

aramis

AUTOMOTIVE · RAILWAY · AVIONICS

MULTICORE SYSTEMS

Schlussbericht Teil 2

AUDI AG

Version	1.0
Laufzeit des Vorhabens	01.12.2011 - 31.03.2015
Förderkennzeichen BMBF	01IS11035L
Verbreitung	Öffentlich
Fälligkeitsdatum	11.11.2015
Datum	02.02.2016

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Versionen

Version	Datum	Beschreibung
0.0	29.12.2014	Vorlage
1.0	27.11.2015	Rolf Michael Schneider
1.1	02.02.2016	Rolf Michael Schneider Redaktionelle Änderungen: <ul style="list-style-type: none">- Korrektur Verbreitungshinweis- Korrektur Kapitelverweis in Kap. 1.2

Projektkoordination

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Becker / Dr.-Ing. Oliver Sander
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV)
Engesserstr. 5
76131 Karlsruhe
Telefon: +49 721 - 608 - 42502 / - 42512
Telefax: +49 721 - 608 - 42511
Email: becker@kit.edu / sander@kit.edu

© Copyright 2015 ARAMiS
Kordinator: Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Schlussbericht Teil 2

AUDI AG
Version 1.0 vom 02.02.2016

Inhaltsverzeichnis

1	AUDI AG.....	1
1.1	Wissenschaftlich-technische Ergebnisse.....	1
1.2	Verwendungsnachweis	6
1.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeiten	6
1.4	Verwertungsplan	7
1.5	Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens	8
1.6	Veröffentlichung der Ergebnisse	8

1 AUDI AG

1.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Die AUDI AG hat sich wie geplant in allen Teilprojekten des Vorhabens eingebracht und dabei seine Erfahrungen aus vorhergehenden Projekten den Partnern zur Verfügung gestellt. Im Rahmen der einzelnen Teilprojekte von ARAMiS konnten wesentliche Erkenntnisse gewonnen und zentrale Ergebnisse erarbeitet werden, die die weitere Entwicklung und Nutzung der Multicore-Technologie im automobilen Einsatzbereich befördern werden.

Die Ergebnisse sind im Detail im gemeinsamen Schlussbericht zum Vorhaben ARAMiS beschrieben, so dass an dieser Stelle nur eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Punkte erfolgt, an denen Audi beteiligt war. Hierzu zählen TP1-Szenarien/Anforderungen, TP2-Systementwurf, TP3-Hardware und TP6-Demonstratoren. In den übrigen Teilprojekten hat sich die AUDI AG ebenfalls eingebracht und an den technischen Diskussionen beteiligt. Ebenso erfolgte ein enger Austausch mit der Audi Electronics Venture GmbH (AEV), die ebenfalls am Verbundvorhaben beteiligt war.

Da zur Lösung der mit der Integration der Multicore-Technologie im Automotive-Umfeld verbundenen Anwendungsfragen entsprechende funktionale und nichtfunktionale Anforderungen analysiert und geprüft werden mussten, standen zu Beginn des Projekts die Definition entsprechende Tests und Szenarien im Vordergrund. Im Rahmen von TP1 konnten diese im intensiven inhaltlichen Austausch mit den Partnern erarbeitet und für die weiteren Umsetzungsschritte und Teilprojekte des Vorhabens den übrigen Projektpartnern zur Verfügung gestellt werden.

Im Rahmen der Mitarbeit im TP2-Kernteam hat sich Audi an den weiterführenden Diskussionen und Arbeiten beteiligt. Hierfür wurden in Zusammenarbeit mit AEV mehrere Safety-Cases und Failure-Cases für Automotive-Embedded-Anwendungen erstellt.

Im Rahmen von TP3-Hardware konnten im Laufe des Projekts u.a. Virtualisierungskonzepte für Safety-relevante Automotive-

Embedded-Anwendungen mit den Partnern Infineon AG und Audi Electronics Venture GmbH (AEV) erarbeitet werden.



Abbildung 1 zeigt die Steuergeräte-Hardware der Audi-Demonstratorplattform

Die Hauptarbeit der AUDI AG in TP6-Demonstratoren beschäftigte sich mit dem Aufbau eines Demonstrators (Abbildung 1 und Abbildung 2) für das Szenario Hochintegration zusammen mit der BMW AG. Nach einer eingehenden Abstimmung mit den beteiligten Projektpartnern über Dokumentation und Evaluation der Ergebnisse aus den Demonstrator-Plattformen konnten Aufbau und Inbetriebnahme der Plattform D erfolgreich abgeschlossen werden. Hierbei wurden auch Vorkehrungen für die schrittweise erfolgende Integration weiterer Fahrzeugfunktionen getroffen und diese im weiteren Projektverlauf auch umgesetzt.



Abbildung 2 zeigt die Audi-Demonstratorplattform integriert mit Laboraufbau

Zur Vorbereitung der geplanten Performance-Messungen erfolgte die Integration eines Werkzeugs zur Timing-Analyse und die Umsetzung einer statistischen Langzeitanalyse. Zum Auslesen von Messdaten wurde im Zuge dessen auch eine echtzeitfähige Datenschnittstelle eingebunden und zusätzlich eine Trace/Profiling Software integriert. Beispiele für dabei gewonnene Messergebnisse zeigt Abbildung 3.

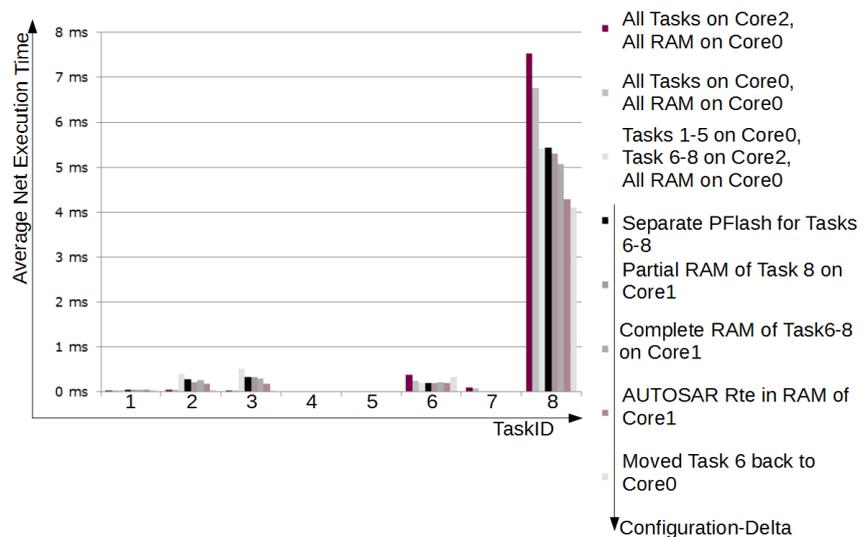


Abbildung 3 zeigt anhand der Messergebnisse der Timing-Analyse den Einfluss von unterschiedlichen Speicher- und Kernkonfigurationen auf die Gesamtausführungszeit von Software-Komponenten des Demonstrators.

Im Rahmen der zweiten Hardware-Revision der Demonstratorplattform D wurde die Inbetriebnahme der fehlerkorrigierten Version des Ziel-Halbleiters (Infineon AURIX im CA-Stepping) abgeschlossen. Weiterhin erfolgte die Integration einiger serientypischer Basissoftware-Module. Die Ergebnisse zur Messung der Performanzbewertung flossen in ein finales Ergebnisdokument. Hierbei wurde speziell auf die Mehraufwände eingegangen, welche durch Anwendung von Virtualisierungstechniken in einem eingebetteten System entstehen können. Zusammen mit der Universität Paderborn konnten wesentliche Schritte zur Modellierung des Demonstrators und dessen Darstellung im ARAMiS-Modell umgesetzt werden. In Kooperation mit der AEV hat Audi zudem an der versuchsweisen Parallelisierung bereits existierender Funktionsalgorithmen gearbeitet. Diese konnten bis zum Projektende prototypisch auf dem Demonstrator umgesetzt werden.

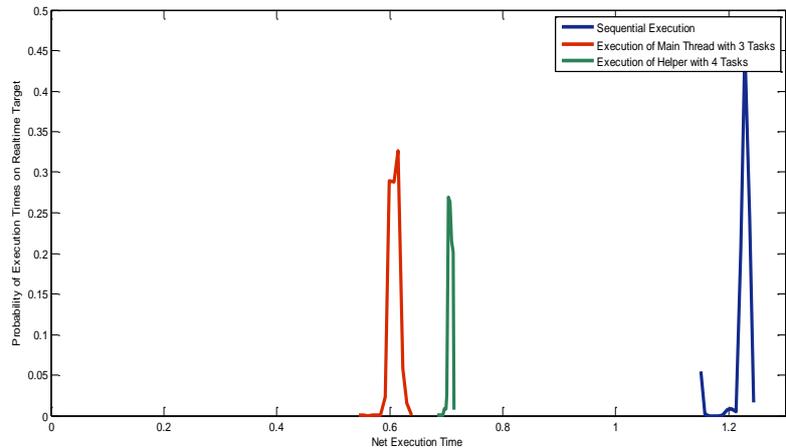


Abbildung 4 Histogramm von Ausführungszeiten vor und nach der Parallelisierung.

Bei der praktischen Anwendung der im Projekt erarbeiteten Ergebnisse an der Audi-Demonstratorplattform konnte zum einen die Einsatztauglichkeit und Leistungsfähigkeit der Multicore-Technologie für die Automotive-Domäne gezeigt werden. Dazu zeigt Abbildung 4 exemplarisch das Leistungspotential einer Multicore-Plattform anhand eines implementierten praxisnahen Anwendungsbeispiels. Hier wurde unter sehr günstigen Ausgangsbedingungen bei Berücksichtigung aller Einflussfaktoren für eine Parallelisierung auf zwei Rechenkernen sogar ein Beschleunigungsfaktor von über 1,98 gegenüber der rein sequentiellen Ausführung auf einem Einzelkern erreicht.

Zum anderen wurde bei den Arbeiten am Demonstrator die Notwendigkeit einer verstärkten Werkzeugunterstützung und Automatisierung bei der Software-Entwicklung für diese Art der Systeme offensichtlich, um die gewonnenen Möglichkeiten und das verfügbare Leistungspotential auch effizient zu nutzen.

Eine weiter detaillierte Beschreibung der hier auszugsweise vorgestellten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse ist im gemeinsamen Abschlussbericht (Final Report vom 21.10.2015) des Projekts zu finden.

1.2 Verwendungsnachweis

Der Großteil der Arbeiten im Projekt konnte wie geplant erfolgreich abgeschlossen werden. Mit der genehmigten Projektverlängerung bis zum 31. März 2015 wurden nach Rücksprache mit den Projektträger seitens Audi zusätzliche Arbeitsschritte eingeplant, die ebenfalls erfolgreich abgeschlossen werden konnten.

Die ursprüngliche Kostenplanung konnte eingehalten werden, ebenso die mit der Projektverlängerung einhergehende Aufstockung des Projektbudgets, mit der die zusätzlichen Arbeiten abgedeckt wurden.

Der zahlenmäßig mit Abstand größte Posten der Zuwendung umfasst die Personalkosten für Entwicklungsmitarbeiter (0837) mit 66,32 % des Gesamtbetrages. Zu diesen können prinzipiell auch die Aufwände für Fremdleistung (0823) in Höhe von 26,34 % des Gesamtbetrages unmittelbar hinzugerechnet werden, da diese sowohl zur Aufstockung der Personalkapazität im Projekt als auch zur Vorbereitung und Vereinfachung der späteren Verwertung der Ergebnisse dienen. Der dafür gewählte Partner arbeitet sowohl eng mit der AUDI AG im Bereich der Vorentwicklung zusammenarbeitet, als auch in Serienprojekten mit Zulieferern der AUDI AG.

Die oben genannten Posten lassen sich mit den anspruchsvollen Arbeiten mit hohem Neuigkeitsgrad und der Ansiedlung im Ingenieurs- und Informatikbereich sowie den dabei erzielten Ergebnissen in den verschiedenen Teilprojekten und, allem voran, der Audi-Demonstratorplattform begründen (siehe Kapitel 1.1).

Für Material (0813) des Demonstrators wurden 4,98% des Gesamtbudgets aufgewendet.

Die zur Präsentation der Ergebnisse auf nationalen und internationalen Konferenzen notwendigen Reisekosten (0846) belaufen sich auf lediglich 0,28 % des Gesamtbudgets.

1.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeiten

Aus Sicht der AUDI AG konnte über das Verbundvorhaben ARAMiS im Bereich der Domäne Automotive die generelle Einsatzreife der Multicore-Prozessoren für die unterschiedlichen

Einsatzbereiche wie Infotainment, Powertrain oder Fahrdynamik nachweislich belegt werden.

Damit trägt ARAMiS direkt zur Umsetzung der Hightech-Strategie 2020 sowie der seitens des BMBF veröffentlichten Ziele zur Förderung von Embedded Systems bei. Hierbei steht die Erarbeitung einer robusten technologischen Basis als Grundlage für die spätere, umfassende Vernetzung von Embedded Systems zu einem „Cyber-Physical-System – CPS“ im Vordergrund. Für Audi spielt diese Fragestellung aus Sicht der steigenden Bedeutung von Smart Mobility eine besondere Rolle.

Über ARAMiS ist es gelungen, die für entsprechende CPS-Vernetzungsszenarien zu klärenden Fragestellungen anzugehen und nachhaltige Lösungen zu entwickeln. Hierzu zählen die Erarbeitung entsprechender Thesen und Szenarien für die Konzeption von Integrationsplattformen. Desweiteren konnten Grundlagen für die Definition von neuen Systemen und zugehörigen Entwicklungsabläufen für Multicore-Technologie-basierte Produkte im Automotive-Umfeld erarbeitet werden.

1.4 Verwertungsplan

Für Audi als einem der führenden Hersteller von Fahrzeugen im Premiumsegment stellt gerade die über die Realisierung der Multicore-Technologie im Automotive-Einsatz ermöglichte Steigerung der Rechenleistung von Steuergeräten eine Grundlage für die zukünftige Integration innovativer und wettbewerbsdifferenzierender Funktionen im Fahrzeug dar.

Mit dem erfolgreichen Abschluss des Projekts und der Überführung der damit verbundenen Erkenntnisgewinne in die unternehmensinternen Prozesse hat die AUDI AG, soweit möglich und geeignet, damit begonnen die Umsetzung im Serieneinsatz zu prüfen und gegebenenfalls vorzubereiten und vereinzelt bereits durchzuführen.

Dies betrifft nicht nur das Unternehmen Audi als OEM selbst, sondern auch die diversen Entwicklungspartner. Bereits zum jetzigen Zeitpunkt werden die erarbeiteten Ergebnisse und Erkenntnisse aus den einzelnen Teilprojekten mit Lieferanten der

AUDI AG bezüglich einer Einbeziehung in zukünftige Projekte entweder zumindest diskutiert oder bereits aktiv angewendet.

Die AUDI AG als Endnutzer der innerhalb des Projekts entstehenden Ergebnisse kann aus Sicht eines OEM die wissenschaftlichen und technischen Erfolgsaussichten nur eingeschränkt bewerten. Die Erfahrungen im Zusammenhang mit Erstellung und Prüfung des Demonstrators für die Plattform D zeigen jedoch deutlich, dass die erzielten Ergebnisse entscheidende Schritte zur erfolgreichen Anwendung der Multicore-Technologie in den hauseigenen Produkten beitragen werden.

Der mit den Arbeiten an dem von Audi bewusst praxisnah gehaltenen Demonstrator einhergehende Know-How-Aufbau ist erheblich.

1.5 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens

Ein wesentlicher Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens ist sicherlich die Erweiterung des AUTOSAR 4.0 Standards für Multicore (AUTOSAR – Guide to Multi-Core Systems)

Weiterhin ist anhand angekündigter neuer Halbleiterprodukte für den Automotive-Einsatz eine Weiterentwicklung erkennbar, die Erkenntnisse und Optimierungsvorschläge aus ARAMiS umsetzt.

Im Bereich der Software-Entwicklung ist zudem durch die von den entsprechend tätigen Projektpartnern zu erwartenden Werkzeugprodukte eine wesentliche Optimierung und Vereinfachung der Entwicklungsabläufe für Multicore-basierte Systeme zu erwarten.

1.6 Veröffentlichung der Ergebnisse

Folgende Veröffentlichungen wurden seitens Audi getätigt:

- SAE World Congress 2012 – Vortrag zur Vorstellung der Projektziele und -inhalte von ARAMiS:

*“ARAMiS - Taming Multicores For Safe Transportation“
vorgestellt durch die AUDI AG unter weiterer Beteiligung
des KIT-Karlsruhe und Airbus D&S*

- SAE World Congress 2013 – Einreichung eines Manuskripts zu einem Deployment-Konzept für Multicore-Systeme:

„Tackling the Complexity of Timing-relevant Deployment Decisions in Multicore-based Embedded Automotive Software Systems“ unter Beteiligung von Audi, TU München, BMW und EFS GmbH

- ESE Kongress 2013 – Einreichung eines Manuskripts zu Virtualisierungskonzepten:

"Virtualisierungskonzepte für eingebettete Multicore-Systeme" unter Beteiligung von AUDI AG, AEV GmbH und Infineon Technologies AG

- DATE-Konferenz 2014 – Vortrag zu AUTOSAR-basierten Multicore-Systemen im Rahmen des Workshops ENVISION2020:

"AUTOSAR and Multicore" vorgetragen durch die Continental AG unter Beteiligung der AUDI AG

- SAE World Congress 2014 – Einreichung zweier Manuskripte für die Präsentation von Ergebnissen aus den Teilprojekten TP3 und TP6:

"Efficient Virtualization for Functional Integration on Modern Microcontrollers in Safety-Relevant Domains" unter Beteiligung von AEV GmbH, AUDI AG und Infineon Technologies AG

"Migrating Automotive Applications To Multi-Core – Hints And Tweaks" unter Beteiligung von AUDI AG, EFS GmbH und Infineon Technologies AG

- Arbeitskreis Multicore im Juli 2014 – Präsentation zur Deployment-Herausforderung in Multicore-Systemen und der Anwendung des Werkzeugs CADMOS im ARAMiS-Demonstrator der AUDI AG:

„Tackling the Complexity of Timing-relevant Deployment Decisions in Multicore-based Embedded Automotive Software Systems“ durch Audi unter Beteiligung der TU München

- ESEM-Kongress 2014 – Einreichung eines Manuskripts zur Präsentation von Erkenntnissen aus dem Anforderungsmanagement in ARAMiS:

*„Evaluation in Practice: Artefact-based Requirements Engineering and Scenarios in Smart Mobility Domains“
durch Fraunhofer IESE und TU München unter Beteiligung der AUDI AG*

- SAE World Congress 2015 – Einreichung zweier Manuskripte für die Präsentation der wesentlichen Projektergebnisse:

„Implementing Mixed Criticality Software Integration On Multicore – A Cost Model And The Lessons Learned“ unter Beteiligung der AUDI AG, BMW AG, EFS GmbH und Infineon

„Software Parallelization in Automotive Multicore Systems“ unter Beteiligung der AUDI AG, AEV GmbH und der EFS GmbH

- Konferenz „EMCC 2015“ – Vortrag über wesentliche Projektergebnisse der Automotive-Domäne:

„The ARAMiS Automotive LSSI demonstrators and lessons learned“ durch AUDI AG

- BICCTalk Embedded Systems am BICCNET – Vortrag über das Gesamtprojekt ARAMiS und Highlights aus den Automotive-Demonstratoren:

„ARAMiS: Multicore in Auto und Flugzeug“ durch das KIT Karlsruhe und die AUDI AG

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel ARAMiS – Automotive, Railway and Avionic Multicore Systems	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Rolf Michael Schneider	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.03.2015
	6. Veröffentlichungsdatum 31.12.2015
	7. Form der Publikation Schlussbericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) AUDI AG – I/EF-64 85045 Ingolstadt	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen ^{*)} 01IS11035L
	11. Seitenzahl 13
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 3
	14. Tabellen
	15. Abbildungen
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Im Rahmen der einzelnen Teilprojekte von ARAMiS konnten wesentliche Erkenntnisse gewonnen und zentrale Ergebnisse erarbeitet werden, die die weitere Entwicklung und Nutzung der Multicore-Technologie im automobilen Einsatzbereich befördern werden. Bei der praktischen Anwendung der im Projekt erarbeiteten Ergebnisse an der Audi-Demonstratorplattform konnten sowohl die Einsatztauglichkeit als auch die Leistungsfähigkeit der Multicore-Technologie für die Automotive-Domäne gezeigt werden. Mögliche Anwendungsbereiche sind unter anderem Infotainment, Powertrain und Fahrdynamik. Die steigende Anzahl und Komplexität der Systemkonzepte im Automotive-Einsatz macht eine Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten der Multicore-Technologie als Grundlage für die Integration einer erhöhten Rechnerleistung im Fahrzeug dringend erforderlich. Damit trägt ARAMiS gleichzeitig zur Umsetzung der Hightech-Strategie 2020 sowie der seitens des BMBF veröffentlichten Ziele zur Förderung von Embedded Systems bei.	
19. Schlagwörter Aramis, Multicore-Technologie, Automotive-Umfeld	
20. Verlag	21. Preis

*) Auf das Förderkennzeichen des BMBF soll auch in der Veröffentlichung hingewiesen werden.

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Final report
3. title ARAMiS – Automotive, Railway and Avionic Multicore Systems	
4. author(s) (family name, first name(s)) Schneider, Rolf Michael	5. end of project 31.03.2015
	6. publication date 31.12.2015
	7. form of publication Final report
8. performing organization(s) (name, address) AUDI AG – I/EF-64 85045 Ingolstadt	9. originator's report no.
	10. reference no. 01IS11035L
	11. no. of pages 13
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 3
	14. no. of tables
	15. no. of figures
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract <p>Within the framework of the individual sub-projects of ARAMiS it was possible to gain essential knowledge and to achieve pivotal results which are going to accelerate the further development and utilisation of the multicore technology in the automotive industry. When it comes to the practical application of the results that have been achieved within the project, both the suitability for use and the productive efficiency of the multicore technology for the automotive industry could be shown at the Audi demonstration platform. Application is possible in different automotive domains such as infotainment, powertrain and driving dynamics.</p> <p>The rise in quantity as well as complexity of system designs in the automotive industry strongly requires to get involved with the possibilities of multicore technology as a basis for the integration of increased computing performance in automobiles. Thus ARAMiS contributes both to the implementation of the hightech-strategy 2020 and to the goals for the funding of embedded systems as published by the BMBF.</p>	
19. keywords Aramis, Multicore Technology, Automotive Industry	
20. publisher	21. price