

14.06.2023

# VOM HARDWARE-PRODUKT ZUM SOFTWARE-DEFINED VEHICLE

Durch Open-Source-Softwareentwicklung den Automobilstandort Europa stärken

## Executive Summary

Der Wertschöpfungsanteil von Software in Fahrzeugen steigt kontinuierlich, da Fahrzeugfunktionen und -systeme zunehmend auf Software und E/E-Komponenten (Elektrik/Elektronik) basieren. In den letzten Jahren haben die OEMs verstärkt in Softwareentwicklung investiert. Der Expertenkreis „Transformation der Automobilwirtschaft“ kommt zu dem Ergebnis, dass zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit und Unabhängigkeit der hiesigen Automobilindustrie insbesondere gegenüber amerikanischen und chinesischen Technologieanbietern und zur Hebung von Wertschöpfungspotenzialen ein Umdenken in den Unternehmen stattfinden muss. Die Industrie durchläuft aktuell einen Wandel: War in der Vergangenheit Software noch stets mit Hardware gekoppelt, sind inzwischen die In-House Softwarekompetenzen gestärkt worden und die Entwicklung verläuft zunehmend in Richtung einer pragmatischen Verwendung von gemeinsam erarbeiteten Lösungen durch Open Source Software. Dabei bietet Open-Source-Software die Möglichkeit, Kompetenzen unternehmensübergreifend zu bündeln, Kosten zu sparen und über eine breite Verwendung standardisierte Lösungen zu schaffen. Für eine erfolgreiche Open-Source-Entwicklung von Software-Bausteinen in der deutschen/europäischen Automobilindustrie, die nicht-differenzierend im Fahrzeug-Softwarestack OEM-übergreifend genutzt werden können, braucht es:

- einen ganzheitlichen Mindset Change hin zur Open-Source-Entwicklung.
- Open-Source freundliche rechtliche Rahmenbedingungen, die die Entwicklung und Nutzung von Open-Source-Software fördern (insbesondere IP-Recht, Haftungsrecht, Kartellrecht).
- den Aufbau und die Weiterentwicklung von Automotive-Open-Source-Communities.
- eine dezidierte Förderung von Open-Source-Entwicklung und Open-Source-Communities.
- eine Befähigung von KMU, sich an Open-Source-Entwicklung und -Nutzung zu beteiligen.
- eine Verankerung von Open-Source-Entwicklung in Aus- und Weiterbildung.

## 1 Ausgangslage

Die Automobilindustrie durchläuft einen massiven Wandel von einer materialgesteuerten Industrie hin zu einer softwaregesteuerten Industrie. Der Wertschöpfungsanteil von Software (SW) in Fahrzeugen steigt kontinuierlich, da Fahrzeugfunktionen und -systeme zunehmend auf Software und E/E-Komponenten (Elektrik/Elektronik) basieren. Natürlich enthielten Fahrzeuge auch in der Vergangenheit eine große Menge

SW. Traditionell wurden Produktfunktionen und damit entsprechende SW jedoch dedizierten eingebetteten elektronischen Steuergeräten (ECU) zugewiesen, wie etwa ECUs für Motormanagement, Airbag, ESP, Fensterheber und weiteren. In diesem Zusammenhang handelte es sich um ECU-interne SW, die als integrierter Bestandteil hergestellter Spezialsteuergeräte betrachtet und stark an die Hardware (HW) gekoppelt war. Folglich war die typische Geschäftsbeziehung zwischen Automobilherstellern (OEM) und Zulieferern so aufgebaut, dass OEMs die einem Steuergerät zugewiesenen Anforderungen spezifizierten, wobei die Zulieferer diese projektspezifischen Anforderungen in Hardware und Software umsetzten. Zulieferer waren für das gesamte Steuergerät verantwortlich, einschließlich des internen SW-Stacks. Mit der Einführung hochleistungsfähiger, mikroprozessorbasierter Fahrzeugcomputer änderte sich die Situation radikal: Für diese Systeme ist der verfügbare Speicher nicht mehr der limitierende Faktor, und moderne Betriebssysteme, insbesondere linuxbasierte Betriebssysteme, haben Einzug gehalten. Sie realisieren eine Hardware-Abstraktion und ermöglichen die Entkopplung von SW und HW zu sogenannten Domänenarchitekturen. Folglich ändert sich die SW-Entwicklung von einer projektspezifischen Entwicklung hin zu einer produktzentrierten SW-Entwicklung.

In den letzten Jahren haben die OEMs aus vielerlei Gründen verstärkt in Softwareentwicklung investiert. Nur einige der Treiber sind unter anderem die Vermeidung von Doppelentwicklungen in der Lieferkette, die Harmonisierung nicht-differenzierender Bestandteile, die Steigerung der Systemrobustheit und die Fähigkeit, Innovation bei verteilten Softwarefunktionen realisieren zu können.

In der Folge stehen klassische Automobil-Unternehmen vor wachsenden Herausforderungen: Es gibt Kern-Software-Domänen, die zukünftig beherrscht werden müssen. Diese beinhalten grundlegend andere Prinzipien, Normen und Standards, Embedded Infotainment und die Anbindung an die Cloud mit dem Fokus auf Security, Kundenerlebnis und Robustheit. Daneben sind die Safety-Entwicklungen im Bereich Fahrerassistenz- und Sicherheitssysteme, die unter anderem nach der ISO26262 entwickelt werden müssen, sowie die SW-Entwicklung innerhalb der Cloud, Ausfallsicherheit, Datenschutz und Verfügbarkeit zu beachten. Um sicherzustellen, dass diese unterschiedlichen Softwarebausteine nahtlos zusammenarbeiten, muss eine effektive Integration gewährleistet werden („Automotive-Grade-Integration“). Mit steigender Variantenzahl und Softwarekomplexität nimmt auch der Wartungsaufwand erheblich zu, da Softwaresysteme über den gesamten Produktlebenszyklus eines Fahrzeugs weiterentwickelt und aktualisiert werden müssen. Ein Ansatz zur Reduzierung der Softwarekomplexität und Förderung der Wiederverwendung ist eine verstärkte Standardisierung von Softwarekomponenten und -architekturen. Beispiele hierfür sind AUTOSAR (Automotive Open System Architecture) oder SOAFEE (Software Defined Vehicles Arm's Scalable Open Architecture for Embedded Edge). Ziel dieser internationalen Entwicklungspartnerschaften ist es, standardisierte Softwaremodule zu entwickeln. Standardisierung über Normungsgremien erfordert eine Konsensbildung der Beteiligten, sodass diese Entwicklungen langsam voranschreiten und nicht immer praktikabel sind. Stattdessen ist eine agile Standardisierung über „Code First“ anzustreben.

Mit der Umstellung auf die Domänenarchitektur können SW-Anwendungen unabhängig von der zugrunde liegenden HW entwickelt und separat als SW-Produkte verkauft werden. Somit öffnet sich das gesamte Universum der Open-Source-SW auch für die Automobilindustrie. Folglich entkoppelt sich der SW-Produktlebenszyklus vom HW-Produktlebenszyklus. Die enorm wachsenden SW-Stacks erfordern eine Änderung der Denkweise bei der Entwicklung fahrzeuginterner SW. Im Vergleich zu tief eingebetteter ECU-SW mit 100 % Entwicklungstiefe in der Automobilindustrie wird jetzt die Integration von nicht-automobilspezifischen SW-Paketen und Bausteinen, die von nicht-automobilen SW-Experten gepflegt werden, zu einem entscheidenden Erfolgsfaktor. Kein einzelnes Unternehmen wird mehr in der Lage sein, die kompletten SW-Stacks abzudecken und zu besitzen<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Example: Current stable release Linux kernel 6.2.0 (2023-02-14): 24,087,295 uncommented source line of codes in 79,455 files. Estimated development effort ~ 8,000 person years.

## 2 Zielbild

Open-Source-Software (OSS) wird die entscheidende Quelle für nicht-wettbewerbsdifferenzierende Software in der Automobilindustrie. Zunächst wird OSS in der Regel als kostengünstig und kostenlos nutzbar wahrgenommen. Darüber hinaus kann OSS individuell und an spezifische Geschäftsanforderungen angepasst werden. Daher ist OSS flexibler als proprietäre Software. Vollständige Codetransparenz führt zu höherem Vertrauen und höherer Sicherheit, insbesondere weil viele unabhängige Expertinnen und Experten die Codebasis überprüfen. Auch der branchenübergreifende Einsatz von OSS-Komponenten steigert die Qualität. Darüber hinaus führt OSS potenziell zu Wettbewerbsvorteilen, da es Zugriff auf modernste Technologien hat, ohne in teure proprietäre Software investieren zu müssen und somit auch Kostenersparnissen mit sich bringt. Schließlich ermöglicht OSS eine schnellere Marktdurchdringung und damit de-facto Standardsetzung.

So hat im März 2022 die Eclipse Foundation, eine der weltweit größten Open-Source-Organisationen, eine Arbeitsgruppe zu softwaredefinierten Fahrzeugen (Eclipse SDV Project) gegründet. Nach dem Ansatz „Code First“ ist es das Ziel, für die nicht-wettbewerbsdifferenzierenden Kernfunktionen einen der ersten Software-Stacks in der Automobilbranche mit den dazugehörigen Tools zu entwickeln. Diese neuen Konzepte können nur erfolgreich sein, wenn es zu einer möglichst branchenweiten Zusammenarbeit kommt. Dazu muss in den Unternehmen ein Umdenken von „Ich mache alles selbst“ hin zur pragmatischen Verwendung der gemeinsam erarbeiteten Lösungen stattfinden.

Eine Vernachlässigung von Open-Source-Softwareentwicklung würde zu einem erheblichen Nachteil für die europäische und damit auch die deutsche Automobilindustrie führen. Folglich müssen die Stakeholder der Automobilwirtschaft in Deutschland und in Europa relevante Open-Source-Communities durch eigene Beiträge von Softwarebausteinen gestalten und durch die Nutzung von Open-Source-Software-Bausteinen diese weiterverbreiten und mit den gesammelten Erfahrungen weiterentwickeln. Dies kann nur erreicht werden, wenn in der gesamten Branche und der unterstützenden Finanzierungsstruktur ein Umdenken stattfindet. Die Handlungsempfehlungen des Expertenkreises „Transformation der Automobilwirtschaft“ zielen auf die Umsetzung eines Open-Source-Ansatzes zur Stärkung der deutschen und europäischen Automobilindustrie ab, der

- den technologischen Wandel hin zu hardware-unabhängigen Fahrzeugbetriebssystemen mit Fahrzeug-/Cloud-Integration unterstützt,
- offene Architekturen ermöglicht, die die Einbindung von Zulieferern, Serviceanbietern und Start-Ups mit innovativen Serviceangeboten erleichtern und einen relevanten Markt für Entwicklungspartner bieten, zum Beispiel für die App-Entwicklung,
- die Wettbewerbsfähigkeit und Unabhängigkeit der europäischen Automobilindustrie insbesondere gegenüber amerikanischen und chinesischen Technologieanbietern erhöht,
- die Wertschöpfungspotentiale der hiesigen Automobilindustrie unterstützt, indem europäisch entwickelte Software-Alternativen genutzt und darauf aufbauende Geschäftsmodelle entwickelt werden können
- und bestehende und neue Arbeitsplätze absichert sowie mit einer Zukunftsperspektive ausstattet.

Zentraler Gedanke des angestrebten Zielzustands ist die Open-Source-Entwicklung von Software-Bausteinen, die nicht-differenzierend im Fahrzeug-Softwarestack OEM-übergreifend genutzt werden können. Durch eine gemeinsame Orchestrierung der Open-Source-Entwicklung kann eine effiziente und zielorientierte Umsetzung sichergestellt werden, die allen interessierten Herstellern und Zulieferern offensteht. Wesentlich für diesen Zielzustand ist, dass alle beteiligten Unternehmen wettbewerbsneutral kooperieren und nicht nur Open-Source nutzen, sondern auch aktiv zu der Weiterentwicklung beitragen. Nur so können sich

die gewünschten Effizienzeffekte einstellen und ein herstellerübergreifendes relevantes Umfeld kann sich für Entwicklungspartner ergeben.

### 3 Handlungsempfehlungen

Aus diesem angestrebten Zielzustand ergeben sich folgende Handlungsempfehlungen an die unterschiedlichen Stakeholdergruppen in Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft:

➔ **Wir brauchen einen ganzheitlichen Mindset-Change hin zur Open-Source-Entwicklung.**

Der Weg von der traditionellen proprietären Softwareentwicklung verlangt einen Code-First-Ansatz, der kollaborativ die Entwicklung von OSS-Building-Blocks in agilen Vorgehensweisen vorantreibt. Diese Building-Blocks können dann von Herstellern und Zulieferern produktspezifisch ausgeprägt und weiterentwickelt werden. Die klassischen Softwareunternehmen aus der IT-Industrie (Hyperscaler) müssen sich auf der anderen Seite auf die Rahmenbedingungen der Automobilwelt mit langlebigen Produktlebenszyklen und Automotive-Grade-Integration mit den entsprechenden Safety- und Security-Anforderungen einstellen.

Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger sowie Einkaufsorganisationen müssen sich darüber im Klaren sein, dass die Nutzung von Open-Source-Software nicht kostenlos ist: Die Serienhärtung und Pflege von Open-Source-Software erfordern mindestens den gleichen Aufwand wie bei proprietärer Software. Aber dieser Aufwand zahlt sich bei allen Projekten mit dem gleichen OSS aus.

Eine wichtige Veränderung, die Open-Source-Projekte mit sich bringen, liegt darin, dass sie nicht wie die interne Softwareentwicklung oder herkömmliche OEM-Software, die vom OEM auf mehreren Ebenen bestellt wird, kontrolliert werden können. Open-Source-Projekte können nicht durch Spezifikationen eines einzelnen Unternehmens gesteuert werden. Stattdessen wird über die Ausrichtung von Open-Source-Projekten durch die Beiträge der Mitglieder entschieden. Das bisherige Lieferantenmanagement muss sich folglich zu einer kollaborativen Zusammenarbeit entwickeln.

➔ **Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Open-Source-Entwicklung und deren Verwendung müssen geschaffen und abgesichert werden.**

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Zusammenarbeit bei der Entwicklung und für die Verwendung von Open-Source-Software müssen geklärt werden, um einen sicheren Rechtsrahmen zu schaffen. Diese Handlungsempfehlung betrifft politische Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger, die diesen Rechtsrahmen schaffen müssen und Rechtsbereiche in Unternehmen, die die Rechtslage neu bewerten müssen. Folgende Aspekte sind hierbei besonders zu beachten:

- **IP/Lizenzen:** Für die umfassende OSS-Nutzung ist ein Rechtsrahmen notwendig, der das geistige Eigentum der OSS bei den Organisationen (z.B. Stiftungen) verortet, die die entsprechenden Open-Source-Software-Repositories hosten. Eine übergreifende und einheitliche Ausgestaltung der Lizenzregelungen wäre wünschenswert, ist allerdings auf Grund der schon bestehenden unterschiedlichen Lizenzmodelle unwahrscheinlich.
- **Haftung:** Die Nutzung von OSS im Automotive-Bereich erfordert eine klare Zuordnung der Haftung im Falle von Schäden durch eingesetzte Software. Da Open-Source-Software per se nicht für den Automobilbereich zertifiziert ist, haften OEM und Zulieferer vollumfänglich für die integrierte Open-Source-Software in ihren eigenen Produkten. Die Stiftung, die die OSS hostet und die IP an der OSS hält, sollte nicht für die Anwendung der genutzten Software im Automotive Bereich haften, was ebenso für die Entwickler des Open-Source-Codes gilt.

- Kartellrecht: Die Nutzung von OSS sollte im Rahmen der entsprechenden OSS-Lizenz als für jede interessierte Partei offen verfügbar eingestuft werden. Die Entwicklungsumfänge, die im Rahmen von OSS definiert werden, sollten öffentlich bekannt gemacht werden und ebenso für jede interessierte Partei verfügbar sein. OSS, die unter diesen Vorgaben entwickelt wird, sollte als kartellrechtlich unkritisch eingestuft werden.

➔ **Wir brauchen den Aufbau und die Weiterentwicklung von Automotive-Open-Source-Communities.**

Um die genannten Vorteile von OSS tatsächlich zu nutzen und über die anfängliche Wahrnehmung hinauszugehen, dass OSS lediglich eine „kostenlose SW“ sei, ist die aktive Teilnahme an entsprechenden Open-Source-Communities eine entscheidende Voraussetzung für die Pflege und Anpassung der Open-Source-Software-Bausteine. Ebenso ist es wichtig, diese Communities mitzugestalten und in eine nützliche Richtung zu lenken. Dies erfordert erhebliche Investitionen in die Mitwirkung an Open-Source-Projekten und auch in die Qualitätssicherung.

Effizienter als eine unabhängige Beteiligung an Open-Source-Projekten ist es, Beiträge im Vorfeld in Open-Source-Communities abzustimmen, um eine größere Wirkung der investierten Anstrengungen zu erzielen. Da dieser Abgleich naturgemäß in der Öffentlichkeit erfolgt, wird gleichzeitig das Risiko im Hinblick auf kartellrechtliche Fragen vermieden. Um die Open-Source-Entwicklung zielgerichtet an den Hauptbedarfen der beteiligten Unternehmen der Automobilindustrie auszurichten, braucht es ein gemeinsames Verständnis einer offenen, übergreifenden automotiven Referenzarchitektur, entlang derer die nicht-wettbewerbsrelevanten Elemente spezifiziert und implementiert werden.

Eine Erstellung von Landkarten nützlicher Open-Source-Projekte und ein gemeinsames Roadmapping für die Beteiligung an Open-Source-Communities erscheint sinnvoll. Für Software-Bausteine der im Fahrzeug zum Einsatz kommenden Software-Stacks, automotiv-spezifische Komponenten für Backend-Lösungen sowie für Software-Tools existieren bereits eine Reihe von Open-Source-Communities, die als Startpunkt für gemeinsame Aktivitäten genutzt werden sollten.

➔ **Eine dezidierte Förderung von Open-Source-Entwicklung und Open-Source-Communities ist notwendig.**

Für die Förderung von Kollaborationen im Rahmen von OSS können nationale und europäische Fördermaßnahmen unterstützen, indem sie Anstrengungen finanzieren, die zur aktiven Teilnahme an Open-Source-Projekten beitragen. Diese Förderung sorgt für entsprechendes Commitment in den beteiligten Unternehmen und sollte als Anschubförderung für zukünftige Beteiligungen verstanden werden, die dazu verhilft, dass danach die Open-Source-Communities und Projekte selbst weiterlaufen. Diese notwendige Förderung erfordert eine Änderung der traditionellen Projektbeantragung hin zu einem stärker an Open-Source angepassten Ansatz. Ein Projektvorschlag zu Open-Source-Aktivitäten kann keine detaillierten Arbeitspakete für eine Dauer von drei Jahren beschreiben, da Open-Source-Projekte nicht in diesem Sinne ausgerichtet und bearbeitet werden. Stattdessen ist ein unbürokratischer und agiler Förderansatz notwendig. Über einen bestimmten Zeitraum sollte die finanzielle Unterstützung vom tatsächlichen Beitrag zu den Open-Source-Software-Communities abhängen. Anstelle umfangreicher Forschungsberichte sollte der beigesteuerte Code („Code-First-Ansatz“) eine weitere finanzielle Unterstützung rechtfertigen.

➔ **Wir müssen KMU für die Beteiligung an Open-Source-Entwicklung befähigen („Fit for OSS“).**

Während große Unternehmen über eigene Abteilungen verfügen, die sich mit den rechtlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz von OSS, z.B. Lizenz- und IP-Fragen, auskennen und die eine Prüfung der entstandenen Weiterentwicklungen von OSS-Software vor Veröffentlichung in einem Produkt vornehmen, verfügen KMU über diese Fähigkeiten nicht. Ebenso haben KMU oft nicht die Möglichkeit, aus eigener Kraft aktiv in OSS-Communities mitzuwirken. Daher ist es notwendig, insbesondere KMU und Start-Ups für den Einsatz von OSS in eigenen Produkten zu befähigen. Das betrifft auftretende rechtliche und technische Fragen für die Verwendung und Weiterentwicklung von OSS. Ebenso müssen KMU und Start-Ups befähigt werden, aktiv in OSS-Communities und OSS-Projekten mitzuwirken. Das kann sich etwa auf die

Gestaltung von Roadmaps für OSS-Projekte oder auf Beiträge zu konkreten OSS-Projekten beziehen. Diese Unterstützung betrifft damit die organisatorischen und rechtlichen Rahmenbedingungen, wie auch eine mögliche finanzielle Unterstützung für Beteiligung von KMU in OSS-Communities und OSS-Projekten.

→ **Wir brauchen eine Verankerung von Open-Source-Entwicklung in Aus- und Weiterbildung.**

Die Vorgehensweisen, aber auch wirtschaftlichen und rechtlichen Aspekte von Open-Source-Entwicklung müssen in den Curricula von Hochschulen und Universitäten, aber auch in den entsprechenden Ausbildungsberufen verankert werden. Wir müssen die dringend notwendigen Fachkräfte für die Softwareentwicklung gewinnen. Ebenso muss Awareness für die grundlegenden Hintergründe der Open-Source-Entwicklung für Führungskräfte und Entscheider sowie für die Politik geschaffen werden. Für die Vorteile von kollaborativer Open-Source-Entwicklung muss geworben werden, ohne die kritische Betrachtung der Risiken zu vernachlässigen.

## Über den Expertenkreis

*Der Expertenkreis Transformation der Automobilwirtschaft (ETA) ist ein Beratungsgremium des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Der Expertenkreis entwickelt ziel- und adressatenorientierte Handlungsempfehlungen an die Politik, die Wirtschaft und die Gesellschaft, mit deren Hilfe der langfristige Strukturwandel der Branche erfolgreich gestaltet werden kann. Übergeordnetes Ziel ist es, Klimaneutralität zu erreichen sowie Wertschöpfung, Arbeits- und Ausbildungsplätze am Automobilstandort Deutschland zu sichern.*

*Der Expertenkreis besteht aus 13 Mitgliedern, die von Bundesminister Dr. Robert Habeck für die 20. Legislaturperiode berufen wurden. Über flexible und agil operierende Arbeitsformate sind neben Mitgliedern des Expertenkreises weitere Sachverständige sowie relevante Institutionen und Stakeholder eingebunden. Der Expertenkreis Transformation der Automobilwirtschaft hat mit dem Expertenbeirat Klimaschutz in der Mobilität (EKM) ein Schwestergremium beim Bundesministerium für Digitales und Verkehr. Beide Gremien sind in die Strategieplattform Transformation der Automobil- und Mobilitätswirtschaft der Bundesregierung eingebunden.*

Mehr Informationen finden Sie unter: <https://expertenkreis-automobilwirtschaft.de/>