

**SIEMENS**

*Ingenuity for life*



Jürgen Späth, SWU Verkehr /  
Martin Walcher, Siemens AG

# Avenio M

Fachaufsatz für Eurotransport  
Dezember 2015

[siemens.com/mobility](http://siemens.com/mobility)

# Vom Combino zum Avenio M

Nach einer europaweiten Ausschreibung unterzeichneten SWU Verkehr GmbH und Siemens am 22. Mai 2015 den Vertrag über die Lieferung von 12 Fahrzeugen aus der Avenio-M-Baureihe. Dieser Auftrag führt die 1994 begonnene Erfolgsgeschichte des Niederflurstraßenbahnbakastens Combino fort.

Der vorliegende Artikel betrachtet auf der einen Seite die Entwicklung vom Combino zum Avenio M und stellt die auf die Ulmer Anforderungen angepasste Ausführung des Avenio M vor.

Als Reaktion auf die Einführung der 100%-Niederflurtechnik Anfang der 1990er Jahre – und dem damit einhergehenden Trend hin zu rein projektspezifischer Entwicklung der Straßenbahnfahrzeuge – startete Siemens 1994 zusammen mit seiner Waggonbautochter Duewag ein Projekt zur Entwicklung eines kostengünstigen Baukastens aus standardisierten Elementen für 100%-Niederflurfahrzeuge unter dem Produktnamen „Combino“.

Über eine hochgradige Vereinheitlichung der Subsysteme und eines vordefinierten, kundenspezifisch konfigurierbaren Funktionsumfangs sollte auch kleinen Verkehrsbetrieben die wirtschaftliche Beschaffung hochwertiger Niederflurstraßenbahnen ermöglicht werden. Der Combino wurde dann sehr erfolgreich an 13 Verkehrsbetriebe weltweit in mehr als 500 Exemplaren vermarktet.

Anfang des neuen Jahrtausends zeigten sich erste Schäden an der innovativen Aluminium-Rohbaustruktur, die aus einem geschweißten Untergestell und einem geschraubten Aufbau bestand. Die Analyse ergab, dass die damals geltenden normativen Lastannahmen für die Wagenkastenauslegung die tatsächlichen Belastungen bei Niederflurfahrzeugen nur unzureichend beschrieben. Siemens entwickelte daher eine Reihe von Verstärkungs- und Entlastungsmaßnahmen, wies diese über entsprechende Dauerschwingversuche nach und sanierte im Anschluss alle bis dato ausgelieferten Fahrzeuge.

Die Projekte in Almada (Lissabon) und Budapest wurden dann zwar auf Basis von Combino-Komponenten, aber mit einem veränderten Wagenkastenkonzept, dem Einzelgelenker in Stahl, ausgeführt. Die Erkenntnisse aus der Combino-Sanierung sind inzwischen über die entsprechenden Gremien in die entsprechenden Normen und Richtlinien für die Auslegung der Wagenkästen eingeflossen.

Auf Basis der Projekte Almada und Budapest entstand ab 2007 die Avenio-Plattform (Einzelgelenker in Stahl), aus der die Projekte Den Haag, Doha und München bedient werden.

Ab 2013 wurde die Plattform erweitert: „Avenio M“ ist ein Multigelenker mit komplett geschweißtem Aluminiumwagenkasten. Im Projekt Ulm wird diese Plattform erstmals angewandt.

# Mehrgelenkfahrzeuge in Aluminiumbauweise



**Combino Basic**  
1996–2003



**Combino Advanced**  
2001–2010



- Komplet geschweißter dauerfester Al-Rohbau
- Künftige Craschanforderungen
- Aktueller Brandschutz



**Avenio M**  
2017



**Übernahme von:**

- Elektrische Ausrüstung
- Dachcontainer
- Fahrwerke



**Übernahme von:**

- Elektrische Ausrüstung
- Dachcontainer



**Combino Plus**  
2004–2007



- Umstellung auf ein Plattformkonzept
- Aktualisierung E-Ausrüstung
- Aktualisierung Brandschutz und Crash



**Avenio**  
2013



# Einzelgelenkfahrzeuge in Stahlbauweise

Vom Combino zum Avenio M

# Highlights des Avenio M

## Fortführung des Combino-Baukastens

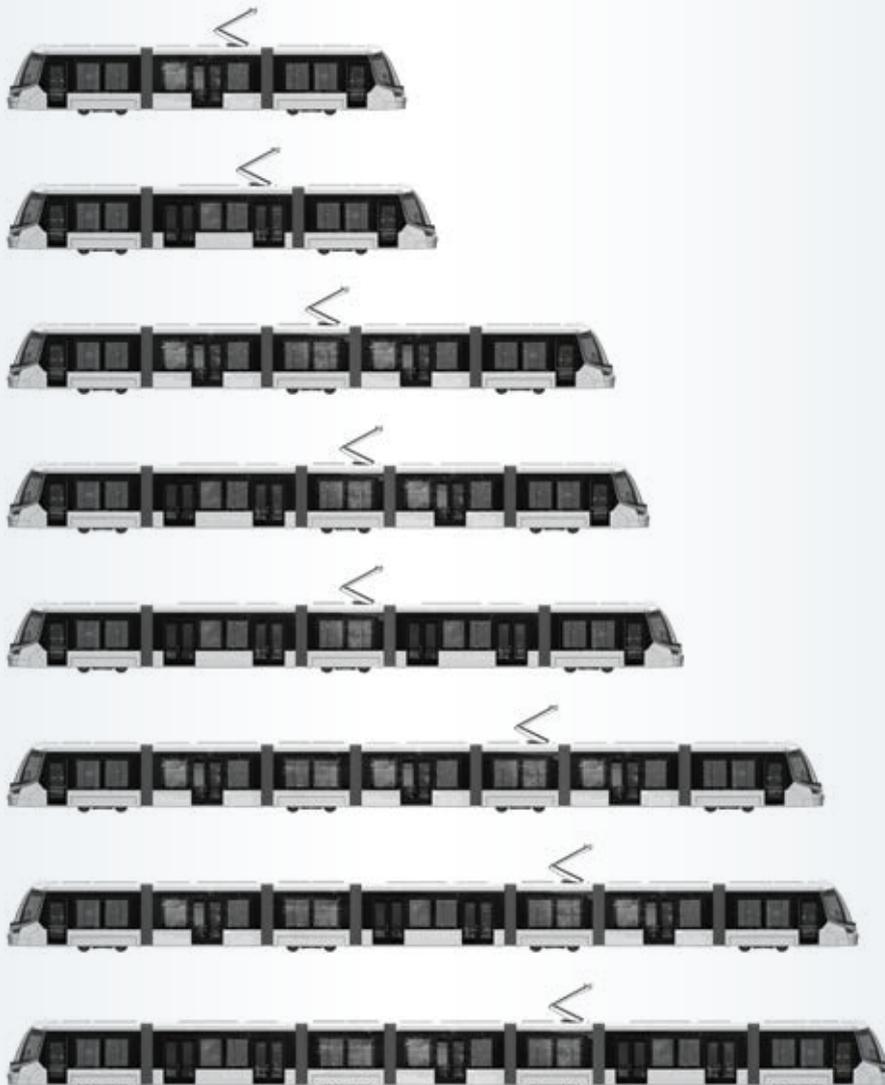
Der Avenio und Avenio M orientieren sich an den Erfahrungen bezüglich Modularisierung und Standardisierung des Combino-Baukastens. Bei der Entwicklung der Avenio und Avenio M Fahrzeuge wurde außerdem darauf geachtet, so weit wie möglich die erprobten und bewährten Komponenten aus dem Combino zu übernehmen, sofern die aktuellen Normen (insbesondere Brandschutz) dies erlauben.

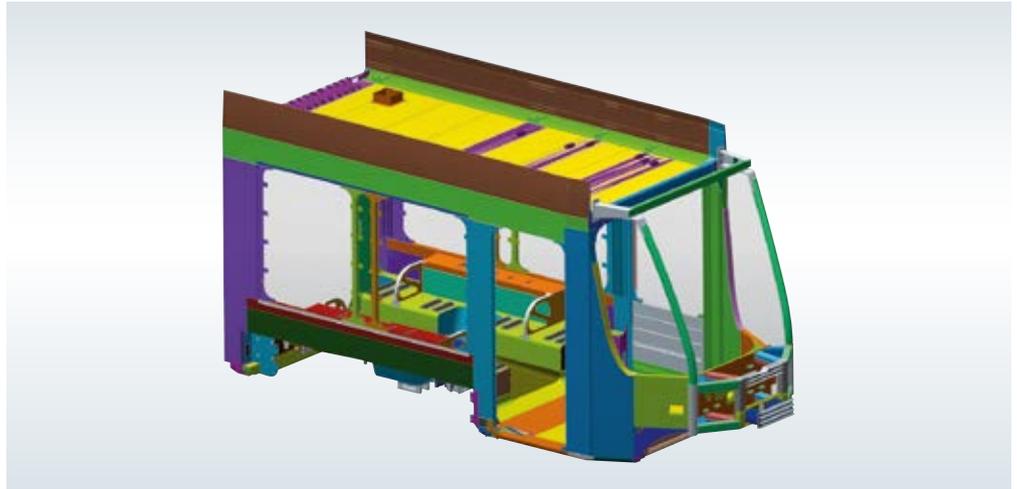
## Gesamtlayout

Die Hauptabmessungen und die Variabilität aus dem Combino-Baukasten wurden weitgehend übernommen. Das Fahrzeug kann als 3-, 5- und 7-Teiler in Normal- oder Meterspur ausgeführt werden. Damit können Fahrzeuglängen von ca. 20 m bis ca. 43 m projiziert werden.

Als Fahrzeugbreiten stehen 2300 mm, 2400 mm und 2650 mm (nur in Normalspur) zur Verfügung. Die Einzeltür an den Fahrzeugenden wurde auf eine lichte Breite von ca. 800 mm vergrößert und kann nun auch auf beiden Seiten hinter dem Fahrerstand angeordnet werden.

Vom Combino zum Avenio M





Rohbau Kopfmodul Ulm

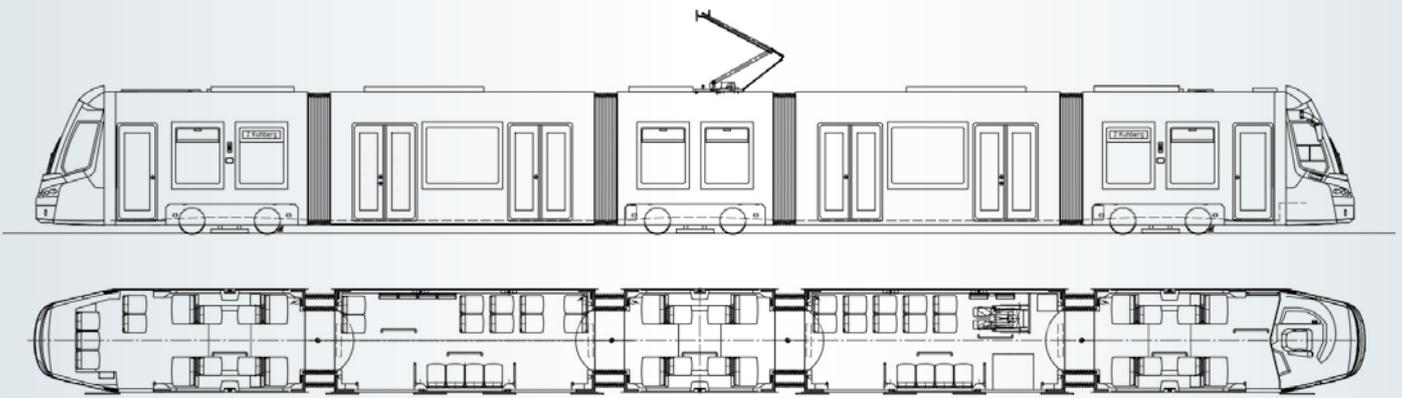
### Leichtbau, Crash

Eine hervorragende Eigenschaft des Avenio M ist das niedrige Fahrzeuggewicht. Grundlage ist die Wagenkastenkonstruktion aus Aluminium. Die komplett geschweißte Integralbauweise besteht weitgehend aus Strangpressprofilen, in die entsprechende Befestigungsmöglichkeiten für die Komponenten und den Innenausbau bereits integriert sind. Die Dächer werden nicht mehr eingeklebt, sondern sind Bestandteil der Schweißkonstruktion. Der Rohbau ist nach der neuesten Crashnorm EN15227 Kategorie C-IV ausgelegt und erfüllt bereits zukünftige Kollisionsanforderungen (querstehender LKW), die sich derzeit noch im Normungsverfahren befinden. Die Längsdrucksteifigkeit beträgt 400 kN. Trotz dieser Anforderungen ist es gelungen, das Fahrzeuggesamtgewicht für das vollklimatisierte Fahrzeug deutlich unter 1,2 t/m zu halten.

### Antriebs- und Fahrwerktechnik

Für den Avenio und Avenio M wurde die Antriebsausrüstung weitgehend vom Combino übernommen. Lediglich aus Gründen aktueller Brandschutzanforderungen wurde die Einbausituation in den Dachcontainern verändert, indem die Größe und Anzahl der Durchbrüche vom Fahrgastraumdach auf ein Minimum reduziert wurden.

Die beiden Fahrmotoren im Triebfahrzeug werden parallel aus einem Traktionsstromrichter gespeist. Dieser wird über einen Überstromselbstschalter und ein Netzschütz mit paralleler Vorladeeinrichtung aus dem Fahrdrat versorgt. Der Stromrichter ist voll rückspeisefähig und die Steuerung ermöglicht elektrodynamisches Bremsen bis zum Stillstand. Die bewährten Losradfahrwerke wurden aus dem Combino übernommen. Das ermöglicht einen weitgehenden ebenen Boden ohne Rampen oder Stufen im Fahrgastraum. Lediglich im Bereich der Fahrwerkankbindung ist eine leichte Überhöhung notwendig, die über eine geringfügige Anrampung überbrückt wird. Im Triebfahrzeug werden beide Räder auf einer Seite über die beiden Kegelradgetriebe und den Motorläufer mechanisch gekoppelt. In Kombination mit dem Verzicht auf Gelenkdämpfer führt dies neben einer deutlichen Reduktion der Gleit- und Schleuderneigung bei schlechten Reibwertverhältnissen zu einer deutlich erhöhten Radreifenstandzeit im Vergleich zu Multigelenk-Niederflurstraßenbahnen mit Achsfahrwerken. Betriebe mit typischen Straßenbahnnetzen (enge Radien, Flachrillenweichen), die beide Konzepte einsetzen, sprechen von einer annähernden Verdoppelung der möglichen Laufleistung. Für den Avenio M wurde der Raddurchmesser im Neuzustand von 600 mm auf 610 mm unter Beibehaltung des Minimaldurchmessers von 520 mm vergrößert. Das erhöht die Lebensdauer der Radreifen.



# Der Avenio M für Ulm

Die baden-württembergische Stadt Ulm liegt in der Mitte zwischen den großen Ballungsräumen Stuttgart und München und hat derzeit ca. 122.000 Einwohner. Direkt benachbart, nur durch die Donau getrennt, ist die Stadt Neu-Ulm mit ca. 50.000 Einwohnern.

Die Straßenbahn in Ulm wurde am 17.05.1897 eröffnet und fuhr ab diesem Tag auch über die Donau nach Neu-Ulm. Während des 2. Weltkriegs wurde diese Verbindung, nebst anderen Streckabschnitten, stillgelegt und nicht wieder in Betrieb genommen.

Mitte der 1960er Jahre war in Ulm eine einzige Straßenbahnlinie übriggeblieben. Dafür wurden 2003 acht Stück Combino als Ersatz für die aus Stuttgart übernommenen GT4 der Baujahre 1964 beschafft. 2007 wurden zwei weitere Fahrzeuge nachbestellt, welche Ende 2008 für die Streckenverlängerung von der Donauhalle nach Böfingen ausgeliefert wurden. Die bis dahin nur 5,5 km lange Straßenbahnlinie 1 erweiterte sich auf die nahezu doppelte Länge von 10,2 km und bildet die Ost-West-Verbindung im Stadtgebiet Ulm.

Der Ausbauabschnitt führt über eine 2 km lange Steilstrecke mit einer Höhendifferenz von ca. 100 m in den Stadtteil Böfingen. Dieser wurde in der Nachkriegszeit erschlossen und hat derzeit ca. 12.000 Einwohner. Für die Zulassung der Fahrzeuge auf dieser Steilstrecke wurden an allen Combino-Fahrzeugen die aktiven Laufdrabben auf ein „fail-safe“-Prinzip mit Hydrospeichern umgerüstet. Zusätzlich wurde auch eine Zugsicherungsanlage ZUB222c der Firma Siemens in die Fahrzeuge eingebaut. Mit dieser Einrichtung wird bei der Talfahrt die maximal zulässige Geschwindigkeit kontinuierlich überwacht.

Bereits 2007 begannen Planungen, das Straßenbahnnetz in Ulm durch eine zweite Linie in Nord-Süd-Richtung weiter auszubauen. Parallel wurde auch ein Streckenast in das auf bayrischer Seite benachbarte Neu-Ulm planerisch untersucht. Während die Planung für eine Strecke nach Neu-Ulm vorerst zurückgestellt wurde, hat der Gemeinderat in Ulm den Bau der 10,5 km langen Linie 2 ([www.linie2-ulm.de](http://www.linie2-ulm.de)) am 6. Mai 2015 beschlossen. Die neue Linie 2 führt von der Wissenschaftsstadt in die ca. 160 m tiefer liegende Innenstadt. Die auf dieser Relation vorhandene, hohe Verkehrsnachfrage wird derzeit durch mehrere Omnibuslinien abgedeckt. In der Hauptverkehrszeit ist ein 2-Minuten-Takt notwendig. Die am stärksten belastete Buslinie 3 wird durch die Straßenbahn ersetzt werden, die auch für künftige Fahrgastentwicklungen Potenzial bietet. Vorbei am Hauptbahnhof, wo zukünftig die neue Hochgeschwindigkeitsstrecke der Vollbahn nach Stuttgart beginnt, führt die Linie 2 auf den Kuhberg. Dieser Stadtteil ist geprägt von dichter Wohnbebauung sowie zahlreichen Schulen mit über 8.000 Schülern. Auch hier hat die bestehende Omnibuslinie, trotz zahlreicher Verstärkerfahrten, ihre Leistungsgrenze erreicht.

Für die neue Linie 2 sind zusätzlich 12 Straßenbahnfahrzeuge erforderlich. Die neuen Wagen sollten den vorhandenen Combino-Fahrzeugen in Abmessung und technischer Ausstattung sehr ähnlich sein.

So können die Instandhaltungskosten für die Gesamtflotte in einem vertretbaren Rahmen gehalten werden. Außerdem müssen auch die neuen Fahrzeuge für Steilstrecken tauglich sein. Avenio M und Combino bilden einen gemeinsamen Fahrzeugpool, der beide Linien bedienen wird.

Im Laufe des europaweiten Ausschreibungsverfahrens hat es sich ergeben, dass der weiterentwickelte Typ Avenio M von Siemens nicht nur technisch sehr gut zu den vorhandenen Fahrzeugen passt, sondern auch zu einem wirtschaftlich vertretbaren Preis angeboten wurde. Durch eine vergleichsweise große Anzahl von Gleichteilen sowie gleichen Unterlieferanten bei wesentlichen Baugruppen kann eine wirtschaftliche Instandhaltung des gesamten Pools gewährleistet werden.

## Zusammenfassung & Ausblick

Die erfolgreiche Fahrzeugplattform Combino von Siemens findet mit der weiterentwickelten Ausführung Avenio M ihre Fortsetzung. Bewährte Systeme und Komponenten wurden aus dem Combino übernommen, die Fahrzeugplattform darüber hinaus konsequent an die aktuellen und zukünftigen Anforderungen angepasst. Erstanwender ist die SWU Verkehr GmbH in Ulm, die damit ihre Combino-Bestandsflotte für den aktuell laufenden Netzausbau mehr als verdoppelt.



**Martin Walcher** (47) studierte von 1989 bis 1994 Elektrotechnik mit den Schwerpunkten elektrische Energieversorgung, Regelungstechnik und Antriebstechnik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen.

Seit dem Eintritt in die Siemens AG 1994 bekleidete er verschiedene Positionen im Bereich für Straßen- und Stadtbahnfahrzeuge. Unter anderem begleitete er die Entwicklung des Combino, leitete die Projekte Potsdam, Erfurt und Nordhausen und führte später nationale und internationale Vertriebsgruppen. Aktuell leitet er die Plattform Avenio M.



**Jürgen Späth** (45) begann bei den Stadtwerken Ulm/Neu-Ulm mit einer Ausbildung zum Maschinenschlosser. Nach erfolgreich abgelegter Meisterprüfung in den Bereichen Maschinenbau (1994) und Elektrotechnik (1998) absolvierte er von 2005 bis 2008 ein Maschinenbaustudium mit Schwerpunkt Konstruktion.

Seit 2004 verantwortet er den Bereich Schienenfahrzeuge der SWU. Im Jahr 2011 wurde von ihm das Projekt Fahrzeugbeschaffung Linie 2 als Projektleiter übernommen. Seit 2016 ist er nach erfolgreicher Weiterbildung auch stellvertretender Straßenbahnbetriebsleiter gemäß BOStrab.

Herausgeber  
Siemens AG 2016

Siemens AG  
Mobility Division  
Otto-Hahn-Ring 6  
81739 München  
Deutschland

[contact.mobility@siemens.com](mailto:contact.mobility@siemens.com)

Artikel-Nr. MOUT-T10027-00  
Gedruckt in Deutschland  
Dispo 21720 SIMC-0000-47744  
TH 325-160669 T 07160.5

Änderungen und Irrtümer vorbehalten.  
Die Informationen in diesem Dokument enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich vereinbart werden.

Avenio® ist ein eingetragenes Warenzeichen der Siemens AG. Jede nicht autorisierte Verwendung ist unzulässig.  
Alle anderen Bezeichnungen in diesem Dokument können Marken sein, deren Verwendung durch Dritte für ihre eigenen Zwecke die Rechte des Eigentümers verletzen kann.

