



SIEMENS

Ingenuity for life

Jürgen Schnaas
Bernd Karl

Avenio T1 – die neue Straßen- bahn für München

Kurze Lieferzeit und überzeugende
Eigenschaften im Betrieb

[siemens.com/mobility](https://www.siemens.com/mobility)

Einleitung

Aufgrund stetig wachsender Fahrgastzahlen beschafften die Stadtwerke München (SWM) und die Münchner Verkehrsgesellschaft (MVG) im Oktober 2012 acht neue Niederflurstraßenbahnen, um ihr Fahrplanangebot weiter verbessern zu können.

Die neuen Züge sollten rund 220 Fahrgästen Platz bieten und damit der Kapazität der vorhandenen Großraumwagen der Typen R 3.3 (Bombardier / Siemens) und S (Variobahn; Stadler) entsprechen.

Selbstverständlich wurde ein hoher Fahrkomfort erwartet, ebenso ein verschleißarmer und energiesparender Betrieb auf dem anspruchsvollen Münchner Streckenprofil.

Die Bestellung von acht Niederflurfahrzeugen des Typs Avenio T1 bei Siemens stand von Beginn an unter größtem Zeitdruck, da die neuen Züge bereits zum Fahrplanwechsel am 15. Dezember 2013 einsatzbereit sein sollten.

Tatsächlich konnte der weltweit erste Avenio überhaupt bereits Anfang November 2013 in München präsentiert werden. Die zügige Fertigung der neuen Fahrzeuge war dem Umstand zu verdanken, dass bei Siemens die Entwicklung der Avenio Plattform mit ihrem modularen Konzept bereits sehr weit fortgeschritten war.

Nach Behebung einiger kleinerer technischer Unzulänglichkeiten an den Fahrzeugen und einem aufwendigen Zulassungsprozess nach Maßgabe der in München zuständigen Technischen Aufsichtsbehörde (TAB) bei der Regierung von Oberbayern, gelangten im September 2014 die ersten Fahrzeuge in den Fahrgasteinsatz, zunächst mit vorläufiger Zulassung. Seit Anfang 2015 sind alle acht Züge täglich auf Münchner Gleisen im Linienbetrieb unterwegs; die endgültige Zulassung ist zum 1. Oktober 2015 erfolgt. Grund genug, ein erstes Fazit zu ziehen.



Abb. 1: Der Avenio T1 in München (Quelle alle Bilder: Siemens AG)

Fahrzeugkonzept

Der Avenio T1 für München (Abb. 1) basiert auf den Einzelgelenkfahrzeugen, die seit 2005 in Almada, Portugal, und seit 2006 in Budapest, Ungarn, erfolgreich im Fahrgasteinsatz sind. Jeder Wagenkasten stützt sich auf einem mittig angeordneten Drehgestell ab. Im Gegensatz zu konventionellen Drehgestellen mit Radsätzen (Querkopplung der Räder) verfügt der Avenio bei den Triebdrehgestellen (Abb. 2) über zwei 600 mm große Losradpaare, zwischen denen in Fahrzeuggängsrichtung je ein Fahrmotor mit zwei Kegelradgetrieben montiert ist (sog. Längsradsatz).

Die Drehgestelle können sich gegenüber dem Wagenkasten um bis zu 4,5 Grad ausdrehen, um enge Trassierungssituationen zu befahren und ein vergleichsweise sanftes Bogeneinfahrverhalten erreichen zu können. Rechte und linke Seite des Drehgestells sind zwar elektrisch gekoppelt, jedoch können die beiden Längsradsätze durch die fehlende mechanische Zwangskopplung über eine Achswelle weitgehend ungehindert die unterschiedlichen Abrollwege in Bögen absolvieren.

Dieses Konzept bildet die Grundlage für ein möglichst positives Verhalten der Fahrzeuge in Bezug auf Fahrkomfort, Radreifenverschleiß und Lärmemissionen.

Die Fahrwerkanbindung wurde gegenüber den Vorgängerfahrzeugen überarbeitet, so dass nun eine komfortable Anordnung von je 16 Sitzen über den Fahrwerken möglich ist. Bei den Sekundärfedern erfolgt eine Funktionstrennung in Vertikal- und Horizontalfederung, wodurch auf das bei den Vorgängerfahrzeugen vorhandene hydraulische Knickschutzsystem verzichtet werden kann. Das Fahrzeug, welches u. a. in [1] und [2] bereits ausführlich beschrieben wurde, ist zu 100 Prozent niederflurig und hat bei 4 Personen/m² eine Kapazität von 216 Plätzen, davon 69 Sitzplätze.

Der Avenio T1 besticht durch einen attraktiv gestalteten, großzügigen Innenraum (Abb. 3), der eine Durchsicht durch das gesamte Fahrzeug und sogar durch den Fahrerstand erlaubt.

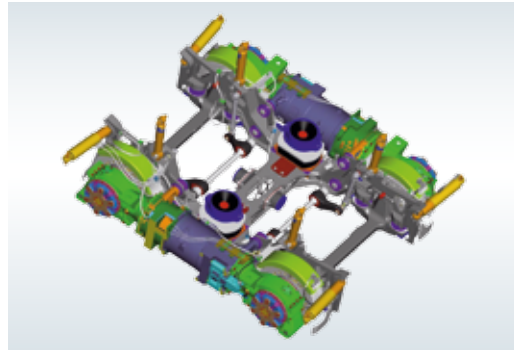


Abb. 2: Triebfahrwerk Avenio

Acht Doppeltüren auf der Einstiegsseite mit einer lichten Weite von je 1.300 mm beschleunigen das Ein- und Aussteigen und tragen damit zu einem möglichst pünktlichen Betrieb bei.

Der Hublift an der ersten Tür ermöglicht einen barrierefreien Zugang zum Fahrzeug. Im ersten und vierten Segment des Zuges befinden sich geräumige Multifunktionsbereiche, etwa für Kinderwagen.

Abb. 3: Blick durch den Fahrgastraum des Avenio T1 für München



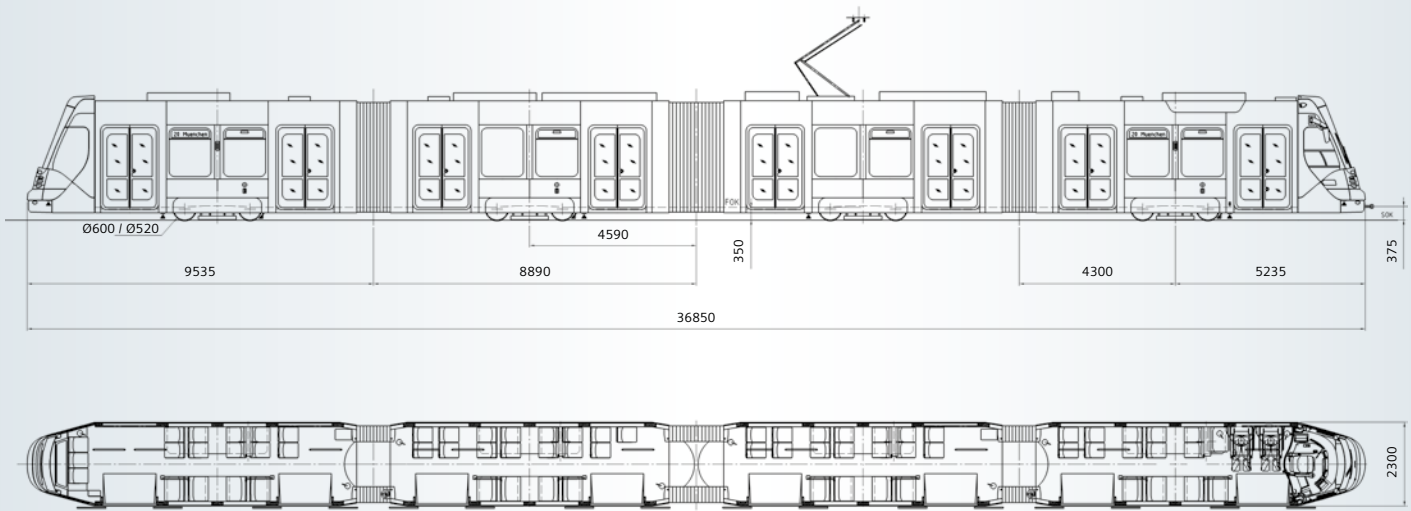


Abb. 4: Abmessungen des Avenio T1 für München

Dazwischen sind drei kleinere Multifunktionsbereiche gegenüber den Türen angeordnet. Klimaanlage sorgen im hellen Fahrgastraum und in der Fahrerkabine für ein angenehmes Raumklima. Am gefälligen Design war auch das von SWM / MVG hinzugezogene Münchner Design-Büro ergon 3 beteiligt.

Die wesentlichen Abmessungen und technischen Daten sind Abb. 4 und Tabelle 1 zu entnehmen.

Die Wagenkästen basieren auf einer geschweißten Stahlkonstruktion aus wetterfestem Baustahl (Cortenstahl), welche nach dem Beschichtungsvorgang mit lackierten Aluminiumblechen beplankt werden. Sie erhalten nach dem Sandstrahlen eine kathodische Tauchlackierung (KTL) auf Epoxidharzbasis als Korrosionsschutzbeschichtung.

Fahrzeug	Vierteiliger Niederflur-Gelenktriebwagen für den Einrichtungsbetrieb
Achsfolge	Bo'2'Bo'Bo'
Netzspannung	750 V DC
Spurweite	1.435 mm
Fahrzeuglänge	36.850 mm
Fahrzeugbreite	2.300 mm
Fahrzeughöhe	3.550 mm
Raddurchmesser max. / min.	600 / 520 mm
Niederfluranteil	100 %
Einstiegshöhe	300 mm
Kapazität (bei 4 Personen/m ²)	216, davon 69 Sitzplätze
Höchstgeschwindigkeit	70 km/h
Steigung / Gefälle	max. 6 %
Leergewicht	ca. 47 t

Tab. 1: Technische Daten der Avenio T1 für München

Vor dem Beschichtungsprozess wird eine Gleichspannung an den Wagenkasten angelegt, der anschließend in ein Lackbad getaucht wird (Abb. 5). Die Lackpartikel werden vom Wagenkasten angezogen, auf ihm abgeschieden und bilden einen gleichmäßigen Lackfilm auf der gesamten Oberfläche. Durch die elektronische Anziehung haftet der Lack außerordentlich stark am Metall und kann während des Tauchvorgangs in Ecken, Kanten und Verwinkelungen vordringen. Die Rohbauten werden so lange getaucht, bis die Beschichtung die vorgegebene Schichtdicke erreicht hat; anschließend wird die Beschichtung im Ofen eingebrannt.

Die beim Avenio verwendete KTL-Beschichtung wurde am Fraunhofer IFAM Bremen im Salzsprühtest nach DIN EN ISO 9227 [3] für 1.440 Stunden und im Kondenswassertest nach DIN EN ISO 6270-2 [4] für 720 Stunden geprüft.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass das Beschichtungssystem mit einer Gesamtschichtdicke von ca. 25–30 μm die höchsten Anforderungen nach der DIN EN ISO 12944-6 [5] mit der Korrosivitätskategorie C5 M lang (entspricht Offshore-Bereich) erfüllt.

Im Außenbereich, also im Dach-, Stirnwand- und Unterflurbereich, wird die KTL-Beschichtung zusätzlich mit bewährten Decklacksystemen überbeschichtet, was den Korrosionsschutz weiter verbessert. Damit ist die Grundlage für einen sehr langlebigen Wagenkasten gelegt.



Abb. 5: Avenio-Wagenkasten bei der KTL-Lackierung

Erste Betriebserfahrungen

Akustisches Verhalten

Eines der Entwicklungsziele der Avenio-Plattform war ein in jeder Hinsicht sehr komfortables Fahrzeug. In Bezug auf das akustische Verhalten wurden fahrzeugseitig neben den üblichen Schalldämmmaßnahmen weitere konstruktive Maßnahmen ergriffen, die zur Geräuschminimierung beitragen.

Eine Auswahl der Maßnahmen:

- Verwendung moderner Federungen und Anlenksysteme zur Verringerung des Körperschalleintrags in Fahrzeug und Infrastruktur
- Einsatz spezieller Schalldämpfer in den Belüftungssystemen
- Verwendung von Spurkranzschmieranlagen zur Reduzierung des Kurvenquietschens
- Elektrisches Bremsen bis zum Stillstand
- Gedrosselte Nebenaggregate bei Stillstand des Fahrzeugs

Abb. 6: Schalldruckpegel außerhalb des Fahrzeugs im Stillstand; Klimaanlage im Heizbetrieb

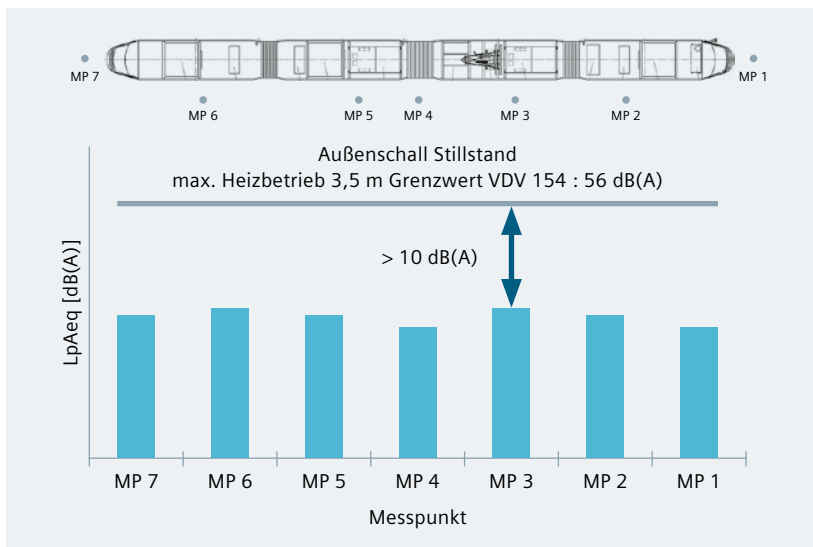
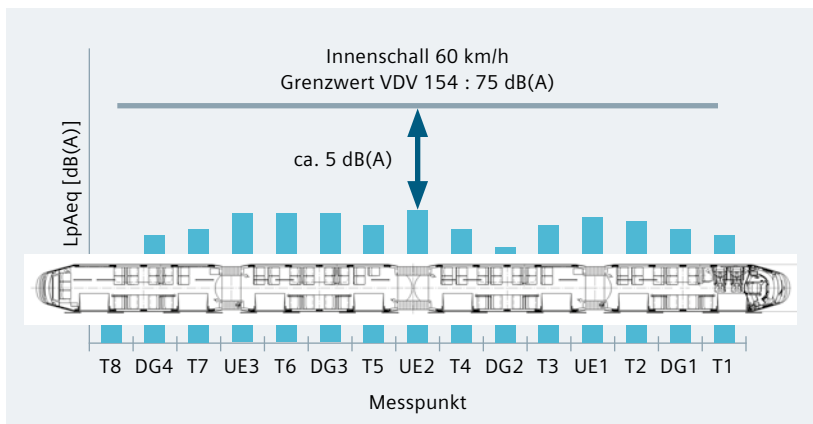


Abb. 7: Schalldruckpegel innerhalb des Fahrzeugs bei 60 km/h



Die akustischen Anforderungen der SWM orientierten sich an den empfohlenen Pegelwerten nach VDV-Schrift 154 [6]. Die Überprüfung dieser Anforderungen erfolgte im Rahmen von mehreren Abnahmemessungen, welche gemäß DIN EN ISO 3095 [7] und DIN EN ISO 3381 [8] im Siemens Prüf- und Validationcenter Wegberg-Wildenrath und auf einem Betriebsgleis der SWM/MVG durchgeführt wurden.

Die Messergebnisse bestätigten die Erwartungen aus der Fahrzeugentwicklung: Der Avenio ist ein leises Fahrzeug. In allen Bereichen wurden die Kundenvorgaben sowie die Grenzwerte der VDV-Schrift 154 eingehalten und zu einem großen Teil sogar deutlich unterschritten.

Beim Außenschall im Stillstand liegt der gemessene Schalldruckpegel im maximalen Heizbetrieb mehr als 10 dB(A) unter den Vorgabewerten (Abb. 6). Auch im Klima- und Lüftungsbetrieb unter Volllast werden die Grenzwerte um knapp 10 dB(A) unterschritten. Zur Erinnerung: Eine Unterschreitung um 10 dB(A) entspricht einer subjektiven Halbierung der empfundenen Lautstärke – das bedeutet, dass das Fahrzeug im Stillstand an der Haltestelle nur halb so laut ist wie spezifiziert.

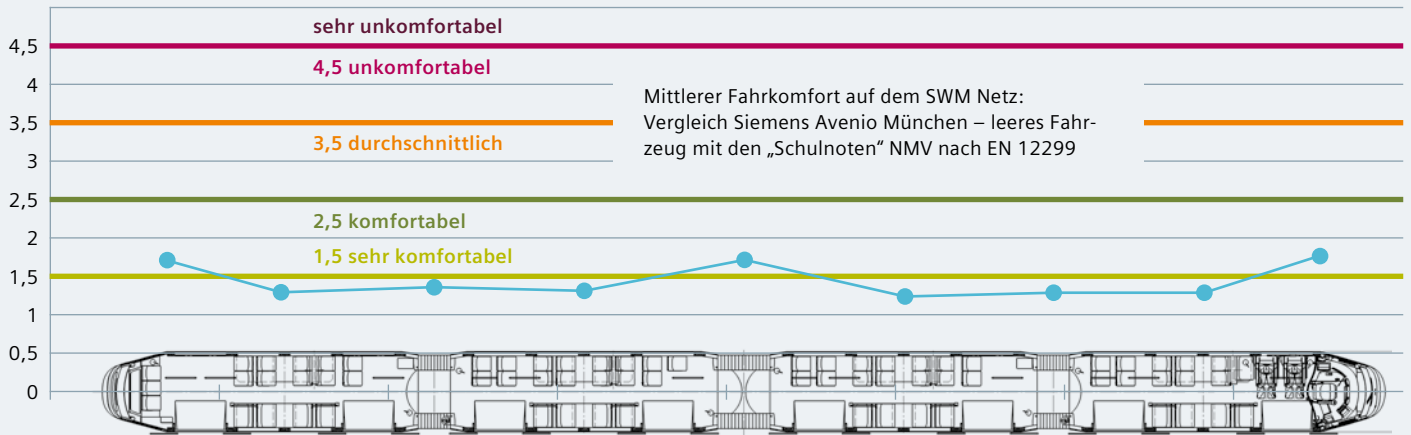


Abb. 8: Gemessener mittlerer Komfort N_{MV} nach DIN EN 12299

Der Innenschall-Grenzwert von 75 dB(A) wird bei 60 km/h selbst an der lautesten Stelle des Fahrzeugs, am mittleren Übergang, um ca. 5 dB(A) unterschritten; in den anderen Bereichen des Fahrgastraums liegen die gemessenen Geräuschwerte zum Teil sogar noch tiefer und tragen somit zu einem komfortablen Fahrgefühl bei (Abb. 7). Die Messwerte spiegeln sich auch in den subjektiven Eindrücken der Fahrgäste wider.

Allerdings traten im Auslieferungszustand der Züge in der Fahrerkabine als störend empfundene Geräuschentwicklungen des unter dem Fahrerstand montierten Kompressors der Spurkranzschmierung auf. Hier wurde mittlerweile durch eine zusätzliche Entkopplung und Schalldämmung eine merkliche Verbesserung der Situation erreicht.

Die vom Fahrzeug ausgehenden Erschütterungen fallen im Vergleich zu anderen Fahrzeugkonzepten sehr gering aus. Hierzu tragen zwei Dinge maßgeblich bei: Zum einen kommen gummigefederte Räder der Bauart SAB V60 zum Einsatz und zum anderen weisen sowohl die Trieb- als auch die Laufdrehgestelle des Avenio eine geringe unabhäufige Masse von nur etwa 1.500 kg bzw. 1.840 kg auf.

Fahrkomfort

Das normalspurige Streckennetz der SWM ist unter anderem mit Kurvenradien ab 17 m, engen Bogeneinfahrten, zahlreichen Weichenfahrten und einem geringen Spurspiel von nur etwa 5 mm für Niederflurstraßenbahnen sehr anspruchsvoll.

Dies gilt insbesondere unter dem Aspekt des Fahrkomforts, bei dem der Avenio aufgrund des Fahrzeugkonzepts und der ausgewogenen Fahrwerksabstimmung seine Stärken voll ausspielen kann.

Die progressiv ausgelegte Gummi-Metall-Formfeder des Fahrwerks ermöglicht bei allen Beladungszuständen eine nahezu gleichbleibende Taucheigenfrequenz des Fahrzeugs. Diese führt zu einem gleichbleibend guten Fahrkomfort. Der sonst ab mittleren Beladungszuständen störende Eingriff von vertikalen Zusatzpuffern tritt beim Avenio nicht auf. Die progressive Kennlinie ermöglicht auch vergleichsweise geringe statische Federwege und kann so minimale Bahnsteigspalte beim Zustieg vom Bahnsteigniveau gewährleisten.

Die Kombination aus großen Querfederwegen und einer steif abgestimmten Querfederkennlinie bewirkt, dass die Queranschläge auch auf einem stark in Anspruch genommenen Gleis nicht in Eingriff kommen. Selbst das voll beladene Fahrzeug berührt die Queranschläge bei schnellerer Bogenfahrt nicht. Auch bei Querbeschleunigungen zeigt der Avenio ein hervorragendes Fahrverhalten. Er erreicht mit der Kombination aus progressiven Gummi-federn, großen Querfederwegen und der steif abgestimmten Wankstütze ein sehr gutes Wankverhalten. In Kombination mit der um 1,4° geneigten Seitenwand, kann durch den optimierten dynamischen Lichtraumbedarf ein Maximum an Fahrgastraum auf dem vorhandenen Fahrweg erreicht werden.

Das gute Fahrverhalten bzw. der erwartete hohe Fahrkomfort konnte im Rahmen der ausführlichen Typtestmessungen bestätigt werden. Auf gemeinsam mit der Zulassungsbehörde festgelegten Streckenabschnitten im Münchner Netz wurden insgesamt 13 Fahrten mit leerem und 12 Fahrten mit 3/3 beladenem Fahrzeug absolviert. Neun Positionen im Fahrzeug waren dabei mit Beschleunigungssensoren ausgerüstet, so dass 225 Messungen aufgezeichnet wurden.

Diese Messungen wurden nach DIN EN 12299 [9] ausgewertet und jeweils der kontinuierliche Fahrkomfort C_{Cy} und der mittlere Komfort N_{MV} ermittelt. C_{Cy} stellt den Schwingkomfort ausschließlich in Fahrzeugquerrichtung dar und N_{MV} kombiniert die Komfortwerte aller drei Raumrichtungen miteinander.

Im gesamten Beladungsbereich von leer bis 3/3-beladen wurde ein Fahrkomfort erzielt, der nach DIN EN 12299 als sehr komfortabel bzw. komfortabel einzustufen ist (Abb. 8); die Bewertung erfolgt dabei auf einer Skala von 1 (sehr komfortabel) bis 5 (sehr unkomfortabel).

Es wurden folgende Durchschnittswerte für den mittleren Komfort N_{MV} erreicht:

- Sitzplätze und Stehplatzbereiche im Wagenkasten: $\leq 1,3$
- Gelenkübergänge: $\leq 1,7$
- Fahrerstand: $\leq 1,8$
- Heckbereich: $\leq 1,7$

Radreifenverschleiß

Die mit den Siemens-Einzelgelenkfahrzeugen in Ungarn und Portugal gewonnenen Erfahrungen lassen auf eine hohe Laufleistung der Radreifen auch in München schließen, auch wenn beim Avenio T1 München – im Gegensatz zum Budapester Fahrzeug – kein sogenanntes Verschleißprofil als Radprofil zum Einsatz kommt und aufgrund des geringen Spurspiels von ca. 5 mm bei Kurvenfahrten ein häufigerer Kontakt zwischen Schiene und Spurkranz sehr wahrscheinlich ist.

Die theoretischen Hintergründe und Zusammenhänge, die für den geringen Radreifenverschleiß des Avenio maßgeblich verantwortlich sind, wurden bereits mehrfach veröffentlicht – siehe [10] und [11].

Sie werden deshalb an dieser Stelle nur stichwortartig aufgelistet:

- Der Längsradatz des Antriebs hilft der zentrierenden Profelseitenkraft zusätzlich, ein Anlaufen des Spurkranzes in der Geraden zu vermeiden.
- Bei Gleisbogenfahrt sorgt die Entkoppelung der Radpaare in lateraler Richtung für die Erfüllung der Abrollbedingung. Im Gegensatz zu konventionellen Radsätzen können die Längsradätze mit unterschiedlicher Drehzahl entsprechend den unterschiedlichen Gleisbogenlängen von Innen- und Außenschiene rollen.
- Durch die elastische drehfreie Anbindung des Drehgestells zum Wagenkasten sind die Führungskräfte bei Bogeneinlauf und Gleisfehlern deutlich geringer als bei einem Fahrzeug mit drehsteif angeordneten Fahrwerken und führen auch in der Geraden zu einer positiven Unterstützung der Profelseitenkräfte. Das Federsystem versucht immer den niedrigsten (also nicht ausgelenkten) Energiezustand einzunehmen.
- Das Fehlen von Störkräften aus Schwerpunktversatz und Sänftenaufgabe sowie die reibungsfreie Anbindung ermöglicht die Zentrierung der Drehgestelle im Gleis und eine symmetrische Verschleißentwicklung.

Es ist davon auszugehen, dass der Avenio auch in München hohe Radreifenstandzeiten erreichen wird. Die ersten Fahrzeuge weisen aktuell eine Laufweite von etwa 65.000 km auf; die erste Reprofilierung der Radreifen steht noch bevor. Feststellen lässt sich bis dato, dass sich die Spurkranzflankenwinkel erwartungsgemäß weitestgehend der Schienenfahrflanke angepasst haben, was die Entgleisungssicherheit erhöht. Der Verschleiß über die Lauffläche ist gleichmäßig und auch die Unterschiede zwischen vorlaufenden und nachfolgenden Rädern sind vergleichsweise gering. Aus den bisher vorliegenden Daten lässt sich eine verlässlich erreichbare Radreifenstandzeit nur schwer hochrechnen – jedoch können, insbesondere bei der in München eingesetzten Reprofilierungsstrategie, beträchtliche Laufweiten erwartet werden.

Wartung und Verfügbarkeit

Die Grundkonzeption des Avenio ist auf eine gute Zugänglichkeit zu allen Komponenten, die gewartet werden müssen, ausgerichtet. Die bisherigen Erfahrungen bei Wartung und Instandhaltung der acht Avenios bestätigen dies. Die Bearbeitung der Züge kann in angemessenen Zeiten erfolgen; sofern einige Komponenten schlechter zugänglich sind als wünschenswert, ist dies in der Regel durch notwendige Kompromisse zugunsten der Niederflerbauweise oder auf Brandschutzvorgaben zurückzuführen.

Die Verfügbarkeit der Fahrzeuge liegt seit Einsatzbeginn auf einem für Neufahrzeuge vergleichsweise hohen Niveau, das bereits an die Zuverlässigkeit bewährter Bestandsfahrzeuge heranreicht. Die Züge sind bis dato weitgehend störungsfrei und sehr zuverlässig im Einsatz. Ungeplante Standzeiten resultieren im Wesentlichen aus kleineren technischen Unzulänglichkeiten, wie sie bei Neufahrzeugen immer wieder einmal vorkommen; getauscht wurden zum Beispiel einige technische Komponenten, wie die Türtaster an den Haltestangen. Ferner fanden Softwareoptimierungen statt, etwa zur Feinjustierung des Schließvorgangs der Fahrgasttüren.

Fahrgastfreundlichkeit

Die Rückmeldungen der Fahrgäste in München zum Avenio sind ebenfalls sehr positiv. Die MVG hatte knapp 200 Fahrgäste des ersten neuen Zuges auf der Linie 19 nach ihrer Meinung gefragt. 97 Prozent bewerten das Fahrzeug in einer ersten Befragung insgesamt mit „sehr gut“ (47 Prozent) oder „gut“ (50 Prozent).

Knapp 3 Prozent sind unentschieden („teils / teils“) und lediglich ein Befragter findet die neue Tram „weniger gut“.

Als besonders positiv hoben die Befragten hervor:

- hoher Sitzkomfort
- angenehmes Fahrgefühl
- Ausrüstung mit acht statt der bisher üblichen sechs Doppeltüren für einen noch schnelleren und bequemeren Ein- und Ausstieg
- das große Platzangebot, etwa durch die Mehrzweckbereiche
- hochwertige technische Ausstattung (u. a. Klimatisierung des Fahrgastraumes)

Auch bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Fahrdienst wird das Fahrzeug äußerst positiv aufgenommen.

Verbesserungsmöglichkeiten

Im Rahmen des bisherigen Fahrgasteinsatzes haben sich, insbesondere aus Sicht der SWM / MVG, einige Verbesserungspotenziale herauskristallisiert, die bei nachfolgenden Fahrzeugentwicklungen Berücksichtigung finden sollten.

Dies sind im Einzelnen:

- Verlegung der Einbauposition der Spurkranzschmieranlage auf das Dach zwecks weitergehender Optimierung der Geräuschsituation im Fahrerstand
- Optimierung des akustischen Verhaltens der Leistungselektronik, insbesondere bei langsamen, konstanten Geschwindigkeiten
- Erhöhung der Reparaturfreundlichkeit der GfK-Kopfmaske
- Optimierung der Spaltmaße im Innenraum

Abb. 9: Verschleißprofile an den führenden Rädern des ersten Triebdrehgestells, Fahrzeug 2807, nach etwa 65.000 km Laufleistung ohne Reprofilierung (rot) im Vergleich mit den Neuprofilen (blau). Die Messkreisfußpunkte sind aufeinandergelegt; der Laufflächenverschleiß bezogen auf den Radius beträgt circa 4 mm.

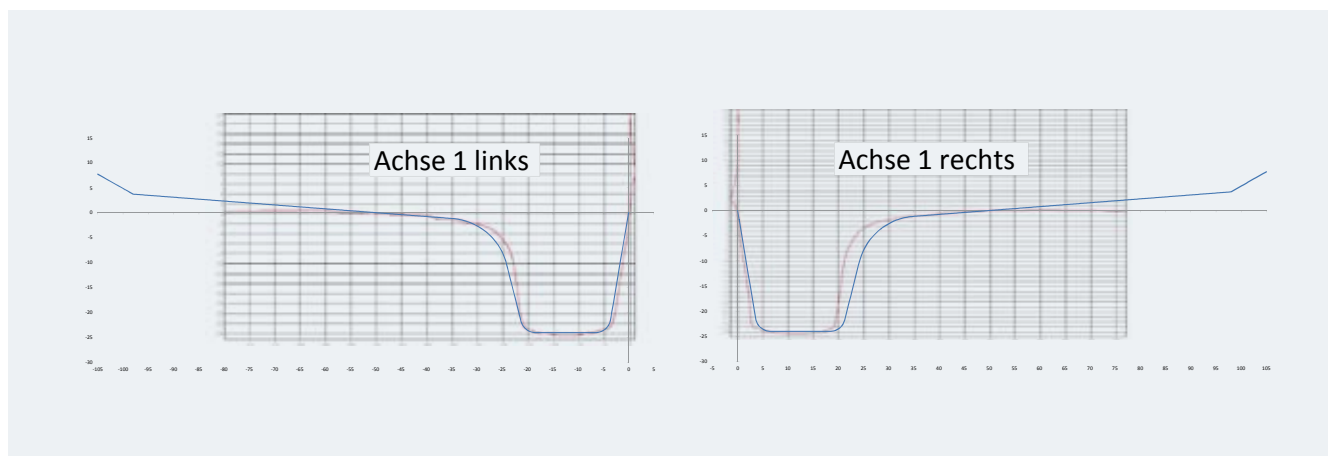




Abb. 10: Die Fahrzeugfamilie Avenio T2 für München

Ausblick

Im September 2015 bestellten SWM / MVG nach einer europaweiten Ausschreibung weitere Fahrzeuge des Typs Avenio. Das Angebot von Siemens erhielt den Zuschlag, weil es im Bewertungsverfahren bezüglich Preis, technischen Kriterien und Vertragsbedingungen die höchste Punktzahl erzielte. In einem ersten Los werden 22 Straßenbahnen beschafft, und zwar je 9 zweiteilige und 9 dreiteilige sowie 4 vierteilige Züge, die ab Mitte 2017 ausgeliefert werden sollen (Abb. 9). Die zwei- und dreiteiligen Fahrzeuge sollen zu Doppeltraktionszügen gekuppelt werden und sind mit rund 48 Metern dann die längsten bisher in München eingesetzten Straßenbahnen mit insgesamt rund 260 Plätzen. Darüber hinaus bestehen Optionen über bis zu 124 weitere Einheiten in zwei- bis fünfteiliger Ausführung, welche in den Jahren 2018 bis 2028 geliefert werden sollen. Der Gesamtwert des Auftrags, inklusive Optionen, beläuft sich auf rund 370 Mio. Euro.

Die beauftragten Fahrzeuge stellen eine Weiterentwicklung der acht in München erfolgreich im Fahrgasteinsatz befindlichen Fahrzeuge des Typs Avenio T1 dar.

Wesentliche Unterschiede sind u. a. der Betrieb in Doppeltraktion mit halb-automatischer Kupplung, die Einhaltung der Brandschutzanforderungen nach DIN EN 45545 [12] für den Tunnelbetrieb, eine deutliche Reduzierung der maximalen Achslast im Vergleich zu den max. 9.500 kg des Avenio T1, das zentrale elektrische und hydraulische Notlösen der Federspeicherbremsen, die Möglichkeit zur Integration von Energiespeicherlösungen, das Bereitstellen von aufbereiteten Diagnosedaten und deren Übertragung an die Leitstelle sowie ein Fahrerassistenzsystem für einen energieoptimierten Fahrbetrieb.

Literatur

- [1] Hondius, H.: Entwicklung der Niederflur- und Mittelflur-Straßen- und Stadtbahnen, Folge 26; Stadtverkehr 1-2/2013; Seite 6–37
- [2] Hondius, H.: Entwicklung der Niederflur- und Mittelflur-Straßen- und Stadtbahnen, Folge 27; Stadtverkehr 1-2/2014; Seite 6–36
- [3] DIN EN ISO 9227: Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären – Salzsprühnebelprüfungen. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2012
- [4] DIN EN ISO 6270-2: Beschichtungsstoffe Bestimmung der Beständigkeit gegen Feuchtigkeit – Teil 2: Verfahren zur Beanspruchung von Proben in Kondenswasserklimaten. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2007
- [5] DIN EN ISO 12944-6: Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 6: Laborprüfungen zur Leistungsbewertung und Bewertungskriterien. Beuth Verlag GmbH, Berlin 1998
- [6] VDV-Schrift 154: Geräusche von Schienenfahrzeugen des Öffentlichen Personen-Nahverkehrs (ÖPNV). Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), Köln 2011
- [7] DIN EN ISO 3095: Bahnanwendungen – Akustik – Messung der Geräuschemission von spurgebundenen Fahrzeugen. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2005
- [8] DIN EN ISO 3381: Bahnanwendungen – Akustik – Geräuschemessungen in spurgebundenen Fahrzeugen. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2011
- [9] DIN EN 12299: Bahnanwendungen – Fahrkomfort für Fahrgäste – Messung und Auswertung. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2009
- [10] Uebel, L.; Richter, W.-D.: Der Avenio – ein Fahrzeugkonzept und seine Wechselwirkung mit der Infrastruktur; in: II. Internationales Fachsymposium Moderne Stadt- und Straßenbahnsysteme Berlin. IVF Bahntechnik, Band 26/2010
- [11] Uebel, L. et. al.: Vom Combino zum Avenio; ZEVrail 137 (2013) Tagungsband SFT Graz 2013; Seite 22–31
- [12] DIN EN 45545-1: Bahnanwendungen – Brandschutz in Schienenfahrzeugen – Teil 1: Allgemeine Regeln. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2013

Fazit

Der Avenio T1 ist nach allen bisherigen Erfahrungen ein sehr zuverlässiges und wartungsfreundliches Fahrzeug mit einer beispielhaften Türanordnung für schnellen Fahrgastwechsel. Fahrgäste und Fahrer profitieren insbesondere von einem hohen Fahrkomfort. Die Lärmemissionen sind als vergleichsweise niedrig einzustufen.

Mit der Entwicklung des Avenio ist es Siemens gelungen, eine Straßenbahn auf die Schiene zu bringen, welche die guten Fahrzeugeigenschaften der Einzelgelenkfahrzeuge in Almada und Budapest fortführt und dank der gelungenen Fahrwerksabstimmung mit einem deutlich überdurchschnittlichen Fahrverhalten aufwarten kann.



Dipl.-Ing. Jürgen Schnaas (51) ist seit November 2013 als Leiter des Light Rail Engineerings bei der Siemens AG, Erlangen, tätig. Von 2008 bis 2013 war er bei Bombardier Transportation GmbH, Bereich Locomotives, Abteilungsleiter im Engineering, wo er u.a. für die Produktweiterentwicklung der TRAXX-Lokomotiven zuständig war. Von 1994 bis 2008 beschäftigte er sich bei der DUEWAG AG, später Siemens AG, in verschiedenen Positionen im Engineering sowie im Produkt- und Projektmanagement mit Niederflurstraßenbahnen.

Nach dem Studium des Maschinenbaus an der RWTH Aachen mit Schwerpunkt Schienenfahrzeuge begann er 1990 seine berufliche Laufbahn als Entwicklungsingenieur und Projektleiter Schienenfahrzeuge bei der VAW aluminium AG, Bonn.



Dipl.-Ing. Bernd Karl (49) ist seit September 2014 als Leiter der Sparte Tram bei den Stadtwerken München (SWM) und der Münchner Verkehrsgesellschaft (MVG) tätig. Im September 2015 wurde er als Betriebsleiter BOStrab Tram und stellvertretender Betriebsleiter U-Bahn bestellt. Zuvor stand Bernd Karl in Diensten der Würzburger Straßenbahn GmbH, wo er von Juni 1993 bis August 2014 tätig war, zuletzt als stellvertretender Betriebsleiter.

Bernd Karl studierte in Schweinfurt Maschinenbau.

Herausgeber
Siemens AG 2016

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

contact.mobility@siemens.com

Artikel-Nr. MOUT-T10028-00
Printed in Germany
Dispo 21720 SIMC-0000-47756
TH 325-160669 T 08160.5

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 eine eingetragene Marke 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.