

# Ökobilanz von Händetrocknungssystemen

In einer Ökobilanzstudie wurde die Umweltverträglichkeit von Papierhandtüchern, Stoffhandtuchrollen, Warmluft-Händetrocknern, XLERATOR® und Dyson Airblade™ Händetrocknern mit vollständiger Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse nach den ISO-Normen 14040 und 14044 verglichen.

**Materials Systems Laboratory  
Massachusetts Institute of Technology**

**Vollständiger Bericht und Zusammenfassung  
verfasst bzw. genehmigt von:**

Trisha Montalbo  
Jeremy Gregory  
Randolph Kirchain

**Im Auftrag von:**  
Dyson, Inc.

# Einleitung

**Unter Ökobilanz (engl. Life Cycle Assessment, LCA) versteht man die systematische Analyse der Umweltauswirkungen von Produkten oder Produktgruppen. Verschiedene Produkte oder Technologien mit derselben Zweckausrichtung (z.B. verschiedene Händetrocknerlösungen, die alle der Händetrocknung dienen) können direkt miteinander verglichen werden.**

Ein wichtiger Vorteil der Ökobilanzstudie liegt darin, dass dabei Materialien, Herstellung, Transport, Anwendung und Entsorgung berücksichtigt werden und so ein präzises und ausgewogenes Bild entsteht. Dazu gehören begründete Annahmen für eine bestimmte Situation und die Analyse bestimmter Aspekte wie z.B. des Produktionsstandorts, der Produkthanwendung und der Recyclingfähigkeit. Die Auswirkungen auf die Umwelt werden dabei nach einem ganzheitlichen Ansatz betrachtet und verschiedene Messgrößen wie z.B. Ressourcennutzung, Ökosystemqualität, Treibhauspotenzial, Gesundheitsschutz, Wassersystem und Landnutzung herangezogen. Besonders das Treibhauspotenzial (g CO<sub>2</sub>e) ist eine bekannte und häufig verwendete Messgrösse, die die Anzahl an erzeugten Kohlenstoffdioxid-Äquivalenten misst.

Aufgrund der breiten Skala wurden zahlreiche internationale Normen (einschliesslich ISO 14040 und 14044 [1,2]) zur Standardisierung der Ökobilanzen geschaffen. Die nach diesen Normen durchgeführten Ökobilanzen zeichnen sich aus durch eine einheitliche Grundlage und vollständig begründete Methoden und Annahmen zur genauen Analyse der gesamten Umweltauswirkungen. Wird ein Produkt nach internationalen Normen geprüft, werden in Bezug auf den Projektumfang Schlüsselannahmen etwa hinsichtlich Funktionseinheit und Systemgrenzen aufgestellt.

Dennoch wurden auch nach Einführung der ISO-Normen 14040 und 14044 in Ökobilanzstudien zu Händetrocknern unterschiedliche Annahmen und Rahmenbedingungen zugrunde gelegt, was dazu führt, dass die Ergebnisse nicht direkt miteinander vergleichbar sind. Um einen direkten Vergleich zu ermöglichen, müssen für alle Händetrocknungsszenarien eine begründete Funktionseinheit und einheitliche Systemgrenzen bestehen. Daneben stützen sich andere Ökobilanzstudien oft auf ein Szenario und berücksichtigen dabei nicht, wie sich die Veränderung wichtiger Parameter auf das Gesamtergebnis auswirkt. Verschiedene Berechnungen sind erforderlich, um die unterschiedlichen aktuellen oder künftigen Umstände zu berücksichtigen.

Dyson beauftragte das Massachusetts Institute of Technology (MIT), die Umweltverträglichkeit des Dyson Airblade™ Händetrockners zu bewerten. Das MIT führte eine Ökobilanzstudie mit einer erweiterten Analyse durch, bei der u.a. folgende Elemente einbezogen wurden:

1. Alle aktuellen und relevanten Forschungs- und Datenquellen innerhalb der Studie – einschliesslich durch andere Hersteller beauftragter Ökobilanzstudien.
2. Alle möglichen Produkttypen innerhalb der Händetrocknerkategorie – auf diese Weise konnten alle Produkte direkt miteinander verglichen werden.
3. Als massgeblicher Zusatz zum Standardformat der Ökobilanzstudie wurde eine vollständige Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse durchgeführt – dazu gehörten alle potenziellen oder hypothetischen Berechnungen, die Rückschlüsse auf den wissenschaftlichen Sicherheitsgrad zulassen.

# Kurzfassung

Diese Ökobilanzstudie analysiert und vergleicht die Umweltverträglichkeit von Händetrocknersystemen, die in öffentlichen Waschräumen vorgefunden werden. Diese im Auftrag Dysons vom MIT durchgeführte Ökobilanzstudie bietet erstmals die Möglichkeit, eine solche breite Produktpalette zu vergleichen. Zusätzlich wird dabei ein begründetes Referenzszenario verwendet, für das mithilfe einer Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse die Aussagefähigkeit der vergleichenden Ergebnisse geprüft wird. Alle Schlussfolgerungen werden vollständig durch einen wissenschaftlichen Sicherheitsgrad untermauert.

## Ziele und Zweck

Ziele dieser Ökobilanzstudie sind die Analyse und der Vergleich folgender sieben Händetrocknungssysteme :

1. Ein Dyson Airblade™ Händetrockner mit einem Aluminiumgehäuse (Hände werden von oben in einen Hochgeschwindigkeitsluftstrom gehalten)
2. Ein Dyson Airblade™ Händetrockner mit einem Kunststoffgehäuse (Hände werden von oben in einen Hochgeschwindigkeitsluftstrom gehalten)
3. Ein Excel XLERATOR® (Hochgeschwindigkeitsluftstrom trifft von oben auf die Hände)
4. Ein herkömmlicher Warmluft-Händetrockner (Luftstrom trifft von oben auf die Hände)
5. Herkömmliche Stoffhandtuchrollen
6. Herkömmliche Papierhandtücher aus 100%igem Neumaterial
7. Herkömmliche Papierhandtücher aus 100%ig recyceltem Material

Diese Ökobilanzstudie beinhaltet alle Phasen des Produktlebensweges „von der Wiege bis zur Bahre“ (Materialfertigung, Produktion, Nutzungsphase und Entsorgung) sowie die mit jeder Phase verbundenen Transportwege. Verpackungen aller Systeme, Handtuchspender, Abfallbehälter und Müllsäcke werden ebenfalls mit einbezogen. Für diese Ökobilanzstudie werden folgende Faktoren berücksichtigt: Treibhauspotenzial, kumulativer Energieverbrauch und IMPACT – 2002+ – Messgrößen.

Das bedeutet, dass in der Studie neben dem Treibhauspotenzial auch andere Faktoren wie Bodennutzung, Wasserverbrauch, Gesundheitsschutz, Ökosystemqualität, Klimawandel und Ressourcennutzung herangezogen werden.

Eine Reihe von Ökobilanzstudien über verschiedene Händetrockner sind öffentlich zugänglich. Diese Ökobilanzstudien wurden von verschiedenen Herstellern beauftragt, darunter Airdri Ltd, Kimberley Clark und Excel XLERATOR® und für die Einrichtung der Studien dienten unterschiedliche Verfahren (siehe hierzu Abschnitt 1 im Anhang). Keine dieser Studien verwendet ein einheitliches Verfahren, welches den Vergleich aller sieben Händetrocknungsmethoden ermöglicht. Da all diese Studien unterschiedliche Funktionseinheiten, Thesen, Daten und Ökobilanzergebnisse aufweisen, lassen sich die einzelnen Produkttypen nicht problemlos miteinander vergleichen.

Diese Ökobilanzstudie wurde mit dem Ziel in Auftrag gegeben, die Lücke zu schliessen. Die Daten für diese Analyse wurden aus bestehenden Ökobilanzstudien gewonnen und soweit erforderlich analysiert, um sicherzustellen, dass alle Händetrocknersysteme auf einer einheitlichen Grundlage bewertet werden. Wenn diese Studien als Datenquelle unzureichend waren, insbesondere für recycelte Papierhandtücher, wurden zusätzliche Datenquellen herangezogen und Annahmen getroffen, um einen vollständigen Datensatz zu entwickeln. Auch die Qualität der Annahmen erforderte es, vollständige Datensätze auszuarbeiten und alle Systeme auf einer einheitlichen Basis mittels Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse zu testen.

## Methoden und Ergebnisse

Die Ergebnisse des Berichts werden erstmals durch ein Basisszenario gestützt. Dieses besteht aus begründeten Annahmen, die zusammen die Grundvoraussetzungen für die erste Phase der Analyse bilden (siehe Abschnitt 2 im Anhang). Ein einzelnes trockenes Händepaar bildet für die Zwecke dieser Studie die Funktionseinheit und jeder der sieben Händetrocknertypen wird auf diese Einheit bezogen. Dasselbe gilt für die Handtuchspender, Abfallbehälter, Müllsäcke und die für diese Produkte verwendeten Verpackungen. Für die Händetrockner wird „trocken“ durch das Protokoll P335 [3] definiert, welches das Protokoll für einen hygienischen, kommerziellen Händetrockner gemäss der Definition der unabhängigen Gesundheitsorganisation NSF International ist. Es liefert einen Standard für die hygienische Händetrocknung im kommerziellen Bereich und daher eine einheitliche wissenschaftliche Grundlage für die Bestimmung der Anwendungszeiten und den Trocknungsgrad der Hände.

Aus diesem Basisszenario lässt sich schlussfolgern, dass die beiden Dyson Airblade™ Händetrockner das geringste Treibhauspotenzial aller geprüften Händetrocknungssysteme aufweisen. Papierhandtücher und herkömmliche Warmluft-Händetrockner stehen in Bezug auf die Umweltbelastung am schlechtesten da.

Bei Papierhandtüchern ist die Umweltbelastung zum grössten Teil auf ihre Herstellung selbst zurückzuführen. Die Verpackungen, Handtuchspender, Abfallbehälter und Müllsäcke für Papierhandtücher machen nur 10% der Umweltbelastung aus. Bei den herkömmlichen Händetrocknern hat die Nutzungsphase, durch die längere Trocknungszeit und die höhere Nennleistung des Gerätes, den grössten Einfluss auf das Treibhauspotenzial. Ein kleiner Anteil am Treibhauspotenzial entsteht bei herkömmlichen Händetrocknern (und XLERATOR®) auch durch die Drehzahlreduzierung des Motors, welcher Energie verbraucht. Durch die fortschrittliche Technologie im Dyson Digital Motor, gilt das nicht für den Dyson Airblade™ Händetrockner. Bei allen übrigen Messgrössen der Umweltbelastung, einschliesslich der IMPACT – 2002+ – Schadensermittlung, des Wasserverbrauchs und der Bodennutzung, weisen alle Ergebnisse darauf hin, dass der Dyson Airblade™ Händetrockner aus Kunststoff insgesamt den geringsten Einfluss auf die Umwelt hat. (Siehe hierzu die grafische Darstellung in Abschnitt 3 im Anhang).

## Die Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse

Dieser Ökobilanzbericht umfasste zusätzlich eine vollständige und detaillierte Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse. Die Sensitivitätsanalyse vergleicht die Treibhauspotenzial-Ergebnisse für alle sieben Händetrocknungssysteme für unterschiedliche Szenarien. Alle Grundvoraussetzungen werden jeweils abgewandelt, um die Zuverlässigkeit der Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus dem Basisszenario zu prüfen. Die Unsicherheitsanalyse bewertet den Einfluss von veränderten Grundvoraussetzungen auf die Ergebnisse und Schlussfolgerungen mithilfe statistischer Tests. Ein Vergleich zwischen den Ergebnissen der bestehenden Studien wird ebenfalls durchgeführt. In den entsprechenden Abschnitten [4] des Hauptberichts über die Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse erhalten Sie detaillierte Informationen darüber, wie diese Szenarien die Wahrscheinlichkeit und die Häufigkeit dieser Auswirkungen bei den verschiedenen Handrocknungslösungen beeinflussen.

Die Unsicherheitsanalyse zeigte auf, dass wenn die Anwender ihre Hände vollständig trocknen, das Treibhauspotenzial der Dyson Airblade™ Händetrockner in 86% der überprüften Szenarien geringer ausfällt als beim XLERATOR® und in mehr als 98% der überprüften Szenarien geringer ist als bei den anderen Trocknungssystemen. Weiterhin verdeutlichte die Analyse, dass die Differenz zwischen den Einwirkungen aller Produkte statistisch bedeutend war, auch wenn Unsicherheiten bei der Erzeugung der Datensätze berücksichtigt wurden. Sowohl die Analyse der Szenarien und Unsicherheiten als auch der Vergleich mit existierenden Studien verdeutlicht, dass die Rückschlüsse zu den relativen Umwelteinflüssen der Produkte eindeutig sind. Und das ungeachtet dessen, dass Annahmen getroffen wurden, um die Datensätze zu vervollständigen (z.B. für recycelte Papierhandtücher) und um die Händetrocknungssysteme auf einer vollständigen Basis zu vergleichen.

### Schlussfolgerung

Diese Studie gelangt zu dem Schluss, dass der Dyson Airblade™ Händetrockner im Vergleich zu allen anderen möglichen Händetrocknungssystemen insgesamt die Platzierung mit der geringsten Umweltbelastung aufweist – bei allen Messparametern wurden die geringsten Werte erreicht. Die Überprüfung beinhaltete nicht nur das Treibhauspotenzial, sondern auch potenzielle Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, die Ökosystemqualität, Energieverbrauch, Wasserverbrauch und Bodennutzung. Untersucht wurden ferner alle Phasen des Produktlebenszyklus – „von der Wiege bis zur Bahre“. Diese Ergebnisse werden mit der nachfolgenden Rangliste aus dem vollständigen MIT-Bericht [4] verdeutlicht. (1 = geringste Auswirkungen, 7 = stärkste Auswirkungen). Die Trocknungsmethoden erhalten dieselbe Platzierung, wenn die Differenz zwischen ihrem Umwelteinfluss 10% oder weniger beträgt.

### Auswertung

Produkt	Treibhaus- potenzial	Gesund- heitsschutz	Ökosystem- qualität	Kumulativer Energie- verbrauch	Wasser- verbrauch	Bodennutzung
<b>Airblade™, Aluminium</b>	1	1	1	1	3	1
Airblade™, Kunststoff	1	1	1	1	1	1
<b>XLERATOR®</b>	3	3	3	3	4	3
Standardtrockner	7	7	4	6	7	4
<b>Stoffhandtuchrollen</b>	4	3	6	4	1	6
Papierhandtücher (neu)	5	5	7	7	5	7
<b>Papierhandtücher (recycelt)</b>	5	5	4	5	5	5

# Anhang

## Abschnitt 1

Zahlreiche Ökobilanzstudien über verschiedene Händetrocknungsmethoden sind öffentlich zugänglich. Dazu zählen:

- Eine rationalisierte Ökobilanzstudie im Auftrag von Airdri Ltd und Bobrick Washroom Equipment, in der herkömmliche Warmluft-Händetrockner mit Papierhandtüchern verglichen werden. [5]
- Ein Händetrockner-Handtücher-Vergleich von MyClimate, kürzlich in der Schweiz im Auftrag von Dyson durchgeführt. [6]
- Ein Vergleich zwischen Stoffhandtuchrollen und Papierhandtüchern im Auftrag eines Herstellers. [7]
- Einige Berechnungen des Climate Conservancy für Salon. [8]

Umfassendere Ökobilanzstudien, die die Normen ISO 14040 und 14044 erfüllen:

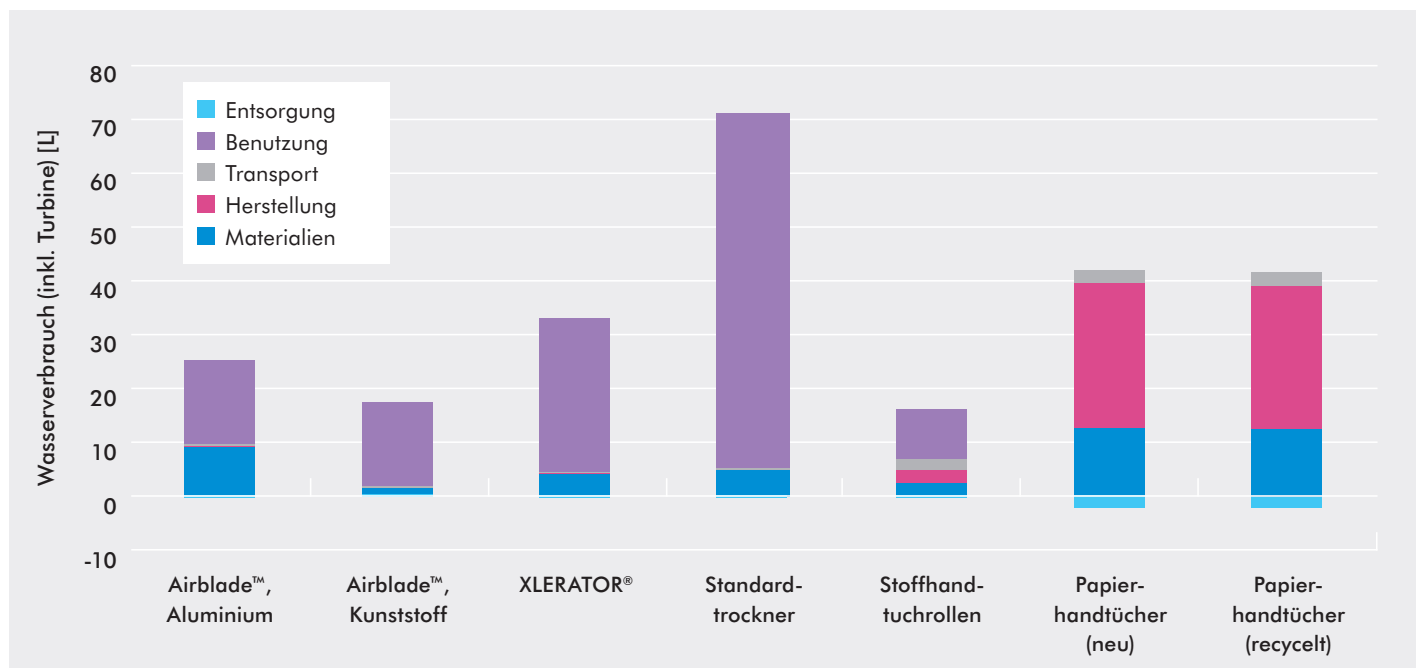
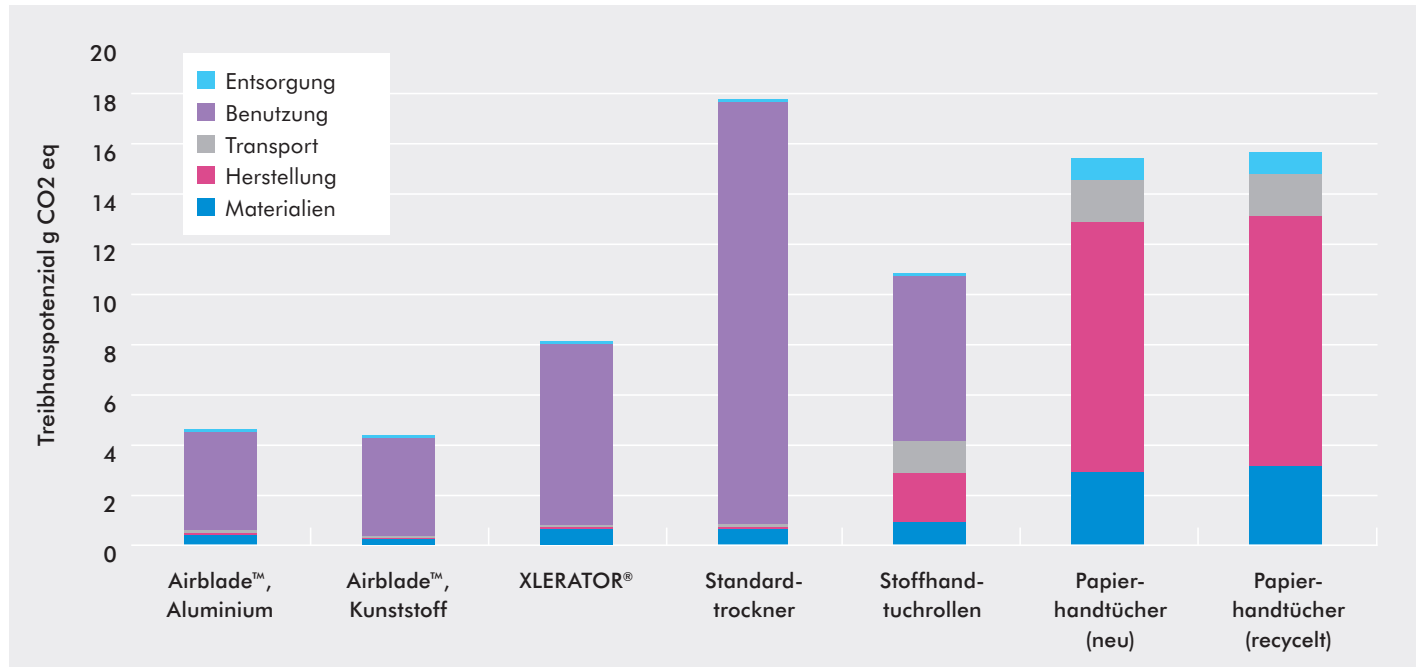
- Eine Studie der European Textile Services Association (ETSA), in der ebenfalls Stoffhandtuchrollen und Papierhandtücher verglichen werden. [9]
- Eine Studie über verschiedene Gewebeprodukte im Auftrag von Kimberly-Clark. [10]
- Eine Studie mit einem Vergleich des XLERATOR® Händetrockners mit einem herkömmlichen Warmluft-Händetrockner und Papierhandtüchern im Auftrag von Excel Dryer. [11]
- Dyson hat darüber hinaus eine Ökobilanzstudie der Dyson Airblade™ Händetrockner nach der Norm PAS 2050 [12] durchgeführt, um das CO<sub>2</sub>-Label von Carbon Trust zu erhalten. [13]

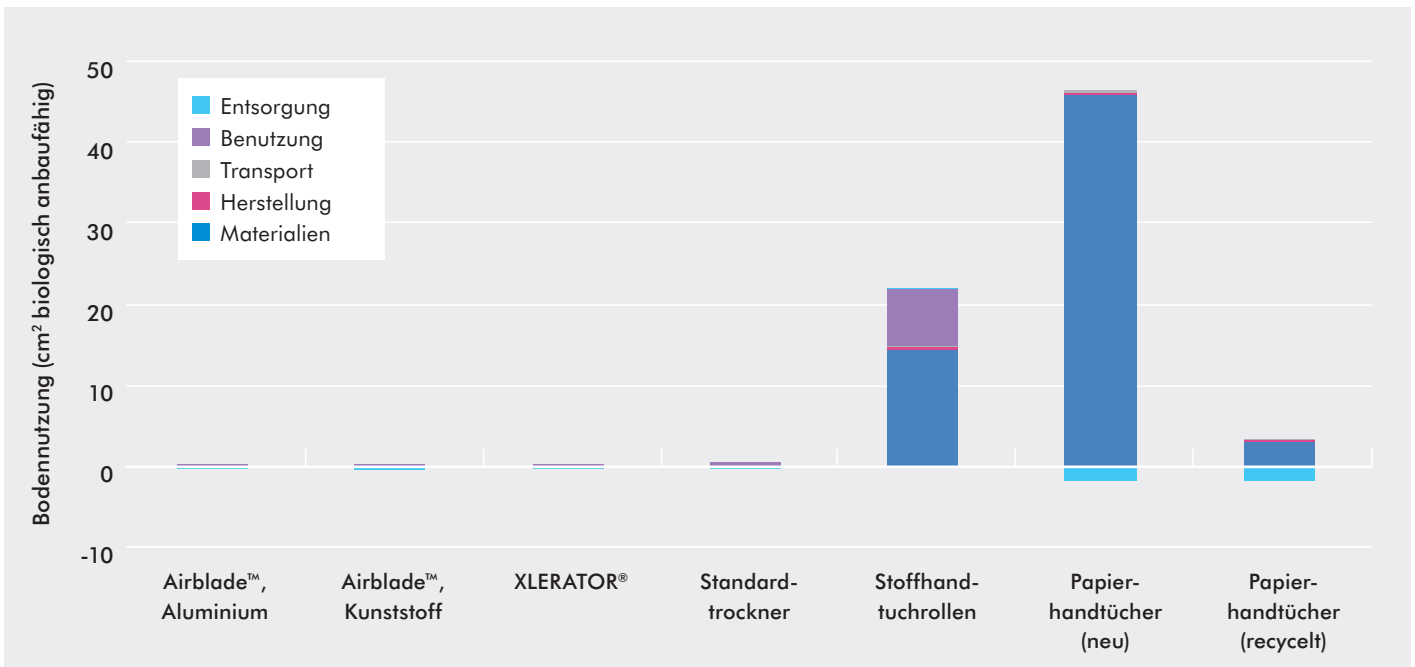
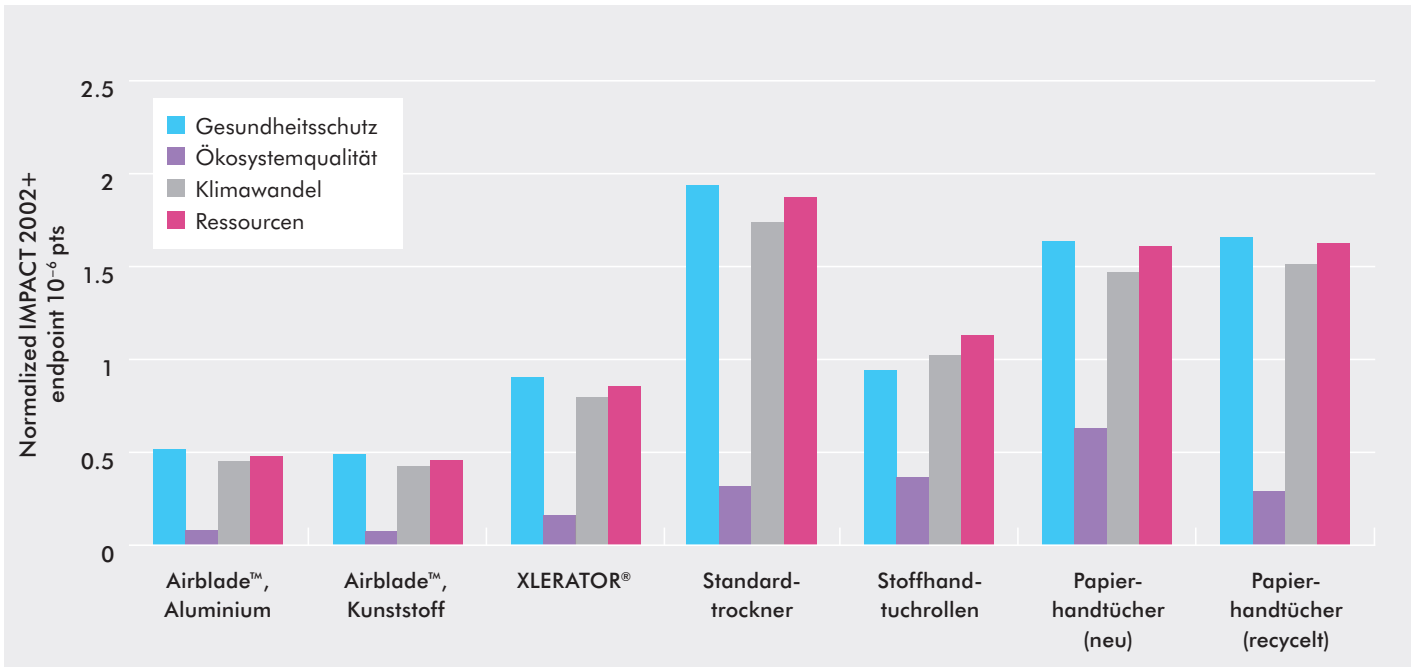
## Abschnitt 2

Annahmen des Basisszenarios (alle anhand der Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse überprüft und bestätigt):

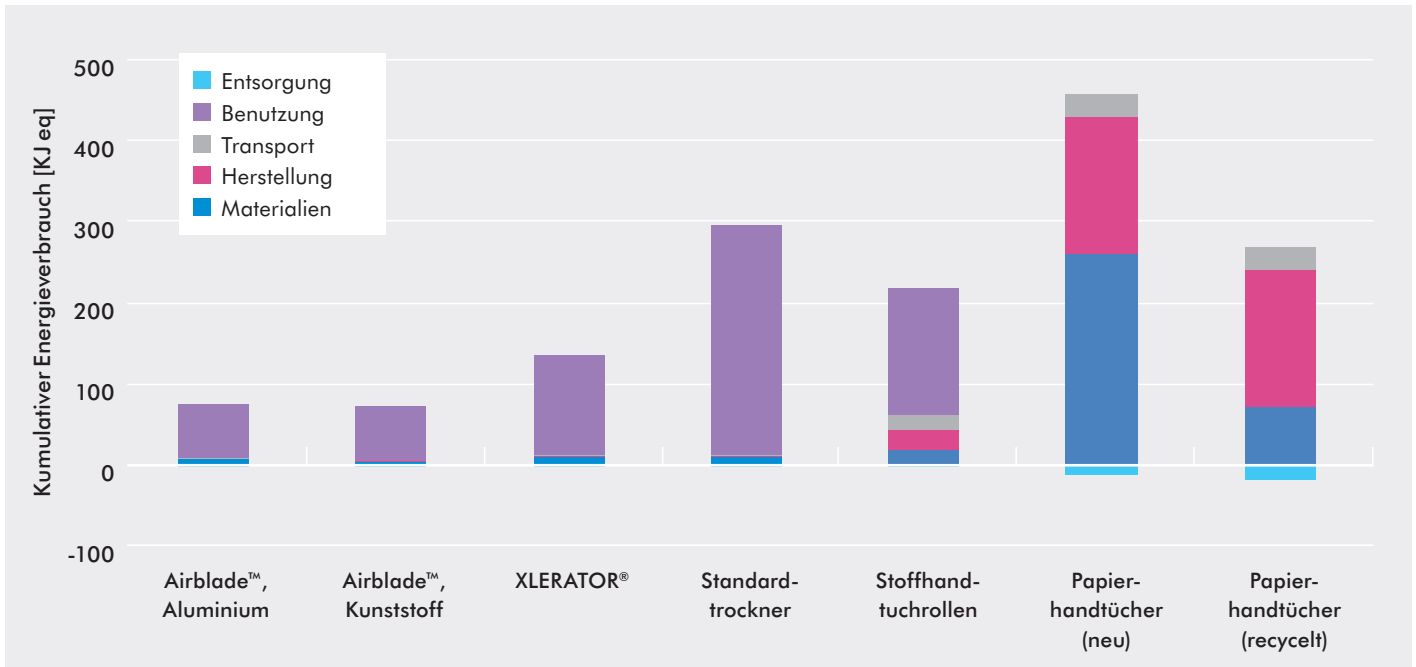
- Lebenszeitanwendungen (350 000) – Anzahl der getrockneten Händepaare über die fünfjährige Produktlebensdauer.
- Stromnetzmischung in der Fertigungsphase (durchschnittliche Mischung für China oder USA).
- Verwendung einer Phasenstromnetzmischung (durchschnittliche Mischung für USA).
- Anwendungsintensität (variiert je nach Produkt) – Trocknungsdauer der Trockner oder Anzahl der Papierhandtücher oder Stoffhandtuchrollen-Zugeinheiten, die zur Trocknung der Hände erforderlich sind.
- Entsorgung (19% werden verbrannt, 81% werden deponiert mit Energierückgewinnung) – ein Bruchteil des Abfalls wird verbrannt, als Abfall deponiert, wiederverwertet oder kompostiert; immer unter der Voraussetzung einer Energierückgewinnung.
- Prozesse der Trocknerelektroeinheit (Elektronikbauteile, aktiv, unspezifisch) – gewähltes Prozessinventar für die Montage der Steuerung und Optik beim XLERATOR® und beim herkömmlichen Händetrockner.
- Wiederverwendung der Stoffhandtuchrollen (103-mal) – sie können mehrmals gewaschen und wiederverwendet werden, bevor sie entsorgt werden.
- Gewicht des Papierhandtuchs (1,98 g) – Gewicht von neu hergestellten und recycelten Papierhandtüchern.
- Papieraufschlussverfahren (ECF-gebleichtes Sulfat) – Herstellungsprozess für den Aufschluss von Neumaterial-Papierhandtüchern.
- Verteilungsverfahren für die Entsorgung recycelter Inhalte aus Papierhandtüchern (Abschluss) – Verteilung der Umweltbelastung für die Prozesse der Neumaterialherstellung, das Recycling und die Entsorgungsprozesse.
- Fertigungsstandort (China oder USA) – wo die Produkte hergestellt werden; beeinflusst die Mischung des Stromnetzes und die Transportdistanzen.
- Anwendungsstandort (USA) – wo die Produkte eingesetzt werden; beeinflusst die Mischung des Stromnetzes, die Transportdistanzen und die Entsorgung.

Abschnitt 3









# Quellenverzeichnis

1. International Organization for Standardization: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. (2006).
2. International Organization for Standardization: Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. (2006).
3. NSF International: NSF Protocol P335 Hygienic Commercial Hand Dryers, [http://www.nsf.org/business/engineering\\_and\\_research/protocols.asp?program=EngineeringSer](http://www.nsf.org/business/engineering_and_research/protocols.asp?program=EngineeringSer), (2007).
4. T. Montalbo, J. Gregory, R. Kirchain. Life Cycle Assessment of Hand Drying Systems. Materials Systems Laboratory. Massachusetts Institute of Technology. (2011)
5. Environmental Resources Management: Streamlined Life Cycle Assessment Study. (2001).
6. MyClimate: Dyson Hand Dryer Fact Sheet, [http://www.climatop.ch/downloads/E-Fact\\_Sheet\\_Dyson\\_Hand\\_dryer\\_v3.pdf](http://www.climatop.ch/downloads/E-Fact_Sheet_Dyson_Hand_dryer_v3.pdf), (2008).
7. de Schryver, A., Vieira, M. LCA of two different hand drying systems, [http://www.vendorinternational.com/upload/Engelse%20plaatjes/VendorReport\\_shortversion.pdf](http://www.vendorinternational.com/upload/Engelse%20plaatjes/VendorReport_shortversion.pdf), (2008).
8. Paper towels vs. electric hand dryers, <http://www.climateconservancy.org/salon.php>.
9. Eberle, U., Möller, M. Life Cycle Analysis of Hand-Drying Systems: A comparison of cotton towels and paper towels. Öko-Institut (2006).
10. Madsen, J. Life Cycle Assessment of Tissue Products. Environmental Resources Management (2007).
11. Dettling, J., Margni, M. Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Hand Drying Systems: The XLERATOR® Hand Dryer, Conventional Hand Dryers and Paper Towel Systems. Quantis (2009).
12. BSI Group: PAS 2050:2008 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services, <http://www.bsigroup.com/upload/Standards%20&%20Publications/Energy/PAS2050.pdf>, (2008).
13. Dyson: The Dyson Airblade hand dryer receives industry first Carbon Reduction Label, <http://www.dysonairblade.com/news/newsArticle.asp?newsID=116>, (2010).