für die Dickschichtsysteme dagegen um 40 % geringer als für die Dünnschichtsysteme. Durch höhere Lebensdauer (30 a) und Wirkungsgradsteigerung (auf 15,5 %) lässt sich der Ressourcenverbrauch jedoch deutlich reduzieren. Auf Deutschland hochgerechnet kann unter Annahme eines PV-Anteils am regenerativ erzeugten Strom von 9 % das Ressourceneinsparpotenzial bei Verwendung der Dünnschichttechnologie bis zu 91 Mio. Tonnen abiotischer Materialien betragen (Abb. 2).

Der Ausbau der PV-Stromerzeugung und die Steigerung der Effizienz der Module, gerade im Bereich der Dünnschichttechnik, die ein vielfältiges Anwendungsfeld (z.B. Fassadenelemente und Lärmschutzwände), eröffnet, sollte weiter gefördert werden. Die Entwicklung geeigneter und wirtschaftlicher Stromspeichertechnologien ist dabei ein ebenso wichtiger Baustein und unverzichtbar für den Aufbau einer ressourceneffizienten Energieversorgung.

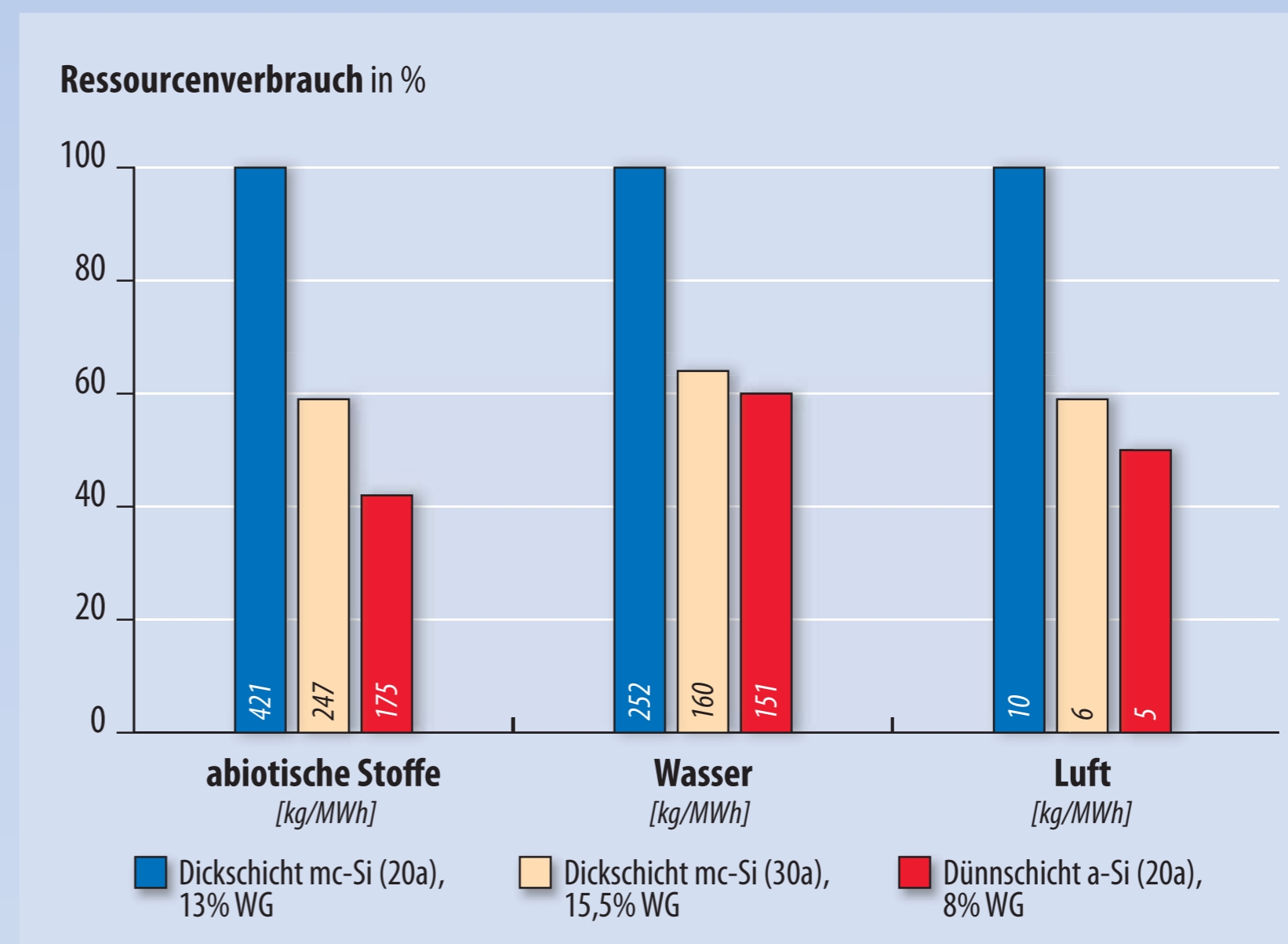


Abb. 1: Ressourcenverbrauch der untersuchten PV-Lamine in kg/MWh (Cholewa 2010) (mc-Si – Dickschicht-Laminat; a-Si – Dünnschicht-Laminat). Die Werte beziehen sich auf Lamine, ohne Modulaufbau, Installation und Wechselrichter.

Szenario	abiotische Stoffe	Wasser	Luft	Flächenbedarf
mc-Si 20a, 13 %	217 Mt	1 306 Mt	52 Mt	19 923 ha
mc-Si (30a, 15,5 %)	183 Mt	1 096 Mt	44 Mt	16 710 ha
Einsparpotenzial	- 34 Mt	- 210 Mt	- 8 Mt	- 3 213 ha
a-Si (20a, 8 %)	91 Mt	783 Mt	26 Mt	32 375 ha
Einsparpotenzial	- 126 Mt	- 523 Mt	- 26 Mt	+ 12 452 ha

Abb. 2: Ressourcenverbrauch und Einsparpotenzial bis 2030. Szenario: Stromerzeugung PV in 2030 = 25,9 TWh/a, entspricht 9,5 % des EE-Anteils und 4,8 % des Brutto-Stromverbrauchs. Annahme: nur eine der Technologien wird installiert



Abb. 3: Photovoltaikmodule einer Freiflächenanlage, Energielandschaft Morbach (Quelle: Büttgen)

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

BMU (2009): Leitszenario 2009, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
Cholewa, Anna / Büttgen, Eberhard (2010): Ressourceneffiziente Energieerzeugung: Bereich Photovoltaik. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.

Regenerative Energien

VisLab Wuppertal Institut 2010



# Ressourceneffizienzkriterien im Design

In der Arbeit wurden die Ressourceneffizienzkriterien im Design am Beispiel Mobiltelefon untersucht und in der Gestaltung eines Handys exemplarisch umgesetzt.

Anhand von Ressourceneffizienzkriterien wurden folgende Konzepte zu Dematerialisierung der Handynutzung ausgearbeitet:

- ein gewichts- und funktionsreduziertes Handy,
- ein Smartphone mit erweiterten Funktionen, welches auch andere Produkte ersetzen kann,
- ein Handy, das einer doppelten Nutzungsdauer unterliegt,
- ein Null-Energie-Handy, das sämtliche benötigte Energie aus der Umgebung bezieht.

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde eine reduzierte Variante des Mobiltelefons gestaltet (s. Abb. 2). In der Potenzialanalyse wurden die verschiedenen erarbeiteten Handy-Konzepte mit einem „Standard-Handy“ verglichen. Aufgrund der komplexen Materialzusammensetzung und der nicht vollständigen Datenlage wurden die Potenziale auf einer relativ groben Basis errechnet.

Die Berechnungen beziehen sich auf die einjährige Nutzung eines 100 Gramm schweren Handys inklusive Verpackung, Ladegerät und Stromverbrauch während der Nutzung. Beim „Standard-Handy“ ergibt sich so ein jährlicher Ressourcenverbrauch von ca. 23 kg abiotischen Materialien, 104 kg Wasser und 0,8 kg Luft. Beim reduzierten Handy sinkt der jährliche Ressourcenverbrauch durch den verminderten Materialeinsatz, bei der Verlängerung der Nutzungsdauer durch die längere Lebenszeit. Ebenso verbraucht das Null-Energie-Handy deutlich weniger Ressourcen, u.a. durch den Wegfall von Ladegerät und Stromverbrauch. Beim Smartphone steigt der Ressourcenverbrauch deutlich. Wird dadurch allerdings die Herstellung anderer Geräte vollständig vermieden, kann eine spürbare Ressourceneinsparung erfolgen.

Die Möglichkeiten der Materialeinsparung bei Mobiltelefonen lassen verbunden mit dem Massenkonsum der Geräte große Einsparmöglichkeiten im Bereich der Konsumprodukte erahnen. Daher sollte die Anwendung von Ressourceneffizienzkriterien im Design forciert werden.

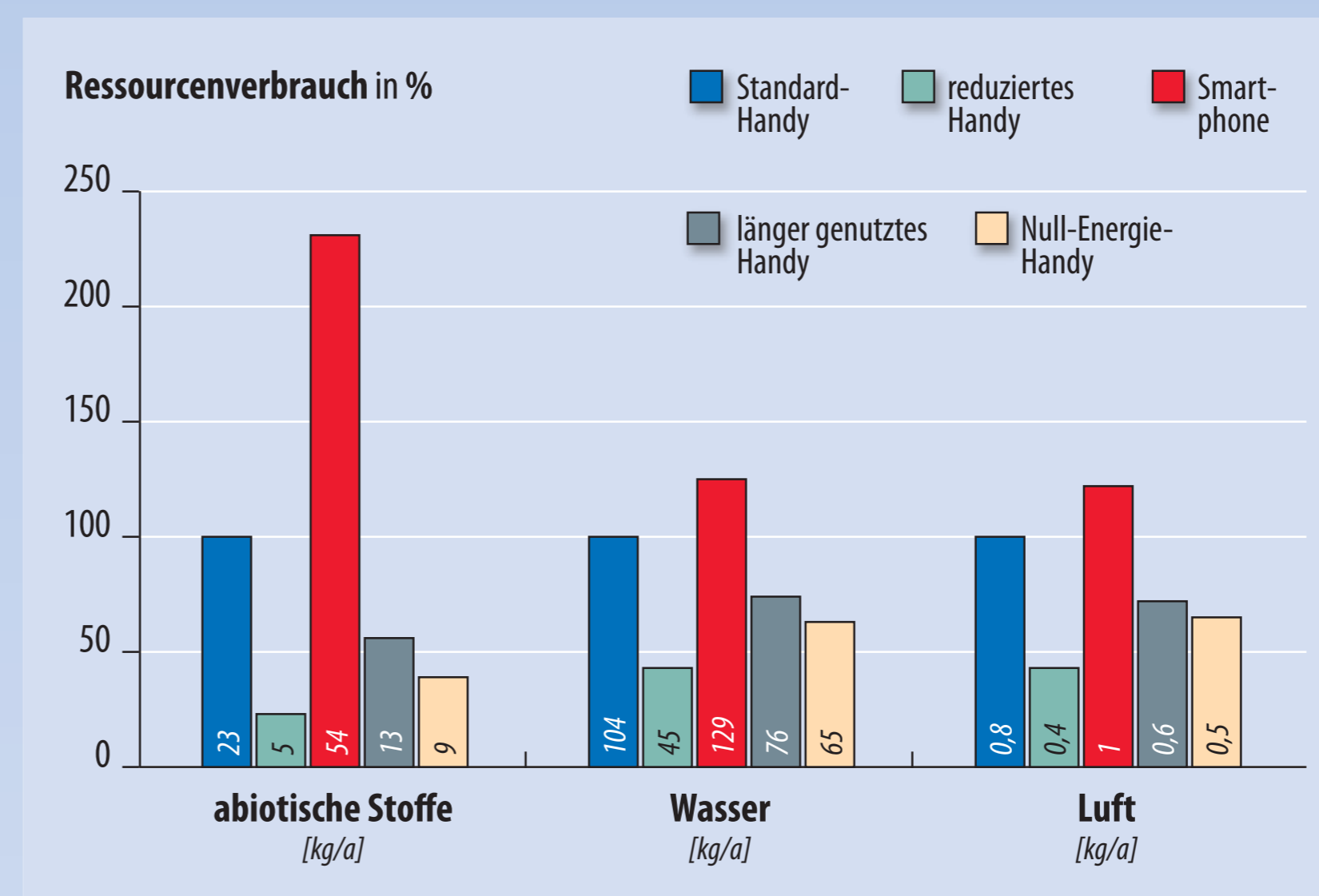


Abb. 1: Ressourcenverbrauch der verschiedenen Handy-Konzepte. Das Standard-Handy ist jeweils mit 100 % angegeben.



Abb. 2: Design des reduzierten Mobiltelefons

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Simon, Verena / Bernotat, Anke / Lettenmeier, Michael (2010): Ressourceneffizienzkriterien beim Design (Beispiel Mobiltelefon). In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.



# Green IT: Ressourceneffizienzpotenziale von Server Based Computing

Die Nutzung von Thin-Clients im Vergleich zu der Nutzung von PCs ist mit einem Material- und Energieeinsparpotenzial verbunden. Thin-Clients können am Arbeitsplatz ebenso eingesetzt werden wie PCs (Abb. 1). Der wesentliche Unterschied zum PC liegt darin, dass sie deutlich kleiner sind als PCs und sowohl die Datenverarbeitung als auch die Rechenleistung auf einem externen Server stattfindet.

In der Arbeit wurde die Hypothese geprüft, dass Thin-Clients aus ressourcenökonomischer Sicht PCs vorzuziehen sind. Dazu wird die Material-Intensitäts-Analyse zur Bewertung der beiden IT-Varianten herangezogen (s. Maga et al. 2010).

In den drei Kategorien – abiotisches Material, Wasser und Luft – ist der PC mit einem größeren Ressourcenverbrauch verbunden als der Thin-Client inkl. Serveranteil und dessen Kühlung. Der durch einen PC verursachte abiotische Materialverbrauch ist ca. doppelt so groß wie bei einem Thin-Client einschließlich Serveranteil (10 t zu 4,5 t). Auch die im gesamten Lebenszyklus verursachten Wasser- und Luftverbräuche liegen bei einem PC ungefähr doppelt so hoch wie bei dem alternativen Thin-Client (148,5 t/1,1 t zu 69 t/0,5 t) (Abb. 2).

In allen Kategorien entstehen die größten Ressourcenverbräuche (zwischen 80 und 98 %) in der Nutzungsphase. Das bedeutet, dass der Stromverbrauch der Hauptverursacher für den Ressourcenverbrauch ist. Neben der Nutzungsphase hat der Einsatz von Werkstoffen in den IT-Geräten einen nennenswerten Einfluss auf den Verbrauch des abiotischen Materials (ca. 17 % für den PC und ca. 13 % im Falle des Thin-Clients).

Da die Nutzungsphase (der Stromverbrauch) Hauptverursacher für den Ressourcenverbrauch ist, sollte die Entwicklung und der Einsatz von IT-Geräten mit geringem Stromverbrauch gefördert werden. Sinnvoll ist auch eine weitere Reduzierung von Edelmetallen in IT-Geräten. Kampagnen zur Verwendung von Thin-Clients könnten zu einer verstärkten Verbreitung beitragen.



Abb.1: Thin-Client (links) vs. PC (rechts)

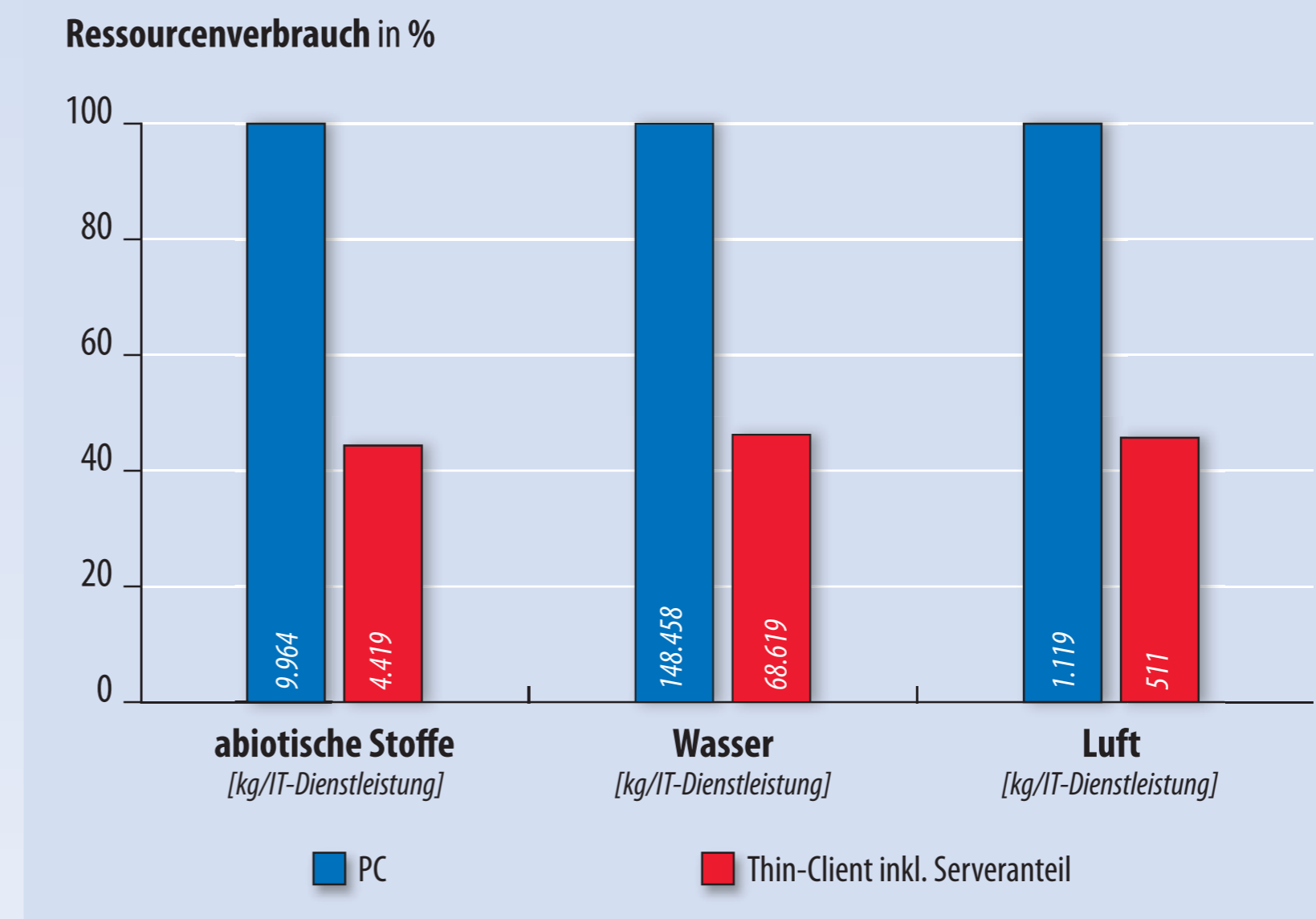


Abb. 2: Ressourcenverbrauch von PC und Thin-Client inkl. Serveranteil bei einer Nutzungsdauer von 5 Jahren über alle Lebenszyklusphasen hinweg

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Maga, Daniel / Knappertsbusch, Volker / Pflaum, Hartmut / Hiebel, Markus (2010) Green IT: Ressourceneffizienzpotenziale von Server Based Computing. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.



# Green IT: Ressourceneffizienzsteigerung bei IKT – Displayarten im Vergleich

Bedingt durch die stetig wachsende Nachfrage und die Integration von Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) in immer mehr Aktivitäten des alltäglichen Lebens ist eine Steigerung der Ressourcen- und Energieeffizienz notwendig. In fast allen Geräten der IKT sind Bildschirme enthalten. Diese bestehen zum Teil aus seltenen Metallen, welche schwer zu beschaffen sind und einen hohen Ressourcenverbrauch verursachen.

In der Arbeit wurden Flüssigkristallbildschirme, Plasma Display Panels und organische Leuchtdioden (OLED) untersucht und miteinander verglichen um die ressourcenschonendste Displayvariante zu ermitteln (s. Werner 2010). Zur Vergleichbarkeit erfolgt eine Normierung auf eine einheitliche Displaygröße. Die Ergebnisse sind auf Basis des Energieverbrauchs der Displays in der Einheit  $\text{kg}/\text{m}^2$  Bildschirmfläche bei einer durchschnittlichen Nutzungszeit von fünf Jahren und 3,5 Stunden Nutzung täglich dargestellt, um über die Materialintensität des verwendeten Stroms Rückschlüsse auf den Ressourcenverbrauch zu ziehen. Die Ressourcenaufwendungen zur Herstellung der Displays konnten nicht adäquat berücksichtigt werden. In einer groben Abschätzung der Materialzusammensetzung unter Vernachlässigung der Mikroelektronik zeigt sich, dass die im Displays verarbeiteten Materialien nur einen geringen Einfluss auf die lebenszyklusweiten Ressourcenverbräuche haben (bspw. bei LCDs sind diese <10 % des MIPS).

Die Ergebnisse aus Abb. 12 deuten darauf hin, dass OLEDs während ihrer Nutzungsphase die geringste Materialintensität aufweisen, da ihr Strombedarf 14 % unter LCDs und sogar 57 % unter PDPs liegt. Grundlage hierfür bildet die Ablösung der vorherrschenden Displayart LCD und Plasma Panel durch die organischen Leuchtdioden (OLED), wodurch als Reboundeffekt große Mengen Elektronikschrott anfallen können. Diese verursachen u.,a. beim Recycling gesundheitsschädliche Quecksilberemissionen.

OLEDs sind im Hinblick auf den Ressourcenverbrauch und ihre Anwendbarkeit als aussichtsreich zu betrachten. Allerdings sind diese derzeit nur in wenigen Segmenten wettbewerbsfähig. Eine wesentlicher Treiber für den Ressourcenverbrauch liegt in der Leistungsaufnahme der Geräte, wobei zukünftig präzise Untersuchungen der hier nicht ausreichend berücksichtigten Herstellungs- und Verwertungsphase erfolgen sollten.

Abiotischer Ressourcenverbrauch in %

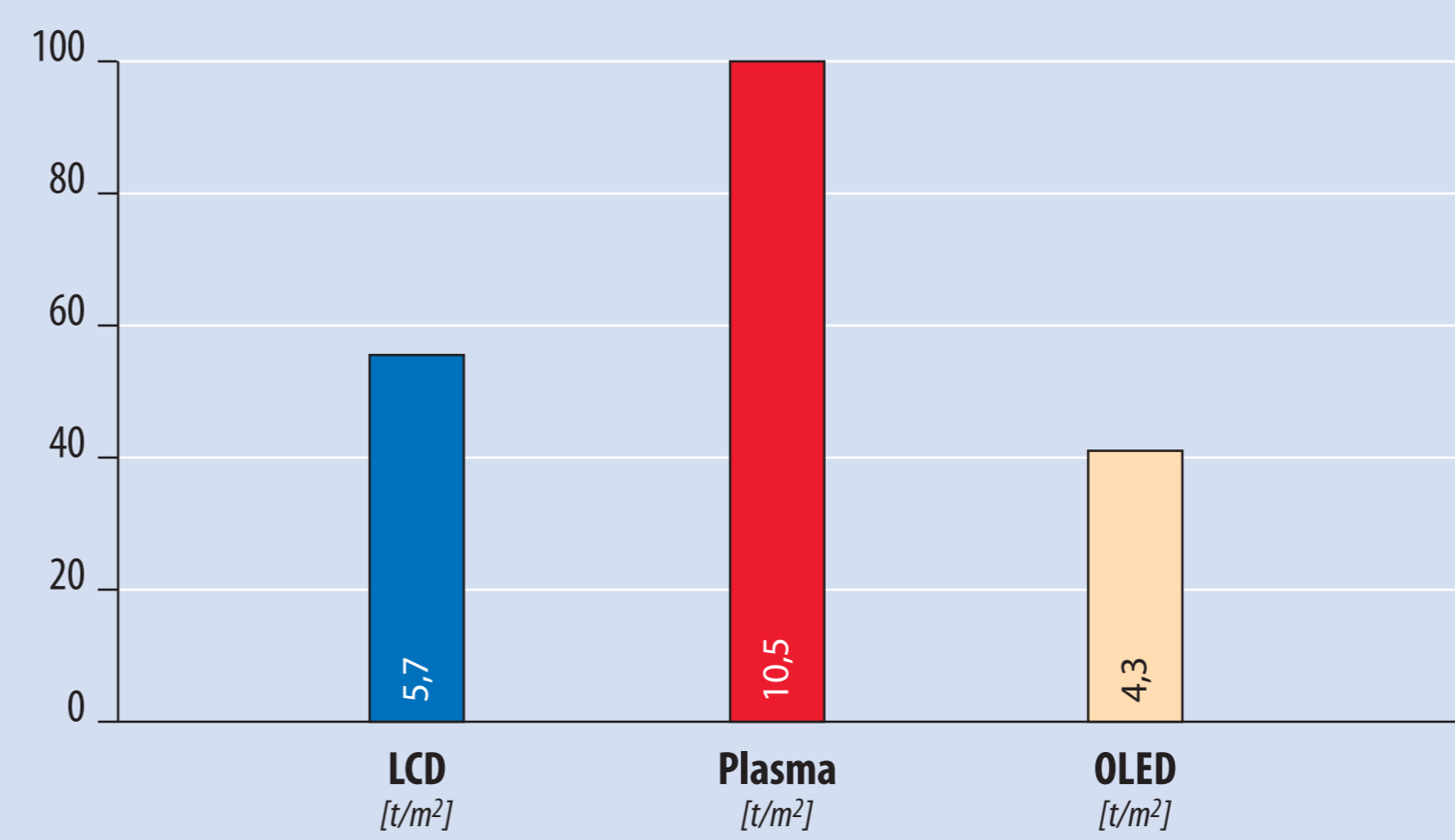


Abb.1: Das Verhältnis des Ressourceneinsatzes zwischen den drei Technologien LCD, Plasma und OLED in Abhängigkeit vom deutschen Strommix (2008), bei Vernachlässigung der Herstellungsphase.

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Werner, Katrin / Geisendorf, Sylvie / Lang, Bastian (2010): Green IT – Ressourceneffizienzpotenziale der IKT – Displayarten im Vergleich. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.



# Ressourceneffizienzpotenziale beim Recycling mittels RFID-Kennzeichnung

Die Mengen an Elektro-/Elektronikaltgeräten (EAG) steigen und enthalten Wertstoffe wie Metalle, Edelmetalle und Kunststoffe. In Deutschland werden Altgeräte gemäß dem Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten getrennt gesammelt und dem Recycling zugeführt.

Viele „Mülltonnen-gängige“ kleine EAG finden jedoch nicht den Weg in das Rücknahmesystem und die enthaltenen Wertstoffe gehen in Müllverbrennungsanlagen (MVA) verloren. Die Kennzeichnung der Primärprodukte mit Etiketten für Radio Frequency Identification (RFID) und die Vorschaltung eines automatisierten Sortierungsvorgangs bei den MVA könnte die Rückführung der Wertstoffe in den Stoffkreislauf unterstützen.

Vor diesem Hintergrund erfolgt ein Vergleich des Ressourcenverbrauchs für ein Kilogramm Recyclat aus kleinen EAG auf Basis der für das Jahr 2006 gemeldeten Verwertungsquoten mit einem Szenario, in dem 80 % der aus dem Hausmüll zu den MVA gelangenden kleinen EAG automatisch erkannt, aussortiert und zusätzlich dem Rücknahmesystem für EAG zugeführt werden (Udes et al. 2010).

Durch das Recycling eines Teils der in der Hausmüllfraktion befindlichen kleinen EAG mit Hilfe der automatisierten Aussortierung ist der Materialbedarf pro kg EAG-Recyclat trotz Mehraufwand durch die RFID-Etiketten in den betrachteten Ressourcenkategorien um über 10 % geringer (Abb. 1 und 2). Bezogen auf die Referenzmengen des Jahres 2006 bei einer Zusammensetzung der kleinen EAG entsprechend den Verkaufszahlen des Jahres 2008 ergibt sich für Deutschland ein Potenzial für zusätzlich recycelbare Wertstoffe in Höhe von 5,7 Tsd. t. Die Ressourceneffizienzpotenziale betragen somit pro Jahr für abiotisches Material ca. 270 Tsd. t, für Wasser ca. 1 300 Tsd. t und für Luft ca. 21 Tsd. t. Es lassen sich auch seltene bzw. wertvolle Wertstoffe zurückgewinnen, die teilweise einen großen „ökologischen Rucksack“ aufweisen.

Mit Blick auf den weiter zunehmenden Ressourcenverbrauch durch Elektro-/Elektronikgeräte besteht Handlungsbedarf beim Schließen der Stoffkreisläufe für diese Produkte. Eine verpflichtende Kennzeichnung der in Deutschland verkauften Geräte mit RFID-Tags könnte ein effizienteres Recycling unterstützen.

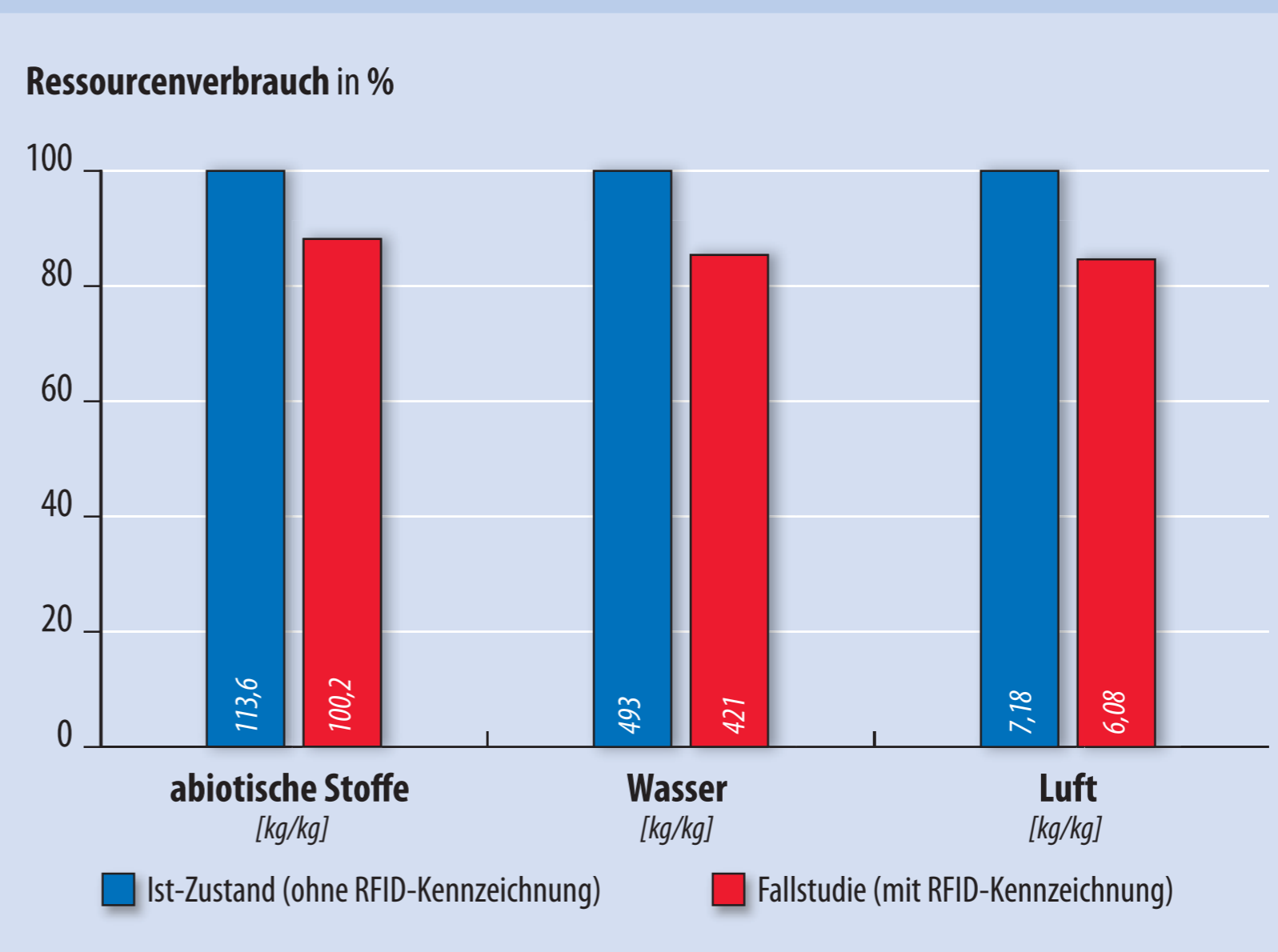


Abb. 1: Ressourcenverbrauch pro kg Recyclat mit Einsatz von RFID-Kennzeichnung (Fallstudie) bezogen auf die für das Jahr 2006 gemeldeten Verwertungsquoten (Ist-Zustand)

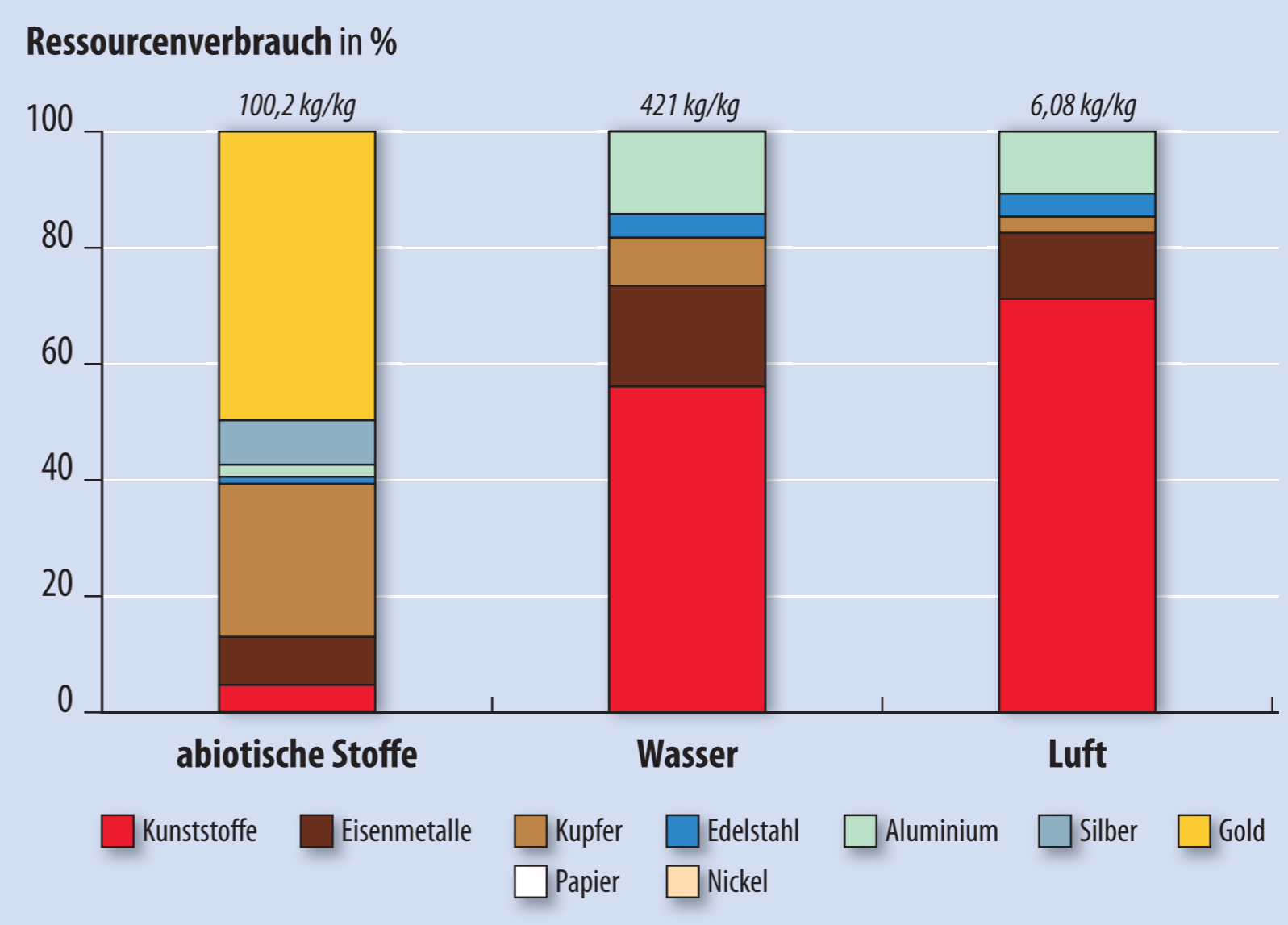


Abb. 2: Ressourcenverbrauch und Anteile der Stoffe an dem Ressourcenverbrauch innerhalb der Ressourcenkategorien für die Fallstudie (in kg pro kg Recyclat), wobei Gold und Silber in den Kategorien Wasser und Luft aufgrund fehlender Datengrundlage nicht berücksichtigt sind

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Udes, Jan / Grismajer, Martin / Heyer, Steffen (2010): Ressourceneffizienzpotenziale beim Recycling von Elektro- und Elektronikaltgeräten durch Rückgewinnung aus dem Hausmüll mit Hilfe einer RFID-Kennzeichnung der Primärprodukte. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.



# Ressourceneffizienzpotenziale in der Lebensmittelproduktion – Fisch

Mit einem durchschnittlichen weiter wachsenden Pro-Kopf-Verbrauch von 15,6 kg (Fanggewicht) pro Bundesbürger im Jahr 2008 ist Fisch ein immer wichtiger werdendes Lebensmittel. Vor diesem Hintergrund wurde in dieser Arbeit der Bereich Fisch analysiert. Ermittelt wurden die Ressourceneffizienzpotenziale mit den Fallbeispielen Alaska Seelachs, Lachs, Hering, Kabeljau und Thunfisch in verschiedenen Verarbeitungsformen und Fangländern.

Bei der Betrachtung von Fischfang-Methoden (s. Abb. 2) wird deutlich, dass es zwei wichtige Faktoren gibt, die einen großen Einfluss auf den Ressourcenverbrauch nehmen. Zum Einen der bei Fischfang entstehende Beifang von ca. 40 %, der sich in der Ressourcenkategorie biotisches Material widerspiegelt. Abb. 3 zeigt am Beispiel „Fang von Kabeljau“, dass 1,82 kg/kg biotisches Material pro Kilogramm verzehrfertigen Fisches bei konventionellen Fangmethoden verbraucht werden. Zum Anderen die Ressourcenkategorie Bodenbewegung, sprich der Anteil an Meeresboden, der durch konventionelle Methoden aufgewirbelt und somit verletzt wird (364 kg/kg).

Durch nachhaltigere Fischereimethoden, die weniger Bodenbewegung erzeugen, könnten die negativen Folgen des Eingriffs in das Ökosystem „Meeresboden“ eingeschränkt werden. Dieser Aspekt hat bis heute nur wenig Beachtung in der wissenschaftlichen Diskussion gefunden, sollte in Zukunft aber detaillierter betrachtet werden. Darüber hinaus sollte die relativ große Menge an Beifang verringert werden; idealerweise durch den Einsatz von effizienteren Fangmitteln und -methoden (s. Lukas et al. 2010).



Abb. 1: Der Pro-Kopf-Verbrauch bei Fisch lag 2008 bei 15,6 kg (Fanggewicht). Foto: Photodisc

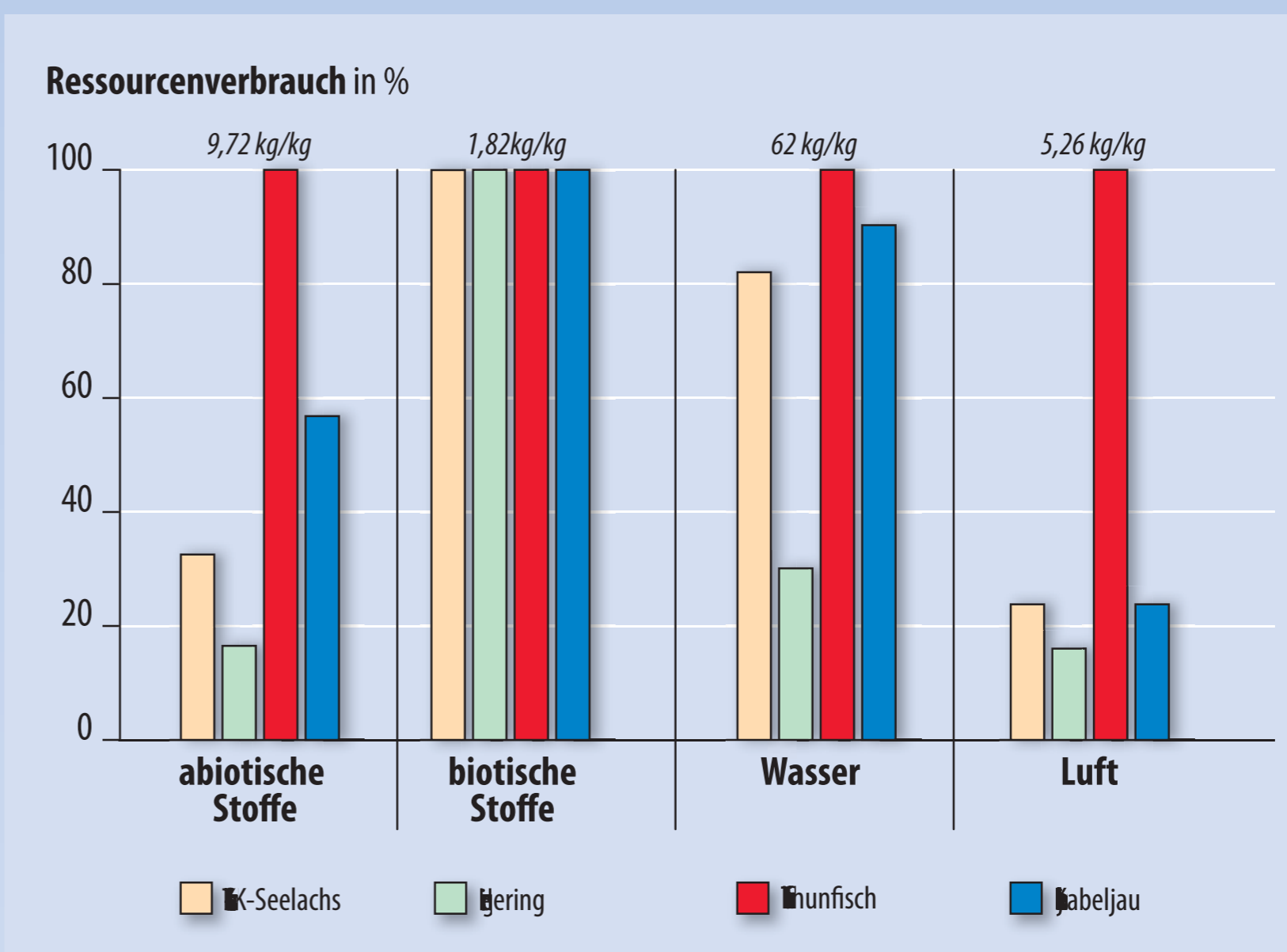


Abb. 2: Vergleich des Ressourcenverbrauchs für die untersuchten Fallbeispiele

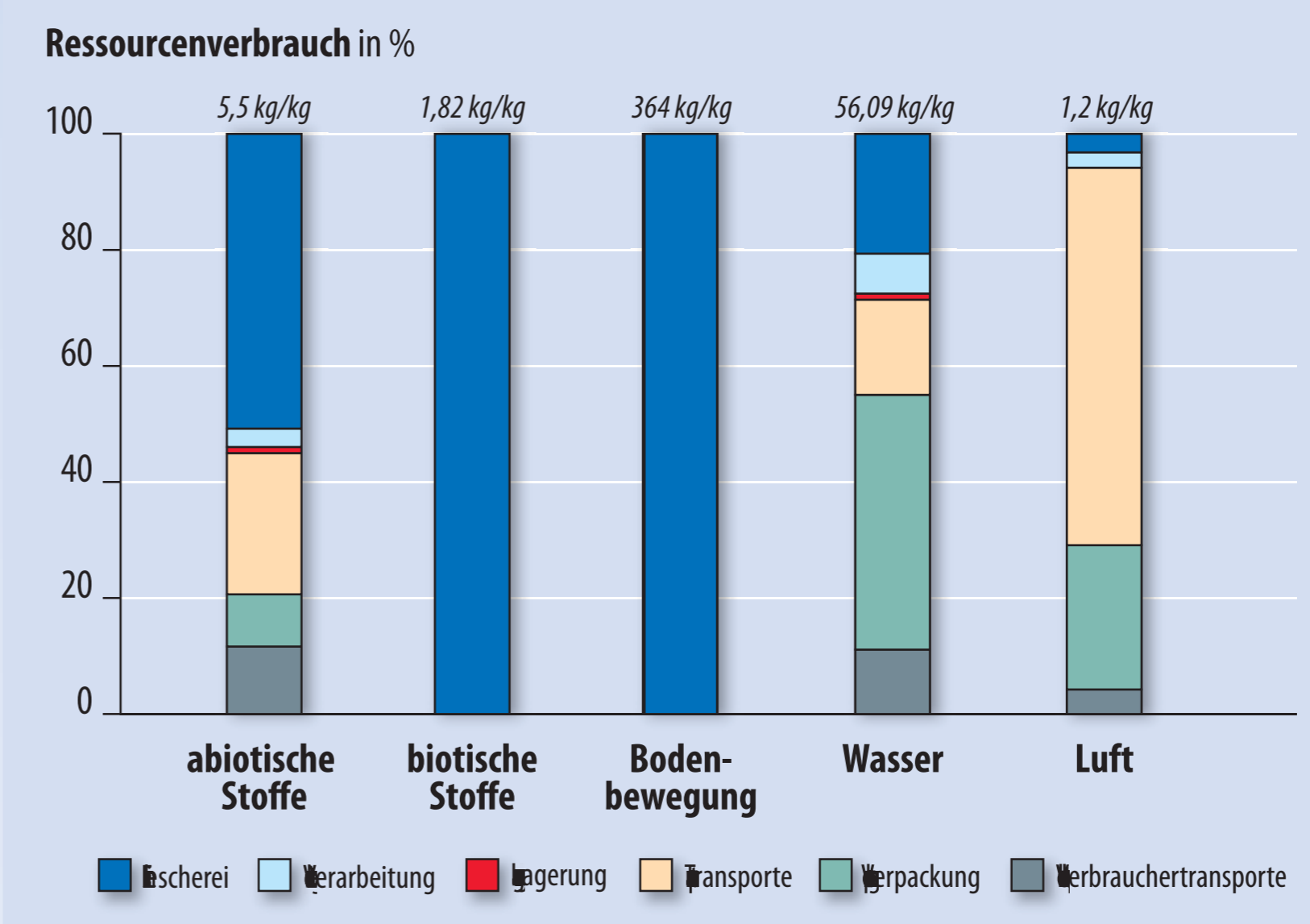


Abb. 3: Ressourcenverbrauch für Fang und Verarbeitung von Kabeljau zu tiefgekühltem Filet

in Kooperation mit:



Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Lukas, Melanie / Eberhard, Almuth / Stöwer, Lene / Rohn, Holger / Lettenmeier, M. / Teitscheid, Petra (2010): Potenziale zur Ressourceneffizienzsteigerung in der Lebensmittelproduktion am Beispiel Obst, Gemüse und Fisch. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.



# Ressourceneffizienzpotenziale in der Lebensmittelproduktion – Obst

Der Anteil des Bedarfsfeldes Ernährung am Ressourcenverbrauch in Deutschland liegt bei ca. 20 %. Aufgrund des großen Anteils lassen sich erhebliche Ressourceneffizienzpotenziale im Bereich der unterschiedlichen Wertschöpfungsketten von Nahrungsmittelprodukten erwarten. Vor diesem Hintergrund wurde in dieser Arbeit der Bereich Obst analysiert.

Im Jahr 2007 haben die deutschen Haushalte durchschnittlich 86 Kilogramm Frischobst je Haushalt eingekauft. Äpfel (20,7 kg), Bananen (16,9 kg) und Orangen (10 kg) sind die am häufigsten eingekauften Frischobstarten in Deutschland. In dieser Ausarbeitung erfolgte die Ermittlung der Ressourceneffizienzpotenziale der Lebensmittelgruppe Obst mit den Fallbeispielen Orangen, Erdbeeren, Äpfel und Bananen mit unterschiedlichen Anbauarten.

In allen Szenarien des Obstanbaus wird deutlich, dass „Wasser“ ein wichtiger Faktor in Bezug auf den Materialaufwand ist. Besonders die Produktion von Orangen (255 kg/kg) (Abb. 2) und Erdbeeren (249 kg/kg) (Abb. 3) erfordert viel Wasser. Im Szenario Bananen fällt auf, dass enorme Humusabtragungen in der Erzeugung entstehen (212 kg/kg). Der Verbrauch von abiotischen Materialien und Luft ist im Fallbeispiel Orangen hauptsächlich auf die Transporte zurückzuführen (s. Stöwer et al. 2010).

Potenziale liegen in der weiteren Förderung sparsamer Bewässerungstechnologien und in der Entwicklung von Kriterien und Branchenstandards für Wasser- und Landnutzung im Obstsektor. Durch alternative Anbautechniken, wie z. B. integrierten oder biologischen Anbau, können Dünger- und Pestizideinsatz gesenkt und damit der Materialinput reduziert werden.



Abb. 1: Orangen sind eine der am häufigsten eingekauften Frischobstarten in Deutschland. (Foto: PhotoDisc)

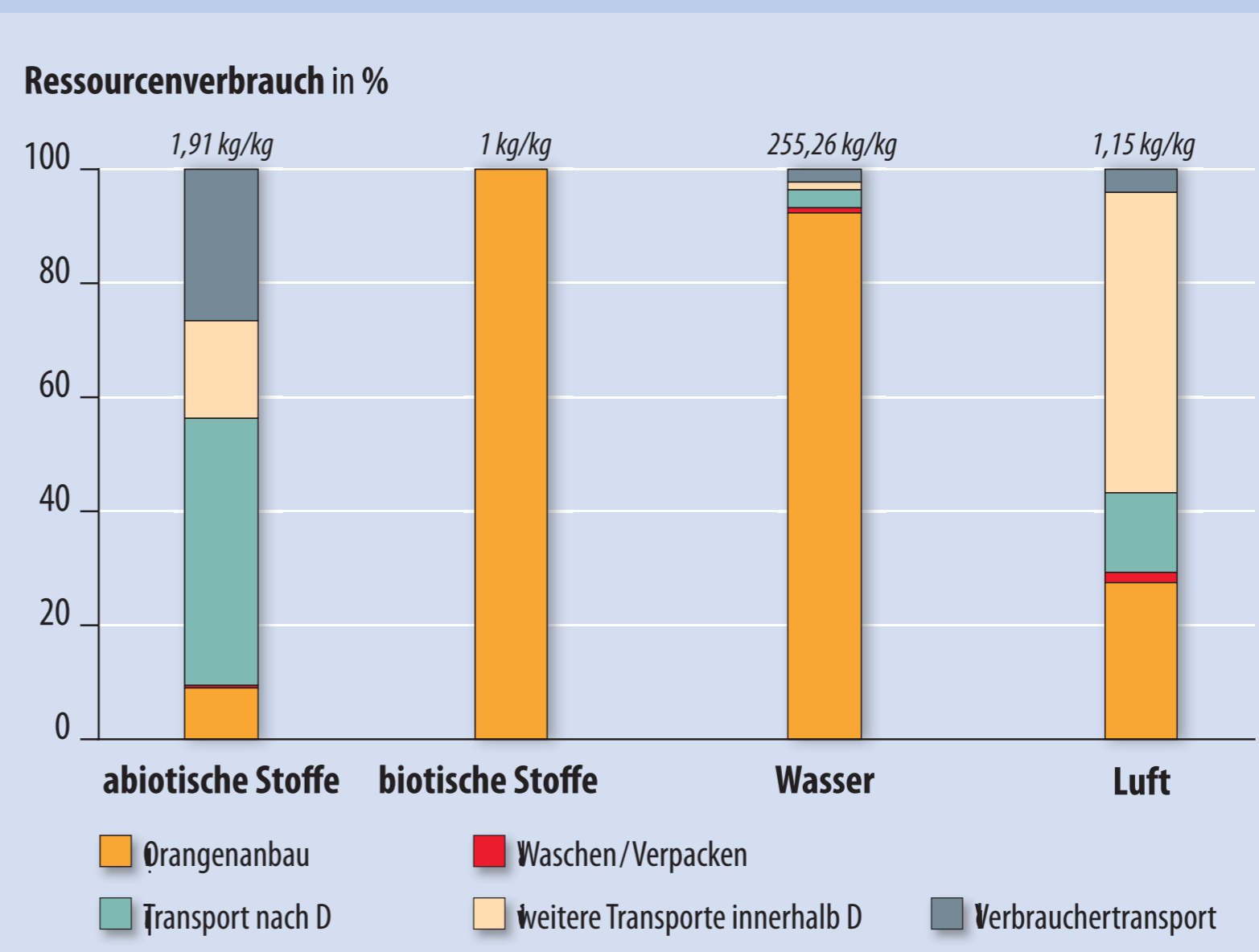


Abb. 2: Ressourcenverbrauch von „Orangen aus integrierter Produktion in Spanien“ nach Ressourcenkategorien

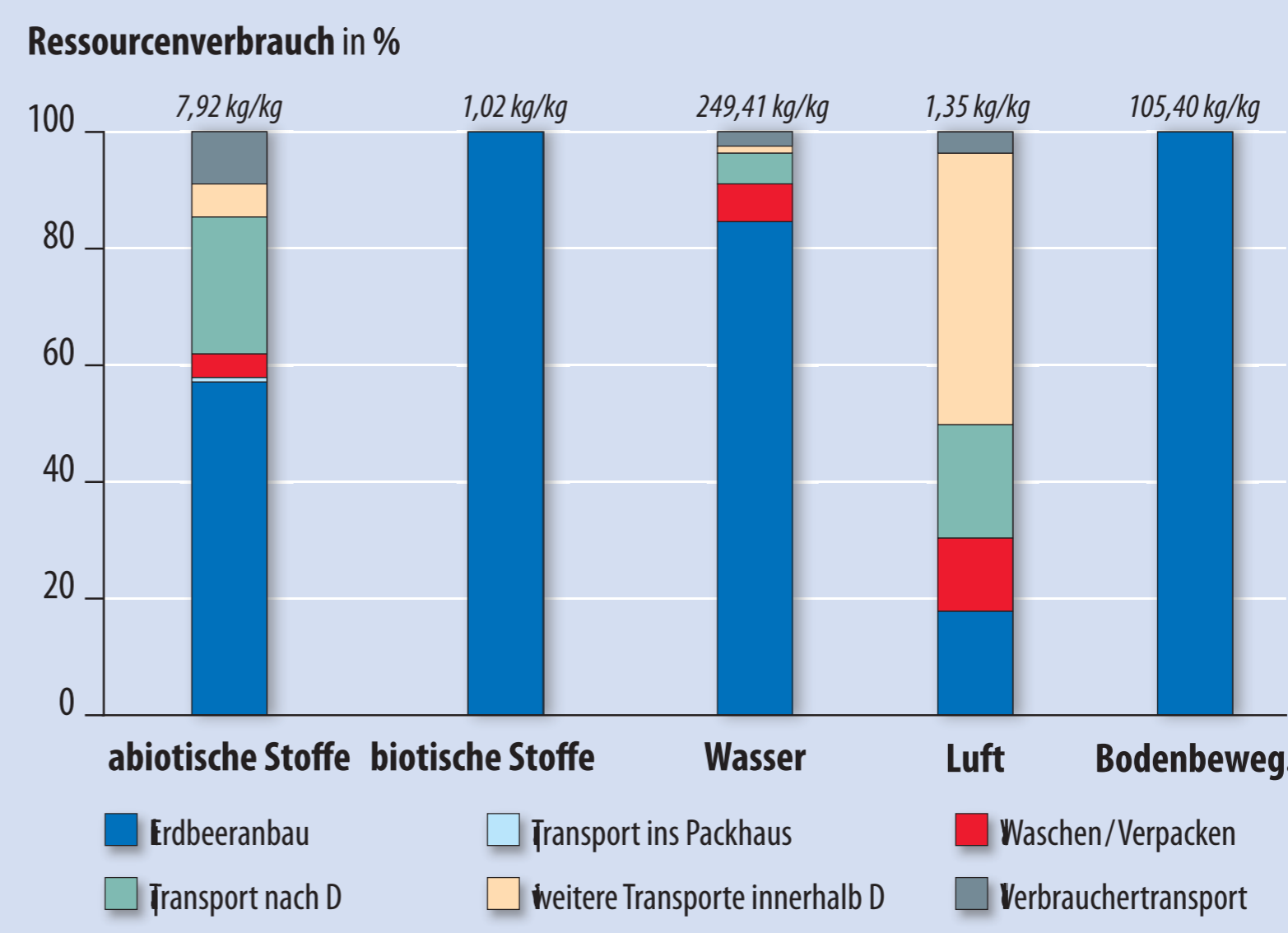


Abb. 3: Ressourcenverbrauch für Erdbeeren aus konventionellem Anbau in Spanien

in Kooperation mit:



Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Stöwer, Lene / Lukas, Melanie / Eberhard, Almuth / Rohn, Holger / Lettenmeier, M. / Teitscheid, Petra (2010): Potenziale zur Ressourceneffizienzsteigerung in der Lebensmittelproduktion am Beispiel Obst, Gemüse und Fisch. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.



# Ressourceneffizienzpotenziale in der Lebensmittelproduktion – Gemüse

Seit den 1990er-Jahren hat der Verzehr von Gemüse in Deutschland deutlich zugenommen. Die am häufigsten gekaufte Gemüseart ist schon seit vielen Jahren die Tomate (Einkaufsmenge pro Haushalt 2008: 10,5 kg). Vor diesem Hintergrund erfolgte in dieser Ausarbeitung die Ermittlung der Ressourceneffizienzpotenziale der Lebensmittelgruppe Gemüse am Fallbeispiel der Tomate mit unterschiedlichen Anbau- bzw. Verarbeitungsarten.

Bei den Szenarien des Gemüsebaus (hier: Tomate) wird deutlich, dass „Wasser“, vor allem auch beim Anbauprozess, einen wichtigen Faktor in Bezug auf den Materialaufwand darstellt. Wie Abb. 2 verdeutlicht, ist der Wasserverbrauch beim Tomatenanbau in den Niederlanden mit 285 kg/kg besonders hoch. Als Ursache hierfür sind zum Beispiel die Materialien Stahl, Beton und Glas des Gewächshauses zu nennen. Auffällig sind auch die hohen Werte der Bodenbewegung in den Szenarien „Spanien“ (37 kg/kg) (Abb. 3) und „Italien“ (65 kg/kg) (s. Eberhard et al. 2010).

Potenziale für den Gemüsebau liegen in der Förderung sparsamer Bewässerungstechnologien, der Entwicklung neuer Ideen zur Ressourcenschonung, wie z. B. dem Einsatz von Schafwolle anstatt Steinwolle für die Substratkultur, der Senkung des Energieverbrauchs in Gewächshäusern durch spezielles Isolierglas oder die Verwendung von biologisch abbaubaren Clipsen und Schnüren zur Befestigung der Pflanzen. Eine interessante Idee ist der Einsatz von Wasser aus der Fischzucht zur Bewässerung und Düngung. Bereits heute gibt es Stadtteile, die durch die Abwärme aus Gewächshäusern Wärme gewinnen. Durch die Ansiedelung von Gewächshäusern in der Nähe von Wohngebieten können zudem Transportwege reduziert werden.



Abb. 1: Die Tomate stellt für den Konsum weltweit, aber auch in Deutschland die wichtigste Gemüseart dar. (Foto: PhotoDisc)

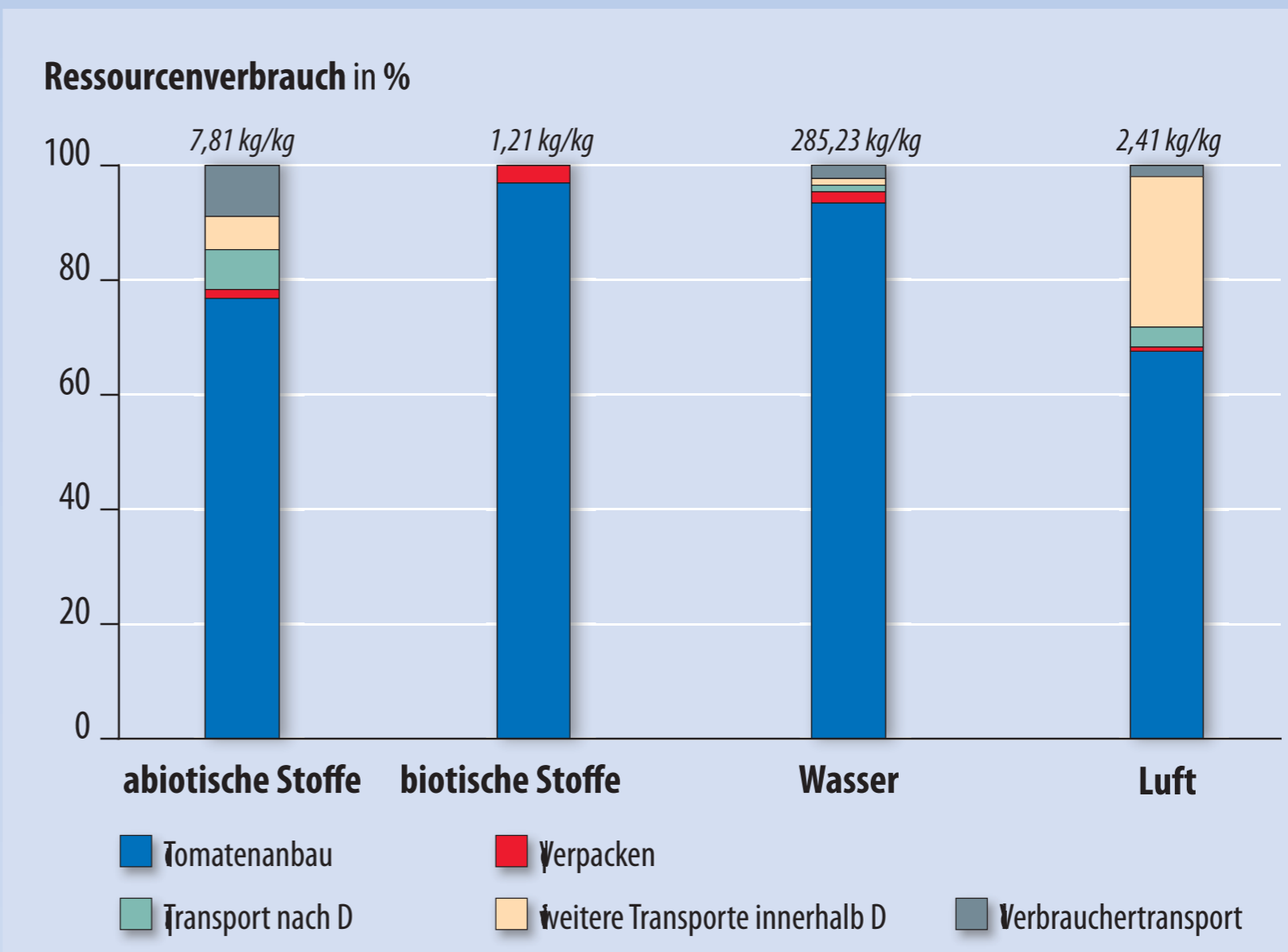


Abb. 2: Ressourcenverbrauch am Beispiel „Frische Tomaten aus den Niederlanden“ nach Ressourcen-Kategorien

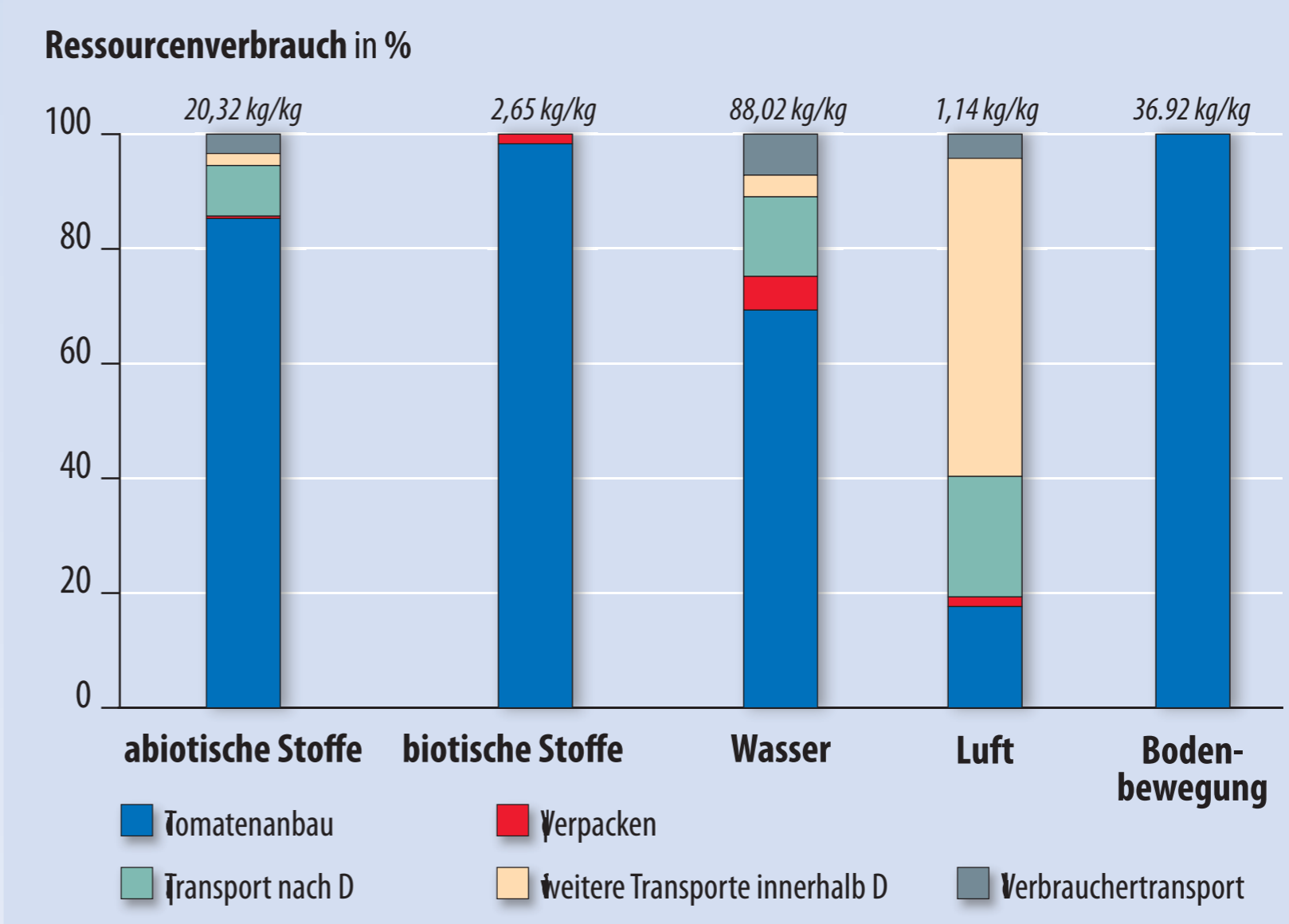


Abb. 3: Ressourcenverbrauch für Tomaten unter Glas, Spanien

in Kooperation mit:



Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Eberhard, Almuth / Lukas, Melanie / Stöwer, Lene / Rohn, Holger / Lettenmeier, M. / Teitscheid, Petra (2010): Potenziale zur Ressourceneffizienzsteigerung in der Lebensmittelproduktion am Beispiel Obst, Gemüse und Fisch. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.



# Ressourceneffizienzpotenziale der Intelligenten Landtechnik

Um für die zunehmende Bevölkerung der Erde hochwertige Nahrungsmittel ressourcenschonend zu erzeugen und somit langfristig stabile Erträge zu erzielen, spielt neben dem Züchtungsfortschritt und der Weiterentwicklung von Dünger sowie Pflanzenschutzmitteln auch intelligente Landtechnik, also die Nutzung moderner Technologien wie Informationstechnik oder Sensorik, eine Rolle. Aufgrund der Relevanz der Stickstoff (N)-Düngung wurde das Ressourceneffizienzpotenzial der variablen Düngung unter Einsatz von sogenannten N-Sensoren ermittelt (Abb. 3). Diese ermitteln die optimale Stickstoffmenge bei variierendem Ernährungszustand des Pflanzenbestandes.

Für den weit verbreiteten Weizenanbau wird die konstante Düngung ohne N-Sensor (Ist-Zustand) mit der variablen Düngung mit N-Sensor (Fallstudie) verglichen. Als Serviceeinheit wird der Material-Input für die Düngung von 400 ha Feldfläche verwendet. Berücksichtigt werden die Materialien des Düngers Kalkammonsalpeter und des N-Sensors, der Transport des Düngers sowie der Kraftstoff für das Ausbringen (Schimanski et al. 2010).

Durch variable Düngung werden N-Dünger-Einsparungen von 12% und Mehrerträge von durchschnittlich 6% (umgerechnet in N-Dünger-Einsparung) angenommen. Für das Untersuchungsbeispiel reduziert sich der Verbrauch abiotischer Materialien um 15,4%, von Wasser um 15,3% und von Luft um 15,2% (Abb. 1). Den größten Anteil am Ressourcenverbrauch hat der Kalkammonsalpeter (Abb. 2).

Die variable Düngung mit N-Sensor erscheint aus Sicht der Ressourceneinsparung sinnvoll. Ein N-Sensor amortisiert sich erst ab einer gewissen Betriebsgröße, weswegen im Berechnungsbeispiel 400 ha als betrachtete Fläche in einem Betrieb mit 800 ha angenommen wurden. Durch die Umstrukturierung vieler Betriebe hin zu größeren Betriebsflächen werden N-Sensoren für mehr Betriebe interessant. Kleinere Betriebe könnten N-Sensoren gemeinsam nutzen, wie für andere Maschinen in Maschinenringen bereits seit Jahrzehnten praktiziert wird. Außerdem könnten Lohnunternehmen Sensoren verleihen oder die Arbeiten in unterschiedlichen Betrieben durchführen.

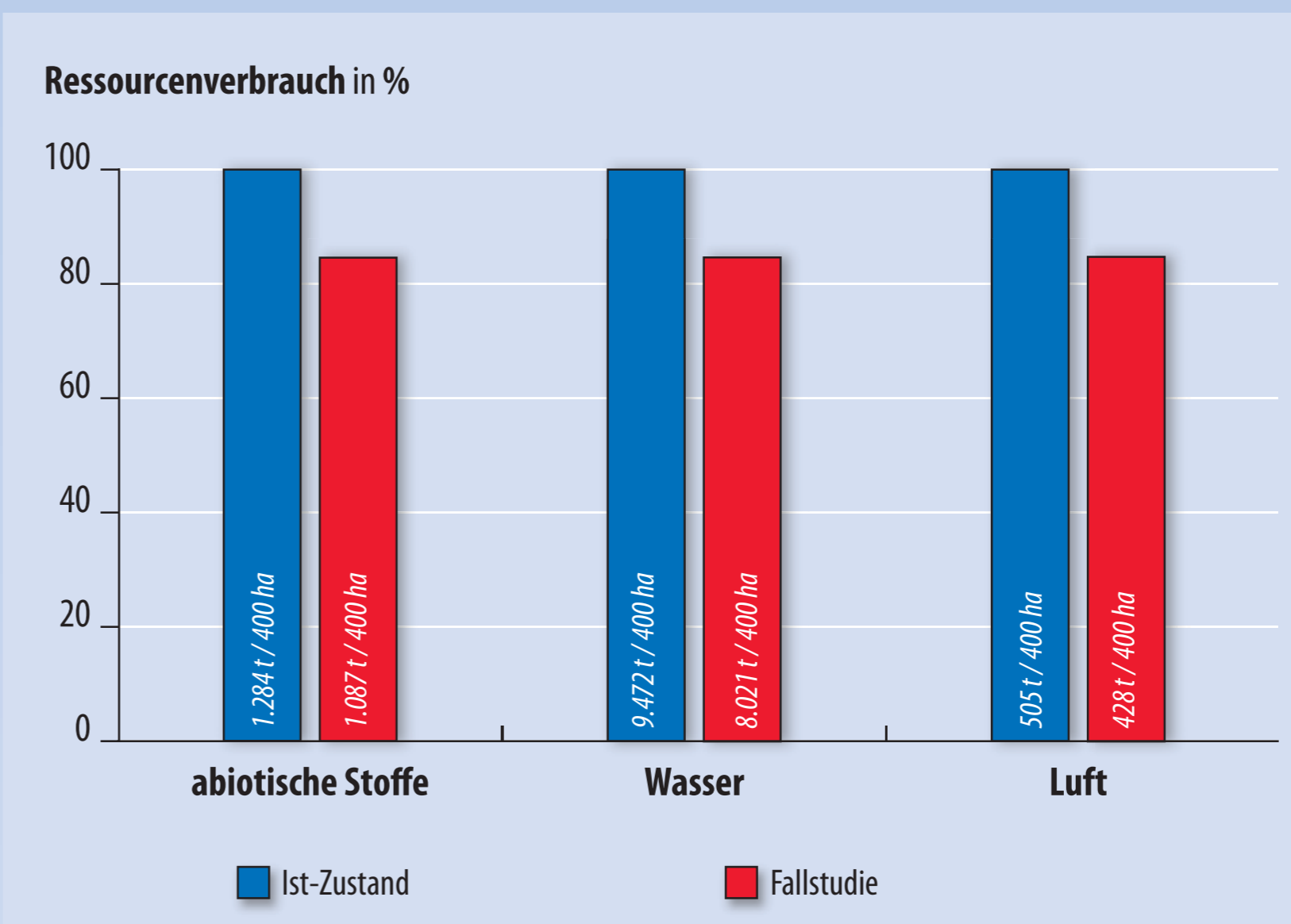


Abb. 1: Ressourcenverbrauch in t für die Düngung eines Weizenfeldes von 400 ha Anbaufläche bei variabler Düngung (Fallstudie) bezogen auf die konstante Düngung (Ist-Zustand)

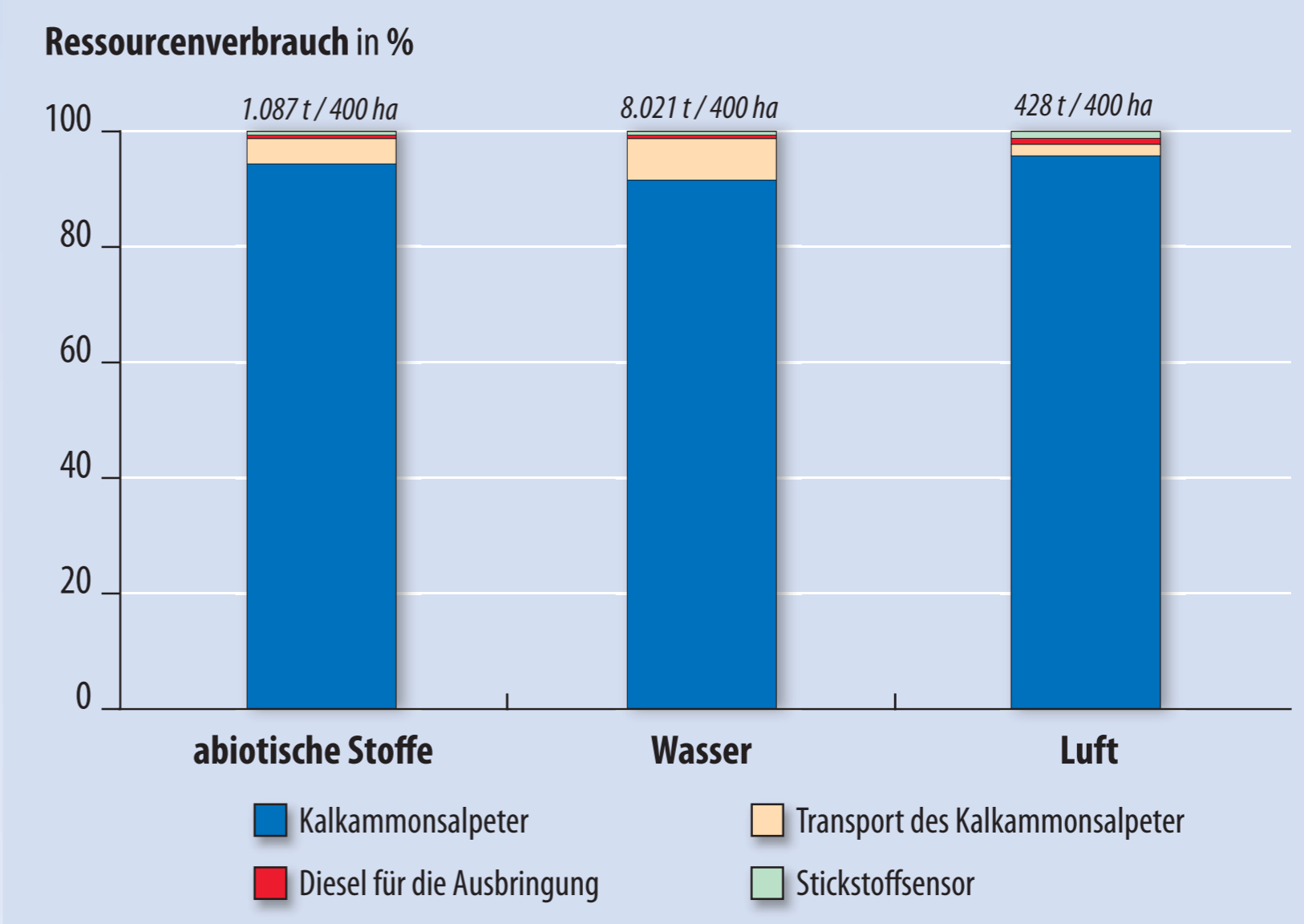


Abb. 2: Ressourcenverbrauch und Anteile am Ressourcenverbrauch innerhalb der Ressourcenkategorien für die Fallstudie (in t für die Düngung von 400 ha Anbaufläche)

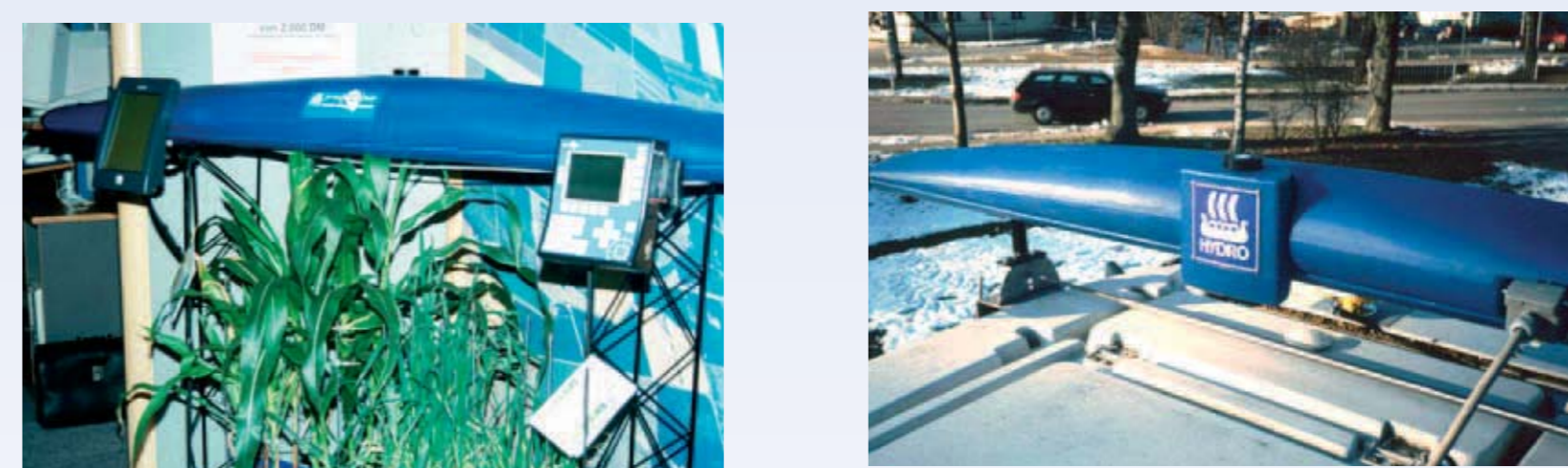


Abb. 3/4: Beispiele für N-Sensoren (hier vom Hersteller Hydro/Yara).  
Quellen: TU München, Lehrstuhl für Landtechnik / Schön sowie FG Technik im Pflanzenbau / Auernhammer

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Schimanski, Lisa Marie / Bernhardt, Heinz / Heckmann, Markus / Grismajer, Martin (2010): Ressourceneffizienzpotenziale der Intelligenten Landtechnik am Beispiel des Einsatzes von Stickstoffsensoren bei der Düngung. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.



# Ermittlung von Ressourceneinsparpotenzialen im Güterverkehr

Der Sektor Verkehr impliziert nach aktuellen Studien neben Bauen und Wohnen sowie Ernährung den größten Ressourcenverbrauch. Während in vielen Bereichen bereits eine Umkehr des Wachstumstrends zu verzeichnen ist, wächst der Verkehrssektor nach wie vor. Das Transportaufkommen betrug im Jahr 2008 insgesamt 4,478 Mrd. Tonnen. Die Verkehrsleistung belief sich auf 668,1 Mrd. tkm.

Vor diesem Hintergrund erfolgt in dieser Arbeit ein Vergleich des Ressourcenverbrauchs von Straßengüter-, Schienengüter-, Binnenschiff- und Luftgüterverkehr. Hierzu wurde der bei der Herstellung, Wartung und in der Nutzungsphase entstehende Ressourcenverbrauch der unterschiedlichen Verkehrsmittel ermittelt. Im nächsten Schritt wurden die jeweiligen Infrastruktursysteme mit einbezogen. Anhand ausgewählter Optimierungsansätze wurde im Weiteren aufgezeigt, welche Potenziale zur Senkung des Ressourcenverbrauchs in den jeweiligen Verkehrssystemen vorhanden sind (s. Aydin et al. 2010).

Als Optimierungsmaßnahmen wurden die Einführung von Telematiksystemen, Kraftstoffverbrauchsreduktionen der Verkehrsmittel und eine Verringerung der Straßenbreite näher untersucht. Durch Einführung der hier untersuchten Optimierungsmaßnahmen ist, bezogen auf die Verkehrsleistung aus dem Jahr 2008, ein Einsparpotenzial von 135,6 Mio. Tonnen (10 %) abiotischen Materials, 931,8 Mio. Tonnen (9 %) Wasser und 15,9 Mio. Tonnen (13 %) Luft vorhanden (Abb. 1).

Die Infrastruktur verbraucht sehr viele Ressourcen, bietet aber nur über längere Zeiträume Änderungspotenzial. Betrachtet man die Verkehrsmittel, sehen viele Experten ein großes Potenzial in den Telematiksystemen.

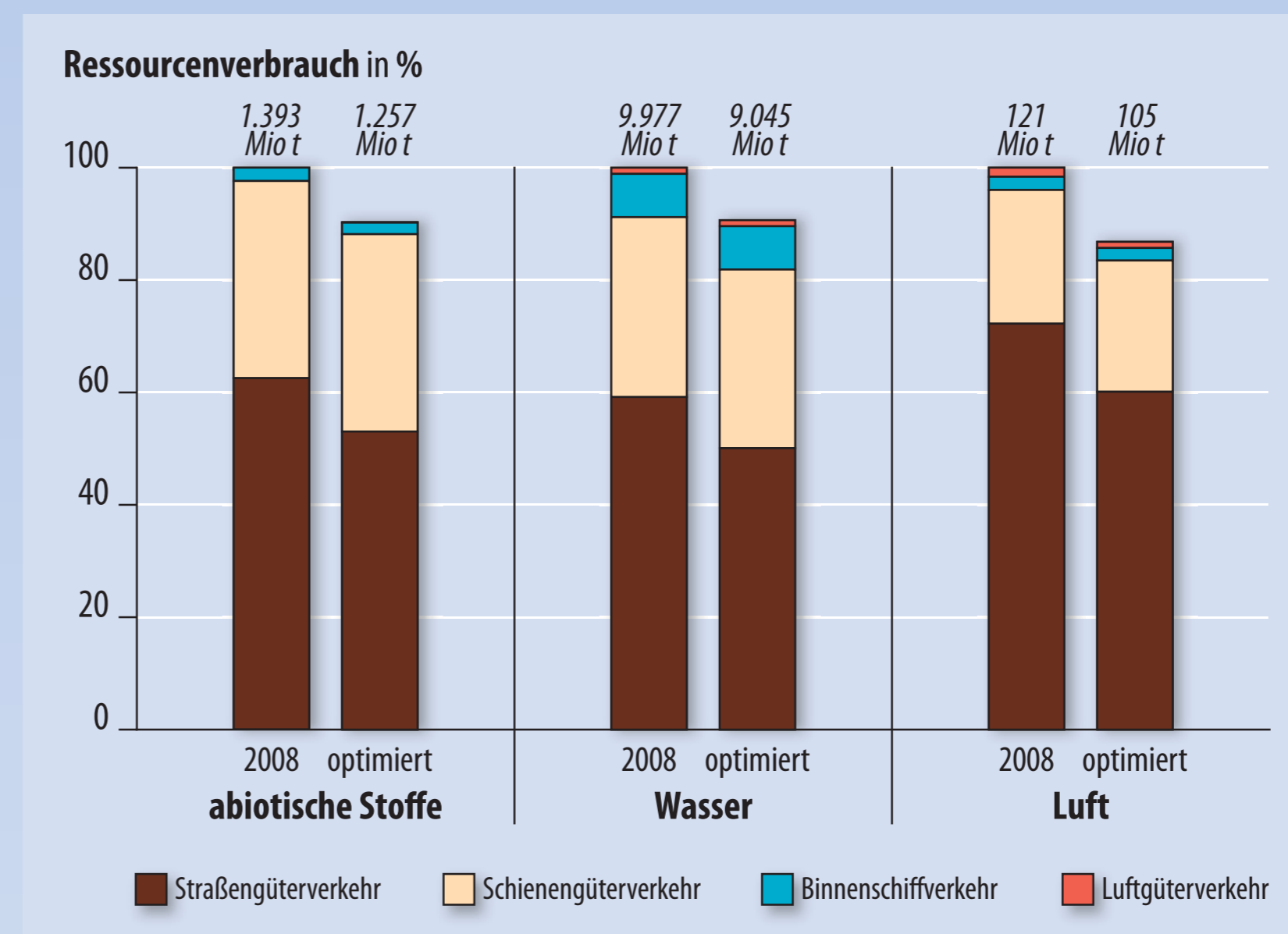


Abb. 1: Einsparpotenziale auf Basis der Verkehrsleistung des Jahres 2008 durch Einführung der Maßnahmen

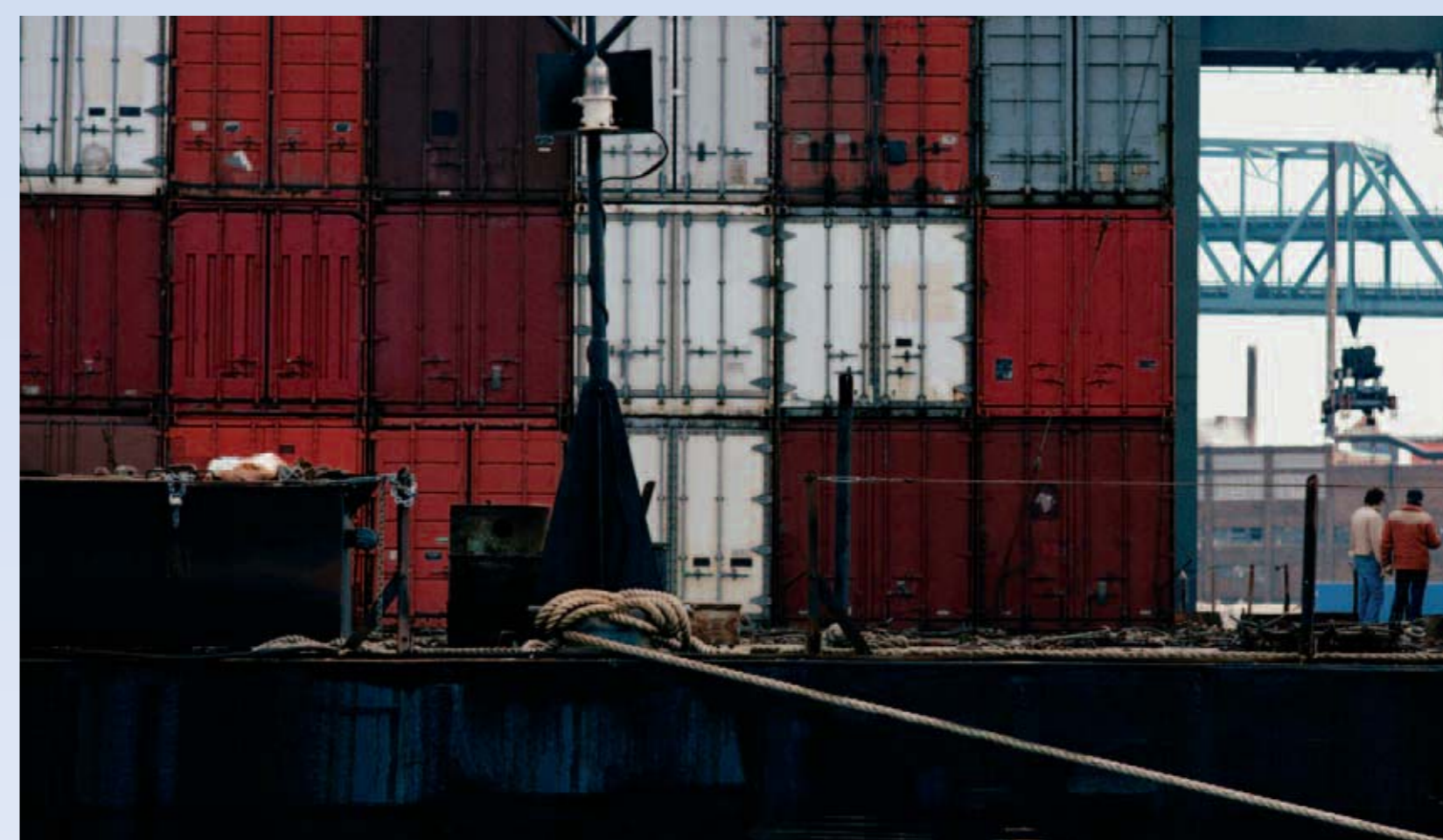


Abb.2: Güterverkehr (Quelle: PhotoDisc)

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Aydin, Cengizhan / Kuhrke, Benjamin / Lettenmeier, Michael (2010): Ermittlung von Ressourceneffizienzpotenzialen der Verkehrssysteme am Beispiel des Güterverkehrs. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.



# Ressourceneffizienz durch Elektrofahrzeuge



Elektrofahrzeuge gelten derzeit als aussichtsreiche Technologie, um Klimaschutz, Energieversorgungssicherheit und die Sicherung der Mobilität in Einklang zu bringen. Am Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) erfolgte vor diesem Hintergrund die Konzeption und Entwicklung eines elektromotorischen Antriebsstranges für kommunale Nutzfahrzeuge (Abb. 2). Im Rahmen dieser Arbeit wurde beispielhaft der lebenswegweite Ressourcenverbrauch eines derartigen Fahrzeugs mit dieselmotorischem und batterieelektrischem Antrieb mittels MIPS verglichen.

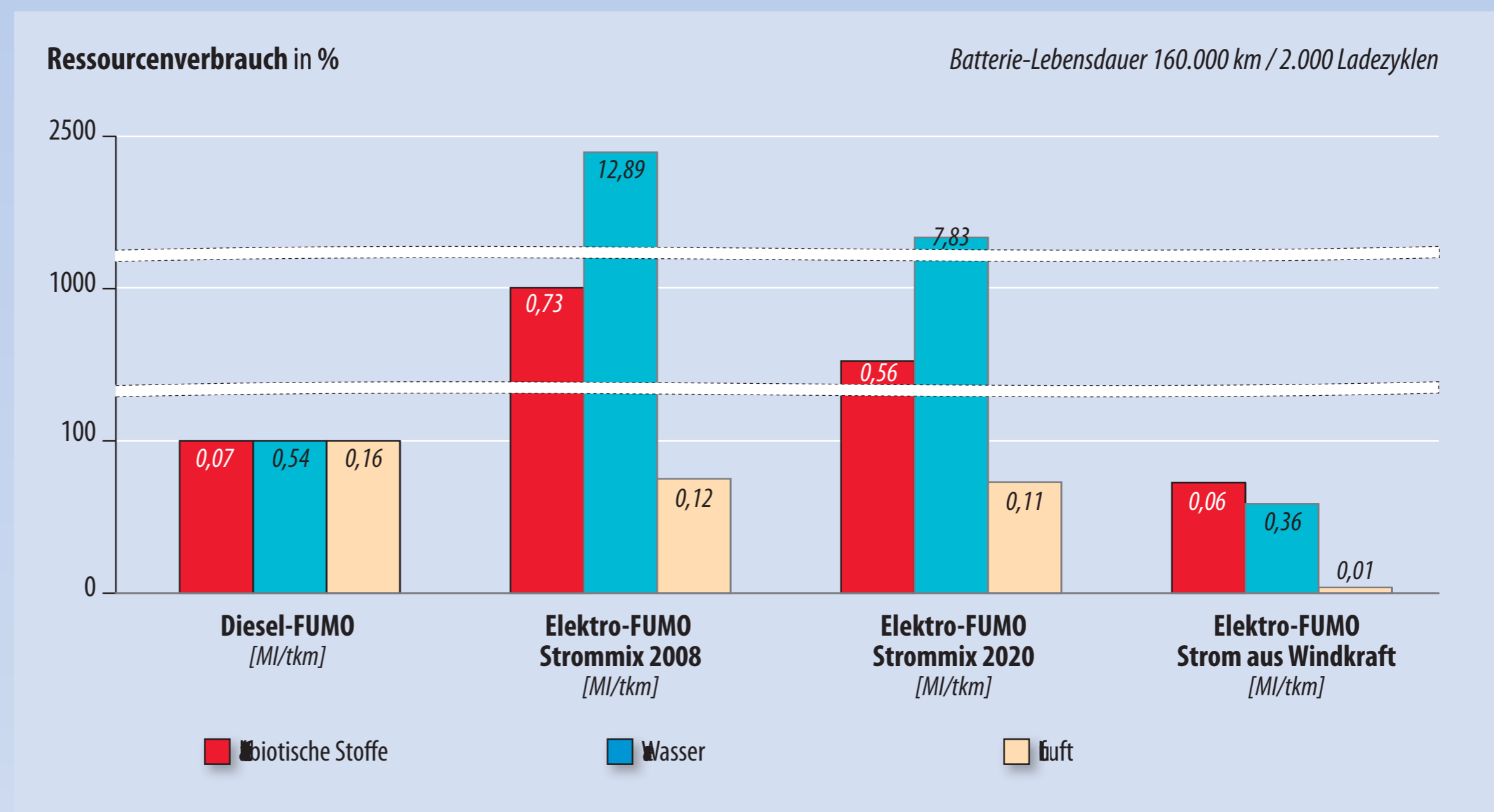


Abb. 1: Lebenswegweite Ressourcenverbräuche unter Berücksichtigung verschiedener Strommixe

Im ersten Schritt wurde der Ressourceneinsatz sowohl während der Herstellungs- als auch der Nutzungsphase berechnet. Ergänzend wurden durch Sensitivitätsanalysen verschiedene Einflussfaktoren untersucht und deren Auswirkungen auf den Ressourcenaufwand bewertet. Um die Komplexität des Vorhabens zu reduzieren, wurden nur die modifizierten Antriebsstrangteile ohne das eigentliche Fahrzeug bilanziert (s. Hufenbach et al. 2010).

Die Potenzialanalyse macht deutlich, dass sich durch den Einsatz elektrischer Antriebe der lebenszyklusweite Ressourcenverbrauch in allen Kategorien gegenüber dieselmotorischen Antrieben reduzieren lässt (Abb. 1). Voraussetzung hierfür ist allerdings die Nutzung von elektrischer Energie aus Windstrom. Wird die Energie zum Betreiben des Fahrzeuges dem aktuellen oder für 2020 prognostizierten deutschen Strommix entnommen, so liegen die Ressourcenaufwendungen elektromotorischer Antriebe mit Batteriespeicher deutlich höher. Hervorzuheben ist allerdings, dass der Verbrauch in der MIPS-Kategorie Luft bereits mit dem heutigen Strommix um 20 % gesenkt werden kann und zukünftige Prognosen diesen weiter rückläufig sehen. In diesem Sinn besteht

durch die Elektrifizierung des Antriebstranges ein hohes Potenzial, den klimaschutzrelevanten CO<sub>2</sub>-Ausstoß weiter zu senken.

Unter Berücksichtigung der ressourcenorientierten Sichtweise der MIPS-Methodik erscheint ein Technologiewechsel hin zum Elektromotor derzeit nur bedingt empfehlenswert. Daher muss abgewogen werden, inwiefern bestimmte MIPS-Kategorien eine stärkere Wichtung erhalten. Die derzeit mit der Entwicklung von Elektrofahrzeugen fokussierte Verringerung des Ausstoßes klimarelevanter Verbrennungsgase kann in allen diskutierten Szenarien bestätigt werden.

Abb 2: Nutzfahrzeug „Multicar FUMO“



Verkehr – Infrastruktur und Antriebssysteme

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

Quelle  
Hufenbach, Werner / Kupfer, Robert / Lucas, Peter / Reichardt, Björn (2010): Ressourceneffizienzpotenziale von Elektrofahrzeugen. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebniszusammenfassungen der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

Beteiligung und Förderung  
Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.

VisLab Wuppertal Institut 2010



# Beachtung von Ressourceneffizienzkriterien im Produktentwicklungsprozess



Vor dem Hintergrund eines prognostizierten Anstiegs der globalen Rohstoffextraktionen und im Hinblick auf weitere ökologische und ökonomische Spannungsfelder ist eine nachhaltige Senkung des Ressourcenverbrauchs erstrebenswert. Insbesondere die Produktentwicklung bietet die Möglichkeit, den lebenswegweiten Ressourcenverbrauch frühzeitig zu beeinflussen.

Die gezielte Analyse von bekannten Elementen der Konstruktionslehre und die Verknüpfung dieser mit der MIPS-Methodik sowie die Erarbeitung eines Ressourceneffizienzcatalogs standen im Vordergrund dieser Arbeit. Es wurde gezeigt, dass die frühen Phasen der Produktentwicklung – insbesondere die Konzeptphase – maßgeblich auf den späteren Ressourcenverbrauch einwirken. Durch die Verknüpfung bekannter und neuartiger Bestandteile zu einer ressourceneffizienten Konstruktionsmethodik ist es gelungen, gängige Entwicklungsstandards zu erweitern und eine neue Sichtweise in den Entwicklungsprozess zu integrieren. Einen Überblick über die Kernelemente der Methodik und deren Einsatzphasen gibt Abb. 1 (s. Hufenbach et al. 2010).

Die beispielhafte Anwendung der modifizierten Konstruktionsmethodik anhand einer am Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der Technischen Universität Dresden entwickelten Schiffsstabilisatorflosse (Abb. 2) verdeutlicht das Potenzial der ressourceneffizienten Produktentwicklung. Durch den entwicklungs-

begleitenden Einsatz der Methodik sind Senkungen des Ressourcenverbrauchs bei zum Teil gesteigerter Produktqualität möglich. Zurückzuführen sind diese Einsparungen vor allem auf die verbesserte Ausarbeitung der Zielstellung, die verbesserte Konzeptauswahl und die MIPS-gesteuerte Materialauswahl. Die Integration der Kerngedanken der geschaffenen Methodik in den konstruktiven Entwicklungsprozess ist angesichts der vielfältigen Ressourceneinsparpotenziale erstrebenswert. In diesem Zusammenhang sollte insbesondere die Einbindung der MIPS-Methodik in gängige CAE-Systeme geprüft und die Vermittlung des Lebenszyklusgedanken in der Ingenieurslehre forciert werden.



Abb. 2: Leichtbau-stabilisatorflosse

Produktentwicklung

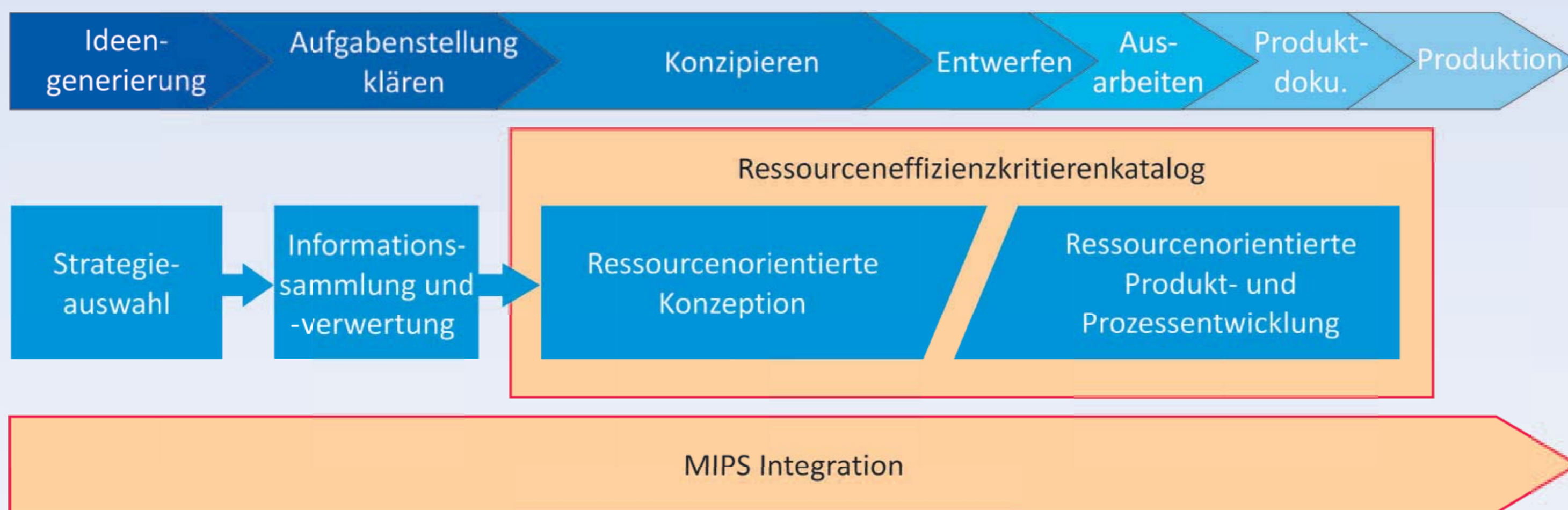


Abb. 1: Angestrebte Vorgehensweise der ressourceneffizienten Produktentwicklung

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Hufenbach, Werner / Kupfer, Robert / Lucas, Peter (2010): Ressourceneffizienz im Produktentwicklungsprozess. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.

VisLab Wuppertal Institut 2010



# Ressourceneffizienzpotenziale im Leichtbau durch neuartige Werkstoffe



In einem Transferbereich zum DFG Sonderforschungsbereich 639 wurde am Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der Technischen Universität Dresden eine neuartige Prozesskette zur Herstellung von Leichtbausitzschalen aus textilverstärkten

Thermoplasten konzipiert und umgesetzt. Dabei wurde gezeigt, dass neben einer deutlichen Gewichtsreduzierung ein wirtschaftlicher Fertigungsprozess für vielfältige Strukturbauteile im Großserienbetrieb realisiert werden kann.

Auf Basis dieser Entwicklung wird untersucht, inwieweit derartige Leichtbaustrukturen auch zur Steigerung der Ressourceneffizienz beitragen können. Bei dem betrachteten Bauteil handelt es sich um eine Rückbanksitzschale des VW Golf plus. Diese ist derzeit als Stahlkonstruktion mit einem Gewicht von 4,6 kg ausgeführt. Die Leichtbausitzschale (Abb. 2) besteht aus textilverstärktem Thermoplast und weist ein Gewicht von 2,4 kg auf. Als Serviceeinheit wird die Sitzschale definiert, um einen direkten Vergleich der Bauteilvarianten zu ermöglichen. Zusätzlich wird der material- und prozessspezifische Ressourcenverbrauch der eingesetzten Werkstoffe auf Basis der Serviceeinheit Leichtbaukilogramm abgeschätzt (s. Hufenbach et al. 2010).

Die Betrachtung in der Serviceeinheit Sitzschale zeigt, dass der Ressourcenverbrauch in allen MIPS-Kategorien durch Einsatz textilverstärkter Thermoplastwerkstoffe deutlich verringert werden kann. Die Analyse der Ergebnisse unter dem Aspekt der Serviceeinheit Leichtbaukilogramm ergeben zwar einen deutlichen Vorteil von Stahl gegenüber dem faserverstärkten Kunststoff. Dies ändert sich allerdings mit zunehmendem Leichtbaugrad. Ab etwa 39 % Massereduktion ist die Leichtbausitzschale in allen MIPS Kategorien ressourcenschonender (Abb. 1).

Moderne Leichtbaustrukturen aus textilverstärkten Thermoplasten ermöglichen durch die Verringerung der Bauteilmasse eine signifikante Steigerung der Ressourceneffizienz. Neben Sitzschalenbauteilen können etliche andere Strukturen im Interieur und Exterieur von Kraftfahrzeugen, z.B. Unterbodenverkleidungen, in analoger Technologie ausgeführt werden. Durch den verstärkten Serieneinsatz neuartiger Leichtbautechnologien lassen sich so in einem der wichtigsten deutschen Industriezweige deutliche Ressourceneinsparungen erreichen.

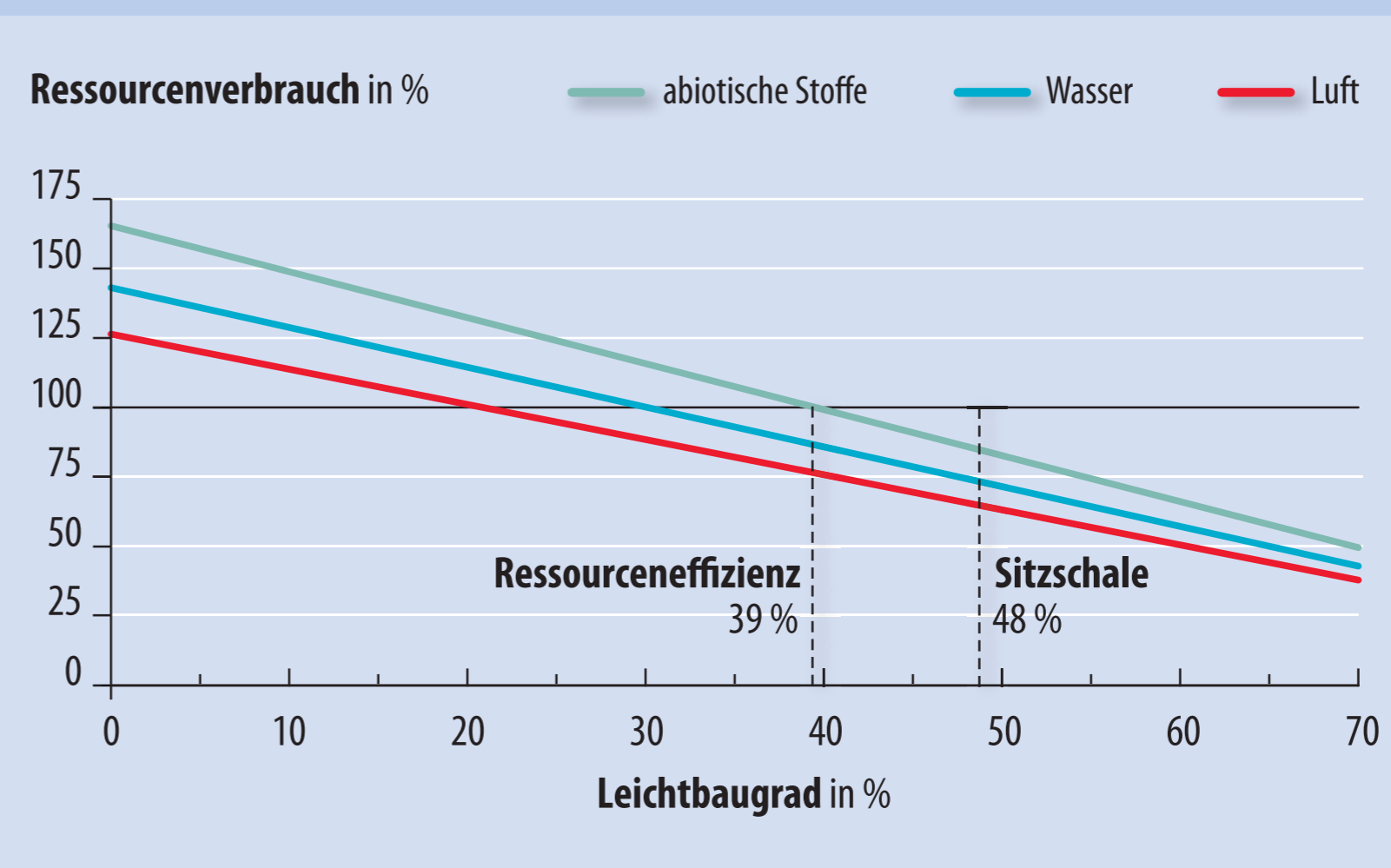


Abb. 1: Einfluss der Gewichtseinsparung auf den Ressourcenverbrauch am Beispiel einer Leichtbausitzschale



Abb. 2: Leichtbausitzschale aus textilverstärktem Thermoplastwerkstoff

Produktentwicklung

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Hufenbach, Werner / Kupfer, Robert / Lucas, Peter / Rothenberg, Sebastian (2010): Ressourceneffizienz durch Leichtbau. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.



# Ressourceneffizienzpotenziale höher- und höchstfester Stähle

Höher- und höchstfeste Stähle (HHS) zeichnen sich durch eine besonders hohe Streckgrenze und Zugfestigkeit aus und können damit im Vergleich zu konventionellem Stahl bei geringerem Materialeinsatz den gleichen Ansprüchen nach Funktion und Sicherheit gerecht werden. HHS werden z. B. in der Automobilindustrie zur Herstellung von Tailored Blanks (TB) eingesetzt. TB werden aus Platinen verschiedener Werkstoffgüten oder Blechdicken zusammengesetzt. Dies ermöglicht, verschiedene Stellen des Bauteils an lokale Belastungen anzupassen und Material einzusparen.

Zunächst wurden die Prozessketten zur Erzeugung von konventionellen Stählen und HHS auf Ansätze zur Ressourceneinsparung betrachtet. Als wesentliche Untersuchungsgegenstände wurden die Verfahren zur Herstellung von Warmbänderzeugnissen (Abb. 1) und die Auswirkungen des Einsatzes von HHS auf den Ressourcenverbrauch in der PKW-Anwendung identifiziert (s. Sadeghi / Kührke 2010).

Die Untersuchung zeigt, dass bereits das so genannte Dünnbrammen-Stranggießen für Warmbänderzeugnisse allgemein ein großes Potenzial besitzt. Die heute noch nicht in industriellem Maßstab eingesetzten Bandgießverfahren erhöhen das Potenzial zusätzlich (Abb. 2). Beim Einsatz von TB in Fahrzeugen zeigt ein Fallbeispiel, dass neben der Wahl des Verfahrens zur Warmbänderzeugung vor allem auch der geringere Materialeinsatz zu signifikanten Ressourceneinsparungen beiträgt (Abb. 3).

Unter Ressourcengesichtspunkten sind die andauernden Forschungsaktivitäten im Bereich der Bandgießverfahren zu unterstützen. Neben der Optimierung des Ressourcenverbrauchs bei der Warmbänderzeugung allgemein verbessern sie die Ressourceneffizienz beim Einsatz in Fahrzeugen sowie in weiteren Anwendungsfeldern wie beispielsweise Containern und ermöglichen die Erzeugung von Stählen, die nach dem konventionellen Stranggießverfahren wegen der Erstarrungsbedingungen nicht vergossen werden können.

**Abb.1:**  
Autotür aus Tailored Blanks (links) und Bandgießanlage (rechts)



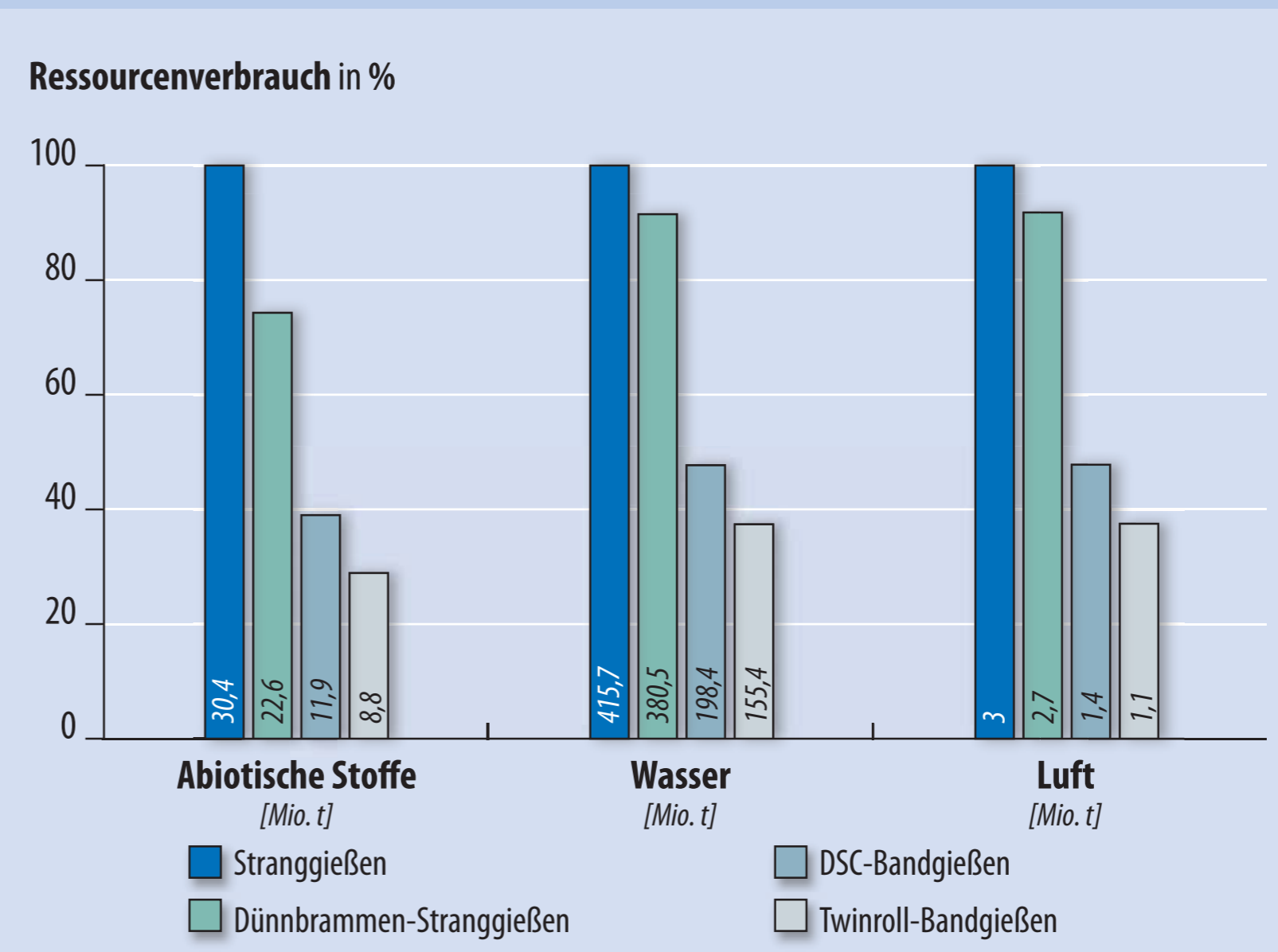
Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

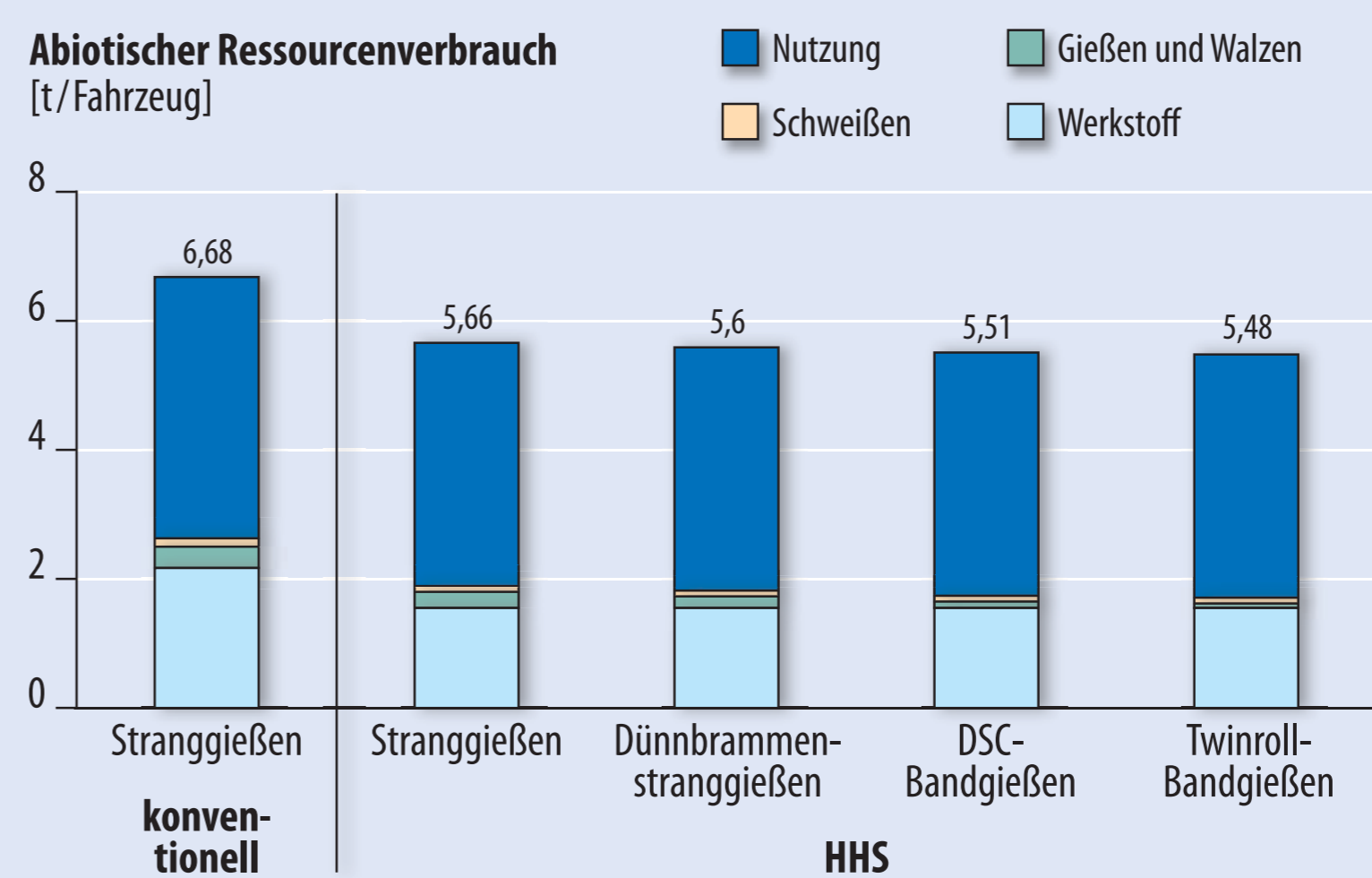
Sadeghi, Masih / Kührke, Benjamin (2010): Ressourceneffizienzpotenziale höher- und hochfester Stähle. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.



**Abb. 2:** Ressourcenverbrauch von Gießwalzanlagen zur Warmbänderzeugung für eine Jahresproduktion in Deutschland



**Abb. 3:** Verbrauch abiotischer Ressourcen beim Einsatz konventionellen Stahls und einer Zusammensetzung aus höher- und höchstfesten Stahl bei verschiedenen Verfahren zur Warmbänderherstellung

Produktentwicklung

VisLab Wuppertal Institut 2010



# Neuartige Formen von „Nutzen statt Besitzen“ bei Montageanlagen

Viele in den Industrieländern verfolgte Konsummodelle gehen mit einem Streben nach Eigentum und so mit einem erheblichen Ressourcenverbrauch einher. Mit dem Konzept „Nutzen statt Besitzen“ soll hingegen Bedürfnisbefriedigung ohne Erlangen eines Besitzstatus ermöglicht werden. Anwendungsbeispiele sind Car-Sharing oder Leasing. Bisher mangelt es an Erkenntnissen über Auswirkungen hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs vor allem im industriellen Bereich. Die vorliegende Arbeit vergleicht den Ressourcenverbrauch beim Einsatz von Montageanlagen im traditionellen, auf dem Anlagenverkauf basierenden Geschäftsmodell und in einem Product-Service System (PSS), bei dem Betriebsmittel in der Verantwortung der Hersteller verbleiben und die Betreiber nur den Nutzen erwerben. (Abb. 3)

Um die Ressourceneffizienzpotenziale grob zu quantifizieren, wurde eine Analyse nach dem MIPS-Konzept exemplarisch am Beispiel eines Industrieroboters durchgeführt. Als Serviceeinheit wird die Bereitstellung des Roboters über eine Nutzungszeit von acht Jahren gewählt. Bereitstellung heißt die Gewährleistung der Nutzbarkeit durch einen Betreiber inkl. Energieverbrauch für den Einsatz (s. Pacholak et al. 2010).

Der Ressourcenaufwand verringert sich beim Übergang zu einem PSS bei den abiotischen Stoffen um 9,1 %, bei Wasser um 2,2 % und bei Luft um 3,4 % bezogen auf den Ist-Zustand (Abb. 1). Die Einsparung basiert im Wesentlichen auf dem geringeren Materialaufwand, da in acht Jahren anstelle zweier Roboter nur noch einer und dessen Austauschkomponenten hergestellt werden müssen. Würde der große Einfluss der elektrischen Energie für den Betrieb des Roboters (82 % – 97 % der dargestellten Verbräuche (s. Abb. 2) nicht betrachtet, so wären die relativen Einsparungen 49,3 % bei den abiot. Materialien, 46,7 % in der Kategorie „Wasser“ und 46,7 % in der Kategorie „Luft“.

Zur Umsetzung müsste die Akzeptanz von PSS bei Anbietern und Anlagenbetreibern erhöht werden. Voraussetzung ist außerdem die leichte Anpassbarkeit von Anlagen. Eine Verbesserung der Energieeffizienz der Anlagen könnte die Einsparungen möglicherweise deutlich steigern.

Geschäftsmodelle

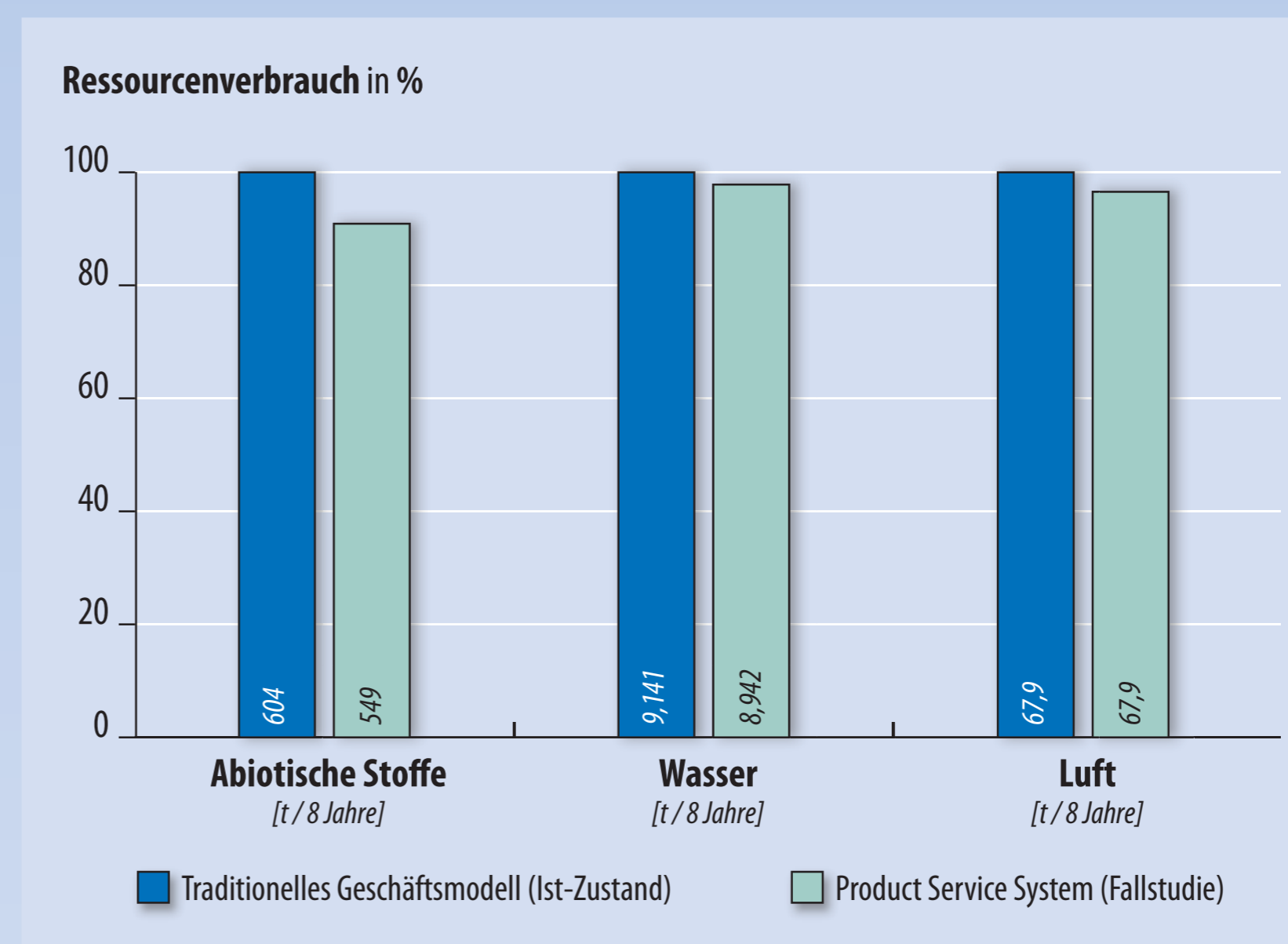


Abb. 1: Ressourcenverbrauch für die Bereitstellung eines Industrieroboters für eine Nutzungsperiode von acht Jahren bei einem Product-Service System im Vergleich zum traditionellen Geschäftsmodell, mit Betrachtung der Erzeugung der elektrischen Energie für den Betrieb

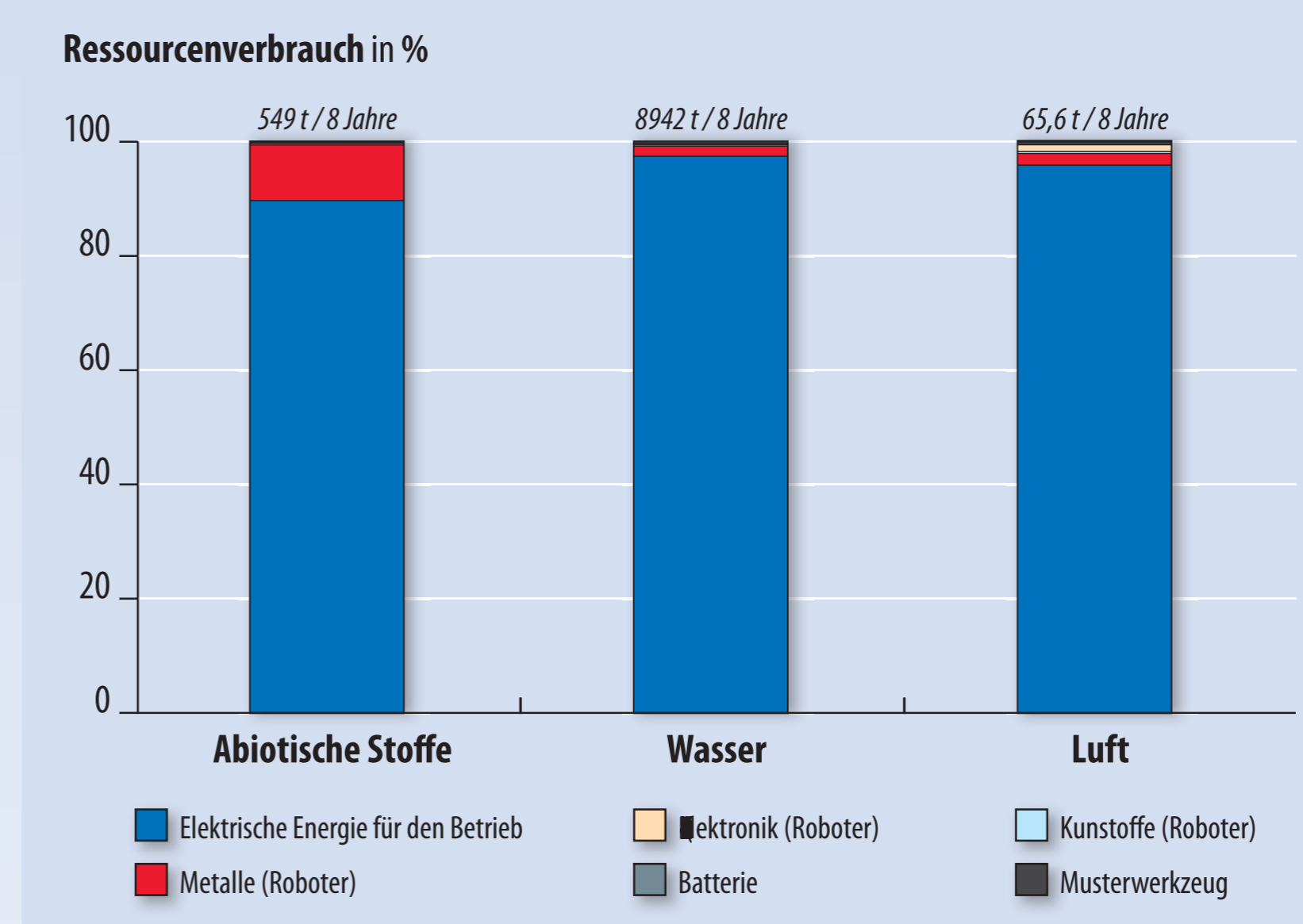


Abb. 2: Ressourcenverbrauch und Anteile für die Herstellung der Komponenten sowie die elektrische Energie für den Betrieb an dem Ressourcenverbrauch innerhalb der Ressourcenkategorien für das Product-Service System

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Pacholak, Piotr / Grismajer, Martin / Fleschutz, Timo (2010): Ressourceneffizienzpotenziale durch neuartige Formen von „Nutzen statt Besitzen“ bei Montageanlagen. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.

VisLab Wuppertal Institut 2010



# Ressourceneffizienzpotenziale durch Production on demand

**Auftragsfertigung bedeutet, dass das entsprechende Produkt erst nach dem Kauf hergestellt wird. Dies verbindet ökologische und ökonomische Ziele: Eine Überschussproduktion wird ausgeschlossen, wodurch Ressourceneinsatz und Entsorgungsaufwand, aber auch Lager- und Kapitalbindungskosten reduziert werden.**

Dieses Konzept wird bei Einzel- und Kleinserienfertigern schon lange angewandt. Im Bereich der Großserienherstellung, in der diese Art von Fertigungstyp „Production on demand“ (POD) genannt wird, ist es jedoch noch sehr wenig verbreitet.

Zunächst wurde analysiert, welche theoretischen Ansatzpunkte die Umstellung der klassischen Massenfertigung auf POD zur Ressourceneinsparung bietet. Anschließend wurden Fallbeispiele identifiziert, in denen POD umgesetzt wurde oder die Möglichkeit gesehen wurde POD einzuführen. Konkrete Ressourceneinsparpotenziale wurden für ein POD-Konzept in der Zeitschriftenindustrie ermittelt (s. Kim / Kuhrke 2010).

Im Zuge der Untersuchung wurde Überproduktion als Hauptansatzpunkt identifiziert. Problematisch ist, dass Unternehmen in der Regel keine Informationen diesbezüglich veröffentlichen. Darüber hinaus hat die Analyse ergeben, dass in der Mehrzahl der untersuchten Bereiche, in denen mit einer Überproduktion gerechnet wurde, diese entweder nicht stattfindet oder aufgrund von sekundären Vertriebswegen keinen Einfluss auf den Ressourcenverbrauch hat.



Ein wichtiger Bereich, in dem Angaben zu Überproduktion verfügbar waren und die Überproduktion auch keinen weiteren Abnehmer gefunden hat, ist die Zeitschriftenindustrie. Die in Deutschland im Handel vertriebenen Zeitschriften weisen eine Remissionsrate von ca. 23 % auf, die zum größten Teil entsorgt wird. Bei einer angenommenen Reduktion der Remissionsrate von 50 % ergeben sich, bezogen auf 1 Mio. Zeitschriften, Einsparpotenziale, die z.B. bei abiotischen Ressourcen absolut gesehen ca. 425 t ausmachen (Abb. 1).

Dass durch eine Verringerung von Überproduktionen mittels POD Ressourcen eingespart werden können, steht außer Frage. Im Bereich „Newspaper-on-demand“ stehen heute bereits Technologien bereit, Zeitungen elektronisch oder auch in gedruckter Form zur Verfügung zu stellen, um Einsparpotenziale zu erreichen. Entsprechend ist eine weitergehende Analyse, inwieweit sich durch POD auch in anderen Bereichen Überproduktion verringern lässt, zu empfehlen.

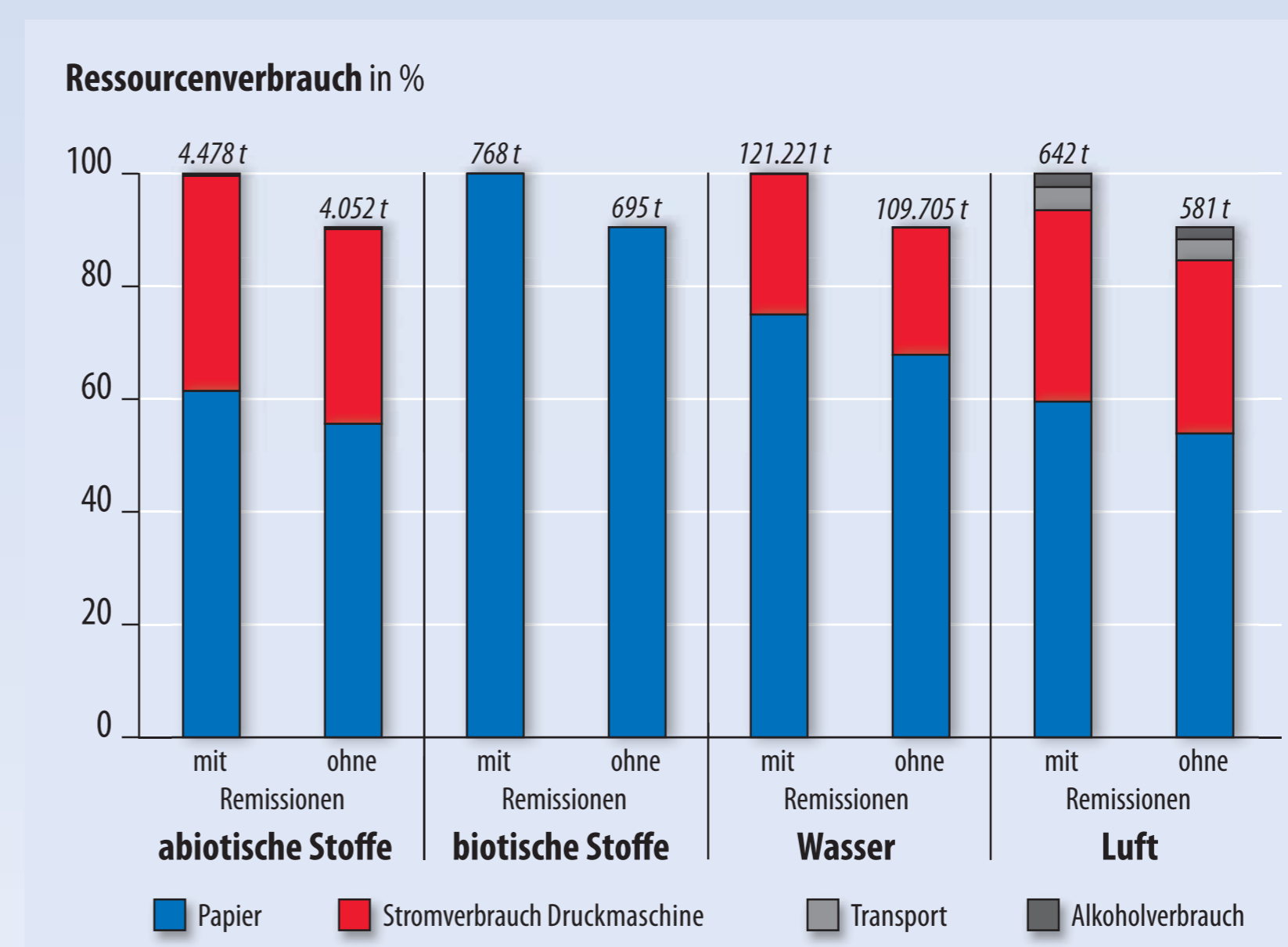


Abb. 1: Ressourcenverbrauch bei 1 Mio. Zeitschriften mit und ohne Remissionen

Projekt-Website  
<http://ressourcen.wupperinst.org>

## Quellen

Kim, Simon / Kuhrke, Benjamin (2010): Ressourceneffizienzpotenziale durch Production on demand. In: Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010): Technologien, Produkte und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienzpaper 1.5., Wuppertal.

## Beteiligung und Förderung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt gefördert (FKZ 3707 93 300). Das Arbeitspaket 1 wird von FhG IAO und Trifolium geleitet. Die Gesamtleitung des Projekts liegt beim Wuppertal Institut.