

EINSATZ DER SIMULATION BEI DER ENTWICKLUNG INNOVATIVER KABINENKONZEPTE FÜR ZUKÜNFTIGE VERKEHRSFLUGZEUGE

S. Tieck, A. Schirrmann, W. Glahn (Airbus Deutschland GmbH)
EADS Deutschland GmbH - Corporate Research Centre Germany
Neßpriel 1, 21129 Hamburg

ÜBERSICHT

Die Integration verschiedener Simulationskonzepte innerhalb von Kabinenentwicklungsprozessen (etwa die Kombination der elektrischen Systemsimulation mit der Simulation von Kabinenprozessen) ist notwendig, um zu neuartigen Lösungen zu gelangen. Solche Lösungen entstehen durch die Kombination verschiedener Technologien benachbarter Domänen, zum Beispiel von Kommunikationsnetzen mit intelligenten elektrischen Verbrauchern und neuen Logistik- und Servicekonzepten. Die gestiegene Komplexität solcher Entwicklungen erfordert allerdings neue, interdisziplinäre Ansätze beispielsweise über eine Integrationsplattform. Hier kann die Simulation als Methode und Kommunikationsmittel eingesetzt werden.

1. EINLEITUNG

Die stetige Zunahme elektrischer Verbraucher in modernen Verkehrsflugzeugen wie neue Inflight Entertainment Systeme (IFE) oder Internet Onboard Systeme sowie der Trend zur „Elektrifizierung“ heute nicht-elektrischer Systeme (Klimaanlage, mechanisch/hydraulischen Aktuatoren usw.) hat wie schon in einem Beitrag zum DGLR Kongress 2002 dargestellt, zur Entwicklung von Powermanagement Konzepten für nichtkritische Verbraucher (secondary technical and cabin&cargo power distribution) geführt, die eine intelligente Verteilung der Energieressourcen im Normalbetrieb erlauben [1]. Sie adressieren Systeme wie Kabinenbeleuchtung, Sitzsteuerungen und Klimatisierung genauso wie Energiebedarfe von Entertainmentsystemen und Galleykomponenten. Gleichzeitig erlauben die neuen, intelligenten elektrischen Systeme in Verbindung mit Kommunikationsnetzen den Einsatz von neuen Konzepten für Service und Logistik der Kabine. Diese neuen Konzepte werden von Airlines zurzeit verstärkt nachgefragt, mit ihrem Einsatz werden sich die Prozesse in der Kabine zukünftig nachhaltig verändern.

Innerhalb des vorliegenden Beitrags wird aufsetzend auf den 2002 dargestellten Teilergebnissen eines EADS Forschungsvorhabens zum Powermanagement für das Galley System der Fortschritt hin zur Entwicklung einer „Smart Galley“-Lösung mit integriertem Powermanagement, neuartigen Kommunikations- und Bedienkonzepten für die Kabinencrew und die Passagiere sowie neue Logistik- und Servicekonzepte für das Catering in der Kabine aufgezeigt.

Diese Evolution von einem „Power-Management“-getriebenen Forschungsprojekt hin zu einem integrierten

Ansatz mit Einfluss auf alle Aspekte des Cateringprozesses wurde maßgeblich durch den Einsatz der Simulation im Vorhaben unterstützt und getrieben. Sie bildete innerhalb dieses Multidomäne-Projektes den Integrator und das Kommunikationsmittel zwischen den unterschiedlichen Teilaufgaben.

Erst die Verknüpfung der Prozesssimulation zur Abbildung von Cateringprozessen (im Beitrag 2002 als Betreibersimulation vorgestellt) in Verbindung mit der elektrischen Systemsimulation der Galley-Komponenten ermöglichte die Entwicklung und Beschreibung neuer Service- und Logistikkonzepte für den Cateringprozess und die Analyse ihres Einflusses auf die technischen Systeme. Ergänzt um die Simulation der (technischen) Kommunikation zwischen den intelligenten Galley-Inserts und den Bedienpanels wurden nicht nur die notwendigen technischen Protokolle zur Interaktion der Inserts mit dem Powermanagement Controller und untereinander entwickelt und simulativ erprobt. Auch die Schnittstelle zum Bedienpanel, das Bedienkonzept für die Kabinencrew und die Schnittstelle zu den Passagieren (für food-on-demand usw.) wurden auf diese Weise erstellt und verifiziert.

Hierfür wurde eine integrierte Simulationsplattform geschaffen, die alle verschiedenen Teilmodelle zur Prozesssimulation, zur elektrischen Systemsimulation und zur Kommunikation zwischen den Teilsystemen und zur Kabinencrew und dem Passagier zusammenführt. Die Simulationsplattform beinhaltet eine Hardware-in-the-Loop(HIL)-Schnittstelle mit der Möglichkeit, über das im „Smart Galley“-System enthaltene Controller-Area-Network(CAN)-Kommunikationsnetzwerk einzelne Hardware Prototypen (wie z. B. intelligente Öfen, den Power-Management Controller und die Bedienpanels für die Kabinencrew und den Passagier) in die Gesamtsimulation kompletter Flight Envelopes einzubinden. Dies wird zur Entwicklung der Einzelkomponenten wie auch für einen „Smart Galley“ Bodendemonstrator genutzt, um mit einem einzelnen „smarten“ Galleyblock (als Hardware Prototyp) und der ergänzenden Simulationsplattform das komplette Flugzeug nachzubilden.

2. VON DER SIMULATION ZUR INTEGRATIVEN SIMULATIONSPLATTFORM

Der Einsatz von Simulation bei der Entwicklung innovativer Kabinenkonzepte lässt sich beim Airbus Projekt Smart Galley in drei aufeinander aufbauenden Evolutionsstufen beschreiben.

Am Anfang stand eine einfache Simulation, die in einem

nächsten Schritt zur einer Hard-ware-in-the-Loop (HIL) Systemsimulation erweitert wurde. Den letzten Erweiterungsschritt bildete die Ergänzung und Vernetzung weitere Systembestandteile und Umgebungssysteme miteinander über die Simulation. Es entstand eine integrative multidisziplinäre Simulationsplattform. Im Folgenden werden die drei Stufen von Simulation näher dargestellt.

2.1. Simulation

Der Wunsch einer frühzeitigen Powermanagement-Konzept-Validierung für elektrische Verbraucher von Flugzeugküchen stand im Fokus der ersten Modellierungs- und Simulationsaktivitäten im Forschungsbereich neuer Kabinenkonzepte. BILD 1 zeigt die vereinfachte Architektur, bestehend aus einem Controller, den intelligenten Galley-Geräten und aus der Vernetzung mit CAN Bus.

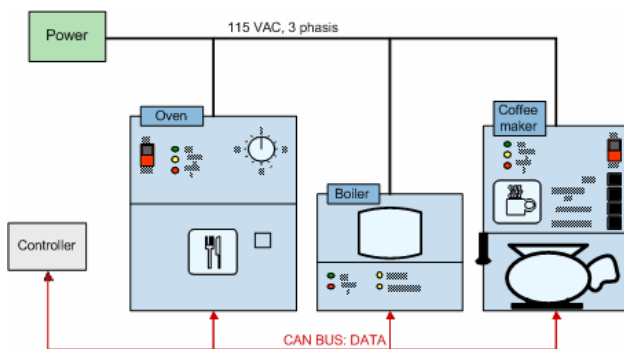


BILD 1 Powermanagement Prinzipbild

2.1.1. Ziele

Die wesentlichen Ziele der Simulation waren die Machbarkeitsüberprüfung des entwickelten Powermanagement Konzeptes sowie die Verfeinerung und die Optimierung der Powermanagement Algorithmen. Neben einer rein technischen Bewertung sollte auch eine Beurteilung des Powermanagement Konzeptes aus Sicht der späteren Nutzer d.h. der Airlines möglich sein. Dazu war der Einfluss des Powermanagement auf den Regenerationsvorgang zu bestimmen. Als Kenngrößen wurden z.B. Gerätewartezeiten, Garzeitverlängerung und Temperaturschwankung im Ofen identifiziert.

2.1.2. Modellierungskonzept

Das System, bestehend aus den elektrischen Verbrauchern wie z.B. Öfen, Kaffeemaschinen und Boilern und einem Powermanagement-Controller, wurde mit Hilfe des signalflossorientierten Modellierungs- und Simulationsprogramms Matlab/Simulink modelliert.

Die Erstellung und die Verifizierung der Gerätemodelle erfolgten auf der Basis einer Messreihe von charakteristischen Vertretern der Gerätegruppen [2]. In dieser Untersuchung wurden neben typischen Einschalt Dauern und Lastprofilen auch das Verhalten der Geräte und die Rückwirkung auf die erhitzten Speisen und Getränke bei Unterbrechung der Stromzufuhr während des Regenerationsvorgangs untersucht.

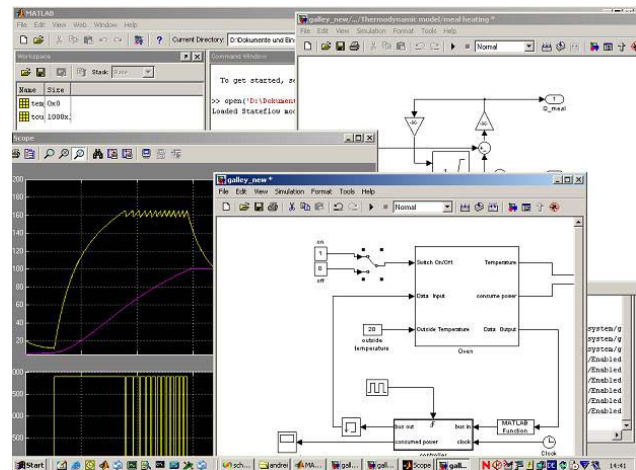


BILD 2 Ofen-Modell in Matlab/Simulink

Die Erkenntnisse dieser Messuntersuchung spiegeln sich in den thermodynamischen Teilmodellen der Geräte wieder. Mittels dieser Teilmodelle lassen sich Rückschlüsse auf den Einfluss des Powermanagements auf den Regenerationsvorgang ziehen. BILD 2 zeigt die Modellierung (rechte Bildhälfte) und die Simulation (linke Bildhälfte) eines Ofens in Matlab/Simulink.

2.1.3. Ergebnisse

Mit Hilfe der Simulation konnte die grundsätzliche Eignung des Powermanagement-Konzeptes zur Reduzierung des Leistungsbedarfs nachgewiesen werden. Die konzeptionellen Schwächen wurden frühzeitig identifiziert. Durch den Kreisprozess einer konzeptionellen Veränderung mit anschließender simulativer Überprüfung konnten die Schwachstellen beseitigt werden.

Nachfolgend ist eine Konzeptoptimierung am Beispiel des neu entwickelten TIME SHARING Algorithmus aufgeführt. BILD 3 zeigt das Prinzip des TIME SHARING Algorithmus. Die Idee des Algorithmus ist die Nutzung und ggf. künstliche Verlängerung der Ausschaltphase während der 2-Punkt-Regelung eines Ofens durch Kurzzeitverbraucher wie z.B. die Müllpresse oder Kaffeemaschinen.

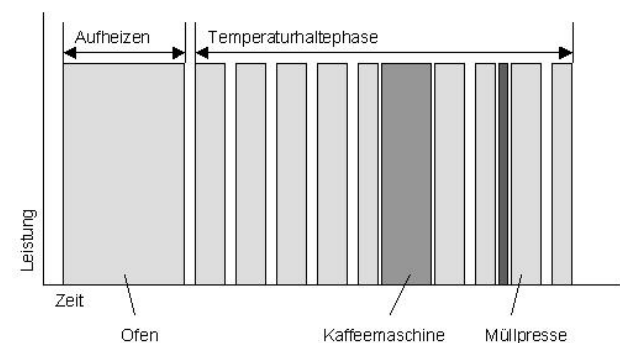


BILD 3 Time sharing

Die Simulation zeigte bei Kurzzeitverbrauchern mit einer Laufzeit von 2-3 min eine zwar unkritische, dennoch aber ungünstige Temperaturabsenkung im Ofen. Der Algorithmus wurde dahingehend optimiert, dass zwei oder

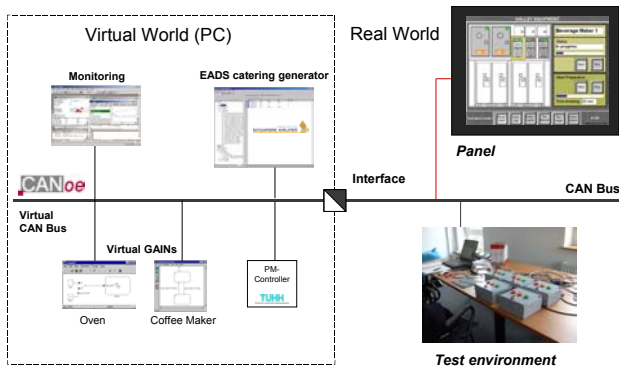


BILD 7 Versuchsaufbau

Eine schnelle Wechselmöglichkeit der Simulationsmodelle zum Testen von verschiedenen Airline Konfiguration schuf eine neu entwickelte Schnittstelle zwischen CANoe und dem EADS Catering Generator. Diese Schnittstelle erlaubt eine Modellerstellung des Catering Generators über eine COM-Kommunikation direkt in CANoe ohne manuelle Modellierungsaktivität in CANoe. Galley Konfigurationen mit über 100 Galley Geräten, wie sie beispielsweise beim A380 auftreten können, lassen damit schnell und einfach erstellen bzw. modifizieren. BILD 8 zeigt eine solche, automatisiert erstellte Galley Konfiguration. Die unterschiedlichen Gerätetypen waren dafür zuvor in eine CAPL Gerätebibliothek abgelegt, auf die der EADS Catering Generator zugreift und den jeweils richtigen Typ auswählt.

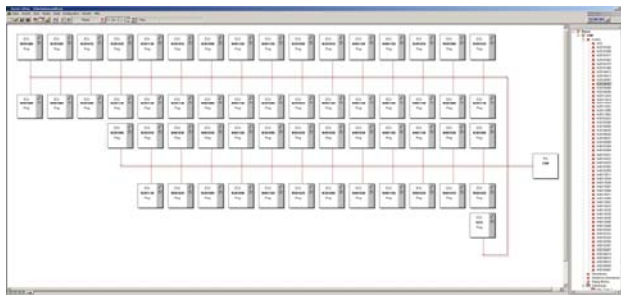


BILD 8 A380 Galley Konfiguration in CANoe

Die Interaktivität des Aufbaus mit der Möglichkeit, während der Simulation manuell einzugreifen, wurde durch ein an den CAN Bus angeschlossenes Panel als Human-Machine-Interface (HMI) realisiert. Auf diesem Panel konnten Geräte eingeschaltet und der Gerätezustand überwacht werden.

2.2.3. Ergebnisse

Durch die Entwicklungsarbeit wurde mit dem EADS Catering Generator, CANoe und den geschaffenen Schnittstellen zwischen ihnen ein leistungsstarkes Tool zur Simulation eines Powermanagementsystems für Galleys geschaffen. Fragestellungen zum Verhalten des Powermanagement-Systems können schnell und komfortabel untersucht werden. Dies ermöglichte es, unterschiedliche Catering-Abläufe und unterschiedlichen Systemvarianten virtuell zu erproben und die Ergebnisse auszuwerten.

So erfüllt das im Smart Galley Projekt erarbeitete Powermanagementsystem die Zielvorgaben im Hinblick auf die Vermeidung von Lastspitzen und ermöglicht eine signifikante Reduzierung von Gewicht und Kosten im Leitungsnetzwerk.

Fragen nach operativen Wartezeiten und zu erwartender Speisetemperatur können zufrieden stellend beantwortet werden. Ebenso kann vorhergesagt werden, mit welchen Wartezeiten, bei gegebener Konfiguration und Catering Prozess zu rechnen ist. Damit kann auch bestimmt werden, welche Anteile der auftretenden Wartezeiten in nach Kundenvorgabe festgelegten Bereichen zu erwarten und damit als irrelevant, akzeptabel oder inakzeptabel einzustufen sind.

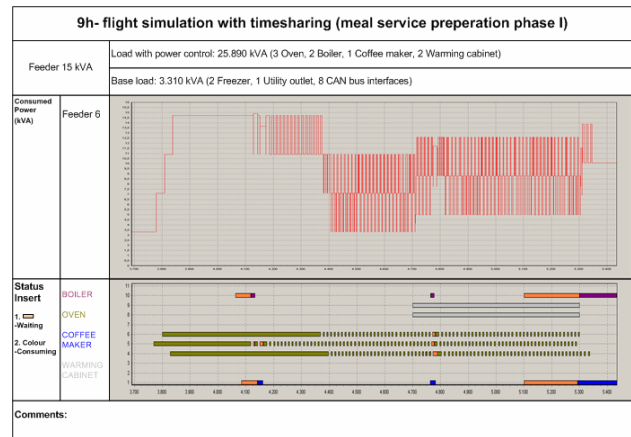


BILD 9 Beispiel Auswertung Meal Service

BILD 9 zeigt beispielhaft die geschaffenen Auswertungsmöglichkeiten. Im oberen Abschnitt ist der Leistungsverbrauch während der Regenerationsphase eines Mahlzeiteinsatzes dargestellt. Im unteren Abschnitt lässt sich die Galley-Geräte-Allokation während dieser Phase ablesen. Wartezeiten sind in diesem Bild orange eingefärbt.

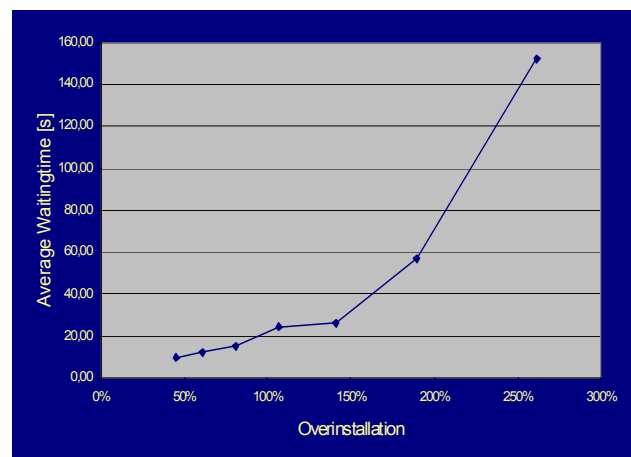


BILD 10 Überinstallation – Wartezeit Diagramm

Wie weitere Untersuchungen gezeigt haben, spielt der Überinstallationsfaktor in jeder Konfiguration bei der Wirkung auf die Wartezeiten eine entscheidende Rolle. Der Einfluss des Überinstallationsfaktors als solches ist

dabei weitgehend unabhängig vom gewählten Catering-Szenario, da der Anstieg der Wartezeiten bei geändertem Catering-Szenario in gleichem Maße erhalten bleibt. Der Eingriff des Powermanagements lässt die Wartezeiten der Geräte überproportional zum Grad der Überinstallation ansteigen. Ein besonders starker Anstieg ist dabei ab etwa 140 % Überinstallation zu verzeichnen (vgl. BILD 10).

Bei einer genauen Vorstellung darüber, wie stark in den Catering-Prozess eingegriffen werden darf, lässt sich der dafür maximal mögliche Überinstallationsgrad ablesen.

Eine konzeptionelle Konfiguration des Systems steigert die Leistungsfähigkeit des Systems. Durch eine systematische Festlegung von Systemparametern wie z.B. Prioritätsfaktoren und Gerätekonfiguration kann eine Senkung der Wartezeiten herbeigeführt werden. Mit den eingesetzten Strategien bei Priorisierung und Gerätezusammenstellung konnte im Bereich von 140%-180% Überinstallation die Summe der operativen Wartezeiten um ca. 10% gesenkt werden.

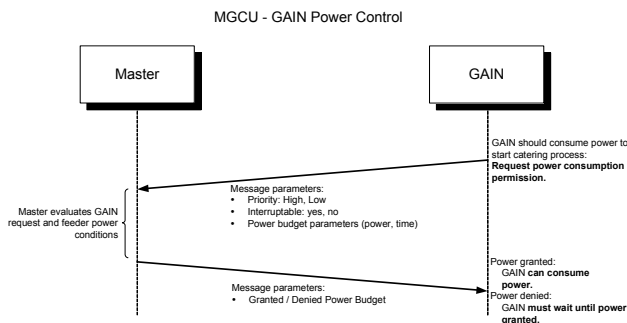


BILD 11 Auszug aus ARINC 812 [4]

Ein weiterer Nutzen der Systemsimulation ergab sich bei der Entwicklung der Schnittstelle zwischen dem Controller und den Galley-Geräten, da frühzeitig Erkenntnisse über den notwendigen Befehlssatz des Protokolls vorlagen. Zurzeit wird in Zusammenarbeit mit der Firma Aeronautical Radio Incorporated (ARINC) an der Standardisierung des Protokolls gearbeitet. Anfang 2006 soll das Protokoll offiziell als ARINC 812 Standard [4] verabschiedet werden. BILD 11 zeigt ein Beispiel einer Kommunikation zwischen Controller und Galley Gerät.

2.3. Integrative Simulationsplattform

Grundlage für ein effizientes Powermanagement ist die Vernetzung der Galleybereiche, um den Anforderungen, die sich aus dem Design des flugzeugseitigen Versorgungsnetzwerks ergeben, gerecht zu werden. Dieser als Data Backbone bezeichnete Datenbus (vgl. BILD 4) ist die Basis für neue innovative Kabinenkonzepte, die auf der Vernetzung von existierenden Kabinensystemen basieren.

Der derzeit entwickelte Smart Galley Demonstrator soll als integrative Simulationsplattform zur Generierung und Evaluierung solcher neuen Konzepte beitragen. Die Richtung der Entwicklungen soll dabei dem Leitbild von Airbus für neue moderne Galleys folgen (vgl. BILD 12).

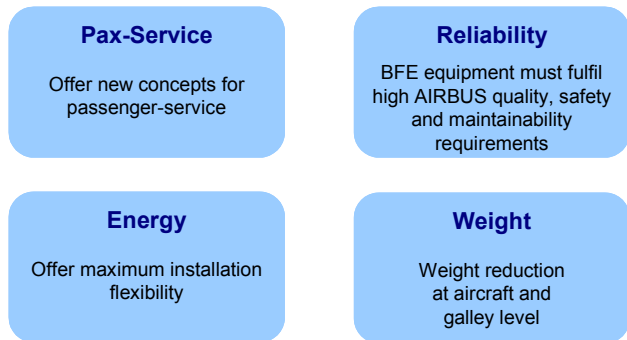


BILD 12 Airbus Anforderung an Galleys [8]

2.3.1. Ziele

Ziel des Smart-Galley-Demonstrators ist die Bewertung des Powermanagement-Konzeptes hinsichtlich Gewichtersparnis, Systemkosten, System Robustheit und Catering-Prozess-Restriktionen für Langstreckenflugzeuge, wie z.B. A380, A330/340. Außerdem soll der Demonstrator die Erarbeitung und Validierung neuer innovativer Kabinenkonzepte unterstützen. Diese neuen Konzepte basieren zum einen auf der Verwendung von neuen intelligenten Geräten und zum anderen auf ein oder mehreren der folgenden neu geschaffenen Systemvernetzungen:

- Galley <-> Kabinencrew
- Galley <-> Aircraft
- Kabinencrew <-> Passagier
- Galley <-> Umwelt

Die Verbindung zur Kabinencrew ist durch eine neue Galley-Panel-Applikation als HMI realisiert.

2.3.2. Modellierungskonzept

Die Smart Galley Controllerboxen, der Data Backbone und ca. 20 % der Galley Geräte sind im Demonstrator bereits als real existierende Elemente enthalten. Die Entwicklung der Controllerboxen basierte auf den Ergebnissen der Simulationen mit der Systemsimulation. Diese fundierte Grundlage ermöglichte eine airbusinterne Entwicklung in nur sieben Monaten.

Die nicht realen Bestandteile des Demonstrators bilden die integrative Simulationsplattform. Diese Elemente sind nachfolgend aufgeführt:

- Galley Geräte Simulation
Simulation der Geräte, die nicht real zur Verfügung stehen, um ein komplettes Flugzeug abbilden zu können (A380: ~ 80%).
- EADS Catering Generator
Inflight Catering Prozesssimulation, Modellverwaltung der verschiedenen Konfigurationen.
- Flugzeug Interface Simulations-PC.
- Galley Panel Applikation als HMI.
- Prototyp eines Passenger Panels mit Schnittstelle zum Smart Galley System.

BILD 13 zeigt die Gesamtarchitektur des Demonstrators. Bis auf die Galley-Monumente sind sämtliche Bestandteile

Ergebnisse des Smart Galley Projekts.

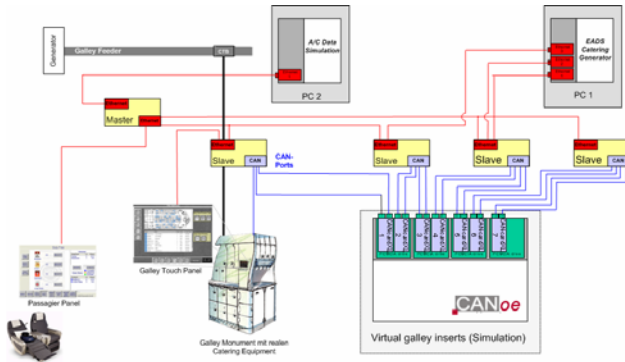


BILD 13 Smart Galley Demonstrator

Der EADS Catering Generator und die Geräte Simulation konnten mit wenig Modifikationen aus der Systemsimulation verwendet werden. Neu entwickelt wurden die Smart Galley konformen Human-Machine-Interfaces zur Kabinencrew und zu den Passagieren.

2.3.3. Ergebnisse

Die Validierung des Powermanagement-Konzepts und der neuen innovativen Kabinenkonzepte im Gesamtkontext kann erst mit der Inbetriebnahme des Demonstrators im IV. Quartal 2005, d.h. nach Drucklegung, erfolgen.

Mit den bis zum heutigen Zeitpunkt bereits lauffähigen Teilmodellen konnte aber bereits die erste Generierungs- und Validierungsphase von neuen Kabinenkonzepten abgeschlossen werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse thematisch gegliedert nach der verwendeten Systemvernetzung aufgezeigt.

- **Galley <-> Kabinencrew**
Die ferngesteuerte Steuerung und Überwachung der elektrischen Galley-Geräte ist durch die Vernetzung von Galley und Kabinencrew (HMI) realisierbar. Weitere Konzepte sind z.B. der Kochrezeptdownload zu den Geräten und eine vordefinierbare Gruppenbedienung von Geräten.
- **Galley <-> Aircraft**
Mit der Vernetzung von Galleys und Aircraft ist es möglich die elektrischen Galley-Geräte an das Onboard-Maintenance-System (OMS) anzuschließen. Die Wartbarkeit der Galleys würde sich verglichen mit dem heutigen Zustand erheblich verbessern, da Fehlfunktion von Geräten zentral sammelbar und darstellbar wäre.
Beim A380 ist dieses neue Konzept von besonderer Bedeutung, da die manuelle Kontrolle von über 100 elektrischen Verbrauchern verteilt auf bis zu 3 Decks einen sehr zeitaufwendigen Prozess darstellt. Auch könnten unnötige Wartungskosten durch Fehldiagnosen (NFF) des Wartungspersonals eingespart werden.
- **Kabinencrew <-> Passagier**
Durch die Schaffung einer Kommunikationsmöglichkeit zwischen Kabinencrew und Passagier sind eine Vielzahl von neuen Kabinenkonzepten, die den Inflight-Service verbessern, möglich. Konzepte wie „Meal

Demand“, Order via Inflight Entertainment System (IFE) Menüwahl via IFE und Duty Free Shop sind nur einige Beispiele. Die mögliche Ausführung einer Menüwahl Ergebnisseite des Galley Graphical User Interface (GUI) zeigt BILD 14.

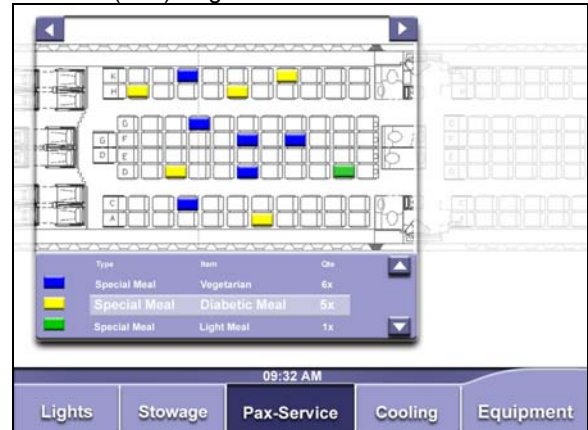


BILD 14 Design Studie Galley Panel [6]

BILD 15 zeigt den Prototyp einer Seite eines Duty Free Shop für Passagiere.



BILD 15 Prototyp Passagier Panel

- **Galley <-> Umwelt**
Der Inflight Service kann durch den Austausch von Passagierinformationen zwischen dem Buchungssystem der Fluggesellschaft (Umwelt) und der Galley verbessert werden. Abgespeicherte Service-Präferenzen von Passagieren wären damit bei nachfolgenden Flügen abrufbar.
Mit der Schaffung einer Datenaustauschmöglichkeit zwischen Caterern und Galley z. B. über RFID (vgl. BILD 16) sind neue Konzepte rundum die mitgeführten Catering-Artikel anbietbar. Zentrale Darstellung der geladenen Artikel, Suchfunktion und Verbrauchskontrolle wären realisierbar.

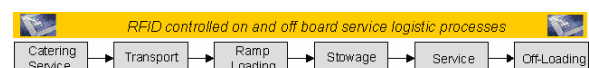


BILD 16 Innovativer On- & Off Board Service

3. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ARINC	Aeronautical Radio Incorporated
BITE	Build-in Test Equipment
CAN	Controller Area Network
CAPL	CAN Access Programming Language
CRC	Corporate Research Centre
EADS	European Aeronautic Defence and Space Company NV
GUI	Graphical User Interface
HIL	Hardware-in-the-Loop
HMI	Human Machine Interface
HW	Hardware
IFE	Inflight Entertainment System
OMS	Onboard Maintenance System
PM	Powermanagement

4. LITERATUR

- [1] Arnd Schirrmann
Simulation von Betreiberprozessen im Rahmen der
Entwicklung Neuer Powermanagementkonzepte für
die Kabinensystem des A380
DGLR, Vortrag 2002ertert
- [2] Ralf Hoffmann
Abschlussbericht: Galley Insert Messungen",
Airbus Deutschland GmbH, Hamburg, 2002
- [3] CRC-LG-AS Abschlussbericht: "Strategien zur
Reduzierung von Spitzenlasten",
CRC-LGAS, Hamburg, 2002
- [4] ARINC 812
Definition of Standard Data Interfaces for Galley Insert
(GAIN) Equipment, CAN Communication
<http://www.arinc.com>
- [5] Wolfgang Glahn
Smart Galleys
Airbus Deutschland GmbH, Hamburg, 2005
- [6] Thorsten Jaunich, Marc S. Velten
Design Konzept eines Galley Panels unter
Berücksichtigung ergonomischer Aspekte
EADS interne Studie
EADS Deutschland GmbH, München, 2005