

Verwendungsnachweis – Teil I: Kurzbericht

FKZ: 281DP08E20

Datum 08.08.2025

Thema: Verbundprojekt: adaptive Interface-Systeme in Ackerschleppern 2.0 (aISA2.0) – Teilprojekt E – SAME DEUTZ-FAHR DEUTSCHLAND GmbH (SDF)

Ursprüngliche Aufgabenstellung

Der Traktor wird in Zusammenspiel mit der Vielzahl an möglichen Anbaugeräten als Universalmaschine eingesetzt. Um die damit einhergehenden vielfältigen Bedienszenarien abzudecken, besitzen die heutigen Bedienarmlehnen eine hohe Anzahl von fest zugeordneten, variabel programmierbaren und virtuellen Bedienelementen. Dadurch sind die heutigen Serien-Bedienarmlehnen sehr komplex und teilweise sogar unübersichtlich.

Um diese Komplexität zu reduzieren, mögliche Fehlbedienungen zu vermeiden und damit effizienter im Einsatz zu werden, sollen das jeweilige Anbaugerät und der Traktor auf ISOBUS-Basis so verknüpft werden, dass auf der Bedienarmlehne nur die jeweiligen haptischen Bedienelemente automatisch bereitgestellt werden, die für das spezifische Arbeitsgerät wirklich benötigt werden. Über ein Baukastensystem soll den verschiedenen Traktorherstellern die Möglichkeit geboten werden, die Konfiguration der Armlehne individuell festzulegen. Am Ende des Projektes soll ein serienreifes Baukastensystem für Traktoren zur Verfügung stehen.

Innerhalb des Projektes aISA2.0 bringt SDF die Anforderungen der Traktorenhersteller ein, übernimmt Arbeiten zur Funktionsvervollständigung und ist verantwortlich für die technische Betreuung des Versuchsfahrzeugs, sowie für die Inbetriebnahme und Iteration der Soft- und Hardware in Zusammenhang mit den vorhandenen Traktorsystemen.

Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wird

Das Projekt wird zum einen aufgebaut auf den Serienstand der heutigen Fahrzeuge mit der Vielzahl an unterschiedlichen Bedienelementen, und zum anderen dient das dreijährige Vorgängerforschungsprojekt „aISA“ (adaptive Interface-System in Ackerschleppern) als Basis. Dabei wurde ein Bedienarmlehnen-Prototyp für einen Traktor entwickelt, bei sich der Grad der Verfügbarkeit und die Positionierung der Bedienelemente verändert und durch verschiedene Signalisierungen die auszuführenden Funktionen darstellt. Bei diesem Vorgängerprojekt war kein Traktorhersteller direkt beteiligt. SDF hatte hierfür lediglich den Versuchstraktor für die Prototyparmlehne zur Verfügung gestellt, welche zum Start des Projekts „aISA 2.0“ den letzten bekannten Stand der Wissenschaft und Technik darstellt.

Ablauf des Vorhabens

Auf Basis der durch die Universitäten Stuttgart und Hohenheim durchgeführten Studien zu den Bedienabfolgen bei verschiedenen praktischen Arbeitseinsätzen und der Betrachtung der möglichen Weiterentwicklung des aktuellen ISOBUS Standards als zentrales Managementsystem, erfolgte die Konzeption der prinzipiellen Systemarchitektur für das neue Bedienkonzept. Hardwareseitig wurden konzeptionelle Ideen für die Gestaltungsmöglichkeit der ergonomischen Bedienelemente erarbeitet.

Darauf aufbauend wurden umfangreiche Softwarespezifikationen zur automatischen Zuweisung zur Bedienstruktur unter Einbeziehung unterschiedlicher Zustände und verschiedener aISA2.0-Kompatibilitäten der Arbeitsgeräte erstellt. In diesem Zusammenhang wurde unter Beachtung der Funktions- und Bediensicherheit auch die relevanten Traktor-Basisfunktionen abgestimmt, sowie die Positionierung der Bedienfunktionen auf der Armlehne unter Berücksichtigung der gesetzlichen Vorgaben bzgl. Kennzeichnung optimiert.

Nach der Definition der elektrischen und elektronischen Hardwareschnittstellen wurde ein lauffähiger Versuchstraktor aufgebaut und die finale Traktorsoftware mithilfe eines softwareseitigen Zwillings bei SDF spezifiziert.

Aufgrund des erforderlichen Mehraufwandes in den vorangegangenen Schritten wurde zusätzlich zur Praxiserprobung ein vollfunktionsfähiger Simulator bei der Universität Hohenheim aufgebaut, zu dessen Validierung die Praxistests dienen.

Wesentliche Ergebnisse

Das Projekt erfolgte in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design an der Universität Stuttgart, Institut für Agrartechnik an der Universität Hohenheim, elobau GmbH & Co. KG und Competence Center ISOBUS e.V.

Eine wesentliche Erkenntnis war, dass die Steuerung des Traktors an sich, wie z.B. Handgas, Tempomat und Allradzuschaltung in den nächsten Jahren weiterhin als feste Bedienelemente zur Verfügung stehen werden.

An Ende war die aISA2.0 Software-Architektur mehrteiliger und der tatsächliche Umfang des Projekts auf der Softwareseite sehr viel umfangreicher, als ursprünglich geplant.

Außerdem erreichten im geförderten Projektzeitraum die neuen adaptiven Bedienelemente noch nicht die benötigte Robustheit für die landwirtschaftliche Arbeitsumgebung, wodurch keine Baukasten-Bedienelemente in die neue Armlehnen-Generation bei SDF übernommen wurden. Diese im Projekt erarbeiteten haptischen, adaptiven Bedienelemente-Lösungen werden für weitere Armlehnen-Generationen aber als sinnvoll erachtet. Daher wird das aISA2.0 Projekt auch nach dem Förderungszeitraum weiterhin unterstützt.

Weiterhin ermöglicht der mit kamerabasierter Erkennung der Körperhaltung aufgebaute Fahrsimulator zukünftig Untersuchungen an neuen Lösungen von Realbedienelementen.

Verwendungsnachweis – Teil II: Eingehende Darstellung

FKZ: 281DP08E20

Datum 08.08.2025

Thema: Verbundprojekt: adaptive Interface-Systeme in Ackerschleppern 2.0 (aISA2.0) – Teilprojekt E – SAME DEUTZ-FAHR DEUTSCHLAND GmbH (SDF)

Im Rahmen des Vorhabens durchgeführte Arbeiten

In der ersten Projektphase wurden auf Basis der durch die Universitäten Stuttgart und Hohenheim durchgeführten Studien zu den Bedienabfolgen bei verschiedenen praktischen Arbeitseinsätzen von verschiedenen Traktor-Anbaugeräte-Kombinationen zusammen mit allen Projektpartnern die Studienergebnisse analysiert.

Weiterhin wurden die beteiligten Fahrzeug- und Anbaugerätesysteme unter Einbeziehung des aktuellen ISOBUS Standards und dessen mögliche Weiterentwicklung als zentrales Managementsystem für die intuitive Bedienung im Detail betrachtet. Auf dieser Grundlage erfolgte die Konzeption der prinzipiellen Systemarchitektur für die neue adaptive Bedienung.

Dabei besteht die Architektur zentral aus dem aISA2.0 Server, mit welchem die Bedienelemente-Managersoftware der aISA2.0-Armlehne, das Anbaugerät und auch der Traktor selbst kommunizieren müssen. Als weiterer wesentlicher Konzeptionspunkt hat sich die Notwendigkeit einer „handshake“-Funktion von Anbaugerät und Bedienung zur sicheren Abstimmung zwischen den Systemen ergeben.

Hardwareseitig wurden zusammen mit den Projektpartnern in einem intensiven Workshop konzeptionelle Ideen für die Gestaltungsmöglichkeit der ergonomischen Bedienelemente erarbeitet.

Das Erprobungsfahrzeug, welches für die Basisstudien verwendet wurde, erhielt Standard-Software-Updates und die notwendige Wartung.

Die Analysen und umfangreiche Konzeptionen in der ersten Projektphase wurden bei SDF vorwiegend durch Elektroingenieure der Forschungs- und Entwicklungsabteilung durchgeführt und entsprachen im Wesentlichen inhaltlich und zeitlich der entsprechenden Planung der Vorhabenbeschreibung, obwohl während des Beginns des Projektes ein Teil der vorgesehenen Präsenzveranstaltungen aufgrund der pandemischen Lage auf virtuelle Besprechungen umgestellt werden mussten.

In der zweiten Projektphase wurde bei SDF der mehrtägige Workshop zur finalen Abstimmung der Software-Spezifikationen der aISA2.0-Teilsysteme für die Bedienarmlehne und der Anbaugeräte durchgeführt. Dabei ging es um die Festlegung der Daten, welche von Anbaugerät und von Traktor bereitgestellt und empfangen werden und wie diese korrekt miteinander kommunizieren müssen, d.h. die „resources tables“ (Anbaugerät) und die „operation tables“ (Traktor) wurden spezifiziert.

Ebenso wurde in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern die umfangreiche Softwarespezifikation zur automatisierten Zuweisung von einzelnen Anbaugeräte- und Traktorfunktionen zur Bedienstruktur unter Einbeziehung aller möglichen Zustände der Arbeitsgeräte erstellt, d.h. der „matching algorithmus“ wurde spezifiziert. Hierfür betrachtete man die Zustände von Anbaugeräte ohne jegliche aISA-Funktionalität ebenso, wie von Anbaugeräte mit und von Anbaugeräte mit hundertprozentigen aISA2.0-Kompatibilität.

Prinzipielle Systemstruktur des aISA2.0 Systems



Bild: „aISA System“, elobau, April 2025

Unter Beachtung der Funktionssicherheit stimmte man in diesem Zusammenhang die relevanten Traktor-Basisfunktionen ab. Ein Teil dieser Basisfunktionen mussten aus sicherheitstechnischen Gründen mit festen, einzigartigen Bedienelementen und deren Kennzeichnung verbunden bleiben.

Zusätzlich optimierten die Projektpartner die Positionierung der Bedienfunktionen auf der Armlehne unter Berücksichtigung der gesetzlichen Vorgaben bzgl. Kennzeichnung, Bewegungsrichtungen und Bediensicherheit.

Zwischen dem Bedienelemente-Hersteller elobau und SDF wurden die elektrischen und elektronischen Hardwareschnittstellen zur Verbindung der vorgesehenen Prototyp-Armlehne und dem vorhandenen Erprobungsfahrzeug definiert und der Traktor soweit möglich durch SDF für die Anbindung vorbereitet.

Die Ermittlung und Analyse der Gerätezustände und Traktorfunktionen in der zweiten Projektphase waren umfangreicher als geplant und dauerten dadurch länger.

Für eine möglichst hohe ISOBUS-Kompatibilität der neuartigen aISA 2.0-Schnittstelle und der angestrebten Entwicklungstiefe bis hin zur Serienreife konnten nicht nur gesonderte Anwendungsfälle betrachtet werden. Es musste stattdessen eine ganzheitliche tiefgreifende Betrachtung des Gesamtsystems aus Gerät, Traktor und Bedienarmlehne stattfinden. Dies eröffnete eine hohe Bandbreite an zu betrachtenden Fragestellungen, welche im Projektteam vordergründig im Rahmen der softwareseitigen Ausgestaltung und Detaillierung der Lösungsansätze diskutiert und weiterentwickelt wurden.

Die Entwicklung und Implementierung einer neuen Kommunikationslogik und deren softwareseitige Umsetzung hatten wesentlich mehr Arbeitszeit und Abstimmung benötigt, um die bestmögliche und funktionsfähige Lösung bereitzustellen. Die Festsetzung der Logik erfolgte daher erst gegen Ende der zweiten Projektphase.

Ebenso hat die Entwicklung des "Matching Algorithmus" diverse Abstimmungsaufwände zwischen allen Projektpartnern nach sich gezogen. Dabei wurden verschiedene Fragestellungen besprochen von der Systemgrenze, der notwendigen Leistungsfähigkeit des Algorithmus und der zugrunde liegenden Logik, funktionalen Punkten bzgl. der Ressourcen und Bedienfunktionen bis hin zu Software- bzw. ISOBUS-seitigen Möglichkeiten und Beschränkungen.

Anschließend wurde anhand des wachsenden Softwarestandes iterativ weiterentwickelt und verfeinert. Dieser Detail-Abstimmungsaufwand war zeitlich aufwändiger als ursprünglich gedacht und geplant.

Der iterative Prozess, sowie der hohe Abstimmungsaufwand zwischen den Projektpartnern bezüglich der Kommunikationsprotokolle, haben zu einem höheren Arbeitsaufwand geführt, als es in der Vorhabenbeschreibung vorgesehen war. Dies führte insgesamt zu einer starken Verzögerung des Arbeitspakets "Softwareentwicklung". Alle der Softwareentwicklung nachgelagerten Arbeitspakete waren durch den Mehraufwand betroffen und konnten im ursprünglich vorgesehen Zeitraum nicht durchgeführt werden.

Ab diesem Punkt stimmte das Kalenderjahr mit der Projektphase nicht mehr überein. Die zweite Projektphase reichte nun in das dritte Kalenderjahr des Projektzeitraums hinein.

Trotz des zeitlichen Mehraufwandes bei der Softwareentwicklung, war im zweiten Kalenderjahr auch aufgrund der Verlängerung der Projektphase in das dritte Kalenderjahr hinein der anrechenbare Aufwand für die SDF-Elektroingenieure geringer, als es in der Vorkalkulation vorgesehen war.

Weiterhin wurde im zweiten Projektjahr für die traktorseitige Softwareentwicklung hinsichtlich Abstimmung auf das neue aISA-System eine dafür notwendige Programmierungs- und Simulationssoftware angeschafft, die bei SDF bis zu diesem Zeitpunkt nicht vorhanden war.

Im dritten Projektjahr wurde das Versuchsfahrzeug vollständig auf den neuesten Stand der Traktortechnik gebracht und für den Erprobungseinsatz für Feld und Straße angepasst. Dies beinhaltete umfangreiche Kabelsatanpassungen im Fahrzeug ebenso, wie die Ausstattung des Traktors mit zusätzlichen Datenloggern und einem zusätzlichen Notaus in der Verbindung zur vorgesehenen Prototyparmlehne.

Zusammen mit den Projektpartnern wurden die aISA2.0-Serverstruktur und die angepasste aISA2.0-Funktionssoftware in die bestehende Fahrzeug-Softwarestruktur eingebettet.

In Zusammenarbeit mit den Partnern erfolgte der Aufbau des lauffähigen Erprobungsfahrzeugs mit der ersten Generation des aISA2.0-Servers, dem digitalen Handgas und der ersten Generation der aISA2.0-Kommunikation in der Art, dass die anderen CANBUS-Systeme des Traktors nicht gestört wurden.

Es folgte die finale Spezifikation der Traktor-Software und der Start der Umsetzung der im Verhältnis zur heutigen Fahrzeugserie geänderten Logiken am Traktor-Hauptsteuergerät.

Im Rahmen der Agritechnica 2023 wurde das aISA2.0 Verbundprojekt bei der „Systems und Components Trophy“ der DLG eingereicht. Das Projekt ist dabei unter die letzten 20 Bewerber gekommen und erhielt das Prädikat „Nominee“.

Für die Agritechnica 2023 Ausstellungsflächen der elobau GmbH & Co. KG und des Competence Center ISOBUS e.V. wurden im Projektteam maßgeschneiderte Lösungen für die Darstellung der aISA-Showcase-Armlehne entworfen.

Aufgrund des erforderlichen Mehraufwandes in der zweiten Projektphase bei der Ermittlung und Analyse der Gerätezustände und Traktorfunktionen, sowie der Softwareentwicklung und der Implementierung, wurde im Laufe des dritten Kalenderjahres das Projekt auf ein vollständiges viertes Jahr verlängert. Dies wurde als notwendig angesehen, um die landwirtschaftliche Saison vollständig für Evaluationszwecke zu nutzen, die notwendigerweise durchzuführende Iterationsschleifen für die hard- und softwareseitigen Verbesserungen durchführen zu können und den ursprünglich vorgesehenen Abschluss des Projekts zu erreichen.

Zusätzlich hat das gesamte Projektteam an einer alternativen und parallelen Evaluationsmethode gearbeitet. Als Lösung dessen wurde durch die beteiligten Universitäten eine Simulationsumgebung aufgebaut, die durch Realkomponenten der anderen Projektpartner vervollständigt wurde. Diese Labortests ergänzten damit die Feldtests bestmöglich. Zudem konnten hier Daten in einem höheren Umfang bei gleichzeitig hoher Qualität erhoben werden, wie es reinen Feldtest nicht möglich ist.

Im dritten Projektjahr waren an den Vorbereitungen am Testtraktor, sowie der Implementierung der neuen Armlehne bis zum lauffähigen Fahrzeug vorwiegend SDF Elektro- und Testingenieure beteiligt. Der dafür notwendige Aufwand kann zum Großteil noch der Vorhabenbeschreibung Projektphase 2 zugeordnet werden.

Die umfangreichen Änderungstätigkeiten am Erprobungsfahrzeug gingen mit einem notwendigen Aufwand an Material einher, der aber geringer war, als es am Anfang des Projekts vorgesehen war.

Zu Beginn des vierten Projektjahres wurde bei SDF mithilfe der verfügbaren Programmierungs- und Simulationssoftware ein Software-Zwilling mit zusätzlichen Steuergeräten auf einem weiteren Traktor im Werk aufgebaut, um die finale Integration der Armlehnenfunktionen im Fahrzeug schneller voranzubringen. Damit wurden Softwareprobleme entdeckt und beseitigt.

Dieser Zwilling war in der ursprünglichen Planung nicht vorhanden. Er war aber notwendig, da die Armlehne im realen Testfahrzeug parallel dazu bei den Projektpartnern weiter optimiert wurde.

Im Laufe des Jahres ging der Testtraktor dann in die Erprobung. Zuerst wurden dabei die Traktorbasisfunktionen, wie z.B. Fahrtrichtungswechsel, Motordrehzahl, Tempomat, Allradzuschaltung und Zapfwelle geprüft und optimiert. Trotz intensiver Entwicklungs- und

Umsetzungsvorarbeiten tauchten weitere Kommunikationsprobleme zwischen den aISA-Teilsystemen und dem Traktor auf, welche allerdings behoben werden konnten.

SDF beteiligte sich an Testfahrten, welche vorwiegend durch andere Projektpartner durchgeführt wurden. Bei den reinen Fahrttests und den folgenden Feldtests unter Verwendung verschiedener realer Anbaugeräte wurden die Software- und Hardware-Robustheit auf die Probe gestellt. Da noch keine realen aISA2.0-Anbaugeräte existieren, wurde die Armlehne in ihrem Basic-Mode betrieben. Darin stehen dem Fahrer die Bedienelemente zur Verfügung, welche durch den Hersteller definiert wurden und welche nur durch den Fahrer manuell angepasst werden können. Die verfügbaren Bedienelemente konnten aufgrund entsprechend fehlender Signale nicht direkt durch das Anbaugerät geändert werden.

Im Realeinsatz stellte sich heraus, dass die adaptiven Bedienelemente und deren notwendigen neuartigen Funktionsanzeigen für den Einsatz in der landwirtschaftlichen Umgebung noch nicht die ausreichende Robustheit aufweisen. Außerdem wurde bemerkt, dass die Erkennbarkeit der Anzeigen bei starker Sonneneinstrahlung noch weiter optimiert werden musste.

Die Projektlaufzeit reichte allerdings nicht aus, um diese Punkte abzarbeiten.

Erprobungsfahrzeug mit realer aISA2.0-Armlehne



Bild: „Validation - Fieldtest“, SDF, April 2025

Das Erprobungsfahrzeug hat im Einsatz in Summe 124 Arbeitsstunden geleistet. Diese Feldversuchsstunden dienten im Gegensatz zur Vorhabenbeschreibung nicht mehr ausschließlich der Überprüfung der Bedien-Praxistauglichkeit der Armlehne, sondern wurde nun zur Validierung des im vorherigen Kalenderjahr erarbeiteten Simulators verwendet, der an der Universität Hohenheim mit Real-Bedienelementen aufgebaut wurde. Durch die Verlagerung der Bedien-Praxistauglichkeit auf den Simulator waren weniger Einsatzstunden für das Erprobungsfahrzeug erforderlich.

Die Tätigkeiten im vierten Projektjahr wurden wie im Jahr zuvor vorwiegend durch die Elektro- und Testingenieure durchgeführt. Aufgrund der Verfügbarkeit des umfassenden Simulators an der Universität Hohenheim konnte der Umfang der realen Erprobungsfahrten reduziert werden. Dadurch verminderte sich im Vergleich zur ursprünglichen Planung auch der Aufwand für die eingebundenen Ingenieure bei SDF in dieser dritten Projektphase.

Insgesamt wurde das am Anfang der Projektlaufzeit gesteckte Ziel der Marktreife der modularen und adaptiven Bedienelemente nicht vollständig erreicht. Hierfür sind weitere Entwicklungsarbeiten und Tests erforderlich.

Voraussichtlicher Nutzen

Auch wenn die entwickelten Bedienelemente noch nicht im rauen landwirtschaftlichen Arbeitsumfeld einsetzbar sind und daher nicht in die nächste Armlehnen-Generation bei SDF übernommen werden konnten, ist aus SDF-Sicht weiterhin ein Potential für zukünftige Traktormodelljahre in verschiedenen Leistungsklassen vorhanden. Daher wird die Weiterentwicklung der adaptiven Bedienelemente im Baukastensystem über die ursprüngliche Projektlaufzeit hinaus unterstützt.

Eine heute bereits eingeflossene Erkenntnis ist, dass die Steuerung des Traktors an sich, wie z.B. Handgas, Tempomat und Allradzuschaltung, aus bediensicherheitstechnischen Gründen in den nächsten Jahren weiterhin in einem umfangreichen Ausmaß als feste Bedienelemente zur Verfügung stehen werden.

Eine weiterhin nutzbare Erkenntnis für uns als Traktorenhersteller ist, dass eine sofortige Änderung der Armlehne von der heute bekannten Serien-Ausführung auf eine vollumfängliche adaptive aISA2.0-Armlehne den Fahrer sehr wahrscheinlich überfordern wird und er dadurch

die vollumfängliche aISA2.0-Armlehne nur im fixierten Auslieferungszustand nutzen würde, d.h. die Möglichkeiten der aISA2.0-Armlehne würden nicht annähernd genutzt werden bzw. sogar vollends durch den Fahrer abgelehnt werden.

Um die Akzeptanz durch den Fahrer zu erreichen, müssen wir in der Landtechnik das aISA2.0-System schrittweise dem Anwender nahebringen, was die Einführung als Baukastensystem weiterhin unterstützt.

Der an der Universität Hohenheim vorhandene Fahrsimulator besteht aus Fahrersitz und Real-Bedienelementen, inklusive Lenkrad und Pedalerie, sowie einem Bildschirmaufbau, der die Arbeitsumgebung realistisch wiedergibt. Durch die kamerabasierte Erkennung der Fahrer-Körperhaltung und des Hand-Arm-Systems, sowie der vollständigen Überwachung der Bedienelemente auch hinsichtlich Bedienfrequenzen und auch aufgrund der hohen verfügbaren Rechnerleistung, bietet diese Laborvariante uns als Traktorenhersteller nun die Möglichkeit auch andere Bedienlösungen bzw. deren Kombinationen mit dem aISA2.0-System bei Bedarf vollumfänglich und einfach untersuchen zu lassen.

Die gewonnenen hard- und softwareseitigen Erkenntnisse zum „aISA 2.0 Kommunikationsstandard“ sollen durch die Projektpartner und Competence Center ISOBUS e.V. und SDF in der Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF) vorgestellt werden, um in deren Leitfäden und in die ISOBUS-Gremien einzufließen und damit in der ganzen Landtechnik einheitlich eingesetzt werden zu können. Damit wird das System weiter vorangebracht.

Veröffentlichungen

Die zum Projekt gehörende Internetseite <https://aisa-project.de> wurde durch alle Projektpartner gemeinsam gestaltet.

SDF hat keine eigenen Veröffentlichungen vorgenommen. Die Texte des Verbundprojekts wurden gemeinsam redigiert und unter Federführung des Projektkoordinators veröffentlicht.

SDF hat weiterhin an den Vorarbeiten zur Projektpräsentation auf der Agritechnica 2023 bei den Projektpartner mitgewirkt und die Ausstellung des letzten Projektstandes auf den Präsentationsflächen der Projektpartner auf der Agritechnica 2025 wurde im Vorfeld mit SDF abgestimmt.

Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Kostenart	Aktuelle Vorkalkulation	Tatsächliche Kosten	Differenz
Material	14.761,31 €	12.616,80 €	- 2.144,51 €
Personal*	289.342,45 €	261.963,123 €	- 27.379,32 €
Reise	7007,45 €	7.007,45 €	0 €
Afa	22.305,82 €	30.821,53 €	8.515,71 €
Sonstige unmittel- bare Vorhabenk.	7459,80 €	10.800,00 €	3.340,20 €
Summe	340.876,83 €	333.891,01 €	- 4.416,98 €

*) vorwiegend Forschung & Entwicklung; 4.838,5 Arbeitsstunden inkl. Verwaltung