

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Vorgabensbezeichnung: Industrial Digital Twin Projektverbund zur Umsetzung des Digitalen Zwillings für Industrie 4.0 (IDTP)

Teil I - Kurzbericht (max. 2 Seiten)

Ziel des Projekts „Industrial Digital Twin Projektverbund zur Umsetzung des Digitalen Zwillings für Industrie 4.0“ (IDTP) war es, für die die neu aufstrebende Technologie „Asset Administration Shell“ (AAS) und für die entwickelnden Unternehmen einen technologischen Ankerpunkt und damit einen organisationsübergreifenden Technologieintegrator zu schaffen.

Das Projekt war im direkten Umfeld der Industrie-4.0-Initiative eingebettet. Vorausgegangen sind die Aktivitäten der Plattform Industrie 4.0, welche zunächst durch die Verbände VDMA, ZVEI und Bitkom und anschließend im Jahr 2015 durch die Bundesregierung getragen wurde. Es hat sich ein produktives Ökosystem der intelligent vernetzten Wertschöpfung und der neu entwickelten Technologie AAS etabliert. Die AAS stellt das Kernmodell für den „Digitalen Zwillings für Industrie 4.0“ dar und soll auch in Zukunft zu einem neuen Standard für die Industrie weiterentwickelt werden. Mit diesem Ziel wurden im „Ökosystem Industrie 4.0“ dezentral in einer Vielzahl lose verbundener Gremien eine Reihe neuer Inhalte zur AAS entwickelt. Zu den Organisationen, die Teil dieses Ökosystems waren, zählen VDMA, ZVEI, Bitkom, Plattform Industrie 4.0, Labs Network Industrie 4.0 (LNI 4.0), Standardization Council Industrie 4.0 (SCI 4.0), die Normungsorganisationen DIN und DKE sowie Technologievereine wie OPC Foundation und Profibus Nutzerorganisation (PNO). Die lose dezentrale Grundausrichtung der Gremienarbeiten führte zu einer schnellen Expansion der beteiligten Gremien (in ihrer Anzahl und Größe). Es entwickelten sich naturgemäß parallele Entwicklungsstränge. Im Rahmen der vielfältigen Aktivitäten rund um die AAS lagen umsetzungsfähige Dokumente und Spezifikationen in dezentraler Weise vor, die auch zum Teil noch nicht vollständig waren. Einige Organisationen und Firmen hatten begonnen, den jeweils für sie zur Entwicklungszeit verfügbaren Arbeitsstand umzusetzen. Dies geschah in Projekten und Initiativen der Forschungsförderung, der industriellen Förderung und von Industrieunternehmen. Diese dezentralen Aktivitäten waren bis zu diesem Zeitpunkt durch ihre Agilität sehr erfolgreich, jedoch mussten die Ergebnisse wieder an einer Stelle zusammengeführt werden. Hieran knüpfte das Projekt IDTP an.

Mit Gründung der „Industrial Digital Twin Association“ (IDTA) wurde auf Initiative der Plattform Industrie 4.0 und der Unterstützung von VDMA und ZVEI ein Arbeitsrahmen für die Weiterentwicklung und Etablierung der AAS geschaffen. Das Projekt IDTP diente der Beschleunigung des Community- und Kompetenzaufbaus rund um die Technologie AAS innerhalb der IDTA. Die IDTA sollte als zentraler Knoten für die Weiterentwicklung der AAS und der schnellen Erzielung konsistenter Ergebnisse fungieren und langfristig die Weiterentwicklung der AAS sicherstellen. Die Zusammenarbeit der IDTA mit VDMA und ZVEI gibt bis heute ein klares positives Bekenntnis der Verbände zur AAS und liefert damit Investitionssicherheit für Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau, der Elektroindustrie und letztlich den Endanwendern bspw. aus der Automobil-, Pharma- oder Chemieindustrie.

Das Projekt IDTP hat signifikante Fortschritte in der Entwicklung und Implementierung der AAS erzielt, welche als technologische Grundlage für den Digitalen Zwillings in Industrie 4.0 dient. Ein wichtiges Ergebnis des Projekts war es, einen zentralen inhaltlichen und organisatorischen Rahmen für die Weiterentwicklung und Standardisierung der AAS zu etablieren. Mit der IDTA wurde eine Plattform geschaffen, die die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Forschung und Industrie fördert und die offene Entwicklung, Implementierung und Nutzung der AAS als Schnittstelle zwischen physischen und virtuellen Produkten, Systemen und Anlagen ermöglicht. So wurden Gremien installiert, die die AAS sowohl technisch als auch hinsichtlich der internationalen Skalierung weiterbringen sollten. Zu den technischen Gremien zählen die Arbeitsgruppen „Open Technology“, „Submodels“ und „Quality Management“. Diese drei technischen Gruppen haben zu Zweck

1. die Open-Source-Softwareentwicklung zur AAS zu beschleunigen und die Spezifikationen diesbezüglich zu pflegen,
2. die Entwicklung von Teilmodellvorlagen der AAS (s.g. Submodel templates) strukturiert in definierten Prozessen und in agil organisierten Teams zu beschleunigen und

3. den Rahmen zur Qualitätssicherung der Open-Source-Softwareentwicklungen und Submodels durch entsprechende Prozesse und Werkzeuge zu stellen.

Ebenfalls einen großen Fokus legte das Projekt auf die Verbreitung und Internationalisierung der AAS-Entwicklungsergebnisse. Diese Arbeit führte zur Anerkennung der AAS als internationale Norm IEC 63278, was das Vertrauen in den Markt stärkte.

Für die internationale Skalierung der AAS sind die Arbeitsgruppen „Training“, „Use Cases“ und „Marketing“ konstituiert worden. Hieraus wurden Schulungen und Tagungen, wie die AAS-Tech Days, ins Leben gerufen, die eine deutliche Steigerung des Interesses von Unternehmen an die AAS bewirkten. Die Zahl der Unternehmen, die heute aktiv an der AAS forschen und entwickeln wuchs auf 112 Organisationen (Zeitpunkt Projektende am 31.05.2024), wobei 27 % dieser Organisationen aus dem globalen Umfeld stammen und insgesamt 18 verschiedene Länder repräsentieren.

Ein weiteres wesentliches Ergebnis war die Befähigung der Unternehmen, die AAS anzuwenden und marktreife Produkte zu entwickeln. Während zu Beginn des Projekts nur prototypische Umsetzungen, wie das „Digitale Typenschild“, existierten, konnte zum Projektende ein Rahmenwerk geschaffen werden, das es Unternehmen ermöglichte, die AAS zur Produktreife zu bringen. Zum Projektende wurden 34 Lösungen auf der Webseite der IDTA gelistet und auf dem Markt angeboten, von denen 23 bereits einen Industriereifegrad erreicht haben. Diese Lösungen decken verschiedene Lebenszyklusphasen, Zielmärkte, Produkttypen und Anwendungsbereiche ab. Auf der Hannover Messe 2024 wurden über 50 Showcases verschiedener Industrieunternehmen präsentiert, die alle durch das IDTP-Projekt unterstützt wurden.

Die IDTA hat sich dank des Projekts IDTP als integraler Bestandteil des Industrie-4.0-Ökosystems etabliert. Es wurden aktiven Partnerschaften zu Organisationen wie der Profibus Nutzerorganisation (PNO), Namur (Prozessindustrie), Euromap (Kunststoff- und Gummimaschinenindustrie), Catena-X (Automobilindustrie) sowie internationalen Akteuren wie dem Digital Twin Consortium (USA) und dem Korea Smart Manufacturing Office (Süd-Korea) eingegangen. Diese Partnerschaften zielen darauf ab, die Umsetzung der AAS in den einzelnen Branchen der Verarbeitenden Industrie zu unterstützen und gleichzeitig international bekannter zu machen. Mit diesen genannten Aktivitäten hat das Projekt IDTP entscheidend zur Weiterentwicklung und Etablierung der AAS als Digitalen Zwilling in der Industrie 4.0 beigetragen und eine solide Basis für die zukünftige Nutzung und Weiterentwicklung geschaffen. So wird die AAS als wichtiger Standard in neuen Bekanntmachungen wie „Digitalisierung der Fahrzeughersteller und Zulieferindustrie und industrieller Lieferketten“ (Manufacturing-X) genannt.

Teil II - Eingehende Darstellung (max. 20 Seiten)

Vorentwicklungen der AAS in der Plattform Industrie 4.0

Im Jahr 2020 wurde das Leitbild 2030 der Plattform Industrie 4.0 formuliert, welches bis heute seine Gültigkeit behält. Dieses Leitbild verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz zur Gestaltung moderner digitaler Ökosysteme. Es definiert drei strategische Handlungsfelder: Interoperabilität, Souveränität und Nachhaltigkeit. Das Projekt „Industrial Digital Twin Projektverbund zur Umsetzung des Digitalen Zwilling für Industrie 4.0“ (IDTP) sollte dabei zur Verwirklichung dieser drei Handlungsfelder beitragen, wobei der klare Schwerpunkt auf dem Handlungsfeld Interoperabilität lag. Der Erfolg dieses Handlungsfeldes wurde als Schlüsselement angesehen, um langfristig effiziente und innovative Produkte und Prozesse für Industrie 4.0 zu ermöglichen.



Abbildung 1: Das Leitbild der Plattform Industrie 4.0¹

Vor Beginn des Projekts hatten zahlreiche Gremien im Ökosystem Industrie 4.0 bereits beachtliche technische Fortschritte erzielt. Zu den wichtigsten Ergebnissen zählten die Entwicklung der **Asset Administration Shell (AAS)** als zentrales Element zur Verwaltung von Produktinformationen, das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0), sowie die steigende Anzahl von OPC UA Companion Specifications in der zugehörige UMATI-Marktenwelt im VDMA. Darüber hinaus wurden Teilmodelle für Sensoren, elektrische Antriebe, das digitale Typenschild und Quality of Service entwickelt, die im ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie) entstanden sind. Ergänzend dazu kam die Industrie-4.0-Sprache gemäß der Richtlinie VDI/VDE 2193 zu Papier, die eine standardisierte Kommunikation zwischen den verschiedenen Akteuren und Maschinen in der Industrie sicherstellt.

Das zentrale Ziel des Projekts war es, die **Interoperabilität** durch die Einbindung von Unternehmen und die Vernetzung über Unternehmens- und Branchengrenzen hinweg voranzutreiben. Dabei sollten alle Beteiligten mithilfe von interoperablen Standards ein digitales Ökosystem formen, das für die Zukunft der Industrie 4.0 entscheidend ist. Die AAS sollte die Grundlage für alle digitalen Produktinformationen schaffen und diese sämtlichen Instanzen im Wertschöpfungsprozess – wie Kunden, Entscheidungsträgern, Softwaresystemen und Maschinen – zur Verfügung stellen. Die AAS bildet somit den standardisierten digitalen Zwilling physischer Produkte, wodurch die Effizienz in verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus erheblich gesteigert werden kann.

Ein weiteres Kernziel war es, verschiedene existierende Standards miteinander zu verknüpfen und so zu

¹ <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Leitbild-2030-f%C3%BCr-Industrie-4.0.html>

harmonisieren, dass diese für neue, informationsbasierte Dienstleistungen nutzbar werden. Diese Standards sollten dafür sorgen, dass die Daten und Informationen, die in der AAS verwaltet werden, nahtlos zwischen unterschiedlichen Systemen und über Unternehmensgrenzen hinweg geteilt und verwendet werden können. Um dieses Ziel zu erreichen, war der Aufbau eines starken Netzwerks von Entwicklern und Anwendern von entscheidender Bedeutung. Diese sollten die digitalen Zukunftstechnologien in den Hersteller- und Zuliefererindustrien gestalten und weiterentwickeln. Zu diesem Zweck wurde die **Industrial Digital Twin Association (IDTA)** gegründet. Die neu gegründete IDTA sollte mit dem Projekt IDTP als **Leuchtturmprojekt** fungieren, um den technologischen Vorsprung der deutschen Industrie im globalen Wettbewerb zu festigen und als Plattform für Innovation und offene Technologieentwicklung zu dienen.

Potenzial für neue Geschäftsmodelle

Die AAS eröffnet nicht nur technische Vorteile, sondern bietet auch Potenzial für neue, datengetriebene Geschäftsmodelle. Vor allem in der **Produktion, Automobilindustrie** und **Prozessindustrie** werden kleine und mittelständische Unternehmen von der Digitalisierung ihrer Wertschöpfungsketten profitieren. Die durchgängige Verfügbarkeit von Daten entlang des gesamten Lebenszyklus – von der Planung über die Entwicklung bis hin zur Nutzung und zum Recycling – schafft Effizienz und Transparenz, die wiederum neue Möglichkeiten für datenbasierte Dienstleistungen und intelligente Produkte bietet.

Eine weitere Dimension des Projekts bestand darin, die **parallel verlaufenden Entwicklungsstränge** des industriellen digitalen Zwillings zusammenzuführen. Ziel war es, diese Stränge als Open-Source-Lösung zu integrieren und weiterzuentwickeln, sodass die teilnehmenden Unternehmen frühzeitig Einblicke in die fortschreitende Digitalisierung der Industrieprodukte erhalten konnten. Dies ermöglicht es den Unternehmen, ihre eigenen Entwicklungen schneller und effizienter an den globalen Markt anzupassen und gleichzeitig auf erprobte Standards zu setzen.

Im Zentrum dieser Möglichkeiten steht der **Digitale Zwilling**, der im Kontext der Industrie 4.0 als Schnittstelle zwischen der physischen und der digitalen Welt fungiert. Der Digitale Zwilling ermöglicht die vollständige Nachverfolgung und Verwaltung von Daten über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts. Vom ersten Entwurf und der Planung über die Produktion bis hin zur Nutzung und zum Recycling kann der Digitale Zwilling für Transparenz und Effizienz sorgen.

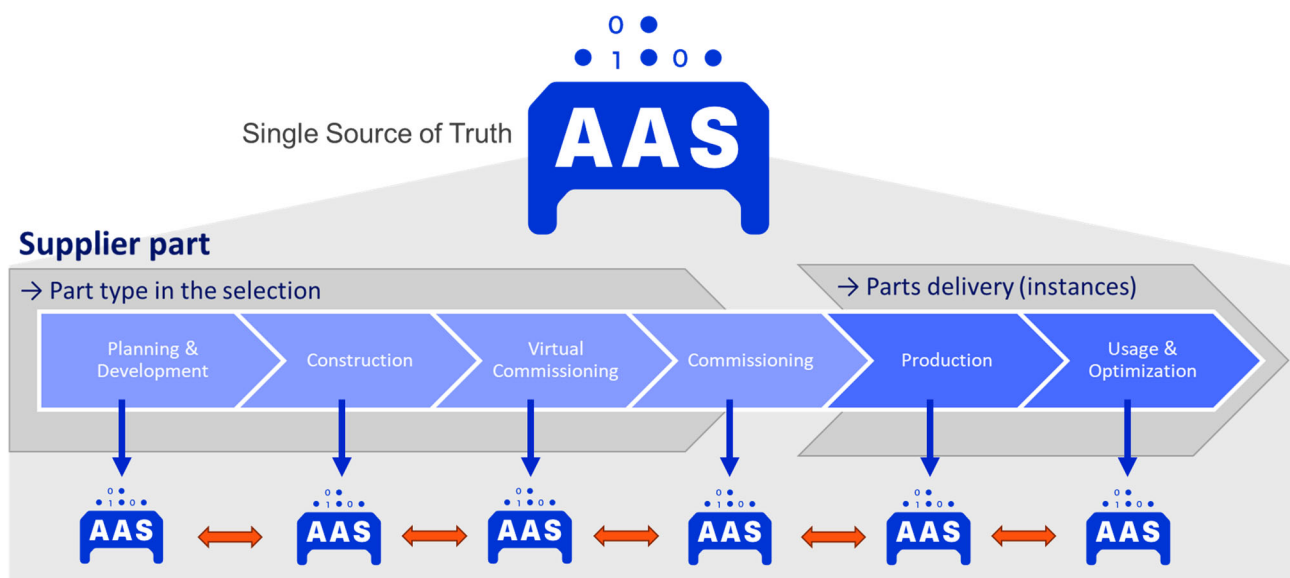


Abbildung 2: Die AAS als Standard für digitale Zwillinge entlang des Lebenszyklus

Dies ist besonders wichtig für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, insbesondere für **mittelständische Fabrikaurüster**, die von der flexiblen Anpassung ihrer Produktionsprozesse profitieren können. Aber auch große Endanwender, beispielsweise in der **Fahrzeugindustrie**, können durch den Einsatz von Digitalen Zwillingen erhebliche Effizienzsteigerungen und Kosteneinsparungen erzielen. Durch die Integration dieser Technologie in die Industrieprozesse wird die **Wertschöpfungskette** optimiert und gleichzeitig die Grundlage für zukünftige Innovationen gelegt.

Hochlauf und Organisation der Community rund um die AAS

Zu Beginn musste eine Marke etabliert und die bestehenden Arbeitsergebnisse zur AAS zusammengebracht werden. **Dies wurde im Projektverlauf erfolgreich erreicht.** Im Zuge dieses Prozesses wurde ein umfassender Ansatz zur **Markenbildung** und internationalen Sichtbarkeit entwickelt und erfolgreich umgesetzt. Zu den konkreten Ergebnissen gehörte die Erstellung eines **Logos für die Industrial Digital Twin Association (IDTA)**, das die Identität der Organisation klar widerspiegelt. Ergänzend wurde die Marke AAS entwickelt, die ebenfalls mit einem entsprechenden **Technologie-Logo** ausgestattet wurde, um das Konzept des digitalen Zwillinges auf globaler Ebene zu stärken.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil war die Festlegung eines einheitlichen Corporate Designs für alle Kommunikationskanäle der IDTA. Dies umfasste die Gestaltung von Pressemeldungen, Präsentationen, Veröffentlichungen sowie den Auftritt auf Messen. Dieses einheitliche Erscheinungsbild trägt dazu bei, das Vertrauen in die Marke AAS, die dahinterstehende Technologie und in die daran verknüpfte Community zu festigen.



Abbildung 3: Das Organisationslogo der IDTA und das Technologie-Logo zur AAS

Die Maßnahmen zur Markenbildung waren entscheidend, um die **effiziente internationale Skalierung** der AAS-Technologie zu unterstützen. Ziel war es, eine einheitliche und professionelle Außendarstellung zu gewährleisten, die das Potenzial der AAS-Technologie in den Fokus rückt. Durch die klaren Kommunikationsmaßnahmen wurde die Bedeutung des Digitalen Zwillinges als zentrales Thema der Industrie 4.0 deutlich herausgestellt. Während es auf dem Markt bereits digitale Zwillinge in Form anwendungsbezogener und spezifischer Softwarelösungen gibt, liegt der Unterschied bei der AAS darin, dass sie nicht nur für einzelne Lebenszyklusphasen ausgelegt ist, sondern den **gesamten Lebenszyklus eines Produkts** abbildet. Dies reicht von der Produktplanung und Entwicklung über die Produktion, die Inbetriebnahme bis hin zur Nutzung und dem Recycling. Diese umfassende **Skalierbarkeit wird durch die Standardisierung der AAS** ermöglicht. Die zentrale Botschaft der AAS lautet daher, dass sie es Unternehmen ermöglicht, ihre Prozesse durchgängig zu digitalisieren und so die Effizienz entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu steigern.

Damit schafft die AAS die Voraussetzungen für datenbasierte Innovationen. Unternehmen können durch den Einsatz von AAS neue datengetriebene Geschäftsmodelle entwickeln, indem sie die gesammelten Informationen zur Optimierung ihrer Produktionsprozesse und zur Verbesserung der Produktqualität nutzen. **Dies öffnet Potenziale für eine verstärkte Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren im Sinne eines gemeinsamen Datenraumes, sei es innerhalb der Industrie oder über Branchengrenzen hinweg.** Die Fähigkeit der AAS, Daten standardisiert zu verwalten und zu nutzen, bildet die Grundlage für zukünftige Automatisierungs- und Digitalisierungsprojekte, die im Rahmen der Industrie 4.0 von entscheidender Bedeutung sind.

Diese umfassende Kommunikationsstrategie sowie die darauf basierenden technologischen Ansätze tragen dazu bei, die AAS als globalen Standard in der Verwaltung von digitalen Zwillingen zu positionieren und den Weg für eine digitale Transformation in unterschiedlichen Industriezweigen zu ebnet.

Communityaufbau

Es wurde ein **organisatorischer Rahmen** geschaffen, der die Weiterentwicklung und Standardisierung der AAS ermöglicht. Die Entwicklung dieser Strukturen war entscheidend, um die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren zu fördern und die langfristige Etablierung der AAS in unterschiedlichen Industrien voranzutreiben.

Zu den wichtigsten Ergebnissen gehörte die Einführung klarer Prozesse für die Akquise und Betreuung neuer Communitymitglieder. Es wurden Abläufe entwickelt, um interessierte Unternehmen und Organisationen

effizient in die AAS-Community zu integrieren. Dabei ging es insbesondere um die **aktive Einbindung neuer Communitymitglieder aus dem Verarbeitenden Gewerbe** in die Arbeits- und Entwicklungsprozesse der AAS.

Für die effektive Weiterentwicklung der AAS wurden **Strukturen zur Steuerung und Koordination der verschiedenen Arbeitsgruppen und Themenbereiche** etabliert. Dies ermöglichte es, gezielt Roadmaps für die technische und strategische Entwicklung der AAS zu erstellen. Auf diese Weise wurden Gremien installiert, die die AAS sowohl aus technischer Sicht als auch hinsichtlich ihrer internationalen Skalierung weiter voranbringen sollten.



Abbildung 4: Die übergeordnete Gremienstruktur der IDTA

Besonders bedeutend waren die **technischen Arbeitsgruppen**, die sich auf spezifische Schlüsselbereiche konzentrierten. Zu diesen zählen die Gruppen **Open Technology**, **Submodels** und **Quality Management**. Diese drei Arbeitsgruppen hatten drei klare Zielsetzungen:

- Die **Open-Source-Softwareentwicklung** rund um die AAS sollte beschleunigt werden, indem die Spezifikationen fortlaufend gepflegt und weiterentwickelt werden.
- Die Entwicklung von **Teilmodellvorlagen** (sogenannte Submodel Templates) sollte strukturiert und in definierten Prozessen sowie agil organisierten Teams vorangetrieben werden, um die technischen Grundlagen für die AAS weiter zu stärken.
- Es wurde ein **Rahmenwerk für die Qualitätssicherung** der Open-Source-Softwareentwicklungen und Teilmodelle geschaffen. Dazu gehören entsprechende Prozesse und Werkzeuge, die eine hohe Qualität und Kompatibilität der entwickelten Lösungen sicherstellen.

Für die **internationale Skalierung** der AAS wurden zudem weitere Arbeitsgruppen konstituiert, die sich mit den Themen **Training**, **Use Cases** und **Marketing** befassen:

- Die **Gruppe Training** arbeitete in Zusammenarbeit mit dem Partner University4Industry und bot zwei vorwettbewerbliche Lernprogramme an. Diese Programme vermittelten grundlegendes Wissen über digitale Zwillinge, die AAS und deren konkrete Umsetzung. Die Lernprogramme trugen maßgeblich dazu bei, das Verständnis für die AAS in der Community zu vertiefen und die Akzeptanz dieser Technologie zu fördern (Link zum Programm²).
- Die **Gruppe Use Cases** konzentrierte sich auf die Identifizierung und Priorisierung von Anwendungsfällen. Zu Beginn des Projekts standen Themen wie Nachhaltigkeit, Dekarbonisierung, Transparenz, Rückverfolgbarkeit, intelligente Fertigung, Orchestrierung von Wertschöpfungsketten, Plug and Produce, Interoperabilität und Konnektivität im Vordergrund. Im Laufe des Projekts fokussierten sich die Diskussionen jedoch auf vier wesentliche Anwendungsfälle: Digitaler Produktpass, digitale Durchgängigkeit in herstellerübergreifenden Engineeringprozessen, Product Change Notification und Dataspaces.
- Die **Gruppe Marketing** entwickelte das Konzept für Tagungen wie die AAS-Tech Days, die ins Leben gerufen wurden, um das Bewusstsein für die AAS zu schärfen. Diese Veranstaltungen führten zu einem erheblichen Anstieg des Interesses von Unternehmen an der AAS. So wuchs die Zahl der

²) <https://www.university4industry.com/de/digitaler-zwilling-weiterbildung/>

Unternehmen, die aktiv an der Entwicklung und Forschung zur AAS beteiligt sind, bis zum Ende des Projekts am 31. Mai 2024 auf 112 Organisationen, von denen 27 % aus dem internationalen Umfeld stammen.

Der erfolgreiche Communityaufbau war somit ein zentraler Bestandteil des Projekts, der nicht nur die technische Entwicklung der AAS vorantrieb, sondern auch ihre internationale Verbreitung förderte und eine starke Basis für zukünftige Entwicklungen schuf.

Partnerschaften mit weiteren Organisationen

Für die AAS in verschiedene Industriebereiche wurden strategische Partnerschaften mit zahlreichen Organisationen geschlossen. Diese Partnerschaften sind entscheidend, um die AAS-Technologie über Branchengrenzen hinweg bekannt zu machen und deren Implementierung zu fördern. Zu den wesentlichen Partnern zählen die **Profibus Nutzerorganisation** (Automatisierung), **Namur** (Prozessindustrie), **Euromap** (Kunststoff- und Gummimaschinenindustrie) und **Catena-X** (Automobilindustrie). Diese Partnerschaften wurden formell durch **Memoranda of Understanding (MoU)** vereinbart, um eine enge Zusammenarbeit sicherzustellen.



Abbildung 5: Überblick über die Partnerorganisationen

Besondere Bedeutung erlangten diese Partnerschaften durch die gezielte Zusammenarbeit in verschiedenen Bereichen der Industrie. So konnte die AAS auf verschiedene Anwendungsbereiche angepasst werden, um den spezifischen Anforderungen der einzelnen Sektoren gerecht zu werden. Diese Kollaborationen trugen dazu bei, dass die AAS sich sowohl in traditionellen Industriezweigen wie der Automobil- oder Kunststoffindustrie als auch in zukunftsorientierten Bereichen wie der Industrieautomation als zentrale Technologie etablieren konnte.

Über die Branchengrenzen hinaus wurde auch für die **internationale Ausrichtung** der AAS eine Reihe von Partnerschaften mit global agierenden Organisationen geschlossen. Hierzu zählen das **Digital Twin Consortium** (USA), die **OPC Foundation** (USA), die **Alliance Industrie du Futur** (Frankreich) sowie das **Korea Smart Manufacturing Office** (Süd-Korea). Diese Partnerschaften zielen darauf ab, die Umsetzung der AAS in den verschiedenen Branchen der globalen verarbeitenden Industrie zu unterstützen und gleichzeitig die internationale Bekanntheit der Technologie zu steigern. Durch diese strategischen Allianzen konnte die AAS auf globaler Ebene als **Standardtechnologie** für die digitale Industrie positioniert werden, wodurch sich ihre Bekanntheit über Landesgrenzen hinweg signifikant beschleunigte.

Ein wichtiger technischer Aspekt dieser Partnerschaften war die Förderung der sogenannten **IT/OT-Konvergenz**. Dies bedeutet, dass die Konsistenz zwischen den Technologien AAS, AML (AutomationML) und

OPC UA sichergestellt werden sollte, um eine nahtlose Integration in industrielle Prozesse zu ermöglichen. Die enge Zusammenarbeit zwischen der IDTA, dem AutomationML e.V. und OPC Foundation führte zur Entwicklung des **Diskussionspapiers „Big Picture Interoperabilität“**³. Dieses Papier beschreibt ein Zielbild, das zeigt, wie die genannten Technologien miteinander kombiniert werden können, um über Domänen hinweg Interoperabilität zu erreichen. Das Diskussionspapier hebt hervor, wie AAS, AML und OPC UA komplementär zueinanderstehen und durch ihre kombinierte Anwendung in der Industrieautomation den Grundstein für eine effizientere und vernetzte Industrie legen. Zudem enthält das Papier Handlungsempfehlungen für Entwickler und Anwender von interoperablen Systemlösungen, die eine Orientierung für die Nutzung dieser Technologien bieten.

Eine bilaterale Zusammenarbeit im Rahmen dieser Partnerschaften besteht darin, dass der **AutomationML e.V.** gemeinsam mit der **IDTA** zahlreiche **Teilmodelle** entwickelt, die zur Weiterentwicklung der AAS beitragen. Eine Übersicht über diese Teilmodelle, die bereits in der Praxis Anwendung finden, kann auf der offiziellen Website⁴ eingesehen werden. Diese Zusammenarbeit hat sich als wirksam erwiesen, da durch die enge Abstimmung zwischen den beiden Organisationen eine konsistente und standardisierte Weiterentwicklung der AAS gewährleistet werden konnte.

Eine weitere bilaterale Partnerschaft wurde auch zwischen der **OPC Foundation** und der **IDTA** etabliert. Es wurde eine **Joint Working Group**⁵ gegründet, in den einzelnen Spezifikationen beider Technologien komplementär weiterentwickelt werden. Diese Zusammenarbeit stellt sicher, dass die AAS und die Technologien der OPC Foundation miteinander harmonisieren und so die Interoperabilität zwischen verschiedenen Systemen weiter gestärkt wird.

Weiter wurde mit der **Profibus Nutzerorganisation (PNO)** eine **Arbeitsgruppe zur Echtzeit-Lokalisierung von Assets** auf Basis der AAS gegründet⁶. Das Ergebnis dieser Zusammenarbeit ist ein Teilmodell für die Asset-Lokalisierung, das es ermöglicht, die Position von Assets in Echtzeit zu verfolgen und zu verwalten.

Anbindung Forschungsprojekte

Im Rahmen der Bündelung der Vorarbeiten zur AAS wurde auch der Kontakt zu einer Reihe von Forschungsprojekten gesucht, um eine enge Abstimmung zwischen den verschiedenen Initiativen zu gewährleisten. Dies war notwendig, um sicherzustellen, dass die Entwicklungen zur AAS auf breiter wissenschaftlicher Basis unterstützt und weitergeführt werden. Ein besonderes Augenmerk lag auf der **Integration verschiedener Forschungsstränge**, um die Standardisierung und Weiterentwicklung der AAS voranzutreiben.

Neben dem Projekt **VWS vernetzt**⁷ des Konsortialpartners **OvGU Magdeburg** gab es enge Abstimmungen mit dem Projekt **BaSys4.2**⁸, das sich auf die Basistechnologien der Industrie 4.0 konzentriert. Darüber hinaus fanden intensive Kooperationen mit weiteren Akteuren statt, darunter die **SmartFactoryKL e.V.**⁹, eine führende Initiative zur Entwicklung und Erprobung von Technologien der Industrie 4.0, sowie der **ARENA2036 e.V.**¹⁰, die sich als Innovationsplattform für die Produktion der Zukunft versteht. Auch das **Spitzencluster it's OWL**¹¹, welches als Innovationsplattform für die Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe fungiert, spielte eine zentrale Rolle. Diese Forschungsnetzwerk ermöglichten es, die AAS mit einer Vielzahl von **Industrie- und Forschungspartnern** zu verknüpfen, um ihre praktische Anwendbarkeit zu erweitern. Besonders hervorzuheben sind auch die Kooperationen mit den **KoPa35c-Projekten**¹², insbesondere mit **Catena-X**¹³ und **SDM4FZI**¹⁴. Diese Projekte widmen sich der Digitalisierung und Vernetzung in der Automobil- und Fertigungsindustrie und tragen wesentlich zur Etablierung der AAS in diesen Sektoren bei. Durch die enge Verzahnung mit diesen Projekten konnte die AAS-Technologie gezielt auf die Anforderungen dieser

³ <https://industrialdigitaltwin.org/wp-content/uploads/2023/04/Diskussionspapier-Zielbild-und-Handlungsempfehlungen-fuer-industrielle-Interoperabilitaet-5.3.pdf>

⁴ <https://industrialdigitaltwin.org/content-hub/teilmodelle>

⁵ <https://profiles.opcfoundation.org/workinggroup/40>

⁶ https://industrialdigitaltwin.org/wp-content/uploads/2024/07/IDTA-02045-1-0_Submodel_Data-Model-for-Asset-Location.pdf

⁷ <https://vwsvernetzt.de/>

⁸ <https://www.iese.fraunhofer.de/de/projekt/basys42.html>

⁹ <https://www.smartfactory.de/>

¹⁰ <https://arena2036.de/de/>

¹¹ <https://its-owl.de/>

¹² <https://www.bmwk.de/KOPA35C/fahrzeugindustrie-der-zukunft.html>

¹³ <https://catena-x.net/de/>

¹⁴ <https://www.sdm4fzi.de/>

Industriezweige zugeschnitten und ihre Akzeptanz gefördert werden.

Während der Laufzeit des Projekts entstanden zudem zahlreiche neue Projektanträge, die in direktem Zusammenhang mit der AAS stehen. Mehr als 30 BMWK- und BMBF-Projektvorhaben wurden im Rahmen dieser Initiative gestartet die auf das Handlungsfeld Interoperabilität einzahlen und auf die AAS als Kerntechnologie setzen. In diesen Fällen wurden **Absichtserklärungen zur Zusammenarbeit (Letter of Intent)** unterzeichnet, um eine enge Verzahnung zwischen den Projekten sicherzustellen. Dies gewährleistet eine koordinierte Entwicklung und Implementierung der AAS über verschiedene Forschungs- und Anwendungsbereiche hinweg.

Aus dem **Manufacturing-X-Umfeld**¹⁵ kristallisierten sich insbesondere einige Schlüsselprojekte heraus, die für die Zukunft der AAS von großer Bedeutung sind. Dazu zählen die geplanten Vorhaben **Aerospace-X**¹⁶, **Factory-X**¹⁷, **Process-X**, **Robot-X**¹⁸, **Semiconductor-X**¹⁹ und **Decide4 ECO**²⁰. Diese Projekte zielen darauf ab, die Prinzipien der AAS auf spezifische Industriebereiche wie die Luft- und Raumfahrt, die Halbleiterindustrie, die Fabrikautomatisierung und die ökologische Nachhaltigkeit anzuwenden.

Fachliche Ausgestaltung der Asset Administration Shell

Offene Technologieentwicklung und Implementierung

Die Integration der verschiedenen Entwicklungsstränge der AAS in einen einheitlichen Open-Source-Entwicklungsrahmen war ein zentraler Meilenstein im Projekt und wurde erfolgreich umgesetzt. Zu Beginn des Projekts wurden alle bestehenden Konzept- und Architekturpapiere zur AAS systematisch zusammengetragen. Diese Unterlagen, die teilweise in unterschiedlichen Formaten und Spezifikationen vorlagen, wurden in ein einheitliches, durchgängiges Format überführt, um eine kohärente und standardisierte Grundlage für die Weiterentwicklung der AAS zu schaffen.

Bei dieser Sammlung und Harmonisierung der Dokumente wurden auch **konzeptionelle Lücken und Inkonsistenzen** zwischen den parallel verlaufenden Entwicklungssträngen verschiedener Industrie-4.0-Projekte **identifiziert**. Diese Divergenzen konnten durch gezielte Abstimmungsprozesse und technische Analysen behoben werden. Der daraus resultierende, konsolidierte Entwicklungsrahmen half dabei, Konflikte zwischen unterschiedlichen Ansätzen zu beseitigen und die Weiterentwicklung der AAS auf ein stabiles Fundament zu stellen.

Zusätzlich wurden die bestehenden **Standarddokumente weiter spezifiziert**. Die Spezifikationen, die in verschiedenen Gremien vor Projektbeginn erarbeitet wurden und die AAS betrafen, wurden gebündelt und zu einer **Spezifikationsreihe** unter dem Titel „**Asset Administration Shell in Detail Part 1-5**“²¹ weiterentwickelt. Diese Spezifikationsreihe bietet eine umfassende und detaillierte Grundlage für die Implementierung der AAS in verschiedenen industriellen Anwendungen und stellt sicher, dass alle relevanten Aspekte der AAS-Architektur und -Funktionalität klar definiert sind.

Ein weiterer bedeutender Erfolg des Projekts war die **Bereitstellung des technologischen Kerns der AAS im Open-Source-Umfeld**. Vor dem Projekt exzitierten bereits viele einzelne Open-Source-Aktivitäten rund um die AAS, die jedoch unterschiedliche Reifegrade aufwiesen und in vielen Fällen voneinander isoliert waren. Im Rahmen des Projekts wurde ein Top-Levelprojekt mit dem Namen „**Eclipse Digital Twin**“²² innerhalb der **Eclipse Foundation**²³ etabliert. Dieses Dachprojekt diente als Plattform, um alle relevanten Open-Source-Projekte zur AAS zu bündeln, zu organisieren und strukturiert weiterzuentwickeln. Zur **langfristigen Verstetigung und Organisation** der Open-Source-Projekte wurde ein **Project Management Council (PMC)**²⁴

¹⁵ <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/DE/Manufacturing-X/Initiative/initiative-manufacturing-x.html>

¹⁶ <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/Manufacturing-x/Module/projekt-aerospace-x.html>

¹⁷ <https://factory-x.org/>

¹⁸ <https://robotx.eu/>

¹⁹ <https://www.semiconductor-x.com/>

²⁰ <https://www.decide4eco.de/>

²¹ <https://industrialdigitaltwin.org/content-hub/aasspecifications>

²² <https://projects.eclipse.org/projects/dt>

²³ <https://www.eclipse.org/>

²⁴ <https://projects.eclipse.org/projects/dt/who>

innerhalb der Eclipse Foundation eingerichtet. Dieses Gremium setzt sich aus **aktiven Industrievertretern** der AAS-Community zusammen und hat die Aufgabe, die Qualität und Weiterentwicklung der Open-Source-Softwareprojekte sicherzustellen. Das PMC spielt eine zentrale Rolle bei der strategischen Ausrichtung und der Sicherstellung, dass die entwickelten Lösungen den höchsten industriellen Anforderungen entsprechen.

Unter dem Top-Levelprojekt „**Eclipse Digital Twin**“ wurden bis zum Ende des Projekts insgesamt **sieben spezifische Open-Source-Projekte** geführt:

1. Eclipse AAS Model for Java – eine Implementierung des AAS-Datenmodells in der Programmiersprache Java.
2. Eclipse AAS Web Client – ein webbasiertes Interface zur Verwaltung und Darstellung der AAS.
3. Eclipse AASX Package Explorer and Server – Tools zur Verwaltung und zum Austausch von AAS-Paketen.
4. Eclipse BaSyx – eine Middleware zur Integration der AAS in industrielle Prozesse.
5. Eclipse FAAAST – ein Framework zur Automatisierung von AAS-basierten Anwendungen.
6. Eclipse Semantic Modeling Framework (ESMF) – ein Framework zur semantischen Modellierung von AAS-Daten.
7. Eclipse Service Lifecycle Management – eine Lösung zur Verwaltung des Lebenszyklus von industriellen Diensten.

Durch die Bündelung und Weiterentwicklung dieser Projekte wurde das Ziel erreicht, eine Open-Source-Entwicklungsumgebung zu schaffen, die es der breiten Community ermöglicht, auf einen **grundlegend gesicherten Entwicklungsstand der AAS** zuzugreifen und diesen weiter zu verbessern. Die AAS-Community hat nun eine öffentlich zugängliche Plattform, die sowohl Entwicklern als auch Anwendern die Möglichkeit bietet, an der Weiterentwicklung der AAS mitzuwirken und von deren standardisierten Ansätzen zu profitieren. Dies fördert nicht nur die technologische Innovation, sondern auch die internationale Zusammenarbeit bei der Implementierung und Verbreitung der AAS als globalen Standard für die Verwaltung digitaler Zwillinge in der Industrie 4.0.

Aufbau und Zusammenführen für AAS-Teilmodellen (Submodels) an zentraler Stelle

Eine wesentliche Anforderung aus der Industrie war es, ein **konsistentes Gesamtbild der AAS** zu entwickeln und die damit verbundenen **Teilmodelle** strukturiert zuzuordnen. Es war entscheidend, eine einheitliche Grundlage zu schaffen, die sowohl technologische Konsistenz als auch Kompatibilität mit bestehenden Standards und Systemen gewährleistet.

Um die Teilmodelle systematisch zu entwickeln und bereitzustellen, wurde ein **Prozess für die Veröffentlichung von Teilmodellen** definiert und veröffentlicht²⁵. Dieser Prozess umfasst den gesamten Lebenszyklus eines Teilmodells, von der Idee über die Entwicklung und das Review bis hin zur öffentlichen Bereitstellung. Dies ermöglicht es der AAS-Community innerhalb der IDTA sowie weiteren Initiativen, mit denen Memoranda of Understanding (MoU) unterzeichnet wurden, wie der Profibus Nutzerorganisation (PNO)²⁶, Namur²⁷, Euromap²⁸ und Catena-X²⁹ (s.o.), die Entwicklung von Teilmodellen nach einem standardisierten und strukturierten Verfahren voranzutreiben. Dieser Prozess wird ebenfalls genutzt, um Teilmodellentwicklungen, die im Rahmen von Förderprojekten entstehen, in die AAS-Community zu integrieren. Dadurch wird sichergestellt, dass alle neuen Entwicklungen auf einer soliden, standardisierten Grundlage aufbauen und langfristig genutzt werden können.

Ein wichtiger Schritt zur Unterstützung dieses Entwicklungsprozesses war die Erstellung eines Leitfadens zur Entwicklung von Teilmodellvorlagen. Der veröffentlichte Leitfaden mit dem Titel „**How to Create a Submodel**

²⁵ https://industrialdigitaltwin.org/wp-content/uploads/2023/06/IDTA_Process-Description-Registration-of-AAS-Submodel-Templates-for-Digital-Twins-.pdf

²⁶ <https://www.profibus.de/>

²⁷ <https://www.namur.net/de/>

²⁸ <https://www.namur.net/de/>

²⁹ <https://catena-x.net/de/>

Template Specification³⁰ bietet klare Anweisungen und Best Practices für die Erstellung von Teilmodellen und ist öffentlich zugänglich. Dies stellt sicher, dass auch zukünftige Förderprojekte und Unternehmen, die Teil der AAS-Community werden möchten, eine einfache Anleitung zur Entwicklung und Implementierung von Teilmodellen haben. Der Leitfaden ermöglicht eine konsistente Qualität der Teilmodelle und unterstützt die schnelle Skalierung der AAS in verschiedenen Industriezweigen.

Der Aufruf zur Schaffung einer **umfangreichen Bibliothek von AAS-Teilmodellen** fand großen Zuspruch in der Community. Zahlreiche Mitglieder folgten diesem Aufruf, und dies führte zu einem schnell wachsenden Bereich der IDTA. Bis zum Projektende am 31. Mai 2024 wurden **über 85 verschiedene Aktivitäten**³¹ rund um die Entwicklung und Veröffentlichung von Teilmodellen gelistet. Diese Aktivitäten zeigen die **breite Akzeptanz** der AAS-Technologie und ihre Fähigkeit, sich in verschiedenen Industrien und Anwendungsbereichen zu etablieren.

Eine bedeutende Anzahl von AAS-Teilmodellen wurde identifiziert, die bereits heute die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Wertschöpfungspartnern in einem **Datenraum Industrie 4.0** unterstützen. Diese Teilmodelle bieten **semantisch standardisierte Informationen**, die für bestimmte Anwendungsfälle relevant sind. Beispielsweise beinhalten diese Teilmodelle zweckbezogene Informationen zu Digitalen Typenschildern, dem Digital Product Passport eines Assets oder Energieverbrauchswerten einer Maschine. Diese standardisierten Datenmodelle ermöglichen eine nahtlose Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Unternehmen und Industrien, da sie eine einheitliche Grundlage für den Datenaustausch und die gemeinsame Nutzung von Informationen bieten. Dies stärkt die Position der AAS als Schlüsseltechnologie für die digitale Transformation und die Umsetzung von Industrie 4.0-Anwendungen.

Tabelle 1 – Beispielhafter Auszug von AAS-Teilmodelle mit Beteiligung mehrerer Wertschöpfungspartner

Beispielhaftes Teilmodell	Wertschöpfungsperspektive
Product Change Notifications	Veröffentlichung von Updateinformationen zum Life-Cycle; Nachbestellungen
Service Request Notification	Beauftragung von Wartungsdienstleistungen durch Dritte
Wartungsinformationen	Beschreibung und Erfassung von Wartungsdienstleistungen durch Dritte
Product Carbon Footprint	Gemeinsame Berechnung wichtiger Kennzahlen für regulative Vorgaben
Plant Asset Management	Verteilte Erfassung von Planinformationen für große Anlagen
Capability Description	Scheduling von Produktionsressourcen zum Beauftragungs-/Produktionszeitraum
Sizing of power drive trains	Verteilte Auslegung von Produktionssystemen; automatische Angebotsprozesse
Batch Prozesse	Beschreibung von Rezeptinformationen für große Anlagen
Production of the wiring harness	Verteiltes Engineering und Produktion von Leitungssätzen
Part Traceability	Produkt- und Qualitätskennzahlen entlang der Lieferkette
Workstation Matching Data	Planung und Ausführung von Arbeitsprozessen
Purchase Order Creation/ Request/ Response	Angebots- und Beauftragung über Unternehmensgrenzen hinweg
Zahlreiche Catena-X Modelle	Zusammenarbeit Zulieferer / OEM

³⁰ <https://industrialdigitaltwin.org/wp-content/uploads/2022/12/I40-IDTA-WS-Process-How-to-write-a-SMT-FINAL-.pdf>

³¹ <https://industrialdigitaltwin.org/content-hub/teilmodelle>

Aufbau eines Qualitätsmanagementprozesses für AAS und Rahmenbedingungen für weitere Zertifizierungsverfahren

Ein Rahmen für einen zukünftigen Qualitätsmanagementprozess für die AAS wurde im Rahmen des Projekts entwickelt und beschrieben. Dieser Prozess umfasst die Abwicklung und das Management der Tests, um sicherzustellen, dass alle Komponenten und Module der AAS den erforderlichen Qualitätsstandards entsprechen. Ein zentraler Bestandteil war die Schaffung von Testmöglichkeiten, die speziell auf die **Interoperabilitätsprüfung** der AAS ausgerichtet sind. Diese Tests ermöglichen es, die Kompatibilität und Interoperabilität der AAS in verschiedenen industriellen Anwendungen und Systemen sicherzustellen. Im Rahmen dieses Prozesses wurden **Referenzimplementierungen** entwickelt, die als Grundlage für die Tests dienen. Diese Referenzimplementierungen repräsentieren Standardanwendungen der AAS und werden verwendet, um sicherzustellen, dass die AAS in realen Szenarien wie erwartet funktioniert.

Eine wesentliche Entwicklung im Rahmen des Projekts war die **AAS Test Engine**³² die speziell zur Durchführung von **Interoperabilitätsprüfungen** entwickelt wurde. Diese AAS Test Engine ermöglicht es, verschiedene Implementierungen der AAS zu testen und sicherzustellen, dass sie den definierten Standards und Spezifikationen entsprechen. Sie bietet eine Automation für das **Testen und Validieren** der AAS und kann von Entwicklern und Anwendern genutzt werden, um sicherzustellen, dass ihre Implementierungen interoperabel und kompatibel mit anderen Systemen sind.

Diese Entwicklung stellt einen wichtigen Schritt in Richtung einer umfassenden Qualitätssicherung dar, da sie nicht nur die Funktionalität der AAS sicherstellt, sondern auch die Interoperabilität zwischen verschiedenen Systemen und Anwendungen gewährleistet. Durch die Einführung eines Qualitätsmanagementprozesses und der entsprechenden Testmöglichkeiten kann die AAS als verlässlicher Standard in der Industrie etabliert werden, der in der Lage ist, unterschiedliche industrielle Anforderungen und Anwendungsfälle zu erfüllen.

Aufbau eines Schulungsprogramms Asset Administration Shell

Um das Ziel des Wissenstransfers zu erreichen, wurden ein Rahmen zur **Weiterbildungs- und Schulungsaktivitäten** auf verschiedenen Ebenen entwickelt. Diese Aktivitäten erstrecken sich über die **betriebliche und akademische** Ausbildung, umfassen aber auch Weiterbildung und Qualifizierung für bestehende Fachkräfte. In enger Zusammenarbeit mit **Experten der Plattform Industrie 4.0** wurden die Schulungsinhalte konzipiert, um sowohl grundlegendes Wissen über die AAS-Technologie als auch fortgeschrittene Techniken für deren praktische Umsetzung zu vermitteln. Auf diese Weise wurde sichergestellt, dass das Schulungsangebot sowohl Einsteiger als auch Experten in der Industrie ansprechen kann.

Ein entscheidender Schritt in der Verbreitung der AAS war die Auswahl eines Trainingspartners. In diesem Zusammenhang wurde „University 4 Industry“ als Partner ausgewählt, um die Schulungsmaßnahmen umzusetzen. Gemeinsam mit diesem Partner wurden zwei Trainingsprogramme entwickelt und in einer Pilotphase erprobt: Das **Awareness Training** und das **Implementation Training**.

³² <https://github.com/admin-shell-io/aas-test-engines>

Digital Twin Trainings

Digital twins are at the heart of the industry in the future, and the asset administration shell is the implementation of the digital twin for Industrie 4.0.

The Industrial Digital Twin Association and University4Industry offer two unique, pre-competitive training programs covering basic knowledge and understanding about digital twins and their concrete implementation.

But what do these terms actually mean? How can they be implemented in practice to enable a variety of use cases?

- Target group awareness training:** leaders with an interest in learning more about the digital twin
- Target group implementation training:** developers who would like to start implementing the digital twin
- Blended learning** incl. 3-4 live sessions per training
- 499 EUR per user per training**
799 EUR for both trainings
20% Discount for IDTA members
- 2 hours per week** over 4 weeks per training

At a glance

- Skill building for the digital twin
- Self-paced online training using video formats
- Led by experts
- Practical exercises
- Live sessions via Microsoft Teams

Training Topics

- Introduction to Digitalization in Industry
- Digital Twin & Asset Administration Shell (AAS)
- Opportunities Offered by the AAS
- Implementation of the AAS
- Practical Use Cases for the AAS

Start Dates in 2024

Awareness Training:
26.02. | 16.09.

Implementation Training:
08.04. | 04.11.

IDTA in cooperation with **UNIVERSITY 4 INDUSTRY**

Sign-up: Please contact support@university4industry.com

Abbildung 6: Flyer zum AAS Trainingsprogramm

Das **Awareness Training** richtet sich an Personen, die neu in die AAS-Technologie einsteigen und ein grundlegendes Verständnis für den Nutzen und die Anwendungsmöglichkeiten der AAS entwickeln möchten. Ziel ist es, den Teilnehmern einen Überblick über die Funktionsweise der AAS zu geben und aufzuzeigen, wie diese Technologie unternehmensweite Vorteile schaffen kann.

Das **Implementation Training** zielt auf Experten ab, die bereits ein tiefgehendes Verständnis der AAS haben und nun konkrete Projekte mit der AAS umsetzen möchten. Dieses Training bietet detaillierte technische Anleitungen und Best Practices zur erfolgreichen Implementierung der AAS in komplexe industrielle Umgebungen. Es adressiert die spezifischen Herausforderungen, die bei der Umsetzung auftreten können, und vermittelt den Teilnehmern die notwendigen Fähigkeiten, um die AAS effizient in ihre Systeme zu integrieren.

Der Aufbau von Rahmenbedingungen zur Wissensvermittlung wurde erfolgreich umgesetzt und die Trainingsprogramme konnten erfolgreich gestartet werden. Die Resonanz war positiv: Am Awareness-Training nahmen 73 Personen teil, die sich mit den Grundlagen der AAS vertraut machten und die ersten Schritte in der Nutzung der Technologie erlernten. Das Implementation Training verzeichnete eine Teilnahme von 96 Experten, die ihr Wissen vertiefen und direkt in die praktische Umsetzung der AAS-Technologie gehen konnten. Diese Schulungen trugen entscheidend dazu bei, die AAS-Community weiter zu stärken und sicherzustellen, dass die Teilnehmer über die notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten verfügen, um AAS-Projekte in ihrem Unternehmen erfolgreich zu planen und umzusetzen.

Verstetigung und die erfolgten Veröffentlichungen der Ergebnisse

Es wurde eine Vielzahl der **oben genannten Projektergebnisse** veröffentlicht, die die fachliche Ausgestaltung der AAS sowie deren praktische Anwendung demonstrieren. Diese Publikationen sind entscheidend, um das Wissen über die AAS und ihre Implementierung zu verbreiten und eine breitere Akzeptanz und Anwendung der Technologie zu fördern.

Zu den wichtigsten Maßnahmen gehörte die Einrichtung einer **eigenen Webseite**³³, die durch **Key-Visuals** und ein einheitliches **Design** die AAS und die dahinterstehende AAS-Community sichtbar macht. Diese Webseite dient als zentrale Informationsplattform, auf der alle wichtigen Entwicklungen rund um die AAS

³³ <https://industrialdigitaltwin.org/>

vorgestellt werden. Ergänzt wird dies durch einen **Solutionshub**³⁴, der insgesamt **34 Lösungen** vorstellt, von denen **21 industriereif** sind. Diese Lösungen demonstrieren praxisnahe Anwendungen der AAS in unterschiedlichen Industriezweigen und dienen als Best Practices für Unternehmen, die die AAS-Technologie implementieren möchten.

Um die AAS auch auf **sozialen Netzwerken** bekannter zu machen, wurde ein **eigener LinkedIn-Kanal**³⁵ aufgebaut und kontinuierlich gepflegt. Dieser Kanal zählt zum Zeitpunkt des Projektendes mehr als **6.500 Follower** und trägt maßgeblich dazu bei, eine breitere Community anzusprechen und über aktuelle Entwicklungen und Fortschritte zu informieren.

Im Bereich **Open Source** spielte das **Management des Eclipse Top Level Project „Eclipse Digital Twin“**³⁶ eine zentrale Rolle. Unter diesem Top-Level-Projekt werden insgesamt **sechs konkrete Open-Source-Projekte** organisiert, die maßgeblich zur Weiterentwicklung der AAS beitragen. Diese Projekte sind auf der Plattform der Eclipse Foundation zugänglich und bieten Entwicklern und Anwendern die Möglichkeit, sich aktiv an der Weiterentwicklung der AAS zu beteiligen.

Zusätzlich wurde ein umfangreiches **Open-Source-Repository** für die **AAS-Spezifikationen, Teilmodelle und Implementierungen** aufgebaut³⁷. Dieses Repository, das auf GitHub gehostet wird, bietet einen zentralen Zugangspunkt für Entwickler und Unternehmen, die mit der AAS arbeiten möchten. Es umfasst zahlreiche Tools und Ressourcen, die die Implementierung der AAS erleichtern.

Ein weiteres zentrales Element ist die **umfangreiche Bibliothek von mehr als 85 Teilmodellen**³⁸, die auf der Webseite der IDTA gelistet sind. Diese Teilmodelle wurden im Rahmen des Projekts entwickelt und sind entscheidend für die erfolgreiche Anwendung der AAS in verschiedenen Branchen. Es wurden zudem etablierte Prozesse zur Prüfung und Veröffentlichung dieser Teilmodelle eingerichtet, um die Qualität und Konsistenz der Modelle sicherzustellen.

Zur Sicherstellung der **Qualität** wurde eine spezielle **Qualitätsmanagement-Plattform**³⁹ entwickelt, die es ermöglicht, die AAS und deren Implementierungen zu testen und zu zertifizieren. Diese Plattform ist entscheidend, um die Interoperabilität und Zuverlässigkeit der AAS in verschiedenen industriellen Anwendungen sicherzustellen.

Um die Wissensvermittlung zu unterstützen, wurde eine Reihe von **Erklärvideos** auf YouTube veröffentlicht. Diese Videos bieten eine leicht verständliche Einführung in die AAS und deren Anwendungen und sind ein wertvolles Tool für Einsteiger⁴⁰. Ergänzt wird dieses Angebot durch eine kontinuierlich gepflegte **FAQ-Seite**, auf der Nutzer aktiv Fragen stellen und Antworten erhalten können. Diese FAQ dient als interaktive Plattform, um offene Fragen rund um die AAS zu klären⁴¹.

Zu den öffentlich zugänglichen **Demonstratoren** gehören die AAS und der **Digitale Produktpass**, die auf einer eigens entwickelten Plattform verfügbar sind. Diese Demonstratoren zeigen praxisnah, wie die AAS-Technologie in realen industriellen Anwendungen eingesetzt wird⁴².

Zusätzlich zur Online-Präsenz wurden mehrere **eigene Konferenzen** veranstaltet, um die Community zu stärken und den Austausch zu fördern:

- Die **IDTA Tech Days** in Frankfurt am Main (2022: 80 Teilnehmer, 2023: 110 Teilnehmer) boten eine Plattform, um den Stand der Technik und die neuesten Entwicklungen rund um die AAS zu präsentieren. Diese Veranstaltung diente auch dazu, Unternehmen konkrete Hilfestellungen für die **Umsetzung der AAS** im eigenen Betrieb zu geben. Die **IDTA Tech Days** werden auch über das Projektende hinaus fortgeführt und sind ein wichtiger Baustein zur **Verstetigung** des Projekts.
- Der **AAS Tech Day** in Dresden (2022: 140 Teilnehmer) richtete sich speziell an die **Automobilindustrie**. Hier wurde der Stand der Technik in Bezug auf die AAS vorgestellt, und die Veranstaltung ermöglichte eine Vernetzung der Teilnehmer auf **technischer Ebene**. Von den 140 Teilnehmern stammte ein Drittel aus der IDTA-Mitgliedschaft und zwei Drittel aus den KoPa35c-Projekten.
- Die **Digital Twin Conference** in Frankfurt am Main (2024: 160 Teilnehmer) zielte darauf ab, eine

³⁴ <https://industrialdigitaltwin.org/solutions-hub>

³⁵ <https://www.linkedin.com/company/industrial-digital-twin-association/>

³⁶ <https://projects.eclipse.org/projects/dt>

³⁷ <https://github.com/admin-shell-io>

³⁸ <https://industrialdigitaltwin.org/content-hub/teilmodelle>

³⁹ <https://certification.admin-shell-io.com/>

⁴⁰ <https://www.youtube.com/@industrialdigitaltwin>

⁴¹ <https://github.com/admin-shell-io/questions-and-answers>

⁴² <https://dpp40-2-v1.industrialdigitaltwin.org/backend/pcf>

Konferenz mit einem **breiteren Fokus** auf das **verarbeitende Gewerbe** anzubieten und die Anwendung der AAS in verschiedenen industriellen Bereichen zu diskutieren.

- Die Eventserie **AAS Software & Research Landscape** (2022: 60 Teilnehmer, 2023: 80 Teilnehmer) konzentrierte sich auf den Aufbau einer **Landkarte** über das AAS-Software-Angebot und die laufenden **AAS-Forschungsprojekte**.

Darüber hinaus nahm das Projekt an **Messen** teil, um die AAS einem **Fachpublikum** zu präsentieren. Auf den **Leitmessen „Hannover Messe“ und „SPS“** wurden Demonstratoren gezeigt, die in der AAS-Community entwickelt wurden. Dazu zählten unter anderem Demonstratoren zum **Digitalen Produktpass** in Zusammenarbeit mit dem ZVEI (DPP4.0 – Digitaler Schaltschrank), **Lebenszyklusmanagement von Produkten**, **Energy Management**, **vernetzte AAS** in Kooperation mit der OvGU Magdeburg sowie **automatisierte Bestell- und Geschäftsprozesse** über OPC UA und AAS in Zusammenarbeit mit dem VDMA. Zusätzlich zu diesen Leitmesen wurde die **Automatisierungsmesse „Global Industrie“** in Lyon, Frankreich, vom 7. bis 10. März 2023 genutzt, um die Entwicklungen rund um die AAS und den **Digitalen Produktpass** einem **internationalen Publikum** vorzustellen. Die „Global Industrie“ ist Frankreichs größtes **Schaufenster für industrielle Innovationen** und bot eine wichtige Plattform, um die AAS in einem breiteren internationalen Kontext zu präsentieren.

Verankerung des Projekts

Die AAS ist ein zentrales Element der **Förderbekanntmachung „Digitalisierung der Fahrzeughersteller und Zulieferindustrie und industrieller Lieferketten“**, die unter dem Namen **Manufacturing-X** bekannt ist. Diese Initiative zielt darauf ab, die Digitalisierung und Vernetzung entlang der gesamten Wertschöpfungskette in der Automobilindustrie und verwandten Sektoren voranzutreiben.

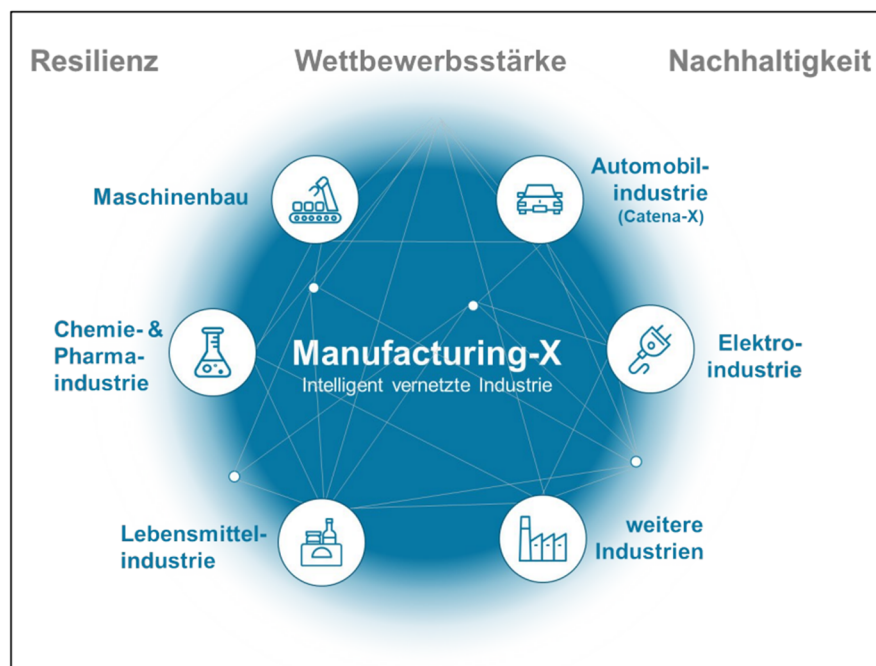


Abbildung 7: Das Leitbild von Manufacturing-X (MX)⁴³

Um die **Anschlussfähigkeit der AAS** mit den Manufacturing-X-Projekten sicherzustellen, wurden mit den Konsortialführern der Projektanträge **Aerospacex-X, Factory-X, Process-X, Robot-X und Semiconductor-X** Absichtserklärungen in Form von **Letter of Intent (LOI)** unterzeichnet (weitere LOI folgen). Diese LOIs bilden die Grundlage für die zukünftige Zusammenarbeit und die Verstärkung der AAS als Plattform für Projektergebnisse. Die AAS fungiert in diesem Kontext als Single-Source-of-Truth, was bedeutet, dass sie die zentrale Technologie für die Verwaltung und den Austausch von Informationen in den Manufacturing-X-Projekten ist.

⁴³ <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/DE/Manufacturing-X/Initiative/initiative-manufacturing-x.html>

Ein wichtiger Aspekt dieser Zusammenarbeit ist die **Öffnung des Prozesses zur Entwicklung von AAS-Teilmodellen für die Manufacturing-X-Projekte**. Dies ermöglicht es, dass die AAS-Teilmodelle in Form von **gemeinsamen Arbeitsgruppen (Joint-Working-Groups)** entwickelt werden. Diese Kooperation fördert die Standardisierung und Interoperabilität der AAS über verschiedene Branchen und Industrien hinweg und stellt sicher, dass die AAS-Teilmodelle auch in anderen Projekten und Anwendungen genutzt und weiterentwickelt werden können.

Die Projektergebnisse aus IDTP werden auch in das **Projekt „Direkte Anwendungshilfe für die Asset Administration Shell zur Vernetzung im Industrie 4.0 Datenraum“ (DAVID)** einfließen. DAVID ist ein Querschnittsprojekt im Umfeld von Manufacturing-X, das darauf abzielt, das Wertversprechen der digitalen Interoperabilität auf Basis der AAS zu sichern. Durch DAVID werden die Prozesse und Mittel, die im Rahmen des IDTP entwickelt wurden, zur Verfügung gestellt, um die Infrastruktur der kommenden M-X-Projekte hinsichtlich ihrer technologischen und semantischen Interoperabilität zu validieren. Dies stellt sicher, dass die firmenübergreifenden Anwendungsfälle in verschiedenen Branchen nahtlos implementiert werden können. Das Projekt DAVID wird somit einen unverzichtbaren Beitrag zum Aufbau von offenen Datenökosystemen in der Industrie leisten. Auch die Verbundprojekte aus der Förderrichtlinie „KoPa 35c Modul a2 - Digitalisierung der Fahrzeughersteller und Zulieferindustrie“ werden im Rahmen von DAVID berücksichtigt. Diese Projekte, die bereits im IDTP eingebunden waren, sind integraler Bestandteil der DAVID-Initiative und unterstützen die Integration der AAS in die Automobil- und Zulieferindustrie. Durch diese Verzahnung wird die AAS nicht nur als technologische Grundlage, sondern auch als Schlüsseltechnologie für die digitale Vernetzung und den Datenaustausch in der Industrie gestärkt.

Das Vorhaben IDTP hat die Grundlagen dafür geschaffen, dass die Manufacturing-X-Projekte zukünftig:

- Inhaltlich und methodisch hinsichtlich der AAS begleitet und unterstützt werden. Die Projekte können auf die Erkenntnisse und Best Practices des IDTP zurückgreifen, um ihre eigenen Implementierungen der AAS zu optimieren.
- Während des Entwurfs und der Nutzung der AAS orchestriert werden. Dies bedeutet, dass die AAS als zentrale Plattform fungiert, auf der alle relevanten Informationen und Daten aus den Manufacturing-X-Projekten zusammenlaufen.
- Projektzwischenenergebnisse validiert und inhaltlich im Sinne der offenen Standardisierung harmonisiert werden können. Dies fördert die Konsistenz und Kompatibilität der entwickelten Lösungen über verschiedene Industrien und Anwendungsbereiche hinweg.

Gerechtfertigter Personal- und Mitteleinsatz

Das zentrale Ziel des Projekts, nach dem öffentlich finanzierten Aufbau und Hochlauf der Inhalte eine langfristige Finanzierung und Weiterentwicklung die Technologie AAS durch die Organisation IDTA sicherzustellen, wurde erfolgreich erreicht.

Die IDTA hat sich als Trägerorganisation etabliert, die die langfristige Betreuung und Weiterentwicklung der AAS sicherstellt. Die Zielgruppe des Projekts hat sich seit dessen Beginn nicht verändert: Es werden weiterhin alle im industriellen Produktionsprozess beteiligten Unternehmen angesprochen, von Komponentenherstellern über Maschinenbauer und Software-Anbieter bis hin zu Endanwendern. Diese breite Zielgruppe ermöglicht es, die AAS-Technologie in verschiedenen Bereichen der Industrie zu implementieren und deren Vorteile umfassend zu nutzen.

In den ersten drei Jahren des Projekts wurden **Strukturen und Inhalte** erarbeitet, die nun als Grundlage für die **langfristige Verstetigung** und die weitere **Mitgliedergewinnung** dienen. Diese Strukturen fungieren als starke Akquiseargumente, da sie den Nutzen der AAS-Technologie klar verdeutlichen. Die erzielten Ergebnisse und die etablierten Prozesse zeigen potenziellen neuen Mitgliedern den Mehrwert der AAS und deren Rolle in der Industrie 4.0.

Diese Projektergebnisse sind vielfältig und bilden die Grundlage für die nachhaltige Weiterentwicklung der AAS:

- Die **aufgebaute Marke** der AAS, die international bekannt ist und für Innovation und Standardisierung im Bereich der digitalen Zwillinge steht.
- Die **existierende Infrastruktur**, die es Unternehmen ermöglicht, die AAS effizient in ihre Produktionsprozesse zu integrieren und dabei auf eine bewährte technische Grundlage zurückzugreifen.

- Die **entwickelten Inhalte** der international anerkannten und **konformen Open-Source AAS**, die als zentraler Bestandteil der Industrie 4.0 eine Schlüsselrolle spielt.
- Das **entwickelte Partner-Management**, das es ermöglicht, strategische Allianzen zu bilden und die AAS weiter international zu verbreiten.
- Die **etablierten Arbeitsgruppen** als **Organisationseinheiten**, die die Entwicklung und Weiterverbreitung der AAS-Technologie koordinieren und vorantreiben.

Diese strukturellen Ergebnisse haben dazu beigetragen, die IDTA als **Verstetigungsplattform** für die AAS im globalen Industrie-4.0-Ökosystem zu positionieren. Sie ermöglichen es, die AAS langfristig weiterzuentwickeln und ihre Anwendung in unterschiedlichen Industriezweigen zu fördern.

Abschließend ist festzuhalten, dass im Rahmen der Projektabschlussveranstaltung sowie der Präsentation der zentralen Projektergebnisse erkennbar wurde, dass die Aufwendungen für Personal und die vergebenen Aufträge notwendig und angemessen waren, um die angestrebten Ergebnisse zu erzielen. Durch die internationale Verstetigung der AAS und die enge Zusammenarbeit mit globalen Partnern wurde eine stabile Basis geschaffen, auf der die AAS auch in Zukunft eine zentrale Rolle in der digitalen Transformation der Industrie spielen wird.

Die Etablierung der IDTA als führende Organisation für die Weiterentwicklung der AAS zeigt, dass die Investitionen in dieses Projekt nachhaltig genutzt werden und dass die technologische Innovation rund um die AAS weiterhin vorangetrieben wird. Die erzielten Ergebnisse bestätigen, dass die Zielsetzungen des Projekts erfolgreich umgesetzt wurden und dass die AAS als offener Standard eine wesentliche Rolle in weiteren Innovationsprogrammen wie Manufacturing-X einnehmen wird.

Teil III - Erfolgskontrollbericht

1. Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen, auch zwecks Evaluierung von Förderprogrammen/-schwerpunkten/-konzepten (max. 4000 Zeichen)*

Das Projekt war unmittelbar in die Industrie-4.0-Initiative eingebettet, die sich auf die digitale Transformation der Industrie konzentriert. Als Vorgeschichte zu diesem Projekt dienten die Aktivitäten der Plattform Industrie 4.0, die seit 2013 zentrale Entwicklungen und Strategien zur Digitalisierung der Industrie vorantreibt.

Ein wesentliches Ergebnis des Projekts war die Schaffung von Rahmenbedingungen für eine Nutzerorganisation für Industrie 4.0, die sich auf die Umsetzung des Digitalen Zwillings spezialisiert.

Diese Organisation, die Industrial Digital Twin Association (IDTA), ist inzwischen nicht nur fest etabliert, sondern auch langfristig wirtschaftlich tragfähig, was ein nachhaltiges Ziel des Projekts war.

Das Verarbeitende Gewerbe profitiert nun erheblich von der IDTA als zentralem Ansprechpartner für die aufstrebende Technologie der Asset Administration Shell (AAS). Diese Technologie stellt die Grundlage für den Digitalen Zwilling dar, der eine Schlüsselrolle in der Digitalisierung der industriellen Prozesse einnimmt. Die IDTA ist für die Pflege der entsprechenden Standards verantwortlich und bringt die Community von Entwicklern, Anwendern und Industrievertretern an einen Tisch, um die weitere Entwicklung und Verbreitung der AAS voranzutreiben.

Die im Rahmen des Projekts geschaffenen Rahmenbedingungen haben dazu geführt, dass die IDTA heute eine entscheidende Rolle bei der **Operationalisierung des strategischen Handlungsfelds der Interoperabilität im Kontext von Industrie 4.0** spielt. Dies steht in direktem Zusammenhang mit dem **Leitbild 2030 für Industrie 4.0**, das von der Plattform Industrie 4.0 formuliert wurde und die Interoperabilität als ein zentrales Handlungsfeld definiert. Die IDTA unterstützt durch ihre Arbeit die Umsetzung dieses Ziels und trägt dazu bei, dass die AAS als Standardtechnologie in verschiedenen Branchen Einzug hält und die nahtlose Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Systemen und Unternehmen ermöglicht.

Durch die Etablierung der Gremienstrukturen innerhalb der IDTA wird heute ein entscheidender Beitrag geleistet, um die **Technologieführerschaft Deutschlands** im Bereich der industriellen Digitalisierung langfristig zu sichern. Diese Strukturen ermöglichen eine koordinierte Weiterentwicklung der AAS und stellen sicher, dass Deutschland seine Position als führender Standort in der digitalen Transformation der Industrie behaupten kann.

Es ist besonders hervorzuheben, dass mit der Gründung der IDTA als Nutzerorganisation für Industrie 4.0 die Ergebnisse, die seit 2013 im Rahmen der Plattform Industrie 4.0 entwickelt wurden, in etablierte Strukturen überführt und für das Verarbeitende Gewerbe nutzbar gemacht wurden. Dies stellt eine wichtige Verstärkung der zentralen Ergebnisse dar und gewährleistet, dass diese nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch in der Industrie umgesetzt werden können.

Dank der geschaffenen Rahmenbedingungen hat die IDTA einen klaren **langfristigen Entwicklungspfad** vor sich und kann als **Erfolgsgeschichte** bezeichnet werden. Die Organisation wird nicht nur auf regionaler und nationaler Ebene, sondern auch international wahrgenommen und spielt eine wesentliche Rolle bei der **internationalen Ergebnisverbreitung**. Durch die stetige Weiterentwicklung der AAS und die Unterstützung durch die IDTA wird die digitale Transformation der Industrie weiter vorangetrieben und gestärkt (siehe dazu auch den Abschnitt „Verankerung des Projekts sowie regionale, nationale und internationale Bekanntmachung zwecks Ergebnisverbreitung“ in Teil II).

Mit diesem Projekt wurden somit nicht nur technologische Grundlagen geschaffen, sondern auch **förderpolitische Ziele** erreicht, die auf die langfristige Verbreitung und Nutzung der AAS und die **Stärkung des Innovationsstandorts Deutschland** abzielen.

2. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse des Vorhabens im Vergleich zu den ursprünglichen Zielen, erreichte Nebenergebnisse und gesammelte wesentliche Erfahrungen (max. 4000 Zeichen)*

Das Projekt hat seine **wissenschaftlich-technischen Ziele** in vollem Umfang erreicht. Die die AAS wurde als **Schlüsseltechnologie** etabliert, die die Interoperabilität in industriellen Prozessen sicherstellt. Sie ermöglicht die nahtlose Integration von Daten und Systemen über Unternehmens- und Branchengrenzen hinweg, was besonders für die kommenden **industriellen Datenräume** entscheidend ist.

Ein Erfolg des Projekts ist, dass die AAS auch **in weiteren Fördermaßnahmen als Kernstandard anerkannt** ist. Dies zeigt, dass die Technologie nicht nur im Rahmen dieses Projekts erfolgreich entwickelt wurde, sondern auch als zentrale Lösung in anderen Projekten und Initiativen verwendet wird. Mit der Gründung der IDTA wurde ein zentraler Ansprechpartner geschaffen, der die Pflege und Weiterentwicklung der AAS koordiniert und als Plattform für die Community dient.

Eines der Nebenergebnisse des Projekts ist die Entwicklung einer eigenen Webseite mit einem Solutionshub, auf dem 34 Lösungen aus der AAS-Community gelistet sind. Von diesen Lösungen haben 21 den Status der industriellen Reife erreicht, was ein klarer Indikator für die erfolgreiche Umsetzung der AAS in der Praxis ist. Diese Lösungen verdeutlichen, dass die AAS-Technologie nicht nur theoretisch entwickelt wurde, sondern auch praktische Anwendungen in der Industrie findet und einen realen Mehrwert schafft.

Darüber hinaus hat das Projekt entscheidend zur **Organisation zentraler Open-Source-Software-Entwicklungsprojekte zur AAS** beigetragen. Diese Open-Source-Projekte sind ein wesentlicher Bestandteil der AAS-Community und stellen sicher, dass die Technologie kontinuierlich weiterentwickelt wird. Die Bereitstellung eines Open-Source-Repository für die AAS-Spezifikationen, Teilmodelle und Implementierungen hat eine zentrale Plattform geschaffen, auf der alle relevanten technischen Ressourcen zugänglich sind. Dies hat die Entwicklung von mehr als 85 Teilmodellen ermöglicht, die bereits in etablierte Prozesse zur Prüfung und Veröffentlichung integriert wurden. Diese Teilmodelle bilden die Grundlage für die Nutzung der AAS in verschiedenen Branchen und ermöglichen die Standardisierung und Interoperabilität in einer Vielzahl von Anwendungen.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis ist die Schaffung von **Rahmenbedingungen für das Qualitätsmanagement**. Diese Rahmenbedingungen umfassen nicht nur die Prozesse zur Entwicklung und Veröffentlichung von AAS-Komponenten, sondern auch die **Möglichkeiten zum Testen und zur Zertifizierung**. Die Entwicklung eines robusten Qualitätsmanagementsystems ist entscheidend, um die **Zuverlässigkeit und Interoperabilität** der AAS in verschiedenen industriellen Anwendungen zu gewährleisten. Dieses System stellt sicher, dass alle Komponenten und Implementierungen der AAS den definierten Standards entsprechen und in der Praxis reibungslos funktionieren.

Besonders hervorzuheben ist, dass die AAS als **Kernstandard für den Digitalen Produktpass** etabliert wurde. Der Digitale Produktpass ist eine zentrale Komponente der Industrie 4.0, da er es ermöglicht, den gesamten Lebenszyklus eines Produkts digital abzubilden und die notwendigen Informationen für alle beteiligten Akteure in der Wertschöpfungskette bereitzustellen. Die im Rahmen des Projekts entwickelten **Demonstratoren zeigen die technische Umsetzbarkeit** des Digitalen Produktpasses auf Basis der AAS und bieten Unternehmen einen klaren Leitfaden zur Implementierung dieser Technologie.

Insgesamt hat das Projekt wesentliche Erfahrungen gesammelt, die die langfristige Implementierung und Verbreitung der AAS unterstützen. Eine der wichtigsten Erkenntnisse ist, dass die enge **Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren aus Industrie, Forschung und der Open-Source-Community entscheidend für den Erfolg** war. Das Projekt IDTP hat gezeigt, dass die Kombination aus Open-Source-Entwicklung und standardisierten Prozessen eine starke Grundlage für die Zukunft der digitalen Industrie bildet.

3. Fortschreibung des Verwertungsplans

3a. Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte, die vom AN oder von am Vorhaben Beteiligten gemacht oder in Anspruch genommen wurden, sowie deren standortbezogene Verwertung (Lizenzen u.a.) und erkennbare weitere Verwertungsmöglichkeiten (max. 4000 Zeichen)*

Keine Änderung gegenüber Antragstellung bzw. im Berichtszeitraum

3b. Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Auftragende (mit Zeithorizont) - z.B. auch funktionale/wirtschaftliche Vorteile gegenüber Konkurrenzlösungen, Nutzen für verschiedene Anwendergruppen/ industrien am Standort Deutschland, Umsetzungs- und Transferstrategien (max. 4000 Zeichen)*

Keine Änderung gegenüber Antragstellung bzw. im Berichtszeitraum

3c. Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Auftragende (mit Zeithorizont) -

u.a. wie die geplanten Ergebnisse in anderer Weise (z.B. für weitere öffentliche Aufgaben, Datenbanken, Netzwerke, Transferstellen etc.) genutzt werden können. Dabei ist auch eine etwaige Zusammenarbeit mit anderen Einrichtungen, Firmen, Netzwerken, Forschungsstellen u.a. einzubeziehen (max. 4000 Zeichen)*

Als zentrale Organisation steht die IDTA für die Entwicklung, Pflege und Verbreitung der AAS und verfolgt das Ziel, die **AAS als digitale Schlüsseltechnologie** für die Industrie fest in den industriellen Prozessen zu verankern. Sie bildet die Grundlage für die langfristige Umsetzung der im Rahmen der Plattform Industrie 4.0 erarbeiteten Konzepte und Standards.

Die IDTA wurde bewusst als Nutzerorganisation konzipiert, die die **Interessen von Industriepartnern, Forschungseinrichtungen und Technologieanbietern zusammenführt**. Ihre Gründung ist ein klarer Schritt, um die **technologischen Ergebnisse** und Entwicklungen rund um die AAS nicht nur kurzfristig zu sichern, sondern sie **als dauerhaften Standard** zu etablieren. Dies zeigt sich auch in der breiten Unterstützung durch zahlreiche Unternehmen und Organisationen, die sich der IDTA angeschlossen haben, um die AAS in der globalen Industrie zu fördern.

Ein zentrales Ziel der IDTA ist es, die **Technologiehoheit Deutschlands** im Bereich der digitalen Industrie langfristig zu stärken. Sie dient als Single-Source-of-Truth für alle Themen rund um die AAS und stellt sicher, dass die Technologie kontinuierlich weiterentwickelt wird, um den wachsenden Anforderungen der Industrie gerecht zu werden. Durch ihre **offenen Gremienstrukturen** und **Arbeitsgruppen** fördert die IDTA nicht nur den Austausch von Wissen und Best Practices, sondern auch die **Koordination gemeinsamer Entwicklungsprojekte**, insbesondere in den Bereichen Open-Source-Software und Standardisierung.

Die IDTA ist somit keine temporäre Initiative, sondern wurde gegründet, um eine dauerhafte Plattform zu bieten, die die technologische Basis der Industrie 4.0 nicht nur entwickelt, sondern auch über Jahrzehnte hinweg unterstützt und weiterführt. Ihre Rolle in der langfristigen Entwicklung der AAS und die enge Zusammenarbeit mit internationalen Partnern sichern der IDTA einen festen Platz im globalen Ökosystem der Industrie 4.0.

3d. Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte (max. 4000 Zeichen)*

Die **AAS** ist integraler Bestandteil der **Förderbekanntmachung „Digitalisierung der Fahrzeughersteller und Zulieferindustrie und industrieller Lieferketten“ (Manufacturing-X)**. Durch diese Verankerung ist die AAS in aktuellen und zukünftigen Innovationsprojekten von entscheidender Bedeutung, da sie als Standard für die **Interoperabilität** und **Datenintegration** entlang der gesamten Wertschöpfungskette fungiert. Die Manufacturing-X-Initiative zielt darauf ab, die Digitalisierung der industriellen Lieferketten voranzutreiben, und die AAS bietet hier eine solide Grundlage, um industrielle Datenräume zu schaffen, die den Austausch von Daten und Informationen in Echtzeit ermöglichen. Dies wird in den kommenden Jahren entscheidend sein, um die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie zu sichern und Innovationen voranzutreiben.

Darüber hinaus wird die AAS auch in mehreren **Important Projects of Common European Interest (IPCEI) als Kernstandard** genannt. IPCEI-Projekte spielen eine entscheidende Rolle bei der Förderung der europäischen Industrie und der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit in strategisch wichtigen Bereichen wie der Digitalisierung. In diesen Projekten wird die AAS als zentraler Baustein zur Sicherstellung der industriellen Datenräume und zur Optimierung von Lieferketten eingesetzt. Dadurch wird nicht nur die Integration auf europäischer Ebene gefördert, sondern auch die Grundlage für einen **gemeinsamen europäischen Standard** im Bereich der digitalen Industrie geschaffen. Diese internationale Ausrichtung der AAS bietet eine vielversprechende wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit, da sie als Basisinfrastruktur für zahlreiche kommende Innovationsprojekte in ganz Europa dient.

Die IDTA ermöglicht die langfristige **Verstetigung zukünftiger Forschungsprojekte** und stellt sicher, dass die Ergebnisse aus laufenden und abgeschlossenen Projekten kontinuierlich weiterentwickelt und gepflegt werden. Die IDTA spielt eine entscheidende Rolle bei der Standardisierung und der internationalen Zusammenarbeit und sorgt dafür, dass die AAS als globaler Standard für die Digitalisierung der Industrie weiter ausgebaut wird.

Durch die enge Verknüpfung mit Fördermaßnahmen, europäischen Projekten und internationalen Partnerschaften bietet die AAS eine **hohe Anschlussfähigkeit für zukünftige wissenschaftliche und wirtschaftliche Entwicklungen**. Die Technologie ist nicht nur auf aktuelle Anforderungen ausgerichtet, sondern bietet auch die Flexibilität und Skalierbarkeit, um in den nächsten Jahren die Innovationslandschaft der Industrie entscheidend mitzugestalten.

Durch die fortgesetzte Zusammenarbeit mit internationalen Netzwerken, Forschungsinstitutionen und Industriepartnern wird die AAS weiterhin eine Schlüsselrolle in der digitalen Transformation der Industrie spielen. Die Möglichkeit, die AAS als offenen Standard in verschiedenen Branchen und Anwendungsbereichen zu nutzen, eröffnet zudem neue wirtschaftliche Chancen und fördert den Transfer von Wissenschaft und Technologie in den Markt. Die IDTA wird diese Entwicklungen weiterhin unterstützen und sicherstellen, dass die AAS-Technologie nicht nur in Europa, sondern weltweit erfolgreich implementiert und weiterentwickelt wird.

4. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben (max. 4000 Zeichen)*

Im Rahmen des Projekts wurden keine Arbeiten begonnen, die nicht zu einer Lösung geführt haben. Alle Tätigkeiten und Arbeitspakete, die initiiert wurden, haben entweder ihre Ziele erfolgreich erreicht oder wurden im Vorfeld so gesteuert, dass keine unnötigen Ressourcen verschwendet wurden. Auch jene Aufgaben, die durch Auftragsvergaben an externe Partner durchgeführt wurden, wurden entweder erfolgreich abgeschlossen oder gar nicht erst vergeben, falls sich während der Planung herausstellte, dass sie nicht notwendig waren.

Im Fall, in dem Aufträge nicht vergeben wurden, wurde in enger Abstimmung mit dem Projektträger ein Kürzungsantrag für die entsprechende Zuwendung gestellt. Dies geschah im Rahmen einer sorgfältigen Überprüfung der Projektplanung und Kostenstruktur, um sicherzustellen, dass nur jene Aufgaben umgesetzt wurden, die tatsächlich relevante Ergebnisse für das Projekt liefern konnten. Die Einhaltung der Ausgaben-, Kosten- und Zeitplanung wurde kontinuierlich überprüft, und alle Anpassungen wurden rechtzeitig vorgenommen, um die Effizienz und den Erfolg des Projekts zu gewährleisten (siehe hierzu auch Abschnitt 6 zur Einhaltung der Ausgaben-/Kosten- und Zeitplanung).

5. Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer - z.B. Anwenderkonferenzen (max. 4000 Zeichen)*

Im Verlauf des Projekts wurden **zahlreiche Präsentationsmöglichkeiten geschaffen**, um potenziellen Nutzern der Projektergebnisse die AAS näherzubringen und ihre Anwendung in der Industrie zu fördern. Diese Veranstaltungen und Konferenzen boten eine Plattform, um den aktuellen Stand der Technik zu vermitteln, praktische Anwendungsfälle zu demonstrieren und den Teilnehmern wertvolle Hilfestellungen für die Implementierung der AAS zu geben.

Ein wichtiger Beitrag war die Durchführung der **IDTA Tech Days**, die als regelmäßige Veranstaltung stattfanden. Ihr Ziel war es, den technologischen Fortschritt und die Weiterentwicklung der AAS zu präsentieren und gleichzeitig den Unternehmen eine Handreichung zu bieten, wie sie die AAS in ihren eigenen Betriebsabläufen umsetzen können. Diese Konferenzen richteten sich vor allem an Fachleute aus der Industrie, die Interesse an der Integration der AAS in ihre Produktionsprozesse hatten. Die IDTA Tech Days boten wertvolle Einblicke in die Anwendungsmöglichkeiten und fungierten als Netzwerkplattform, um den Austausch zwischen Entwicklern und Anwendern zu fördern.

Ein weiterer Höhepunkt war die **Digital Twin Conference** in Frankfurt am Main, die sich an ein breiteres Publikum aus dem verarbeitenden Gewerbe richtete. Diese Konferenz hatte das Ziel, den Einsatz von Digitalen Zwillingen in verschiedenen Industrien zu fördern und dabei die AAS als grundlegende Technologie zu etablieren. Die Konferenz bot einen allgemeinen Überblick über den Stand der Entwicklungen und zeigte auf, wie die AAS als Teil des Industrie-4.0-Ökosystems funktioniert.

Die **AAS Software & Research Landscape** war eine Veranstaltung, die sich gezielt an Entwickler und Forscher richtete. Ziel war es, eine Landkarte der verfügbaren AAS-Software und laufenden Forschungsprojekte zu erstellen. Diese Übersicht half dabei, den Akteuren einen klaren Einblick in die vorhandenen Tools, Lösungen und Projekte zu geben, um die Weiterentwicklung und Implementierung der AAS effizient zu unterstützen. Die Veranstaltung war besonders wertvoll für technische Experten, die an der

Weiterentwicklung der AAS-Technologie arbeiten oder ihre Anwendungen verbessern möchten. Darüber hinaus war das Projekt auf mehreren **Messen mit einem eigenen Messestand** vertreten, auf dem die **Anwendungsfälle der AAS in Form von Demonstratoren** präsentiert wurden. Diese Demonstratoren verdeutlichten dem Fachpublikum praxisnah, wie die AAS in realen Produktionsprozessen eingesetzt werden kann. Auf den Leitmessen wie der **Hannover Messe** und der **SPS** wurden beispielsweise Lösungen zum Digitalen Produktpass und zur Integration der AAS in Produktionsanlagen gezeigt. Diese Präsentationen boten einen direkten Einblick in die Potenziale der AAS und ihre Anwendungsmöglichkeiten in verschiedenen Branchen.

Zusätzlich wurden zwei spezielle **Trainingsprogramme** entwickelt: das **Awareness Training** und das **Implementation Training**. Das Awareness Training richtete sich an Personen, die neu in die Thematik der AAS einsteigen und die Grundlagen der Technologie verstehen möchten. Das Implementation Training war für technische Experten gedacht, die mit der konkreten Umsetzung der AAS in ihren Unternehmen befasst sind. Diese Trainingsprogramme boten eine fundierte Aus- und Weiterbildungsmöglichkeit, die auch über den Projektverlauf hinaus fortgeführt wird. Damit wurde sichergestellt, dass die Teilnehmer nicht nur theoretisches Wissen erwerben, sondern auch die praktischen Fähigkeiten zur Implementierung der AAS erhalten.

6. Einhaltung der Ausgaben-/Kosten- und Zeitplanung (max. 4000 Zeichen)*

Im Rahmen des Projekts wurden die **ursprünglich angenommenen Kosten nicht überschritten**. Für das Jahr 2023 wurde in enger Abstimmung mit dem Projektträger ein Kürzungsantrag in Höhe von 649.645,16 EUR gestellt.

Ein wesentlicher Grund für die Kürzung war, dass geringere Verwaltungsaufgaben anfielen, als ursprünglich geplant. Dies war hauptsächlich auf die Tatsache zurückzuführen, dass nach der Pandemie ein neuer Arbeitsmodus für die Gremiensitzungen der IDTA eingeführt wurde. Während im ursprünglichen Antrag zahlreiche physische Meetings vorgesehen waren, fanden diese Sitzungen im Laufe des Projekts virtuell statt. Dies reduzierte die Verwaltungskosten in der Position 0843 und führte zu Einsparungen in diesem Bereich. Ein weiterer Faktor, der zur Kürzung beitrug, waren die nicht angetretenen nationalen und internationalen Dienstreisen. Aufgrund der pandemischen Situation konnten viele der im Projektplan vorgesehenen Dienstreisen (Positionen 0844 und 0845) nicht durchgeführt werden. Diese Reisen waren ursprünglich geplant, um den Austausch und die Zusammenarbeit auf nationaler und internationaler Ebene zu fördern, konnten jedoch pandemiebedingt nicht umgesetzt werden. Die dadurch eingesparten Mittel trugen ebenfalls zur Kürzung der Zuwendung bei.

Darüber hinaus wurde eine geringere Vergabe von Aufträgen in den gesperrten Positionen (Position 0835) festgestellt. In der Antragsphase waren verschiedene Arbeiten identifiziert worden, die als notwendig erachtet wurden und durch externe Auftragsvergaben abgedeckt werden sollten. Jedoch stellte sich während des Projektverlaufs heraus, dass es nicht zu allen Arbeiten passende Angebote auf dem Markt gab, insbesondere bei spezifischen Themen wie den AAS-Teilmodellen. Zudem entwickelten sich diese Aufgaben zunehmend zu Kerntätigkeiten innerhalb der Gremien der IDTA, wodurch eine zusätzliche Vergabe dieser Arbeiten keine Verbesserung der Projektergebnisse gebracht hätte. Stattdessen führten die internen Arbeiten zu einem Kompetenzaufbau innerhalb der IDTA, was die langfristige Verstetigung der AAS-Technologie unterstützte. Es ist zu betonen, dass die Kürzung der Zuwendung im Jahr 2023 keine negativen Auswirkungen auf die gesetzten Vorhabenziele sowie den Arbeits- und Zeitplan des Projekts hatte. Die geringeren Verwaltungsaufgaben und die nicht angetretenen Dienstreisen wirkten sich nicht auf die Qualität der Projektergebnisse oder die zeitliche Umsetzung aus. Vielmehr führten diese Anpassungen zu einer Kostensenkung, die durch die virtuelle Durchführung von Sitzungen und Treffen ermöglicht wurde. Die geringere Vergabe von Aufträgen stärkte den internen Kompetenzaufbau in den Gremien und trug zur Verstetigung der Themen rund um die AAS bei.