

MARTIN KRAUS, DASA – MT52, Ottobrunn

Kommunalitätsaspekte bei Hochleistungsflugzeugen

Übersicht

Zwischen der Auslegung und der Bewertung eines Flugzeugs gibt es klare Zusammenhänge. Die Auslegung folgt zuvor definierten Forderungen, die sich von einem konkreten Bedarf (Transport von n Passagieren über eine Reichweite x, Bekämpfung eines Luft- oder Bodenziels in einem gegebenen Szenario) ableiten lassen. Die Bewertung erfolgt auf der Basis festgelegter Kriterien. Diese Kriterien stehen logisch in einem direkten Zusammenhang mit den gegebenen Forderungen an das Flugzeug.

Im **zivilen Flugzeugbau** werden zur Erfüllung unterschiedlicher Nutzlast-Reichweiten-Forderungen entsprechende Flugzeugmuster ausgelegt. Dabei wird aus einer Vielzahl von Gründen, zu denen auch Aspekte der Kommunalität zählen, häufig die Vorgehensweise der Varianten- oder Derivatentwicklung gewählt.

Kommunalität wird dabei als ein Auslegungskriterium so verstanden, daß zwischen diesen unterschiedlichen Flugzeugmustern ein möglichst großes Maß an Übereinstimmung (Rumpf-, Flügel-, Cockpitauslegung, Systeme) erzielt werden kann. Dies bedeutet nicht notwendigerweise die völlige Identität z.B. einzelner Strukturkomponenten (siehe A330- und A340-Flügel).

Im zivilen Bereich gibt es einen "homogenen" Markt, d.h. ähnliche Kunden (Fluggesellschaft-

ten) mit einem identischen Ziel (Transport von Personen über irgendeine Reichweite). Die Arten der Forderungen sind ebenfalls "homogen": Nutzlastmenge, Reichweite, Start-, Lande-, Reiseflugleistung, niedrige DOC. Insbesondere sind Passagiere (mit ihrem Gepäck) der einzige "Nutzlast-Typ", der die Auslegung bestimmt.

Diese Eigenschaften des Marktes sind eine Grundvoraussetzung für die Ausnutzung der Kommonalitätsvorteile bei Bildung einer Flugzeug-Familie (z.B. A320, A321, A319, ...).

Die Kommunalität steht in teilweisem Widerspruch zur Notwendigkeit der Optimierung. Die erforderlichen Kompromisse werden von einem Kunden nur dann akzeptiert, wenn er in die Auslegung einbezogen war, und/oder wenn die Kommunalität auch ihm überwiegend zum Nutzen wird (Flottenpolitik!).

Demgegenüber sehen sich im **militärischen Flugzeugbau** z.B. die am Eurofighter beteiligten Industriepartner einem völlig "inhomogenen" Markt gegenüber: vier Nationen (Deutschland, England, Italien, Spanien) als "Launching Customers" mit unterschiedlichen nationalen Sicherheitsinteressen, Bedrohungen und Bündnisverpflichtungen. Weiterhin leiten sich aus den bereits existierenden Arsenalen (andere Kampfflugzeuge, Bewaffnungstypen) unterschiedliche Bedarfe (z.B. Leistungen, Einführungszeitpunkt) an ein neues Flugzeug ab.

Aus diesem "inhomogenen" Markt ergeben sich deshalb ebenso "inhomogene" Forderungen. Die Vielfalt der Forderungsarten übersteigt dabei die der zivilen Auslegungsforderungen. Zudem sind manche der Forderungen bzw. der daraus abgeleiteten Entwurfsaufgaben gegeneinander konträr (z.B. Aerodynamik - große Außenlasten - Stealth - Kosten).

Die wesentliche Randbedingung zur Deckung dieses nur scheinbar gemeinsamen Bedarfs besteht darin, daß die technische Lösung **mit einem einzigen Flugzeugmuster** dargestellt werden muß. Diese bedeutet Identität der Struktur, der Hardware und Software bei den Systemen sowie der Fähigkeit zur Durchführung aller geplanter Missionen (mit den entsprechenden Waffen).

Der Eurofighter muß ein definiertes Wachstumspotential aufweisen, d.h. nicht - im Gegensatz zur zivilen Entwurfsaufgabe! -, daß der momentane Entwurf die Ableitung eines Folgemusters ermöglichen soll, sondern daß das Wachstum später mit den bereits ausgelieferten Flugzeugen realisiert werden muß.

Von dieser "Kommunalität in Reinform" weicht lediglich das zweisitzige Trainingsflugzeug ab. Allerdings beschränken sich die Änderungen gegenüber dem Einsitzer auf Bereiche mit einer geänderten Kontur (Cockpit, Airbrake-Bereich), mit notwendigerweise geänderten oder zusätzlichen Systemen (z.B. Instrumentie-



rung und Klima im hinteren Cockpit, Kabelverlegungen). Alle anderen Bereiche (z.B. auch Fahrwerk) sind identisch mit dem Einsitzer. Alle Computer sind ohne Änderung (z.B. Laden einer anderen Software) beliebig zwischen Ein- und Zweisitzer austauschbar. Ein Zweisitzer ist ohne Modifikation jederzeit voll operationell einsetzbar.

Um ein solches Konzept realisieren zu können, müssen die verschiedenen Anforderungen in einem gemeinsamen Forderungskatalog, der Waffensystemspezifikation, zusammengefaßt werden. Hierbei handelt es sich um die langwierige Suche nach einem "optimalen Kompromiß". Durch parallele, intensive Studien prüft die Industrie zusammen mit den "Launching Customers" die Realisierbarkeit. Demzufolge stellen die Bewertungskriterien an die Auslegung ebenfalls einen Kompromiß dar. Die spätere Bewertung des Waffensystems über die Prototypen- und Serienflugzeug-Erprobung erfolgt zwar ebenfalls in Zusammenarbeit Industrie - Kunde. Dies bedeutet jedoch nicht die Fortsetzung des Kompromisses. Hier zählt nur noch der Nachweis der geforderten Leistungen. Nicht-Erfüllung hat - wie im zivilen Bereich - Vertragsstrafen zur Folge.

Bereits heute verhandeln die Eurofighter-Partner mit einer Vielzahl interessierter Exportkunden. Diese sind im Prinzip nicht in den zuvor beschriebenen Prozeß eingebunden. Sie

bewerten das Flugzeug und seine Eignung zur Deckung ihres Bedarfs nach ihren eigenen Kriterien und treffen dann im Vergleich mit Konkurrenzmustern eine Beschaffungentscheidung. Wie im zivilen Bereich kommen auch hier z.B. (industrie-)politische Aspekte zur Geltung.

Abschließend verdient ein weiterer Aspekt Beachtung, in dem sich die militärischen Programme - insbesondere in Europa - hinsichtlich der Kommunalität stark von den zivilen Entwicklungen unterscheiden. Hochleistungsflugzeuge zeigen sehr lange Produktlebenszyklen, die inzwischen über 50 Jahre betragen können (z.B. F-4 "Phantom": Entwicklungsbeginn Anfang der 50er, Erstflug 1958, Ausphasung bei der Bundeswehr bis ca. 2005). Die Programme folgen mit großen zeitlichen Abständen aufeinander (z.B. Tornado - Eurofighter: ca. 20 Jahre). Hierdurch ergeben sich nur minimale Möglichkeiten, verfügbare Systeme oder Komponenten für ein neues Flugzeug zu verwenden. Die nahezu vollständige Neuentwicklung in allen Bereichen erweist sich dabei als ein erheblicher Kostenfaktor.

Der Autor

Dr. Martin Kraus ist seit 1988 im Geschäftsbereich Militärflugzeuge der Daimler-Benz Aerospace AG. Nach den Bereichen Aerodynamik, Entwurf und Vorentwicklung war er von 1995 bis 1998 im Eurofighter-Programm in der Programmleitung Technik tätig. Seit Oktober 1998 ist er Leiter der Hauptabteilung Flugtesttechnik / Flugdatenanalyse in der Flugerprobung des Geschäftsbereichs.

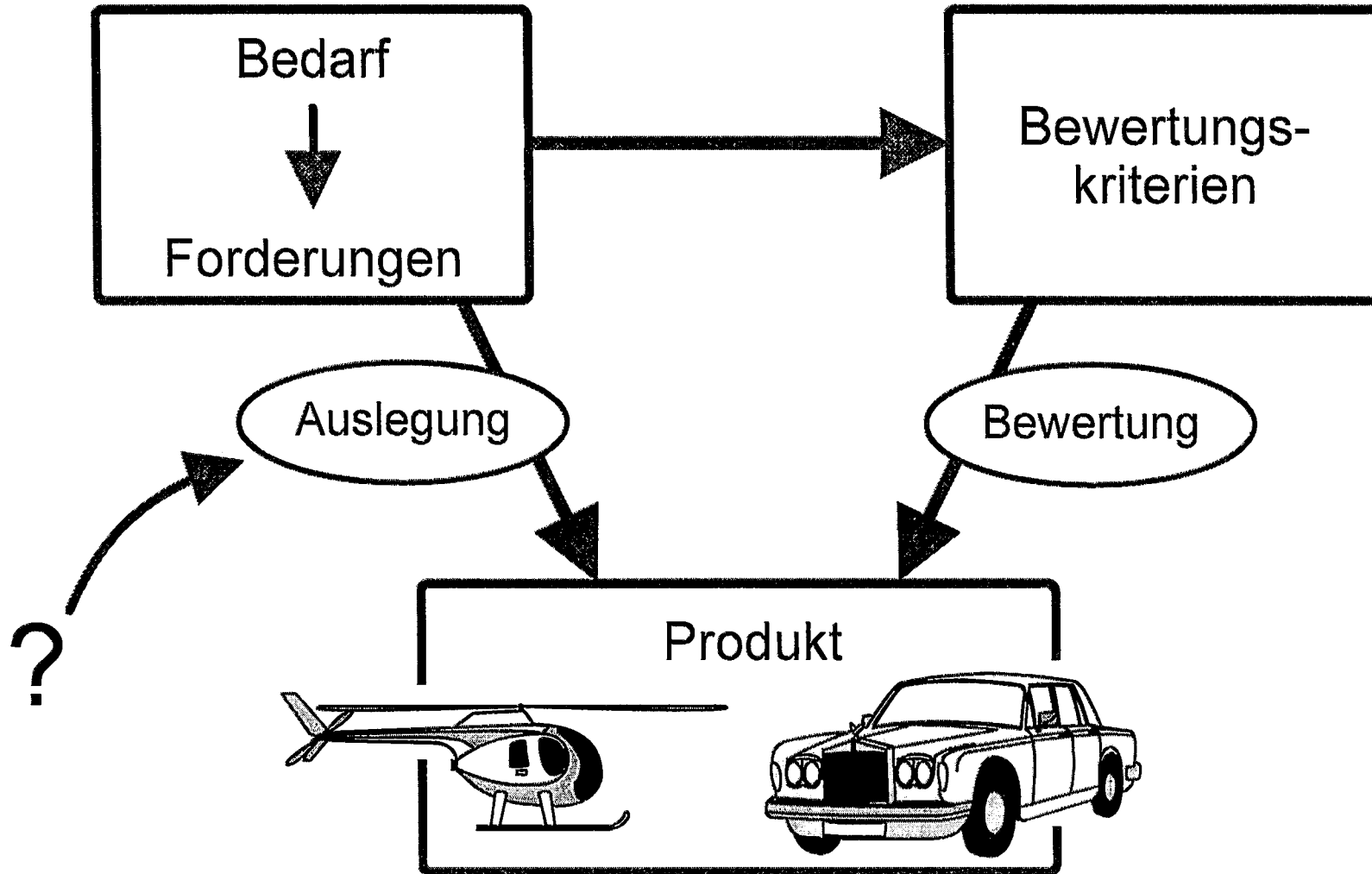
Einige der Aussagen der Veröffentlichung sind bewußt provozierend formuliert, um eine Diskussion während des Workshops anzuregen. Der Autor ist interessiert und gerne bereit, diese Diskussionen auch später fortzusetzen.

Daimler-Benz Aerospace AG
Militärflugzeuge
MT52
Rechliner Straße
85077 Manching
Tel: 08458-81-64321
Fax: 08459-81-65101

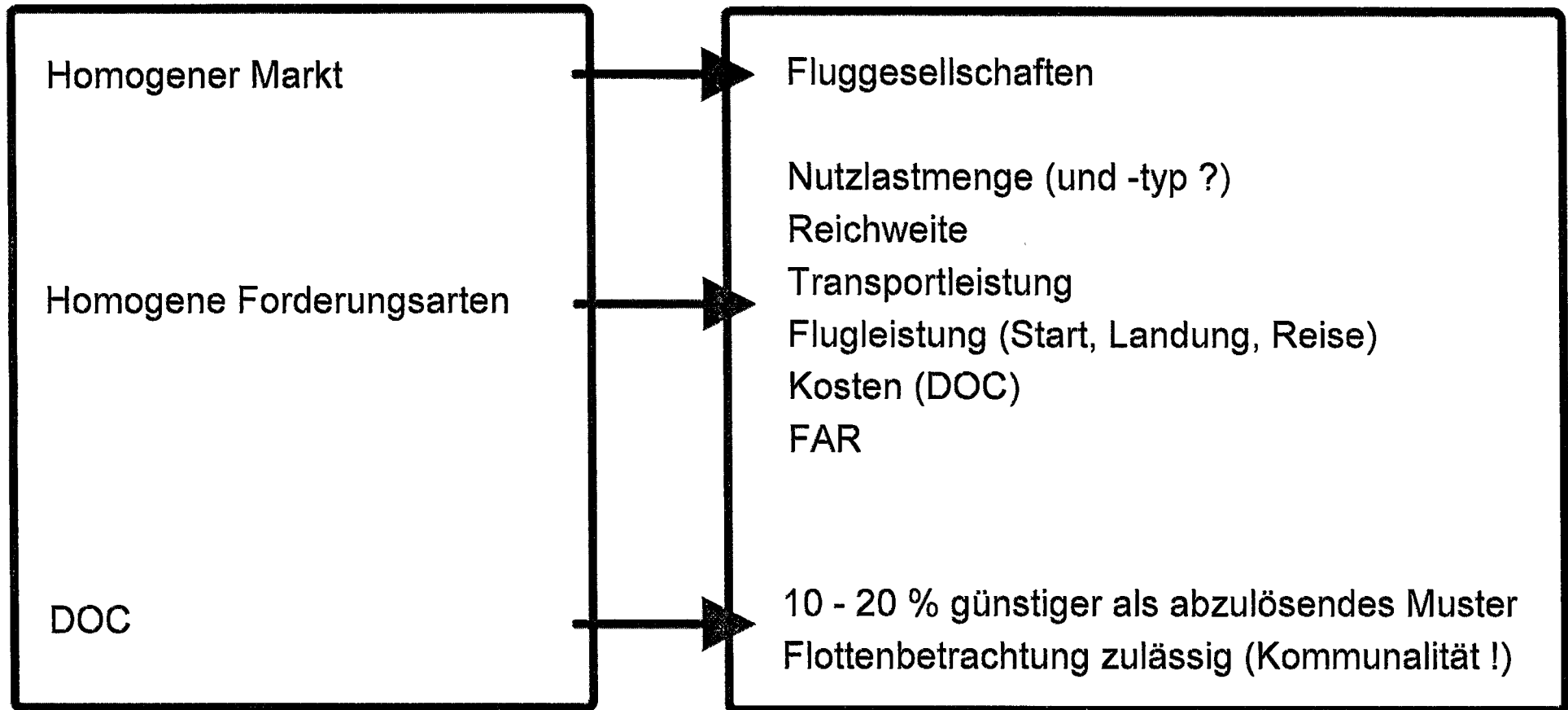
Kommunalitätsaspekte bei Hochleistungsflugzeugen

- Einleitung
- Kommunalität bei Verkehrsflugzeugen
- Auslegungsforderungen an ein Hochleistungsflugzeug
- Auslegung und Kommunalitäten
- Einfluß auf die Bewertung
- Zusammenfassung

Einleitung

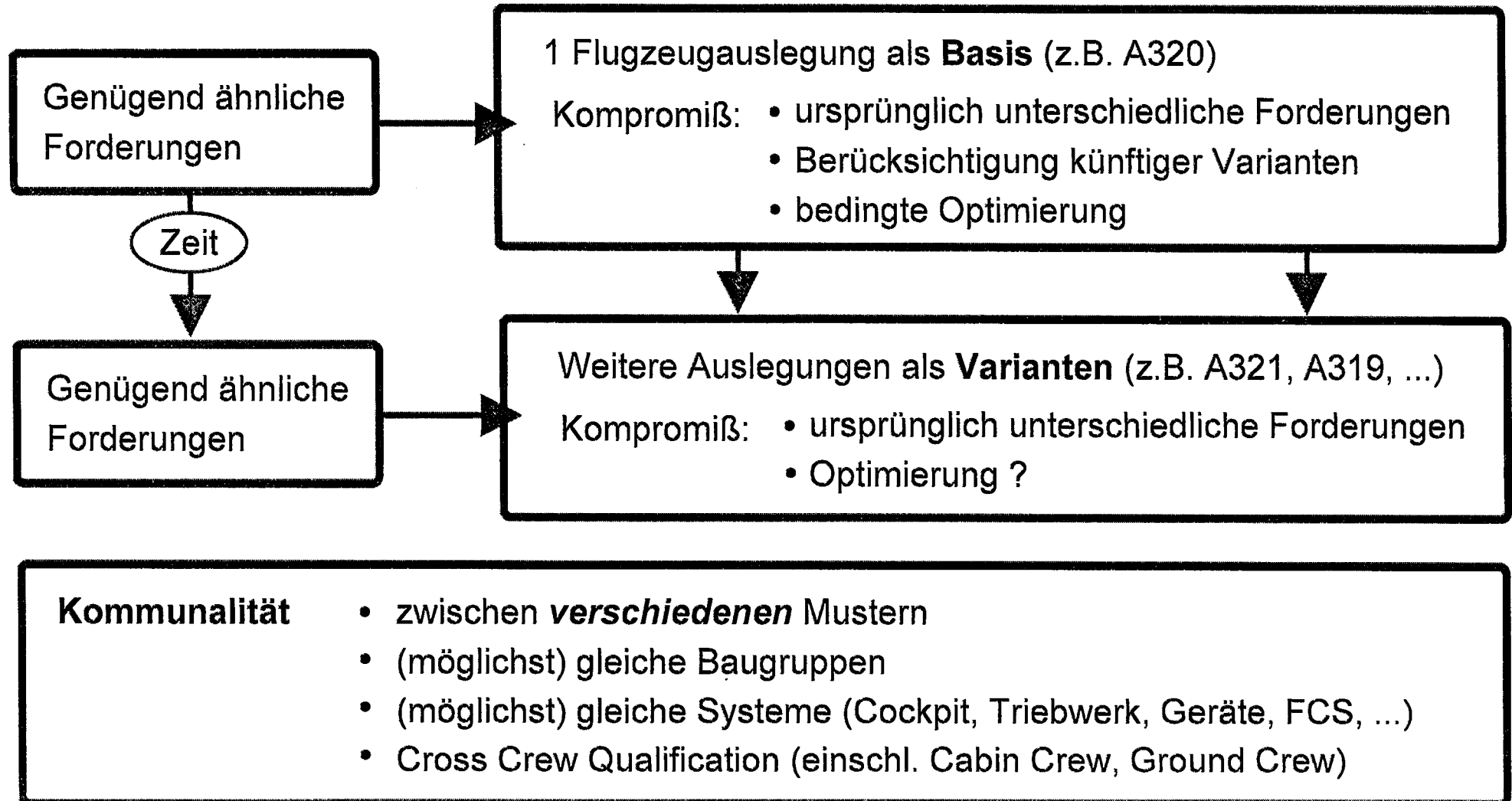


Kommunalität bei Verkehrsflugzeugen (1)





Kommunalität bei Verkehrsflugzeugen (2)



Kommunalität bei Verkehrsflugzeugen (3)

Wer bewertet?

Was wird bewertet?

Wie wird bewertet?

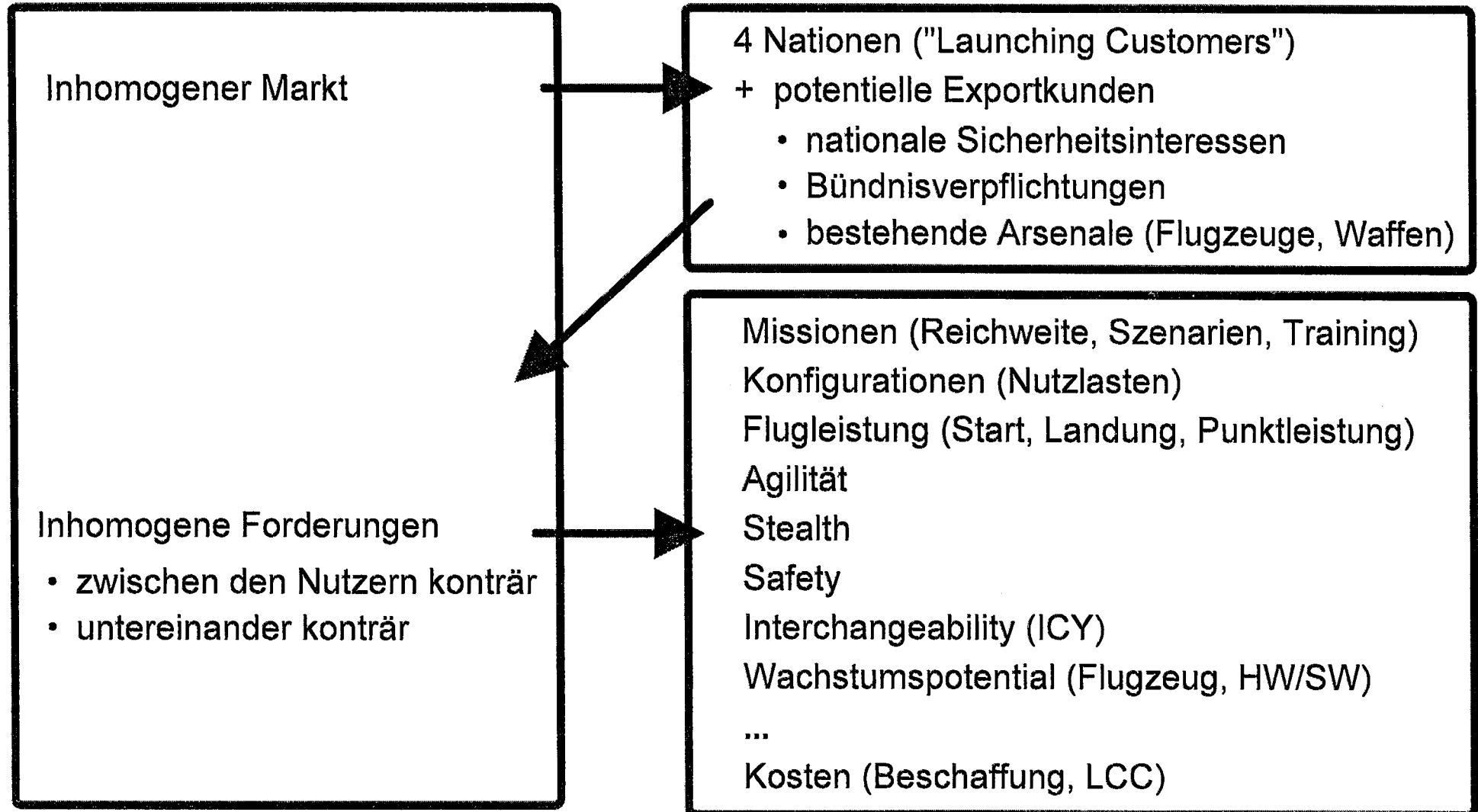
Hersteller: Entwicklung, Fertigung, Wirtschaft

Kunde: Technik, Wirtschaft, Piloten (?)

Erfüllungsgrad der eigenen Forderungen

Kompromiß bei der Auslegung interessiert die Kunden nur bei eigenem Nutzen (z.B. Flottenkommunalität).

Auslegungsforderungen an ein Hochleistungsflugzeug (1)



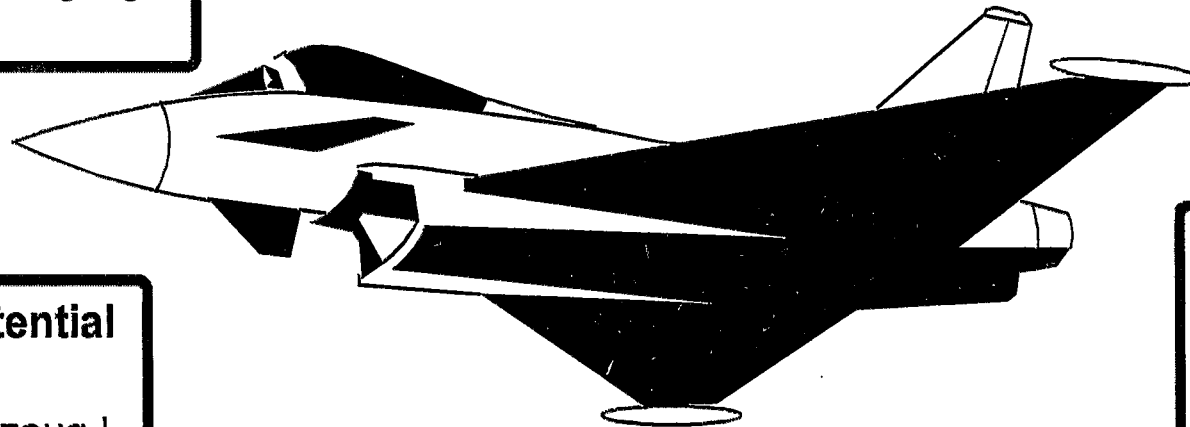
Auslegungsforderungen an ein Hochleistungsflugzeug (2)

Luft-Luft

Kurzstrecken-FK
Mittelstrecken-FK
Unter-/Überschall
Beschleunigung
Agilität

Luft-Boden

große Außenlasten
schneller Tiefflug
Unterschall



Wachstumspotential

30 Jahre !
Kein neues Flugzeug !

Training

Zweisitzer
operationelles Flugzeug
Einsitzer-Eigenschaften

Randbedingung:

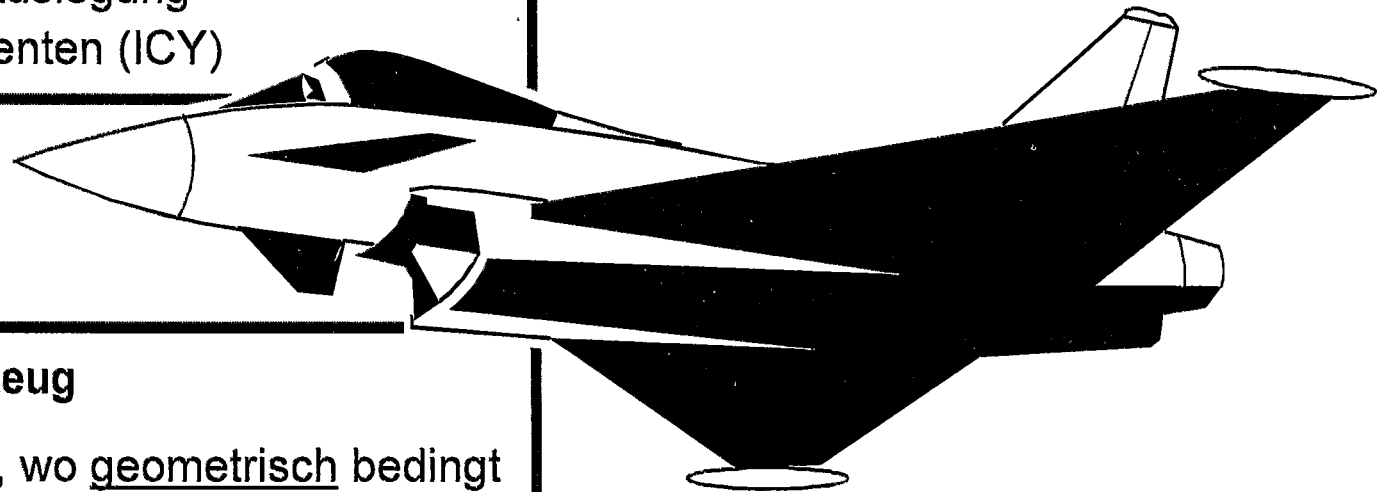
Die technische Lösung muß mit einem Flugzeugmuster dargestellt werden !

Auslegung und Kommunalität (1)

Rolle
Luftkampf + Luftüberlegenheit
dominant

Ein Basisflugzeug

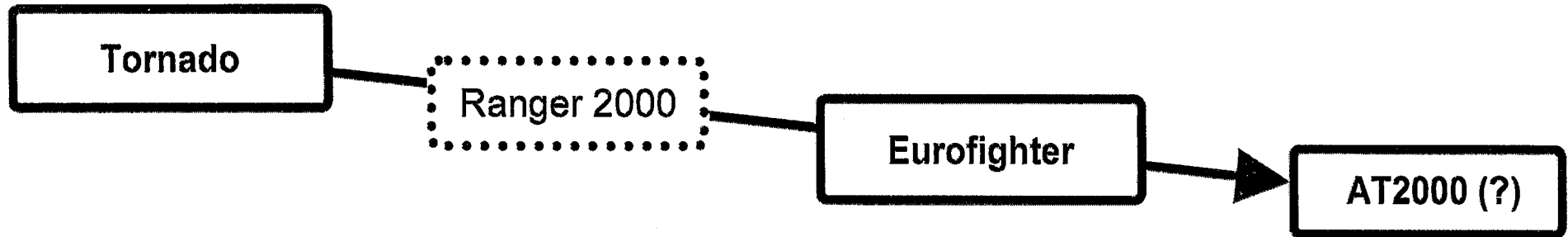
- identische Struktur
- identische HW und SW
- Ausrüstung zu 95 % identisch, sog. "National Fits"
- alle Nutzlasten gemäß Auslegung
- austauschbare Komponenten (ICY)



Zweisitziges Trainingsflugzeug

- Strukturänderungen nur, wo geometrisch bedingt
- minimale Systemänderungen (AVS, FCS, UCS)
- ohne Modifikation operationell einsetzbar

Auslegung und Kommunalität (2)

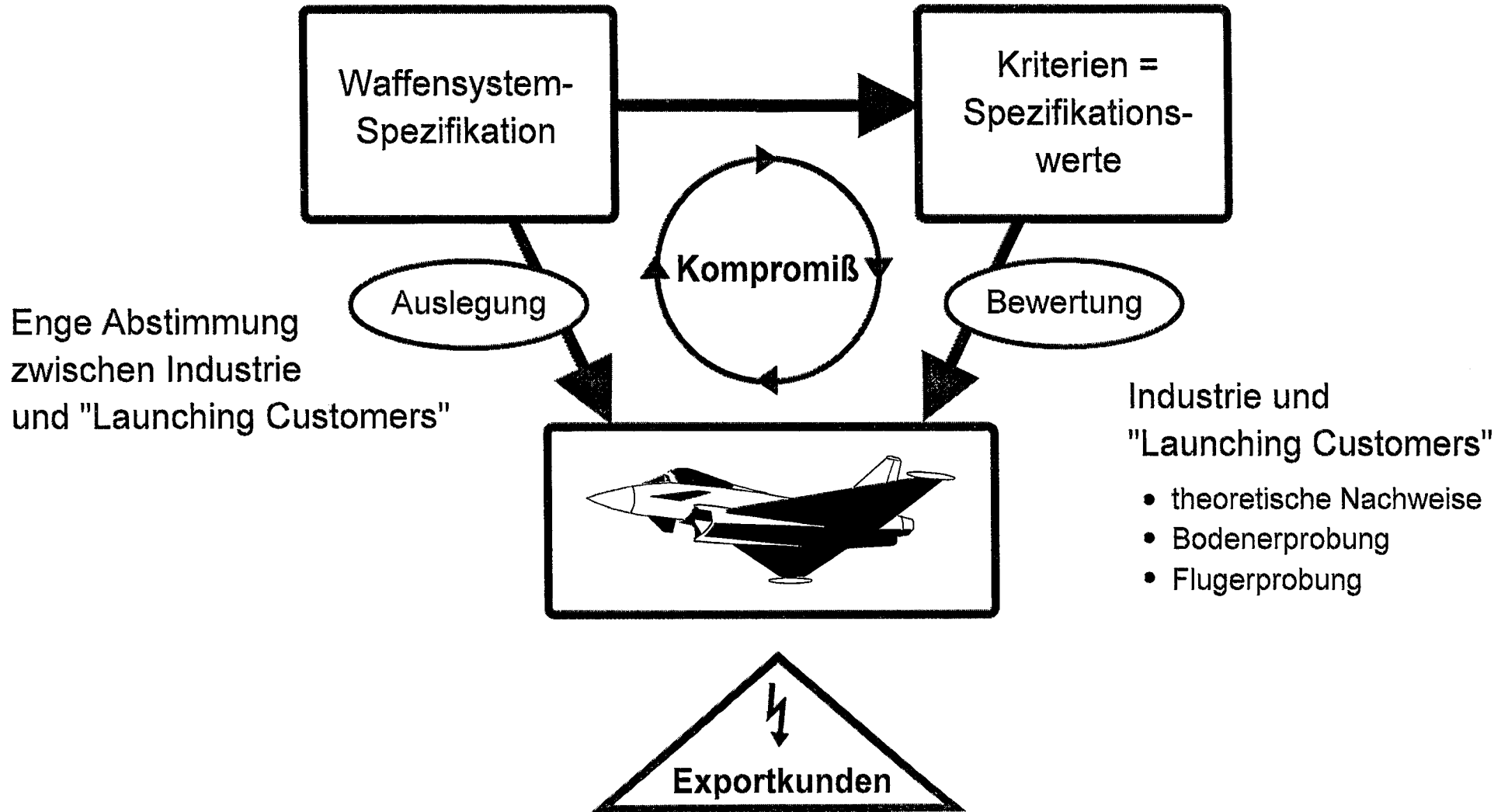


Lange Entwicklungszeiten → Nutzungsdauer > 25 Jahre
Produktlebenszyklen bis zu 50 Jahre !

Kommunalität zwischen den Programmen vernachlässigbar !
99 % Neuentwicklung !

Ansätze, z.B.: Nutzung des Eurofighter-Triebwerks EJ200
für Tornado (Nachrüstung), AT2000, JAS-39 "Gripen"
in Diskussion

Einfluß auf die Bewertung (1)



Einfluß auf die Bewertung (2)

Flugleistungs-Forderungen, z.B.:

- Start und Landung
- Steigleistung
- Beschleunigungsfähigkeit
- Stationäre und instationäre Punktleistungen

Specific Excess Power

$$SEP = \frac{S - W}{m g} v = \frac{v}{g} \frac{dv}{dt} + \frac{dh}{dt}$$

$$m = m_L + m_K(t) + m_N(t)$$

Betriebsleermasse m_L wird zum direkten Bewertungskriterium !



Zusammenfassung

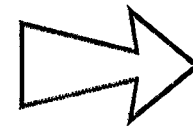
Hochleistungsflugzeuge

- Auslegungsforderungen
 - umfangreicher
 - meist konträr

- Auslegung komplexer

- Auslegung

- Bewertungskriterien



kompromiß-orientiert

- Kommunalität in Reinform

Abkürzungen

AVS	Avionics System (Eurofighter)
DOC	Direct Operating Cost
FAR	Federal Airworthiness Regulations
FCS	Flight Control System
FK	Flugkörper
HW	Hardware
ICY	Interchangeability (Forderung nach Austauschbarkeit von Komponenten)
LCC	Life Cycle Cost
SW	Software
UCS	Utility Control System (Eurofighter)