



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Diplomarbeit

Fachbereich Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

**Entwurf eines Wassersystems für den Ausbau eines
Airbus A380 – VVIP**

Marc König

10. März 2006



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

in Zusammenarbeit mit:

Firma Lufthansa Technik AG
Weg beim Jäger 193
22335 Hamburg

Verfasser: Marc König
Abgabedatum: 13.03.2006

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME
2. Prüfer: Dipl.-Ing. Joachim-Maier Witt

Industrieller Betreuer: Dipl.-Ing. Joachim-Maier Witt

Kurzreferat

Der Ausbau von Privat- und Regierungsflugzeugen wird in so genannten Completion Centers durchgeführt. Die Lufthansa Technik AG hat ein derartiges Center und bereitet sich auf den ersten Ausbau eines Airbus A380 für Very Very Important Persons (VVIP) vor. Der Airbus A380 mit seinen zwei Decks bietet ganz neue Möglichkeiten für die Innenausstattung. In der vorliegenden Diplomarbeit wird ein komplettes Wassersystem für einen A380-800 VVIP entworfen. Ausgangspunkt der Diplomarbeit ist ein von Lufthansa Technik erstelltes Layout eines A380-800 für VVIP, in dem die Positionen der sanitären Räumlichkeiten festgelegt sind. Im Einzelnen wird hierbei auf das Trink-, Grau- und Schmutzwassersystem eingegangen. Des Weiteren werden die Komponenten zur Wasserlagerung, -aufbereitung und -verteilung ausgelegt. Die einzelnen Systeme sollen in so genannten Funktionsdiagrammen dargestellt werden. Für die zentrale Steuereinheit des Wassersystems, welche der Überwachung aller elektrischen Komponenten dient, wird mit Hilfe von Flussdiagrammen die Steuerungs-, Überwachungs- und Anzeigefunktionalität dargestellt.



STUDIENDEPARTMENT FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUBAU

Entwurf eines Wassersystems für den Ausbau eines Airbus A380 - VVIP

Aufgabenstellung zur *Diplomarbeit* gemäß Prüfungsordnung

Hintergrund

Der Ausbau von Privat- und Regierungsflugzeugen wird in sogenannten Completion Centers durchgeführt. Die Lufthansa Technik AG ist ein derartiges Center und bereitet sich auf den ersten Ausbau eines Airbus A380 für Very Very Important Persons (VVIP) vor. Der Airbus A380 mit seinen zwei kompletten Decks bietet ganz neue Möglichkeiten für die Innenausstattung. Dabei geht es u.a. um die Auslegung des Wassersystems für diesen Flugzeugtyp. Hierbei spielt die Ausstattung der Sanitärräume mit den dazugehörigen Verbrauchern eine wesentliche Rolle.

Aufgabe

Ausgangspunkt der Diplomarbeit ist ein Layout eines A380-800 für VVIP mit der Position der einzelnen Räumlichkeiten. Im Rahmen der Diplomarbeit soll ein komplettes Wassersystem für einen Airbus A380-VVIP entworfen werden. Im Einzelnen wird hierbei auf das Trink-, Grau- und Schmutzwassersystem eingegangen, sowie auf die Themen Wasserlagerung -aufbereitung, und -verteilung. Die Aufgabe umfasst:

- Darstellung der theoretische Grundlagen des Wassersystems.
- Erstellung des Layouts vom Main- und Upper Deck hinsichtlich der einzelnen Sanitärräume und ihrer Wasserverbraucher.
- Entwurf der Wasseraufbereitungs-Einheit (Wasserrack) mit allen Komponenten zur Lagerung, Aufbereitung und Verteilung des Trinkwassers.
- Entwurf des Trinkwasser-, Grauwasser- und Schmutzwassersystems.
- Berechnung der Rohrweiten im Trinkwassersystem.
- Für die zentrale Steuereinheit des Wassersystems (zur Überwachung aller elektrischer Komponenten im System) soll mit Hilfe eines Flussdiagramms die Steuerungs- Überwachungs- und Anzeigefunktionalität dargestellt werden.

Die Ergebnisse sollen in einem Bericht dokumentiert werden. Bei der Erstellung des Berichtes sind die entsprechenden DIN-Normen zu beachten.

Die Diplomarbeit wird bei der Lufthansa Technik AG, Completion Center, durchgeführt. Industrieller Betreuer der Arbeit ist Dipl.-Ing. Maier-Witt.

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.

2006-03-10

.....
Datum

Unterschrift

Inhalt

	Seite
Kurzreferat	2
Verzeichnis der Bilder.....	8
Verzeichnis der Tabellen	10
Liste der Symbole	11
Liste der Abkürzungen	14
1 Einleitung	15
1.1 Motivation	15
1.2 Begriffsdefinitionen.....	15
1.3 Ziel der Arbeit	16
1.4 Literaturübersicht.....	16
1.5 Aufbau der Arbeit.....	17
2 Darstellung der theoretischen Grundlagen des Wassersystems	19
2.1 Allgemeines	19
2.1.1 Das Trinkwassersystem (potable water system).....	19
2.1.2 Das Grauwassersystem (grey water system)	20
2.1.3 Das Schmutzwassersystem (waste water system)	22
3 Das Kabinenlayout des A380	24
3.1 Kabinenlayout des Main Decks.....	24
3.1.1 Die sanitären Einrichtungen des Main Decks	24
3.2 Das Kabinenlayout des Upper Decks	25
3.2.1 Die sanitären Einrichtungen des Upper Decks.....	26
4 Entwurf der Wasseraufbereitungs-Einheit	27
4.1 Trinkwasserspeicherung	28
4.1.1 Der Wasserverbrauch der Dampfsauna	28
4.1.2 Trinkwasserverbrauch	32
4.1.3 Auslegung der Trinkwassertanks.....	35
4.2 Trinkwasseraufbereitung	36
4.2.1 Auslegung der Heizer	36
4.2.2 Auslegung der Filter	39
4.2.3 Auslegung der Sterilisatoren	40
4.3 Trinkwasserverteilung	42
4.3.1 Auslegung der Druckpumpen.....	42

4.3.2	Auslegung der Zirkulationspumpen	44
4.4	Speicherauslegung	45
5	Entwurf des Trinkwasser-, Grauwasser- und Schmutzwassersystems	50
5.1	Trinkwassersystem	50
5.1.1	Trinkwasserzirkulation	50
5.1.2	Leitungsführung.....	51
5.1.3	Entlüftung des Trinkwassersystems	51
5.1.4	Befüllung des Trinkwassersystems	52
5.1.5	Entleerung des Trinkwassersystems	53
5.1.6	Infrarotschalter.....	54
5.1.7	Ventile des Trinkwassersystems.....	54
5.2	Entwurf des Grauwassersystems	56
5.2.1	Entstehung des Grauwassers	56
5.2.2	Sammlung des Grauwassers	57
5.2.3	Leitungsführung.....	58
5.2.4	Funktion der Grauwassersammelkammer	58
5.2.5	Lagerung des Grauwassers	58
5.2.6	Entsorgung des Grauwassers	59
5.2.7	Die Auffangwannen.....	59
5.2.8	Ventile des Grauwassersystems.....	61
5.3	Entwurf der Schmutzwassersystems	62
5.3.1	Entstehung des Schmutzwassers	62
5.3.2	Sammlung des Schmutzwassers	62
5.3.3	Lagerung des Schmutzwassers	63
5.3.4	Leitungsführung.....	64
5.3.5	Funktion der Spülsteuerungseinheit	64
5.3.6	Funktion der Abwassersammelkammer (SCU)	65
6	Berechnung der Rohrweiten im Trinkwassersystem	66
6.1	Rohrweite der Kaltwasserzirkulationsleitung.....	66
6.2	Rohrweite der Warmwasserzirkulationsleitung.....	69
7	Die zentrale Steuereinheit des Wassersystems.....	73
7.1	Steuerung des Trinkwassersystems	74
7.1.1	Trinkwassertank-Füllstandsanzeige	74
7.1.2	Steuerung der Kompressoren.....	74
7.1.3	Steuerung des Isolationsventils und der Raumabsperrentile	74
7.2	Steuerung des Grauwassersystems	76
7.2.1	Anzeige bei vollem Grauwassertank	76
7.2.2	Steuerung des GW-2-Wegeventils und des Vakuumventils.....	76
7.2.3	Steuerung des Entleerungsventils des Grauwassertanks	78

7.3	Überwachung der Komponenten der Wasseraufbereitungseinheit	79
7.3.1	Überwachung der Druck- und Zirkulationspumpen	79
7.3.2	Überwachung der Heizer	79
7.3.3	Überwachung der Sterilisatoren	79
7.4	Steuerung der Trink- und Grauwassersystementleerungen	80
7.4.1	Steuerung der Trinkwassersystementleerung	80
7.4.2	Steuerung der Grauwassersystementleerung	81
8	Zusammenfassung	82
	Literaturverzeichnis	83
	Anhang A Technische Daten des A380-800	85
	Anhang B Technisch Daten der Komponenten des Wasseraufbereitungseinheit	87
B.1	Zusatzwassertank	87
B.2	Wasserheizer	88
B.3	Grobfilter	91
B.4	Feinfilter	92
B.5	Sterilisator	93
B.6	Druckpumpe	95
B.7	Zirkulationspumpe	98
B.8	Pufferspeicher	101
B.9	Dampfgenerator	102
	Anhang C Wörterbuch Deutsch – Englisch	103
	Anhang D Standard – Atmosphäre	105
	Anhang E Standard – Atmosphäre	106
E.1	Layout des A380-800 VVIP	106
	(im Maßstab A0)	106
E.2	Funktionsdiagramm des Wassersystems	106
	(im Maßstab A0)	106
E.3	Funktionsdiagramm des Trinkwassersystems	106
	(im Maßstab A2)	106
E.4	Funktionsdiagramm des Grauwassersystems	106
	(im Maßstab A2)	106
E.5	Funktionsdiagramm des Schmutzwassersystems	106
	(im Maßstab A2)	106

Verzeichnis der Bilder

Bild 2.1	Schema Trinkwassersystem.....	20
Bild 2.2	Schema Grauwassersystem.....	21
Bild 2.3	Schema Schmutzwassersystem.....	21
Bild 3.1	Layout des Main Decks (Lufthansa Technik 2005).....	24
Bild 3.2	Layout des Upper Decks (Lufthansa Technik 2005).....	25
Bild 4.1	Wasseraufbereitungseinheit.....	27
Bild 4.2	Position der Standardtrinkwassertanks (Airbus 2005).....	28
Bild 4.3	Skizze Volumenberechnung Dampfsauna.....	29
Bild 4.4	Anordnung der Heizer.....	39
Bild 4.5	Anordnung der Filter im System.....	40
Bild 4.6	Anordnung der Sterilisatoren im System.....	41
Bild 4.7	Anordnung der Druckpumpen im System.....	43
Bild 4.8	Anordnung der Zirkulationspumpen im System.....	44
Bild 4.9	Gesamtvolumen des Warmwasserspeichers.....	47
Bild 5.1	Schema Kalt- und Warmwasserzirkulation.....	50
Bild 5.2	Befestigung Floorbeam.....	51
Bild 5.3	Befestigung Stringer.....	51
Bild 5.4	Be- und Entlüftungsventile.....	52
Bild 5.5	Schema Befüllung des Trinkwassersystems.....	53
Bild 5.6	Trinkwasser-Drain-Panel (A340 AMM Airbus 1992).....	54
Bild 5.7	Trinkwasser-Service-Panel (A340 AMM Airbus 1992).....	54
Bild 5.8	2-Wege-Absperrventil (manuell).....	55
Bild 5.9	4-Wege-Absperrventil (motorisiert).....	55
Bild 5.10	Rückschlagventil.....	55
Bild 5.11	Be- und Entlüftungsventil.....	56
Bild 5.12	Schema des Grauwassersystems.....	57
Bild 5.13	Grauwassersammelkammer (STU).....	58
Bild 5.14	Drainmast (Scholz 2001).....	59
Bild 5.15	Konstruktionsskizze der Auffangwanne.....	60
Bild 5.16	Grauwasserventil.....	61
Bild 5.17	3-2-Wegewechselventil.....	61
Bild 5.18	Position Schmutzwassertanks (Airbus 2005).....	62
Bild 5.19	Schmutzwassertanks du Versorgungsleitungen.....	63
Bild 5.20	Schmutzwasser-Servicepanel (Airbus 2003-2).....	64
Bild 5.21	Toilettenbecken mit Spülsteuerungseinheit (A340 AMM Airbus 1992).....	65
Bild 5.22	Abwassersammelkammer (SCU).....	65
Bild 6.1	relevante Kaltwasserzirkulationsleitung.....	68
Bild 6.2	relevante Warmwasserzirkulationsleitung.....	71

Bild 7.1	Flussdiagramm Wassersensoren.....	75
Bild 7.2	Schema Grauwassertank.....	77
Bild 7.3	Flussdiagramm Grauwassertank.....	78
Bild 7.4	Flussdiagramm Trinkwassersystementleerung.....	80
Bild 7.5	Flussdiagramm Grauwassersystementleerung.....	80
Bild A.1	A380-800 3-Seiten-Ansicht (AIRBUS A380-800 Technical Description 2003)	86
Bild B.1	Wassertank WTC 370 A (MAN Technologie AG 2004).....	87
Bild B.2	Wasserheizer ATWH15 (AQUAJET 2000).....	88
Bild B.3	Filter SPARK L PURE (GENERALECOLOGY 2003).....	91
Bild B.4	Filter SEAGULL IV X-6 (GENERALECOLOGY 2003)	92
Bild B.5	Purifier NPS-A2 (IWG 2000)	93
Bild B.6	Druckpumpe (IWG 2001).....	95
Bild B.7	Kennlinie Druckpumpe (IWG 2001).....	95
Bild B.8	Zirkulationspumpe (IWG 2000)	98
Bild B.9	Kennlinie Zirkulationspumpe (IWG 2001).....	98
Bild B.10	Pufferspeicher (Yokohama Aerospace America Inc. 2003).....	101
Bild B.11	Dampfgenerator (Hansgrohe Deutschland 2006)	102

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 3.1	Übersicht Sanitäreinrichtungen Main Deck	25
Tabelle 3.1	Übersicht Sanitäreinrichtungen Upper Deck	26
Tabelle 4.1	Verbrauch in den sanitären Einrichtungen	33
Tabelle 4.2	Verbrauch in den Küchen	34
Tabelle 4.3	Anzahl der Passagiere und der Besatzung	34
Tabelle 4.4	Verbrauch der Einrichtungen	34
Tabelle 4.5	Verbrauch in den einzelnen Badezimmern	36
Tabelle 4.6	Übersicht der Temperaturen	37
Tabelle 4.7	Verbrauch und Benutzungsrate der Wasserentnahmestellen	45
Tabelle 4.8	Übersicht der Temperaturen	45
Tabelle 6.1	Rohrreibungsverlust, Kaltwasserzirkulationsleitung (Tabellenbuch Sanitär · Heizung · Lüftung 1996)	67
Tabelle 6.2	Rohrreibungsverlust, Warmwasserzirkulationsleitung (Tabellenbuch Sanitär · Heizung · Lüftung 1996)	70
Tabelle A.1	Flugzeugabmessungen	85
Tabelle A.2	Flugzeugeckdaten	85
Tabelle A.3	Flugzeuggewichte	86

Liste der Symbole

A	Fläche
C	Verbrauch
c_p	mittlere spezifische Wärmekapazität
d	Durchmesser
DN	Nennweite (Rohr)
f	Frequentierung
l	Länge
n	Anzahl
p	Druck
P	Leistung
R	Rohrreibungsverlust
t	Zeit
T	Temperatur
T_0	Temperaturnullpunkt
V	Volumen
\dot{V}	Volumenstrom
\dot{V}_R	Berechnungsdurchfluss
\dot{V}_S	Spitzendurchfluss
u	Benutzungsrate
x_s	Dampfgehalt
ΔT	Temperaturdifferenz

Griechische Symbole

Σ	Summenzeichen
Π	Zahl Pi
ρ	Dichte
ϑ	Temperatur

Indizes

<i>BUFFER</i>	Puffer
<i>COLD</i>	kalt
<i>CON</i>	Verbrauchers
<i>CP</i>	Zirkulationspumpe (circulation pump)
<i>DM</i>	Druckminderer
<i>erf</i>	erforderlich
<i>FAC</i>	Einrichtung
<i>FF</i>	Feinfilter
<i>gasf</i>	gasförmig
<i>GF</i>	Grundfläche
<i>H₂O</i>	Wasser
<i>HEAT</i>	Heizer
<i>HOT</i>	warm
<i>KWL</i>	Kaltwasserleitung
<i>LINES</i>	Leitungen
<i>MAX</i>	maximal
<i>NEC</i>	benötigt
<i>NORM</i>	Norm
<i>OPT</i>	optimal
<i>OUT</i>	Ausgang
<i>PF</i>	Grobfilter (prefilter)
<i>PP</i>	Druckpumpe (pressure pump)
<i>PAX</i>	Verbrauch pro Passagier
<i>PEAK</i>	Spitzen(-verbrauch)
<i>PUR</i>	Sterilisatoren (purifier)
<i>REHEATING</i>	wiederaufheizen
<i>RESERVE</i>	Reserve
<i>STORAGE</i>	Speicher
<i>TOTPOWER</i>	maximale Energie
<i>TOT</i>	total
<i>USAGE</i>	Dauer der Benutzung
<i>USER</i>	Anzahl der Benutzer

WATER Wasser
WWL Warmwasserleitung

Liste der Abkürzungen

AMM	Aircraft maintenance manual
APU	Auxiliary power unit
B/C	Business class
CFK	Carbon faser verstärkter Kunststoff
E/C	Economy class
F/C	First class
FCU	Flash control unit
FLS	Full level sensor
FWD	Forward
GCC	Grey water Chamber Controller, Grauwasserkammersteuerung
GW	Grauwasser, Grey water
GWS	Grauwassersystem
LH	Left hand
LHT	Lufthansa Technik
MP	Hauptpumpe (main pump)
NTF	Non Textile Floor
PS	Druckschalter (pressure switch)
PW	Potable water
RH	Right hand
SCU	Sink chamber unit, Abwassersammelkammer (Bidet)
SP	Bereitschaftspumpe (spare pump)
STU	Shower transfer unit, Grauwassersammeleinheit (Dusche)
SWS	Schmutzwassersystem
TW	Trinkwasser
TWS	Trinkwassersystem
VVIP	Very very important person
WS	Water sensor
WSC	Water system controller

1 Einleitung

1.1 Motivation

Das Lufthansa Technik Completion Center beschäftigt sich schon seit vielen Jahren mit dem Ausbau von Geschäfts- und Privatflugzeugen. Mit dem neuen Flugzeugtyp Airbus A380-800 eröffnen sich im Hinblick auf Größe und Komfort ganz neue Möglichkeiten. In nicht allzu ferner Zukunft werden auch Flugzeuge dieser Größenordnung als Privat- und Geschäftsflugzeug bei Lufthansa ausgebaut werden. Aus diesem Grund bereitet man sich schon jetzt auf den Ausbau von Flugzeugen dieses Typs vor. Aufgrund der Größe des Flugzeuges wird eine Vielzahl von sanitären Einrichtungen an Bord untergebracht werden müssen. Das Wassersystem für einen VVIP-Ausbau dieses Flugzeugtyps wird komplexer und größer sein als alle bisher bei Lufthansa Technik entwickelten. Aus der Themenüberschrift abgeleitet soll im Folgenden von der Auslegung des Wassersystems mit seinen drei Subsystemen für Trink-, Grau- und Schmutzwasser berichtet werden.

1.2 Begriffsdefinitionen

VVIP

Der Begriff *VVIP* ist eine Abkürzung für *Very Very Important Person* (Sehr sehr wichtige Person)

Diese Bezeichnung wird im betriebswirtschaftlichen Zusammenhang verwendet. Zur VVIP wird man vom Verkäufer erkoren. Sie soll dem Kunden das Gefühl vermitteln etwas Besonderes zu sein und etwas Außergewöhnliches zu erhalten.

Entwurf

Der Begriff *Entwurf* wird z. B. in **Wikipedia 2005** wie folgt definiert:

Ein Entwurf ist ein Modell für ein Vorhaben (Projekt). Die Zielsetzung ist dabei die Formung des Endproduktes durch den Versuch einer Veranschaulichung, zum Beispiel im Hinblick auf die Gestaltung, die Funktionsweise und -fähigkeit und evtl. Schlüssigkeiten als Test i. w. S.

System

Der Begriff *System* wird z. B. in **Wikipedia 2005** wie folgt definiert:

System (griechisch σύστημα, systema - wörtlich das Gebilde, Zusammengesetzte, Verbundene; Mehrzahl die Systeme) bezeichnet ein Gebilde, dessen wesentliche Elemente (Teile) so aufeinander bezogen sind, dass sie eine Einheit (ein Ganzes) abgeben.

Systeme organisieren und erhalten sich durch Strukturen. >Struktur< bezeichnet das Muster (Form) der Systemelemente und ihrer Beziehungsgeflechte, durch die ein System funktioniert (entsteht und sich erhält). Dahingegen wird eine strukturlose Zusammenstellung mehrerer Elemente auch als Aggregat bezeichnet.

1.3 Ziel der Arbeit

Gegenstand dieser Arbeit ist eine Auslegung und Beschreibung eines Wassersystems für einen A380-800 VVIP. Als Basis der Diplomarbeit dient ein von Lufthansa Technik erstelltes Layout von Main und Upper Deck des Flugzeuges. Das Layout enthält bereits die Lage und Komponenten der sanitären Einrichtungen. Neben der allgemeinen Beschreibung des Trink-, Grau- und Schmutzwassersystems soll das Wassersystem hier auf das vorhandene Layout und auf die Bedürfnisse der zukünftigen Nutzer abgestimmt werden.

Zu diesem Zweck sind Berechnungen notwendig, mit denen man die Anzahl und Größe der Komponenten der zentralen Wasseraufbereitungseinheit ermitteln kann.

Des Weiteren soll eine Berechnung zur Bestimmung der Rohrweiten durchgeführt werden. Ein Teil dieser Arbeit die Auslegung der zentralen Steuereinheit des Wassersystems, von welcher die wichtigsten Funktionen des Wassersystems überwacht werden können.

1.4 Literaturübersicht

Zunächst muss erwähnt werden, dass der A380-800 ein neu entwickeltes Flugzeug ist, welches bis heute noch an keine Fluggesellschaft ausgeliefert wurde. Die üblichen Dokumentationsunterlagen sind noch nicht veröffentlicht, wodurch die Ermittlung von Daten zum A380 erschwert wird. Dennoch konnte ich einige Daten bezüglich des Wassersystems des A380 aus **Airbus 2003** entnehmen. Das Lufthansa Technik Completion Center hat jahrelange Erfahrung mit dem Ausbau und der Ausstattung von Privat-, Regierungs- und Geschäftsflugzeugen. Diese Erfahrung konnte ich mir bei der Erstellung dieser Diplomarbeit zu Nutze machen. Informationen bezüglich der theoretischen Grundlagen des Wassersystems habe ich **Scholz 2001** und **AMM 1992** entnommen.

Für die Berechnung der Komponenten der Wasseraufbereitungseinheit waren **Maier-Witt - Mainusch 2005** hilfreich. Des Weiteren habe ich Tabellenbücher und Formelsammlungen wie **Intensiv 2001** und **Saacke 2004** für Berechnungen genutzt. Für die Auslegungen der Rohrweiten konnte ich die nötigen Informationen **DVGW 1989** entnehmen.

Für die Auslegung der zentralen Steuereinheit des Wassersystems waren Unterlagen zu bereits abgearbeiteten Projekten des Lufthansa Technik Completion Centers, wie **WSC-SPEC 2005**, hilfreich. Die technischen Daten des A380-800 habe ich **Airbus 2006** entnommen.

1.5 Aufbau der Arbeit

Der Hauptteil dieser Diplomarbeit enthält **die Ausführungen** zum Thema gemäß der Aufgabenstellung. Die Abschnitte sind wie folgt aufgeteilt:

- Abschnitt 2** beschreibt die theoretischen Grundlagen des Trink-, Grau- und Schmutzwassersystems.
- Abschnitt 3** stellt das Layout von Main und Upper Deck im Hinblick auf die einzelnen Sanitärräume und ihre Wasserverbraucher dar.
- Abschnitt 4** beschreibt den Entwurf der Wasseraufbereitungseinheit und die Berechnung der dazugehörigen Komponenten.
- Abschnitt 5** beinhaltet den Entwurf des Trinkwasser-, Grauwasser- und Schmutzwassersystems.
- Abschnitt 6** enthält die Rohrweitenberechnungen der Kalt- und Warmwasserzirkulationsleitungen.
- Abschnitt 7** beschreibt die zentrale Steuereinheit des Wassersystems im Hinblick auf Funktionalität, Überwachung der Systeme und Anzeigefunktionalitäten.
- Anhang A** enthält einige technischen Daten und eine Dreiseitenansicht des A380-800.
- Anhang B** beinhaltet die Technisch Daten der Komponenten der Wasseraufbereitungseinheit.
- Anhang C** enthält die Übersetzung der hier verwendeten englischen Begriffe ins Deutsche.
- Anhang D** enthält die Tabelle zur ICAO-Standardatmosphäre mit Werten für Druck-, Temperatur-, und Dichteverlauf wie sie in Berechnungen dieser Arbeit verwendet wurden.
- Anhang E** enthält eine Zeichnung des Layouts von Main und Upper Deck des A380-800 VVIP im Format A0.
- Anhang F** enthält eine Zeichnung des Funktionsdiagramms des gesamten Wassersystems des A380-800 VVIP im Format A0.

Anhang G enthält getrennte Zeichnungen des Trink-, Grau- und Schmutzwassersystems des A380-800 VVIP im Format A2.

2 Darstellung der theoretischen Grundlagen des Wassersystems

2.1 Allgemeines

Das Wassersystem ist unterteilt in drei Hauptteile:

2.1.1 Das Trinkwassersystem (potable water system)

Das Trinkwassersystem versorgt die einzelnen Verbraucher in Küchen und Toiletten mit Trinkwasser. Das Wasser wird in Tanks gelagert, die in der Regel aus Faserverbundwerkstoff bestehen. Der Füllstand in den Tanks, wird mit Hilfe von Sensoren überwacht und kann auf einer Anzeige in der Kabine abgelesen werden. Über Rohre und Schläuche gelangt das Trinkwasser zu den Verbrauchern. In Zonen, die dicht an der Rumpfaußenhaut liegen oder unbeheizt sind, sind die Leitungen und Ventile zum Schutz vor Frost isoliert und zum Teil beheizt. Das Wasser muss komplett aus dem Trinkwassersystem abgelassen (Drainage) werden können, wenn das Flugzeug länger geparkt wird, um Frostschäden zu vermeiden und der Verkeimung des stehenden Wassers vorzubeugen.

In der Regel befinden sich die Wassertanks im Frachtraum und werden mit Zapfluft von den Triebwerken druckbeaufschlagt. Der Systemdruck wird bei Airbus- sowie Boeing-Flugzeugen auf etwa 45 psi (entspr. 3,1 bar) eingestellt. Am Boden wird der nötige Luftdruck mit Hilfe eines Kompressors erzeugt. Das folgende Schema (Bild 2.1) stellt ein vereinfachtes Trinkwassersystem dar.

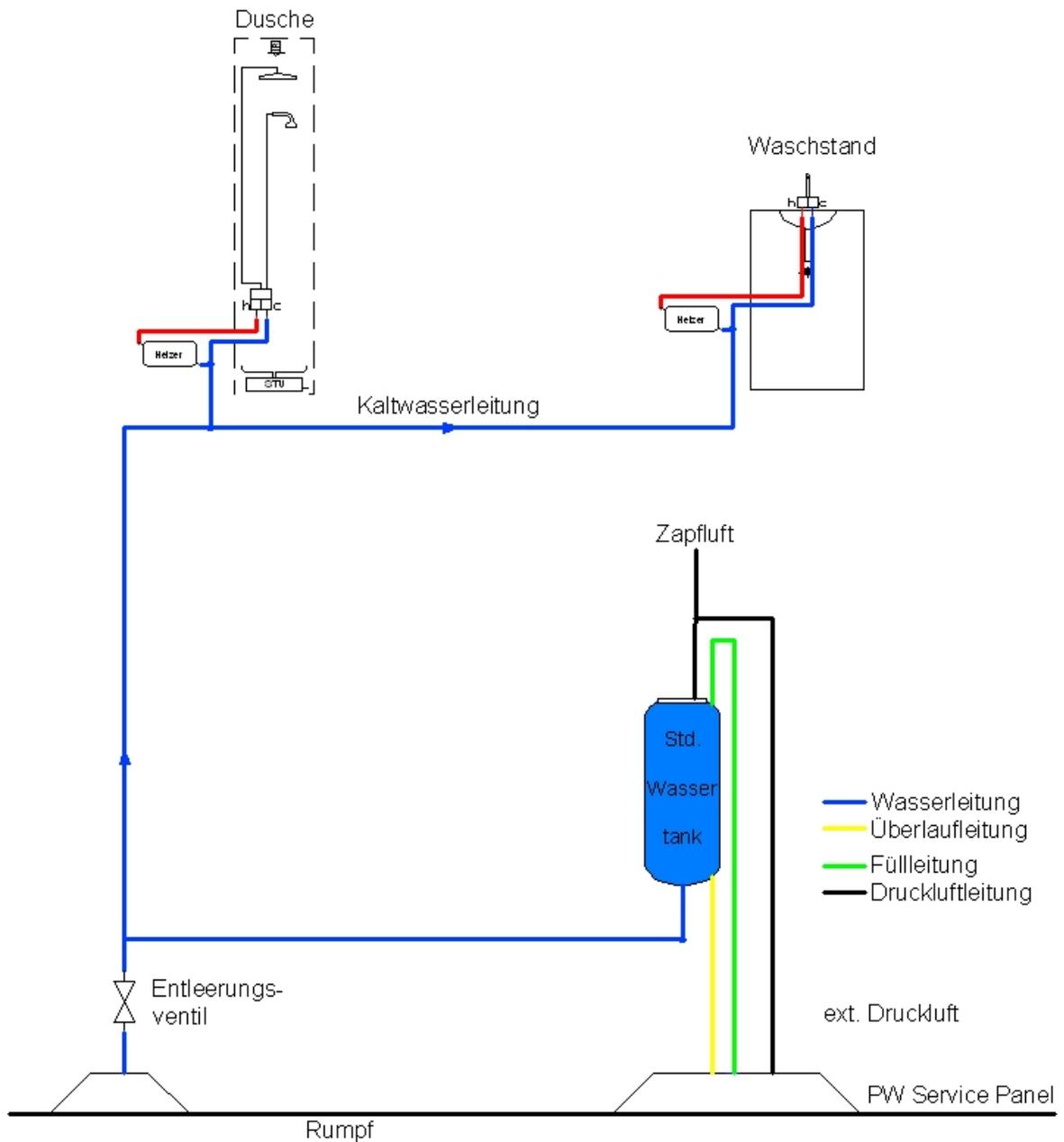


Bild 2.1 Schema Trinkwassersystem

2.1.2 Das Grauwassersystem (grey water system)

Das Grauwassersystem leitet das Abwasser aus Küchenspülen, Waschbecken und Duschen durch Ablassöffnungen (Drainmasts) außenbords. Drainmasts sind finnenförmige Grauwasserablässe unterhalb des Flugzeugrumpfs. Sie werden im Flug elektrisch beheizt, um in großer Flughöhe das Gefrieren des austretenden Grauwassers zu verhindern. Ein installiertes Grauwasserventil unter dem Waschstand verhindert das Ausströmen von Kabinenluft durch die Entleerungsleitung und verhindert somit Sauggeräusche. Ein vereinfachtes Grauwassersystem wird im folgenden Bild 2.2 dargestellt.

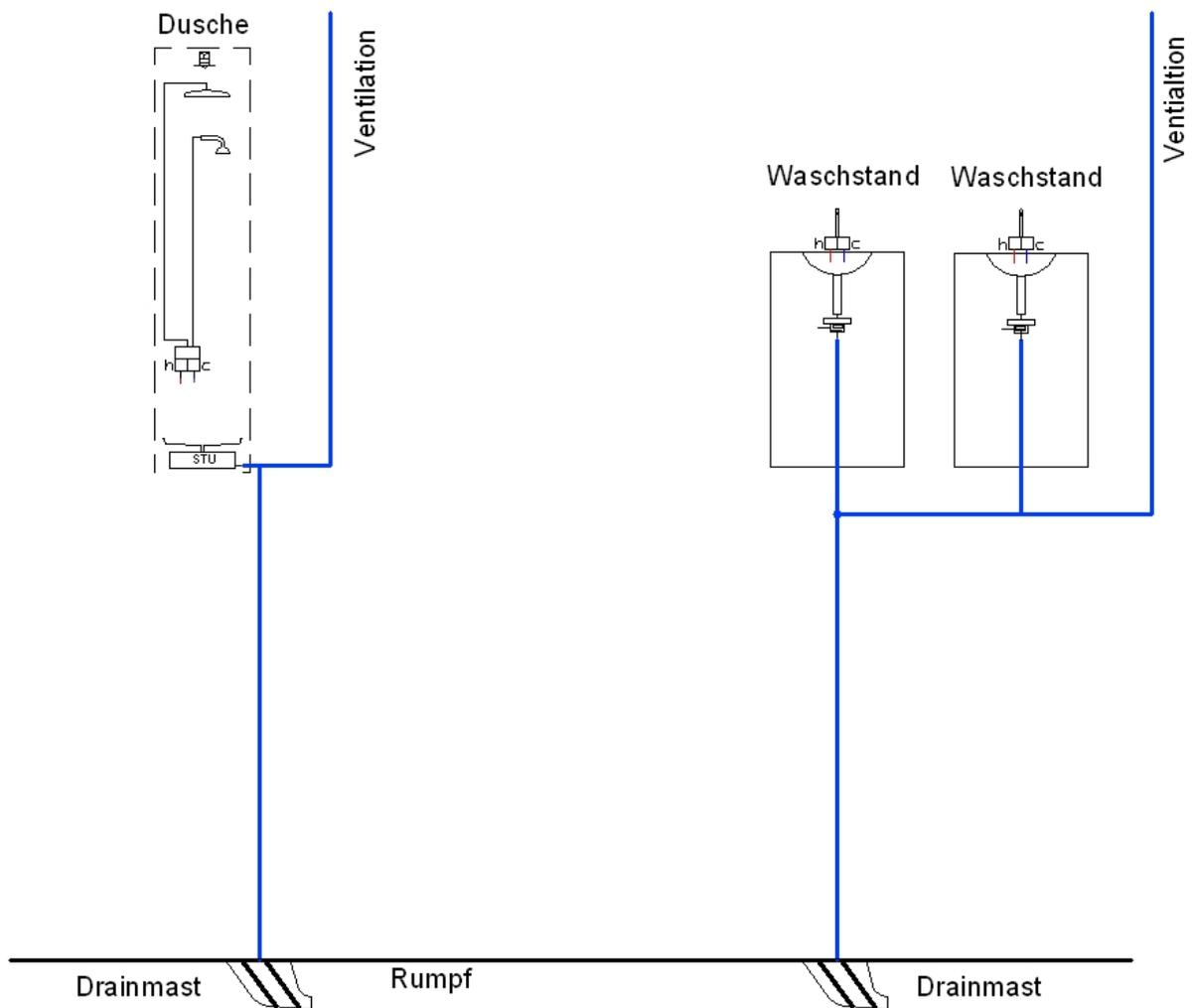


Bild 2.2 Schema Grauwassersystem

Prinzipiell kann das Grauwasser in Tanks gelagert und am Boden entsorgt werden. Dies wird von einigen VIP-Kunden gefordert. Die hierzu notwendigen Installationen erhöhen jedoch das Flugzeuggewicht.

Es besteht die Möglichkeit, das Grauwasser zum Spülen der Toiletten zu nutzen. Dies würde Trinkwasser sparen und wiederum das Gewicht des Flugzeuges verringern.

2.1.3 Das Schmutzwassersystem (waste water system)

Es wird zwischen zwei verschiedenen Typen von Schmutzwassersystemen unterschieden:

- Rezirkulationssystem
- Vakuumtoilettensystem.

Bei Rezirkulationstoilettentanks sind mit einem Desinfektionsmittel teilbefüllt. Ein Gemisch aus Desinfektionsmittel und Fäkalien wird zur Spülung umpumpt. Die Tanks sind entweder zentral gelagert, oder befinden sich unmittelbar unter dem Toilettenbecken.

Ein Vakuumtoilettensystem saugt mit Hilfe von Unterdruck das Abwasser aus Toiletten und Bidets durch Vakuumleitungen in die Schmutzwassertanks. Das folgende Bild 2.3 stellt ein vereinfachtes Vakuumtoilettensystem dar.

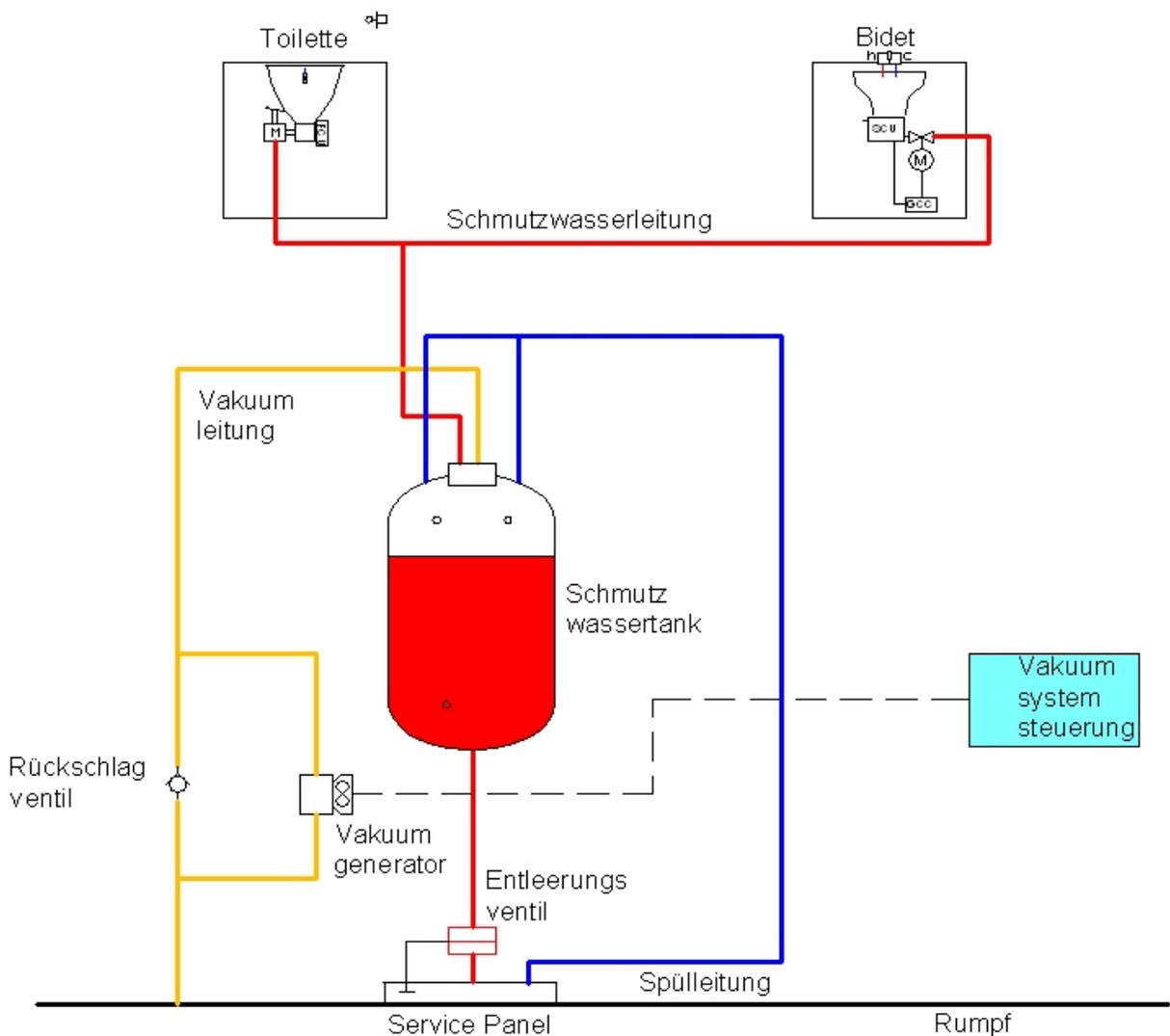


Bild 2.3 Schema Schmutzwassersystem

Die Tanks des Vakuumsystems sind mit der Flugzeugumgebung verbunden. In ihnen herrscht Unterdruck. Am Boden und unterhalb von 16000ft produziert ein Vakuumgenerator den nötigen Unterdruck. Die Vakuumsystemsteuerung überwacht die Funktion des Vakuumgenerators.

Für die Spülung wird Trinkwasser verwendet. Eine Steuerung in jeder Toilette kontrolliert den Spülvorgang. Am Boden werden die Schmutzwassertanks geleert, gereinigt und mit einer vorgeschriebenen Menge an Desinfektionsmittel und Trinkwasser gefüllt.

3 Das Kabinenlayout des A380

Als Grundlage dieser Diplomarbeit dient ein von Lufthansa Technik erstelltes Layout eines A380. Dieses Layout ist ein Beispiel für eine mögliche Anordnung der Räumlichkeiten an Bord eines A380 VVIP.

3.1 Kabinenlayout des Main Decks

Das Main Deck enthält im vorderen Bereich die Einrichtungen für die Crew, wie eine Toilette, eine kleine Küche und einem Ruheraum, in welchem die Cockpitcrew sich ausruhen kann. Gleich dahinter schließt sich der Kommunikationsraum an, wo sich Telefone, Faxgeräte und andere Kommunikationseinrichtungen befinden. An diesen Bereich schließt sich eine Lounge an, welche sich im Design der Lounge im Upper Deck ähnelt. Im Anschluss daran befindet sich die Hauptküche und dahinter die Main Lounge. Des Weiteren befindet sich an Bord einen Gebetsraum, an den sich ein Konferenzraum anschließt. Im hinteren Teil des Flugzeuges liegt der Ministerbereich mit einer mit Bestuhlung der 1. Klasse und einem dazugehörigen Bad. Zu guter letzt befindet sich im Heck die Businessklasse, die Mitreisenden Personen Platz bietet. Die folgende Draufsicht (Bild 3.1) bietet einen Überblick über die Lage der einzelnen Räumlichkeiten. Eine Zeichnung im größeren Maßstab befindet sich im Anhang E.1 dieser Arbeit.



Bild 3.1 Layout des Main Decks (LHT 2005)

3.1.1 Die sanitären Einrichtungen des Main Decks

Auf dem Main Deck befinden sich insgesamt mehrere Badezimmer und Toiletten für den Privatbereich, für die First- und Businessklasse, sowie für die Crew. Des Weiteren befinden sich die Hauptküche und eine kleine Küche für die Crew auf diesem Deck. Die folgende Tabelle 3.1 gibt eine Übersicht über die einzelnen Einrichtungen und ihre Verbraucher.

Tabelle 3.1 Übersicht Sanitäreinrichtungen Main Deck

Sanitäreinrichtung	Verbraucher	Anzahl	
Crew Toilette	Toilette	1	
	Handdusche	1	
	Waschtischarmatur	1	
Crew Küche	Spültischarmatur	1	
	Kaffeemaschine	1	
VIP Toilette I	Toilette	1	
	Handdusche	1	
	Waschtischarmatur	1	
Hauptküche	Spültischarmatur	1	
	Kaffeemaschine	1	
	Espressomaschine	1	
	Dampfofen	1	
	Wasserkocher	1	
	Geschirrspüler	1	
	VIP Toilette II	Toilette	1
		Handdusche	1
Waschtischarmatur		1	
F/C Badezimmer	Toilette	1	
	Handdusche	1	
	Waschtischarmatur	1	
	Bidetarmatur	1	
	Dusche	1	
B/C Badezimmer LH	Toilette	1	
	Handdusche	1	
	Waschtischarmatur	1	
B/C Badezimmer RH	Toilette	1	
	Handdusche	1	
	Waschtischarmatur	1	

3.2 Das Kabinenlayout des Upper Decks

Das Oberdeck bietet diverse Rückzugsmöglichkeiten. Durch eine gemütlich-elegante Lounge führt der Weg an einer Küche und zwei Schlafzimmern vorbei ins Private Office, ein Mix aus Büro und Wohnzimmer. Dieser Bereich geht in das größte Schlafzimmer an Bord über, an das sich ein Badezimmer, ein Fitnessraum und eine Sauna anschließen. Im Heck befinden sich dann noch Sitzplätze der Economyklasse, die für das Begleitpersonal oder weitere Mitreisende gedacht sind. Die folgende Draufsicht (Bild 3.2) bietet eine Übersicht über die hier genannten Räumlichkeiten. Eine Zeichnung im größeren Maßstab befindet sich im Anhang E.1 der Diplomarbeit.

**Bild 3.2** Layout des Upper Decks (LHT 2005)

3.2.1 Die sanitären Einrichtungen des Upper Decks

Auf dem Upper Deck befinden sich mehrere Badezimmer und Toiletten für den Privaten Bereich, und für die Economyklasse. Des Weiteren befinden sich eine große Küche und eine kleine Küche für die Economy Class auf diesem Deck.

Die folgende Tabelle 3.2 gibt eine Übersicht über die einzelnen Einrichtungen und Ihre Verbraucher.

Tabelle 3.2 Übersicht Sanitäreinrichtungen Upper Deck

Sanitäreinrichtung	Verbraucher	Anzahl
VIP Toilette	Toilette	1
	Handdusche	1
	Waschtischarmatur	1
DU Küche	Spültischarmatur	1
	Kaffeemaschine	1
	Espressomaschine	1
	Dampfofen	1
	Wasserkocher	1
	Geschirrspüler	1
	Kinder/Gäste Badezimmer LH	Toilette
Handdusche		1
Waschtischarmatur		1
Dusche		1
Kinder/Gäste Badezimmer RH	Toilette	1
	Handdusche	1
	Waschtischarmatur	1
	Dusche	1
Privatbadezimmer	Waschtischarmatur	2
	Dusche	1
Privattoilette	Toilette	1
	Handdusche	1
	Bidetarmatur	1
Dampfbad	Waschtischarmatur	1
E/C Toilette LH	Toilette	1
	Handdusche	1
	Waschtischarmatur	1
E/C Toilette RH	Toilette	1
	Handdusche	1
	Waschtischarmatur	1

4 Entwurf der Wasseraufbereitungs-Einheit

Die Wasseraufbereitungs-Einheit enthält Komponenten zur Lagerung, Aufbereitung und Verteilung des Trinkwassers. Folgende Komponenten sind auf der Wasseraufbereitungs-Einheit installiert:

- Zusatztrinkwassertanks
- Wasserheizer
- Grobfilter
- Feinfilter
- Sterilisatoren
- Druckpumpen
- Zirkulationspumpen
- Pufferspeicher
- Druckminderer
- Isolations- und Rücklaufventile

Die Komponenten sind auf einer Palette installiert, welche sich im Frachtraum nahe der Trinkwassertanks befindet. Eine mögliche Anordnung der Komponenten der Wasseraufbereitungseinheit veranschaulicht das folgende Bild 4.1.

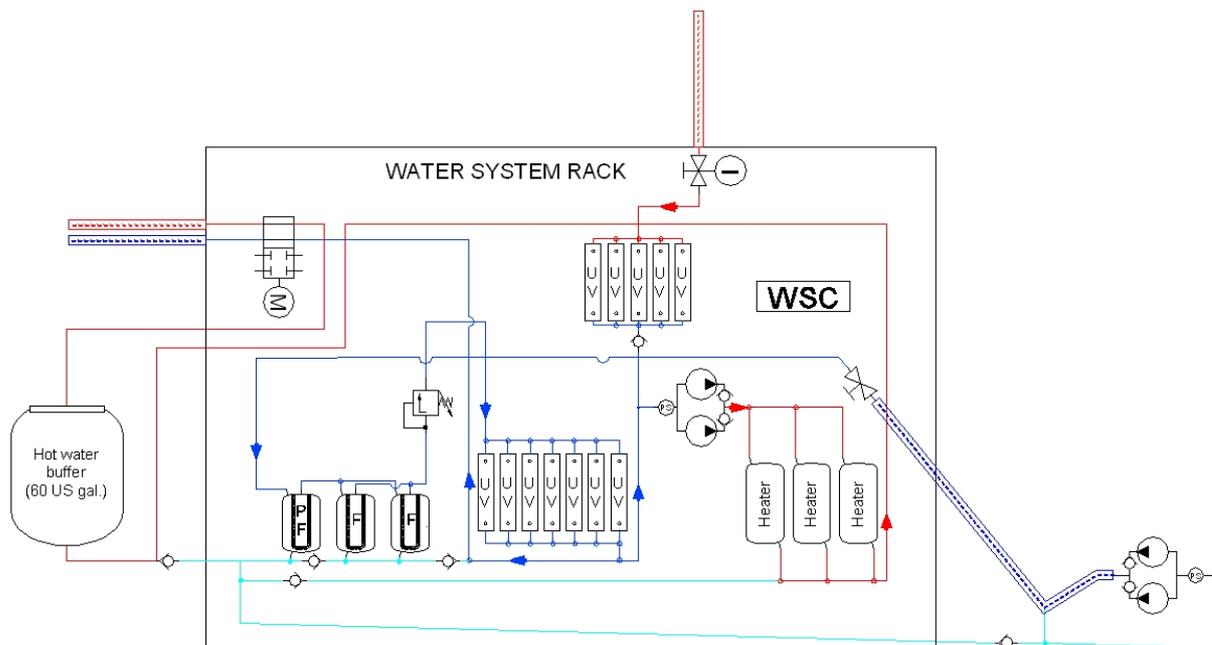


Bild 4.1 Wasseraufbereitungseinheit

4.1 Trinkwasserspeicherung

Das Trinkwasser an Bord des A380 wird in Tanks gespeichert. Sie bestehen aus Faserverbundwerkstoff. Es sind acht Standardtrinkwassertanks im Flugzeug installiert, die sich jeweils backbord und steuerbord auf den Flügelkästen und auf den Fahrwerksschächten befinden. Das folgende (Bild 4.2) zeigt die Position der Standardwassertanks an Bord des A380. Da die Kapazität der vom Hersteller installierten Tanks in unserem Fall nicht genügt (Kapitel 4.1.2), werden zusätzliche Trinkwassertanks eingebaut. Sie werden im Frachtraum auf der Wasseraufbereitungseinheit in der Nähe der Standardwassertanks installiert.

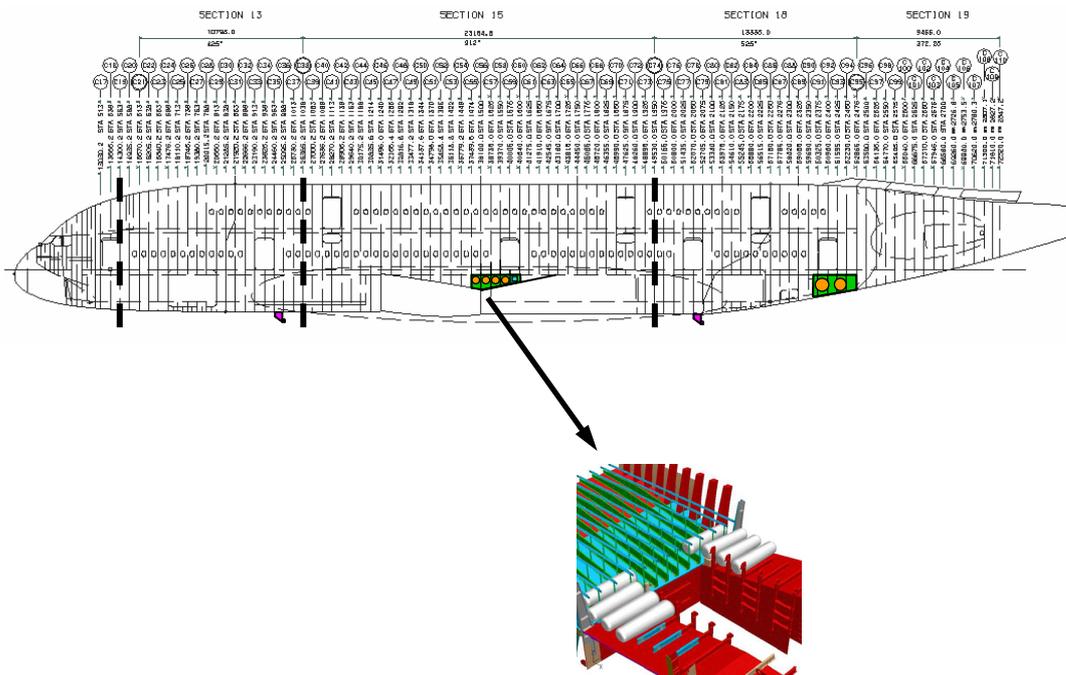


Bild 4.2 Position der Standardtrinkwassertanks (Airbus 2003)

4.1.1 Der Wasserverbrauch der Dampfsauna

Um den genauen Wasserverbrauch der Dampfsauna während eines Saunaganges ermitteln zu können, sind Berechnungen zur Bestimmung der Dampfmenge notwendig.

Zunächst wird das Raumvolumen der Sauna errechnet. Da die Raumgeometrie der Sauna wegen der gewölbten Wände und Decken sehr unregelmäßig ist, wird die Errechnung des Raumvolumens hier vereinfacht. Die folgende Skizze (Bild 4.3) veranschaulicht die Vereinfachung der Raumgeometrie.

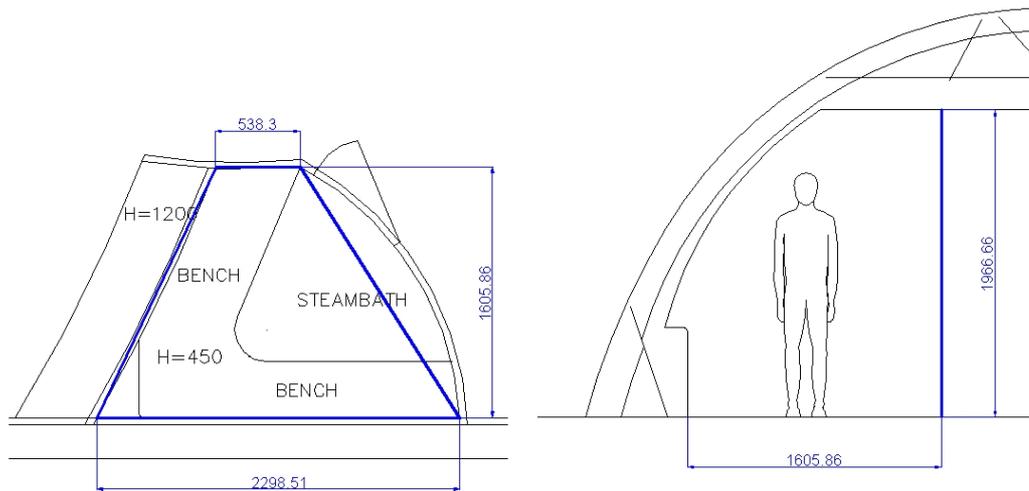


Bild 4.3 Skizze Volumenberechnung Dampfsauna

Berechnung der Grundfläche (**Gieck 1984**):

$$A_{GF} = \frac{(l_1 + l_2) \cdot b}{2} \quad (1)$$

$$\underline{A_{GF}} = \frac{(2298\text{mm} + 538\text{mm}) \cdot 1605\text{mm}}{2} = \underline{2,276\text{m}^2}$$

Berechnung des Raumvolumens (**Gieck 1984**):

$$V = A_{GF} \cdot h \quad (2)$$

$$\underline{V} = 2,276\text{m}^2 \cdot 1,9\text{m} = \underline{4,324\text{m}^3}$$

Der Dampfgehalt der Luft bei einer Sättigung von 75% beträgt bei 55°C :

aus **Intensiv 2001**, S.51

$$x_s = 87 \frac{\text{g}}{\text{kg}} = 0,087 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

Die Dichte des Wasserdampfes bei 55°C wird wie folgt errechnet:

aus Saacke 2004, S.16

mit $\rho_{NORM_DAMPF} = 0,804 \frac{kg}{m^3}$

$$\rho_{H_2O, gasf} = \frac{T_0}{(T_0 + \vartheta)} \cdot \rho_{NORM_DAMPF} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \rho_{H_2O, gasf} &= \frac{273,15K}{(273,15K + 55^\circ C)} \cdot 0,804 \frac{kg}{m^3} \\ &= \underline{0,669 \frac{kg}{m^3}} \end{aligned}$$

Die Dichte der Luft bei 55°C wird wie folgt errechnet:

$$\rho_{LUFT} = \frac{T_0}{(T_0 + \vartheta)} \cdot \rho_{NORM_LUFT} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \rho_{LUFT} &= \frac{273,15K}{(273,15K + 55K)} \cdot 1,293 \frac{kg}{m^3} \\ &= \underline{1,076 \frac{kg}{m^3}} \end{aligned}$$

Als nächster Schritt wird das Verhältnis des Volumens des Dampfes zum Raumvolumen berechnet:

$$\frac{V_{H_2O}}{V_{LUFT}} = \frac{x_S}{\rho_{H_2O}} \cdot \rho_{LUFT} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{V_{H_2O}}{V_{LUFT}} &= \frac{87 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{m^3}}{0,669 \frac{kg}{m^3}} \cdot 1,076 \frac{kg}{m^3} \\ &= 0,1399 \rightarrow \underline{13,99\%} \end{aligned}$$

$$V_{SAUNA} = V_{H_2O} + V_{LUFT} \quad (6)$$

$$V_{LUFT} = \frac{V_{H_2O}}{13,99\%}$$

$$V_{SAUNA} = V_{H_2O} + \frac{V_{H_2O}}{13,99\%} = V_{H_2O} \left(1 + \frac{1}{13,99\%} \right)$$

Das Volumen des Wassers beträgt:

$$\frac{V_{H_2O}}{1 + \frac{1}{13,99\%}} = \frac{V_{SAUNA}}{1 + \frac{1}{13,99\%}} = \underline{0,531m^3}$$

$$m_{H_2O} = V_{H_2O} \cdot \rho_{H_2O_{gasf}} \quad (7)$$

Die Masse des Wasserdampfes:

$$\underline{m_{H_2O}} = 0,531m^3 \cdot 0,669 \frac{kg}{m^3} = \underline{0,355kg}$$

$$V_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{\rho_{H_2O}} \quad (8)$$

mit $\rho_{H_2O} = 1 \frac{kg}{l}$

$$\underline{V_{H_2O}} = \frac{0,355kg}{1 \frac{kg}{l}} = \underline{0,355l}$$

Die Wassermasse, die benötigt wird, um die Dampfsauna einmalig mit Dampf zu füllen beträgt $0,355kg$, also $0,355l$.

Es wird angenommen, dass der Dampf alle 6 Minuten in der Sauna neu erzeugt wird. Bei einem Saunabetrieb von einer Stunde beträgt die benötigte Wassermenge $V_{H_2O_{SAUNA}}$:

$$\underline{V_{H_2O_{SAUNA}}} = 10 \cdot 0,355l = \underline{3,55l}$$

Der gewählte Dampfgenerator hat einen Wasserverbrauch von 4,1 Litern pro Stunde. Während eines 16-stündigen Fluges soll die Dampfsauna für eine Stunde benutzt werden. Die technischen Daten des Dampfgenerators sind der Anlage B.9 zu entnehmen.

4.1.2 Trinkwasserverbrauch

Zur Ermittlung der Trinkwassermenge, die an Bord des A380 während eines 16-stündigen Fluges verbraucht wird, sind folgende Parameter zu beachten:

- Anzahl der Trinkwasserentnahmestellen
- Durchflussrate
- Dauer der Benutzung

Die ersten zwei Parameter sind festgelegt, für die Benutzungsdauer kann auf Erfahrungswerte (Completion Center, LHT) zurückgegriffen werden. Die Durchflussrate der Entnahmestellen ist indirekt abhängig vom so genannten „Level of Elegance“, dem Grad an Luxus und Komfort, der sich auf die Wahl der Armaturen niederschlägt. So ist beispielsweise der Verbrauch einer Waschtischarmatur im privaten Badezimmer deutlich höher als in einer Crew Toilette. Mit diesen Parametern kann nun unter Benutzung der folgenden Formel der Verbrauch pro Passagier und Entnahmestelle ermittelt werden. Eine Zusammenstellung des Verbrauchs pro Passagier und Entnahmestelle zeigen die folgenden Tabellen 4.1 und 4.2.

$$C_{PAX} = \sum (C_{PW} \cdot t_{USAGE}) \quad (9)$$

Tabelle 4.1 Verbrauch in den sanitären Einrichtungen

Einrichtung	Verbraucher	Trinkwasser- verbrauch l	Benutzungs- Dauer min	Verbrauch / Passagier l	Passagiere / Einrichtung -	Frequentierung / Flug -
VIP	Toilette	0,15	1x			
Toilette	Handbrause	3,5	0,25	2,775	2	4
	Waschtischarmatur	7	0,25			
Kinder/Gäste	Toilette	0,15	1x			
Badezimmer	Handbrause	3,5	0,25	2,775	2	4,8
LH	Waschtischarmatur	7	0,25			
	Dusche	8	8	64	2	2
Kinder/Gäste	Toilette	0,15	1x			
Badezimmer	Handbrause	3,5	0,25	2,775	2	4,8
RH	Waschtischarmatur	7	0,25			
	Dusche	8	8	64	2	2
Privat	Waschtischarmatur	7	1	14	2	4
Badezimmer	Waschtischarmatur	7	1	14	2	4
	Dusche	8	8	64	2	2
Private	Toilette	0,15	1x			
Toilette	Handbrause	3,5	0,25	5,025	2	4,8
	Bidet	8	0,5			
Dampfbad	Wasseranschluss	4,1	1x	4,1	1	1
E/C	Toilette	0,15	1x			
Toilette LH	Handbrause	3,5	0,25	1,9	22	4
	Waschtischarmatur	3,5	0,25			
E/C	Toilette	0,15	1x			
Toilette RH	Handbrause	3,5	0,25	1,9	21	4
	Waschtischarmatur	3,5	0,25			
Crew	Toilette	0,15	1x			
Toilette	Handbrause	3,5	0,25	1,9	20	4
	Waschtischarmatur	3,5	0,25			
VIP	Toilette	0,15	1x			
Toilette I	Handbrause	3,5	0,25	2,775	4	4
	Waschtischarmatur	7	0,25			
VIP	Toilette	0,15	1x			
Toilette II	Handbrause	3,5	0,25	2,775	6	4
	Waschtischarmatur	7	0,25			
F/C	Toilette	0,15	1x			
Badezimmer	Handbrause	3,5	0,25	6,775	9	4
	Waschtischarmatur	7	0,25			
	Bidet	8	0,5			
	Dusche	8	8	64	9	1
B/C	Toilette	0,15	1x			
Toilette LH	Handbrause	3,5	0,25	1,9	12	4
	Waschtischarmatur	3,5	0,25			
B/C	Toilette	0,15	1x			
Toilette RH	Handbrause	3,5	0,25	1,9	12	4
	Waschtischarmatur	3,5	0,25			
Cockpit	Luftbefeuchter	0,167	1			1

Tabelle 4.2 Verbrauch in den Küchen

Einrichtung	Entnahmestelle	Trinkwasser- verbrauch l	Benutzungs- Dauer min	Verbrauch / Passagier l	Passagiere / Einrichtung -	Frequentierung / Flug -
Küchen	Spültischarmatur	5	1,5	7,5	1	4,8
	Kaffeemaschine	0,15	1x	0,15	102	3
	Espressomaschine	0,03	1x	0,03	102	2
	Dampfofen	0,5	1	0,5	1	4
	Wasserkocher	0,15	1x	0,15	102	2
	Geschirrspüler (Füllung)	20	1	20	1	1
	Geschirrspüler (Benutzung)	3	1	3	1	3

Des Weiteren ist der Wasserverbrauch von der Anzahl der an Bord befindlichen Passagiere abhängig. Hierbei wird von der maximalen Auslastung ausgegangen, was bedeutet, dass alle Sitze, die mit einem Sicherheitsgurt ausgestattet sind, besetzt werden. Die folgende Tabelle 4.3 zeigt die Aufteilung der Passagiere und der Besatzung an Bord des A380.

Tabelle 4.3 Anzahl der Passagiere und der Besatzung

Passagiere/ Besatzung	-
Cockpit Crew	4
Cabin Crew	16
VVIPs	6
First Class Passagiere	9
Business Class Passagiere	24
Economy Class Passagiere	43
Gesamtzahl der Passagiere	102

Nun kann der Verbrauch der einzelnen Einrichtungen ermittelt werden. Die Anzahl der Passagiere, welche die jeweilige Einrichtung benutzt, geht hierbei mit in die Rechnung ein. Für die Häufigkeit, mit der die Entnahmestellen auf einem Flug mit maximaler Flugdauer von den Passagieren genutzt werden, sind Erfahrungswerte herangezogen worden.

$$C_{FAC} = C_{PAX} \cdot n_{USER} \cdot f_{CONS} \quad (10)$$

Aus der folgenden Tabelle 4.4 kann der Verbrauch der einzelnen Einrichtungen abgelesen werden.

Tabelle 4.4 Verbrauch der Einrichtungen

Sanitäre Einrichtung	Verbrauch/ Einrichtung l	Verbrauch/ Einrichtung USgal
VIP Toilette	22,20	5,84
Kinder/Gäste- Badezimmer LH	282,64	74,38

Kinder/Gäste- Badezimmer RH	282,64	74,38
Privat Badezimmer	368	96,84
Privat Toilette	48,24	12,69
Dampfbad	4,1	1,08
E/C Toilette LH	167,20	44,00
E/C Toilette RH	159,60	42,00
Crew Toilette	152,00	40,00
VIP Toilette I	44,40	11,68
VIP Toilette II	66,60	17,53
F/C Badezimmer	819,9	215,76
B/C Toilette LH	91,20	24,00
B/C Toilette RH	91,20	24,00
Küchen	272,62	71,74
Cockpit (Luftbefeuchter)	160,32	42,19

Damit ergibt sich ein Gesamtverbrauch C_{TOT} :

$$\underline{C_{TOT} = 3032,86l = 798,12gal}$$

4.1.3 Auslegung der Trinkwassertanks

In einem A380-Airliner befinden sich acht Trinkwassertanks, mit einem Volumen von je 283 Litern. Das Volumen der acht Standardtrinkwassertanks (2264 Liter) reicht also nicht aus, um den gesamten Trinkwasserbedarf zu decken. Der Einbau von zusätzlichen Trinkwassertanks ist somit notwendig. In diesem Fall werden zwei zusätzliche Trinkwassertanks mit einem Fassungsvermögen von je 402 Litern gewählt. Daraus ergibt sich ein Gesamtvolumen von:

$$V_{TOT} = n \cdot V_{STD} + n \cdot V_{ADD} \quad (11)$$

$$\underline{V_{TOT} = 8 \cdot 283l + 2 \cdot 398l = 3060l = 805,3gal}$$

Insgesamt befinden sich an Bord des A380 somit zehn Trinkwassertanks. Die technischen Daten der Zusatztrinkwassertanks sind dem Anhang B.1 zu entnehmen.

4.2 Trinkwasseraufbereitung

Zur Trinkwasseraufbereitung nach LHT-Completion-Standard werden Vorfilter, Feinfilter, Sterilisatoren und Heizer verwendet. Mit Hilfe der Filter werden Partikel aus dem Trinkwasser entfernt. Für das auszulegende Wassersystem werden Grobfilter und Feinfilter verwendet, die in Reihe geschaltet sind. Um das Wasser von weiteren Bakterien und Keimen zu befreien, werden Sterilisatoren eingesetzt.

Erwärmt wird das Trinkwasser durch Wasserheizer, die keinen bemerkenswerten internen Wasserspeicher enthalten und somit als reine Durchlauferhitzer fungieren. Ein Pufferspeicher im Warmwasserkreislauf, der sich ebenfalls auf der Wasseraufbereitungs-Einheit befindet, erhöht die kurzfristig zur Verfügung stehende Warmwassermenge und deckt somit Verbrauchsspitzen ab.

4.2.1 Auslegung der Heizer

Der Ablauf zur Berechnung der Heizer ist einer Übung aus **Maier-Witt – Mainusch 2005** entnommen. Zur rechnerischen Ermittlung des Warmwasserbedarfs werden folgende Annahmen getroffen:

- 25% der Waschbecken werden gleichzeitig benutzt.
- 50% der Duschen werden gleichzeitig benutzt.
- Die Wärmeverluste zwischen Heizer und Entnahmestellen werden vernachlässigt.
- Die Kaltwassertemperatur beträgt im Flug 20°C.
- Die Warmwassertemperatur des Speichers beträgt 45°C.
- Pro Badezimmer wird nur ein Waschbecken gezählt (Bidet und Handbrause inklusive).
- Bidets und Handduschen werden als Waschbecken gewertet.

Diese Annahmen beruhen auf praxisnahen Erfahrungen des LHT Completion Centers.

Die folgenden beiden Tabellen 4.5 und 4.6 geben eine Übersicht über die Anzahl der Verbraucher, Durchfluss- und Benutzungsraten sowie der unterschiedlichen Wassertemperaturen.

Tabelle 4.5 Verbrauch in den einzelnen Badezimmern

Verbraucher	Anzahl der Verbraucher [-]	Durchflussrate [l/min]	Benutzungsrate [%]
Wasserhahn _{Crew, E/C}	7	3,5	25%
Wasserhahn _{VIP}	10	7	25%
Dusche	4	8	50%

Tabelle 4.6 Übersicht der Temperaturen

Art der Temperatur	Temperatur [°C]
$T_{\text{water, cold}}$	20
$T_{\text{water, opt}}$	35
$T_{\text{heat, max}}$	55
$T_{\text{heat, out}}$	45

Mittels folgender Formel lässt sich der gesamte Volumenstrom \dot{V}_{TOT} errechnen:

$$\dot{V}_{TOT} = \sum (n_{CON} \cdot \dot{V}_{CON} \cdot u_{CON}) \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \dot{V}_{TOT} &= \left(7 \cdot 3,5 \frac{l}{\text{min}} \cdot 25\% \right) + \left(10 \cdot 7 \frac{l}{\text{min}} \cdot 25\% \right) + \left(4 \cdot 8 \frac{l}{\text{min}} \cdot 50\% \right) \\ &= \underline{\underline{39,625 \frac{l}{\text{min}}}} \end{aligned}$$

Der Volumenstrom des Kaltwassers \dot{V}_{COLD} wird wie folgt errechnet:

$$\dot{V}_{COLD} = \dot{V}_{TOT} \frac{(T_{WATER_{OPT}} - T_{HEAT_{OUT}})}{(T_{WATER_{COLD}} - T_{HEAT_{OUT}})} \quad (13)$$

$$\dot{V}_{COLD} = 39,625 \frac{l}{\text{min}} \frac{(35^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C})}{(20^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C})} = \underline{\underline{15,85 \frac{l}{\text{min}}}}$$

Der Volumenstrom des Warmwassers \dot{V}_{HOT} ergibt sich aus:

$$\dot{V}_{HOT} = \dot{V}_{TOT} - \dot{V}_{COLD} \quad (14)$$

$$\dot{V}_{\text{COLD}} = 39,625 \frac{\text{l}}{\text{min}} - 15,85 \frac{\text{l}}{\text{min}} = \underline{\underline{23,775 \frac{\text{l}}{\text{min}}}}$$

Die Temperaturdifferenz zwischen Heizeraustritt- und Kaltwasser $\Delta T_{\text{WATER}_{\text{HOT-COLD}}}$ beträgt:

$$\Delta T_{\text{WATER}_{\text{HOT-COLD}}} = T_{\text{HEAT}_{\text{OUT}}} - T_{\text{WATER}_{\text{COLD}}} \quad (15)$$

$$\underline{\underline{\Delta T_{\text{WATER}_{\text{HOT-COLD}}}} = 45^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = 25^{\circ}\text{C}}$$

Die erforderliche Heizleistung $P_{\text{HEAT}_{\text{NEC}}}$ ist somit:

$$n_{\text{HEAT}} = \frac{P_{\text{HEAT}_{\text{NEC}}}}{P_{\text{HEAT}_{\text{AVAIL}}}} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \frac{P_{\text{HEAT}_{\text{NEC}}}}{60 \frac{\text{s}}{\text{min}}} &= \frac{23,775 \frac{\text{l}}{\text{min}}}{60 \frac{\text{s}}{\text{min}}} \cdot 1 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \cdot 4,187 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 25^{\circ}\text{C} \\ &= \underline{\underline{41,47 \text{kW}}} \end{aligned}$$

Die Anzahl der Heizer n_{HEAT} ergibt sich aus:

$$n_{\text{HEAT}} = \frac{P_{\text{HEAT}_{\text{NEC}}}}{P_{\text{HEAT}_{\text{AVAIL}}}} \quad (17)$$

$$\underline{\underline{n_{\text{HEAT}} = \frac{41,47 \text{kW}}{15 \text{kW}} = 2,765}}$$

Der gewählte Heizer hat eine Leistung von 15kW. Die erforderliche Heizleistung beträgt 41,47kW. Es werden zur Warmwasseraufbereitung insgesamt drei Heizer mit einer Gesamtleistung von 45kW benötigt. Die Heizer sind parallel angeordnet. Um zu verhindern, dass das Wasser den Weg des geringsten Widerstandes geht, sind die Heizer so angeordnet, dass der Heizer mit der kürzesten Vorlauf gleichzeitig den längsten Rücklauf besitzt. Der Heizer mit dem längsten Vorlauf besitzt den kürzesten Rücklauf. Die technischen Daten der Heizer sind dem Anhang B.2 zu entnehmen. Die Anordnung der Heizer stellt das folgende Bild 4.4 dar.

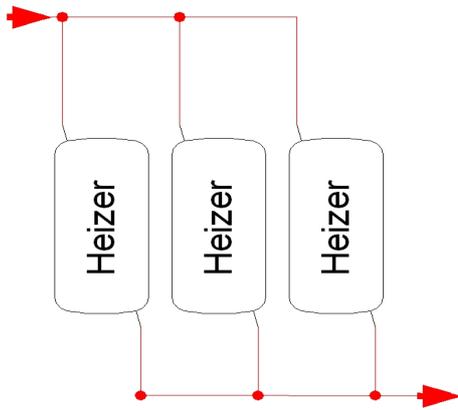


Bild 4.4 Anordnung der Heizer

4.2.2 Auslegung der Filter

Im Trinkwassersystem sind zwei Arten von Filtern installiert, Grobfilter und Feinfilter. Der Grobfilter entfernt Fasern, sichtbaren Schmutz, Kesselstein und andere Fremdkörper. Der Feinfilter entfernt kleinste Teilchen bis hin zur Bakteriengröße durch extrem feine Mikrofiltration. Das Trinkwasser durchfließt zunächst den Grobfilter und anschließend den Feinfilter, damit sich der Feinfilter nicht so schnell mit Partikeln zusetzt. Der maximale Gesamtstrom beträgt, wie in Abschnitt 4.2.1 berechnet, 39,625 l/min. Der Vorfilter hat eine maximale Durchflussrate von 100 l/min. Der Feinfilter hat eine maximale Durchflussrate von 22,8 l/min. Mit Hilfe der folgenden Formeln lässt sich die Anzahl der Grob- und Feinfilter berechnen:

$$n_{FILTER} = \frac{\dot{V}_{TOT}}{\dot{V}_{FILTER}} \quad (18)$$

$$n_{PF} = \frac{39,625 \frac{l}{min}}{100 \frac{l}{min}} = 0,396$$

$$n_{FF} = \frac{39,625 \frac{l}{min}}{22,8 \frac{l}{min}} = 1,738$$

Es werden ein Grobfilter und zwei Feinfilter für das ausgelegte Wassersystem benötigt. Die technischen Daten der Filter sind dem Anhang B.3 und Anhang B.4 zu entnehmen. Das folgende (Bild 4.5) veranschaulicht die Anordnung der Filter.

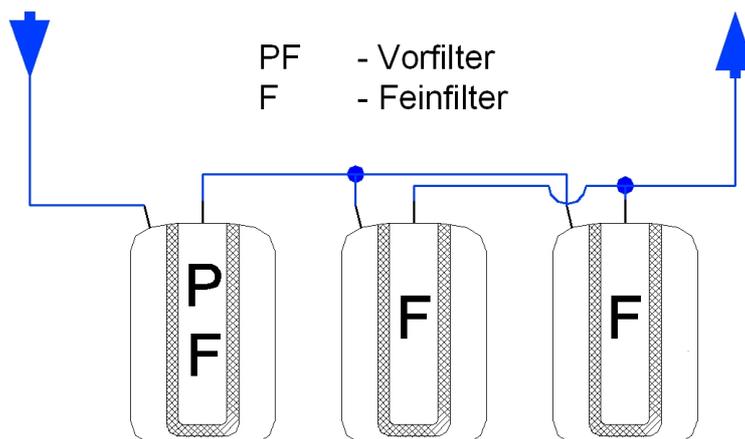


Bild 4.5 Anordnung der Filter

4.2.3 Auslegung der Sterilisatoren

Die Sterilisatoren bzw. UV-Entkeimungsanlagen werden verwendet, um Bakterien und andere Keime zu eliminieren. Sie arbeiten mit einer speziellen Quecksilber-Dampflampe, welche UV-Licht abstrahlt, das für Bakterien, Viren und Mikroorganismen tödlich ist. Das Trinkwasser umströmt die Lampe, welche sich in einem Glaskolben befindet. Die Wirksamkeit ist abhängig von der genauen Wellenlänge des ultravioletten Lichtes sowie der richtigen Dosierung. Ein Sterilisator hat eine maximale Durchflussrate von 5,7 l/min. Der maximale Gesamtvolumenstrom beträgt, wie schon in Abschnitt 4.2.1 berechnet, 39,625 l/min. Mit Hilfe der folgenden Formeln lässt sich die Anzahl der Sterilisatoren berechnen.

$$n_{PUR} = \frac{\dot{V}_{TOT}}{\dot{V}_{PUR}} \quad (19)$$

$$n_{PUR} = \frac{39,625 \frac{l}{min}}{5,7 \frac{l}{min}} = \underline{6,952}$$

Es werden sieben Sterilisatoren für das hier ausgelegte Wassersystem benötigt. Das folgende Bild 4.6 veranschaulicht die Anordnung der Sterilisatoren.

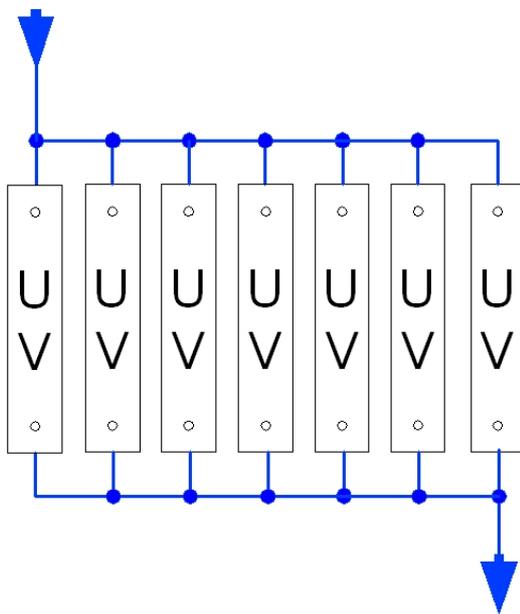


Bild 4.6 Anordnung der Sterilisatoren im System

Die Gefahr der Vermehrung der pathogenen Keime und Bakterien in warmem Wasser ist um ein vielfaches höher als in kaltem Wasser. Aus diesem Grund befinden sich im Rücklauf des Warmwasserkreislaufes weitere Sterilisatoren. Um die erforderliche Anzahl der Sterilisatoren im Warmwasserkreislauf zu ermitteln, wird die folgende Formel benötigt.

$$n_{PUR} = \frac{\dot{V}_{HOT}}{\dot{V}_{PUR}} \quad (20)$$

$$n_{PUR} = \frac{23,775 \frac{l}{min}}{5,7 \frac{l}{min}} = \underline{4,171}$$

Es werden fünf Sterilisatoren im Warmwasserkreislauf benötigt, um der Entstehung und Vermehrung von Keimen im Warmwasser entgegen zu wirken. Die technischen Daten der Sterilisatoren sind dem Anhang B.5 zu entnehmen.

4.3 Trinkwasserverteilung

In üblichen Verkehrsflugzeugen ist ein Druckwassersystem mit dezentraler Wasseraufbereitung installiert. Vor Ort installierte Heizer erwärmen das Wasser nach Bedarf.

In größeren VIP wird oft eine Kalt- und Warmwasserzirkulation eingebaut. Diese hat mehrere Vorteile. Zum einen wird die Gefahr des Einfrierens vermindert, da das Trinkwasser in den Zirkulationsleitungen ständig in Bewegung ist. Ferner werden die Filter und Sterilisatoren ständig durchflossen, was der Wasserqualität zugute kommt.

Im A380 wird das Trinkwassersystems durch Luft druckbeaufschlagt. Die erforderliche Druckluft wird von zwei Kompressoren erzeugt. Am Boden besteht die Möglichkeit des Anschlusses einer externen Druckluftquelle.

Durch den Einsatz von Filtern wird der durch die Kompressoren erzeugte Druck im System verringert. Dieser Druckabfall wird durch den Einbau von Druckpumpen ausgeglichen. Ferner ermöglichen die Druckpumpen die Zirkulation des Kaltwassers im System.

Im Warmwasserkreislauf werden Zirkulationspumpen eingesetzt, die das Wasser im System zirkulieren lassen, um die sofortige Förderung von warmem Wasser an die Entnahmestellen zu gewährleisten.

4.3.1 Auslegung der Druckpumpen

Der maximale Gesamtvolumenstrom beträgt, wie schon in Kapitel 4.2.1 berechnet, 39,625 l/min. Der vom Pumpenhersteller angegebene Volumenstrom der Druckpumpen beträgt 30,4 l/min bei einem Druck von 3,8 bar. Mit der folgenden Formel wird die Anzahl der Druckpumpen ermittelt.

$$n_{PP} = \frac{\dot{V}_{TOT}}{\dot{V}_{PP}} \quad (21)$$

$$\underline{n_{PP}} = \frac{39,625 \frac{l}{min}}{30,4 \frac{l}{min}} = \underline{1,303}$$

Es gibt zwei Druckpumpen im System, eine Hauptpumpe und eine Bereitschaftspumpe. Eine Pumpe sollte im Normalfall ausreichen, um den erforderlichen Leitungsdruck herzustellen. Ist der Druckabfall durch die gleichzeitige Benutzung mehrerer Verbraucher höher, wird über einen Druckschalter, welcher sich im Rücklauf der Zirkulationsleitung befindet, die zweite Pumpe zugeschaltet. Im Fall des Versagens der Hauptpumpe schaltet sich die zweite Pumpe ebenfalls zu. Da die beiden Pumpen parallel geschaltet sind, sorgen zwei Rückschlagventile dafür, dass das Trinkwasser nicht über die stehende Pumpe zurückfließt. Die Anordnung der Druckpumpen stellt das folgende Bild 4.7 dar.

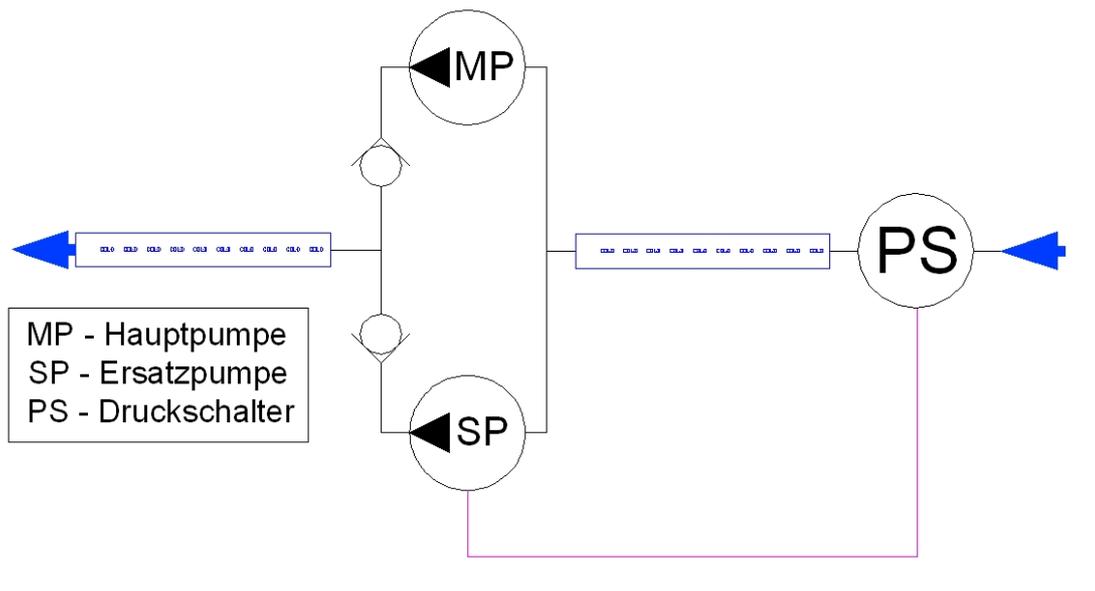


Bild 4.7 Anordnung der Druckpumpen im System

Die technischen Daten der Zirkulationspumpen sind dem Anhang B.6 zu entnehmen.

4.3.2 Auslegung der Zirkulationspumpen

Mit der folgenden Formel wird die Anzahl der Zirkulationspumpen ermittelt.

$$n_{CP} = \frac{\dot{V}_{HOT}}{\dot{V}_{CP}} \quad (22)$$

$$\frac{n_{CP}}{=} = \frac{23,775 \frac{l}{min}}{15,2 \frac{l}{min}} = \underline{1,564}$$

Für den normalen Betrieb wird nur eine Pumpe benötigt, die das Warmwasser zirkulieren lässt. Die zweite Pumpe schaltet sich nur dann ein, wenn mehr Wasser benötigt wird, als die Hauptpumpe fördern kann. Im Falle einer Fehlfunktion der ersten Pumpe wird die Bereitschaftspumpe ebenfalls zugeschaltet. Bei in Betriebnahme der Hauptpumpe läuft die Bereitschaftspumpe für einen kurzen Zeitraum mit an, um eine mögliche Fehlfunktion bei Bedarf auszuschließen. Da die beiden Pumpen parallel geschaltet sind, sorgen zwei Rückschlagventile dafür, dass das Trinkwasser nicht über die stehende Pumpe zurückfließt. Das folgende Bild 4.8 verdeutlicht die Anordnung der Zirkulationspumpen.

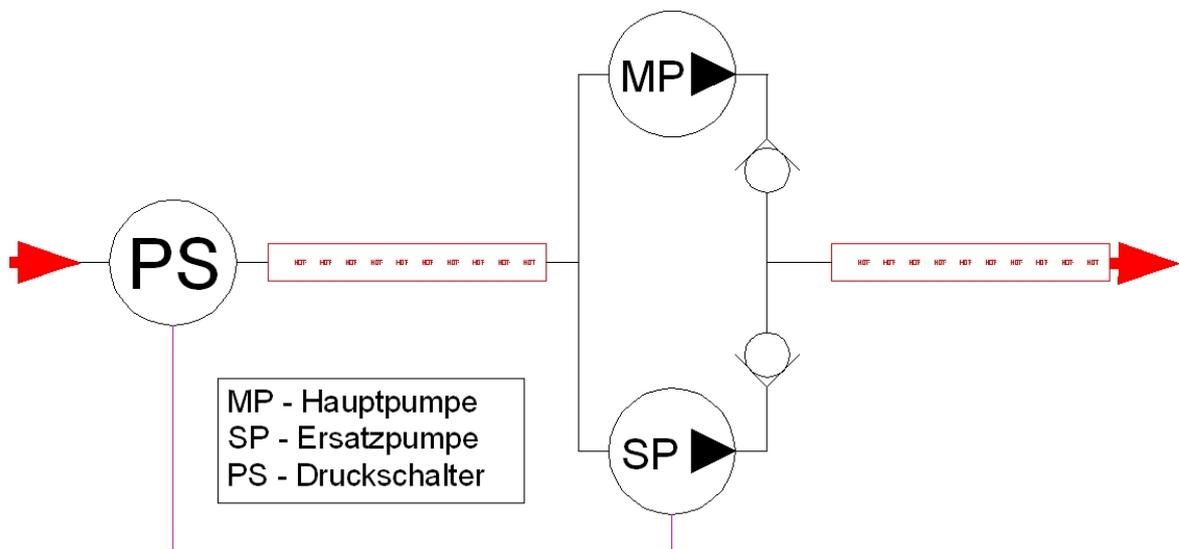


Bild 4.8 Anordnung der Zirkulationspumpen im System

Die technischen Daten der Zirkulationspumpen sind dem Anhang B.7 zu entnehmen.

4.4 Speicherauslegung

Um Spitzenlasten im Warmwasserverbrauch abzudecken soll an Bord des A380 ein Warmwasserspeicher installiert werden. Als Spitzenlast wird die Last bezeichnet, die temporär über die Grundlast hinausgeht. Der Warmwasserspeicher dient als Puffer. Die Wasseraufheizung sollte die Grundlast plus eine Reserve abdecken. Die Reserve dient zum Wiederaufheizen des Warmwasserspeichers und zur Abdeckung kleiner Verbrauchspitzen. Der Ablauf zur Berechnung des Pufferspeichers ist einer Übung aus **Maier-Witt – Mainusch 2005** entnommen.

- max. Warmwasserverbrauch = Grundlast + temporäre Spitzenlast
- Warmwasserversorgung = Wasseraufheizung + Warmwasserspeicher

Zur rechnerischen Ermittlung des Pufferspeichers werden folgende Annahmen getroffen:

- 75% der Waschbecken werden gleichzeitig benutzt.
- 100% der Duschen werden gleichzeitig benutzt.
- Bidets und Handduschen werden als Waschbecken gewertet.
- Die Warmwassertemperatur des Speichers beträgt 45°C
- Die Wärmeverluste zwischen Heizer und Entnahmestellen werden vernachlässigt.
- Die Kaltwassertemperatur beträgt im Flug 20°C.
- Pro Badezimmer wird nur ein Waschbecken gezählt (Bidet und Handbrause inklusive).

Die folgenden beiden Tabellen 4.7 und 4.8 geben eine Übersicht über die Anzahl der Verbraucher, Durchfluss- und Benutzungsraten sowie der unterschiedlichen Wassertemperaturen.

Tabelle 4.7 Verbrauch und Benutzungsrate der Wasserentnahmestellen

Entnahmestellen	Anzahl der Entnahmestellen [-]	Durchflussrate [l/min]	Benutzungsrate [%]	Benutzungsrate, Reserve [%]
Wasserhahn _{Crew, E/C}	7	3,5	75%	10%
Wasserhahn _{VIP}	10	7	75%	10%
Dusche	4	8	100%	0%

Tabelle 4.8 Übersicht der Temperaturen

Art der Temperatur	Temperatur [°C]
T _{water, cold}	20
T _{water, opt}	35
T _{heat, storage}	45

Mittels folgender Formel lässt sich der absolute Spitzenvolumenstrom $\dot{V}_{TOTPEAK}$ errechnen:

$$\dot{V}_{TOTPEAK} = \sum (n_{CON} \cdot (u_{CON_{max}} - u_{con}) \cdot \dot{V}_{CON}) \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \dot{V}_{TOTPEAK} &= 7 \cdot (75\% - 25\%) \cdot 3,5 \frac{l}{min} + 10 \cdot (75\% - 25\%) \cdot 7 \frac{l}{min} + 4 \cdot (100\% - 50\%) \cdot 8 \frac{l}{min} \\ &= \underline{\underline{63,25 \frac{l}{min}}} \end{aligned}$$

Der Volumenstrom des Kaltwassers \dot{V}_{COLD} wird wie folgt errechnet:

$$\dot{V}_{COLD} = \dot{V}_{TOTPEAK} \cdot \left(\frac{T_{WATER_{OPT}} - T_{WATER_{STORAGE}}}{T_{WATER_{COLD}} - T_{WATER_{STORAGE}}} \right) \quad (24)$$

$$\dot{V}_{COLD} = 63,25 \frac{l}{min} \cdot \left(\frac{35^{\circ}C - 45^{\circ}C}{20^{\circ}C - 45^{\circ}C} \right) = \underline{\underline{25,3 \frac{l}{min}}}$$

Der zusätzliche Volumenstrom des Warmwassers $\dot{V}_{HOT_{BUFFER}}$ wird wie folgt errechnet:

$$\dot{V}_{HOT_{BUFFER}} = \dot{V}_{TOTPEAK} - \dot{V}_{COLD} \quad (25)$$

$$\dot{V}_{HOT} = 63,25 \frac{l}{min} - 25,3 \frac{l}{min} = \underline{\underline{37,95 \frac{l}{min}}}$$

Die Temperaturdifferenz zwischen Warm- und Kaltwasser $\Delta T_{WATER_{HOT-COLD}}$ beträgt:

$$\Delta T_{WATER_{HOT-COLD}} = T_{WATER_{STORAGE}} - T_{WATER_{COLD}} \quad (26)$$

$$\underline{\underline{\Delta T_{WATER_{HOT-COLD}}} = 45^{\circ}C - 20^{\circ}C = 25^{\circ}C}$$

Das Volumen der Warmwasserzirkulation V_{LINES} :

$$V_{LINES} = l_{WWL} \cdot A_{WWL} \quad (27)$$

mit

$$A_{WWL} = \frac{\Pi \cdot d^2}{4} \quad (28)$$

$$\underline{A_{WWL}} = \frac{\Pi \cdot 25,4^2 \text{ mm}^2}{4} = 506,707 \text{ mm}^2 = \underline{0,051 \text{ dm}^2}$$

Bei einer geschätzten Leitungslänge von 100 m ergibt sich:

$$\underline{V_{LINES}} = 1000 \text{ dm} \cdot 0,051 \text{ dm}^2 = 51 \text{ dm}^3 = \underline{51 \text{ l}}$$

Für die Berechnung des gesamten Speichereinhaltes spielt das Volumen der Warmwasserzirkulationsleitung eine wesentliche Rolle. Die verwendeten Heizer sind Durchlauferhitzer und besitzen einen vernachlässigbar kleinen internen Speicher. Daher wird der Wasserinhalt der Heizer vernachlässigt. Einen Überblick über die zum Gesamtvolumen zählenden Bauteile gibt das anschließende Bild 4.9.

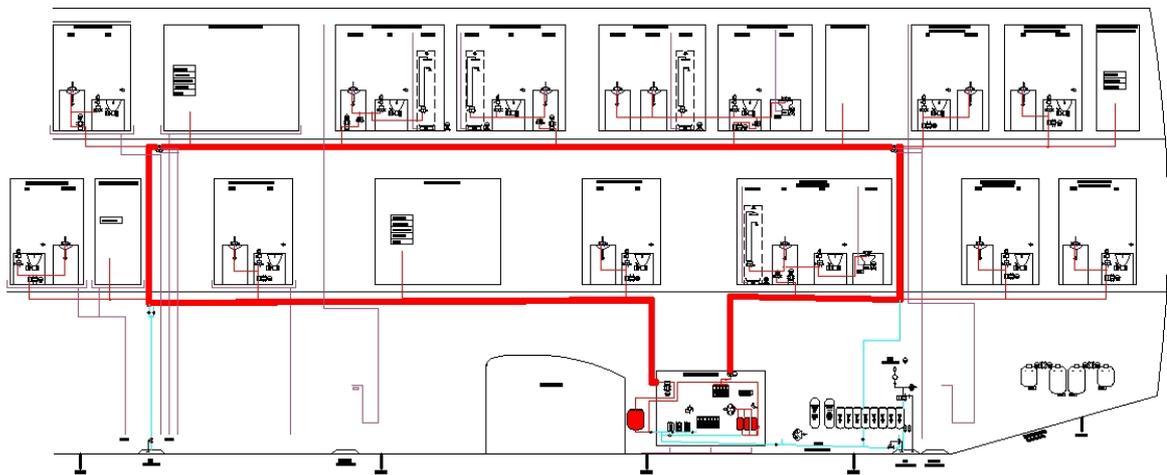


Bild 4.9 Gesamtvolumen des Warmwasserspeichers

Das Gesamtvolumen $V_{TOT_STORAGE}$ errechnet sich folgendermaßen:

$$V_{TOT_STORAGE} = V_{LINES} + n_{HEATER} \cdot V_{HEATER} + V_{STORAGE} \quad (29)$$

Als Pufferzeit t_{BUFFER} bis zum vollständigen Aufbrauchen des Warmwasserspeichers werden 5 min festgelegt und somit ergibt sich ein absolutes Speichervolumen $V_{TOT_STORAGE}$ von:

$$t_{BUFFER} = \frac{V_{TOT_STORAGE}}{\dot{V}_{HOT}} \quad (30)$$

$$V_{TOT_STORAGE} = V_{LINES} + n_{HEATER} \cdot V_{HEATER} + V_{STORAGE} = t_{BUFFER} \cdot \dot{V}_{HOT} \quad (31)$$

$$\underline{V_{STORAGE}} = 5 \text{ min} \cdot 37,95 \frac{l}{\text{min}} - 51l - 3 \cdot 0l = \underline{138,75l}$$

Es wird ein Pufferspeicher mit einem Volumen von 40 Gallonen gewählt (entspricht 152 Litern). Damit ist das Gesamtvolumen $V_{TOT_STORAGE}$:

$$\underline{V_{TOT_STORAGE}} = 51l + 3 \cdot 0l + 152l = \underline{203l}$$

Die berechnete Pufferzeit t_{BUFFER} beträgt somit:

$$t_{BUFFER} = \frac{203l}{37,95 \frac{l}{\text{min}}} = \underline{5,35 \text{ min}}$$

Die Wiederaufheizzeit $t_{REHEATING_TOTPOWER}$ bei maximaler Heizleistung (kein Warmwasserverbrauch):

$$t_{REHEATING_TOTPOWER} = \frac{V_{TOT_STORAGE} \cdot c_{p_{H_2O}} \cdot (T_{WATER_STORAGE} - T_{WATER_COLD})}{n_{HEATER} \cdot P_{HEATER}} \cdot \frac{1}{60} \quad (32)$$

$$\underline{t_{REHEATING_TOTPOWER}} = \frac{203l \cdot 4,187 \frac{kJ}{kgK} \cdot (45^\circ C - 20^\circ C) \cdot 1 \frac{kg}{dm^3}}{3 \cdot 15kW} \cdot \frac{1}{60 \frac{s}{\text{min}}} = \underline{7,87 \text{ min}}$$

Die Wiederaufheizzeit $t_{REHEATING_TOTPOWER}$ von 7,87 min unter maximaler Heizleistung ist ausreichend.

Die Leistung $P_{REHEATING_{RESERVE}}$, die zum Wiederaufheizen der Reserve benötigt wird:

$$P_{REHEATING_{RESERVE}} = \frac{\sum (n_{CON} \cdot u_{CON_{RESERVE}} \cdot \dot{V}_{CON})}{\dot{V}_{TOT} \cdot (n_{HEATER} \cdot P_{HEATER})} \quad (33)$$

$$\underline{P_{REHEATING_{RESERVE}}} = \frac{\left(7 \cdot 10\% \cdot 3,5 \frac{l}{min}\right) + \left(10 \cdot 10\% \cdot 7 \frac{l}{min}\right) + \left(4 \cdot 0\% \cdot 8 \frac{l}{min}\right)}{39,625 \frac{l}{min} \cdot (3 \cdot 15kW)} = \underline{10,73kW}$$

Die Wiederaufheizzeit $t_{REHEATING_{RESERVE}}$ bei Nutzung der Leistungsreserve (normaler Warmwasserverbrauch):

$$t_{REHEATING_{RESERVE}} = \frac{V_{TOT_{STORAGE}} \cdot c_{PH_2O} \cdot (T_{WATER_{STORAGE}} - T_{WATER_{COLD}})}{P_{REHEATING_{RESERVE}}} \cdot \frac{1}{60} \quad (34)$$

$$\underline{t_{REHEATING_{RESERVE}}} = \frac{203l \cdot 4,187 \frac{kJ}{kgK} \cdot (45^{\circ}C - 20^{\circ}C) \cdot 1 \frac{kg}{dm^3}}{10,73kW} \cdot \frac{1min}{60s} = \underline{33,01min}$$

Die Wiederaufheizzeit $t_{REHEATING_{RESERVE}}$ von 33,01 min unter Nutzung der Reserve ist ausreichend. Die technischen Daten des Pufferspeichers sind dem Anhang B.8 zu entnehmen.

5 Entwurf des Trinkwasser-, Grauwasser- und Schmutzwassersystems

5.1 Trinkwassersystem

5.1.1 Trinkwasserzirkulation

Im A380 VVIP soll eine Kalt- und Warmwasserzirkulation installiert werden. Diese hat im Vergleich zu einem Druckwassersystem verschiedene Vorteile. Durch den Einbau einer Zirkulation kann die Qualität des Trinkwassers erheblich verbessert werden. Ferner wird die Gefahr des Einfrierens minimiert. Des Weiteren ist durch die Warmwasserzirkulation eine schnelle Verfügbarkeit des warmen Wassers an den Entnahmestellen gewährleistet. Das folgende Schema (Bild 5.1) stellt ein vereinfachtes Kalt- und Warmwasserzirkulationssystem dar.

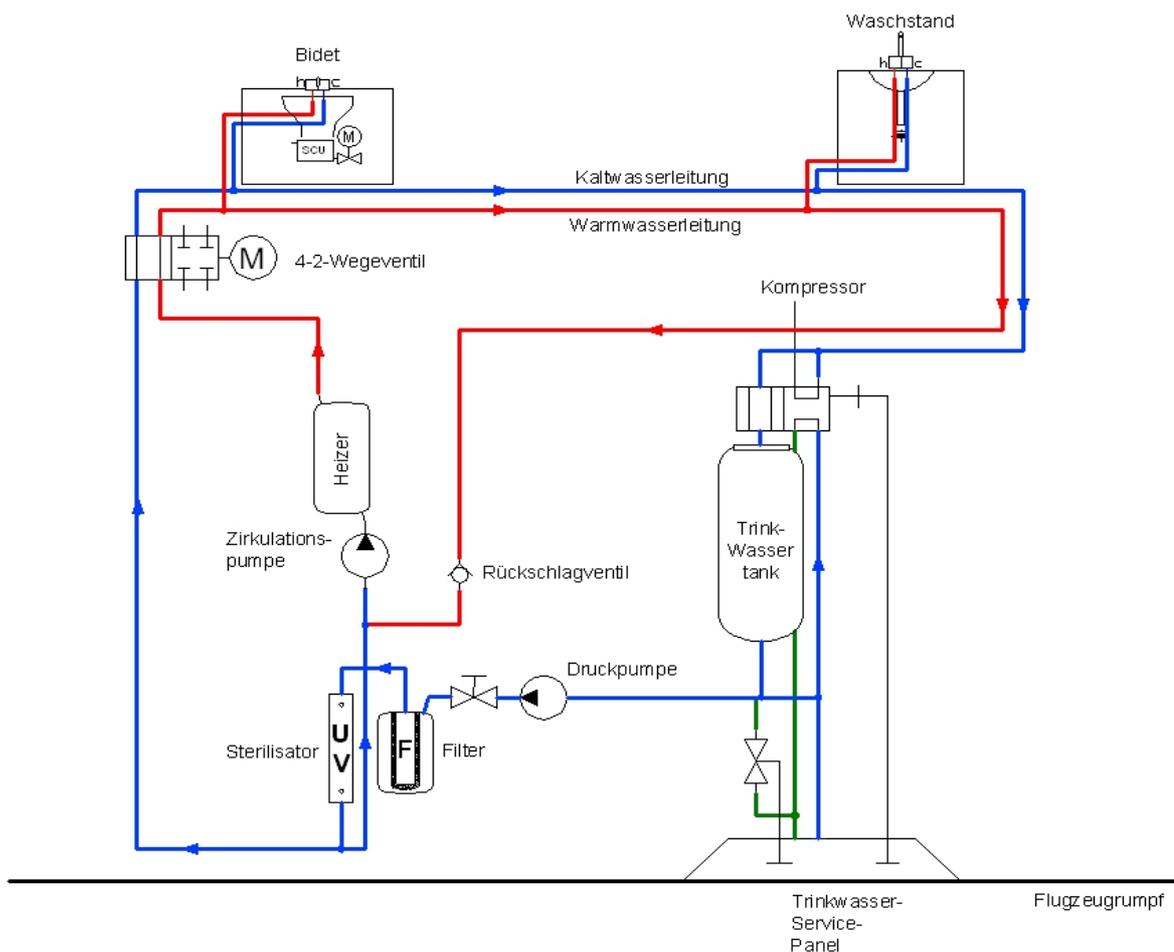


Bild 5.1 Schema Kalt- und Warmwasserzirkulation

5.1.2 Leitungsführung

Die Kalt- und Warmwasserzirkulationsleitungen verlaufen größtenteils im Unterflurbereich von Main und Upper Deck. Aufgrund der geringen Höhe der Zwischendecken bei der Länge des Flugzeuges lässt sich eine Verlegung der Zirkulationsleitungen mit ausreichendem Gefälle nicht realisieren. Die Leitungen werden waagrecht verlegt. In den Floorbeams befinden sich Entlastungsbohrungen, die im gesamten Flugzeug fluchten und zur Leitungsführung verwendet werden können. (Bild 5.2) Die Floorbeams im Unterflurbereich des Upper Decks bestehen aus CFK und dürfen nicht angebohrt werden. Die hier einzubauenden Rohrleitungen müssen mit Klemmschellen oder ähnlichen Elementen gehalten werden. Die senkrechten Leitungsabschnitte der Trinkwasserzirkulation zwischen Main und Upper Deck verlaufen entlang der Außenhaut des Flugzeuges. Sie bestehen aus Schläuchen, um der Krümmung der Außenhaut folgen zu können. Die Leitungen werden an Stringern der Außenhaut befestigt. (Bild 5.3) Die Zirkulationsleitungen werden nicht beheizt, da das Wasser durch die Pumpen ständig in Bewegung gehalten wird. Stichleitungen, welche die Zirkulationsleitungen mit den Wasserentnahmestellen verbinden und sich in der Nähe der Außenhaut bzw. in anderen temperaturkritischen Bereichen befinden, müssen hingegen beheizt werden.

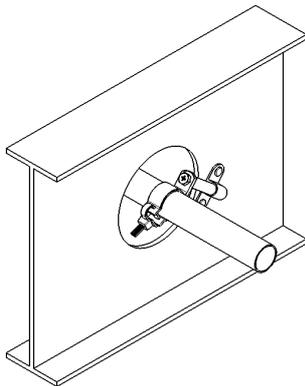


Bild 5.2 Befestigung Floorbeam

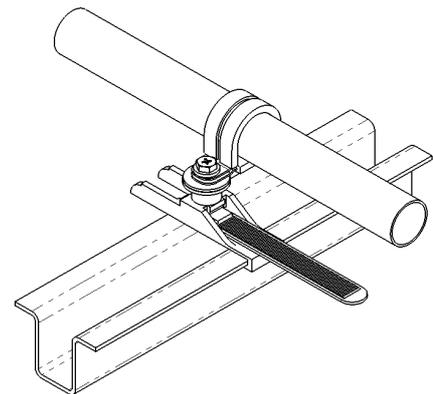


Bild 5.3 Befestigung Stringer

5.1.3 Entlüftung des Trinkwassersystems

Die Zirkulationsleitungen des Trinkwassersystems werden durch Ventile entlüftet. Die Funktionsweise der Be- und Entlüftungsventile ist im Abschnitt 5.1.7 erklärt. Be- und Entlüftungsventile befinden sich vorn und hinten in den Zirkulationsleitungen, jeweils an den höchst gelegenen Stellen der Leitungsführung. Es befinden sich somit jeweils zwei Ventile pro Warm- und Kaltwasserzirkulationsleitung im System. Sie gewährleisten das Entweichen von Luft beim Befüllen des Systems. Ferner ermöglichen sie das Nachströmen von Luft beim drainieren des Systems. Unterhalb der Ventile sind Wasserauffangschalen installiert, von denen im Fall einer Fehlfunktion des Ventils auslaufendes Wasser über Schläuche in die Bilge geleitet

wird. Das folgende Bild 5.4 veranschaulicht die Position der Be- und Entlüftungsventile im System.

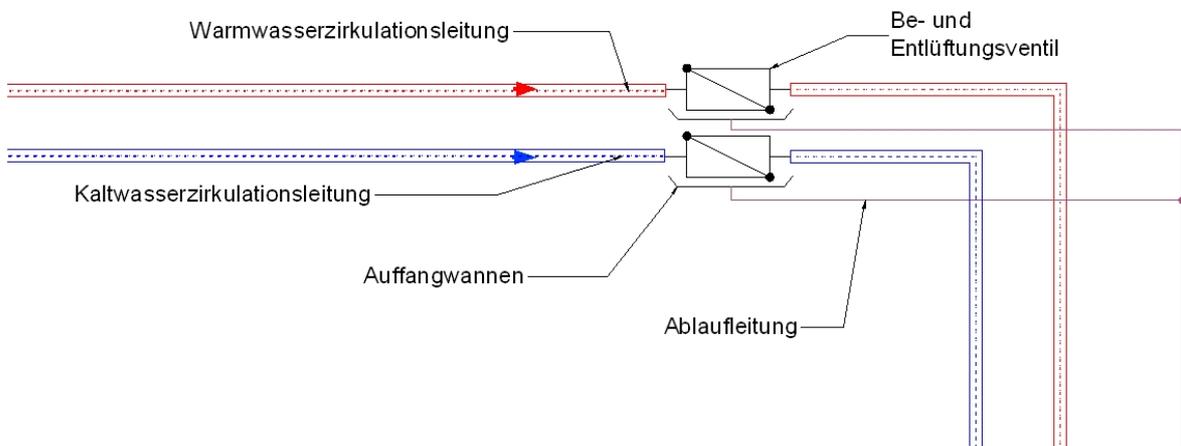


Bild 5.4 Be- und Entlüftungsventile

5.1.4 Befüllung des Trinkwassersystems

Das Trinkwassersystem wird über den Einfüllstutzen am Trinkwasser-Service-Panel befüllt. Die Befüllung wird vom Bodenpersonal des jeweiligen Flughafens mit Hilfe von Spezialfahrzeugen durchgeführt. Das Befüllen der Tanks erfolgt gemäß Wartungshandbuch. In der Regel werden die Trinkwassertanks komplett befüllt. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, das System mit einer voreingestellten Trinkwassermenge zu befüllen, die an einer Bedieneinheit vorgewählt werden kann (20%, 40%, 60%, 80% und 100%). Das Befüllen der Trinkwassertanks wird durch ein Füll- und Überlaufventil gesteuert. (siehe Bild 5.5) Luft, die sich vor dem Befüllen in den Tanks befindet, kann über die Überlaufleitung aus dem Flugzeug entweichen. Die sich hinter den Wassertanks befindliche Wasseraufbereitungseinheit wird beim Befüllen des Wassersystems mit aufgefüllt.

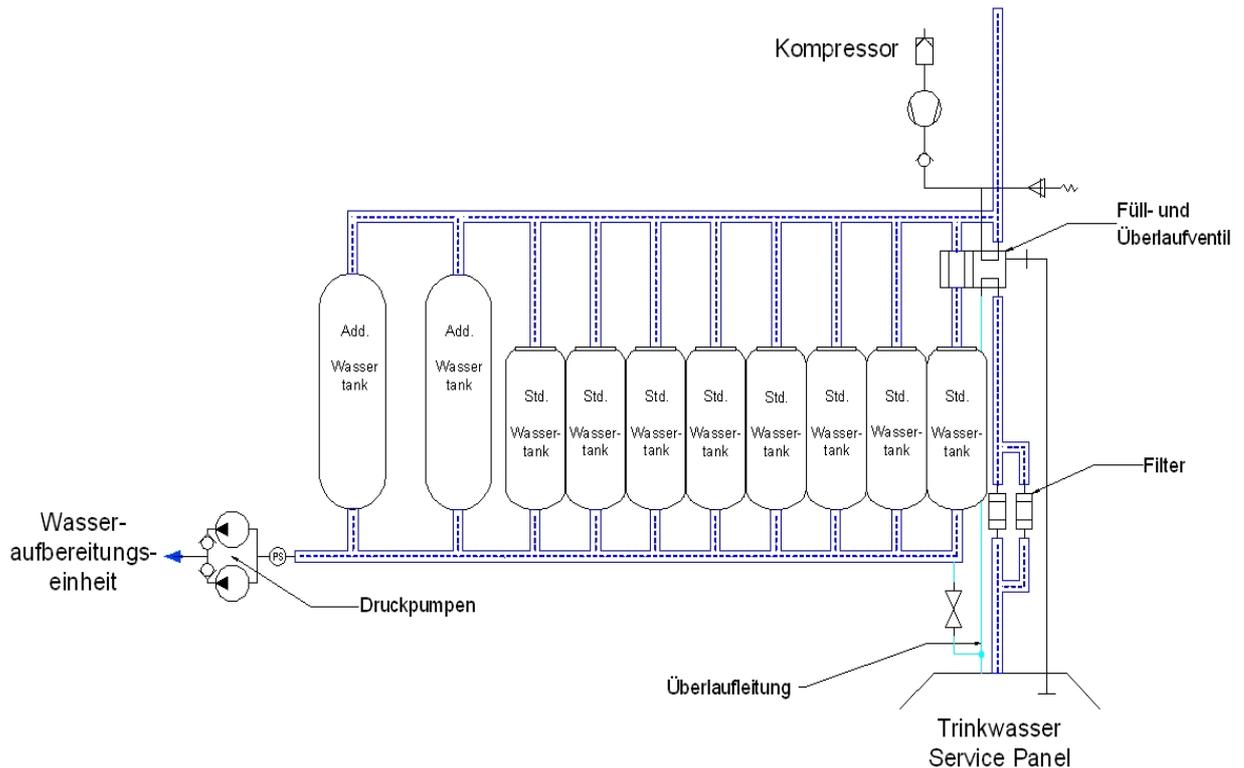


Bild 5.5 Schema Befüllung des Trinkwassersystems

5.1.5 Entleerung des Trinkwassersystems

Bei Temperaturen unter 0°C ist es notwendig, das Wassersystem zu drainieren, um ein Zufrieren der Leitungen und Trinkwasserkomponenten zu verhindern. Ferner ist es zweckmäßig, das System bei längerem Aufenthalt am Flughafen zu drainieren, um einer Keimbildung im Trinkwasser entgegen zu wirken. Das Trinkwasser wird über das Drain Panel (Bild 5.6) und das Service Panel (Bild 5.7) drainiert. Hierzu wird an der zentralen Steuereinheit des Trinkwassersystems die Entleerungsprozedur gestartet. (Abschnitt 7.4.1) Die Steuerung öffnet dann selbstständig das Isolationsventil und die Absperrventile der Badezimmer und Küchen. Durch die Be- und Entlüftungsventilen, welche sich an den höchsten Punkten der Warm- und Kaltwasserzirkulationsleitungen befinden, strömt Luft ein. In Badezimmern, Toiletten und Küchen müssen alle Trinkwasserentnahmestellen von Hand geöffnet werden, um eine Entleerung zu ermöglichen.

Die Zirkulationsleitungen in den Unterflurbereichen sind waagrecht verlegt. Es wird davon ausgegangen, dass das Flugzeug entweder „Nose up“ oder „Nose down“ abgestellt wird. Je nach Richtung ist es möglich, das Trinkwasser über das vordere Drain Panel bzw. über das sich im hinteren Bereich befindliche Service Panel abzulassen. Eine Funktionszeichnung des Trinkwassersystems ist dem Anhang E.3 zu entnehmen.

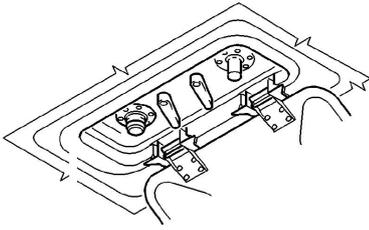


Bild 5.6 Trinkwasser-Drain-Panel¹
(AIRBUS AMM 1992)

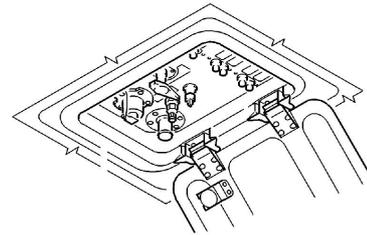


Bild 5.7 Trinkwasser-Service-Panel²
(AIRBUS AMM 1992)

5.1.6 Infrarotschalter

In allen Badezimmern und Toiletten sind Infrarotschutzschalter installiert. Sie reagieren auf Körperwärme und bewirken 60 Sekunden nach dem Verlassen der Einrichtung via Relais das Schließen des motorisierten Wasserabsperrentils womit die Wasserzufuhr unterbrochen wird. Auf diese Weise wird verhindert, dass Wasser bei Leckagen in unbenutzten Räumen auslaufen kann.

5.1.7 Ventile des Trinkwassersystems

Absperrventile (4-Wegeventil, 2-Wegeventil)

Absperrventile werden an verschiedenen Positionen im Flugzeug eingesetzt um die Wasserzufuhr zu steuern. Zum Einsatz kommen Zwei- und Vier-Wegeventile. Mit einem Zwei-Wege-Ventil kann eine Leitung und mit einem Vier-Wege-Ventil können zwei Leitungen gesperrt werden. Absperrventile können je nach Ausführung manuell oder elektrisch bedient werden. Sie steuern zum Beispiel:

- Die gesamte Wasserzufuhr
- Absperrung der Wasseraufbereitungseinheit für Wartungsarbeiten (Isolationsventil)
- Die Wasserzufuhr der Toiletten, Badezimmer und Küchen

Die folgenden beiden Bilder (Bild 5.8 und Bild 5.9) stellen ein 2-Wege und ein 4-Wegeventil dar.

¹ Das hier gezeigte Trinkwasser-Drain-Panel ist Teil des Airbus A340

² Das hier gezeigte Trinkwasser-Service-Panel ist Teil des Airbus A340

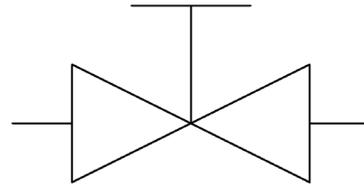
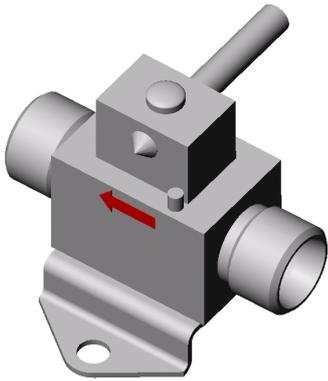


Bild 5.8 2-Wege-Absperrventil (manuell)

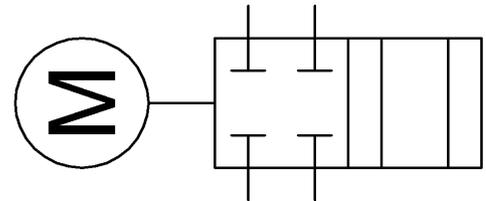
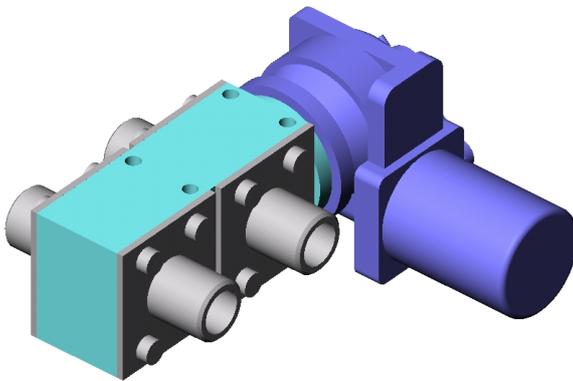


Bild 5.9 4-Wege-Absperrventil (motorisiert)

Rückschlagventil

Ein Rückschlagventil sperrt den Durchgang des Wassers in einer Strömungsrichtung selbsttätig. Konstruktiv wird die Sperrung oder Öffnung durch den Fluss des Wassers ausgelöst, die einen Schieber in die Durchflussöffnung drückt. Das hier betrachtete Rückschlagventil funktioniert ohne Feder. (Bild 5.10)

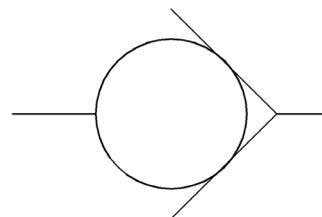
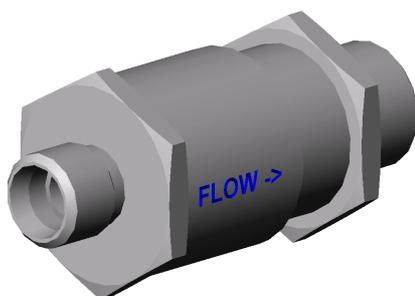


Bild 5.10 Rückschlagventil

Be- und Entlüftungsventil

Be- und Entlüftungsventile werden im Trinkwassersystem eingesetzt. Um in den Rohrleitungen befindliche Luft beim Befüllvorgang abzulassen. Beim Drainieren des Systems wird Luft angesaugt, damit das Wasser abfließen kann. Im Inneren des Be- und Entlüftungsventils befindet sich ein Schwimmer, welcher aus leichtem Kunststoff besteht. Wenn Wasser in das Ventil einströmt, wird der Schwimmer angehoben und verschließt die darüber befindlichen Öffnungen des Ventils. Beim Drainieren des Systems fällt der Schwimmer nach unten und Luft kann in das Ventil nachströmen. Das folgende Bild 5.11 stellt ein Be- und Entlüftungsventil dar.

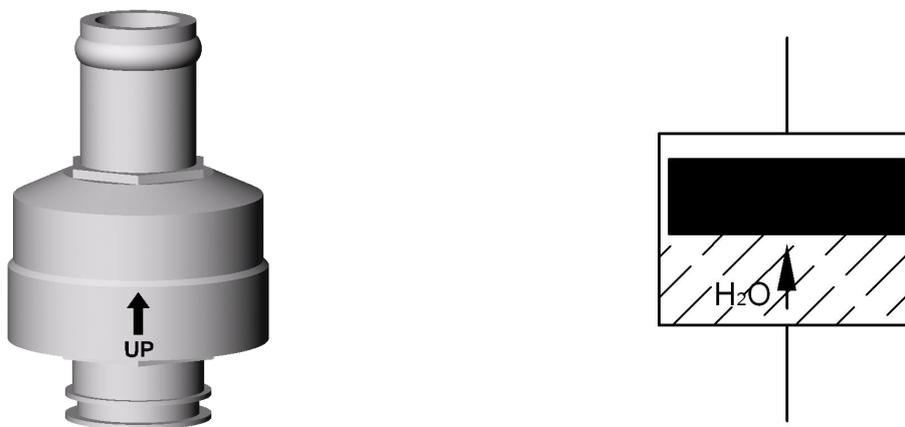


Bild 5.11 Be- und Entlüftungsventil

5.2 Entwurf des Grauwassersystems

5.2.1 Entstehung des Grauwassers

Grauwasser entsteht bei Benutzung von Waschtischen, Küchenspülen und Duschen. Regenwasser, welches im Türschwellenbereich anfällt wird über Schläuche in die Bilge geleitet. Die Auffangwannen unter den sanitären Einrichtungen im vorderen Bereich des Flugzeuges leiten ebenfalls Grauwasser in die Bilge.

5.2.2 Sammlung des Grauwassers

Die Sammlung des Grauwassers erfolgt mit Hilfe der Schwerkraft und der Druckdifferenz zwischen Flugzeugkabine und Umgebung. Ein im Waschstand installiertes Grauwasserventil (Abschnitt 5.2.8) vermeidet Sauggeräusche in der Kabine. In Duschen wird eine Grauwassersammelkammer (Shower Transfer Unit) verwendet, wodurch zum einen Sauggeräusche vermieden werden und zum anderen das Grauwasser dosiert abgegeben wird. Die Sammelleitungen werden auf dem Weg in den unteren Bereich des Flugzeuges zusammengeführt und leiten das Grauwasser entweder in die Grauwassersammeltanks oder zur direkten Entsorgung in die Drainmasts.

Um das Einfrieren der Grauwasserleitungen zu vermeiden, befinden sich in den oberen Bereichen des Flugzeuges Lufteinlässe, durch die aufgrund der Druckdifferenz Kabinenluft in die Grauwasserleitung strömt. Zusätzlich werden Grauwasserleitungen in temperaturkritischen Bereichen mit Dämmmaterial ummantelt. Das folgende Bild 5.12 veranschaulicht ein Grauwassersystem mit Tank.

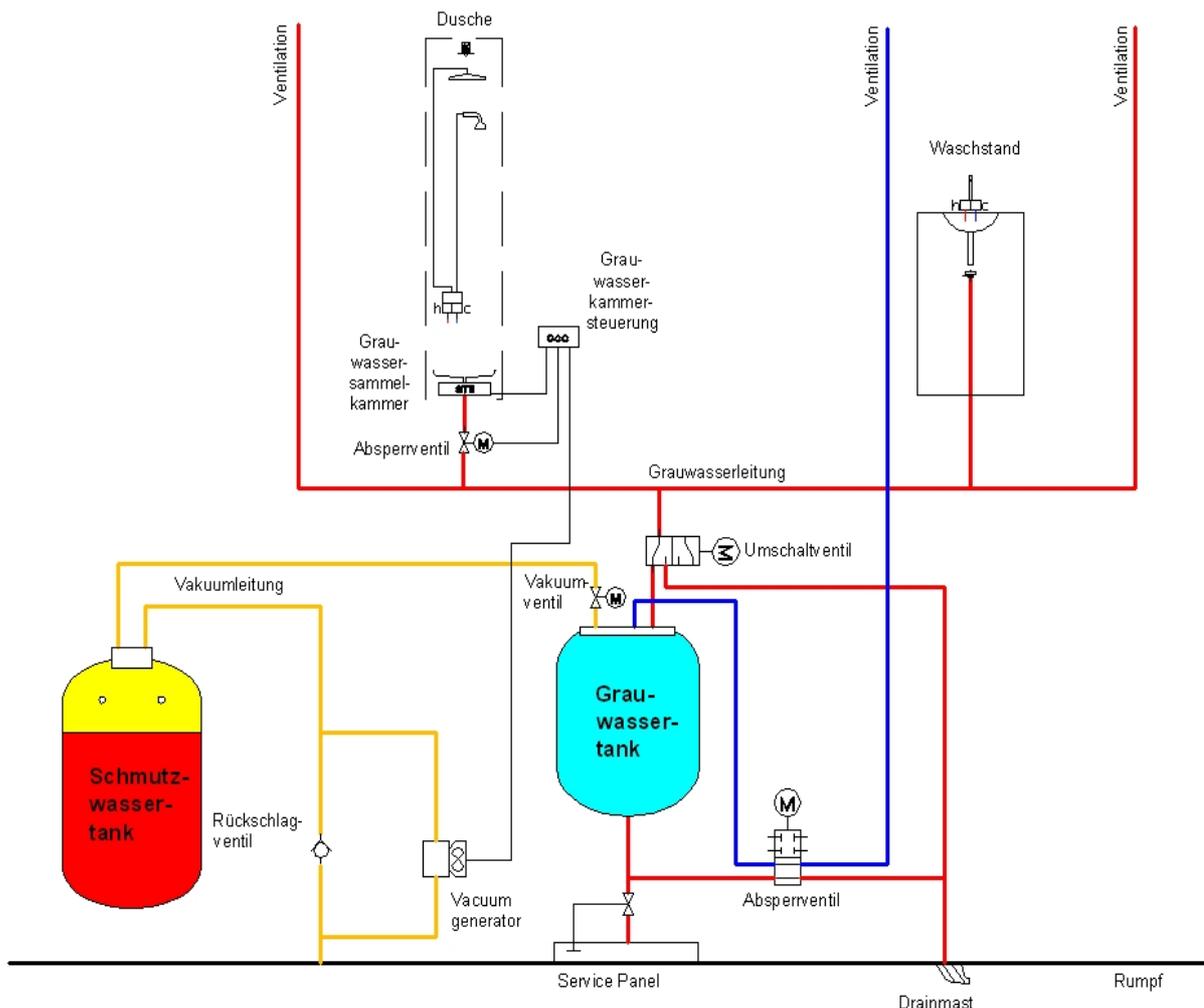


Bild 5.12 Schema des Grauwassersystems

5.2.3 Leitungsführung

Meistens haben Grauwasserleitungen einen Leitungsquerschnitt von einem Zoll. Leitungsschnitte sollten mindestens ein Gefälle von zwei Grad haben, um das Abfließen des Grauwassers zu gewährleisten. Enge Kurven in der Leitungsführung sind zu vermeiden. In temperaturkritischen Bereichen werden Grauwasserleitungen beheizt. Die Drainmasts werden beheizt, um Eisbildung am Austritt zu verhindern.

5.2.4 Funktion der Grauwassersammelkammer

Grauwassersammelkammern werden eingesetzt, um den Abfluss von Duschen zu kontrollieren. Die Grauwassersammelkammer nimmt Grauwasser auf, bis ein bestimmter Füllstand erreicht ist. Die Grauwasserkammersteuerung öffnet dann ein Ablassventil und das Grauwasser kann aus der Kammer strömen. Bei Unterschreiten eines unteren Füllstandes wird das Ventil wieder geschlossen. Auf diese Weise kann das Grauwasser dosiert die Kammer verlassen und gleichzeitig wird durch das verbleibende Grauwasser ein Luftabschluss hergestellt.

Am Boden gelangt das Grauwasser der Duschen durch Umschalten des 3-2-Wegeventils in die Grauwassertanks.

Das Ventil ist separat installiert und nicht direkt mit der Kammer verbunden. Das folgende Bild 5.13 zeigt eine Grauwassersammelkammer.

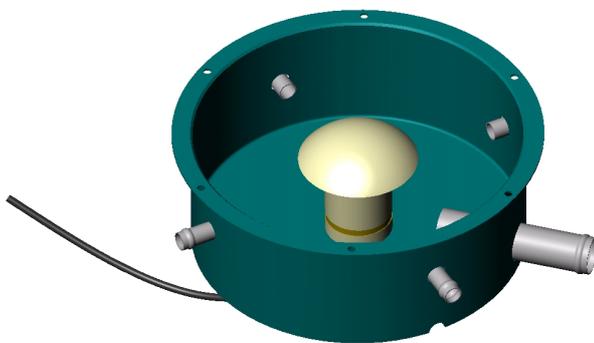


Bild 5.13 Grauwassersammelkammer (STU)

5.2.5 Lagerung des Grauwassers

Zur Lagerung des Grauwassers sollen an Bord des A380 VVIP zwei Grauwassertanks installiert werden. Die Tanks bieten die Möglichkeit, anfallendes Grauwasser aus Duschen und Geschirrspülern zu sammeln, während das Flugzeug am Boden steht. Gleichzeitig dienen die Grauwassertanks während des Fluges als Puffer, wenn die anfallende Grauwassermenge größer ist als die maximale Durchflussmenge des Drainmasts.

5.2.6 Entsorgung des Grauwassers

Im Flug verlässt das anfallende Grauwasser das Flugzeug über die Drainmasts (Bild 5.14). Es sind zwei Drainmasts an Bord des A380 installiert. Die Drainmasts sind beheizt, um Eisbildung beim Austreten des Grauwassers zu vermeiden. Ist das Flugzeug am Boden, wird das Wasser aus Duschen und Geschirrspülern in die Grauwassertanks geleitet. Grauwasser von anderen Wasserentnahmestellen wird am Boden ebenfalls über die Drainmasts abgeleitet. Die Grauwassertanks sind über ein Vakuumventil mit dem Schmutzwassersystem verbunden, um das Ableiten des Grauwassers aus den Duschen durch Differenzdruck zu unterstützen. Im Normalfall werden die Tanks im Flug via Drainmast entleert. Ist das Flugzeug am Boden und der Grauwassertank voll, dann fließt das Grauwasser über den Drainmast ab. Über einen Levelsensor im Inneren des Grauwassertanks geht ein Signal an die zentrale Steuerung, welche dann das Umschaltventil in Stellung Drainmast setzt. Alternativ können die Tanks vom Bodenpersonal über das Grauwasserservicepanel entleert werden. Eine Funktionszeichnung des Grauwassersystems ist dem Anhang E.4 zu entnehmen.

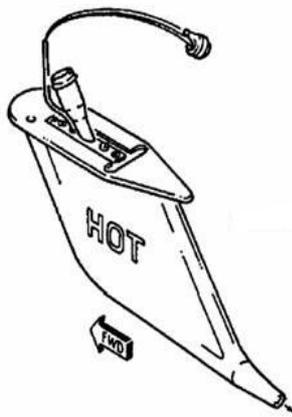


Bild 5.14 Drainmast (Scholz 2001)³

5.2.7 Die Auffangwannen

Da Badezimmer und Küchen im vorderen Bereich des Flugzeuges sich unmittelbar oberhalb des Electronic&Equipment Compartments befinden, sollen so genannte Auffangwannen installiert werden. Diese können eventuell austretendes Wasser, verursacht durch einen Rohrbruch, unsachgemäßes Benutzen, o. ä. auffangen und in die Bilge leiten. Um den Feuchtraum abzudichten, (Bild 5.15) wird ein so genannter NTF-Belag (Non-Textile-Floor) eingeklebt, um einen wasserdichten Fußboden zu schaffen. Die Bodenabläufe werden an tiefliegenden Positionen installiert, wo am ehesten mit austretendem Wasser zu rechnen ist, wie zum Bei-

spiel unter Duschen, vor Duscheingängen und vor Waschständen. Im Türbereich, wird zusätzlich ein Bodenablauf installiert. Der Bodenablauf wird in den Fußboden eingelassen und fest mit dem NTF-Belag verklebt. Der Teppich, der auf dem NTF-Belag verlegt wird, wird an denselben Stellen perforiert, um den Ablauf des Wassers zu gewährleisten. Der Bodenablauf wird mit einem Ablaufschlauch verbunden, welches in der Bilge endet. Ein Wassersensor, welcher in den Ablaufschlauch integriert wird, stellt fest ob Wasser über die Auffangwanne abfließt und gibt ein Signal an die zentrale Steuerung. Diese trennt bei anhaltendem Signal die Wasserzufuhr der betreffenden sanitären Einrichtung, um weiteres Auslaufen des Wassers zu verhindern.

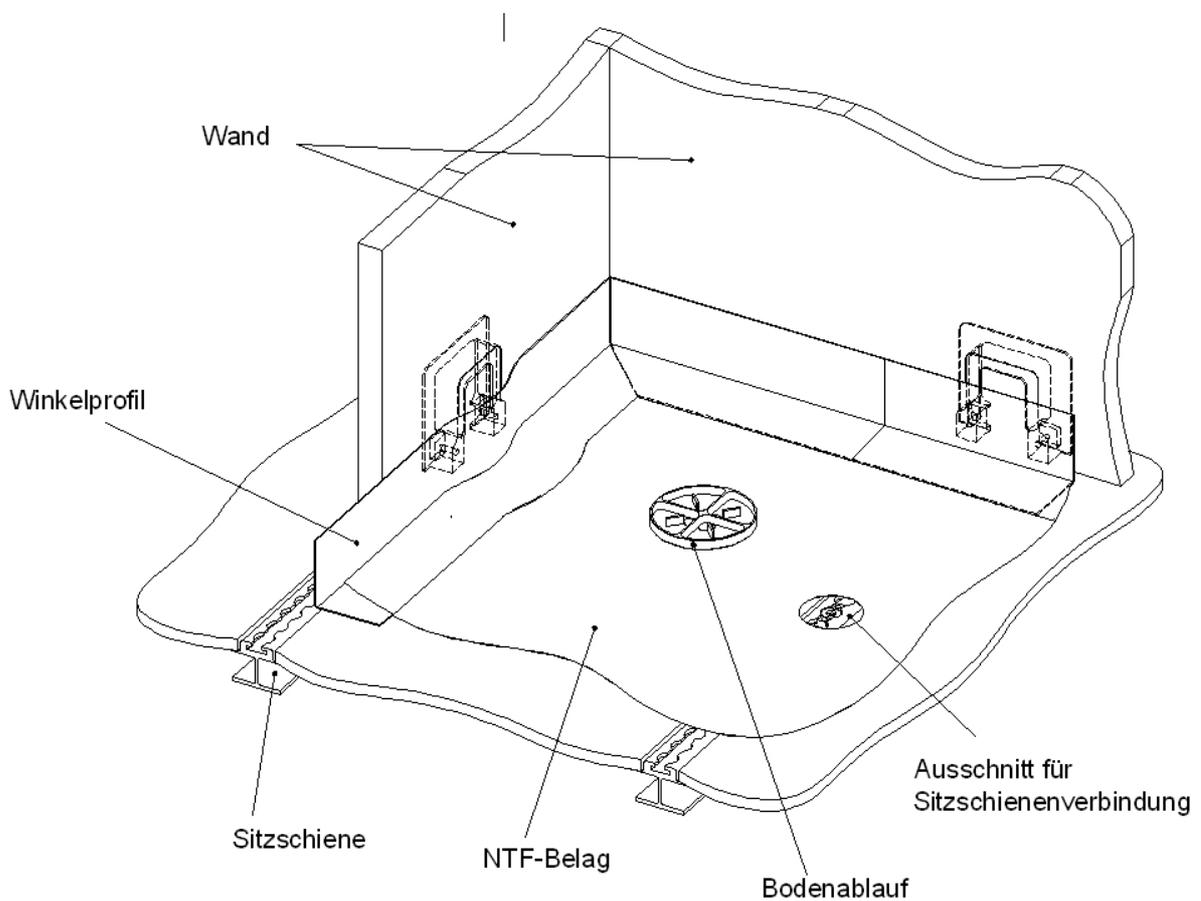


Bild 5.15 Konstruktionsskizze der Auffangwanne

³ Der hier abgebildete Drainmast ist Teil eines A321

5.2.8 Ventile des Grauwassersystems

Grauwasserventil (Air Stop Valve)

Das Grauwasserventil (Bild 5.16) wird unterhalb der Abflüsse von Waschständen eingebaut. Im Grauwassersystem herrscht ein Unterdruck, der ein Abfließen des Abwassers zu den Drainmasts bzw. in die dafür vorgesehenen Tanks unterstützt. Dieser Unterdruck würde am Waschstand ein Rauschen verursachen, welches durch den Einsatz eines Grauwasserventils verhindert wird. Das Ventil öffnet selbstständig durch die Gewichtsbelastung einer Wassersäule von acht Zoll. Zur Drainage des Grauwassersystems wird das Ventil manuell geöffnet, um das Restwasser zu beseitigen.

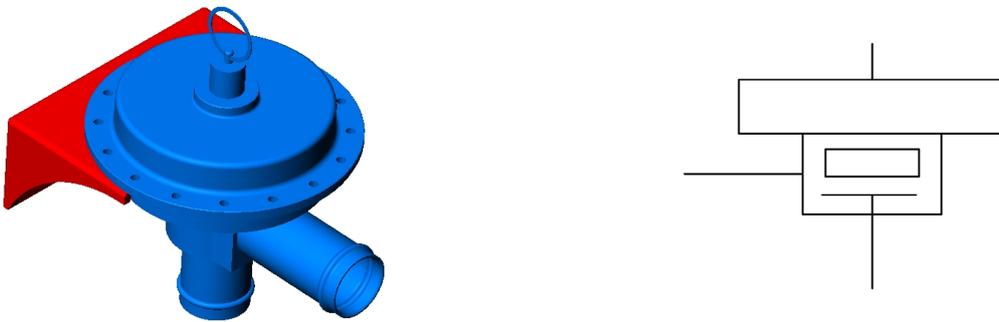


Bild 5.16 Grauwasserventil

3-2-Wegeventil

Das 3-2-Wege-Wechselventil (Bild 5.17) dient dazu, zwischen zwei Leitungswegen zu schalten. Im Grauwassersystem wird es eingesetzt, um den Weg des Grauwassers zu steuern. Durch die Ventilsteuerung wird das Grauwasser entweder zum Drainmast oder zum Grauwassertank geleitet.

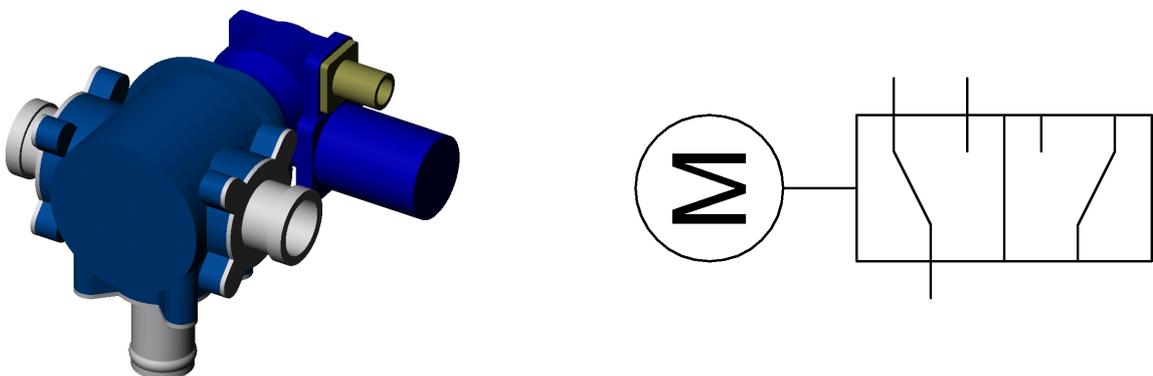


Bild 5.17 3-2-Wegewechselventil

5.3 Entwurf der Schmutzwassersystems

5.3.1 Entstehung des Schmutzwassers

Schmutzwasser entsteht durch die Verwendung von Toiletten, Bidets und Handduschen. Ferner sind im A380 VVIP Küchenabfallabsaugungen installiert, die ebenfalls am Vakuumsystem angeschlossen sind. Die eingesetzten Vakuumtoiletten sind sehr sparsam und benötigen pro Spülgang nur 0,15 Liter Trinkwasser. Bidets und Handduschen hingegen tragen zur deutlichen Erhöhung der Abwassermenge bei. Das Abwasser der Handduschen wird über die Toiletten abgeführt.

5.3.2 Sammlung des Schmutzwassers

Der Transport des Schmutzwassers erfolgt durch Unterdruck. Jeder Spülvorgang der Toiletten wird von der Spülsteuerungseinheit (Flash Control Unit) gesteuert. Im A380 sind vier Sammelleitungen installiert, welche in vier Schmutzwassertanks führen. Zwei Leitungen führen ins Upper Deck und zwei weitere ins Main Deck, jeweils backbord und steuerbord. Die Schmutzwassertanks und Hauptsammelleitungen sind in der Standardausführung des A380 enthalten. Im folgenden Bild 5.18 ist die Position der Schmutzwassertanks dargestellt.

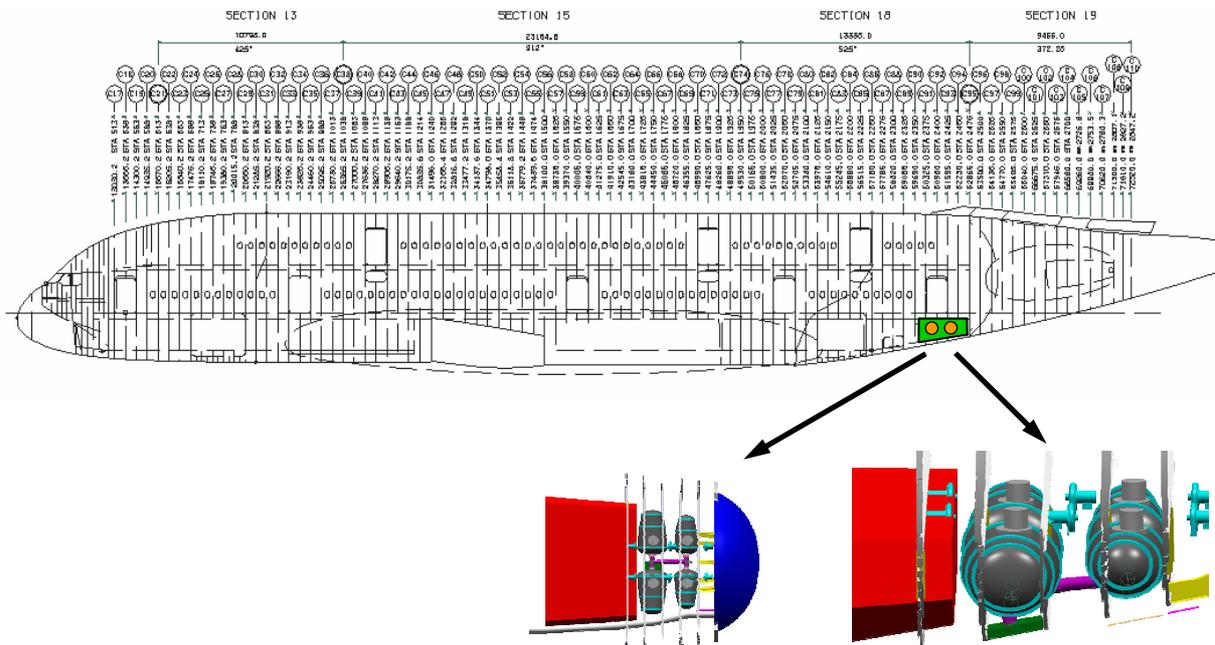


Bild 5.18 Position Schmutzwassertanks (Airbus 2003)

5.3.3 Lagerung des Schmutzwassers

Das Schmutzwasser wird in vier Abwassertanks gesammelt. Die Tanks sind voneinander unabhängig. Jeder Tank wird am Boden und in geringen Flughöhen von einem separaten Vakuumbelüftungssystem mit Unterdruck versorgt. Im Flug⁴ sorgt der Differenzdruck zwischen Kabine und Flugzeugumgebung für den nötigen Unterdruck. Zur Umschaltung von Vakuumbelüftungssystem auf Differenzdruck dient ein Druckschalter (Altitude Pressure Switch). Die Luft der Vakuumbelüftung wird über einen Wasserabscheider an die Umgebung abgeführt. Dabei passiert sie unterhalb von 16000 ft das Vakuumbelüftungssystem und oberhalb davon einen Bypass mit Rückschlagventil. Ein Schema der Schmutzwassertanks und der dazugehörigen Anschlussleitungen stellt das folgende Bild 5.19 dar. Die Schmutzwassertanks werden am Boden über ein Servicepanel geleert, welches sich unmittelbar unter den Schmutzwassertanks befindet. Zwischen den Tanks und dem Servicepanel (Bild 5.20) ist jeweils ein Entleerungsventil installiert. Die Entleerungsventile müssen beim Drainieren von Hand geöffnet werden.

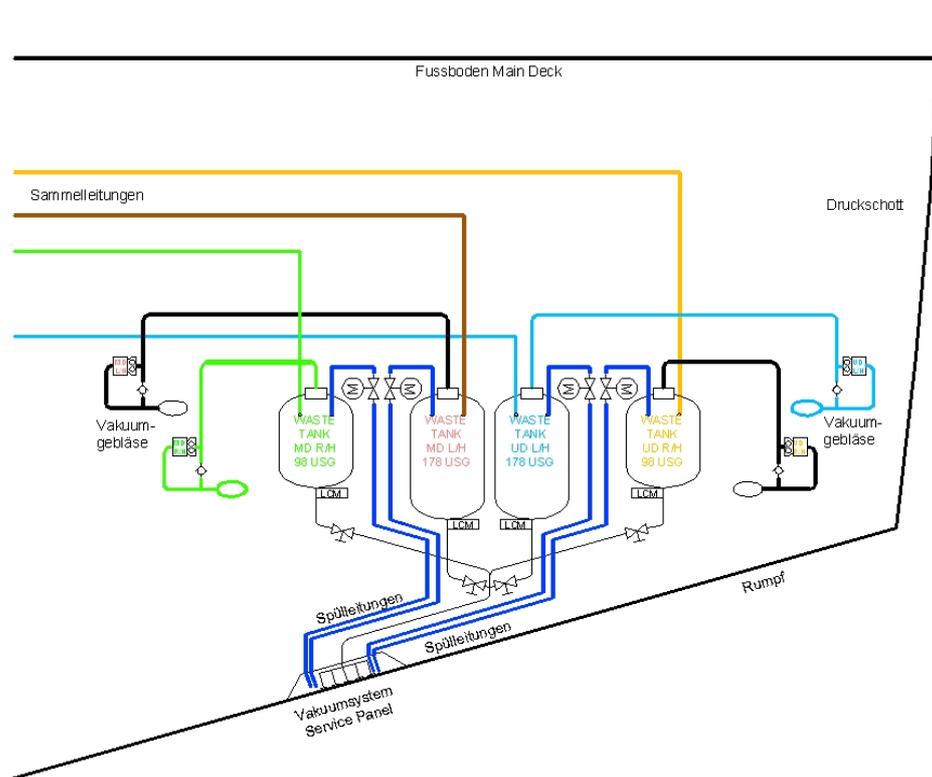


Bild 5.19 Schmutzwassertanks und Versorgungsleitungen

⁴ in einer Höhe über 16000 ft, (entspr. 4876.8 m)

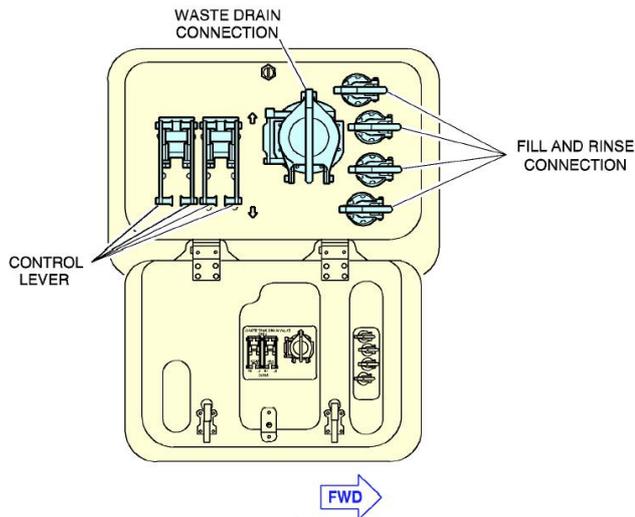


Bild 5.20 Schmutzwasser-Servicepanel (AIRBUS 2003-2)

5.3.4 Leitungsführung

Vakuundleitungen haben einen Durchmesser von zwei Zoll. Es ist nicht notwendig, sie mit Gefälle zu verlegen, da das Schmutzwasser mit Unterdruck in die Tanks gesaugt wird. Die Vakuundleitungen, welche die Abwassersammelkammern der Bidets mit dem Vakuumsystem verbinden, haben einen Durchmesser von einem Zoll. Da das Schmutzwasser mit Unterdruck abgesaugt wird, werden die Leitungen schnell geleert und es ist somit nicht notwendig, sie zu beheizen. Bei Richtungsänderungen der Leitungsführung ist darauf zu achten, dass große Bögen verwendet werden, um Verstopfungen und starke Fließgeräusche zu vermeiden. Eine Funktionszeichnung des Schmutzwassersystems ist dem Anhang E.5 zu entnehmen.

5.3.5 Funktion der Spülsteuerungseinheit

Jeder Spülvorgang der Toiletten wird von der Spülsteuerungseinheit gesteuert. Das Bedienen des Spülschalters aktiviert bei einer Flughöhe unter 16000 ft das Vakuumgebläse. Dann fließt eine Trinkwassermenge von ungefähr 0,15 Litern in das Toilettenbecken. Anschließend wird das Spülventil für die Dauer von ca. 4 Sekunden geöffnet. Nach Ablauf von 15 Sekunden wird das Vakuumgebläse abgeschaltet. Ist der betreffende Tank voll, was über eine Füllstandsmessung ermittelt wird, ist die Stromversorgung der an diesem Tank angeschlossenen Spülsteuerungseinheiten unterbrochen. Es ist somit kein Spülvorgang an diesen Toiletten mehr möglich.

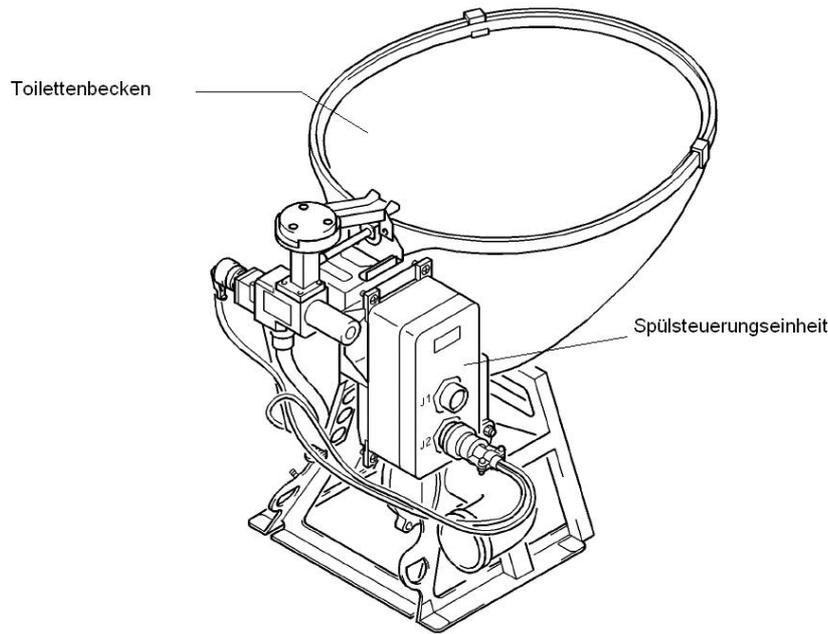


Bild 5.21 Toilettenbecken mit Spülsteuerungseinheit⁵ (AMM 1992)

5.3.6 Funktion der Abwassersammelkammer (SCU)

In Bidets sind ähnlich wie in den Duschen, Abwassersammelkammern (Sink Chamber Unit) installiert. Sie sollen den Abfluss kontrollieren. Im Inneren der Kammer ist ein oberer und ein unterer Levelsensor installiert. Die Abwasserkammer nimmt Schmutzwasser auf, bis ein bestimmter Füllstand erreicht ist. Über eine Steuerungseinheit (GCC) wird ein Ablassventil geöffnet und das Schmutzwasser fließt aus der Kammer. Bei Erreichen des unteren Levelsensors wird das Ablassventil über die Steuerung geschlossen. Das Schmutzwasser kann auf diese Weise die Kammer dosiert verlassen und durch das unter Wasser befindliche Ventil wird ein Luftabschluss hergestellt. Eine Abwassersammelkammer stellt das folgende Bild 5.21 dar.

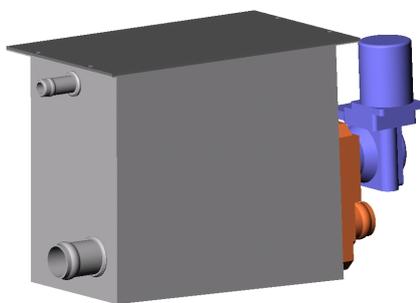


Bild 5.21 Abwassersammelkammer (SCU)

⁵ Das hier gezeigte Toilettenbecken ist Teil eines Airbus A340

6 Berechnung der Rohrweiten im Trinkwassersystem

In diesem Abschnitt werden die Rohrweiten der Zirkulationsleitungen für Warm- und Kaltwasser ermittelt. Die Stichleitungen die die Zirkulationsleitungen mit den Entnahmestellen verbinden werden an dieser Stelle nicht berechnet. An dieser Stelle wird auf **DVGW 1989** verwiesen, wo die Problematik der Rohrweitenberechnung nachzulesen ist. Die Beispielaufgaben des Werkes sind in diesem Fall nicht anwendbar, da es sich in diesem Fall um eine Zirkulation und nicht um ein stationäres Wassersystem handelt.

6.1 Rohrweite der Kaltwasserzirkulationsleitung

Fließendes Wasser in Rohren verursacht Reibung, was einen Druckabfall zur Folge hat. Verursacht wird Rohrreibung durch Rohrrauigkeit und Formstücke in der Leitungsführung. Mit der folgenden Rechnung wird der Rohrreibungsverlust ermittelt. Der maximale Kaltwasservolumenstrom beträgt, wie schon in Kapitel 3.2.3 berechnet:

$$\dot{V}_{COLD} = 15,85 \frac{l}{\text{min}} = 0,264 \frac{l}{s}$$

Die Näherungsformel zur Errechnung des Spitzendurchflusses \dot{V}_S von Wohngebäuden bei einem Volumenstrom unter $1,0 l/s$ lautet (**Tabellenbuch Sanitär · Heizung · Lüftung 1996**, S.111):

$$\dot{V}_S = 1,7 \cdot (\Sigma \dot{V}_R)^{0,21} - 0,7 \quad (34)$$

mit $\dot{V}_{COLD} = 0,264 \frac{l}{s}$

$$\dot{V}_S = 1,7 \cdot (\dot{V}_{COLD})^{0,21} - 0,7$$

$$\dot{V}_S = 1,7 \cdot \left(0,264 \frac{l}{s} \right)^{0,21} - 0,7 = \underline{\underline{0,585 \frac{l}{s}}}$$

Mit dem errechneten Spitzendurchflusses \dot{V}_S kann nun der Rohrreibungsverlust R aus der sich anschließenden Tabelle 6.1 (**Tabellenbuch Sanitär · Heizung · Lüftung 1996**, S.116)

ermittelt werden. Die Werte der Tabelle sind für Kupferrohr bestimmt, was der Rohrauigkeit für Edelstahlrohr am nächsten kommt.

Tabelle 6.1 Rohrreibungsverlust, Kaltwasserzirkulationsleitung

116.1 Rohrreibungsverluste bei Kupferrohr (DIN 1786) für $\vartheta = 10\text{ °C}$ (bei $\vartheta_W = 60\text{ °C}$: $R_{10\text{ °C}} - 20\%$)

DN ($d \times s$)	10 (12 × 1)		12 (15 × 1)		15 (18 × 1)		20 (22 × 1)		25 (28 × 1,5)		32 (35 × 1,5)		40 (42 × 1,5)		50 (54 × 2)		64 × 2		
	\dot{V} in l/s	R in mbar/m	v in m/s	R in mbar/m	v in m/s	R in mbar/m	v in m/s	R in mbar/m	v in m/s	R in mbar/m	v in m/s	R in mbar/m	v in m/s						
0,02	1,6	0,2 ⁵	0,5	0,1 ⁵	0,2	0,1	0,1	0,0 ⁵											
0,05	7,7	0,6 ⁵	2,2	0,4	0,8	0,2 ⁵	0,3	0,1 ⁵	0,1	0,1									
0,07	13,7	0,9	4,0	0,5	1,5	0,3 ⁵	0,5	0,2	0,2	0,1 ⁵									
0,10	25,4	1,3	7,3	0,8	2,7	0,5	1,0	0,3	0,3	0,2									
0,20	85,5	2,5	24,5	1,5	9,1	1,0	3,2	0,6	1,1	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1
0,30	175,2	3,8	49,9	2,3	18,5	1,5	6,4	1,0	2,2	0,6									
0,40	292,5	5,1	83,1	3,0	30,8	2,0	10,6	1,3	3,7	0,8	1,1	0,5	0,4	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
0,50			123,6	3,8	45,7	2,5	15,7	1,6	5,4	1,0									
0,60			171,1	4,5	63,2	3,0	21,7	1,9	7,5	1,2	2,3	0,7	0,9	0,5	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2
0,80					105,6	4,0	36,2	2,5	12,4	1,6	3,8	1,0	1,5	0,7	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3
1,00					157,4	5,0	53,9	3,2	18,5	2,0	5,7	1,2	2,2	0,8	0,7	0,5	0,3	0,4	0,4
1,20							74,7	3,8	25,6	2,4	7,8	1,5	3,1	1,0	0,9	0,6	0,4	0,4	0,4
1,40							98,4	4,5	33,7	2,9	10,3	1,7	4,0	1,2	1,2	0,7	0,5	0,5	0,5
1,60							125,1	5,1	42,8	3,3	13,1	2,0	5,1	1,3	1,6	0,8	0,6	0,6	0,6
1,80									52,8	3,7	16,2	2,2	6,3	1,5	1,9	0,9	0,8	0,8	0,6
2,00									63,9	4,1	19,5	2,5	7,6	1,7	2,3	1,0	1,0	1,0	0,7
2,20									75,8	4,5	23,1	2,7	9,0	1,8	2,7	1,1	1,1	1,1	0,8
2,40									88,7	4,9	27,0	3,0	10,5	2,0	3,2	1,2	1,3	1,3	0,8
2,60											31,2	3,2	12,1	2,2	3,7	1,3	1,5	1,5	0,9
2,80											35,7	3,5	13,8	2,3	4,2	1,4	1,8	1,8	1,0
3,00											40,4	3,7	15,6	2,5	4,7	1,5	2,0	2,0	1,1
3,20											45,3	4,0	17,5	2,7	5,3	1,6	2,2	2,2	1,1
3,40											50,6	4,2	19,5	2,8	5,9	1,7	2,5	2,5	1,2
3,60											56,1	4,5	21,6	3,0	6,6	1,8	2,7	2,7	1,3

Der hier errechnete Wert des Spitzendurchflusses ist in der Tabelle 6.1 nicht genau ablesbar, daher wird der Rohrreibungsverlust R durch Interpolation ermittelt und beträgt bei einer gewählten Rohrnennweite DN von 25 mm ⁶:

$$R = 7,185 \frac{\text{mbar}}{\text{m}}$$

Die ermittelte Länge der Kaltwasserzirkulationsleitung beträgt $98,5\text{ m}$, gemessen vom Druckminderer, der sich in der Wasseraufbereitungseinheit befindet, bis zur entferntesten Trinkwasserentnahmestelle im Flugzeug (siehe Bild 6.1).

⁶ entspricht annähernd einem Rohrleitungsdurchmesser von 1 Zoll (Inch)

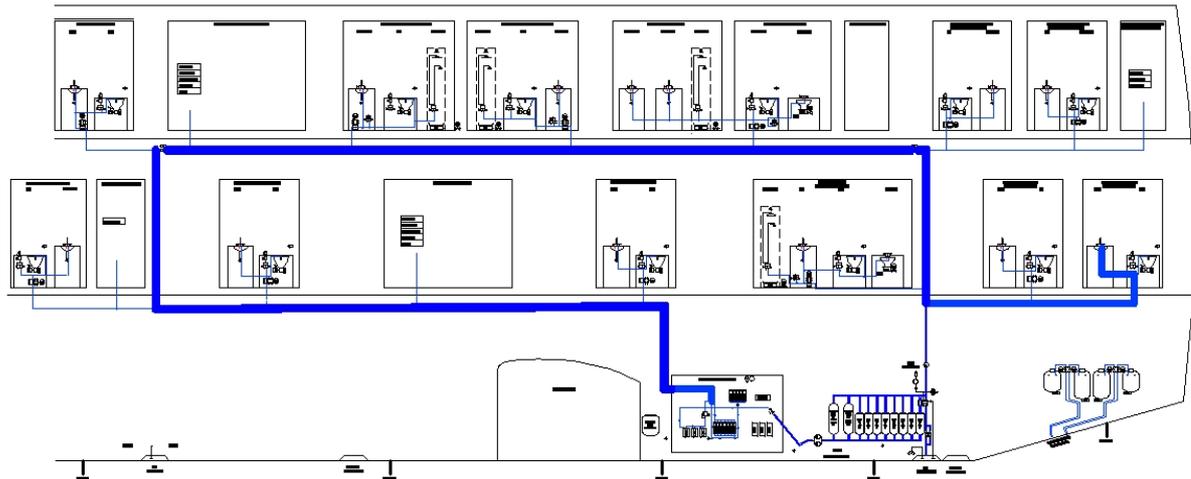


Bild 6.1 relevante Kaltwasserzirkulationsleitung

Der aus der Leitungslänge l_{KWL} resultierende Rohrreibungsverlust R_{KWL} errechnet sich wie folgt:

$$R_{KWL} = R \cdot l_{KWL} \quad (35)$$

$$\underline{R_{KWL}} = 7,185 \frac{mbar}{m} \cdot 98,5m = 707,7mbar = \underline{0,707bar}$$

Auch Formstücke wie Bögen, Winkel, Rohrkupplungen und T-Stücke verursachen Rohrreibungsverluste. Da die genaue Anzahl der Formstücke nicht bekannt ist, wird eine Erhöhung des errechneten Rohrreibungsverlustes um 50 % angenommen.

$$R_{GES} = R_{KWL} \cdot 1,5 \quad (36)$$

$$\underline{R_{GES}} = 0,707bar \cdot 1,5 = \underline{1,06bar}$$

Der gesamte Rohrreibungsverlust der Kaltwasserzirkulationsleitung beträgt somit rechnerisch $1,06 \text{ bar}$. Der geforderte Mindestfließdruck p_{erf} einer Waschtischarmatur beträgt 1 bar (aus **Tabellenbuch Sanitär · Heizung · Lüftung 1996**, S.110). Durch den Druckminderer wird ein Druck von $p_{DM} = 55 \text{ psi}$ (entspr. einem Druck von $3,79 \text{ bar}$) voreingestellt.

$$p = p_{DM} - R_{GES} \quad (37)$$

$$\underline{p} = 3,79bar - 1,06bar = \underline{2,73bar}$$

$$\underline{p > p_{erf}}$$

Somit ist der Wasserdruck an der entferntesten Trinkwasserentnahmestelle bei einem gewählten Leitungsquerschnitt von 1 Zoll ausreichend.

6.2 Rohrweite der Warmwasserzirkulationsleitung

Der Ablauf zur Ermittlung der Rohrweite und des Druckabfalls in der Warmwasserzirkulationsleitung ist dem in Kapitel 6.1 beschriebenen gleich. Wie schon in Kapitel 3.2.3 berechnet, beträgt der maximale Warmwasservolumenstrom:

$$\dot{V}_{HOT} = 23,775 \frac{l}{min} = 0,396 \frac{l}{s}$$

Ermittlung des Spitzendurchflusses nach **Tabellenbuch Sanitär · Heizung · Lüftung 1996**, S.111 mit:

$$\dot{V}_S = 1,7 \cdot (\Sigma \dot{V}_R)^{0,21} - 0,7 \quad (38)$$

mit $\dot{V}_{HOT} = 0,396 \frac{l}{s}$

$$\dot{V}_S = 1,7 \cdot (\dot{V}_{HOT})^{0,21} - 0,7$$

$$\underline{\dot{V}_S} = 1,7 \cdot \left(0,396 \frac{l}{s} \right)^{0,21} - 0,7 = \underline{\underline{0,699 \frac{l}{s}}}$$

Mit der Tabelle 6.2 (**Tabellenbuch Sanitär · Heizung · Lüftung 1996**, S.116) kann der Rohrreibungsverlust R ermittelt werden.

Tabelle 6.2 Rohrreibungsverlust, Warmwasserzirkulationsleitung**116.1 Rohrreibungsverluste bei Kupferrohr (DIN 1786) für $\vartheta = 10\text{ °C}$ (bei $\vartheta_W = 60\text{ °C}$: $R_{10\text{ °C}} - 20\%$)**

DN (d × s)	10 (12 × 1)		12 (15 × 1)		15 (18 × 1)		20 (22 × 1)		25 (28 × 1,5)		32 (35 × 1,5)		40 (42 × 1,5)		50 (54 × 2)		64 × 2		
	\dot{V} in l/s	R in mbar/m	v in m/s	R in mbar/m	v in m/s	R in mbar/m	v in m/s	R in mbar/m	v in m/s	R in mbar/m	v in m/s	R in mbar/m	v in m/s						
0,02	1,6	0,2 ⁵	0,5	0,1 ⁵	0,2	0,1	0,1	0,0 ⁵											
0,05	7,7	0,6 ⁵	2,2	0,4	0,8	0,2 ⁵	0,3	0,1 ⁵	0,1	0,1									
0,07	13,7	0,9	4,0	0,5	1,5	0,3 ⁵	0,5	0,2	0,2	0,1 ⁵									
0,10	25,4	1,3	7,3	0,8	2,7	0,5	1,0	0,3	0,3	0,2									
0,20	85,5	2,5	24,5	1,5	9,1	1,0	3,2	0,6	1,1	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1
0,30	175,2	3,8	49,9	2,3	18,5	1,5	6,4	1,0	2,2	0,6									
0,40	292,5	5,1	83,1	3,0	30,8	2,0	10,6	1,3	3,7	0,8	1,1	0,5	0,4	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
0,50			123,6	3,8	45,7	2,5	15,7	1,6	5,4	1,0									
0,60			171,1	4,5	63,2	3,0	21,7	1,9	7,5	1,2	2,3	0,7	0,9	0,5	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2
0,80					105,6	4,0	36,2	2,5	12,4	1,6	3,8	1,0	1,5	0,7	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3
1,00					157,4	5,0	53,9	3,2	18,5	2,0	5,7	1,2	2,2	0,8	0,7	0,5	0,3	0,4	0,4
1,20							74,7	3,8	25,6	2,4	7,8	1,5	3,1	1,0	0,9	0,6	0,4	0,4	0,4
1,40							98,4	4,5	33,7	2,9	10,3	1,7	4,0	1,2	1,2	0,7	0,5	0,5	0,5
1,60							125,1	5,1	42,8	3,3	13,1	2,0	5,1	1,3	1,6	0,8	0,6	0,6	0,6
1,80									52,8	3,7	16,2	2,2	6,3	1,5	1,9	0,9	0,8	0,8	0,6
2,00									63,9	4,1	19,5	2,5	7,6	1,7	2,3	1,0	1,0	1,0	0,7
2,20									75,8	4,5	23,1	2,7	9,0	1,8	2,7	1,1	1,1	1,1	0,8
2,40									88,7	4,9	27,0	3,0	10,5	2,0	3,2	1,2	1,3	1,3	0,8
2,60											31,2	3,2	12,1	2,2	3,7	1,3	1,5	1,5	0,9
2,80											35,7	3,5	13,8	2,3	4,2	1,4	1,8	1,8	1,0
3,00											40,4	3,7	15,6	2,5	4,7	1,5	2,0	2,0	1,1
3,20											45,3	4,0	17,5	2,7	5,3	1,6	2,2	2,2	1,1
3,40											50,6	4,2	19,5	2,8	5,9	1,7	2,5	2,5	1,2
3,60											56,1	4,5	21,6	3,0	6,6	1,8	2,7	2,7	1,3

nach Interpolation:

$$R = 9,926 \frac{\text{mbar}}{\text{m}}$$

Die angenommene Länge der Warmwasserzirkulationsleitung beträgt $98,5\text{ m}$, gemessen von der Wasseraufbereitungseinheit bis zur entferntesten Trinkwasserentnahmestelle im Flugzeug (siehe Bild 6.2).

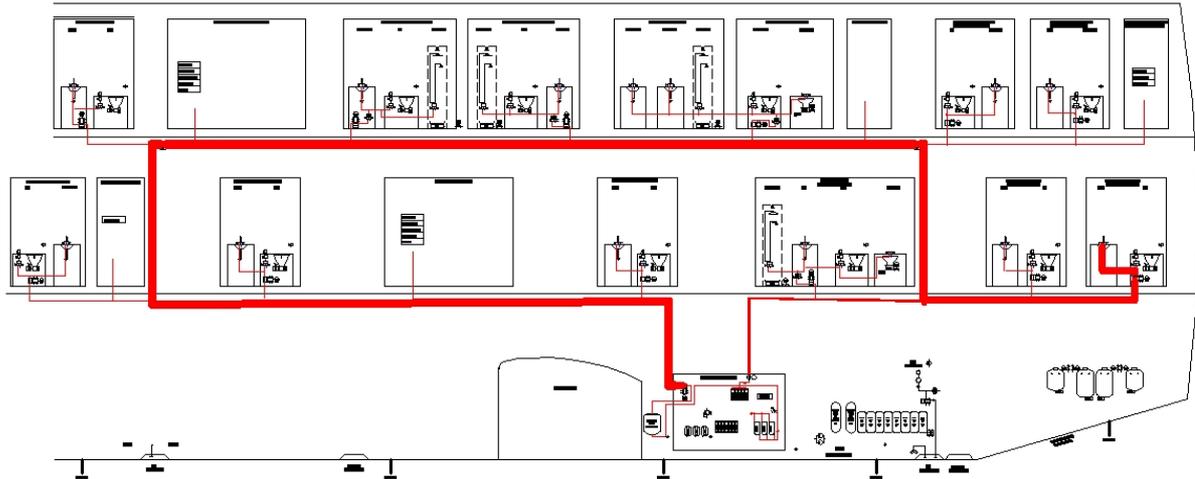


Bild 6.2 relevante Warmwasserzirkulationsleitung

Der aus der Leitungslänge l_{WWL} resultierende Rohrreibungsverlust R_{WWL} errechnet sich wie folgt:

$$R_{WWL} = R \cdot l_{WWL} \quad (38)$$

$$\underline{R_{WWL}} = 9,926 \frac{mbar}{m} \cdot 98,5m = 977,7mbar = \underline{0,977bar}$$

Erhöhung des Rohrreibungsverlustes um 50 %, verursacht durch Formstücke:

$$R_{GES} = R_{WWL} \cdot 1,5 \quad (39)$$

$$\underline{R_{GES}} = 0,977bar \cdot 1,5 = \underline{1,47bar}$$

Der gesamte Rohrreibungsverlust der Warmwasserzirkulationsleitung beträgt somit $1,47bar$. Der geforderte Mindestfließdruck p_{erf} einer Waschtischarmatur beträgt $1bar$. Durch den Druckminderer wird ein Druck von $p_{DM} = 55psi$ (entspr. einem Druck von $3,79bar$) eingestellt.

$$p = p_{DM} - R_{GES} \quad (40)$$

$$\underline{p} = 3,79bar - 1,47bar = \underline{2,32bar}$$

$$\underline{p > p_{erf}}$$

Somit ist der Wasserdruck an der entferntesten Trinkwasserentnahmestelle ist ausreichend.

7 Die zentrale Steuereinheit des Wassersystems

Die zentrale Steuereinheit, im folgenden WSC (Water System Controller) (**WSC-SPEC 2005**) genannt, dient dazu, die mit ihr verbundenen elektrischen Komponenten des Trink- und Grauwassersystems zu kontrollieren und deren Zustand auf einem Monitor in der Kabine anzuzeigen. Des Weiteren überwacht der WSC die Trinkwasserversorgung der einzelnen Wasserentnahmestellen, die Trinkwasserzirkulation und die Entleerung des Trink- bzw. Grauwassersystems. Die Benutzerschnittstelle des WSC ist das Anzeigeterminal, welches sich in der Kabine befindet. Die Steuerung und das Anzeigeterminal sind als logische Einheit zu sehen, mit der Steuereinheit als Hauptkomponente und dem Anzeigeterminal als darstellendes Instrument.

Schnittstellen des WSCs:

Trinkwassersystem

- Füllstandsanzeige der Trinkwassertanks
- Steuerung der Kompressoren über Kontakt an der Trinkwasserserviceklappe
- Steuerung des Hauptabsperrentils
- Steuerung der Raumabsperrentile

Grauwassersystem

- Max. Füllstandsanzeige des Grauwassertanks
- Steuerung des Grauwasserentleerungsventils am Grauwassertank
- Steuerung des Vakuumentils am Grauwassertank
- Steuerung der Vakuumentoren über Kontakt an der Grauwasserserviceklappe

Entleerung der Systeme

- Steuert die Trinkwasserentleerungsprozedur
- Steuert die Grauwasserentleerungsprozedur

Wassersensoren

- Überwacht die Wassersensoren der Auffangwannen

Überwachung der Komponenten der Wasseraufbereitungseinheit

- Überwachung der Funktion der Heizer
- Überwachung der Funktion der Druck- und Zirkulationspumpen
- Überwachung der Funktion der Sterilisatoren

7.1 Steuerung des Trinkwassersystems

Folgende Funktionen werden vom WSC gesteuert:

- Trinkwassertankfüllstandsanzeige
- Steuerung der Kompressoren
- Steuerung des Isolationsventils und der Raumabsperrventile

7.1.1 Trinkwassertank-Füllstandsanzeige

In den Wassertanks befinden sich Sensoren, welche den Füllstand messen. Diese geben Informationen an den WSC weiter, der den Füllstand am Anzeigebildschirms dargestellt. Die Wassermenge wird von 0% bis 100% mit einer Genauigkeit von 1% angezeigt.

7.1.2 Steuerung der Kompressoren

Am Boden versorgen Kompressoren das Trinkwassersystem mit dem nötigen Druck. Wird die Trinkwasserserviceklappe geöffnet um das Trinkwassersystem zu befüllen bzw. zu entleeren, werden über einen Klappenschalter die Kompressoren ausgeschaltet.

7.1.3 Steuerung des Isolationsventils und der Raumabsperrventile

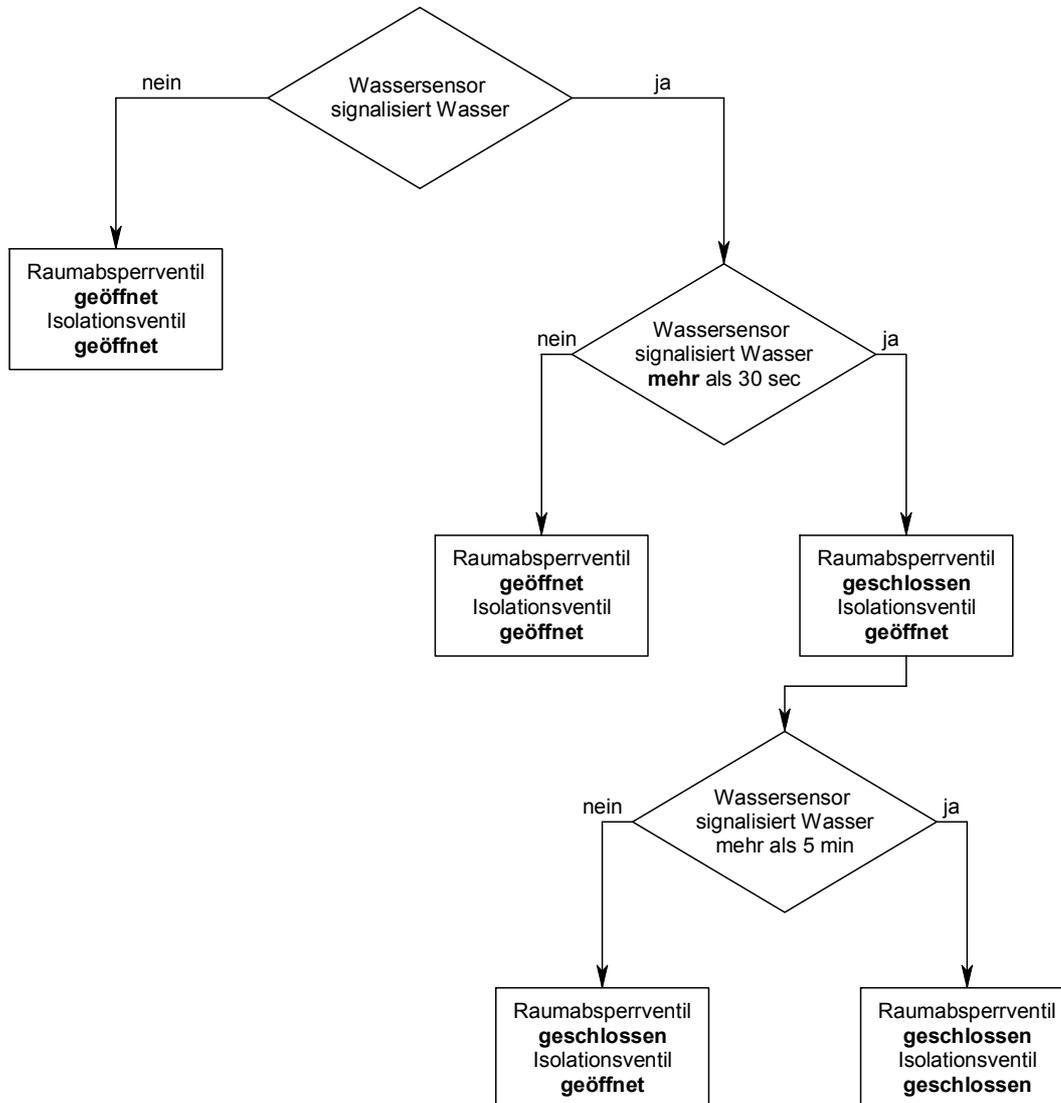
Die Toiletten und Küchen über dem E&E Compartment sind mit Wasserauffangwannen versehen um eine Beschädigung der Elektronikkomponenten durch auslaufendes Wasser zu verhindern. Folgende Toiletten und Küchen sind mit Wasserauffangwannen und dazugehörigen Wassersensoren ausgestattet:

- Upper Deck VIP Toilette
- Upper Deck Küche
- Main Deck Crew Toilette
- Main Deck Crew Küche
- Main Deck FWD VIP Toilette

Auslaufendes Wasser wird über Rohrleitungen in die Bilge geleitet. Wassersensoren, die in der Rohrleitung integriert sind, signalisieren dem WSC den Durchfluss von Wasser. Die Maßnahmen zur Unterbrechung der Wasserzufuhr für die entsprechenden Räumlichkeiten

werden von der Einheit aus gesteuert. Das folgende Flussdiagramm (Bild 7.1) zeigt die Steuerung der Raumabsperrentile und des Isolationsventils bei Signalisierung von Wasser in den Wassersensoren.

Bild 7.1 Flussdiagramm Wassersensoren



Signalisiert ein Wassersensor Wasser für mehr als 30 Sekunden, wird das entsprechende Raumabsperrentil geschlossen. Wird nach weiteren 5 Minuten immer noch Wasser signalisiert, wird das Isolationsventil geschlossen und somit die Wasserzufuhr im gesamten Flugzeug unterbrochen.

7.2 Steuerung des Grauwassersystems

Folgende Komponenten des Grauwassersystems werden über den WSC gesteuert:

- Anzeige bei vollem Grauwassertank
- Entleerungsventil des Grauwassertanks
- Vakuumventil am Grauwassertank
- 2-Wegeventil am Grauwassertank

7.2.1 Anzeige bei vollem Grauwassertank

Gibt der Full-Level-Sensor des Grauwassertanks für mehr als 30 Sekunden ein Signal, dann wird auf dem Anzeigebildschirm „Grauwassertank voll“ angezeigt.

7.2.2 Steuerung des GW-2-Wegeventils und des Vakuumventils

Befindet sich das Flugzeug am Boden wird Grauwasser aus den Duschen in den Grauwassertank geleitet. Dabei ist das 3-2-Wegeventil in Stellung „Grauwassertank“, das Vakuumventil geöffnet und das 4-2-Wegeventil geschlossen. Ist der Grauwassertank voll, setzt der WSC das 3-2-Wegeventil in Stellung „Drainmast“ und das Vakuumventil wird geschlossen.

Im Flug wird das Grauwasser aus den Duschen in den Grauwassertank geleitet. Das Vakuumventil ist geöffnet. Ist der Grauwassertank voll, wird über den WSC das 3-2-Wegeventil in Stellung „Drainmast“ gesetzt und das Vakuumventil geschlossen. Werden die Duschen nicht benutzt, dann bleibt das 3-2-Wegeventil in Stellung „Grauwassertank“ und das Vakuumventil geschlossen. Hierbei spielt es keine Rolle, ob das Flugzeug in der Luft ist oder am Boden steht. Das 4-2-Wegeventil jedoch, ist am Boden geschlossen und in der Luft geöffnet. Das folgende Bild (Bild 7.2) zeigt die Anordnung der Ventile im Grauwassersystem. Das anschließende Flussdiagramm (Bild 7.3) zeigt die Steuerung des 4-2-Wegeventils, des 3-2-Wegeventils und des Vakuumventils.

Bild 7.2 Schema Grauwassertank

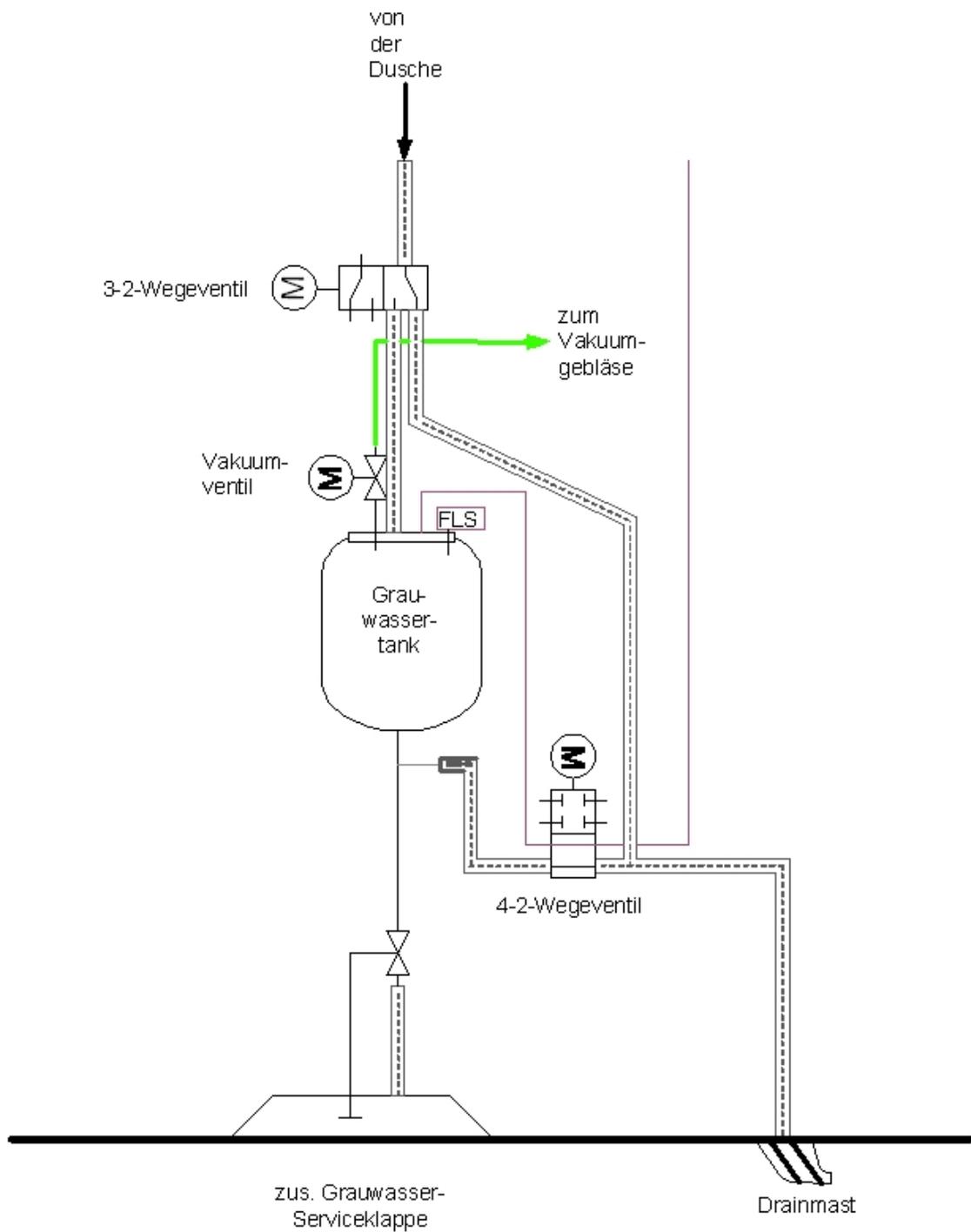
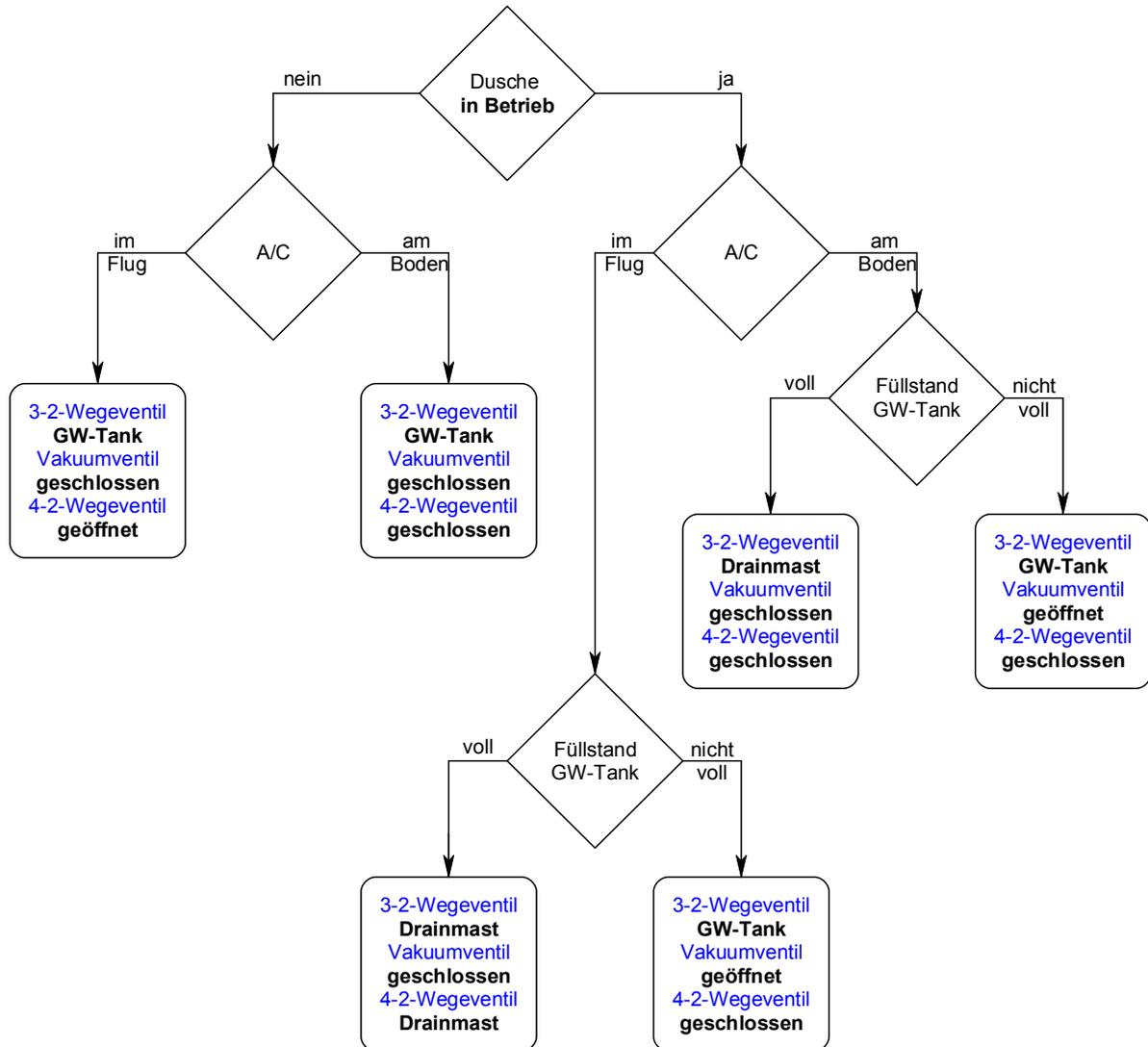


Bild 7.3 Flussdiagramm Grauwassertank



7.2.3 Steuerung des Entleerungsventils des Grauwassertanks

Befindet sich das Flugzeug in der Luft, wird der Grauwassertank über den Drainmast geleert. Der WSC startet den Entleerungsvorgang ab einer Höhe von 16000 ft (4877 m). Das Entleerungsventil des Grauwassertanks wird vom WSC angesteuert und geöffnet. Gleichzeitig wird der Grauwassertank belüftet und das Grauwasser kann über den Drainmast abfließen. Das Vakuumentil ist bei diesem Vorgang geschlossen. Dieser Zustand wird beibehalten solange keine Dusche in Betrieb ist.

7.3 Überwachung der Komponenten der Wasseraufbereitungseinheit

Folgende Komponenten der Wasseraufbereitungseinheit werden vom WSC überwacht sowie deren Funktion auf dem Bildschirm zur Anzeige gebracht:

- Druck- und Zirkulationspumpen
- Wasserheizer
- Sterilisatoren

7.3.1 Überwachung der Druck- und Zirkulationspumpen

Der Status der Haupt- und der Bereitschaftspumpen wird vom WSC überwacht. Der Ausfall einer Pumpe wird auf dem Bildschirm zur Anzeige gebracht. Ferner werden die Betriebsstunden der Pumpen in Stunden und Minuten auf dem Bildschirm angezeigt. Die Funktion der Pumpen kann über den WSC unterbrochen werden. Sind die Trinkwassertanks leer bzw. die Trinkwasserserviceklappe geöffnet, schaltet der WSC die Pumpen ab.

7.3.2 Überwachung der Heizer

Der Status der Heizer wird ebenfalls vom WSC überwacht. Ein eventueller Ausfall der Heizer wird auf dem Bildschirm zur Anzeige gebracht. Die Funktion der Heizer wird unterbrochen, sofern die Trinkwassertanks leer sind bzw. die Trinkwasserserviceklappe geöffnet ist. Es wird lediglich die Funktion aller Heizer gemeinsam überwacht.

7.3.3 Überwachung der Sterilisatoren

Der Status der Sterilisatoren wird vom WSC überwacht. Der Ausfall der Sterilisatoren wird auf dem Bildschirm zur Anzeige gebracht. Die Funktion der Sterilisatoren wird unterbrochen, sofern die Pumpen ausgefallen sind bzw. die Funktion der Pumpen deaktiviert ist. Es wird lediglich die Funktion aller Sterilisatoren zusammen überwacht.

7.4 Steuerung der Trink- und Grauwassersystementleerungen

7.4.1 Steuerung der Trinkwassersystementleerung

Mit Öffnen der Trinkwasser-, oder Grauwasserserviceklappe wechselt der WSC in den Servicemodus. Die Trinkwasserentleerungsprozedur wird am Anzeigeterminal manuell gestartet. Die Steuerung öffnet das Isolationsventil an der Wasseraufbereitungseinheit. Anschließend werden die einzelnen Raumabsperrentile angesteuert und geöffnet. Nach der Entleerung kann die Prozedur am Anzeigeterminal manuell gestoppt werden und die Steuerung wechselt wieder in den normalen Modus. Das folgende Flussdiagramm (Bild 7.3) veranschaulicht den Ablauf der Trinkwassersystementleerung.

Bild 7.4 Flussdiagramm
Trinkwassersystementleerung

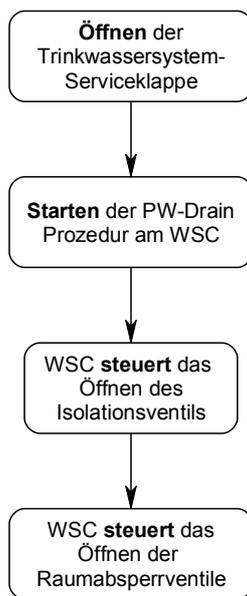
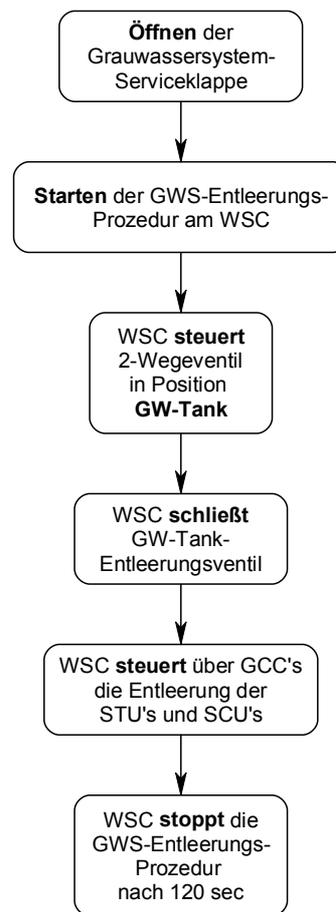


Bild 7.5 Flussdiagramm
Grauwassersystementleerung



7.4.2 Steuerung der Grauwassersystementleerung

Mit Öffnen der Grauwasser-, oder Trinkwasserserviceklappe wechselt der WSC in den Servicemodus. Gleichzeitig wird der Betrieb des Vakuumbelüfters, welches mit dem Grauwassertank verbunden ist, unterbunden. Am Bedienterminal wird die Grauwasserentleerungsprozedur manuell gestartet. Der WSC stellt das 2-Wegeventil in Position Grauwassertank. Das Grauwassertankentleerungsventil bleibt geschlossen. Der WSC steuert über die Grauwasserkammersteuerung (GCC) die Grauwassersammelkammern an den Duschen (STU) und Bidets (SCU) an, welche sich daraufhin entleeren. Der Entleerungsprozess wird nach 120 Sekunden selbstständig beendet und die Steuerung wechselt wieder in den normalen Modus. Das vorhergehende Flussdiagramm (Bild 7.4) veranschaulicht den Ablauf der Grauwassersystementleerung.

8 Zusammenfassung

In dieser Diplomarbeit wurde der Entwurf eines Wassersystems für einen A380-800 VVIP auf Basis eines von Lufthansa Technik entworfenes Kabinenlayouts erstellt. Das Layout ist nur ein Beispiel und ist nicht auf Kundenwünsche abgestimmt. Die Anzahl der sanitären Einrichtungen übersteigt alle bisherigen bei Lufthansa Technik ausgestatteten VVIP-Flugzeuge. Ziel der Arbeit ist es festzustellen, welchen Umfang ein Wassersystem für einen solchen Flugzeugtyp besitzt.

Das Trinkwassersystem des A380 VVIP ist mit einem Zirkulationssystem ausgestattet. Der Vorteil der Zirkulation besteht darin, dass das Trinkwasser eine wesentliche bessere Qualität hat als bei einem stationären System. Filter und Sterilisatoren werden durch die Zirkulation ständig durchflossen und sorgen somit für stets sauberes Trinkwasser.

Die in der Wasseraufbereitungseinheit verwendeten Komponenten wurden hinsichtlich ihrer Größe und Anzahl berechnet. Ebenso wurden die Rohrweiten der Zirkulationsleitungen ausgelegt.

Das Schmutzwassersystem wurde weitestgehend vom Standard-A380 übernommen. Um einen Unterdruck in den im Flugzeug installierten Grauwassertanks herzustellen, ist über ein Vakuumventil eine Verbindung vom Schmutzwassersystem zum Grauwassersystem hergestellt worden. Diese Installation bietet die Möglichkeit, am Boden anfallendes Grauwasser aus Duschen und Geschirrspülern in die Grauwassertanks zu leiten. Gleichzeitig dienen die Grauwassertanks während des Fluges als Puffer, da die anfallende Grauwassermenge stärker als die maximale Durchflussmenge des Drainmasts sein kann.

Die elektrischen Komponenten der Wassersystems werden von einer zentralen Steuereinheit (Water System Controller) überwacht. Ferner können Ventile und Entleerungen des Grau- und Trinkwassersystems über die zentrale Steuerung kontrolliert werden. Die Steuerungs-Überwachungs- und Anzeigefunktionalitäten sind mit Hilfe von Flussdiagrammen dargestellt worden.

Literaturverzeichnis

- Airbus 2003** AIRBUS INDUSTRIES: A380 TECHNICAL DESCRIPTION ATA 38. Toulouse, 2003 (ISSUE 1)
- Airbus 2003-2** AIRBUS INDUSTRIES: A380 AIRPLANE CHARACTERISTICS FOR AIRPORT PLANNING. Toulouse, 2003 (ISSUE MARCH 05)
- Airbus 2006** URL:
<http://www.airbus.com/en/aircraftfamilies/a380/a380/specifications.html> (10.02.2006)
- AMM 1992** AIRBUS INDUSTRIE: *Aircraft Maintenance Manual A340*. Blagnac Cedex France: Technical Data Support and Services, 1992
- Aquajet 2000** AQUAJET PRODUCTION AND OPERATIONS: *Specification Tankless Waterheater ATWH15*. Woodway Texas USA, 2000
- DVGW 1989** MITGLIEDER DES DVGW-FACHAUSSCHUSSES TRINKWASSERHAUSINSTALLATION: *Handbuch zur Einführung in die DIN 1988, Technische regeln für die Trinkwasserinstallation*. Hannover: DELIWA-VEREIN e. V. 1989
- General-Ecology 2001** GENARAL ECOLOGY INC.: *Specification Water Purifier*. Exton Pennsylvania USA, 2003
- Flugwissen 2005** URL: <http://www.mbsroegner.bizland.com> (25.10.2005)
- Gieck 1984** GIECK K.: TECHNISCHE FORMELSAMMLUNG. HEILBRONN, Gieck Verlag 1984
- Intensiv 2001** INTENSIV-FILTER GMBH: *Taschenbuch Entstaubungstechnik Filtermedien*. Wuppertal: Ley + Wiegandt, 1989
- IWG 2001** INTERNATIONAL WATER GUARD INDUSTRIES INC.: *Specification, Potable Water Pumps / Purifier*. Burnaby BC Canada, 2001
- Maier-Witt -** MAIER-WITT, Joachim; MAINUSCH, Sebastian: *Systeme in VIP - Flug-*

- Mainusch 2005** *zeugen*. Hamburg, Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Fachbereich Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau, Vorlesungsskript, 2005
- Saacke 2004** SAACKE GMBH & CO. KG: *Faustformelsammlung*. Bremen: Saacke, 2004
- SCHOLZ 2001** SCHOLZ, DIETER: *AIRCRAFT SYSTEMS*. HAMBURG, HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN, FACHBEREICH FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU, VORLESUNGSSKRIPT, 2001
- Scholz 2001** SCHOLZ, Dieter: *Diplomarbeiten normgerecht verfassen*. Würzburg: Vogel, 2001
- Tabellenbuch 1996** IHLE, Claus; BADER, Rolf; GOLLA, Manfred: *Tabellenbuch Sanitär · Heizung · Lüftung*. Hannover: Schroedel, 1996
- Wikipedia 2005** URL: <http://www.wikipedia.org> (20.09.2005)
- WSC-SPEC 2005** LUFTHANSA TECHNIK AG: *Specification Water System Controller*. Hamburg, 2005

Anhang A Technische Daten des A380-800

Ausgangspunkt dieser Diplomarbeit ist ein A380-800. Die folgenden technischen Daten sollen einen kleinen Einblick über diesen Flugzeugtyp geben.

Tabelle A.1 Flugzeugabmessungen

URL: <http://www.airbus.com/en/aircraftfamilies/a380/a380/specifications.html>

	Metrisch	Imperial
Länge über alles	73 m	239 ft. 3 in.
Höhe	24,1 m	79 ft. 7 in.
Rumpfdurchmesser	7,14 m	23 ft. 5 in.
Maximale Kabinenbreite	Main Deck 6,58 m Upper Deck 5,92 m	Main Deck 21 ft. 7 in. Upper Deck 19 ft. 5 in.
Kabinenlänge	50,68 m	166 ft. 3 in.
Spannweite	79,8 m	261 ft. 8 in.
Flügelfläche	845 m ²	9100 ft ²
Flügel­pfeilung (25%-Linie)	33,5°	33,5°
Radstand	30,4 m	99 ft. 8 in.
Spurweite	14,3 m	46 ft. 141 in.

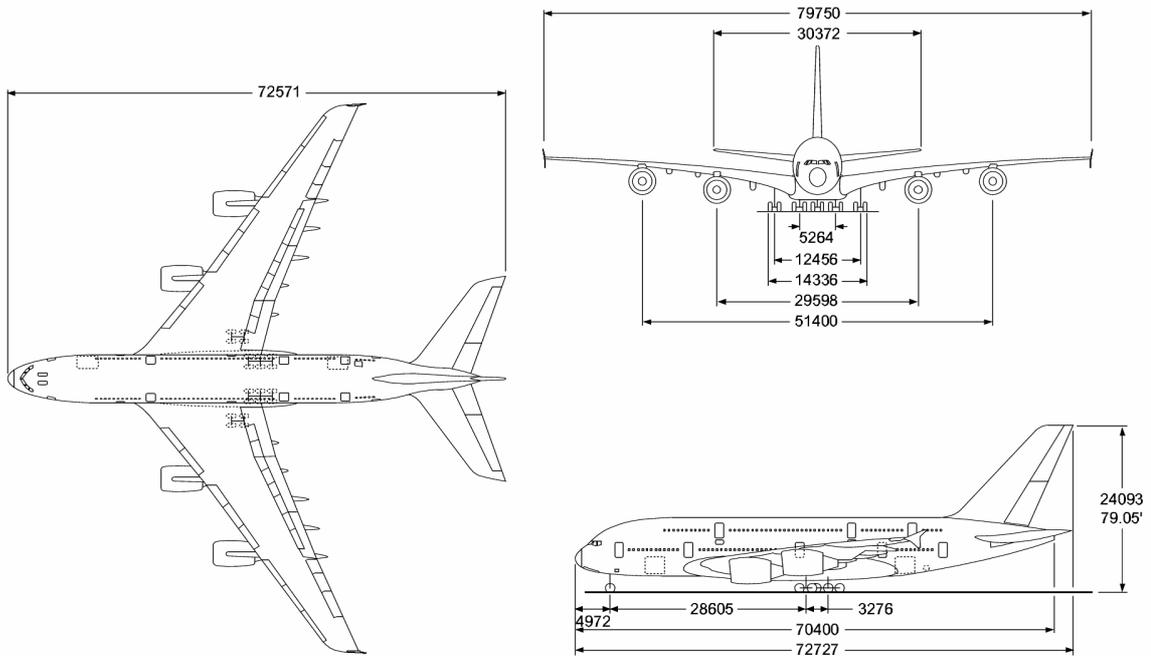
Tabelle A.2 Flugzeugeckdaten

URL: <http://www.airbus.com/en/aircraftfamilies/a380/a380/specifications.html>

	Metrisch	Imperial
Triebwerk	Trent 900 or GP 7000	Trent 900 or GP 7000
Triebwerksschub	311 kN	70000 lb. slst
Reichweite	15000 km	8000 nm
Max. Geschwindigkeit	0,89 Mach	0,89 Mach
Frachtvolumen	184 m ³	6500 ft ³

Tabelle A.3 FlugzeuggewichteURL: <http://www.airbus.com/en/aircraftfamilies/a380/a380/specifications.html>

	Metrisch	Imperial
Max. Rollgewicht	562 t	1239 lbs x 1000
Max. Startgewicht	560 t	1235 lbs x 1000
Max. Landegewicht	386 t	851 lbs x 1000
Max. Betriebsleermasse	361 t	796 lbs x 1000
Max. Kraftstoffvolumen	310000 l	81890 US gal.
Max. Nutzlast	84 t	185 lbs x 1000

**Bild A.1** A380-800 3-Seiten-Ansicht (AIRBUS 2003)

Anhang B Technisch Daten der Komponenten des Wasseraufbereitungseinheit

Die technischen Daten der im Kapitel 4 erwähnten Komponenten der Wasseraufbereitungseinheit sind in diesem Teil des Anhangs enthalten.

B.1 Zusatzwassertank

MAN – TECHNOLOGIE

TANK WTC 370 A



Bild B.1 Wassertank WTC 370 A (MAN Technologie AG 2004)

Total Capacity:	398 l (105 US gal.)
Material:	Composite
Empty Mass:	24 kg (52,9 lbs)
Burst Pressure:	9 bars (130 psi)
External Burst Pressure:	1 bar (14.5 psi)
Diameter:	834 mm (32.8 in)
Length:	878 mm (34.6 in)

B.2 Wasserheizer

AQUAJET

PROPRIETARY INFORMATION

ATWH15

15KW TANKLESS WATER HEATER

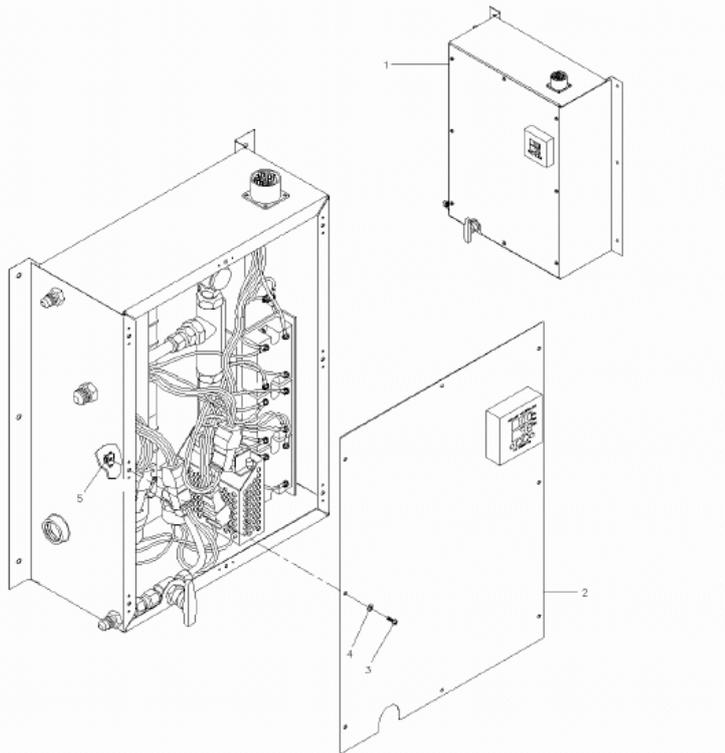


Bild B.2 Wasserheizer ATWH15 (AQUAJET 2000)

GENERAL

The tankless water heater is an electrically operated and microprocessor controlled unit, designed for use in airplane galleys or lavatories to provide instant heated water for sinks, showers, and bidets.

1. TECHNICAL DESCRIPTION

A. Components

The tankless water heater is comprised of the following components:

- 1) Heating Chamber Weldment
- 2) Heating Elements – resistive elements providing radiated heat to the water

- 3) Thermocouple – senses temperature and provides input to controller
- 4) Solid State Relays – control power input to the heating elements
- 5) Flow Switch – prevents the heating elements from operating during no flow conditions
- 6) Thermal Disks – Safety backup for the solid state relays, preventing the heating elements from operating above 120 degrees Fahrenheit (49 degrees C)
- 7) Power Supply – converting 120 VAC power to 12 VDC power to operate the controller
- 8) Controller – providing microprocessor control of the temperature
- 9) Pressure Relief Valve – preventing pressure buildup within the system above 50 psi (3.44 Bar)
- 10) Manual Drain Valve – provides manual draining of two of three heat chambers. The third is provided through the water inlet.
- 11) Fan – providing convective cooling of the components
- 12) Heater Enclosure – provides a protective enclosure and ground point for all heating components

B. Materials

All materials used in the heater are corrosion resistant. Materials in contact with water are either stainless steel or composite. The plumbing lines, fittings, valves, and Heating Chamber Weldment, are stainless steel. The flow switch body is Ryton*, which is an inert composite, and the internal spring is stainless steel. The heater enclosure and attaching fasteners are stainless steel.

C. System Operating Pressure

All components within the system that are in contact with water are tested and certified to withstand a maximum operating pressure of 60 psi (4.14 Bar).

D. Water System Connections

- 1) Water Inlet: ½” NPT
- 2) Water Outlet: 3/8” 37 degree flared
- 3) Pressure Relief Outlet: ¼” 37 degree flared
- 4) Drain Outlet: ¼” 37 degree flared

E. Overall Dimensions

- 1) Width: 10.50” (266.7 mm)
- 2) Height: 14.2” (360.7 mm)
- 3) Depth: 4.78” (121.4 mm)
- 4) Flange Width: 1.00” (25.4 mm)

F. Weight

- 1) Empty: 17.5 lbs (7.48 kg)
- 2) Full: 18.8 lbs (8.06 kg)

G. Mounting Provisions

Two flanges provided on sides of enclosure for mounting to bulkhead. Three holes provided in each flange for 3/16" fastener. Unit should be mounted vertically for proper operation.

H. Electrical Data

- 1) Input Required: 115 VAC, 400 Hz, three-phase
- 2) Input Circuit: input circuit should be a non-essential AC power bus, which is load sheddable and a circuit breaker should be provided sized to adequately carry the load
- 3) Input Conversion: .567 amps converted to DC for controller and fan
- 4) Operating Voltage: 240 VAC maximum, 12VDC maximum
- 5) Power Consumption: 12.5 KVA @ 200 volts
15.1 KVA @ 220 volts
- 6) Electrical Connector: mating connector required for MS27656T17B6P Connector

I. Temperature Rise

68.7 deg F @ 1.5 gallons per minute, 220 volts
56.9 deg F @ 1.5 gallons per minute, 200 volts

J. Certifications

- 1) Certified to FAR 25 Requirements

B.3 Grobfilter

GENERALECOLOGY

“SPARK L PURE”



Bild B.3 Filter SPARK L PURE
(GENERALECOLOGY 2003)

Flow Rate:	26 gpm (100 lpm)
AVG Capacity:	30,000 GAL (1 14,000 Liters)
Cartridge Type:	Aqua-Polish 7 Module I Particle Retention Rating: 0.5 micron nominal (1.0 absolute)
Pressure Vessel Construction:	300 Series Stainless Steel, lead free Ports
Dimensions:	10 in. (25.4 cm) diameter 17-112 in. (44.5 cm) high
Weight:	24 lbs.
Working Pressure:	25-100 psi
Working Temperature:	33°-100°F (0.5°-62°C)

B.4 Feinfilter

GENERALECOLOGY

“SEAGULL IV X-6”



Bild B.4 Filter SEAGULL IV X-6
(GENERALECOLOGY 2003)

Flow Rate:	6 gpm (24 lpm)
AVG Capacity:	6,000 GAL (23,000 Liters)
Cartridge Type:	RS-6SG (Structured Matrix)
Particle Retention Rating:	0.1 micron nominal (0.4 absolute)
Pressure Vessel Construction:	300 Series Stainless Steel and lead free ports
Dimensions:	10.0 in. (25.4 cm) Diameter 17.5 in. (44.5 cm) high
Working Pressure:	25-100 psi
Working Temperature:	33"-100°F (0.5"-38°C)

B.5 Sterilisator

INTERNATIONAL WATER-GUARD

PURIFIER "NPS-A2" SPECIFICATIONS

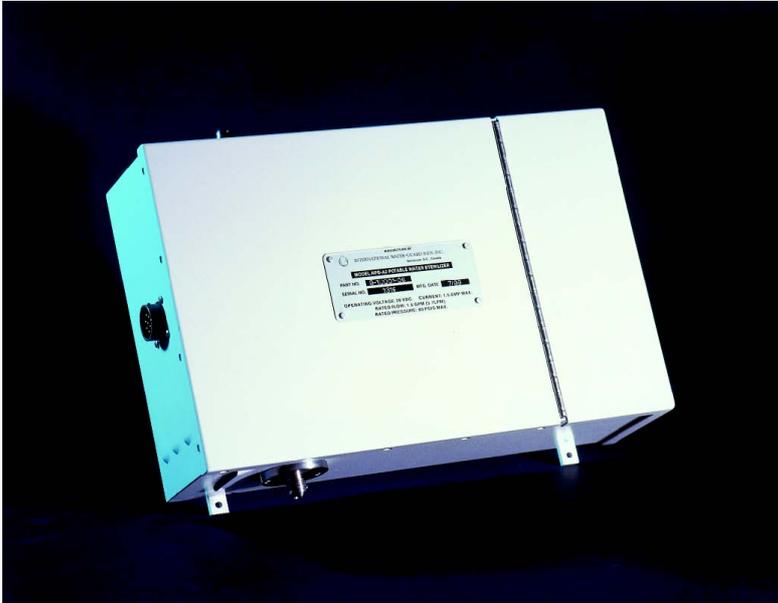


Bild B.5 Purifier NPS-A2 (IWG 2000)

MECHANICAL

Overall Dimensions: 15.4" (390 mm) long x 10.9" (278 mm) wide x 4.1" (104 mm) deep.

Net Weight: 9.5 lbs (4.31 Kg).

ELECTRICAL

Input Voltage: 28 VDC (nom.) chassis ground. Full operation over input voltage range 18 to 32 volts.

Voltage Reversal: Fully protected to -600 V.

Transient Protection: Fully protected to +/- 600 V. Transient of 10 msec duration.

Input Current: 1.2 ADC max. at + 28 VDC.

Conducted EMI: Max. 52 dB above 1mA at 150 kHz decreasing linearly to 20 dB above 1mA at 1 MHz and above.

Electrical Interface: 8-pin male per MS 3120E16-8P, or 10-pin male per MS 24264R16B-10 PN.

ENVIRONMENTAL

Temperature Range: Operating ambient 320 to 1400 F (00 to 400C). Storage -400 F to 1580 F (-400 to +700 °C). Note: unit must be completely drained of water for storage or prolonged low ambient temperature. If provision is made to prevent water freezing in the unit, it will start reliably to an ambient temperature of -200 C at nominal input voltage.

Flammability: Meets applicable FAA, FAR Part 25 and Transport Canada/JAA requirements.

Vibration: Withstands 4.3G RMS Random Guassian Vibration 5 to 5000 Hz for 5 hrs on each axis.

Ventilation: Cooling and ventilation is by natural convection. During installation, 2 in. (50 mm) must be allowed on the sides around the unit.

PRESSURE/FLOW

Maximum pressure: 85 PSIG.

Maximum flow rate: 1.5 US gpm.

FILTRATION

It is recommended that filtration be installed ahead of the NPS-A2.

B.6 Druckpumpe

INTERNATIONAL WATER-GUARD

AIRCRAFT PORTABLE WATER PUMP SPECIFICATIONS



Bild B.6 Druckpumpe (IWG 2001)

Pump Description

The Potable Water System Pump is comprised of a centrifugal pump impeller attached to and powered by an electric motor. The pump, when powered, increases the flow rate and the pressure of potable water supplied to an aircraft Potable Water System.

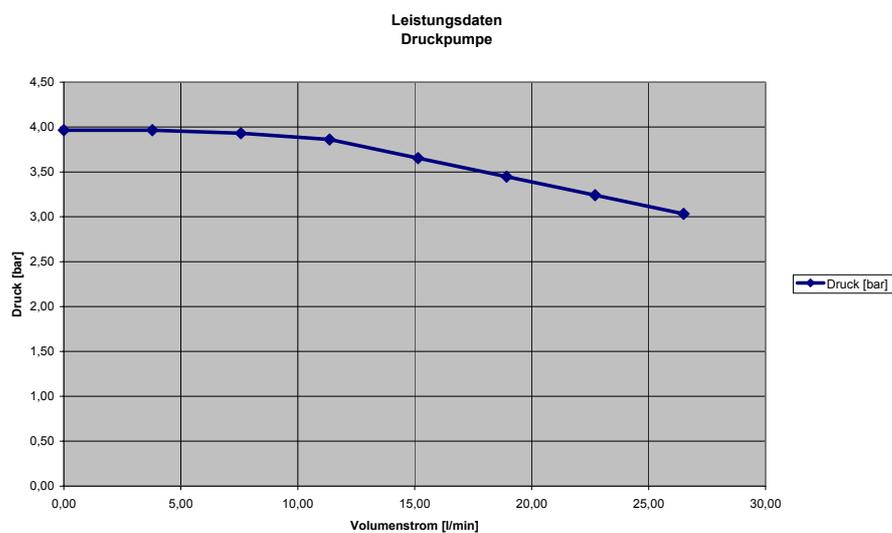


Bild B.7 Kennlinie der Druckpumpe (IWG 2001)

Piping

The pump housing shall have an inlet pipe and exit pipe size of 0.75 inch ID. The pipe end configuration shall TBD.

Power

The Assembly shall be designed to operate with a power supply of 3-phase, 115/200 VAC, 400 Hz.

Performance

The Assembly will receive water from a storage tank whose base is at or above the level of the installed pump and it shall deliver water, without cavitation, at pressures, temperatures and flows as stated below:

0 GPM @ 70 PSID (minimum)

5 GPM @ 55 PSID (minimum)

Maximum pressure at any flow shall not exceed 75 PSID.

Inlet water temperatures shall range from 32°F to 160°F. (Performance Guarantees shall be rated with water at 70rt 30°F.)

Inlet water pressures shall range from 10 PSIA to 15.5 PSIA.

The Pump Assembly, while providing the performance stated above, shall be capable of the following:

Noise Generation - The case radiated noise level at a distance of 3 Ft and water line transmitted noise level at a line length of 10 Ft from the Assembly shall not exceed 70 db in the Speech interference Range (60 to 16,000 Hz).

External Leakage - The Assembly shall not leak.

Contamination – The Assembly shall not cause change to the appearance, taste or the organic and inorganic content of the water that passes through it. Subfreezing Operation - The Assembly shall be capable of being subjected to subfreezing temperatures while filled with water and electrically energized without suffering damage or subsequent Degradation of Performance.

Reliability

The Assembly shall have a Mean Time Between Failures (MTBFI) of no less than 30,000 operational hours. Its rate of Unscheduled Removals (MTBUR) shall be no less than 30,000 operational hours.

Weight

The Assembly shall weigh 8.0 Lbs. (Maximum).

B.7 Zirkulationspumpe

INTERNATIONAL WATER-GUARD

AIRCRAFT POTABLE WATER SYSTEM CIRCULATION PUMP



Bild B.8 Zirkulationspumpe (IWG 2001)

Pump Description

The Potable Water System Circulation Pump is comprised of a centrifugal pump impeller attached to and powered by an electric motor. The pump, when powered, increases the flow rate and the pressure of potable water supplied to an aircraft Potable Water System.

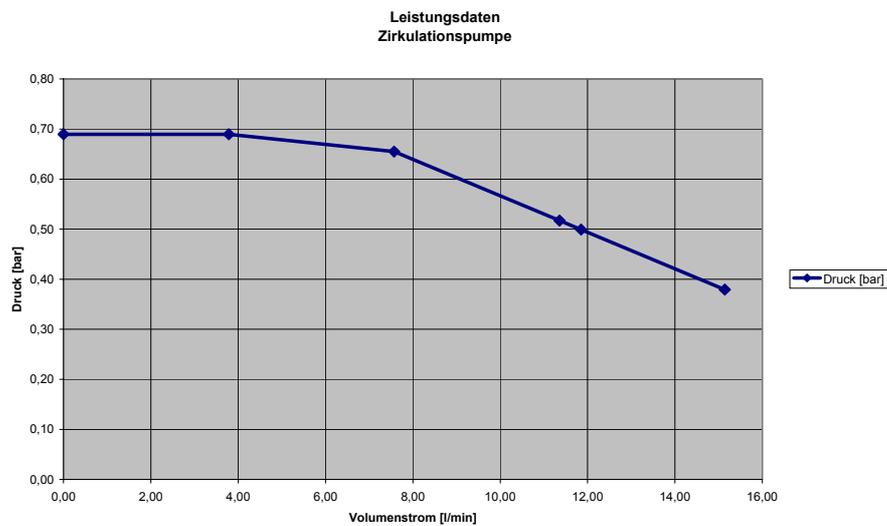


Bild B.9 Kennlinie der Zirkulationspumpe (IWG 2001)

Piping

The pump housing shall have an inlet pipe size of 0.75 inch I.D.

The pump housing shall have an exit pipe size of 0.50 inch I.D.

The pipe end configuration shall be per AS 1656-1.

Power

The Assembly shall be designed to operate with a power supply of 3-phase, 115/200 VAC, 400 Hz.

Performance

The Assembly will receive water from a storage tank whose base is at or above the level of the installed pump and it shall deliver water, without cavitations, at pressures, temperatures and flows as stated below:

0 GPM @ 11 PSID (maximum) above inlet pressure with a power output of 70 watts (maximum).

2 GPM @ 7 PSID (minimum) above inlet pressure.

Maximum pressure at any flow shall not exceed 14 PSID above inlet pressure.

Inlet water temperatures shall range from 32°F to 160°F. (Performance guarantees shall be rated with water at 120± 30°F.).

Inlet water pressures shall range from 10 PSIA to 70 PSIA.

The Pump Assembly, while providing the performance stated above, shall be capable of the following:

Noise Generation - The case radiated noise level at a distance of 3 Ft and water line transmitted noise level at a line length of 10 Ft from the Assembly shall not exceed 70 db in the Speech Interference Range (60 to 16,000 Hz).

Contamination - The Assembly shall not cause change to the appearance, taste or the organic and inorganic content of the water that passes through it.

Subfreezing Operation - The Assembly shall be capable of being subjected to subfreezing temperatures while filled with water and electrically energized without suffering damage or subsequent degradation of performance.

Reliability

The Assembly shall have a Mean Time Between Failures (MTBF) of no less than 100,000 operational hours. Its rate of Unscheduled Removals (MTBUR) shall be no less than 30,000 operational hours.

Weight

The Assembly shall weigh 6.5 Lbs. (maximum).

B.8 Pufferspeicher

YOKOHAMA AEROSPACE AMERICA INC.

TYPE: 0A011-0149-1



(YOKOHAMA AEROSPACE AMERICA INC.)

Bild B.10 Pufferspeicher

Total Capacity:	152 l (40 US gal.)
Material:	Composite
Empty Mass:	8 kg (17.6 lbs)
Burst Pressure:	9 bars (130 psi)
External Burst Pressure:	1 bar (14.5 psi)
Diameter:	477 mm (18.8 in)
Length:	850 mm (33.5 in)

B.9 Dampfgenerator

HANSGROHE Deutschland Vertriebs GmbH

Dampfgenerator Wellspring



Bild B.11 Dampfgenerator Wellspring (Hansgrohe Deutschland 2006)

Mindestfließdruck:	2 bar
Anschluss Warmwasser:	DN 15 1/2"
Stromversorgung:	230 V / 50 Hz / 16 A
Schutzart:	IPX5
Nennleistung Dampfgenerator:	3,3 kW
Gewicht:	41 kg

Anhang C Wörterbuch Deutsch – Englisch

In dieser Diplomarbeit ist eine Reihe von englischen Begriffen enthalten, deren deutsche Bedeutung ich in diesem Teil des Anhangs wiedergeben möchte, um dem Leser die Arbeit verständlicher zu machen.

Englisch	Deutsch
air filter	Luftfilter
air pressure	Luftdruck
air stop valve	Grauwasserventil
aircraft	Flugzeug
axial blower	Axialgebläse
bidet shroud	Bidetverkleidung
bleedair	Zapfluft
check valve	Rückschlagventil
circulation	Zirkulation
cold water line	Kaltwasserleitung
compressor	Kompressor
drain mast	Grauwasserfinne
drain valve	Entleerungsventil
fill-overflow valve	Füll-Überlaufventil
filter	Filter
fine filter	Feinfilter
floorbeam	Fußbodenträger
flush control unit	Spülsteuerungseinheit
Full level sensor	Sensor f. maximalen Füllstand
fuselage	Rumpf
grey water chamber controller	Grauwasserkammersteuerung
grey water line	Grauwasserleitung
grey water	Grauwasser
greywater holding tank	Grauwasserspeichertank
hand spray	Handbrause
indication terminal	Anzeigebildschirm
infrared sensor	Infrarotsensor
liquid level sensor	Flüssigkeitsstandsensoren
liquid level transmitter	Flüssigkeitsstandgeber
logic control module	Elektronische Steuereinheit
mixing unit	Mischeinheit

motorized	motorisiert
non textile floor	nicht textiler Bodenbelag
potable water	Trinkwasser
pre filter	Vorfilter
pressure relief valve	Überdruckventil
purifier	Sterilisator
rinse line	Spüleleitung
selector valve (3 way)	3-2-Wegeventil, mech.
service panel	Serviceklappe
shower transfer unit	Grauwassersammeleinheit
shower	Dusche
shut off valve	Absperrventil
shuttle valve	3-2-Wegeventil, hydr.
sink chamber unit	Abwassersammelkammer (Bidet)
toilet flush switch	Toilettenspülungsschalter
toilet shroud	Toilettenverkleidung
vacuum generator	Vakuümgebläse
vacuum line	Vakuümleitung
vacuum system controller	Vakuümsystemsteuerung
ventilation	Belüftung
warm water line	Warmwasserleitung
wash stand	Waschstand
waste line	Schmutzwasserleitung
waste tank	Schmutzwassertank (Fäkalien)
water sensor	Wassersensor
water system controller	Wassersystemsteuerung
water tank	Wassertank

Anhang D Standard – Atmosphäre

Tabelle D.1 ISA Standard – Atmosphäre (Flugwissen 2005)

Höhe ft	Höhe m	Druck N/m ²	Temperatur °C	Temperatur K	Dichte kg/m ³	Schallgeschwindigkeit m/s	Fallbeschleunigung m/s ²
0	0	101325	15,00	288,15	1,225	340,29	9,807
1000	305	97717	13,02	286,17	1,190	339,12	9,806
2000	610	94213	11,04	284,19	1,155	337,95	9,805
3000	914	90812	9,06	282,21	1,121	336,77	9,804
4000	1219	87511	7,08	280,23	1,088	335,58	9,803
5000	1524	84307	5,09	278,24	1,056	334,39	9,802
6000	1829	81200	3,11	276,26	1,024	333,20	9,801
7000	2134	78185	1,13	274,28	0,993	332,00	9,800
8000	2438	75262	-0,85	272,30	0,963	330,80	9,799
9000	2743	72428	-2,83	270,32	0,933	329,60	9,798
10000	3048	69682	-4,81	268,34	0,905	328,39	9,797
11000	3353	67020	-6,79	266,36	0,877	327,17	9,796
12000	3658	64441	-8,77	264,38	0,849	325,95	9,795
13000	3962	61943	-10,76	262,39	0,822	324,73	9,794
14000	4267	59524	-12,74	260,41	0,796	323,50	9,793
15000	4572	57182	-14,72	258,43	0,771	322,27	9,793
16000	4877	54915	-16,70	256,45	0,746	321,03	9,792
17000	5182	52722	-18,68	254,47	0,722	319,79	9,791
18000	5486	50600	-20,66	252,49	0,698	318,54	9,790
19000	5791	48548	-22,64	250,51	0,675	317,29	9,789
20000	6096	46563	-24,62	248,53	0,653	316,03	9,788
21000	6401	44645	-26,61	246,54	0,631	314,77	9,787
22000	6706	42791	-28,59	244,56	0,610	313,50	9,786
23000	7010	41001	-30,57	242,58	0,589	312,23	9,785
24000	7315	39271	-32,55	240,60	0,569	310,95	9,784
25000	7620	37601	-34,53	238,62	0,549	309,67	9,783
26000	7925	35989	-36,51	236,64	0,530	308,38	9,782
27000	8230	34433	-38,49	234,66	0,511	307,09	9,781
28000	8534	32932	-40,47	232,68	0,493	305,79	9,780
29000	8839	31485	-42,45	230,70	0,475	304,48	9,779
30000	9144	30090	-44,44	228,71	0,458	303,17	9,778
31000	9449	28745	-46,42	226,73	0,442	301,86	9,778
32000	9754	27449	-48,40	224,75	0,425	300,54	9,777
33000	10058	26201	-50,38	222,77	0,410	299,21	9,776
34000	10363	24999	-52,36	220,79	0,394	297,87	9,775
35000	10668	23842	-54,34	218,81	0,380	296,54	9,774
36000	10973	22729	-56,32	216,83	0,365	295,19	9,773
37000	11278	21663	-56,50	216,65	0,348	295,07	9,772
38000	11582	20646	-56,50	216,65	0,332	295,07	9,771
39000	11887	19677	-56,50	216,65	0,316	295,07	9,770
40000	12192	18754	-56,50	216,65	0,302	295,07	9,769
41000	12497	17874	-56,50	216,65	0,287	295,07	9,768
42000	12802	17035	-56,50	216,65	0,274	295,07	9,767
43000	13106	16236	-56,50	216,65	0,261	295,07	9,766
44000	13411	15474	-56,50	216,65	0,249	295,07	9,765
45000	13716	14748	-56,50	216,65	0,237	295,07	9,764
46000	14021	14056	-56,50	216,65	0,226	295,07	9,764
47000	14326	13396	-56,50	216,65	0,215	295,07	9,763
48000	14630	12767	-56,50	216,65	0,205	295,07	9,762
49000	14935	12168	-56,50	216,65	0,196	295,07	9,761
50000	15240	11597	-56,50	216,65	0,186	295,07	9,760
51000	15545	11053	-56,50	216,65	0,178	295,07	9,759
52000	15850	10534	-56,50	216,65	0,169	295,07	9,758
53000	16154	10040	-56,50	216,65	0,161	295,07	9,757
54000	16459	9569	-56,50	216,65	0,154	295,07	9,756
55000	16764	9120	-56,50	216,65	0,147	295,07	9,755
56000	17069	8692	-56,50	216,65	0,140	295,07	9,754
57000	17374	8284	-56,50	216,65	0,133	295,07	9,753
58000	17678	7895	-56,50	216,65	0,127	295,07	9,752
59000	17983	7525	-56,50	216,65	0,121	295,07	9,751
60000	18288	7172	-56,50	216,65	0,115	295,07	9,750

Anhang E Standard – Atmosphäre

Bei den folgenden Anhängen E.1 bis E.5 handelt es sich um Zeichnungen im Format A2 und A0.

**E.1 Layout des A380-800 VVIP
(im Maßstab A0)**

**E.2 Funktionsdiagramm des Wassersystems
(im Maßstab A0)**

**E.3 Funktionsdiagramm des Trinkwassersystems
(im Maßstab A2)**

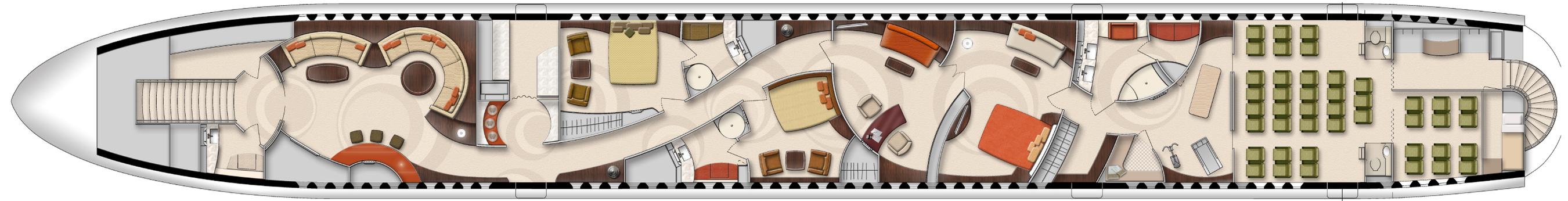
**E.4 Funktionsdiagramm des Grauwassersystems
(im Maßstab A2)**

**E.5 Funktionsdiagramm des Schmutzwassersystems
(im Maßstab A2)**

Rev. No.	Description	Revision History

Layout A380 VVIP

Upper Deck



Main Deck



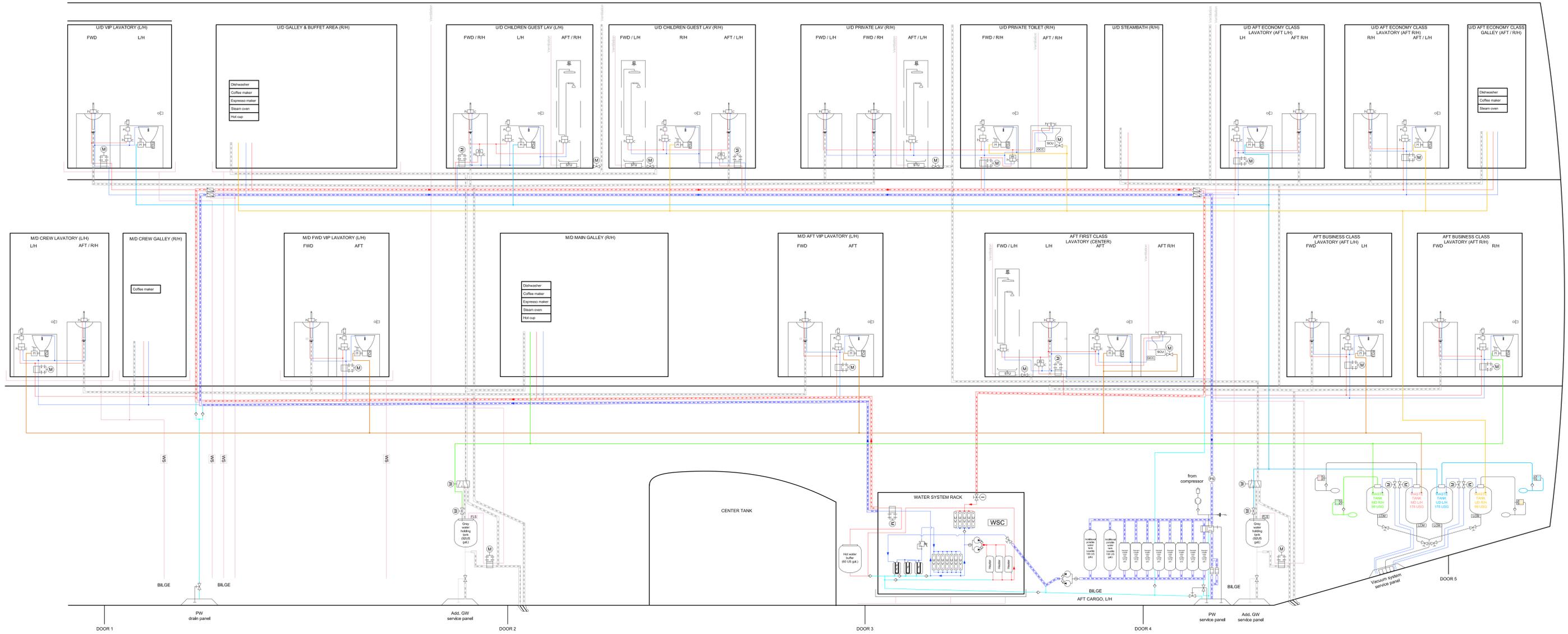
For information only!

ATA System	CODE	Lufthansa Technik	
PROJECTION	MSN	FSCM NO. C1008	TITLE: Layout A380 VVIP
LIMITS NOT STATED DIN ISO 2768m			Upper & Main Deck
PREPARED BY	NAME	SIGN	DATE
LHT	LHT		15.02.2009
REV. NO.	SCALE	DATE	SCALE

Revisions		Date	Responsible for design	Responsible for verification

WATER & WASTE FUNCTIONAL DIAGRAM

A380-800



LEGEND

<p>Potable water</p> <ul style="list-style-type: none"> Selector valve (3-way, motorized) Shut off valve (4-way, manual / motorized) F18 / overflow valve (manual) Shut off valve (2-way, manual / motorized / man. with electr. pos switch) Shuttle valve Pump Check valve Breather UV purifier Pre filter Fine filter Filter Mixing Unit Pressure Switch 	<p>Grey water</p> <ul style="list-style-type: none"> Grey water chamber controller Sink Chamber Unit Shower transfer unit Drain mast Air stop valve Water Sensor Full Level Sensor <p>Air pressure</p> <ul style="list-style-type: none"> Compressor Axial blower Pressure relief valve Air filter 	<p>Vacuum system</p> <ul style="list-style-type: none"> Toilet flush switch Flush control unit Vacuum blower Logic control module 	<p>Control C.</p> <ul style="list-style-type: none"> WSC Water system controller Indication terminal Infrared sensor Emergency Switch 	<p>Lines</p> <ul style="list-style-type: none"> Grey water line Potable water circulation line (cold) Potable water circulation line (hot) Potable water line (cold) Potable water line (hot) Vacuum line (Aft RH) Vacuum line (Aft LH) Vacuum line (Fwd RH) Vacuum line (Fwd LH) Drain line Compressed air line Heated water line (cold) Heated water line (hot) Drain line (miscellaneous) 	<p>Locations</p> <ul style="list-style-type: none"> Waststand Toilet Shroud Toilet Shroud + Hand spray Bidet Shroud Shower cmt.
---	--	--	--	---	--

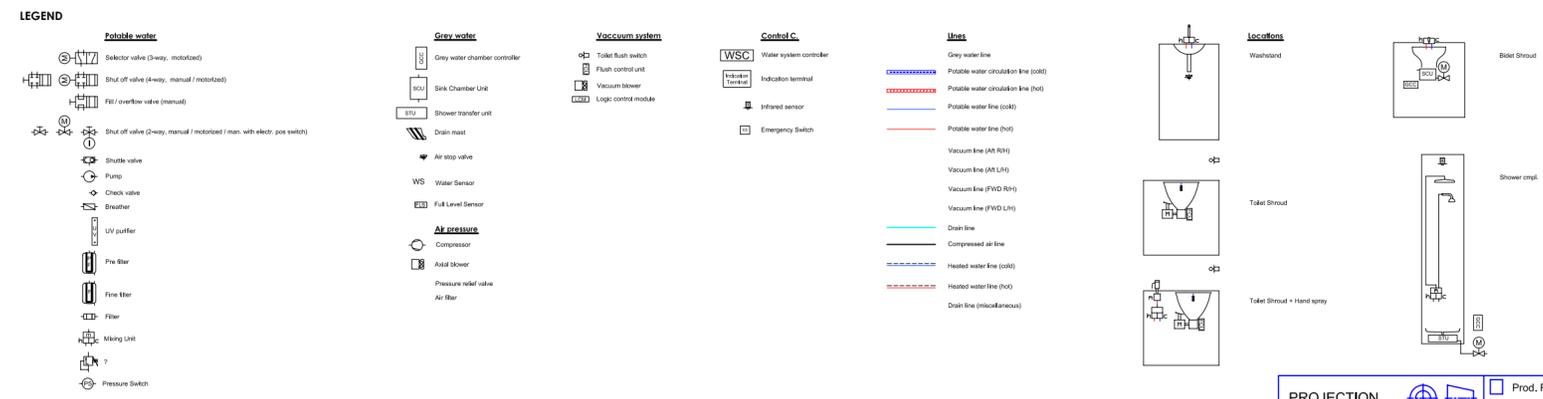
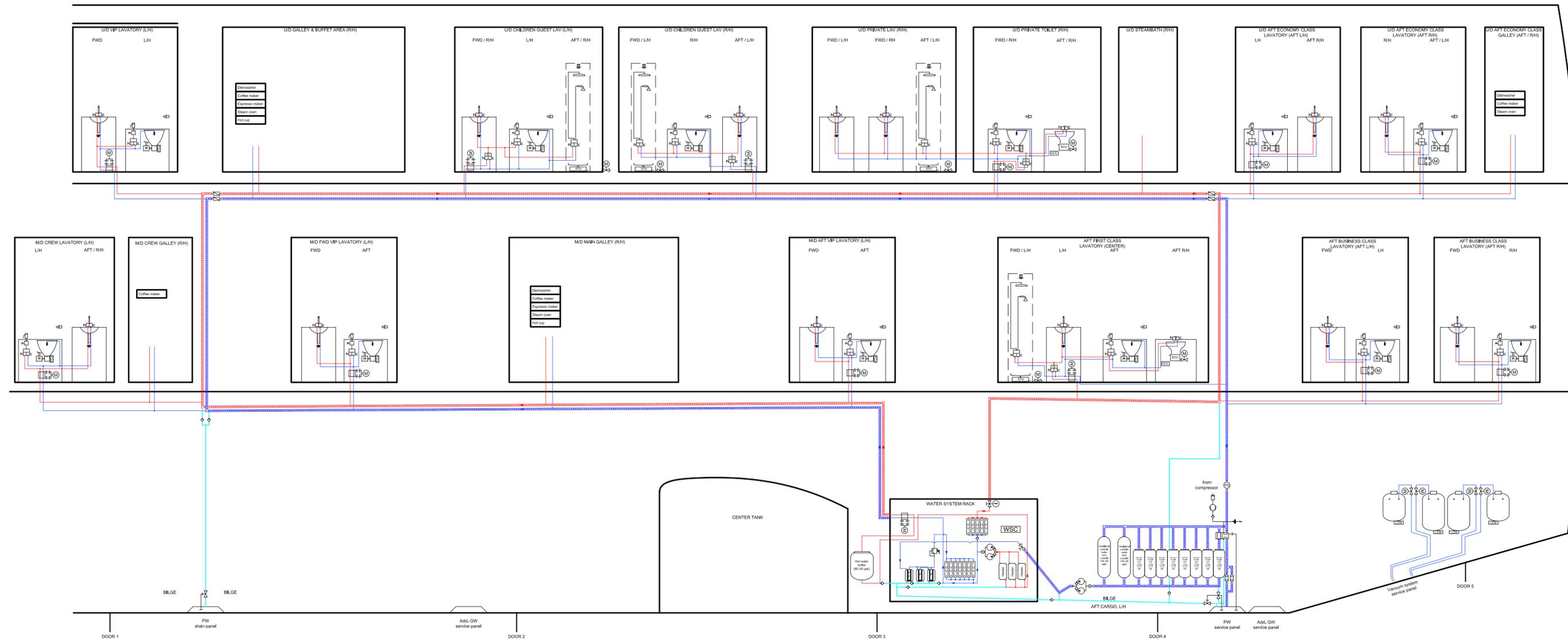
PROJECTION	First Angle	FIG. NO. C1008	Lufthansa Technik	
LIMITS NOT STATED: DIN ISO 2768m		TITLE WATER & WASTE FUNCTIONAL DIAGRAM		
ANY USE OF THE INCLUDED INFORMATION BEING PROPRIETARY TO LUFTHANSA TECHNIK AG IS PROHIBITED UNLESS APPROVED IN WRITING.		DATE OF ISSUE 15.02.06	SIZE A0	DWG. NO. A380-800 VVIP
DRAWN: Marc Koenig	DATE: 15.02.06	SCALE: VALID FOR MASTER-DWG ONLY	SHEET 001	DATE OF PREVIOUS EDITION: 20.04.2004



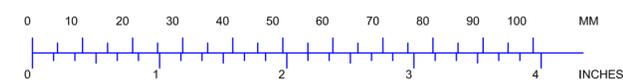
POTABLE WATER SYSTEM

A380-800

Revisions			
Description	Date	Responsible for Design	Responsible for Verification



PROJECTION	Prod. Release Revision	FSCM NO. C1008	Lufthansa Technik	
LIMITS NOT STATED DIN ISO 2768m		TITLE POTABLE WATER SYSTEM		
ANY USE OF THE INCLUDED INFORMATION BEING PROPRIETARY TO LUFTHANSA TECHNIK AG IS PROHIBITED UNLESS APPROVED IN WRITING.		A380-800 VVIP		
DRAWN: Marc Koenig	Tel: 15.02.06	DATE INITIAL SIGNATURE	SIZE A2	DWG NO.
Responsible for Design	Responsible for Verification	SCALE VALID FOR MASTER-DWG ONLY	SHEET 002	
CAD GENERATED DRAWING (AutoCAD), DO NOT MANUALLY UPDATE				



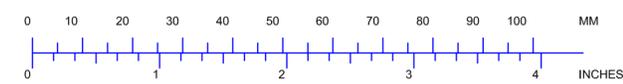
GREY WATER SYSTEM A380-800

Revisions			
Description	Date	Responsible for Design	Responsible for Verification



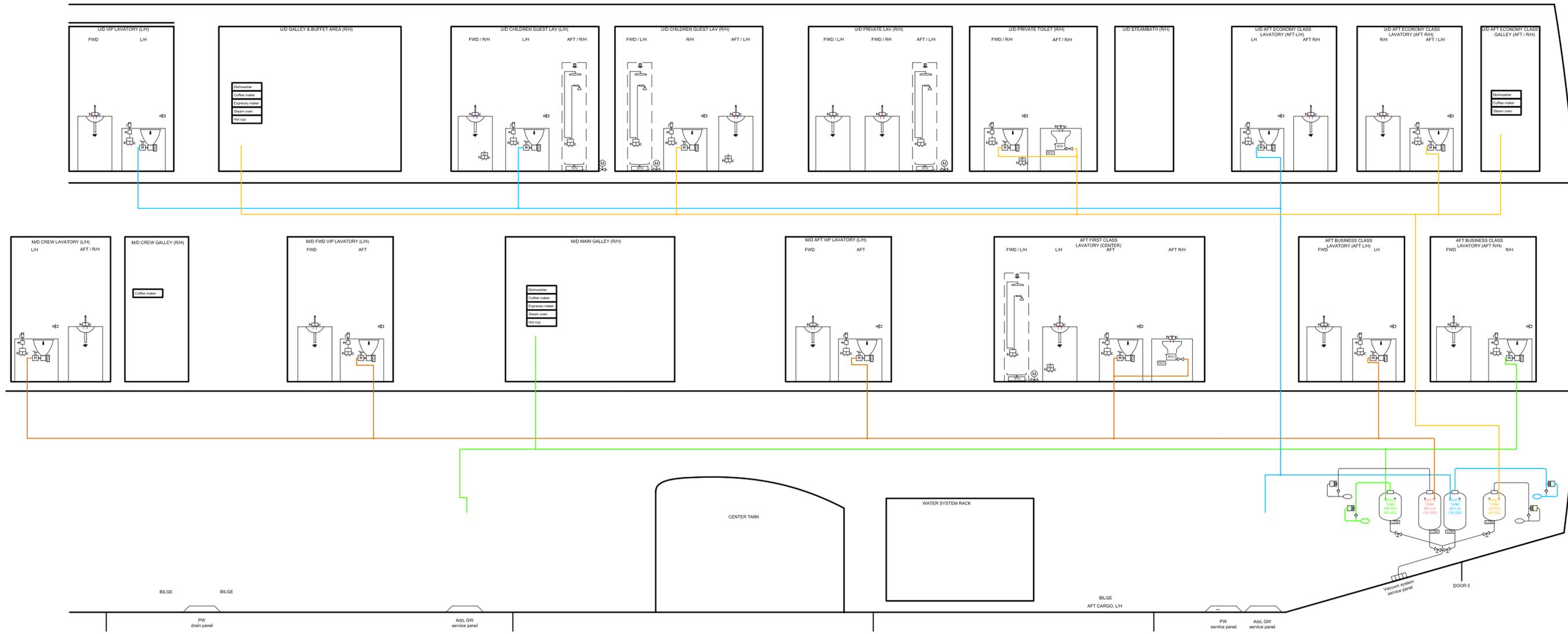
Potable water	Grey water	Vacuum system	Control C	Lines	Locations
<ul style="list-style-type: none"> Selector valve (3-way, motorized) Shut off valve (4-way, manual / motorized) Fill / overflow valve (manual) Shut off valve (2-way, manual / motorized / man. with electr. pos switch) Shuttle valve Pump Check valve Breather UV purifier Pie filter Filter Mixing Unit Pressure Switch 	<ul style="list-style-type: none"> Grey water chamber controller Skid Chamber Unit Shower transfer unit Drain mast Air stop valve Water Sensor Full Level Sensor Air pressure Compressor Air filter Pressure relief valve Air filter 	<ul style="list-style-type: none"> Toilet flush switch Flush control unit Vacuum blower Logic control module 	<ul style="list-style-type: none"> WSC Water system controller Indicator Terminal Infrared sensor Emergency Switch 	<ul style="list-style-type: none"> Grey water line Potable water circulation line (cold) Potable water circulation line (hot) Potable water line (cold) Potable water line (hot) Vacuum line (AR RH) Vacuum line (AR LH) Vacuum line (FWD RH) Vacuum line (FWD LH) Drain line Compressed air line Heated water line (cold) Heated water line (hot) Drain line (intact/drainout) 	<ul style="list-style-type: none"> Washstand Toilet Shroud Shower cradle Toilet Shroud + Hand spray

PROJECTION	Prod. Release Revision	FSCM NO. C1008		
LIMITS NOT STATED DIN ISO 2768m		ANY USE OF THE INCLUDED INFORMATION BEING PROPRIETARY TO LUFTHANSA TECHNIK AG IS PROHIBITED UNLESS APPROVED IN WRITING.		
TITLE GREY WATER SYSTEM A380-800 VVIP		DATE INITIAL SIGNATURE 15.02.06	SIZE A2	SHEET 003
DRAWN: Marc Koenig	Tel:	Responsible for Design	DWG NO.	Responsible for Verification
SCALE VALID FOR MASTER-DWG ONLY				
CAD GENERATED DRAWING (AutoCAD). DO NOT MANUALLY UPDATE				



WASTE WATER SYSTEM A380-800

Revisions				
Description	Date	Responsible for Design	Responsible for Verification	



Potable water	Grey water	Vacuum system	Control C.	Lines	Locations
<ul style="list-style-type: none"> Selector valve (3-way, motorized) Shut off valve (4-way, manual / motorized) F81 / overflow valve (manual) Shut off valve (2-way, manual / motorized / man. with electr. ops switch) Shuttle valve Pump Check valve Breather UV purifier Pre filter Fine filter Filter Mixing Unit Pressure Switch 	<ul style="list-style-type: none"> Grey water chamber controller Sink Chamber Unit Shower transfer unit Drain mast Air stop valve Water Sensor Full Level Sensor Air pressure Compressor Airt. blow Pressure relief valve (hot) Air filter 	<ul style="list-style-type: none"> Toilet flush switch Flush control unit Vacuum shower Logic control module Shut off valve (2-way, manual / motorized / man. with electr. ops switch) 	<ul style="list-style-type: none"> WSC (Water system controller) Indication terminal Infrared sensor Emergency Switch 	<ul style="list-style-type: none"> Grey water line Potable water circulation line (cold) Potable water line (hot) Potable water line (cold) Potable water line (hot) Vacuum line (Aft RH) Vacuum line (Aft LH) Vacuum line (FWD RH) Vacuum line (FWD LH) Drain line Compressed air line Heated water line (cold) Heated water line (hot) Drain line (homogeneous) 	<ul style="list-style-type: none"> Washstand Toilet Shroud Toilet Shroud - Hand spray Bidet Shroud Shower crip. (cushion)

PROJECTION		Prod. Release Revision		FSCM NO. C1008		Lufthansa Technik	
LIMITS NOT STATED DIN ISO 2768m							
ANY USE OF THE INCLUDED INFORMATION BEING PROPRIETARY TO LUFTHANSA TECHNIK AG IS PROHIBITED UNLESS APPROVED IN WRITING.							
TITLE WASTE WATER SYSTEM				A380-800 VVIP			
DRAWN: Marc Koenig		Tel:		DATE INITIAL SIGNATURE 15.02.06		SHEET 004	
Responsible for Design		Responsible for Verification		SIZE A2		DWG NO.	
SCALE VALID FOR MASTER-DWG ONLY							
CAD GENERATED DRAWING (AutoCAD). DO NOT MANUALLY UPDATE							

