



# **Kurzversion FAS4M Methodenguideline**

---

Methodisches Vorgehen im FAS4M-Ansatz

Kurzversion der  
24-seitigen Methodenguideline  
(konkrete Handlungsanleitungen)  
zur Veröffentlichung



**Moeser, Georg (IPEK)**

26.02.2016

# KURZVERSION FAS4M METHODENGUIDELINE

## 0 INHALT

0	Inhalt.....	1
1	Einleitung.....	2
2	Vorbemerkungen.....	2
3	„System neu entwickeln“ .....	4
3.1	Einführung.....	4
3.2	Ablauf.....	4
4	„System dokumentieren“ .....	6
4.1	Einführung.....	6
4.2	Ablauf.....	6
5	„System analysieren“ .....	7
5.1	Einführung.....	7
5.2	Ablauf.....	7
6	„System weiterentwickeln“ .....	8
6.1	Einführung.....	8
6.2	Ablauf.....	8
7	Quellenverzeichnis .....	9



Dieses Material (*Kurzversion FAS4M Methodenguideline* von *Georg Moeser*) steht unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International. Um eine Kopie dieser Lizenz zu sehen, besuchen Sie <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Karlsruher Institut für Technologie  
**IPEK - Institut für Produktentwicklung am KIT**

Kaiserstraße 10  
76131 Karlsruhe

[www.ipek.kit.edu](http://www.ipek.kit.edu)

**Ansprechpartner:**

Matthias Behrendt  
Oberingenieur  
Leiter Forschungsabteilung 1

[matthias.behrendt@kit.edu](mailto:matthias.behrendt@kit.edu)  
49 721 608 46470

# 1 EINLEITUNG

Die mit diesem Dokument vorgelegte Methodik wurde in folgendem Projekt erarbeitet: „Entwicklung eines Modellierungswerkzeugs und technischer Dienstleistungen für Maschinenbaukonstrukteure zur systematischen Entwicklung und Modellierung des Funktions-Gestalt-Zusammenhangs mechatronischer Produkte mit durchgängiger Kopplung an SysML und CAD-Werkzeuge“.

Das Projekt ist im Rahmen des Programms „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)“ gefördert (Förderkennzeichen: KF3196901BZ3, KF3207701BZ3, KF2407904BZ3 und KF2144421BZ3).



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Als Arbeitstitel des Projektes wurde „Functional Architectures of Systems for Mechanical Engineers“ bzw. die Kurzform „FAS4M“ eingeführt.

Im Projekt haben :em engineering methods AG, oose Innovative Informatik eG, IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und Professur für Maschinenelemente und Rechnergestützte Produktentwicklung (MRP) an der Helmut Schmidt Universität – Universität der Bundeswehr Hamburg (HSU) gemeinsam gearbeitet.

Die Projektergebnisse unterstützen die modellbasierte, konzeptionelle Entwicklung von mechanischen Komponenten eines Systems und die anschließende Modellierung der Gestalt in CAD-Systemen. Weitere Informationen können auch den Veröffentlichungen entnommen werden[1][2][3][4][5][6][7].

## 2 VORBEMERKUNGEN

In diesem Kapitel werden einige Hinweise zum Verständnis der Inhalte dieses Dokuments gegeben.

**Hinweise zu benötigten Kenntnissen:** Zu Beginn jedes Kapitels wird auf die notwendigen (Mindest-)Kenntnisse verwiesen. Hierbei wird von ① „keine Kenntnisse“ über ② „Grundkenntnisse“ und ③ „fortgeschrittene Kenntnisse“ bis zu ④ „Expertenkenntnisse“ unterschieden:

SysML/MechML <sup>1</sup>	④
Interdisziplinärer Konzeptentwurf	③
Mechanischer Konzeptentwurf	②
Konstruktion	①

---

<sup>1</sup> MechML ist die Kurzbezeichnung der Mechanics Modeling Language aus dem FAS4M-Projekt [17]

Stets können die Kenntnisse auf mehrere Projektmitarbeiter verteilt werden, solange alle ein gewisses Grundverständnis für die Entwicklung (①) aufweisen können. Hierbei kann in die Rollen „Systems Engineer“ und „Konstrukteur“ unterschieden werden.

**Unterschiede zwischen Ablaufbeschreibung und realer Durchführung:** Die folgenden Ablaufbeschreibungen sind in sequenzieller Abfolge dargelegt. Es entsteht der Eindruck, dass die beschriebenen Aktivitäten abgeschlossen werden und die Aktivitätsergebnisse vollumfänglich vorliegen, bevor mit der Folgeaktivität begonnen wird. In der Entwicklungspraxis wird es jedoch immer so sein, dass zwischen den Aktivitäten gesprungen wird, da bei der Durchführung einer Aktivität weitere Erkenntnisse über vorangegangene Aktivitäten bzw. bereits Erkenntnisse für folgende Aktivitäten entstehen.

**Begriffe des Contact & Channel-Ansatzes(C&C<sup>2</sup>-A):** Im Rahmen der Methodenbeschreibung werden einige Begriffe des Contact & Channel-Ansatzes (C&C<sup>2</sup>-A) genutzt, da gemeinsam verwendete Begriffe und geteilte Mentalmodelle der Entwickler die Entwicklung unterstützen. Für die Definitionen sei auf entsprechende Veröffentlichung verwiesen ([9]). Im Kontext dieser Kurzfassung des Methodenguidelines werden lediglich Wirkflächen (WF)

**Beispiele:** Im Rahmen des FAS4M-Projektes wurden verschiedene Beispiele erarbeitet. Die Veröffentlichung auf dem Tag des Systems Engineering (TdSE) 2015 [5] zeigt Ausschnitte einer Weiterentwicklung einer KfZ-Kühlmittelpumpe mit dem FAS4M-Ansatz. In der Präsentation auf der Tagung wurden Videos von der Modellierung gezeigt. Zum Projektabschluss wurde ein Beispielvideo erstellt und der Öffentlichkeit unter [www.fas4m.de](http://www.fas4m.de) zur Verfügung gestellt. Es zeigt die Anwendung des FAS4M-Ansatzes am Beispiel eines Quadropters.

# 3 „SYSTEM NEU ENTWICKELN“

## 3.1 EINFÜHRUNG

Der Anwendungsfall „System neu entwickeln“ beschreibt das Vorgehen bei der Entwicklung eines neuen Systems. Hierbei wird davon ausgegangen, dass keine Modelle der logischen Systembeschreibung (Prinzipien und Konzepte) oder der physischen Systembeschreibung (Baustuktur, CAD-Modell) existieren. Diese Modelle werden auf Basis der gewonnenen Ergebnisse des im Folgenden beschriebenen Vorgehens erzeugt.

Eine Analyse von Anforderungen und Anwendungsfällen für das zu entwickelnde System wird als durchgeführt vorausgesetzt. Für die weiteren Schritte ist eine von dieser Analyse abgeleitete funktionale Architektur (z.B. mit Hilfe der FAS-Methode [10]) als Ausgangsbasis notwendig.

## 3.2 ABLAUF

SysML/MechML	①
Interdisziplinärer Konzeptentwurf	②
Mechanischer Konzeptentwurf	②
Konstruktion	②

Die Methode sieht eine Betrachtung des Systems in vier Sichten vor (vgl. Abbildung 1): Funktionen-Sicht, Prinzipien-Sicht, Konzepte-Sicht und Komponenten-Sicht (vgl. [5]).

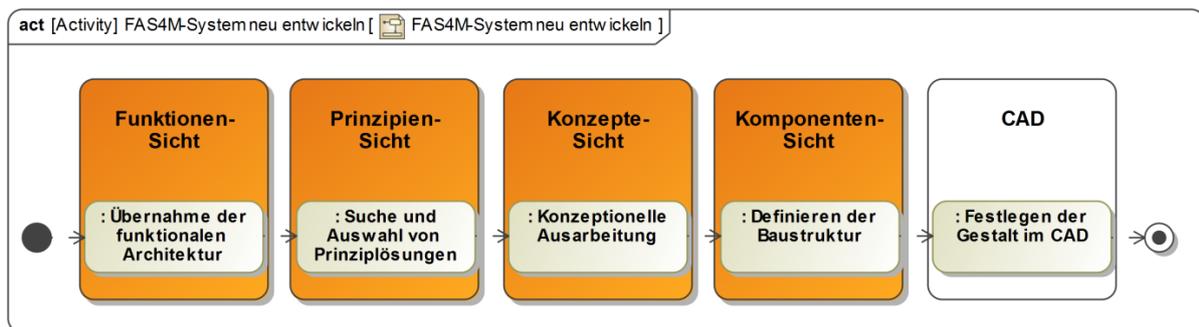


Abbildung 1: Übersicht des Ablaufes "System neu entwickeln"

Als Ausgangsbasis wird eine funktionale Architektur genutzt. Hierbei wird gemäß der FAS-Methode [10] mit funktionalen Blöcken gearbeitet. Zunächst werden alle Funktionen der funktionalen Architektur in einen morphologischen Kasten [11] übernommen. Die mechanischen Prinzipien, die ausgewählt wurden, werden weiter mit der FAS4M-Methode bearbeitet. Hierbei wird die System-Prinzipiellösung aus dem morphologischen Kasten in ein Gesamtkonzept überführt und weiter entwickelt.

Bei der Weiterentwicklung stehen zwei Vorgehensweisen zur Verfügung, die sowohl einander ergänzend wie auch unabhängig voneinander durchgeführt werden können<sup>2</sup>:

1. Darstellen der logischen Architektur in Diagrammen
2. Dokumentation der Gestaltentwicklung in Skizzen

<sup>2</sup> Prinzipiell ist auch die Betrachtung der Konzeptionshierarchie in Blockdefinitionsdiagrammen (bdd) möglich. Methodisch ist diese Betrachtung nicht notwendig. Sie kann jedoch beispielsweise von Interesse sein, wenn definierte Konzepte in mehrere Produkten verwendet werden.

## **1. Darstellen der logischen Architektur in Diagrammen**

Die Konzeptelemente werden in Diagrammen aufgeführt und deren ausgetauschten Flüsse (Stoff, Energie- und/oder Informationsfluss) über Ports und Konnektoren modelliert.

## **2. Dokumentation der Gestaltentwicklung in Skizzen**

Für das Verdeutlichen und Dokumentieren der Überlegungen zur Gestalt werden Skizzen angefertigt. In den Skizzen wird das Gesamtkonzept, Konzeptelemente oder Ausschnitte dieser dargestellt. Die Inhalte der Skizzen werden mit den weiteren Modellelementen verknüpft, sodass die Skizze und die Modellinhalte später gemeinsam die volle Information widerspiegeln.

Nach der Erstellung der logischen Architektur aus den Konzeptelementen mit Hilfe von Diagrammen und/oder Skizzen wird die physische Architektur abgeleitet. Hierbei ist die Baustruktur eine hierarchische Komposition von Komponenten, der Typdefinitionen der verwendeten Baugruppen und -teile, sowie deren Gestalteeigenschaften, wie Wirkflächen (WF), Parameter und Constraints.

Zunächst wird im CAD die Struktur des Systems übernommen. Entsprechend der Baustruktur werden Baugruppen und Bauteile im CAD erstellt und anschließend die Details (wie z.B. WF) mit den Inhalten des MechML Modells verknüpft.

# 4 „SYSTEM DOKUMENTIEREN“

## 4.1 EINFÜHRUNG

Der Anwendungsfall „System dokumentieren“ dient dazu die Entwicklung eines Systems im Nachgang zu dokumentieren. Dies ist beispielsweise von Interesse, wenn das System weiterentwickelt werden soll und dazu ein Modell der bestehenden Generation benötigt wird (vgl. Kapitel 0). Voraussetzung für die folgenden Schritte ist es, dass ein CAD-Modell des Systems vorliegt. Unterstützend können weitere Dokumente der Entwicklung hinzugezogen werden.

Möglich ist auch eine Benchmark-Analyse von Konkurrenzprodukten. Mit einem Laserscanner oder ähnlichem kann das benötigte 3D-Modell erstellt werden.

## 4.2 ABLAUF

SysML/MechML	②
Interdisziplinärer Konzeptentwurf	①
Mechanischer Konzeptentwurf	②
Konstruktion	①

Abbildung 2 gibt einen Überblick über den Ablauf „System dokumentieren“.

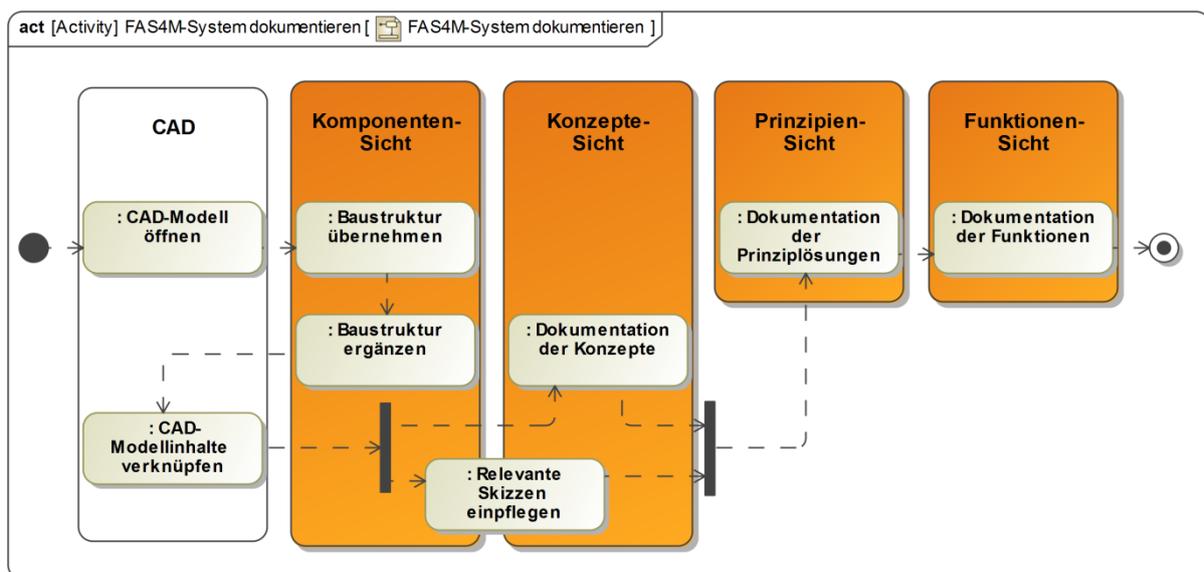


Abbildung 2: Übersicht des Ablaufs "System dokumentieren"

# 5 „SYSTEM ANALYSIEREN“

## 5.1 EINFÜHRUNG

Der Anwendungsfall „System analysieren“ beschreibt das Heranziehen eines Systemmodells zur Analyse des Systems, um sich ein detailliertes Systemverständnis zu erarbeiten. Dies ist zum Beispiel der Fall wenn sich neue Mitarbeiter einarbeiten oder eine erste Abschätzung zu Potenzialen bzw. Aufwänden einer Weiterentwicklung vorgenommen werden soll. Hierbei ist es zunächst nicht beabsichtigt Änderungen am Modell vorzunehmen, was jedoch sinnvoll sein kann, wenn Unstimmigkeiten bzw. Unklarheiten im Modell behoben werden sollen. Dieser Anwendungsfall ist also prinzipiell mit Leserechten für das Modell durchführbar.

## 5.2 ABLAUF

SysML/MechML	①
Interdisziplinärer Konzeptentwurf	①
Mechanischer Konzeptentwurf	①
Konstruktion	①

Abbildung 3 gibt einen Überblick über den Ablauf „System analysieren“.

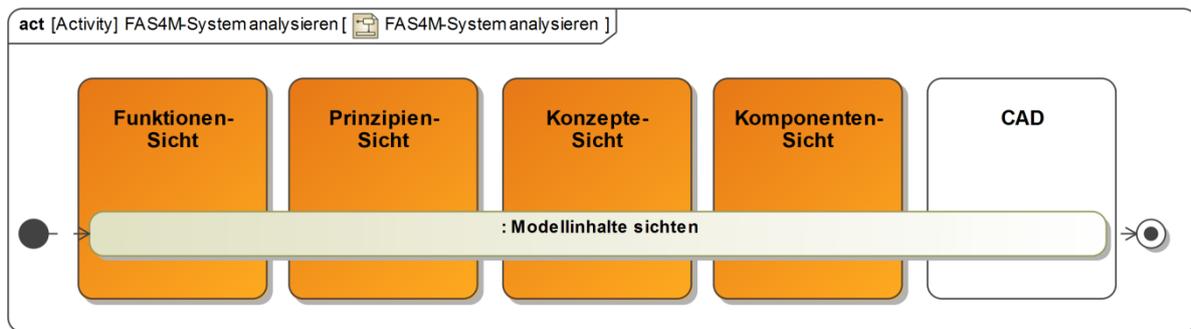


Abbildung 3: Übersicht des Ablaufs "System analysieren"

# 6 „SYSTEM WEITERENTWICKELN“

## 6.1 EINFÜHRUNG

Der Anwendungsfall „System weiterentwickeln“ beschreibt eine Entwicklung bei der das Modell eines Referenzproduktes im Rahmen der Produktgenerationsentwicklung<sup>3</sup> genutzt wird, um wesentliche Modellierungsaufwände einzusparen. Ein solches Modell liegt vor, wenn z.B. ein Vorgängerprodukt als Referenzprodukt dient, das bereits mit Hilfe des vorgestellten Ansatzes (siehe Kapitel 3) entwickelt und modelliert wurde.

## 6.2 ABLAUF

SysML/MechML	②
Interdisziplinärer Konzeptentwurf	②
Mechanischer Konzeptentwurf	②
Konstruktion	②

Abbildung 4 gibt einen Überblick über den Ablauf „System weiterentwickeln“.

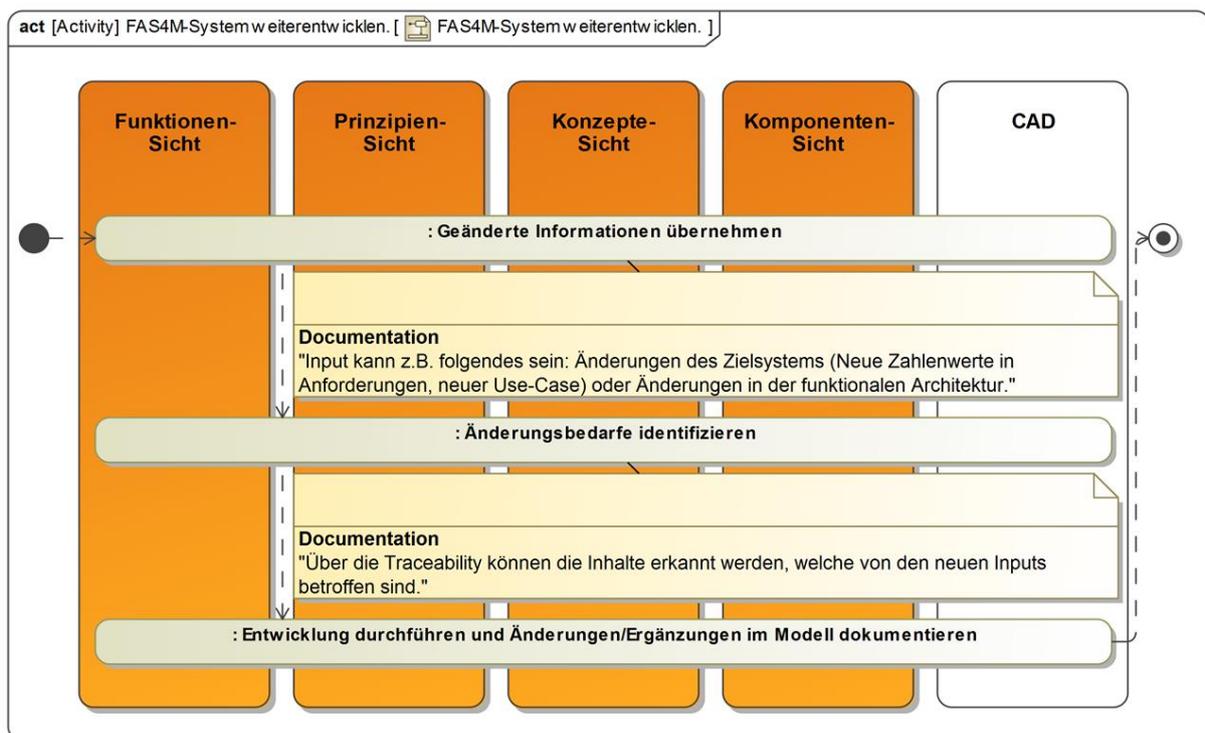


Abbildung 4: Übersicht des Ablaufs "System weiterentwickeln"

<sup>3</sup> Weitere Informationen zur Produktgenerationsentwicklung können beispielsweise der Veröffentlichung von Albers et.al. [16] entnommen werden.

## 7 QUELLENVERZEICHNIS

- [1] M. Grundel, J. Abulawi, G. Moeser, T. Weilkiens, A. Scheithauer, S. Kleiner, C. Kramer, M. Neubert, S. Kümpel, A. Albers: "FAS4M – No more: 'Please mind the gap!'" in *Tag des Systems Engineering 2014*, Bremen, 2014, S. 65–74
- [2] G. Moeser, A. Albers, S. Kümpel: "Usage of Free Sketches in MBSE" in *Proceedings First IEEE International Symposium on Systems Engineering*, Rom, 2015
- [3] G. Moeser: *Example on "Usage of Free Sketches in MBSE"* Karlsruhe, 2015
- [4] G. Moeser, A. Albers, Klingler, Simon: "Modellbasierte Funktions-Gestalt-Synthese: Unterstützung der Entwickler bei der Definition der Produktgestalt" in *DFX 2015: Proceedings of the 26th Symposium Design For X*, Herrsching, 2015
- [5] G. Moeser, C. Kramer, M. Grundel, M. Neubert, S. Kümpel, A. Scheithauer, S. Kleiner, A. Albers: "Fortschrittsbericht zur modellbasierten Unterstützung der Konstrukteurstätigkeit durch FAS4M" in *Tag des Systems Engineering 2015*, Ulm, 2015
- [6] M. Grundel, J. Abulawi, J. Loewner: "Skizzen mit formalisierten Informationen anreicher," in *Tag des Systems Engineering 2015*, Ulm, 2015
- [7] M. Grundel, J. Abulawi: "Ein Ansatz zur formalen, inhaltlichen Konsistenzprüfung von mechanischen Systemen" in *Tag des Systems Engineering 2015*, Ulm, 2015
- [8] OMG: "OMG Systems Modeling Language (OMG SysML) - Version 1.4." Jun-2015
- [9] A. Albers, E. Sadowski: "The Contact and Channel Approach (C&C<sup>2</sup>-A) – relating a system's physical structure to its functionality" in *An Anthology of Theories and Models of Design: Philosophy, Approaches and Empirical Explorations*, vol. 1, A. Chakrabarti and L. Blessing, Eds. London: Springer, 2014, pp. 151–171
- [10] T. Weilkiens, J. G. Lamm, S. Roth, M. Walker: *Model-based system architecture*. 2015
- [11] F. Zwicky: *Entdecken, Erfinden, Forschen im morphologischen Weltbild: mit Diagrammen*, 2. Aufl. Glarus: Baeschlin, 1989
- [12] J. Feldhusen, K.-H. Grote, Eds., *Pahl/Beitz Konstruktionslehre*, 8th ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013
- [13] K. Roth: *Konstruktionslehre*, 3. Aufl., erw. und neu gestaltet. Berlin: Springer, 2000
- [14] K. Roth: *Kataloge*, 3. Aufl., mit wesentlichen Erg. Berlin: Springer, 2001
- [15] A. Albers, N. Reiß, N. Bursac, B. Walter, B. Gladysz: "InnoFox – Situationspezifische Methodenempfehlung im Produktentstehungsprozess," in *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2015 SSP 2015*, 2015
- [16] A. Albers, N. Bursac, E. Wintergerst: "Produktgenerationsentwicklung – Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive" in *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2015*, Stuttgart, 2015
- [17] oose eG; :em AG ; IPEK - Institut für Produktentwicklung am KIT ; Helmut-Schmidt-Universität: Projektergebnisse | FAS4M. URL <http://www.fas4m.de/content/ergebnisse> - abgerufen am 216-07-06