DER FLUGGASTSITZ

SCHNITTSTELLE ZWISCHEN PASSAGIER (KUNDE) UND FLUGZEUG

Frank-H. Schoenenberg (C. Majunke)
AIDA Development GmbH
Karl-Kurz-Strasse 36 74523 Schwäbisch Hall

1. KURZREFERAT

Der Fluggastsitz ist das Bindeglied zwischen Passagier und Flugzeug. Dabei haben Passagier und Betreiber zum Teil unterschiedliche Anforderungen an einen Sitz.

Diese Abhandlung gibt einen ersten, groben Einblick an die Anforderungen, die im Bezug auf die Aufgaben, die Zulassung, die Konstruktion und die Ausstattung an einen Fluggastsitzes gestellt werden.

2. ZIELE UND WERTE

Die beiden grundlegenden Ziele, beziehungsweise Aufgabengebiete eines Fluggastsitzes sind einfach zu definieren. Sie sind beschränkt auf die **Bereitstellung eines sicheren und komfortablen (ergonomisch optimierten) Sitzplatzes** für den Passagier, d.h. den Kunden der Luftfahrtgesellschaft, im normalen Flug und im Notfall auf die **Bereitstellung passiver Sicherheit** die dem Passagier entsprechend Schutz bietet.

Diese zwei Aufgaben sind jedoch in keiner Weise ausreichend – weder für den Passagier, noch für den Betreiber (i.A. eine Fluggesellschaft).

2.1. Sicht des Passagiers

Der Grund, warum ein Reisender die Kabine eines Flugzeuges überhaupt betritt ist so alt, wie der Gedanke der Fliegerei selbst: er will möglichst schnell und bequem von einem Ort zu einem anderen gelangen Das Reiseerlebnis des Passagiers beginnt dabei mit dem eigentlichen Betreten der Kabine selbst.

Das bedeutet, der Passagier erlebt das Flugzeug bewusst lediglich von innen. Automatisch werden die ersten Gefühle und Eindrücke die dabei entstehen direkt auf die Technik des gesamten Fluggerätes übertragen. Immer wieder hören wir Aussprüche wie „*Die xyz Airline kann nicht gut sein, schau dir doch nur mal den Zustand der Kabine an. Ich möchte gar nicht erst wissen wie es da im Triebwerk aussieht*“.

Während des Fluges verbringt der Passagier die meiste Zeit in seinem Sitz. Er assoziiert wie gesagt das Ambiente der Kabine und der Sitze mit dem Flugzeug. Dabei ist der Sitz auf dem der Passagier Platz genommen hat das direkte Interface zwischen ihm und dem Flugzeug. Somit kann das Flugerlebnis des Passagiers reduziert werden auf den Blick aus dem Fenster und das Sitzen im seinem Fluggastsitz.

Daher kommt der Gestaltung des Innenraumes und insbesondere der des Fluggastsitzes heutzutage eine immer höhere Bedeutung zu:

- Ein falsch geformter Sitz wird auf Dauer unbequem und kann zu schweren körperlichen Schäden führen.
- Ein zu harter Sitz gibt Böen und Vibrationen zu hart wider.
- Ein zu weicher Sitz stützt den Körper speziell auf langen Reisen zu wenig.
- Zu filigran ausgebildete Sitzstrukturen wirken unsicher.
- Leichte „Designersitze“ vermitteln das Gefühl von nicht ausreichend vorhandener Sicherheit im Ernstfall.

Der Fluggastsitz ist also für den Passagier das Aushängeschild sowohl für das Flugzeug, als auch für die Airline. Für den Passagier ist die Kabine, vor allem der Sitz das, was er vom ganzen Flugzeug mitbekommt und mit dem er den Flug verbindet.

Ein gut gestalteter Sitz in einem wohl abgestimmten Interieur schafft eine gediegene Atmosphäre, in der sich der Passagier wohl fühlt. Er fühlt sich sicher und wird, sofern die übrigen Leistungen stimmen gerne wieder mit dieser Fluggesellschaft fliegen.

2.2. Sicht des Betreibers

Der Betreiber des Flugzeuges, die Fluggesellschaft, ist bestrebt den Wünschen des Passagiers gerecht zu werden und Ihm einen komfortablen Sitz anzubieten. Allerdings muß die Fluggesellschaft berücksichtigen, daß der Sitz intensiv über einen langen Zeitraum von vielen verschiedenen Personen genutzt und „bedient“ wird.

Daher ist es wichtig, dass der Sitz von seiner Bedienung her selbsterklärend ist und dass Beanspruchungen, wie sie im praktischen Betrieb durchaus vorkommen (verschüttete Getränke oder Speisen, Abstützen auf Tischen oder Armlehnen), keine bleibenden Schäden am Sitz hinterlassen. Darüber hinaus muss der Sitz sich leicht reinigen und reparieren lassen.

Daneben ist es für die Airline wichtig, daß das Gesamtgewicht des Flugzeuges durch die Sitze nicht unnötig

erhöht wird. Allerdings ist eine extreme Verteuerung bei nur minimal reduziertem Gewicht auch nicht gewünscht.

Die Airline betrachtet den Sitz also als langlebiges Wirtschaftsgut, der Bestandteil des Flugzeugs ist. Damit muß der Sitz leicht sein, geringen Wartungsaufwand nach sich ziehen und preiswert in der Anschaffung sein.

2.3. Zusammenfassung

Der Fluggastsitz hat also klar umgrenzte Aufgaben. Diese werden jedoch je nach Betrachtungsweise (Passagier oder Airline) ganz unterschiedlich interpretiert.

Ein gutes Sitzsystem muß daher alle diese Aufgaben und Ziele erfüllen. Hierzu sind umfangreiche Kenntnisse in Entwicklung und Bau von Passagiersitzen erforderlich.

3. EINTEILUNG

Spricht man von Fluggastsitzen muß erst definiert werden, welche Art Fluggast gemeint ist. Ist es der Geschäftsmann, der in seinem Privatjet Kunden besucht, der Ausflügler, der im Zeppelin das Alpenpanorama bewundert, oder den Urlauber der, je nach Geldbeutel, in der Touristen- oder Business Klasse im Großraumflugzeug unterwegs ist. Oder ist es vielleicht der Flugbegeisterte, der in einem Flugzeug der General Aviation vorzugsweise nur zum Spaß fliegt.

Alle werden auf Sitzen in Flugzeugen transportiert. Jedoch entsprechen diese keinem einheitlichen Muster und sind völlig unterschiedlich. Auslegungsparameter, Konstruktionsphilosophie und Zulassung unterscheiden sich deutlich und lassen sich nur sehr schwer oder gar nicht miteinander vergleichen.

Nachdem einleitend eine kurze Betrachtung dieser unterschiedlichen Sitztypen vorgenommen wird, beschäftigt sich diese Abhandlung im weiteren ausschließlich mit den „klassischen“ Fluggastsitzen, d.h. denjenigen die in einem Großraumflugzeug (Airbus, Boeing, u.a.) Verwendung finden.

3.1. General Aviation

Unter der allgemeinen Luftfahrt versteht man in diesem Zusammenhang ein- und zweimotorige Flugzeuge mit zwei bis acht Sitzplätzen. Die Sitze dieser Flugzeuge müssen den Zulassungsbedingungen der JAR/FAR 23 genügen. Entwicklung und Bau dieser Sitze erfolgt nicht von speziellen Sitzherstellern, sondern vom Hersteller des Flugzeuges selbst und sind deshalb in keinster Weise vergleichbar und folgen auch keiner speziellen Konstruktionsrichtlinien. Hier finden wir von der einteiligen festen Sitzschale aus Faserverbundmaterial bis hin zum verstellbaren Sitz auf einem Stahlrohrgerüst alles vor. Eine nähere Betrachtung erfolgt nicht.

3.2. Commuter

Ein Commuter ist ein Passagierflugzeug mit bis zu 19 Passagieren, zugelassen nach JAR/FAR 23. Der Rumpfdurchmesser eines Commuters ist eher klein, weshalb der ohnehin sehr schmale Mittelgang oftmals abgesenkt ist.

Die verwendeten Sitze sind stark mit den auf dem Markt befindlichen Economy Class Sitzen verwand (siehe auch nachfolgende Kapitel). Sie sind jedoch in Bezug auf Gewicht und Funktionalität deutlich reduziert. So besitzen ca. 85% der Sitze keinerlei Verstellmöglichkeit. Einen weiteren strukturellen Unterschied finden wir in der Sitzbefestigung. Aufgrund der limitierten Platzverhältnisse, insbesondere im Fußbodenbereich, finden wir bei Commuter Sitzen in der Regel eine Wandanbindung, das heißt die Außenseite der tragenden Sitzstruktur wird direkt über einen Adapter mit einer in der Seitenwand verlaufenden Schiene verbunden.

Sitze für Commuter werden im Allgemeinen vom Flugzeughersteller direkt gekauft und mit dem Flugzeug zugelassen (SFE - Seller Furnished Equipped). Der Kunde, in diesem Falle die Airline (Betreibergesellschaft) kauft also ein voll ausgestattetes Luftfahrzeug.

3.3. Regioliner

Die Bezeichnung Regioliner ist keine offizielle, sie hat sich jedoch für Flugzeuge mit bis zu 100 Sitzen durchgesetzt. Flugzeuge dieser Art sind nach JAR/FAR 25 zugelassen. Die Sitze müssen daher, ebenso wie das ganze Flugzeug erheblich höheren Ansprüchen genügen als die zuvor genannten.

Die Ausführungen der Sitze sind sehr unterschiedlich. Bei den kleineren JAR/FAR 25 Flugzeugen bis ca. 50 Sitzplätze, finden sich ähnliche Sitze wie in den Commutern, sind also oftmals nicht verstellbar. In den größeren Regiolinern finden sich hingegen Sitze, die sich eher an den in Airlinern eingesetzten orientieren. Sie sind jedoch oftmals deutlich kompakter und kleiner gebaut.

Fluggesellschaften beziehen die Sitze für Regioliner oftmals direkt bei einem anerkannten Sitzhersteller ihrer Wahl. Daraus folgt, daß dieser Sitzhersteller ein zugelassener Herstellungsbetrieb sein muß, der sein Produkt nach den einschlägigen Vorschriften qualifiziert.

3.4. Airliner (Narrow Body & Wide Body)

Wie der Regioliner ist auch der Airliner keine offizielle Bezeichnung für eine Flugzeugkategorie. Allgemein versteht man hierunter jedoch alle Flugzeuge mit mehr als 100 Sitzen.

Im allgemeinen unterscheidet man hier lediglich noch zwischen den sogenannten „narrow body“ Flugzeugen, d.h. Flugzeuge mit nur einem Mittelgang und den „wide body“ Flugzeugen, welch zwei Gänge aufweisen.

Wie bei den Regiolinern müssen Sitze, wie auch das Fluggerät selbst dabei den Anforderungen der JAR/FAR 25 genügen. Und auch hier werden die Sitze vom Betreiber oftmals direkt bei einem Sitzhersteller bezogen, der ein qualifiziertes und zertifiziertes Produkt anbietet.

Dieses Segment der Fluggastsitze wird unterteilt in die Bereiche Tourist Class, Business Class, First Class. Diese folgen alle den gleichen Konstruktionsparametern und unterscheiden sich lediglich in den Abmessungen und den Komfortoptionen die sie bieten (Beinauflage, Lordosenstütze, Kopfstütze, etc.). Seit neuestem hält hier eine „vierte“ Klasse Einzug, die zwischen der bisherigen Business und der Economy Klasse angesiedelt ist und in der Regel mit „business traveler“ bezeichnet wird.

3.5. Excecutives

Als letztes bleibt noch der Sitz für die Executive Aircraft (Business Jets) zu erwähnen. Hierbei handelt es sich im Allgemeinen um luxuriös ausgestattete Einzelsitze die auf Drehgestellen im Flugzeug angebracht sind. Auch diese Sitze werden von speziellen Sitzlieferanten hergestellt und von den Betreibern i.d.R. direkt bezogen. Der Sitz selbst unterscheidet sich grundlegend vom Standard Fluggastsitz und hat auch andere Auslegungsparameter. Diese liegen hier mehr im Bereich Optik und Luxus als im Bereich Gewicht und Kosten.

Auch dieser spezielle Sitz wird im weiteren der Abhandlung explizit nicht berücksichtigt.

3.6. Sonderbauweisen

Als Sonderform hat sich seit 1997 der sogenannte „Convertible Sitz“ insbesondere im Nahstreckenbereich durchgesetzt. Dabei handelt es sich um ein Konzept, bei dem durch Umstellen der Sitze aus einer Sitzreihe mit zwei Dreiersitzen eine Sitzreihe mit einem Zweiersitz und einem Dreiersitz größerer Sitzbreite wird. Der Sitz hat im Wesentlichen die Eigenschaften eines Economy Sitzes, besitzt aber nach der Konvertierung eine größere Sitzbreite und wird in der Business Class auf Kontinentalflügen in Europa angeboten. Der Business Sitz unterscheidet sich abgesehen davon sonst nicht von einem Sitz der Economy Class.

4. ZULASSUNGSLANDSCHAFT

Im weiteren wird ausschließlich das Umfeld des klassischen Fluggastsitzes (Commuter, Regioliner, Airliner (NB und WB)) betrachtet.

4.1. JAR/FAR 25

Die JAR/FAR 25 (Transport Airplanes/Large Airplanes) regelt allgemein die Zulassung von großen Flugzeugen und deren Einbauten.

Die Anforderungen sind so formuliert, daß der Sitz sämtlichen Betriebslasten widerstehen muß. Darüber hinaus sind Lasten für Notlandungen definiert:

- statisch: 9g forward
  4g sideward
  3g upward
  6g downward
  1,5g rearward
- dynamisch: 16g forward
  14g downward

Die jeweils größeren Belastungen aus Fluglasten und Notlandebedingungen sind zu erfüllen. Ebenso sind Brandschutzforderungen definiert, denen das gesamte Interieur genügen muß.

Im Allgemeinen wird ein Airliner, anders als Commuter und i.d.R. Regioliner, nicht zusammen mit seinen Sitzen nach JAR/FAR 25 zugelassen. Würde man dies tun, so ist das Flugzeug mit seinen Sitzen in einem bestimmten Layout als eine Einheit zertifiziert. Eine nachträgliche Änderung von Layout oder die Verwendung alternativer Passagiersitze ist nur schwerlich möglich.

Aus diesem Grund wird das Flugzeug meist ohne Sitze zugelassen. Anschließend werden in das Flugzeug zugelassene Sitze in einem zertifizierungsfähigem Layout (Sitzanordnung in der Kabine) eingebaut.

4.2. JTSO/TSO-C125 und SAE AS8049a

Die JTSO/TSO-C127a (Aircraft Seats and Berths) ist das derzeit gültige Verweisdokument und Basis für die Zulassung von Fluggastsitzen. Sie verweist auf die SAE AS 8049a (Performance Standard for Seats in Civil Rotorcraft, Transport Aircraft and General Aviation Aircraft).

Dieses Dokument ist die entscheidende „Vorschrift“ für die derzeitige Sitzentwicklung, obwohl es im eigentlichen Sinne keine Vorschrift ist. Sie wird es erst durch die verbindliche JTSO/TSO-C127a, die auf diese SAE Norm verweist.

Hierin sind die notwendigen Strukturtests, Brandtests und der detaillierte Ablauf der Zulassung festgelegt. Kernpunkte sind:

- Static Tests: 9g forward
  4g sideward
  3g upward
  6g downward
  1,5g rearward
- Dynamic Tests: 16g forward
  14g downward
- Belastung des Passagiers
- Messwerterfassung
- Brandschutz
- Dokumentation

Bei den statischen Tests wird die Prüfkraft quasistatisch über einen Body Block aufgebracht, der mit dem sitzeigenem Gurt befestigt wird. Die Prüfkraft ergibt sich aus der Inertialkraft von Sitzmasse, 77kg Passagier und allen sonstigen durch den Sitz zurückzuhaltenden Massen (einschließlich Gepäck unter dem Sitz).

Bei den dynamischen Tests ist eine Vorschädigung des Bodens in Form einer definierten Verformung der Sitzschienen gegeben und leitet so Zwangskräfte in das Sitzgestell.

Der Sitz ist bei den Crashtests mit Dummies besetzt. Diese nehmen einen Teil der Meßsensorik auf.

4.3. Hersteller

Eine Sitzzulassung nach JTSO/TSO-C127a stellt eine Zulassung nach Mindestanforderungen dar. Daher haben die Flugzeughersteller ihrerseits Sitzspezifikationen veröffentlicht.

Diese Anforderungen sind höher als die der JTSO/TSO-C127a. Auswirkungen hat dies vor allem auf die statische Festigkeit und die sogenannten Handling Loads.

Erhöhte Anforderungen an die statische Festigkeit sind erforderlich, weil einige Flugzeuge höhere Lastvielfache bei Böen erzeugen, als die Notlandebedingungen aus der JTSO/TSO-C127a festlegen. Beispiel AIRBUS A320:

- Notlandebedingung: 6.0g downward
- Böenlast: 8.6g downward

Handling Loads, also statische Lasten auf Sitzbauteile in der Größenordnung wie sie von Passagieren aufgebracht werden können (Armlehne, Rückenlehne, Tische etc.) sind zwar in der SAE AS8049a definiert, werden jedoch durch die JTSO/TSO-C127a nicht zu Zulassungsbedingungen. Die Flugzeughersteller legen hierauf jedoch großen Wert und haben diese Lasten in ihren Lastenheften spezifiziert.

Ebenfalls nicht von der JTSO/TSO-C127a abgedeckt, zum Einsatz in Flugzeugen jedoch eminent wichtig, sind die Lasten, die vom Sitz in die Sitzverankerungen im Flugzeug (Sitzschienenlasten) eingeleitet werden. Diese Werte finden sich ebenfalls in den Vorgaben der Flugzeughersteller.

Brandschutzforderungen nichtmetallischer Werkstoffe sind in der JSTO/TSO-C127a spezifiziert, beschränken sich jedoch i.A. auf die Brenndauer dieses Bauteils. Auch hier werden die Anforderungen erweitert, indem nicht nur Brenndauer, sondern auch Rauchentwicklung und Toxizität spezifiziert sind.

Ein Sitz zur Installation im Flugzeug muß in den zur Verfügung stehenden Bauraum passen. Deshalb ist der Mindestabstand zu Seitenverkleidungen und Dekompresionspaneelen ebenso definiert, wie Sitzschienenabstände, freizuhaltende Fluchtwege etc.

Daneben bestehen noch weitere Forderungen, wie Lebensdauer, Wartbarkeit, Gepäckunterbringung, Verstellbarkeit, etc.

4.4. Betreiber

Viele Airlines spezifizieren ihrerseits Fluggastsitze über die Farbgebung hinaus. Die Anforderungen sind oft nochmals höher, als die der Flugzeughersteller. Vorzugsweise werden nochmals Handling Loads spezifiziert, um den Sitz gegen Vandalismus zu schützen. Die von den Betreibern vorgegebenen Handling Loads sind die höchsten überhaupt.

Ebenso wichtig ist, daß ein Fluggastsitz leicht zu reinigen ist. Die verwendeten Materialien sollen Schmutz nicht leicht annehmen und darüber hinaus leicht zu reinigen sein (feuchter Lappen oder gar Waschmaschine).

Je nach Gepäcklogistik und Art der Abfertigung der Passagiere unterschiedet sich auch die Forderung nach der Möglichkeit, Gepäck unter dem Sitz verstauen zu können.

4.5. Lastenheft

Aus allen bestehenden Zulassungsforderungen und Spezifikationen von Behörden, Flugzeugherstellern und Betreibern kann nun ein Lastenheft aufgestellt werden, welches die nötigen Anforderungen an den Fluggastsitz möglichst exakt beschreibt.

Es ist auffällig, daß mit Erfüllung der Forderungen der Airlines bereits alle anderen Spezifikationen und Zulassungsforderungen erfüllt werden:

- Die Betreiber beschreiben einen Sitz, der die Forderungen nach JAR/FAR 25, der JTSO/TSO-C127a und der Flugzeughersteller erfüllt und fordern zusätzlich noch eigene Punkte.
- Der Flugzeughersteller beschreibt einen Sitz, der neben eigenen Ansprüchen die Forderungen nach JAR/FAR 25 und der JTSO/TSO-C127a erfüllt.
- Wird ein Sitz nach JTSO/TSO-C127a zertifiziert, sind nur die Mindestanforderungen dieses Dokumentes zu erfüllen. Die JAR/FAR 25 ist hierin mit abgedeckt.
- Wenn ein Flugzeug mit Sitzen zugelassen werden soll, ist nur die JAR/FAR 25 zu beachten.

Aufgrund dieser Systematik kann die Zertifizierung auch einfach als

BABUSCHKA - PRINZIP

Beschrieben werden. Wie bei diesen ineinander geschachtelten Figuren kann man durch Abdecken der obersten Ebene der Forderungen alle anderen darunterliegenden erfüllen.

5. ENTWICKLUNGSPHILOSOPHIE

Betracht man die Entwicklung von Fluggastsitzen seit Anfang der 30er Jahre, so wird man feststellen, daß sich die Sitze von damals und die modernen Fluggastsitze von heute auf den ersten Blick nur wenig voneinander unterscheiden. Sicherlich genügen die Sitze heute anderen Designansprüchen, werden mit besseren Herstellungsmethoden gefertigt, sauberer verarbeitet und gewähren weitaus höhere passive Sicherheit, der grundsätzliche Aufbau der Sitze hat sich aber nur wenig verändert.

Wie damals besteht auch heute noch ein Sitz aus den Hauptbaugruppen

- Sitzfüße
- Traggestell mit Sitzteilern
- Sitzboden
- Rückenlehnen mit Eßtischen
- Armlehnen

Dies liegt sicher auch mit daran, daß sich – abgesehen von höheren Festigkeitsforderungen und Sicherheitsan-

sprüchen - die Anforderungen an einen Fluggastsitz nicht, oder nur unwesentlich geändert haben. Diese werden nachfolgend beschrieben.

Im wesentlichen sollen in diesem Kapitel nun die Sitze betrachtet werden, die 90% der Sitzkapazität im Flugzeug darstellen, nämlich die Economy Class Sitze.

5.1. Magisches Dreieck

Nach Festlegung der Anforderungen von Kunden und Flugzeughersteller, sowie Bestimmung der einzuhaltenden Vorschriften gilt es festzulegen wie die Gewichtung der im Widerspruch stehenden Parameter **Kosten, Gewicht** und **Zuverlässigkeit** zu erfolgen hat.

Diese Fragestellung kann nicht allgemeingültig beantwortet werden und hängt von der spezifischen Aufgabenstellung des Sitzherstellers ab. Grundsätzlich ist jedoch die Gewichtsfrage von entscheidender Bedeutung, da sich über die Anzahl der Sitze und die Nutzungsdauer ein direkter geldwerter Vorteil für die Airline errechnen läßt, der sich durchaus beim Verkauf des Sitzes erlösen läßt. Überdies kann ein schwerer Sitz dazu führen, das bestimmte Ziele aufgrund zu hoher Beladung nicht mehr angeflogen werden können. Aus diesen Gründen wird dem Gewicht immer höchste Aufmerksamkeit geschenkt.

5.2. Modularität

Basierend auf der Tatsache, daß die Zulassung eines Sitzes sehr viel Geld kostet, ist man bestrebt ein Basisdesign zu finden, welches dann in verschiedenen Flugzeugtypen installiert werden kann. Darüber hinaus haben Flugzeuge keinen konstanten Querschnitt, sondern sind von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich und ändern teilweise in sich Ihren Querschnitt (vorderer und hinterer Bereich des Flugzeuges). Dies führt dazu, das die Sitzstruktur grundsätzlich sehr modular aufgebaut sein muß.

Unter Beibehaltung von etwa 95% aller Teile kann der Sitz durch Abändern der vorderen und hinteren Tragrohre und durch Verschieben der Sitzfüße und Sitzteiler auf den Tragrohren leicht angepaßt werden.

5.3. KISS – Keep it Simple & Self-explanatory

Ein einfaches Design ist oft auch am widerstandsfähigsten und somit am besten geeignet dem unsachgemäßen Gebrauch und der mutwilligen Zerstörung durch den Passagier entgegenzuwirken.

5.4. 3F = Form Follows Function

Die Funktion steht im Vordergrund. Auch hier spielt wieder die Tatsache eine Rolle, daß der Sitz von Personen genutzt wird denen er nicht gehört und die deshalb teilweise sehr unsachgemäß mit Ihm umgehen.

5.5. Ergonomie

Im Gegensatz zum Sitzen beim Fahren eines Automobiles (aktives Sitzen), handelt es sich beim Sitzen in einem Fluggastsitz um das sogenannte passive Sitzen, welches ergonomisch gesehen von völlig anderen Auslegungsparametern ausgeht.

Beim passiven Sitzen im Flugzeug wird der Sitz wesentlich öfter verstellt (Wechsel der Sitzposition). Dabei bietet ein Flugzeugsitz im Vergleich zum Autositz wesentlich weniger Einstellmöglichkeiten (Anpassung an individuelle Körpermaße wie Lordose, Sitztiefe, etc.). Aus diesem Grunde wird eine einheitliche „Sitzkurve“ angestrebt, die für ein breites Spektrum an Nutzern ausreichend Komfort bietet. Auf Einstellelemente wird weitestgehend verzichtet, da diese Gewichtsnachteile mit sich bringen und anfällig gegenüber Störungen (KISS) sind.

6. KINEMATIK

Auch in diesem Kapitel soll im wesentlichen auf die Kinematik von Sitzen der Economy Class eingegangen werden.

Heutige Sitze in der Business oder gar in der First Class sind unter diesem Gesichtspunkt betrachtet wahre Maschinen und bieten eine Vielzahl von Einstell- und Verstelloptionen. Sie lassen sich heutzutage bis hin zu einem kompletten Bett konvertieren und weisen eine entsprechend komplexe Kinematik auf. Dies wird an dieser Stelle nicht näher betrachtet.

6.1. Körperstützen

Unter Körperstützen werden in diesem Kapitel zusammengefaßt:

- Rückenlehne
- Armlehne
- Fußstütze

Auch wenn ein Passagiersitz nur wenig Ein- und Verstellmöglichkeiten hat, So ist doch zumindest die Rückenlehne und die Armlehne beweglich. Immer mehr Sitze weisen aber auch in der Economy Class bewegliche, mit der Rückenlehne gekoppelte Sitzböden, die sogenannten „Articulating Seat Pans“ auf.

Bei den meisten Verstellmöglichkeiten handelt es sich um Bewegungen um eine Achse. Bewegungen dieser Art sind sehr einfach zu realisieren (Metallachse und Kunststoffbuchse), eine Limitierung wird über einfache Anschläge bewerkstelligt.

Rückenlehne und Fußstütze sollen den Körper stützen und dabei stufenlos justierbar sein. Hierzu verwendet man blockierende Gasfedern, die über ein mit einem Bowdenzug betätigtes Ventil freizugeben sind.

Schwenkbewegungen um Achsen können auf Langlebigkeit gut dimensioniert werden. Möglich ist dies aber nur, wenn die Schwenkachse innerhalb der zu schwenkenden Struktur liegt. Liegt die Achse außerhalb, ist auf einen Viergelenkbogen oder Gleitschienen auszuweichen. Da dies jedoch festigkeitsmäßig problematisch ist und nur durch üppige und damit schwere Dimensionierung beherrschbar ist, werden solche Bewegungen gerne vermieden.

6.2. Tische

Es werden zwei verschiedene Tischsysteme verwendet:

- Tisch aus der Rückenlehne ausklappbar.
- Tisch aus der Armlehne ausklappbar.

Der Standardtisch bei allen Sitzsystemen ist der aus der Rückenlehne auszuklappende. Dieser besteht aus der eigentlichen Tischplatte und zwei Tragarmen. Diese Tragarme sind üblicherweise an der gleichen Achse aufgehängt wie die Rückenlehne (Minimierung von Baueilen, keine Relativbewegung zwischen den Teilen).

Der in die Armlehne integrierte, ausklappbare Tisch (IAT – In Armrest Table) wird nur dort eingesetzt, wo kein Vordersitz in Reichweite des Rückenlehnentisches zur Verfügung steht. Der IAT ist mehrfach faltbar und in der Regel in der Länge verschiebbar. Untergebracht ist er in einer kastenförmigen Verkleidung seitlich des Sitzes.

Aufgrund ungünstiger Hebelarme und seiner komplizierten Schwenkgeometrie ist der aus Aluminium gefertigte IAT recht massiv gebaut und daher relativ schwer (ca. 3kg incl. aller Verkleidungen). Daher, und aufgrund der hohen Zusatzkosten, wird er nur an ausgewählten Sitzplätzen eingesetzt und wenn immer möglichvermieden.

Bei höherwertigen Sitzen (i.d.R. ab der Business Class) kommt er jedoch standardmäßig zum Einsatz.

7. PASSIVE SICHERHEIT

In der Vergangenheit ist die passive Sicherheit des Passagiers kontinuierlich gesteigert worden. Die Einführung des Gurtes (in Omnibussen erst seit 1999 Pflicht) liegt schon lange zurück. Seit Inkrafttreten der JTSO/TSO-C127a sind auch dynamische Strukturtests obligatorisch. Die Auswirkung eines dynamischen Aufpralls auf den Passagier wird ebenfalls untersucht (Kopfaufschlag, Knieaufschlag, Wirbelsäulenlasten).

Im Folgenden sollen die verschiedenen Methoden des Insassenschutzes erläutert werden.

7.1. Gurt

Bei allen Passagiersitzen im Flugzeug ist ein Gurt vorgeschrieben. Es findet ohne Ausnahme ein zweiteiliger Statik-Beckengurt Verwendung. Der Gurt ist selbstausrichtend am Sitzteiler befestigt. Durch Schnellverschlüsse kann der Gurt zur Reinigung vom Sitz abgenommen werden.

Zur Unterstützung des Gurtes und um übermäßige Vorverlagerung des Passagiers im Crashfall zu vermeiden ist die Struktur der Sitzfläche moderner Sitzsysteme unterhalb der Polsterung als „Anti-Submarining Ramp“ ausgeformt. Durch diese Konturierung (schräg nach obenverlaufende Rampe an der Vorderseite der Sitzbodenstruktur) wird der Passagier in Kombination mit dem Beckengurt besser im Sitz gehalten und das gefürchtete Submarining das hinwegtauchen des Passagiers unter den Gurt) verhindert.

Automatikgurte werden beim Beckengurt nicht eingesetzt. Aufgrund der Gurtgeometrie kann der Retraktor nicht schnell genug ansprechen um ausreichend Sicherheit zu gewähren. Würde man einen empfindlicheren Retraktor einsetzen, kann der Gurt nicht zügig angelegt werden (vgl. einige Automatikbeckengurte in Cabriolets). Zudem könnte man einen solchen Gurt nicht einfach abnehmen und reinigen (Waschmaschine).

Der typische Bewegungsablauf des Passagiers, der durch einen Beckengurt gesichert ist, besteht aus folgenden Stadien:

- Beginn des Impacts
- Vorrutschen des Passagiers im Sitz in ursprünglicher Sitzhaltung
- Straffen des Gurtes
- Herunterpressen des Passagiers auf die Anti-Submarining Ramp
- Einleiten einer Klappmesserbewegung mit dem Becken als Drehpunkt (näherungsweise)
- Aufschlag des Kopfes auf den Vordersitz
- Abklingen der Bewegung

7.2. Airbag

Betrachtet man den oben geschilderten Bewegungsablauf, so kann ein Airbag den Passagier insofern zusätzlich schützen, als daß der Kopfaufschlag verhindert, oder zumindest abgeschwächt wird.

Bei den neuesten Entwicklungen im Bereich der Gurte ist der Airbag integrierter Teil des Beckengurtes. Bei Aktivierung bläst er sich zwischen Kopf und Rückenlehne des Vordersitzes auf.

Bislang ist noch kein Airbag mit Zulassung erhältlich. Die Versuche und Demonstrationen lassen jedoch darauf schließen das noch in diesem Jahr entsprechende Systeme am Markt erhältlich sein dürften.

7.3. Energieabsorption

Wird ein starrer Fluggastsitz einem dynamischen Crashtest unterzogen, so ergeben sich Sitzschienenlasten, die in der Regel wesentlich höher sind, als die im Flugzeug eingesetzten Verankerungen erlauben.

Die kinetische Energie die beim Aufprall frei wird ist zu groß, um sie ungedämpft an die Flugzeugstruktur weitergeben zu können. Daher sind moderne Sitzsysteme mit Sitzfüßen ausgestattet, die in der Lage sind, zumindest einen Teil der Energie zu absorbieren.

Hierbei sind zwei verschiedene Systeme am Markt etabliert.

Die erste Möglichkeit besteht darin, einen gelenkigen Sitzfuß aufzubauen, der mit einem statisch steifen Dämpfungselement versehen wird. Dieses Dämpfungselement ist so ausgelegt, daß es erst beim dynamischen Lastfall, einem Crash aktiviert wird und entsprechend Energie absorbiert (Wärme und Verformung). Im Normalbetrieb ist es Teil der primären Sitzstruktur.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, die Materialeigenschaften des Sitzfußes zu nutzen und Energie über plastische Verformung beim dynamischen Lastfall zu absorbieren.

Egal welche Art der Energieabsorption angewendet wird, das Resultat bleibt das gleiche: kinetische Energie wird über plastische Verformung absorbiert. Dies bedeutet, daß der Verformungsbereich des Sitzes als Evakuierungsraum nicht zur Verfügung steht. Die logische Konsequenz ist, daß Sitze mit Verformungselementen im Sitzfuß mit einem größeren Sitzabstand installiert werden müssen als starre.

In diesem Zusammenhang muss auch darauf hingewiesen werden, dass Sitze grundsätzlich gemäß der Zulassungsbedingung nur eine Verformung von 3 inch aufweisen dürfen. Geht die Verformung des Sitzes darüber hinaus kann der Sitz nur eingeschränkt eingesetzt werden.

8. KONSTRUKTIONSPRINZIPIEN

8.1. Bauweisen

Wie bereits mehrfach erwähnt ist der Hauptgesichtspunkt bei der Entwicklung von Fluggastsitzen der Gewichtsaspekt, direkt gefolgt von den Kosten. Hier hat sich in den letzten Jahren eindeutig für die tragende Struktur das Fachwerk aus Aluminiumwerkstoffen als bester Trade-off herauskristallisiert. Neben den Gewichtsvorteilen bei niedrigen Kosten bietet diese Differentialbauweise auch eine hohe Flexibilität, die notwendig ist um den Sitz an verschiedenen Situationen im Flugzeug anzupassen (s.o. „Modularität“).

Ein weiterer Vorteil des Aluminium-Fachwerkes bei der Primärstruktur ist auch darin zu sehen, das durch einfachste Gestaltung der Sitzfüße ein Energieabsorptionsverhalten des Gesamtsitzes hergestellt werden kann, welches dazu führt, daß die Schnittlasten zur Umgebungsstruktur (Fußboden) deutlich reduziert werden.

Bei den Sekundärkomponenten (Armlehne, Rückenlehne, Beinauflage) setzt sich derzeit ein Trend zu integral gefertigten Faserverbundkomponenten durch. Erste Sitze verfügen gar über vollständig aus Faserverbundtechnik hergestellte Sitzschalen. Faserverbund im Bereich der Sitzfüße befindet sich in der Entwicklung. Der Nachteil der sich hier bei Faserverbundkomponenten ergibt, ist daß diese zu steif sind (und somit zu hohe Lasten in die Struktur einleiten) oder aber im Versagensfalle splittern (was in der Kabine nicht zulässig ist).

Dabei haben sich im Bereich der Faserverbundstrukturen zwei Fertigungsverfahren durchgesetzt.

Zum Einen ist dies die Herstellung der Komponenten als zwei miteinander verklebten Halbschalen die im Autoklaven mit Pre-Pregs gefertigt wurden.

Zum Anderen handelt es sich um ein Fertigungsverfahren, bei dem die Bauteile in einem Werkzeug unter Hitze und Druck gepreßt werden und so innerhalb weniger Stunden aus der Form fallen.

Die Verwendung von Faserverbundmaterialien hat derzeit noch das Problem der hohen Kosten für die Qualifizierung und der Reproduzierbarkeit der Bauteile in der Fertigung. Aus diesem Grunde können die Gewichtsvorteile nicht voll genutzt werden und man setzt diese Teile derzeit lediglich im Bereich der Sekundärstruktur ein.

8.2. Werkstoffe

Bei der Wahl der Werkstoffe ist neben dem Gewicht bei vertretbaren Kosten insbesondere auf die Brennbarkeit und die Rauchgasemission zu achten (insbesondere bei den Kunststoffen). Allgemein kommen nachfolgende Materialien zur Anwendung:

- Eisenmetalle (i.A. nur bei Beschlägen)
- Nichteisenmetalle (i.A. Aluminium)
- Kunststoffe, insbesondere Polycarbonat. Faserverbundwerkstoffe mit speziellem Matrixwerkstoff (Epoxydharz mit Additiven zur Gewährleistung der Brandschutzforderungen).

8.3. Fertigungsmethoden

Bei der Fertigung von Fluggastsitzen der heutigen Generation kommen im Wesentlichen nachfolgende Fertigungsverfahren zur Anwendung:

- Blechumformung (Gummiumformung)
- Extrudieren und Umformen bei Kunststoffteilen
- Drehen, Fräsen, Gießen
- Autoklave oder Pressformen für Faserverbundmaterialien

Es ist anzumerken, daß aufgrund der existierenden hohen Variantenvielfalt auf Gußteile nur bei Bauteilen zurückgegriffen wird, die sich im Laufe eines Sitzlebens nicht ändern und bei denen auf ein Verformungsverhalten verzichtet werden kann. Dies ist insbesondere bei Bauteilen der Primärstruktur, wie den vorderen Sitzfüßen und bestimmten Sitzteilern der Fall.

Hier heben einige Sitzhersteller das enorme Kostenpotential welches sich bei der Serienfertigung unter der Verwendung von Gussteilen ergibt, ohne das sie sich in Ihrer Variantenvielfalt einengen lassen müssen.

8.4. Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß ein heutiger Fluggastsitz wie folgt aufgebaut ist:

Baugruppe	Bauweise	Material	Fertigungsverfahren	Besonderheiten
Sitzfüße	Differential	Aluminium	Fräs- oder Gussteile, je nach Standardisierungsgrad.	Anschlusselemente zur Sitzschiene (Fitting) aus Stahl.
Traggestell	Differential	Aluminium	Sitzteiler gefräst. Tragrohre gezogen (Strangpressprofil).	Sitzteiler mit hoher Variantenvielfalt. Sämtliche Befestigungen am Tragrohr nur über Klemmung.
Armlehnen	Differential	Aluminium Polycarbonat	Blechteile gebogen über „Gummiforming“. Innere Beschläge und Versteifungen als Frästeile. Verkleidungen aus Polycarbonat. Armauflage entweder Schaumkern mit Lederüberzug oder durchgeschäumtes Teil.	Hohe Variantenvielfalt durch Kundenwünsche im Bezug auf die Form und den Einbau verschiedener Funktionselemente.
	Integral	Polycarbonat	Spritzgussteil, Armauflage separat gefertigt.	
Rückenlehnen	Differential	Aluminium Stahl Polycarbonat	Blechteile gebogen über „Gummiforming“. Beschläge als Frästeile. Verkleidungen aus Polycarbonat	Beschläge aufgrund hoher Lasten bei geringer Lastbasis im Einzelfall aus Stahl.
	Integral	Faserverbund	Press moulding Autoklaventechnologie	Standard für die Zukunft aus heutiger Sicht. Befestigungen und Anschraubpunkte aus Stahl in der Form integriert
Esstische	Differential	Aluminium Stahl Polycarbonat	Geformte und verklebte PC-Halbschalen Integrierter Stützschaum. Gefräste Führungs- und Befestigungselemente.	Bei Klapptischen, welche in einer Armlehene verstaut sind wird ein anderes Fertigungsverfahren angewendet (gefräste Tischplatten mit PC Einlegern).

TAB 1. Bauweise von Sitzkomponenten

Economy Class Sitze der heutigen Generation erreichen ein Minimalgewicht von etwa 10kg pro Sitzplatz (ohne Bezüge, Gurte und Schwimmweste) in ihrer Basisversion und kosten in der Herstellung je nach Fertigungsmethode ca. zwischen 800 US$ und 1.200 US$.

9. AUSRÜSTUNG DES SITZES

Bei der Ausrüstung eines Sitzes ist prinzipiell zu unterscheiden zwischen notwendigen Ausrüstungen und solche, die für den eigentlichen Zweck des Sitzes nicht notwendig sind, dem Passagier jedoch erhöhten Komfort, vor allem auf längeren Reisen, bieten.

9.1. Polster und Bezüge

Die Polsterung ist eine zwingend notwendige Ausstattung des Sitzes. Die zumeist nicht konturierte Rückenlehne (bei neueren Sitzsystemen wird die Sitzkurve bereits durch die Formgebung in der Sitzschale erreicht, welches durch die Verwendung von Faserverbundmaterialien möglich geworden Ist) erhält hierdurch erst ihre Form.

Bei der Sitzfläche sorgt das Polster für eine gleichmäßige Sitzdruckverteilung und kann wesentlich zur Minderung des Thrombose Problems auf Langstreckenflügen beitragen.

Mit der Gestaltung der Polster wird darüber hinaus wesentlich das Aussehen des Sitzes bestimmt und es können entscheidende Komfortparameter eingestellt werden.

Da die Form der Polster und die Wahl des Bezugsstoffes (Leder oder rauer Stoff) einen erheblichen Einfluss auf das Verhalten des Passagiers im Sitz beim Crash haben kann, sind Polster und Bezug heutzutage nach den neuesten Zulassungsvorschriften integraler Bestandteil der Sitzstruktur. Das bedeutet für die Airline, dass Sie bei Wechsel der Polster (z.B. um dem Sitz ein anderes Aussehen zu geben) automatisch die dynamische Zulassung nach der TSO C127a verliert.

Aus den o.a. Gründen ist das Bepolstern des Sitzes zu einem eigenständigem Markt mit eigener Kernkompetenz geworden. Sitzhersteller und Schaumteilhersteller arbeiten eng zusammen um für den Passagier ein Optimum an Komfort und die Airline ein Maximum an Differenzierung über die Form herauszuarbeiten.

Die Polsterung besteht aus einem Sitzschaum und dem eigentlichen Bezug.

Der Sitzschaum besteht aus speziell feuerhemmendem Material und ist zudem sehr beständig gegen Durchsitzen. Er wird entweder Formgeschäumt oder als Schnittschaum (je nach Größe der anzufertigenden Serie) hergestellt. Zur Erreichung der Brandschutzforderungen werden die Polster entweder mit einem sogenannten „Fire blocker“ überzogen oder enthalten Graphitbestandteile die dann diesen zusätzlichen Überzug nicht erforderlich machen.

Der Bezug selber kann aus widerstandsfähigem Stoff oder Leder bestehen.

9.2. Schwimmweste

Eine Schwimmweste gehört nur dann zur Pflichtausstattung des Flugzeuges, wenn im Betrieb offene Gewässer überflogen werden. Da Flugzeuge in der Flotte einer Fluggesellschaft sehr universell eingesetzt werden, ist eine Schwimmweste de-facto dennoch notwendig.

Die Schwimmweste ist unter dem Sitz direkt an der Sitzfläche oder an einem Sitzfuß befestigt.

Alternativ kann der Sitz auch mit einem „Floatating Cushion“ ausgerüstet werden. Dabei handelt es sich um ein Sitzkissen, welches einen Auftriebskörper beinhaltet der groß genug st um einen Passagier zu tragen. Dieser nimmt im Ernstfall das Sitzkissen welches von unten mit entsprechende Halteschlaufen ausgerüstet ist und klemmt es sich vor die Brust. Der Nachteil hierbei ist in dem Verminderten Komfort zu sehen, da der eingeschäumte Auftriebskörper i.d.R. sehr hart ist.

9.3. Personal Control Unit

Die Personal Control Unit (PCU) ist die Schnittstelle zum In-Flight-Entertainment (IFE) System. Mit der PCU wählt der Passagier das Programm, sowie die Lautstärke des ihm über Kopfhörer eingespielten Programmes. Der Kopfhörer wird i.d.R. ebenfalls direkt an de PCU angeschlossen.

Des weiteren beherbergt die PCU auch die Standardfunktionen „Leselicht“ und „Flugbegleiterruf“, die bei kleineren Flugzeugen üblicherweise in den Gepäckablagen oberhalb der Sitze integriert sind.

Untergebracht ist die PCU zumeist in der Armlehne.

Die PCU gehört nicht zu der eigentlichen Sitzentwickung, sie wird auch nicht vom Sitzhersteller gefertigt. Lediglich die Installation erfolgt gemäß Kundenwunsch im Werk des Sitzherstellers.

9.4. Video

Wie die PCU gehört auch ein Video Bildschirm zum IFE Ausstattung des Sitzes. Alle oben erwähnten Punkte treffen auch hier zu.

Der Video Bildschirm kann in die Rückenlehne des Vordersitzes installiert werden, oder an einem eigenen Tragarm angebracht werden.

9.5. Telefon

Seitdem feststeht, dass individuelle Mobiltelefone die Flugzeugelektronik empfindlich stören, sind die Fluggesellschaften auf der Suche, wie dem Passagier ein ähnlicher Komfort geboten werden kann wie mit seinem eigenen Gerät.

Daher werden derzeit zunehmend Telefone in die Armlehnen integriert (ähnlich PKW). Das Telefon ist mit einem Kreditkartenlesegerät ausgestattet, um die Abrechnungsmodalitäten zu vereinfachen.

Das Telefon wird ebenfalls nicht vom Sitzhersteller bereitgestellt. Lediglich die Möglichkeit zur Unterbringung des Gerätes und die Gestaltung der Armlehne mit zu öffnendem Fach liegen in seinem Aufgabengebiet.

Da die Gebühren bei diesen Geräten recht hoch sind und ein Flugzeug insgesamt nur über wenig freie Leitungskapazität nach außen verfügt, ist die Akzeptanz dieser Geräte erfahrungsgemäß ehr gering.

Häufig findet man auch eine Kombination zwischen Telefon und PCU, wobei die zweite Funktion im Bezug auf die Nutzung klar dominiert.

10. DER SITZ DER ZUKUNFT

Basierend auf dem heutigen Stand der Technik lassen sich im Bereich der Fluggastsitze nachfolgende Trends ausmachen:

Die Verwendung moderner Materialien, insbesondere Faserverbundstrukturen gewinnt bei den Sekundärkomponenten eine immer stärkere Bedeutung. Durch die konsequente Anwendung dieser Materialien läßt sich eine Gewichtsreduktion des Gesamtsystems Sitz um ca. 30% realisieren.

Folgend dem Zeitalter den Informationstechnologie wird es immer wichtiger auch den einfachsten Fluggastsitz mit entsprechenden Informations- und Entertainment Komponenten auszustatten. Dabei geht der Trend weg von herkömmlichen statisch eingebauten Komponenten, hin zu kleinen und mobilen Einheiten die dem Passagier individuell angeboten werden können.

Basierend auf der Erkenntnis, das Integral hergestellte Komponenten leichter und wesentlich unanfälliger gegenüber Störungen sind, werden in der Industrie große Anstrengungen unternommen den Sitz stärker zu standardisieren um auf Integralbauteile wechseln zu können. Dabei gilt, daß der Kunde (Betreibergesellschaft) weiterhin die

gleichen Individualisierungsmöglichkeiten am Sitz erhalten soll um Ihn auf seine Bedürfnisse und seine Corporate Identity abstimmen zu können.

11. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde ein erster, grober Einblick in die Komplexität der Entwicklung eines Fluggastsitzes gewährt.

Neben der Zulassungslandschaft standen vor allem die passive Sicherheit und die Konstruktionsprinzipien im Vordergrund.

Der Stand der Technik wurde anhand der Ausrüstung eines Sitzsystems erläutert.

Ein Ausblick in die Zukunft für Passagiersitze zeigte die Wichtigkeit der konsequenten Anwendung der Faserverbundtechnik. Die Weiterentwicklung des Bordentertainment und Individualisierung von Sitzsystemen wir ein weitere bedeutender Entwicklungszweig für den Fluggastsitz der Zukunft sein.

12. ANKÜNDIGUNG

Eine umfassendere Darstellung dieses Themas wird Anfang 2002 in Buchform erscheinen. Hier werden sämtliche Themen um den Sitz und den Passagier, sowie weitere Fragen der Ausrüstung in der Kabine eingehend und detailliert behandelt und die Lösungsansätze der Industrie vorgestellt.

Interessenten können sich bereits heute Ihr Exemplar per email unter info@f-schoenenberg.de reservieren lassen.