

Untersuchung der Nachhaltigkeit von Dusch-WCs im Vergleich zu konventionellen WCs

Tanja Kleiner, B.Sc.

Eine Arbeit erstellt im Rahmen von



Inhalt

1	<u>EINLEITUNG</u>	- 1 -
2	<u>WAS IST NACHHALTIGKEIT?</u>	- 2 -
3	<u>NACHHALTIGKEIT IN TECHNISCHEN SYSTEMEN</u>	- 6 -
4	<u>NACHHALTIGKEIT VON DUSCH-WCS IM VERGLEICH ZU KONVENTIONELLEN WCS</u>	- 7 -
4.1	HERSTELLUNG	- 8 -
4.2	NUTZUNGSZEITRAUM	- 9 -
4.3	ENTSORGUNG UND RECYCLING	- 12 -
5	<u>FAZIT</u>	- 13 -
6	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	- 14 -

1 Einleitung

Seit vielen Jahrzehnten suchen Wissenschaftler -bisher vergeblich- nach einem erdähnlichen Planeten, auf dem die Menschheit im Falle der Zerstörung des Lebensraumes auf der Erde, leben kann. Die Einzigartigkeit des *blauen Planeten* liegt in seiner Atmosphäre, sowie an den hohen Süßwasservorkommen und dem ökologischen Kreislauf, der dazu führt, dass durch die Sonne verdampftes Wasser wieder auf die Erde abregnet und freigesetztes CO₂ durch Pflanzen wieder in Sauerstoff umgewandelt wird. Unser Glück ist, dass die Erde sich auf einer stabilen Umlaufbahn um die Sonne befindet. Würde die Umlaufbahn nur wenige Millionen Kilometer näher an der Sonne entlangführen, wäre die Erde wahrscheinlich, wie etwa die Venus, eine über 400 °C heiße Ödnis, auf der kein Leben existieren könnte. Unsere Erde ist außerdem durch die Nähe zu anderen Planeten, wie den riesigen Gasplaneten Jupiter, vor Einschlägen von durch das Weltall treibenden Himmelskörpern gut geschützt. So viele *Zufälle* führten dazu, dass die Evolution schließlich den Menschen hervorbrachte. Wer kann sich schon vorstellen, wie viel Glück wir haben, überhaupt zu existieren?

Der Leser mag sich nun fragen, was dieser erste Absatz mit dem Thema Nachhaltigkeit zu tun hat. Die Antwort lautet: Alles! Denn wenn wir so weitermachen wie bisher und die Erde mit ihren Ressourcen weiterhin derart ausbeuten, haben wir bald keinen Planeten mehr, auf dem wir leben können. Ist das alles zu drastisch? Nein, denn allein durch den Raubbau des Regenwaldes verlieren wir mehr, als man sich vorstellen mag. Im Zeitraum zwischen August und Oktober 2007 wurde der Regenwald allein in Brasilien um eine Fläche abgeholzt, die in etwa die Hälfte der gesamten Waldfläche der Schweiz ausmacht.¹ Insgesamt ist bereits ein Fünftel des gesamten Regenwaldes der Holzwirtschaft zum Opfer gefallen.²

Die Aufgaben und Verantwortung, die die Menschen gegenüber der Natur mit ihren Tier- und Pflanzenarten mit sich bringt, soll in dieser Arbeit nicht diskutiert werden. Es wird vielmehr ein praktisches Beispiel aus dem Alltagsleben eines jeden westlich bzw. in einer Industrienation lebenden Menschen aufgezeigt, denn "Bei allem, was man tut, das Ende zu bedenken, das ist Nachhaltigkeit."³ Als Anregung für ein Umdenken wird in dieser Arbeit ein für viele Menschen bereits zur Selbstverständlichkeit gewordenes Gerät in Bezug auf die Nachhaltigkeit untersucht, das WC mit Wasserspülung. Oftmals wird gar nicht mehr darüber nachgedacht, dass mit jedem Spülgang eine große Menge Wasser verbraucht wird. Würde jede Person auf der Welt über ein solches WC verfügen und durchschnittlich 5 mal am Tag das stille Örtchen aufsuchen, hieße das, dass bei etwa 7,2 Milliarden Menschen und einer durchschnittlichen Wassermenge von 7 Litern pro Spülung, jeden Tag circa 252 Milliarden Liter Wasser benötigt würden. Dabei kann allein durch die Nutzung der Spartaste am WC die Wassermenge bereits halbiert werden.⁴ Aus dieser Überschlagsrechnung wird deutlich, dass das WC mit Wasserspülung einen enormen Anteil am täglichen Wasserverbrauch des Menschen beiträgt. Laut einer Erhebung des WDR wird geschätzt, dass der Deutsche täglich 34 Liter reinstes Trinkwasser *das Klo hinunterspült*.⁵ Dabei leiden in vielen der armen Länder (z.B. Sudan, Afghanistan) fast 70 % der dort lebenden Menschen unter Trinkwassermangel, weil es nicht ausreichend Zugang zu diesem gibt.⁶ „Mit 397 Litern pro Tag und Einwohner ist der Wasserverbrauch in den Vereinigten Staaten am höchsten, gefolgt von Japan (379 Liter) und der Schweiz (270 Liter). In

¹ <http://www.faszination-regenwald.de/info-center/zerstoerung/>

² Ebd.

³ Eric Schweitzer, Chef der Recycling- Firma ALBA, Interview erschienen am 2.6.2010, In: <http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/interview-alle-abfaelle-zu-rohstoffen-machen/1850532.html>

⁴ Vgl. http://www.wdr.de/tv/quarks/sendungsbeitraege/2005/0712/003__flash_fallback.jsp;jsessionid=35BACCFB2784760ACA89C80B47128163

⁵ Ebd.

⁶ <http://www.wissen.de/thema/wasserknappheit-auf-der-erde?chunk=-die-nutzung-des-wassers->

Deutschland liegt der tägliche Wasserverbrauch pro Einwohner bei 123 Litern, in Indien demgegenüber nur bei 25 und in Madagaskar bei 5 Litern.“⁷

Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung, ob die Einsparung des Toilettenpapiers die wesentlich aufwändigere Technik beim Dusch-WC, die Notwendigkeit der Verwendung von vergleichsweise teuren Materialien und die Elektronik, rechtfertigt. Dabei steht die Analyse im Vordergrund, ob trotz der Reinigung mit Wasser und dem Energiebedarf des Dusch-WCs, insgesamt und über den gesamten Lebenszyklus gesehen, eine ressourcenschonendere, energieeffizientere Technik entwickelt wurde, die durch ihren täglichen Einsatz einen guten Schritt in Richtung einer nachhaltigeren Gesellschaft geht. Weiterhin soll die Frage behandelt werden, ob es überhaupt möglich ist, mit dieser Technik einen großen Markt anzusprechen, ohne dabei die Ressourcenvorräte seltener Materialien, wie zum Beispiel Kupfer, welches zur Herstellung von Platinen benötigt wird, aufzuzehren.

Um dieses Ziel zu erreichen und die entstandenen Fragen zu beantworten, wird zunächst in Kapitel 2 der Begriff *Nachhaltigkeit* bzw. *nachhaltige Entwicklung* näher beschreiben und definiert. Anschließend wird in Kapitel 0 *Nachhaltigkeit in technischen Systemen* untersucht, wie das Thema Nachhaltigkeit in der Technik zu verstehen ist. In Kapitel 4 wird der Lebenszyklus eines konventionellen WCs mit Wasserspülung und eines modernen Dusch-WCs miteinander verglichen und es wird untersucht, ob die Entwicklung der technisierten WCs ökologische und ökonomische Vorteile mit sich bringen, oder ob es sinnvoller wäre, die Herstellung und Nutzung der konventionellen WCs und dessen zum Einsatz notwendigen Zubehör (wie Toilettenpapier) zu optimieren.

2 Was ist Nachhaltigkeit?

Der Begriff *Nachhaltigkeit* wird in unserer heutigen Gesellschaft scheinbar als universeller Begriff verwendet um Produkte, Firmen oder Konzepte interessanter zu gestalten. Dabei ist *Nachhaltigkeit* oder *nachhaltige Entwicklung* viel mehr als ein Modewort und ein ernst zu nehmendes Thema. Vor allem in marktwirtschaftlich orientierten Ländern wie in West- und Mitteleuropa oder den USA muss Nachhaltigkeit in naher Zukunft mehr sein als nur ein Begriff. Doch was bedeutet der Begriff *Nachhaltigkeit* überhaupt? „Nachhaltigkeit ist ein Handlungsprinzip zur Ressourcen-Nutzung, bei dem die Bewahrung der wesentlichen Eigenschaften, der Stabilität und der natürlichen Regenerationsfähigkeit des jeweiligen Systems im Vordergrund steht.“⁸ Das bedeutet, dass die Natur um uns herum ein Fundament bildet, auf welches wir unseren Lebensstandard aufbauen und an diesen anpassen müssen: Der Lebensstil in den Industrieländern ist jedoch durch hohen Energie- und Ressourcenverbrauch, hohe Schadstoffemissionen durch Verkehr und Fabriken und durch die Produktion großer Mengen zum Teil umweltschädlicher und giftiger Abfälle geprägt. Die nachhaltige Entwicklung stellt an dieser Stelle die Bereiche Lebensstil, gerechte Ressourcenverteilung, sowie die Umweltqualität in den Vordergrund. Als Schlagwort sei die *Generationengerechtigkeit* genannt: „Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die die Lebensqualität der gegenwärtigen Generation sichert und gleichzeitig zukünftigen Generationen die Wahlmöglichkeit zur Gestaltung ihres Lebens erhält.“⁹ Das bedeutet, dass jede Generation nur so viele Ressourcen nutzen darf, dass auch die nachfolgenden Generationen noch in der Lage sind, ihre Grundbedürfnisse zu befriedigen. Soziale Interessen werden somit den ökonomischen und ökologischen Interessen gleichgestellt. Aus dem Begriff *Nachhaltigkeit*, sowie der Definition der *nachhaltigen Entwicklung* aus dem Brundtland-Bericht folgt, dass die Ziele der nachhaltigen Entwicklung auf alle Länder der Welt auszuweiten sind,

⁷ Ebd.

⁸ <http://de.wikipedia.org/wiki/Nachhaltigkeit>

⁹ Report of the World Commission on Environment and Development. Nairobi : Brundtland- Definition, 1987, S. 54, übersetzt durch T.K.

um eine *globale Gerechtigkeit* zu erzielen. Dabei ist die Regenerationsfähigkeit der Ressourcen unseres Ökosystem mit in die Betrachtung einzubeziehen, denn: „Das, was die Menschheit heute in einem Jahr an fossilen Brennstoffen verbraucht, ist die Menge fossiler Rohstoffe, die auf der Erde in einer Million Jahren produziert wurde. Die Abbaurrate für fossile Rohstoffe ist also eine Million mal größer als die Nachbildungsrate.“¹⁰

Es wurden verschiedene Modelle entwickelt, die die Gleichberechtigung der drei Bereiche der Nachhaltigkeit (Ökonomie, Ökologie und Soziales) bildlich darstellen. Eins der ersten Modelle ist das *Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit*, in dem diese Bereiche als Stützpfeiler der Nachhaltigkeit dargestellt sind (Abbildung 2.1). Ein weiteres Nachhaltigkeits-Modell ist das sogenannte *Nachhaltigkeitsdreieck*, in welchem die Gebiete Ökologie, Ökonomie und Soziales in einem gleichseitigen Dreieck dargestellt werden (Abbildung 2.2). Da die drei Themengebiete jedoch oft zu verschmelzen scheinen und eine klare Abtrennung selten möglich ist, wurde dieses Modell weiterentwickelt. Hier sind die Bereiche als ineinander übergehende Dimensionen dargestellt. So geben sie der Komplexität der Zusammenhänge zwischen Ökologie, Ökonomie und sozialem Leben für eine nachhaltige Entwicklung mehr Raum (siehe Abbildung 2.3). Um dieses Dimensionen-Modell weiter zu verfeinern und den ökologischen Aspekt verstärkt aufzuführen, wurde das *Dreieck der Nachhaltigkeit* zu einem *gewichteten Dreieck* weiterentwickelt, um die Komponente der natürlichen Ressourcen und das Klima mit einzubeziehen (Abbildung 2.4). Die von der Natur bereitgestellten Ressourcen sind zwar bedingt durch den Menschen (beispielsweise durch Wiederaufforstung o.ä.) beeinflussbar, doch liefert die Natur als Ökosystem die Basis für den An- und Abbau von Rohstoffen. In diesem Modell sieht man deutlich, dass die von der Natur bereitgestellten Ressourcen die Basis für eine nachhaltige Entwicklung, sowie für den ökonomischen und sozialen Aspekt dessen sind.

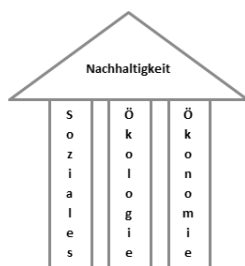


Abbildung 2.1: Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit

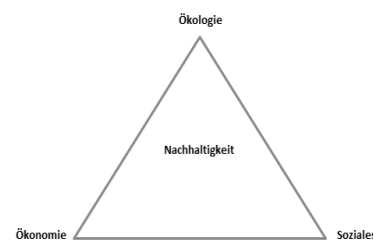


Abbildung 2.2: Nachhaltigkeitsdreieck



Abbildung 2.3: Dimensionen der Nachhaltigkeit



Abbildung 2.4: Nachhaltigkeits-Dreieck mit Gewichtung

Bei all diesen Konzepten und Modellen stehen im Sinne der Nachhaltigkeit bestimmte Grundregeln im Vordergrund:¹¹

- **Inter- Generationen- Gerechtigkeit**
Erfüllen der Bedürfnisse der heutigen Generation ohne die Erfüllung der Bedürfnisse kommender Generationen zu gefährden
- **Regenerationsfähigkeit**
Der Natur genug Zeit geben, entnommene bzw. abgebaute Ressourcen unter Berücksichtigung natürlicher Kreisläufe nach zu produzieren
- **Sparsamkeitsprinzip**
Nicht erneuerbare Ressourcen so sparsam wie möglich verwenden, auch und vor allem um gleichwertigen Ersatz durch erneuerbare Ressourcen zu schaffen und die Materialproduktivität zu steigern

¹⁰ Rager, Alexander: *Reiche Industriestaaten - Arme Dritte Welt ...und die Sichtweise von Gewerkschaften*. 1993, S. 12, In: <http://alexander-klier.net/wp-content/uploads/2012/06/6-Wochen-Arbeit-Reiche-Industriestaaten.pdf>

¹¹ Vgl. Spindler, Edmund A.: *Geschichte der Nachhaltigkeit - Vom Werden und Wirken eines beliebten Begriffs*. S. 15- 16, In: <http://www.nachhaltigkeit.info/media/1326279587phpeJPYvC.pdf>

- Risikoabbau
Umweltrisiken vermindern, Sicherheit bei der Produktion von Stoffen schaffen
- Absorptionsfähigkeit
Belastung der Natur durch Emissionen zeitlich und mengenmäßig so sehr einschränken, dass diese durch natürliche Umwandlungsprozesse unschädlich gemacht werden können
- Ökologisch- Ökonomische Wertschöpfung
Erhaltung des ökologischen Potenzials und der Biodiversität

Doch nicht nur Regierungen und Unternehmen können im Sinne der Nachhaltigkeit wirken: Durch die Berechnung des *ökologischen Fußabdrucks* kann jeder ermitteln, wie groß die Fläche ist, die dieser zum Leben braucht. Dies gilt für einzelne Personen und Haushalte, aber auch für ganze Regionen und Nationen. Aufgrund des Verhältnisses von Erdoberfläche zu den auf der Erde lebenden Menschen, hat jeder eine gewisse Fläche zur Verfügung. Bei der Berechnung des ökologischen Fußabdrucks werden Flächen berücksichtigt, die für die Bereitstellung von Energie (zum Beispiel durch Kohle, Gas oder Öl), zur Produktion von Konsumgütern (wie Nahrung oder Kleidung) benötigt werden. Es werden aber auch solche Flächen, die zur Entsorgung oder zum Recycling von Müll, sowie zur Umwandlung des durch die Person bzw. dessen Lebensstil freigesetzten Kohlendioxids gebraucht werden, einberechnet. Der ökologische Fußabdruck ist „auch ein Gerechtigkeitsindikator, denn er basiert auf der Grundannahme, dass allen Menschen gleich viel zur Verfügung steht“.¹² Mit Hilfe des *ökologischen Fußabdrucks* kann somit berechnet werden, ob man mit dieser *fairen Fläche* auskommt, oder man im übertragenen Sinne auf *zu großem Fuß* lebt. Dabei spielt auch eine Rolle, welche Produkte man kauft, welche Dienstleistungen man in Anspruch nimmt und sogar in welcher Region man lebt: Es gibt einen *kollektiven Fußabdruck*, der damit zusammenhängt, wie hoch der Ressourcenverbrauch in der nationalen Infrastruktur ist, beispielsweise für den Bau von Straßen oder öffentlichen Einrichtungen. Durch diesen kollektiven Fußabdruck ist es laut einer Studie des WWF in Deutschland unter den gegebenen Umständen nicht möglich, unter dem fairen Wert von ca. 1,8 Hektar / Person¹³ zu gelangen. Laut dieser Studie hat der durchschnittliche Deutsche einen ökologischen Fußabdruck von 4,6 Hektar. Zum Vergleich: In den USA waren es zu diesem Zeitpunkt durchschnittlich 7,2 Hektar und in Bangladesch 0,7 Hektar. Der Weltdurchschnitt lag laut dieser Studie bei 2,7 Hektar pro Person.¹⁴

Unternehmen, die sich nachweislich für die nachhaltige Entwicklung engagieren und diese umsetzen, können Vereinigungen wie zum Beispiel dem *United Nations Global Compact* (UNGC) beitreten. Der UNGC ist ein weltweiter Pakt zwischen der UNO und Unternehmen, um die Globalisierung ökologischer und sozialer zu gestalten.¹⁵ Bei Beitritt in den Global Compact verpflichten sich die Unternehmen, die zehn Prinzipien langfristig gesehen im Sinne einer „kontinuierlichen Handlungs- und Leistungsverbesserung“¹⁶ umzusetzen. Diese nachfolgend aufgezählten Prinzipien¹⁷ beinhalten die Themen Menschenrechte, Umweltschutz, Arbeitsnormen und Korruptionsbekämpfung und sollen durch die Unternehmen anerkannt, unterstützt und im Rahmen ihres Einflussbereiches umgesetzt werden:

„Menschenrechte

Prinzip 01: Unternehmen sollen den Schutz der internationalen Menschenrechte unterstützen und achten und

Prinzip 02: sicherstellen, dass sie sich nicht an Menschenrechtsverletzungen mitschuldig machen.

¹² <http://www.footprint-deutschland.de/inhalt/was-ist-der-oekologische-fussabdruck>

¹³ <http://www.wwf.de/themen-projekte/biologische-vielfalt/reichtum-der-natur/der-living-planet-report/>

¹⁴ Ebd.

¹⁵ http://de.wikipedia.org/wiki/Global_Compact

¹⁶ http://www.unglobalcompact.org/Languages/german/umsetzung_und_engagement.html

¹⁷ http://www.unglobalcompact.org/Languages/german/die_zehn_prinzipien.html

Arbeitsnormen

Prinzip 03: Unternehmen sollen die Vereinigungsfreiheit und die wirksame Anerkennung des Rechts auf Kollektivverhandlungen wahren.

Prinzip 04: Unternehmen sollen sich für die Beseitigung aller Formen der Zwangsarbeit einsetzen.

Prinzip 05: Unternehmen sollen sich für die Abschaffung von Kinderarbeit einsetzen.

Prinzip 06: Unternehmen sollen sich für die Beseitigung von Diskriminierung bei Anstellung und Erwerbstätigkeit einsetzen.

Umweltschutz

Prinzip 07: Unternehmen sollen im Umgang mit Umweltproblemen dem Vorsorgeprinzip folgen.

Prinzip 08: Unternehmen sollen Initiativen ergreifen, um größeres Umweltbewusstsein zu fördern.

Prinzip 09: Unternehmen sollen die Entwicklung und Verbreitung umweltfreundlicher Technologien beschleunigen.

Korruptionsbekämpfung

Prinzip 10: Unternehmen sollen gegen alle Arten der Korruption eintreten, einschließlich Erpressung und Bestechung.“¹⁸

Ein nicht zu vernachlässigender Punkt ist allerdings, dass laut des Weltenergieberichts von BP im Jahre 2009 der Energieverbrauch nur in den Industrieländern sinkt.¹⁹ Laut dieser Studie benötigen die Entwicklungs- und Schwellenländer mehr Energie in Form von Öl, Gas und Kohle, als die OECD-Mitglieder: „82 Prozent der Weltbevölkerung erwirtschaften 25 Prozent des globalen Bruttoinlandsproduktes – und benötigen dafür mehr als 50 Prozent der Energie.“²⁰ Dies macht deutlich, dass es sehr wichtig ist, die Energie- und Ressourceneffizienz vor allem in den Nicht-OECD-Mitgliedsländern zu erhöhen um die Nachhaltigkeit weltweit zu fördern. Dabei sind vor allem die Industrienationen gefragt, denn die hohe Umweltbelastung in den armen Ländern kommt hauptsächlich dadurch zustande, dass immer mehr Industrie von den reichen Nationen in die Schwellenländer verlegt wird. Gründe hierfür sind vor allem, dass es dort weniger strenge Umweltauflagen gibt und die Arbeitskräfte billig sind. Somit erwirtschaften die Arbeiter in den armen Nationen die Ressourcen für die reichen Länder, sind aber dabei selbst nicht in der Lage, davon zu profitieren, denn sie leiden gleichzeitig an den negativen Auswirkungen der Industrie (Luftverschmutzung, Umgang mit gefährlichen, oftmals sogar krebserregenden Stoffen, Ausbeutung der Arbeiter, Kinderarbeit). Um es auf den Punkt zu bringen: die Nicht-OECD-Mitglieder tragen den größten Teil der Nachteile durch die Industrie, die Vorteile nutzen jedoch fast ausschließlich die Industrienationen.

Ein erster Schritt zu mehr Nachhaltigkeit wäre die Senkung des kollektiven Fußabdrucks, womit den Einzelpersonen in den Industrieländern eine faire Lebensweise gegenüber den Mitmenschen überhaupt erst ermöglicht werden kann. Dafür sollten vor allem die produzierenden Unternehmen, wie Fabriken, aber auch technische Systeme, die für die Herstellung von Gütern oder auch für die Nutzung durch den Endkunden entwickelt werden, in Zukunft nachhaltiger werden. Dieses Thema soll im nachfolgenden Kapitel eingehend betrachtet werden.

¹⁸ Ebd.

¹⁹ <http://www.welt.de/wirtschaft/article3951786/Energieverbrauch-sinkt-nur-in-den-Industrielaendern.html>

²⁰ Ebd.

3 Nachhaltigkeit in technischen Systemen

Zu einer nachhaltigen Entwicklung von technischen Systemen gehört die Optimierung der sogenannten *Ökobilanz* eines Produktes. Die Ökobilanz ist „eine Methode zur Abschätzung der Auswirkungen eines Produktes und seines Herstellungsprozesses auf die Umwelt“.²¹ Dabei wird der komplette Lebenszyklus des Produktes, beginnend bei der Rohstoffgewinnung, über die Herstellung und Verarbeitung, Transport, die Nutzung inklusive der Abfallbeseitigung währenddessen, der Reinigung von Abwässern und der Entsorgung des Produktes, bilanziert. Die Ökobilanz setzt sich aus drei Teilen zusammen: der Sachbilanz, der Wirkungsbilanz und der Bewertung. Die Berechnung erfolgt dann auf Grundlage der Bereiche des Rohstoff- und Energieeinsatzes, der Emissionen, des Wasserverbrauchs, des Abfallaufkommens, sowie den ökologischen und toxikologischen Bewertungen der durch das zu untersuchende Produkt verursachten Emissionen. So sollen mit Hilfe der Ökobilanz die Vor- und Nachteile von Verfahren und Produkten verglichen werden können. Die für die Nachhaltigkeit wichtigste Art der Ökobilanz ist die, in der nicht nur die ökologischen Aspekte, sondern auch die wirtschaftlichen, technischen und sozialen Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Diese Art der Ökobilanz wird *ganzheitliche Ökobilanz* genannt und die Bestimmung dieser ist in der DIN- Norm 33926 definiert.²² Für die Bestimmung der Ökobilanz wird eine Untersuchung der Umweltwirkung des Produktes in Bezug auf dessen Lebensdauer durchgeführt. Im Sinne der Nachhaltigkeit sollen Produkte mit einer positiven Ökobilanz entwickelt bzw. dorthin gehend optimiert werden. Dies kann beispielsweise durch eine *lebenslange Garantie* des Produktes geschehen. Fabrikate, welche glaubhaft mit einer solchen Garantie beworben werden, zeichnen sich durch höherwertige Materialien und bessere Fertigungstechniken aus, wodurch die Lebensdauer erhöht wird (eine sachgemäße Verwendung durch den Kunden vorausgesetzt). Dies schont nicht nur den Geldbeutel des Kunden, sondern auch die Natur, denn durch höherwertige Produkte fällt weniger Abfall an. Das genaue Gegenteil hierzu ist die Herstellung von Produkten, welche durch künstliche Prozesse (zum Beispiel die Verarbeitung minderwertiger Materialien) frühzeitig altern und verschleißern. Bei solchen Produkten ist es oft der Fall, dass die Ersatzteile durch den Hersteller nicht oder nur in geringen Mengen über die gesetzliche Garantiezeit hinaus gelagert werden. Das führt dazu, dass die Reparatur eines defekten Produktes mitunter teurer als dessen Neubeschaffung, oder gar nicht möglich ist. Da in diesem Zusammenhang gesehen auch nicht jedes Material zu 100 % recyclingfähig ist, fällt bei solchen Produkten erheblich mehr Abfall an und die Umweltbelastung ist erhöht. Auch die Ressourcen- und Energieeffizienz sind bei technischen Systemen neben der Ökobilanz gesondert zu betrachten. Die Ressourceneffizienz bezeichnet „das Verhältnis eines bestimmten Nutzens zu dem dafür erforderlichen Einsatz an natürlichen Ressourcen“.²³ Je höher der Nutzen des Produktes (oder der Dienstleistung) und je geringer der dafür benötigte Ressourceneinsatz ist, desto höher ist die Ressourceneffizienz. Ähnlich definiert ist die Energieeffizienz, welche ein Maß für den Energieaufwand in Bezug auf den erhaltenden Nutzen entspricht. Die Ressourcen- und Energieeffizienz sind dabei immer in Relation zu anderen Produkten derselben Produktkategorie zu sehen. Es findet für jedes Produkt eine Messung statt, beispielsweise wird bei Waschmaschinen zur Bestimmung der Energieeffizienz der Strom gemessen, den eine solche für einen definierten Standardwaschvorgang, sowie für die Leerlaufzeiten vor und nach diesem benötigt. Der Energieverbrauch wird dann im Verhältnis zu einem rechnerisch ermittelten Wert eines Referenzgerätes gebracht.

Bedenklich ist weiterhin die Produktion von Gütern in Regionen bzw. Ländern, in denen die Kontrolle der Fabriken im Sinne der Arbeitsbedingungen oder der Umweltverschmutzung gering oder gar nicht vorhanden ist. Deshalb greifen gerade im Bereich Technik einige der in den Grundregeln der OECD festgehaltene Prinzipien besonders. Vor allem die Punkte *Arbeitsnormen* und *Umweltschutz* sind hier an vorderster Stelle zu nennen, da sich die Industrie, um wirtschaftlicher sein zu können, immer

²¹ http://www.nachhaltigkeit.info/artikel/oekobilanz_din_norm_33926_1295.htm

²² Ebd.

²³ <http://de.wikipedia.org/wiki/Ressourceneffizienz>

stärker in die Niedriglohnländer verlagert. In diesen Ländern gibt es weniger strenge Umweltauflagen als etwa in der Eurozone oder den USA. Beispielsweise wird in der Textilindustrie in vielen asiatischen Ländern (wie etwa China oder Bangladesch) mit Chemikalien verunreinigtes Wasser ohne Aufbereitung in Flüsse geleitet und somit das Grundwasser kontaminiert. Dies hat natürlich erhebliche Folgen auf die dort lebenden Menschen, Tiere und auch auf die Umwelt. Aufgrund dessen ist gerade Prinzip 9, die Entwicklung und Verbreitung von umweltfreundlichen Technologien, hier ein großes Thema um den kollektiven Fußabdruck zu senken und die Umwelt nicht über die Maßen zu belasten. Dazu gehört auch, dass die Unternehmen erkennen, dass die Ressourcen nicht unbegrenzt vorhanden sind. Eine sorgfältige Vorsorge ist nötig, um die Regeneration der natürlichen Ressourcenvorräte zu ermöglichen, wie in Prinzip 7 aufgelistet. Auch das Thema der Arbeitsumstände benötigt dringend Aufmerksamkeit: Der Kontakt von Arbeitern mit gefährlichen oder giftigen Stoffen, die Auszahlung von Niedriglöhnen und Kinderarbeit ist in armen Ländern keine Seltenheit und erscheint wie eine *moderne Form der Sklavenarbeit*. Um eine gerechtere Gesellschaft und eine nachhaltige Entwicklung in der Technik zu ermöglichen, muss die Umsetzung der Prinzipien 3 bis 6 erfolgen. Gerade die Unternehmen sind in der Lage, eine Aufklärungsfunktion zu übernehmen und die eigene Produktion nachhaltiger zu gestalten.

Diese Punkte werden nun anhand eines alltäglichen Gegenstandes, dem WC, untersucht. Dabei werden der Herstellungsprozess, sowie Nutzungszeitraum und Entsorgung auf die drei Aspekte der Nachhaltigkeit (Ökonomie, Ökologie, Soziales) analysiert.

4 Nachhaltigkeit von Dusch-WCs im Vergleich zu konventionellen WCs

Dusch-WCs (siehe Abbildung 4.1) sind eine Kombination aus einem WC und einem Bidet. Dabei kann zur Reinigung komplett auf Toilettenpapier verzichtet werden, da diese bei einem Dusch-WC mit



Abbildung 4.1: Elektronische und mechanische Komponenten des Dusch-WCs²⁴

des WCs zu betrachten.²⁵

einer integrierten Wasserdusche erfolgt. Diese Art des WCs ist vor allem in den asiatischen Ländern (wie Japan, China und Korea) weit verbreitet und etabliert sich mittlerweile auch im europäischen Markt. Die Nachhaltigkeit von einem Dusch-WC im Vergleich zu einem konventionellen WC soll in dieser Arbeit in den drei Bereichen des Lebenszyklus eines technischen System betrachtet werden: Die Herstellung, der Nutzungszeitraum des jeweiligen WCs und dessen Entsorgung. Dabei werden zum Vergleich beide WC-Arten in Bezug auf die Ökologie und die Ökonomie betrachtet. Natürlich muss im Sinne der Nachhaltigkeit auch der soziale Aspekt während des Lebenszyklus genauer untersucht werden. Jedoch spielt dieser Aspekt während der Nutzungsdauer eine eher untergeordnete Rolle und ist vielmehr im ersten und letzten Abschnitt des Lebenszyklus

²⁴ http://www.sokolik.at/sokolik_dusche_wc.htm

²⁵ Die Begriffe WC und Toilette werden in dieser Arbeit synonym verwendet.

4.1 Herstellung

Die Herstellung der Toilettenschüssel ist in beiden Fällen gleich, deswegen wird dieser Schritt gemeinsam betrachtet und nur diejenigen Herstellungsschritte nähergehend analysiert, welche im Zuge der Nachhaltigkeit ins Gewicht fallen. Eine Toilettenschüssel wird aus einer Keramik gegossen, die Komponenten Ton, Quarz, Kaolin und Feldspat werden zur Herstellung dieser mit Wasser vermischt und es entsteht eine Keramikschlick. Die aus Gips bestehende Vorform wird mit dem Keramikschlick gefüllt. Der Gips entzieht der Keramikmasse am Rand Feuchtigkeit, wodurch sich eine mit der Zeit dicker werdende Wand entlang der Form bildet. Nach wenigen Minuten ist die entstandene Keramikwand dick genug, so dass der restliche Keramikschlick abgelassen und wiederverwendet werden kann. Die fertige Grundform der Toilettenschüssel muss nun mehrere Tage lang durchtrocknen. Im Anschluss daran wird die Schüssel mit Druckluft von Staub- und Keramikresten gereinigt und mit einer Glasur versehen. Die Glasur besteht aus einem Gemisch von Mineralien, dazu gehört Kieselsäure, welche in Form von Quarzmehl als Netzwerkbildner hinzugegeben wird. Weiterhin werden sogenannte Schmelzpunktniedriger verwendet. Hierzu werden meist Natrium- und Calciumoxid in Form von Kreide oder Feldspat eingesetzt, jedoch sind auch Bor- und Bleiverbindungen möglich. Zur Erhöhung der Viskosität der Glasur wird Aluminiumoxid hinzugegeben. Die verschiedenen Farben der Glasur werden durch Hinzugabe von Chemikalien beeinflusst. Bei WCs ist die Farbe Weiß gebräuchlich, hierzu wird dem Gemisch Zirkonoxid oder Zinnoxid beigegeben. Weitere Farben entstehen durch Beigabe von färbenden Metalloxiden, so führt eine Kobaltglasur zu einer blauen Farbe, oder etwa eine Glasur mit Chromoxid zu einer grünen Färbung.²⁶ Die Glasur muss erneut etwa zwei Tage an der Luft trocknen und wird anschließend in einem Ofen ungefähr 20 Stunden bei einer Temperatur von etwa 1300 °C gebrannt. Zur Herstellung des Toilettensitzes und -deckels wird ein spezieller, nach der Aushärtung nicht mehr verformbarer Kunststoff (Duroplast) benötigt.

Das konventionelle WC ist an dieser Stelle bereits komplett, im Gegensatz zum Dusch-WC. Für Letzteres ist noch Elektronik in Form einer Fernbedienung sowie eines Bedienfeldes und Mechanik in Form einer (Warm-) Wasserdusche, einem Föhnarm und einer Geruchsabsaugung gesondert zu betrachten. Die in der Toilettenschüssel befindlichen Armaturen, Föhnarm und Wasserdusche, werden aus einem Metall hergestellt, anschließend porenfrei mit Nickel überzogen und dekorativ *glanzverchromt*. Bei der Erzeugung eines Chromüberzugs werden sehr giftige und stark ätzende Chromelektrolyte mit einem Chromsäuregehalt von 330 g/Liter - 350 g/Liter verwendet. Der zu verchromende Körper wird mit einer 0,2 µm bis 0,5 µm dicken Chromschicht überzogen, hierfür werden hohe Stromdichten benötigt, welche einen bis zu 50 mal höheren Energiebedarf im Vergleich zur Abscheidung anderer Materialien zur Folge haben. Der Wirkungsgrad jedoch ist sehr gering und liegt beim Glanzverchromen zwischen 10 % und 18 %, das heißt, dass durch mindestens 82 % der Energie Wasserstoff gebildet wird.²⁷ Die Bildung von Wasserstoff und Sauerstoff führt dazu, dass das Chrombad zu schäumen beginnt. Zerplatzen die Gasblasen an der Oberfläche, wird das Chrombad zerstäubt und die krebserregenden Stoffe des Chroms gelangen in die Luft und müssen abgesaugt werden. Derzeit wird an der Entwicklung eines ungiftigen Chroms geforscht, dieses ist jedoch bisher für die Produktion kaum oder nur in Spezialfällen geeignet.²⁸ Für das Bedienelement und die Fernbedienung, und natürlich auch zur Steuerung der Mechanik des WCs, wird Elektronik benötigt. Die Funktionen eines solchen WCs können recht weitreichend sein: es ist in modernen Varianten des Dusch-WCs sogar möglich, Einstellungen für verschiedene Personen vorzunehmen, was beispielsweise Wassertemperatur, Strahlposition oder Bewegung der Wasserdusche einschließt. Sogar beheizte Toilettensitze werden von den Herstellern angeboten. Für die Herstellung der Elektronik wird Kupfer benötigt, welches als leitende Schicht auf einen faserverstärkten Kunststoff aufgebracht wird. Das Layout für die so entstandene Platine wird in der Serienproduktion oftmals

²⁶ http://de.wikipedia.org/wiki/Glasur_%28Keramik%29

²⁷ http://kriebel-metallveredelung.de/index.php?option=com_content&task=view&id=10&Itemid=25

²⁸ <http://de.wikipedia.org/wiki/Chromelektrolyte>

über eine lithografische Methode auf die Platine gebracht. Dabei wird letztere mit einer Maske belichtet, entwickelt und anschließend in einem Ätzbad geätzt. Danach sind je nach verwendetem Fotolack nur noch die nicht belichteten oder die belichteten Teile der Platine als Kupfer auf dieser vorhanden. Für die Ätzlösung wird hauptsächlich in Wasser gelöstes Natriumpersulfat oder Eisen(III)-chlorid verwendet, aber auch eine Mischung aus Salzsäure und Wasserstoffperoxid ist möglich. Die Platine wird im Anschluss mit einem Lötstopplack vor Korrosion geschützt. Die Halbleiter, welche im Anschluss an die Herstellung auf die Platine gelötet werden, enthalten Silizium oder Germanium, wobei ersteres häufiger verwendet wird.

Der vorige Absatz zeigt, dass für die Herstellung eines Dusch-WCs wesentlich mehr Rohstoffe von Nöten sind, als für das konventionelle WC, wenn man den Herstellungsprozess aller Einzelkomponenten betrachtet. Bei diesen zusätzlichen Rohstoffen handelt es sich zum Teil um gesundheitsschädliche Stoffe, wie Chromsäure, welche zum Teil krebserregend und/oder stark ätzend sind. Auch die Menge an teuren und seltenen Materialien wie Kupfer, macht die Herstellung des Dusch-WCs zu einer kostspieligen und wenig ökologischen Angelegenheit. Weiterhin ist eine große Menge Energie nötig: Allein die Verchromung benötigt sehr hohe Stromdichten und hat einen schlechten Wirkungsgrad, was sich erheblich auf die gesamte Energieeffizienz dieses WCs auswirkt. Aufgrund der hohen Menge an benötigten Ressourcen und giftigen Substanzen, die zum Teil während des Herstellungsprozesses eingesetzt werden müssen, erscheint das konventionelle WC mit Wasserspülung nicht nur umweltfreundlicher, sondern auch im Sinne des Arbeitsumfeldes erhebliche Vorteile zu haben. Sind die Schutzmaßnahmen gegeben, die bei der Arbeit mit Säuren und krankheitserregenden Stoffen nötig sind um die Arbeiter zu schützen, wie eine Absaugung der entstehenden Gase bei der Verchromung, ist zumindest die Gesundheit der Arbeiter nicht gefährdet. Fakt ist jedoch, dass solche giftigen Stoffe bei der Herstellung des konventionellen WCs gar nicht erst benötigt werden. Da dieses WC mit der Herstellung der Toilettenschüssel aus Keramik bereits abgeschlossen ist, wird hier deutlich, dass diese Form des WCs, zumindest was die Herstellung betrifft, ressourcen- und energieeffizienter ist, sowie die Gesundheit der Arbeiter nicht gefährdet. Der Herstellungsprozess des Dusch-WCs im Sinne der Nachhaltigkeit muss also noch weiterentwickelt werden, wenn dies überhaupt möglich ist, da die Notwendigkeit von elektronischen und mechanischen Komponenten besteht.

Der Vergleich der Nachhaltigkeit zwischen Dusch-WC und konventionellem WC ist jedoch mit der Betrachtung des Herstellungsprozesses noch längst nicht abgeschlossen. Da in dieser Arbeit der gesamte Lebenszyklus der WCs auf Nachhaltigkeit untersucht wird, wird im folgenden Abschnitt analysiert, welche Komponenten und Ressourcen die verschiedenen WCs während der Nutzungsdauer benötigen und wie diese hergestellt oder gewonnen werden.

4.2 Nutzungszeitraum

Will man das konventionelle WC mit Wasserspülung benutzen, kommt man um das Toilettenpapier nicht herum. Im Übrigen kann Toilettenpapier auch zur Trocknung nach dem Reinigen durch das Dusch-WC eingesetzt werden anstatt des Föhns. Aus diesem Grund ist eine Abgrenzung des trockenen Toilettenpapiers nicht sinnvoll. Man kann jedoch davon ausgehen, dass bei der Nutzung ausschließlich zur Trocknung nach der Wasserdusche weniger Blatt benötigt werden.

Grundsätzlich kann man das Toilettenpapier in zwei Varianten aufteilen: Zum einen gibt es Toilettenpapier, welches ausschließlich aus Altpapier hergestellt wird und somit als sehr ressourcenschonend betrachtet werden kann. Weiterhin gibt es Toilettenpapier mit einem Holzanteil, welcher meist etwa 5 % ausmacht. Dabei handelt es sich jedoch zu einem großen Teil um Abfallspäne aus der Industrie. Zusammen mit Wasser wird das Altpapier mit oder ohne Holzanteil zu

einem Brei (*Pulp*) zerkleinert und gekocht. Beim Kochen werden Pflanzenstoffe, wie zum Beispiel Lignin, zum Teil entfernt. Für die vollständige Entfernung des Lignins für den Einsatz des Zellstoffes für die Herstellung von Hygieneartikeln wird dieser einem Bleichprozess mit Chlordioxid, Wasserstoffperoxid oder Ozon unterzogen. Durch diesen Prozess wird der Zellstoff entfärbt, sowie weicher und saugfähiger, da Lignin wasserabweisend ist. Nach der Reinigung des Pulps von Abfallresten, wie Büroklammern oder Plastik, durch eine Zentrifuge, wird ein Großteil des Wassers aus der Masse durch Siebe entfernt und anschließend getrocknet. Das entstandene, dünne Papier wird zunächst einlagig aufgerollt. Da Toilettenpapier jedoch mindestens zwei Lagen hat, werden nun von der entsprechenden Anzahl Rollen (also zwei bei zweilagigem, oder vier bei vierlagigem Toilettenpapier) die Blätter geschichtet auf einer einzigen Rolle zusammengerollt. Die Papierbahnen werden im nächsten Schritt mit Hilfe von Gummiwalzen zusammengepresst und geprägt, damit sich die einzelnen Lagen nicht mehr voneinander lösen. Im letzten Verarbeitungsschritt wird die Papierbahn auf Papprollen aufgerollt, welche dann in die entsprechende Breite geschnitten werden.

Wählt der Kunde ein Toilettenpapier mit 5 % Holzanteil, so befindet sich in einem Kilogramm Toilettenpapier 50 g Holz. Laut einer Studie²⁹ im Jahre 2010 benötigt der durchschnittliche Deutsche pro Jahr etwa 15 kg Toilettenpapier, was in diesem Fall einer Holzmenge von 750 g, verteilt auf 115 Rollen entspricht. In Europa liegt der Durchschnitt laut ebendieser Studie bei 13 kg/Jahr.³⁰ Es folgt eine Rechnung zur Verdeutlichung des Bedarfes an Holz für Toilettenpapier mit einem Holzanteil von 5 %: Für die Verarbeitung zu Zellstoff wird hauptsächlich Nadelholz verwendet (Fichten, Kiefern), aber auch Birken und zu geringen Teilen auch Eukalyptusbäume werden verarbeitet.³¹ Für dieses Beispiel dient eine durchschnittliche Fichte als Bezugsobjekt. Die gemeine Fichte, auch Rotfichte genannt, ist die einzige in Mitteleuropa vorkommende Fichtenart. Sie wird etwa 40 m hoch und kann einen Stammdurchmesser von 1,5 m erreichen. Für die Berechnung wird angenommen, die Fichte, welche der Toilettenpapierherstellung dienen soll, sei 25 m hoch und habe einen durchschnittlichen Durchmesser von 1 m. Mit Hilfe der Formel für die Berechnung der Festmeter von Holz³² ergibt sich, dass eine Rotfichte mit den vorher genannten Abmessungen etwa 19,63 Festmeter Holz hat. Bei einem Gewicht von 850 kg/Festmeter bei der Rotfichte ergeben sich rund 17.000 kg Holz aus diesem Baum. Man kann also aus einer Fichte rund 2,72 Millionen Rollen Toilettenpapier (bei einem Holzanteil von 6,25 g/Rolle) herstellen. Das klingt zunächst viel, doch würden bei einer gleichberechtigten Gesellschaft alle 7,2 Mrd. Menschen auf der Welt jährlich 115 Rollen trockenes Toilettenpapier verwenden, müssten jedes Jahr circa 305.000 Fichten, mit den für das Beispiel verwendeten Maßen, gefällt werden- das sind rund 840 Fichten täglich.

Bei einem Dusch-WC hingegen benötigt der Nutzer nicht zwangsweise Toilettenpapier, kann es jedoch zusätzlich verwenden. Hier kommen allerdings zum Wasserverbrauch der Spülung noch der Wasserverbrauch für die (Warm-) Wasserdusche und die Stromkosten für den Betrieb hinzu. Laut Herstellerangaben liegt der Wasserverbrauch für die Wasserdusche zwischen 0,35 Liter/min und 0,65 Liter/min.³³ Für einen kompletten Duschvorgang werden laut Angaben des Herstellers Geberit bei den Dusch-WCs dieser Marke modellabhängig 0,5 Liter – 1,5 Liter Wasser benötigt. Für den Spülvorgang benötigt ein solches WC 4 Liter - 6 Liter Wasser, was der Wassermenge eines Spülvorganges bei modernen, konventionellen WCs entspricht. Die Firma Geberit gibt an: „Beim Modell Geberit AquaClean 8000plus verbraucht ein 4-Personen-Haushalt im Jahr durchschnittlich 130 kWh Strom und 2,1m3 Wasser.“³⁴ Die Stromkosten schätzt Geberit für einen solchen Haushalt auf etwa 3 € pro Monat.³⁵ Ein wesentlicher Faktor für die Energieeffizienz eines Dusch-WCs ist das Vorhandensein einer Energiesparfunktion. Die meisten Dusch-WCs, die heute auf dem Markt sind, sind bereits mit dieser Funktion ausgestattet. So wird beispielsweise eine Sitzheizung oder ein Boiler

²⁹ <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/157665/umfrage/pro-kopf-verbrauch-von-toilettenpapier-in-deutschland-und-der-eu/>

³⁰ Ebd.

³¹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Toilettenpapier>

³² http://www.helpster.de/fichte-faellen-und-das-gewicht-ermitteln_19999#anleitung

³³ Duravit Sensowash, S. 48-49, In: http://www.duravit.de/website/file/8a8a818d2e14e636012e29e0116f0be5.de-de.0/sc_sewa_bro_gb_d_2013.pdf

³⁴ <http://brigitte.markenjury.de/geberit-aquaclean-dusch-wc/aktionsseite/fragen-und-antworten/#frage18>

³⁵ Ebd.

für das Warmwasser nicht durchgängig betrieben, sondern nur eingeschaltet, wenn eine Person auf dem WC sitzt. Der Energieverbrauch im Standby- Zustand sinkt damit auf etwa 5 W/h. Die genauen Angaben zu Wasser- und Stromverbrauch variieren jedoch von Hersteller zu Hersteller.

Da die Wassermenge für den Spülgang nahezu identisch beim Dusch-WC und bei einem modernen konventionellen WC ist, wird diese nicht in die weiteren Betrachtungen eingezogen. Allerdings hatten zumindest in den europäischen Ländern die Dusch-WCs einen vergleichsweise späten Durchbruch und sind erst seit kurzer Zeit standardmäßig und in größerer Zahl zu kaufen. Daher sind diese Modelle fast ausnahmslos mit einer moderneren Technik ausgestattet. Vom konventionellen WC jedoch sind noch viele ältere Modelle im Umlauf und in der Benutzung, bei denen der Wasserverbrauch mit bis zu 9 Litern deutlich erhöht ist. Der zusätzliche Verbrauch an Wasser, als Basis sind hier der Durchschnitt von 1 Liter Wasser pro Dusche genommen, liegt pro Person im Jahr bei 1825 Litern Wasser, wenn dieser durchschnittlich 5 mal am Tag statt des herkömmlichen WCs ein Dusch-WC benutzt. Laut der Rechnung von Geberit (siehe oben) würde eine Energie von 32,5 kWh pro Jahr hinzugerechnet werden müssen. Damit ein Vergleich zum konventionellen WC möglich ist, soll nachfolgend analysiert werden, wie viele Rohstoffe für eine Person zur Erzeugung der Energie für das Dusch-WC benötigt werden. Diese Rechnung soll im Anschluss auf die Gesamtbevölkerung der Erde ausgeweitet werden, Basis hierfür sind die folgenden Werte:³⁶

- Aus 1 kg Steinkohle gewinnt man ca. 8 kWh,
- aus 1 kg Erdöl gewinnt man ca. 12 kWh und
- aus 1 kg Uran-235 gewinnt man rund 24.000.000 kWh.

Daraus folgt, dass für die Gewinnung der Energie in Höhe von 32,5 kWh, die für die Nutzung des Dusch-WCs für eine Person im Jahr bei durchschnittlich 5- maligem Toilettengang pro Tag gerundet entweder 4 kg Steinkohle, 2,7 kg Erdöl oder 0,0000014 kg (0,0014 g) Uran nötig wären. Hochgerechnet wären das bei gleichen Daten, allerdings für 7,2 Mrd. Menschen, was in etwa der Weltbevölkerung entspricht, rund 28.800.000.000 kg Steinkohle pro Jahr. Würde man aus der benötigten Steinkohle Briketts auf einer Grundfläche von 25 cm x 25 cm stapeln, würde die jährlich erforderliche Menge an Steinkohle für die Erzeugung der Energie für eine gleichberechtigte Nutzung des Dusch-WCs von allen Menschen der Welt von der Erde bis zum Mond reichen, das sind etwa 384.400 km.

Bevor im nächsten Kapitel das Thema Entsorgung der WCs betrachtet wird, ist zusammenfassend an dieser Stelle noch einmal tabellarisch festgehalten, welche Vor- und Nachteile die auf Nachhaltigkeit untersuchten WCs haben:

	Dusch-WC	Konventionelles WC
Wasser pro Spülgang	4,5 - 7,5 Liter	5 - 9 Liter
Elektrische Energie pro Jahr	32,5 kWh	0
Papier pro Jahr	0 kg ³⁷	13 kg
Hauptsächlich benötigte Ressourcen	Wasser, el. Energie	Wasser, Toilettenpapier

Tabelle 4.1: Vergleich der benötigten Ressourcen während des Nutzungszeitraumes pro Person und Jahr

³⁶ <http://www.kernfragen.de/kernfragen/lexikon/b/brennstoffvergleich.php>

³⁷ Dieser Wert bezieht sich auf die ausschließliche Nutzung des Föhns zur Trocknung nach dem Reinigungsvorgang

4.3 Entsorgung und Recycling

Der Lebenszyklus jedes Gerätes endet mit der Entsorgung dessen. Dabei ist im Sinne der Nachhaltigkeit eine hohe Recyclingrate erstrebenswert, um die Ressourcen zu schonen. Es darf jedoch nicht aus den Augen verloren werden, dass beim Recycling von Ressourcen ein zum Teil nicht unerheblicher Energieaufwand von Nöten ist. Außerdem sind Arbeitskräfte nötig, die das Recycling der Materialien vornehmen, so muss eine Abwägung zwischen dem ökologischen Nutzen, dem Kostenfaktor und den sozialen Faktoren stattfinden, bevor ein Recyclingprozess als nachhaltig bezeichnet werden kann.

Theoretisch sind Dusch-WCs wie auch herkömmliche WCs zum Großteil recyclingfähig. Die Toilettenschüssel aus Keramik könnte nach der Nutzungsdauer zermahlen, befeuchtet und dann als Rohstoff wieder dem Herstellungsprozess hinzugefügt werden. Dies wird jedoch von der Industrie nur in seltenen Fällen durchgeführt, da der Prozess energieaufwändig und die Keramik relativ kostengünstig herstellbar ist. Für gewöhnlich werden nur während der Produktion entstehende Reststoffe der Keramik wiederverwertet. Um eine Nachhaltigkeit von WCs zu fördern, wäre eine erhöhte Recyclingrate der aus Keramik bestehenden Toilettenschüssel wünschenswert.

Die Edelmetalle in der Elektronik des Dusch-WCs können ebenfalls wiedergewonnen werden. Dafür ist jedoch der Einsatz von Chemikalien und Elektrolyseverfahren nötig. Letztere benötigen hohe Energien, um die einzelnen Edelmetalle, Gold, Silber und Kupfer, voneinander zu trennen. Problematisch ist hierbei, dass das Recycling von Edelmetallen oft in Niedriglohnländern erfolgt, um diesen Prozess wirtschaftlicher zu machen. Dabei kommen die Arbeiter in direkten Kontakt mit giftigen Chemikalien und Substanzen, da kein ausreichender Arbeitsschutz gegeben ist. Bei vielen Arbeiten werden oftmals Kinder eingesetzt, die dann ebenfalls mit giftigen Dämpfen und Materialien bei der Verarbeitung von Abfall in Berührung kommen.

Weiterhin ist der Transportweg zu betrachten, denn die Elektronik und andere recyclingfähige Komponenten werden von den Industrienationen häufig in Niedriglohnländer transportiert. Dabei sind vor allem Schiffsabgase ein Problem für die Umwelt, denn große Schiffe, wie Tanker, nutzen vorwiegend Schweröl als Kraftstoff. Schweröl ist letztlich ein Abfallstoff, welcher bei der Produktion von Kerosin aus Rohöl abfällt. Im Schweröl sind giftige, krebserregende und mutagene Stoffe in hochkonzentrierter Mischung vorhanden, welche auch nach Freisetzung mehrere Jahre bis sogar Jahrzehnte im Meerwasser und im Boden verbleiben. Bei der Verbrennung von Schweröl zur Energieerzeugung entstehen wiederum giftige Emissionen, die auf diese Weise in die Umwelt gelangen und die diese hochgradig schädigen. Da Schweröl als Abfallprodukt sehr kostengünstig ist, aber damit immer noch Energie erzeugt werden kann, wird dieser Kraftstoff günstig für die Schifffahrtindustrie zur Verfügung gestellt. Dabei könnte auch im Bereich des Transportes mit Tankern oder anderen Schwerlastschiffen auf eine alternative Kraftstoffart zurückgegriffen werden. Dies wären zum Beispiel bei bestehenden Schiffen andere Dieselstoffe (die jedoch wesentlich teurer als Schweröl sind) und eine zusätzlichen Anbringung von Katalysatoren zur Reinigung der Abgase oder bei modernen Schiffen sogar Gas.³⁸

Hauptsächlich der Transport sowie die Arbeitsbedingungen der für das Recycling eingesetzten Arbeiter machen die nachhaltige Entsorgung bzw. das Recycling der Komponenten des Dusch-WCs problematisch. Das Recycling von Edelmetallen und anderen Stoffen wird derzeit auf Kosten der Arbeiter und der Umwelt ökonomisch gemacht. Dabei wäre eine Aufbereitung dieser Materialien auch in dem Land möglich, in dem der Abfall produziert wurde. Dies ist jedoch kostspieliger als den Müll mitunter tausende Kilometer weit zu verschiffen und unter Ausnutzung billiger Arbeitskräfte, zum Teil Kinder, ohne jeglichen oder nur mit sehr dürftigem Arbeitsschutz, wiederzuverwerten.

³⁸ http://www.planet-wissen.de/natur_technik/schifffahrt/handelsschifffahrt/av_tanker_schweruel.jsp

5 Fazit

Die Betrachtung der Nachhaltigkeit des konventionellen WCs im Vergleich zum Dusch-WC ist an dieser Stelle abgeschlossen. Der Leser hat einen Einblick in die mannigfaltigen Themen, die bei der Nachhaltigkeit und der nachhaltigen Entwicklung eine Rolle spielen, erhalten. Wie viele Seiten durch den Vergleich der Nachhaltigkeit von WCs gefüllt werden können, ist wohl recht überraschend, handelt es sich doch um so ein unscheinbares Gerät. Doch bei genauerer Betrachtung stellt sich heraus, dass ein WC über den gesamten Lebenszyklus gesehen eine ganze Menge von Ressourcen zur Funktion benötigt, sei es Toilettenpapier oder Energie. Die Bereiche *Herstellung* und *Entsorgung* machen einen geringeren Anteil an der Lebensdauer eines WCs aus, da diese meist recht lange, zum Teil Jahrzehnte, in Benutzung sind. Doch gerade diese Lebensabschnitte machen das Dusch-WC zu einer durch die Verwendung von Edelmetallen, sowie von giftigen Chemikalien, bedenklichen Sache. Die Herstellung von Toilettenpapier kann gänzlich aus Altpapier geschehen, dabei wird natürlich auch Energie benötigt, doch kann auf diese Weise Papierabfall wiederverwendet und die Holzvorkommen müssen nicht angetastet werden. Doch selbst bei der Herstellung von Toilettenpapier mit 5 % Holzanteil stellt sich die Frage, ob es nicht dennoch wesentlich nachhaltiger ist, eben dieses herzustellen und zu nutzen, denn der Rohstoffnachschub an Holz ist durch Wiederaufforstung durch den Menschen recht gut zu beeinflussen. Die Reinigung der Umwelt von Emissionen, welche beispielsweise bei dem Transport der Elektronik des Dusch-WCs in Niedriglohnländer, oder zur Erzeugung der während der Nutzungsdauer benötigten Energie für die elektronischen und mechanischen Komponenten des Dusch-WCs entstehen, ist wesentlich aufwändiger. Beim Dusch-WC ist weiterhin die Verwendung von Edelmetallen vonnöten, die nur in begrenztem Maße auf der Erde vorhanden sind. Eine weltweit gleichberechtigte Nutzung des Dusch-WCs ist aus diesem Grund kaum vorstellbar, da die nötigen Ressourcen nicht aufzubringen sein werden. Der Energiebedarf des Dusch-WCs während des Nutzungszeitraumes ist problematisch, so gering der Hersteller diesen auch darstellen mag, ist er hochgerechnet auf die Weltbevölkerung eine enorme Größe, die zuerst einmal erzeugt werden muss. Das Dusch-WC jedoch zeigt nicht nur negative Seiten im Sinne der Nachhaltigkeit, denn der Wasserverbrauch dieses WCs ist trotz der Wasserdusche zur Reinigung deutlich geringer als der eines konventionellen, jedoch etwas in die Jahre gekommenen WCs. Aus einem anderen Blickwinkel betrachtet, nämlich dem medizinischen, bietet dieses WC auch den Vorteil, dass sie durch die Reinigung mit Wasser hygienischer ist, als das konventionelle WC mit Benutzung von Toilettenpapier. Aus diesem Grund ist es wohl sinnvoll, das Dusch-WC weiter zu optimieren um den Energiebedarf in den drei Lebensabschnitten drastisch zu senken. Die Funktionen, die ein Dusch-WC bietet, sind sehr umfangreich. Würde man die Funktionen etwas einschränken, könnte man im Elektronikbereich einiges an Edelmetallen einsparen, was auch eine Verbesserung der Nachhaltigkeit dieses WCs mit sich brächte. Das Recycling des Dusch-WCs, sollte nicht mehr unter schlechten Arbeitsbedingungen und weiten Transportwegen erfolgen, nur damit dieser Prozess billiger wird, sondern so nah wie möglich an der Quelle des Abfalls stattfinden. Sollte dies nicht möglich sein besteht dringend Handlungsbedarf, was die Kraftstoffart der Tanker, aber natürlich auch die Arbeitsbedingungen in Niedriglohnländern betrifft.

Würde man diese Punkte auf andere Produkte und Prozesse ausweiten, wird es eine deutliche Senkung des kollektiven Fußabdrucks geben. Auf diese Weise hergestellte Produkte steigen im positiven Sinne in ihrer Ökobilanz, was durchaus auch einen positiven Einfluss auf das produzierende und vertreibende Unternehmen hat. Werden diese Punkte in Zukunft bedacht und nach und nach umgesetzt, ist das Produkt Dusch-WC auf einem guten Wege zu mehr Nachhaltigkeit.

6 Literaturverzeichnis

1. [Online] [Zitat vom: 13. 10 2013.] <http://www.footprint-deutschland.de/inhalt/was-ist-der-oekologische-fussabdruck>.
2. [Online] [Zitat vom: 13. 10 2013.] <http://www.wwf.de/themen-projekte/biologische-vielfalt/reichtum-der-natur/der-living-planet-report/>.
3. *Report of the World Commission on Environment and Development*. Nairobi: Brundtland-Definition, 1987.
4. **Spindler, Edmund A.** *Geschichte der Nachhaltigkeit - Vom Werden und Wirken eines beliebten Begriffs*. In: <http://www.nachhaltigkeit.info/media/1326279587pjpegPyvC.pdf> : s.n.
5. **Rager, Alexander.** *Reiche Industriestaaten - Arme Dritte Welt ...und die Sichtweise von Gewerkschaften*. In: <http://alexander-klier.net/wp-content/uploads/2012/06/6-Wochen-Arbeit-Reiche-Industriestaaten.pdf> : s.n., 1993.
6. **Schweitzer, Eric.** *Alle Abfälle zu Rohstoffen machen*. In: <http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/interview-alle-abfaelle-zu-rohstoffen-machen/1850532.html>, 02. 06 2010.
7. [Online] [Zitat vom: 18. 10 2013.] http://www.wdr.de/tv/quarks//sendungsbeitraege/2005/0712/003__flash_fallback.jsp;jsessionid=35BACCFB2784760ACA89C80B47128163.
8. [Online] [Zitat vom: 05. 10 2013.] <http://de.wikipedia.org/wiki/Nachhaltigkeit>.
9. [Online] [Zitat vom: 20. 10 2013.] <http://www.wissen.de/thema/wasserknappheit-auf-der-erde?chunk=-die-nutzung-des-wassers->.
10. [Online] [Zitat vom: 20. 10 2013.] <http://www.faszination-regenwald.de/info-center/zerstoerung/>.
11. [Online] [Zitat vom: 21. 10 2013.] http://de.wikipedia.org/wiki/Global_Compact.
12. [Online] [Zitat vom: 21. 10 2013.] http://www.unglobalcompact.org/Languages/german/umsetzung_und_engagement.html.
13. [Online] [Zitat vom: 21. 10 2013.] http://www.unglobalcompact.org/Languages/german/die_zehn_prinzipien.html.
14. [Online] [Zitat vom: 21. 10 2013.] <http://www.welt.de/wirtschaft/article3951786/Energieverbrauch-sinkt-nur-in-den-Industrielaendern.html>.
15. [Online] [Zitat vom: 23. 10 2013.] http://de.wikipedia.org/wiki/Glasur_%28Keramik%29.
16. [Online] [Zitat vom: 23. 10 2013.] http://www.sokolik.at/sokolik_dusche_wc.htm.
17. [Online] [Zitat vom: 25. 10 2013.] <http://de.wikipedia.org/wiki/Toilettenpapier>.
18. [Online] [Zitat vom: 25. 10 2013.] http://www.helpster.de/fichte-faellen-und-das-gewicht-ermitteln_19999#anleitung.

19. [Online] [Zitat vom: 03. 11 2013.] http://www.duravit.de/website/file/8a8a818d2e14e636012e29e0116f0be5.de-de.0/sc_sewa_bro_gb_d_2013.pdf.
20. [Online] [Zitat vom: 3. 11 2013.] <http://brigitte.markenjury.de/geberit-aquaclean-dusch-wc/aktionsseite/fragen-und-antworten/#frage18>.
21. [Online] [Zitat vom: 3. 11 2013.] <http://www.kernfragen.de/kernfragen/lexikon/b/brennstoffvergleich.php>.
22. [Online] [Zitat vom: 7. 11 2013.] <http://de.wikipedia.org/wiki/Ressourceneffizienz>.
23. [Online] [Zitat vom: 10. 11 2013.] http://www.planet-wissen.de/natur_technik/schiffahrt/handelsschiffahrt/av_tanker_schwoel.jsp.
24. [Online] [Zitat vom: 25. 10 2013.] <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/157665/umfrage/pro-kopf-verbrauch-von-toilettenpapier-in-deutschland-und-der-eu/>.
25. [Online] [Zitat vom: 07. 11 2013.] http://kriebel-metallveredelung.de/index.php?option=com_content&task=view&id=10&Itemid=25.
26. [Online] [Zitat vom: 7. 11 2013.] <http://de.wikipedia.org/wiki/Chromelektrolyte>.
27. [Online] [Zitat vom: 05. 11 2013.] http://www.nachhaltigkeit.info/artikel/oekobilanz_din_norm_33926_1295.htm.