



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Diplomarbeit

Fachbereich Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

Lösungsansätze zur Entwicklung eines wasserlosen Toilettensystems für Passagierflugzeuge

In Zusammenarbeit mit EADS Corporate Research Center

Verfasserin: Maret Friebe

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME
2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Willy J. G. Bräunling



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fachbereich Fahrzeugtechnik + Flugzeugbau
Berliner Tor 9
20099 Hamburg

in Zusammenarbeit mit:

EADS Deutschland GmbH
Corporate Research Center
Neßpiel 1
21129 Hamburg

Verfasserin: Maret Friebel
Abgabedatum: 16.12.2003

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz
2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Willy J. G. Bräunling

Industrieller Betreuer: Dipl.-Ing. Sascha Axel Wilfert

Geheimhaltungsvereinbarung

Diese Diplomarbeit, die nach der Prüfungs- und Studienordnung der Hochschule für Angewandte Wissenschaften erstellt wurde, ist gemäß den beigefügten Hinweisen zur Geheimhaltung für einen Zeitraum von drei Jahren ab dem Datum der Abgabe der Diplomarbeit vertraulich zu behandeln.

Während dieses Zeitraums werden der Bericht und alle anderen Arbeitsergebnisse der Diplomarbeit nur den Prüfern zugänglich gemacht.

Student
Datum

Unterschrift 1. und 2. Prüfer
Datum

Unterschrift Firmenbetreuer
Datum

Korrespondenzadresse des Firmenbetreuers:

Herr
Dipl.-Ing. Sascha Axel Wilfert
EADS Deutschland GmbH
Corporate Research Center
Neßpriel 1
21 129 Hamburg

Tel: 040 743 81509
E-Mail: sascha.wilfert@airbus.com

Kurzreferat

In der Forschungsabteilung der EADS, dem Corporate Research Center (CRC), erfolgten bereits vor vier Jahren erste Untersuchungen bezüglich eines innovativen Toilettensystems für Passagierflugzeuge. Dabei wurden verschiedene Konzepte erarbeitet und bezüglich ihrer technischen Realisierbarkeit bewertet. Ergebnis dieser Untersuchung war die Auswahl eines Konzeptes, bei dem das Wasser vollständig durch Folientüten ersetzt werden sollte. Nach ersten Voruntersuchungen und Versuchen soll die Umsetzung dieser wasserlosen Toilette nun bis zum Einbau in ein Passagierflugzeug vorangetrieben werden.

In dieser Diplomarbeit werden die Grundlagen für die Entwicklung eines funktionstüchtigen Prototypen geschaffen. Dies geschieht über eine Feststellung des Istzustandes von heutigen Flugzeugtoilettensystemen und einer Erstellung von Anforderungen an solche Systeme. Auf dieser Basis erfolgt dann die Erarbeitung von Konstruktionsvorschlägen für einen Mechanismus zur Positionierung der Tüten auf der Toilettenbrille und in der Toilettenschüssel. Außerdem werden wahrscheinliche Probleme mit dem neuen System diskutiert und Testverfahren zu deren näherer Erforschung und Behebung vorgeschlagen.



FACHBEREICH FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU

Lösungsansätze zur Entwicklung eines wasserlosen Toilettensystems für Passagierflugzeuge

Aufgabenstellung zur *Diplomarbeit* gemäß Prüfungsordnung

Hintergrund

Durch den Anstieg der Passagierzahlen und den damit verbundenen Trend zu größeren Flugzeugen erhält auch das Thema Hygiene im Toilettenbereich eine zentrale Bedeutung. So sollen beispielsweise im neuen Großraumflugzeug A380 555 Passagiere Platz finden. In der derzeitigen Planung sind für diese Passagierzahl sechzehn Toiletten vorgesehen. Für die Toilettenspülung werden auf einem Langstreckenflug etwa 700 l Frischwasser benötigt. Eine derartige Wassermasse in der Luft zu transportieren, erfordert eine nicht zu vernachlässigende Menge Kraftstoff. Ein wasserloses Toilettensystem spart daher nicht nur Wasser, sondern vor allem Kraftstoff ein und ist dadurch klar im Vorteil, wenn es um Umweltschutzaspekte geht. Ein in jeder Beziehung ökologisch durchdachtes Flugzeug verbessert das Image der Fluggesellschaften. Durch das positive Image könnten sich für die Fluggesellschaften – bei einer Erhöhung der Passagierzahlen – finanzielle Vorteile auf der Einnahmenseite ergeben bei gleichzeitig geringeren Kosten durch verringerten Kraftstoffverbrauch.

Aufgabe

Diese Diplomarbeit soll Grundlagen schaffen, für die Entwicklung und Integration von wasserlosen Toiletten in Passagierflugzeugen. Dafür sollen im ersten Schritt der Aufbau und die Funktion der Toilettensysteme verschiedener Airbusflugzeuge recherchiert und miteinander verglichen werden. Aus den Erfahrungen bestehender Toilettensysteme sollen Anforderungen für ein neuartiges wasserloses Toilettensystem abgeleitet werden. Verschiedene Lösungsvarianten für wasserlose Toilettensysteme sollen vorgestellt und im Vergleich bewertet werden. Diese Vorüberlegungen liefern dann die Grundlage für eine Vorkonstruktion des neuen wasserlosen Toilettensystems. Hinweise auf noch verbleibende Probleme im Zusammenhang mit der Vorkonstruktion und daraus abgeleitete erforderliche weitere Untersuchungen sollen den Abschluss der Arbeit bilden. Die Ergebnisse sollen in einem Bericht dokumentiert werden. Bei der Erstellung des Berichtes sind die entsprechenden DIN-Normen zu beachten.

Die Diplomarbeit wird bei EADS, Hamburg "Advanced Concepts and System Engineering" durchgeführt. Industrieller Betreuer der Arbeit ist Dipl.-Ing. Sascha Axel Wilfert.

Erklärung

Ich versichere, dass ich diese Diplomarbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

.....

Datum

Unterschrift

Inhalt

Verzeichnis der Bilder	10
Verzeichnis der Tabellen.....	12
Liste der Symbole.....	13
Liste der Abkürzungen.....	14
1 Einleitung.....	17
1.1 Motivation.....	17
1.2 Begriffsdefinitionen	17
1.3 Ziel der Arbeit.....	18
1.4 Literaturübersicht.....	19
1.5 Aufbau der Arbeit	19
2 Projektbeschreibung.....	21
2.1 Vorstellung EADS und Corporate Research Center	21
2.2 Gründe für ein wasserloses System	22
2.3 Aktueller Stand der Technik	22
2.3.1 Campingtoiletten und öffentliche Toiletten	22
2.3.2 Vorhandene Patente	24
2.3.3 Innovatives Toilettenkonzept.....	24
3 Allgemeine Beschreibung heutiger Toilettensysteme	29
3.1 Funktionsweise der Systeme.....	29
3.2 Bauelemente und –teile des Vakuumtoilettensystems.....	32
3.3 Wasser-/Abwassersysteme der Airbus Flugzeugfamilien.....	41
3.4 Hersteller von Wasser-/Abwassersystemzubehör	45
4 Wasserloses Toilettensystem	47
4.1 Aktueller Forschungsstand.....	47
4.2 Funktionsweise des ersten Prototypen	48
4.3 Änderungen bei Systemeinführung.....	50
5 Untersuchungsergebnisse	51
5.1 Problembereiche des Vakuumsystems.....	51
5.2 Bewertung des wasserlosen Systems	51
5.3 Weitere Forschungsschritte.....	62
5.4 Alternative Lösungsansätze	62
6 Anforderungen an das Toilettensystem	65
6.1 Dokumentenstruktur nach Airbus	65
6.2 Anforderungen an das alte System.....	66
6.3 Anforderungsänderungen für das neue System	66

7	Erste Konstruktionsvorschläge für ein Fördersystem.....	69
7.1	Erste Vorkonstruktion	69
7.1.1	Ablaufschema und Lösungsmatrix I	69
7.1.2	Kombinationsorganigramm	77
7.1.3	Technische Umsetzung	79
7.2	Zweite Vorkonstruktion	81
7.2.1	Ablaufschema und Lösungsmatrix II.....	81
7.2.2	Kombinationsorganigramm	83
7.2.3	Technische Umsetzung	86
8	Zusammenfassung.....	88
9	Schlussbemerkung	89
	Literaturverzeichnis	90
	Anhang A: Patente.....	92
	Anhang B: Datenblatt der Folie.....	101
	Anhang C: Anforderungsliste.....	102

Verzeichnis der Bilder

Bild 2.1	Beispiele für Campingtoiletten	23
Bild 2.2	Toilette mit drehbarer Toilettenbrille.....	23
Bild 2.3	United States Patent 4,346,002	24
Bild 2.4	Konzept Trennmittel	25
Bild 2.5	Rohrpostkonzept	26
Bild 2.6	Konzept Archimedische Schraube.....	27
Bild 2.7	Konzept Spezialoberfläche mit Lotuseffekt.....	28
Bild 2.8	Konzept Folientüte: Darstellung des Folienbeutels	28
Bild 3.1	Rezirkulationstoilette	29
Bild 3.2	Vakuumtoilette.....	30
Bild 3.3	Vakuumsystem.....	31
Bild 3.4	Frischwassertank.....	32
Bild 3.5	Toiletteneinheit	34
Bild 3.6	Rückansicht einer Vakuumtoilette.....	34
Bild 3.7	Abfallseparator.....	35
Bild 3.8	Abfallseparator (Schnitt).....	35
Bild 3.9	Abwassertank mit Abfallseparator.....	36
Bild 3.10	Ablassventil.....	37
Bild 3.11	Abwasserservicepanel.....	38
Bild 3.12	Ausgleichsventil.....	39
Bild 3.13	Vakuumgenerator.....	40
Bild 3.14	Airbus A318.....	41
Bild 3.15	Beispiel für Kabinenlayout Airbus A321.....	42
Bild 3.16	Aufbau Wasser-/Abwassersystem.....	42
Bild 3.17	Beispiel für Kabinenlayout Airbus A340.....	43
Bild 3.18	Airbus A340-600	44
Bild 3.19	Airbus A380.....	44
Bild 4.1	Absaugvorgang der Vorversuchsreihe.....	47
Bild 4.2	Erster Prototyp der wasserlosen Toilette	48
Bild 4.3	Beispiel der Toilette mit Tüte	49
Bild 4.4	Schema der Funktionsweise der wasserlosen Toilette.....	49
Bild 6.1	Dokumentenstruktur Airbus.....	65
Bild 7.1	Ablaufschema des Toilettenbetriebs	69
Bild 7.2	Platz in der Toilettenkabine	70
Bild 7.3	Behindertentoilette.....	71
Bild 7.4	Skizze Klebung	73
Bild 7.5	Skizze Perforation	73
Bild 7.6	Skizze Tüten ohne Trennung	73
Bild 7.7	Lösungsbaum I.....	78
Bild 7.8	Lösungsbaum II	79
Bild 7.9	Ablaufschema II.....	81

Bild 7.10	Lösungsbaum mechanisch	84
Bild 7.11	Lösungsbaum gemischt.....	84
Bild 7.12	Lösungsbaum Vakuum	85
Bild 7.13	Seitenansicht wasserlose Toilette mit Antrieb im Deckel	86
Bild 7.14	Funktionsablauf wasserlose Toilette.....	87
Bild B.1	Datenblatt Folie.....	101

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 5.1	Zusammenfassung der Ergebnisse zu Kapitel	61
Tabelle 7.1	Lösungsmatrix I	70
Tabelle 7.2	Bewertung Bevorratungslösung.....	71
Tabelle 7.3	Bewertung Tütenaufbewahrung.....	72
Tabelle 7.4	Bewertung Transportlösung.....	75
Tabelle 7.5	Bewertung Antriebslösung.....	75
Tabelle 7.6	Bewertung Fixierungslösung	76
Tabelle 7.7	Bewertung Trennungslösung	77
Tabelle 7.8	Endauswertung.....	77
Tabelle 7.9	Lösungsmatrix II.....	81
Tabelle 7.10	Bewertung „Tüte greifen“	82
Tabelle 7.11	Bewertung „Tüte vortransportieren“ II.....	82
Tabelle 7.12	Bewertung „Antrieb“ II.....	83
Tabelle 7.13	Bewertung „Tüte an Toilettenbrille übergeben“	83

Liste der Symbole

F	Kraft
m	Masse
SFC	Specific Fuel Consumption
t	Temperatur in °C
T	Temperatur in K
V	Volumen
W	Widerstand
x	Anteil

Griechische Symbole

Δ	Einsparung/ Verringerung
----------	--------------------------

Indizes

A	Auftrieb
CT	Chemietoilette Tank
F	Treibstoff (fuel)
mehr	Mehrwasser
SP	Spülwasser
V	Volumen
V22	22% Vorbefüllung
VC	Vorbefüllung Chemietoilette
VS	Abwassertank Vakuumsystem
W	Wasser

Liste der Abkürzungen

ABD	Airbus Directives
ABS	Airbus Standard
A/C	Aircraft
AMM	Aircraft Maintenance Manual
ARINC	Aeronautical Radio Incorporation
ASNE	American Society of Naval Engineers
ATA	Air Transport Association
BITE	Built-In Test Equipment
CCG	Cabin Configuration Guide
CIDS	Cabin Intercommunication Data System
CRC	Corporate Research Center
EIRD	Equipment Installation Requirements Document
EN	European Norm
GWDU	Galley Waste Disposal Unit
HWR	Human Waste Receptacles
IPC	Illustrated Parts Catalog
KATO	Kabinentechnologie
Kleb	Klebung
LG-AS	Abteilung „Lab Germany Advanced Systems“
L/H	Left Hand
LUFO III	Luftfahrtforschungsprogramm III
M	Messer
OMS	On-Board Maintenance System
PET	Polyethylenterephthalat
Perf	Perforation
PTS	Purchaser Technical Specification
R/H	Right Hand
S	Schere
SIRD	System Installation Requirements Document
SRD	System Requirements Document
TBO	Time Between Overhaul
TD	Technical Description
T/O	Take Off
SRD	System Requirements Document
TLAR	Top Level Aircraft Requirement
TLSRD	Top Level Systems Requirements Document
V	Systemvakuum
VAC	Volt Alternating Current
Vak(A)	Vakuum Akkumulator
Vak(S)	Vakuum System
VDC	Volt Direct Current

Verzeichnis der Begriffe und Definitionen

Die Sprache der Luftfahrt ist Englisch. Darum lässt es sich nicht vermeiden, dass sehr viele Begriffe auch im deutschen Sprachgebrauch in ihrer englischen Originalbezeichnung verwendet werden. Aus diesem Grund sollen im Folgenden die wichtigsten und am häufigsten verwendeten Begriffe mithilfe von **Cescotti 2002** übersetzt werden.

<i>balancing valve</i>	<i>Ausgleichsventil</i>
<i>bowl</i>	<i>Toilettenschüssel</i>
<i>demister</i>	<i>Entfeuchter</i>
<i>drain lines</i>	<i>Abwasserrohre</i>
<i>drain mast</i>	<i>Ablassstutzen</i>
<i>drain valve</i>	<i>Ablassventil</i>
<i>flush control unit</i>	<i>Spülvorgangssteuergerät</i>
<i>flush valve</i>	<i>Spülventil</i>
<i>galley</i>	<i>Bordküche</i>
<i>generator vacuum</i>	<i>Vakuumgenerator</i>
<i>lavatory</i>	<i>Bordtoilette</i>
<i>payload</i>	<i>Nutzlast</i>
<i>potable water</i>	<i>Trinkwasser</i>
<i>recirculating toilet</i>	<i>Rezirkulationstoilette</i>
<i>requirement</i>	<i>Anforderung</i>
<i>spray ring</i>	<i>Sprühring</i>
<i>vacuum system</i>	<i>Vakuumsystem</i>
<i>vacuum toilet</i>	<i>Vakuumtoilette</i>
<i>waste</i>	<i>Abfall</i>
<i>waste separator</i>	<i>Abfallseparator</i>
<i>waste system</i>	<i>Abfallsystem/Abwassersystem</i>
<i>waste tank</i>	<i>Abfalltank/Abwassertank</i>
<i>water system</i>	<i>Wassersystem</i>
<i>water tank</i>	<i>Wassertank</i>
<i>water valve</i>	<i>Wasserventil</i>

In der Luftfahrt werden viele Maßeinheiten aus dem englischen Sprachraum genutzt, die nicht dem SI-System entsprechen. Darum sollen hier die wichtigsten Umrechnungen für diese und andere, im täglichen Leben weniger genutzte, Einheiten, aufgeführt werden.

Flughöhe: $1000 \text{ ft} = 304,8 \text{ m}$

Reichweite: $1 \text{ NM} = 1,852 \text{ km}$

Durchmesser: $1 \text{ in} = 2,54 \text{ cm}$

Temperatur: $T = \left(\frac{t}{^{\circ}\text{C}} + 273,15 \right) \text{ K}$ mit T in K und t in $^{\circ}\text{C}$

Druck: $1 \text{ psi} = 0,6896 \frac{N}{\text{cm}^2} = 6896 \frac{N}{\text{m}^2}$

1 Einleitung

1.1 Motivation

Vor ungefähr 20 Jahren wurde in Passagierflugzeugen ab etwa 100 Passagiere das Vakuumtoilettensystem eingeführt. Seitdem gab es viele Probleme und daraus folgend auch Verbesserungen, aber nie grundlegende Veränderungen des bestehenden Systems. Ende der neunziger Jahre wurde eine Untersuchung hinsichtlich innovativer Toilettensysteme durchgeführt. Deren Ergebnis war, dass es durchaus ein Veränderungs- und vor allem ein Verbesserungspotential für herkömmliche Toilettensysteme gibt, welches sowohl den Fluglinien als auch den Passagieren dient. Bezogen auf die Toiletten könnte man die benötigten 0,2 l Spülwasser ganz einsparen und so einen Dienst an der Umwelt leisten und außerdem durch das eingesparte Gewicht den Anteil der Nutzlast am Gesamtgewicht vergrößern. Das Wasser könnte durch Einwegtüten ersetzt werden, welche gleichzeitig die Toilettenbrille bedecken und somit jedem Passagier eine in Bezug auf herkömmliche Systeme verbesserte Hygiene garantieren. Damit entstand das Projekt „wasserloses Tütenklo“. Es hat durch seine Verbesserungen gegenüber dem heutigen Vakuumtoilettensystem ein hohes Zukunftspotenzial. Um dieses Potential voll nutzen zu können müssen noch sehr viele Vorarbeiten geleistet werden. Ein Teil davon soll in dieser Diplomarbeit erfolgen, damit die wasserlose Toilette eine Zukunft hat.

1.2 Begriffsdefinitionen

Abwassersystem

Das Abwassersystem ist das Flugzeugsystem, welches für den Abtransport von Schwarz- und Grauwasser sorgt, sowie für die Speicherung der Fäkalien zuständig ist.

Aufgabeeinheit

Bei der Aufgabeeinheit handelt es sich um die Toilettenschüssel.

Fäkalien

Für Fäkalien gibt es verschiedene Definitionen. In dieser Arbeit soll die Erklärung des [Duden 2001] verwendet werden. Danach handelt es sich bei Fäkalien um von Menschen und Tieren ausgeschiedenen Harn und Kot.

Grauwasser

Das Grauwasser ist das Abwasser aus den Spül- und Handwaschbecken. Es wird bei den meisten Passagierflugzeugen während des Fluges mittels Ablassstutzen an die Atmosphäre abgegeben.

Nutzlast

Die Nutzlast ist das Gewicht, welches ein Flugzeug zusätzlich

Schwarzwasser

Das Schwarzwasser ist das Abwasser aus der Toilette, inklusive der Fäkalien. Es wird in den Abwassertanks gespeichert.

Vakuumtoilettensystem

Das Vakuumtoilettensystem ist für die Entsorgung des Abwassers aus den Toiletten zuständig. Der Abtransport des Abwassers erfolgt mittels Unterdruck (Vakuum). Dieser entsteht durch die Druckdifferenz zwischen Flugzeugkabine und Atmosphäre oder wird, wenn diese nicht ausreicht durch einen Generator erzeugt. Eine genauere Beschreibung des Vakuumtoilettensystems findet sich in Abschnitt 3.1.

Wassersystem

Das Wassersystem ist das Flugzeugsystem, welches für die Frischwasserversorgung der Waschbecken in Küchen und Toiletten und für die Spülwasserversorgung der Toilette zuständig ist.

1.3 Ziel der Arbeit

Bei der Einführung eines neuen Systems sollte angestrebt werden, die vom Flugzeug vorgegebenen Rahmenbedingungen beizubehalten. Diese Arbeit soll die technischen Grundlagen für die Integration eines wasserlosen Toilettensystems feststellen. Nötige Veränderungen sind aufzuzeigen und im Zweifelsfall Probleme zu benennen, um die Voraussetzungen für eine möglichst problemlose Integration des neuen Systems zu schaffen. Die erarbeiteten Grundlagen sollen erste Konstruktionsvorschläge für Antrieb und Fördermechanismus der Toilette ermöglichen.

Des Weiteren sollen die Voraussetzungen für die Erarbeitung von noch folgenden Diplomarbeiten geschaffen werden. So wird es eine konstruktive Diplomarbeit geben, außerdem eine Arbeit, die sich mit der Wirtschaftlichkeit der wasserlosen Toilette beschäftigen wird. Eine weitere Diplomarbeit widmet sich der Auswahl eines Tütenmaterials und der Sicherstellung von dessen Entsorgung, unter Berücksichtigung

umweltwissenschaftlicher Aspekte. Außerdem werden die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit die Grundlage für die Firmen bilden, welche als Unterauftragnehmer am Projekt der wasserlosen Toilette arbeiten werden.

1.4 Literaturübersicht

Zum Thema Toilettensysteme in Flugzeugen gibt es bereits verschiedene Diplomarbeiten. So wurde in einer Diplomarbeit bereits eine „experimentelle Untersuchung der Rückströmungseffekte bei einer instationären pneumatischen Saugförderung“ (**Schneider 1998**) durchgeführt.

Mit innovativen Toilettenkonzepten beschäftigte sich die Nachwuchsgruppe der DASA, München (**Nachwuchsgruppe 2000**). Dort wurden in einer Präsentation verschiedene neue Toilettenkonzepte vorgestellt und bewertet. Eines dieser Konzepte war die wasserlose Toilette.

Die wasserlose Toilette wurde auch in einer Diplomarbeit schon näher betrachtet. Die „Konzeption und Konstruktion eines neuen Toilettensystems für Passagierflugzeuge“ (**Wilfert 2001**) hatte als Ergebnis einen ersten Prototypen, der die grundsätzliche Machbarkeit der Toilette nachgewiesen hat, aber bei dem viele Probleme, gerade in Bezug auf die Tüten, außer Acht gelassen wurden.

1.5 Aufbau der Arbeit

Der Hauptteil der Diplomarbeit gliedert sich in eine Feststellung der Rahmenbedingungen für ein wasserloses Toilettensystem (Abschnitt 2 bis Abschnitt 4) und deren Umsetzung in eine Vorkonstruktion (Abschnitt 5 bis Abschnitt 7).

Abschnitt 2 ist eine Einführung in das Projekt wasserlose Toilette mit einer Vorstellung des Corporate Research Centers der EADS in welchem diese Diplomarbeit entstanden ist und einem Überblick über erste Untersuchungen zum Thema „Innovatives Toilettenkonzept“ (ITK),

Abschnitt 3 widmet sich den Anforderungen/ Randbedingungen, die vom inneren System, der Toilette, und vom äußeren System, dem Flugzeug, vorgegeben sind. Dabei werden die zwei gebräuchlichen Toilettensysteme vorgestellt. Auch erfolgt

eine Betrachtung der Wasser- und Abwassersysteme der verschiedenen Airbusflugzeugfamilien mit Ausnahme der A300/310,

Abschnitt 4 stellt das ursprüngliche wasserlose Toilettenkonzeptes vor und benennt Änderungen im Flugzeug bei dessen Einführung,

Abschnitt 5 beschäftigt sich mit den Problembereichen des Toilettensystems im Allgemeinen und mit denen des wasserlosen Systems und übernimmt dessen Bewertung,

Abschnitt 6 behandelt die Anforderungen, die an ein Toilettensystem und somit auch an das wasserlose System gestellt werden,

Abschnitt 7 macht erste Konstruktionsvorschläge, wie sich das neue Toilettensystem technisch umsetzen lassen könnte,

Anhang A enthält die Patente zum Thema wasserlose Toilette,

Anhang B stellt die für die wasserlose Toilette angedachte Folie vor und

Anhang C gibt die Anforderungen für ein Vakuumtoilettensystem an.

2 Projektbeschreibung

2.1 Vorstellung EADS und Corporate Research Center

Die European Aeronautic Defence and Space Company (EADS) ist ein Unternehmen der Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie und in diesen Bereichen Marktführer in Europa. Der Hauptsitz befindet sich in Amsterdam (Niederlande). In Ottobrunn bei München und in Paris befindet sich die jeweilige Geschäftsführung von Deutschland und Frankreich. Die EADS entstand im Jahr 2000 durch die Fusion von Daimler Chrysler Aerospace (Deutschland), Aerospatiale Matra (Frankreich) und CASA (Spanien).

Das Corporate Research Center (CRC) ist die Forschungsabteilung der EADS. Diese Abteilung wird der Zentralfunktion Strategie unter dem Oberbegriff Industrial Research and Technology (IRT) zugeordnet. Das bedeutet, dass das CRC divisionsübergreifend arbeitet. Doch nicht nur EADS-intern, auch extern hat das CRC Kooperationspartner und Kunden, so z.B. das DLR. Daraus ergibt sich eine große Vielfalt der Forschungsbereiche, wobei die Kernkompetenzen in den Bereichen:

- Materialien, Prozesstechnologien, zerstörungsfreie Verfahrenstechnologien und Prüfverfahren,
- Strukturtechnik, intelligente Werkstoffe und Akustik,
- Mikrosystemtechnik und Elektronik,
- Sensoren, Bild- und Datenverarbeitung,
- Elektromagnetische, optische und thermomechanische Eigenschaften von Systemen,
- Informationstechnologie für die Produktherstellung, Verfahrenstechnik und Hochleistungsdatenverarbeitung und
- Systemtechnik und Entwicklungsprozesse

liegen.

Die vorliegende Diplomarbeit wurde im Proximity Center Hamburg der Abteilung LG-AS angefertigt. Der Hauptsitz dieser Abteilung befindet sich in München. Das ist neben Paris und Madrid einer der drei Hauptstandorte des CRC. Das Projekt „wasserloses Toilettensystem“ ist eines von elf KATO (Kabinentechnologie) Verbundprojekten, an denen die EADS momentan arbeitet. Diese Projekte laufen im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms (LUFO III) der Bundesregierung. Sie werden teilweise, wie auch die wasserlose Toilette, in Zusammenarbeit mit Airbus bearbeitet.

2.2 Gründe für ein wasserloses System

Für den Einsatz eines wasserlosen Toilettensystems gibt es folgende primäre Gründe.

1. Ein wichtiges Argument für einen Einsatz ist die Wassereinsparung und die damit verbundene Schonung natürlicher Ressourcen.
2. Aus der Einsparung des Wassers ergibt sich ein zweiter positiver Aspekt, der vor allem für Fluggesellschaften von großem Interesse ist. Weniger Wasser bedeutet eine Gewichtsreduzierung, was in der Luftfahrtbranche ein zentrales Thema darstellt. Ein leichteres Flugzeug benötigt weniger Kerosin oder kann mehr Nutzlast an Bord nehmen.
3. Ein dritter Punkt, der für das angedachte System spricht, ist die verbesserte Hygiene. Dadurch, dass die verwendeten Tüten auch die Toilettenbrille bedecken und nach jedem Toilettengang ausgewechselt werden, ist diese immer sauber.

Die Gründe, die für das wasserlose System sprechen, kommen so nicht nur der Airline zugute, sondern bringen auch den Passagieren Vorteile. In Kapitel 5 im Abschnitt „Bewertung des wasserlosen Systems“ werden die einzelnen Punkte noch einmal genauer betrachtet und auch die Gründe aufgezeigt, welche gegen das wasserlose System sprechen.

2.3 Aktueller Stand der Technik

2.3.1 Campingtoiletten und öffentliche Toiletten

Außerhalb des Flugzeuges existiert die Idee einer wasserlosen Toilette schon länger. Vor allem für das Camping gibt es bereits wasserlose Lösungen, welche allerdings sehr einfach gehalten sind. Der Benutzer muss viele Aufgaben, wie z. B. das Entsorgen der Fäkalien selbst erledigen. Das vorrangige Prinzip dieser Toiletten besteht darin, dass sich im Auffangbehälter der Toiletten Rindenschrot befindet, welcher die anfallenden Flüssigkeiten aufsaugt und gleichzeitig als Abdeckung der Fäkalien dient. Dieser Rindenschrot muss von Hand in die Toilette gestreut werden und, wenn der Auffangbehälter voll ist, manuell entsorgt werden (vgl. **oeko-energie 2003**). In Bild 2.1 sind Beispiele dieser Toiletten abgebildet.



Bild 2.1 Beispiele für Campingtoiletten (Quelle: oeko-energie 2003)

Solche Campingtoiletten, die beispielsweise in Gartenhäusern ohne Anschluss an die Kanalisation genutzt werden, sind im Flugzeugbau nicht umsetzbar, da an sie geringere Ansprüche gestellt werden. So kann man bei einer Campingtoilette davon ausgehen, dass sie von einem eingeschränkten Personenkreis benutzt wird, welcher dadurch ein größeres Interesse daran hat, die Toilette sauber zu halten. In einem Flugzeug ist die Gesamtsituation anonymer, da die Toiletten von vielen sich fremden Personen genutzt werden, die nicht selbst für die Reinigung zuständig sind. Ein „Toilettenbeschmutzer“ muss in diesem Fall nicht mit Konsequenzen rechnen.

Die Konzepte von Raststättentoiletten sind schon eher als Grundlage für Flugzeugtoiletten anzusehen. So gibt es zwei sehr hygienische Konzepte, die nach einem ähnlichen Prinzip arbeiten. Der Besucher soll bei jedem Toilettengang eine saubere Toilettenbrille vorfinden. Ein Konzept hat dafür eine drehbare Brille (siehe Bild 2.2), welche nach jeder Nutzung einmal durch einen an der Rückseite der Toilette befindlichen Reinigungsmechanismus gefahren wird. Bei dem anderen Konzept ist die Toilettenbrille mit einem Folienschlauch überzogen, welcher nach der Nutzung weitertransportiert wird, so dass dem nächsten Toilettennutzer ein frischer Abschnitt zur Verfügung steht.



Bild 2.2 Toilette mit drehbarer Toilettenbrille

2.3.2 Vorhandene Patente

Abgesehen von den auf dem Markt befindlichen Campingtoiletten gibt es viele, vor allem japanische und amerikanische, Patente, die sich dem Thema wasserlose Toilette widmen. Ein Beispiel dieser Patentschriften entnommen aus dem DaimlerChrysler Intranet (**DaimlerChrysler 2003**) ist in Bild 2.3 zu sehen. Die näheren Ausführungen dazu, sowie zu weiteren Patenten, befinden sich in Anhang A. Eine Luftfahrtzulassung liegt für keines der Modelle vor. Die meisten sind für den Haushalt konzipiert.

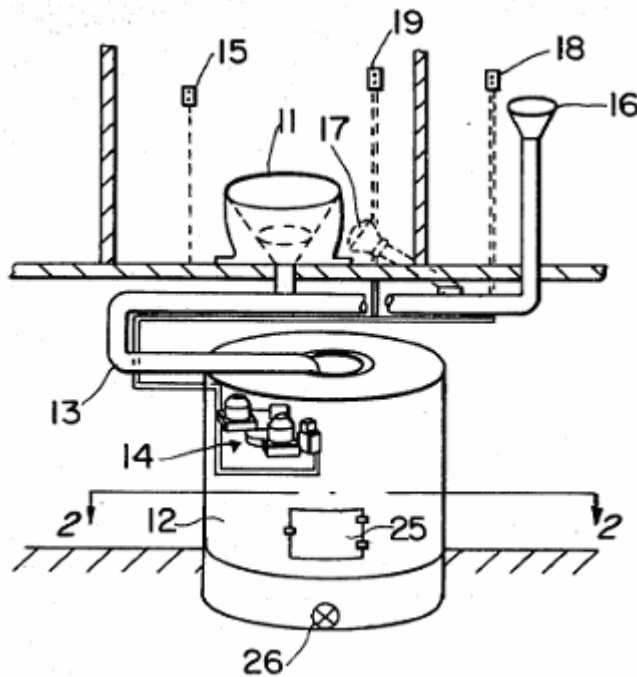


Bild 2.3 United States Patent 4,346,002 (Quelle: Patentdatenbank)

2.3.3 Innovatives Toilettenkonzept

Die Untersuchungen zum Thema Flugzeugtoilette begannen bereits vor vier Jahren unter dem Titel „Innovatives Toilettenkonzept“ (ITK) durch die so genannte Nachwuchsgruppe (Jungingenieure, die die Möglichkeit bekamen, sich bei der DaimlerChrysler Aerospace einen Namen durch innovative Arbeiten zu machen). Es erfolgten erste Marktuntersuchungen hinsichtlich bestehender Patente in diesem Bereich. Des Weiteren gab es Überlegungen zu einer möglichen Umsetzung einer wasserlosen Toilette. Es wurden mehrere Konzepte erarbeitet und bewertet (vgl. hierzu **Nachwuchsgruppe 2000**).

Konzept Trennmittel

So gab es die Idee nach jedem Absaugvorgang die Toilettenschüssel mit einer Trennflüssigkeit zu benetzen (siehe Bild 2.4), welche verhindern sollte, dass Rückstände der Fäkalien in der Toilette verbleiben. Zum Entfernen der Fäkalien sollte aber weiterhin eine konventionelle Wasserspülung dienen, wenn auch mit einem geringeren Wasserverbrauch als bei herkömmlichen Vakuumtoiletten üblich. Bei diesem Konzept ist fraglich, ob der Aufwand zur Bereitstellung des Trennmittels gerechtfertigt ist, wenn trotzdem noch Wasser zum Spülen benötigt wird.

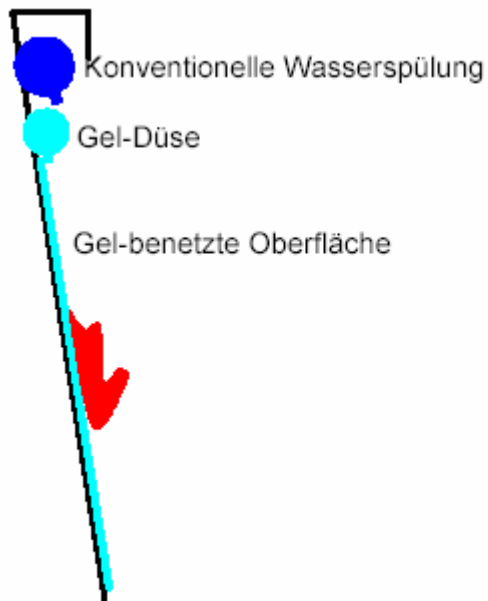


Bild 2.4

Konzept Trennmittel (Quelle: Nachwuchsgruppe 2000)

Rohrpostkonzept

Eine weitere mögliche Lösung war das Rohrpostkonzept, welches schematisch in Bild 2.5 dargestellt ist. Ein ringförmig aufgerollter Folienschlauch wird durch ein Vakuum in das Toilettenbecken gesaugt und kleidet dieses aus. Dieser Folienschlauch wird dabei vor jeder Nutzung der Toilette am unteren Ende verschweißt, so dass ein Beutel zum Auffangen der Fäkalien entsteht. Durch das Öffnen des Absaugventils wird er in das Vakuumsystem des Flugzeuges gesaugt. Der nachfolgende Teil des Schlauchs wird wieder verschweißt und gleichzeitig wird der abgesaugte Teil vom Rest getrennt und am oberen Ende verschweißt. Das Problem dieses Systems ist, dass die Herstellung des benötigten Folienschlauchs heute technisch noch nicht möglich ist. Außerdem könnte der Abtransport der Tüten problematisch werden, wenn sie erst getrennt werden, wenn der benutzte Teil sich bereits im Vakuumsystem befindet, aber das Absaugventil bereits geschlossen ist. Davon abgesehen ist der auf beiden Seiten verschweißte Schlauch luftdicht und nimmt durch die eingeschlossene Luft ein sehr großes Volumen ein. Er wird dadurch wahrscheinlich nur schwer im Vakuumsystem transportiert werden können.

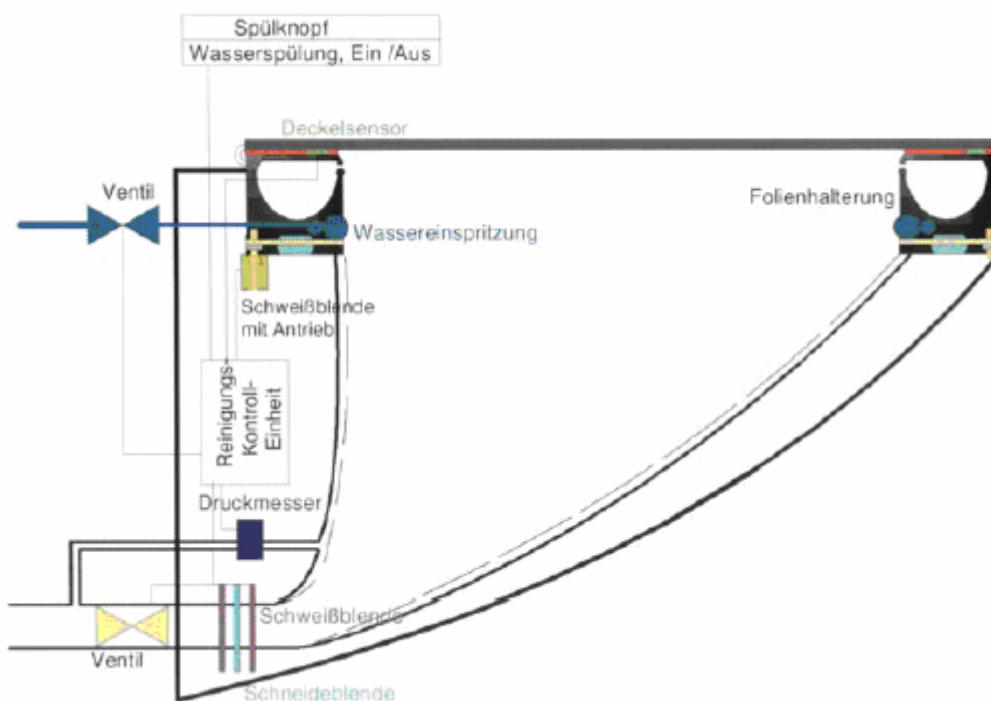


Bild 2.5 Rohrpostkonzept (Quelle: Nachwuchsgruppe 2000)

Konzept Archimedische Schraube

Das Konzept der Archimedischen Schraube (siehe Bild 2.6) ist dem Rohrpostkonzept sehr ähnlich. Die Bereitstellung der Tüten in der Toilettenschüssel erfolgt nach dem selben Prinzip, mittels des ringförmig aufgewickelten Folienschlauchs. Die Entsorgung wird in anderer Weise gelöst. Am Ausgang des Toilettenbeckens befindet sich eine Archimedische Schraube, die gleichzeitig für Abtransport und Zerkleinerung der Tüten sorgt. Werden die Tüten bereits am Anfang des Weges im Vakuumsystem zerstört, besteht nicht mehr die Gefahr, dass sie die Rohre verstopfen. Problematisch ist die Schraube aber dahingehend, dass das Schneidwerkzeug durch die Tüten wahrscheinlich schnell stumpf wird und durch die Einleitung von Gegenständen, wie z. B. kleinen Schnapsflaschen, die Gefahr der Beschädigung gegeben ist.

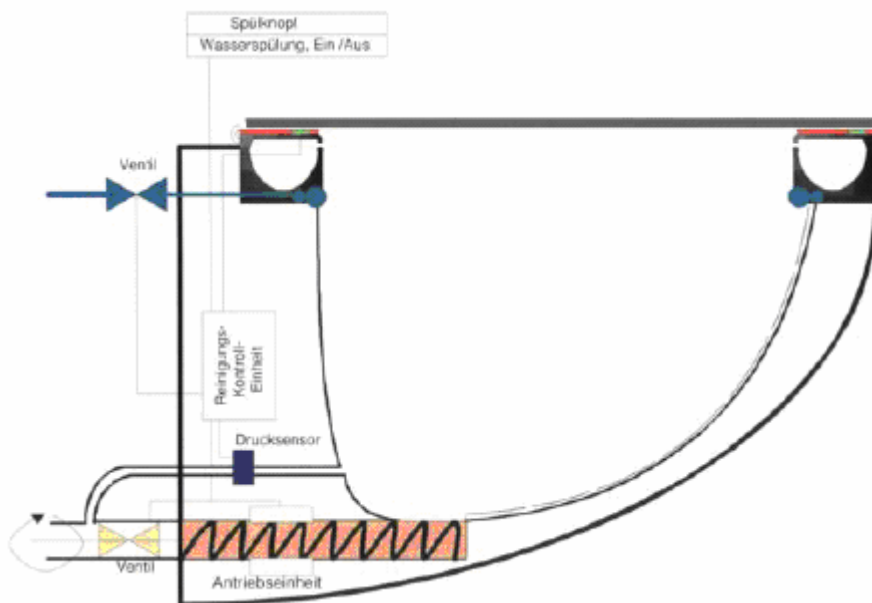


Bild 2.6 Konzept Archimedische Schraube (Quelle: Nachwuchsgruppe 2000)

Konzept Spezialoberfläche

Dieses Konzept konzentriert sich auf die Nutzung spezieller Oberflächen, die eine Verunreinigung des Toilettenbeckens stark einschränken. Zum einen gibt es den Ceramicplus-Effekt der Firma Villeroy & Boch. Hier wird eine besonders glatte Oberfläche mit einer extrem geringen Oberflächenenergie genutzt, an der der Schmutz abperlen soll. Aber wie der Name bereits sagt, handelt es sich um die Oberfläche von Keramik, also um keinen flugzeugbautypischen Werkstoff. Der zweite spezielle Oberflächeneffekt ist der Lotuseffekt. Die Oberfläche erhält eine raue Beschichtung, deren Unebenheiten im Nanometerbereich liegen. Diese kleinsten Unebenheiten sorgen dafür, dass Schmutz nur eine sehr geringe Haftungsfläche hat und bereits von wenigen Tropfen Wasser rückstandsfrei weggespült werden kann. Dieser Effekt ist in Bild 2.7 dargestellt. Beide Konzepte mit Spezialoberflächen benötigen für ihre Wirksamkeit Wasser, wenn auch weniger als herkömmliche Vakuumtoiletten.

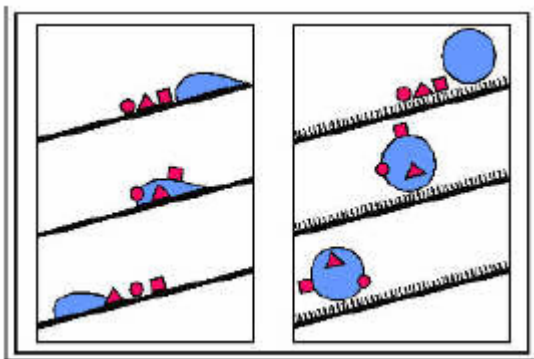


Bild 2.7 Konzept Spezialoberfläche mit Lotuseffekt
(Quelle: Wilfert 2001)

Konzept Folientüte

Dieses Konzept verzichtet vollständig auf Wasser und nutzt als Ersatz Folientüten (siehe Bild 2.8).

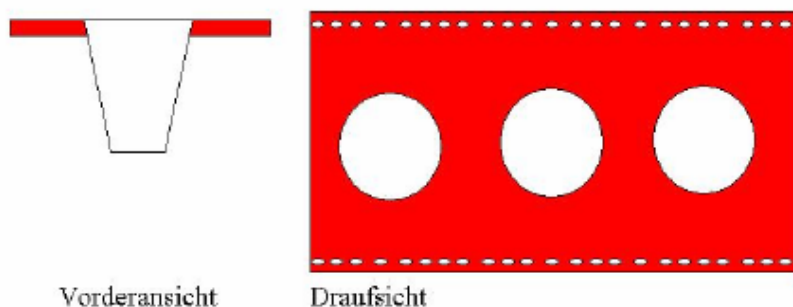


Bild 2.8 Konzept Folientüte: Darstellung des Folienbandes
(Quelle: Wilfert 2001)

Nach einer ausführlichen Bewertung aller Konzepte durch die Nachwuchsgruppe wurde das Konzept „Folientüte“ als das technisch sinnvollste und realisierbarste erkannt. Es handelt sich hier um die Grundlage des Projektes „Wasserlose Toilette“.

3 Allgemeine Beschreibung heutiger Toilettensysteme

Als Grundlage für die Entwicklung eines neuen Toilettensystems sollte die Funktionsweise herkömmlicher Toilettensysteme bekannt sein. Nach der Vorstellung der zwei verwendeten Systeme (Rezirkulationstoilette und Vakuumtoilette) wird auf das System eingegangen, auf welches die wasserlose Toilette aufbauen wird.

3.1 Funktionsweise der Systeme

Das Wasser-/ Abwassersystem eines Flugzeuges dient der Wasserversorgung der Toilettenbecken und der Waschbecken in Küche und Toilette, sowie dem Abtransport der Küchenabwässer und dem Abtransport und der Speicherung der Fäkalien aus den Toiletten. Die Anzahl der Toiletten und der Küchen und somit die Größe der Abwasser- und der Frischwassertanks hängt dabei vom Flugzeugtyp und dem jeweiligen Einsatzbereich ab. In heutigen Flugzeugen sind zwei verschiedene Toilettensysteme gebräuchlich.

Rezirkulationstoilette

In älteren und in kleinen Modellen findet man so genannte Chemie- oder auch Rezirkulationstoiletten (siehe Bild 3.1). Diese bestehen aus einer einfachen oder einer doppelten Toiletteneinheit, welche direkt auf dem zugehörigen Abwassertank sitzt. Dieser ist mit einer meist blauen Desinfektionsflüssigkeit vorgefüllt, die auch gleichzeitig zum Spülen der Toilette verwendet wird. Dafür wird die Flüssigkeit mittels einer Pumpe unter den benötigten Druck gesetzt. Die Fäkalien werden durch einen Filter im Tank zurückgehalten. Der Inhalt der Abwassertanks wird während der Bodenstandzeit über Ventile in der Rumpfhaut abgelassen.

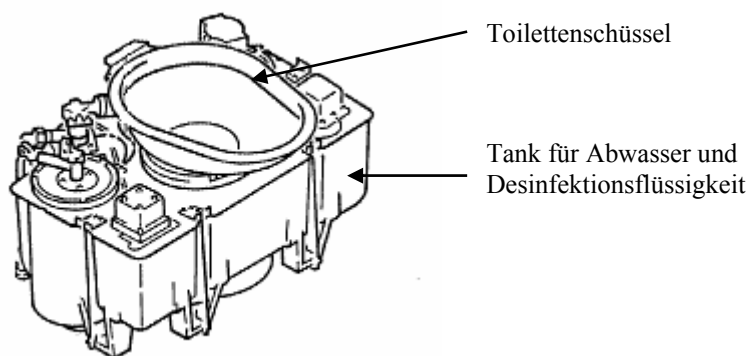


Bild 3.1 Rezirkulationstoilette (Quelle: IPC 1999)

Vakuumtoilette

Seit Mitte der 80er Jahre werden Flugzeuge ab einer Kapazität von etwa 100 Passagieren mit Vakuumtoiletten (siehe Bild 3.2) ausgestattet. Ihr Vorteil liegt bei der zentralen Speicherung der Fäkalien in gemeinsamen Abwassertanks, welche sich meist im Heck des Flugzeugs befinden. Dadurch wird kein Einzeltank unter der Toiletteneinheit mehr benötigt und gleichzeitig gibt es ein zentrales Ablassventil. Für das Absaugen und den Transport der Fäkalien von den einzelnen Toiletten zum Abwassertank macht man sich den in Bezug auf die druckbeaufschlagte Flugzeugkabine in der Umgebung herrschenden Unterdruck zunutze, indem das Rohrleitungssystem zur Atmosphäre hin geöffnet wird. Der so entstehende Druckunterschied von etwa -0,6 bar im System saugt die Fäkalien in den Abwassertank. Sollte der Druckunterschied, z. B. in geringen Höhen nicht ausreichen, gibt es alternativ noch einen Vakuumgenerator, der immer noch einen Unterdruck von 0,3 bar erzeugen kann.



Bild 3.2 Vakuumtoilette (Quelle: Friebel)

Der Aufbau eines Vakuumsystems ist schematisch in Bild 3.3 dargestellt.

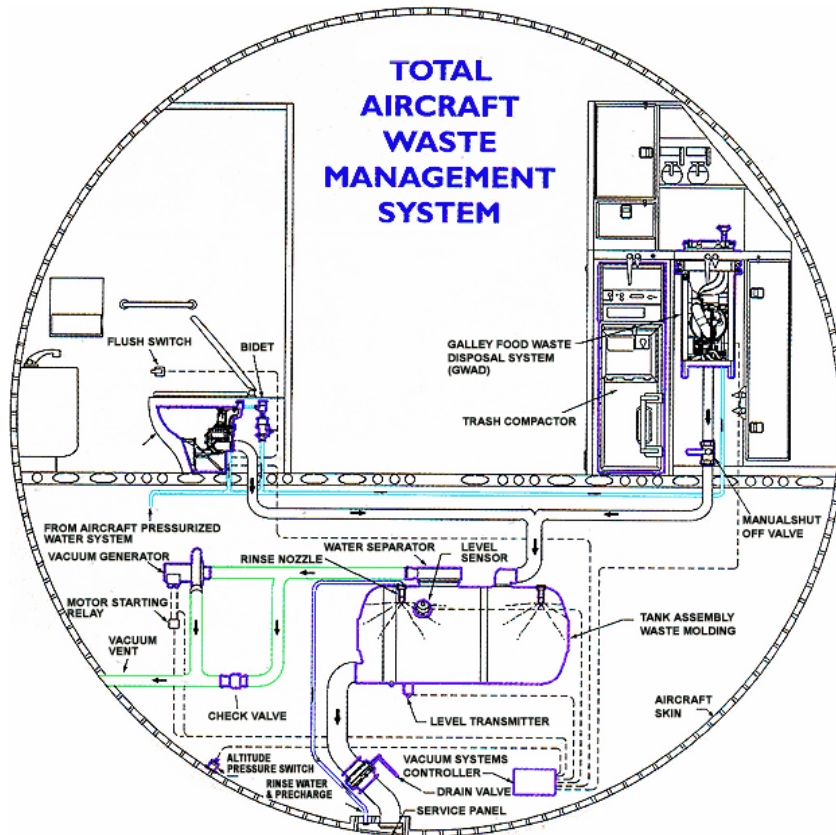


Bild 3.3 Vakuumsystem (Quelle: Monogram Systems)

Um auch bei Langstreckenflügen die Verfügbarkeit der Toiletten zu garantieren, gibt es in größeren Flugzeugen meist zwei unabhängige Vakuumsysteme, je eins pro Flugzeugseite. Im Airbus A380 wird es bedingt durch die Doppeldeckauslegung sogar vier Systeme geben.

3.2 Bauelemente und –teile des Vakuumtoilettensystems

Die Informationen des folgenden Abschnitt wurden größtenteils in Gesprächen mit Mitarbeitern der Fachabteilungen bei Airbus und Lufthansa, sowie aus dem Vorlesungsskript Flugzeugsysteme (Scholz 2000) und dem AMM des A340 (AMM 1990) gewonnen.

Frischwassertank

Die Frischwassertanks, welche aus Kunststoff, genauer aus mit Kohlefaser umwickeltem PET, bestehen, dienen der Speicherung des Frischwassers für die Küchen, die Waschbecken in den Toiletten und die Toilettenspülung. Sie befinden sich an den Außenwänden im Unterflurbereich des Flugzeuges. Anzahl und Größe der Tanks richten sich nach Flugzeuggröße und -einsatzort. Ein Tank der A340 ist in Bild 3.4 dargestellt.

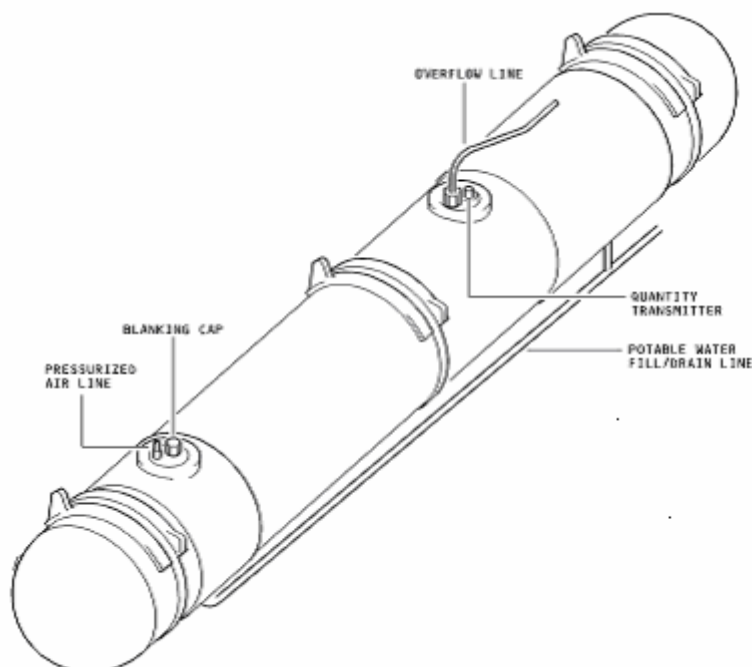


Bild 3.4 Frischwassertank (Quelle: AMM A340)

Wasser- und Rückschlagventil

Das Wasserventil befindet sich „am oberen Eingang“ der Toiletteneinheit. Es sorgt für die Zuleitung des Spülwassers zum Sprühing. Seine Aktivität wird vom Spülvorgangsteuergerät gesteuert, welches wiederum sein Einsatzsignal vom Spülknopf in der Toilette bekommt. Das Rückschlagventil ist dem Wasserventil nachgeschaltet. Es verhindert einen Rückfluss des Wassers aus der Toilette in die Frischwasserleitung. Die genaue Lage der Ventile ist in Bild 3.5 gekennzeichnet.

Toilettenschüssel

Die Toilettenschüssel (siehe Bild 3.5) dient dem Auffangen der Fäkalien. Außerdem erfüllt sie, bedingt durch das Gewicht des Passagiers, eine Krafteinleitungsfunktion in die Flugzeugstruktur, und muss dementsprechend stabil ausgelegt werden. Die Toilettenschüssel besteht aus Tiefziehdedelstahl, der innen mit Teflon beschichtet ist. Diese Beschichtung hat die besondere Eigenschaft durch ihre Oberflächenbeschaffenheit sehr schmutzabweisend zu sein. Dadurch wird der Bedarf an Spülwasser verringert. Die Toilettenschüssel wird auch als Aufgabeeinheit bezeichnet.

Sprühring

Der Sprühring befindet sich direkt unter der Oberkante der Toilettenschüssel (siehe Bild 3.5). Es handelt sich dabei, wie der Name schon sagt, um einen Ring, der umlaufend um den Toilettenschüsselumfang ist. Er besitzt über die gesamte Länge kleine, schräge Bohrungen, die dafür sorgen, dass das Spülwasser fein verteilt in einer Spiralbewegung in die Toilettenschüssel abgegeben wird. So wird ein bestmögliches Spülergebnis mit geringstem Wasserverbrauch erreicht. Diese kleinen Löcher sind allerdings auch eine der größten Schwächen der Wassertoilette. Sie sind besonders anfällig für Verstopfungen durch kalkhaltiges Wasser.

Spülventil

Das Spülventil (siehe Bild 3.5) befindet sich am Ausgang der Aufgabeeinheit (Toilettenschüssel). Beim Auslösen des Spülvorgangs durch Betätigung des Spülknopfes wird das Ventil geöffnet und das dahinter anliegende Vakuum sorgt mittels Unterdruck für ein Absaugen des Toiletteninhalts. Die Funktionsweise des Ventils ist dabei sehr einfach. In seinem Inneren befindet sich eine rotierende Scheibe, welche mit einem Loch von der Größe des Rohrdurchmessers des Vakuumsystems von 2 in (= 5,08 cm) versehen ist. Während des Spülvorgangs befindet sich dieses Loch genau vor der Rohröffnung des Vakuumsystems und stellt so die Verbindung zur Toiletteneinheit her. Nach dem Öffnen des Ventils kann das von außen anliegende Vakuum wirken und den Inhalt der Toilettenschüssel absaugen.

Spülvorgangssteuergerät

Das Spülvorgangssteuergerät (siehe Bild 3.5) steuert den Spül- und Absaugvorgang der Toilette. Sie bestimmt die Öffnungsdauer von Spül- und Wasserventil. Dabei auftretende Fehler werden an den Vakuumsystemcontroller gemeldet und können dort abgelesen werden.

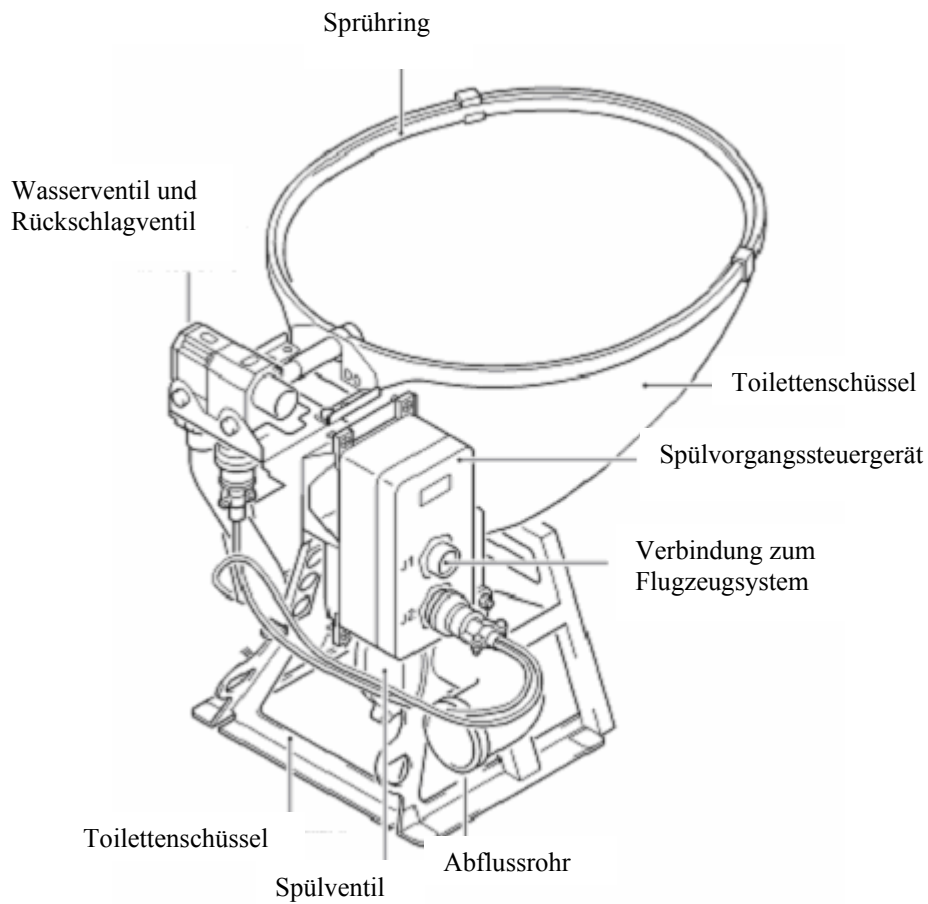


Bild 3.5 Toiletteneinheit (nach AMM A340)

In Bild 3.6 ist die Rückansicht einer Vakuumtoilette im Original zu sehen. Der generelle Aufbau dieser Toiletten ist bei allen Herstellern gleich. Die Anordnung und Form der einzelnen Bauteile kann jedoch variieren.



Bild 3.6 Rückansicht einer Vakuumtoilette (Quelle: Friebe)

Abfallseparator und Entfeuchter

Das Trägermedium für den Transport der Fäkalien in die Abwassertanks ist Luft. Sie wird an die Atmosphäre abgegeben. Bevor das geschehen kann, muss sie von allen Verunreinigungen gesäubert werden. Diese Aufgabe übernehmen zwei Bauteile, die direkt vor den Tanks sitzen, der Abfallseparator (siehe Bilder 3.7 und 3.8) und der Entfeuchter. Sie nutzen dafür die Zentrifugalkraft. Der Abfallseparator ist wie eine Spirale aufgebaut. Das Fäkalien-Luft-Gemisch wird an deren unterem Ende bei einer Geschwindigkeit von bis zu 40 m/s durch die Form gezwungen, Kreisbewegungen auszuführen. Dabei kommt die Zentrifugalkraft zum Tragen. Die festen und flüssigen Bestandteile des Gemischs werden durch sie nach außen getragen und lagern sich an der Spiralwand ab. Von dort fließen sie durch die Schwerkraft nach unten in den Tank. Die Luft wird durch die Zentrifugalkraft aufgrund ihrer geringeren Dichte weniger nach außen gezogen und bewegt sich dadurch fast ungehindert nach oben. Die noch in der Luft verbliebenen Verunreinigungen werden durch einen Filter im Entfeuchter entfernt. Von dort verlässt die gereinigte Luft das Flugzeug über eine Rohrleitung.

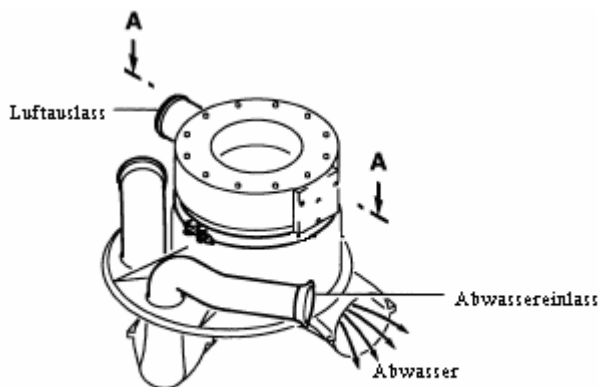


Bild 3.7 Abfallseparator (nach AMM A340)

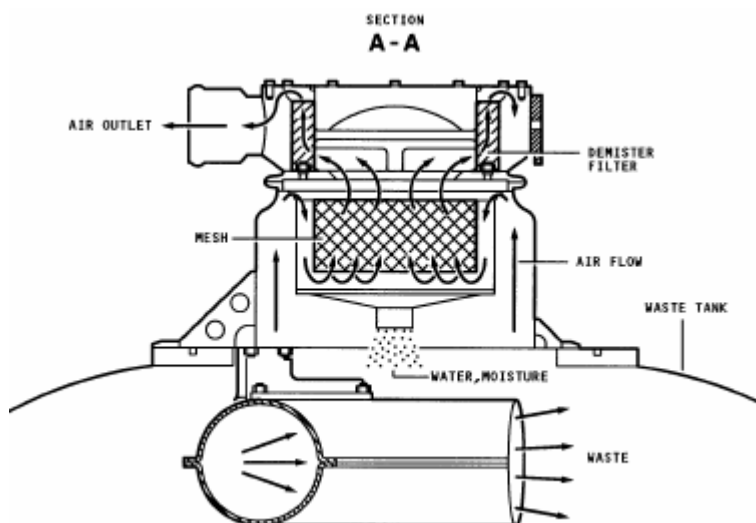


Bild 3.8 Abfallseparator (Schnitt) (nach AMM A340)

Abwassertank

Nach dem Abtransport der Fäkalien aus den Toiletten müssen diese gespeichert werden. Das geschieht im Abwassertank (siehe Bild 3.9). Größere Flugzeuge verfügen meist über mehrere dieser Tanks. Sie befinden sich in der Regel im Unterflurbereich des Flugzeughecks. Form und Größe variieren je nach Flugzeugtyp und Einsatzart. Moderne Abwassertanks bestehen aus 0,25 bis 0,5 mm dickem Edelstahl, der zur Stabilisierung mit Kohlefaser umwickelt ist. Ein 350 l Tank für den A340 wiegt dabei beispielsweise 23 kg.

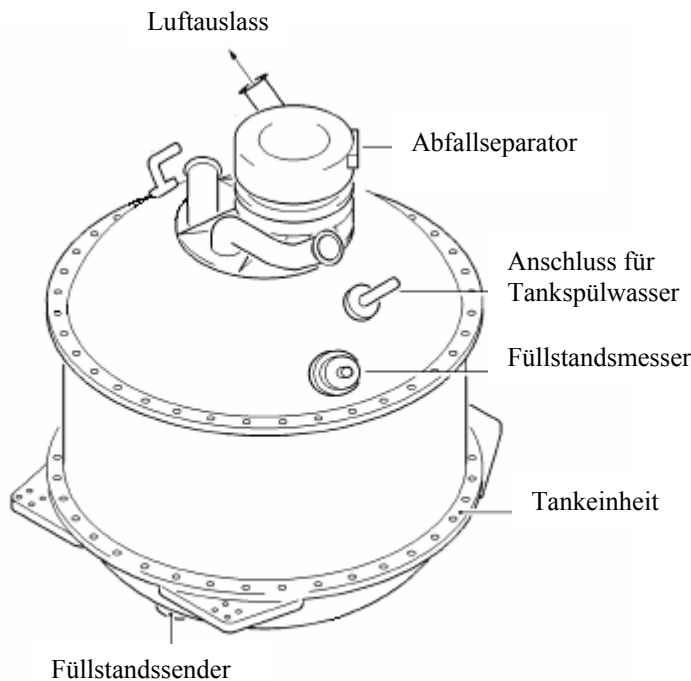


Bild 3.9 Abwassertank mit Abfallseparator (nach AMM A340)

Füllstandsanzeiger

In jedem Abwassertank befinden sich Füllstandsanzeiger. Sie sollen ein Überfüllen des Tanks verhindern. Ab einem bestimmten Füllstand geben sie ein Signal an das Kabineninterkommunikationssystem (CIDS) im Cockpit. Von dort kann das betroffene System dann durch ein Crewmitglied stillgelegt werden. Einer der Sensoren ermittelt den Flüssigkeitsstand über den auf ihm lastenden Druck, der durch das eingeleitete Wasser und die Fäkalien entsteht. Er befindet sich am Boden des Abwassertanks. Der andere Sensor ist in dessen oberen Bereich angebracht. Er reagiert auf Flüssigkeiten. Erreicht der Flüssigkeitspegel im Tank das Niveau, auf welchem sich der Sensor befindet, gibt er das Signal, dass der Tank voll ist. Da die Flüssigkeit im Tank durch die Flugbewegungen aber nie in Ruhe sein wird und so der obere Sensor auch bei Nicht-Überfüllung des Tanks Flüssigkeitskontakt haben kann, wird er vom zweiten Sensor kontrolliert. Dieser wird das Signal geben, dass der Tank noch Kapazitäten frei hat. Wenn die Flüssigkeit dann wieder in einen ruhigen Zustand zurückgekehrt ist, geben beide Sensoren wieder das gleiche Signal.

Ablassventil

Über das Ablassventil (siehe Bild 3.10) wird das Entleeren des Abwassertanks geregelt. Das direkt zwischen Tank und Außenhaut befindliche Ventil wird von außen über das Abwasserservicepanel bedient. Es hat einen Durchmesser von 4 in (= 10,16 cm). Über das Ablassventil werden, unabhängig von deren Anzahl, alle Abwassertanks entleert.

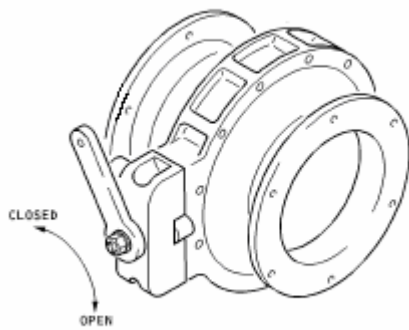


Bild 3.10 Ablassventil (nach AMM A340)

Rohrleitungssystem

Das Rohrleitungssystem dient dem Transport der Fäkalien innerhalb des Vakuumsystems. Die einzelnen Rohre haben einen Durchmesser von 2 in (= 5,08 cm). Sie bestehen aus Edelstahl. Nur das Rohrstück, welches direkt auf die Toilettenschüssel folgt, besteht aus besonders widerstandsfähigem Kunststoff, genannt Ultem®. Die Rohre, die vom Abwassertank zum Service Panel an der Flugzeugaußenhaut führen, die Ablassleitungen, sind mit 4 in (= 10,16 cm) doppelt so dick wie die restlichen Rohre. Auch sie bestehen aus Edelstahl.

Abwasserservicepanel

Das Abwasserservicepanel befindet sich außen an der Unterseite des Flugzeughecks (siehe Bild 3.11). Von hier wird die Entleerung der Tanks, sowie die anschließende Reinigung und Wiederbefüllung mit Desinfektionsmitteln gesteuert. Es gibt einen 4in großen Anschluss zum Ablassen der Fäkalien aus den Abwassertanks. Mehrere kleine Anschlüsse (je einer pro Tank) dienen dem Anschluss einer Wasserzuleitung. Mit dem Wasser werden die Tanks nach dem Entleeren gespült. Anschließend wird der Tank über dieselbe Leitung zu 5% mit einer Desinfektionsflüssigkeit vorgefüllt.

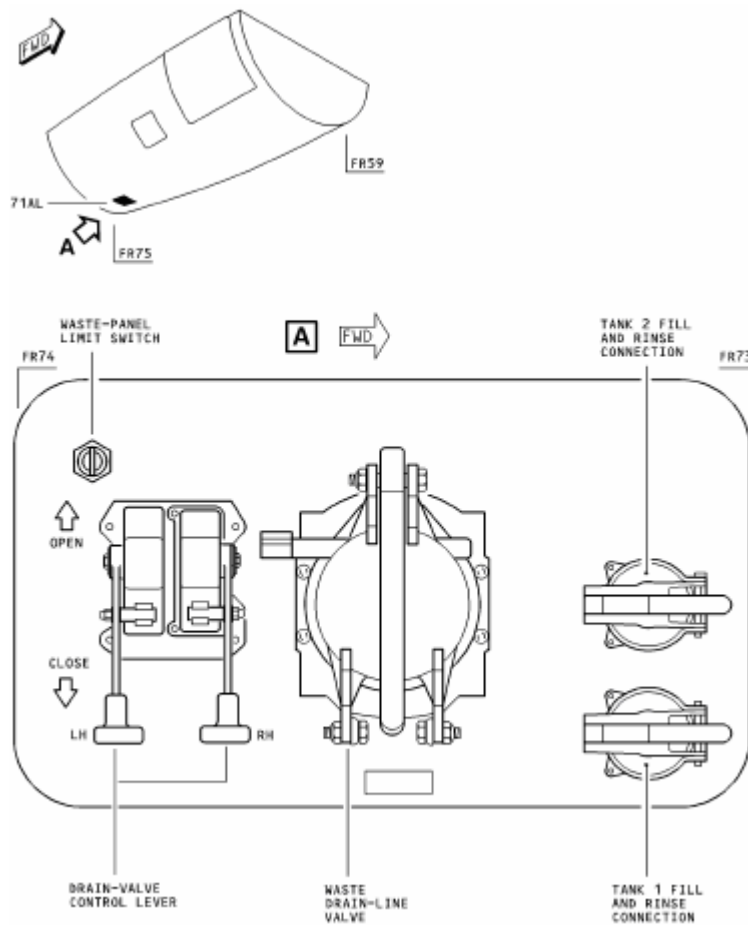


Bild 3.11 Abwasserservicepanel (Quelle: AMM A340)

Ausgleichsventil

Das Ausgleichsventil (siehe Bild 3.12) ist eine Notfalleinrichtung. Es befindet sich zwischen zwei Abwassertanks und ermöglicht im Bedarfsfall, vor allem bei drohender Überfüllung eines Tanks, ein Ausgleichen des Inhalts zwischen den Tanks. In älteren Modellen der A340 ist das Ausgleichsventil noch zu finden. Es wird allerdings in aktuellen Flugzeugen nicht mehr eingebaut, da es sich nicht bewährt hat.

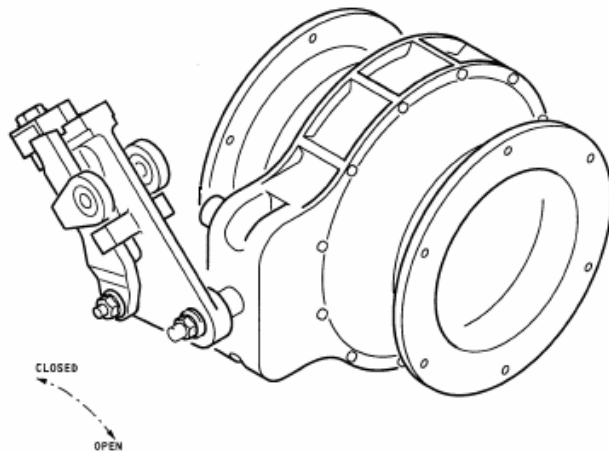


Bild 3.12 Ausgleichsventil (nach AMM A340)

Rückschlagventil

Das Rückschlagventil befindet sich im Rohrleitungssystem zwischen dem Entfeuchter und der Außenhaut. Es ist dem Vakuumgenerator parallel geschaltet. Am Boden und in niedrigen Flughöhen, wenn der Vakuumgenerator für den nötigen Unterdruck sorgt, blockiert das Rückschlagventil die eigentliche Versorgungsleitung des Vakuumsystems. Wird die Arbeit des Generators nicht mehr benötigt, weil der Druckunterschied zwischen Kabine und Atmosphäre ausreichend ist, gibt das Ventil die parallele Leitung frei. Das Vakuumsystem ist dann direkt an die Außenluft gekoppelt.

Vakuumgenerator

Da erst ab einer Flughöhe von 16000 ft die Differenz zwischen Außen- und Kabinendruck für den Betrieb der Toiletten ausreichend ist, wird für geringere Flughöhen und die Nutzung am Boden eine alternative Vakuumbereitstellung benötigt. Dies geschieht mithilfe eines Vakuumgenerators (siehe Bild 3.13). Er befindet sich im hinteren Heckbereich in der Nähe der Abwassertanks. Die von ihm erzeugbare Druckdifferenz in Bezug auf den Kabinendruck liegt bei ca. $-0,3$ bar. Die Tätigkeit des Vakuumgenerators wird durch die Betätigung des Spülknopfes in einer der Toilettenkabinen hervorgerufen, wenn die Druckdifferenz nicht ausreicht.

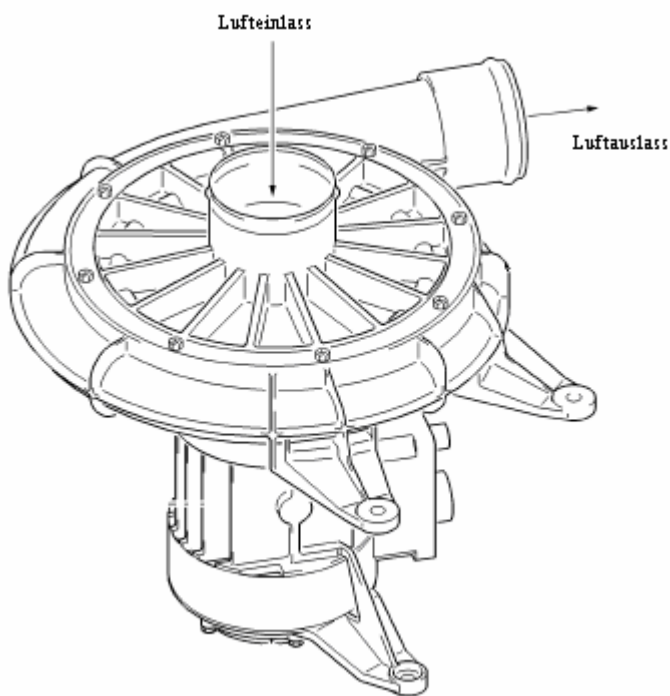


Bild 3.13 Vakuumgenerator (Quelle: AMM A340)

3.3 Wasser-/Abwassersysteme der Airbus Flugzeugfamilien

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass der Aufbau des Wasser- und des Vakuumsystems in den meisten Flugzeugen sehr ähnlich ist. Die Rohre sind meist unterhalb des Fußbodens des Hauptdecks verlegt. Die Wassertanks befinden sich an den Außenseiten des Frachtraumes und die Abwassertanks in dessen Heckbereich. Für die Toiletten gilt, dass sie so gut wie überall im Flugzeug eingebaut werden können. Das hängt letztendlich von den Wünschen des jeweiligen Betreibers ab. Die Anschlussstellen von Wasser- und Abwassersystem können durch den Flugzeugbauer sehr variabel gestaltet werden. Allerdings ist dabei zu beachten, dass brachliegende Anschlüsse mit stehendem Wasser eine hervorragende Keimquelle abgeben.

Die Informationen über die A320-Familie und die A340-500/600 wurden den jeweiligen „Technical Descriptions“ (TD 1999a beziehungsweise TD 1999b) und die über die A380 und die A330/340 dem jeweiligen „Cabin Configuration Guide“ (CCG 2002 beziehungsweise CCG 1997) entnommen.

A320-Familie

Die Familie der A320 besteht aus den kleinsten Airbusmodellen A318(siehe Bild 3.14), A319, A320 und A321 mit einer Sitzplatzkapazität von 107 bis 220 Passagieren (siehe Bild 3.15). Der Einsatzbereich dieser Flugzeuge ist die Kurz- und Mittelstrecke. Dementsprechend klein ist das Wasser-/Abwassersystem (siehe Bild 3.16) ausgelegt.



Bild 3.14 Airbus A318 (Quelle: Airbus)

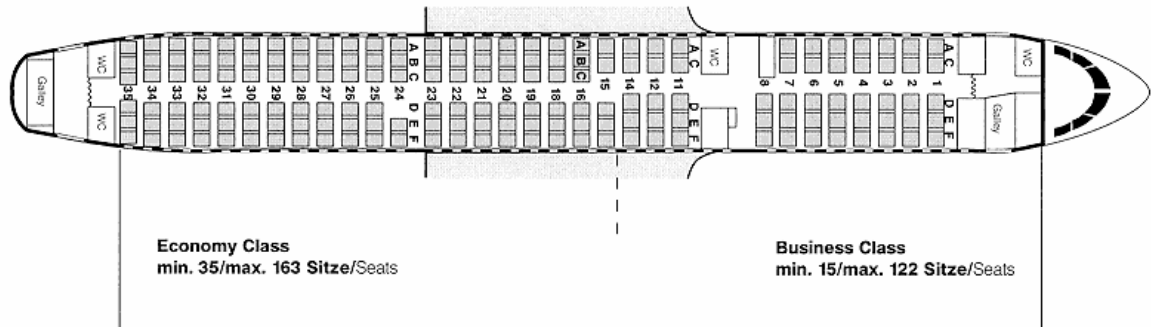


Bild 3.15 Beispiel für Kabinenlayout Airbus A321 (nach Lufthansa)

Es gibt einen Frischwassertank mit einem Fassungsvermögen von 200 l. Er befindet sich im Heck des Unterflurbereiches, noch innerhalb der Druckkabine. Von dort werden die maximal vier Toiletten mit Spülwasser versorgt. Deren Abwasser wiederum wird mithilfe des Vakuumsystems in den 200 l fassenden Abwassertank befördert. Das Wasser aus den Handwasch- und Spülbecken wird durch einen beheizten Abflusstutzen direkt über Bord gegeben.

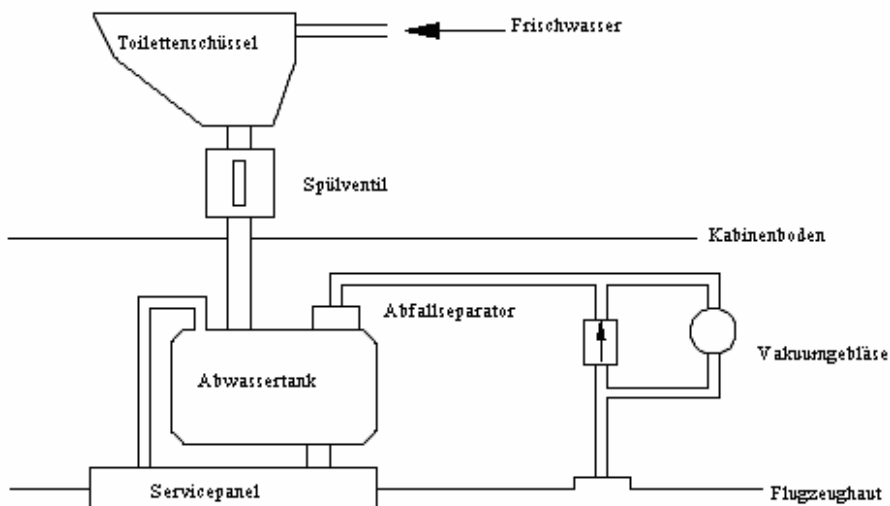


Bild 3.16 Aufbau Wasser-/Abwassersystem (nach TD 1999a)

A330/340-Familie

Die zurzeit größten Flugzeuge aus der Produktion von Airbus sind die A330 und die A340 mit Plätzen für 253 (A330-200) bis 380 (A340-600) Passagiere. Ein Beispiel für die Aufteilung der Kabine zeigt Bild 3.17.

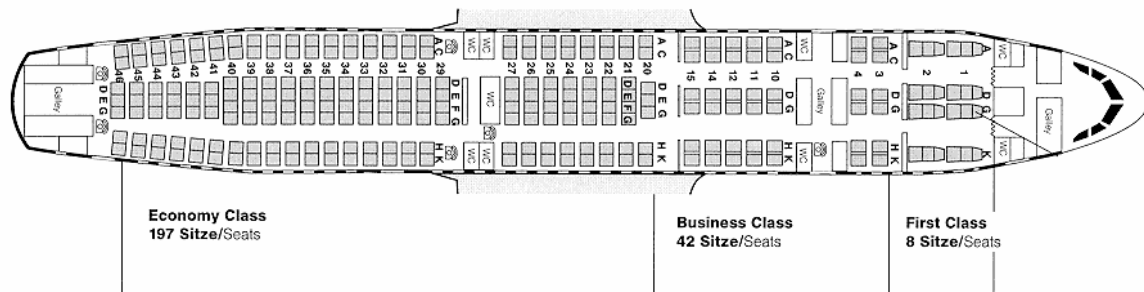


Bild 3.17 Beispiel für Kabinenlayout A340 (nach Lufthansa)

Das Frischwassersystem dieser Flugzeuge wird durch drei 350 l Tanks versorgt, die sich auf der rechten Seite des hinteren Cargobereiches befinden. In der A330 ist der dritte Tank optional. Das System arbeitet mit einem Druck von 25 psi (1,724 bar). Das Frischwasser wird auch für die Spülung der Vakuumtoiletten verwendet. Das Vakuumsystem verfügt über drei 350 l Tanks, wobei der dritte wiederum in der A330 als Option angeboten wird. Die Tanks befinden sich im Heck im Unterflurbereich des Flugzeugs. Sie dienen der Speicherung des Abwassers aus den maximal 12 Toiletten. Diese sind wiederum in ein rechtes und ein linkes Toilettensystem aufgeteilt. Die einzelnen Systeme funktionieren unabhängig voneinander, um beim Ausfall eines Systems wenigstens noch eine Grundversorgung mit Toiletten zu gewährleisten. Der Arbeitsdruck des Vakuumsystems liegt zwischen 0,3 und 0,6 bar unter dem jeweiligen Kabinendruck.

Einen Sonderstatus in der A330/340-Familie genießen die A340-500 und die A340-600 (siehe Bild 3.18). Sie sind die neuesten und damit modernsten Vertreter der Airbusflotte. Sie unterscheiden sich vom Rest der Familie vor allem durch den verlängerten Rumpf, welcher eine größere Passagierkapazität ermöglicht. Dieser wird durch eine höhere Anzahl von Abwassertanks Rechnung getragen. So verfügt jedes der zwei einzelnen Vakuumsysteme über zwei miteinander verbundene 350 l Abwassertanks, wobei der zweite in der A340-500 optional ist. Die Anzahl der Frischwassertanks beträgt insgesamt drei mit je 350 l Fassungsvermögen. In der A340-600 kann zusätzlich noch ein 200 l Tank eingebaut werden.



Bild 3.18 Airbus A340-600 (Quelle: Airbus)

A380

Die A380 (siehe Bild 3.19) wird mit einer Kapazität von 555 Sitzplätzen das größte Mitglied der Airbus-Familie und auch das größte Passagierflugzeug überhaupt werden. Ihre Indienststellung ist für 2006 geplant.



Bild 3.19 Airbus A380 (Quelle: Airbus)

Entsprechend der größeren Auslegung muss auch das Wasser-/Abwassersystem dimensioniert werden. So wird das Frischwassersystem durch sechs Tanks mit einer Kapazität von insgesamt 1875 l versorgt. Das Abwassersystem wird, wie auch bei den anderen Airbusflugzeugen, als Vakuumsystem ausgelegt. Hier wird es allerdings keine Unterteilung in zwei, sondern in vier unabhängige Systeme, getrennt nach Flugseite und – deck, geben. Die aufgefangenen Fäkalien aus den maximal 25 Toiletten und der Abfall aus den Küchen werden dann in vier Tanks mit einer Kapazität von zweimal 350 l und zweimal 700 l gespeichert. Die Tanks werden sich im hinteren Unterflurbereich innerhalb der Druckkabine befinden.

3.4 Hersteller von Wasser-/Abwassersystemzubehör

Nachfolgend sind die wichtigsten Hersteller von Wasser-/Abwassersystemzubehör für Flugzeuge aufgeführt. Die meisten Informationen wurden den Webseiten der jeweiligen Unternehmen entnommen. Es gilt der Stand vom September 2003.

AOA Gerätetechnik Gauting

AOA produziert Frisch- und Abwassersysteme, inklusive Toiletteneinheiten. Die Firma zählt zu den drei großen Herstellern in diesem Bereich. Produkte dieser Firma finden sich vor allem in der A330/340-Familie. Außerdem war ein Einsatz in der Do 728Jet geplant.

- www.aoa-gauting.de

Dasell

Dasell fertigt nur die Toilettenkabinen. Die Toiletten selbst werden von speziellen Herstellern (zur Zeit Monogram und LGG) geliefert.

- www.dasell.de
- info@dasell.com

EVAC/Envirovac/Sanivac

EVAC ist der zweitgrößte Produzent für Vakuumsysteme. Zur Zeit findet man Evac-Produkte vorrangig in allen Boeing-Flugzeugen und älteren Airbusmodellen. Außerdem sind die Toilettensysteme des Bombardier Global Express, der MD-11 und der Concorde von EVAC.

- www.evacgroup.com
- aviation@evac.de
- Hafenstr. 32b, Wedel, (04103) 9168-52 Raffaella Fendt
- www.envirovacinc.com

JAMCO Corporation

Die in Japan ansässige Firma Jamco bietet nur Toiletteneinrichtungen an. Sie ist in Bezug auf die Ausstattung neuer Flugzeuge auf den amerikanischen Markt mit Boeing und ehemals McDonnell-Douglas beschränkt. Retrofitmaßnahmen (Neuausrüstung alter Flugzeuge) werden jedoch auch bei Airbusmodellen durchgeführt.

- www.jamco.co.jp

MAN Technologie AG

Die Firma MAN Technologie AG stellt Frisch- und Abwassersysteme für Flugzeuge her. Sie ist der Lieferant der Abwasser- und Frischwassertanks für die Airbusflotte.

- www.man-technologie.de
- PublicRelations@mt.man.de

Monogram

Monogram ist Marktführer im Bereich Abwassersysteme. Vor allem bei Airbus werden größtenteils Systemkomponenten von Monogram verwendet. So hat die Firma den Zuschlag für die Ausstattung des A380 erhalten.

Zum Angebot gehören Rezirkulations- und Vakuumtoiletten. Diese werden unter anderem an die beiden großen Flugzeugbauer Airbus und Boeing geliefert.

- monogram@monogram.zodiac.com
- www.monogramsystems.com

Rogerson Aircraft Systems

Rogerson spielt momentan nur eine kleine Rolle auf dem Markt für Flugzeugtoiletten.

Die A300/310 und älteren A330/340 sind mit Rogerson-Toiletten und Abwassertanks ausgerüstet.

- www.rogersonaircraftequipmentgroup.com

4 Wasserloses Toilettensystem

Kernpunkt dieses Kapitels ist die Bewertung des wasserlosen Systems hinsichtlich der Vor- und Nachteile, die durch dessen Einführung entstehen können. Vorher wird als Einführung noch einmal auf die Diplomarbeit von Sascha Wilfert (**Wilfert 2001**) eingegangen, deren Ergebnisse die Grundlage für die vorliegende Diplomarbeit bilden.

4.1 Aktueller Forschungsstand

In Kapitel 2.4 wurden die ersten Überlegungen der EADS-Nachwuchsgruppe hinsichtlich eines innovativen Toilettensystems vorgestellt. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen beschäftigte sich die Diplomarbeit von Sascha Wilfert mit der Konstruktion eines ersten Prototypen. Nach einer Bewertung der einzelnen Konzepte hinsichtlich Hygiene, Umweltverträglichkeit, technischer Realisierbarkeit, Gewichtseinsparung, Wasserverbrauch und Kosteneinsparung wurde die Umsetzung des Konzeptes Folienbeutel in Verbindung mit einer Spezialoberfläche als aussichtsreichste Lösung ausgewählt. Durch Vorversuche wurde die technische Realisierbarkeit überprüft. Dabei erfolgten Tests an einer Vakuumtoilette bei denen Folienbeutel unterschiedlicher Dicke mit verschiedenen Befüllungen (Wasser und Gel als Fäkalienersatzstoff) in das Vakuumtoilettensystem eingebracht wurden. In Bild 4.1 ist ein solcher Vorversuch zu sehen.



Bild 4.1 Absaugvorgang der Vorversuchsreihe (Quelle: Wilfert 2001)

Das Ergebnis dieser Vorversuche war positiv. Die Tüten wurden durch den Absaugvorgang beschädigt, aber es kam zu keiner Verschmutzung des Toilettenbeckens. Ausgehend von diesen Erkenntnissen erfolgte die Konstruktion eines ersten Prototypen, der im nächsten Kapitel näher vorgestellt wird.

4.2 Funktionsweise des ersten Prototypen

Die grundlegende Änderung des neuen Systems gegenüber einem herkömmlichen Vakuumsystem ist der Wegfall der Wasserspülung. Um den hygienischen Standard trotzdem zu halten und nach Möglichkeit zu verbessern tritt an deren Stelle eine „Tütenspülung“. Die Tüten, welche aus Maisstärke bestehen und somit biologisch abbaubar sind (siehe Datenblatt Anhang B), kleiden die Toilettenschüssel aus und werden nach der Benutzung der Toilette zusammen mit den Fäkalien abgesaugt. Es bietet sich an, sie gleichzeitig zur Abdeckung der Toilettenbrille zu nutzen und so auch dort für optimale hygienische Bedingungen zu sorgen. Der erste Prototyp hat einen Aufbau wie in Bild 4.2 dargestellt.

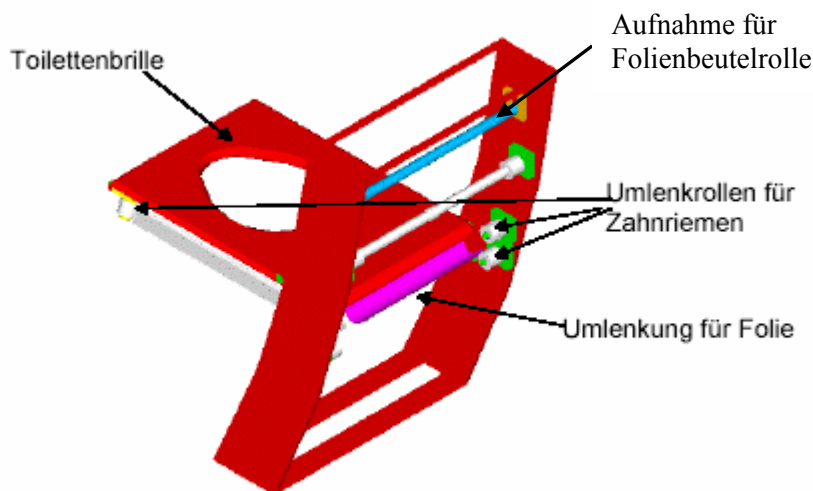


Bild 4.2 Erster Prototyp der wasserlosen Toilette (Quelle: Wilfert 2001)

Die herkömmliche Toilette bleibt in ihren Grundzügen bestehen. Lediglich das Wasserventil und der daran gekoppelte Sprühring sowie die Wasserzuleitung zur Toilette entfallen. Die Folienbeutel werden hinter und oberhalb der Toilette bevorratet. Der Vortransport der Beutel erfolgt mittels Zahnriemen. Die kleinen Zähne auf diesem Riemen greifen in die Löcher, die sich an beiden Rändern der Folie befinden und ziehen sie daran über die Toilettenbrille nach vorn. Voraussetzung für dieses Konzept ist ein eckiger Toilettenaufsatz, um den Vortransport zu garantieren. Bild 4.3 zeigt zur Veranschaulichung, wie sich das wasserlose System dem Benutzer präsentieren könnte.



Bild 4.3 Beispiel der Toilette mit Tüte

Bild 4.4 zeigt die schematische Funktionsweise des ersten Prototypen.

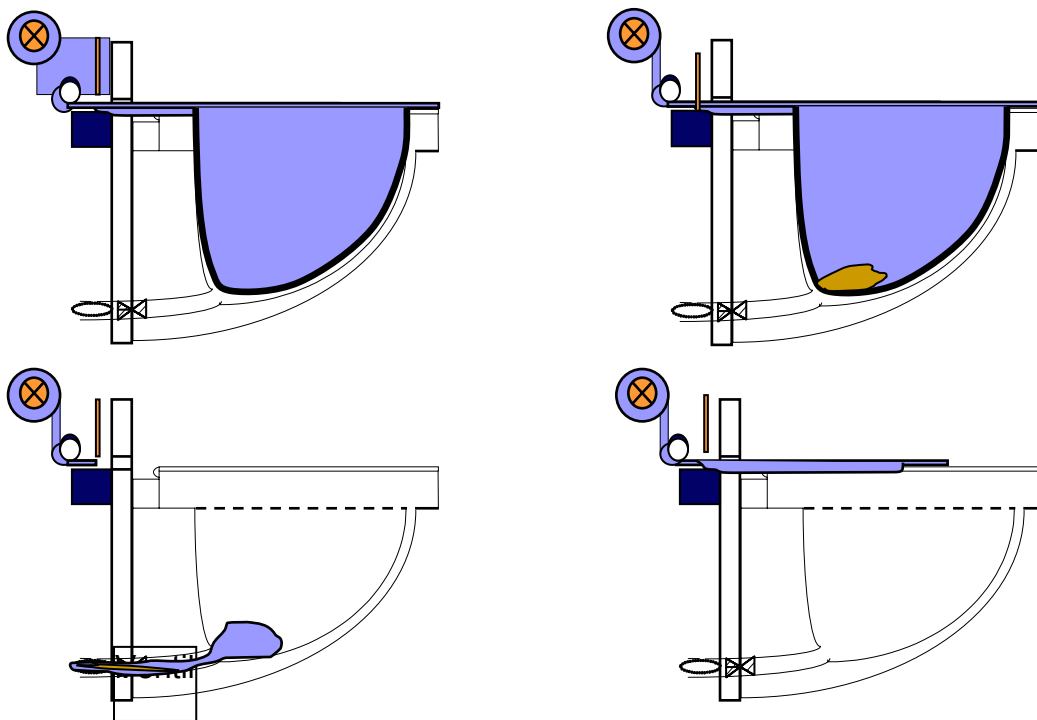


Bild 4.4 Schema der Funktionsweise der wasserlosen Toilette

Der erste Prototyp weist in der Umsetzung noch Probleme auf. Der Vortransport der Tüten ist zu kompliziert gestaltet. Der Zahnriemen soll in viele kleine Löcher am Folienrand greifen. Auf die Folie wirken durch den Vortransport aber Zugkräfte, die zu einer Dehnung führen. Es kann nicht mehr gewährleistet werden, dass die Zähne in die Folie greifen. Außerdem wurde in den Tests nur die Funktion des Tüteabsaugens nachgewiesen, nicht

jedoch das Verhalten der Tüten im Vakuumsystem. Des Weiteren wurde die Entsorgung der Tüten vollkommen vernachlässigt. Diese würden nach aktuellem Stand am Ende des Fluges noch vollständig im Tank erhalten sein und müssten so entsorgt werden. Aus den gegebenen Gründen ist es also sinnvoll die folgenden Betrachtungen des wasserlosen Systems allein unter den Maßgaben vorzunehmen, dass es mit Tüten ausgestattet ist, deren Material noch nicht feststeht und diese das gesamte Vakuumsystem durchlaufen.

4.3 Änderungen bei Systemeinführung

Die wasserlose Toilette soll nicht nur in Neuflugzeugen eingebaut, sondern auch für ältere Modelle zum Nachrüsten angeboten werden. Der technische Aufwand für die Nachrüstung sollte sich auf ein Minimum beschränken um auch den Aufwand an Kosten so gering wie möglich zu halten.

Grundsätzlich ist anzustreben, dass die Änderungen aus dem Ausbau des Wasserventils, des Sprührings und der Wasserzuleitung sowie dem Einbau des neuen Toilettenmoduls, zusammengesetzt aus Tütenbox, Fördervorrichtung (siehe Abschnitt 6.2.3 „Technische Umsetzung“) und Toilettenaufsatz, bestehen. Je nach Flugzeuggröße und damit Passagierzahl können bei entsprechender Wassereinsparung, und daraus folgend Abwassereinsparung, Tanks verkleinert oder ganz ausgebaut, oder weggelassen, werden. Über zusätzliche Änderungen entscheidet die endgültige technische Lösung der wasserlosen Toilette und der damit verbundenen Tüten. Je nachdem, wie die Entsorgung und Zerkleinerung der Tüten erfolgen wird, muss eine entsprechende Änderung des Systems vorgenommen werden. Sollen die Tüten beispielsweise zerkleinert werden bevor sie den Tank erreichen, wird der Einbau eines Häckslers nötig. Dabei muss allerdings beachtet werden, dass das Vakuumsystem auch für die Einleitung von kleinen Schnapsflaschen und anderem Abfall ausgelegt werden muss. Der Häcksler darf von derartigen Gegenständen nicht beschädigt werden oder gar durch einen Ausfall das gesamte Vakuumsystem blockieren. Das würde unweigerlich zum Ausfall des Flugzeuges führen und dadurch enorme Kosten verursachen. Entscheidet man sich für eine zusätzliche Flüssigkeit im Tank zur Zersetzung der Tüten, dann muss auf den Flughäfen eine entsprechende Infrastruktur sichergestellt werden. Die Zusatzflüssigkeit muss überall da zur Verfügung stehen, wo Flugzeuge, die mit der wasserlosen Toilette ausgestattet sind, landen. Die Bereitstellung der Flüssigkeit könnte an die der Tüten gekoppelt werden. Diese müssen in jedem Fall an den betreffenden Flughäfen zur Verfügung stehen.

5 Untersuchungsergebnisse

5.1 Problembereiche des Vakuumsystems

Lautstärke und Druckregelung

Beim Öffnen des Spülventils kommt es zu einem schlagartigen Druckausgleich zwischen Toilettenschüssel und Vakuumsystem. Dadurch gerät die strömende Luft in starke Schwingungen und erzeugt ein saugendes Geräusch, dessen Lautstärke zwischen 90 dB(A) im vorderen und 106 dB(A) im hinteren Flugzeubbereich liegt. Es handelt sich um eine immense Belästigung und auch Belastung der Passagiere, von der nicht nur die jeweiligen Toilettennutzer, sondern auch Personen betroffen sind, die in der Nähe der Toilettenkabinen sitzen. Hier handelt es sich sicher um einen Bereich des Flugzeugs, der einmal genauer untersucht werden sollte. Ein Ansatz wäre die Druckregelung, denn je höher der Druckunterschied, umso lauter ist auch das Geräusch beim Absaugen. Da bei maximaler Flughöhe eine Druckdifferenz von etwa 0,6 bar herrscht, für den optimalen Toilettenbetrieb aber nur 0,4bar benötigt werden, könnte durch eine Druckregelung die Lautstärke gesenkt werden.

Rohrreinigung

Ein sehr arbeitsintensives Problem sind die Rohre des Vakuumsystems. Sie müssen bei durchschnittlicher Flugzeugnutzung mindestens einmal pro Woche mit zerkleinertem Eis oder Essigsäure gespült werden, um ein vollständiges Zuwachsen mit Fäkalien und Resten des Toilettenpapiers zu verhindern (siehe Abschnitt 5.2 „Bewertung des wasserlosen Systems“ Unterpunkt „Einfluss der Tüten auf die Verschmutzung des Rohrsystems“). Hier wäre ein Ansatz zur Verbesserung sich mit neuen Reinigungsmethoden zu beschäftigen. Außerdem könnte es lohnend sein alternative Materialien (z. B. flexible Rohre, die durch die Druckunterschiede ihre Form leicht verändern und so ein Ablagern verhindern) oder Beschichtungen für die Rohre zu untersuchen.

5.2 Bewertung des wasserlosen Systems

Es ist nur sinnvoll ein neues System einzuführen, wenn dieses gegenüber dem alten mindestens einen bedeutenden Vorteil aufweist und dieser nicht mit gravierenden Nachteilen einhergeht. Ein wasserloses System hat gegenüber dem herkömmlichen Vakuumtoilettensystem den offensichtlichen Vorteil der durch die Einsparung des Wassers hervorgerufenen Gewichtseinsparung. Doch es lassen sich auch noch andere positive Aspekte, wie beispielsweise die verbesserte Hygiene, erkennen. Aber auch Probleme werden sich mit dem wasserlosen System nicht vermeiden lassen. Im folgenden sollen diese zum

aktuellen Zeitpunkt noch theoretischen Probleme aufgezeigt werden. Im Anschluss an jeden Bewertungspunkt werden dann Untersuchungen benannt, die in späteren Arbeiten zur konkreten Bestimmung und damit auch Lösung der Probleme führen können. Voraussetzung dafür ist die Verfügung über Testausrüstung, welche zum heutigen Zeitpunkt noch nicht gegeben ist. Aber Anfang des kommenden Jahres ist die Aufnahme von ersten Testreihen geplant.

Bei verschiedenen Punkten werden gleiche Bedingungen für die Durchführung der Tests verlangt. Da sie nicht immer ausführlich beschrieben werden, soll hier geklärt werden, was sie im einzelnen bedeuten.

Verschiedene Beladungszustände:

Mit verschiedenen Beladungszuständen ist gemeint, dass die Tüten sowohl im leeren als auch im vollen Zustand getestet werden müssen. Möglicher Inhalt der Tüten ist dabei alles, was an Gegenständen im Flugzeug zur Verfügung steht und in die 2-inch-Öffnung des Absaugventils eingeleitet werden kann, wie zum Beispiel Schnapsflaschen, Damenbinden, Toilettenpapier, Pässe, Münzen, Knöpfe etc. (vgl. hierzu SRD 2002).

Verschiedene Fluglagen:

Dieser Punkt beinhaltet alle Fluglagen, die während eines normalen Fluges möglich sind, wie Sinkflug, Kurvenflug, Flug in Turbulenzen, Steigflug und Reiseflug.

Druckbereich:

Der Druckbereich des Vakuumsystems liegt zwischen -0,3 bar bei Vakuumpumpenbetrieb und -0,6 bar in Reiseflughöhe.

Die Probleme werden in nachstehender Reihenfolge behandelt:

1. Einsparmöglichkeiten und daraus resultierende Probleme
2. Hygienischer Aspekt
3. Schutz der Toilettenbeschichtung
4. Wegfall des Sprührings
5. Einfluss der Tüten auf die Verschmutzung des Rohrsystems
6. Geräuschentwicklung in der Toilettenkabine
7. Geräuschentwicklung im Rohrsystem
8. Absaugventil- und Rohrleitungsblockierung durch Folientüten
9. Verstopfung des Ablassventils
10. Entsorgung des Schwarzwassers am Flughafen
11. Füllstandsanzeigerblockade
12. Stärkere Belastung des Rohrsystems
13. Verhalten der Tüten im Abfallseparator

Die Nummerierung stellt dabei keine Wertung dar.

1. Einsparmöglichkeiten und daraus resultierende Probleme

Für einen einzigen Spülvorgang werden etwa 0,2 l Frischwasser benötigt. Geht man jetzt davon aus, dass ein Passagier auf einem Langstreckenflug von 8 Stunden ca. 6 mal die Toilette benutzt und sich beispielsweise im Airbus A380 annähernd 600 Passagiere an Bord befinden, so ergibt sich eine Wassereinsparung ΔV_W von

$$\Delta V_W = 0,2 \text{ l} \cdot 600 \cdot 6 = 720 \text{ l}$$

Diese 720 l bedeuten natürlich nicht nur Wassereinsparung, sondern sie stehen gleichzeitig für eine Gewichtseinsparung von $\Delta m_W = 720 \text{ kg}$ pro Flug. Diese kann jetzt auf verschiedene Weise genutzt werden. Entweder man belässt es dabei und spart für den Flug Treibstoff ein oder man erhöht den Anteil an gewinnbringender Nutzlast und kommt somit wieder auf das ursprüngliche Gewicht. Die Treibstoffeinsparmöglichkeiten ergeben sich wie folgt:

Die Auftriebskraft F_A , die für die eingesparte Masse nicht mehr benötigt wird, ist

$$F_A = 720 \text{ kg} * g = 720 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 7063,2 \text{ N}$$

Mit einer Gleitzahl von $E = 20,2$ ergibt sich eine Verringerung des Widerstandes ΔW von

$$\Delta W = \frac{7063 \text{ N}}{20,2} = 349,7 \text{ N}$$

Rechnet man nun mit einem durchschnittlichen Treibstoffverbrauch von

$$SFC = 16 * 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{s} * \text{N}}$$

so erhält man für einen achtstündigen Flug eine mögliche Treibstoffeinsparung Δm_F von

$$\Delta m_F = \Delta W * SFC * 28800 \text{ s} = 161,1 \text{ kg}$$

Diese Treibstoffeinsparung erscheint nicht besonders groß. Es wird sich für die Fluggesellschaften also eher rechnen, wenn sie anstelle des gesparten Wassers mehr Nutzlast mitnehmen. So könnte z.B. die Lufthansa bei einem durchschnittlichen Kilopreis von 3,28€/kg (bei einzelnen Frachtstücken unter 100 kg) für die freigewordenen 720 kg zusätzlich 2361€ Umsatz pro Flug machen (vgl. hierzu **Adrian 2004**). Diesen Umstand der erhöhten Nutzlast könnten Flugzeugbauer nutzen, indem sie bei neugebauten Flugzeugen, die mit der wasserlosen Toilette ausgestattet sind, eine im Vergleich zu mit herkömmlichen Toiletten versehenen Flugzeugen entsprechend höhere Zuladung ausweisen.

Neben den genannten positiven Effekten könnte sich ein gravierender negativer einstellen. Durch die Wassereinsparung sinkt der Flüssigkeitsgehalt im Abwassertank. Bei einem herkömmlichen Toilettengang fallen 0,3 bis 0,5 l Schwarzwasser an. Das ergibt im Durchschnitt 0,4 l. Davon sind 0,2 l Spülwasser. Ohne Spülwasser würde der Flüssigkeitsgehalt demnach um 50 % sinken. Im Abwassertank wird sich eine zähflüssige Masse befinden. Das Ablassventil des Tanks hat einen Durchmesser von 4 in (=10,16 cm). Es ist fraglich, ob sich die zähflüssige Masse inklusive darin enthaltener Tüten durch diese

Öffnung problemlos entsorgen lässt, vor allem in der vorgegebenen Enttankungszeit von maximal 20 min (A380).

Forschungsschritte:

Im Bereich der Wassereinsparung sollte untersucht werden, ob es möglich ist, auch kleinere Wasser- und Abwassertanks einzubauen, sofern diese bereits auf dem Markt sind oder eine Neuentwicklung wirtschaftlich vertretbar ist. Vielleicht ist es sogar möglich einige Tanks ganz einzusparen. Alternativ könnte das gesparte Wasser trotzdem mitgenommen werden und während des Fluges andere Aufgaben übernehmen. Beispielsweise wird über den Einsatz von Duschen oder Geschirrspülmaschinen im Flugzeug nachgedacht. Diese Möglichkeiten müssen genauer geprüft werden. Außerdem muss getestet werden, wie sich die Enttanking mit dem geringen Flüssigkeitsgehalt tatsächlich gestaltet.

2. Hygienischer Aspekt

Ein sofort für die Passagiere sichtbarer Vorteil ist die gesteigerte Hygiene in den Toilettenkabinen und in der Toilette selbst. Da die Folientüten über den Toilettenrand gezogen werden, findet jeder Passagier eine saubere, „frisch bezogene“ Toilettenbrille vor. Die Toilettenschüssel wird nur noch minimal verschmutzt, z.B. beim Defekt einer Tüte. Die Verbesserung der hygienischen Zustände wäre nicht nur subjektiv sondern auch objektiv.

Forschungsschritte:

Im Bereich der Hygiene gilt es noch zu überprüfen, inwieweit die Passagiere das neue System akzeptieren würden. Es könnte möglich sein, dass einige von ihnen während des Toilettenganges nur ungern auf einer Tüte sitzen möchten. Eine gute Möglichkeit das herauszufinden sind Kundenbefragungen am Flughafen.

3. Schutz der Toilettenbeschichtung

Das Toilettenbecken ist an der Innenseite mit Teflon beschichtet. Diese Schicht ist besonders schmutzabweisend und sorgt in einer herkömmlichen Toilette dafür, dass die geringe Spülwassermenge optimale Sauberkeit liefern kann. Bei dem wasserlosen System soll die Teflon- oder eine Alternativbeschichtung als Notfallsystem dienen, wenn z. B. eine Tüte reißen sollte. Die Haltbarkeit des Teflons dürfte dabei durch den Schutz der Folie höher sein. Die Toilettenbecken müssen nicht so oft wegen einer zerkratzten Oberfläche getauscht werden. Andererseits könnte es auch passieren, dass sich die Toilettenbeschichtung während der Tütenentsorgung sogar stärker abnutzt, als dies beim herkömmlichen Toilettengebrauch der Fall ist.

Forschungsschritte:

In Versuchen muss getestet werden, wie sich die Verwendung der Tüten tatsächlich auf die Beschichtung auswirkt. Es sollte besonders auf die Bestückung der Tüten mit harten, flugzeugtypischen Gegenständen wie Besteck oder Schnapsfläschchen geachtet werden. Sollte es sich so verhalten, dass die Beschichtung zerkratzt, muss eine weniger kratzanfällige, aber immer noch ausreichend schmutzabweisende, gefunden werden.

4. Wegfall des Sprührings

Da die Toilette keine Wasserspülung mehr besitzt, kann der Sprühring eingespart werden. Dieser ist in herkömmlichen Toiletten besonders anfällig für Verkalkung. Dabei kann es passieren, dass sich die Düsen des Rings zusetzen und ein bestmögliches Spülen des Toilettenbeckens nicht mehr gewährleistet werden kann. Außerdem kann ein unansehnlicher Kalkring im oberen Toilettenbeckenbereich entstehen, welcher durchaus zum vorzeitigen Wechsel einer Toilette führen kann. Dieses Problem wird es bei der Einführung einer wasserlosen Toilette nicht mehr geben.

Forschungsschritte:

Dieser positive Aspekt wird sich in jedem Fall einstellen. Es sind also keine weiteren Untersuchungen nötig.

5. Einfluss der Tüten auf die Verschmutzung des Rohrsystems

Bei einem herkömmlichen Toilettensystem gibt es ein Problem, welches sich bei einer wasserlosen Toilette noch verstärken dürfte. Durch den plötzlichen Druckabfall im Rohr gemessen an der Druckkabine wird den Fäkalien Flüssigkeit entzogen, da sie auf einmal weniger davon speichern können. Sie trocknen aus und lagern sich an den Rohrwänden als Sedimente ab. Dieses Gemisch aus Fäkalien und Toilettenpapier bildet eine äußerst massive, zementähnliche Masse, die sich nur schwer wieder entfernen lässt und dadurch zu einer Verengung und im Extremfall zur Verstopfung der Rohrleitung führen kann, so dass eine wöchentliche Behandlung mit Essigsäure oder zerkleinertem Eis nötig wird.

Ein positiver Nebeneffekt der Verwendung der Folietüten könnte die Reinigung der Rohre des Vakuumsystems werden. Die Verschmutzung des Systems entsteht durch die eingeleiteten Fäkalien. In der wasserlosen Toilette befinden sich diese aber in einer Tüte. Geht man nun davon aus, dass die Tüte den Absaugvorgang unbeschädigt übersteht und ihre obere Öffnung dabei durch das seitliche Verlassen der Aufgabeeinheit verdreht und somit verschlossen wird, dann kann es rein theoretisch nicht mehr zu einer Verschmutzung der

Rohre kommen. Selbst wenn einige der Tüten kaputt gehen sollten, so ist davon auszugehen, dass nachfolgende allein durch ihre Beschaffenheit und ihre Reibung an den Rohren eine reinigende Wirkung auf diese ausüben. Verhalten sich die Tüten nicht wie erwartet und werden beim Absaugvorgang regelmäßig beschädigt mit der Konsequenz, dass Fäkalien austreten können, so ist zu befürchten, dass sich oben beschriebenes Verstopfungsproblem verstärken dürfte, es sei denn, die Tüten reinigen durch ihren Kontakt mit den Wänden die Rohre, obwohl sie beschädigt sind. Sollte das nicht eintreten so wäre der Austrocknungsgrad der Fäkalien, wenn sie mit dem Vakuum direkt in Berührung kommen, in einer wasserlosen Toilette noch höher als beim herkömmlichen System, da dort von vornherein weniger Flüssigkeit vorhanden ist. Das Problem der Rohrverstopfung würde zunehmen.

Forschungsschritte:

Die Beeinflussung der Rohre muss auf jeden Fall im Langzeitversuch überprüft werden. Als erstes gilt es festzustellen, ob die Tüten beim Absaugen kaputt gehen. Da mit der Einleitung von harten Gegenständen, zum Beispiel Parfümflaschen, gerechnet werden muss, ist es wahrscheinlich, dass einige Tüten beschädigt werden. Ihr Inhalt kann somit das Rohrsystem kontaminieren. Es muss festgestellt werden, wie stark die Verschmutzung voraussichtlich sein wird und welche, eventuell reinigende, Wirkung nachfolgende Tüten haben. Diese Tests müssen unter variablen Bedingungen stattfinden. So sollte der Füllstand der Tüten unterschiedlich sein. Auch müssen maximaler und minimaler Unterdruck sowie verschiedene Flugzustände (Steig-, Sinkflug etc.) berücksichtigt werden.

6. Geräusentwicklung in der Toilettenkabine

Ein durch die Toilette verursachtes Problem ist die starke Geräusentwicklung während des Absaugvorgangs. Durch die Verwendung des wasserlosen Systems ist eine Verminderung der Lautstärke anzustreben, um die Lärmbelästigung der Passagiere zu senken. So könnte zur Erreichung einer Lärmdämmung der Deckel während der Absaugung automatisch geschlossen gehalten werden. Dies könnte gleichzeitig die Auswirkungen des zu erwartenden Tütenflatterns eindämmen.

Forschungsschritte:

Letztlich lässt sich nur im Versuch klären, wie genau das Verhalten der Tüten sein wird. Dieses sollte mit verschiedenen Befüllungen und auch leeren Tüten erfolgen. Außerdem sollte erforscht werden, ob ein automatisches Geschlossenhalten des Deckels während des Absaugvorgangs umsetzbar ist.

7. Geräuschentwicklung im Rohrsystem

Ein Lärmproblem ist die Lautstärke der abgesaugten Fäkalien im Rohr, wenn die Tüten während des Absaugvorgangs nicht beschädigt werden. Die Fäkalien verbleiben dann in der Tüte und werden durch die Kraft des Vakuums nicht zerkleinert sondern bewegen sich als kompakte Masse durch das Rohrsystem. Entsprechend verstärkt sich ihre kinetische Energie. Die Lärmemission ist dabei ähnlich wie in einem Rohrpostsystem.

Forschungsschritte:

Es wird nötig sein die Lärmemission bei unterschiedlichen Befüllungszuständen (auch kleine Flaschen etc.) zu messen. Dabei sollte nicht vernachlässigt werden, dass im Reiseflug ein permanentes Hintergrundgeräusch auftretenden Lärm nicht so stark erscheinen lässt. Sollte die Lärmentwicklung zu stark sein, müsste eine Lärmdämmung der Rohre untersucht werden.

8. Absaugventil- und Rohrleitungsblockierung durch Folientüten

Besondere Merkmale der bisher verwendeten Folientüten sind ihre besondere Dehnbarkeit und ihre Reißfestigkeit. Bleibt eine Tüte an der Öffnung des Absaugventils hängen, kann das zur Blockierung des Ventils und damit zum Ausfall des Systems führen. Aber auch wenn durch eine Tüte noch keine Behinderung entsteht, so ist die Gefahr, dass sich weitere verfangen sehr groß. Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass sich zwei Tüten innerhalb des Vakuumsystems, zum Beispiel an einer Rohrgabelung, ineinander verfangen und so zu einer Blockade des nachfolgenden Abfalltransports führen.

Forschungsschritte:

Zur Klärung dieses Problems muss die Parallelentsorgung von Tüten getestet werden. Dabei müssen auch verschiedene Befüllungszustände berücksichtigt werden, um feststellen zu können, welche besonders stark zu Verstopfungen führen. Diese Untersuchungen, wie auch die zum Problem der Absaugventilblockierung sollten bei unterschiedlichen Drücken und in verschiedenen Fluglagen durchgeführt werden.

9. Verstopfung des Ablassventils

Durch den geringeren Flüssigkeitsgehalt der Masse im Abwassertank könnte es beim Ablassen der Fäkalien zu einer Verstopfung des Ablassventils kommen, da die Tüten nicht gelöst werden und sich am Boden des Abwassertanks absetzen können. Dort bilden sie dann eine Schicht, die das Ablassventil blockieren könnte. Eine mögliche Lösung wäre die

Verwendung eines Tütenmaterials, welches sich im Tank auflöst und so eventuellen Verstopfungen vorbeugt.

Forschungsschritte:

Das Verhalten des Tütenmaterials im Tank muss getestet werden. So sollten Ablassversuche unter verschiedenen Bedingungen, wie variablen Temperaturen, unterschiedlichen Flüssigkeitsgehalten und einem veränderlichen Anteil von Toilettenpapier durchgeführt werden.

10. Entsorgung des Schwarzwassers am Flughafen

Ein weiteres Problem ist die Entsorgung. Als erstes stellt sich die Frage, ob der Abwassertank nach einem Langstreckenflug überhaupt noch entleert werden kann. (siehe Abschnitt „9. Verstopfung des Ablassventils“). Abgesehen von diesem ergibt sich ein weiteres. Die anfallenden Fäkalien müssen am Flughafen entsorgt werden. Nach heutiger Praxis werden sie an einem Sammelpunkt des Flughafens meist in die städtischen Kläranlagen eingeleitet, aber das ist nur für Flüssigkeiten und nicht Feststoffe, wie die Tüten, zulässig (siehe hierzu **Heimrich 2003**). Eine Lösung wäre auch hier wie beim vorangegangenen Punkt die Verwendung eines Tütenmaterials, welches sich im Tank auflöst. Ansonsten müssten die Tüten vor der Einleitung in die Kanalisation entfernt oder so stark zerkleinert werden, dass sie nicht mehr als Feststoff gelten. Dabei sollten vor allem für die Flughäfen und die Entsorgungsunternehmen keine Mehrkosten und kein höherer Aufwand entstehen, da diese einem neuen System sonst eventuell ablehnend gegenüber stehen würden.

Forschungsschritte:

Zu diesem Problem gibt es zwei mögliche Herangehensweisen. Es könnte als erstes ein Tütenmaterial festgelegt werden und danach die Möglichkeiten seiner Entsorgung an allen Flughäfen weltweit überprüft werden. Aber es wäre auch möglich, erst die Entsorgungswege aller Flughäfen zu klären und dann ein passendes Tütenmaterial zu finden. Bei diesen Untersuchungen ist auf die örtliche Gesetzgebung zu achten.

11. Füllstandsanzeigerblockade

In jedem Abwassertank befinden sich Füllstandsanzeiger. Sie sollen ein Überfüllen des Tanks verhindern, indem sie ab einem bestimmten Füllstand eine Meldung an das CIDS im Cockpit geben und von dort das betroffene System stillgelegt werden kann. Einer der Sensoren ermittelt den Flüssigkeitsstand über den auf ihm lastenden Druck. Er befindet sich am Boden des Abwassertanks. Der andere Sensor ist in dessen oberen Bereich angebracht. Er

reagiert auf Flüssigkeiten (siehe hierzu auch Kapitel 3.2 „Bauelemente und –teile des Vakuumtoilettensystems“ Abschnitt „Füllstandsanzeiger“). Diese Füllstandsanzeiger machen natürlich nur Sinn, solange sie vor einem Überfüllen des Tanks warnen, wenn diese Gefahr auch tatsächlich besteht. Darum gilt es die Frage zu klären, wie sich die Tüten verhalten, wenn sie aus dem Abfallseparator in den Tank gelangen. Es muss ausgeschlossen werden können, dass sie, bedingt durch die vorangegangene Kreisbewegung, sich eventuell am oberen Füllstandsanzeiger des Abwassertanks verfangen. Das könnte dazu führen, dass sie diesem durch ihre feuchte Oberfläche das Signal geben, dass der Tank voll ist. Der zweite Sensor würde dann zwar Entwarnung geben können, aber es wäre natürlich nicht auszuschließen, dass vielleicht gerade da ein Defekt vorliegt. Im Zweifelsfall würde es zu einer Stilllegung des gesamten Systems kommen, auch wenn der Tank noch nicht maximal gefüllt ist.

Forschungsschritte:

Zur Überprüfung dieser Problematik muss das Einleiten der Tüten mit verschiedenen Beladungen bei unterschiedlichen Drücken und Fluglagen getestet werden. Sie dürfen dabei keinesfalls die Füllstandsanzeiger negativ beeinflussen oder gar zu deren Ausfall führen.

12. Stärkere Belastung des Rohrsystems

Die Fäkalien im Beutel stellen eine kompaktere Masse dar als die Fäkalien, wenn sie sich im heutigen Vakuumsystem befinden, was zu einer höheren kinetischen Energie führt. Das Rohrsystem wird vor allem in Biegungen stärker belastet. Hier stellt sich die Frage, ob das herkömmliche Rohrsystem diesen Belastungen gewachsen ist oder eventuell inklusive seiner Halterungen verstärkt werden muss.

Forschungsschritte:

Die Belastung des Rohrsystems muss vor allem mit maximal gefüllten Tüten getestet werden. Die auftretenden Kräfte in den Rohrbiegungen und Halterungen sind dabei mit Beschleunigungsaufnehmern zu messen. Sollte sich zeigen, dass einzelne Rohre oder deren Halterungen beschädigt werden, so muss deren Auslegung entsprechend verändert werden. Alternativ könnte der Einbau eines „Tütenaufschlitzers“ direkt nach der Toilette genauer untersucht werden. Dieses Gerät würde die Tüten beschädigen und dadurch zum Austritt des Inhalts führen. Die Fäkalien könnten sich wie im herkömmlichen System verteilen, somit würde die Belastung der Rohre sinken.

13. Verhalten der Tüten im Abfallseparator

Wie in Kapitel 3.2 „Bauelemente und –teile des Vakuumtoilettensystems“ beschrieben, funktioniert der Abfallseparator nach dem Prinzip einer Zentrifuge. Dieses System hat sich bei dem im heutigen System anfallenden Abwasser bewährt. Fraglich ist, ob das auf die Tüten zutreffen wird. Im Separator befinden sie sich immer noch in einem ziemlich starken Luftstrom, für den sie eine große Angriffsfläche bilden. Es muss getestet werden, ob die entstehenden Zentrifugalkräfte auch bei Minimumunterdruck ausreichen, um die Tüten dem Luftstrom zu entreißen oder ob sie durch den bestehenden Luftstrom durch den Separator hindurch getragen werden und an dessen Ende den Entfeuchter verstopfen und somit das gesamte System blockieren. Außerdem muss sichergestellt werden, dass es für die Tüten keine Möglichkeit gibt im Bereich des Separators hängen zu bleiben.

Forschungsschritte:

Für diesen Punkt muss speziell das Verhalten der leeren Tüten bei unterschiedlichem Unterdruck überprüft werden.

Die besprochenen Probleme und auch Verbesserungen sind für einen besseren Überblick in Tabelle 5.1 zusammengefasst.

Tabelle 5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse zu Kapitel 5.2

Veränderung durch das wasserlose System	Verbesserungen (m=möglich, d=definitiv)	Probleme (m=möglich, d=definitiv)
Wassereinsparung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wassereinsparung (d) ▪ Führt zu Gewichtseinsparung (d) 	
Bedeckung der Toilettenbrille	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserung der Hygiene (d) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unangenehmes Hautgefühl beim Draufsetzen (m)
Beeinflussung der Toilettenbeschichtung durch Tütenauskleidung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutz vor aggressiven Flüssigkeiten (m) ▪ Schutz vor Zerkratzen durch harte Gegenstände (m) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zerkratzen durch die Tüten (m)
Wegfall des Sprührings	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vermeidung von Verkalkungen des oberen Toilettenrands (d) 	
Beeinflussung des Rohrsystems	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Säuberung der Rohre durch die Tüten (m) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stärkere Beanspruchung der Rohre und Halterungen durch Fäkalienpakete (d)
Geräusentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dämpfung der Lautstärke durch geschlossenen und dickeren Toilettendeckel (m) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gesteigerte Geräusentwicklung in den Rohren durch Fäkalienpakete (d) ▪ Lärm durch Flattern der Tüten beim Absaugen (m)
Beeinflussung der Ventile		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verstopfung des Spülventil (m) ▪ Verstopfung des Ablassventil (m)
Entsorgung in Kläranlagen		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entsorgung der Tüten als Ganzes nicht möglich (d)
Beeinflussung Füllstandsanzeiger		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Blockierung der Füllstandsanzeige (m)
Beeinflussung Abfallseparator		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Blockade des Abfallseparators (m) ▪ Behinderung der Abfalltrennung (m)

5.3 Weitere Forschungsschritte

Erprobung wasserloses System

Die Erprobung des Systems muss nach den Detailspezifikationen des Gesetzgebers und des Flugzeugbauers (in diesem Fall Airbus) erfolgen. Es muss nachgewiesen werden, dass alle gestellten Anforderungen erfüllt werden.

Wirtschaftlichkeit

Über den technischen Problemen darf die Wirtschaftlichkeit der Neuentwicklung nicht vergessen werden. Es ist zu erwarten, dass das neue System teurer als das alte wird, bestenfalls lässt sich der aktuelle Preis halten. Der Toilettenaufsatz sollte die Kosten für die wegfallenden Teile Wasserventil, Rückschlagventil und Sprühring nach Möglichkeit nicht übersteigen. Die Tüten ersetzen das Wasser und geben so Gewicht für mehr Zuladung frei. Es ist zu beachten, dass ihr Preis dabei nicht den Gewinn durch die zusätzliche Nutzlast aufheben darf.

Zulassung des Prototypen nach Luftfahrtnorm

Abschließender Schritt der Entwicklungs- und Erprobungsarbeit ist die Zulassung des neuen Toilettenkonzeptes nach FAR 25 und JAR 25.

Zulassung der Tüten als Material für die Luftfahrt

Der Kernpunkt des wasserlosen Systems sind die Tüten. Die Auswahl des richtigen Materials ist hier besonders wichtig. Es muss den besonderen Anforderungen gerecht werden. So ist zum Beispiel gefordert, dass sie in der Toilette nicht zerstört werden dürfen, auch wenn spitze oder harte Gegenstände eingeleitet werden. Des Weiteren dürfen sie nicht brennbar sein und im Falle eines Brandes im Flugzeug keine giftigen Dämpfe entwickeln. Außerdem ergeben sich Anforderungen an die Tüten aus der technischen Umsetzung der Fördereinrichtung, sobald für diese eine endgültige Lösung gefunden worden ist. Ist dann das passende Material gefunden, muss es noch nach Luftfahrtnorm zugelassen werden.

5.4 Alternative Lösungsansätze

Sollte sich die Umsetzung des vorab beschriebenen wasserlosen Toilettensystems als so aufwendig erweisen, dass eine Verwirklichung technisch und finanziell keinen Sinn ergeben würde, gibt es auch noch andere Konzepte, mit denen man sich näher beschäftigen sollte.

1. So sollte über die Nutzung des Grauwassers aus den Waschbecken als Spülwasser für die Toiletten nachgedacht werden.
2. Auch wäre es denkbar, sich stärker auf den hygienischen Aspekt zu konzentrieren. So könnte man den Einsatz eines Folienschlauchs, der über die Toilettenbrille gezogen wird und nach jedem Spülzyklus weiterwandert, in Erwägung ziehen. Dieses System hat sich in Autobahnraststätten bereits bewährt.
3. Wenn man nicht auf die Einsparung des Spülwassers verzichten möchte, gibt es noch die Möglichkeit nur mit einer verbesserten Beschichtung der Toilettenschüssel zu arbeiten. Hierbei wäre nur fraglich ob die Hygiene gewährleistet werden kann und ob die Passagiere ein solches System akzeptieren.

Als weiterer Lösungsansatz könnte der Flüssigkeitsgehalt einer Chemietoilette (siehe Abschnitt 3.1) dienen. Für deren Nutzung wird allein der Inhalt des Abwassertanks genutzt. Zusätzliches Spülwasser wird nicht zugeführt. Der Gesamtflüssigkeitsgehalt ist nach einem Flug verglichen mit einem Vakuumsystem geringer. Die Enttankung des Abwassers ist aber problemlos möglich. Setzt man als Ziel diesen Flüssigkeitsgehalt an, so ergibt sich folgende Rechnung am Beispiel einer A380 mit maximaler Auslastung (555 Passagiere).

Das Fassungsvermögen des Tanks einer Chemietoilette beträgt:

$$V_{CT} = 44 \text{ l}$$

Dieser Tank ist mit einem Desinfektionsmittel der Menge:

$$V_{VC} = 9,5 \text{ l}$$

vorgefüllt. Dies entspricht einem Anteil von

$$x_V = 100 \% * \frac{9,5 \text{ l}}{44 \text{ l}} = 21,6 \%$$

Der Abwassertank des Vakuumsystems hat ein Fassungsvermögen von

$$V_{VS} = 2100 \text{ l}$$

Die normale Vorbefüllung eines solchen Tanks beträgt 5 %. Sie ist geringer, da hier das Spülwasser zusätzlich zu den Fäkalien hinzukommt und so für eine ausreichend flüssige Konsistenz sorgt. Die Vorbefüllung des Beispieltanks beträgt normalerweise 105 l, bleiben 1995 l (davon 997,5 l für Spülwasser) als Schwarzwasser. Würde man diesen Tank mit 22 % vorbefüllen, wären das

$$V_{V22} = 462 \text{ l}$$

Der Mehraufwand an Wasser für die Vorbefüllung würde

$$V_{Meh} = 462 \text{ l} - 105 \text{ l} = 357 \text{ l}$$

betragen. Zieht man diese Menge von dem gesparten Spülwasser ab, bleiben noch

$$V_{SP} = 997,5 \text{ l} - 357 \text{ l} = 640,5 \text{ l}$$

die eingespart werden. Selbst wenn man davon ausgeht, dass nicht die Hälfte des Inhalts des Abwassertanks auf Spülwasser der Toiletten zurückzuführen ist, sondern auch Wasser aus

den Küchen hinzukommt, dürfte das Einsparpotenzial bei rund 500 l Wasser und somit 500 kg an Gewicht liegen.

6 Anforderungen an das Toilettensystem

Als Grundlage für die Entwicklung eines neuen Flugzeugsystems werden Anforderungskataloge erstellt, in denen die Bedingungen festgeschrieben werden, die das System erfüllen muss. Das wasserlose Toilettensystem wird in Zusammenarbeit mit Airbus entwickelt. Aus diesem Grund wird die dort angewandte Dokumentation beibehalten.

6.1 Dokumentenstruktur nach Airbus

In der folgenden Graphik (Bild 6.1) ist der Zusammenhang der bei Airbus für die Zulassung verwendeten Dokumente dargestellt. Dabei stellt das „Top Level Aircraft Requirement“ (TLAR) eine allgemeine Sammlung von Anforderungen dar. Die „Purchaser Technical Specification“ (PTS) ist die detaillierteste und spezifischste Zusammenstellung der Anforderungen.

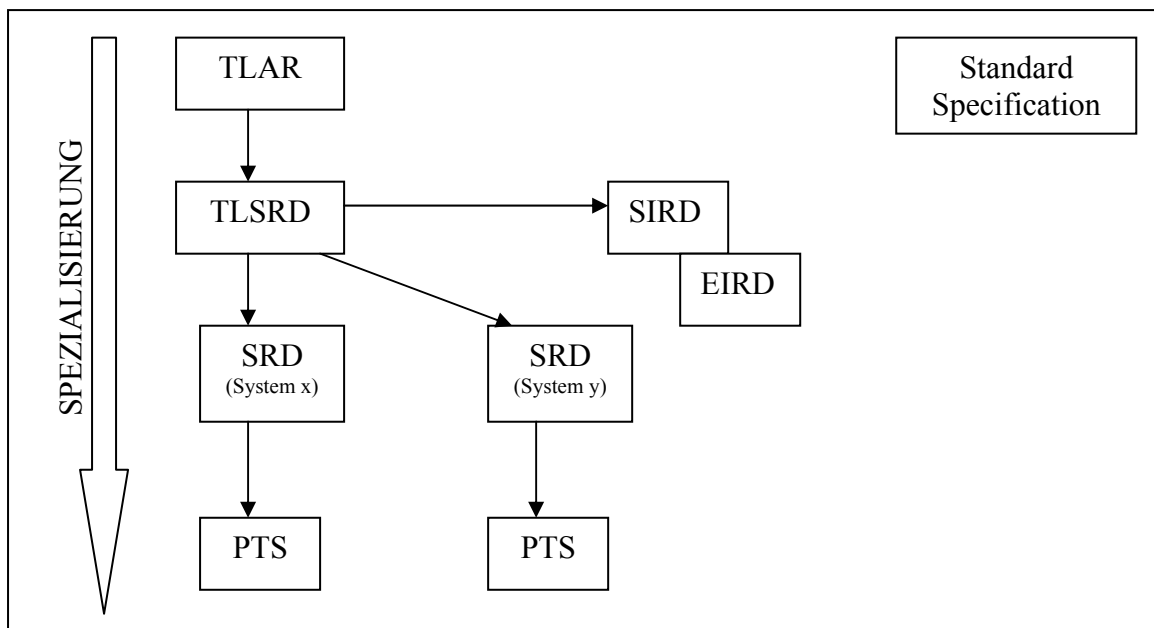


Bild 6.1 Dokumentenstruktur Airbus

Das allgemeine Dokument an der Spitze, aus dem sich die anderen ableiten lassen, ist das TLAR. Dort findet man die allgemeinen Beschreibungen des Flugzeugs wie z. B. die Flugleistungen wieder. Es wird noch nicht näher auf die einzelnen Systeme und deren Aufgaben eingegangen. Im „Top Level Systems Requirements Document“ (TLSRD) erfolgt dann die Angabe konkreter Anforderungen, jedoch auf einer allgemeinen Ebene. Die Unterteilung lehnt sich an die Vorgabe durch die ATA-Kapitel an. Aus dem TLSRD lassen sich das „Systems Requirements Document“ (SRD) und das „System Installation Requirements Document“ (SIRD) ableiten. Das SRD enthält die genauen Anforderungen an

ein einzelnes System, wie z.B. das Vakuumsystem oder das Wassersystem. Die Aufgaben werden exakt definiert. Im SIRD wird beschrieben, was beim Einbau eines Systems zu beachten ist, z. B. mit welchem Gefälle Rohrleitungen verlegt werden sollen. Ein Unterdokument des SIRD ist das "Equipment Installation Requirements Document" (EIRD). Hier erfolgt die Beschreibung der Randbedingungen nicht auf System- sondern auf Ausrüstungsteilebene. Aus dem SRD wiederum lässt sich die „Purchaser Technical Specification“ (PTS) ableiten. In ihr findet man konkrete Anforderungen wie Gewicht oder Druck. Das PTS ist das Dokument, welches einem Unterauftragnehmer als Grundlage für seine Arbeit ausgehändigt wird.

6.2 Anforderungen an das alte System

Ausgehend vom SRD 3831 DL der Firma Airbus wurde ein Dokument erstellt, das nur Anforderungen enthält, die für das wasserlose System relevant werden. Dieser Anforderungskatalog befindet sich in Anhang C.

6.3 Anforderungsänderungen für das neue System

Ausgehend von den Änderungen, die durch das wasserlose System in der Toilettenkabine entstehen werden, muss es eine Anpassung der Anforderungslisten geben. Kern dieser Änderungen ist meist der Ersatz der Anforderungen, die sich auf das Spülwasser beziehen, durch eine entsprechende Regel, die auf die Besonderheiten der wasserlosen Toilette, z. B. den Einsatz der Tüten, abgestimmt ist.

Die Änderungen beziehen sich jeweils auf den angegebenen Anforderungspunkt im SRD in Anhang C.

In der Einführung zu Punkt 3.5.2 wird die Unterfunktion "Induction of rinse water" durch die neue Unterfunktion "Provision of foil bags" ersetzt.

The function "Waste Reception" encloses the subfunctions

- Reception of waste in lavatories (human waste)
- Provision of foil bags
- Intermediate storage of waste
- Discharge of waste.

Daraus folgt für die Anforderung *D-SF-04-38-31-015-1*

By performing the subfunction “Provision of foil bags” the surface of the equipment fulfilling the function “Waste Reception” shall be protected from waste. The foil bag shall also protect the toilet seat.

Der Anforderungspunkt *D-SF-04-38-31-036-1*

Sufficient vacuum shall allow sufficient waste transport including foil bags between the flush valve and the duct under the following conditions:

- All tank levels and
- All operational attitudes and
- Filter conditions when Δp over filter is increased by 50% due to partial clogging and
- Simultaneous waste transport from:
 - 2 toilet assemblies and 1 galley waste disposal unit of one subsystem or
 - 2 toilet assemblies of LDF of one subsystem respectively filled with an amount of waste matter of 1 l or

1 toilet assembly of LDF filled within amount of waste matter of 10 l.

Für Anforderung *D-SF-04-38-31-040-1* wird eine Änderung nötig. Dabei wird die Wassereinleitung gegen die Bereitstellung der Tüten getauscht.

The subfunctions “Monitoring of parameters related with functions, subfunctions and equipment functions of the Toilet System (Vacuum)” shall be applied in minimum for:

- Subfunction “Discharge of waste” of the system function “Waste Reception”
- Subfunction “Provision of foil bags” of the system function “Waste Reception”
- Subfunction “Storage of waste till discharge” of system function “Waste Storage”
- Subfunction “Discharge of waste on ground” of system function “Waste Storage”

Anforderung *D-SF-04-38-31-056-1* entfällt komplett, da die Wasserspülung für die Toilette nicht mehr benötigt wird.

In Anforderung *D-SF-04-38-31-121-1* wird ein Teil gestrichen.

The Toilet System (Vacuum) shall under no failure combinations imply any hazardous effect to the passengers/cabin crew.

Anforderung *D-SF-04-38-31-210-1* entfällt.

Des Weiteren werden völlig neue Anforderungen nötig, die vor allem die Bedingungen darlegen, welche an die Tüten gestellt werden. So wird definiert werden müssen, ob und wenn ja wie schnell sich die Tüten auflösen müssen. Auch wird es gewisse Ansprüche an die Oberflächenbeschaffenheit geben. Genauere Aussagen können allerdings erst getroffen werden, wenn eine konkrete Lösung für das wasserlose System feststeht und somit auch, wie sich die Tüten verhalten müssen.



7 Erste Konstruktionsvorschläge für ein Fördersystem

In Kapitel 4.2 wurde die Funktionsweise des ersten Prototypen vorgestellt. Die praktische Umsetzbarkeit wurde zwar grundsätzlich nachgewiesen, aber viele Probleme vernachlässigt. Anhand einer systematischen Ideensammlung mit anschließender Auswertung soll sich dieses Kapitel einer erneuten konstruktiven Umsetzung des wasserlosen Toilettensystems widmen. Dabei werden als Grundlagen nicht die Vorgaben des ersten Prototypen genutzt, sondern nur die Bedingungen vorgegeben, dass das System wasserfrei funktionieren muss und als Wasserersatzstoff Folienbeutel nutzt. Es darf kein Eingriff in das Flugzeugsystem außerhalb der Toilettenkabine erfolgen. Und auch die Infrastruktur der Flughäfen sollte, abgesehen von der Bereitstellung der Tüten, nicht für das wasserlose System verändert werden müssen.

Es wird beschrieben, warum und wie Lösungsmöglichkeiten entstanden und anschließend näher betrachtet oder verworfen wurden. Die Vorgehensweise orientierte sich dabei an dem in der Vorlesung „Konstruktion Maschinenelemente“ von Prof. Jeske (HAW-Hamburg) vermittelten Konzept.

7.1 Erste Vorkonstruktion

7.1.1 Ablaufschema und Lösungsmatrix I

Im ersten Schritt wird ein *Ablaufschema* (siehe Bild 7.1) des Toilettenbetriebs erstellt. Es erfolgt eine Zerlegung des Vorgangs der Toilettennutzung in Teilfunktionen. Dadurch gewinnt man einen besseren Überblick über die Komplexität des Gesamtvorgangs.

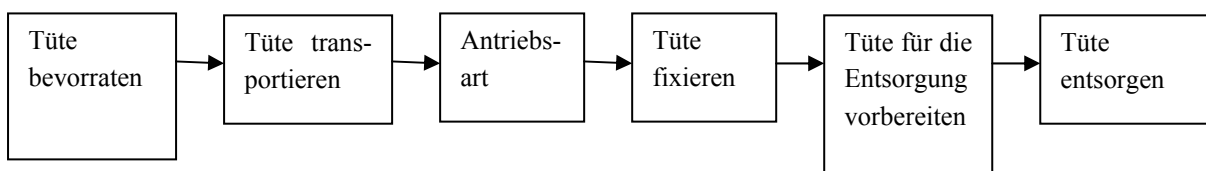


Bild 7.1 Ablaufschema des Toilettenbetriebs I

Danach erfolgt in Form einer Tabelle die *Zusammenstellung verschiedener Lösungen* (siehe Tabelle 7.1) für jede Teilfunktion. Die Lösungen werden an dieser Stelle noch nicht nach ihrer Umsetzbarkeit bewertet. Daher finden sich durchaus „außergewöhnliche“ Vorschläge in der folgenden Lösungsmatrix.

Tabelle 7.1 Lösungsmatrix I

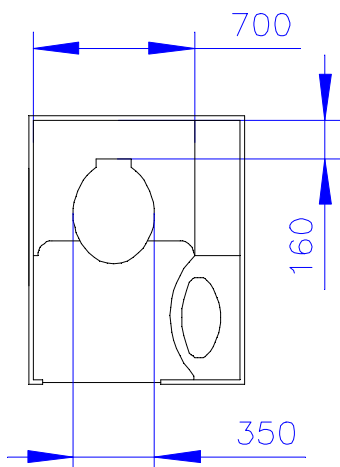
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Tüte bevorraten	aufgerollt am Stück	aufgerollt perforiert	aufgerollt geklebt (lose)	gestapelt am Stück	gestapelt perforiert	gestapelt geklebt	gestapelt lose
Tüte transportieren	Rollen	Greifer	Förderband	per Magnet	selber rausziehen	eingearbeitete Schnur	Zahnräder
Antriebsart	Vakuum (System oder Akku)	E-Motor	Hydraulik	manuell	Magnetfeld	Pneumatik	
Tüte fixieren	Schwerkraft	durch Vakuum ansaugen (System)	durch Vakuum ansaugen (Akku)	statische Aufladung	Pneumatik (von oben pusten)	mechanisch (Stempel)	
Tüte für Entsorgung vorbereiten	Messer	Schere	Heißdraht	Perforation	Klebung	bereits lose	Kreissäge
Tüte entsorgen	Vakuum						

Im folgenden Abschnitt erfolgt eine Diskussion über die Vor- und Nachteile der verschiedenen Lösungen mit einer anschließenden Zusammenfassung in Tabellenform. Die Bewertung erfolgte dabei durch Punktevergabe zwischen 1 für gut und 3 für schlecht.

Bevorratung

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Tüte bevorraten	aufgerollt am Stück	aufgerollt perforiert	aufgerollt geklebt (lose)	gestapelt am Stück	gestapelt perforiert	gestapelt geklebt	gestapelt lose

Beim Punkt „Tüte bevorraten“ ist die erste Überlegung, welche Form der Packung am platzsparendsten und am formvariabelsten ist, da in der Toilettenkabine nur sehr wenig Platz für den Einbau zusätzlicher Systeme zur Verfügung steht. Verdeutlicht wird dieser Umstand in Bild 7.2, welches eine Toilettenkabine von oben zeigt.

**Bild 7.2**

Platz in der Toilettenkabine

Eine Rolle hat immer die vorgegebene Form und lässt sich den äußeren Verhältnissen nur durch eine Variation des Durchmessers und der Breite anpassen. Höhe und Tiefe der Rolle sind dabei immer identisch. Herstellungstechnisch ist sie wahrscheinlich einfach umzusetzen. Stapelt man die Tüten, hat man Änderungsmöglichkeiten in Breite, Tiefe und Höhe des Stapels. Die Herstellung der Stapelung wird aufwändiger als das Aufrollen der Tüten.

Tabelle 7.2 Bewertung Bevorratungslösung

Bewertungsaspekt	Tüten gerollt	Tüten gestapelt
Variabilität/Größe	3	1
Herstellung	1	2
Ergebnis	4	3

Eine Option ist die Tüten in einer festen Spenderbox zu stapeln (siehe Abschnitt 7.1.3 „Technische Umsetzung“ Unterpunkt „Tütenbereitstellung“), an deren Ausgang die erste Tüte zur Verfügung stehen könnte, um ein problemloses Bestücken der Toilette zu gewährleisten. Diese Box könnte dann einfach ausgetauscht werden. Wie Bild 7.3 verdeutlicht, sollte ihr Installationsort aus Platz- und Erreichbarkeitsgründen idealerweise hinter und oberhalb der Toilette liegen. So könnte auch gewährleistet werden, dass keine Flüssigkeiten, wie z.B. Wasser aus dem Handwaschbecken oder Urin, hineingelangen.

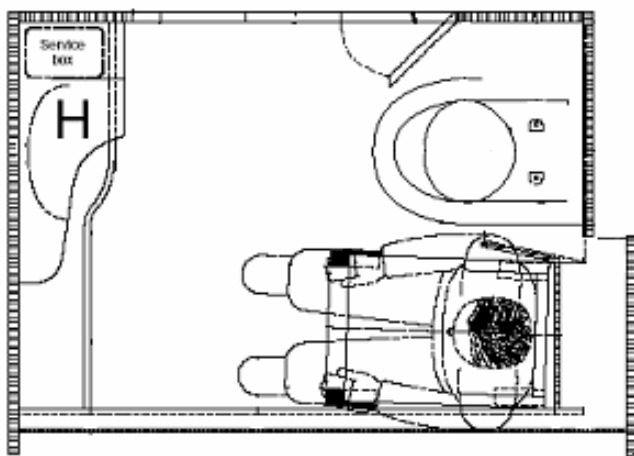


Bild 7.3 Behindertentoilette

Die Art und Weise, wie und ob die Tüten überhaupt miteinander verbunden sind, entscheidet sich nach wirtschaftlichen Aspekten. Dabei gilt es folgendes zu klären. Ist die Nutzung einer Schneidvorrichtung in Einheit mit noch vollständig verbundenen Tüten (am Stück, siehe Bild. 7.6) die kostengünstigere Variante oder sollte man die getrennten und wieder durch Klebung verbundenen (siehe Bild 7.4), aber dadurch einfach trennbaren Tüten vorziehen. Eine andere Möglichkeit wäre noch eine Perforation (siehe Bild. 7.5). Bei der Verwendung von vollständig verbundenen Tüten ist hierbei auch der technische und finanzielle Aufwand zu beachten (siehe hierzu auch Abschnitt „Trennung“).

Tabelle 7.3 Bewertung Tütenaufbewahrung

Bewertungsgröße	Tüten lose	Tüten am Stück	Tüten perforiert	Tüten lose geklebt
Herstellungsaufwand	3	1	2	3
Trennungsaufwand	1	3	1	1
Herstellungskosten	2	1	2	3
Ergebnis	6	5	5	7

Doch die endgültige Entscheidung kann erst nach einer Wirtschaftlichkeitsprüfung getroffen werden. Bei der Perforation stellt sich außerdem die Frage, wie zuverlässig sie gearbeitet werden kann. Die Trennung der Tüten allein durch die Kraft des Vakuums muss in jedem Fall gewährleistet sein.

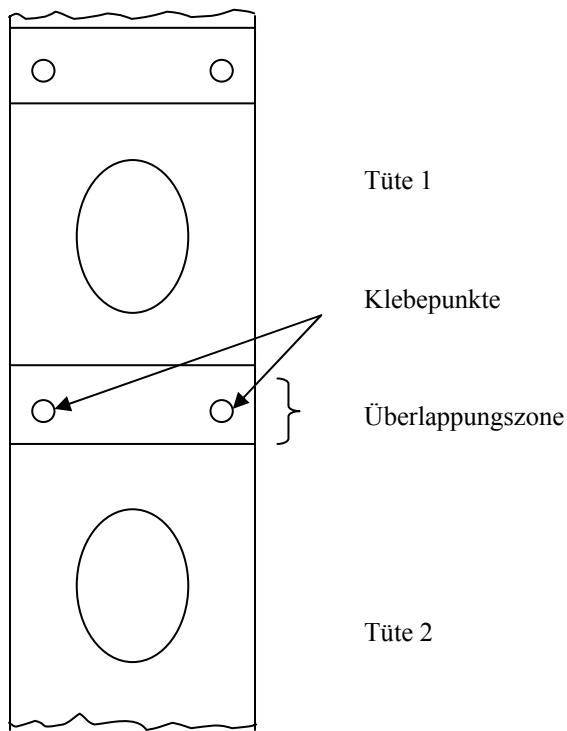


Bild 7.4 Skizze Klebung

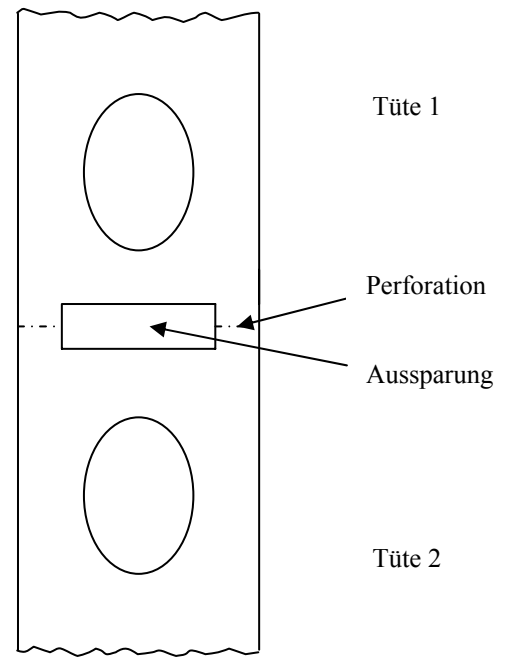


Bild 7.5 Skizze Perforation

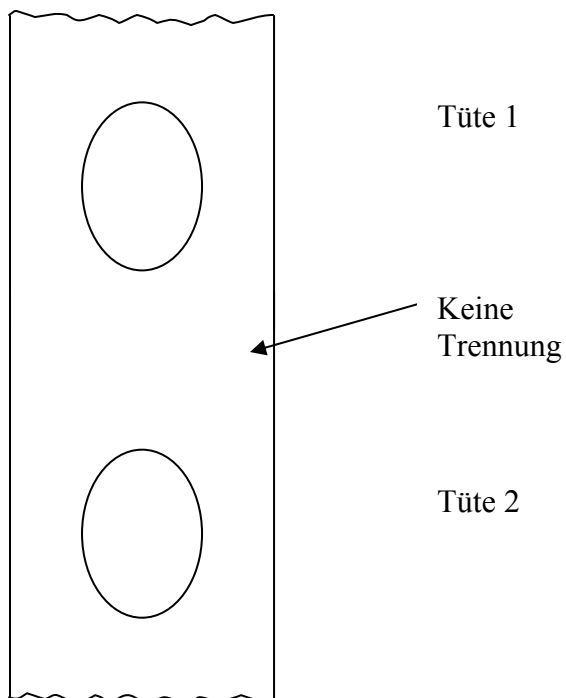


Bild 7.6 Skizze Tüten ohne Trennung

Transport

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Tüte transportieren	Rollen	Greifer	Förderband	per Magnet	selber rausziehen	eingearbeitete Schnur	Zahnräder

Die Auswahl für einen Mechanismus zum „Tüte transportieren“ gestaltet sich einfacher. Zwischen gegenläufigen Rollen und Zahnrädern könnten die Tüten gut geführt über der Toilettenbrille in die gewünschte Position gebracht werden. Bei dieser Lösung besteht jedoch die Gefahr, dass sich die sehr dünnen Tüten zwischen den Rollen (Zahnrädern) verfangen und aufstauen. Ein auf jeder Seite in den Rand der Tüte eingearbeiteter Magnet oder ein kleines Plättchen eines magnetischen Metalls, welches den Transport der Tüte durch ein Magnetfeld ermöglichen würde, ist technisch und vor allem finanziell sehr schwer machbar. Allein der Aufwand jede Tüte mit mindestens zwei Plättchen zu versehen ist finanziell und fertigungstechnisch nicht vertretbar. Die einfachste Lösung für den Vortransport wäre es die Aufgabe dem Passagier zu übertragen. Dieser müsste die Tüte aus dem Spender ziehen und dann die Toilettenschüssel damit auskleiden und die Toilettenbrille bedecken. Das ist aus zwei gravierenden Gründen nicht umsetzbar. Erstens wird ein solches System, welches dem Nutzer ein gewisses Maß an Eigeninitiative abverlangt, bei den Käufern, also den Fluglinien, kaum Zustimmung finden. Zweitens ist zu erwarten, dass nicht alle Passagiere die Tüten benutzen werden, zum Teil aus Bequemlichkeit oder auch aus Unverständnis des Systems. Denn betrachtet man die weltweiten Einsatzgebiete eines Flugzeugs, so wird offensichtlich, dass die Erklärung des Tütensystems so eindeutig gemacht werden müsste, dass sie, unabhängig von den Sprachkenntnissen der Passagiere, international verständlich wäre.

Eine in die Tüten auf jeder Seite „eingearbeitete Schnur“ ist ein sehr aufwendiges Verfahren. In der Produktion müsste in die Tüten das Seil eingearbeitet werden. Das würde die Herstellkosten der Tüte erhöhen. Vor dem Gebrauch der Tüten wäre es nötig, die Schnur auf jeder Seite auf Rollen aufzubringen, um den Vortransport gewährleisten zu können, welcher dann aber unproblematisch wäre. Beim Absaugen der Tüten müsste anschließend allerdings sichergestellt sein, dass die jeweilige Tüte mühelos von der Schnur getrennt werden könnte. Ein Nachteil des Verfahrens ist, dass die aufgewickelte Schnur als Rest übrig bleiben würde und extra entsorgt werden müsste, was gleichbedeutend mit unerwünschtem Mehraufwand ist. Bleiben als Fördermöglichkeiten der Greifer und das Förderband übrig. Deren Verwirklichung scheint nach ersten Überlegungen durchaus realistisch. Ein einfaches umlaufendes Förderband könnte die benötigte Tüte in einer festen Bahn ohne Probleme auf ihren Platz bringen. Allein die Aufnahme der Tüte von der Spenderbox könnte schwierig werden. Dieses Problem würde der Greifer umgehen. Er könnte die Tüte vom Ausgang der Spenderbox bis zum Platz auf der Toilettenbrille befördern.

Tabelle 7.4 Bewertung Transportlösung

Bewertungsgröße	Rollen	Greifer	Förderband	Magnet	manuell	Eingearbeitete Schnur	Zahnräder
Zuverlässigkeit bei der Beförderung	2	1	1	1	1	1	3
Haltbarkeit	2	2	2	3	1	1	2
Technischer Aufwand	2	2	2	3	1	3	2
Kosten	2	2	2	3	1	3	2
Bewertung	8	7	7	10	4	8	9

Antrieb

	I	II	III	IV	V	VI
Antriebsart	Vakuum (System oder Akku)	E-Motor	Hydraulik	manuell	Magnetfeld	Pneumatik

Einige Antriebsarten fallen nach Auswahl der Transportarten automatisch weg. Das Magnetfeld, welches nur in Verbindung mit dem eingearbeiteten Metallplättchen verwendet werden kann, wird nicht mehr benötigt, da die Einarbeitung der Metallplättchen bereits als zu kostspielig ausgeschlossen wurde. Die manuelle Vorgehensweise ist, wie bereits im vorangegangenen Abschnitt (Transport) erläutert, nicht umsetzbar. Die Hydraulik ist ein üblicher Flugzeugversorger, jedoch liegen in der Toilette keine Anschlüsse dafür bereit. Auch sind die verwendeten Flüssigkeiten meist aggressiv und sollten im Bereich der Toilette vermieden werden. Auch für die Pneumatik sind in der Toilette keine Anschlüsse vorgesehen. Die Ausstattung mit einem eigenen Pneumatiksystem, das auf die Bedürfnisse der Transportvorrichtung abgestimmt ist, wäre hier eine Alternative, die überprüft werden sollte. Ein E-Motor als Antrieb für den Fördermechanismus erscheint als eine robuste und in der Größe sehr variable Lösung. Der Antrieb, der sich in der Toilette natürlich anbietet ist das Vakuum, eventuell durch einen Akku mit einem Druckregler leicht abgeschwächt, um eine Steuerbarkeit der Vakuumstärke zu erreichen. Hier müsste überprüft werden, inwieweit das machbar ist.

Tabelle 7.5 Bewertung Antriebslösung

Bewertungsgröße	Vakuum	E-Motor	Hydraulik	manuell	Magnetfeld	Pneumatik
Zuverlässigkeit	2	2	2	3	2	2
Techn. Machbarkeit	2	1	3	1	3	2
Kosten	2	1	2	1	3	2
Bewertung	6	5	7	5	8	6

Fixierung

	I	II	III	IV	V	VI
Tüte fixieren	Schwerkraft	durch Vakuum ansaugen (System)	durch Vakuum ansaugen (Akku)	statische Aufladung	Pneumatik (von oben pusten)	mechanisch (Stempel)

Beim „Tüte fixieren“ ist die Auswahl sehr leicht. Per „Schwerkraft“, also so, dass ein in den Tütenboden eingearbeitetes Gewicht automatisch dafür sorgt, dass die Tüte den Toilettenschüsselbereich ausfüllt, ist produktionstechnisch schwer umsetzbar. Die Fixierung durch statische Aufladung der Tüten ist zu unzuverlässig. Außerdem müssten die Tüten vor der Benutzung durch den Passagier geerdet werden, um keine unangenehmen elektrischen Schläge zu verursachen, und würden so ihre Haftung an der Toilettenbrille verlieren. „Von oben pusten“ dürfte Schwierigkeiten bei der Umsetzung machen. Ein „mechanischer Stempel“, der sich im Toilettendeckel befindet, könnte auf den Kunden „billig“ wirken. So bleibt nur das Vakuum zu nutzen, entweder direkt vom System oder aus einem Akku.

Tabelle 7.6 Bewertung Fixierungslösung

Bewertungsgröße	Schwerkraft	Vakuum	Stat. Aufladung	Pneumatik	Mechanik
Zuverlässigkeit	1	1	3	1	1
Techn. Machbarkeit	2	2	3	3	2
Kosten	3	2	2	2	2
Bewertung	6	5	8	6	5

Trennung

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Tüte für Entsorgung vorbereiten	Messer	Schere	Heißdraht	Perforation	Klebung	bereits lose	Kreissäge

Die Art der „Trennung“ hängt direkt von der Tütenbevorratung ab. Perforierte Tüten werden natürlich an der Perforation getrennt und geklebte an der Klebung. Lose Tüten bedürfen keiner Trennung mehr. Für die Trennung der Tüten am Stück ist die Variabilität der Möglichkeiten schon größer. Die Anwendung einer Kreissäge wird in der Umsetzung wahrscheinlich sehr aufwändig. Außerdem dürfte der Verschleiß groß sein, da die Tüten zu einer starken Abnutzung der Sägeblätter führen. Der Heißdraht sollte näher überdacht werden. Bei seiner Verwendung entstehen durch die Hitze Rückstände am Draht, welche von diesem entfernt und anschließend entsorgt werden müssten. Diese Rückstände können bei einer exakten Einstellung der richtigen Temperatur aber vermieden werden. Es muss also überprüft werden, wie genau die Temperatur eingestellt und gehalten werden kann. Messer und Schere ergeben beide das gleiche Problem wie die Kreissäge. Sie werden wahrscheinlich zu schnell stumpf. Eine Lösung wäre eventuell, vorausgesetzt die Tüten werden in einer

fertigen Box geliefert, dass man die Schneidvorrichtung in der jeweiligen Tütenbox anbringt und so in jeder neuen Box eine scharfe Klinge zur Verfügung hat. Die einfachste Art der Trennung wäre wahrscheinlich sich auf die Kraft des absaugenden Vakuums zu verlassen und die Tüten an der Perforation während des Entsorgungsvorgangs zu trennen.

Tabelle 7.7 Bewertung Trennungslösung

Bewertungsgröße	Messer	Schere	Heißdraht	Perforation	Klebung	Bereits lose	Kreissäge
Zuverlässigkeit	2	2	1	2	1	1	2
Techn. Machbarkeit	1	1	2	2	2	1	2
Kosten	2	2	2	1	3	1	3
Bewertung	5	5	5	5	6	3	7

Entsorgung

Für den Punkt „Tüte entsorgen“ kommt nur ein Verfahren in Betracht. Die Entsorgung wird, wie im herkömmlichen Toilettensystem, durch das Vakuum erfolgen.

Zusammenfassung

Zur Verdeutlichung der gewonnenen Erkenntnisse sind die Favoriten in Tabelle 7.8 noch einmal farbig unterlegt.

Tabelle 7.8 Endauswertung

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Tüte bevorraten	aufgerollt am Stück	aufgerollt perforiert	aufgerollt geklebt (lose)	gestapelt am Stück	gestapelt perforiert	gestapelt geklebt	gestapelt lose
Tüte transportieren	Rollen	Greifer	Förderband	per Magnet	selber rausziehen	eingearbeitete Schnur	Zahnräder
Antriebsart	Vakuum (System oder Akku)	E-Motor	Hydraulik	manuell	Magnetfeld	Pneumatik	
Tüte fixieren	Schwerkraft	durch Vakuum ansaugen (System)	durch Vakuum ansaugen (Akku)	statische Aufladung	Pneumatik (von oben pusten)	mechanisch (Stempel)	
Tüte für Entsorgung vorbereiten	Messer	Schere	Heißdraht	Perforation	Klebung	bereits lose	Kreissäge
Tüte entsorgen	Vakuum						

7.1.2 Kombinationsorganigramm

Im nächsten Schritt werden die möglichen *Kombinationen in einem Baum zusammengestellt* (siehe Bilder 7.7 und 7.8). Dabei erfolgt gleich die Zuteilung von „Messer“ und „Schere“ zu „gestapelt am Stück“ und von „Perforation“ zu „gestapelt perforiert“. Aus Platzgründen werden einige Wörter abgekürzt.

M	Messer
Perf	Perforation
S	Schere
V	Vakuum
Vak(A)	Vakuum Akkumulator mit Druckregler
Vak(S)	Vakuum System

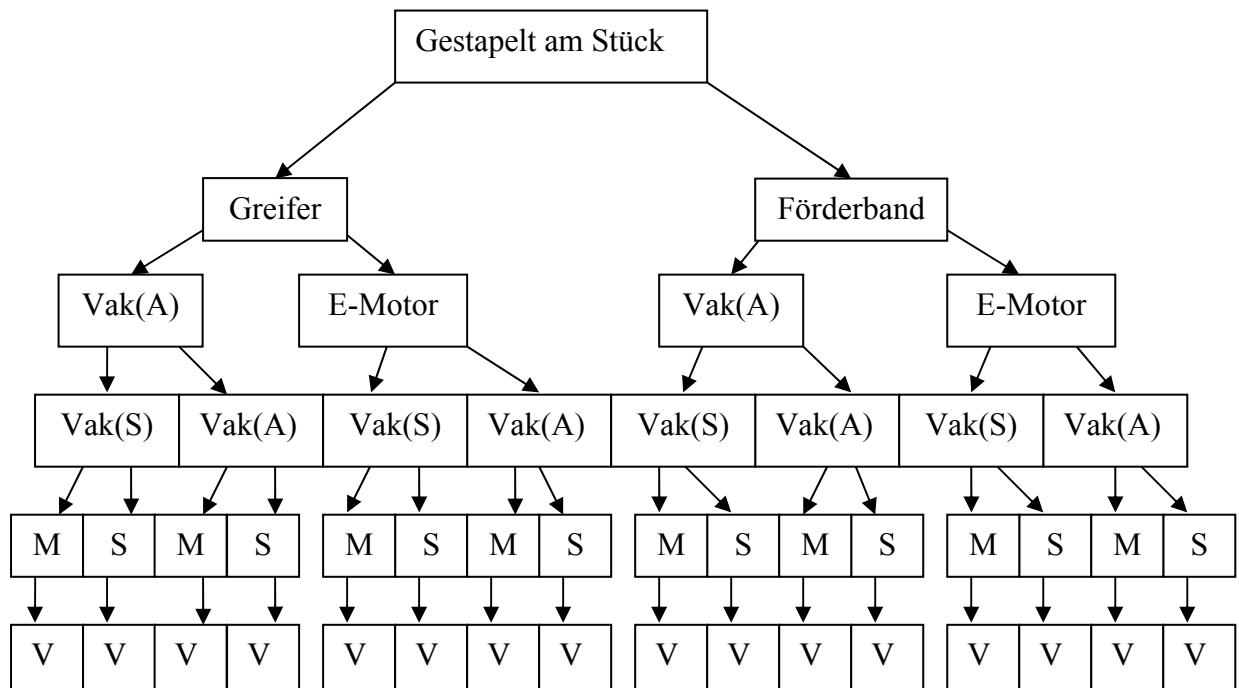


Bild 7.7 Lösungsbaum I

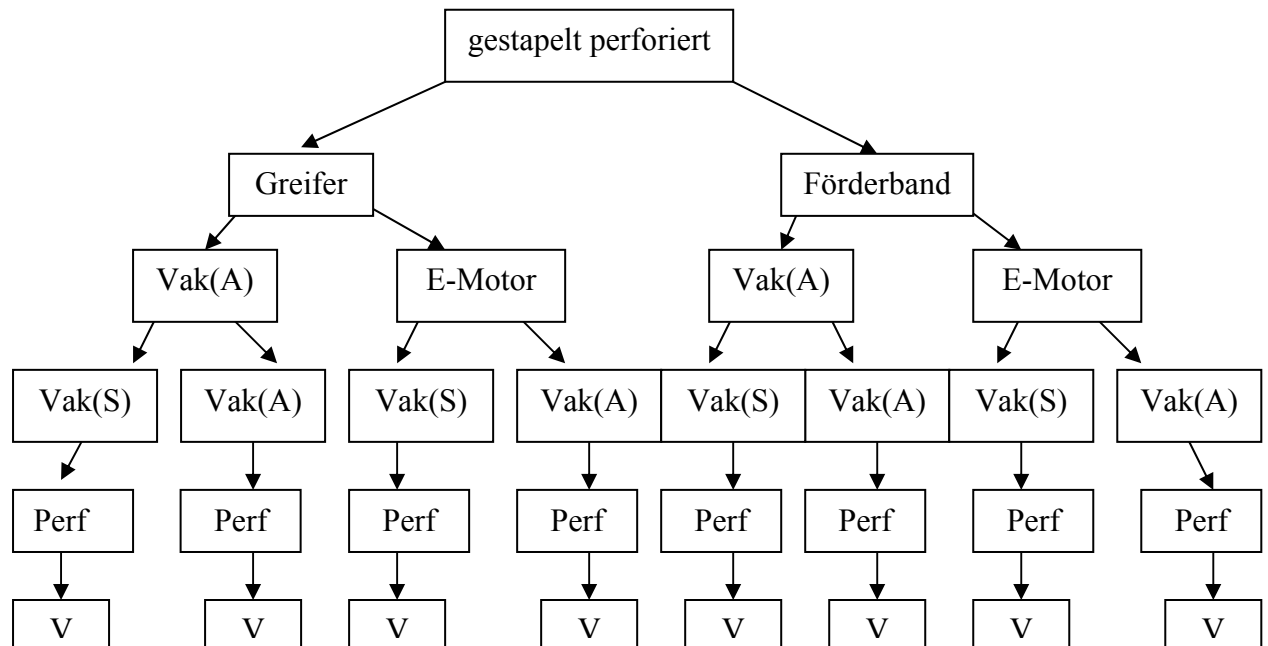


Bild 7.8 Lösungsbaum II

Die fertigen Strukturbäume bilden die Grundlage für die weitere Arbeit. Einige Äste erweisen sich bei näherer Betrachtung als nur bedingt zweckmäßig. So wird der Ast entfernt in dem „Vakuum Akkumulator mit Druckregler“ im „Antrieb“ und „Vakuum System“ für die „Fixierung“ aufeinander treffen. Sollte der Akku bereits für den Antrieb genutzt werden, dürfte es kein Problem sein, ihn auch zur Fixierung zu nutzen und so den Aufwand zu verringern. Die Steuerung des gesamten Vorgangs würde so sogar leichter werden, da der Akkumulator ein geregeltes, also gleichmäßiges Vakuum liefert.

7.1.3 Technische Umsetzung

Mit den so gewonnenen Erkenntnissen wird nun eine *technisch umsetzbare Lösung* gefunden.

Tütenbereitstellung

Als erstes müssen die Tüten zur Verfügung gestellt werden. Es wurde bereits entschieden, dass dabei die Aufbewahrung als Stapel am günstigsten ist. Für eine Toilette sollten während eines Langstreckenfluges etwa 300 Tüten zur Verfügung stehen. Aus platztechnischen Gründen wird es vermutlich schwer, alle Tüten auf einmal hinter der Toilette unterzubringen. Daher muss gewährleistet werden, dass sich der Tütenbehälter schnell und einfach nachfüllen lässt. Als Lösung bietet sich hier eine feste Box an, die, wenn sie leer ist, im Ganzen ausgetauscht werden kann. So sollte kurz vor dem Ende der Tüten ein Signal an die Flugbegleiter gehen, damit diese dann mit wenigen Handgriffen die Box tauschen können und ein reibungsloser „Toilettengebrauch“ garantiert werden kann. Der Gebrauch einer festen Box hätte noch einen weiteren Vorteil. Wenn man die Tüten am Stück nutzen will,

müssen sie folglich getrennt werden. Das Problem bei der Verwendung eines Messers ist aber, dass dieses durch die besondere Beschaffenheit der Folie sehr schnell stumpf wird. Die Lösung wäre ein in die Box integriertes Messer, welches maximal so viele Tüten wie sich auch in der Box befinden schneiden muss. Beim Nachfüllen derselben kann getestet werden, ob das Messer noch scharf genug ist und im Zweifelsfall ein Austausch erfolgen.

Transport und Übergabe

Der Punkt „Tüte transportieren“ ergibt ganz andere Probleme. Es gilt nicht nur die Frage zu klären, wie die Tüten transportiert werden sollen, sondern auch, wo sich die Transportvorrichtung befinden soll. Die naheliegendste Lösung wäre die Unterbringung seitlich unterhalb der Toilettenschüssel, da die Tüten so gut von der Bevorratungsbox hinter der Toilette nach vorn über den Toilettensitz transportiert werden können. Die Transportvorrichtung müsste nach außen geschützt werden, um Manipulationen durch Passagiere zu vermeiden. Dabei ergibt sich das Problem, dass durch die Führung der Tüte ein Schlitz entsteht. Gelangt nun Flüssigkeit neben die Toilette, so kann sie in den Schlitz laufen und den Antriebsmechanismus beschädigen, was vor allem durch die aggressive Wirkung von Urin zu befürchten wäre. Demzufolge sollte die Vorrichtung oberhalb der Toilettenbrille angebracht werden. Hierbei ergibt sich jedoch das Problem, dass man in einer Art Kuhle sitzen würde. Ein Umstand, den der Passagier nur schwer akzeptieren würde. Bleibt als letzte Ausweichmöglichkeit nur, den Antrieb in den Toilettendeckel zu verlegen. Dadurch wird ein weiteres Problem gelöst. Die Tüte soll ja nicht nur die Fäkalien auffangen, sondern gleichzeitig durch Bedeckung der Toilettenbrille für eine bessere Hygiene sorgen. Dafür muss sie aber auch über die gesamte Tiefe der Toilette gezogen werden. Mit einer seitlich angebrachten Vorrichtung würde das schwierig werden, da diese wiederum nicht über die Toilette hinaus in den Raum ragen darf, um dem Passagier ein größtmögliches Platzangebot zu geben. Aber trotzdem muss gewährleistet werden, dass die Tüte auch über die gesamte Toilettenbrille gezogen wird. Mit einer Transportvorrichtung im Toilettendeckel kann man ohne Probleme die geforderten Bedingungen erfüllen, da dieser auf jeden Fall die Brille bedeckt und zur Not auch etwas größer sein kann, da er im Benutzungsfall hochgeklappt wird und keinen unnötigen Platz beansprucht. Diese Lösung führt allerdings zu einem weiteren Zwischenschritt. Die Tüte muss von der Vorrichtung im Deckel an die Toilettenbrille übergeben werden. Mit diesen Erkenntnissen ist es angebracht, noch einmal den bereits oben beschriebenen Prozess mit den neuen Voraussetzungen zu durchlaufen.

7.2 Zweite Vorkonstruktion

7.2.1 Ablaufschema und Lösungsmatrix II

Als erstes wird ein neues *Ablaufschema* (siehe Bild 7.9) aufgestellt.

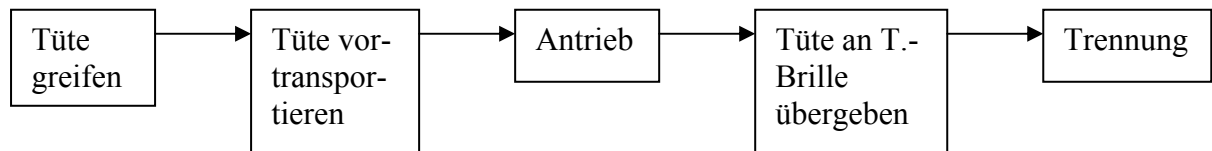


Bild 7.9 Ablaufschema II

Der erste Schritt müsste die Bereitstellung der Tüten sein, da dieser aber bereits geklärt ist, soll er hier nicht noch einmal betrachtet werden. Gleiches gilt für die Entsorgung. Hier gibt es nur die Möglichkeit, das Ganze durch das Vakuum zu regeln. Es muss nicht näher darauf eingegangen werden. Den einzelnen Punkten werden nun, wie schon bekannt, *einzelne Lösungsmöglichkeiten in einer Matrix* zugeordnet.

Tabelle 7.9 Lösungsmatrix II

	I	II	III	IV
Tüte greifen	Stifte	Greifer	Haken	Vakuum
Tüte vortransportieren	Förderband umlaufend	Zylinder	Feder	Mechanik (Gestänge)
Antrieb	Vakuum	E-Motor	Federkraft	Handkraft
Tüte an T.-Brille übergeben	Vakuum	Greifer	statische Aufladung	Klemmvorrichtung
Trennung	Guillotine	Messer	mechanisch zerreißen	

Tüte greifen

Für die Funktion „Tüte greifen“ scheidet das „Vakuum“ aus. Da die Oberfläche der Tüten sehr glatt ist, ist ungewiss, ob sie durch Ansaugen fest genug gehalten werden können um einen zuverlässigen Transport zu gewährleisten. Haken und Stifte werden wegen ihrer Ähnlichkeit gemeinsam betrachtet. Wenn man davon ausgeht, dass die Tüten an der vorderen Kante auf jeder Seite ein kleines Loch haben, in das die Stifte greifen können, so erscheint eine Umsetzung durchaus verwirklichtbar. Die technische Umsetzung des Greifers erscheint

aufgrund der Komplexität eines solchen als sehr kompliziert, aber nicht unmöglich. Sie müsste genauer überprüft werden.

Tabelle 7.10 Bewertung „Tüte greifen“

Bewertungsgröße	Haken/Stifte	Greifer	Vakuum
Zuverlässigkeit	2	1	3
Techn. Machbarkeit	1	2	2
Kosten	1	1	1
Bewertung	4	4	6

Tüte vortransportieren

Für den Punkt „Tüte vortransportieren“ erscheinen alle Möglichkeiten als gut umsetzbar. Hier wird letztendlich entscheiden, welche Vorrichtung am wenigsten Platz benötigt und dabei noch zuverlässig und günstig ist. Ein in den Deckel integriertes, umlaufendes Förderband wäre eine einfache und zuverlässige Lösung. Einziges Problem wäre die Aufnahme der Tüte aus dem Bevorratungsbehälter. Ein Zylinder, der in eine vorgefertigte Masche der Tüte greift und sie daran nach vorn über die Toilettenbrille zieht, könnte ein Platzproblem ergeben. Der Zylinder müsste im zusammengefahrenen Zustand von hinten in die Tüte greifen können und demzufolge hinter dem Toilettendeckel sitzen. Außerdem müssten die Tüten mit einer Lasche ausgestattet werden. Das wird finanziell wohl zu aufwendig. Feder und Mechanik wären die beiden manuellen Lösungen. Denkbar wäre es beispielsweise durch die Bewegung des Toilettendeckels eine mechanische Vorrichtung, eventuell mit Federn versehen, vorzuspannen und daraus die Kraft für die Vorbewegung der Tüten und deren Trennung zu gewinnen.

Tabelle 7.11 Bewertung „Tüte vortransportieren“ II

Bewertungsgröße	Förderband	Zylinder	Feder	Mechanik
Zuverlässigkeit	2	2	2	2
Techn. Machbarkeit	1	1	2	2
Kosten	1	2	1	1
Bewertung	4	5	5	5

Antrieb

Die Wahl des Antriebs hängt von der Wahl der Methode zum Vortransport der Tüten ab. Für das Förderband kommt als Antrieb das Vakuum und der E-Motor in Frage. Das Vakuum müsste wahrscheinlich geregelt sein, also als Akku zur Verfügung stehen. Für den Zylinder würde ein Antrieb durch das Vakuum, auch als Akku, Sinn machen. Die Federkraft und die Handkraft lassen sich jeweils der Feder und der Mechanik zuordnen.

Tabelle 7.12 Bewertung „Antrieb“ II

Bewertungsgröße	Vakuum	E-Motor	Federkraft	Handkraft
Zuverlässigkeit	1	2	2	2
Techn. Machbarkeit	2	2	3	3
Kosten	3	2	1	1
Bewertung	6	6	6	6

Tüte an Toilettenbrille übergeben

Beim Punkt „Tüte an Toilettenbrille übergeben“ fällt eine Lösung heraus. Die „statische Aufladung“ wurde bereits im Abschnitt 7.1.1 „Kombinationsorganigramm und Lösungsmatrix I“ im Unterpunkt „Fixierung“ ausgeschlossen. Alle anderen Lösungen scheinen umsetzbar zu sein. So könnten die Tüten von einem Greifer in Position gebracht und fixiert werden. Auch ist es vorstellbar, die Toilettenbrille mit kleinen Bohrungen zu versehen, an diese ein Vakuum anzulegen und dadurch die Tüten anzusaugen. Ein Problem könnte durch Verschmutzung der Bohrungen entstehen, was aber sicher durch eine entsprechende Form gelöst werden kann. Die Bohrungen könnten sich nach unten hin weiten und so durch das Absaugen der Luft automatisch Verschmutzungen ableiten. Ein gute Lösung wäre auch eine Klemmvorrichtung. Denkbar sind zwei Schenkel, auf jeder Seite der Toilette einer, die die Außenkanten der Tüten seitlich von der Toilettenbrille fixieren. Oder es könnte auch eine Art Rahmen im Deckel bereitstehen, der nach der Positionierung der Tüte über die Toilettenbrille abgesenkt wird und so die Tüte straff zieht und fixiert.

Tabelle 7.13 Bewertung „Tüte an Toilettenbrille übergeben“

Bewertungsgröße	Statische Aufladung	Greifer	Vakuum	Klemmvorrichtung
Zuverlässigkeit	3	2	2	1
Techn. Machbarkeit	3	1	2	1
Kosten	2	2	2	2
Bewertung	8	5	6	4

7.2.2 Kombinationsorganigramm

Mit den gefundenen Lösungen können jetzt wieder *verschiedene Kombinationen in Bäumen zusammengestellt* werden. Dabei werden nicht alle möglichen Kombinationen ausgeführt, sondern nur die, die Sinn machen. So ergibt sich ein rein mechanischer Baum (siehe Bild 7.10), der im Idealfall ohne die Zuführung von Energie, abgesehen durch die Muskelkraft des Passagiers, zu betreiben wäre. Ein zweiter Baum beschränkt sich auf einen Vakuumantrieb (siehe Bild 7.12). Der dritte wiederum mischt die verschiedenen Antriebsarten (siehe Bild 7.11).

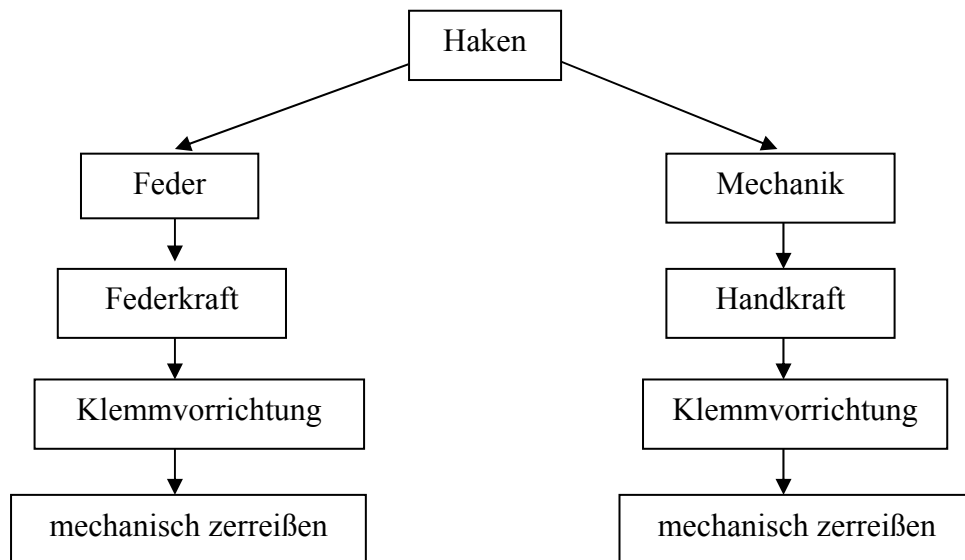


Bild 7.10 Lösungsbaum mechanisch

Nun erfolgt noch eine Auswertung der vorstehenden drei Lösungs bäume. Da wäre als erstes der rein mechanische Baum. Die Vorstellung, den gesamten „Tütenaustauschvorgang“ allein mit der beim Öffnen und Schließen der Toilette gewonnenen Energie zu steuern, ist attraktiv. Allerdings sind auch Zweifel angesagt. Fraglich ist, ob sich dieser Antrieb überhaupt verwirklichen lässt.

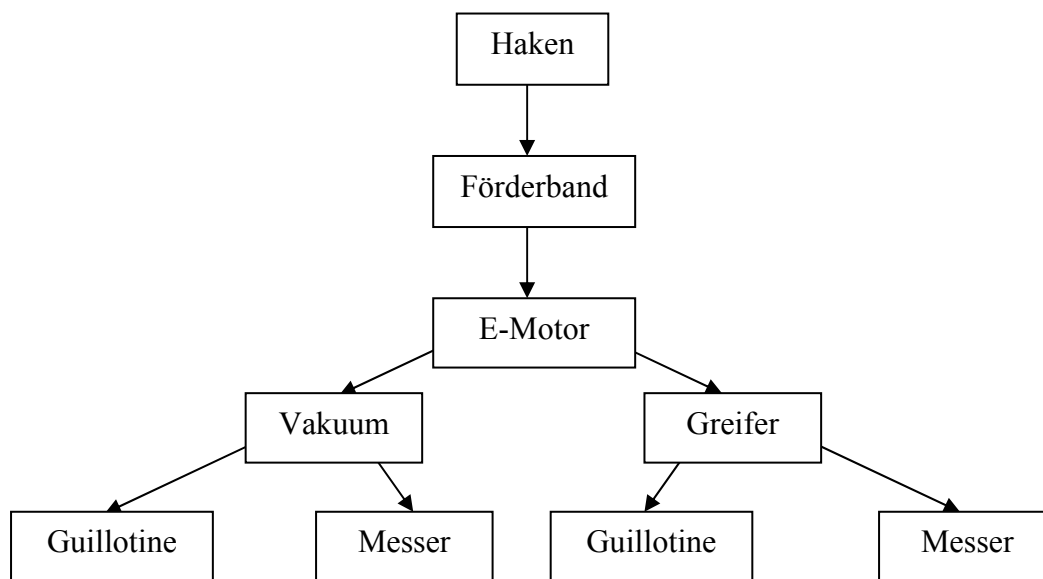


Bild 7.11 Lösungsbaum gemischt

Der gemischte Baum wirkt in dieser Hinsicht etwas anspruchsvoller. Der Transport mit dem Förderband dürfte die einfachste und zuverlässigste Lösung sein. Für den E-Motor wird zwar zusätzliche Energie benötigt, aber ein Elektrizitätsanschluss ist in der Toilette bereits vorhanden und muss demnach nicht aufwendig nachgerüstet werden. Diese Energie könnte anschließend für den Antrieb des Greifers, und im Abschluss für die Trennung, genutzt

werden. Die Lösung, die Übergabe der Tüte durch das Vakuum vornehmen zu lassen, hat den Vorteil, dass hierfür kein aufwendiger Mechanismus installiert werden muss. Allerdings benötigt man ein geregeltes Vakuum, um eine Beschädigung der Tüten zu vermeiden. Das lässt sich wahrscheinlich nur durch einen Vakuumspeicher garantieren. Es muss demnach überprüft werden, welche Lösung technisch und wirtschaftlich die bessere ist. Dabei sollte das zu erwartende Gewicht nicht vernachlässigt werden. Grundsätzlich sind beide Lösungen zu befürworten.

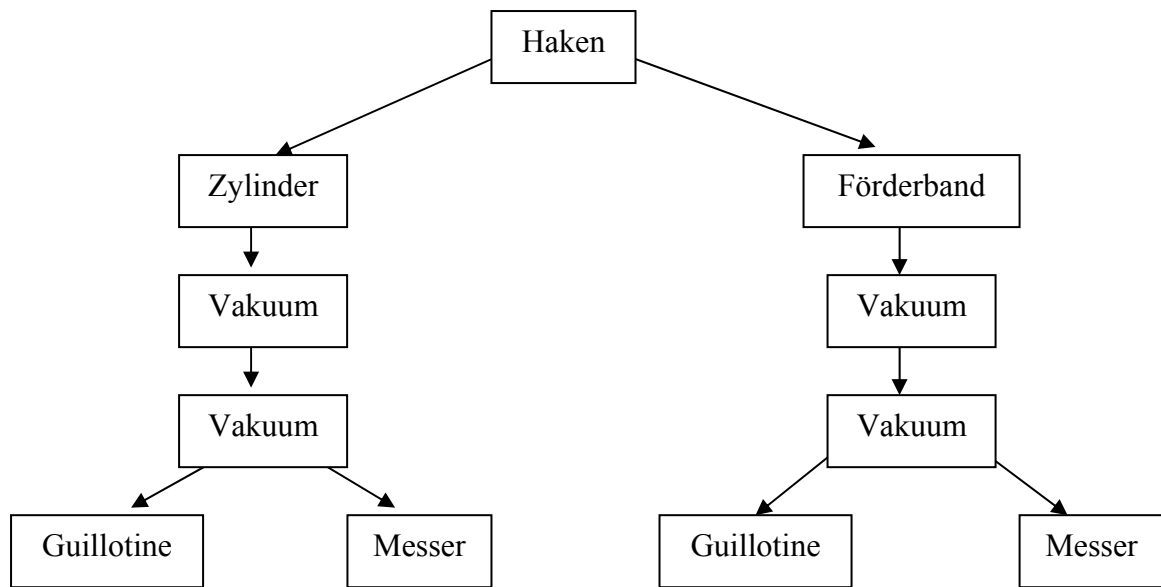


Bild 7.12 Lösungsbaum Vakuum

Bleibt als letztes der Lösungsbaum, der sich vollständig dem Vakuum widmet. Diese Lösung hat den Vorteil, dass nur eine Energiequelle benötigt wird, das Vakuum. Dieses liegt an der Toilette in jedem Fall an. Es müsste für die Nutzung als Antrieb aber geregelt werden können. Hier kommt wieder der Vakuumspeicher ins Spiel. Wenn dieser sich ohne zu großen Platz- und Gewichtsbedarf verwirklichen lässt, würde er eine sehr gute Lösungsmöglichkeit darstellen.

Zu diesem Zeitpunkt der Vorentwicklung lässt sich noch kein klarer Favorit für die Umsetzung der wasserlosen Toilette festlegen. Dieser wird sich erst durch genauere Untersuchungen ergeben. Dann wird sich die Lösung durchsetzen, welche letztendlich bei einem möglichst geringem technischem Aufwand das wenigste Gewicht bringt und nur geringe Platzansprüche stellt, dabei aber immer noch kostengünstig ist.

7.2.3 Technische Umsetzung

In den Bildern 7.13 und 7.14 ist die Lösung mit der Fördereinrichtung im Deckel schematisch dargestellt. So ähnlich könnte die endgültige Lösung des wasserlosen Toilettensystems aussehen.

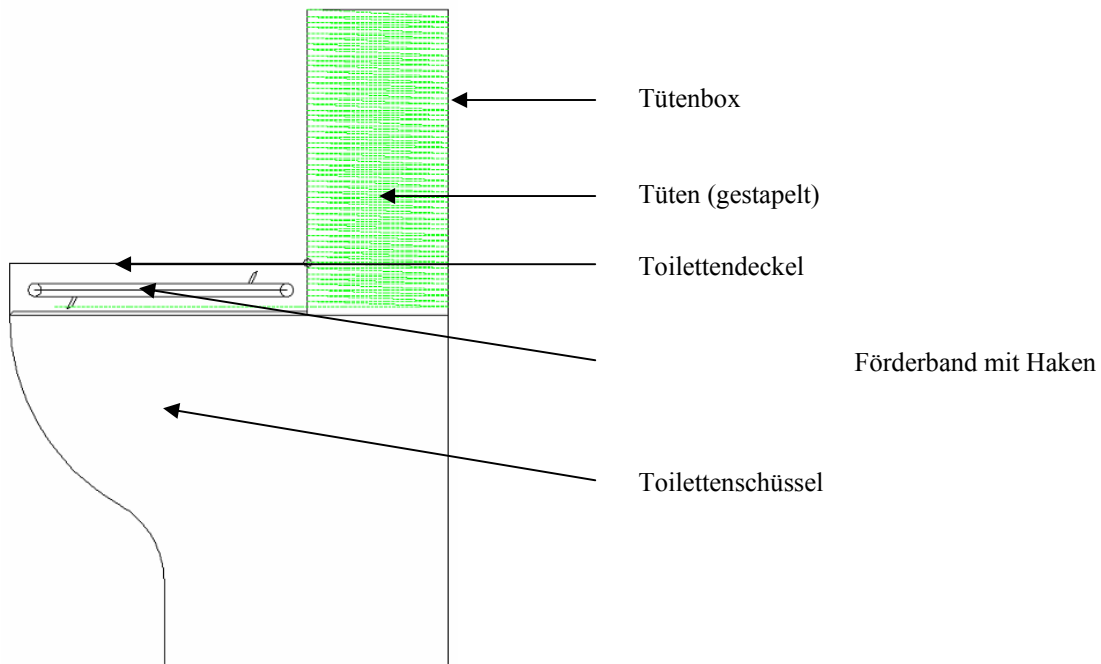


Bild 7.13

Seitenansicht wasserlose Toilette mit Antrieb im Deckel

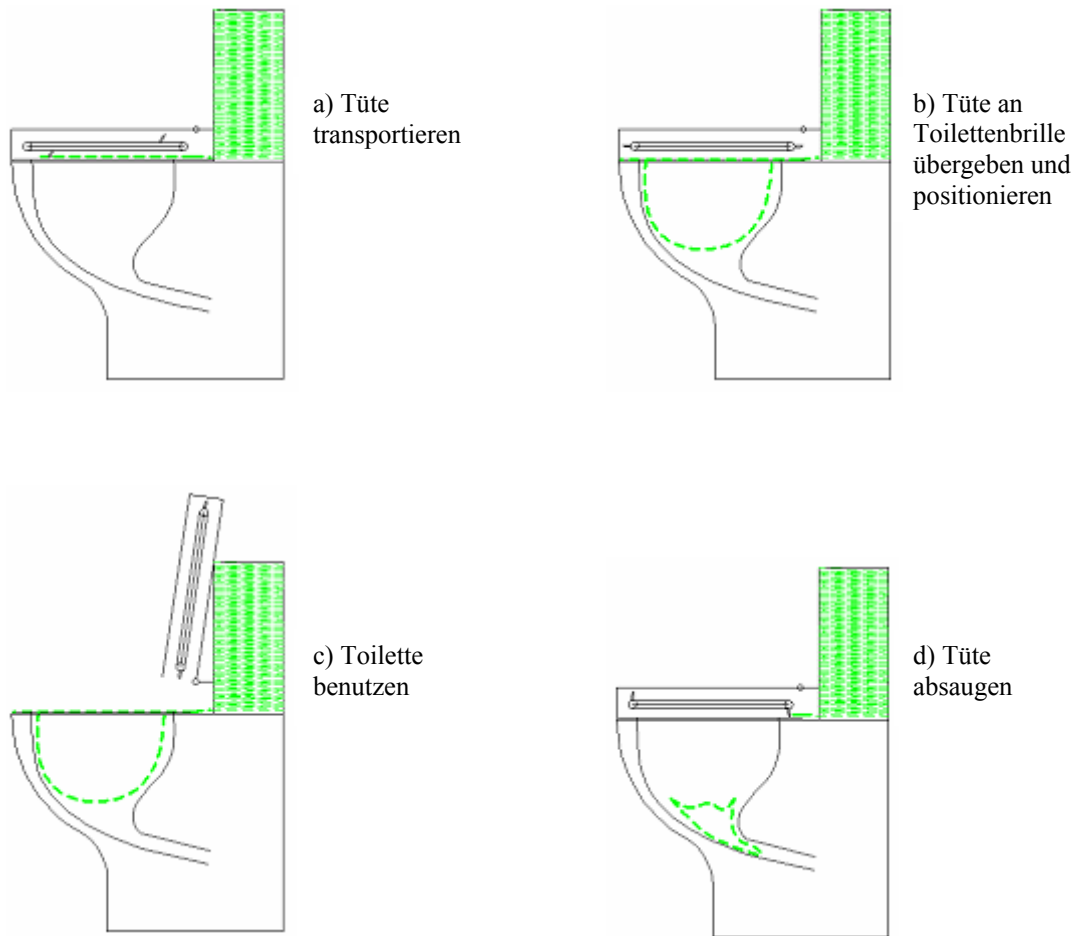


Bild 7.14 Funktionsablauf wasserlose Toilette

8 Zusammenfassung

Die vorliegende Diplomarbeit widmete sich dem Projekt „wasserlose Toilette für Passagierflugzeuge“. Am Anfang stand eine Betrachtung der Ausgangssituation dieser Arbeit. Es gab eine Vorstellung von bereits auf dem Markt befindlichen wasserlosen Toiletten und von Toiletten, die besonders hygienisch sind, sowie eine nähere Betrachtung des aktuellen Projektstatus'. Außerdem erfolgte eine Bestandsaufnahme der aktuellen Situation im Bereich Flugzeugtoiletten. Es wurden die herkömmlichen Toilettensysteme vorgestellt und danach eine genauere Betrachtung des Vakuumtoilettensystems vorgenommen, welches als Grundlage der wasserlosen Toilette dient. Auch wurden die verschiedenen Wasser-/Abwassersysteme der Airbusflugzeugfamilien vorgestellt.

Kern der Arbeit waren Kapitel 5 bis 7. So erfolgte eine detaillierte Betrachtung des Vakuumsystems hinsichtlich zu erwartender Probleme an den einzelnen Bauteilen bei der Einführung der wasserlosen Toilette. Da diese Betrachtung nur theoretisch erfolgte, konnte noch keine grundsätzliche Aussage zur technischen Realisierbarkeit des Projektes getroffen werden. Zur genauen Erforschung der verschiedenen Probleme wurden Vorschläge erarbeitet. Grundsätzlich wurde die Notwendigkeit eines Teststands erkannt, da nur dort eine genauere Problemfeststellung erfolgen kann. So ist es im Augenblick zum Beispiel nur eingeschränkt möglich zu sagen, welchen genauen Einfluss die Nutzung der Tüten auf das Rohrsystem haben wird. Aber genau diese Aussagen sind wichtig, um eine Einschätzung der Realisierbarkeit des neuen Toilettensystems machen zu können. Für eine Umsetzung des Projektes wasserlose Toilette wurde bereits eine Anforderungsliste erstellt, welche später den ausführenden Firmen als Grundlage einer Konstruktion dienen kann. Für diese Konstruktion wurden erste Lösungsvorschläge einer technischen Umsetzung gemacht. Die zwei Hauptergebnisse dieser technischen Vorarbeit waren:

1. Es wurde die Notwendigkeit erkannt, dass die Tüten in einer festen Spenderbox bevorratet werden müssen, welche sich aus praktischen und Platzgründen hinter und oberhalb der Toilette befinden sollte.
2. Des Weiteren wurde festgestellt, dass der Fördermechanismus für die Tüten, also das Kernstück der Konstruktion, im Deckel der Toilette untergebracht werden müsste, um einen möglichst guten Schutz vor Flüssigkeiten zu erreichen. Außerdem könnte so gewährleistet werden, dass der Fördermechanismus als modularer Aufsatz umsetzbar ist.

Auf diesen Grundlagen kann die Entwicklung eines Prototypen erfolgen.

9 Schlussbemerkung

Die theoretische Bearbeitung des Projektes „wasserlose Toilette“ hat gezeigt, dass es noch viele Probleme während der Entwicklung geben wird. Zu überprüfen, ob diese tatsächlich bestehen und sie dann gegebenenfalls zu lösen, ist die Aufgabe der nachfolgenden Diplomarbeiten von Frau Heimrich zum Thema „Die Bewertung geeigneter Folienmaterialien eines innovativen Toilettensystems für Passagierflugzeuge unter Berücksichtigung der umweltrechtlichen Rahmenbedingungen“, Frau Adrian zum Thema „Wirtschaftlichkeitsanalyse für das Projekt: Innovatives Toilettensystem für Passagierflugzeuge in der Forschungsabteilung der EADS Deutschland GmbH“ und Herrn Schuldt, der die technische Umsetzung des Projektes übernimmt.

Erste positive Reaktionen von verschiedenen Fluggesellschaften haben gezeigt, dass das Projekt ein Zukunftspotential hat. Das Interesse an Gewichtseinsparungen und einer Verbesserung der Hygiene ist vorhanden. Ob jedoch die Umsetzung der wasserlosen Toilette letztendlich in der geplanten Form erfolgt, hängt nicht nur von den Fluggesellschaften ab, sondern vorwiegend von der technischen Realisierbarkeit.

Literaturverzeichnis

- ABD 2000** AIRBUS INDUSTRIE (Hrsg.) : Requirements and Guidelines for the System Designer ABD0200.1.2.
- Adrian 2004** ADRIAN, Nina : *Wirtschaftlichkeitsanalyse für das Projekt : Innovatives Toilettensystem für Passagierflugzeuge in der Forschungsabteilung der EADS Deutschland GmbH*. Hamburg, Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Fachbereich Wirtschaft, Diplomarbeit, 2004
- AMM 1990** AIRBUS INDUSTRIE (Hrsg.) : *A340 Aircraft Maintenance Manual AMM Deutsche Lufthansa*. Blagnac : 1990
- CCG 1997** AIRBUS INDUSTRIE (Hrsg.) : *A330/A340 Cabin Configuration Guide*. Blagnac : 1997
- CCG 2002** AIRBUS INDUSTRIE (Hrsg.) : *A380-800 Cabin Configuration Guide: Referenz A380-800 L 000 08000, issue 3*. Hamburg : 2002
- Cescotti 2002** CESCOTTI, Roderich : *Aerospace-Wörterbuch*. 1. Aufl. Stuttgart : Motorbuch Verlag 2002
- DaimlerChrysler 2003**
URL : intra-patent.daimlerchrysler.com/pars/de/wila/recherche/recherche.html?db=PATX (2003-11-05)
- Duden 2001** WERMKE, Matthias (Hrsg.) : *Duden Fremdwörterbuch*. 7. Aufl. Mannheim : Dudenverlag 2001
- Heimrich 2003** HEIMRICH, Maïke : *Praktikumsbericht*. Lüneburg, Universität, Fachbereich Umweltwissenschaften, Praktikumsbericht, 2003
- IPC 1999** AIRBUS INDUSTRIE (Hrsg.) : *A310 Illustrated Parts Catalog*. 1999
- Nachwuchsgruppe 2000**
NACHWUCHSGRUPPE DASA : *Innovatives Toilettenkonzept (ITK) Abschlusspräsentation*. München : 2000
- oeko-energie 2003** URL : www.oeko-energie.de/images, (2003-10-5)

-
- Schneider 1998** SCHNEIDER, Frank : *Experimentelle Untersuchung der Rückströmungseffekte bei einer instationären pneumatischen Saugförderung*. Berlin, Technische Universität, Fachbereich Maschinenbau und Produktionstechnik, Diplomarbeit, 1998
- Scholz 2000** SCHOLZ, Dieter : *Flugzeugsysteme eine allgemeine Beschreibung*. Hamburg, Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Fachbereich Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau, Vorlesungsskript, 2000
- SRD 2002** EADS AIRBUS GMBH, ECYS : *System Requirements Document A380 Toilet System (Vacuum)*. Hamburg : 2002
- TD 1999a** AIRBUS INDUSTRIE : *A319/A320/A321 Aircraft Technical Description*. Blagnac : 1999
- TD 1999b** Airbus Industrie : *A340-500/600 Technical description Volume 3A Systems*. Blagnac : 1999
- Wild 1990** WILD, Thomas W. : *Transport Category Aircraft Systems*. IAP, Inc., A. Hawks Industries Company, 1990
- Wilfert 2001** WILFERT, Sascha : *Konzeption und Konstruktion eines neuen Toilettensystems für Passagierflugzeuge*. Aachen, Rheinisch Westfälische Technische Hochschule, Fachbereich Diplomarbeit, 2001
- Wutz 2000** WUTZ, Max; ADAM, Hermann; WALCHER Wilhelm; JOUSTEN, Karl : *Handbuch Vakuumtechnik*. 7. Aufl. Braunschweig : Vieweg 2000

Anhang A: Patente

PCT

世界知识产权组织
国际局

按照专利合作条约(PCT)所公布的国际申请

(51) 国际专利分类号: A47K 11/02	A1	(11) 国际公布号: WO97/27795 (43) 国际公布日: 1997年8月7日 (07.08.97)
(21) 国际申请号: PCT/CN96/00009 (22) 国际申请日: 1996年2月2日 (02.02.96) (71) (72) 申请人及发明人: 林恩龙 (HE, Englong) (CN/CN): 中国北京市朝阳区安外小关东里10号, 邮政编码: 100028, Beijing (CN). (74) 代理人: 北京市中原信达知识产权代理公司 (CHINA SINDA INTELLECTUAL PROPERTY LTD.): 中国北京市海淀区学院路41号希格玛商务中心4层, 邮政编码: 100068, Beijing (CN).	(81) 指定国: AL, AM, AT(&UM), AU(PF), AZ, BR, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ(&UM), DE(&UM), DK(&UM), EE(&UM), ES, FI(&UM), GB, GE, HU(UM), IS, JP(UM), KE, KG, KP, KR(UM), KZ, LK, LB, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK(&UM), TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN(UM), ARIPO专利 (KE, LS, MW, SD, SZ, UG), 欧亚专利 (AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲专利 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI专利 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG) PP=小专利; UM=实用新型; &U*=和实用新型 本国际公布: 包括国际检索报告。	
(54) Title: WATERLESS CLOSET ASSEMBLY (54) 发明名称: 无需用水冲洗的座便器组件		
(57) Abstract A waterless closet assembly comprises a toilet (1) having an annular seat (4), a step-by-step pulling bag means mounted below the toilet (1) and a disposal receptacle (10) mounted below the pulling bag means. One end of a tubular plastic bag (11) is arranged in the outside of the toilet (1), and the other end is wound round the upper surface of the annular seat (4) and passes through the inlet (2) of the toilet (1), a ring (14) for extending the plastic bag (11) and the pulling bag means, then is fed into the disposal receptacle (10). The pulling bag means includes a pair of waist drum-shaped pulling bag discs (6) and their step-by-step actuating means. Holding plates (12a, 12b) are fixed to the pulling bag discs respectively for holding the plastic bag (11) passing between them and sealing it. After closet being used each time, the pulling bag discs (6) feed a section of the plastic bag in which excrements are collected into the disposal receptacle (10), and a section of new plastic bag is wound round the annular seat (4), therefore cross-infection is prevented.		



US006393627B1

(12) **United States Patent**
Avila

(10) **Patent No.:** US 6,393,627 B1
(45) **Date of Patent:** May 28, 2002

(54) **WATERLESS TOILET CABANA**

(76) **Inventor:** Frank J. Avila, P.O. Box 180056,
Coronado, CA (US) 92178

(*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

3,422,985 A	*	1/1969	Rinehart	4/484
3,435,464 A	*	4/1969	Harding	4/449
4,161,793 A	*	7/1979	Merchan	4/476
4,305,164 A	*	12/1981	Sargent et al.	4/463
4,343,053 A	*	8/1982	O'Connor	4/484
5,088,134 A	*	2/1992	Douglas	4/484

* cited by examiner

Primary Examiner—Charles R. Eloschway

(21) **Appl. No.:** 09/251,986

(22) **Filed:** Feb. 17, 1999

(51) **Int. Cl.⁷** A47K 11/00

(52) **U.S. Cl.** 4/449; 4/462; 4/484

(58) **Field of Search** 4/449, 462, 463,
4/472, 473, 476, 477, 479, 482, 483, 484,
485, 486

(57) **ABSTRACT**

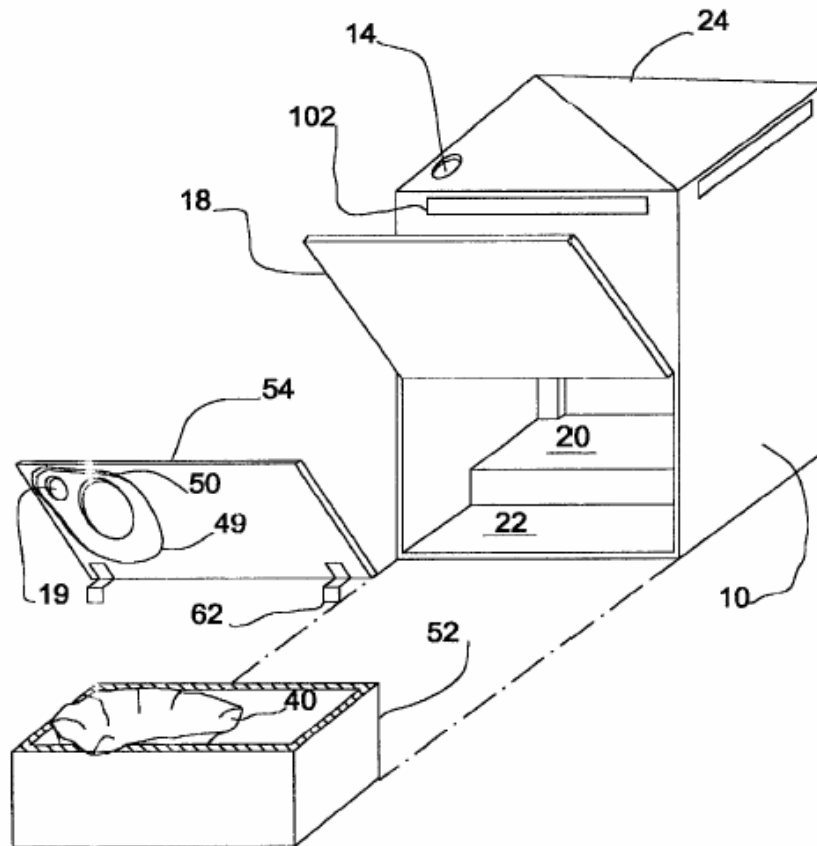
A toilet cabana having a removable container is disclosed. The cabana has a door for ingress and egress of the user and comprises a surrounding enclosure for privacy. The removable container receives waste from the user and comprises a top opening for receiving the waste and an opposite bottom opening. The container holds a removable bag therein. The bag has opposite first and second open ends that are releasably closable. Waste may be emptied from the container either by opening the bottom opening of the container and the open second end of the bag while the bag remains within the container or by removing the bag entirely from the container.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

1,080,930 A	*	12/1913	Schierding	4/449
2,974,321 A	*	3/1961	Salka	4/476
2,999,247 A	*	9/1961	Kulka	4/462
3,099,841 A	*	8/1963	O'Dell et al.	4/476

1 Claim, 8 Drawing Sheets



United States Patent [19]

[11] **4,346,002**

Petzinger

[45] **Aug. 24, 1982**

- [54] **WATERLESS VACUUM TOILET**
- [76] Inventor: **Manfred W. A. Petzinger**, Rte. 7, Box 87, Elizabethtown, Ky. 42701
- [21] Appl. No.: **251,023**
- [22] Filed: **Apr. 3, 1981**

Related U.S. Application Data

- [63] Continuation of Ser. No. 72,381, Sep. 4, 1979, abandoned.
- [51] Int. Cl.³ **A47K 11/02; C05F 9/04**
- [52] U.S. Cl. **210/202; 210/218; 4/111.1; 4/449; 4/DIG. 12; 71/9**
- [58] Field of Search **210/612, 613, 218, 200, 210/201, 202; 406/198, 197, 108, 187; 4/484, 111.1, 111.5, 449, 479, DIG. 12; 71/9, 13**

References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

387,104	7/1888	Paynter	34/24
1,415,007	5/1922	Ball	210/218
3,136,608	6/1964	Lindstrom	210/218
3,422,985	1/1969	Rinehart	229/53
3,457,567	7/1969	Criss	4/484
3,546,718	12/1970	Minnitte	4/449
3,648,302	3/1972	Winters	4/484
3,663,970	5/1972	Drouhard et al.	4/111.1
3,666,106	5/1972	Green	210/201
3,720,962	3/1973	Harrah	4/249
3,728,254	4/1973	Carothers	210/602
3,892,660	7/1975	Romell	210/612
4,025,969	5/1977	Dahlen	4/484
4,120,312	10/1978	Michael	4/431
4,172,034	10/1979	Carlsson et al.	210/197

4,254,515	3/1981	Kiyama et al.	4/DIG. 12
4,285,719	8/1981	Criss	210/602

OTHER PUBLICATIONS

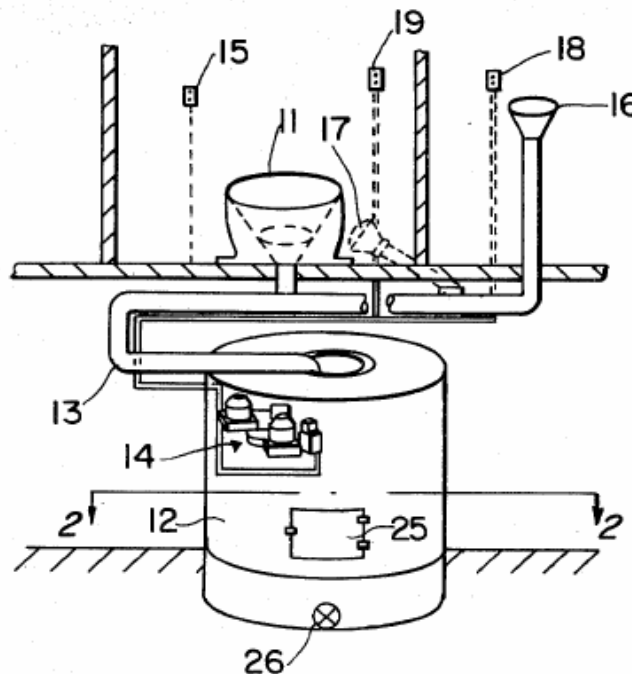
Compost Science, Journal of Waste Recycling, May--Jun. 1972, vol. 13, No. 3.

Primary Examiner—Benoit Castel
Attorney, Agent, or Firm—Darrell E. Hollis

[57] **ABSTRACT**

An improved waterless toilet for aerobic biological transformation of organic waste material is disclosed. The toilet is located at a position remote from a compartment wherein waste material is aerobically transformed. The toilet is connected to the compartment by a conduit. Organic waste is deposited into the toilet and a subsequently applied vacuum aids in the transporting of the waste material through the conduit to the compartment. Prior to depositing organic waste material into the toilet, a cup-shaped paper wrapping means is inserted into the toilet. Thereafter the vacuum is applied to the paper wrapping means and waste material to cause the paper wrapping to close around the waste material as it enters the conduit. Utilizing paper wrapping means, the toilet is protected from soiling by the organic waste material when it is deposited in the toilet. Furthermore, the paper wrapping means protects the conduit from soiling, it acts to clean the interior of the conduit by a wiping action during transport of the wrapper and its included organic waste material through the conduit to the compost compartment.

4 Claims, 6 Drawing Figures



United States Patent [19]
Löbbert

[11] **Patent Number:** 5,058,218
 [45] **Date of Patent:** Oct. 22, 1991

[54] **WATERLESS TOILET**

[76] **Inventor:** Johannes Löbbert, Industriestrasse 1,
 4405 Nottuln 2, Fed. Rep. of
 Germany

[21] **Appl. No.:** 628,077

[22] **Filed:** Dec. 13, 1990

[30] **Foreign Application Priority Data**

Dec. 14, 1989 [DE] Fed. Rep. of Germany 3941304

[51] **Int. Cl.⁵** A47K 11/02; A47K 11/04;
 A47K 11/06

[52] **U.S. Cl.** 4/479; 4/461;
 4/467; 4/484

[58] **Field of Search** 4/449, 460, 461, 474,
 4/475, 476, 477, 479, 478, 484, 661, 467

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

145,756 12/1873 Russell et al. 4/467
 811,412 1/1906 Koons 4/461
 2,116,253 5/1938 Van Buren 4/467

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

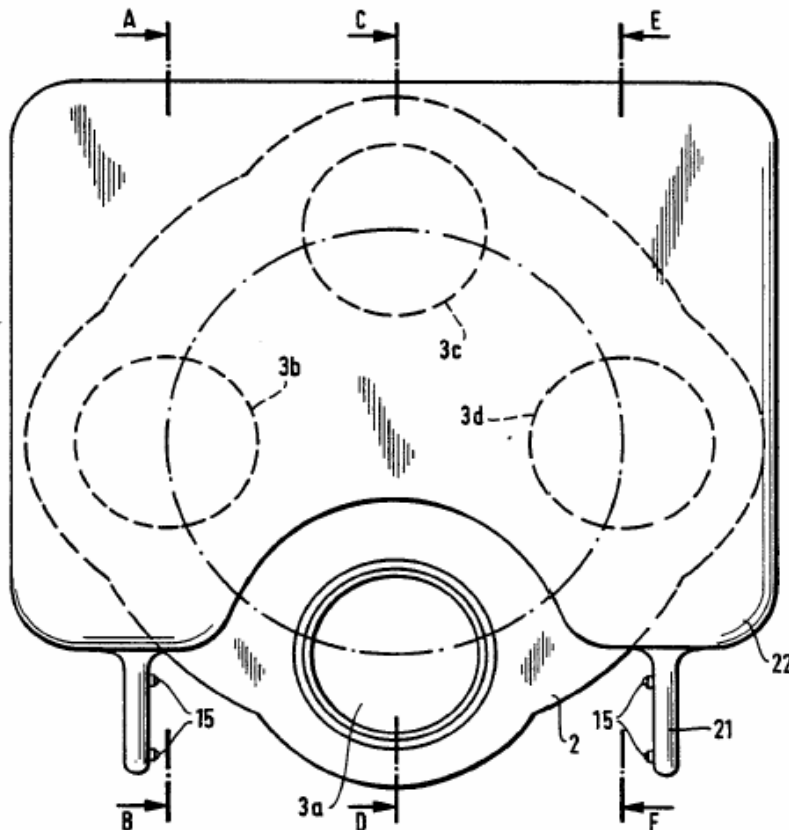
2116220 9/1983 United Kingdom 4/461

Primary Examiner—Allan N. Shoap
Assistant Examiner—Diego F. F. Gutierrez
Attorney, Agent, or Firm—Sprung Horn Kramer &
 Woods

[57] **ABSTRACT**

A waterless toilet for use with containers that accommodate the waste and can be sealed tight. A seat has n depressions, each accommodating one container, whereby n is at least and preferably 4. The seat can be rotated at increments of $360/n^\circ$ around a vertical axis so that the depressions assume in sequence: (1) a first position at which are disposed a magazine that accommodates a supply of unused containers and a mechanism for distributing the individual containers, (2) second position at which the toilet can be used, (3) a third position at which are disposed a magazine that accommodates a supply of lids for sealing the used containers and a mechanism for distributing the individual lids, and (4) a fourth position at which is disposed a robotic arm for removing each container, once a lid has been placed over the used container, extracting the closed container and forwarding it to a depot.

8 Claims, 7 Drawing Sheets





(11) **EP 0 906 744 A1**

(12) **EUROPEAN PATENT APPLICATION**
 published in accordance with Art. 158(3) EPC

(43) Date of publication:
07.04.1999 Bulletin 1999/14

(51) Int. Cl.⁶: **A47K 11/02**

(21) Application number: **96910897.6**

(86) International application number:
PCT/CN96/00027

(22) Date of filing: **24.04.1996**

(87) International publication number:
WO 97/39673 (30.10.1997 Gazette 1997/46)

(84) Designated Contracting States:
DE ES FR GB IT

(74) Representative: **Vogler, Silvia**
Patentanwälte
Schuster & Partner
Wiederholdstrasse 10
70174 Stuttgart (DE)

(71) Applicant: **He, Englong**
Beijing 100029 (CN)

(72) Inventor: **He, Englong**
Beijing 100029 (CN)

(54) **COMPLETELY AUTOMATIC WATERLESS CLOSET**

(57) The present invention relates to a fully automatic toilet ware without flushing, including: a case body; a shaped cavity; a seat ring provided on said cavity; a plastic cover over the periphery of said case body; an open-close pulling mechanism to pull plastic bag, provided in said case body for controlling the connection between said shaped cavity and a excrement-holding box fixed under said case body, said case body is fixed on one pedal, and said pedal has one end hinged

with base, said the front end of said pedal is a swing end, and there is a pressing spring fixed between its end and the base, the pedal is hinged at least with one crank for controlling the operation of said open-close pulling mechanism, said crank has one end rolling against the supporting board of said base, and the other end is connected with said open-close pulling mechanism.

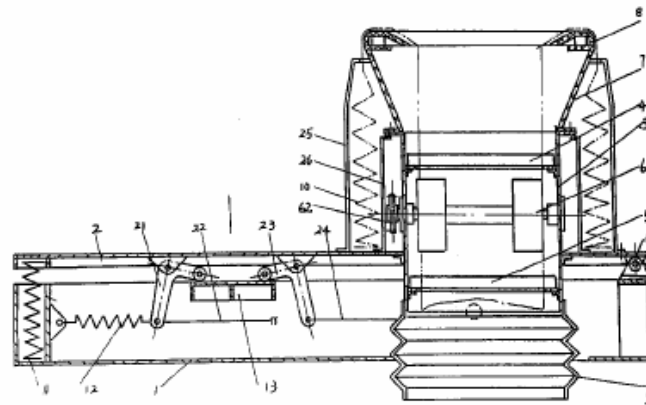


Fig.1



US006212701B1

(12) **United States Patent**
He

(10) **Patent No.:** **US 6,212,701 B1**
(45) **Date of Patent:** **Apr. 10, 2001**

(54) **COMPLETELY AUTOMATIC WATERLESS CLOSET**

(76) Inventor: **Englong He**, No. 10 Dongli, Anwai
Xiao Guan, Chaoyang District, Beijing
100029 P.R. (CN)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

(21) Appl. No.: **09/171,620**

(22) PCT Filed: **Apr. 24, 1996**

(86) PCT No.: **PCT/CN96/00027**

§ 371 Date: **May 18, 1999**

§ 102(e) Date: **May 18, 1999**

(87) PCT Pub. No.: **WO97/39673**

PCT Pub. Date: **Oct. 30, 1997**

(51) **Int. Cl.⁷** **A47K 11/02**

(52) **U.S. Cl.** **4/449**

(58) **Field of Search** **4/449, 484**

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

3,452,368 * 7/1969 Couper 4/484

3,619,822 * 11/1971 Carmichael 4/484
3,665,522 * 5/1972 Backlund et al. 4/484
3,693,193 * 9/1972 May 4/484
3,878,572 * 4/1975 Eriksson 4/484

* cited by examiner

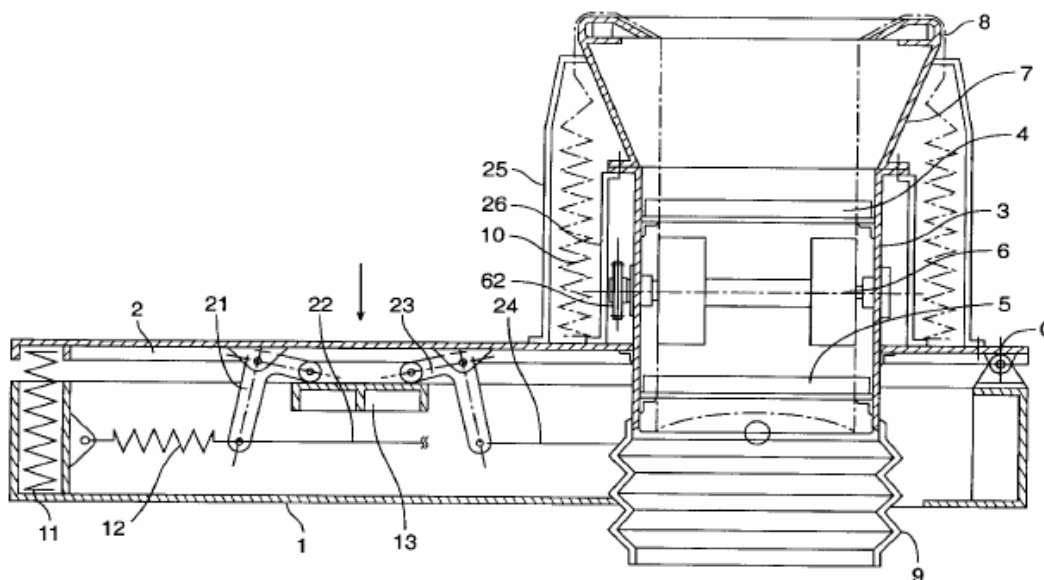
Primary Examiner—Charles E. Phillips

(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Malcolm B. Wittenberg

(57) **ABSTRACT**

The present invention relates to a fully automatic toilet ware without flushing, including a case body; a shaped cavity; a seat ring provided on said cavity; a plastic cover over the periphery of said case body; an opened-closed pulling mechanism to pull plastic bag, provided in said case body for controlling the connection between said shaped cavity and an excrement-holding box fixed under said case body; said case body is fixed on one pedal, and said pedal has one end hinged with base, said front end of said pedal is a swing end, and there is a pressing spring fixed between its end and the base, the pedal is hinged at least with one crank for controlling the operation of said opened-closed pulling mechanism, said crank has one end rolling against the supporting board of said base, and the other end is connected with said opened-closed pulling mechanism.

6 Claims, 10 Drawing Sheets





US005887290A

United States Patent [19]
Nian

[11] **Patent Number:** **5,887,290**

[45] **Date of Patent:** **Mar. 30, 1999**

[54] **WATERLESS TOILET SYSTEM**

[76] Inventor: **Chin Fu Nian**, No. 24 Minchou Street, Yuli, Hualian Hsien, Taiwan

[21] Appl. No.: **48,047**

[22] Filed: **Mar. 26, 1998**

[51] Int. Cl.⁶ **A47K 11/02**

[52] U.S. Cl. **4/111.1; 4/111.6; 4/484**

[58] Field of Search **4/319, 320, 111.1-111.6, 4/449, 479, 484**

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

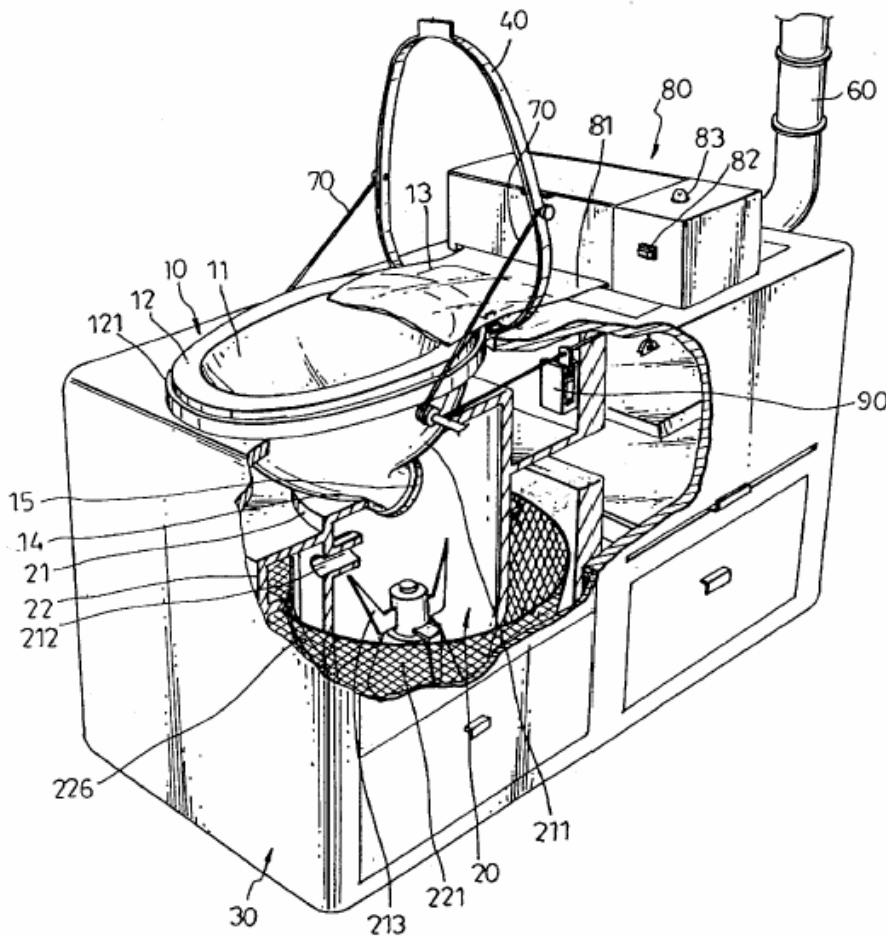
1,764,149	6/1930	Cadwallader	4/484
2,835,215	5/1958	Harm	4/111.2
3,317,047	5/1967	Hansen	4/320
3,675,250	7/1972	Bengtsson	4/484
3,837,012	9/1974	Rassbach et al.	4/111.4
4,254,515	3/1981	Kiyama et al.	4/111.1

Primary Examiner—Charles R. Eloshway
Attorney, Agent, or Firm—Bacon & Thomas, PLLC

[57] **ABSTRACT**

A waterless toilet system includes a toilet bowl unit, the toilet bowl unit including a bowl, the bowl having a top rim and a bottom outlet, and a locating ring pivoted to the bowl and closed on the rim to hold a bag in the bowl in an opened condition for collecting waste matter discharged from the user, a crushing and separating machine disposed below the toilet bowl unit, the crushing and separating machine including a crushing container, a water separation container, and a motor, the crushing and separating machine being operated to cut waste matter received from the bowl and to separate waste water from solid waste matter, and a housing which holds the toilet bowl unit and the crushing and separating machine, the housing having a storage chamber for holding solid waste matter delivered from the crushing and separating machine, and a dryer controlled to dry collected solid waste matter.

8 Claims, 3 Drawing Sheets





US005177819A

United States Patent [19]
Löbbert

[11] **Patent Number:** **5,177,819**
[45] **Date of Patent:** **Jan. 12, 1993**

[54] **WATERLESS TOILET WITH CONTAINERS WITH LIDS FOR WASTE**

5,074,500 12/1991 Loebbert 248/99

[76] **Inventor:** **Johannes Löbbert, Industriestrasse 1, 4405 Nottuln 2, Fed. Rep. of Germany**

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

[21] **Appl. No.:** **629,878**

- 468100 11/1928 Fed. Rep. of Germany .
- 823923 12/1951 Fed. Rep. of Germany .
- 7103988 2/1971 Fed. Rep. of Germany .
- 7205756 2/1972 Fed. Rep. of Germany .
- 3246187 7/1984 Fed. Rep. of Germany .
- 1174621 3/1959 France .
- 2098909 3/1972 France .

[22] **Filed:** **Dec. 19, 1990**

- WO8802614 4/1988 PCT Int'l Appl. .
- WOA8803416 5/1988 PCT Int'l Appl. .

[30] **Foreign Application Priority Data**

Dec. 19, 1989 [DE] Fed. Rep. of Germany 3941939

Primary Examiner—Daniel M. Yasich
Attorney, Agent, or Firm—Sprung Horn Kramer & Woods

[51] **Int. Cl.⁵** **A47K 11/06**

[52] **U.S. Cl.** **4/484; 4/144.2**

[58] **Field of Search** **4/449, 474, 476, 485, 4/486, 484, 247; 220/469, 629**

[57] **ABSTRACT**

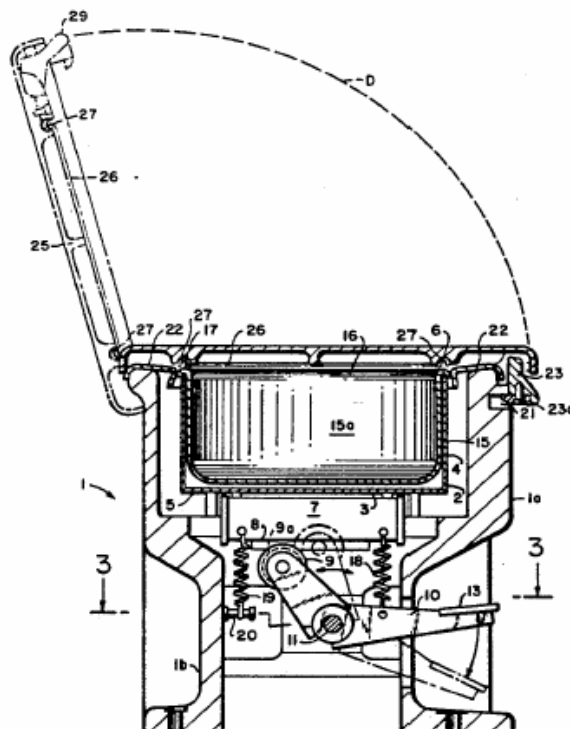
A waterless toilet with a seat for use with a container (15) that accommodates the waste, that can be closed, that has a rim resting against the seat while the toilet is in use, and that can be removed from the seat, closed, and deposited once the toilet has been used. The toilet has snap-in components (17) distributed around its rim and a lid (26) that covers the container after it has been used. The lid has snap-in components (27) that fit tight into the snap-in components on the rim, sealing the container hermetically and allowing someone to lift it out by grasping the lid.

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

- 2,376,036 5/1945 Cotton 4/484
- 2,866,980 1/1959 Huntington .
- 2,956,851 10/1960 Merendino 206/362.1 X
- 3,063,061 11/1962 Bertram 4/484
- 3,430,269 3/1969 Bradshaw 4/486
- 3,495,278 2/1970 Peters .
- 3,881,868 5/1975 Duke 206/209.1
- 4,621,380 11/1966 McGill 4/460 X
- 4,710,989 12/1987 Grenthe 4/449
- 4,760,613 8/1988 Bobak 4/247
- 4,766,617 8/1988 Thygesen et al. 4/247 X
- 4,927,011 5/1990 Wilkinson 206/217

13 Claims, 6 Drawing Sheets



PCT

世界知识产权组织
国际局


按照专利合作条约(PCT)所公布的国际申请

(51) 国际专利分类号: A47K 11/02	A1	(11) 国际公布号: WO97/27795
(21) 国际申请号: PCT/CN96/00009	(43) 国际公布日: 1997年8月7日(07.08.97)	
(22) 国际申请日: 1996年2月2日(02.02.96)		
(71) (72) 申请人及发明人: 赫恩龙 (HE, Englong) (CN/CN); 中国北京市朝阳区安外小关东里10号, 邮政编码: 100029, Beijing (CN).		
(74) 代理人: 北京市中顺信达知识产权代理有限公司 (CHINA SINDA INTELLECTUAL PROPERTY LTD.); 中国北京市海淀区学院路41号希格玛商务中心4层, 邮政编码: 100088, Beijing (CN).	(81) 指定国: AL, AM, AT(&UM), AU(PP), AZ, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ(&UM), DE(&UM), DK(&UM), EE(&UM), ES, FI(&UM), GB, GE, HU(UM), IS, JP(UM), KE, KG, KP, KR(UM), KZ, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK(&UM), TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN(UM), ARIPO专利 (KE, LS, MW, SD, SZ, UG), 欧亚专利 (AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲专利 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI专利 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG) PP=小专利; UM=实用新型; &UM=和实用新型; 本国际公布: 包括国际检索报告。	
(54) Title: WATERLESS CLOSET ASSEMBLY (54) 发明名称: 无需用水冲洗的座便器组件		
(57) Abstract <p>A waterless closet assembly comprises a toilet (1) having an annular seat (4), a step-by-step pulling bag means mounted below the toilet (1) and a disposal receptacle (10) mounted below the pulling bag means. One end of a tubular plastic bag (11) is arranged in the outside of the toilet (1), and the other end is wound round the upper surface of the annular seat (4) and passes through the inlet (2) of the toilet (1), a ring (14) for extending the plastic bag (11) and the pulling bag means, then is fed into the disposal receptacle (10). The pulling bag means includes a pair of waist drum-shaped pulling bag discs (6) and their step-by-step actuating means. Holding plates (12a, 12b) are fixed to the pulling bag discs respectively for holding the plastic bag (11) passing between them and sealing it. After closet being used each time, the pulling bag discs (6) feed a section of the plastic bag in which excrements are collected into the disposal receptacle (10), and a section of new plastic bag is wound round the annular seat (4), therefore cross-infection is prevented.</p>		

Anhang B: Datenblatt der Folie

Dem nachfolgenden Datenblatt (Bild B.1) können nähere Informationen zu der Folie entnommen werden, welche als Tütenmaterial für den ersten Prototypen eingeplant gewesen ist. Nach einer genaueren Prüfung der Entsorgungswege des Flugzeugabwassers hat sich dieses Material als nicht tauglich erwiesen, da es sich nicht im Abwassertank auflöst.

Produkt Information



innovation in packaging

natura-flex CB 102

Alle natura-Folien sind 100 % kompostierbar und werden mit dem höchstmöglichen Anteil nachwachsender Rohstoffe hergestellt. Unter Kompostierbedingungen wird natura-flex zu Biomasse, Wasser und Kohlendioxid abgebaut. Die biologische Abbaubarkeit der Folien ist nach DIN V 54 900 zertifiziert.

natura-flex CB 102 ist eine gut schweißbare, opake Folie, die sich für viele Verpackungsbereiche optimal einsetzen lässt.

Produkt-Merkmale:


▪ Folienfarbe transluzent weiß	▪ schweißbar
▪ hohe Wasserdampfdurchlässigkeit	▪ gut weiterverarbeitbar
▪ kompostierbar	▪ bedruckbar
▪ laserbedruckbar	▪ hohe Schweißnahtfestigkeit
▪ resistent gegen Öl und Fett	▪ perforierbar

Anwendungen:

natura-flex ist besonders für Anwendungen geeignet bei denen die biologische Abbaubarkeit eine zweckmäßige Produkteigenschaft darstellt. Insbesondere dort, wo der Aufwand des Recyclings der Produkte nicht gerechtfertigt ist. natura-flex ist exzellent als **Katalog-Verpackung** einsetzbar. Außerdem kann die Folie zu vielen Produkten weiter verarbeitet werden, wie **Tragetaschen, Hemdchentragetaschen, Beutel** und **Säcke**, sowie zu **Netzen**. Besonders geeignet ist die Folie zur Verpackung von **Frischprodukten**, da Sie eine hohe Wasserdampfdurchlässigkeit besitzt. Es sind noch viele weitere Anwendungen denkbar. Bei uns besteht immer die Möglichkeit einer Neuentwicklung.

bedruckbar mit geeigneten Farben:

- Flexodruck
- Rasterdruck
- keine Koronavorbereitung



technische Eigenschaften

Eigenschaften	natura-flex CB 102	Einheiten
Folienstärke	40	µm
Flächengewicht	50	g/m ²
Zugfestigkeit	24	Mpa
Dehnung	längs / quer 603 / 532	%
Zugspannung	längs / quer 23,2 / 27,2	N/mm ²
Reißkraft	längs / quer 14 / 16	N
Siegelbereich	80 – 110	°C
Folienfarbe	transluzent weiß	%
Trübung	95	%
Wasserdampf-Durchlässigkeit (± 10 %)	950	g x 30 µm/(mq x 24 h)

Für weitere Informationen rufen Sie uns einfach an:
 natura Verpackungs GmbH
 Industriestraße 55-57, 48432 Rheine, Germany
 www.innovation-in-packaging.com
 mail: natura@eurea.de tel: ++49 (0)5975 / 303-57 fax: ++49 (0)5975 / 303-42

VORSTEHENDE ANGABEN BASIEREN AUF UNSEREN DERZEITIGEN TECHNISCHEN KENNTNISSEN UND ERFAHRUNGEN. SIE ENTBINDEN NICHT VON EIGENEN PRÜFUNGEN UND BEFREIEN DEN KÄUFER UNSERER PRODUKTE NICHT VON EINER EINGANGSKONTROLLE. SIE HABEN NICHT DIE BEDEUTUNG, DIE EIGNUNG EINES PRODUKTES FÜR EINEN KONKRETEN EINSAZZWECK ZUZUSICHERN. ETWAIGE SCHUTZRECHTE UND BESTIMMUNGEN SIND IN EIGENER VERANTWORTUNG ZU BEACHTEN.

Bild B.2

Datenblatt Folie

Anhang C: Anforderungsliste

In diesem Anhang befindet sich die Anforderungsliste für das wasserlose Toilettensystem auf Grundlage des System Requirements Document (SRD) der Firma Airbus.



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 1

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

AIRCRAFT: A380

TITLE: Waterless Toilet System (Vacuum)

SYSTEM: Water/Waste

REMARKS:

REFERENCE:

MASS (WEIGHT):

No. of pages: 1	No. of fig.:	No. of tables:
Date of 1st issue:		No. of Appendices:
Develop Assurance Level:	ABD0100 Part 2.8	Software Level:
Compiled:		Date:
Checked:		Date:
Approved:		Date:
Quality Assurance:		Date:
Release:		Date:



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 2

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 3

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

ISSUE	DATE	EFFECT ON		REASON FOR REVISION
		Fig.	Fig.	
		PAGE	PARA	



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 4

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

PAGE	ISSUE	PAGE	ISSUE	FIG.	ISSUE	FIG.	ISSUE
				PAGE		PAGE	

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Glossary / Acronyms	7
1.1 Glossary	7
1.2 Acronyms.....	7
2 General.....	9
3 System Requirements	11
3.1 Certification Requirements, Rules and Regulations	11
3.2 International Standards	12
3.3 ABDs, TDDs and Specific Member In-house Directives.....	12
3.4 Aircraft Standard Specification and other Documents	12
3.5 Funtional Requirements	13
3.5.1 General.....	13
3.5.2 Waste Reception	14
3.5.3 Waste Transport.....	16
3.5.4 Waste/Air Separation.....	17
3.5.5 Waste Storage	18
3.5.6 Vacuum Supply	19
3.5.7 Control and Monitoring	21
3.5.8 Trend Monitoring.....	23
3.5.9 Lower Deck Facilities.....	23
4 Performance Requirements	24
4.1 General.....	24
4.1.1 Power Supply	24
4.2 Waste Reception	25
4.2.1 Electrical Power	25
4.2.2 Reception of waste in lavatories (human waste) and galleys (galley waste).....	25
4.2.3 Intermediate storage of waste	26
4.3 Waste Transport.....	28
4.3.1 Take waste from the waste receptacles.....	28
4.4 Waste/Air Separation.....	28
4.5 Waste Storage	29
4.6 Control and Monitoring	32
5 Operational Requirements.....	33
5.1 Operational Envelope	33
5.2 System Operation.....	34

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

6	Safety Requirements.....	38
6.1	Quantitative Safety Requirements	38
6.2	Qualitative Safety Requirements	38
7	Reliability Requirements.....	40
7.1	Quantitative Reliability Requirements	40
7.2	Qualitative Reliability Requirements	41
8	Maintainability Requirements.....	46
8.1	Maintenance Concept	46
8.2	Scheduled Maintenance	47
8.3	Direct Maintenance Costs.....	48
8.4	Qualitative Maintainability Requirements.....	48
8.5	Quantitative Maintainability Requirements.....	55
9	Interchangeability Requirements.....	57
10	Installation and Environmental Requirements.....	58
10.1	Environmental Requirements	58
10.2	Installation Requirements	58
10.3	Tooling.....	59
11	Functional Interface Requirements imposed on the System	60
11.1	Data Bus Connection	60
11.2	Electrical	60
12	Weight Requirements.....	61
13	Additional Requirements	62
13.1	Commonality	62
13.2	Materials	62

Glossary / Acronyms

1.1 Glossary

Shall	Sentences containing the word “shall” are mandatory practices. These sentences must be followed, without exception.
Should	Sentences containing the word “should” are strongly recommended practices. A justification to the appropriate level in the hierarchy is needed if they are not followed.
May	Sentences containing the word “may” are guidelines for information; no justification is required if they are not followed.
Potable Water System	Subsystem of the water/waste system including all devices beginning from the potable water service point up to water faucets, toilet assies, coffee makers and equipment using potable water or supplying potable water to the pax.
Waste Water System	Subsystem of the water/waste system, which allows the drainage of used water overboard.
Toilet System	Subsystem of the water/waste system to collect human waste in central tanks.

1.2 Acronyms

ABD	Airbus Directives
ABS	Airbus Standard
A/C	Aircraft
AIMS	Airbus Integrated Maintenance
AMM	Aircraft Maintenance Manual
ARINC	Aeronautical Radio Incorporation
ASNE	American Society of Naval Engineers
ATA	Air Transport Association
B/C	Business Class
BITE	Built-In Test Equipment
CCG	Cabin Configuration Guide
CML	Consumer Material List
CMM	Component Maintenance Manual
CMR	Certification Maintenance Requirements
DBD	Data Base of Design
DOC	Direct Operating Costs
EN	European Norm
F/C	First Class
FAP	Forward Attendant Panel
FAR	Federal Airworthiness Requirements
FH	Flight Hour



No: 3831

Issue: 1

Date: 08.10.2003

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Page: 8

FCU	Functional Control Unit
GND	Ground
GSE	Ground Service Equipment
GWDU	Galley Waste Disposal Unit
HDS	High Density Standard
HMI	Human Machine Interface
HWR	Human Waste Receptacle
IMA	Integrated Modular Avionics
ISA	International Standard Atmosphere
ISO	International Standardisation Organisation
JAR	Joint Airworthiness Requirements
L/H	Left Hand
LDF	Lower Deck Facilities
LRU	Line Replaceable Unit
M/D	Main Deck
MH	Man Hour
MTBF	Mean Time Between Failures
OASPL	Over All Sound Pressure Level
OMS	On-Board Maintenance System
PPM	Parts Per Million
PWS	Potable Water System
R/H	Right Hand
RTCA	Radio Technical Commotion of Aeronautics
SCG	System Configuration Guide
SDD	System Description Document
SIL	Speech Interference Level
SRD	System Requirements Document
TA	Toilet Assembly
TBC	To Be Confirmed
TBD	To Be Defined
TBO	Time Between Overhaul
TDD	Technical Design Directives
TLAR	Top Level Aircraft Requirement
TLSRD	Top Level System Requirements Document
U/D	Upper Deck
USPHS	United States Public Health Services
VAC	Volt Alternating Current
VDC	Volt Direct Current
WC	Weight Chapter
WSP	Waste Service Panel
Y/C	Yankee Class

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

2 General

The objectives of this document is to identify all applicable requirements to be met and design goals to be considered for the design of the Toilet System (Vacuum) for the A380 initial family as defined in TLAR 3.1-3. This document shall be used as a base together with the SDD to create the Technical Specification of the Toilet System (Vacuum).

D-SF-04-38-31-001-1

The Toilet System (Vacuum) shall be designed to provide aircraft sanitation for passengers and crew.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-002-1

The Toilet System (Vacuum) shall be operable during the entire flight mission.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-003-1

The design of the Toilet System (Vacuum) shall consider all flexible areas defined in CCG. The system has to be optimized according to the A380-800 three-class reference layout as defined in DBD.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-004-1

The Toilet System (Vacuum) shall be designed in accordance with the applicable USPHS regulations.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 10

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

D-SF-04-38-31-005-1

The Toilet System (Vacuum) shall be designed under the objective of

- Low direct operating costs.
- High component reliability.
- High functional reliability at entry into service.
- Compatibility / commonality of ground handling philosophy to other Airbus types.
- Compatibility / commonality of the global BITE philosophy of the A380.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-006-1

The Toilet System (Vacuum) should be designed under the objective of

- Minimum energy consumption
- Minimum weight
- Minimum installation envelop
- Minimum maintenance expense.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

	No: 3831 Issue: 1 Date: 08.10.2003
	Page: 11
SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT	

3 System Requirements

3.1 Certification Requirements, Rules and Regulations

D-SF-04-38-31-007-1

The system must comply with the status of JAR/FAR airworthiness requirements and international standards defined in Part 1/Chapter 1 of current Issue of the "A380 Joint Certification Basis".

In particular the system, subsystems and system components must comply with the following airworthiness requirements, which have top priority over all other requirements:

Document	Section	Title	Applicability
JAR 25 Change 15 and NPA FAR 25 Amendment 98	.561	Emergency landing conditions-general	Yes
	.799	Water systems	Yes
	X899	Electrical bonding and protection against lightning and static electricity	Yes
	.1301	Function and installation	Yes
	.1309	Equipment, systems and installations	Yes
	.1316	System lightning protection	Yes
	X1360	Precaution against injury	Yes
	.1431	Electronic equipment	Yes
	.1433	Vacuum systems	Yes
	.1455	Draining of fluids subject to freezing	Yes
	.1461	Equipment containing high energy rotors	Yes
	X1499	Domestic services and appliance	Yes
	.1541	Marking and placard-general	Yes

Note: Further paragraphs or interpretations required by the Airworthiness Authorities may be established during development.

In addition, special conditions would be added to or substituted for requirements of the JAR-25 if the product has novel technologies or unusual design features not covered or not yet recognized by the current requirements.

	No: 3831
	Issue: 1
SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT	Date: 08.10.2003
	Page: 12

3.2 International Standards

D-SF-04-38-31-008-1

The system must comply with the status of international standards defined in Part 1 /Chapter 1 of the current issue of the "A380 Joint Certification Basis".

In particular, the following international standards are so applicable:

Standard	Title
SAE ARP 4761	Safety Assessment Guidelines for Civil Airborne Systems and Equipment
RTCA DO 160/ EUROCAE ED 14	Environmental Conditions and Test Procedures of Airborne Equipment
RTCA DO 178/ EUROCAE ED 12	Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification
ARINC 429	Digital Information Transfer Systems
ARINC 600	Air Transport Equipment Interfaces
ARINC 604	Guidance for Design and use of BITE

3.3 ABDs, TDDs and Specific Member In-house Directives

In general, the following ABD's, TDD's and Specific Member In-house Directives are applicable:

Document	Title
ATA 0100	ATA System Breakdown
ABD 0100	Equipment Design-Requirements for Suppliers
ABD 0200	General Guidelines for System Designer
ABD 0012	Suppliers-Tool and Test Equipment
ABD 0029	Maintainability Requirements
ABD 0031	Fire/Smoke/Toxicity
ABD 0046	Units of Measurement
ABD 0062	System Safety Assessment
ABD 0065	Ground Handling/Serviceing
ABD 0078	Corrosion Prevention
AIMS 09-00-002	Evaluation of Maintenance Materials
TDD 20 S 001	Electrical Bonding
RDD A380 ATA38 D001 F	

3.4 Aircraft Standard Specification and other Documents

The requirements are based on Aircraft Standard Specification A380 family.

The following documents are applicable:

TLAR: AI/LE-C 821.0481/99, Issue 3

TLAR: AI/LE-C 821.517/98, Issue 2

T110: LE-S 826.0606/98, Issue 1 (Functional Hazard Assessment at A/C Level)

TLSRD: AI/LE-S 826.0249/99, Issue 1

FRD Fuselage Drainage: AI/LE-826.0146/99, Issue A



SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

MRS Requirements: AI/LE-M 824.0094/99
DMC: AI/LE-M 824.0185/98
T112: TN-EAD-225/05/99, Issue 1
DBD: AI-LE-C 821.0214/00, Issue 15
CCG: Option List: 832.0274/00
BTE_EG_CA_529 (Wind milling A380, dated 01-17-2002)
CADD5 5 model, status 11
MIL-C-83723 (Standard of Electrical Connectors)
MIL-HDBK-217E (Military Handbook Reliability Prediction of Electronics Equipment)
US-Health Service Regulations Pub. No. 308/1964 (Handbook on Sanitation on Aircrafts)
System Development Plan SyDP 380-38-00

3.5 Functional Requirements

3.5.1 General

D-SF-04-38-31-009-1

In order to fulfil the general functions of the A/C sanitation of passenger and crew the Toilet System (Vacuum) shall fulfil the following basic functions:

- Waste Reception
- Waste Transport
- A/C, MCDU and FAP interface.

??? Die anderen Punkte auch???

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-010-1

Considering the A/C layout and functional availability requirements the system shall consist of four autonomous sub-systems (upper deck left, upper deck right, main deck left, main deck right).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

D-SF-04-38-31-011-1

According to the defined basic functions each sub-system shall consist of functional groups for:

- Waste reception
- Waste transport.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-012-1

The equipment of the Toilet System (Vacuum) shall be designed under the objective of minimizing the vibrations into the A/C structure.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

3.5.2 Waste Reception

The function "Waste Reception" encloses the sub functions

- Reception of waste in lavatories (human waste)
- Induction of rinse water
- Provision of foil bags
- Intermediate storage of waste
- Discharge of waste.

D-SF-04-38-31-013-1

The function "Waste Reception" should be performed in a way users are familiar with ("common toilet behaviour").

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-014-1

The equipment fulfilling the function "Waste Reception" shall be designed to withstand the applicable loads when used for the intended function.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 15

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-015-1

By performing the sub function "Introduction of rinse water" the surface of the equipment fulfilling the function "Waste Reception" that is in contact with waste shall be rinsed with water. The rinse water shall clean the equipment fulfilling the function "Waste Reception".

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-LGAS-38-31-001-1

By performing the subfunction "Provision of foil bags" the surface of the equipment fulfilling the function "Waste Reception" shall be protected from waste. The foil bag shall also protect the toilet seat.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-016-1

On request, the equipment fulfilling the function "Waste Reception" shall discharge the intermediately stored waste into the waste-transport lines.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-017-1

The sub function "Discharge of waste" shall be performed only if waste transport is assured.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD

Level: TBD
Maturity: Verbatim

3.5.3 Waste Transport

D-LGAS-38-31-002-1 The function "Waste Transport" encloses the sub functions

- Take waste [and foil bags](#) from the waste receptacles
- Transport of waste [including foil bags](#)
- Discharge of waste into waste separation equipment.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-018-1 The function "Waste Transport" shall be realized by using the principle of pneumatic conveying.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-019-1 The function "Waste Transport" shall be performed on request.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-21-1 There shall be no leakage of waste material and odour along the waste transport lines.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

3.5.4 Waste/Air Separation

The function "Waste/Air Separation" encloses the sub functions

- Reception of waste and foil bags from transport lines
- Separation of waste from air stream
- Discharge of waste into waste storage equipment and Discharge of cleaned air.

D-SF-04-38-31-022-1

The equipment fulfilling the sub function "Separation of waste from air stream" shall separate solid and liquid waste from the conveying air stream entering the waste separation equipment.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-023-1

The equipment fulfilling the sub function "Separation of waste from air stream" shall not be blocked or damaged by solid items flushed together with the waste.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-024-1

The equipment fulfilling the function "Waste/Air Separation" shall be designed under the objective of a minimized pressure loss.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-026-1

The equipment fulfilling the function "Waste/Air Separation" shall be designed to withstand the applicable loads when used for the intended function.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-0027-1

The equipment fulfilling the sub function "Discharge of waste into waste storage equipment" shall be designed in a way that spilling and sloshing of waste during the discharge is minimized in order to prevent contamination that lead to degradation of intended functionality of itself and parts installed inside the waste storage equipment.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

3.5.5 Waste Storage

The function "Waste Storage" encloses the sub functions

- - Reception of waste from the waste separation equipment,
- - Storage of waste till discharge,
- - Discharge of waste on ground
- - Provide means of servicing and
- - Measure waste level.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-029-1

The sub function "Discharge of waste on ground" shall be realized by gravity draining.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-030-1

The sub function "Discharge of waste on ground" shall be possible with vacuum support from a GSE to accelerate the drain procedure.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-033-1

The equipment fulfilling the function "Waste Storage" shall be designed to withstand the applicable loads when used for the intended function.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-034-1

The equipment fulfilling the function "Waste Storage" shall be designed in a way that sloshing of waste due to acceleration during all flight cases is minimized in order to prevent contamination that leads to degradation of intended functionality parts installed inside the waste storage equipment and equipment fulfilling the function "Waste/Air Separation".

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-241-1

The equipment shall be designed to indicate tank full condition.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

3.5.6 Vacuum Supply

D-SF-04-38-31-035-1

The function "Vacuum Supply" shall provide a differential pressure between the equipment fulfilling the function "Waste Reception" and the equipment fulfilling the function "Waste Storage".

Rationale: TBD



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 20

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-38-036-1

Sufficient vacuum shall allow for sufficient waste transport, i.e. the amount of residual water shall be less than 50-75 ml between the flush valve and the duct under the following conditions:

- All tank levels and
- All operational attitudes and
- Filter conditions when Δp over filter is increased by 50% due to partial clogging and
- Simultaneous waste transport from:
 - 2 toilet assemblies and 1 galley waste disposal unit of one subsystem or
 - 2 toilet assemblies of LDF of one subsystem respectively filled with an amount of waste matter of 1 l or
 - 1 toilet assembly of LDF filled with an amount of waste matter of 10 l.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-LGAS-38-31-003-1

Sufficient vacuum shall allow sufficient waste transport including foil bags between the flush valve and the duct under the following conditions:

- All tank levels and
- All operational attitudes and
- Filter conditions when Δp over filter is increased by 50% due to partial clogging and
- Simultaneous waste transport from:
 - 2 toilet assemblies and 1 galley waste disposal unit of one subsystem or
 - 2 toilet assemblies of LDF of one subsystem respectively filled with an amount of waste matter of 1 l or
 - 1 toilet assembly of LDF filled with an amount of waste matter of 10 l.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

	No: 3831
	Issue: 1
SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT	Date: 08.10.2003
	Page: 21

3.5.7 Control and Monitoring

The function "Control and Monitoring" encloses the subfunctions

- Control of functions, subfunctions and equipment of the Toilet System (Vacuum)
- Monitoring of parameters related to functions, subfunctions and equipment of the Toilet System (Vacuum)
- Data Exchange.

D-SF-04-38-31-037-1

The sub function "Control of functions, sub functions and equipment functions of the Toilet System (Vacuum)" includes in minimum:

- Control of subfunction "Discharge of waste" of system function "Waste Reception"
- Control of subfunction "Storage of waste till discharge" of system function "Waste Storage" to prevent overfilling.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-038-1

The sub function "Control of functions, sub functions and equipment functions of the Toilet System (Vacuum)" shall control the function of:

- Equipment
- Functional groups
- System

As applicable, depending on the actual status as determined by the sub function "Monitoring of parameters related to functions, sub functions and equipment functions of the Toilet System (Vacuum)".

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-039-1

The sub function "Monitoring of parameters related to functions, sub functions and equipment functions of the Toilet System (Vacuum)" shall determine the actual status of:

- Equipment
- Functional groups
- System

As applicable.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-040-1

The sub functions "Monitoring of parameters related to functions, sub functions and equipment functions of the Toilet System (Vacuum)" shall be applied in minimum for:

- Sub function "Discharge of waste" of the system function "Waste Reception"
- Sub function "Introduction of Rinse Water" of the system function "Waste Reception"
- Sub function "Provision of foil bags" of the system function "Waste Reception"
- Sub function "Storage of waste till discharge" of system function "Waste Storage"
- Sub function "Discharge of waste on ground" of system function "Waste Storage".

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-041-1

The sub function "Data exchange" includes in minimum:

- Data exchange between toilet system equipment
- Data exchange with A/C systems relevant for toilet system function
- Data exchange with A/C systems relevant for troubleshooting.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-042-1

The sub function "Data exchange" shall provide the system internally with the necessary information to fulfil system functions.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-043-1

The sub function "Data exchange" shall acquire necessary A/C data required to fulfil the system functions.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 23

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-044-1

The sub functions "Data exchange" shall provide necessary information to the A/C to record and/or display system status.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

3.5.8 Trend Monitoring

The function "Trend Monitoring" encloses the subfunctions

- "Counting of operating hours" of functions, subfunctions and equipment of the functions "Waste Reception, Waste Storage, Vacuum Supply".
- Storage of performance parameter for statistical Trend Monitoring of the function "Waste Reception, Waste Storage, Vacuum Supply".

3.5.9 Lower Deck Facilities

D-SF-04-38-31-046-1

It shall be possible to install sanitary facilities in the forward and aft cargo compartment.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

	No: 3831 Issue: 1 Date: 08.10.2003
	Page: 24
SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT	

4 Performance Requirements

4.1 General

- D-SF-04-38-31-047-1* According to DBD a maximum pax and crew capacity of 998 shall be considered.
- Rationale:** TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim
- D-SF-04-38-31-048-1* According to DBD a maximum number of receptacles for human waste (lavatories) of 25 shall be considered.
- Rationale:** TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim
- D-SF-04-38-31-244-1* The standard cabin layout is the 3-class layout of the A380-800 comprising:
- 17 lavatories (2 F/C lavatories on main deck, 4 B/C lavatories on upper deck, 3 Y/C lavatories on upper deck and 8 Y/C lavatories on main deck)
 - Optional there shall be lower deck facilities with toilet assemblies.
- Rationale:** TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

4.1.1 Power Supply

- D-SF-04-38-31-051-1* The equipment of the functional groups of the Toilet System (Vacuum) shall be connected to a power supply according to ABD0100.1.4. In exception of ABD0100.1.4, the 115 VAC power source provides variable frequency between 360 and 800 Hz.
- Rationale:** TBD
Assumptions: TBD

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

4.2 Waste Reception

4.2.1 Electrical Power

D-SF-04-38-31-052-1 The equipment fulfilling the function “Waste Reception” should be connected to a power supply of $U_{\text{Supply}}=28$ VDC (Nominal).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-053-1 The max. current during operation of the equipment fulfilling the function “Waste Reception” shall not exceed following values:

- Quiescent current: TBD A max
- Nominal operating current: 1.8 A max (including external relay load max. 1 A)
- Short inrush current peaks: TBD A max. (Including external relay load max. 1 A)

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

4.2.2 Reception of waste in lavatories (human waste) and galleys (galley waste)

D-SF-04-38-31-054-1 A maximum load of approximately 300 kg waste per flight hour transported from at maximum 35 waste receptacles (25 toilet assemblies and 10 galleys) to the waste storage equipment shall be considered (refer to table below).

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Class	No. of pax	No. of waste receptacles		Amount per discharge cycle of the HWR	Amount per discharge cycle of the GWDU	Maximum cycles per hour		Total amount per hour	
		HWR	GWDU			HWR	GWDU	HWR	GWDU
F/C (3-class layout)	22	4	2	0,5 l (water incl. urine) or 0,8 l (water incl. faeces)	1 l galley waste	16	6	38 l	12 l
B/C (3-class layout)	114	8	3	0,5 l (water incl. urine) or 0,8 l (water incl. faeces)	1 l galley waste	16	6	77 l	18 l
Y/C (3-class layout)	520	13	5	0,5 l (water incl. urine) or 0,8 l (water incl. faeces)	1 l galley waste	16	6	125 l	30 l
Total amount for three-class layout per hour									300 l
Y/C (1-class layout HDS)	974	25	10	0,5 l (water incl. urine) or 0,8 l (water incl. faeces)	1 l galley waste	16	6	240 l	60 l
Total amount for one-class layout per hour									300 l

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

4.2.3 Intermediate storage of waste

D-SF-04-38-31-055-1

In order to fulfil the sub function "intermediate storage of waste" the capacity of the receptacle bowl shall be at least.

- Human waste: 10 l
- Galley waste: 2.5 l

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 27

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-056-1

The amount of water used for rinsing the waste-reception equipment shall not exceed 0.2 l (average value).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-057-1

The waste reception equipment shall be emptied completely by performing a single discharge of waste.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-058-1

Before and after the discharge of waste there shall be an airtight separation to the equipment fulfilling the function "Waste transport".

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

Toilet Assembly

D-SF-04-38-31-059-1

The noise generated by the equipment installed in a lavatory shall not exceed the following defined values, when the system is operated at the following pneumatic conditions:

- with the max. diff. press. of 570 mbar (8.26 psi)
- with a length of the suction line, between toilet and waste tank of 2.5 m during test.

The max. noise level of the toilet unit, measured under free field conditions on a sphere of 1 m radius around the toilet bowl, shall not exceed the following levels:

OASPL 83 dB
SIL 73 dB

The OASPL (Overall Sound Pressure Level) has to be measured in the frequency range of 44.7 Hz to 11.2 kHz. The SIL (Speech Interference Level) is defined as the arithmetic mean of the 3 Octave band levels with center frequencies of 1 kHz, 2 kHz and 4 kHz. Noise measurement has to be carried out in the "fast mode" of the measuring equipment.

Rationale: TBD



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 28

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

4.3 Waste Transport

D-SF-04-38-31-061-1

The equipment fulfilling the function "Waste Transport" shall be designed to withstand in minimum 8,000,000 discharge cycles plus an appropriate safety margin without degradation.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

4.3.1 Take waste from the waste receptacles

D-SF-04-38-31-069-1

The duration of a discharge cycle shall be optimized under the objective of minimum noise generation and minimum sedimentation of waste transport lines.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

4.4 Waste/Air Separation

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

D-SF-04-38-31-074-1

The equipment fulfilling the function "Waste/Air Separation" should be designed to withstand in minimum 8,000,000 cycles plus an appropriate safety margin without degradation.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-075-1

The design of the equipment fulfilling the function "Waste/Air Separation" shall reflect the different waste loads during operation according to table.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

4.5 Waste Storage

D-SF-04-38-31-079-1

The equipment fulfilling the function "Waste Storage" should be designed to withstand in minimum 8,000,000 cycles plus an appropriate safety margin without degradation (5% ground operation/ 95% flight operation).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-080-1

Considering CCG and DBD a maximum waste storage capacity of 2130 l waste per flight mission shall be provided.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

D-SF-04-38-31-081-1

The acceleration of the waste storage equipment shall be:
Flight case:

Ny (lateral axis) = $\pm 2.3g$
Nz (vertical axis) = $+6.6g / -3.6g$

Crash cases:

Nx (longitudinal axis) = $+9g / -1.5g$
Ny (lateral axis) = $+4.5g$

Note: +Nx = Inertia load forward
+Ny = Inertia load right
+Nz = Inertia load downward

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-081-1

The equipment fulfilling the sub function "Reception of waste from the waste separation equipment" shall be designed in a way that spilling and sloshing of waste during the reception is minimized in order to prevent contamination that leads to degradation of intended functionality of itself and parts installed inside the waste storage equipment.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-085-1

The pressure requirements of the waste storage equipment shall be:

- Working vacuum: -0.069 bar to -0.69 bar
- Proof vacuum: -0.96526 bar (differential pressure outside-inside)
- Proof pressure (internal): 4.14 bar

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-086-1

The accuracy of the waste quantity indication shall be $\pm 2\%$ of the storage capacity of each subsystem as a maximum at an aircraft angle of attack range from $-1.5^\circ \leq \theta \leq +4.0^\circ$.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 31

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-087-1

The equipment fulfilling the sub function "Discharge of waste on ground" shall be designed to withstand in minimum 21,500 operating cycles.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-088-1

Means shall be provided for complete rinsing of waste storage equipment interior with a water supply pressure range of 20-50 psig (1.38-3-4 bar). Parts installed inside the waste storage equipment and equipment fulfilling the function "Waste/Air Separation" shall not be damaged or contaminated by the rinsing operation of the before mentioned means.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-089-1

Means shall be provided to introduce an amount of liquid disinfectant (pre-charge fluid) into the waste storage equipment. The amount shall be adequate to 5% of the net waste storage capacity.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-090-1

The time to perform servicing shall not exceed 20 minutes.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

	No: 3831 Issue: 1 Date: 08.10.2003
SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT	Page: 32

4.6 *Control and Monitoring*

D-SF-04-38-31-095-1

Control and monitoring information shall be transmitted via system bus or discrete lines in a suitable time period as required for intended functionality.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

5 Operational Requirements

5.1 Operational Envelope

This paragraph gives all operational requirements including HMI for operation and maintenance.

An operational requirement is understood as being not directly traceable to an A/C functional requirement but derives from the in-service use of the system by the airline/customer.

D-SF-04-38-31-099-1 The operational temperature range is defined between 'cold day' condition (ISA $t_{\text{ambient}} = -38^{\circ}\text{C}$ on ground) to 'hot day' conditions (ISA $t_{\text{ambient}} = +55^{\circ}\text{C}$ on ground).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-100-1 Extreme cold weather conditions down to ISA $t_{\text{ambient}} = -55^{\circ}\text{C}$ shall be considered.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-101-1 The Toilet System (Vacuum) shall be operational within a 90 minutes "turn around" time, when the A/C is electrically powered and parked under the appearance of all following conditions:

- Ambient ground temperature $t_{\text{ambient}} = -40^{\circ}\text{C}$ and wind at a maximum speed of $v_{\text{wind}} = 50 \text{ km/h}$.
- All cargo doors open for 90 minutes,
- 1 cabin door per deck open for 90 minutes,
- 2 additional cabin doors per deck open for 30 minutes,
- Waste tank containing any quantity up to full,
- Potable water tank containing any quantity up to full,
- Pneumatic or conditioned air supply to the aircraft,
- Auxiliary power unit (APU) running or external power supplied to A/C
- PWS pressurized
- Aircraft parked up to 10 hours,

or under the appearance of all following conditions:

- Ambient ground temperature $t_{\text{ambient}} = -40^{\circ}\text{C}$ and wind at a maximum speed of $v_{\text{wind}} = 50 \text{ km/h}$,
- Potable Water System and waste tanks drained,
- Pre-parking procedure for lower deck waste receptacles performed,
- All doors closed,
- Pneumatic or conditioned air supply to the aircraft off,

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

- External power supplied to A/C off,
- Aircraft parked for up to 10 hours.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-102-1

System components shall be capable to survive and become operational not later than 30 minutes after subsequent power on after a parking period of twelve hours under "Power Off" condition at an ambient temperature of $t = -54^{\circ}\text{C}$ under drained conditions (Toilet System (Vacuum) and all components are drained).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

5.2 System Operation

D-SF-04-38-31-104-1

Servicing of the system shall be possible under A/C "Power Off" condition.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-105-1

All system interfaces to cabin crew, even if seldom used (e.g. shut-off devices), shall be easily accessible and intuitively operable.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim



SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

D-SF-04-38-31-106-1

All system interfaces to passengers shall be easily accessible and intuitively operable.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-107-1

The main interface for the cabin crew during flight is the forward attendant panel (FAP). It shall indicate in minimum:

- The actual waste level in each subsystem,
- The amount of potable water,
- Any cabin crew related failure messages of the toilet system and its components and
- TBD optional functions

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-108-1

There should be an instant response (<0.1s) of the waste reception equipment after a flush is initialised when the waste reception equipment is not in an inoperable and flush-inhibited mode.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-109-1

During the time the waste reception equipment is performing a flush sequence the next flush sequence shall be inhibited and the flush initialisation shall be suppressed. After the flush sequence is finished the waste reception equipment shall return to its normal operation mode.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 36

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

D-SF-04-38-31-110-1

The advantage of an auto flush (preparking or manual) cycle shall be investigated during the development process.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-111-1

As the Toilet System (Vacuum) requires frequent replenishment and draining (servicing). These functions shall be very simple and tolerant against rough handling and operation from the non-trained service personal.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-112-1

All manual operations for servicing shall be self-explanatory and possible to be carried out by non-trained service personal under severe cold weather conditions using thick gloves.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-114-1

The vacuum system shall be disabled during servicing.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-117-1

The Toilet System (Vacuum) shall withstand cleaning procedures, excited with common high pressure cleaning devices without any damage or deterioration.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 37

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

6 Safety Requirements

6.1 Quantitative Safety Requirements

<i>D-SF-04-38-31-120-1</i>	<p>This paragraph defines the safety failure conditions and their probability targets of the Toilet System (Vacuum):</p> <table border="0"> <tr> <td>Heavy leakage of wastewater storage:</td> <td style="text-align: right;">$<1*10^{-5}$</td> </tr> <tr> <td>Loss of waste overboard (Ice formation):</td> <td style="text-align: right;">$<1*10^{-6}$</td> </tr> <tr> <td>Overflow of a HWR:</td> <td style="text-align: right;">$<1*10^{-5}$</td> </tr> <tr> <td>Loss of cabin air:</td> <td style="text-align: right;">$<1*10^{-7}$</td> </tr> <tr> <td>Leakage of piping:</td> <td style="text-align: right;">$<1*10^{-6}$</td> </tr> <tr> <td>Loss of vacuum supply equipment:</td> <td style="text-align: right;">$<1*10^{-5}$</td> </tr> </table> <p> Rationale: TBD Assumptions: TBD Additional info: TBD Author: TBD Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003 Stakeholder: TBD Source: TBD Link to: TBD Level: TBD Maturity: Verbatim </p>	Heavy leakage of wastewater storage:	$<1*10^{-5}$	Loss of waste overboard (Ice formation):	$<1*10^{-6}$	Overflow of a HWR:	$<1*10^{-5}$	Loss of cabin air:	$<1*10^{-7}$	Leakage of piping:	$<1*10^{-6}$	Loss of vacuum supply equipment:	$<1*10^{-5}$
Heavy leakage of wastewater storage:	$<1*10^{-5}$												
Loss of waste overboard (Ice formation):	$<1*10^{-6}$												
Overflow of a HWR:	$<1*10^{-5}$												
Loss of cabin air:	$<1*10^{-7}$												
Leakage of piping:	$<1*10^{-6}$												
Loss of vacuum supply equipment:	$<1*10^{-5}$												

6.2 Qualitative Safety Requirements

<i>D-SF-04-38-31-121-1</i>	<p>The Toilet System (Vacuum) shall under no failure combinations imply any hazardous effect to the passengers/cabin crew. A contamination of the potable water by waste must not be possible.</p> <p> Rationale: TBD Assumptions: TBD Additional info: TBD Author: TBD Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003 Stakeholder: TBD Source: TBD Link to: TBD Level: TBD Maturity: Verbatim </p>
<i>D-SF-04-38-31-122-1</i>	<p>The Toilet System (Vacuum) shall imply no hazardous effect to the A/C under any failure combination.</p> <p> Rationale: TBD Assumptions: TBD Additional info: TBD Author: TBD Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003 Stakeholder: TBD Source: TBD Link to: TBD Level: TBD Maturity: Verbatim </p>



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 39

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

D-SF-04-38-31-123-1

The system components shall be designed in a way, that the danger to passengers, operation and maintenance personnel is minimized.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

7 Reliability Requirements

7.1 Quantitative Reliability Requirements

D-SF-04-38-31-124-1 Detailed requirements for functional availability are given in TN-EAD-225/05/99 (T112).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-125-1 The quantitative reliability requirements for the Toilet System (Vacuum) will be established by analysing the probability of dedicated failure conditions:

All HWRs are unserviceable:	$<1*10^{-9}$
Loss of any single HWR:	$<8*10^{-4}$
Loss of a single GWDU:	$<5*10^{-5}$
Loss of one vacuum subsystem operation:	$<1*10^{-4}$
Loss of two vacuum subsystem operation:	$<1*10^{-7}$
Loss of whole vacuum system operation:	$<1*10^{-8}$
Loss of "stored waste"-quantity indication:	$<1*10^{-5}$
Loss of control and monitoring function:	$<1*10^{-5}$
Loss of servicing function:	$<1*10^{-4}$

The given figures shall be achieved in minimum by the system.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-126-1 The waste receptacles shall be designed to perform at least 300.00 "discharge of waste"-cycles under in-service conditions without any kind of failure.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-127-1 The service life of the components shall be at least 25 years (21,500 flight cycles) or 135.000 FH (whichever comes first).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 41

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-128-1 The operational interruption rate target for ATA38 is given in ref. Document AI/LE-M 824.0185/98.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-129-1 The failure-condition probability target for events, which could lead to flight interruption, shall have an occurrence probability lower than $2 \cdot 10^{-6}$ per T/O.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-130-1 The failure condition probability target for events, which could lead to an operational delay, shall have an occurrence probability lower than $2 \cdot 10^{-4}$ per T/O.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

7.2 Qualitative Reliability Requirements

D-SF-04-38-31-131-1 A failure of the BITE system must not affect the operation of the components being monitored.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 42

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-132-1 BITE failures causing hazard to personnel or equipment shall be improbable ($<10^{-7}$).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-133-1 As an objective, no single hardware failure or software error should affect the operational reliability or the passenger comfort or lead to a complete loss of the Toilet System. Deviations from this requirement can be accepted, after substantiation, if the total failure rate of single failures, which can affect the function, is remote or less.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-134-1 The reliability of the BITE system shall be better (at least one order of magnitude) than the reliability of the parameter/ function being monitored.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-135-1 The Toilet System (Vacuum) shall be designed in a way that a failure leading to a shutdown of a single sub system does not degrade the availability of the remaining sub system (Common Mode failure).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

D-SF-04-38-31-136-1

The Toilet System (Vacuum) should be designed in a way that a failure leading to a shutdown of a single part of the waste reception equipment does not impair the availability of the remaining subsystem (open flush valve failure).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-137-1

The Toilet System (Vacuum) should be designed in a way that a failure leading to a shutdown of a single part of the equipment (smart equipment, i.e. waste level measurement equipment) does not impair the availability of the remaining subsystem.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-138-1

The supplier shall describe the way he wants to perform highly accelerated life testing during development of the Toilet System (Vacuum) and the Toilet System (Vacuum) components. The aim of such a technique is to quickly reveal the weak points of a design so that the component can be redesigned to increase its robustness. The applied technique shall expose the tested components to stresses such as random vibration (6 degrees of freedom), rapid temperature transitions, voltage margining, frequency margining and other stresses that are appropriate to find the problem areas in the design. An essential point is that the component is operated under load conditions and fully monitored during the whole test.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-139-1

Furthermore the supplier shall show the way he wants to perform highly accelerated stress screening during production of the Toilet System (Vacuum) components above. The aim of this type of test is to reveal effectively manufacturing flaws in the components without removing significant life from them. The test conditions should be derived from the operating and destruct limits observed during the design accelerated reliability tests above.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 44

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-140-1

The supplier shall describe which Toilet System (Vacuum) components he wants to perform highly accelerated life testing and highly accelerated stress screening for. The supplier shall also describe the reasons for not applying these test philosophies for certain components.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-141-1

The supplier shall establish a procedure to report failures that occur during the tests and to launch corrective actions. A report containing the occurred failures and a description of the design improvements shall be provided to the aircraft manufacturer in due time.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-142-1

The functional groups of the Toilet System (Vacuum) shall consist of means of over current protection.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-143-1

The functional groups of the Toilet System (Vacuum) shall be designed that overheating is prevented.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 45

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

D-SF-04-38-31-144-1

Sedimentation and/or deposits at equipment, which is built up between defined service/maintenance intervals, shall not lead to a total loss of system functions.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

8 Maintainability Requirements

8.1 Maintenance Concept

D-SF-04-38-31-145-1 The Toilet System (Vacuum) and its equipment parts shall be designed for minimum maintenance.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-146-1 The Toilet System (Vacuum) shall not require preventive maintenance tasks except those justified by cost effectiveness or required by national authorities.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-147-1 The system layout shall either not require any scheduled component removal/overhaul or limit these activities to cost effective tasks.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-148-1 Maintenance shall be dependent on in-situ determination of the system's condition by visual check or system OMS/BITE messages.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 47

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

D-SF-04-38-31-149-1

The system shall not be composed of equipment or components, which have definite life, limits (hard times) or fixed time between overhauls (TBO), unless the life limit or TBO exceeds aircraft life expectancy (ABD0029 par. 5-8-1).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-247-1

The Toilet System (Vacuum) shall not require preventive maintenance tasks except those justified by cost effectiveness or required by national authorities.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

8.2 Scheduled Maintenance

D-SF-04-38-31-150-1

The need for scheduled maintenance shall be minimized.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-151-1

Any scheduled maintenance shall be compatible with the maintenance program as indicated in the TLAR. For information:

- A-check: 750 FH
- C-check: 24 months
- Intermediate layover: 72 months
- Major layover: 144 months

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD

	No: 3831
	Issue: 1
SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT	Date: 08.10.2003
	Page: 48

Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-152-1 Any scheduled maintenance task shall be justified by cost effectiveness and supported by MSG-3 analysis.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-153-1 Scheduled maintenance task shall be adequately fit to the A380 maintenance interval objectives and be limited to:

- Servicing (replenishment or fluid)
- Cleaning or Replacement of filters and
- Duct/Tank cleaning.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-155-1 The Toilet System (Vacuum) shall not require any maintenance tasks with frequencies below 'A' check interval.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

8.3 Direct Maintenance Costs

The maintenance cost objectives for ATA38 is given in Ref. AI/LE-M 824.0185/98.

8.4 Qualitative Maintainability Requirements



SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

D-SF-04-38-31-156-1

The system layout shall be as simple as possible and operation shall be self-monitored and troubleshooting oriented.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-157-1

All maintenance procedures and requirements shall be kept as simple as possible (ABD0029 par. 5-10-2).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-158-1

System faults, which are only detectable during servicing, shall not lead to a delayed dispatch.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-160-1

Proven equipment from the Airbus-family – preferably A330/A340 or A340-500/600 or from commercial A/C should be used where applicable.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-161-1

No dedicated L/H or R/H equipment should be used.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD



SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-165-1

A Line Replaceable Unit (LRU) is a unit, which can be readily changed on an A/C during Line maintenance turn around operations by one person without the need of special tools or ground support equipment.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-166-1

For the system layout, components shall as much as possible be considered as line replaceable units (LRU) with a replacement time of 30 minutes if the component is required for the next flight.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-167-1

The quality of accessibility shall be related to the frequency of the need to get access to the affected item. Above all, good accessibility shall be provided for all LRU and periodic check items.

Task Interval	Access Requirement
Below A-check interval	Access shall be possible without tools, through doors or panels which shall not come off the A/C.
From A-check interval up to C-check interval (included)	Access shall be possible through panels or doors fitted with quick release fasteners of captive type.
Above A-check interval	Access possible through normal screwed panels. All screws of a panel should be the same. The standard tool to be used shall be the same for all screws of a same area. It shall be a design objective to choose nuts, which shall be reusable for the A/C life.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 51

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

- D-SF-04-38-31-168-1* LRUs and installation areas requiring maintenance access to avoid a dispatch delay shall be readily accessible without removing other components.
- Rationale:** TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim
- D-SF-04-38-31-169-1* Getting access to a component should not require removal of any other part of equipment.
- Rationale:** TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim
- D-SF-04-38-31-170-1* Depending on airline maintenance philosophy either components of the toilet assembly or the entire assembly will be removed in case of component failure. However, both maintenance philosophies shall be supported by easy access.
- Rationale:** TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim
- D-SF-04-38-31-172-1* System design should consider the cleaning of the Toilet System (Vacuum), e.g. additional access tooling to pass through.
- Rationale:** TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim
- D-SF-04-38-31-173-1* Access openings shall offer sufficient clearance to enable the largest component and associated tooling to pass through.
- Rationale:** TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 52

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-174-1 The toilet shut off valves shall be easily accessible.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-180-1 LRU replacement shall not require any adjustments, calibration activities or special tools.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-186-1 If expendable, items are required to keep material cost low. Airbus – unique materials should be avoided.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-187-1 System design shall consider easy inspectability of equipment and installations.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-249-1 To perform system test and LRU/LRM operational test from a maintenance terminal through the OMS shall be fast and easy.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 53

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-250-1

Testing and Diagnostic BITE shall be available via a maintenance terminal.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-189-1

System faults with effect on operation and dispatch shall be directly indicated and analysed by the On-Board Maintenance System to direct for proper corrective maintenance action.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-190-1

In general, equipment controlled by a microprocessor shall include BITE for itself and the connected items if applicable. The BITE test shall be carried out automatically during power up and periodically during operation. System Status Information shall be available on request for the OMS.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-251-1

The system shall be designed to permit quick and accurate fault indication and correction without the use of specialized equipment.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 54

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

D-SF-04-38-31-191-1

The system shall withstand cleaning high-pressure procedure (according AMM Airbus A340, task 38-31-00-100-80300) or any other cleaning methods as presently used on other Airbus types without any damage or deterioration.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-197-1

The system design shall consider equipment to be repairable in cost effective manner. For the electronic equipment special requirements of ABD0100.1.4 and ABD0100.1.5 are applicable.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-198-1

Means shall be taken to avoid maintenance-induced faults caused by disoperation or due to human errors such as misconnection of electrical connectors and lines or incorrect attachment of equipment. If applicable, mechanical means shall be used to realize foolproof design solutions.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-199-1

Special tools and test equipment shall be kept to a minimum.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-200-1

In general, no special tools and Ground Support Equipment shall be needed except in exceptional cases where justification is provided to, and accepted by the Purchaser.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD



SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-201-1 Using standard tools without necessity for Ground Support/Test Equipment shall perform all On-A/C maintenance activities.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-202-1 For electronic equipment, the requirements concerning testability, tools and test equipment shall be in accordance with ABD0100.1.4 and ABD0100.1.5.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

8.5 Quantitative Maintainability Requirements

D-SF-04-38-31-203-1 Dispatch critical LRUs shall be replaceable during normal turnaround time (max. 30 min including access and checkout).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-204-1 The system layout shall consider that the equipment replacement time targets as listed, not regarding time to get access, disconnection/removal of heater elements, piping and check out/verification of the system operation, will be met.

Equipment	LRU	Time for Replacement (h)	No of Mechanics for Replacement
Toilet Assembly	Yes	0,30	1

Rationale: TBD



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 56

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Assumptions:	TBD
Additional info:	TBD
Author:	TBD
Creation date (dd/mm/yyyy):	08.10.2003
Stakeholder:	TBD
Source:	TBD
Link to:	TBD
Level:	TBD
Maturity:	Verbatim



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 57

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

9 Interchangeability Requirements

D-SF-04-38-31-205-1

The number of different part numbers shall be minimized.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

10 Installation and Environmental Requirements

10.1 Environmental Requirements

D-SF-04-38-31-206-1

Besides the environmental condition given in ABD0100.1.2 all equipment shall be resistant against:

- Periodical freezing and change of temperature,
- Dirt from outside (e.g. hydraulic fluid; refer to CML),
- Heating by hot air,
- Cleaning agents (refer to CML),
- High pressure cleaning (refer to AMM procedure)

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

10.2 Installation Requirements

D-SF-04-38-31-207-1

No dedicated L/H or R/H equipment should be used.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-208-1

There shall be a mean that guaranties a sufficient ventilation of the toilet housing during a flush cycle in order to prevent a pressure differential between the A/C cabin area and the toilet housing.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-209-1

The dimension of the interfaces to the PWS shall be determined by the dimension of the PWS supply lines. For commonality purpose there shall be an interface to the PWS of the MS33514E8 type.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 59

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-210-1

The dimension of the interfaces to the waste transport lines shall be determined by the Dimension of the waste transport lines. For commonality purpose there shall be an interface of the ABS 0395 standard for a 2-inch line.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-215-1

Electrical connections shall be made using Airbus standardised items (ASNE, ABS, EN, ARINC standards or MIL-C-83723; ref. ABD 0100.1.8 Issue B par.1.1.3).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

10.3 Tooling

D-SF-04-38-31-216-1

It shall be ensured that no special tool will be required for installation/removal of any equipment of the system in the aircraft.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

11 Functional Interface Requirements imposed on the System

This paragraph is more dedicated to the description of the constraints given by the other systems or structure that need to be considered by the System Designer.

D-SF-04-38-31-217-1 The envelope dimensions and contour of the HWR shall reflect ergonomic user needs.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

11.1 Data Bus Connection

D-SF-04-38-31-218-1 Communication between the system components and with other A/C systems shall be realized via IMA.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

11.2 Electrical

D-SF-04-38-31-219-1 The electrical power system provides 28 VDC and 115 VAC, 3 phases, variable frequency (360- 800 Hz).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

	No: 3831 Issue: 1 Date: 08.10.2003
SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT	Page: 61

12 Weight Requirements

This paragraph gives the maximum weight objective for the system, and where applicable for the subsystems.

D-SF-04-38-31-220-1

The weight of the system according to the standard layout (A380 "Family" Standard Specification) shall not be exceeded: **TBD**

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

13 Additional Requirements

13.1 Commonality

D-SF-04-38-31-221-1 Major aim for the system design shall be the implementation of proven components from the existing Airbus fleet or from proven commercial A/C.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-222-1 The servicing and maintenance procedures shall be similar to those of the existing Airbus A/C families.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

D-SF-04-38-31-223-1 System design should allow for the installation of toilet units from different suppliers.

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003
Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim

13.2 Materials

D-SF-04-38-31-224-1 Material chosen for the Toilet System (Vacuum) shall be non-corrosive and resistant to Human waste, cleaning/disinfecting agents approved to be used on A/C waste system (approved in accordance with CML).

Rationale: TBD
Assumptions: TBD
Additional info: TBD
Author: TBD
Creation date (dd/mm/yyyy): 08.10.2003



No: 3831
Issue: 1
Date: 08.10.2003
Page: 63

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Stakeholder: TBD
Source: TBD
Link to: TBD
Level: TBD
Maturity: Verbatim



No: 3831

Issue: 1

Date: 08.10.2003

SYSTEM REQUIREMENT DOCUMENT

Page: 64