

Sven Gärtner, Guido Reinhardt, Julian Senn

A photograph showing several stacks of white, folded linens, likely bed sheets or towels, arranged in a row. The linens are neatly stacked, and the top edges are visible. The word "DiTex" is embroidered in a gold, serif font on the top sheet of the first stack in the foreground.

DiTex

DIGITALE TECHNOLOGIEN ALS ENABLER

EINER RESSOURCENEFFIZIENTEN KREISLAUFFÄHIGEN B2B-TEXTILWIRTSCHAFT

Ökobilanz von nachhaltiger, kreislauf- fähiger Bettwäsche

Impressum

Autor/innen:

Sven Gärtner (ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH)

Dr. Guido Reinhardt (ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH)

Julian Senn (ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH)

Der vorliegende Beitrag entstand im Forschungsprojekt „DiTex – Digitale Technologien als Enabler einer ressourceneffizienten kreislauffähigen B2B-Textilwirtschaft.“ Das Projekt ist Teil der Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft“ und wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert im Förderschwerpunkt Forschung für Nachhaltigkeit (FONA).

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

ReziProK
Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft –
Innovative Produktkreisläufe

Projektkoordination

Dr. Frieder Rubik, Projektleitung

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH, gemeinnützig

Potsdamer Str. 105

D-10785 Berlin

Tel. +49-6221-6491-66

Fax +49-30-882 54 39

frieder.rubik@ioew.de

www.ioew.de



| i | ö | w

INSTITUT FÜR
ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

Zitiervorschlag:

Gärtner, S., Reinhardt, G., Senn, J. (2022): Ökobilanz von nachhaltiger, kreislauffähiger Bettwäsche.

<https://www.ifeu.de/publikation/ditex-oekobilanz-bettwaesche/>.

Heidelberg, November 2022

DiTex

DITEX-KREISLAUFWIRTSCHAFT.DE

Verbundpartner:

WILHELM WEISHÄUPL

WILHELM WEISHÄUPL
Hans Peter Weishäupl e.K.
Schwanthalerstrasse 49
D-80336 München



Dibella GmbH
Hamalandstraße 111
D-46399 Bocholt



Hochschule Reutlingen
TEXOVERSUM Fakultät Textil
Alteburgstraße 150
D-72762 Reutlingen

HOHENSTEIN ●

Hohenstein Institut für Textilinnovation gGmbH
Schloss Hohenstein
D-74357 Boennigheim



ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
gGmbH
Wilckensstr. 3
D-69120 Heidelberg

Externer Dienstleister:



circular.fashion

circular.fashion UG (haftungsbeschränkt)
Skalitzer Strasse 97
D-10999 Berlin, Germany

Assoziierter Partner:



MEWA Textil-Service AG & Co. Management OHG
John-F.-Kennedy-Straße 4
D-65189 Wiesbaden

Für nähere Informationen zum Projekt: www.ditex-kreislaufwirtschaft.de

Danksagung:

Wir bedanken uns herzlich bei den Mitarbeitenden des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) Dr. Frieder Rubik, Ria Müller, Christina Vogel, Sabrina Schmidt sowie Magdalena Müller, die diese Arbeit kompetent und mit viel Engagement begleitet haben. Ein besonderer Dank geht an Martijn Witteveen und Carsten Ridder der Dibella GmbH, die uns als Entwickler und Vertreiber der DiTex-Bettgarnitur produktspezifische Informationen und Daten für die Übersichtsökobilanz zur Verfügung gestellt und zum fachlichen Austausch beigetragen haben. Ferner bedanken wir uns bei unseren ifeu-Kollegen Dr. Sonja Haertlé, Dr. Heiko Keller und Nils Rettenmaier für ihre wertvollen Hinweise und tatkräftige Unterstützung an dieser Studie sowie Ina Budde, circular.fashion, Barbara Boldrini, Martina Gerbig und Kai Nebel, Universität Reutlingen, Nicole Kiefer, Diana Wolf und Matthias Zoch, MEWA, und Dr. Kim Hecht, Hohenstein-Institut, für die konstruktive Begleitung bei unserem Klärungsbedarf und die kritische Durchsicht des Berichts.

Zusammenfassung

Die Umweltwirkungen der Textilbranche sind in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus der öffentlichen Diskussion gerückt. Bis heute werden Textilien überwiegend aus Primärfasern hergestellt, vorwiegend aus Baumwolle und synthetischen Fasern. Mit der Gewinnung der benötigten Rohstoffe, der Herstellung der Textilien selbst, aber auch den Wasch- und Trocknungsprozessen während der Nutzung ist ein erheblicher Ressourcenverbrauch verbunden. Innerhalb des Forschungsprojekts „Digitale Technologien als Enabler einer ressourceneffizienten kreislauffähigen B2B-Textilwirtschaft“ wurden mittels Ökobilanzierung verschiedene Optimierungen einer Referenz-Bettgarnitur auf ihre Umweltwirkungen hin untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass die höchsten Umweltentlastungen durch das Ersetzen von Baumwollfasern durch Zellulose-Regeneratfasern, wie beispielsweise Lyocell, sowie durch Maßnahmen zur Erhöhung der Lebensdauer erzielt werden können. Weitere Reduktionen der Umweltwirkung der Bettgarnitur können durch das Ersetzen veralteter Waschstraßen und sonstiger Anlagen durch energieeffiziente Technologien, die Substitution phosphorhaltiger Verbindungen im Waschmittel durch gleichwertige Substanzen sowie den Einsatz erneuerbarer Energieträger entlang des gesamten Lebensweges erzielt werden. Andere Teilbereiche wie sämtliche Transporte entlang der textilen Kette, das Recycling von sowohl Polyester- als auch Zellulosefasern sowie die Höhe des Textilausschusses beim Recycling spielen keine wesentliche Rolle bei der Verminderung der Umweltwirkung der Bettgarnitur.

Abstract

In recent years, the textile industry's environmental impact has been increasingly under public scrutiny. Up until this point, textiles have predominantly been produced from primary fibres, mainly cotton and synthetic fibres. The extraction of the required raw materials, the production of the textiles themselves, but also the washing and drying processes during their use lead to a substantial consumption of resources. Using the life cycle assessment methodology, the research project entitled "Digital Technologies as an Enabler of a Resource-efficient Circular Economy: Pilot Test in the B2B Textile Industry" examined various optimisations of a reference bed linen set to test their environmental impact. The project concluded that the highest reduction in environmental impact can be achieved by replacing cotton fibres with regenerated cellulose fibres, such as lyocell, and by measures to increase the life span of the bed linen set. The following ways to optimise the environmental impact during the product's life cycle were also found to be highly effective: replacing outdated washing facilities and other equipment with energy-efficient technologies, substituting phosphorus-containing compounds in detergents with equivalent substances and using renewable energy sources along the entire life cycle. Further measures such as transport along the textile chain, the recycling of both polyester and cellulose fibres and the amount of textile waste during recycling were demonstrated to be insignificant in reducing the environmental impact of the bed linen set.

Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund und Zielsetzung	7
2	Vorgehensweise und Rahmenbedingungen	8
2.1	Methodisches Vorgehen und Lebensweg	8
2.2	Untersuchte Produkte, Festlegungen und Basisdaten	9
2.3	Umweltwirkungskategorien	12
2.4	Rahmenbedingungen	14
2.4.1	Systemgrenzen	14
2.4.2	Zeitlicher und räumlicher Bezug	14
2.4.3	Funktionelle Einheit	14
2.4.4	Systemmodellierung: Recycling	15
2.4.5	Datenbasis	15
2.4.6	Sensitivitätsanalysen	15
3	Ergebnisse	16
3.1	Referenz- und DiTex-Bettgarnitur im Vergleich	16
3.2	Bedeutung der einzelnen Lebenswegabschnitte	18
3.3	Faserzusammensetzung	20
3.3.1	Verwendung von Lyocell mit 30 % Recyclinganteil anstelle von Baumwolle	22
3.3.2	Verwendung von Recycling-Polyester anstelle von Polyester	23
3.4	Nutzungszyklen / Lebensdauer	24
3.5	Recycling	26
3.6	Energieaufwand in der Wäscherei	28
3.7	Ersetzen von Phosphorverbindungen	29
3.8	Einsatz erneuerbarer Energien	30
3.9	Exkurs: Pflanzlicher Anteil an Tensiden	32
4	Zusammenführung und Schlussfolgerungen	34
5	Handlungsempfehlungen	35
6	Literaturverzeichnis	36
7	Anhang	38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Schematische Darstellung eines Lebenswegs eines typischen Textils. Bildquellen siehe ²	8
Abbildung 2.2: Vereinfachte Lebensweg-Schemata der Referenz- und der DiTex-Bettgarnitur. PES: Polyester, rPES: Recycling-Polyester, MVA: Müllverbrennungsanlage	9
Abbildung 3.1: CO₂-Fußabdruck der Referenz-Bettgarnitur sowie der DiTex-Bettgarnitur im Vergleich	16
Abbildung 3.2: Einsparpotential bei den untersuchten Umweltwirkungen durch die umgesetzten Optimierungen der Bettgarnitur	17
Abbildung 3.3: Untersuchte ökologische Fußabdrücke der DiTex-Bettgarnitur über die gesamte Lebensdauer in einzelnen Lebenswegabschnitten	19
Abbildung 3.4: Umweltwirkungen von Bettgarnitur mit unterschiedlicher Faserzusammensetzung im Vergleich. Betrachtete Szenarien siehe Text, Einheiten in Kapitel 2.3. Bildquellen siehe ³	21
Abbildung 3.5: CO₂-Fußabdruck und Energie-Ressourcen für die Bereitstellung und das Material (Nutzung) des Polyesters in der Referenz-Bettgarnitur und der DiTex-Bettgarnitur mit Recycling-Polyester anstelle von Polyester (Details siehe Text). * entspricht 625 g (r)PES	23
Abbildung 3.6: Umweltwirkungen von Bettgarnitur mit unterschiedlich hoher Lebensdauer im Vergleich. Betrachtete Szenarien siehe Text, Einheiten in Kapitel 2.3. Bildquellen siehe ⁴	25
Abbildung 3.7: Umweltwirkungen von Bettgarnitur für unterschiedlich effiziente Recyclingtechnologien im Vergleich. Betrachtete Szenarien siehe Text, Einheiten in Kapitel 2.3. Bildquellen siehe ⁵	27
Abbildung 3.8: Bandbreite des CO₂-Fußabdrucks verschiedener Wäschereiprozesse (graue Balken) und der Wäscherei gesamt (unterer Balken) bezogen auf 1 kg Wäsche	28
Abbildung 3.9: Phosphat-Fußabdruck der DiTex-Bettgarnitur in Abhängigkeit des Einsatzes verschiedener phosphorhaltiger Verbindungen in den zur Wäsche eingesetzten Substanzen. * siehe Text	29
Abbildung 3.10: Umweltwirkungen der DiTex-Bettgarnitur bei Nutzung unterschiedlicher erneuerbarer Energieträger im Vergleich. Betrachtete Szenarien siehe Text, Einheiten in Kapitel 2.3. Bildquellen siehe ⁶	31
Abbildung 3.11: Umweltwirkungen von Bettgarnitur bei Einsatz unterschiedlicher Anteile an pflanzlichen Tensiden in waschaktiven Substanzen in der Wäscherei im Vergleich. Betrachtete Szenarien siehe Text, Einheiten in Kapitel 2.3. Bildquellen siehe ⁷	33
Abbildung 7.1: Lebenswegschema der Referenz-Bettgarnitur	38
Abbildung 7.2: Lebenswegschema der DiTex-Bettgarnitur	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gegenüberstellung der beiden untersuchten Bettgarnituren und ausgewählte Basisparameter für die Übersichtsökobilanz.	10
Tabelle 2: Betrachtete Umweltwirkungskategorien der Übersichtsökobilanz der Bettgarnitur.	13

Abkürzungsverzeichnis

AWARE	Available water remaining (nach [Boulay et al. 2018])
B2B	Business to Business
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BW	Baumwolle
CFC-11	Chlorofluorocarbon 11 (Trichlorfluormethan)
DiTex	Digitale Technologien als Enabler einer ressourceneffizienten kreislauffähigen B2B-Textilwirtschaft
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoff
ISO	International Organization for Standardization
MVA	Müllverbrennungsanlage
PE	Primärenergie
PES	Polyester
PET	Polyethylenterephthalat
PV	Photovoltaik
rPES	Recycling-Polyester
r₃₀Lyocell	Zellulose-Regeneratfaser aus Holzzellulose und bis zu 30 % recycelten Baumwoll- Zuschnittresten

1 Hintergrund und Zielsetzung

Die Umweltwirkungen der Textilbranche sind in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus der öffentlichen Diskussion gerückt. Bis heute werden Textilien überwiegend aus Primärfasern hergestellt, vorwiegend aus Baumwolle und synthetischen Fasern. Mit der Gewinnung der notwendigen Rohstoffe, der Herstellung der Textilien selbst, aber auch den Wasch- und Trocknungsprozessen während der Nutzung sind zum Teil erhebliche Ressourcenverbräuche und Umweltauswirkungen verbunden.



© Pixel-Shot – stock.adobe.com

Um Erkenntnisse abzuleiten, wie in Zukunft die Textilwirtschaft nachhaltiger gestaltet werden kann, wurde das Forschungsprojekt „DiTex – Digitale Technologien als Enabler einer ressourceneffizienten kreislauffähigen B2B-Textilwirtschaft“ im Rahmen der Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Innovative Produktkreisläufe“ (ReziProK) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) aufgelegt.

Ziel dieses Projektes war die Verbesserung der Nachhaltigkeit von Textilien. Die hierzu durchgeführten Maßnahmen umfassten unter anderem die Entwicklung recyclingfähiger Textilien, deren Faserzusammensetzung teils verändert wurde, sowie die Verbesserung der dazugehörigen Logistik und Recyclingprozesse¹.

Als wesentlicher Teil des Projektes wurden ausgewählte Optimierungen für drei beispielhaft untersuchte Textilien, nämlich eine Bettgarnitur, ein Businesshemd und ein Poloshirt, auf ihre ökologischen Auswirkungen und Ressourceneffizienzen untersucht.

Dieser Bericht ist einer der drei Arbeitsberichte [Gärtner, Haertlé, et al. 2022; Gärtner, Reinhardt & Senn 2022; Gärtner, Reinhardt, Senn, et al. 2022], die für die drei untersuchten Textilien entstanden sind. Er umfasst die Ergebnisse der Übersichtsökobilanz einer Bettgarnitur, wie sie im Hotelgewerbe und von Großverbrauchern der öffentlichen Hand eingesetzt wird, sowie daraus abgeleitete Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen.

¹ Details siehe [Müller et al. 2021]

2 Vorgehensweise und Rahmenbedingungen

Die Ermittlung der ökologischen Auswirkungen der neu entwickelten DiTex-Bettgarnitur (umfasst Bettdecken- und Kopfkissenbezug) im Vergleich zum herkömmlichen Referenzprodukt erfolgt mittels sogenannter Übersichtsökobilanzen. Hierbei wird aufgezeigt, ob und in welchem Ausmaß die Umsetzung des DiTex-Gesamtkonzepts zu einer Verbesserung der Umweltauswirkungen und zu Ressourceneinsparungen führen kann.

Im Folgenden wird die Methodik der Übersichtsökobilanz erklärt (Kapitel 2.1), das untersuchte Produktsystem beschrieben (Kapitel 2.2) sowie die untersuchten Umweltwirkungskategorien (Kapitel 2.3) und die gewählten Rahmenbedingungen aufgeführt (Kapitel 2.4). Die generelle Methodik zur Analyse der drei in diesem Projekt untersuchten Textilien, die betrachteten Umweltwirkungskategorien sowie die gewählten Rahmenbedingungen sind identisch. Darüber hinaus werden jedoch textilspezifische Festlegungen (Kapitel 2.2) getroffen.

2.1 Methodisches Vorgehen und Lebensweg

Die ökologische Bewertung der untersuchten Bettgarnitur erfolgt mit einer Übersichtsökobilanz. Die Berechnung orientiert sich an den internationalen Normen für Produkt-Ökobilanzen ISO 14040 und 14044 [ISO 2021a; b]. Dabei werden die Umweltauswirkungen aller Input- und Outputflüsse des untersuchten Produkts entlang seines gesamten Lebensweges („von der Wiege bis zur Bahre“) betrachtet.

Mit Bezug auf das hier untersuchte Produktsystem, die Bettgarnitur, beinhaltet dies die Produktion einschließlich der vorgelagerten Prozesse wie die Landwirtschaft mit der vorgelagerten Düngemittelproduktion, die Produktion der Bettgarnitur selbst (inklusive Fasererzeugung, Spinnen, Weben/Stricken, Veredeln, Konfektionieren), die Nutzung inklusive der Wäschereiprozesse sowie die Verwertung am Lebensende. Dabei sind auch sämtliche Lagerungs- und Transportprozesse miteingeschlossen. Eine schematische Darstellung des Lebensweges wird in Abbildung 2.1 gezeigt.



Abbildung 2.1: Schematische Darstellung eines Lebenswegs eines typischen Textils.
Bildquellen siehe ²

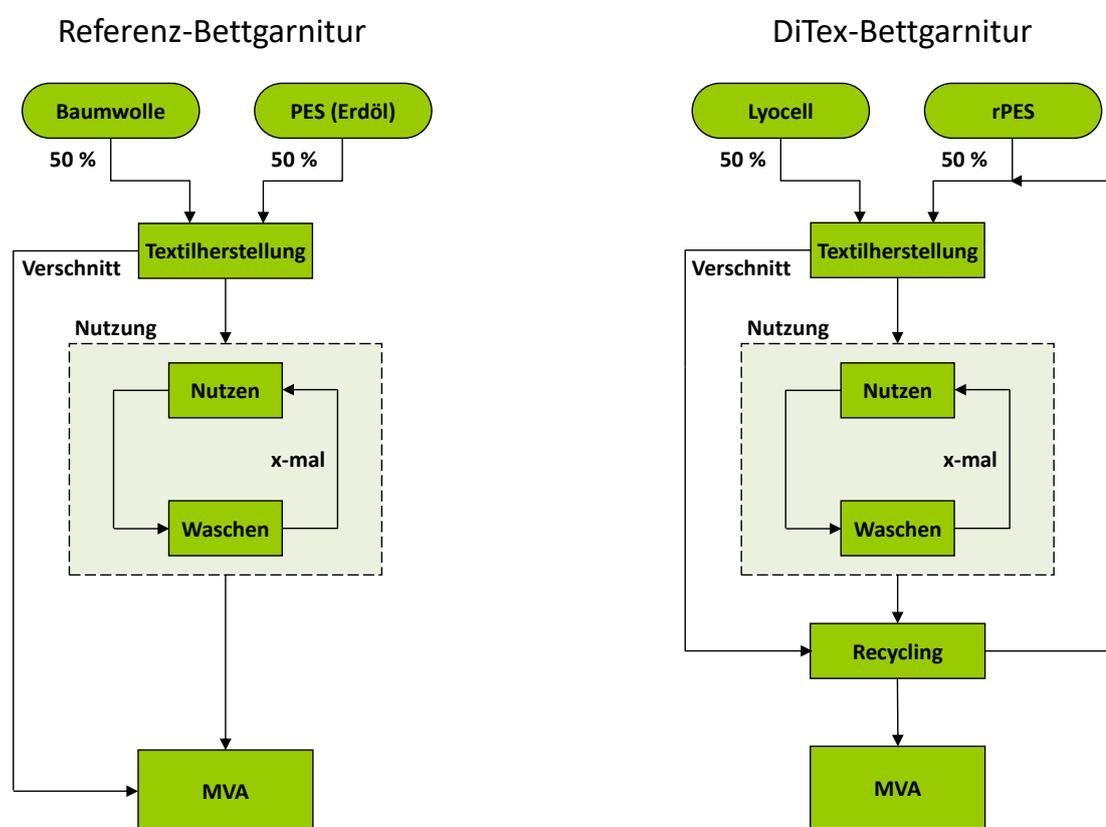
Wesentliche Basisparameter für die Übersichtsökobilanz sowie entscheidende Kenngrößen der Bettgarnitur sind in Kapitel 2.2, insbesondere in Tabelle 1 aufgeführt. Weitere Details zu den in der Übersichtsökobilanz gesetzten Rahmenbedingungen werden in Kapitel 2.4 dargelegt.

² © Casa.da.Photo – stock.adobe.com; © Lukas Gojda / Fotolia; © seagames50 – stock.adobe.com; © fatihyalcin – stock.adobe.com; © Andrii Zastrozhnov – stock.adobe.com; © Tanya Rozhnovskaya – stock.adobe.com; © annaspoka – stock.adobe.com

2.2 Untersuchte Produkte, Festlegungen und Basisdaten

Das untersuchte Produktsystem umfasst eine Bettgarnitur, die in Hotels eingesetzt und in gewerblichen Wäschereien gewaschen wird. Die analysierten Bettgarnituren bestehen aus einem Bettdecken- und Kopfkissenbezug. Die dafür eingesetzte textile Fläche wird lediglich um einen Nähfaden ergänzt, auf Knöpfe, Reißverschlüsse oder ähnliches wird in beiden Bettgarnituren verzichtet. Es werden jeweils ein Referenzprodukt und eine DiTex-Variante der Bettgarnitur betrachtet und einander gegenübergestellt; weitere ausführliche Details zu den untersuchten Bettgarnituren können [Müller et al. 2021] entnommen werden.

Vereinfachte Lebenswegschemata der beiden Textilien sind in Abbildung 2.2 dargestellt. Die vollständigen Lebenswegschemata können Abbildung 7.1 und Abbildung 7.2 im Anhang entnommen werden.



© IFEU 2022

Abbildung 2.2: Vereinfachte Lebensweg-Schemata der Referenz- und der DiTex-Bettgarnitur. PES: Polyester, rPES: Recycling-Polyester, MVA: Müllverbrennungsanlage

Die Bettgarnituren weisen vergleichbare Eigenschaften und Nutzengleichheit auf. Dies betrifft den Komfort, die Nutzungszeit zwischen zwei Waschzyklen sowie die Haltbarkeit. Das neu entwickelte DiTex-Textil wurde insbesondere in folgenden beiden Teilbereichen optimiert: Die Faserzusammensetzung und die Verwertung am Lebensende (Recycling). Die wesentlichen Unterschiede der beiden untersuchten Bettgarnituren sowie ausgewählte Basisparameter sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der beiden untersuchten Bettgarnituren und ausgewählte Basisparameter für die Übersichtsökobilanz.

Bettgarnitur		
	Referenz-Bettgarnitur	DiTex-Bettgarnitur
Hersteller	Dibella	
Material	Polyester / Baumwolle: 50 % / 50 %	Recycling-Polyester / r ₃₀ Lyocell: 50 % / 50 %
Produktgewicht	1.200 g	1.200 g
Verschnitt	4 %	4 %
Waschort	Wäscherei	Wäscherei
Produktlebensende	100 % Entsorgung	Sortierung 90 % Recycling 10 % Entsorgung
Recycling	Kein Recycling	Polyester: 10 % Ausschuss **, r ₃₀ Lyocell: kein Recycling
Entsorgung	100 % thermische Verwertung (ohne Gutschrift Zwischennutzen, da genügend Alternativen auf dem Markt sind)	10 % des Recycling-Polyesters: thermische Verwertung (Ausschuss)

* weitere Informationen zum Umgang mit Altkleidersammlung im Text bei „Produktlebensende“ (vgl. Kapitel 2.2 unten)

** Ausgangswert: Variationen mittels Sensitivitätsanalysen

Nachfolgend werden für wesentliche Prozesse, Lebenswegabschnitte und genutzte Materialien für die Übersichtsökobilanz notwendige Festlegungen dargelegt:

– **Materialzusammensetzung:**

Die für die Materialzusammensetzung genutzten Parameter basieren auf Angaben des Herstellers Dibella [Witteveen 2022]. Ausgewählte Details können Tabelle 1 entnommen werden.

– **Baumwoll-Produktion:**

Da es sich bei dieser Studie um einen Systemvergleich und nicht um eine spezifische produktbezogene Übersichtsökobilanz handelt, wird der globale Durchschnitt der Baumwollproduktion für die in der Referenz-Bettgarnitur verarbeitete Baumwolle gesetzt, der durch eine länderspezifische Gewichtung nach Produktionsvolumen (hilfsweise der gesamten, i.e. auch konventionellen Produktion) ermittelt wurde. Siehe [Senn et al. 2022])



© dietwalthier - stock.adobe.com

- **r₃₀Lyocell:**
Für die Herstellung der DiTex-Bettgarnitur wird neben Polyester eine Zellulose-Regeneratfaser eingesetzt, die mit dem Lyocell-Produktionsverfahren aus Zellstoff und bis zu 30 % recycelten Baumwoll- oder anderer zellulosehaltiger Materialien, beispielsweise aus Zuschnittresten, hergestellt wird. Diese Faserart wird nachfolgend als r₃₀Lyocell bezeichnet. Der zur Produktion benötigte Zellstoff wird in der Regel aus Holz hergestellt, das oftmals in einer Plantagenbewirtschaftung wie in Kurzumtriebsplantagen gewonnen wird. Die im Zellstoff enthaltene Zellulose wird gemeinsam mit dem zellulosehaltigen Recycel-Material zur r₃₀Lyocell-Herstellung in Lösemitteln gelöst, durch Spinn Düsen gepresst und in einem weiteren Lösemittelgemisch zu Fasern gefällt. Weitere Details zu r₃₀Lyocell können [Müller et al. 2021] entnommen werden. Einen wesentlichen Faktor bei der Holzgewinnung aus der Plantagenbewirtschaftung kann die Bewässerung des genutzten Plantagenwaldes darstellen. Hierfür werden Sensitivitätsanalysen erstellt.
- **Polyester / Recycling-Polyester:**
In dieser Untersuchung wird die in Europa typische, durchschnittliche Polyester- bzw. Recycling-Polyester-Produktion angesetzt. Die Herstellung von Polyester-Fasern erfolgt im Wesentlichen aus fossilen Quellen (insbesondere Erdöl und Erdgas). Details zum Polyester-Recycling siehe unten bei ‚Recycling‘.
- **Lebensdauer:**
Eines der Ziele des Forschungsvorhabens war es, die Textilien und die verbundene Logistik so zu optimieren, dass die Anzahl der Nutzungszyklen – vereinfacht ausgedrückt: die Lebensdauer – erhöht werden können. Für die Bettgarnituren werden 100 Nutzungszyklen angesetzt [Witteveen 2022] und über diverse Sensitivitätsanalysen abgesichert.
- **Transporte zu Recyclinganlagen:**
Für die Transporte zu und von den Recyclinganlagen wird ein zukünftig funktionierendes Logistiksystem mit adäquater Verteilung von Recyclinganlagen innerhalb Europas angesetzt, so dass diese Anlagen in angemessener Nähe zu den zukünftigen Anwendern liegen. Es wird eine Transportdistanz von durchschnittlich 500 km angesetzt.
- **Recycling (betrifft DiTex-Bettgarnitur)**
Ein wichtiges Ziel des Forschungsvorhabens war es, den Umbau in eine zirkuläre Textilwirtschaft zu analysieren und zu fördern. Hierzu sollte ein möglichst hoher Rezyklatanteil eingesetzt sowie hochwertiges chemisches Faser-zu-Faser Recycling genutzt werden. Für das chemische Recycling der Bettgarnitur wird diese zunächst mit einem Lösemittel versetzt, wodurch sich das in der Bettgarnitur enthaltene Polyester löst und die Zellulosefasern (r₃₀Lyocell) abgetrennt werden können. Das Lösungsmittel wird anschließend abgedampft, wodurch recyceltes PET gewonnen wird, das für die erneute Herstellung von Recycling-Polyesterfasern genutzt werden kann. Die Lösemittel werden zurückgewonnen und kommen wieder zum Einsatz. An Lösemittelverlusten wird ein typischer Verlust bei entsprechenden vollausgereiften industriellen Verfahren in Höhe von maximal 1 % angesetzt. Analog wird mit den Zuschnittresten verfahren. Da das betrachtete Textilrecycling noch nicht vollständig industriell entwickelt ist und Daten zu Energie- und Massenbilanzen nicht öffentlich zugäng-



lich sind, wird in einem Standard-Szenario angesetzt, dass die Gesamtmenge für das Recycling eingesetzter fossiler Energieträger höchstens dem der Herstellung von Polyester aus fossilen Primärrohstoffen entspricht. Mit Sensitivitätsanalysen wird die mögliche Bandbreite der Ergebnisse bestimmt. Während des Recyclingprozesses der Bettgarnitur entsteht ein systembedingter Ausschuss von Textilfasern, der die Effizienz des Verfahrens verringert. Die Höhe des Ausschusses bzw. der Recyclingrate wird im Standard-Szenario auf 10 % der Polyesterfasern festgesetzt und in Sensitivitätsanalysen auf ihre Auswirkung auf die Ergebnisse analysiert (siehe Kapitel 3.5). Des Weiteren wird angesetzt, dass der Ausschuss entsprechend der üblichen Verwertungswege in Deutschland der thermischen Verwertung einer Müllverbrennungsanlage (MVA) zugeführt wird, wofür eine energetische Gutschrift angerechnet wird.

– **Produktlebensende (betrifft Referenz-Bettgarnitur)**

Die für das Produktlebensende genutzten Parameter (vgl. Tabelle 1) wurden auf der Basis einer Expert*inneneinschätzung vorgenommen und über Sensitivitätsanalysen abgesichert. Für den Anteil an Textilien, der nach der Nutzung als Bettgarnitur nicht direkt thermisch in einer MVA verwertet wird, wird eine zwischengeschaltete



© annaspoka –
stock.adobe.com

te Sekundärnutzung (z. B. Putzlappen oder Altkleidersammlung) angesetzt. Für diese Zwischennutzung wird dem System keine zusätzliche Gutschrift angerechnet, da es aktuell und in absehbarer Zukunft ein Überangebot an Textilien auf dem Sekundärmarkt geben wird und eine separate Produktion von Sekundärtextilien aus Frischfasern für z. B. Putzlappen daher unrealistisch ist. Für die hier betrachteten Textilien wird am Ende ihrer Sekundärnutzung somit eine energetische Gutschrift auf der Basis einer thermischen Verwertung in einer MVA angerechnet. Analog wird mit den Zuschnittresten verfahren.

2.3 Umweltwirkungskategorien

Alle wesentlichen Umweltaspekte der textilen Wertschöpfungskette sollten in den untersuchten Wirkungskategorien der Übersichtsökobilanz umfassend erfasst werden. Neben Umweltauswirkungen, die durch den Energiebedarf in der Textilproduktion geprägt sind, spielen vor allem auch der landwirtschaftliche Anbau von Baumwolle und anderer Biomasse (z. B. zur Herstellung von Tensiden) sowie die Prozesse beim Waschen (in der Wäscherei bzw. zu Hause) eine signifikante Rolle. Die hierbei mit großem Abstand wichtigsten Umweltauswirkungen bzw. Ressourceninanspruchnahmen sind daher der CO₂-Fußabdruck, der Wasser-, Flächen- und Phosphatfußabdruck, der Energieaufwand, die Versauerung sowie der stratosphärische Ozonabbau. Diese Umweltwirkungskategorien werden der hier erstellten Übersichtsökobilanz zugrunde gelegt und sind in Tabelle 2 kurz beschrieben.

Tabelle 2: Betrachtete Umweltwirkungskategorien der Übersichtsökobilanz der Bettgarnitur.

Wirkungskategorie	Einheit	Kurzbeschreibung
CO ₂ -Fußabdruck	kg CO ₂ -Äquivalente	Beschreibt die Verstärkung des Treibhauseffekts, also die Erwärmung der Atmosphäre in Folge der vom Menschen verursachten Freisetzung von klimawirksamen Gasen. Neben Kohlenstoffdioxid (CO ₂) werden auch Methan (CH ₄) und Lachgas (Distickstoffoxid, N ₂ O) sowie eine Reihe von klimawirksamen Spurengasen erfasst und mit Bezug zu CO ₂ zu CO ₂ -Äquivalenten zusammengefasst [IPCC 2021].
Energieaufwand	MJ PE-Äquivalente	Energieeinsatz bzw. -einsparung ist ein Indikator der Ressourcenbeanspruchung. Üblicherweise wird in Ökobilanzen die nicht erneuerbare Primärenergie ausgewiesen. Zu den nicht erneuerbaren Energieträgern zählen die fossilen Brennstoffe Erdöl, Erdgas und Kohle sowie Uranerz. Die Primärenergie umfasst sowohl den Energieinhalt der Energieträger als auch den Aufwand für deren Bereitstellung (Förderung, Raffinerie, Transporte etc.). Die verschiedenen Primärenergieträger werden in Primärenergie (PE)-Äquivalente zusammengefasst. Im Folgenden wird diese Umweltwirkungskategorie der Einfachheit halber mit „Energieaufwand“ bezeichnet.
Wasser-Fußabdruck	m ³ Wasser-Äquivalente	Für die Berechnung des Wasser-Fußabdrucks wird die verbrauchte Wassermenge gewichtet nach Wasserqualitäten und der Wasserknappheit in dem Land, in dem der jeweilige Verbrauch stattfindet. Das Ergebnis wird in Wasser-Äquivalenten angegeben. Details siehe AWARE-Methode [Boulay et al. 2018].
Flächen-Fußabdruck	m ² künstliche Flächen · Äquivalente · Jahre (aF-Äq. · a)	Ökosysteme mit einer geringen menschlichen Eingriffsstärke und einem hohen Maß an Selbstregulation zeigen geringere negative Wirkungen auf das Gesamtsystem, die Bodenfunktion und Biodiversität als Ökosysteme, deren Selbstregulation durch eine hohe Eingriffsstärke beeinträchtigt ist. Bei der Berechnung werden die belegten Flächen gewichtet nach ihrer jeweiligen Distanz zu einem natürlichen Zustand zu künstlichen Flächen-Äquivalenten zusammengefasst. Details siehe [Fehrenbach et al. 2019].
Phosphat-Fußabdruck	g Phosphatgestein-Äquivalente	Phosphat ist eine global erschöpfliche Ressource. Es wird in der Regel im Bergbau außerhalb Deutschlands gewonnen. Sämtliche eingesetzten phosphorhaltigen Verbindungen werden bezogen auf das insgesamt benötigte Phosphatgestein in Phosphatgestein-Äquivalente zusammengefasst. Details siehe [Reinhardt et al. 2019].
Versauerung	g SO ₂ -Äquivalente	Versauerung schädigt sensible Ökosysteme wie Wälder, Magerwiesen, Gewässer, aber auch Gebäude (Stichwort: „Saurer Regen“). Diese Versauerung wird durch säurebildende Luftschadstoffe wie Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Ammoniak und Chlorwasserstoff verursacht. Sämtliche säurebildende Luftschadstoffe werden mit Bezug zu SO ₂ zu SO ₂ -Äquivalenten zusammengefasst.
Stratosphärischer Ozonabbau	mg CFC-11-Äquivalente	Bestimmte Gase wie FCKW oder Lachgas zerstören das schützende Ozon in der Stratosphäre (Stichwort „Ozonloch“). Diese Gase werden mit Bezug zum Fluorchlorkohlenwasserstoff CFC-11 zu CFC-11-Äquivalenten zusammengefasst.

2.4 Rahmenbedingungen

Neben dem bereits in Kapitel 2.1 beschriebenen methodischen Vorgehen und der Darstellung des betrachteten Lebensweges werden nachfolgend weitere ausgewählte Parameter und Setzungen beschrieben.



2.4.1 Systemgrenzen

Für die Ökobilanzierung wird der gesamte Lebensweg von der Fasererzeugung mit all ihren Inputs bis zur Entsorgung bzw. dem Recycling betrachtet (siehe Abbildung 2.2 bzw. Abbildung 7.1 und Abbildung 7.2 im Anhang). Dabei werden auch alle Logistikaufwendungen inklusive Transporte und Reststoffströme erfasst. Aufwendungen für die Infrastruktur, wie z. B. der Bau von Spinn- oder Webmaschinen, Lagergebäuden oder Fahrzeugen, sind vernachlässigbar, denn sie treten sowohl beim DiTex-Textil wie auch beim Referenztextil auf. Diese Aufwendungen werden wegen sehr geringer Abweichungen zwischen den verschiedenen Szenarien und geringerer Anteile an den Umweltwirkungen nicht ausgewiesen.

2.4.2 Zeitlicher und räumlicher Bezug

Die Berechnungen bilden die Produktion und Nutzung um das Jahr 2022 ab. Bei allen Prozessen, die noch nicht vollständig bis zur Marktreife entwickelt sind, wie bei den Recyclingprozessen oder einer Massenproduktion der neu entwickelten recyclingfähigen Textilien, werden typische Massen- und Energieeffizienzen für industriell ausgereifte Verfahren angesetzt.

Der räumliche Bezug ist Deutschland. Für alle vor- und nachgelagerten Prozesse, wie zum Beispiel die Baumwollproduktion oder Erdölgewinnung, werden die entsprechenden Verhältnisse weltweit berücksichtigt.

2.4.3 Funktionelle Einheit

Als funktionelle Einheit wird der **Nutzen einer Bettgarnitur** über die gesamte Lebensdauer (d. h. Nutzungsdauer) mit typischerweise 100 Nutzungs- bzw. Waschzyklen betrachtet.

Diese funktionelle Einheit erlaubt aber keinen Vergleich der Auswirkungen unterschiedlicher Nutzungsdauern, weil *eine* Bettgarnitur mit beispielsweise 90 Nutzungs- bzw. Waschzyklen nicht den gleichen Nutzen hat wie *eine* Bettgarnitur mit 100 Nutzungs- bzw. Waschzyklen. Bei Sensitivitätsanalysen, bei welchen unterschiedliche Nutzungs- bzw. Waschzyklen miteinander verglichen werden, wird als funktionelle Einheit daher eine bestimmte **Anzahl an Nutzungen** von Bettgarnituren festgelegt. Als gut handhabbare Größe für die Ergebnisdarstellung wurden 1.000 Nutzungen gesetzt, wobei jede andere Zahl zu gleichen relativen Ergebnissen führen würde. Für 1.000 Nutzungen werden dann je nach betrachteter Lebensdauer jeder einzelnen Bettgarnitur rechnerisch insgesamt 7,7 – 11,1 Bettgarnituren benötigt.

2.4.4 Systemmodellierung: Recycling

Sowohl für das Polyester als auch das r_{30} Lyocell in der DiTex-Bettgarnitur wird ein Closed-Loop-Recycling angesetzt (vgl. mit Abbildung 7.2).

Sämtlicher Ausschuss entlang des Lebenswegs wird durch Primärmaterial ergänzt außer bei den Schnittresten. Diese werden direkt in das Recyclingverfahren zurückgeführt.

Um mögliche Artefakte in den Ergebnissen durch den Einbezug einer Erstproduktion aus 100 % Startmaterial auszuschließen, werden, wie dies bei entsprechenden Recyclingfragestellungen bei noch nicht in der Praxis existierenden Technologiepfaden standardmäßig angesetzt wird, so viele Nutzungs- und Waschzyklen angenommen, dass die Erstproduktion der Bettgarnitur gegenüber den Recycelzyklen nicht mehr ins Gewicht fällt.

2.4.5 Datenbasis

Die Bilanzierung basiert auf folgenden Datengrundlagen:

- Textile Herstellungs- und Wäschereiprozesse:
Diverse Literaturwerte und Daten aus der ifeu-internen Datenbank sowie Daten, die mit Expert*innen aus dem Konsortium abgestimmt worden sind [ifeu 2022].
- Vorketten (von Hilfsstoffen, Energieträgern etc.) und sonstige Daten: Datenbankwerte aus Ökobilanz-Datenbanken des ifeu [ifeu 2022] und ecoinvent [Ecoinvent 2020].



© damark – Fotolia

2.4.6 Sensitivitätsanalysen

Um den Einfluss ausgewählter, variabler Parameter auf das Gesamtsystem besser zu verstehen und als wichtige oder unwichtige Stellschrauben einordnen zu können, wurde eine Reihe an Sensitivitätsanalysen durchgeführt. In diesem Bericht werden schwerpunktmäßig vorrangig solche aufgeführt, die einen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse haben. Diese betreffen die Lebensdauer, das Recycling, die Bewässerung des Plantagenwaldes zur r_{30} Lyocell-Produktion sowie die eingesetzten Energieträger und Waschsubstanzen.

3 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Übersichtsökobilanz dargestellt. Zunächst werden die Umweltwirkungen der Referenz-Bettgarnitur mit der DiTex-Bettgarnitur verglichen (Kapitel 3.1), bevor der Einfluss einzelner Lebenswegabschnitte auf alle untersuchten Umweltwirkungskategorien gezeigt wird (Kapitel 3.2). Darauf folgend wird in den Kapiteln 3.3 bis 3.8 näher auf die entscheidenden Faktoren für die Umweltlast der Bettgarnitur eingegangen.



© Pixel-Shot – stock.adobe.com

3.1 Referenz- und DiTex-Bettgarnitur im Vergleich

Abbildung 3.1 zeigt die Ergebnisse des CO₂-Fußabdrucks der untersuchten Referenz-Bettgarnitur, der DiTex-Bettgarnitur sowie das durch die umgesetzten Optimierungen erreichte Einsparpotential.

Die Ergebnisse des CO₂-Fußabdrucks zeigen, dass durch die Optimierung in einzelnen Prozessstufen des Lebensweges, wie beispielsweise der Faserherstellung, eine gewisse Einsparung an Treibhausgasen erzielt werden kann. Dies wirkt sich jedoch nicht merklich auf den gesamten CO₂-Fußabdruck der Bettgarnitur aus. Das gesamte Einsparpotential beim CO₂-Fußabdruck liegt bei unter 1 % und ist somit vernachlässigbar gering.

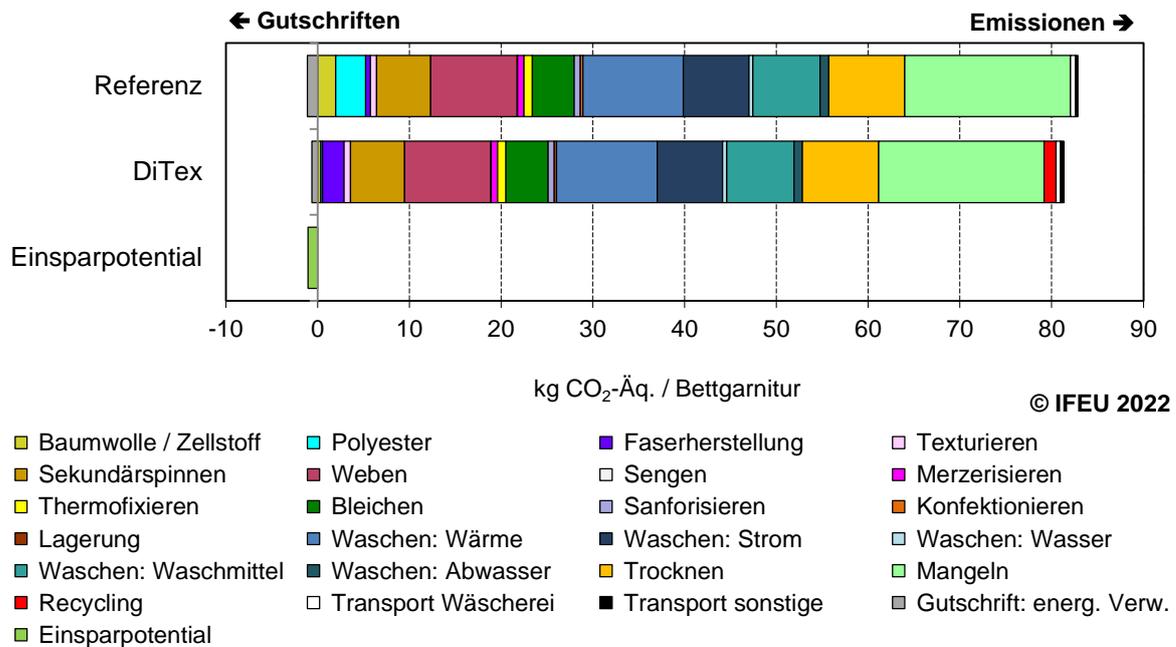
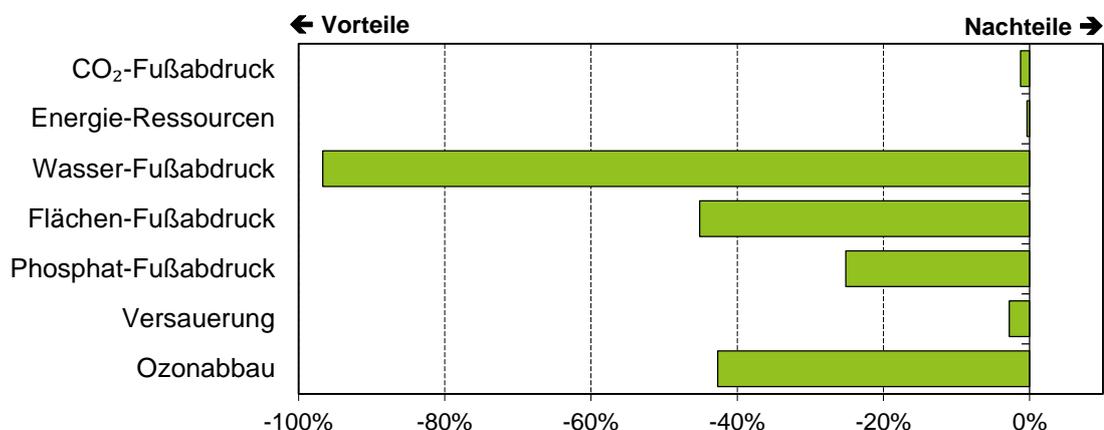


Abbildung 3.1: CO₂-Fußabdruck der Referenz-Bettgarnitur sowie der DiTex-Bettgarnitur im Vergleich

Bei Betrachtung aller analysierter Umweltwirkungen (Abbildung 3.2) zeigt sich beim Vergleich von der DiTex-Bettgarnitur mit der Referenz-Bettgarnitur, dass durch die umgesetzten Optimierungen die Umweltlast bei bestimmten Umweltwirkungen deutlich reduziert werden kann.



© IFEU 2022

Abbildung 3.2: Einsparpotential bei den untersuchten Umweltwirkungen durch die umgesetzten Optimierungen der Bettgarnitur

Die Kombination der umgesetzten Optimierungen der Bettgarnitur führt generell zu einer reduzierten Umweltlast. Besonders ausgeprägt ist das Einsparpotential durch die Verwendung der DiTex-Bettgarnitur im Vergleich zur Referenz-Bettgarnitur beim Wasser- und Flächen-Fußabdruck, aber auch der stratosphärische Ozonabbau und der Phosphat-Fußabdruck können deutlich gesenkt werden. Lediglich sehr geringe bis keine Vorteile können beim CO₂-Fußabdruck, der Nutzung nicht-erneuerbarer Energie-Ressourcen sowie der Versauerung erzielt werden.

Fazit

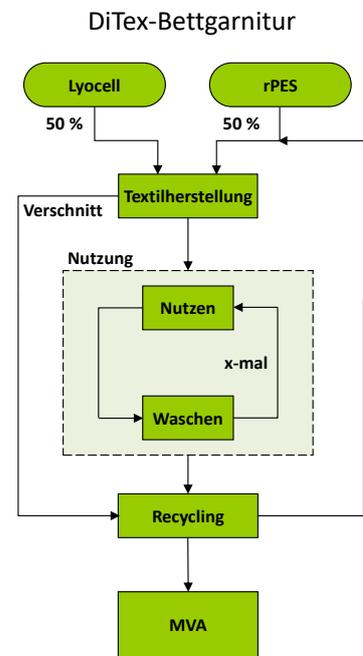
- Durch die bei der DiTex-Bettgarnitur umgesetzten Optimierungen kann die Umweltlast einer Bettgarnitur zum Teil signifikant reduziert werden, nachteilige Effekte gibt es keine.
- Damit ist es aus Umweltsicht lohnenswert, den im Projekt eingeschlagenen Weg der Entwicklung einer nachhaltigen, kreislauffähigen Bettgarnitur bis zur systematischen Marktreife fortzuführen.

3.2 Bedeutung der einzelnen Lebenswegabschnitte

Abbildung 3.3 zeigt die Ergebnisse aller untersuchten Umweltwirkungen der neu entwickelten DiTex-Bettgarnitur über die gesamte Lebensdauer aufgedgliedert in die einzelnen Lebenswegabschnitte. Die einzelnen Prozesse tragen in jeweils unterschiedlichem Maß zur gesamten Umweltlast der Bettgarnitur bei, wobei sich der Einfluss je Prozess von Umweltwirkung zu Umweltwirkung wiederum unterscheidet.

Folgende Faktoren für die Umweltlast, bei denen große Einsparungen erzielt und Handlungsempfehlungen abgeleitet werden können, wurden identifiziert und werden nachfolgend näher beschrieben:

- Faserzusammensetzung
- Nutzungszyklen / Lebensdauer
- Recycling
- Energieaufwand in der Wäscherei
- Einsatz erneuerbarer Energien
- Phosphorverbindungen in Waschmitteln
- Pflanzlicher Anteil der in den Waschmitteln eingesetzten Tenside.



© IFEU 2022

© seagames50 –
stock.adobe.com



Aus Abbildung 3.3 ist erkenntlich, dass andere Teilbereiche innerhalb der Textil-Prozesskette, wie beispielsweise Transporte entlang des gesamten Lebensweges oder einzelne Prozesse in der Textilproduktion wie das Texturieren, keine wesentliche Rolle spielen, weshalb nachfolgend nicht mehr auf diese Aspekte eingegangen wird.

3.3 Faserzusammensetzung

Eine Bettgarnitur wird aufgrund von Komfortansprüchen, Atmungsaktivität, Wärmeisolierung und weiterer Aspekte typischerweise aus einem hohen Anteil zellulosebasierter Fasern wie Baumwolle hergestellt. Durch den hohen Wasserbedarf und Pestizideinsatz im Baumwoll-Anbau wird die Nachhaltigkeit von Baumwolle vermehrt in Frage gestellt. Baumwollfasern können in vielen Fällen durch Zellulose-Regeneratfasern (z. B. r_{30} Lyocell) ersetzt werden, welche vorwiegend aus Zellstoff forstwirtschaftlichen Ursprungs hergestellt werden.



© Reiner-Sturm – pixelio.de
© ZhouLi1984 – stock.adobe.com

Betrachtet man die dafür notwendige wirtschaftliche Nutzung von (Plantagen-)Wäldern, welche abgeholzt und teilweise sogar bewässert werden müssen, stellt sich die Frage, ob Zellulose-Regeneratfasern eine nachhaltige Alternative darstellen können.

Um weitere vorteilhafte Eigenschaften der Bettgarnitur zu erzielen, wird ein gewisser Anteil an Synthefasern (meistens Polyesterfasern) beigemischt. Unter anderem aufgrund der Nutzung fossiler Primärrohstoffe sind Polyesterfasern in der Öffentlichkeit nicht als ökologische Textilfasern bekannt. Diese können jedoch in der Regel ohne Weiteres durch recycelte Polyesterfasern ersetzt werden.

Zur Analyse des Einflusses einer Änderung der Fasermaterialien auf die Umweltwirkung von zirkulärer Bettgarnitur wurden folgende Szenarien betrachtet:

- **Referenz**
Referenz-Bettgarnitur aus 50 % Baumwolle und 50 % Polyester.
- **Baumwolle (BW) → r_{30} Lyocell**
Bei der Referenz-Bettgarnitur wird der Baumwoll-Anteil durch r_{30} Lyocell (Holzzellulose-Anteil aus 0 % bewässertem forstwirtschaftlichem Anbau) ersetzt.
- **Baumwolle (BW) → r_{30} Lyocell 20 % bewässert**
Bei der Referenz-Bettgarnitur wird der Baumwoll-Anteil durch r_{30} Lyocell (Holzzellulose-Anteil aus 20 % bewässertem forstwirtschaftlichem Anbau) ersetzt.
- **Polyester (PES) → Recycling-Polyester (rPES)**
Bei der Referenz-Bettgarnitur wird der Polyester-Anteil durch Recycling-Polyester ersetzt.
- **DiTex**
DiTex-Bettgarnitur aus 50 % r_{30} Lyocell (Holzzellulose-Anteil aus 0 % bewässertem forstwirtschaftlichem Anbau) und 50 % Recycling-Polyester.

Die Ergebnisse für die untersuchten Umweltwirkungskategorien sind in Abbildung 3.4 dargestellt.

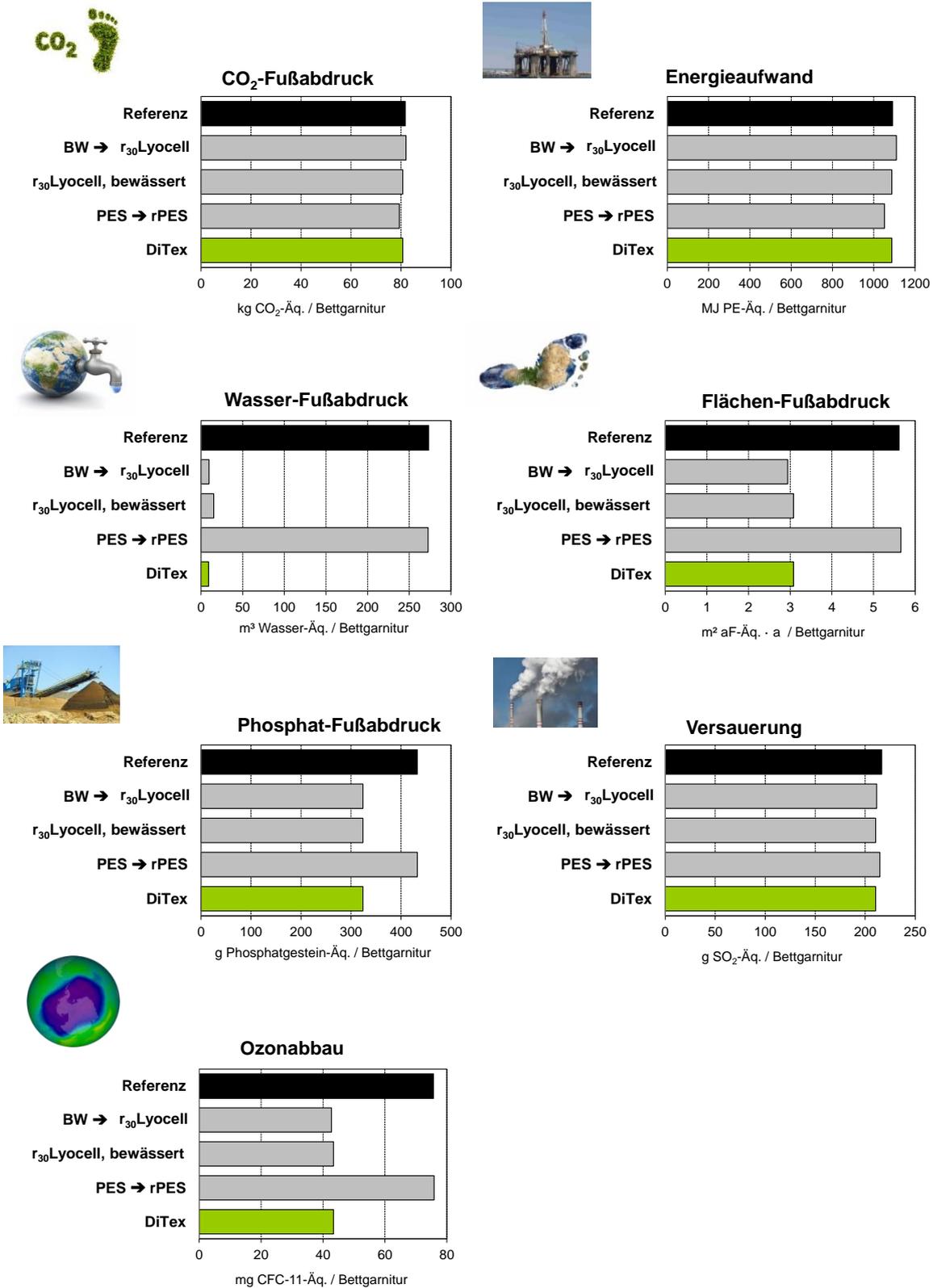


Abbildung 3.4: Umweltwirkungen von Bettgarnitur mit unterschiedlicher Faserzusammensetzung im Vergleich. Betrachtete Szenarien siehe Text, Einheiten in Kapitel 2.3. Bildquellen siehe ³

³ CO₂-Fußabdruck: © Jenny_Sturm – stock.adobe.com, Energieaufwand: © Jenny_Sturm – stock.adobe.com, Wasser-Fußabdruck: © corund – stock.adobe.com, Flächen-Fußabdruck: © Creativemarc / Fotolia, Phosphat-Fußabdruck: © fannyes / Fotolia, Versauerung: © kamilpetran / Fotolia, Ozonabbau: © NASA – Wikimedia Commons

3.3.1 Verwendung von Lyocell mit 30 % Recyclinganteil anstelle von Baumwolle

Lyocellfasern können aufgrund ihrer Eigenschaften in vielen Fällen Baumwollfasern problemlos ersetzen. In Abbildung 3.4 sind die Ergebnisse für den Vergleich der Umweltwirkungen der Referenz-Bettgarnitur mit Baumwollanteil mit einer Bettgarnitur mit r_{30} Lyocellanteil (unbewässert und bewässert) aufgeführt.



© Gargonia – stock.adobe.com

Aus den Ergebnissen der Übersichtsökobilanz ergibt sich, dass durch den Einsatz von r_{30} Lyocell und die damit verbundene Vermeidung des landwirtschaftlichen Anbaus der Baumwolle signifikante Vorteile beim Wasser-, Flächen- und Phosphat-Fußabdruck sowie beim Ozonabbau erzielt werden können, ohne damit Nachteile beim CO_2 -Fußabdruck sowie der Nutzung fossiler Energie-Ressourcen oder der Versauerung zu generieren. Dies kann durch den deutlich reduzierten Einsatz von Wasser zur Bewässerung, den Verzicht auf Düngemittel für den Anbau sowie den deutlich höheren Ertrag von Plantagenwäldern im Vergleich zur Baumwollgewinnung erklärt werden.



© ZhouL1984 – stock.adobe.com

Die Nutzung von bewässerten oder unbewässerten Plantagenwäldern spielt hierbei eine eher untergeordnete Rolle. Dennoch ist beim Wasser-Fußabdruck mit ca. 50 % ein deutlicher Unterschied zwischen der Nutzung bewässerter und unbewässerter Plantagenwälder vorhanden, weshalb eine möglichst geringe Bewässerung angestrebt werden sollte.

Fazit:

- Eine Verwendung von zellulosebasierten Fasern wie Lyocell anstelle von Baumwolle, wie es bei der DiTex-Bettgarnitur umgesetzt wurde, bietet ein großes Potenzial zur Verringerung der Umweltlast der Bettgarnitur, insbesondere durch die Vermeidung des landwirtschaftlichen Anbaus der Baumwolle, und sollte deshalb zukünftig angestrebt werden. Es ist eine der am effizientesten Maßnahmen zur Reduzierung der Umweltlast.
- Die Bewässerung des genutzten Plantagenwaldes sollte möglichst vermieden werden.
- Das Recycling von zellulose-basierten Textilfasern wie Lyocell für eine zirkuläre Textilwirtschaft sollte bis zur Marktreife weiterentwickelt werden.

3.3.2 Verwendung von Recycling-Polyester anstelle von Polyester

Recycling-Polyester (rPES) und Polyester aus fossilem Primärmaterial sind chemisch identisch, weshalb eine Verwendung von Recycling-Polyester zur Textilproduktion technisch unproblematisch ist.

In Abbildung 3.4 sind die Ergebnisse für den Vergleich der Umweltwirkungen der Referenz-Bettgarnitur mit einer DiTex-Bettgarnitur, bei der Recycling-Polyester anstelle von Polyester verwendet wird, aufgeführt. Daraus ergibt sich, dass eine Verwendung von Textilfasern aus Recycling-Polyester bei den betrachteten Umweltwirkungskategorien weder zu signifikanten Einsparungen noch zu nennenswerten Nachteilen im Vergleich zur Referenz-Textilie führt. Zur Veranschaulichung, welchen Umwelteinfluss alleine das Material aufweist, sind in Abbildung 3.5 beispielhaft die Ergebnisse für den CO₂-Fußabdruck und den Energieaufwand nur des (Recycling-)Polyester-Anteils der Bettgarnitur dargestellt – die anderen Umweltwirkungen wie der Wasserfußabdruck sind davon nicht wesentlich betroffen. Betrachtet werden folgende Szenarien: Einsatz von fossilem Polyester (PES) in der Referenz-Bettgarnitur, Einsatz von Recycling-Polyester (rPES) in der Referenz-Bettgarnitur und Einsatz von Recycling-Polyester mit einem 90 % verringertem Energiebedarf für das Recycling (siehe Kapitel 3.5).



Grundsätzlich verringert die Verwendung von Recyclingmaterial anstelle von Primärmaterial zwar den CO₂-Fußabdruck und den Einsatz fossiler Energie-Ressourcen, dieser ist bezogen auf den gesamten Lebensweg der Bettgarnitur jedoch vernachlässigbar gering (vgl. Abbildung 3.4). Grund hierfür ist, dass der Energiebedarf der Herstellung und der Nutzungsphase des Textils etwa hundertfach höher ist, als der Unterschied zwischen den beiden Polyestervarianten. Selbst bei einem stark reduzierten Energiebedarf (- 90 %) können keine im Vergleich zum restlichen Lebensweg signifikanten Einsparungen erzielt werden.

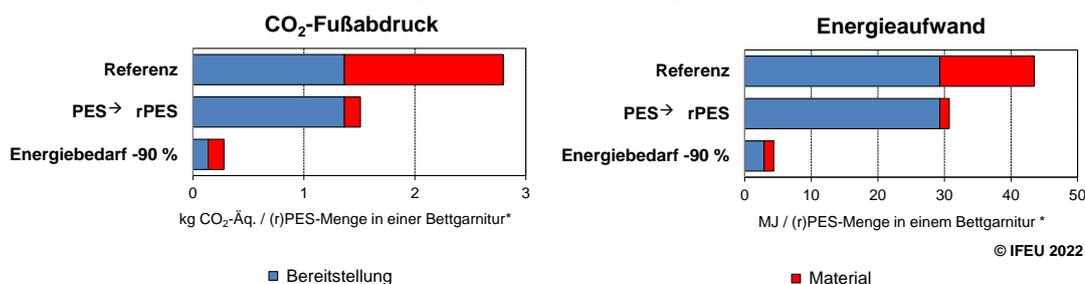


Abbildung 3.5: CO₂-Fußabdruck und Energie-Ressourcen für die Bereitstellung und das Material (Nutzung) des Polyesters in der Referenz-Bettgarnitur und der DiTex-Bettgarnitur mit Recycling-Polyester anstelle von Polyester (Details siehe Text). * entspricht 625 g (r)PES

Fazit:

- Eine Verwendung von Recycling-Polyester anstelle von Polyester, wie es bei der DiTex-Bettgarnitur umgesetzt wurde, bietet kein relevantes Potenzial zur Verringerung der Umweltlast der Bettgarnitur bei Mietwäsche mit hohen Umlaufzahlen.
- Schwerpunkt von Umweltoptimierungen bei Mietwäsche mit hohen Umlaufzahlen sollten daher andere Teilbereiche entlang des Lebenswegs der Bettgarnitur sein, beispielsweise die Reduktion des Einsatzes von Baumwolle oder energieeffiziente Produktions- und Wäschereiprozesse.

3.4 Nutzungszyklen / Lebensdauer

Ein wichtiger Aspekt bei der ökologischen Nachhaltigkeit von Textilien ist deren Lebensdauer. Eine erhöhte Langlebigkeit zeichnet sich durch eine größere Anzahl realisierbarer Nutzungs- und Waschzyklen aus, bis das Textil aufgrund geringer gewordener Qualität nicht mehr zu nutzen ist und dann entsorgt bzw. recycelt werden muss. Bei einer erhöhten Langlebigkeit müssen für den gleichen Nutzen eine geringere Fasermenge und letztlich weniger Textilien produziert werden. Dies kann zu einer signifikanten Reduktion der Umweltauswirkungen führen. Eine erhöhte Lebensdauer kann beispielsweise durch die Nutzung qualitativ hochwertiger Gewebe, eine höhere Akzeptanz bei Farbveränderung, bei Verschleißerscheinungen und bei sonstigen Qualitätsminderungen oder durch einen schonenderen Umgang mit den Textilien erreicht werden.



© irissca – stock.adobe.com

Zur Analyse des Einflusses einer verlängerten Lebensdauer auf die Umweltwirkung von Bettgarnitur wurden folgende Anzahlen an Nutzungs- und Waschzyklen betrachtet. Dabei stellt die DiTex-Bettgarnitur mit 100 Nutzungszyklen die Vergleichsbasis (grün) für die Sensitivitätsanalysen (grau) dar:

- **90 Nutzungszyklen**
Bettgarnitur weist eine verminderte Lebensdauer von 90 Nutzungszyklen auf.
- **100 Nutzungszyklen** (DiTex-Basisszenario)
Bettgarnitur weist eine typische Lebensdauer von 100 Nutzungszyklen auf.
- **110 / 130 / 150 Nutzungszyklen**
Bettgarnitur weist eine erhöhte Lebensdauer von 110/130/150 Nutzungszyklen auf.
- **Referenz**
Bettgarnitur weist eine typische Lebensdauer von 100 Nutzungszyklen auf.

Die Ergebnisse der untersuchten Umweltwirkungskategorien sind in Abbildung 3.6 dargestellt. Als Bezugsgröße dienen hier 1.000 Nutzungszyklen (Erklärung in Kapitel 2.4.3).

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Verlängerung der Lebensdauer insbesondere bei jenen Umweltwirkungen einen signifikant positiven Einfluss hat, die vor allem von der Rohstoffgewinnung und der Textilproduktion abhängen. Dies betrifft insbesondere den Wasser- und Flächen-Fußabdruck, die maßgeblich durch die Bereit- und Herstellung der Zellulosefasern geprägt sind. Weiterhin können durch die verringerte Textilproduktion auch Energie-Ressourcen eingespart werden, was zu einem gesenkten CO₂-Fußabdruck sowie reduzierter Versauerung und Ozonabbau führt. Der auffällig konstante Phosphat-Fußabdruck kommt dadurch zustande, dass im DiTex-Textil keine Primär-Baumwolle enthalten ist.

Fazit

- Eine Verlängerung der Lebensdauer sollte angestrebt werden, da diese zu einer deutlichen Verringerung der Umweltwirkungen von einer Bettgarnitur beitragen kann.
- Hierfür müssen zukünftig sowohl langlebige Materialien entwickelt und eingesetzt sowie eine entsprechende Akzeptanz bei betroffenen Interessengruppen geschaffen werden.

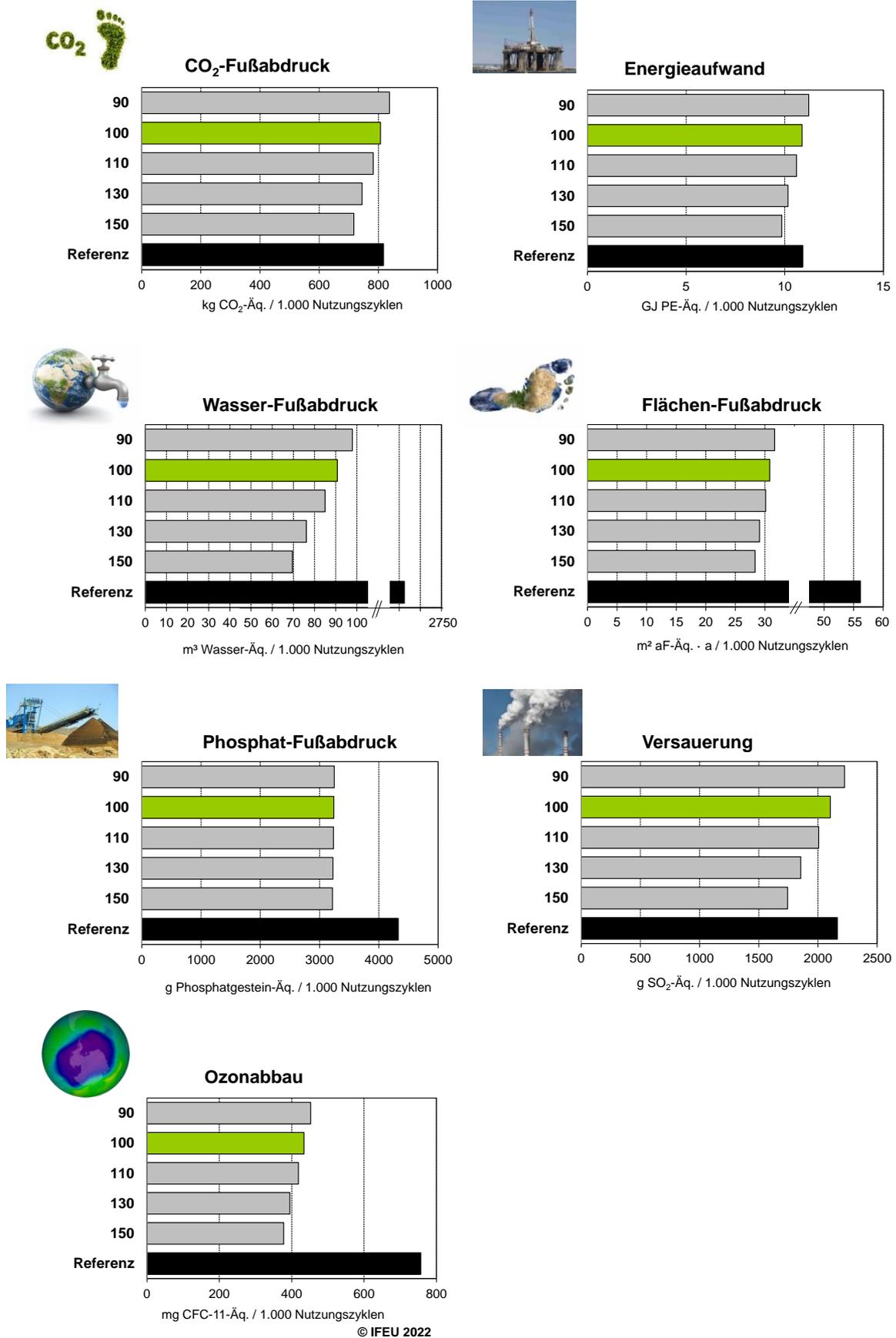
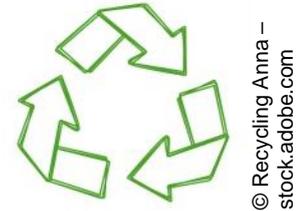


Abbildung 3.6: Umweltwirkungen von Bettgarnitur mit unterschiedlich hoher Lebensdauer im Vergleich. Betrachtete Szenarien siehe Text, Einheiten in Kapitel 2.3. Bildquellen siehe ⁴

⁴ CO₂-Fußabdruck: © Jenny_Sturm – stock.adobe.com, Energieaufwand: © Jenny_Sturm – stock.adobe.com, Wasser-Fußabdruck: © corund – stock.adobe.com, Flächen-Fußabdruck: © Creativemarc / Fotolia, Phosphat-Fußabdruck: © fannyes / Fotolia, Versauerung: © kamilpetran / Fotolia, Ozonabbau: © NASA – Wikimedia Commons

3.5 Recycling

Das Recycling von Textilien wird in der Öffentlichkeit immer wieder als elementarer Aspekt einer nachhaltigen Textilwirtschaft genannt. Landläufig wird die Meinung vertreten, dass besonders die Effizienz der genutzten Textilrecycling-Technologie, also vor allem der benötigte Energieaufwand sowie die Höhe des Faserausschusses, die Umweltauswirkung von Recyclingtextilien bestimmt. In diesem Kapitel wird analysiert, welchen Einfluss ein reduzierter Energieaufwand durch Effizienzsteigerung der Recyclingtechnologien sowie der Faserausschuss auf die Umweltwirkung der DiTex-Bettgarnitur hat. Hierzu wurden folgende Szenarien untersucht:



- **Referenz**
Referenz-Bettgarnitur ohne Recycling.
- **Energiebedarf -50 %**
Der für das Recyclingverfahren benötigte Energiebedarf ist im Vergleich zum Standard-Verfahren um 50 % reduziert.
- **Energiebedarf -90 %**
Der für das Recyclingverfahren benötigte Energiebedarf ist im Vergleich zum Standard-Verfahren um 90 % reduziert.
- **Ausschuss 20 %**
Der Ausschuss an Polyesterfasern liegt bei 20 %.
- **Ausschuss 1 %**
Der Ausschuss an Polyesterfasern liegt bei 1 %.
- **DiTex**
Standard-Recyclingverfahren mit einem Energiebedarf in Höhe der heutzutage typischerweise benötigten Energie. Der Ausschuss an Polyesterfasern liegt bei 10 %.

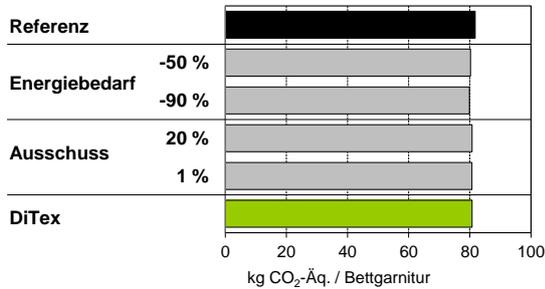
Die Ergebnisse der untersuchten Umweltwirkungskategorien sind in Abbildung 3.7 dargestellt. Daraus kann abgeleitet werden, dass Recycling allgemein einen nur geringen Einfluss auf die Reduktion der Umweltwirkungen der Bettgarnitur aufweist. Sowohl ein reduzierter Energiebedarf für das Recycling als auch die Höhe des Faserausschusses beim Recycling ist beinahe vernachlässigbar. Um signifikante Vorteile durch Recycling der Bettgarnitur zu erreichen, ist weitere Entwicklungsarbeit zur Erreichung einer systematischen Marktreife notwendig. Dabei ist sicherzustellen, dass der Gesamtenergieaufwand für das Recycling nicht höher ist als derjenige für die Produktion von Fasern aus Primärrohstoffen.

Fazit

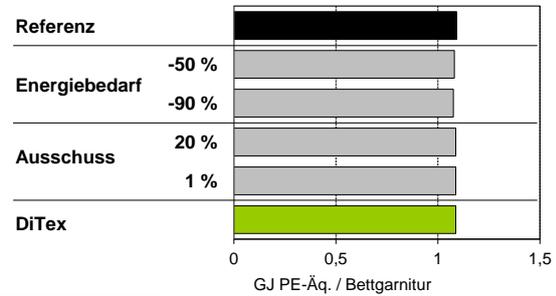
- Das Recyclingverfahren selbst hat keinen nennenswerten direkten Einfluss auf die Umweltbilanz der Bettgarnitur bei Mietwäsche mit hohem Umlaufzahlen. Er ist aber integraler Baustein einer kreislauffähigen Textilproduktion und aus diesem Grunde bis zur Marktreife weiterzuentwickeln.
- Dabei muss aber auch sichergestellt werden, dass der gesamte Ressourceneinsatz des Recyclingverfahrens nicht höher ist als der zur Produktion von Primärfasern.



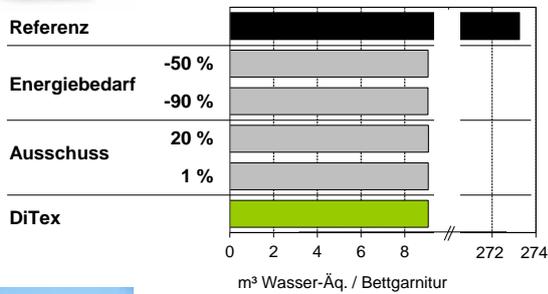
CO₂-Fußabdruck



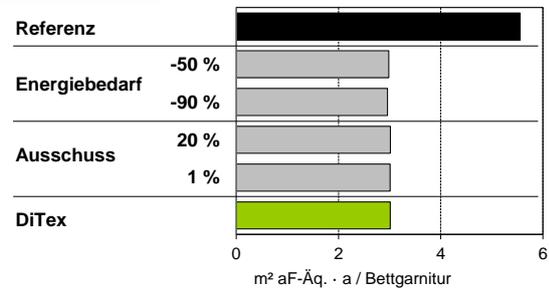
Energieaufwand



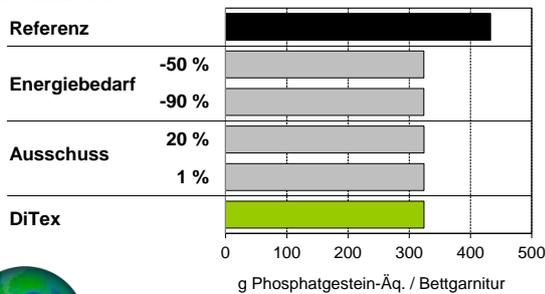
Wasser-Fußabdruck



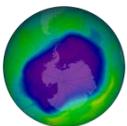
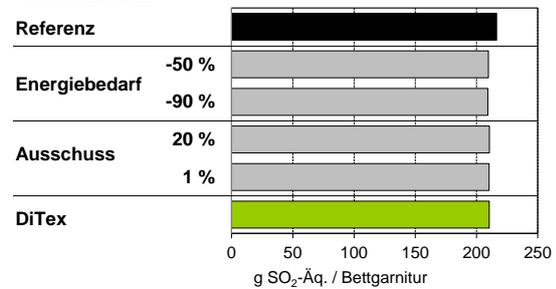
Flächen-Fußabdruck



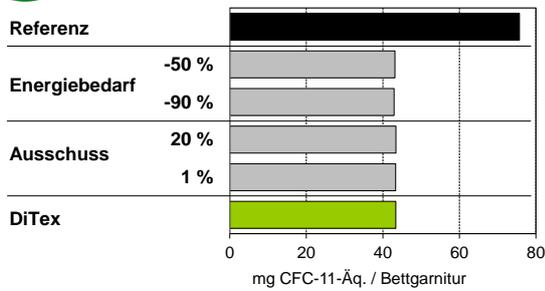
Phosphat-Fußabdruck



Versauerung



Ozonabbau



© IFEU 2022

Abbildung 3.7: Umweltwirkungen von Bettgarnitur für unterschiedlich effiziente Recyclingtechnologien im Vergleich. Betrachtete Szenarien siehe Text, Einheiten in Kapitel 2.3. Bildquellen siehe ⁵

⁵ CO₂-Fußabdruck: © Jenny_Sturm – stock.adobe.com, Energieaufwand: © Jenny_Sturm – stock.adobe.com, Wasser-Fußabdruck: © corund – stock.adobe.com, Flächen-Fußabdruck: © Creativemarc / Fotolia, Phosphat-Fußabdruck: © fannyes / Fotolia, Versauerung: © kamilpetran / Fotolia, Ozonabbau: © NASA – Wikimedia Commons

3.6 Energieaufwand in der Wäscherei

In Wäschereien wird für Wasch- und Trockenprozesse bis zum Finishing von Textilien eine erhebliche Energiemenge benötigt, was mit großen Umweltauswirkungen einhergeht. Die Bandbreite des für die einzelnen Wäschereiprozesse notwendigen Energieaufwands ist aufgrund der Nutzung unterschiedlich alter und effizienter Wäschereitechnologien sehr groß. Die Bandbreite der damit verbundenen CO₂-Fußabdrücke ist nochmals erhöht abhängig von den eingesetzten Energieträgern zur Strom- und Wärmebereitstellung. Hinzu kommt, dass durch Erfahrungsunterschiede des Personals die Waschstraßen unterschiedlich effizient bedient werden (was in den hier untersuchten Szenarien jedoch nicht abgebildet wird).

In Abbildung 3.8 sind die Bandbreiten der in Großwäschereien verursachten CO₂-Fußabdrücke aufgeführt, differenziert nach den typischerweise eingesetzten Wäschereiprozessen Waschen, Trocknen, Mangeln und Finishing (eigene Berechnung basierend auf [VTS 2021]). Die energieeffizientesten Anlagen bestimmen das linke (untere) Ende der Bandbreite, die ineffizientesten Anlagen das rechte (obere) Ende. Die Linie innerhalb der Bandbreite gibt den CO₂-Fußabdruck einer jeweils typischen Anlage an. Da textilabhängig nicht alle Wäschereiprozesse durchgeführt werden, ist die Summe der Einzelprozesse größer als der gesamte CO₂-Fußabdruck. Für die Bettgarnitur relevant sind die Prozesse Waschen, Trocknen und Mangeln. Die gestrichelte Linie innerhalb des Balkens für die Wäscherei gesamt entspricht dem in dieser Studie abgeleiteten, spezifischen Wert für die Bettgarnitur.

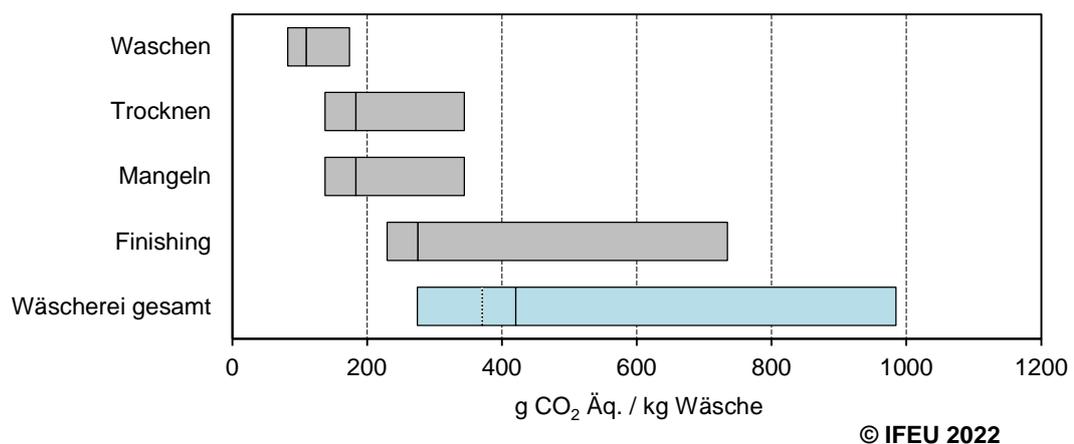


Abbildung 3.8: Bandbreite des CO₂-Fußabdrucks verschiedener Wäschereiprozesse (graue Balken) und der Wäscherei gesamt (unterer Balken) bezogen auf 1 kg Wäsche

Der durch die Wäscherei verursachte CO₂-Fußabdruck weist eine sehr große Bandbreite auf. In Abbildung 3.8 wird erkenntlich, dass durch den Einsatz energieeffizienter Waschstraßen, Mangeln, Trockner und Finisher umfangreiche Treibhausgas-Einsparungen erzielt werden können.

Fazit

Aus Umweltsicht ist anzustreben, Maßnahmen zur Reduktion der Umweltauswirkungen durch Großwäschereien umzusetzen. Dazu gehören insbesondere:

- Ersetzen veralteter Waschstraßen und sonstiger Anlagen durch energieeffiziente Waschstraßen, Trockner und Finisher.
- Schulungen des Wäschereipersonals zur optimierten Prozessführung.
- Nutzung erneuerbarer Energieträger (siehe Kapitel 3.8).

3.7 Ersetzen von Phosphorverbindungen

Als mineralischer Rohstoff ist Phosphat bzw. Phosphor eine nicht-erneuerbare Ressource. Je nach Quelle beträgt die statische Reichweite der globalen Phosphatreserven nur einige Jahrzehnte bis wenige Jahrhunderte [Reinhardt et al. 2019]. Entlang des Lebensweges einer Bettgarnitur tragen vor allem folgende Teilbereiche zum Phosphat-Fußabdruck des Textils bei: (1) Verwendung von phosphorhaltigem Dünger beim Biomasseanbau zur Produktion pflanzlicher Tenside, (2) Nutzung phosphorhaltiger Verbindungen wie Phosphate und Phosphonate, die in der Wäscherei als Härtestabilisator und Waschkraftverstärker eingesetzt werden und (3) sonstige Industrieprozesse beispielsweise mit Bezug zur Energieerzeugung (siehe Kapitel 3.8). Zur Analyse, welchen Einfluss diese Teilbereiche auf den Phosphat-Fußabdruck von zirkulärer Bettgarnitur haben, werden folgende Szenarien betrachtet:

- **5 % Phosphonate** (DiTex Basisszenario)
Die Summe der zur Wäsche eingesetzten Substanzen beinhaltet 5 % Phosphonate.
- **10 % Phosphonate**
Die Summe der zur Wäsche eingesetzten Substanzen beinhaltet 10 % Phosphonate.
- **10 % Phosphate**
Die Summe der zur Wäsche eingesetzten Substanzen beinhaltet 10 % Phosphate.
- **Ohne phosphorhaltige Verbindungen**
Die zur Wäsche eingesetzten Substanzen beinhalten alternative Waschsubstanzen und keinerlei phosphorhaltige Verbindungen.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 3.9 dargestellt.

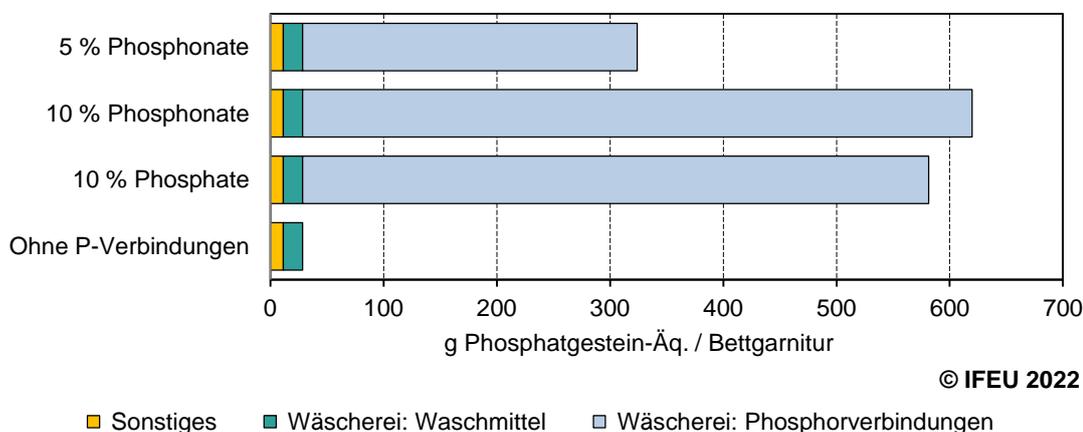


Abbildung 3.9: Phosphat-Fußabdruck der DiTex-Bettgarnitur in Abhängigkeit des Einsatzes verschiedener phosphorhaltiger Verbindungen in den zur Wäsche eingesetzten Substanzen. * siehe Text

Fazit

- Der Einsatz phosphorhaltiger Verbindungen in der Wäscherei ist maßgeblich für den Phosphat-Fußabdruck der Bettgarnitur verantwortlich.
- Durch das Ersetzen von phosphorhaltigen Verbindungen in der Wäscherei durch gleichwertige Substanzen ohne Phosphor können deutliche Umweltvorteile erzielt werden.

3.8 Einsatz erneuerbarer Energien

Entlang des Lebenswegs von Textilien werden zum Teil erhebliche Energieaufwendungen benötigt. Insbesondere zu nennen sind hier die Gewinnung der Primärmaterialien, die Herstellung der Bettgarnituren selbst sowie Wäschereiprozesse. Diese Energie wird oftmals durch fossile Energieträger bereitgestellt, was mit deutlichen Umweltauswirkungen einhergeht. In diesem Kapitel wird beispielhaft dargestellt, welchen Einfluss die Nutzung von erneuerbarem Strom zur Verringerung der Umweltlast der DiTex-Bettgarnitur aufweist. Die Energieträger zur Wärmebereitstellung bleiben unverändert. Betrachtet werden folgende Szenarien:

- **DiTex**
Für sämtliche Stromaufwendungen während des gesamten Lebenswegs der DiTex-Bettgarnitur wird der Strommix der jeweiligen Länder angesetzt (Bezug: 2021). Spezifisches Treibhauspotential: Rohstoffgewinnung und Produktion in Asien: 1.121 g CO₂-Äq. / kWh, Wäscherei und Recycling in Mitteleuropa: 428 g CO₂-Äq. / kWh.
- **PV-Strom**
Für sämtliche Stromaufwendungen wird die Nutzung von Photovoltaik-Strom angesetzt. Spez. Treibhauspotential: 82 g CO₂-Äq. / kWh.
- **Erneuerbarer-Energie-Mix**
Für sämtliche Stromaufwendungen wird ein Mix aus erneuerbarer Energie (Photovoltaik und Windkraft) gesetzt. Spez. Treibhauspotential: 51 g CO₂-Äq. / kWh.
- **Windkraft, offshore**
Für sämtliche Stromaufwendungen wird die Nutzung von Strom aus Offshore-Windkraft angesetzt. Spez. Treibhauspotential: 20 g CO₂-Äq. / kWh.

Für sämtliche Energieträger werden die jeweils zugrundeliegenden spezifischen Treibhauspotentiale, die spezifischen Ressourceneinsätze sowie die weitere Umweltwirkungen miteinbezogen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3.10 dargestellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Umweltlast der Bettgarnitur alleine durch die Nutzung erneuerbaren Stroms (PV und / oder Windkraft) signifikant reduziert werden kann. Dies betrifft insbesondere den CO₂-Fußabdruck, den Energieaufwand sowie die Versauerung und den Ozonabbau. Durch die Verbrennung von Biomasse und Kohle zur Stromgewinnung werden versauernde und ozonabbauende Substanzen freigesetzt, was das hohe Einsparpotenzial bei Versauerung und Ozonabbau erklärt. Weiterhin benötigen Windräder und PV-Anlagen im Vergleich zur Produktion von Biogas als Teil des durchschnittlichen Strommixes eine kleinere Fläche. Einsparungen beim Phosphat-Fußabdruck können bei der Nutzung von Photovoltaik-Strom nicht erzielt werden, da für das Ätzen der Solarzellen Phosphorsäure benötigt wird. Dennoch überwiegen die positiven Aspekte der Nutzung erneuerbaren Stroms deutlich.

Fazit

- Die Nutzung erneuerbaren Stroms kann die Umweltlast der Bettgarnitur signifikant reduzieren. Diese Umweltvorteile können durch den Einsatz erneuerbarer Wärme noch zusätzlich deutlich vergrößert werden.
- Es sollten Maßnahmen entwickelt werden, wie in allen Teilbereichen entlang der gesamten Textilkette zukünftig verstärkt erneuerbare Energieträger eingesetzt werden können.

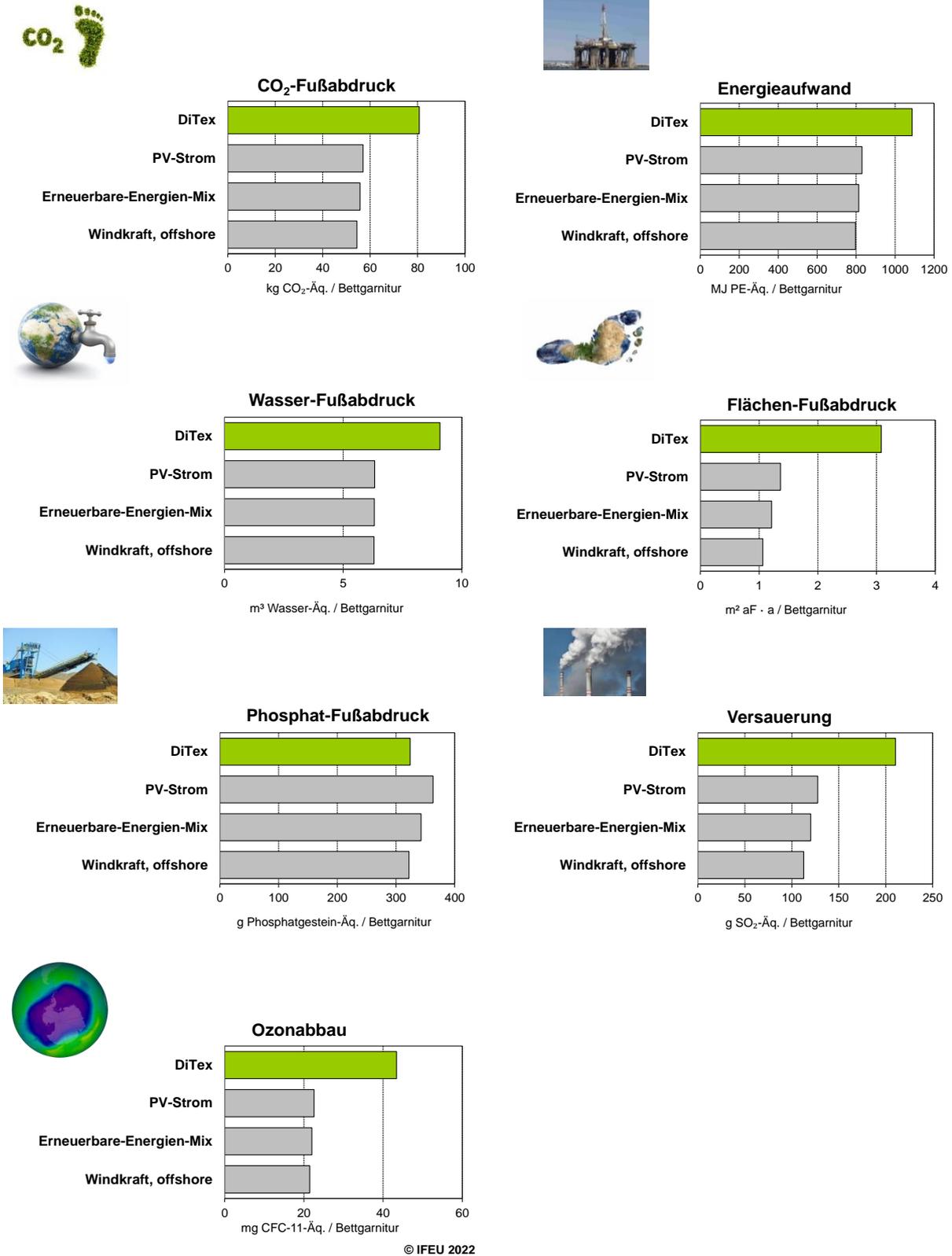


Abbildung 3.10: Umweltwirkungen der DiTex-Bettgarnitur bei Nutzung unterschiedlicher erneuerbarer Energieträger im Vergleich. Betrachtete Szenarien siehe Text, Einheiten in Kapitel 2.3. Bildquellen siehe ⁶

⁶ CO₂-Fußabdruck: © Jenny_Sturm – stock.adobe.com, Energieaufwand: © Jenny_Sturm – stock.adobe.com, Wasser-Fußabdruck: © corund – stock.adobe.com, Flächen-Fußabdruck: © Creativemarc / Fotolia, Phosphat-Fußabdruck: © fannyes / Fotolia, Versauerung: © kamilpetran / Fotolia, Ozonabbau: © NASA – Wikimedia Commons

3.9 Exkurs: Pflanzlicher Anteil an Tensiden

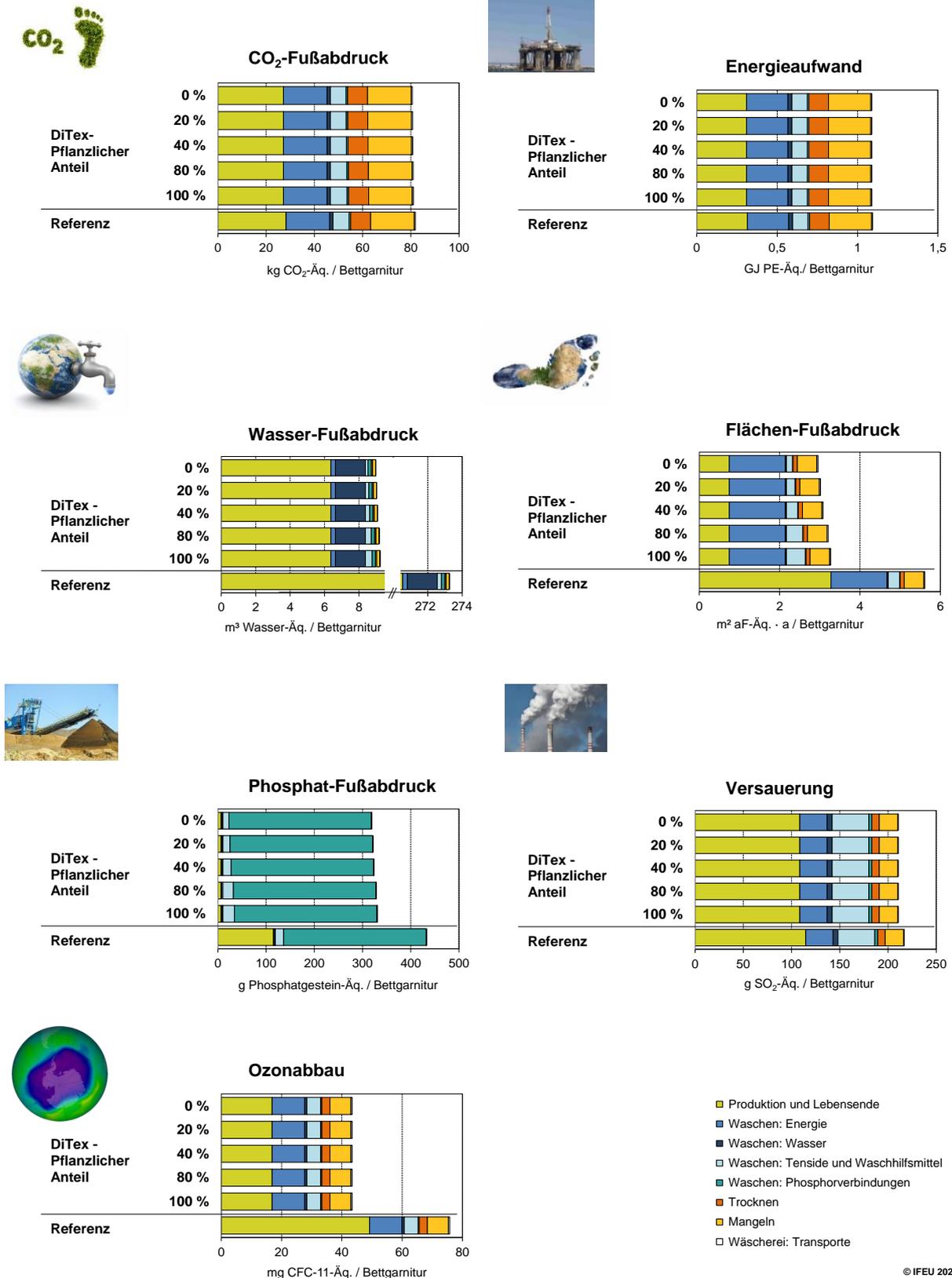
Ein Hauptbestandteil von Waschmitteln sind Tenside. Diese bewirken, dass nicht miteinander mischbare Flüssigkeiten, wie zum Beispiel Öl und Wasser gemischt werden können, und stellen durch die erzielte Lösbarkeit von hydrophoben Verbindungen auf Textilien die eigentlich waschaktive Substanz in Waschmitteln dar. Tenside werden vorwiegend aus natürlichen Rohstoffen wie nachwachsender Biomasse hergestellt, was in der Regel mit landwirtschaftlichem Anbau und der Nutzung von Fläche verbunden ist. Weiterhin können Tenside auch synthetisch aus Erdöl-Derivaten hergestellt werden. Typischerweise liegt der pflanzliche Anteil an Tensiden bei ca. 40 % ([ifeu 2022] basierend auf [Forum Waschen 2019; Meo Carbon Solutions 2018]), das Verhältnis von pflanzlichen zu synthetischen Tensiden kann jedoch variiert werden. In diesem Kapitel wird gezeigt, welchen Einfluss der pflanzliche Anteil an Tensiden auf die Umweltwirkung der Bettgarnitur hat. Folgende Szenarien werden betrachtet:

- **0 % pflanzliche Tenside**
Die genutzten Tenside kommen aus 0 % pflanzlichen Ursprungs, es werden 100 % synthetische Tenside eingesetzt.
- **20 % pflanzliche Tenside**
Die genutzten Tenside kommen aus 20 % pflanzlichen Ursprungs, es werden 80 % synthetische Tenside eingesetzt.
- **40 % pflanzliche Tenside** (Basisvariante: DiTex und Referenz)
Die genutzten Tenside kommen aus 40 % pflanzlichen Ursprungs, es werden 60 % synthetische Tenside eingesetzt.
- **80 % pflanzliche Tenside**
Die genutzten Tenside kommen aus 80 % pflanzlichen Ursprungs, es werden 20 % synthetische Tenside eingesetzt.
- **100 % pflanzliche Tenside**
Die genutzten Tenside kommen aus 100 % pflanzlichen Ursprungs, es werden 0 % synthetische Tenside eingesetzt.

Die Ergebnisse der untersuchten Umweltwirkungskategorien sind in Abbildung 3.11 dargestellt. Daraus ergibt sich, dass durch einen reduzierten Einsatz pflanzlicher Tenside signifikante Einsparungen beim Flächen-Fußabdruck erzielt werden können. Dies kann mit der mit zur Gewinnung der pflanzlichen Rohstoffe benötigten landwirtschaftlichen Fläche begründet werden. Andere untersuchte Umweltwirkungen sind davon nur unwesentlich beeinflusst. Das Einsparpotenzial durch die Verwendung von Zellulosefasern wie beispielsweise r_{30} Lyocell anstelle von Baumwolle ist jedoch wesentlich größer, da dadurch der Anbau von Baumwolle vermieden werden kann.

Fazit

- Durch das Ersetzen von pflanzlichen durch synthetische Tenside kann insbesondere der Flächen-Fußabdruck der Bettgarnitur reduziert werden. Deshalb sollte zukünftig verstärkt auf synthetische Tenside zurückgegriffen werden, sofern die Waschergebnisse davon nicht betroffen sind.
- Der Effekt durch das Ersetzen von Baumwolle durch Lyocell mit Recyclinganteil ist jedoch wesentlich größer und sollte daher im Fokus der Optimierung stehen.



© IFEU 2022

Abbildung 3.11: Umweltwirkungen von Bettgarnitur bei Einsatz unterschiedlicher Anteile an pflanzlichen Tensiden in waschaktiven Substanzen in der Wäscherei im Vergleich. Betrachtete Szenarien siehe Text, Einheiten in Kapitel 2.3. Bildquellen siehe ⁷

⁷ CO₂-Fußabdruck: © Jenny_Sturm – stock.adobe.com, Energieaufwand: © Jenny_Sturm – stock.adobe.com, Wasser-Fußabdruck: © corund – stock.adobe.com, Flächen-Fußabdruck: © Creativemarc / Fotolia, Phosphat-Fußabdruck: © fannyes / Fotolia, Versauerung: © kamilpetran / Fotolia, Ozonabbau: © NASA – Wikimedia Commons

4 Zusammenführung und Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen der Übersichtsökobilanz, die in diesem Bericht zusammengestellt sind, lassen sich folgende Kernaussagen ableiten:

- Die **höchsten** Umweltentlastungen bei der Bettgarnitur lassen sich erzielen durch:
 - Das Ersetzen von Baumwollfasern durch Zellulose-Regeneratfasern wie beispielsweise Lyocell.
 - Einen möglichst niedrigen Anteil von Baumwolle. Mit (Recycling-)Polyester ist eine geringe Umweltlast als mit r_{30} Lyocell verbunden, weshalb ein möglichst hoher Anteil von Polyester im Textil angestrebt werden sollte.
 - Eine Erhöhung der Lebensdauer (Anzahl der Nutzungszyklen) der Textilien.
- **Weitere** Umweltentlastungen können vor allem durch Effizienzsteigerungen bei einigen Prozessen entlang der gesamten Textil-Prozesskette erzielt werden. Dazu gehören insbesondere:
 - Das Ersetzen veralteter Waschstraßen, Trockner und Finisher durch energieeffiziente Anlagen.
 - Die Schulung des Wäschereipersonals zur optimierten Prozessführung.
 - Der Austausch von phosphorhaltigen Waschhilfsmitteln durch gleichwertige Substanzen ohne Phosphor in den Wäschereien.
 - Das Ersetzen pflanzlicher Tenside in den Waschprozessen durch synthetische Tenside.
 - Der Einsatz von nachhaltigen erneuerbaren Energieträgern vor allem in energieintensiven Prozessen entlang des gesamten Lebenswegs wie Spinnen, Weben/Stricken, Waschen und Trocknen sowie auch im Recycling. Hohe Entlastungen können dann erzielt werden, wenn erneuerbare Energieträger in einigen der zahlreichen Prozesse genutzt werden.
- Andere Teilbereiche entlang der Textil-Prozesskette hingegen spielen **keine wesentliche Rolle** zur Reduktion der Umweltlasten. Dazu gehören unter anderem:
 - Das Recycling von sowohl Polyester- als auch Zellulosefasern. Bezogen auf den gesamten Lebensweg trägt das Recycling von Polyester nur minimal zu einer Entlastung der Umwelt bei und löst die Umweltprobleme der Textilbranche daher nicht. Dennoch ist Textilrecycling integraler Baustein einer kreislauffähigen Textilproduktion und aus diesem Grunde bis zur Marktreife weiterzuentwickeln.
 - Der Anteil des Textilausschusses beim Recycling.
 - Die Art der Nutzung nicht anderweitig verwertbarer Alttextilien, etwa deren Verarbeitung zu Putztüchern oder deren energetische Verwertung.
 - Alle Transporte entlang der gesamten Textilprozesskette wie u. a. der Rohstofftransport (Baumwolle oder Gewebe), die Logistik für die Mietwäsche in der Praxis sowie die Logistik für das Textilrecycling.

5 Handlungsempfehlungen

Aus den Ergebnissen und den Schlussfolgerungen der Übersichtsökobilanz von nachhaltiger, kreislauffähiger Bettgarnitur lassen sich folgende Handlungsempfehlungen ableiten:

- Aus ökologischer Sicht ist die Faserzusammensetzung von Textilien von zentraler Bedeutung:
 - Ein möglichst hoher Anteil von Recycling-Polyester sollte angestrebt und der Anteil von Baumwolle reduziert werden.
 - Wo dies nicht möglich ist, weil zum Beispiel die Eigenschaften zellulosebasierter Fasern benötigt werden, sollten als nächstbeste Wahl Zellulose-Regeneratfasern wie Lyocell mit Recyclinganteil eingesetzt werden.
- Maßnahmen zur Erhöhung der Lebensdauer, also einer größeren Anzahl an Nutzungszyklen der Textilien, sollten erschlossen werden.
- Produktions- und Wäschereiprozesse sollten möglichst energieeffizient und ressourcenschonend gestaltet werden. Dazu gehören insbesondere:
 - Veraltete Wasch- und Trocknungstechniken in Wäschereien sollten zügig gegen energieeffiziente Anlagen ausgetauscht werden.
 - Der Energiebedarf, insbesondere für die energieintensiven Prozesse in der Textilproduktion, in der Wäscherei und beim Recycling, sollte über nachhaltige erneuerbare Energieträger gedeckt werden.
 - Phosphorhaltige Waschhilfsmittel sollten durch gleichwertige Substanzen ersetzt werden.
 - Der pflanzliche Anteil an Tensiden sollte möglichst gering sein.
 - Schulungen des Wäschereipersonals zu Nachhaltigkeit und optimierter Prozessführung sollten angeboten werden.
- Textilrecyclingverfahren sollten unter den Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit sowie der Ressourcen- und Energieeffizienz weiterentwickelt werden.



6 Literaturverzeichnis

- Boulay, A.-M., Bare, J., Benini, L., Berger, M., Lathuilière, M. J., Manzardo, A., Margni, M., Motoshita, M., Núñez, M., Pastor, A. V., Ridoutt, B., Oki, T., Worbe, S., Pfister, S. (2018): The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol. 23, No.2, pp. 368–378.
- Ecoinvent (2020): Ecoinvent database V3.7.1. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Schweiz.
- Fehrenbach, H., Rettenmaier, N., Reinhardt, G., Busch, M. (2019): Festlegung des Indikators für die Bilanzierung der Ressource Fläche bzw. Naturraum in Ökobilanzen. In: *ifeu papers*, 02/2019. IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Heidelberg. www.ifeu.de/ifeu-papers/.
- Forum Waschen (2019): Faktenpapier zur Verwendung von Kokosöl in Wasch-, Pflege- und Reinigungsmitteln in Deutschland. Industrieverband Körperpflege- und Waschmittel e. V., Frankfurt (Main). https://www.forum-waschen.de/files/content/Materialien/Faktenpapiere/2019_08_18_Faktenpapier_Kokosoel.pdf (letzter Zugriff: 05/21/2021).
- Gärtner, S., Haertlé, S., Reinhardt, G., Senn, J. (2022): Ökobilanz von nachhaltigen, kreislauffähigen Businesshemden. In: *Materialband von DiTex - Digitale Technologien als Enabler einer ressourceneffizienten kreislauffähigen B2B-Textilwirtschaft*, Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Innovative Produktkreisläufe (ReziProK)“ des BMBF im Förderschwerpunkt FONA, IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Heidelberg, Deutschland. <https://www.ifeu.de/publikation/ditex-oekobilanz-hemd/>.
- Gärtner, S., Reinhardt, G., Senn, J. (2022): Ökobilanz von nachhaltiger, kreislauffähiger Bettwäsche. In: *Materialband von DiTex - Digitale Technologien als Enabler einer ressourceneffizienten kreislauffähigen B2B-Textilwirtschaft*, Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Innovative Produktkreisläufe (ReziProK)“ des BMBF im Förderschwerpunkt FONA, IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Heidelberg, Deutschland. <https://www.ifeu.de/publikation/ditex-oekobilanz-bettwaesche/>.
- Gärtner, S., Reinhardt, G., Senn, J., Grehl, C. (2022): Ökobilanz von nachhaltigen, kreislauffähigen Poloshirts. In: *Materialband von DiTex - Digitale Technologien als Enabler einer ressourceneffizienten kreislauffähigen B2B-Textilwirtschaft*, Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Innovative Produktkreisläufe (ReziProK)“ des BMBF im Förderschwerpunkt FONA, IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Heidelberg, Deutschland. <https://www.ifeu.de/publikation/ditex-oekobilanz-poloshirt/>.
- ifeu (2022): Kontinuierlich aktualisierte interne ifeu-Datenbank. IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Heidelberg.
- IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- ISO (2021a): ISO 14040:2021 Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen.
- ISO (2021b): ISO 14044:2021 Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen.
- Meo Carbon Solutions (2018): Der Palmölmarkt in Deutschland im Jahr 2017. Meo Carbon Solutions GmbH, Köln. https://www.forumpalmoel.org/imglib/Palmoelstudie%202017_Meo_FONAP_ho.pdf (letzter Zugriff: 05/21/2021).
- Müller, R., Vogel, C., Schmidt, S., Rubik, F., Müller, M., Nebel, K., Gerbig, M., Boldrini, B., Budde, I., Kamm, F., Witteveen, M., Ridder, C., Lang, S., Hecht, K., Jung, J., Gerhardts, A., Reinhardt, G., Zinke, C., Gärtner, S. (2021): Zirkuläre Bettwäsche und Berufskleidung für Gesundheitswesen und öffentliche Hand – Anforderungen und Nachhaltigkeitseffekte. In: *Integrativer Forschungsbericht im BMBF-Vorhaben: Digitale Technologien als Enabler einer ressourceneffizienten kreislauffähigen B2B-Textilwirtschaft (DiTex)*, Wilhelm Weishäupl - Hans Peter Weishäupl e. K.; Dibella GmbH; Hochschule Reutlingen, Fakultät Textil und Design; Hohenstein Institut für Textilinnovation gGmbH; IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Bonn, Deutschland.

- Reinhardt, G., Rettenmaier, N., Vogt, R. (2019): Festlegung des Indikators für die Bilanzierung der Ressource Phosphat in Umweltbewertungen. In: *ifeu papers 01/2019*, IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Heidelberg. www.ifeu.de/ifeu-papers/.
- Senn, J., Reinhardt, G., Gärtner, S. (2022): Ökologische Fußabdrücke von Baumwolle und Baumwollfasern. In: *ifeu papers 01/2022*, IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Heidelberg. www.ifeu.de/ifeu-papers/.
- VTS (2021): Ressourceneffizienz - RessEff - Handbuch für die Praxis. Verband Textilpflege Schweiz VTS. <https://textilpflege.ch/service/umwelt/ressourceneffizienz/?L=0> (letzter Zugriff: 06/02/2022).
- Witteveen, M. (2022): Persönliche Mitteilung.

7 Anhang

Abbildung 7.1 und Abbildung 7.2 zeigen die detaillierten Lebensweg-Schemata der Referenz-Bettgarnitur und der DiTex-Bettgarnitur.

Referenz-Bettgarnitur

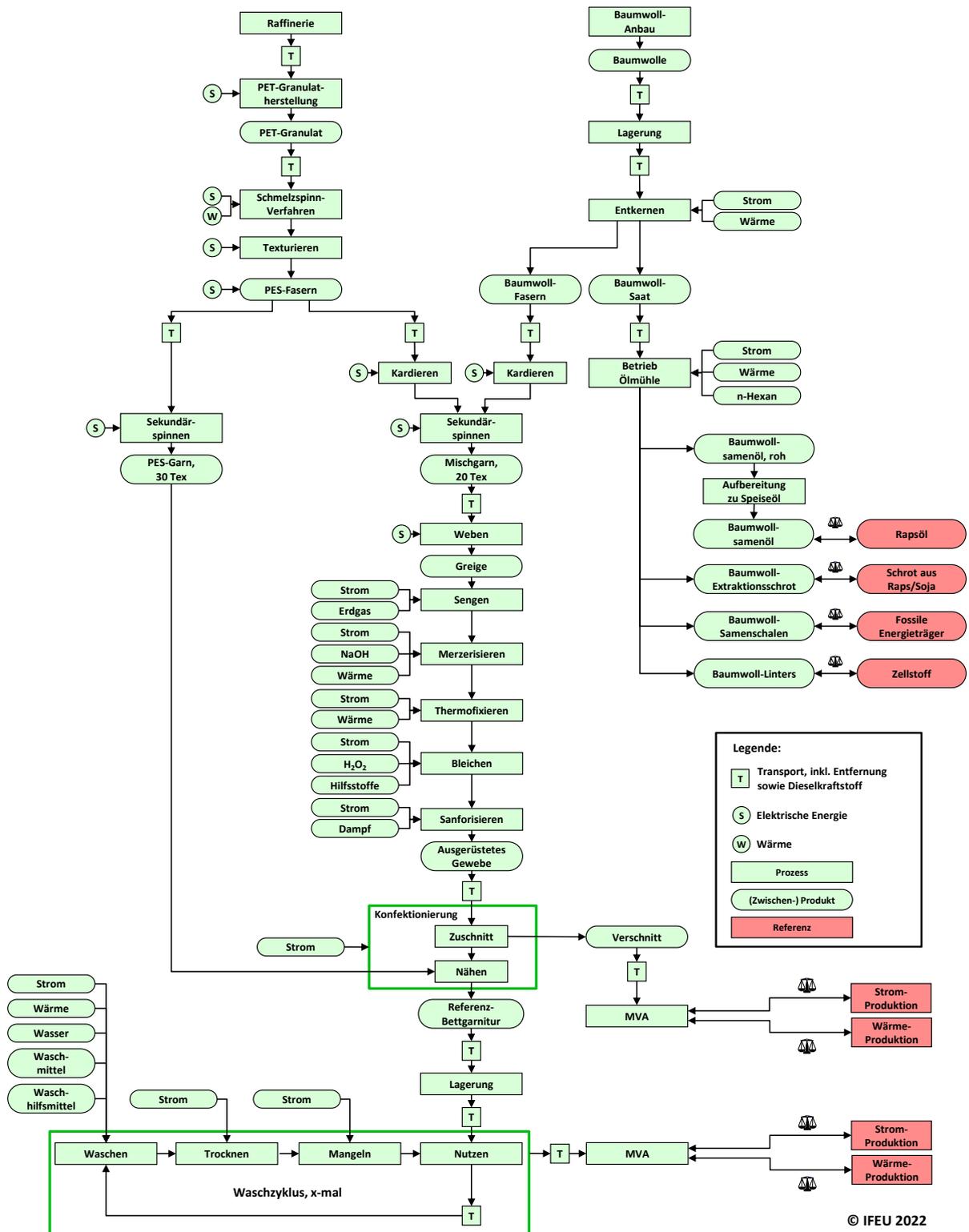


Abbildung 7.1: Lebenswegschemata der Referenz-Bettgarnitur

DiTex-Bettgarnitur

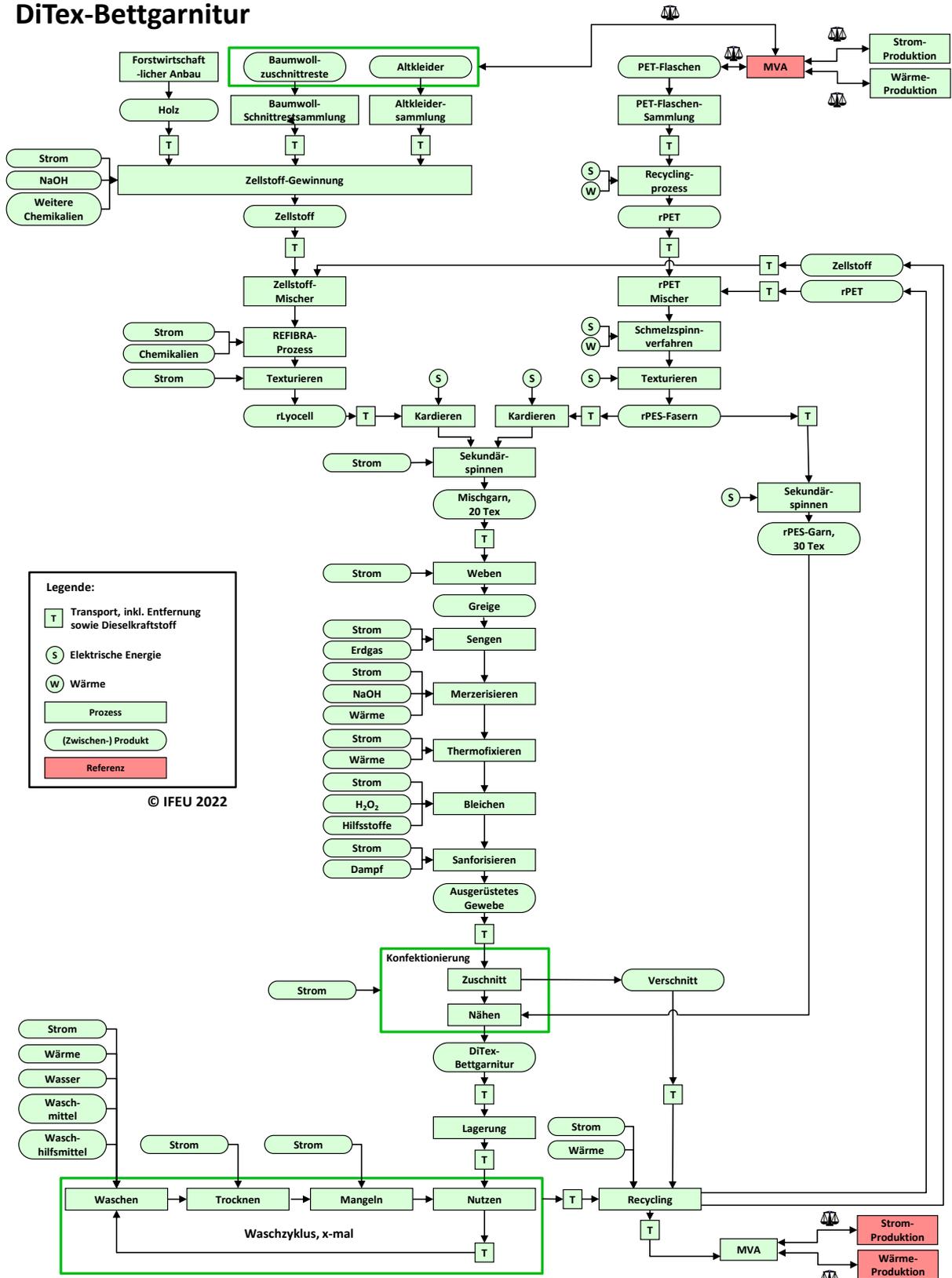


Abbildung 7.2: Lebenswegschemata der DiTex-Bettgarnitur



DiTex

DITEX-KREISLAUFWIRTSCHAFT.DE