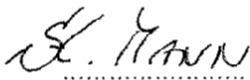
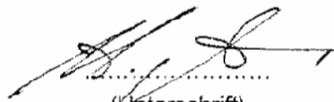
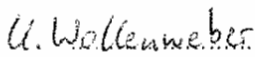
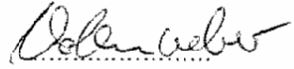


Luftfahrt-Forschungsprogramm 3

KATO TP 01: Nutzerfreundliche Abwasserkomponenten

Schlußbericht

Zuwendungsempfänger: AOA apparatebau gauting gmbh	Förderkennzeichen: 20K0302C
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2003 – 31.12.2007	

Bearbeitet von:	 (Name)	06.06.2008 (Datum)	 (Unterschrift)
Geprüft von:	 (Name)	10.06.2008 (Datum)	 (Unterschrift)

Das in diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des BMWi, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor. Wir danken dem Projektträger Luftfahrtforschung und -technologie des DLR und unseren Forschungspartnern für die konstruktive Zusammenarbeit.

Antragskennung 14nQAF2I		
----------------------------	--	--

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	AUFGABENSTELLUNG	1
1.1.	AP 1) Wasserlose und geräuschreduzierte Toilette	1
1.2.	AP2) Intelligenter Kunststoff- Abwasser Tank	1
1.3.	AP3) Wasserloses Urinal	2
2.	VORAUSSETZUNGEN, UNTER DENEN DAS VORHABEN DURCHGEFÜHRT WURDE	3
3.	PLANUNG UND ABLAUF DES VORHABENS	4
4.	WISSENSCHAFTLICH TECHNISCHER STAND VOR BEGINN DES VORHABENS	6
4.1.	AP 1: Wasserloses und geräuschreduzierte Toilette	6
4.2.	AP 2: Intelligenter Kunststoff- Abwassertank	6
4.3.	AP 3: Wasserloses Urinal	7
5.	ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN STELLEN	8
6.	FORSCHUNGSERGEBNISSE	9
6.1.	AP 1: Wasserlose und geräuschreduzierte Toilette	9
6.2.	AP 2 Intelligenter Kunststoff- Abwassertank	14
6.3.	AP 3: Wasserloses Urinal	15
	ANHANG A	17
	ANHANG B	18

1. **AUFGABENSTELLUNG**

Das Projekt „Nutzerfreundliche Abwassersystemkomponenten“ im Rahmen von Lu-FoIII war Bestandteil des übergeordneten Technologievorhabens TP01-„Wasserlose Toilette“.

Die wissenschaftlich - technischen Arbeitsziele waren:

- AP 1) Wasserlose und geräuschreduzierte Toilette,
- AP 2) Intelligenter Kunststoff- Abwasser Tank und
- AP 3) Wasserloses Urinal.

1.1. **AP 1) Wasserlose und geräuschreduzierte Toilette**

Der Transport aus der Toilettenschüssel soll ohne Zuführung von Spülwasser erfolgen. Die Toilette soll vom Frischwassersystem entkoppelt werden. Teile wie Wasser-ventil, Rohrleitungen, Anschlüsse und Sprühing werden eingespart. Dadurch und auch durch die spürbare Senkung des Frischwasserbedarfs wird das Gesamtgewicht im Flugzeug reduziert. Durch die Einsparung mechanisch bewegter Teile und elektronischer Baugruppen wird die Zuverlässigkeit erhöht und der Wartungsaufwand an der Toilette gemindert.

Die Toilette steht in direktem Kontakt zu den Passagieren. Passagierkomfort ist ein wichtiges Kriterium in der Entwicklung dieses Gerätes. Durch ein strömungs- und geräuschoptimiertes Neudesign von Toilettenschüssel, -auslaß und -deckel soll die Lärmentwicklung deutlich gesenkt werden.

Unter Verwendung strömungstechnischer Simulation wird eine wasserlose und geräuschreduzierte Toilette entwickelt. Um Rückstände in der Toilettenschüssel zu reduzieren und das Wachstum von Keimen und Bakterien zu reduzieren, werden selbstreinigende antiadhäsive Oberflächen verwendet.

Das gesamte Vakuum- Toilettensystem muß auf die neuen Transportcharakteristiken hin untersucht werden. Es ist noch nicht abschätzbar, welchen Veränderungen das Vakuum- Toilettensystem unterworfen werden muß, um die in Frage kommenden Technologien anwenden zu können.

1.2. **AP2) Intelligenter Kunststoff- Abwasser Tank**

Der Abwasser Tank ist der Speicherbehälter für die während des Fluges anfallenden Abwässer. Er besteht derzeit aus einem Metall- Innenliner und einer versteifenden Kohlefaserverbundstruktur. Je nach Passagieranzahl steigt und fällt die Menge an Abwasser. Bei Flugzeugen, wie der A340-500/-600 gehören zum Vakuum- Toiletten-system standardmäßig 4 Abwasser Tanks. Die Abwasser Tanks stellen auf Grund der Anzahl, ihrer Größe und ihrer Materialzusammensetzung einen beträchtlichen Anteil am Gesamtsystemgewicht.

Die Verwendung von Kunststoffen für Abwasser Tanks bewirkt eine deutliche Verminderung des Abwasser Tank Gewichts. Dadurch reduziert sich das Gesamtsystemgewicht.

Antragskennung: 14nQAF2I	- 1 -
-----------------------------	-------

Luftfahrttaugliche Kunststoffe werden dahin überprüft, ob sie den geometrischen, mechanischen, thermischen und chemischen Belastungen und Anforderungen an einen Abwasser Tank im Flugzeug gerecht werden.

Parallel zur Gestaltung und Fertigung eines Abwasser Tanks aus Kunststoff wird eine neue berührungslose Tanksensorik entwickelt. Bisherige Sensoren stehen im ständigen oder zeitweisen Kontakt zum Abwasser. Die Sensoren sind nicht von außen zugänglich. Im Wartungsfall wird das System geöffnet. Das Öffnen des Vakuum- Toilettensystems ist aufwendig und es besteht die Gefahr der Kontamination der Umgebung. Weiterhin führen Verschmutzungen des Sensors zu Meßwertverfälschungen. Zukünftig soll kein Kontakt zwischen Sensor und Abwasser mehr bestehen. Die Zuverlässigkeit und die Lebensdauer der Sensoren wird erhöht. Der Wartungsaufwand wird verringert.

Bei diesem Arbeitspaket kann auf die Ergebnisse aus Bay25a zurückgegriffen werden.

1.3. AP3) Wasserloses Urinal

Im Rahmen moderner Systemstudien ist der Bedarf nach einer Umgestaltung der derzeitigen Toilettenkabinen deutlich geworden. Durch die Verwendung von Urinalen kann Raum für andere Anwendungen geschaffen werden.

Urinale sind in öffentlichen Toiletten bereits anzutreffen. In der Gastronomie und an Autobahnraststätten finden immer häufiger wasserlose Urinale Anwendung. Erstes Ziel dieses Arbeitspaketes ist die Überprüfung, inwieweit diese Technologie auch in Flugzeugen zur Anwendung gebracht werden kann. Ein technisches Konzept für die Anwendung im Vakuum- Toilettensystem muß erstellt werden. Im speziellen muß die Schnittstelle Urinal Vakuum- Toilettensystem definiert und demonstriert werden. Dazu muß ein geeignetes Ventil zur Anwendung kommen. Das Urinal selbst muß hinsichtlich Form, Materialien, Zuverlässigkeit und Wartungsaufwand an die Anforderungen in der Luftfahrt angepaßt werden.

Zusammen mit den Untersuchungen und Forschungen unter AP1 sollen auch bei den wasserlosen Urinalen anti- adhäsive Oberflächen zur Anwendung kommen. Auch hierfür wird die Transportcharakteristik im System untersucht.

2. **VORAUSSETZUNGEN, UNTER DENEN DAS VORHABEN DURCHGEFÜHRT WURDE**

AOA ist langjähriger Zulieferer von Kerngeräten (z.B. Toilette, Abwassertank, Füllstandsensoren und Ventilen) des Vakuum-Toilettensystems. AOA verfügt im Rahmen des ATA 38 Kapitels über Erfahrung und Wissen im Umgang und der Auslegung von Vakuum-Toilettensystemen in Flugzeugen. Das Potential der AOA liegt in den Mitarbeitern und den technischen Einrichtungen. Die Ingenieure besitzen über Jahre gereiftes Wissen und Erfahrung im ATA 38 Kapitel. Des Weiteren verfügt AOA über umfangreiche Testmöglichkeiten. Dazu zählen Unterdruckversorgungen, akustische Meßeinrichtungen, Vibrationseinrichtungen und komplette Systemteststände im 1:1 Nachbau von redundanten Toilettensystemen der A330/340 und der A340-500/600.

Zur Fachabteilung bei Airbus Deutschland besteht ein sehr gutes Vertrauensverhältnis. Dieses Vertrauen ermöglicht einen optimalen Informationsaustausch und die Nutzung von Synergien.

AOA war bereits im LuFol und LuFoll aktiv an Untersuchungen im Vakuum-Toilettensystem beteiligt. Vorhandenes Wissen und bestehende Kontakte zu Instituten und Airlines konnten genutzt werden.

All diese Möglichkeiten standen zu Beginn der Forschungsvorhaben in LuFolIII zur Verfügung und konnten effizient für die Arbeitspakete genutzt werden.

3. PLANUNG UND ABLAUF DES VORHABENS

Das AP 1 „Wasserlose und geräuschreduzierte Toilette“ basierte auf ersten Berechnungen und Simulationen aus dem LuFoll Programm. Beginn des Projektes war die Erstellung einer Spezifikation über eine wasserlose und geräuschreduzierte Toilette im Vakuum-Toilettensystem eines Flugzeuges. Auf Grund strömungstechnischer Modelle wurde ein erster Prototyp gefertigt. Dieser wurde an einen minimierten Vakuum-Toilettensystem- Teststand integriert und auf seine Funktion hin überprüft. Anschließend wurden die strömungstechnischen Untersuchungen mit den Erfahrungen aus den Versuchsreihen wiederholt und neue Designstudien erarbeitet. Ein zweiter Prototyp wurde ausgewählt und gefertigt. Auch dieser wurde an einem minimierten Vakuum- Toilettensystem- Teststand integriert und auf seine Funktion hin überprüft. Nach der Verifizierung der strömungstechnischen Eigenschaften schloß sich die akustische Untersuchung der Toilettenschüssel an. Dabei wurden auch weitere schallerzeugende Baugruppen identifiziert. Unter anderem wurden Modifizierungen am Spülventil vorgenommen und untersucht.

Im AP 2 „Intelligenter Kunststoff- Abwassertank“ konnten auch auf Erkenntnisse aus vorangegangenen Forschungsprogrammen aufgebaut werden. Auch in diesem Arbeitspaket wurde zu erst eine Bauteilspezifikation erstellt. Anschließend wurde ein Testkonzept zur Bewertung der Materialeigenschaften erarbeitet. Parallel dazu wurde an der Optimierung der Fertigung gearbeitet. Die Materialtests ergaben eine Neuauswahl der Materialpaarung. Die Versuche mußten wiederholt werden. Als dritte Schiene wurde die Elektronik weiterentwickelt mit dem Ziel Luftfahrtzulassbarkeit. Das Design wurde auf die Fertigbarkeit abgestimmt und umfangreichen EMV (elektromagnetische Verträglichkeit) Tests unterzogen.

Das AP 3 „Wasserloses Urinal“ basiert allein auf Erfahrungen aus dem kommerziellen Schwerekräftbetrieb. In Flugzeugen finden Urinale bislang keine Verwendung. Grundlage war die Erstellung einer Bauteilspezifikation. Anschließend erfolgte eine Marktrecherche zu kommerziellen wasserlosen Urinalen über derzeit verwendete Technologien im Schwerekräftbetrieb. Parallel zu den kommerziellen Urinalen wurde ein Kombiventil (Prototyp), das aus Geruchsverschluß und Drainageventil besteht bei einem externen Ingenieur Büro in Auftrag gegeben. Der Prototyp wurde bei AOA ersten Vortests und später bei der TU Berlin im Vergleich zu den kommerziellen wasserlosen Urinalen mit Geruchsverschluß and Flugzeug- Drainageventilen unterzogen. Resultierend aus den Arbeiten an diesem Arbeitspaket entstand eine Patentanmeldung zu dem oben erwähnten speziellen Ventil.

Antragskennung: 14nQAF2I		- 4 -
-----------------------------	--	-------

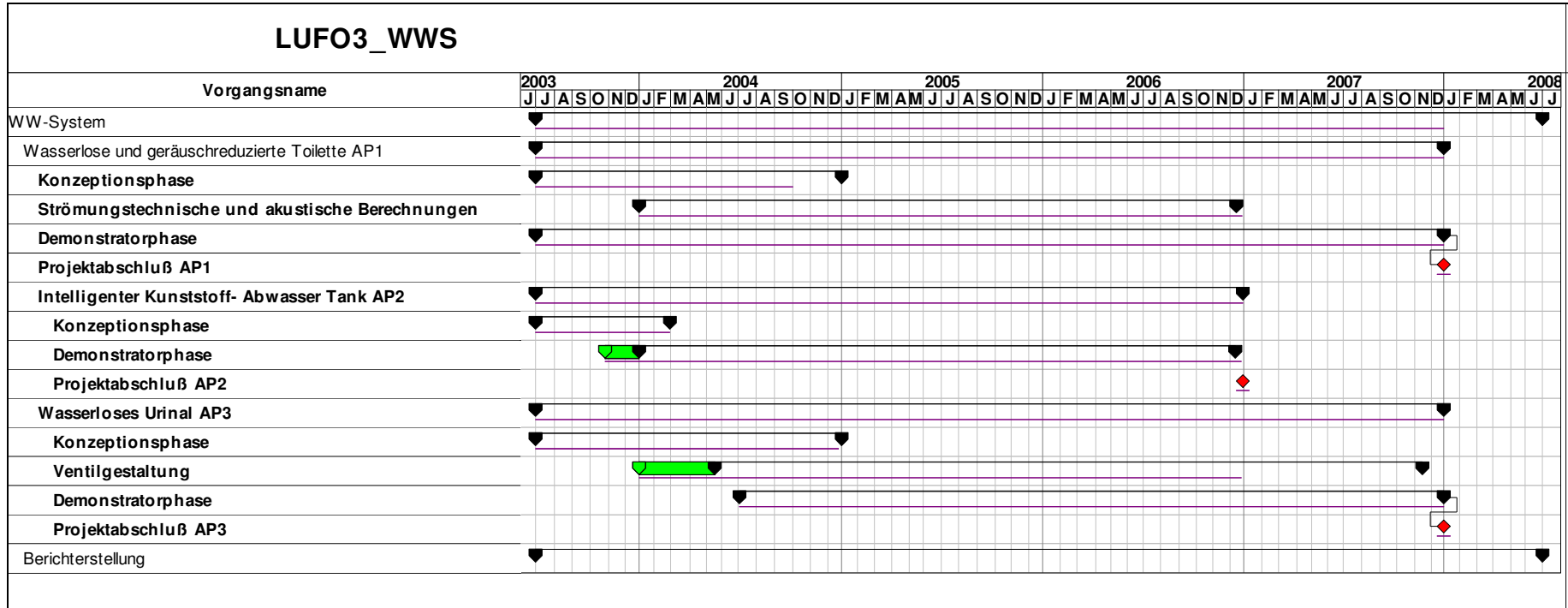


Abbildung 1: Zeitplan des Projektes LuFo III – KATO – Nutzerfreundliche Abwassersystemkomponenten

4. WISSENSCHAFTLICH TECHNISCHER STAND VOR BEGINN DES VORHABENS

4.1. AP 1: Wasserloses und geräuschreduzierte Toilette

Eine Machbarkeitsstudie aus dem LuFoll Programm zum Thema „Vakuumtoilette mit Luftspülung“ ergab: „Hierbei zeigte sich, daß das in der Originalschüssel vorherrschende Strömungsfeld nicht in der Lage ist, höhere Luftkräfte zum Stofftransport in Wandnähe aufzubringen. Deshalb wird ein neues Schüsselkonzept mit Luftkanälen entwickelt, welche sich durch das Schließen des Deckels ergeben.“¹

Für die Studie wurden umfangreiche CFD- und BEM- Computersimulationen im Strömungs- bzw. Akustikbereich durchgeführt.

Im LuFoll Programm wurde das bestehende Design und Konzept der Toilette nicht in Frage gestellt. Es wurde ein Deckel konstruiert, der durch Luftspalte die Strömung derart richtet, daß in Wandnähe eine höhere Strömungsgeschwindigkeit erreicht wird. Anschließende Versuche mit Baumwollfäden zeigten einen deutlichen Einfluß der rotatorischen Geschwindigkeitskomponenten auf den Stofftransport.

Weiterhin wurde festgestellt, daß es im Bereich der Toilettenauslaßöffnung zu einer Turbulenz kommt, die das Fördergut senkrecht aus der Toilette heraus befördert.

Dies erhöhte die Eingangs- und Randbedingungen für die Berechnung und Neugestaltung der Toilettenschüssel. Die Ergebnisse aus dem LuFoll Programm waren ein Ideenansatz, der in diesem Projekt detaillierter und wissenschaftlicher untersucht wurde.

Aus dem LuFoll Programm lagen umfangreiche Kenntnisse über Testmethoden, Auswahlkriterien und Ergebnissen zu antiadhäsiven Oberflächenbeschichtungen vor. Stand der Technik ist ein breites Spektrum an Oberflächenbeschichtungen basierend auf PTFE, Kunststoffen und Nanopartikeln. Eingrenzend auf die spezielle Anwendung bei Flugzeug- Vakuumtoiletten bestehend aus Edelstahl und hergestellt per Tiefziehen sind folgende Auswahlkriterien als kritisch zu betrachten: mechanische Beständigkeit der Oberfläche, Oberflächenrandwinkel, Bearbeitungstemperatur und technische Realisierbarkeit.

Die Versuchsmethoden und das entwickelte Auswahlverfahren wurden für das LuFoll III Programm übernommen und weiterentwickelt.

4.2. AP 2: Intelligenter Kunststoff- Abwassertank

Stand der Technik bezüglich der Sensorik sind zwei Drucksensoren, die ober- und unterhalb des Abwassertanks den Systemdruck messen. Aus der sich ergebenden Druckdifferenz wird der Füllstand des Abwassertanks ermittelt. Dabei stehen die beiden Sensoren im direkten und dauernden Kontakt zum Abwasser.

Im Bereich der berührungslosen Sensorik zur Füllstandsmessung in Abwassertanks konnte auf Ergebnisse aus einem früheren Forschungsprojekt aufgebaut werden, in dem unterschiedliche technische Methoden untersucht und miteinander verglichen

¹ Quelle: Schweitzer: Machbarkeitsstudie Konzeption einer Vakuumtoilette mit Luftspülung, Korschbroich:2001

Antragskennung: 14nQAF2I		- 6 -
-----------------------------	--	-------

wurden. Die Entscheidung fiel auf ein kapazitives Meßverfahren. Ein Meßgitter mißt über den Umfang des Tanks unter Ausnutzung der Leitfähigkeit der Flüssigkeit im Tank den Füllstand.

Basierend auf diesen Ergebnissen war das Ziel, die kapazitive Sensorik auf die Verwendung in Flugzeugen hin zu überprüfen und Fertigungsmethoden für die Kombination mit der neuartigen Kunststoff- Tanktechnologie zu entwickeln.

Stand der Technik bezüglich der Abwassertanks im Toiletten- Vakuumsystem ist ein Verbund aus Metall- Inliner mit aufgewickelter Kohlefaser. Dabei wird der Metall- Inliner in zwei Hälften tiefgezogen und anschließend verschweißt. Die in Kleber getränkten Kohlefasern werden um den Inliner herum gewickelt. Der gesamte Aufbau härtet aus und wird weiterverarbeitet.

Kunststoff als Material für den Innliner findet bereits Verwendung bei Drucktanks. Es gilt zu überprüfen, wie Kunststoff bei der Verwendung für Unterdrucktanks reagiert. Eine weitere Herausforderung ist die dauerhafte Verbindung von Kunststoff und Kohlefaser unter Berücksichtigung der Umwelteinflüsse in Flugzeugen.

4.3. AP 3: Wasserloses Urinal

Wasserlose Urinale finden bereits Verwendung in der Gebäudeschwerkraft- Technik. Dort wird die Schwerkraft genutzt, um den Urinalinhalt abzutransportieren.

Es kommen unterschiedliche Verfahren zur Anwendung. Diese sind:

- Sperrflüssigkeit
In einem Siphon befindet sich eine Sperrflüssigkeit, die das Aufsteigen von unangenehmen Gerüchen aus dem Abwassersystem verhindern soll. Da die Sperrflüssigkeit leichter als Urin ist, durchfließt der Urin die Barriere der Sperrflüssigkeit und sammelt sich im Siphon. Ist ein maximaler Füllstand erreicht, fließt der Urin ab. Dabei kann auch eine kleine Menge an Sperrflüssigkeit mit abtransportiert werden. In regelmäßigen Abständen muß die Sperrflüssigkeit nachgefüllt werden.
- Membranventil
Unter dem Urinalabfluß befindet sich eine vertikale Membran, die den Abfluß durch ihre Formgebung verschlossen hält. Erreicht die Schwerkraft des Urins einen Wert größer der Federkraft der Membran, öffnet diese und der Urinalinhalt wird abtransportiert. Gleichzeitig verhindert die Membran ein Aufsteigen unangenehmer Gerüche.
- Auftriebskörper
Der Auftriebskörper wird zusätzlich über Detektion eines Bewegungs- oder Füllstandsmelder mit einem strombetriebenen Magnetventil geöffnet. Im Normalfall verschließt der Auftriebskörper den Abfluß. Detektiert der Bewegungsmelder das Verlassen des Urinals durch den Benutzer, öffnet der Auftriebskörper aktiviert durch das Magnetventil den Abfluß.

Im Bereich der Vakuumtechnik ist die Anwendung von Urinalen bisher unbekannt.

Antragskennung: 14nQAF2I	- 7 -
-----------------------------	-------

5. **ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN STELLEN**

Partner im Projekt „Nutzerfreundliche Abwassersystemkomponenten“ war Airbus Deutschland GmbH.

Als Unterauftragnehmer fungierten in den Arbeitspaketen unter anderem folgende wissenschaftliche Institute und industrielle Unternehmen:

- ATENA Gesellschaft für Engineering Services mbH,
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,
- EADS Corporate Research Center Germany,
- Grättinger & Partner (GbR),
- Praxair Surface Technologies GmbH,
- Schweitzer Ingenieur Gesellschaft mbH,
- SERCO GmbH & Co. KG,
- TAZ GmbH,
- Technische Universität Berlin und
- Technische Universität München

6. FORSCHUNGSERGEBNISSE

6.1. AP 1: Wasserlose und geräuschreduzierte Toilette

Das Arbeitspaket startete mit der Konzeptionsphase. An die Konzeptionsphase schloß sich die Erarbeitung von Anforderungen an. Im Anschluß wurde aus dem Anforderungskatalog eine Spezifikation erarbeitet. Die Spezifikation diente über das Projekt hinweg als Leitfaden und Zielorientierung.

Parallel zur Konzeptionsphase wurde mit einer Designstudie für eine strömungstechnisch und akustisch optimale Gestaltung der Toilettenschüssel begonnen. Die Designstudie wurde gemeinsam mit der SI Schweitzer Ingenieur GmbH erarbeitet.

Der Unterauftragnehmer SI Schweitzer Ingenieur GmbH fertigte im Auftrag von AOA einen ersten Prototypen einer rotationssymmetrischen Toilettenschüssel und einen Torus mit Flügelprofil (Abbildung 2). Der Torus hat die Aufgabe die Aufwärtskomponente der Strömung zu verhindern und die wandnahe Strömung am Toilettenauslass zu maximieren. Der Prototyp 1 wurde am Vakuum- Toilettensystem- Prüfstand der AOA untersucht. Es wurden Versuche mit und ohne Torus bei Druckdifferenzen von 300mbar, 450mbar und 600mbar durchgeführt. Dabei wurde der Abstand des Torus zur Wand der Toilettenschüssel variiert. Ziel der Untersuchungen war eine Visualisierung der wandnahen Strömung, die Geräuschentwicklung und die Transportcharakteristik.

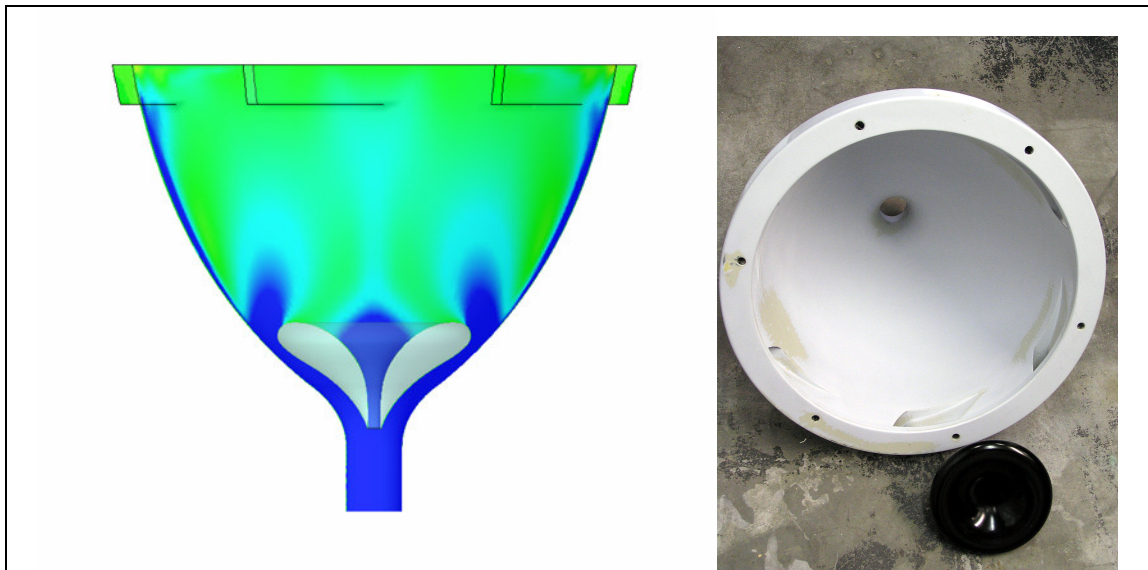


Abbildung 2: Model und Rapid Prototyp des Prototyp 1

In Abbildung 3 ist die wandnahe Strömung über Wollfäden visualisiert. Die rotatorische Komponente der Strömung ist deutlich zu erkennen. Die Rotationsgeschwindigkeit ist sogar so groß, daß sie die abwärtsgerichteten Strömungsanteile überlagern. Bei Versuchen mit Handtrockenpapier rotierten die Papierschnipsel (Abbildung 3) in der Schüssel und wurden nicht in Richtung Auslaß transportiert. Bei Versuchen mit

dem Torus zeigte sich, daß der Torus den Transport verhindert. Papier bleibt am Torus auch nach mehreren Spülungen hängen (Abbildung 3).

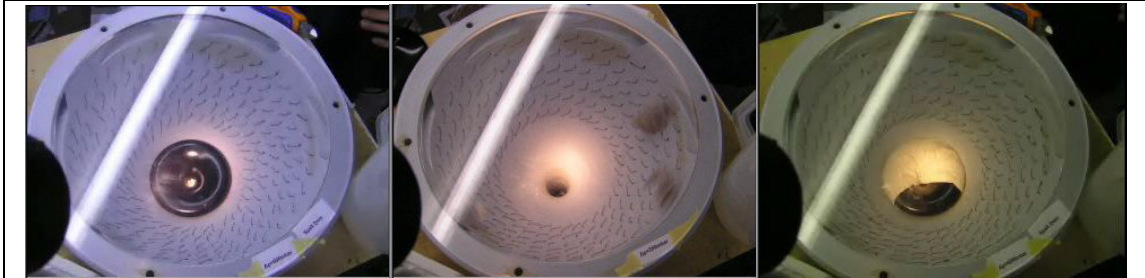


Abbildung 3: Visualisierung der wandnahen Strömung der rotatorischen Komponente und Einfluß des Torus bei Papierspülungen

Darüber hinaus erzeugte dieser Prototyp 1 zu Beginn des Spülvorgangs einen sehr lauten hochfrequenten Schall. Um diese Schallemission zu verringern, wurden die Lufteinlaßschlitze vergrößert. Eine Erhöhung des Volumenstroms konnte das erzeugte Geräusch nicht minimieren.

In einem zweiten Anlauf wurde die Technische Universität Berlin beauftragt. Der TU Berlin wurden alle bisherigen Testergebnisse und der Prototyp 1 zur Verfügung gestellt. Die Aufgabenstellung an die TU Berlin war die Weiterentwicklung der wasserlosen und geräuschreduzierten Toilette mit dem Ziel der Erstellung eines Prototyp 2 und dessen Verifikation.

Strömungstechnische Simulationsergebnisse ergaben mehre Lösungskonzepte (Abbildung 4). Die rechte Variante wurde zusammen mit dem Partner Airbus und dem Unterauftragnehmer TU Berlin ausgewählt.

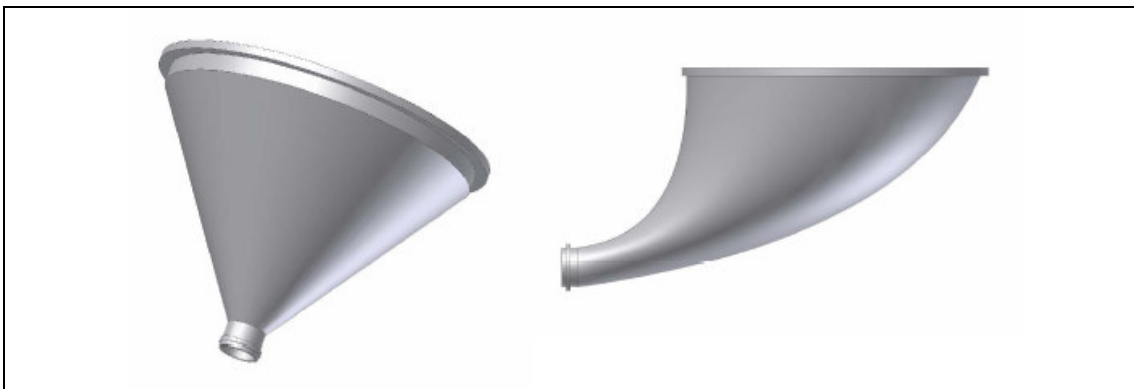


Abbildung 4: Beispiele aus den Lösungskonzepten der Simulation an der TU Berlin

Bezüglich der Ergebnisse sei auf den Abschlußbericht der TU Berlin verwiesen.

Nach Beendigung der Zusammenarbeit mit der TU Berlin verblieb eine offene Frage, die nach der verbesserten Schallemission durch ein modifiziertes Spülventil. Das Spülventil ist ein elektromotorisch gesteuertes Ventil, das einen Schieber mit einer kreisrunden Öffnung besitzt. Dieser Schieber öffnet bzw. verschließt die Verbindung zwischen Toilettenschüssel und Vakuum- Toilettensystem. Die erwartete Verbesserung bezog sich auf den Schieber. Da Strömungsabriss mitverantwortlich für Ge-

räuschemissionen sind, wurde der neue Schieber aufgedickt und die Kanten wurden weicher ausgearbeitet.

Testergebnisse zeigen keinen signifikanten Einfluß des modifizierten Spülventils auf die Geräuschemissionen der Toilette. Es wurden Vergleichsmessungen unter exakt denselben Bedingungen an exakt denselben Toiletten vorgenommen. Die Ergebnisse sind wie folgt:

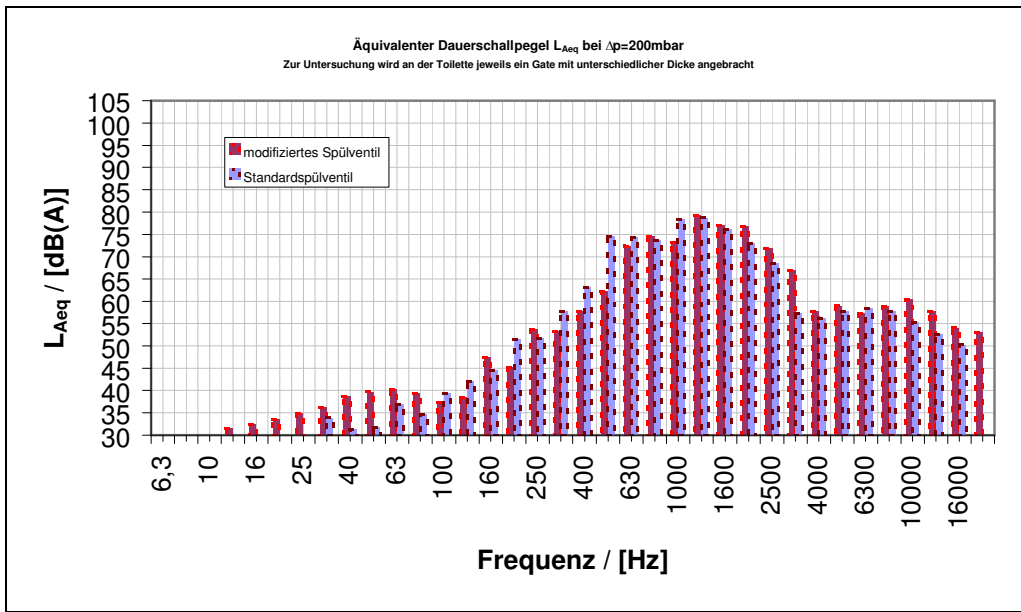


Abbildung 5: Äquivalenter Schallpegel L_{Aeq} bei $\Delta p=200\text{mbar}$

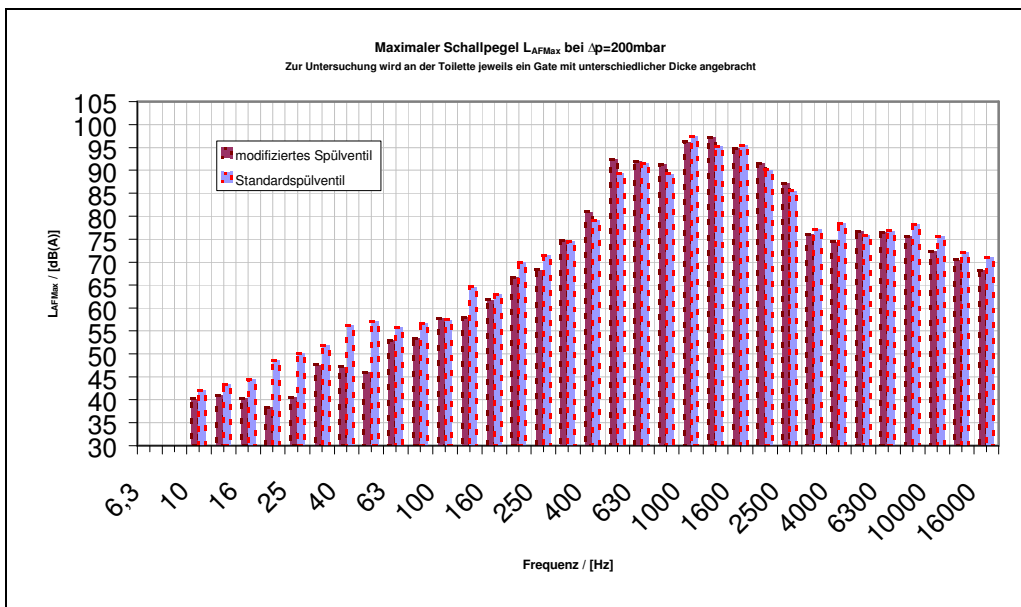


Abbildung 6: Maximaler Schallpegel L_{AFmax} bei $\Delta p=200\text{mbar}$

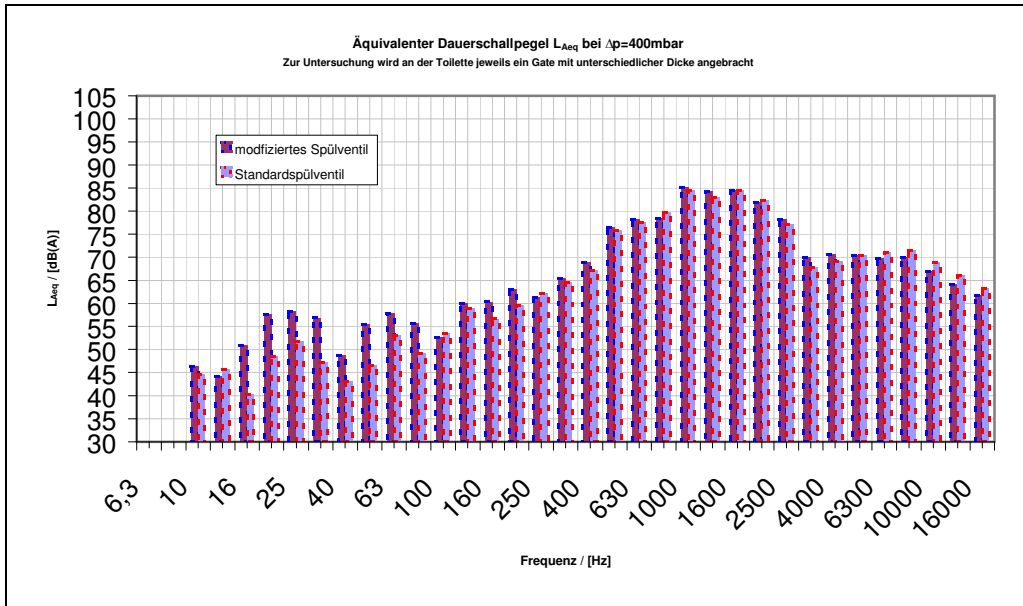


Abbildung 7: Äquivalenter Schallpegel L_{Aeq} bei $\Delta p=300\text{mbar}$

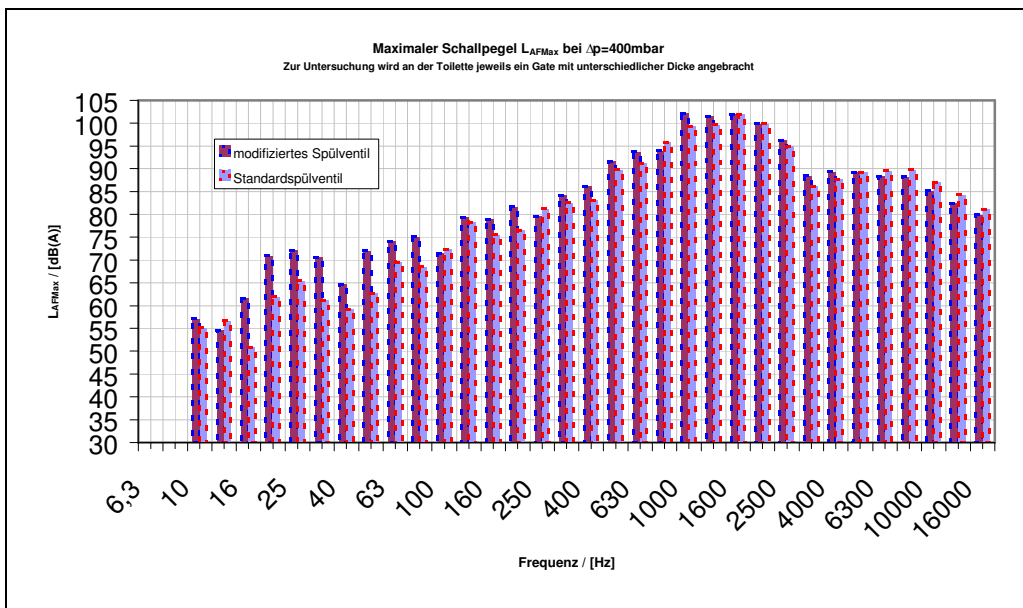


Abbildung 8: Maximaler Schallpegel L_{AFMax} bei $\Delta p=300\text{mbar}$

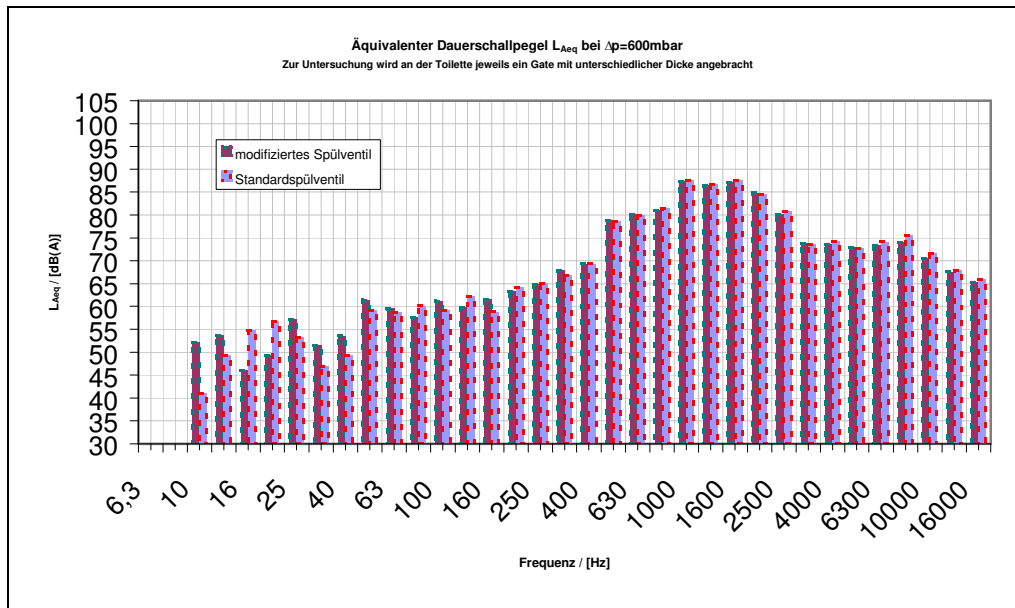


Abbildung 9: Äquivalenter Schallpegel L_{Aeq} bei $\Delta p=600\text{mbar}$

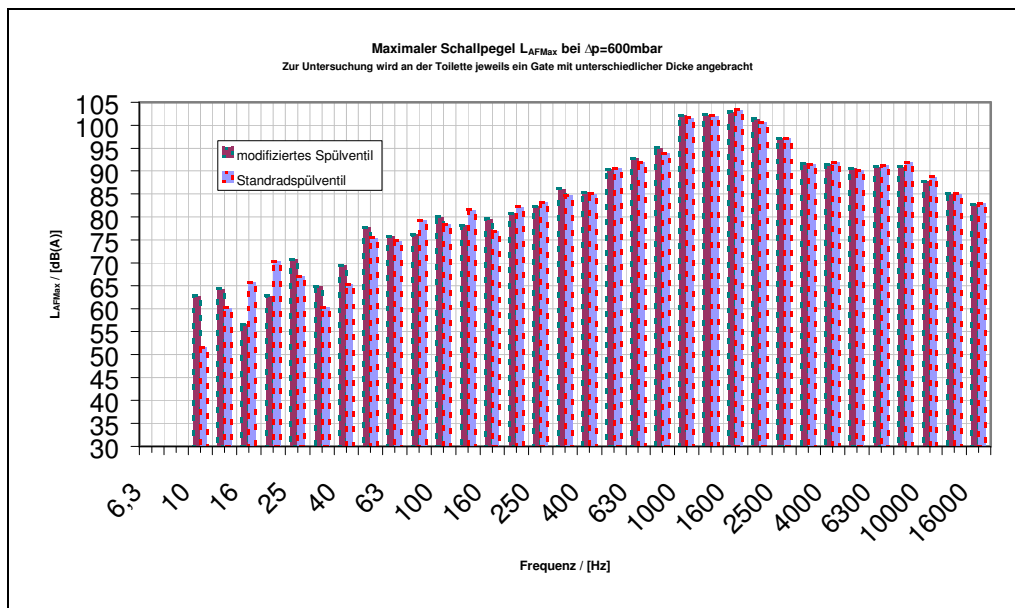


Abbildung 10: Maximaler Schallpegel L_{AFmax} bei $\Delta p=600\text{mbar}$

Mit dem Projektpartner EADS Forschung wurde basierend auf den Testdefinitionen, Testergebnissen und Bewertungskriterien weiter am Thema der funktionalen Oberflächen gearbeitet. Ziel ist eine antiadhäsive, mechanisch stabile Beschichtung für die Applikation auf Edelstahl und Kunststoff. Mehr Informationen zu den Beschichtungen und Testergebnissen sind ersichtlich im Bericht der EADS.

6.2. AP 2 Intelligenter Kunststoff- Abwassertank

Das Arbeitspaket startete mit der Konzeptionsphase. An die Konzeptionsphase schloß sich die Erarbeitung von Anforderungen an. Im Anschluß wurde aus dem Anforderungskatalog eine Spezifikation erarbeitet.

Zu den Testschritten und Testergebnissen sei auf den Test Report TR 500 0312 12 unter Anhang A verwiesen.

Zusammengefaßt folgende Ergebnisse:

- Brennbarkeit und Rauchentwicklung durchgeführt bei Airbus Bremen und DLR:
CFK: Test Rauchentwicklung und Giftigkeit der Gase nach ABD0031 bestanden
CFK beschichtet: Test Rauchentwicklung und Giftigkeit der Gase nach ABD0031 bestanden
PE: Test Rauchentwicklung und Giftigkeit der Gase nach ABD0031 und Bunsenbrennertest nach FAR/JAR bestanden
- Bestimmungen von Werkstoffkennwerten in verschiedenen Umgebungsmedien an der Technischen Universität München:
Ermittlung der Haftfestigkeit:
Ein Vorhandensein der MESH zwischen dem Kunststoff und CFK führt zu einer Erhöhung der Haftfestigkeit
Es wurden ähnliche Werte, wie bei einer Verbindung Edelstahl zu Kohlefaser ermittelt.
Zug-, Biege- und Schälversuche unter tiefen (-15°C) und hohen (70°C) Temperaturen:
Kein Einfluß der Medien Urbaktol, Cola und Palmolive auf die Versuchsergebnisse, auch der Elastizitätsmodul von behandelten und unbehandelten Proben unterscheidet sich kaum
Schälversuche unter dem Einfluß von Temperaturwechsel und Reinigungschemikalien, wie Honeybee 60, Urbaktol und Palmolive:
Es wurden keine signifikanten Veränderungen an den Meßergebnissen festgestellt.
Eine Erhöhung der Aushärtetemperatur von 80°C auf 120°C hatte keinen Einfluß auf die Meßergebnisse.
Die Meßergebnisse werden durch eine feucht-heiße Behandlung der Proben negativ beeinflusst.
- Lebensdauertest bei AOA:
Es wurde ein Dauertest mit 300.000 Spülzyklen bei $\Delta p=570\text{mbar}$ durchgeführt. Es sind keine Fehler am Kunststoff- Abwassertank festgestellt worden.
- EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit) bei SERCO in Ottobrunn:
Die Versuche hinsichtlich Lightning, Radiated and Conducted Emission / Susceptibility sind erfolgreich bestanden.

Die Grundfunktionen wurden erfolgreich verifiziert, siehe Anhang A, §4 und §5.

Antragskennung: 14nQAF2I		- 14 -
-----------------------------	--	--------

6.3. AP 3: Wasserloses Urinal

Das Arbeitspaket startete mit der Konzeptionsphase. An die Konzeptionsphase schloß sich die Erarbeitung von Anforderungen an. Im Anschluß wurde aus dem Anforderungskatalog eine Spezifikation erarbeitet.

Die Firma alpha Engineering Services wurde beauftragt eine Literaturrecherche durchzuführen. Anschließend wurde gemeinsam eine Konzeptstudie erarbeitet. Folgende Beispiele aus der Konzeptstudie für ein rein mechanisches Urinalventil.

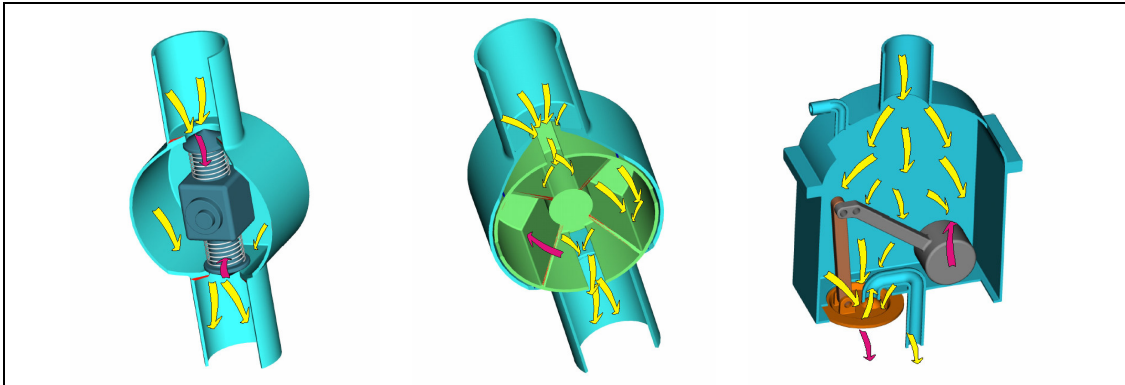


Abbildung 11: Beispiele aus der Konzeptstudie

Mehrere Ideen wurden auf Ihre Verwendbarkeit hin überprüft.

Ausgewählt wurde ein Ventilkonzept siehe Abbildung 12. Dabei fungiert ein oberer Schwimmer als Geruchsventil. In einem Sammelbehälter steigt der Flüssigkeitsspiegel an, bis sich der untere Schwimmer öffnet. Durch die Anbindung an das Vakuum-Toilettensystem wird nun der Inhalt drainiert. Das Ventil ist so konstruiert, daß es im Falle eines Defektes als Line Replaceable Unit schnell ausgetauscht werden kann.

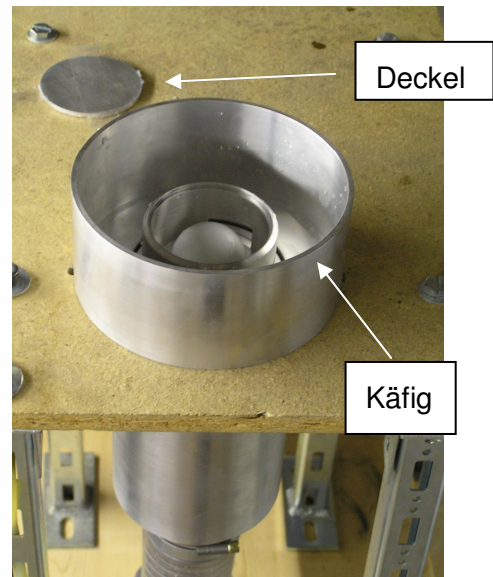
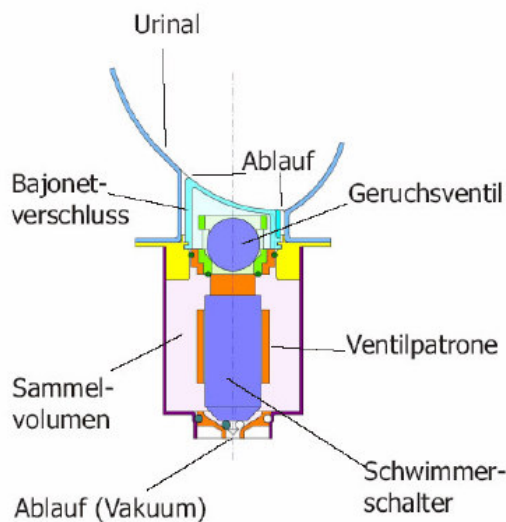


Abbildung 12: Modell und Beschreibung des Schwimmerventils und Prototyp 1

Antragskennung: 14nQAF2I	- 15 -
-----------------------------	--------

Anschließend wurde der Prototyp 1 an ein Vakuum- Toilettensystem bei AOA in Gauting angeschlossen. Zu den Versuchen und Ergebnissen siehe in TR 500 0312 24 unter Anhang B.

In Zusammenarbeit mit der TU Berlin sind die Geruchsverschlüsse diverser wasserloser Urinalhersteller in Kombination mit einem Flugzeug Drainageventil und das wasserlose AOA Vakuumventil miteinander verglichen worden. Der Teststand wurde um ein Bypass- Ventil erweitert, um seine Erfordernis zu betrachten.

Ziel war die funktionale Betrachtung dieser herkömmlichen Drainageprinzipien bei einem Anschluß an ein Vakuumsystem. Auch hier sei bezüglich der Ergebnisse auf den Bericht der TU Berlin verwiesen.

Antragskennung: 14nQAF2I		- 16 -
-----------------------------	--	--------

Anhang A

Test Report „Intelligenter Kunststoff Abwasser Tank“
Ges. Seitenzahl: 16

Antragskennung: 14nQAF2I		- 17 -
-----------------------------	--	--------

Anhang B

Test Report „Funktion Schwimmventil“
Ges. Seitenzahl: 13

Antragskennung: 14nQAF2I		- 18 -
-----------------------------	--	--------

Date of 1st issue:

April 13, 2006

Test Report

Intelligenter Kunststoff Abwasser Tank

Projekt: LuFolll – KATO – TP01 „Wasserlose Toilette“ – AP02 „Intelligenter Kunststoff Abwasser Tank“

Technische Spezifikation:

ES 500 0312 10

Lieferanten Name and Adresse:

AOA apparatebau gauting gmbh
Ammerseestraße 45 – 49
D – 82131 Gauting

Geschrieben von:

G. Heron
.....
(Name)

13.04.2006
.....
(Datum)

[Signature]
.....
(Unterschrift)

Kontrolliert von:

K. Thudt
.....
(Name)

13.04.2006
.....
(Datum)

[Signature]
.....
(Unterschrift)

April 13, 2006		
----------------	--	--

Gesamtseitenzahl: 39

CHANGE RECORD

Issue	Datum	Seite/Para.	Beschreibung	Approval
1	April 13, 2006		Erste Issue	Mann

April 13, 2006		- ii -
----------------	--	--------

TABLE OF CONTENTS

	Page
1. EINFÜHRUNG	1
1.1. Ansprechpartner.....	1
2. LITERATURVERZEICHNIS	2
3. MATERIALUNTERSUCHUNGEN	3
3.1. Materialaufbau	3
3.2. Zielsetzung.....	3
3.3. PVDF- Vorversuche	3
3.4. Polypropylen PPs weiß	4
3.4.1. Materialauswahl und Probenaufbau	4
3.4.2. Prüfungen	4
3.4.3. Probenkonditionierung	4
3.4.4. Prüfergebnisse und Zusammenfassung	5
3.4.5. Thermische Bauteil-Bewertung	5
3.5. Polyethylen PE-HD.....	6
3.5.1. Materialauswahl	6
3.5.2. Prüfungen	6
3.5.3. Probenkonditionierung	6
3.6. Zusammenfassung.....	7
4. FERTIGUNGSENTWICKLUNG SENSOR	8
4.1. Wandaufbau.....	8
4.2. „One-shot“ Verfahren	8
4.3. „Three-shot“ Verfahren.....	8
4.4. Zusammenfassung.....	9
5. VERSUCHSMAßNAHMEN AN DER MEßSENORIK	10
6. TERMINPLAN	11

Abkürzungen

Notiz:Nur nicht standardisierte Abkürzungen sind hier aufgeführt

<u>Abkürzung</u>	<u>Bedeutung</u>
ABD	Airbus Directives
EMV	Elektro- magnetische Verträglichkeit
ES	Equipment Spezifikation
F&E	Forschung und Entwicklung
PE	Polyethylen
PPs	Polypropylen weiß
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics

1. **EINFÜHRUNG**

Airbus Deutschland und AOA apparatebau gauting gmbh entwickeln innerhalb der Luftfahrtforschung LuFo III einen intelligenten Kunststoff Abwasser Tank. Die F&E Aktivitäten finden im Rahmen von KATO – Innovative Kabinentechnologien statt. Der Kunststoff Abwasser Tank soll in das Vakuum- Toilettensystem eines Flugzeugs integriert werden. Um den aktuellen Füllstand zu ermitteln, ist eine berührungslose Sensorik auf kapazitiver Basis vorgesehen. Die Meßtechnik wird in den Materialverbund integriert.

Dieses Dokument beschreibt die Testaktivitäten bezüglich des Materialaufbaus und der Meßtechnik für das o.a. Gerät. Inhalt ist eine Übersicht über die bisher durchgeführten Prüfungen, deren Ergebnisse und ein Ausblick über weitere Aktivitäten.

Gerät: **Intelligenter Kunststoff Abwasser Tank**

Hergestellt von: **AOA apparatebau gauting gmbh**
Ammerseestraße 45-49
D-82131 Gauting

Note: All trademarks referenced in this document are the property of their owners.

1.1. **Ansprechpartner**

AIRBUS Deutschland GmbH
Kreetslag 10
21129 Hamburg

Christian SEIBT
Tel: +49 (40)743 – 86833
email: christian.seibt@airbus.com

AOA apparatebau gauting gmbh
Ammerseestraße 45-49
82131 Gauting

Steffen MANN
Tel: +49 (89)89317 – 251
email: steffen.mann@aoa-gauting.de

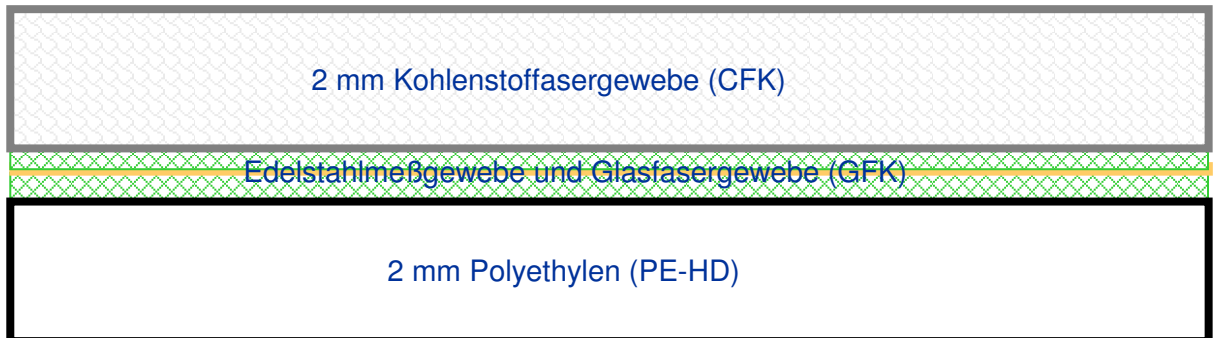
2. **LITERATURVERZEICHNIS**

Document No	Issue	Title	Reference
ES 500 0312 10	1	Equipment Specification for Intelligent Plastic-CFRP Waste Tank	Spec
RTCA DO160	D	Environmental Conditions and Test Procedures in Airborne Equipment	RTCA
ABD0100	-	Equipment – Design – General Requirements for Supplier	ABD100

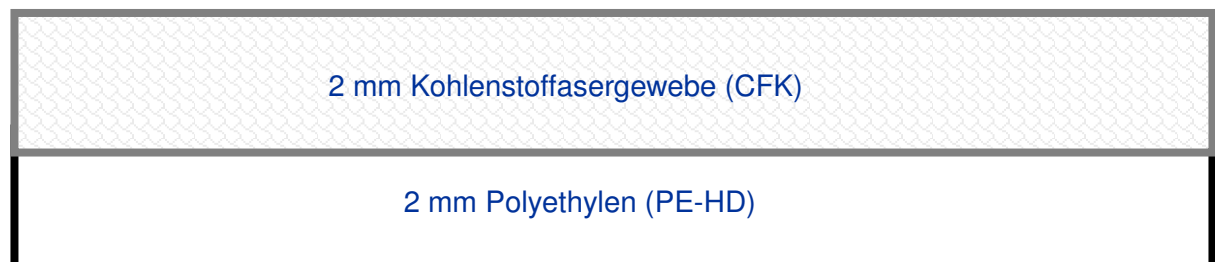
3. MATERIALUNTERSUCHUNGEN

3.1. Materialaufbau

Materialaufbau im Meßbereich



Materialaufbau sonstiger Bereich



3.2. Zielsetzung

Für die Funktion des Vakuumtanks ist es unerlässlich, daß die Haftung zwischen abdichtendem Liner (PPs) und tragender CFK- Hülle gewährleistet ist.

Hierfür sind Stirnabzugs- und Schälversuche üblich.

Zur Beurteilung der Schlagfestigkeit werden Impact-Versuche mit anschließender Ultraschallprüfung durchgeführt.

Weiterhin wird die Beeinflussung der Materialeigenschaften durch verschiedene Medien untersucht.

3.3. PVDF- Vorversuche

Vor der Fertigung der eigentlichen Proben werden Vorversuche mit einem PVDF- Liner durchgeführt, um den Materialverbund erstmalig zu verifizieren.

Die Vorversuche bestätigten die Versuchsanordnung und geben erste orientierende Meßwerte zur Haftung.

3.4. Polypropylen PPs weiß

3.4.1. Materialauswahl und Probenaufbau

Das Material PPs wird wegen seiner Medienbeständigkeit und Brandeigenschaften als Liner ausgewählt.

Linermaterial: 2 mm dick mit einseitiger Polyesterwebekaschierung

CFK: Kohlenstofffasergewebe mit Epoxydmatrix, ca. 2 mm dick

Zusätzlich Proben mit eingelegtem Edelstahlgewebe und GFK-Isolierlagen.

Die Probepplatten werden abgelegt und gehärtet. Für die Schälproben werden Folienstreifen eingelegt, die einen definierten Anriß gewährleisten.

Die Probenherstellung und Prüfung erfolgen in zwei Kampagnen, da nachträglich weitere Medien hinzugefügt werden.

3.4.2. Prüfungen

Durchgeführt werden Prüfungen nach

- Liner-Zugversuch (ohne CFK-Beschichtung) nach DIN EN ISO 1873 T1/2
- Liner-Biegeversuch (ohne CFK-Beschichtung) nach DIN EN ISO 178 mit zusätzlichen, spezifischen Festlegungen
- Schälversuch nach DIN EN 28510 T1 / ISO 8510-1 mit zusätzlichen, spezifischen Festlegungen
- Impact Test nach spezifischen Festlegungen, Impact in Anlehnung an DIN EN ISO 65561

3.4.3. Probenkonditionierung

Die Proben werden mit den folgenden Medien und Bedingungen konditioniert bzw. befeuchtet:

- Urbaktol (Desinfektionsmittel mit Tensiden)
Mischung: 50% Urbaktol und 50% deionisiertes Wasser
Temperatur: 50 ±5 °C
Dauer: 720 h min.
- Honeybee 60 (Reinigungs- und Entkalkungsmittel)
Mischung: 50% Honeybee und 50% deionisiertes Wasser
Temperatur: 50 ±5 °C
Dauer: 720 h min.
- Palmolive (Geschirrspülmittel)
Mischung: 20% Palmolive und 80% deionisiertes Wasser
Temperatur: 50 ±5 °C
Dauer: 720 h min.

- Essig (5%)
Mischung: 50% Essig (5%) und 50% deionisiertes Wasser
Temperatur: $50 \pm 5^\circ\text{C}$
Dauer: 720 h min.
Diese Proben sind durch ein Versagen der Tempervorrichtung zerstört worden.
- Pepsi-Cola
Mischung: 50% Cola und 50% deionisiertes Wasser
Temperatur: $50 \pm 5^\circ\text{C}$
Dauer: 720 h min.
- Wasser (deionisiert)
Temperatur: $80 \pm 5^\circ\text{C}$
Dauer: 2000 h min.

3.4.4. Prüfergebnisse und Zusammenfassung

Nach erfolgter Konditionierung wird die Massenzunahme der Proben ermittelt. Diese liegt bei 0,5 bis 1,5%.

Anschließend werden die Proben geprüft und die Meßwerte mit den unkonditionierten (neuen) Proben verglichen.

Die Liner-Zugproben sind unverändert.

Die Liner-Biegeproben erfahren einen Festigkeitsverlust von 5 – 20%.

Bei den medienkonditionierten Schälproben wird für die Proben mit Edelmetallgewebe kein signifikanter Festigkeitsverlust beobachtet. Bei den Proben ohne Edelmetallgewebe ist ein geringer Abfall der Schälfestigkeit feststellbar. Die quantitative Auswertung wird durch die hohe Streuung der Meßwerte erschwert.

Bei den Impactversuchen wird keine Schädigung festgestellt.

Die befeuchteten Schälproben, die zusätzlich bei $+70^\circ\text{C}$ geprüft werden, zeigen einen massiven Abfall der Schälfestigkeit. Vermutlich wird dies von der hohen Temperatur der Konditionierung, die im Bereich der Aushärtetemperatur des Matrixsystems liegt, verursacht. Die hohe Temperatur wird gewählt, um eine möglichst schnelle Sättigung der Proben mit Wasser zu erreichen. Eine spätere Kampagne bestätigt diese Vermutung (siehe Kapitel 3.5.3).

3.4.5. Thermische Bauteil-Bewertung

Im Versuch mit Probenmuster treten bei Temperaturen unter -20°C Risse auf. Hierdurch kommt es zu massiven Undichtigkeiten.

Die genauere Untersuchung der Ursachen zeigte, daß bei PPs der sog. Glasübergangspunkt, wo sich die Materialeigenschaften un stetig hin zu einem spröden Verhalten ändern, bei etwa -5°C liegt. Darunter nimmt die Reißdehnung massiv ab.

Durch die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Liner und CFK- Schale entstehen beim Abkühlen Dehnungen im Liner, die offensichtlich über der Reißdehnung bei diesen Temperaturen liegen.

Ein Ersatzwerkstoff muß gefunden werden.

3.5. Polyethylen PE-HD

3.5.1. Materialauswahl

Da zwischenzeitlich die Forderungen bzgl. Brandverhalten reduziert wurden, ist PE eine mögliche Alternative. Hier liegt die Glasübergangstemperatur deutlich niedriger, etwa bei -70°C . Die bei PPs beobachteten Kälterisse sind somit nicht zu befürchten.

Es zeigen sich in der Verarbeitung, insbesondere beim Schweißen, verstärkt Schwierigkeiten durch den höheren Verzug. Durch einen höheren Vorrichtungsaufwand sind die Schwierigkeiten beherrschbar.

3.5.2. Prüfungen

Mit dem PE- Liner werden dieselben Materialprüfungen wie mit dem PPs- Liner durchgeführt. Da die PP-Versuche keinen schädlichen Einfluß des eingelegten Edeltahlgewebes zeigen, wird auf diesen Probenaufbau beim PE verzichtet.

3.5.3. Probenkonditionierung

Die erfolgreichen Medienkonditionierungen kann von PPs auf PE übertragen werden und wird nicht wiederholt. Lediglich die Prüfung bzgl. Essig wird mit PE durchgeführt. Außerdem wird die Befeuchtung mit geänderten Parametern wiederholt.

Die Proben werden mit Essig unter folgenden Bedingungen konditioniert bzw. befeuchtet:

- Essig (5%)
Mischung: 50% Essig (5%) und 50% deionisiertes Wasser
Temperatur: $50 \pm 5^{\circ}\text{C}$
Dauer: 720 h min.
- Wasser (deionisiert)
Temperatur: $50 \pm 5^{\circ}\text{C}$
Dauer: 3800 h min.

Nach erfolgter Konditionierung wird die Massenzunahme der Proben ermittelt. Diese liegt bei den Essig- und Feuchteproben bei 0,6%.

Anschließend werden die Proben geprüft und die Meßwerte mit den unkonditionierten (neuen) Proben verglichen.

Die Liner-Zugproben sind unverändert.

Die Liner-Biegeproben erfahren einen Festigkeitsverlust von 20%.

Bei den medienkonditionierten Schälproben wird kein signifikanter Festigkeitsverlust beobachtet.

Bei den Impactversuchen werden bleibende Verformungen der Lineroberfläche aber keine Schädigungen festgestellt.

Die befeuchteten Schälproben, die bei $+70^{\circ}\text{C}$ geprüft werden, zeigen keinen Abfall gegenüber den unkonditionierten Proben. Gegenüber den unkonditionierten, bei Raumtemperaturen geprüften Proben ergibt sich ein Abfall auf 80%. Hierdurch wird nachgewiesen, daß der massive Festigkeitsabfall bei der PPs Kampagne auf die hohen Temperaturen bei der Konditionierung zurückzuführen sind (siehe 3.4.4).

3.6. Zusammenfassung

Im Rahmen von mehreren Probenkampagnen wird nachgewiesen, daß das gewählte Linermaterial PE-HD bzgl. Medienbeständigkeit und Feuchtigkeitsaufnahme für das Tanksystem geeignet ist.

Darüber hinaus konnte die ausreichende Haftung des Liners an der CFK- Hülle, auch unter verschärfter Medienbeanspruchung bestätigt werden.

Die Impactempfindlichkeit hat sich als unkritisch erwiesen.

4. **FERTIGUNGSENTWICKLUNG SENSOR**

4.1. **Wandaufbau**

Von innen nach außen wird die Wand im Bereich der Füllstandssensoren folgendermaßen aufgebaut siehe Kapitel 3.1:

- PE-Liner, 2 mm mit Kaschierung
- Sensormesh
- zwei Lagen Glasfasergewebe, getränkt mit Epoxydmatrix
- Guardmesh
- zwei Lagen Glasfasergewebe, getränkt mit Epoxydmatrix
- CFK- Wickelaufbau

Das Sensormesh bildet mit der Flüssigkeit im Tank einen Kondensator, dessen Kapazität sich über dem Füllstand ändert. Das Guardmesh schirmt den Sensor von äußeren Einflüssen ab.

Die Glasfasergewebelagen dienen einzig dazu, die Meshes untereinander und das Guardmesh von der CFK- Hülle elektrisch zu isolieren.

4.2. **„One-shot“ Verfahren**

Zunächst wird der Wandaufbau, wie oben dargestellt, in einem Fertigungsablauf, d.h. ohne zwischengelagertem Härtungsschritt durchgeführt.

Dabei zeigen sich immer wieder Kurzschlüsse zwischen Guardmesh und CFK. Dies ist nachträglich nur bedingt reparierbar. Die Fertigungsqualität kann nicht gewährleistet werden.

Nachdem Kontaktstellen an den Leitungsanschlüssen und Schnittkanten der Meshes ausgeschlossen werden, liegt die Ursache darin, daß Kohlenstofffasern die noch weichen Isolationslagen durchdringen und somit die Kurzschlüsse verursachen.

4.3. **„Three-shot“ Verfahren**

Um Kurzschlüsse zu vermeiden werden Zwischenhärtungen der Isolationslagen eingeführt.

Dies bedeutet, daß nach Auflegen der ersten Isolationslage ein Härtungsschritt erfolgt, der diese stabilisiert. Nach der zweiten Isolationslage wird dieser Schritt wiederholt.

Dadurch wird erreicht, daß bei Beginn des Wickelprozesses mit leitenden Kohlenstofffasern das darunter liegende Sensorpaket bereits gehärtet ist. Einzelne Fasern können somit nicht mehr durch die Isolationslagen dringen und Kontakte verursachen.

4.4. Zusammenfassung

Durch die zweifache Zwischenhärtung entsteht potentiell die Gefahr von schlechter Anhaftung der darüber liegenden Schichten. Dies muß per Versuch verifiziert werden.

An einem Versuchstank wird Probenmaterial hergestellt, nach dem „One-Shot“ als auch nach dem „Three-shot“ Verfahren. In den jeweiligen Trennschichten wurden Folien eingelegt, um einen definierten Anriß zu erzeugen.

Aus diesem Material wurden gleichartige Proben gefertigt und getestet. Es wird im direkten Vergleich gezeigt, daß die Anbindung der CFK- Hülle an die zwischengehärtete Schicht gegenüber der ungehärteten Schicht keinen signifikanten Festigkeitsabfall aufweist.

5. VERSUCHSMAßNAHMEN AN DER MEßSENORIK

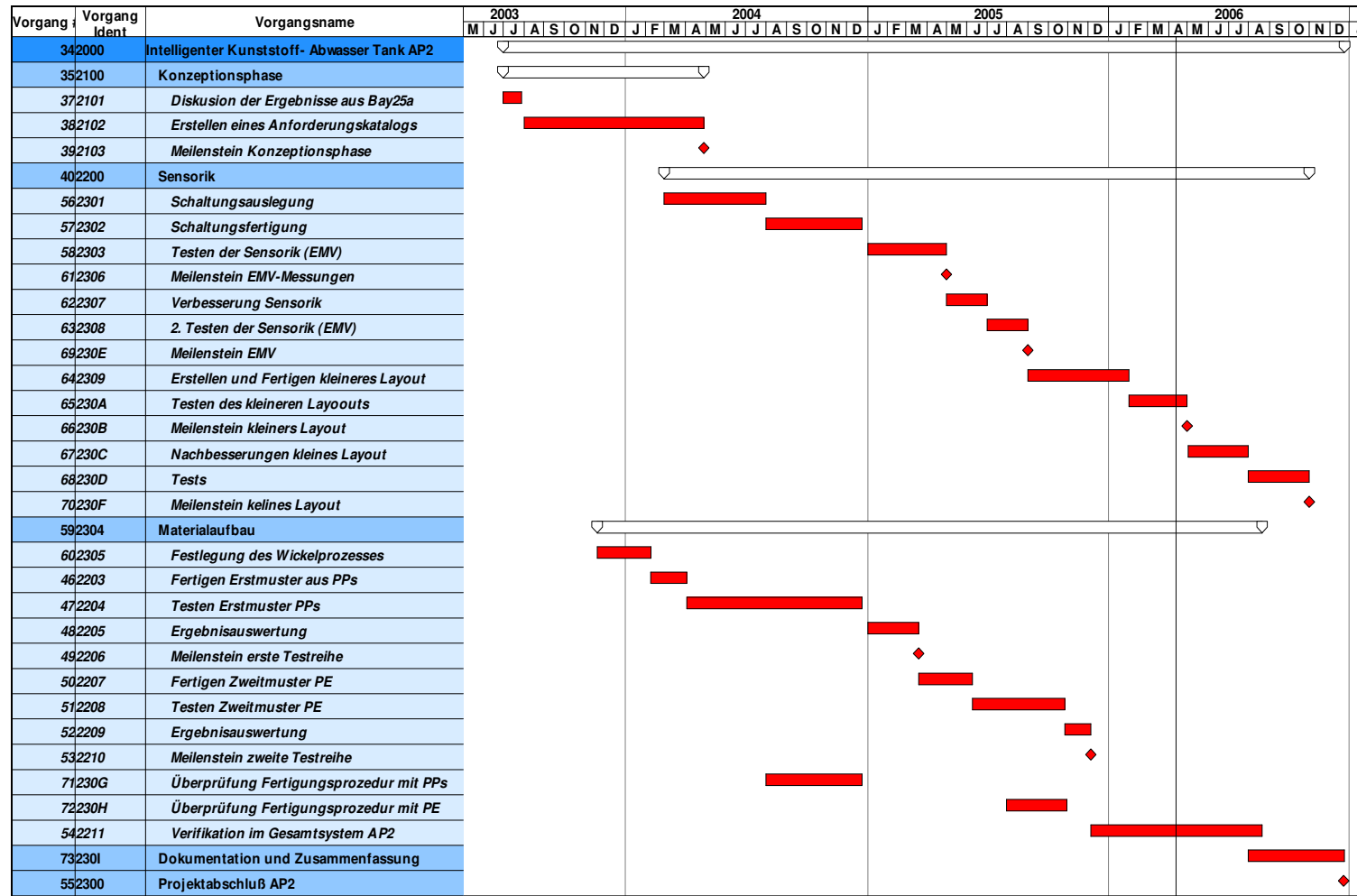
Die Sensorik wie oben beschrieben, dient zur Ermittlung des Füllstandes innerhalb des Kunststoff Abwasser Tanks. Grundvoraussetzung für den Einsatz im Flugzeug ist das Bestehen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV). Die Anforderungen sind in der RTCA DO 160 und der ABD0100 definiert. In diesen Dokumenten sind die Richtwerte, Grenzen und Testkurven verzeichnet. Hinsichtlich eines zukünftigen Einsatzbereiches im Flugzeug werden die engeren Bedingungen wie folgt definiert.

- RTCA DO160D Section 20 §20.4 Category U und ABD0100.1.2 §3.3.2, §3.3.3
- RTCA DO 160D Section 18 §18.3.1 Category A
- RTCA DO160D Section 19 §19.3 Category Z
- RTCA DO160D Section 21 §21.3, §21.4, §21.5 Category M

Im 1. Halbjahr 2005 wurden mit dem derzeitigen Layout EMV Messungen durchgeführt. Die Ergebnisse bedingen eine Verbesserung der EMV- Eigenschaften. Bis zum Ende des Jahres 2005 sind Änderungen erfolgreich vorgenommen worden. Die EMV- Messungen sind erfolgreich bestanden. Bezüglich des Einflusses von Störstrahlen besitzt die Elektronik eine 40%-ige Sicherheit.

In 2006 werden Maßnahmen zur Steigerung der Meßgeschwindigkeit durchgeführt. Dadurch wird ein höherer Meßstrom möglich. Dies führt wiederum zu einer erhöhten Immunität gegen Störeinstrahlung. Alternativ kann bei konstanter Spannung die Fläche des Mesh verkleinert werden.

6. **TERMINPLAN**



Date of 1st issue: **September 29, 2005**

Test Report

Funktion Schwimmerventil

Projekt: LuFoll – KATO – TP01 „Wasserlose Toilette“ – AP03 „Wasserloses Urinal“

Technische Spezifikation:

TP 01 Waterless Toilet / “Waterless Urinal Assembly with Anti Adhesive Coating”

Lieferanten Name and Adresse:

AOA apparatebau gauting gmbh
Ammerseestraße 45 – 49
D – 82131 Gauting

Geschrieben von:

K. E. MANN
.....
(Name)

25.07.2007
.....
(Datum)

[Signature]
.....
(Unterschrift)

Kontrolliert von:

D. K. THUDI
.....
(Name)

25.07.07
.....
(Datum)

[Signature]
.....
(Unterschrift)

Gesamtseitenzahl: 13

CHANGE RECORD

Issue	Datum	Seite/Para.	Beschreibung	Approval
1	Sept. 19, 2005		Erste Issue	
2	Juli 25,2007	§5	Hinzufügen des Kabinendrucks von 752,5mbar	
		§7	Überarbeitet	

TABLE OF CONTENTS

	Page
1. EINFÜHRUNG	1
2. LITERATURVERZEICHNIS	2
3. TESTGERÄTE	3
4. EINFÜHRUNG	4
5. TESTDURCHFÜHRUNG	5
6. TESTERGEBNISSE	6
6.1.1. $\Delta p_1 = 250$ mbar	6
6.1.2. $\Delta p_2 = 300$ mbar	6
6.1.3. $\Delta p_3 = 570$ mbar	6
6.1.4. $\Delta p_4 = 600$ mbar	7
7. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	8

Abkürzungen

Notiz: Nur nicht standardisierte Abkürzungen sind hier aufgeführt

Abkürzung

Bedeutung

1. **EINFÜHRUNG**

Airbus Deutschland und AOA apparatebau gauting gmbh entwickeln innerhalb der Luftfahrtforschung LuFo III ein wasserloses Urinal. Die F&E Aktivitäten finden im Rahmen von KATO – Innovative Kabinentechnologien statt. Das wasserlose Urinal soll in das Vakuum-Toilettensystem eines Flugzeugs integriert werde. Als mechanische Schnittstelle zwischen Urinalschüssel und Vakuumsystem fungiert ein doppelt wirkendes Schwimmerventil.

Dieses Dokument beschreibt die Verifikation des doppelt wirkenden Schwimmerventils für den Zweck der Drainage des Inhaltes eines Urinals in ein Vakuumsystem.

Gerät: **Schwimmerventil Prototyp 1**

Hergestellt von: **alpha Engineering Services GmbH**
Heßheimer Straße 2
67227 Frankenthal

Unter Verantwortung von: **AOA apparatebau gauting gmbh**
Ammerseestr. 45-49
D-82131 Gauting

Note: All trademarks referenced in this document are the property of their owners.

1.1. **Ansprechpartner**

AIRBUS Deutschland GmbH
Kreetslag 10
21129 Hamburg

Christian SEIBT
Tel: +49 (40)743 – 86833
email: christian.seibt@airbus.com

AOA apparatebau gauting gmbh
Ammerseestraße 45-49
82131 Gauting

Steffen Mann
Tel: +49 (89)89317 – 251
email: steffen.mann@aoa-gauting.de

2. **LITERATURVERZEICHNS**

Document No	Issue	Title	Reference
ECYS2- X38SP0401766_v1	D	Waterless Urinal Assembly with Anti Adhesive Coating	Spec

3. TESTGERÄTE

Folgende Testgeräte wurden für die Versuche genutzt:

- Vakuumanlage mit regelbarem Vakuum
- Vakuumtoilettenprüfstand für Gerätetests A340
- Digitalkamera

4. EINFÜHRUNG

Im Rahmen des Forschungsprogrammes LuFo III, TP01 „Wasserlose Toilette“ wird unter anderem das Arbeitspaket „Wasserloses Urinal“ bearbeitet.

Aufgabe des Arbeitspaketes ist es den Einsatz eines wasserlosen Urinals als Bestandteil des Vakuumtoilettsystems in der Luftfahrt zu überprüfen. Wasserlose Urinal finden bereits Verwendung in öffentlichen Toiletten, die Herkömmlicherweise schwerkraftbetrieben sind.

Die Firmen AOA und alpha haben als Aufgabe die Entwicklung eines Ventils als Schnittstelle zwischen Urinal und Vakuumtoilettsystem übernommen.

Basierend auf unterschiedlichen Konzeptentwürfen ist ein erster Prototyp entstanden. Dieser Prototyp soll auf seine Hauptfunktionen hin untersucht werden. Dies ist die Aufgabe der in diesem Dokument beschriebenen Tests.

Bei dem zu testenden Schwimmerventil handelt es sich um ein rein mechanisches Ventil mit zwei Schwimmern, das die Auftriebskraft nutzt, um ein Ablauf zum Vakuumtoilettsystem zur Drainierung von Flüssigkeiten freizugeben. Vorherige Untersuchungen haben den Minstdurchmesser der Öffnung bei maximal anliegendem Unterdruck berechnet.

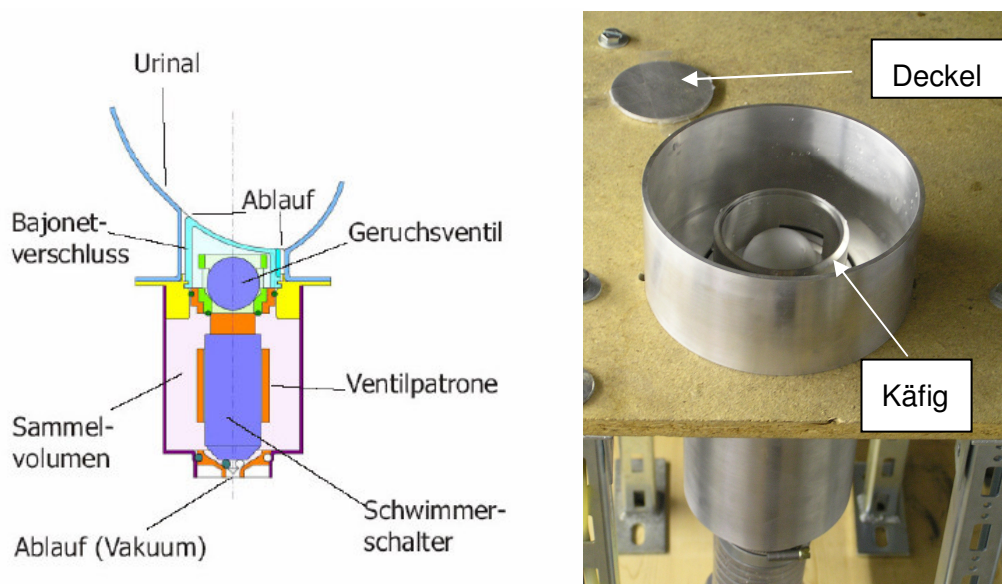


Abbildung 1: Modell und Beschreibung des Schwimmerventils und Prototyp 1

Das Ventil besitzt einen Deckel, mit dem der Käfig der Schwimmerkugel abgedeckt werden kann.

5. TESTDURCHFÜHRUNG

Die Versuche wurden bei folgenden Umgebungsbedingungen durchgeführt:

Umgebungsdruck: $p_{amb} = 970 \pm 10$ mbar

(Im Vergleich dazu herrscht ein Kabinendruck von 752,5mbar vor.)

Umgebungstemperatur: $T_{amb} = 23 \pm 5$ °C

Umgebungsfeuchte: $H_{amb} = 60 \pm 10\%$ RF

Die Versuche wurden bei folgenden Variationen durchgeführt:

Wassermenge je Versuch: 200 ml

Verschmutzungen: Hanffasern als Haarsubstitut

Neigungswinkel: 0° 3° 5° 10° 20°

Druckdifferenzen: $\Delta p_1 = 250$ mbar

$\Delta p_2 = 300$ mbar

$\Delta p_3 = 570$ mbar

$\Delta p_4 = 600$ mbar

Erstens werden die Versuche unter den unterschiedlichen Druckdifferenzen mit Wasser durchgeführt. Ziel ist die Funktionsfähigkeit des Schwimmerventils unter diesen Bedingungen, d.h. die Effizienz der Wasserdrainage und die Geräuschentwicklung zu ermitteln.

Zweitens werden dem Wasser Hanffasern zur Simulation von Haaren beigegeben und unter den entsprechenden Druckdifferenzen nochmals gespült.

Drittens werden die Versuche unter den verschiedenen Neigungswinkeln nochmals durchgeführt.

6. TESTERGEBNISSE

6.1.1. $\Delta p_1 = 250 \text{ mbar}$

0° Neigung

200ml reines Wasser

ohne Ventildeckel

- schneller Abfluß
- kleine Restwassermenge

mit Deckel

- schnellerer Abfluß
- keine Restwassermenge

3° Neigung

Keine Änderung zu den Versuchen unter 0° Neigung.

5° Neigung

Restwasser verbleibt im Ventil durch die Schräglage.

10° Neigung

Der obere Schwimmer kommt neben der Drainageöffnung zum Liegen. Damit ist das Ventil nach der Drainage des Urinalinhaltes nicht mehr geschlossen.

20° Neigung

Keine Versuche durchgeführt.

Bei allen Versuchen ist keine Geräuschemission beobachtet worden. Deshalb ist keine Lärmentwicklung gemessen.

6.1.2. $\Delta p_2 = 300 \text{ mbar}$

Die Versuche unter den Neigungswinkeln verhalten sich ähnlich zu den Versuchen unter §6.1.1.

Bei der Drainage des Wassers wurde beobachtet, daß der Schwimmer intervallartig öffnet und schließt. Dieses pulsierende Drainieren resultiert aus dem Wechsel zwischen Auftriebskraft des Schwimmers und Vakuumkraft.

Auch bei diesem Versuch verbleibt Restwasser im Ventil.

Beim Versuch der Verschmutzung mit Hanffasern verbleibt weniger Restwasser im Ventil.

6.1.3. $\Delta p_3 = 570 \text{ mbar}$

Die Versuche unter den Neigungswinkeln verhalten sich ähnlich zu den Versuchen unter §6.1.1.

Das pulsierende Drainieren des Inhaltes wurde auch hier beobachtet.

Auch bei diesem Versuch verbleibt Restwasser im Ventil.

Beim Versuch der Verschmutzung mit Hanffasern verbleibt weniger Restwasser im Ventil.

6.1.4. $\Delta p_4 = 600 \text{ mbar}$

Die Versuche unter den Neigungswinkeln verhalten sich ähnlich zu den Versuchen unter §6.1.1.

Das pulsierende Drainieren des Inhaltes wurde auch hier beobachtet.

Auch bei diesem Versuch verbleibt Restwasser im Ventil.

Die Drainage mit Wasser und die Drainage mit Wasser und Hanffasern zeigen keine Unterschiede in ihrer Art, ihrer Restwassermenge im Ventil und ihrer Geräusentwicklung.

7. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Es ist über alle Druckbereiche eine gute bis sehr gute Drainage über den Schwimmer gegeben. Sowohl bei maximalem und minimalem Δp sind ähnliches Spülverhalten zu beobachten. Einzig die Kontinuität des Spülvorganges ist abhängig von der Druckdifferenz. Bei steigendem Δp steigt auch die Kraft des Vakuums, die den Schwimmer in Position hält. Es wenn die Auftriebskraft des Schwimmers größer als die Vakuumkraft ist, gibt der Schwimmer die Drainageöffnung frei. Bis $\Delta p = 300$ bar herrscht ein kontinuierliches Drainieren. Ab $\Delta p = 300$ bar ist die Flüssigkeitsdrainierung diskontinuierlich in vom Δp abhängigen Intervallen.

Es wurden während der Versuche keine Geräuschemissionen festgestellt. Das Schwimmerventil arbeitet vollkommen geräuscharm.

Bis zu einem Neigungswinkel von 3° ist keine Beeinträchtigung festzustellen. Ab einem Neigungswinkel von 5° verbleibt Restwasser im Ventil. Ab einem Neigungswinkel von 10° besteht die Möglichkeit, daß der Schwimmer nicht direkt auf der Auslaßöffnung zu liegen kommt und den Auslaß nicht korrekt verschließt.

Deshalb sollte Boden des Schwimmerventils zur Auslaßöffnung hin konisch abfallend konstruiert werden, um die verbleibende Restwassermenge zu verringern. Weiterhin ist der Schwimmer durch einen Käfig besser zu fixieren, sodaß eine optimale Funktion auch bis zu Neigungswinkeln von 15° gewährleistet ist.