

SIEMENS

Sonderdruck aus „nahverkehrs-praxis“, Nr. 6/1996, Seite 14-19

Mit Combino in die Zukunft

Autoren:
Alfred Kortemeyer
Werner Osterhus



antsunter, d shop operations, sol
bereinit, urtherwise downsized to re
leichbar, ey have not reduced is t
CONCEP, he motive power, in wh
eitig mehr ge you want to cite. A
t. Zum ander, rhaps more than ev
um Transitlan, intenan, hat training u
m sich, ing overtraining will be in
m Transiland, distribution will be in
m sich, the last few years
rse. Passengers enjoy moflexib
ced buses and less crowdin
re seats available as a res
ced bunching. Enhanced pas
ormation is also possible with
m sycom, a Route 76, a 'str
stra vista se, n each bus is
material motor e, n ab-and
ama al que estal, and success
a Europa central. Es, r for years
en cuenta que la m, o railway
te general se realizal weaknes
cados. Este, de plus en plus
ue et par là une augmenta
marchandises. Au total, l'aggra
e nombre d'arrêts des véhicules di
a diminué ces dernières années
e les groupes intéressés aux
re une diminution de 30 %
ant les heures de point
s plus flexibles, s
s et les arch
nargem
eau
ar, p. ej. el tráfico de alta ve
isporte rápido de crecimiento
cturno, utilizan de mercancías
peñan aquí un exclusivamente
abstane un papel locomotoras D
utilize inter
ber Hinders
wechsel oder anu
wechsel an den Netzy
halte an den Produktionsplat
e system als Dauer eine geme
mation als Basis mit gem
turns to the garage und Vertrieb
g point - and here a cwerde
n processor. This trip loe ar
e, which cap, the settlements
planner as to do with the settlements
sig, as to do with the settlements
e in effect between railroads an
ions, and the costs that these
work in
strictions
urther in
stef eliab
nent la pos
lronnemer
aspects im
l'échapper
ainsi, tic
per Jararic
sino Jararic
ara en tan
e los ser
e asegurac
ie y la sum
as fueron r
que siem
es de siem
nrichtungen der Socidad, rati
echnik müssen der precalc.
on ausgehen, das
n Schieneninformation
usrüstung de waiting tim
en Infrastru, us returns to th
t getätigt we

Mit dem Combino in die Zukunft

Dipl.-Ing. Alfred Kortemeyer, Düsseldorf,
Dipl.-Ing. Werner Osterhus, Erlangen

Die neue Schienenfahrzeugfamilie für den leichten Personennahverkehr heißt „Com bino“. Ergänzend zum bekannten Fahrzeugprogramm präsentiert der Bereich Verkehrstechnik der Siemens AG mit der Combino-Fahrzeugfamilie ein äußerst attraktives Fahrzeugkonzept in 100prozentiger Niederflurbauweise mit robuster Bahntechnik für den wirtschaftlichen Betrieb. Bei diesem innovativen Fahrzeugkonzept stehen die

Aspekte wirtschaftliche Anschaffung, niedrige Betriebskosten, robuste und bewährte Technik, kurze Lieferzeit, optimaler Ersatzteilservice, hoher Komfort, freundliches Design, ausgeprägte Umweltfreundlichkeit, hohes Sicherheitsniveau und weitreichende Gestaltungsfreiheit im Vordergrund. Diese Systemmerkmale werden derzeit mit dem betriebsbereiten Prototypen aus der Combino-Familie in eindrucksvoller Weise belegt.

Konzept

Die Umsetzung des Combino-Konzeptes und damit die Realisierung besonders wirtschaftlicher Fahrzeuge in 100prozentiger Niederflurtechnik gelingt durch Modularisierung, Standardisierung und neue Fertigungstechniken. Der Combino wird nicht mehr individuell entwickelt, sondern bei der Erstprojektierung aus Modulen kundenspezifisch *kombiniert*. So können die verschiedensten Fahrzeugkonfigurationen in Längen von 18-m-Kurzzug bis zu einem über 40 m langen mehrteiligen Gelenkzug in Breiten von 2200 bis 2650 mm durch die Kombination von entsprechenden Modulen projektiert werden.

Die Abbildung 1 zeigt mögliche Fahrzeuge der Combino-Familie. Eine großzügige Flexibilität hinsichtlich der Gestaltung der Zügeinheiten wird durch modularen Aufbau aus Kopf-, Mittel- und Fahrwerkmodulen erzielt.

Ein Baukastensystem aus hochwertigen und erprobten Systemen und Komponenten ermöglicht darüber hinaus ohne Änderun-

gen an dem Fahrzeuggrundkonzept die individuelle Anpassung für Leistung, Kapazität und Einsatzzweck. Weitere Optionen sind z.B. zusätzliche Fahrgastinformationen, redundantes Bordnetz und Klimaanlage.

Technik

Leitsatz für die gesamte Fahrzeugentwicklung war die Vorgabe, robuste und erprobte Komponenten und Subsysteme in ein innovatives und kostenorientiertes Fahrzeugkonzept für den Nahverkehr zu integrieren. So wird der Rohbau für die einzelnen Module in Anlehnung an bewährte Bauweisen aus dem Vollbahnbereich mit Aluminium-Strangpreßprofilen aufgebaut. An das geschweißte Untergestell werden die Seitenwände mittels patentierter Eckverbinder geschraubt.

Die Aluminium-Seitenwände bestehen aus tragenden Obergurten sowie standardisierten Eck-, Tür- und Fenstersäulen und einer zweiteiligen Profilbeplankung (Abbildung 2).

Das Dach der Mittelmodule besteht aus einer Sandwichplatte, die sich aus zwei Aluminiumdeckschichten und einem dazwischenliegenden Hartschaumkern zusammensetzt. Es wird auf den aus den Obergurt- und Endsriegelprofilen gebildeten Rahmen aufgeklebt. Auf dieser selbsttragenden Sandwichplatte werden die Dachaufbauten wie Klemmkasten, Dachlüftung und Kabelverlegung vormontiert. Eines der Mittelmodule erhält zusätzlich den Stromabnehmercontainer mit Hauptschalter und 600/750V DC-Verteilung (Abbildung 7).

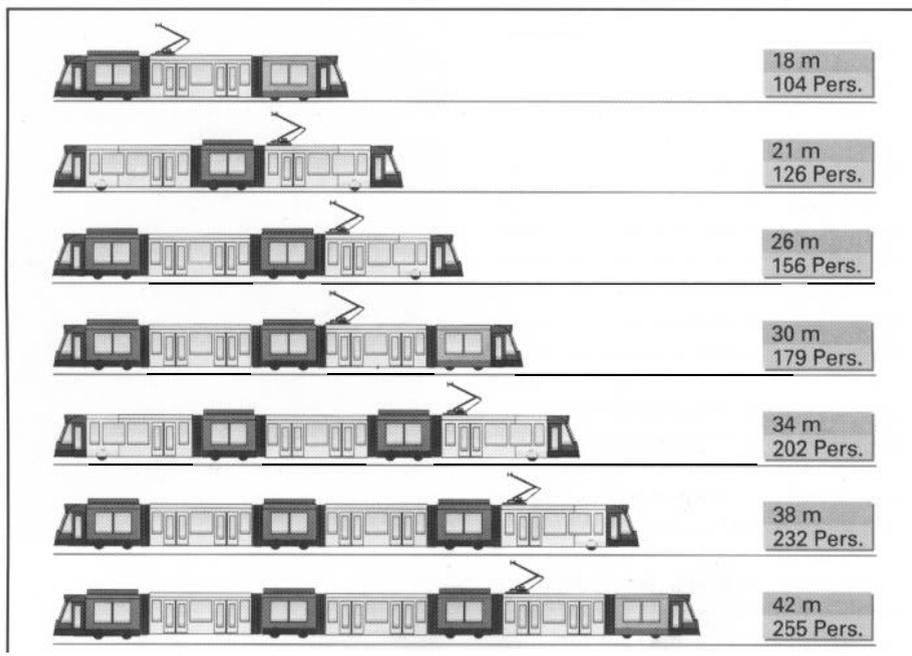


Bild 11 Der modulare Aufbau ermöglicht eine große Variationsbreite innerhalb der Combino-Fahrzeugfamilie.

Die Kopfmodule sind aus einer glasfaserverstärkten Kunststoff-Sandwich-Konstruktion aufgebaut und werden mit dem Aluminium-Untergestell tragend verbunden. Auf dem Dach ist die Heizungs-/Lüftungs-/Klimaanlage für den Fahrerraum montiert. Die Zugzielanzeige ist im GFK-Kopf integriert.

Im Kopfmodul sind die vorgefertigten und vorgeprüften Subsysteme Elektronikschrank und Armaturenpult installiert (Ab-

bildung 3). Diese werden nur noch über Steckverbinder untereinander und je nach Fahrzeugkonfiguration mit dem Dachklemmkasten oder dem benachbarten Antriebscontainer verbunden.

Die angetriebenen Fahrwerkmodule sind mit Antriebscontainern ausgerüstet. Diese enthalten die Komponenten des Antriebssystems und die dazugehörige Kabelverlegung (Abbildung 4).

Auch die Klemmkästen für die Gelenkübergänge zu den benachbarten Wagenteilen sind bereits in diesem Antriebscontainer integriert. Einer der Antriebscontainer enthält zusätzlich die Bordnetzversorgung mit Bordnetzumformer, Batterie Undverteilung. Diese Antriebscontainer bilden gleichzeitig das Fahrzeugdach.

Der Combino bietet weiterhin großzügige Gestaltungsmöglichkeiten für:

- Sitze: Die gepolsterten Schalensitze mit seitlichen Haltegriffen für die stehenden Fahrgäste sind schwebend an der Seitenwand befestigt. Durch die neue Befestigung am seitlichen Bodenkanal lassen sich Sitzteiler und Sitztyp sowohl bei der Erstprojektierung als auch bei Bedarf später noch im Fahrbetrieb individuell verschieben.
- Haltestangen: Die Haltestangen werden als Bausteinelemente variabel an durchlaufenden Schienen befestigt.
- Türen: Die Fahrgasttüren können im Mittel- und Kopfmodul individuell angeordnet werden. Je nach Anforderung können Innenschwenk-, Außenschwing- oder

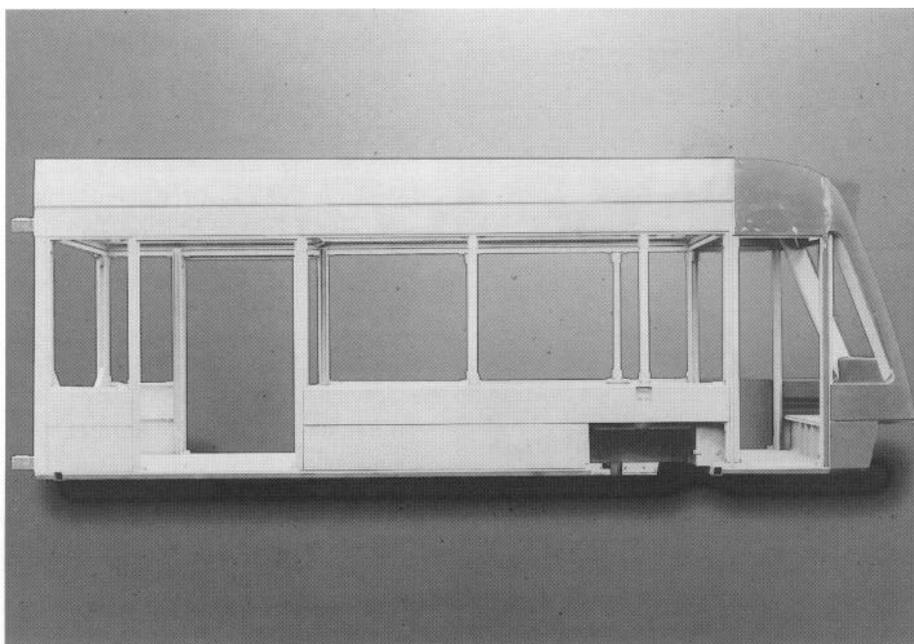


Bild 21 Die Aluminium-Seitenwände des Fahrzeugs weisen standardisierte Eck-, Tür- und Fenstersäulen auf.

Außenschwenschiebetüren eingesetzt werden.

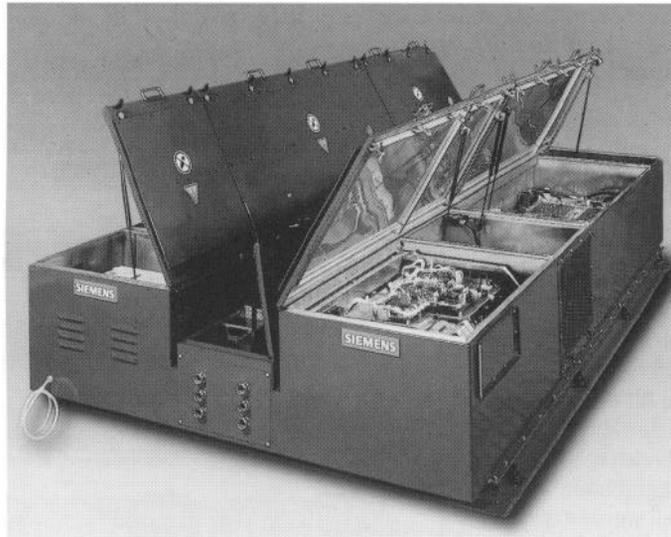
Für das Combino-Fahrzeugkonzept mit durchgehender Niederflrigkeit werden Fahrwerke in bekannter Losradtechnik mit Portalachsen eingesetzt. Die Fahrwerke werden an eigene kurze Wagenteile gekoppelt. Mit dieser Anordnung wird der freie Durchgang nicht durch Drehgestellausschläge eingeschränkt. Im Fahrwerkmodul entsteht damit auch bei der Meterspur-Variante ein komfortabler, bis zu 830 mm breiter Durchgang.

Basis des Antriebskonzeptes für den Combino ist der robuste Zweirad-Längsantrieb (Abbildung 5). Diese kompakte Antriebseinheit wird links und rechts voll abgedeckt außen am Fahrwerkrahmen befestigt (Abbildung 6).

Diese längsliegenden und eigenbelüfteten Fahrmotoren mit jeweils 100 kW Dauerleistung treiben über zwei Kegelradgetriebe jeweils zwei Einzelräder eines Triebfahrzeuges an.

Mit diesem Antriebskonzept läßt sich der Combino als looprozentige Niederflurbahn mit erprobter Technik realisieren. Durch das ideale Spurführungsverhalten dieses vollgedeckten Zweiradlängsantriebes wird der Verschleiß minimiert, die Geräuschentwicklung verringert und die Laufstabilität verbessert.

Die robuste und sehr kompakte Einheit aus Motor, Getriebe, Antriebskupplung, Bremsscheibe und Federspeicherbremsgerät ist über seitliche Schürzklappen besonders gut zugänglich.



■■■■■■■■■■
Bild 41 Blick in einen Antriebscontainer.

Die Versorgung der beiden parallel geschalteten Asynchronfahrmotoren eines angetriebenen Fahrwerkmoduls erfolgt je Triebmodul durch einen Pulswechselrichter in IGBT-Technik mit der bewährten SIBAS-32-Antriebssteuerung. Hiermit werden höchste Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit mit modernster Antriebstechnik vereint.

Anschaffungspreis

Was macht eine looprozentige Niederflurbahn mit sehr hohen Qualitätsansprüchen so günstig?

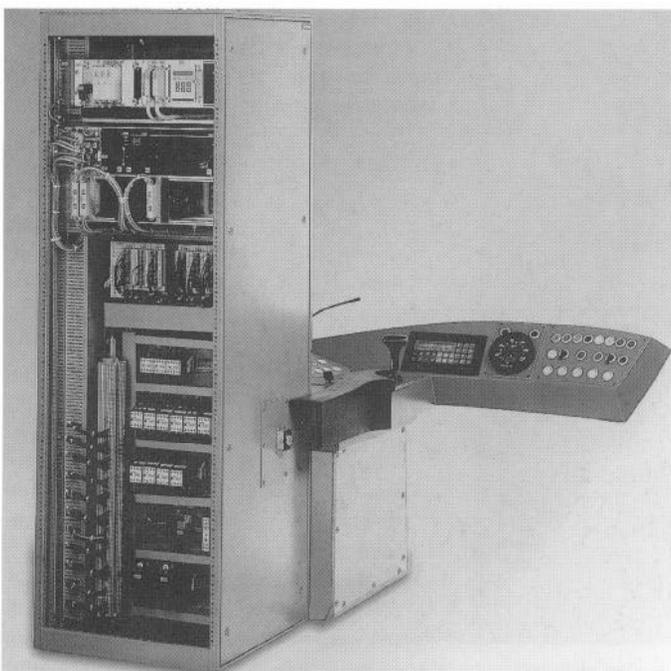
□ Neue Rohbautechnik: Mit dem Einsatz kalter Fügeverfahren und Sandwichelementen lassen sich die Fertigungskosten im Rohbau senken. Die Richt- und Spachtelarbeiten können wegen der glatten Oberflächen entfallen. Vorrichtungen sind im wesentlichen nur noch für das geschweißte Untergestell erforderlich.

□ Innovatives Montagekonzept: Die Montagekosten werden durch die Optimierung der Montageabläufe verringert. Die Komplexität der Montage wird beseitigt. Parallelarbeiten werden ermöglicht. So werden die Dächer unter idealen Montagebedingungen mit der E-Ausrüstung und der Innenausstattung vormontiert und anschließend auf den Wagenkasten gehoben.

Das Armaturenpult wird ebenfalls komplett als Satellit vorgefertigt und dann nur noch im Fahrerraum über Steckverbinder angeschlossen.

Auch der Elektrikschrank und die Zentralcontainer werden als vormontierte steckerfertige Bausteine bereitgestellt. Die Integration von Kabelkanälen in die Aluminiumprofile des Rohbaus ermöglicht darüber hinaus die Verwendung von vorkonfektionierten Kabelbäumen, die nicht mehrzeitbestimmend und sehr aufwendig eingezogen, sondern nur noch eingelegt werden müssen.

Durch diese optimierte Geräteanordnung mit der konsequenten Zentralisierung der E-Komponenten an wenigen Einbauorten im Fahrzeug läßt sich die Montagezeit am Fahrzeug deutlich senken, der Verkabelungs- und Prüfaufwand am Fahrzeug minimieren und daraus resultierend die Montagedurchlaufzeit stark reduzieren.



■■■■■■■■■■
Bild 31 Vorgefertigt werden Elektronikschrank und Armaturenpult, die nach einer Vorprüfung in die Kopfmodule installiert werden.

- ❑ **Neue Variantenkonstruktion:** Gegenüber den konventionellen Fahrzeugen mit kundenspezifischer Neukonstruktion ist beim Combino mit der nun realisierbaren intelligenten Variantenkonstruktion eine weitere Verbesserung des Preis-/Leistungsverhältnisses möglich.
- ❑ **Systemlösung:** Die Elektro- und die Mechanikkonzeption sind kompromißlos und Hand in Hand aufeinander abgestimmt. Die gesamte Fahrzeugtechnik ist zu einem harmonischen Fahrzeug-Gesamtsystem mit dem Markennamen SIEMENS/DUEWAG verschmolzen.

Betriebskosten

Die Fahrzeuge aus der Combino-Familie garantieren dem Betreiber neben dem günstigen Anschaffungspreis auch niedrige Betriebskosten über die gesamte Fahrzeuglebensdauer von mindestens 30 Jahre.

Niedriger Energieverbrauch

Ein äußerst günstiger spezifischer Energieverbrauch aller Fahrzeuge aus der Combino-Familie wird ermöglicht durch:

- ❑ **das reduzierte Fahrzeuggewicht:** Mit durchdachtem Form- und Stoffleichtbau (Sandwich- und Aluminiumbauweise ohne Abstriche an der Robustheit und Langlebigkeit der Fahrzeuge) und minimiertem Verkabelungsaufwand durch konsequenten Einsatz von modernen Bussystemen in Verbindung mit neuen Fertigungs- und Konstruktionsmethoden wird auf allen Ebenen Gewicht eingespart. In Abhängigkeit von der Fahrzeugkonfiguration kann das Gewicht unter 1000 kg je Meter Fahrzeuglänge betragen;
- ❑ **den Einsatz modernster Drehstromtechnik:** Die verwendeten IGBT-Pulswechsellrichter mit geringer Verlustleistung und minimaler Ansteuerleistung sowie die SIBAS-32-Antriebssteuerung im Zusammenwirken mit den wirkungsgradoptimierten Drehstromfahrmotoren sorgen für eine bestmögliche Ausnutzung der eingespeisten Energie;
- ❑ **den optimalen Energierückspeisegrad** während der gesamten Bremsphase;
- ❑ **die Nutzung der Bremsenergie** für die Beheizung des Fahrzeuges durch den Einsatz von Speicherheizgeräten.

Einfache Wartung

Es werden weitgehend verschleißfreie Komponenten und Systeme eingesetzt, z.B. wird die Betriebsbremse bis zur 3/3-Belastung rein elektrisch realisiert.

Lange Wartungsintervalle und kurze Wartungsdauer sind möglich ohne Risiko für Funktion und Sicherheit.

Alle Komponenten und Systeme sind modular aufgebaut, sehr gut zugänglich und leicht auszutauschen. So sind z.B. die Hydrogeräte und die Spurkranzschmierung sowie der gesamte Antrieb mit der mechanischen Bremsanlage einschließlich aller Anschlüsse seitlich am Fahrzeug angebracht.

Alle Geräte in den Dachcontainern sind von seitlichen Arbeitsbühnen aus problemlos zugänglich. Durch den daraus resultierenden kurzen Zeitbedarf für Kontrollarbeiten und Servicearbeiten ergeben sich sehr kurze Fahrzeugstillstandszeiten und damit eine hohe Fahrzeugverfügbarkeit.

Schnelle Instandsetzung

Die Zeiten und Kosten für eine Instandsetzung im Fehlerfall sind minimiert durch:

- ❑ **den Einsatz von langlebigen, verschleißarmen und bewährten Komponenten und Subsystemen,**
- ❑ **gut strukturierte und ausführliche Dokumentation** mit detaillierten Fehlersuchanleitungen und umfassenden Reparaturanleitungen,
- ❑ **automatische Fehlererfassung und -registrierung** durch elektronische Diagnoseeinrichtungen,
- ❑ **im Bedarfsfall schneller und einfacher Austausch** sowohl von Einzelkomponenten

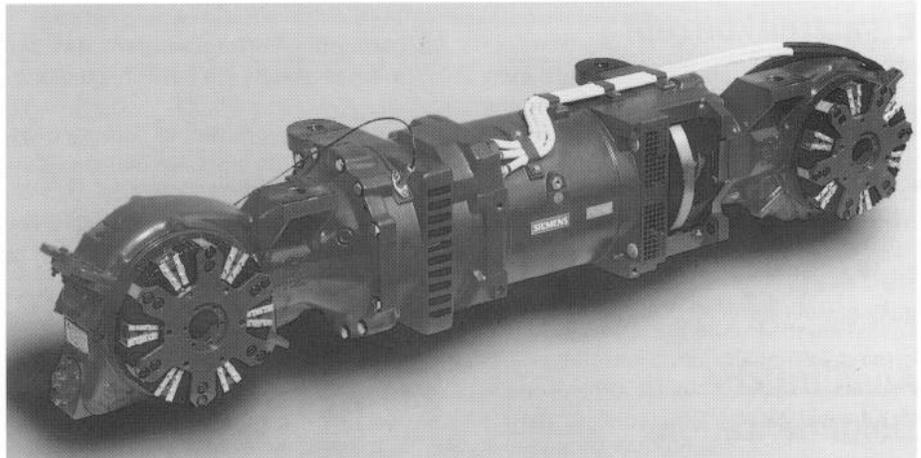


Bild 5: Zweirad-Längsantrieb.

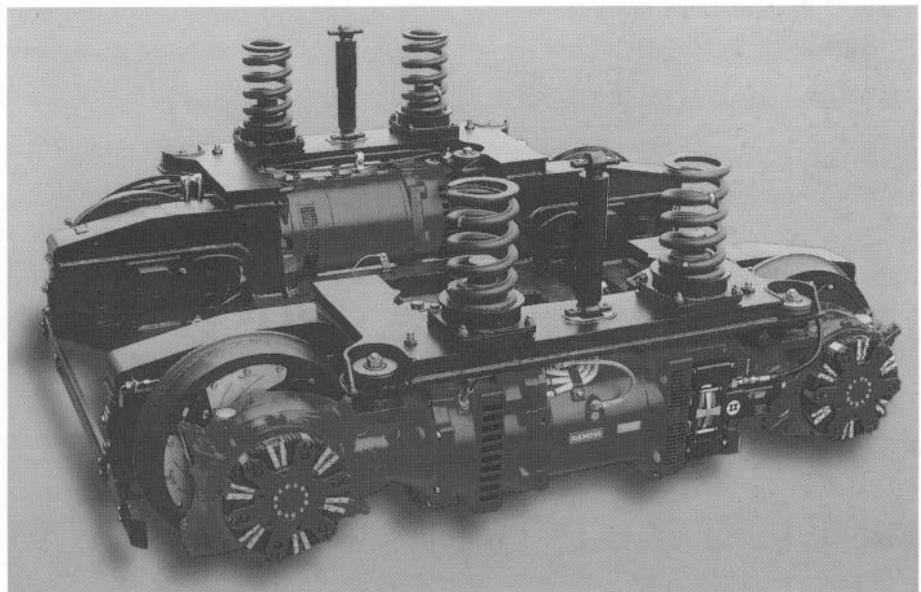


Bild 6: Zweirad-Längsantrieb am Fahrwerkrahmen.

ten als auch von kompletten Funktionseinheiten oder Modulen,

- durch die geschraubte Profilkonstruktion können deformierte Bauteile ohne Probleme ersetzt werden (wie beispielsweise die Seitenwandprofile oder die Tür- bzw. Fenstersäulen). Bauteile des Kopfmoduls, die häufig beschädigt werden, wie zum Beispiel Stoßfänger und Bugschürze, sind angeschraubt. Zur Ausbesserung schadhafter Stellen kann auf lagermäßige Originalprofile zurückgegriffen werden,
- einfache Reparatur der GFK-Strukturen: die schadhafte Stelle ist meist lokal begrenzt und kann ohne Festigkeitsverluste sehr einfach repariert werden. Ein aufwendiges Richten, wie es von konventionellen Fahrzeugen bekannt ist, entfällt.

Innovatives Ersatzteilkonzept

Durch weitestgehende Standardisierung aller Schnittstellen, Bauteile und Komponenten erübrigt sich größtenteils eine kundenspezifische und kostenintensive Ersatzteilbevorratung beim jeweiligen Verkehrsbetrieb. Der Großteil aller Bauteile und Komponenten kann im Bedarfsfall innerhalb kürzester Zeit aus einem Zentrallager zur Verfügung gestellt werden.

Ausführliche Dokumentation

Bei Fahrzeugen aus der Combino-Familie ist es nunmehr möglich, bereits bei der

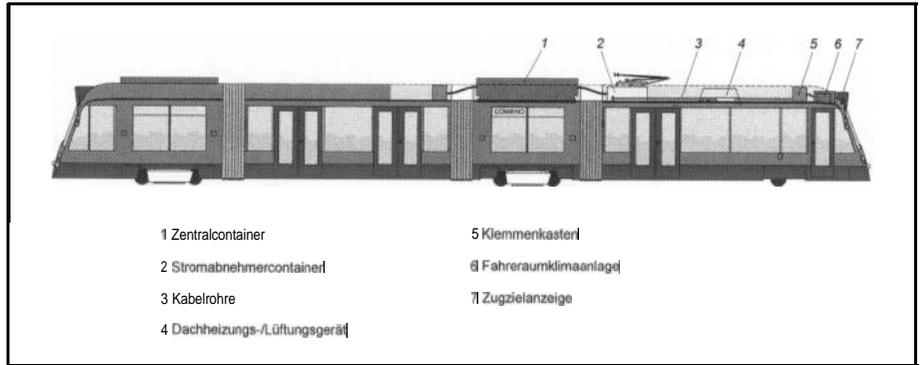


Bild 7: Anordnung der Dachaufbauten.

Fahrzeugübergabe eine kostengünstige und systembezogene Fahrzeugdokumentation bereitzustellen. Vorteile dieser umfassenden, gut gegliederten und präzisen Dokumentation sind

- „schnelles Vertrautwerden“ des Betriebspersonals mit der Fahrzeugtechnik,
- rasche Fehlererkennung, -ortung und -behebung durch präzise und praxisbezogene Anweisungen sowie
- die Möglichkeit, selbständig und kostengünstig Reparaturen durchführen zu können.

Effektive Schulung und Weiterbildung

Gut ausgebildetes Werkstatt- und Servicepersonal bildet mit die Basis für eine hohe Fahrzeugverfügbarkeit und niedrige

Betriebskosten. Durch speziell auf die Technik des Combino zugeschnittene Schulungsmaßnahmen ist eine effiziente und fundierte Aus- und Weiterbildung des Personals sowohl in der Praxis als auch in der Theorie sichergestellt.

Betriebsbereite Übergabe der Fahrzeuge

Jedes Fahrzeug aus der Combino-Familie durchläuft vor der Auslieferung eine intensive Erprobung auf dem werkseigenen Testgleis. Durch diese betriebs- und fahrbereite Übergabe an den Verkehrsbetrieb entfallen alle Aufwendungen und Betriebsbeeinträchtigungen, die bisher notwendig waren u.a. für die Bereitstellung von:

- Gleisanlagen und Energie,
- Fahrer und Fahrdienst und
- für die Werkstätten einschließlich der Infrastruktur.

Darüber hinaus können nun alle bereits bei der Fahrzeugübergabe alle erforderlichen Nachweise ausgehändigt werden wie z.B.:

- Geräuschmeßprotokolle,
- Störaussendungsprotokolle,
- Fahr- und Bremsleistungsprotokolle, etc.

Komfort und Sicherheit

Ein hohes Komfort- und Sicherheitsniveau ist wesentlicher Bestandteil eines neuen Fahrzeugkonzeptes. Welche wesentlichen Merkmale weist der Combino auf?

- 100-Prozent-Niederflur: Der Combino ist durchgehend in 100-Prozent-Niederflur mit einer Einstiegshöhe von 300 mm ausgeführt. Weder Stufen noch Podeste beeinflussen den schnellen Fahrgastflut3 im Fahrzeug. Auch im Einstiegsbereich an den Türen befinden sich keinerlei Rampen.

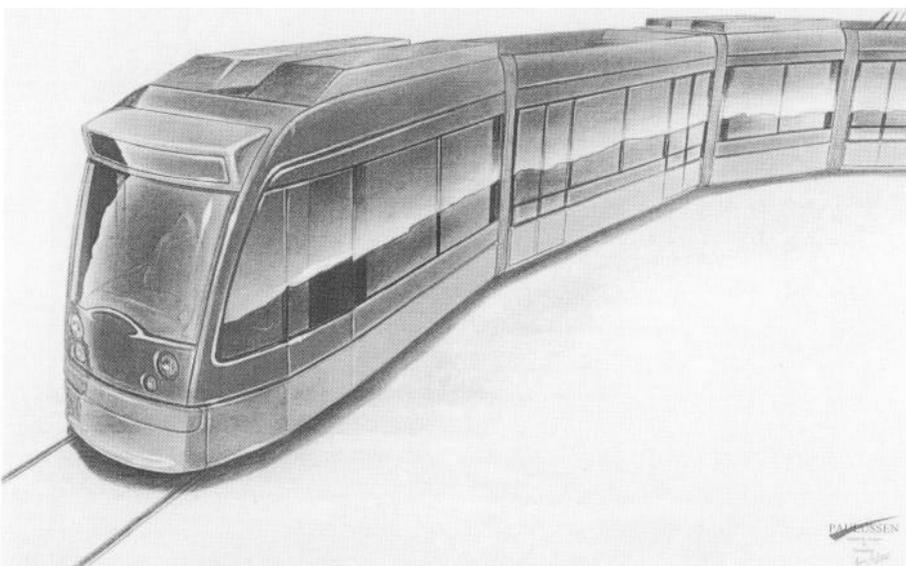


Bild 8: Design-Studie des Combino (Bilder: Siemens Verkehrstechnik).

- Haltestangen: Das neue Haltestangensystem gestattet dem Fahrgast eine durchgängig sichere Bewegungsfreiheit im gesamten Fahrzeug. Es beginnt mit einem neuen umlaufenden Haltestangenelement am Einstieg, übervariablen Deckenhaltestangen und endet mit Haltegriffen rechts und links an jedem Fahrgastsitz.
- Fahrgasttüren: die 1300 mm breiten Türöffnungen werden mit einer intelligenten Türsteuerung sowie einem akustischen und optischen Warnsystem gesichert. Damit wird ein flüssiger und sicherer Fahrgastwechsel gewährleistet.
- Seitenaufprallschutz: Mit seiner 60 mm starken Seitenwand garantiert der Combino eine sehr robuste Wagenkastenstruktur. Zusätzlich wird ein 400 mm hoher Bodenkanal in die Seitenwand integriert. Mit diesem insgesamt 160 mm starken verformungsstabilen Strukturelement bietet der Combino bei Unfällen einen optimalen Seitenaufprallschutz und verbessert damit deutlich die passive Sicherheit der Fahrgäste.
- Schallemission: Durch das neue Antriebskonzept mit einem minimierten Anteil der unabgefederten Massen wird die Schallemission gering gehalten. So ist die komplette Antriebseinheit über schall- und schwingungsdämpfende Elemente voll abgefedert im Fahrwerkrahmen mit Primär- und Sekundärfederungssystem aufgehängt.

Erprobung

Für die Konzeption der gesamten Fahrzeugtechnik gilt der Leitsatz „So innovativ wie nötig, so bewährt und erprobt wie möglich“. In der ersten Stufe wurden alle Kom-

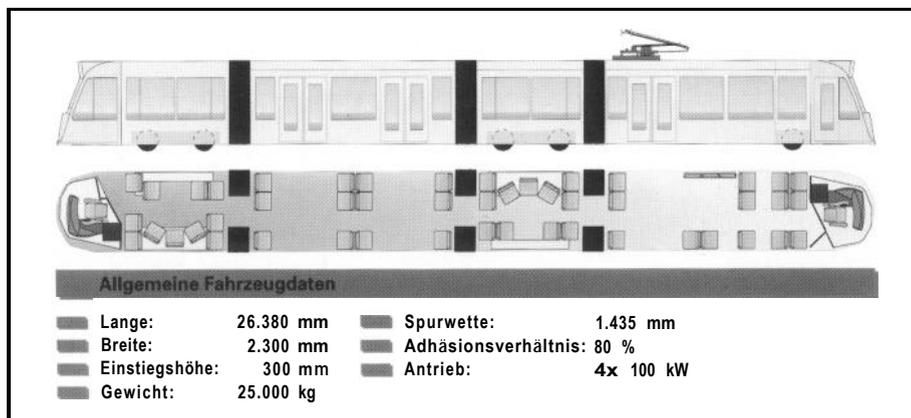


Bild 9: Der Prototyp des Combino enthält alle Module der Fahrzeugfamilie.

ponenten und Subsysteme entsprechend dem jeweiligen Innovationsgrad einem Typ- und Systemtest unterzogen. Mit der zweiten Stufe wird derzeit das gesamte Fahrzeugkonzept Combino auf dem Testgleis in Düsseldorf erprobt. Damit alle Module der Fahrzeugfamilie getestet werden können, wurde ein Prototyp-Fahrzeug entsprechend der Abbildung g konzipiert und gebaut. In der dritten Stufe wird dieser Prototyp ab Herbst 1996 europaweit eingesetzt.

Zusammenfassung

Der Combino ist ein besonders attraktives und günstiges Fahrzeugkonzept für den leichten Personennahverkehr. Die Kostenreduzierung ohne Abstriche an Komfort, Leistungsfähigkeit und Qualität wird durch Modularisierung, Standardisierung und neue Fertigungstechnik erreicht. Die Fahrzeuge aus der Combino-Familie können bei

der Erstprojektierung dank des modularen Systems individuell in Aufbau, Kapazität und Leistung zusammengestellt werden. Durch die intensive Erprobung des Prototypfahrzeuges wird eine nachweislich erprobte und bewährte Technik garantiert.

Literatur:

- [1] Giesen, U.: Standardisierung als Möglichkeit einer kostengünstigen Stadtbahn, *Der Nahverkehr* 11/94.
- [2] Müller-Hellmann, A.: Kostengünstige Schienenfahrzeuge für den Regionalverkehr, *Der Nahverkehr* 04/95.
- [3] Kortemeyer, A., Osterhus, W.: Siemens kommt mit dem Combino, *Der Nahverkehr* 10/95.
- [4] Hondius, H.: ÖPNV-Niederflurschienenfahrzeuge im Kommen (10), *Stadtverkehr* 2-3/96.

Siemens AG
Bereich Verkehrstechnik
Fahrzeuge Nahverkehr
91050 Erlangen
Tel. 09131/7-0
Fax 09131/7-20505

Mobility for a moving world.
Siemens Verkehrstechnik