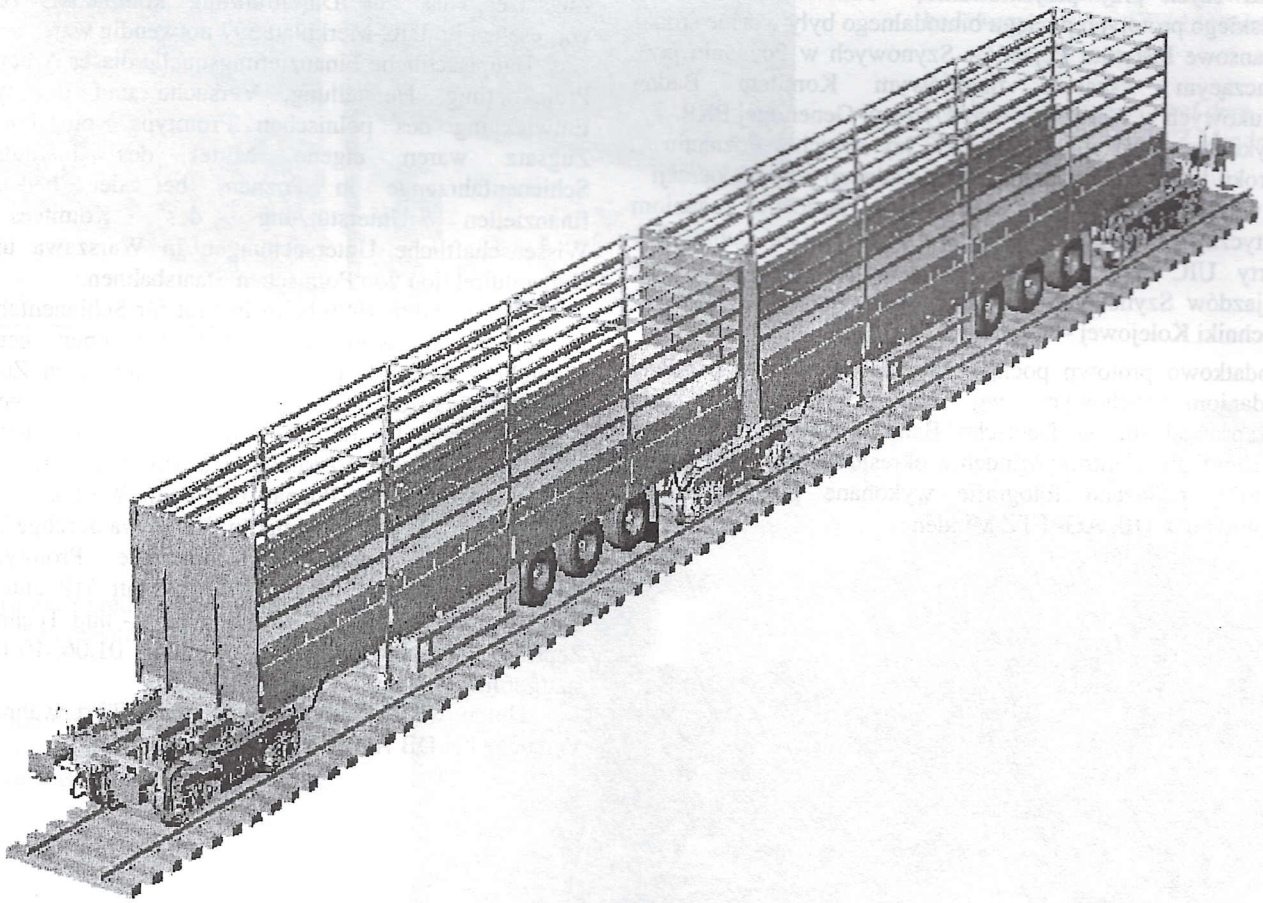
doc. dr inż. Marian Medwid
Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR"

Zmodernzowany tabor do transportu bimodalnego prystosowany do prędkości 160 km/h

Modernisierter Eisenbahnpark für den bimodalen Transport an die Geschwindigkeit von 160 km/h angepasst

W artykule zaprezentowano zmodernizowany tabor do transportu bimodalnego wykonany w oparciu o rozwiązania konstrukcyjne opracowane w Instytucie Pojazdów Szynowych w Poznaniu. Przedstawiono drugą generację konstrukcji zespołów pociągu bimodalnego: adaptera środkowego, adaptera końcowego, wózka z układem hamulcowym oraz skrzyniowej naczepy bimodalnej. Opisano zakres wykonanych badań prototypu pociągu, przeprowadzonych w Polsce oraz w Niemczech.

In dem Artikel wurde der modernisierte Eisenbahnpark für bimodalen Transport präsentiert, der auf Grund von der in Instytut Pozjazdów Szynowych in Poznań erarbeiteten Konstruktionsausführung gefertigt wurde. Man stellte die zweite Generation des bimodalen Zugsatzeskonstruktions dar: Mitteladapter, Endadapter, Drehgestell mit Bremssystem und einen bimodalen Kastentrailer. Es wurde auch der Umfang von den in Polen und Deutschland an dem Prototyp des Zugsatzes durchgeführten Versuchen beschrieben



1. Wstęp

Prace badawczo rozwojowe nad polskim taborem bimodalnym rozpoczęto w 1993 r w Instytucie Pojazdów Szynowych w Poznaniu (dawniej Ośrodek Badawczo Rozwojowy Pojazdów Szynowych) gdzie opracowano dokumentację konstrukcyjną wózków z adapterami oraz wytyczne dla producentów do wykonania dokumentacji naczep bimodalnych. Dokumentację konstrukcyjną naczep bimodalnych oraz prototypy naczep wykonano w następujących polskich firmach:

- naczepa skrzyniowa: Zremb – Wrocław,
- cysterna paliwowa oraz cysterna gazowa: Zasta – Słupsk.

Prototypowe adaptery, skrajne i środkowe, wykonano w Zastal Wagony - Zielona Góra, a wózki kolejowe w Pafawag – Wrocław. Prototyp złożony z dwóch wózków skrajnych, wózka środkowego oraz naczepy skrzyniowej i cysterny paliwowej wykonano w 1995 roku. W Instytucie Pojazdów Szynowych Poznań przeprowadzono jego statyczne badania wytrzymałościowe.

W 1996 roku wykonano prototyp drugiego wózka środkowego z adapterem oraz bimodalną naczepę w postaci cysterny gazowej. W ten sposób uzyskano trzynaczepowy skład prototypu pociągu bimodalnego niezbędny do wykonania pełnych badań przewidzianych w Karcie UIC 597.

Podstawowym źródłem finansowania prac naukowo badawczych przy projektowaniu, budowie i badaniach polskiego prototypu pociągu bimodalnego były własne środki finansowe Instytutu Pojazdów Szynowych w Poznaniu przy znaczącym wsparciu finansowym Komitetu Badań Naukowych w Warszawie oraz Dyrekcji Generalnej PKP.

Wykonany w Instytucie Pojazdów Szynowych w Poznaniu w roku 1996 prototyp pociągu bimodalnego przy kooperacji z wyżej wymienionymi dostawcami, poddano badaniom statycznym i ruchowym zgodnie z wymaganiami punktu 1.6. karty UIC 597. Badania przeprowadzono w Instytucie Pojazdów Szynowych - Poznań oraz Centrum Naukowym Techniki Kolejowej - Warszawa.

Dodatkowo prototyp pociągu bimodalnego został poddany badaniom ruchowym wg Karty UIC 518, które przeprowadzono w Deutsche Bahn AG-Forschungs- und Technologie- Zentrum Minden w okresie 01.06 – 10.10.2000. Poniżej pokazano fotografie wykonane podczas badań prototypu w DB, AG- FTZ Minden

1. Einführung

Entwicklungs- und Versuchsarbeiten am polnischen bimodalen Tabor hat man im Jahre 1993 beim Institut für Schienenfahrzeuge in Poznań (ehemaliges Versuchs- und Entwicklungszentrum für Schienenfahrzeuge) angefangen. Hier wurden Konstruktionsdokumentation von Drehgestellen incl. Adapter erarbeitet und die Richtlinien hinsichtlich der Herstellung von Trailer für Produzenten vorbereitet. Die Konstruktionsdokumentation der bimodalen Trailer und die Prototype dieser Trailer wurden bei folgenden polnischen Herstellern ausgeführt:

- der Kastentrailer : ZREMB Wrocław,
- Kraftstofftankwagen und Gastankwagen: ZASTA, Słupsk.

Prototype der Adapter, End- und Mitteladapter wurden bei ZASTAL-WAGONY, Zielona Góra und Eisenbahndrehgestelle bei PAFAWAG, Wrocław ausgeführt.

Ein Prototyp bestehend aus zwei Enddrehgestellen, einem Mitteldrehgestell, einem Kastentrailer und einem Kraftstofftankwagen wurde im Jahre 1995 hergestellt. Mit diesem Prototyp hat man beim Institut für Schienenfahrzeuge in Poznań statische Festigkeitsversuche durchgeführt.

Im Jahre 1996 hat man einen zweiten Prototyp des Mitteldrehgestells incl. Adapter und einen bimodalen Trailer in Form eines Gastankwagens ausgeführt. Auf diese Weise entstand ein Prototyp eines bimodalen Drei-Trailer-Zugsatzes, das zur Durchführung kompletter Versuche vorgesehen im UIC-Merkblatt 597 notwendig war.

Hauptsächliche Finanzierungsquelle dieser Arbeiten der Projektierung, Herstellung, Versuche und der weiterer Entwicklung des polnischen Prototyps vom bimodalen Zugsatz waren eigene Mittel des Instituts für Schienenfahrzeuge in Poznań, bei der bedeutenden finanziellen Unterstützung des Komitees für Wissenschaftliche Untersuchungen in Warszawa und der Generaldirektion von Polnischen Staatsbahnen.

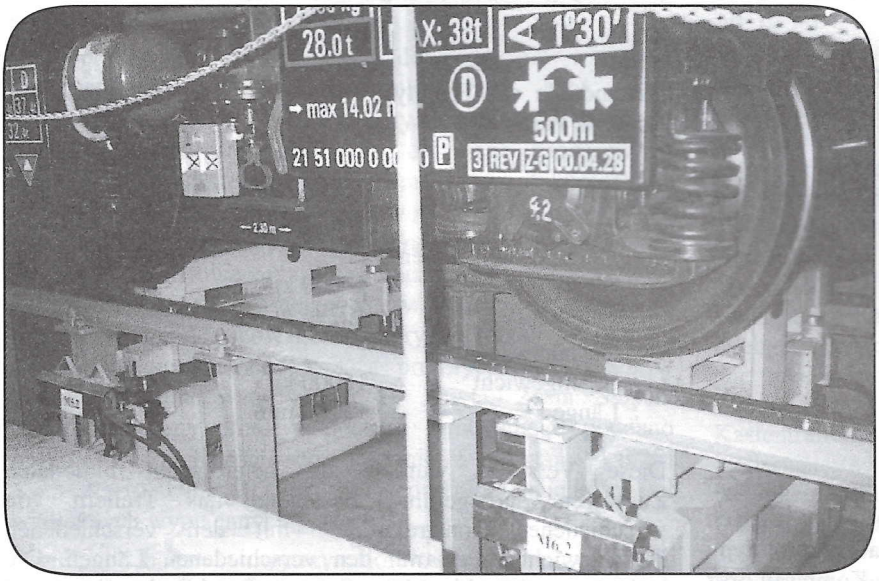
Das im Jahre 1996 beim Institut für Schienenfahrzeuge in Poznań in Kooperation mit den oben genannten Herstellern, hergestellte Prototyp des bimodalen Zugsatzes wurde den statischen und dynamischen Versuchen gem. den Anforderungen des Punktes 1.6 des UIC-Merkblattes 597 unterzogen. Diese Versuche wurden beim Institut für Schienenfahrzeuge in Poznań und beim Wissenschaftlichen Zentrum der Eisenbahntechnik in Warszawa durchgeführt.

Zusätzlich wurde das bimodale Prototyp den Fahrtsversuchen gem. dem UIC-Merkblatt 518 unterzogen, die beim Deutsche Bahn AG-Forschungs- und Technologie-Zentrum Minden in der Zeit vom 01.06.-10.10.2000. stattgefunden haben.

Unten werden Abbildungen, ausgeführt während der Versuche bei DB AG FTZ Minden, präsentiert.

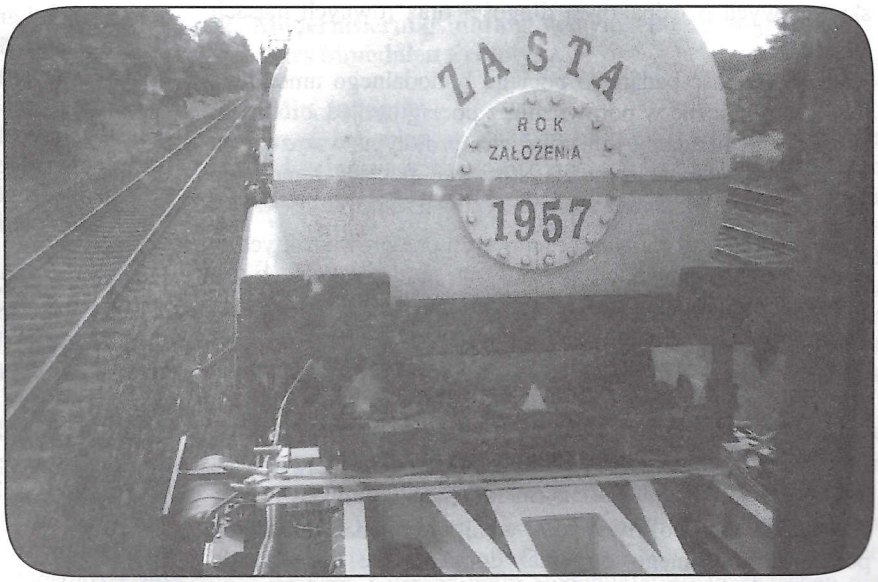
Fot.1
Pociąg badawczy z taborem bimodalnym na terenie DB- FTZ w Minden.

Abb.1
Versuchszug mit dem bimodalen Zugsatz auf dem Gelände von DB- FTZ in Minden.



Fot. 2
Zestaw bimodalny na stanowisku badawczym DB w FTZ Minden.

Abb. 2
Der bimodale Zugsatz auf dem Prüfstand des DB in FTZ Minden.

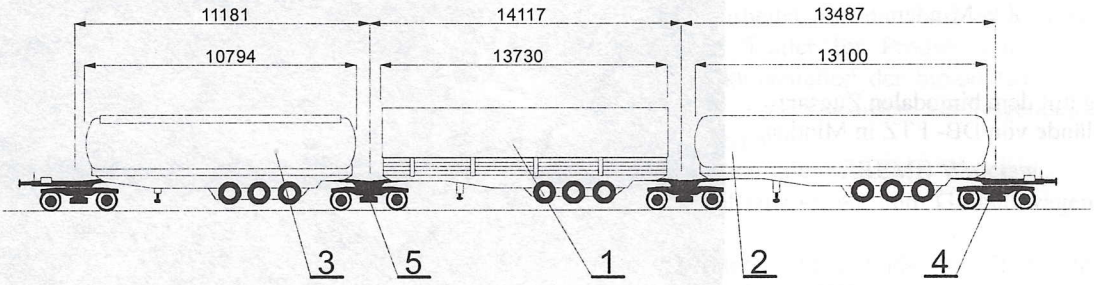


Fot. 3
Jazda próbna z prędkością 176 km/h na trasie Neubeckum-Brackwede.

Abb. 3
Versuchsfahrt mit der Geschwindigkeit von 176 km/h auf der Strecke Neubeckum-Brackwede.

Badaniom poddano prototyp przedstawiony na rys. 1.1 złożony z naczepy skrzyniowej **1**, cysterny paliwowej **2**, cysterny gazowej **3** oraz wózków z adapterami końcowymi **4** i środkowymi **5**.

Den Versuchen wurde der Prototyp gezeigt auf der Zch. 1.1 unterzogen, bestehend aus einem Kastentrailer 1, einem Kraftstofftankwagen 2, einem Gastankwagen 3 und aus Drehgestellen mit den End- 4 und Mitteladapter 5.



Rys. 1.1 Badany prototyp pociągu bimodalnego.
Zch. 1.1 Der versuchte Prototyp des bimodalen Zugsatzes.

Elementy pociągu miały następujące parametry:

- naczepa skrzyniowa 1 :
  masa własna - 10700 kg
  długość - 13730 mm
- cysterna paliwowa 2 :
  masa własna - 11000 kg
  długość - 10794 mm
- cysterna gazowa 3 :
  masa własna - 15000 kg
  długość - 13100 mm

Badania przeprowadzono na niejednorodnym pociągu bimodalnym złożonym z naczep różnej konstrukcji o różnych masach i różnych długościach. Dotychczas badane prototypy pociągów bimodalnych systemu Road Railer, Kombirail oraz Transrailer złożone były z jednorodnych naczep skrzyniowych o jednakowej długości oraz równych masach własnych.

Niejednorodność badanego pociągu bimodalnego umożliwia jego szerszą ocenę w porównaniu z pociągiem jednorodnym. Wyniki badań ruchowych polskiego prototypu wskazują na to, że w eksploatacji można stosować pociągi bimodalne niejednorodne, złożone z różnych typów naczep.

Wyniki badań statycznych i ruchowych przeprowadzonych w polskich i niemieckich ośrodkach badawczych, a w szczególności badania ruchowe przeprowadzone w Deutsche Bahn AG- FTZ Minden według kryteriów Karty UIC 518, potwierdziły, że prototyp pociągu bimodalnego spełnia wszystkie wymagania punktu 1.6 Karty UIC 597 a w zakresie biegowym spełnia kryteria bezpieczeństwa ruchu, spokojności jazdy oraz oddziaływania na tor do prędkości V_{max} = 176 km/h.

Na podstawie pozytywnych wyników badań, prototyp pociągu bimodalnego otrzymał dopuszczenie systemu do ruchu na sieci PKP przez Głównego Inspektora Kolejnictwa. W trakcie czynionych starań o dopuszczenie polskiego

Bestandteile des Prototyps vom bimodalen Zugsatz hatten folgende Parameter:

- Kastentrailer 1 :
  Eigengewicht - 10700 kg
  Länge - 13730 mm
- Kraftstofftankwagen 2 :
  Eigengewicht - 11000 kg
  Länge - 10794 mm
- Gastankwagen 3 :
  Eigengewicht - 15000 kg
  Länge - 13100 mm

Diese Versuche wurden am heterogenen bimodalen Zugsätzen durchgeführt, bestehend aus Trailern von verschiedener Konstruktion mit den verschiedenen Eigengewichten und mit den verschiedenen Längen. Die bisher versuchten bimodalen Systeme Road Railer, Kombirail und Transrailer bestanden aus homogenen Kastentrailern mit der gleichen Länge und gleichem Eigengewicht.
Heterogenität des untersuchten Zugsatzes ermöglicht eine breitere Bewertung im Vergleich mit einem homogenen Zugsatz. Ergebnisse der dynamischen Versuche an polnischem Prototyp weisen darauf hin, dass man mit Erfolg im regelmäßigen Betrieb heterogene bimodale Zugsätze, bestehend aus verschiedenen Trailertypen anwenden kann.
Ergebnisse der statischen und dynamischen Versuche durchgeführt bei den polnischen und deutschen Versuchsstätten, und vor allem die Fahrtsversuche realisiert bei der Deutschen Bahn AG-FTZ in Minden gem. den Kriterien des UIC-Merkblattes 518, bewiesen, dass das untersuchte Prototyp des bimodalen Zugsatzes alle Anforderungen des Punktes 1.6 des UIC-Merkblattes 597 erfüllt, und im Laufbereich die Kriterien der Fahrsicherheit, der Laufruhigkeit und der Entgegenwirkung auf die Schiene bis auf die Geschwindigkeit von V_{max} = 176 Km/h erfüllt.
Auf der Grundlage von positiven Ergebnissen der durchgeführten Versuche erhielt der Prototyp die Zulassung zur Exploatierung im PKP-Netz vom Hauptinspektor der Eisenbahnen. Während des Erwerbens der Zulassung für das

systemu do ruchu na sieci kolei DB, niemiecki urząd Eisenbahn – Bundesamt, podwyższył wymagania wytrzymałościowe dotyczące naczepy oraz adapterów w stosunku do wymagań określonych w Karcie UIC 597. Podwyższone wymagania EBA dotyczyły zdolności systemu do przenoszenia sił wzdłużnych:

- ściskanie w osi zderzaków: Karta UIC 597 przewiduje obciążenie 850 kN, wymaganie EBA przewiduje obciążenie 1200 kN,
- rozciąganie w osi sprzęgu: Karta UIC 597 przewiduje obciążenie 850 kN, wymaganie EBA przewiduje obciążenie 1000 kN.

W związku z tym EBA podwyższył również wymagania dotyczące minimalnej prędkości nabiegania: Karta UIC przewiduje prędkość 5 km/h, wymaganie EBA przewiduje prędkość 7 km/h.

Ponadto EBA zaostrzył wymaganie dotyczące dopuszczalnej strzałki ugięcia ramy naczepy pod obciążeniem maksymalnym ładunkiem: Karta UIC zakłada 5‰ ugięcia ramy naczepy, wymaganie EBA ogranicza max ugięcie ramy naczepy do 3,5‰.

Na podstawie wytycznych dotyczących wymagań wytrzymałościowych postawionych przez EBA oraz doświadczeń nabytych w czasie dotychczasowej eksploatacji polskiego systemu bimodalnego dokonano modernizacji konstrukcyjnej systemu. Opracowano nową dokumentację adapterów i naczepy skrzyniowej. W oparciu o tą dokumentację wykonano nowe, zmodernizowane adaptery środkowe i końcowe oraz nową naczepę skrzyniową, które zainstalowano na istniejących wózkach przebadanego prototypu. Zmodernizowane adaptery wykonano w fabryce Zastal Wagony-Zielona Góra, a prototyp nowej naczepy bimodalnej zbudowano w P. P. H. U. Zasta Słupsk. Zmodernizowany prototyp pociągu bimodalnego poddano próbom wytrzymałościowym zgodnie z punktami 1.6.2 i 1.6.3 Karty UIC 597, z uwzględnieniem wielkości sił wzdłużnych wymaganych przez EBA.

Wyniki badań wytrzymałościowych potwierdziły prawidłowość wcześniej wykonanych obliczeń wytrzymałościowych.

2. Zakres modernizacji, zespołów prototypu pociągu bimodalnego

2.1 Adapter środkowy

- Opracowano dokumentację konstrukcyjną adaptera środkowego spełniającego podwyższone wymagania wytrzymałościowe przy zachowaniu dotychczasowej masy adaptera środkowego ~ 1300 kg. Nowo opracowana konstrukcja adaptera środkowego przenosi obciążenia poziome: ściskanie 1200 kN, rozciąganie 1000 kN przy max obciążeniu pionowym 385 kN, w zakresie wytrzymałości sprężystej oraz siłę rozciągającą 1700 kN w zakresie wytrzymałości poniżej Rm.
- Obniżono wysokość siodeł adaptera środkowego z 1275 mm dla pierwszego prototypu do 1235 mm dla adapterów zmodernizowanych.
- Opracowano nową konstrukcję zamków adaptera umożliwiającą zwiększenie tolerancji różnicy wysokości

polnische System im DB-Netz verschärfte das deutsche Eisenbahn Bundesamt die Festigkeitsanforderungen für die Trailer und Adapter im Vergleich zu den Anforderungen aus der UIC-Merkblatt 597. Die erhöhten Anforderungen der EBA betrafen die Fähigkeit des Systems zur Längskräfteübertragung:

- Druck in der Pufferachse: UIC-Merkblatt 597 empfehlt die Belastung von 850 kN, EBA - Anforderung 1200 kN;
- Zug in der Kupplungsachse: UIC-Merkblatt 597 empfehlt die Belastung von 850 kN, EBA - Anforderung 1000 kN.

Im Zusammenhang damit hat EBA auch die Anforderungen hinsichtlich der minimalen Auflaufgeschwindigkeit erhöht: UIC-Merkblatt empfehlt die Geschwindigkeit von 5 Km/h, EBA - Anforderung 7 Km/h.

Außerdem hat EBA auch eine andere Anforderung verschärft und zwar den zugelassenen Biegepfeil vom Trailerrahmen unter der maximalen Belastung mit der Ladung: UIC-Merkblatt empfehlt 5 ‰ des Biegepfeils vom Trailerrahmen, EBA - Anforderung begrenzt den maximalen Biegepfeil bis auf 3,5 ‰.

Auf der Grundlage von EBA-Empfehlungen hinsichtlich der Festigkeitsanforderungen und auf der Basis von Erfahrungen gesammelt während der Exploatierung des polnischen bimodalen Systems hat man eine Konstruktionsmodernisierung dieses Systems vorgenommen. Im Rahmen dieser Modernisierung hat man eine neue Dokumentation für Adapter und für den Kastentrailer erarbeitet. Auf der Grundlage dieser neuen Dokumentation hat man neue modernisierte End- und Mitteladapter und einen neuen Kastentrailer ausgeführt, die auf den bisherigen Drehgestellen des untersuchten Prototyps montiert wurden. Die modernisierten Adapter wurden in Zastal Wagony – Zielona Góra und der Prototyp eines neuen bimodalen Kastentrailers in P.P.H.U. Zasta Słupsk hergestellt. Der modernisierte Prototyp des bimodalen Zugsatzes hat man den Festigkeitsversuchen gem. den Punkten 1.6.2 und 1.6.3 des UIC-Merkblattes 597 unterzogen, mit der Berücksichtigung der Größen von Längskräften angefordert durch EBA. Ergebnisse der Festigkeitsversuche sind mit den früher durchgeführten Festigkeitsberechnungen konvergent.

2. Modernisierungsumfang von einzelnen Baugruppen des bimodalen Prototyps

2.1 Mitteladapter

- man hat eine neue Konstruktionsdokumentation des Mitteladapters vorbereitet, der die erhöhten Festigkeitsanforderungen erfüllt bei der Einhaltung des bisherigen Eigengewichtes des Mitteladapters von ~ 1.300 Kg. Die neubearbeitete Konstruktion des Mitteladapters überträgt horizontale Belastungen: Zusammendrücken 1.200 kN, Ziehen 1.000 kN bei der max. vertikalen Belastung von 385 kN, im Bereich der elastischen Festigkeit und die Zugkraft von 1.700 kN im Bereich der Festigkeit unter R_m.
- Man hat die Höhe der Sattel vom Mitteladapter von 1.275 mm für den ersten Prototyp, auf die Höhe von 1.235 mm für die modernisierte Version reduziert.
- Man hat eine neue Konstruktionslösung von Adapterschlössers erarbeitet. Diese Lösung sichert größere Toleranz beim Höhenunterschied zwischen den Adaptersattel und den Trailersattel während der

pomiędzy siodłami adaptera i siodłami naczepy podczas łączenia naczepy z adapterem. Zapewnia ona również większą odporność na zużycia elementów sprzęgających (klin adaptera, czop naczepy).

- Opracowano nowe rozwiązanie konstrukcyjne blokady klinów zamka adaptera oraz zabezpieczenia zamka przed ewentualnym otwarciem przez osoby do tego nieupoważnione.
- Skonstruowano ulepszone podparcie adaptera na wózku. W miejsce dwóch podpór sprężystych adaptera w osi wzdłużnej wózka, zastosowanych na pierwszym prototypie, wprowadzono cztery podpory sprężyste (dwie dla adaptera górnego i dwie dla adaptera dolnego) odpowiednio rozstawione względem osi wzdłużnej i poprzecznej wózka. Zmiana ta została wprowadzona na pierwszym prototypie, przed rozpoczęciem badań w FTZ Minden.

2.2 Adapter końcowy

- Opracowano nową dokumentację adaptera skrajnego w celu spełnienia podwyższonych wymagań wytrzymałościowych jak dla adaptera środkowego.
- Obniżono wysokość siodeł adaptera do 1221 mm.
- Podwyższono masę adaptera do ~ 2500 kg dla uzyskania odpowiedniego nacisku na koło wózka skrajnego w celu spełnienia wymagań bezpieczeństwa ruchu wg karty UIC 518, dla prędkości ruchu pociągu bimodalnego V = 160 km/h w stanie próżnym. (Na podstawie wniosków z badań w FTZ Minden).
- Wprowadzono ulepszone rozwiązanie konstrukcyjne zamków adaptera oraz blokady klina tak jak na adapterze środkowym.
- Wprowadzono nowy system podparcia adaptera na wózku umożliwiający automatyczne podniesienie podpór adaptera na wózku, po najeździe naczepy na adapter.

2.3 Wózek kolejowy

- Obniżono masę wózka o ~ 300 kg.
- Uproszczono układ hamulcowy co umożliwiło zredukowanie strat fali hamowania pociągu.
- Wprowadzono ślizgi boczne ze zmniejszonym luzem wzdłużnym, zwłaszcza dla adapterów skrajnych, w celu uzyskania stabilnego ruchu wózków skrajnych przy prędkości ruchu V = 160 km/h + 10%. Dla wózków przeznaczonych do prędkości jazdy V = 120 km/h + 10% pozostają ślizgi standardowe. (Na podstawie wniosków z badań w FTZ Minden).

2.4 Naczepa bimodalna

- Opracowano nową konstrukcję naczepy bimodalnej z belką centralną. Naczepa spełnia podwyższone wymagania wytrzymałościowe takie jak adapter środkowy i skrajny oraz wymagania dotyczące wytrzymałości ściany czołowej, burt bocznych i szkieletu opończy.
- Strzałka ugięcia ramy naczepy przy maksymalnym obciążeniu ~ 26500 kg wynosi ~ 3,5 ‰ i jest mniejsza od dopuszczalnej strzałki ugięcia ramy naczepy 5 ‰ określonej w karcie UIC – 597.

Verbindung des Trailers mit dem Adapter. Diese neue Konstruktion der Adapterschlösser gewährleistet auch eine höhere Widerstandsfestigkeit gegen Verschleiß von Kupplungselementen (Adapterkeile, Trailerzapfen).

- Man hat eine neue Konstruktionslösung der Keilblockaden von den Adapterschlössern und spezielle Sicherung für die Schlösser gegen das eventuelle Öffnen durch unbefugte Personen erarbeitet.
- Man hat eine neue Lösung für die Stützmethode des Adapters auf dem Drehgestell erarbeitet. Anstelle von zwei elastischen Stützelementen des Adapters in der Längsachse des Drehgestells, angewendet im ersten Prototyp, hat man vier elastische Stützelemente (zwei für den oberen und zwei für den unteren Adapter) eingeführt, beide entsprechend im Verhältnis zur Längs- und Querachse platziert. Diese Veränderung wurde am ersten Prototyp noch vor den Versuchen bei FTZ Minden eingeführt.

2.2 Endadapter

- Man hat eine neue Dokumentation des Endadapters bearbeitet zwecks Erfüllung von Festigkeitsanforderungen wie im Falle des Mitteladapters.
- Man hat die Höhe der Adaptersattel bis auf 1.221 mm reduziert.
- Man hat das Eigengewicht des Adapters auf ~ 2.500 Kg erhöht, zwecks Erhalt eines entsprechenden Druckes auf das Rad des Enddrehgestells, um damit die Anforderungen der Fahrsicherheit gem. dem UIC-Merkblatt 518 zu erfüllen, für die Geschwindigkeit des bimodalen Zugsatzes von V = 160 Km/h im leeren Zustand (auf der Grundlage von Schlussfolgerungen aus den Versuchen bei FTZ Minden).
- Man hat eine neue Konstruktionslösung von Adapterschlösser und der Keilblockade wie im Mitteladapter eingeführt.
- Man hat ein neues Stützsystem des Adapters auf dem Drehgestell eingeführt, das ein automatisches Aufheben von Adapterstützen auf dem Drehgestell ermöglicht, auch nach dem Auflaufen des Trailers auf den Adapter.

2.3 Drehgestell

- Man hat das Eigengewicht des Drehgestells um 300 Kg reduziert.
- Man hat das Bremssystem vereinfacht, was die Reduzierung von Verlusten der Bremswellen des Zuges ermöglichte.
- Man hat Seitengleitstück mit reduziertem Längsspiel eingeführt, vor allem für die Endadapter zwecks Erhalt einer stabilen Fahrt von Enddrehgestellen bei der Fahrtgeschwindigkeit von 160 Km/h + 10%. Bei den Drehgestellen geeignet für die Geschwindigkeit von 120 Km/h +10% ist der Standardgleitstück geblieben (auf der Grundlage von Schlussfolgerungen aus den Versuchen bei FTZ Minden).

2.4 Der bimodale Trailer

- Man hat eine neue Dokumentation des bimodalen Trailers mit einem Zentralbalken bearbeitet. Der Trailer erfüllt die verschärften Festigkeitsanforderungen wie für den Mittel- und Endadapter und zusätzlich die Anforderungen bezüglich der Festigkeit der Pufferträgerwand, der Seitenbords und der Planegerippe.
- Der Biegepfeil vom Trailerrahmen bei der maximalen Belastung ~ 26.500 Kg beträgt ~ 3,5 ‰ und ist kleiner

- Nowa naczepa spełnia obowiązujące standarty gabarytowe. Jej wysokość wynosi 4000 mm, natomiast szerokość 2550 mm. Na podłodze naczepy można umieścić 34 europalety.

3. Opis części składowych zmodernizowanego pociągu

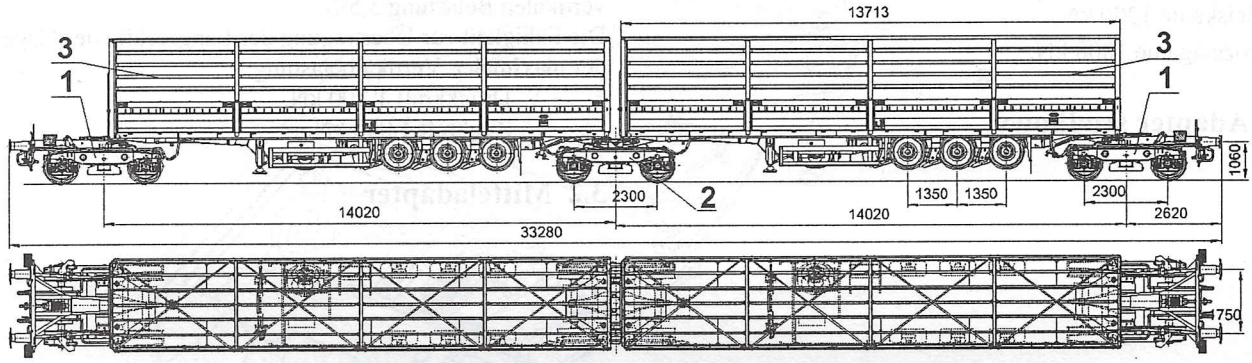
Na rys. 3.1 przedstawiono zmodernizowany pociąg bimodalny

als der zugelassene Biegepfeil vom Trailerrahmen 5 ‰ gem. dem UIC-Merkblatt 597.

- Der neuprojektierte Trailer erfüllt die gültigen Aufmassstandards. Trailerhöhe beträgt 4.000 mm und die Breite 2.550 mm. Auf dem Trailerladeboden kann man 34 Europaletten platzieren.

3. Beschreibung der Bestandteile vom modernisierten Zugsatz

Die Zch. 3.1 stellt den modernisierten bimodalen Zugsatz



Rys. 3.1 Zmodernizowany pociąg bimodalny.
Zch. 3.1 Der modernisierte bimodale Zugsatz

złożony z dwóch wózków skrajnych **1** jednego wózka środkowego **2** oraz dwóch plandekowych naczep bimodalnych **3**.

Konstrukcja adapterów umożliwia transportowanie różnych naczep. Może to być naczepa plandekowa, naczepa chłodnia o budowie walizkowej lub sztywna naczepa w postaci zbiornika cysterny.

3.1. Charakterystyka techniczna pociągu bimodalnego

- masa wózka środkowego z adapterem - 8000 kg
- masa wózka skrajnego z adapterem - 9100 kg
- masa naczepy - 10100 kg
- ładowność naczepy - 26900 kg
- maksymalny nacisk na oś zestawu kołowego na tor - 22,5 t
- maksymalna prędkość pociągu:
  V = 120 km/h przy nacisku na oś 22,5 t
  V = 160 km/h przy nacisku na oś 18 t
- rozstaw osi wózka - 2300 mm
- rozstaw czopów skrętu wózków - 14020 mm
- odległość między sąsiednimi naczepami - 350 mm
- przesuw poprzeczny belki bujakowej wózka - 35 mm
- wysokość siodeł adaptera środkowego w stanie swobodnym - 1235 mm
- wysokość siodeł adaptera skrajnego w stanie swobodnym - 1221 mm

Bestehend aus zwei Enddrehgestellen **1**, einem Mitteldrehgestell **2**, und zwei bimodalen Planentrailer **3**.

Adapterkonstruktion ermöglicht das Transportieren von Trailer verschiedener und beliebiger Bauart. Dies kann ein Planentrailer sein oder ein Kühltrailer (Kastenbauart) oder eine steife Konstruktion wie im Falle eines Tankwagens

3.1 Technische Charakteristik des bimodalen Zugsatzes

- Gewicht des Mitteldrehgestells incl. Adapter - 8.000 Kg
- Gewicht des Enddrehgestells incl. Adapter - 9.100 Kg
- Trailergewicht - 10.500 Kg
- Ladegewicht des Trailers - 26.5000 Kg
- maximale Radsatzlast auf die Schiene - 22,5 T
- maximale Zuggeschwindigkeit:
  V = 120 Km/h bei der Radsatzlast 22,5t
  V = 160 Km/h bei der Radsatzlast 18 t
- Abstand der Drehgestellachse - 2.300 mm
- Abstand der Drehzapfen vom Drehgestell - 14.020 mm
- Abstand zwischen den benachbarten Trailer - 350 mm
- Querverschiebung des Wiegebalkens vom Drehgestell - 35 mm
- Sattelhöhe des Mitteladapters im losen Zustand - 1.235 mm

- wysokość naczepy od główki szyny w stanie próżnym - 4000 mm
- szerokość naczepy - 2550 mm

Możliwość przejazdu przez:
- minimalny promień łuku R = 75 mm,
- minimalną nieckę toru R = 500 mm,
- rampę promową o łuku R = 120 mm i kącie 1,5°.

Maksymalna strzałka ugięcia naczepy przy max obciążeniu pionowym wynosi 3,5‰

Zdolność przenoszenia sił wzdłużnych pociągu przy max obciążeniu pionowym:
- ściskanie 1200 kN,
- rozciąganie 1000 kN.

3.2 Adapter środkowy

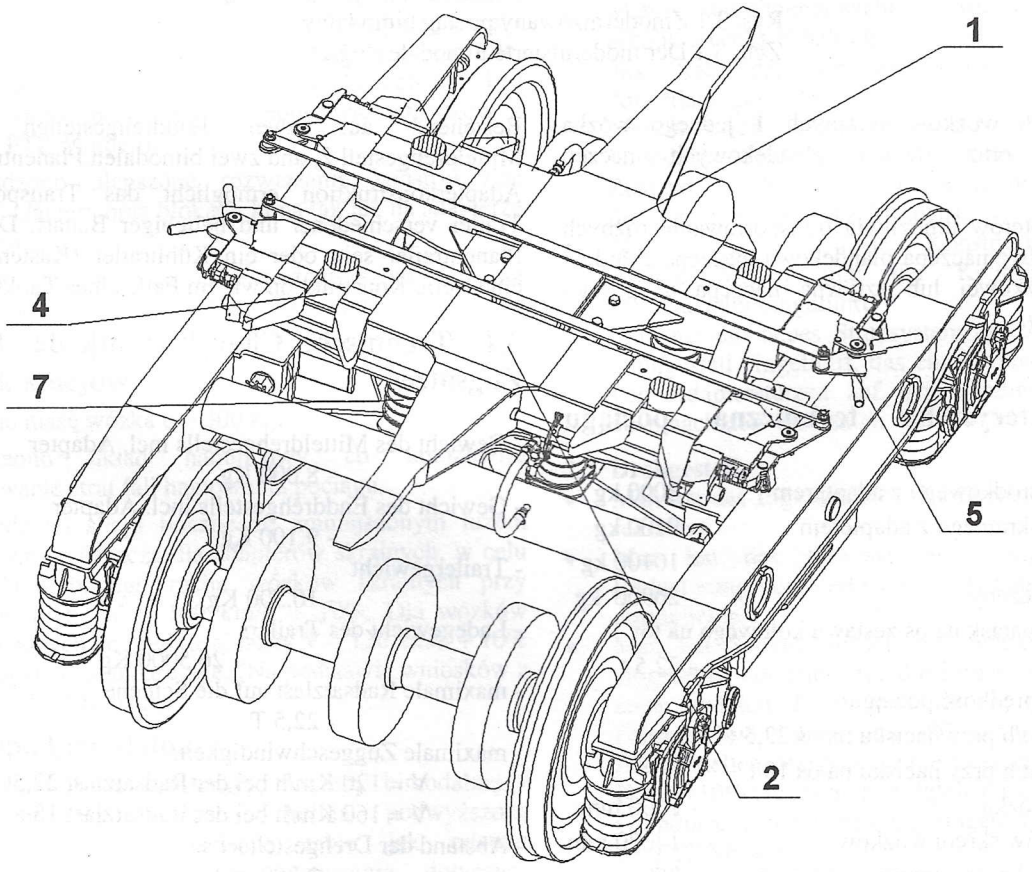
- Sattelhöhe des Endadapters im losen Zustand - 1.221 mm
- Trailerhöhe von der Schienenoberkante im leeren Zustand - 4.000 mm
- Trailerbreite - 2.550 mm

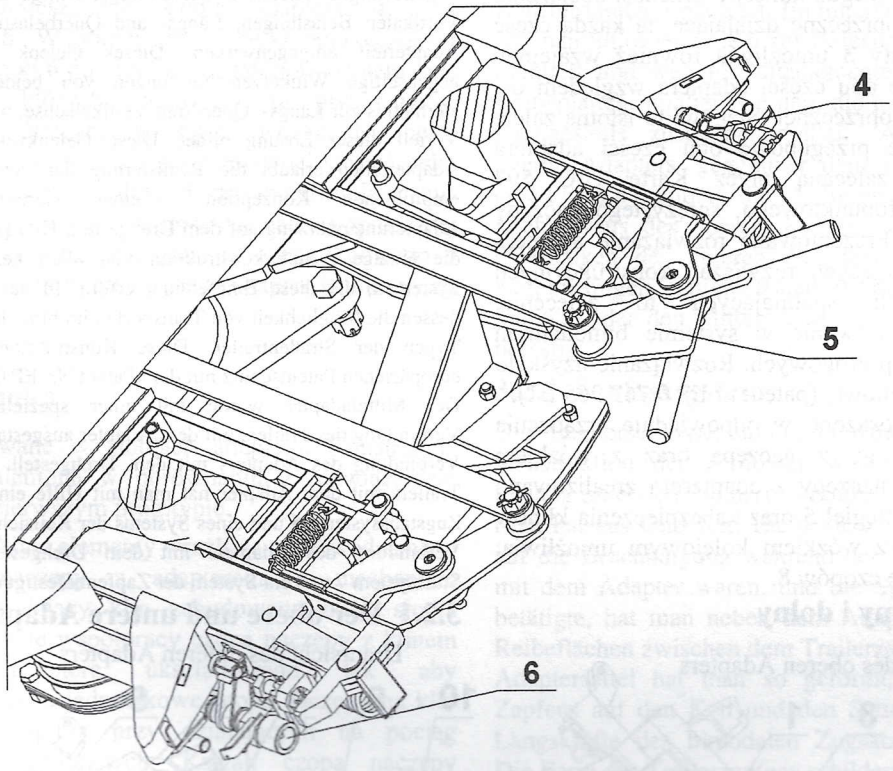
Die Möglichkeit der Fahrt durch:
- den minimalen Bogenradius R = 75 mm,
- die minimale Gleismulde R = 500 mm,
- die Überhöhungsrampe mit dem Bogen R = 120 mm und dem Winkel 1,5°.

Maximaler Biegepfeil des Trailers bei der maximalen vertikalen Belastung 3,5‰.

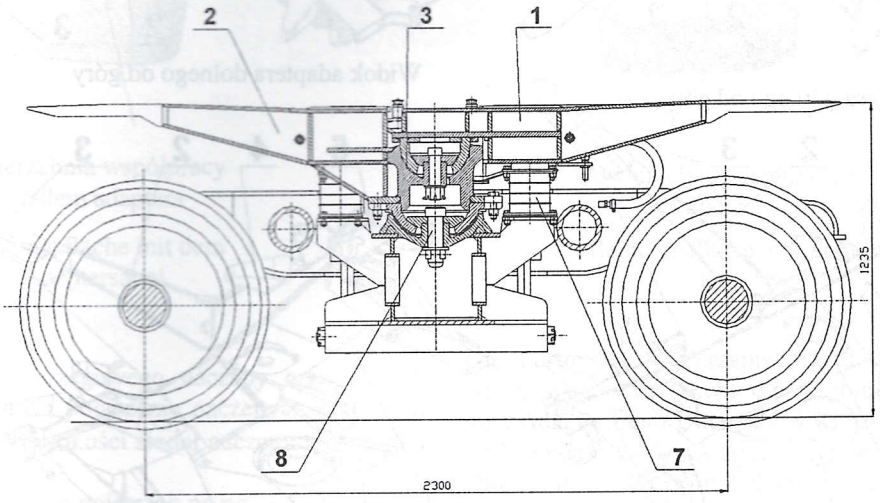
Die Fähigkeit zur Übertragung der Längskräfte des Zuges bei der maximalen Vertikalbelastung:
- Druckkraft 1.200 kN,
- Zugkraft 1.000 kN.

3.2 Mitteladapter





Rys. 3.2 Widok ogólny adaptera środkowego.
Zch. 3.2 Gesamtansicht des Mitteladapters



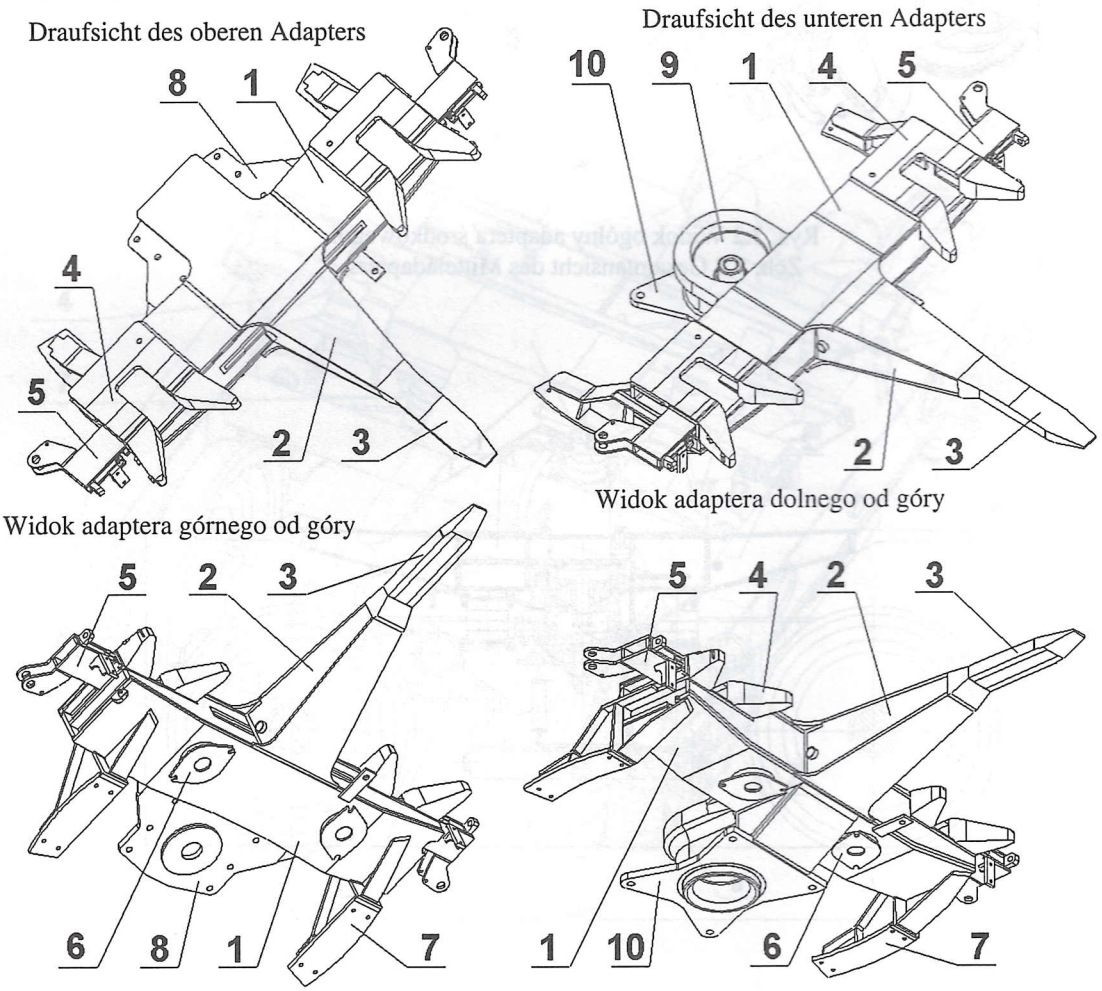
Rys. 3.3 Przekrój podłużny adaptera środkowego
Zch. 3.3 Längsquerschnitt des Mitteladapters

Przedstawiony na rys. 3.2 i 3.3 adapter środkowy zaprojektowano jako adapter dwuczęściowy, złożony z adaptera górnego **1** i dolnego **2** połączonych między sobą przegubem kulistym **3**. Przegub kulisty **3** przenosi obciążenia pionowe, wzdłużne i poprzeczne działające na każdą część adaptera. Przegub kulisty **3** umożliwia również wzajemne przemieszczania kątowe obu części adaptera względem osi pionowej, wzdłużnej i poprzecznej. Stanowi to istotną zaletę rozwiązania. Połączenie przegubowe obu części adaptera pozwala zrealizować zalecaną przez Kartę UIC 597 koncepcję oparcia czteropunktowego, sprężystego naczepy na wózku kolejowym. Prezentowane rozwiązanie adaptera jest jedyne wśród istniejących rozwiązań konstrukcyjnych systemów bimodalnych spełniających to zalecenie. Umożliwia ono transportowanie w systemie bimodalnym wszystkich typów naczep drogowych. Rozwiązanie uzyskało europejską ochronę patentową, (patent nr EP 0 762 965 B1).
Adapter środkowy wyposażono w odpowiednie urządzenia służące do połączenia go z naczepą oraz z wózkiem kolejowym. Połączenie naczepy z adapterem zrealizowano przy pomocy zamka **4**, cięgieł **5** oraz zabezpieczenia klinów **6.** Połączenie adaptera z wózkiem kolejowym umożliwia: podparcie **7** i mocowanie czopów **8.**

3.2.1 Adapter górny i dolny

Der auf der Zch. 3.2 und 3.3 dargestellte Mitteladapter wurde als ein zweiteiliger Adapter projektiert, bestehend aus dem oberen Adapter **1** und dem unteren Adapter **2**, miteinander verbunden mit Hilfe eines kugelförmiges Gelenks **3**. Dieses kugelförmige Gelenk **3** überträgt die Vertikalen Belastungen, Längs- und Querbelastungen, die auf jeden Adapterteil entgegenwirken. Dieses Gelenk **3** ermöglicht auch gegenseitige Winkelverschie-bungen von beiden Adapterteilen im Verhältnis zur Längs-, Quer- und Vertikalachse, was ein entscheidender Vorteil dieser Lösung bildet. Diese Gelenkverbindung von beiden Adapterteilen erlaubt die Realisierung der von UIC-Merkblatt 597 empfohlenen Konzeption einer vierpünktigen, elastischen Adapterunterstützung auf dem Drehgestell. Hier präsentierte Lösung ist die einzige Adapterkonstruktion von allen bestehenden bimodalen Systemen, die diese Empfehlung erfüllt. In der Praxis gibt es dank dessen die Möglichkeit von Transporten im bimodalen System von allen Typen der Straßentrailer. Diese Konstruktionslösung erhielt den europäischen Patentschutz mit dem Patent Nr. EP 0 762 965 B1.
Der Mitteladapter wurde mit einer speziellen Einrichtung zur Verbindung des Trailers mit dem Adapter ausgestattet und weiterhin zur Verbindung des Adapters mit dem Drehgestell. Die Verbindung des Trailers mit dem Adapter hat man mit Hilfe eines Schlosssystems **4**, Zugstabssystems **5** und eines Systems der Keilsicherung **6** realisiert; die Verbindung des Adapters mit dem Drehgestell ermöglichen: ein Stützsystem **7** und ein System der Zapfenbefestigung **8.**

3.2.1 Der obere und untere Adapter



Widok adaptera górnego od dołu
Untersicht des oberen Adapters

Widok adaptera dolnego od dołu
Untersicht des unteren Adapters

Rys. 3.4 Adapter górny i dolny.
Zch. 3.4 Der obere und untere Adapter

Przedstawiony na rys. 3.4 adapter górny i dolny wykonano w postaci spawanej belki poprzecznej **1** oraz belki podłużnej **2** zakończonej czopem naprowadzającym **3**. Na końcach belki poprzecznej **1** umieszczono siodła adaptera **4** oraz prowadnice klina **5**. W dolnej strefie belki poprzecznej **1** usytuowano wsporniki **6** do mocowania podpór adaptera oraz wsporniki **7**, do których mocowane są płyty cierne współpracujące ze ślizgami bocznymi wózka. Na belce poprzecznej **1** adaptera górnego, po przeciwnej stronie belki podłużnej **2**, zabudowano płytę **8** do mocowania czopa kulistego adaptera górnego. Podobnie na belce poprzecznej adaptera dolnego umieszczono gniazdo czopa kulistego **9** oraz płytę **10** czopa skrętu mocującego adapter środkowy na ramie wózka.

3.2.2 Układ zamka

Zamki są zabudowane w siodłach adaptera. Konstrukcja zamka została zmieniona w porównaniu z rozwiązaniem zastosowanym na pierwszym prototypie.

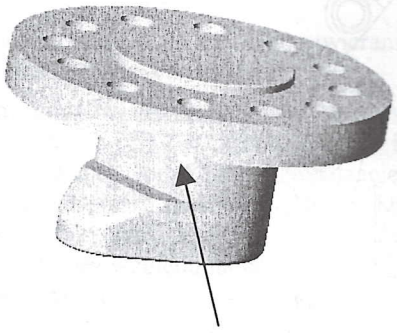
Wyeliminowano z klina elementy wrażliwe na uszkodzenia w czasie łączenia naczepy z adapterem, a mechanizm zapadkowy uruchamiający klin zabudowano obok siodła adaptera. Powierzchnie współpracy czopa naczepy z klinem oraz siodłem adaptera ukształtowano tak aby zminimalizować naciski jednostkowe czopa naczepy na klin oraz na siodło adaptera przy działających na pociąg bimodalny siłach wzdłużnych. Kształt czopa naczepy pokazano na rys. 3.5.

Der auf der Zch. 3.4 dargestellte obere und untere Adapter wurde ausgeführt als ein geschweißter Querbalken **1** und ein Längsbalken **2** mit einem Führungszapfen **3** am Ende. An den Querbalkenenden **1** hat man Adaptersattel **4** und Keilführungen **5** platziert. Im unteren Teil des Querbalkens **1** hat man Stützelemente **6** zur Befestigung von Adapterstützen montiert und weitere Stützelemente **7** befestigt, an die die Reibeplatten montiert werden, die mit Seitengleitstücken des Drehgestells zusammenarbeiten. Am Querbalken **1** des oberen Adapters, gegenüber dem Längsbalken **2**, hat man eine Platte **8** montiert, die zur Befestigung des kugelförmigen Drehzapfens des oberen Adapters dient. Ähnlich auf dem Querbalken des unteren Adapters hat man den Sitz des kugelförmigen Zapfens **9** und die Platte **10** des Drehzapfens montiert, der den Mitteladapter auf dem Drehgestellrahmen befestigt.

3.2.2 Schlosssystem

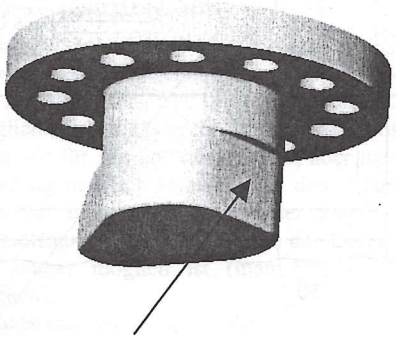
Die Adapterschlösser sind in die Adaptersattel eingebaut. Die Konstruktion der Schlösser wurde im Vergleich zu der Lösung im ersten Prototyp verändert.

Man hat aus dem Keil Elemente eliminiert, die empfindlich auf die Beschädigung während der Verbindung des Trailers mit dem Adapter waren, und die Sperrklinke, die den Keil betätigte, hat man neben dem Adaptersattel eingebaut. Die Reibeflächen zwischen dem Trailerzapfen, dem Keil und dem Adaptersattel hat man so geformt, damit der Druck des Zapfens auf den Keil und den Sattel, verursacht durch die Längskräfte des bimodalen Zugsatzes, minimalisiert wird. Die Form des Trailerzapfens schildert die Zch. 3.5



Powierzchnia współpracy z siodłem adaptera

Reibungsfläche mit dem Adaptersattel



Powierzchnia współpracy z klinem

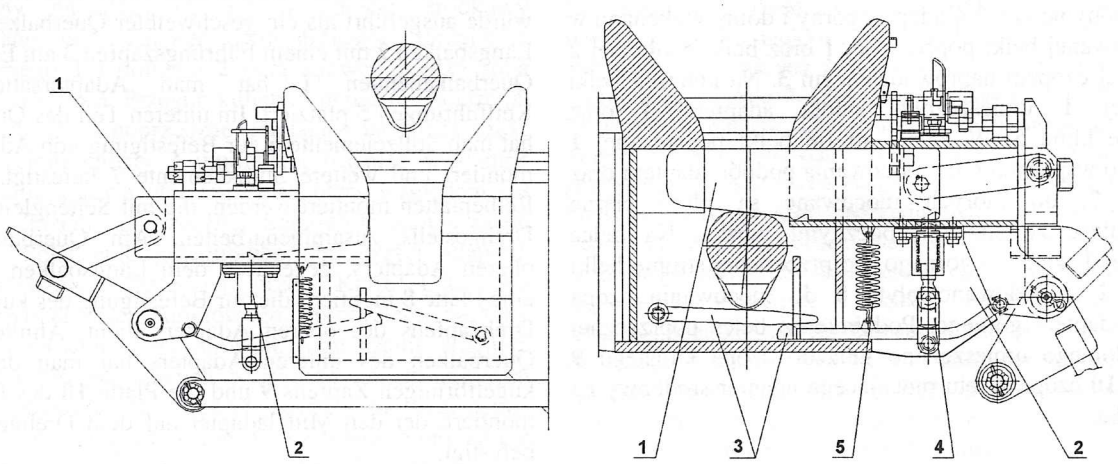
Reibungsfläche mit dem Keil

Ukształtowanie czopa sprzęgowego naczepy oraz skosów siodeł adaptera umożliwia połączenie naczepy z adapterem przy różnicy ± 30 mm wysokości siodeł naczepy w stosunku do siodeł adaptera.

Zamek adaptera środkowego pokazano na rys. 3.6

Die Form des Trailerzapfens und die schräge Form der Adaptersattel ermöglicht die Verbindung des Trailers mit dem Adapter beim Unterschied in der Höhe der Trailersattel im Verhältnis zu den Adaptersatteln von ±30 mm.

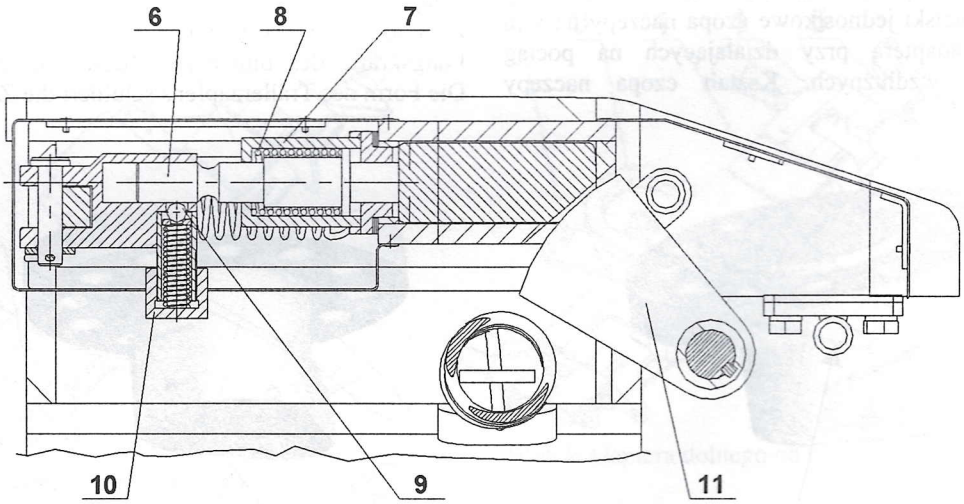
Das Schloss des Mitteladapters wurde auf der Zch. 3.6 geschildert



Zamek adaptera w położeniu otwartym
Adapterschloss im offenen Zustand

Zamek adaptera w położeniu zamkniętym
Adapterschloss im geschlossenen Zustand

Rys. 3.6 Zamek adaptera środkowego.
Zch. 3.6 Schloss des Mitteladapters



Rys. 3.7 Mechanizm zapadkowy.
Zch. 3.7 Klinkenmechanismus

Mechanizm zapadkowy **4** podtrzymuje klin w stanie otwartym a podczas łączenia naczepy z adapterem umożliwia automatyczne zaryglowanie czopa naczepy w siodle adaptera.

Składa się on z klina ryglującego **1** oraz mechanizmu automatycznego uruchamiania klina **2**. Mechanizm uruchamiania klina składa się z układu dźwigniowego **3** mechanizmu zapadkowego **4** oraz sprężyny naciągowej **5**.

Mechanizm zapadkowy **4** pokazano na rys. 3.7.

Besteht aus einem Verrieglungskeil **1** und einem Mechanismus für automatische Betätigung des Keils **2**. Dieser Mechanismus für automatische Betätigung des Keils besteht aus einem Hebelsystem **3**, einer Klinke **4** und einer Ziehfeder **5**.

Der Klinkenmechanismus **4** wurde auf der Zch. 3.7 präsentiert.

Przedstawiony na rys. 3.7 mechanizm zapadkowy składa się z następujących elementów: trzpienia z zapadką **6**, korpusu **7**, sprężyny **8**, zatrzasku kulkowego **9**, obudowy zatrzasku **10**.

W położeniu klina otwartego zapadka trzpienia **6** wchodzi w rowek wykonany na powierzchni bocznej klina i jest dociskana sprężyną **8** utrzymując klin w stanie otwartym.

W końcowej fazie łączenia naczepy z adapterem, nos czopa naczepy naciska na układ dźwigniowy **3** (rys. 3.6) powodując wyzębienie zapadki z rowka klina. W tym czasie kulka zatrzasku kulkowego **9** jest umieszczona w rowku trzpienia z zapadką **6** (rys. 3.7). Dalsze przemieszczenie się układu dźwigniowego **3** (rys. 3.6) wywołane popychaniem dźwigni nosem czopa naczepy, powoduje ruch trzpienia zapadki **6** w kierunku od klina ściskając sprężynę **8** (rys. 3.7). W momencie gdy opór ściskanej sprężyny **8** jest większy od siły docisku kulki zatrzasku kulkowego **9** do rowka w trzpieniu z zapadką **6**, następuje wyjście kulki z rowka i powrót trzpienia z zapadką w kierunku do klina pod wpływem nacisku sprężyny **8**. Ostrze zapadki oprze się o powierzchnię boczną klina i w momencie wyciągnięcia klina do pozycji otwartej zapadka wskoczy w rowek wykonany w ścianie bocznej klina. Równocześnie po odłączeniu naczepy od adaptera ustąpi nacisk nosa czopa naczepy na układ dźwigniowy i kulka zatrzasku kulkowego, pod wpływem działania sprężyny naciągowej powróci do rowka trzpienia z zapadką. W ten sposób klin pozostaje w stanie otwartym i jest gotowy do ponownego automatycznego zaryglowania czopa naczepy w siodle adaptera przy następnym połączeniu naczepy z adapterem.

3.2.3 Układ cięgieł

Układ cięgieł adaptera służy do ręcznego otwierania zamków w celu rozłączenia naczepy z adapterem.

Zespół dźwigni umożliwiających otwarcie zamków adaptera rozwiązano jednakowo dla adaptera górnego i dolnego. Przewidziano jednak odwrotną lokalizację układu dźwigniowego na adapterze górnym i dolnym. Dzięki temu uzyskano zawsze taki sam dostęp do uchwytów dźwigni otwierania zamków bez względu na położenie wózka w torze (nie ma potrzeby obracania wózków).

Układ cięgieł pokazano na rys. 3.8.

Der Klinkenmechanismus **4** hält den Keil im geöffneten Zustand und während der Verbindung des Trailers mit dem Adapter ermöglicht ein automatisches Verriegeln des Trailerzapfens im Adaptersattel.

Der auf der Zch. 3.7 dargestellte Klinkenmechanismus besteht aus folgenden Elementen: Bolzen mit der Klinke **6**, Gehäuse **7**, Feder **8**, kugelförmiger Schnappverschluss **9**, Schnappverschlussgehäuse **10**.

Im geöffneten Zustand des Keils geht die Bolzenklinke **6** in eine Rille auf der Seitenfläche des Keils rein und wird durch die Feder **8** gedrückt, womit sie den Keil im geöffneten Zustand hält.

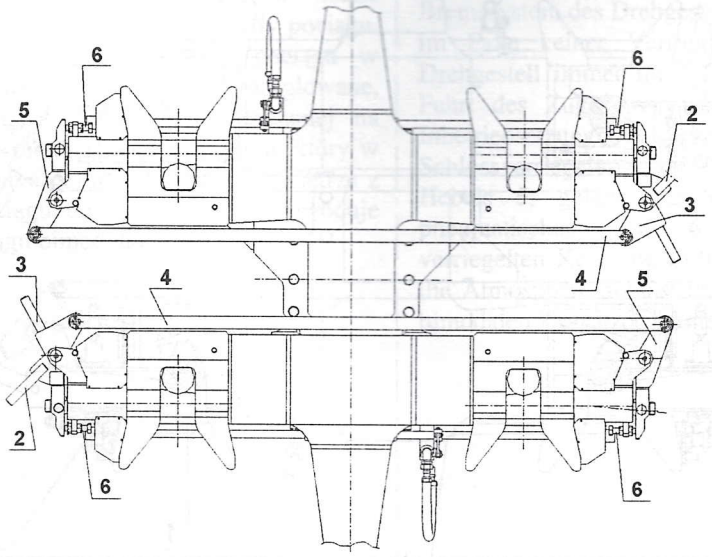
In der letzten Phase der Verbindung des Trailers mit dem Adapter drückt die Nase des Trailerzapfens auf das Hebelsystem **3** (Zch. 3.6) und verursacht das Ausklinken aus der Keilrille. In derselben Zeit ist die Kugel des Schnappverschlusses **9** in der Rille des Bolzens mit der Klinke **6** (Zch. 3.7) platziert. Weitere Verschiebung des Hebelsystems **3** (Zch. 3.6) verursacht durch das Schieben des Hebels mit der Nase des Trailerzapfens, verursacht weiterhin die Bewegung des Klinkenbolzens **6** in die Richtung vom Keil und drückt auf die Feder **8** (Zch. 3.7). In diesem Moment wo der Widerstand der gedrückten Feder **8** größer ist als die Druckkraft der Kugel des Schnappverschlusses **9** an die Rille im Bolzen mit der Klinke **6**, erfolgt das Herausgehen der Kugel aus der Rille und die Rückkehr des Bolzens mit der Klinke in die Richtung zum Keil unter dem Einfluss des Federdruckes **8**. Die Klinkenschneide stützt sich auf der Seitenfläche des Keils und im Moment des Herausziehens des Keils in die geöffnete Position, springt die Klinke in die Rille auf der Seitenfläche des Keils rein. Gleichzeitig nach der Abtrennung des Trailers vom Adapter tritt der Druck der Nase vom Trailerzapfen auf das Hebelsystem zurück und die Kugel des Schnappverschlusses kehrt in die Rille des Bolzens mit der Klinke unter dem Einfluss der Ziehfeder zurück. Auf diese Weise bleibt der Keil im geöffneten Zustand und ist bereit für die nächste automatische Verrieglung des Trailerzapfens im Adaptersattel bei der nächsten Verbindung des Trailers mit dem Adapter.

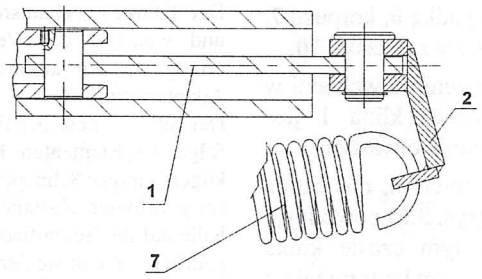
3.2.3 Zugstabsystem

Das Zugstabsystem des Adapters dient zur manuellen Bedienung der Schlösser zwecks Abtrennung des Trailers vom Adapter.

Das Hebelsystem, das die Bedienung der Adapterschlösser ermöglicht, hat die gleiche Konstruktionslösung sowohl für den oberen wie für den unteren Adapter, aber man hat eine umgekehrte Platzierung des Hebelsystems auf den Adapter vorgesehen. Dank dessen hat man erreicht, dass der Zugang zu den Hebeln der Schlossöffnungen unabhängig von der Drehgestellposition auf dem Gleis immer möglich ist (man braucht das Drehgestell nicht umdrehen).

Das Zugstabsystem zeigt die Zch. 3.8





Rys. 3.8 Układ cięgieł adaptera wózka środkowego.
Zch. 3.8 Zugstabsystem des Adapters vom Mitteldrehgestell

Jest on złożony z cięgła **1** łączącego klin z dźwignią **2** wyposażoną w rękojeść ułożyskowaną obrotowo we wsporniku adaptera. Przy pomocy tej dźwigni jest możliwe otwarcie klina z jednej strony adaptera górnego lub dolnego. Otwarcie klina po przeciwnej stronie adaptera górnego lub dolnego jest możliwe przy pomocy dźwigni **3** wyposażonej w rękojeść i ułożyskowanej obrotowo we wsporniku adaptera. Dźwignia **3** jest połączona cięgłem **4** z dźwignią **5** ułożyskowaną obrotowo we wsporniku po przeciwnej stronie adaptera. Dźwignia **5** podobnie jak dźwignia **2** jest połączona z klinem przy pomocy cięgła **1**.

Dźwignie **2** oraz dźwignia **5** są oparte na śrubach regulacyjnych **6** stanowiących ogranicznik skoku dźwigni i służących jednocześnie do regulacji położenia klina w stosunku do czopa naczepy (możliwość regulacji luzu między czopem naczepy a klinem). Otwarcie klina prawego lub lewego wykonuje się poprzez obrót dźwigni **2** lub **5** pokonując opór sprężyny powrotnej **7**.

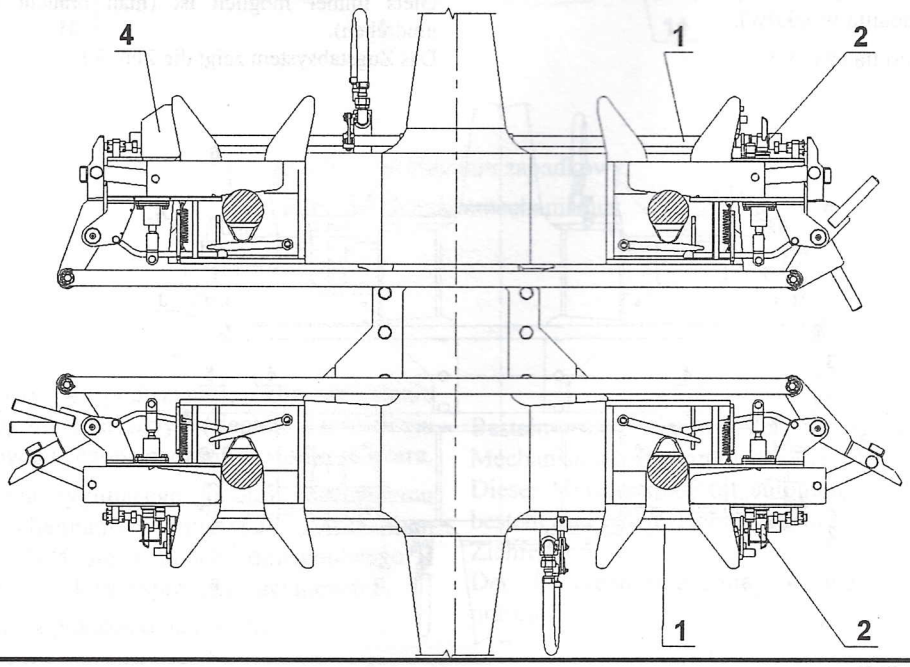
3.2.4 Układ zabezpieczenia klinów

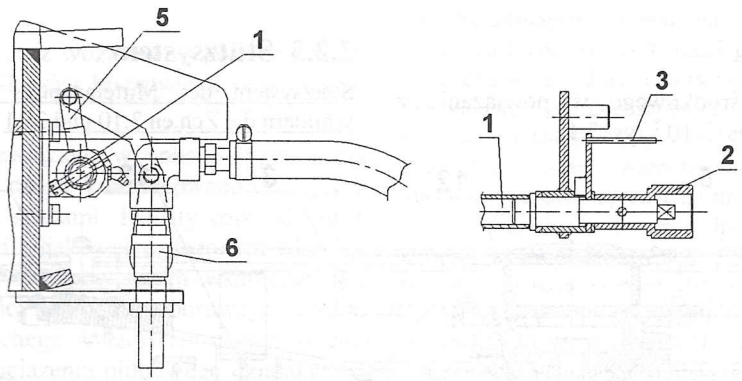
Układ zabezpieczenia klinów przedstawiony na rys. 3.9 uniemożliwia samoczynne

Dieses System besteht aus einem Zugstab **1**, der den Keil mit einem Hebel **2** verbindet, dieser Hebel ist mit einem Griff ausgestattet, der weiterhin drehgelagert ist im Tragarm des Adapters. Mit Hilfe dieses Hebels ist das Eröffnen des Keils von einer Seite des oberen oder unteren Adapters möglich. Das Eröffnen des Keils auf der gegenüberliegenden Seite des oberen oder unteren Adapters ist mit Hilfe des anderen Hebels **3** möglich, der auch mit einem Griff ausgestattet und drehgelagert im Tragarm des Adapters ist. Der Hebel **3** ist mit Hilfe des Zugstabes **4** mit dem Hebel **5**, drehgelagert im Tragarm auf der gegenüberliegenden Seite des Adapters, verbunden. Der Hebel **5** ist ähnlich wie der Hebel **2**, mit Hilfe des Zugstabes **1** mit dem Keil verbunden.
Der Hebel **5** und der Hebel **2** stützen sich beide auf den Regulierschrauben **6**, die eine Hubbegrenzung der Hebel bilden und gleichzeitig zur Regulierung der Keilposition im Verhältnis zum Trailerzapfen dienen (Möglichkeit der Regulierung des Spiels zwischen dem Trailerzapfen und dem Keil). Die Eröffnung des linken oder rechten Keils erfolgt durch die Betätigung des Hebels **2** oder **5**; man muss den Widerstand der Rückholfeder **7** bewältigen.

3.2.4 System der Keilsicherung

Das System der Keilsicherung dargestellt auf der Zch. 3.9 macht das selbsttätige





Rys. 3.9 Układ zabezpieczenia klinów adaptera wózka środkowego
Zch. 3.9 Das System der Keilsicherung des Adapters im Mitteldrehgestell

otwarcie zamków lub ich otwarcie przez osoby niepowołane oraz uniemożliwia ruszenie pociągu z miejsca w przypadku nie zaryglowanych zamków.

Układ zabezpieczenia klinów składa się z wałka **1** ułożyskowanego w belce poprzecznej adaptera górnego lub dolnego.

Wałek **1** ma na końcach gniazda **2** pod klucz, przy pomocy którego obraca się wałkiem w celu zabezpieczenia lub odbezpieczenia klinów. Wykonanie czynności zabezpieczenia i odbezpieczenia klinów jest możliwe z obu stron wózka.

Z wałkiem **1** jest związana odpowiednio ukształtowana płytka **11** (rys. 3.7), która po obrocie wałka o określony kąt wchodzi w wycięcie prowadnicy klina oraz w nacięcie wykonane w klinie, zabezpieczając go przed wysunięciem po zaryglowaniu zamka. Z obrotowym wałkiem jest również związany wskaźnik optyczny **3** w postaci pręta pokazujący stan zabezpieczenia lub odbezpieczenia klina. Dostęp do gniazd pod klucz jest utrudniony przez ich zakrycie osłoną **4**, na której oznakowano odpowiednimi symbolami stan zabezpieczenia lub odbezpieczenia klina. Układ klinów zaprojektowano tak, że nie jest możliwe ich zabezpieczenie w przypadku nie zamknięcia całkowitego zamków. W przypadku nie zamknięcia któregoś z zamków na skutek powiązania układu zabezpieczenia klinów z układem hamulcowym wózka, wózek kolejowy jest w stanie zahamowanym. Uniemożliwia to rozpoczęcie jazdy pociągu. Zabezpieczenie przed możliwością ruszenia pociągu w sytuacji gdy zamki nie są dokładnie zaryglowane, zrealizowano przez połączenie dźwigni **5** osadzonej na obrotowym wałku **1** z zaworem pneumatycznym **6**, który w przypadku niezabezpieczonych klinów upuszcza powietrze z układu hamulcowego pociągu do atmosfery, co powoduje zahamowanie składu pociągu bimodalnego.

Eröffnen der Schlösser oder das Eröffnen der Schlösser durch unbefugte Personen unmöglich und verhindert die Inbetriebsetzung des Zuges im Falle keiner Schlossverriegelung.

Das System der Keilsicherung besteht aus einer Welle **1**, gelagert im Querbalken des oberen oder unteren Adapters.

Diese Welle **1** ist an den Enden mit (schlüsselfertigen) Sitzen **2** ausgestattet, mit Hilfe dessen man die Welle drehen kann, um Keile zu verriegeln oder zu entriegeln. Die Durchführung der Verriegelung oder der Entriegelung ist von beiden Seiten des Drehgestells möglich.

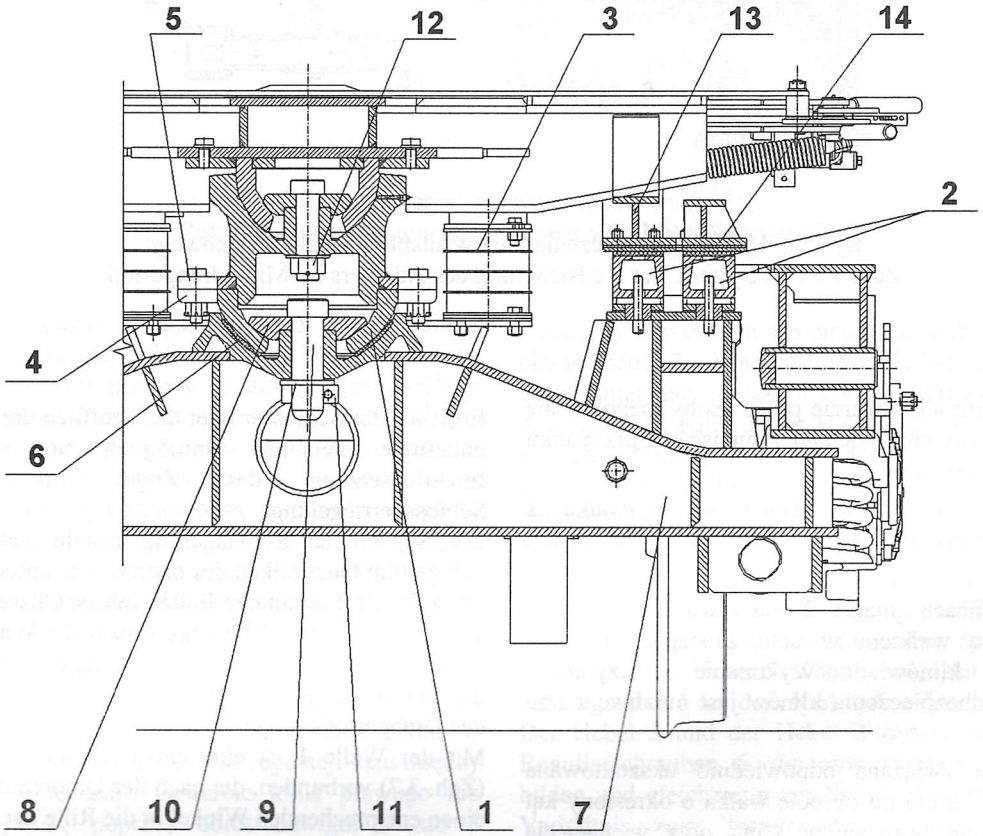
Mit der Welle **1** ist eine entsprechend geformte Platte **11** (Zch. 3.7) verbunden, die nach der Umdrehung der Welle um einen entsprechenden Winkel in die Rille der Keilgleitschiene und in einen Schlitz im Keil reingeht und sichert damit die Stabilität der Welle nach der Schlossverrieglung. Mit dieser Drehwelle ist auch eine optische Anzeige **3** verbunden, in Form eines Stabes, der die Verriegelung oder Entriegelung der Schlösser zeigt. Der Zugang zu den (schlüsselfertigen) Sitzen ist durch spezielle Abdeckung **4** erschwert, auf der man mit Symbolen den Verrieglungs- oder den Entriegelungszustand gekennzeichnet hat. Das System der Keilsicherung wurde auf diese Weise projektiert, dass die Verrieglung nicht möglich ist, wenn alle Schlösser nicht komplett abgeschlossen sind. Zusätzlich durch die Verbindung des Keilsicherungssystems mit dem Bremssystem des Drehgestells entstand ein Mechanismus, wo im Falle keiner Verrieglung von allen Schlössern das Drehgestell immer im gebremsten Zustand bleibt, was die Fahrt des Zuges verhindert. Diese Sicherung gegen die Inbetriebsetzung des Zuges ohne genauen und kompletten Schlossverriegelung hat man durch die Verbindung des Hebels **5**, gelagert in einer Drehwelle **1** mit einem pneumatischen Ventil **6** realisiert, der im Falle nicht verriegelten Keile die Luft vom Bremssystem des Zuges in die Atmosphäre abbläst und somit das Bremsen des ganzen bimodalen Zugsatzes verursacht.

3.2.5 Układ podparcia

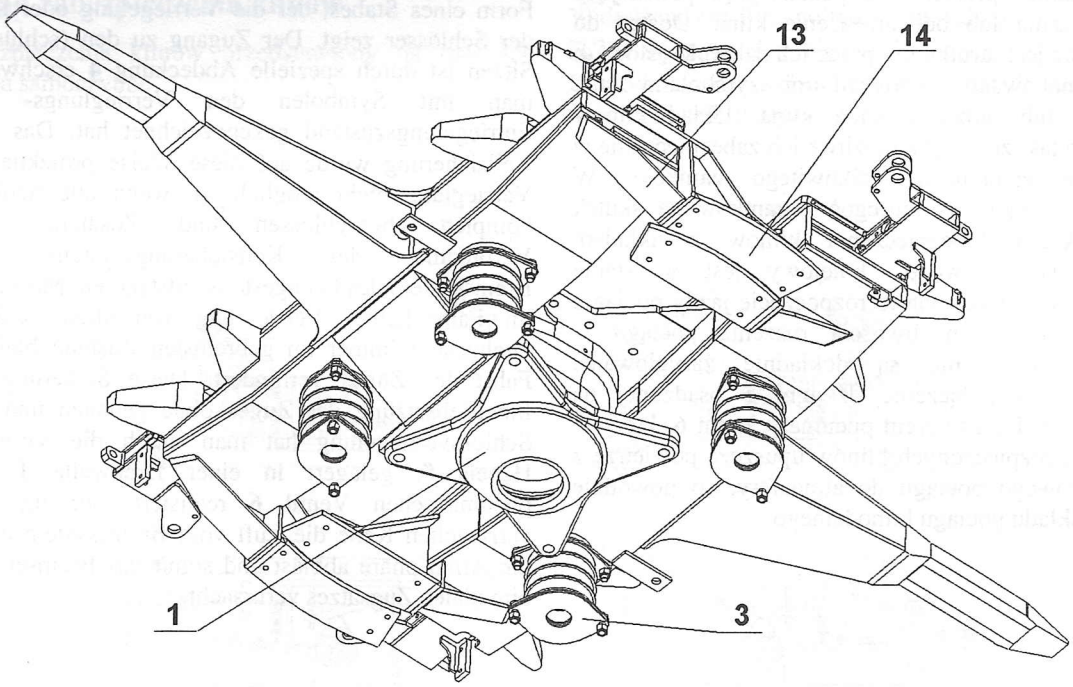
Układ podparcia adaptera środkowego w powiązaniu z wózkiem przedstawiono na rys. 3.10 i rys. 3.11.

3.2.5 Stützsystem

Stützsystem des Mitteladapters verbunden mit Drehgestell schildern die Zch.en 3.10 und 3.11



Rys. 3.10 Układ podparcia adaptera środkowego w przekroju poprzecznym
Zch. 3.10 Stützsystem des Mitteladapters im Querschnitt



Rys. 3.11 Układ podparcia adaptera środkowego w widoku z dołu
Zch. 3.11 Stützsystem des Mitteladapters in Untersicht

Adapter środkowy powiązano z wózkiem za pośrednictwem kulistego czopa skrętu **1**, ślizgów bocznych **2** oraz podpór sprężystych **3**.

Kulisty czop skrętu **1** rozwiązano w sposób typowy dla wagonu towarowego. Płytę czopa **4** zamocowano do płyty **5** adaptera dolnego czterema śrubami. Kulisty czop skrętu **1** spoczywa w gnieździe belki bujakowej wyłożonym wkładką z tworzywa sztucznego **6** o odpowiednim współczynniku tarcia, dla wywołania części momentu oporowego wózka, pochodzącego od tarcia suchego w kulistym czopie skrętu. Zdecydowana większość obciążenia pionowego działającego na wózek pochodzącego od ciężaru naczepy przypada na czop skrętu.

Ślizgi boczne **2** służą do bocznego podparcia adaptera górnego i dolnego dając również część momentu oporowego podczas obrotu wózka względem adapterów.

Każdy z adapterów tzn. górny i dolny wyposażono w dwa wsporniki zaopatrzone w płyty współpracujące z płytami ciernymi czterech ślizgów **2** usytuowanych na belce bujakowej wózka **7**.

Ślizgi boczne wewnętrzne współpracują z płytami ciernymi adaptera górnego (podpierają adapter górny), a ślizgi zewnętrzne podpierają adapter dolny. W związku z tym, że rozstaw ślizgów podpierających adapter górny jest mniejszy od rozstawu ślizgów podpierających adapter dolny występuje różna sztywność podparcia bocznego adaptera górnego i dolnego podczas kołysania nadwozia. Aby wyrównać sztywność kołysania nadwozia dla adaptera górnego i dolnego wprowadzono dodatkowo podpory gumowe, umieszczone na wspornikach belki bujakowej podpierające adapter górny i dolny. W osi wzdłużnej wózka rozstaw podpór adaptera górnego i dolnego jest jednakowy. Natomiast w osi poprzecznej wózka dla adaptera górnego, rozstaw podpór jest większy a dla adaptera dolnego mniejszy.

W ten sposób wyrównano różnice sztywności oparcia bocznego na kołysanie nadwozia.

Podpory gumowe adaptera górnego i dolnego spełniają dodatkową rolę utrzymując czopy naprowadzające adaptera górnego i dolnego w położeniu poziomym.

3.2.6 Układ mocowania czopów

Na rys. 3.10 pokazano sposób zamocowania kulistego czopa skrętu adaptera dolnego do belki bujakowej wózka, oraz połączenie kulistego czopa skrętu adaptera górnego z adapterem dolnym. Kulisty czop skrętu adaptera dolnego jest zabezpieczony przed rozłączeniem z wózkiem w sposób typowy jak dla wagonów towarowych. Kulisty czop skrętu od strony wewnętrznej ma odpowiednio ukształtowaną wkładkę **8** z otworem, sworzeń zabezpieczający **9**, podkładkę **10** oraz chomąto **11**. Sworzeń zabezpieczający wraz z wymienionymi detalami uniemożliwia wyjście czopa kulistego z gniazda belki bujakowej przy podnoszeniu adapterów wraz z wózkiem lub w innych sytuacjach awaryjnych.

W podobny sposób rozwiązano połączenie czopa kulistego adaptera górnego z kulistym gniazdem adaptera dolnego a w miejsce chomąta zastosowano nakrętkę koronową **12**, zabezpieczoną zawleczką.

Den Mitteladapter hat man mit dem Drehgestell mit Hilfe von folgenden Elementen verbunden: einen kugelförmigen Drehzapfen **1**, Seitengleitstück **2** und elastischen Stützen **3**.

Der kugelförmige Drehzapfen **1** ist eine typische Lösung wie bei Güterwagen. Die Platte des kugelförmigen Zapfens **4** hat man an die Platte **5** des unteren Adapters mit vier Schrauben befestigt. Der kugelförmige Drehzapfen **1** ist im Sitz des Wiegebalkens gelagert. Dieser Sitz ist mit einer Einlage aus Kunststoff **6** vom entsprechenden Reibungsfaktor ausgestattet. Diese sollte einen Teil des Widerstandsmomentes vom Drehgestell hervorrufen, das von der Trockenreibung im kugelförmigen Drehzapfen stammt. Der entscheidende Teil der vertikalen Belastung, die auf das Drehgestell entgegenwirkt und vom Trailergewicht herkommt konzentriert sich auf dem Drehzapfen.

Seitengleitstück **2** dienen zur Seitenunterstützung des oberen und unteren Adapters und sie geben gleichzeitig auch einen Teil des Widerstandsmomentes während der Drehung des Drehgestells im Verhältnis zu den Adaptern.

Jeder Adapter d.h. der obere und der untere wurde mit zwei Stützen incl. Platten ausgestattet, die mit den Reibungsplatten der vier Seitengleitstücke **2**, platziert auf dem Wiegebalken des Drehgestells **7** zusammenarbeiten.

Die inneren Seitengleitstücke arbeiten mit den Reibungsplatten des oberen Adapters (unterstützen den oberen Adapter) zusammen und die äußeren Seitengleitstücke unterstützen den unteren Adapter. Im Zusammenhang damit, dass der Abstand der Gleitstücke, die den oberen Adapter unterstützen kleiner ist als der Abstand der Gleitstücke, die den unteren Adapter unterstützen haben wir eine verschiedene Steifheit der Seitenunterstützung der Adapter während des Wankens des Wagenkastens. Damit die Steifheit während des Wankens für beide Adapter gleich wird, hat man zusätzlich Gummistützen eingeführt, die auf den Tragarmen des Wiegebalkens platziert sind und die die beiden Adapter unterstützen. In der Längsachse des Drehgestells ist der Abstand der Stützen vom oberen und unteren Adapter gleich. In der Querachse des Drehgestells dagegen, für den oberen Adapter ist der Abstand der Stützen größer und für den unteren Adapter ist der Abstand der Stützen kleiner.

Auf diese Weise hat man die Unterschiede in der Steifheit der Seitenunterstützung während des Wagenwankens ausgeglichen.

Die Gummistützen des oberen und unteren Adapters erfüllen zusätzlich eine Rolle für die Führungszapfens des oberen und unteren Adapters und zwar halten diese Zapfen in der horizontalen Lage.

3.2.6 System der Zapfenbefestigung

Auf der Zch. 3.10 zeigte man auch die Art und Weise der Befestigung des kugelförmigen Drehzapfens des unteren Adapters an den Wiegebalken des Drehgestells, und die Verbindung des kugelförmigen Drehzapfens des oberen Adapters mit dem unteren Adapter. Der kugelförmige Drehzapfens des unteren Adapters ist vor dem Abtrennen vom Drehgestell auf eine typische für die Güterwagen Art und Weise gesichert. Der kugelförmige Drehzapfens hat an der inneren Seite eine entsprechend geformte Einlage **8** mit einer Öffnung, Sicherungsbolzen **9**, Unterlage **10** und Pferdekumt **11**. Der Sicherungsbolzen incl. aller aufgezählten Elemente verhindert das Herausrutschen des kugelförmigen Drehzapfens aus dem Sitz im Wiegebalken bei dem Aufheben des Adapters incl. Drehgestelle oder bei anderen Havariesituationen.

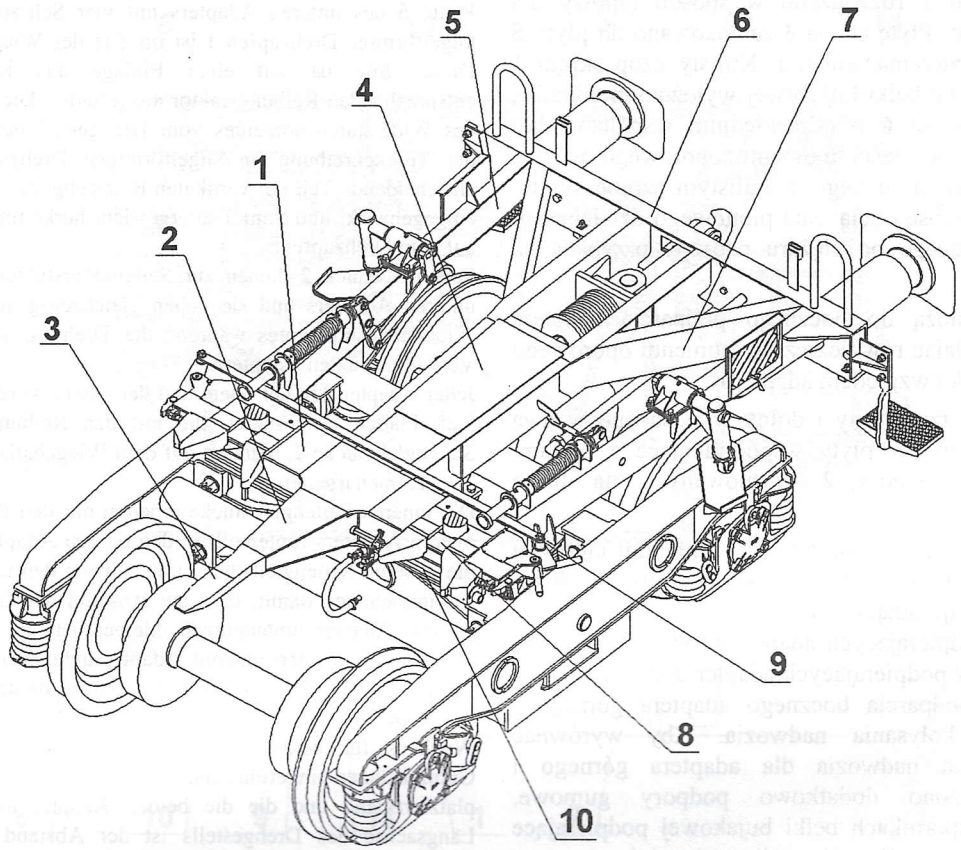
Ähnlich hat man auch die Verbindung des kugelförmigen Drehzapfens des oberen Adapters mit dem kugelförmigen Sitz des unteren Adapters gelöst und anstelle des Pferdekumts hat man eine Kronenmutter **12**, gesichert mit einem Splint, eingesetzt.

3.3 Adapter końcowy

Adapter końcowy, pokazany na rys. 3.12 i 3.13.

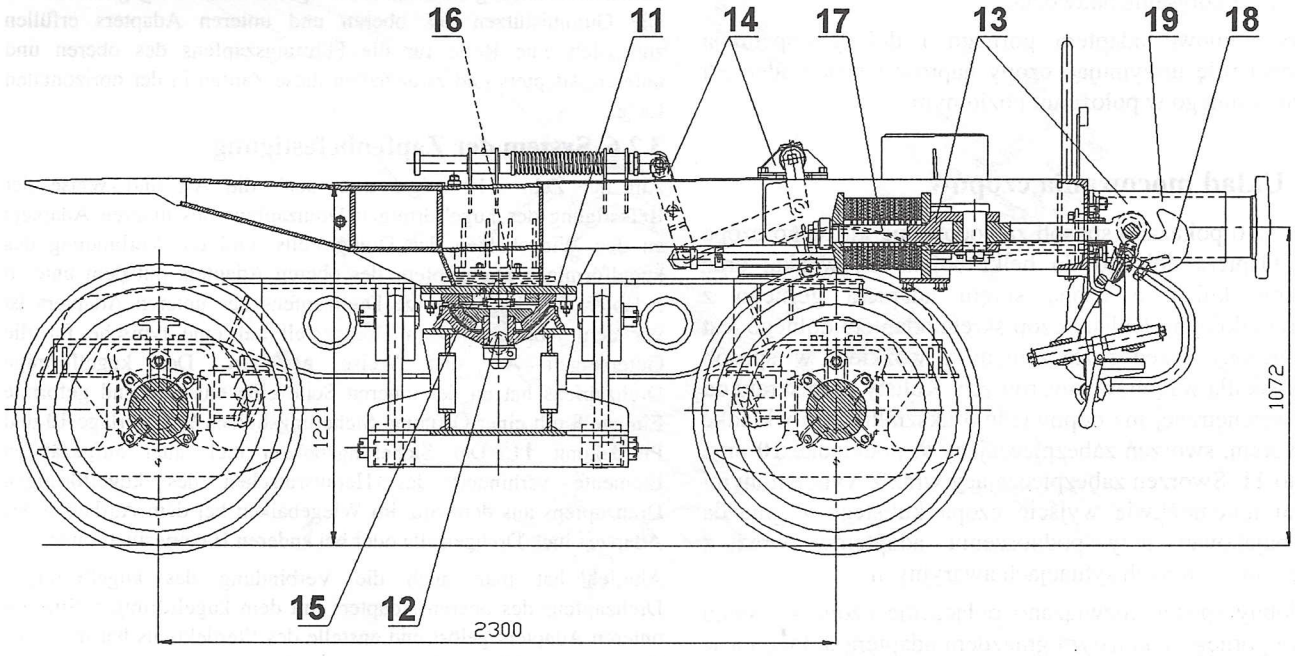
3.3 Endadapter

Der Endadapter gezeigt auf den Zch.en 3.12 i 3.13. ermöglicht die Verbindung von



Rys. 3.12 Widok ogólny adaptera końcowego.

Zch. 3.12 Gesamtansicht des Endadaptes.



Rys. 3.13 Przekrój wzdłużny adaptera końcowego.

Zch. 3.13 Längsquerschnitt des Endadapters

umożliwia połączenie końcowych wózków pociągu bimodalnego z lokomotywą lub składem pociągu towarowego.

Część adaptera służąca do połączenia wózka z naczepą jest taka jak w adapterze środkowym. Składa się ona ze skrzynkowej belki poprzecznej **1** i belki wzdłużnej **2** zaopatrzonej w czop naprowadzający **3**. Druga część adaptera końcowego, przy pomocy której jest możliwe połączenie wózka z lokomotywą lub składem pociągu towarowego, stanowi ramę składająca się z centralnej belki podłużnej **4**, belek podłużnych **5**, czołownicy **6** oraz belek skośnych **7**. Na części adaptera służącej do połączenia z naczepą zabudowano następujące zespoły:

- zamek adaptera **8**,
- układ cięgieł **9**,
- układ zabezpieczenia klinów **10**,
- układ podparcia **11**,
- układ mocowania czopa adaptera **12**.

W części czołowej adaptera umieszczono:

- układ pociągowo zderzny **13**,
- układ podparcia ramy adaptera **14**.

Zamek adaptera, układ zabezpieczenia klinów, układ cięgieł oraz układ mocowania czopa adaptera są zaprojektowane tak jak dla adaptera środkowego.

Układ podparcia adaptera końcowego stanowią: kulisty czop skrętu **15**, oraz jedna para ślizgów bocznych **16**.

Układ pociągowo zderzny **13** jest typowym układem stosowanym w wagonach towarowych składającym się z amortyzatora sprzęgu **17** haka pociągowego **18** oraz zderzaków **19** kategorii C.

Układ podparcia ramy adaptera, przedstawiony na rys. 3.14

Enddrehgestellen des bimodalen Zugsatzes mit einer Lok oder mit einem anderen Güterwagen.

Der Adapterteil, der zur Verbindung des Drehgestells mit dem Trailer dient, ist dem Teil aus dem Mitteladapter für den oberen oder für den unteren Adapter gleich und besteht aus einem Querkastenbalken **1** und einem Längsbalken **2** ausgestattet mit einem Führungszapfen **3**. Der zweite Teil des Endadapters, dank dessen die Verbindung des Drehgestells mit dem Lok oder einem anderen Zugsatz möglich ist, bildet ein Rahmen bestehend aus einem zentralen Querbalken **4**, einigen Längsbalken **5**, einem Pufferträger **6** und einigen schrägen Balken **7**. Auf dem Teil des Adapters, der zur Verbindung mit dem Trailer dient hat man folgende Baugruppen montiert:

- Adapterschloss **8**,
- Zugstabsystem **9**,
- Keilsicherungssystem **10**,
- Stützsystem **11**,
- System der Befestigung vom Adapterzapfen **12**.

Im Stirnteil des Adapters wurden folgende Baugruppen montiert:

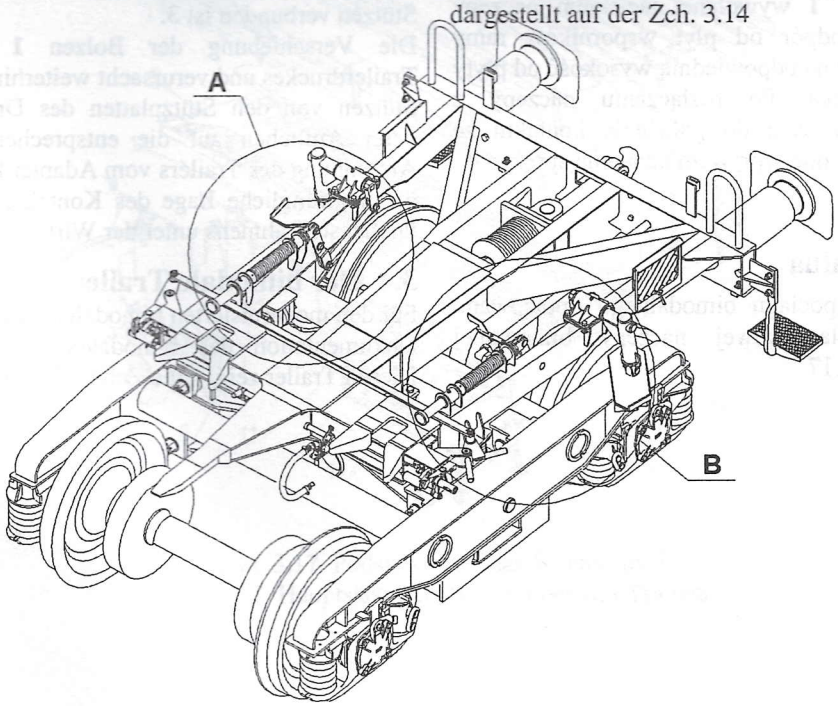
- Zug – Stoß System **13**,
- System der Unterstützung des Adapterrahmens **14**.

Adapterschloss, das System der Keilsicherung, Zugstabsystem und das System der Befestigung vom Adapterzapfen sind auf dieselbe Art und Weise projektiert wie für den Mitteladapter.

Das System der Unterstützung vom Endadapter bilden: kugelförmiger Drehzapfen **15** und ein Paar der Seitengleitstücke **16**.

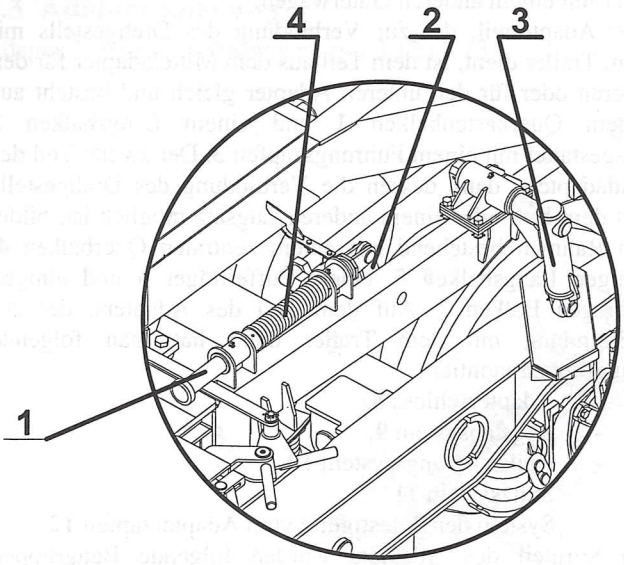
Das Zug–Stoß-System **13** ist eine typische Lösung, die bei den Güterwagen eingesetzt wird und besteht aus einer Kupplungsdämpfung **17**, einem Zughaken **18** und Puffer **19** der Kategorie C.

Das System der Unterstützung des Adapterrahmens, dargestellt auf der Zch. 3.14



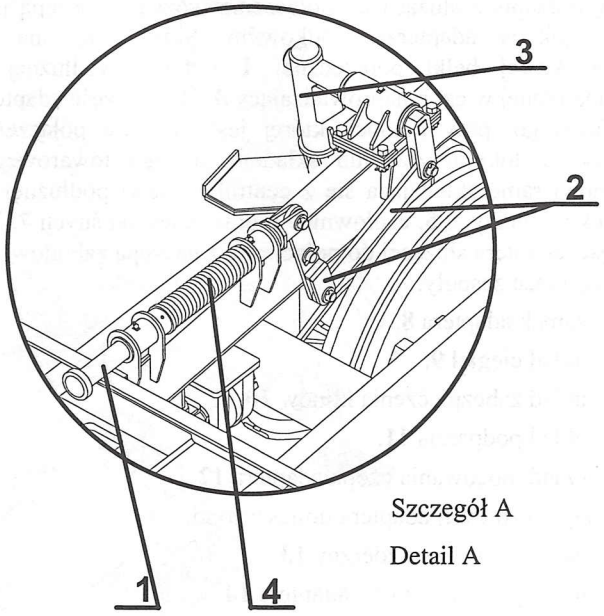
Rys. 3.14 Układ podparcia adaptera końcowego.

Zch. 3.14 System der Unterstützung des Endadapters



Szczegół B

Detail B



Szczegół A

Detail A

Służy do podtrzymania adaptera końcowego w położeniu poziomym w stanie swobodnym (bez naczepy). Układ zawiera dźwignie i podpory po obu stronach ramy adaptera, podpierające adapter na płytach wsporników ramy wózka. Przy najeździe na adapter, naczepa końcem ramy naciska na trzpienie **1**, które uruchamiają układ dźwigniowy **2** związany z podporami **3**.

Przemieszczenie trzpieni **1** wywołane naciskiem naczepy powoduje odsunięcie podpór od płyt wsporników ramy wózka oraz ich uniesienie na odpowiednią wysokość od płyty wsporników ramy wózka. Po rozłączeniu naczepy z adapterem podpory **3** wracają do położenia kontaktu ze wspornikami ramy wózka pod wpływem działania sprężyn **4**.

3.4 Naczepa bimodalna

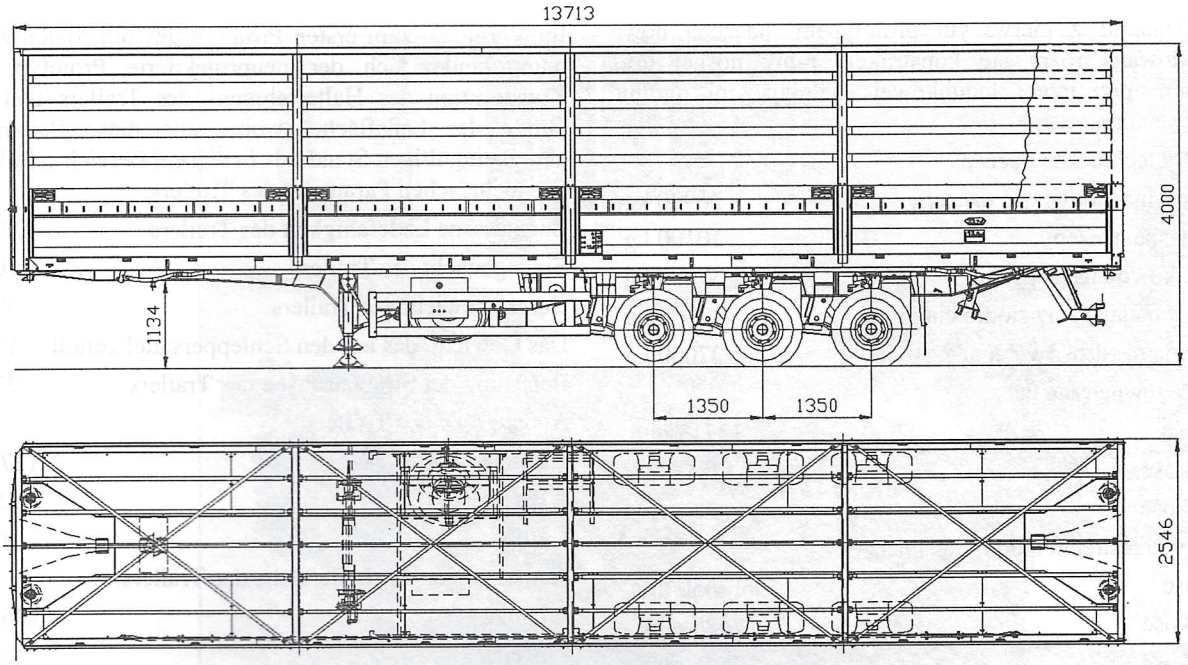
Dla zmodernizowanego pociągu bimodalnego opracowano nową dokumentację plandekowej naczepy bimodalnej pokazanej na rys. 3.16 i 3.17.

erfüllt die Funktion der Unterstützung des Endadapters in der horizontalen Lage im freien Zustand (ohne Trailer). Zu diesem Zweck dient spezielles Hebel- und Stützen-System an beiden Seiten des Adapterrahmens, das weiterhin den Adapter auf den Stützplatten des Drehgestellrahmens unterstützt. Beim Auflaufen des Trailers auf den Adapter drückt der Trailer mit dem hinteren Rahmenteil auf die Bolzen **1**, die das Hebelsystem betätigen **2**, das mit den Stützen verbunden ist **3**.

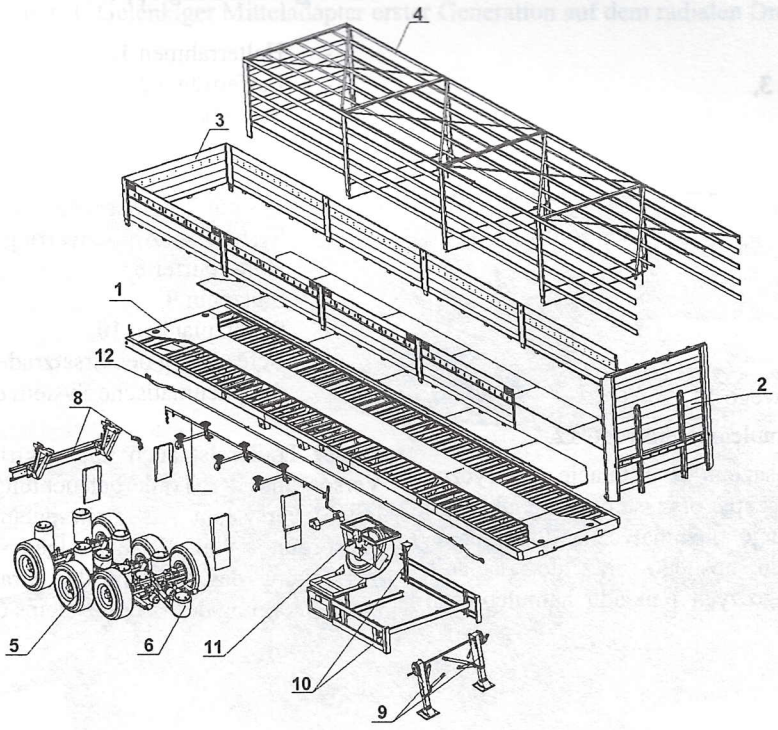
Die Verschiebung der Bolzen **1** erfolgt infolge des Trailerdruckes und verursacht weiterhin das Wegschieben der Stützen von den Stützplatten des Drehgestellrahmens und derer Aufheben auf die entsprechende Höhe. Nach der Abtrennung des Trailers vom Adapter kehren die Stützen **3** in die ursprüngliche Lage des Kontaktes mit den Stützen des Drehgestellrahmens unter der Wirkung der Feder **4**.

3.4 Der bimodale Trailer

Für den modernisierten bimodalen Zugsatz hat man eine neue Dokumentation des bimodalen Planentrailers vorbereitet. Diesen Trailer zeigen die Zch.en 3.16 i 3.17.



Rys. 3.16 Widok ogólny naczepy
Zch. 3.16 Gesamtansicht des Trailers



Rys. 3.17 Podstawowe zespoły naczepy.
Zch. 3.17 Hauptsächliche Baugruppen des Trailers

W porównaniu z pierwszym prototypem, naczepa nowo zaprojektowana różni się konstrukcją ramy nośnej oraz gabarytami przestrzeni ładunkowej spełniającymi ogólnie przyjęte standardy.

Parametry techniczne naczepy:

Dopuszczalna ładowność naczepy	26900 kg,
Masa własna naczepy	10100 kg
Masa całkowita naczepy	37000 kg
Masa przypadająca na siodło ciągnika	10000 kg
Obciążenie osi drogowych naczepy	27000 kg

Gabaryty zewnętrzne naczepy:

- Długość	13713 mm
- Szerokość	2546 mm
- Wysokość	4000 mm

Wymiary przestrzeni ładunkowej naczepy:

- Długość	13630 mm
- Szerokość	2480 mm
- Wysokość	2526 mm
Pojemność przestrzeni ładunkowej	85 m^3
Ilość europalet na podłodze skrzyni ładunkowej	34

Przedstawiona na rys. 3.16 i 3.17 naczepa składa się z następujących zespołów:

- rama nośna **1**,
- ściana czołowa **2**,
- burty boczne i końcowa **3**,
- szkielet opończy **4**,
- układ jezdny **5**,
- układ podnoszenia osi **6**,
- układ ryglowania osi **7**,
- zderzak tylny **8**,
- noga podporowa **9**,
- barierki ochronne **10**,
- mocowanie koła zapasowego **11**,
- układ pneumatyczny hamulca kolejowego **12**,

Naczepa jest również wyposażona w instalację elektryczną do zasilania oświetlenia naczepy oraz sterowania układem ABS jak również w instalację pneumatyczną do zasilania miechów drogowych układu nośnego oraz do zasilania układu podnoszenia osi drogowych i układu hamulcowego naczepy.

Im Vergleich zum ersten Prototyp des bimodalen Zugsatzes unterscheidet sich der neuprojektierte Prototyp mit der Konstruktion des Halterrahmens des Trailers und mit der Größe der Ladefläche, wobei alle diese Parameter die allgemeingültigen Standards in diesem Bereich erfüllen.

Die technischen Parameter des Trailers:

Zugelassene Ladefähigkeit des Trailers	26900 kg,
Eigengewicht des Trailers	10100 kg
Gesamtgewicht des Trailers	37000 kg
Das Gewicht, das auf den Schleppersattel zufällt	10000 kg
Belastung der Straßenachsen des Trailers	27000 kg

Außengröße des Trailers :

- Länge	13713 mm
- Breite	2546 mm
- Höhe	4000 mm

Abmessungen der Ladefläche des Trailers:

- Länge	13630 mm
- Breite	2480 mm
- Höhe	2526 mm

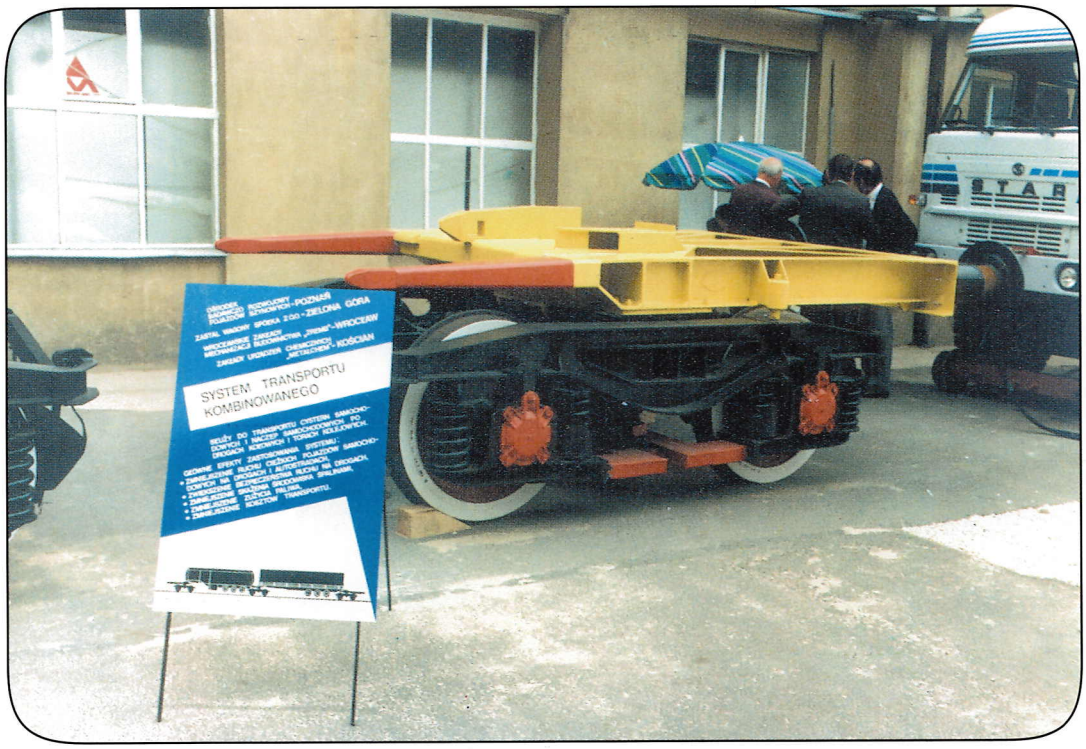
Ladevolumen

Die Zahl der Europaletten auf dem Fußboden der Ladefläche Der auf der Zch. 3.16 und 3.17 dargestellte Trailer besteht aus folgenden Baugruppen:

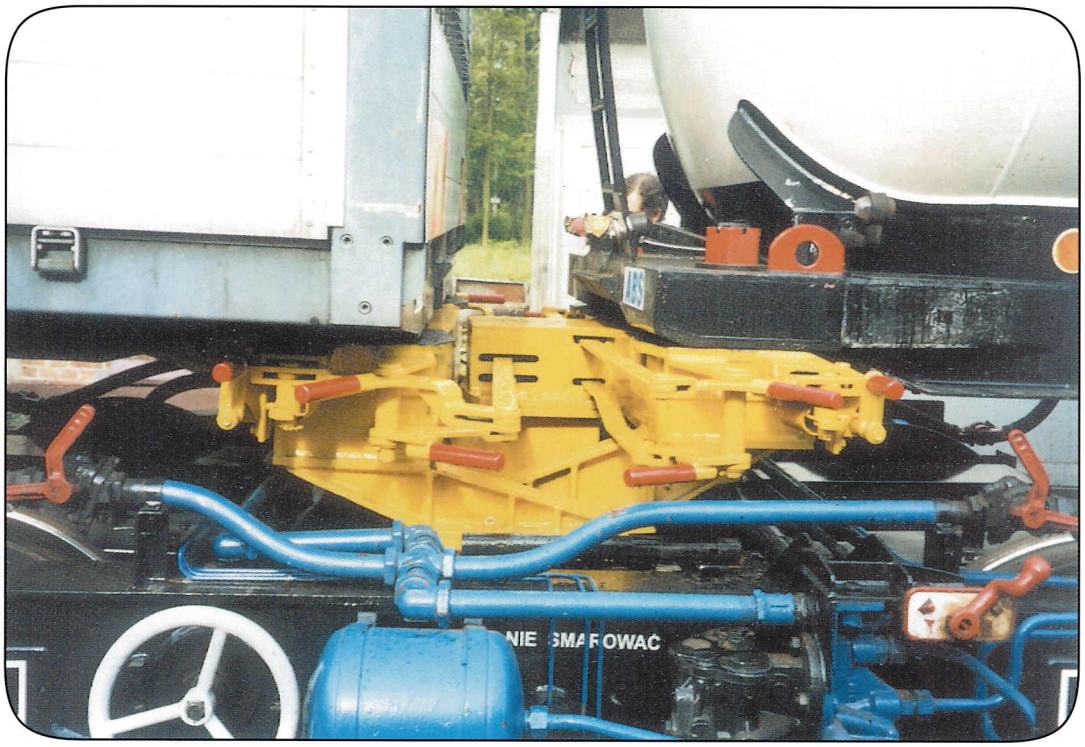
- Halterrahmen **1**,
- Pufferträger **2**,
- Seitenbords und Endbord **3**,
- Planengerippe **4**,
- Fahrwerk **5**,
- System der Achsenaufhebung **6**,
- System der Achsenverriegelung **7**,
- Hinterpuffer **8**,
- Stützbein **9**,
- Schutzplanken **10**,
- Befestigung des Ersatzrades **11**,
- das pneumatische System der Eisenbahnbremse **12**.

Dieser Trailer ist auch mit elektrischer Installation für die Versorgung der Trailerbeleuchtung ausgestattet, aber auch mit Steuersystem ABS, mit pneumatischer Installation zur Versorgung von Straßenbalgen des Trägersystems, zur Versorgung des Systems der Straßenachsenaufhebung und zur Versorgung des Bremssystems des Trailers.

Fot. 1. Przegubowy adapter środkowy pierwszej generacji na wózku radialnym 25 TN (rok 1992).
Fot. 1. Gelenkiger Mitteladapter erster Generation auf dem radialen Drehgestell 25 TN (Jahr 1992).

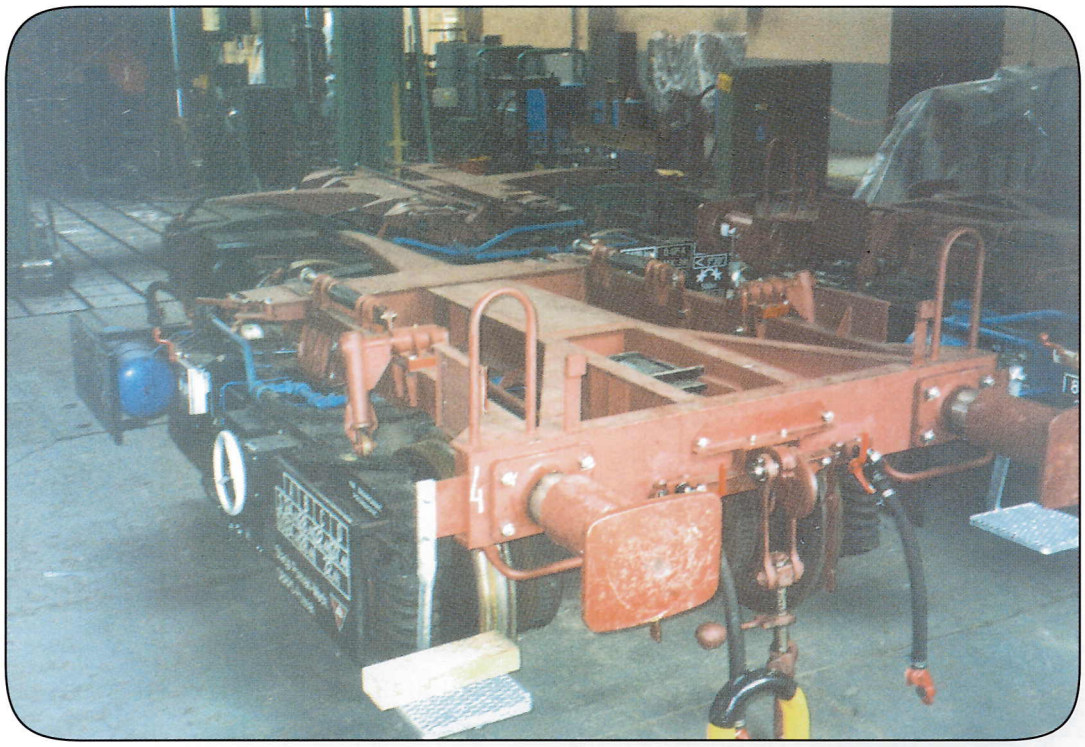


Fot. 2. Adapter końcowy pierwszej generacji na wózku radialnym 25 TN (rok 1992).
Fot. 2. Endadapter der ersten Generation au dem radialen Drehgestell 25 TN (Jahr 1992).

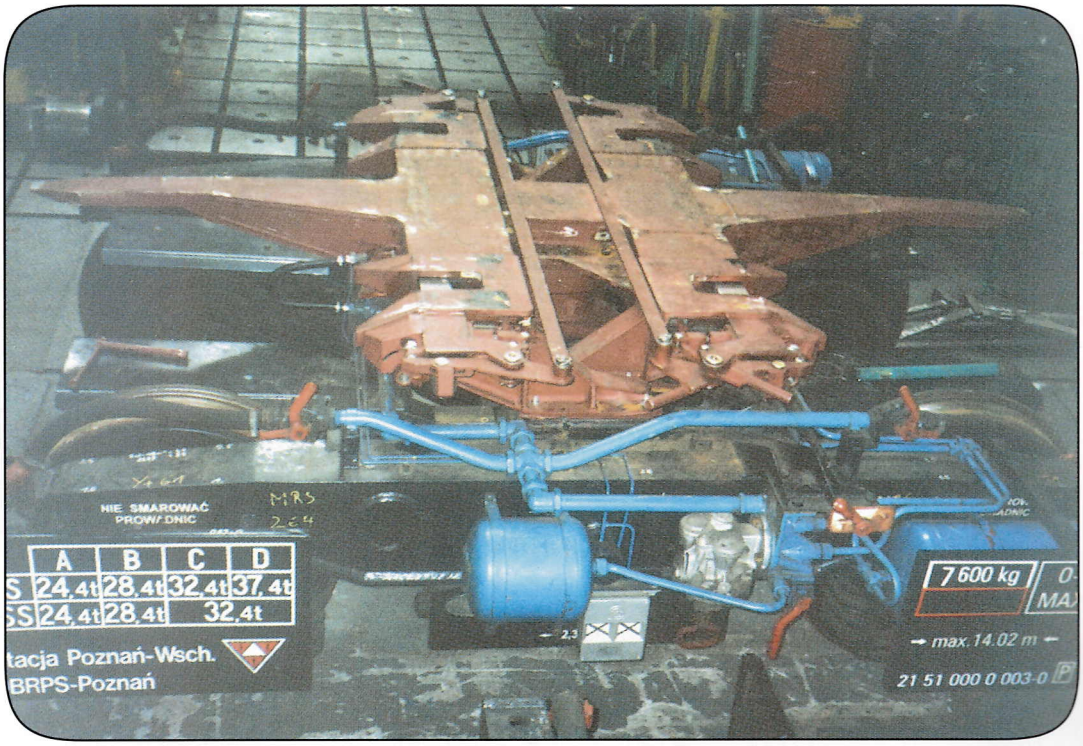


Fot. 3. Bimodalna naczepa skrzyniowa oraz cysterna paliwowa oparta na adapterze środkowym drugiej generacji (rok 1997).
Fot. 3. Bimodaler Kastentrailer und ein Treibstoffkesselwagen basiert auf dem Mitteladapter der zweiten Generation (Jahr 1997).

Fot. 4. Pociąg bimodalny z adapterami drugiej generacji na torach Ośrodka Badawczego Kolei Niemieckich FTZ Minden (rok 2000).
Fot. 4. Bimodaler Zug mit den Adaptern der zweiten Generation auf den Gleisen des Forschungsszentrums der Deutschen Bahn FTZ Minden (Jahr 2000).



Fot. 5. Adapter środkowy trzeciej generacji po badaniach wytrzymałościowych przeprowadzonych w IPS Poznań (rok 2001).
Fot. 5. Mitteladapter der dritten Generation nach den im IPS TABOR Poznań durchgeführten Festigkeitsversuchen (Jahr 2001).



Fot. 6. Adapter skrajny trzeciej generacji po badaniach wytrzymałościowych przeprowadzonych w IPS Poznań (rok 2001).
Fot. 6. Endadapter der dritten Generation nach den im IPS TABOR Poznań durchgeführten Festigkeitsversuchen (Jahr 2001).

Fot. 7. Naczepa skrzyniowa i cysterna paliwowa na adapterach skrajnych i środkowym na stanowisku badawczym do statycznych prób wytrzymałościowych.
Fot. 7. Kastentrailer und Treibstoffkesselwagen auf den Endadaptern und dem Mitteladapter auf der Versuchsstelle für die statischen Festigkeitsversuche..

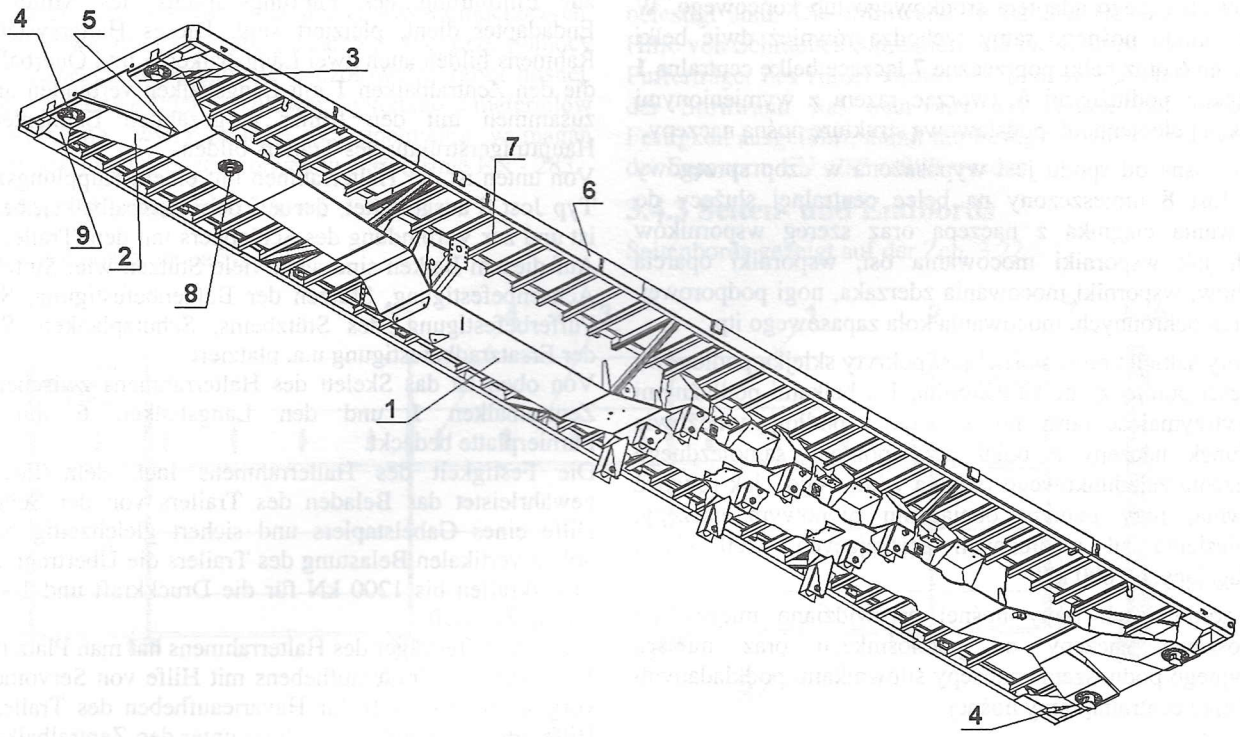
Fot. 8. Pociąg bimodalny trzeciej generacji podczas wytrzymałościowych badań ruchowych.
Fot. 8. Bimodaler Zug der dritten Generation während der Bewegungsfestigkeitsversuche.

3.4.1 Rama nośna

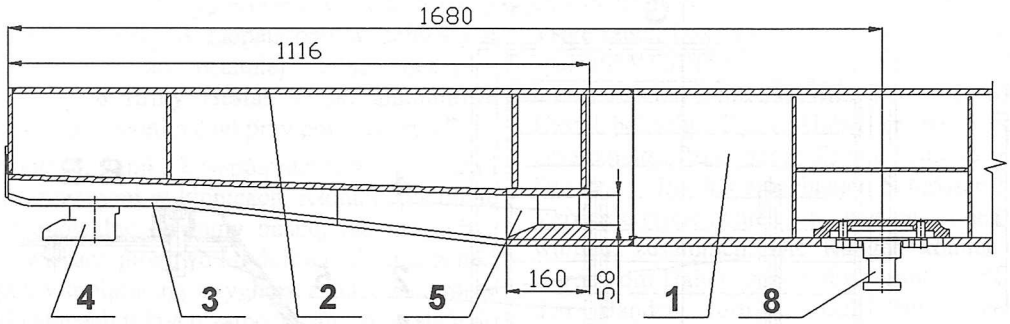
Rama nośna naczepy przedstawiona na rysunku rys. 3.18

3.4.1 Halterrahmen

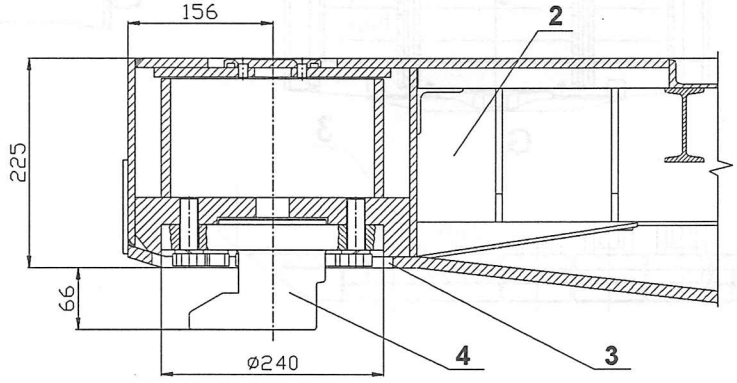
Der Halterrahmen des Trailers dargestellt auf der Zch. 3.18



Rys. 3.18 Rama nośna naczepy.
Zch. 3.18 Halterrahmen des Trailers



Rys. 3.19 Przekrój podłużny ramy.
Zch. 3.19 Längsquerschnitt des Rahmens



Rys. 3.20 Mocowanie czopa sprzęgowego.
Zch. 3.20 Befestigung des Kupplungszapfens

składa się z belki centralnej **1** w postaci konstrukcji skrzynkowej o zmiennym przekroju na długości belki, dwóch czołownic ramy **2**, w których są umieszczone siodła naczepy **3**, czopy sprzęgowe **4** oraz otwór **5** do umocowania czopa naprowadzającego adaptera środkowego lub końcowego. W skład układu nośnego ramy wchodzą również dwie belki podłużne **6** oraz belki poprzeczne **7** łączące belkę centralną **1** z belkami podłużnymi **6**, tworząc razem z wymienionymi wcześniej elementami, podstawową strukturę nośną naczepy.

Rama nośna od spodu jest wyposażona w czop sprzęgowy typu Jost **8** umieszczony na belce centralnej służący do mocowania ciągnika z naczepą oraz szereg wsporników takich jak wsporniki mocowania osi, wsporniki oparcia miechów, wsporniki mocowania zderzaka, nogi podporowej, barierek ochronnych, mocowania koła zapasowego itp.

Od góry szkielet ramy nośnej jest pokryty sklejką podłogową w części pomiędzy belką centralną **1** a belkami podłużnymi **6**. Wytrzymałość ramy nośnej wraz z podłogą umożliwia załadunek naczepy z boku przy pomocy samojezdnego urządzenia załadunkowego (wózka widłowego), jak również zapewnia, przy pełnym obciążeniu pionowym naczepy, przeniesienie sił wzdłużnych ściskających 1200 kN i rozciągających 1000 kN.

Na czołownicach ramy nośnej przewidziano miejsca do podnoszenia naczepy na podnośnikach oraz miejsca awaryjnego podnoszenia naczepy siłownikami podkładanymi pod belkę centralną ramy nośnej.

3.4.2 Ściana czołowa

Ściana czołowa, pokazana na rys. 3.21.

besteht aus einem Zentralbalken **1** mit einer Kastenkonstruktion vom verschiedenen Querschnitt auf der Balkenlänge, zwei Pufferträger des Rahmens **2**, in denen Trailersattel **3**, Kupplungszapfen **4** und eine Öffnung **5**, die zur Einführung des Führungszapfens des Mittel- oder Endadapter dient, platziert sind. Dieses Haltersystem des Rahmens bilden auch zwei Längsbalken **6** und Querbalken **7**, die den Zentralbalken **1** mit Längsbalken verbinden und die zusammen mit den früher aufgezählten Elementen die Hauptträgerstruktur des Trailers bilden.

Von unten ist der Halterrahmen mit einem Kupplungszapfen Typ Jost **8** ausgestattet, der auf dem Zentralbalken befestigt ist und zur Verbindung des Schleppers mit dem Trailer dient. Auf diesem Balken sind auch viele Stützen wie: Stützen der Achsenbefestigung, Stützen der Balgenbefestigung, Stützen Pufferbefestigung, des Stützbeins, Schutzplanken, Stützen der Ersatzradbefestigung u.a. platziert.

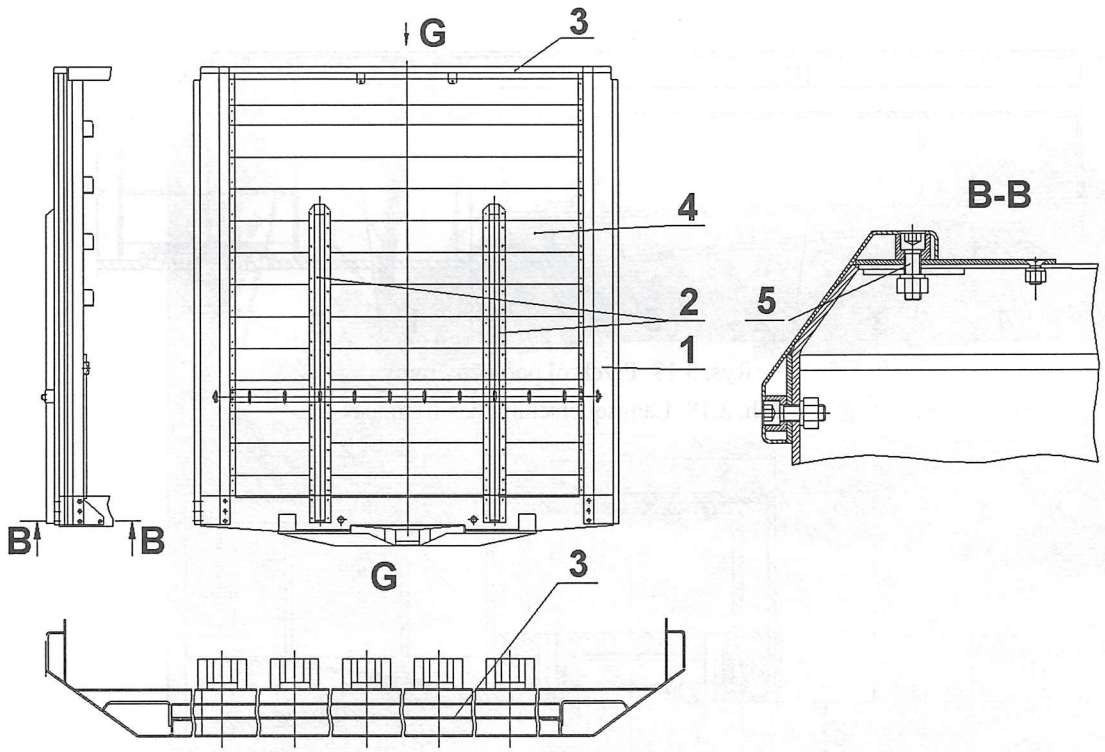
Von oben ist das Skelett des Halterrahmens zwischen dem Zentralbalken **1** und den Längsbalken **6** mit einer Furnierplatte bedeckt.

Die Festigkeit des Halterrahmens incl. dem Fußboden gewährleistet das Beladen des Trailers von der Seite, mit Hilfe eines Gabelstaplers und sichert gleichzeitig bei der vollen vertikalen Belastung des Trailers die Übertragung von Längskräften bis 1200 kN für die Druckkraft und 1000 kN für die Zugkraft.

Auf den Pufferträger des Halterrahmens hat man Platz für das Verfahren des Traileraufhebens mit Hilfe von Servomotoren vorgesehen und Platz für Havarieaufheben des Trailers mit Hilfe von Servomotoren gestützt unter den Zentralbalken des Halterrahmens.

3.4.2 Stirnwand (Pufferträger)

Die Stirnwand gezeigt auf der Zch. 3.21.



Rys. 3.21 Ściana czołowa.
Zch. 3.21 Sitrnwand

składa się z dwóch głównych słupów nośnych 1 oraz dwóch słupów pomocniczych 2. W górnej części główne słupy nośne 1 są połączone belką poprzeczną 3. Przestrzeń pomiędzy głównymi słupami nośnymi 1 jest wypełniona deskami aluminiowymi 4 odpowiednio mocowanymi do głównych słupów nośnych oraz do słupów pomocniczych. Ściana czołowa jest mocowana do ramy nośnej przy pomocy śrub 5 łączących słupy główne z czołownicą ramy nośnej. Elementy składowe ściany czołowej wykonano z materiałów o podwyższonej wytrzymałości dla spełnienia wymagań wytrzymałościowych postawionych w euronormie EN - 283.

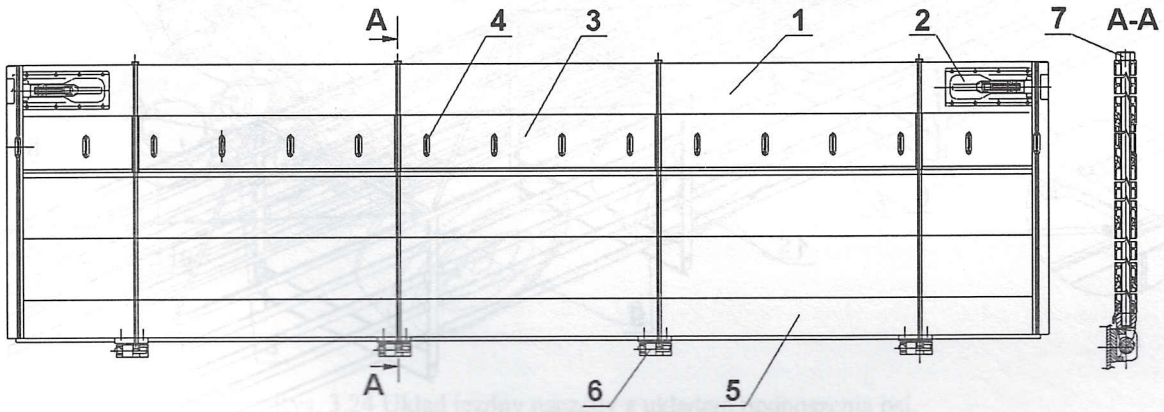
3.4.3 Burty boczne i końcowe

Burty boczne pokazane na rys. 3.22

besteht aus zwei Haupttragsäulen 1 und zwei Hilfssäulen 2. Im oberen Teil sind die Haupttragsäulen 1 mit einem Querbalken 3 verbunden. Der Raum zwischen den Haupttragsäulen 1 ist mit Aluleisten 4 befüllt, die entsprechend an die Haupttragsäulen und an die Hilfssäulen befestigt sind. Die Stirnwand ist an den Halterrahmen mit Hilfe von Schrauben 5 montiert, die die Hauptsäulen mit dem Pufferträger des Halterrahmens verbinden. Bestandselemente der Stirnwand hat man aus Materialien mit erhöhten Festigkeit ausgeführt, damit die Festigkeitsanforderungen aus der Euronorm EN -283 erfüllt werden.

3.4.3 Seiten- und Endbords

Seitenbords gezeigt auf der Zch. 3.22



Rys. 3.22 Burta boczna naczepy.

Zch. 3.22 Seitenbords des Trailers

wykonano z desek aluminiowych o podwyższonej wytrzymałości. Deskę górną 1 wyposażono w zamki 2 firmy Hestal. Drugą deskę od góry 3 zaopatrzono w uchwyty 4 mocowania plandeki, a do ostatniej dolnej deski 5 zamocowano zawiasy 6 firmy Hestal. Deski aluminiowe burty połączono w odpowiedni pakiet przy pomocy śrub 7.

Zabudowane w burtach zamki 2 współpracują z elementami ryglującymi umieszczonymi w kłonicach. Kłonice, podobnie jak burty, są odejmowalne od ramy nośnej lub mogą być opuszczone na zawiasach pionowo ku dołowi. Skrajne zamki burt zewnętrznych współpracują z ryglami zabudowanymi w ścianie czołowej i słupach tylnych zamocowanych na stałe do ramy nośnej naczepy.

wurde aus Aluprofilen mit erhöhter Festigkeit ausgeführt. Das obere Brett 1 wurde mit Schlössern 2 der Firma Hestal ausgestattet. Das zweite Brett von oben 3 wurde dagegen mit speziellen Griffen 4 zur Befestigung der Plane ausgestattet und an das letzte unterste Brett 5 hat man Bänder 6 der Firma Hestal befestigt. Diese Alubretter des Bords wurden in ein gesammeltes Paket mit Hilfe von Schrauben 7 gebunden.

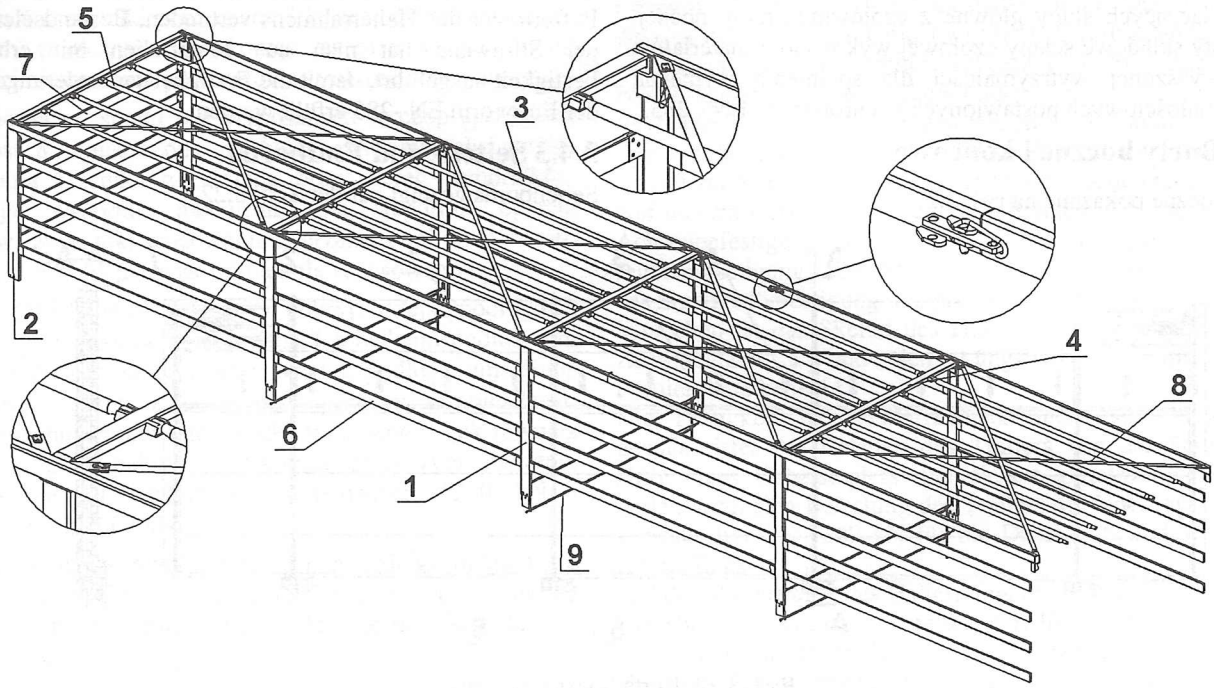
Die in den Borden eingebauten Schlösser 2 arbeiten mit den Verrieglungselementen, die dagegen in den Rungen montiert wurden, zusammen. Die Rungen können ähnlich wie die Borde vom Halterrahmen abgetrennt werden oder können an den Bänder vertikal nach unten gesunken werden. Außenschlösser der Außenbords arbeiten mit den Riegel zusammen, die in der Stirnwand und in den Hintersäulen (beide befestigt am Halterrahmen des Trailers) eingebaut sind.

3.4.4 Szkielet opończy

Szkielet opończy pokazany na rys.3.23

3.4.4 Gerippe der Plane

Das auf der Zch. 3.23 gezeigte Gerippe der Plane ist eine zusammenklappbare



Rys. 3.23 Szkielet opończy.

Zch. 3.23 Gerippe der Plane

jest składaną konstrukcją służącą do podtrzymania i zamocowania opończy zakrywającej przestrzeń ładunkową naczepy.

Szkielet opończy stanowią belki pionowe **1**, belki pionowe skrajne **2**, belki podłużne **3**, belki poprzeczne **4**, dachowe belki podłużne **5** oraz deski boczne **6** i deski tylne **7**.

Belki pionowe **1** oraz belki pionowe skrajne są osadzone i zablokowane w górnej części kłonic oraz w słupach tylnych. W górnej części belek pionowych **1** oraz belek pionowych skrajnych **2** zamontowano belki podłużne **3** oraz belki poprzeczne **4**. W belkach poprzecznych **4** oraz belce górnej ściany czołowej wykonano odpowiednie wsporniki wyłożone uchwytami gumowymi, w których są zamocowane dachowe belki podłużne **5**. W konstrukcji dachu szkieletu zastosowano kratowe wzmocnienia w postaci cięgieł **8** w celu usztywnienia szkieletu opończy.

Belki pionowe **1** oraz belki pionowe skrajne wyposażono w odpowiednie wsporniki, w których umieszczono deski boczne **6** i deski tylne **7**.

W celu powiązania obu boków szkieletu opończy każdą z belek pionowych **1** w dolnej strefie oraz każdą kłonicę w górnej strefie połączono napinanymi łańcuchami **9**.

Burty boczne oraz szkielet opończy wykonano z materiałów o podwyższonej wytrzymałości w celu spełnienia wymagań wytrzymałościowych zawartych w euronormie EN-283. Zastosowany materiał na opończę odpowiada wymaganiom euronormy EN - 12641-1.

Konstruktion, die zur Unterstützung und Befestigung der Plane dient, die dagegen die Ladefläche abdeckt.

Gerippe der Plane bilden die vertikalen Balken **1**, die vertikalen Endbalken **2**, Längsbalken **3**, Querbalken **4**, Dachlängsbalken **5**, Seitenbretter **6** und Hinterbretter **7**.

Die vertikalen Balken **1** und die vertikalen Endbalken **2** sind im oberen Teil der Runge und in den Hintersäulen befestigt und blockiert. Im oberen Teil der vertikalen Balken **1** und der vertikalen Endbalken **2**, hat man Längsbalken **3** und Querbalken **4** montiert. In den Querbalken **4** und im oberen Balken der Stirnwand hat man entsprechende Stützen incl. Gummieinlagen vorbereitet, in denen Dachlängsbalken **5** montiert werden. In der Dachkonstruktion der Gerippe hat man Gitterverstärkung in Form von Zugstab **8** eingesetzt, zwecks Aussteifung der Gerippe der Plane.

Die vertikalen Balken **1** und die vertikalen Endbalken **2** hat man mit speziellen Stützen ausgestattet, in denen dann die Seitenbretter **6** und die Hinterbretter **7** montiert wurden.

Jede der vertikalen Balken **1** im unteren Teil, und jede der Rungen im oberen Teil hat man mit Hilfe von gespannten Ketten **9** verbunden, zwecks Bindung von beiden Gerippeseiten.

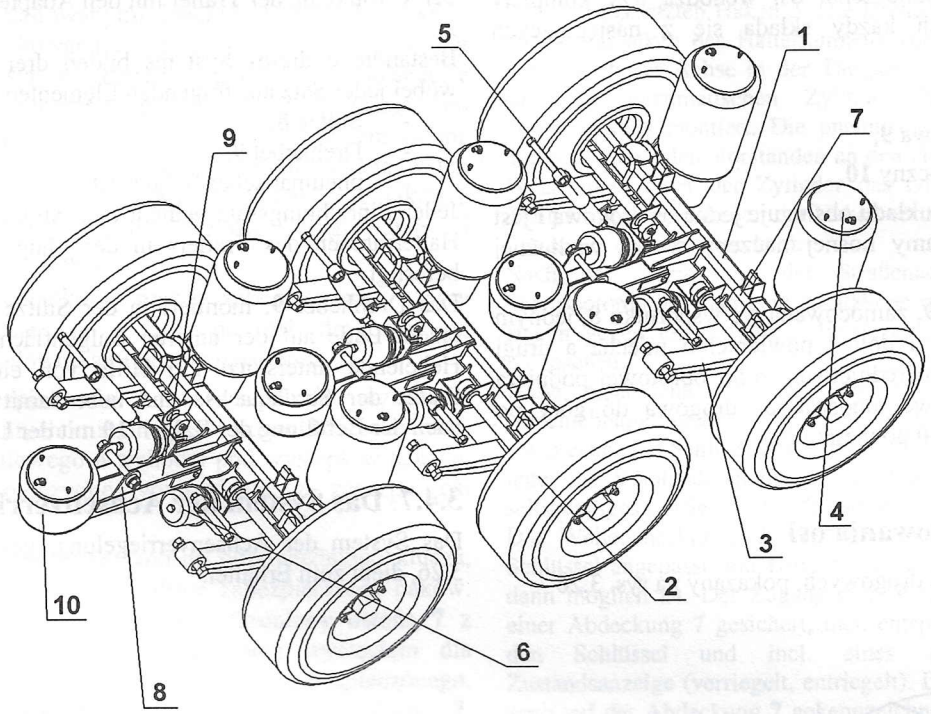
Seitenbords und Planengerippe wurden aus Materialien mit erhöhter Beständigkeit und Festigkeit ausgeführt, gem. den Festigkeitsanforderungen aus der Euronorm EN-283. Das Material für die Plane entspricht den Anforderungen der Norm EN – 12641-1.

3.4.5 Układ jezdny

Naczepę wyposażono w drogowy układ jezdny firmy BPW, (rys. 3.24) złożony z trzech osi drogowych **1** z kołami **2**,

3.4.5 Fahrwerk

Den Trailer hat man mit einem Straßenfahrwerk von der Firma BPW (Zch. 3.24) ausgestattet.



Rys. 3.24 Układ jezdny naczepy z układem podnoszenia osi.

Zch. 3.24 Fahrwerk des Trailers mit dem System der Achsenaufhebung

zamocowanych do wsporników w ramy nośnej naczepy. Na osi **1** są zamontowane wahacze w postaci resora piórowego **3**, które jednym końcem są obrotowo zamocowane we wspornikach ramy nośnej a na drugim końcu wahaczy są zamontowane miechy nośne **4** układu jezdnego, które od góry są oparte na wspornikach ramy nośnej naczepy. Dla tłumienia drgań pionowych nadwozia naczepy zastosowano tłumiki hydrauliczne **5** zamontowane pomiędzy osią **1**, a wspornikiem ramy nośnej do mocowania osi drogowych. Na osi 1 umieszczono również cylindry układu hamulcowego **6** oraz uchwyty **7** do ryglowania osi drogowych.

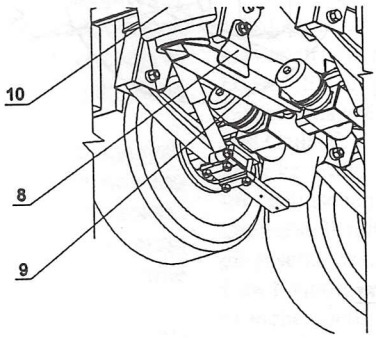
3.4.6 Układ podnoszenia osi

Układ podnoszenia osi pokazano na rys. 3.25

Dieses Fahrwerk besteht aus drei Straßenachsen **1**, mit Rädern **2**, befestigt an den Stützen des Halterrahmens des Trailers. Auf der Achse **1** werden Schwingen in Form von Feder **3** montiert, die mit einem Ende drehbar in den Stützen des Halterrahmens befestigt sind, und am anderen Ende der Schwingen die Tragbalgen **4** des Fahrwerkes montiert sind. Die Tragbalgen werden von oben auf den Stützen des Halterrahmens gestützt. Zur Dämpfung von vertikalen Schwingungen des Trailerwagenkastens hat man die hydraulischen Dämpfer **5** eingesetzt, montiert zwischen der Achse **1** und der Stütze des Halterrahmens zur Befestigung der Straßenachse. Auf der Achse **1** hat man auch Zylinder des Bremssystems **6** und Griffe **7** zur Verrieglung der Straßenachsen montiert.

3.4.6 Das System der Achsenaufhebung

Das System der Achsenaufhebung wurde auf der Zch. 3.25 gezeigt



Rys. 3.25 Układ podnoszenia osi

Zch. 3.25 System der Achsenaufhebung

Służy on do uniesienia osi drogowych powyżej dolnego zarysu skrajni kolejowej po połączeniu naczep z adapterami.

W skład układu podnoszenia osi wchodzą trzy komplety urządzeń, z których każdy składa się z następujących elementów:

- wspornik **8**,
- dźwignia obrotowa **9**,
- miech pneumatyczny **10**.

Każdy z kompletów układu obsługuje jedną oś drogową i jest zamontowany do ramy nośnej naczepy w osi wzdłużnej naczepy.

Dźwignia obrotowa **9**, zamocowana we wsporniku **8**, jednym końcem opiera się na dolnej powierzchni miecha a drugi koniec dźwigni za pośrednictwem rolki obrotowej podpiera wspornik osi drogowej unosząc oś drogową do góry po napełnieniu miecha **10** powietrzem.

3.4.7 Układ ryglowania osi

Układ ryglowania osi drogowych, pokazany na rys. 3.26

Dieses System dient zum Abheben der Straßenachsen oberhalb des unteren Lichtraums vom Schienenfahrzeug nach der Verbindung der Trailer mit den Adaptern

.

Bestandteile dieses Systems bilden drei Einrichtungssätze, wobei jeder Satz aus folgenden Elementen besteht:

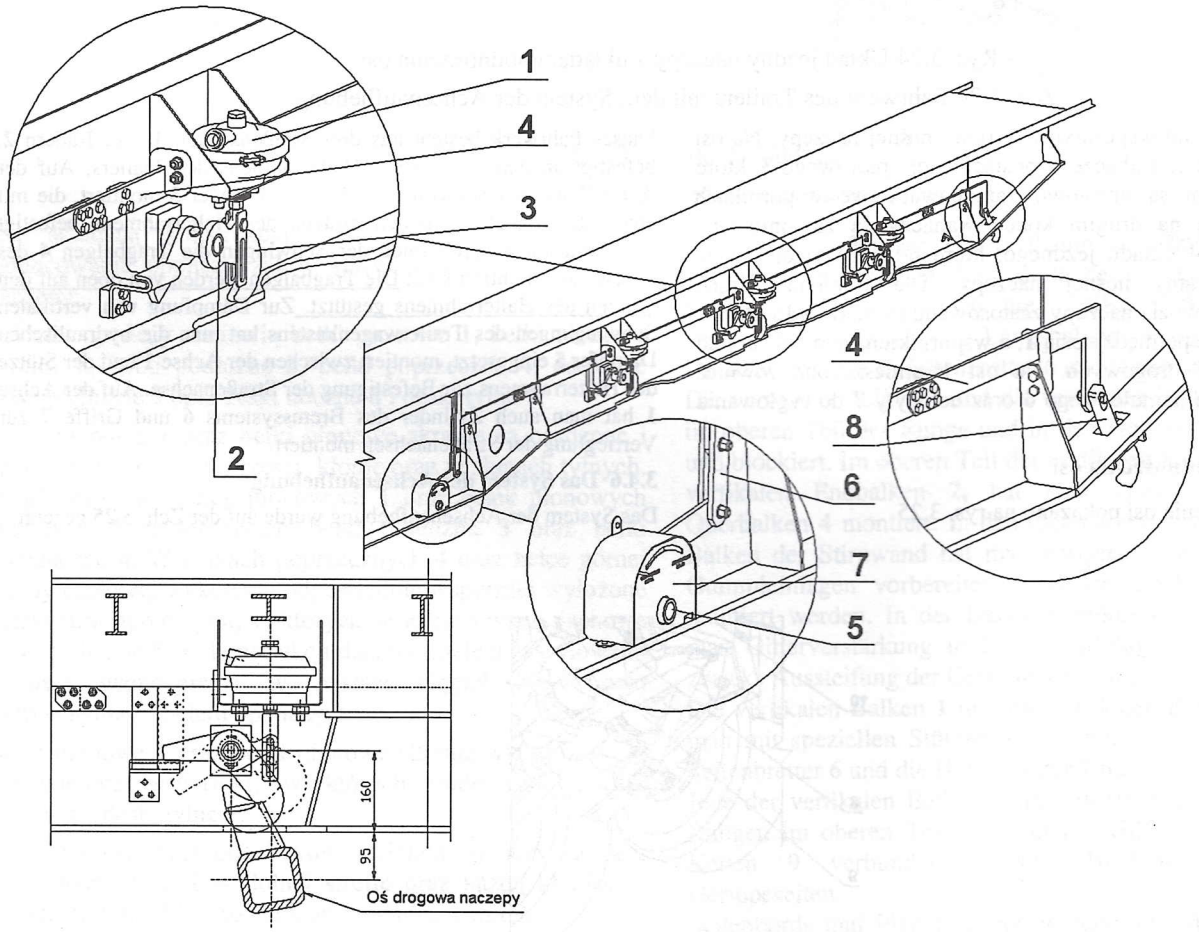
- Stütze **8**,
- Drehhebel **9**,
- pneumatischer Balgen **10**

Jeder Einrichtungssatz bedient eine Straßenachse und ist am Halterrahmen des Trailers in der Längsachse des Trailers befestigt.

Das Drehhebel **9**, montiert in der Stütze **8**, stützt sich mit einem Ende auf der unteren Balgenfläche und das andere Hebelende unterstützt mit Hilfe von einer Drehrolle die Stütze der Straßenachse und hebt damit die Straßenachse nach der Befüllung der Balgen **10** mit der Luft auf.

3.4.7 Das System der Achsenverriegelung

Das System der Achsenverriegelung, gezeigt auf der Zch. 3.26, dient zum Erhalten



Rys. 3.26 Układ ryglowania osi.
Zch. 3.26 System der Achsenverriegelung

Ma za zadanie podtrzymanie osi drogowych w stanie uniesionym po umieszczeniu naczep na wózkach kolejowych. Do tego celu służy zespół złożony z dwóch cylindrów pneumatycznych 1 oraz osi obrotowej 2 z osadzonymi na niej odpowiednio ukształtowanymi hakami 3. Oś obrotowa z hakami jest ułożyskowana w belce centralnej ramy nośnej naczepy a nad osią w płaszczyźnie działania każdego z haków są zamontowane cylindry pneumatyczne do wsporników belki centralnej. Cylindry pneumatyczne współpracują z odpowiednimi występami na hakach w ten sposób, że jeden z cylindrów uruchamia zamykanie haków a drugi powoduje otwieranie haków (ryglowanie i odryglowanie osi drogowej).

Konstrukcja ma dodatkowe ręczne zabezpieczenie haków przed ich wyzębieniem z zaczepu osi drogowej po zaryglowaniu osi siłownikami pneumatycznymi.

Dodatkowe zabezpieczenie haków zapewnia przesuwna listwa 4, która po uruchomieniu odpowiednim kluczem wałka 5 i układu dźwigniowego 6 wchodzi pod występy w hakach, blokując ich samoczynne wyczepienie z zaczepu osi drogowej.

Końcówki wałka 5 dostosowano do odpowiedniego klucza, przy pomocy którego jest możliwe zabezpieczenie haków. Dostęp do końcówek wałka 5 jest chroniony osłoną 7 z odpowiednim otworem dla klucza oraz wycięciem dla wskaźnika stanu zabezpieczonego lub odbezpieczonego, odpowiednio oznakowanego na obudowie osłony 7. Zabezpieczenie lub odbezpieczenie haków jest możliwe z obu stron naczepy. Na końcu listwy 4 zamontowano dodatkowe haki 8, które zabezpieczają zderzak odchylny naczepy przed ewentualnym opadnięciem po połączeniu naczepy z adapterem.

4. Wózek kolejowy

Parametry biegowe pojazdów szynowych są zależne przede wszystkim od właściwości biegowych wózków. W taborze bimodalnym pomiędzy naczepą (nadwoziem wagonu) a wózkiem kolejowym stosuje się element pośredni, adapter do zamocowania naczepy na wózku kolejowym. Sposób rozwiązania konstrukcji adaptera nie pozostaje bez znaczenia w osiągnięciu dobrych parametrów biegowych pociągu bimodalnego. Polskie rozwiązanie konstrukcyjne adapterów środkowych charakteryzuje się pełną symetrią kinematyczną i dynamiczną przez jednakowe połączenie przodu i tyłu naczepy z adapterem środkowym. Właściwość ta, nie spotykana w innych rozwiązaniach konstrukcji adapterów, nie wywołuje zaburzeń ruchu nadwozi, spowodowanych asymetrią połączenia naczep z adapterami, które występują w znanych systemach bimodalnego taboru, takich jak Road Railer, Kombiralil, Transrailer oraz Coda-E.

Dla pełnego wykorzystania walorów konstrukcyjnych adapterów w polskim pociągu bimodalnym, zastosowano nowoczesny wózek kolejowy z belką bujakową o rozstawie osi 2,3 m, co w połączeniu z przegubowym adapterem pozwoliło uzyskać w badaniach prędkości jazdy na poziomie V = 176 km/h.

Zastosowano tu dwa typy wózków, 6TNa – wózek środkowy oraz 6TNa/1 – wózek skrajny.

Wózek skrajny wyposażono w jedną parę ślizgów bocznych (wózek środkowy ma dwie pary ślizgów) oraz płyty podporowe do oparcia adaptera końcowego na wózku.

der Straßenachsen im aufgehobenen Zustand nach der Platzierung der Trailer auf den Eisenbahndrehgestellen. Zu diesem Ziel dient ein Satz bestehend aus zwei pneumatischen Zylindern 1 und einer Drehachse 2, mit entsprechend geformten auf ihr aufgesetzten Haken 3. Die Drehachse mit den Haken ist im Zentralbalken des Halterrahmens vom Trailer gelagert und oberhalb dieser Achse in der Tätigkeitsebene jedes der Haken sind die pneumatischen Zylinder für die Stützen des Zentralbalkens montiert. Die pneumatischen Zylinder arbeiten mit entsprechenden Vorständen an den Haken auf diese Art und Weise, dass einer der Zylinder das Öffnen und ein anderer Zylinder das Abschließen der Haken verursacht (Verriegeln und Entriegeln der Straßenachse).

Nach der Verrieglung der Straßenachse mit Hilfe von Servomotoren hat man eine zusätzliche manuelle Sicherung der Haken gegen ein zufälliges Entriegeln aus der Straßenachse vorgesehen.

Diese zusätzliche Sicherung der Haken gewährleistet eine verschiebbare Leiste 4, die nach der Betätigung - mit einem entsprechenden Schlüssel - der Welle 5 und des Hebelsystems 6, unter die Vorstände in den Haken reingeht und blockiert ein selbständiges Entriegeln aus der Straßenachse.

Die Wellenanschlüsse 5 hat man an einen entsprechenden Schlüssel angepasst, mit Hilfe dessen die Sicherung der Haken dann möglich ist. Der Zugang zum Wellenanschluss 5 ist mit einer Abdeckung 7 gesichert, incl. entsprechender Öffnung für den Schlüssel und incl. eines Ausschnitts für die Zustandsanzeige (verriegelt, entriegelt). Die Zustandsanzeige ist auch auf der Abdeckung 7 gekennzeichnet. Das Verriegeln und Entriegeln der Haken ist von beiden Seiten des Trailers möglich. Am Ende der Leiste 4 hat man zusätzliche Haken 8 montiert, die den schwenkbaren Puffer des Trailers vor einem eventuellen Abfall nach der Verbindung des Trailers mit dem Adapter schützen.

4. Eisenbahndrehgestell

Laufeigenschaften von Schienenfahrzeugen sind vor allem von den Laufparametern der Drehgestelle abhängig. Bei den bimodalen Fahrzeugen wird ein Verbindungselement zwischen dem Trailer (Wagenkasten) und dem Drehgestell eingesetzt – und zwar ein Adapter zur Befestigung des Trailers auf dem Drehgestell. Die Art und Weise der Konstruktionslösung des Adapters bleibt nicht ohne Einfluss auf das Erreichen von guten Laufeigenschaften des ganzen bimodalen Zugsatzes. Die polnische Konstruktionslösung von Mitteladapter zeichnet sich durch volle kinematische und dynamische Symmetrie aus, dank der gleichen Verbindung des vorderen und hinteren Trailerteils mit dem Mitteladapter. Diese Eigenschaft, die bei anderen Konstruktionslösungen nicht zu finden ist, verursacht keine Störungen in der Wagenkastenbewegung, die Folge der asymmetrischen Verbindung der Trailer mit den Adapter sind. Diese Störungen treten in schon bekannten bimodalen Eisenbahnsystemen auf wie: Road Railer, Kombirail, Transrailer und Coda-E.

Zwecks voller Nutzung der Konstruktionsvorteile von Adapter im polnischen bimodalen Zugsatz, hat man ein modernes Drehgestell mit einem Wiegebalken vom Achsenabstand 2,3 m eingesetzt, was in der Verbindung mit dem Gelenkadapter die Geschwindigkeiten von V = 176 Km/h bei den Fahrtversuchen erreichen ließ.

Im polnischen bimodalen Eisenbahnpark hat man zwei Drehgestelltypen eingesetzt, 6TNa – Mitteldrehgestell und 6TNa/1 – Enddrehgestell.

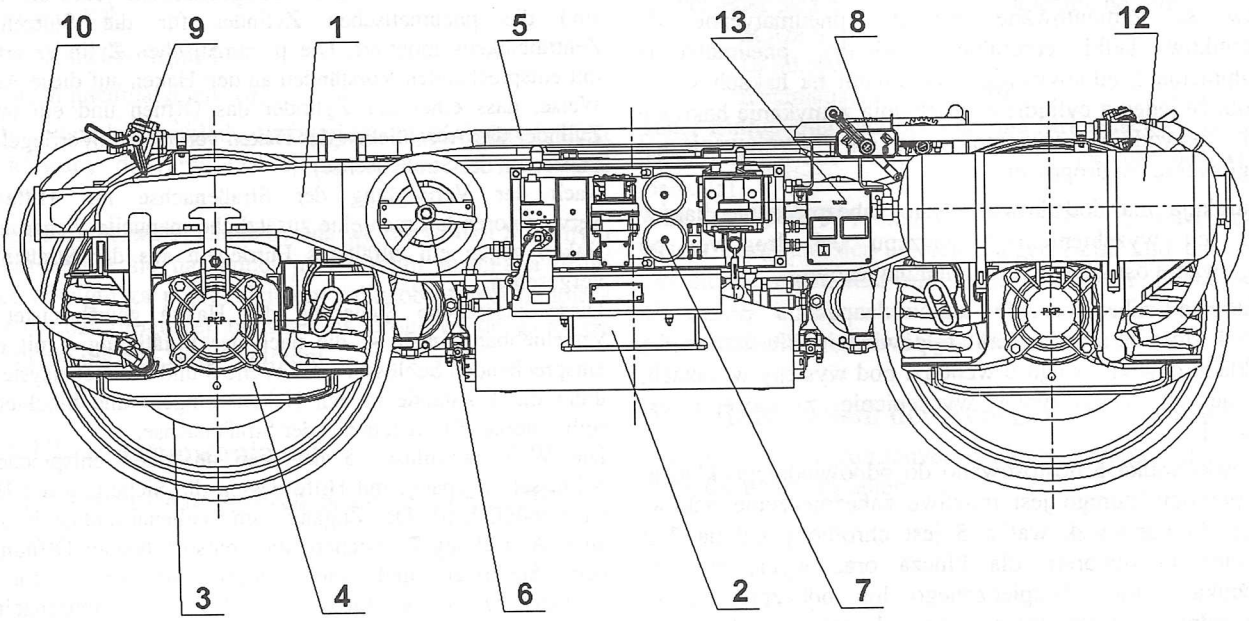
Das Enddrehgestell wurde mit einem Paar Seitengleitstücke (das Mitteldrehgestell ist mit zwei Paar Seitengleitstücke ausgestattet)

Wózek skrajny różni się też od wózka środkowego w szczegółach rozwiązania układu hamulcowego.

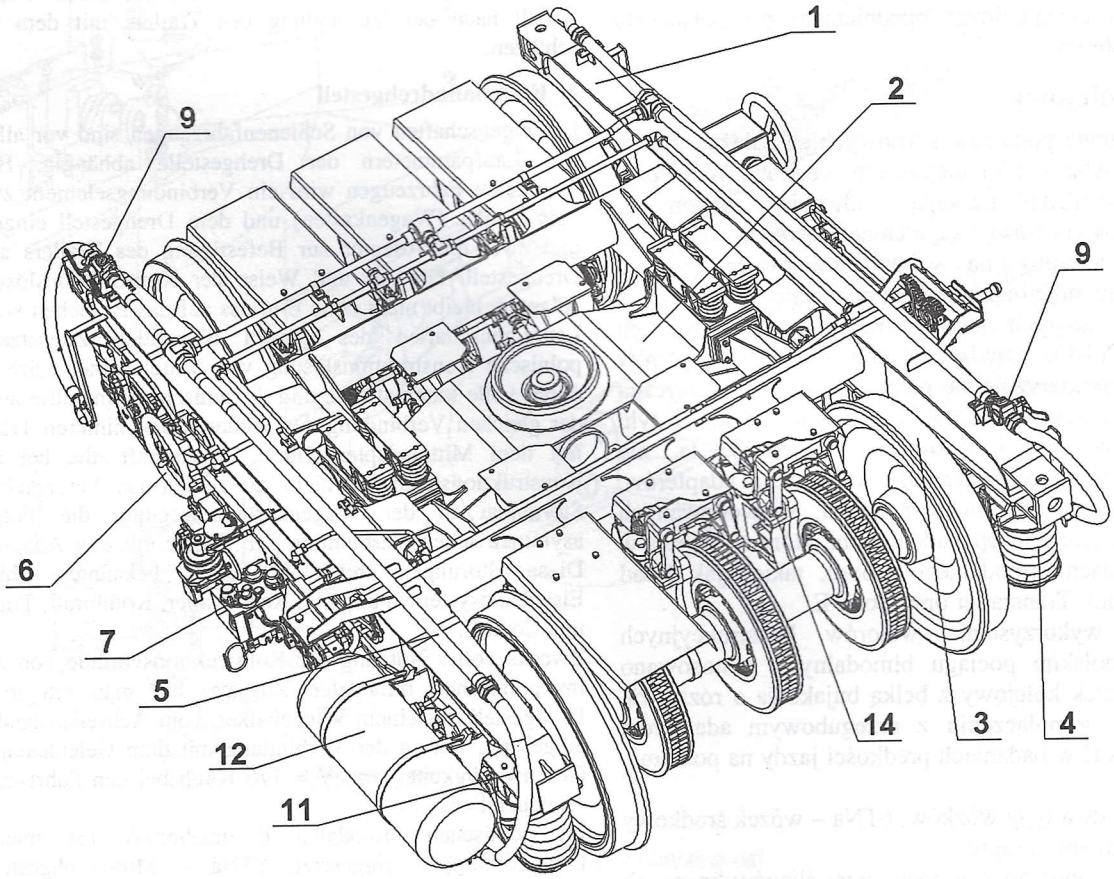
4.1 Wózek środkowy 6TNa

und mit Stützplatten zur Stützung des Endadapters auf dem Drehgestell ausgestattet. Das Enddrehgestell unterscheidet sich auch vom Mitteldrehgestell in den Details der Lösung des Bremssystems.

4.1 Mitteldrehgestell 6TNa



Rys. 4.1 Wózek środkowy z układem hamulcowym
Zch. 4.1 Mitteldrehgestell mit dem Bremssystem



Rys. 4.2 Wózek środkowy z układem hamulcowym
Zch. 4.2 Mitteldrehgestell mit dem Bremssystem

Przedstawiony na rys. 4.2 wózek środkowy do taboru bimodalnego składa się z ramy wózka **1**, belki bujakowej **2** z wieszakami, zestawów kołowych **3**, usprężynowania wózka **4** oraz układu hamulca zasadniczego **5** i hamulca ręcznego **6**.

Charakterystyka wózka środkowego:

Szerokość toru	1435 mm
Rozstaw osi zestawów kołowych	2300 mm
Średnica okręgu tocznego koła	920 mm
Rozstaw ślizgów bocznych:	
Ślizgi zewnętrzne	1544 mm
Ślizgi wewnętrzne	1280 mm
Gniazdo skrętu kuliste o promieniu	R=190 mm
Wysokość środka kuli gniazda skrętu nad główką szyny	890^{+3}_{-5} mm
Położenie górnej powierzchni ślizgów bocznych	920 mm
Długość wózka	3294 mm
Szerokość wózka	2298 mm
Łożyska walcowe NI 130 x 240 GMC4 i NIP 130 x 24 GMC 4	
Wymiany czopa osi	ø 130x191mm
Przesuw poprzeczny ramy wózka względem maźnicy	± 3 mm
Przesuw poprzeczny belki bujakowej względem ramy wózka	± 34 mm
Maksymalny nacisk osi zestawu kołowego na tor dla prędkości V = 120 km/h	22,5 t

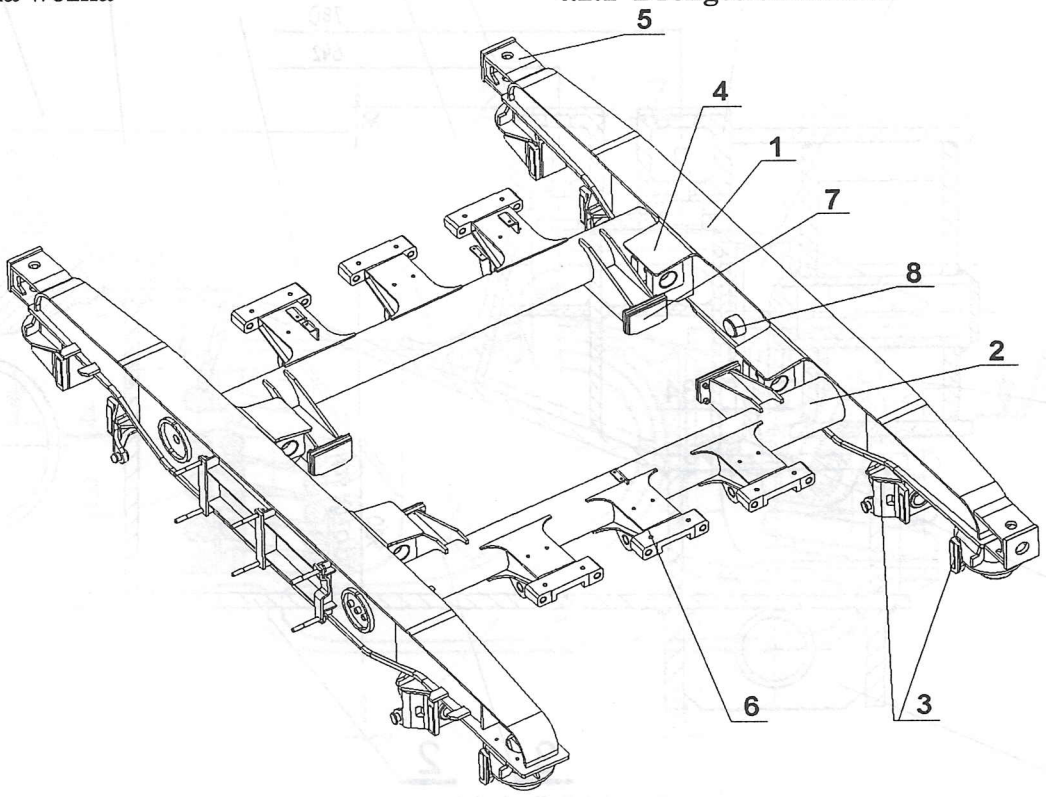
Das auf der Zch. 4.2 dargestellte Mitteldrehgestell des bimodalen Zugsatzes besteht aus dem Drehgestellrahmen **1**, dem Wiegebalken **2** incl. Aufhängung, Radsätzen **3**, Drehgestellfederung **4**, System der Hauptbremse **5** und Handbremse **6**.

Charakteristik des Mitteldrehgestells:

Gleisbreite	1435 mm
Achsenabstand des Radsatzes	2300 mm
Durchmesser des Laufkreises vom Rad	ø 920 mm
Abstand der Seitengleitstücke:	
äußere Seitengleitstücke	1544 mm
innere Seitengleitstücke	1280 mm
kugelförmiger Drehsitz mit dem Radius	R = 190 mm
Höhe der Kugelmitte des Drehsitzes über dem Schienekopf	890^{+3}_{-5} mm
Lage der oberen Oberfläche von Seitengleitstücken	920 mm
Drehgestelllänge	3294 mm
Drehgestellbreite	2298 mm
Wälzlagerung NI 130x240 GMC4 und NIP 130x24 GMC4	
Abmessungen des Achsenzapfens	ø130x191 mm
Querverschiebung des Drehgestellrahmens im Verhältnis zum Gleitachslager	± 3 mm
Querverschiebung des Wiegebalkens im Verhältnis zum Drehgestellrahmen	± 34 mm
maximale Radsatzlast auf die Schiene für die Geschwindigkeit V = 120 Km/h	22,5t

4.2 Części składowe wózka środkowego
4.2.1 Rama wózka

4.2 Bestandteile des Mitteldrehgestells
4.2.1 Drehgestellrahmen



Rys. 4.3 Rama wózka

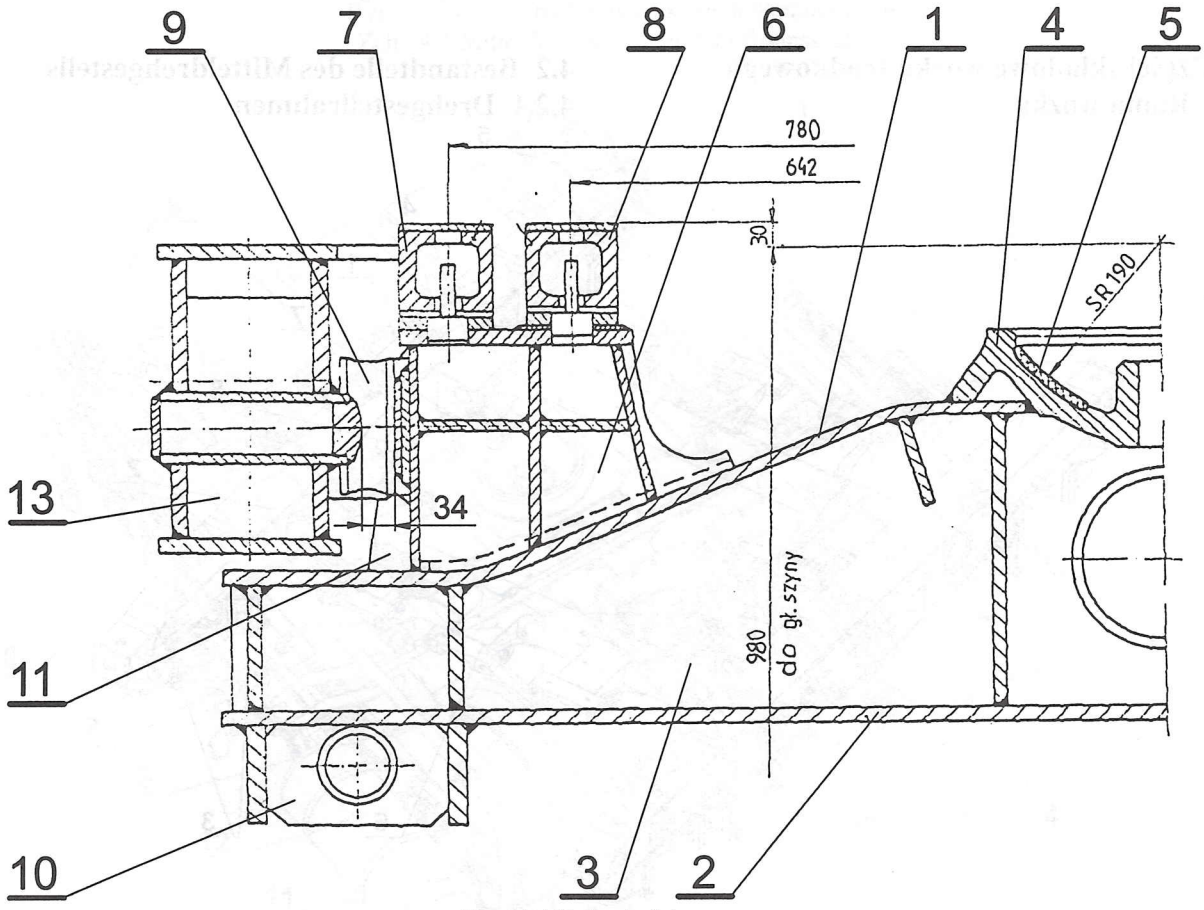
Zch. 4.3 Drehgestellrahmen

Rama wózka o konstrukcji spawanej składa się z dwóch podłużnic 1 wykonanych w postaci belek o zmiennym prostokątnym przekroju, połączonych między sobą odpowiednio rozstawionymi poprzecznicami 2 wykonanymi z rur. W dolnej strefie ramy, na obu końcach podłużnic przyspawano wsporniki prowadnic maźnic 3, a w części środkowej ramy od strony wewnętrznej, cztery wsporniki 4 do mocowania wieszaków belki bujakowej oraz ograniczniki 8 przesuwu poprzecznego belki bujakowej względem ramy wózka. Końce podłużnic wyposażono w odpowiednie wsporniki 5 spełniające rolę odbijaków oraz zaczepów do przepychania wózków na torach.
Łączniki rurowe wiążące obie podłużnice ramy zaopatrzono w trzy wsporniki 6 na każdym łączniku, do mocowania cylindrów hamulcowych hamulca tarczowego. Na obu końcach łączników rurowych zabudowano ograniczniki 7 luzu wzdłużnego belki bujakowej względem ramy wózka.

4.2.2 Belka bujakowa

Den Drehgestellrahmen bildet eine geschweißte Konstruktion bestehend aus zwei Längsträger **1**, ausgeführt in Form von Balken mit verschiedenem Rechteckquerschnitt, verbunden miteinander mit entsprechend platzierten Querträger **2**, die aus Rohren ausgeführt sind. In der unteren Rahmenzone an den beiden Enden der Längsträger hat man Stützelemente für Gleitachslagerführung angeschweißt **3**; in der mittleren Rahmenzone von innen hat man vier Stützelemente **4**, die zur Befestigung der Aufhängung des Wiegebalkens dienen, angeschweißt und Begrenzungsstücke **8**, die die Querverschiebung des Wiegebalkens im Verhältnis zum Drehgestellrahmen blockieren. Die Längsträgerenden hat man mit entsprechenden Stützelementen **5** ausgestattet, die die Funktion des Puffers und zusätzlich der Griffe zum Durchdrücken der Drehgestelle auf den Schienen erfüllen.
Rohrverbindungsstücke, die die Längsträger des Rahmens verbinden, hat man mit drei Stützelemente **6** auf jedem Verbindungsstück ausgestattet. Diese dienen der Befestigung von Bremszylinder der Scheibenbremse. An beiden Enden der Rohrverbindungsstücke hat man Begrenzungsstücke **7** vom Längsspiel des Wiegebalkens im Verhältnis zum Drehgestellrahmen vorgesehen.

4.2.2 Wiegebalken



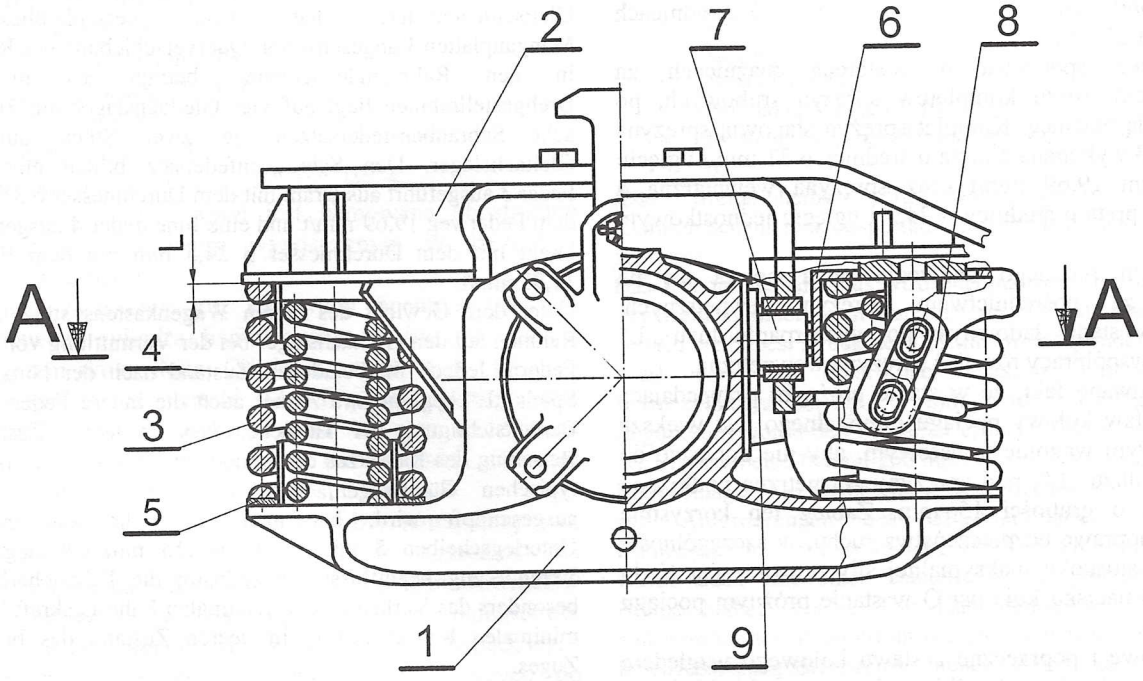
Rys. 4.4 Belka bujakowa
· Zch. 4.4 Wiegebalken

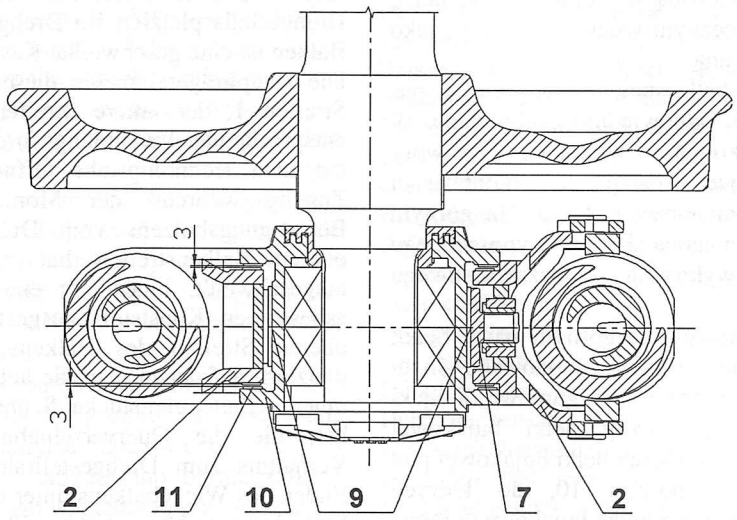
Na rys. 4.4 pokazano umieszczoną w ramie wózka, belkę bujakową w przekroju poprzecznym wózka, wykonaną jako skrzynkową konstrukcję spawaną.
Podstawowe elementy nośne belki stanowi pas górny 1, pas dolny 2 oraz dwa środniki 3, odpowiednio użebrowane. W środnikach belki bujakowej wykonano otwory technologiczne umożliwiające dostęp do montażu i demontażu sworznia mocowania czopa skrętu. Na górnym pasie belki wspawano gniazdo czopa skrętu 4 wyposażonego w wykładzinę cierną 5 wykonaną z bezazbestowego tworzywa sztucznego.
Po obu stronach belki bujakowej, na górnym pasie belki, umieszczono wsporniki 6, na których zabudowano ślizgi boczne zewnętrzne 7 i wewnętrzne 8 oraz gumowe odbijaki 9, ograniczające przesuw poprzeczny belki bujakowej względem ramy wózka. Na obu końcach belki bujakowej pod dolnym pasem wspawano wsporniki 10, do których zamontowano wieszaki 11 mocujące belką bujakową w ramie wózka. Przesuw poprzeczny belki bujakowej w ramie wózka jest ograniczony luzem 34 mm między podłużnicą ramy 13 a odbijakiem gumowym 9. Luz wzdłużny belki bujakowej wynoszący około 1 mm jest ustalony ogranicznikami umieszczonymi na środnikach belki bujakowej i wspornikach rurowych łączników ramy wózka.

4.2.3 Usprężynowanie wózka i prowadzenie zestawu kołowego

Auf der Zch. 4.4 wurde ein Wiegebalken im Querschnitt des Drehgestells platziert im Drehgestellrahmen gezeigt. Dieser Balken ist eine geschweißte Kastenkonstruktion.
Die Hauptträgerelemente dieses Balkens bilden: der obere Streifen **1**, der untere Streifen **2** und zwei Stege **3** mit entsprechender Verrippung. In den Stegen des Wiegebalkens hat man technologische Öffnungen vorgesehen, die den Zugang während der Montage oder Demontage des Befestigungsbolzens vom Drehzapfen sichern. Auf dem oberen Balkenstreifen hat man den Drehzapfensitz **4** eingeschweißt, innen mit einem Reibbelag **5** aus einem asbestfreien Kunststoff ausgestattet. An beiden Seiten im oberen Streifen des Balkens hat man Stützelemente **6** platziert, auf denen man die äußeren Seitengleitstücke **7**, die inneren Seitengleitstücke **8** und Gummipuffer **9** eingebaut hat, die die Querverschiebung des Wiegebalkens im Verhältnis zum Drehgestellrahmen begrenzen. An beiden Enden des Wiegebalkens unter dem unteren Streifen hat man Stützelemente **10** eingeschweißt, an die man Aufhängung **11** montiert hat, die den Wiegebalken am Drehgestellrahmen festhält. Querverschiebung des Wiegebalkens im Drehgestellrahmen wird vom Spiel 34 mm zwischen dem Längsträger des Rahmens **13** und dem Gummipuffer **9** limitiert. Das Längsspiel des Wiegebalkens beträgt ca. 1 mm und wird durch Begrenzungen festgelegt, die an den Stegen des Wiegebalkens und an den Rohrstützen der Verbindungsstücke vom Drehgestellrahmen platziert werden.

4.2.3 Drehgestellfederung und die Führung des Radsatzes





Rys. 4.5 Usprężynowanie wózka, prowadzenie zestawu kołowego i tłumik cierny
Zch. 4.5 Drehgestellfederung, Führung des Radsatzes und der Reibungsdämpfer

Na rys. 4.5 pokazano szczegół oparcia ramy wózka na maźnicy zestawu kołowego. Korpus maźnicy **1** jest poprzecznie i podłużnie prowadzony w prowadnicach maźnic **2**. Prowadnice **2** przenoszą siły poprzeczne i podłużne z maźnicy zestawu kołowego na ramę wózka. Luz wzdłużny maźnicy względem prowadnic jest wykasowany dociskiem grzybka **7** do powierzchni ciernej maźnicy **9**. Natomiast prowadzenie poprzeczne maźnicy zapewniają widły maźnicy **10** obejmujące wspornik prowadnicy **2**. Na widłach maźnicy oraz na płaszczyznach bocznych wspornika prowadnicy przyspawano, odporne na zużycie, płytki manganowe **1**. Przesuw poprzeczny zestawu kołowego w prowadnicach ramy wynosi ±3 mm.

Rama wózka spoczywa na czterech maźnicach za pośrednictwem ośmiu kompletów sprężyn śrubowych, po dwa na każdą maźnicę. Komplet sprężyn stanowią sprężyna zewnętrzna **3** wykonana z pręta o średnicy ø 31 mm i ugięciu jednostkowym 19,69 mm/t oraz sprężyna wewnętrzna **4** wykonana z pręta o średnicy ø 24,5 i ugięciu jednostkowym 11,93 mm/t.

Pod ciężarem próżnego nadwozia rama opiera się na maźnicach za pośrednictwem sprężyn zewnętrznych. Natomiast w stanie ładownym po wyczerpaniu luzu „L" wchodzi do współpracy również sprężyna wewnętrzna.

Biorąc pod uwagę fakt, że w stanie próżnym przypadająca masa na zestaw kołowy pociągu bimodalnego jest większa jak w typowym wagonie towarowym, aby nie dopuścić do wyczerpania luzu „L", pod sprężyny zewnętrzne podłożono podkładki 5 o grubości 15 mm. Zabieg ten korzystnie wpływa na poprawę bezpieczeństwa ruchu, w szczególności na wielkość stosunku maksymalnej siły prowadzącej Y do minimalnego nacisku koła osi Q w stanie próżnym pociągu bimodalnego.

Ruchy pionowe i poprzeczne zestawu kołowego względem ramy wózka są tłumione tłumikiem ciernym, w skład którego wchodzą dociskacz grzybka 6, grzybek cierny 7 i ogniwo 8.

Siła składowa, proporcjonalna do obciążenia pionowego, powstała w wyniku przesuniętych czopów zawieszenia, odpycha grzybkiem ciernym maźnicę i likwiduje luz podłużny. Powoduje to powstanie sił tarcia między płytkami ciernymi na prowadnicy maźnicy i grzybkiem ciernym.

Auf der Zch. 4.5 hat man ein Detail der Drehgestellrahmenstützung auf dem Gleitachslager des Radsatzes gezeigt. Das Gehäuse des Gleitachslagers **1** ist quer und längs in der Gleitschiene **2** geführt. Gleitschienen **2** übertragen Quer- und Längskräfte vom Gleitachslager des Radsatzes auf den Drehgestellrahmen. Das Längsspiel des Gleitachslagers im Verhältnis zu den Gleitschienen wird durch den Druck des Kegels **7** auf die Reibfläche des Gleitachslagers **9** liquidiert. Querführung des Gleitachslagers sichert der Achshalter **10**, die die Stütze der Gleitschiene **2** umringen. Am Achshalter des Gleitachslagers und an den Seitenflächen der Gleitschienenstütze hat man verschleißbeständigen Manganplatten **1** angeschweißt. Querverschiebung des Radsatzes in den Rahmengleitschienen beträgt ±3 mm. Der Drehgestellrahmen liegt auf vier Gleitachslager mit Hilfe von acht Schrauben-federsätzen, je zwei Stück auf einen Gleitachslager. Den Schraubenfedersatz bilden eine äußere Feder **3** ausgeführt aus Draht mit dem Durchmesser ø 31 mm mit dem Federweg 19,69 mm/t und eine Innenfeder **4** ausgeführt aus Draht mit dem Durchmesser ø 24,5 mm mit dem Federweg 11,93 mm/t.

Unter dem Gewicht des leeren Wagenkastens stützt sich der Rahmen auf den Gleitachslager bei der Vermittlung von äußeren Federn. Jedoch im beladenen Zustand nach der Nutzung des Spiels „L" beginnt ihre Arbeit auch die innere Feder. Bei der Berücksichtigung der Tatsache, dass im leeren Zustand die Belastung des Radsatzes des bimodalen Zuges größer ist als im typischen Güterwagen, und damit der Spiel „L" nicht ausgeschöpft wird, hat man unter die äußeren Feder Unterlegscheiben **5** mit der Dicke 15 mm eingelegt. Diese Veränderung beeinflusst sehr günstig die Fahrsicherheit und besonders das Verhältnis der maximalen Führungskraft Y zu der minimalen Radachslast Q im leeren Zustand des bimodalen Zuges.

Die senkrechten und queren Bewegungen des Radsatzes im Verhältnis zum Drehgestellrahmen werden mit Hilfe des Reibdämpfers reduziert. Bestandteile des Reibdämpfers bilden Kegelgegenhalter **6**, Reibkegel **7** und Glied **8**.

Die Teilkraft proportional zur senkrechten Belastung entsteht als Folge von verschobenen Aufhängungszapfen, stößt mit dem Reibkegel den Gleitachslager ab und liquidiert den Längsspiel,

ciernymi na prowadnicy maźnicy i grzybkiem ciernym. Amortyzator jest identyczny jak dla wózka Y25Lsd (3TN) i Y25Rsa (25TN).

4.2.4 Zestaw kołowy

W wózkach zastosowano zestawy kołowe z trzema tarczami hamulcowymi. Oś zestawu wyposażono w trzy podpiaścia o średnicy 205 mm, na których osadzono tarcze hamulcowe o średnicy 640 mm i szerokości 110 mm. Końce osi zestawu kołowego stanowią czopy o średnicy 130 mm i długości 191 mm przystosowane do montażu maźnic z łożyskami walcowymi, typu NI + NIP o wymiarach 130 x 24 x 80. Koła zestawu kołowego wykonano jako pełnowalcowane z wieńcem ulepszonym cieplnie. Średnica okręgu tocznego kół wynosi 920 mm a szerokość wieńca 135 mm.
Na zestawie kołowym są zamontowane dwa staliwne korpusy maźnic. Korpusy wyposażono w prowadniki maźnic oraz łapy do oparcia sprężyn. Do łap przyspawano podkładki o grubości 15 mm pod sprężyny zewnętrzne. Powierzchnie trące prowadników maźnic wykonano z płytek trudnościeralnych ze stali manganowej. Wnętrze maźnicy jest odizolowane od otaczającej atmosfery przy pomocy uszczelnień labiryntowych.

4.2.5 Układ hamulcowy

Wózek typu 6TNa rys. 4.2 jest wyposażony w kompletny hamulec zespolony złożony z następujących zespołów:
- tablica pneumatyczna **7**
- zbiornik pomocniczy o pojemności 57 l **12**
- mechanizmy zaciskowe **14**
- zawór ważący **11**
- wskaźniki hamowania **13**
- tablica przestawcza T-O **8**
- kurki końcowe **9**
- sprzęgi hamulcowe **10**
- przewody o średnicy 1¼", ¾", ½", ¼" **5**

Każda z tarcz hamulcowych jest hamowana obustronnie mechanizmem zaciskowym wyposażonym w szczęki z okładzinami ciernymi.
Mechanizm zaciskowy jest sterowany pneumatycznie za pośrednictwem cylindra hamulcowego o średnicy 10" z nastawiaczem skoku tłoka. Ciśnienie powietrza w cylindrze hamulcowym osiąga wartość 0,6 MPa. Maksymalny skok tłoka cylindra hamulcowego wynosi 15 mm, a zdolność regulacyjna nastawiacza dochodzi do 130 mm. Promień hamowania tarczy hamulcowej wynosi 250 mm.
Okładziny cierne zastosowane w układzie hamulcowym są zgodne z kartą UIC 541-3. Każda okładzina ma powierzchnię cierną 175 cm^2. Wózek wyposażono również w hamulec ręczny, który działa na dwie tarcze hamulcowe. Hamulec ręczny składa się z dwóch kół napędowych zamontowanych po obu stronach wózka służących do uruchomienia hamulca, wrzeciona, skrzyni przekładniowej oraz układu dźwigniowego i cięgieł giętkich typu Flexball.
Przełożenie hamulca ręcznego wynosi 1413.
Projektując układ przewodów hamulcowych na wózku kierowano się zasadą minimalizacji oporów ruchu powietrza w przewodach ograniczając do minimum ilość niezbędnych

dabei entstehen Reibkräfte zwischen den Reibbelägen auf der Gleitschiene des Gleitachslagers, auf dem Gleitachslager und dem Reibkegel. Der Stoßdämpfer ist identisch wie für das Drehgestell Y25Lsd (3TN) und Y25 Rsa (25TN).

4.2.4 Radsatz

In den Drehgestellen hat man Radsätze mit drei Bremsscheiben angewendet. Die Radsatzachse wurde mit drei Nabesitzen mit dem Durchmesser ø 205 mm ausgestattet, auf denen Bremsscheiben mit dem Durchmesser ø 640 mm und der Breite 110 mm montiert wurden. Enden der Radsatzachse bilden Zapfen mit dem Durchmesser ø130 mm und der Länge 191 mm – geeignet für die Montage von Gleitachslager mit den Wälzlagern, Typ NI + NIP mit den Abmessungen 130 x 24 x 80. Die Räder des Radsatzes wurden als vollgewälzte Räder mit wärmbehandeltem und verbessertem Kranz ausgeführt. Der Durchmesser der Kreislinie der Räder beträgt 920 mm und die Breite des Kranzes 135 mm.
Auf dem Radsatz werden zwei Gleitachslagergehäusen montiert, die als Stahlguss ausgeführt sind. Die Gehäusen wurden mit Gleitschienen für Gleitachslager und Griffe zur Federstützung ausgestattet. An die Griffe unter die äußere Feder wurden Unterlegscheiben mit der Dicke von 15 mm angeschweißt. Die Reibflächen der Gleitschiene des Gleitachslagers wurden aus verschleißfesten Platten aus Manganstahl ausgeführt. Der Innenraum des Gleitachslagers ist von der Atmosphäre mit Hilfe von Labyrinthdichtungen abgetrennt.

4.2.5 Bremssystem

Das Drehgestell Typ 6Tna ist mit einer kompletten Verbundbremse ausgestattet, die aus folgenden Elementen besteht (Zch. 4.2):
- pneumatische Tafel –**7**,
- Hilfsbehälter mit dem Volumen 57l. – **12**,
- Klemmmechanismen – **14**,
- Wiegeventil – **11**,
- Bremsanzeigen – **13**,
- Umstelltafel T-O – **8**,
- Abschlusshähne – **9**,
- Bremskupplungen – **10**,
- Leitungen mit dem Durchmesser 1 ¼'', ¾'', ½'', ¼'' – **5**.

Jede Bremsscheibe wird beidseitig mit Hilfe des Klemmmechanismus ausgestattet mit Backen incl. Bremsbeläge gebremst.
Das Klemmmechanismus wird pneumatisch gesteuert mit Hilfe des Bremszylinders vom Durchmesser 10'' mit einem Einsteller des Kolbenhubes. Druck der Luft im Bremszylinder erreicht den Wert von 0,6 Mpa. Der maximale Kolbenhub des Bremszylinders beträgt 15 mm, und die Möglichkeit der Regulierung durch den Einsteller erreicht 130 mm. Bremsradius der Bremsscheibe beträgt 250 mm.
Bremsbeläge angewendet in diesem Bremssystem entsprechen den Anforderungen des UIC-Merkblattes 541-3. Jeder Bremsbelag hat eine Reibfläche von 175 cm^2. Das Drehgestell wurde auch mit einer Handbremse ausgestattet, die zwei Bremsscheiben besitzt. Die Handbremse besteht aus zwei Antriebsrädern – montiert an beiden Drehgestellseiten – die zur Inbetriebsetzung der Bremse dienen, weiter aus einer Spindel, einem Getriebekasten und einem Hebelsystem und flexiblen Zugstangensystem Typ Flexball.
Die Übersetzung der Handbremse beträgt 1413.
Beim Projektieren des Systems von Bremsleitungen auf dem Drehgestell hat man das Prinzip der Widerstandsminimalisierung der Luftbewegung in den Leitungen berücksichtigt und auf das notwendigste Minimum die Zahl der Luftleitungen begrenzt.

przewodów powietrznych. Główne przewody hamulcowe na wózku poprowadzono najkrótszą drogą. Biegną one po obu stronach wózka i są umieszczone na podłużnicach ramy. Są one zakończone kurkami końcowymi oraz sprzęgami hamulcowymi, służącymi do połączenia przewodu głównego wózka z przewodem głównym poprowadzonym na naczepie po jej lewej stronie. Usytuowanie głównego przewodu hamulcowego po obu stronach wózka pozwala połączyć sprzęgi hamulcowe wózka z naczepą niezależnie od ustawienia wózka w torze. Nie ma więc potrzeby obracania wózka.

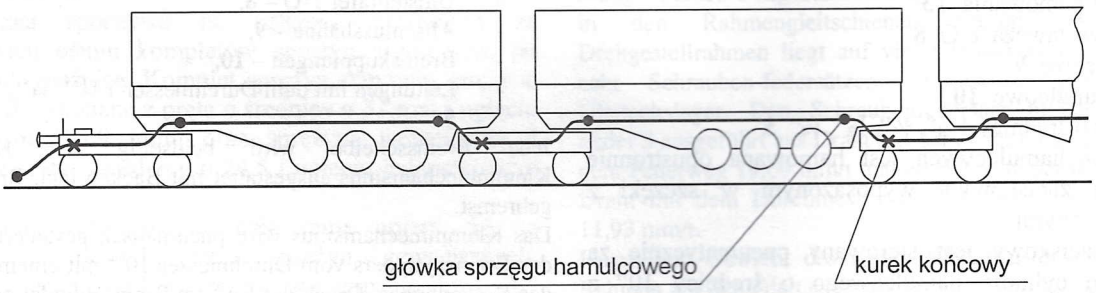
Między głównymi przewodami hamulcowymi obu stron wózka zamontowano zawór zwrotny podwójnego działania, odcinający główny przewód hamulcowy biegnący po prawej stronie pociągu bimodalnego (sprzęgi hamulcowe wózków są łączone z przewodem głównym naczepy zawsze po lewej stronie pociągu bimodalnego).

Na głównych przewodach hamulcowych wózka są zamontowane dwa kurki końcowe usytuowane po przekątnej wózka aby niezależnie od położenia wózka w torze zawsze jeden kurek końcowy, po lewej stronie pociągu, znajdował się w tym samym miejscu. Ilość kurków końcowych ograniczono do dwóch (po jednym na każdym przewodzie głównym wózka), aby ograniczyć spadki ciśnienia w przewodzie głównym wywołane oporami przepływu powietrza na kurkach końcowych. Z tego też względu na przewodzie głównym naczepy nie przewidziano kurków końcowych a przewód jest zakończony główką sprzęgu hamulcowego. Na rys. 4.6 pokazano sposób łączenia przewodu głównego hamulca.

auf dem Drehgestell geführt. Diese Hauptluftleitungen liegen an beiden Drehgestellseiten den Längsträger vom Drehgestellrahmen entlang. An ihren Enden werden Abschlusshähne und Bremskupplungen montiert, die zur Verbindung der Hauptluftleitung des Drehgestells mit der Hauptluftleitung des Trailers, geführt an der linken Seite des Trailers. Die Platzierung der Bremshauptluftleitung an beiden Seiten des Drehgestells ermöglicht die Verbindung von Bremskupplungen des Drehgestells mit dem Trailer unabhängig von der Position des Drehgestells im Gleis. Keine Umdrehung des Drehgestells ist notwendig.

Zwischen den Hauptluftleitungen der beiden Drehgestellseiten hat man einen Rückschlagventil mit einer Doppelwirkung eingebaut, der die Bremshauptluftleitung von der rechten Seite des bimodalen Zugsatzes abschließt (Bremskupplungen der Drehgestellen werden mit der Hauptluftleitung des Trailers immer an der linken Seite des bimodalen Zugsatzes verbunden).

An den Hauptluftleitungen des Drehgestells werden zwei Abschlusshähne montiert. Sie werden auf der Diagonale des Drehgestells platziert, damit unabhängig von der Drehgestelllage im Gleis immer wenigstens ein Abschlusshahn auf der linken Seite des Zuges sich auf demselben Ort befand. Die Zahl der Abschlusshähne hat man auf zwei Stück begrenzt(je ein Stück auf einer Hauptluftleitung), damit der Drucknachlass in der Hauptluftleitung bewirkt durch den Widerstand des Luftdurchflusses in den Abschlusshähnen reduziert wird. Aus demselben Grund hat man auch auf der Hauptluftleitung des Trailers keine Abschlusshähne vorgesehen und die Leitung endet mit einem Kopf der Bremskupplung. Auf der Zch. 4.6 zeigte man Art und Weise der Verbindung der Hauptluftleitung der Bremse.



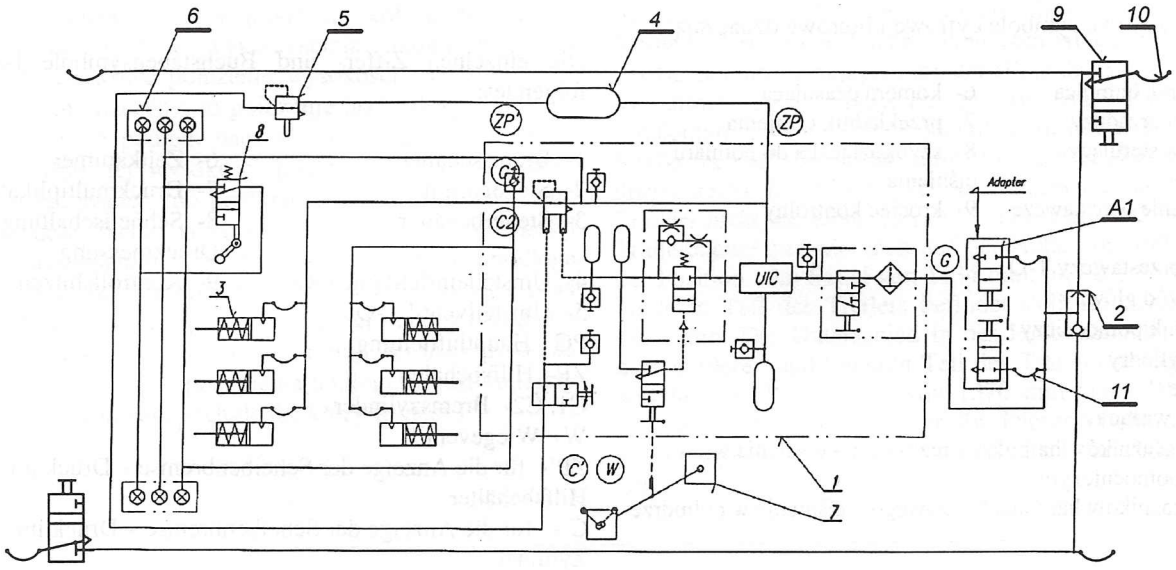
Rys. 4.6 Schemat łączenia przewodu głównego hamulca
Zch. 4.6 Schema der Verbindung der Hauptluftleitung der Bremse

Na każdym wózku (środkowym i skrajnym) główny przewód hamulcowy jest połączony z zaworem kulowym zabudowanym na adapterze, sprzężonym układem dźwigniowym z urządzeniami ryglującymi (zamkami). W przypadku niedokładnego zamknięcia któregoś z zamków, zawór kulowy pozostaje otwarty i upuszcza powietrze z przewodu głównego, uniemożliwiając uruchomienie pociągu. Do połączenia hamulca składu **bimodalnego z** lokomotywą lub innym pociągiem, zabudowano sprzęgi hamulcowe i kurki końcowe na adapterach skrajnych.

Na rys. 4.7 przedstawiono schemat pneumatyczny instalacji wózka środkowego a rys. 4.8 pokazuje schemat tablicy pneumatycznej.

Auf jedem Drehgestell (Mitteldrehgestell oder Enddrehgestell) ist die Hauptluftleitung mit einem Kugelhahn - eingebaut am Adapter - mit Hilfe eines gekuppelten Hebelsystems mit den Riegelelementen (Schloss) verbunden. Im Falle einer ungenauen Abschließung einer der Schlösse bleibt der Kugelventil geöffnet und lässt die Luft von der Hauptluftleitung ab, was die Inbetriebnahme des Zuges unmöglich macht. Zwecks Verbindung des bimodalen Wagensatzes mit einem Lok oder einem anderen Zugsatz hat man Bremskupplungen und Abschlusshähne auf den Endadapter eingebaut.

Die Zch. 4.7 zeigt ein pneumatisches Schema der Installation des Mitteldrehgestells und die



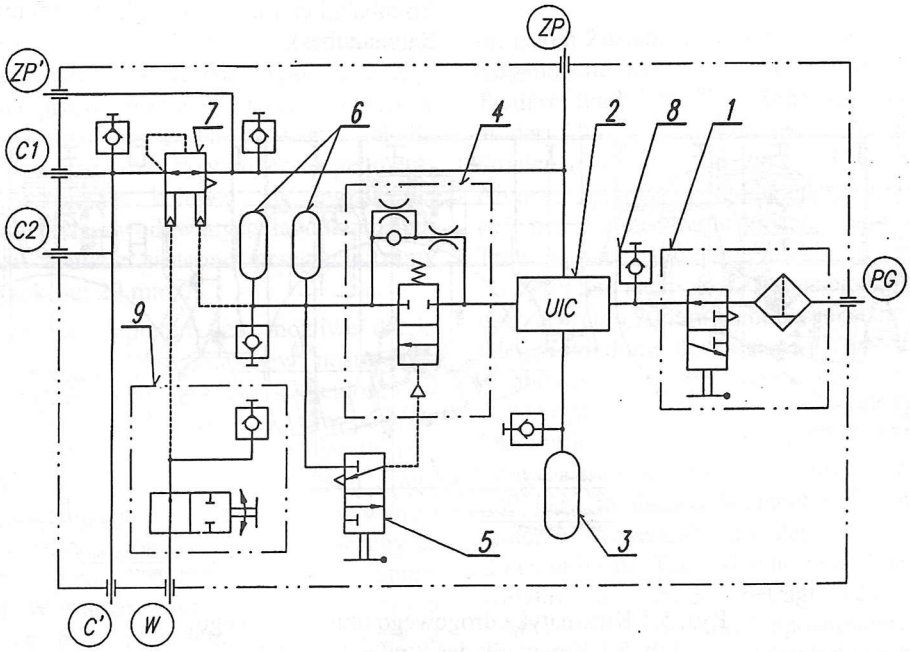
Rys. 4.7 Schemat pneumatyczny instalacji wózka środkowego
Zch. 4.7 Pneumatisches Schema der Installation des Mitteldrehgestells

Poszczególne symbole cyfrowe i literowe oznaczają:

1- tablica pneumatyczna
2- podwójny zawór zwrotny
3- cylinder hamulcowy
4- zbiornik pomocniczy
5- zawór ważący
6- wskaźniki hamulca tarczowego
A1- kulowy zawór odcinający 2/2 - G1/2
7- tablica przestawcza T-O
8- zawór 3/2NC sterowany dźwignią
9- kurek końcowy
10- sprzęg hamulcowy G
11- wąż hamulcowy ø 16 mm

Die einzelnen Ziffer- und Buchstabensymbole bedeuten folgendes:

1- pneumatische Tafel
2- doppelter Rückschlagventil
3- Bremszylinder
4- Hilfsbehälter
5- Wiegeventil
6- Anzeige der Scheibenbremse
7- Umstelltafel T-O
8- Ventil 3/2NC mit einem Hebel gesteuert
9- Abschlusshahn
10- Bremskupplung G
11- Bremsschlauch ø 16 mm
A1- Kugelabschlussventil 2/2 - G1/2



Rys. 4.8 Schemat tablicy pneumatycznej
Zch. 4.8 Schema der pneumatischen Tafel

Poszczególne symbole cyfrowe i literowe oznaczają:

1- wyłącznik hamulca
2- zawór rozrządczy
3- zbiornik sterujący
4- urządzenie przestawcze T-O
5- zawór przestawczy T-O
6- komora czasująca
7- przekładnik ciśnienia
8- szybkozłączka do pomiaru ciśnienia
9- króciec kontrolny

PG- przewód główny
ZP- zbiornik pomocniczy
C1, C2- cylindry hamulcowe
W- zawór ważący
ZP'- do wskaźników hamulca tarczowego – ciśnienie w zbiorniku pomocniczym
C'- do wskaźników hamulca tarczowego – ciśnienie w cylindrze

5. Analiza geometrii położenia naczepy na drodze kołowej i torze kolejowym

Naczepa jest wyposażona w drogowy układ jezdny złożony z trzech osi z kołami o wymiarach 385 x 65/19,5 oraz zespołu sześciu miechów nośnych o odpowiednio dużym skoku, umożliwiającym ustawienie ich pożądanej wysokości. Zapewnia to ustawienie na drodze tylnego końca ramy naczepy na dwóch wymaganych poziomach: poziom tylnego końca ramy do jazdy drogowej (skok miechów wykorzystany częściowo) oraz poziom do najazdu na siodła adaptera w czasie łączenia naczepy z adapterem (maksymalne wykorzystanie skoku miechów). Po połączeniu tyłu naczepy z adapterem koła są uniesione na wysokość zapewniającą wyjście kół ze skrajni kolejowej (minimalne wykorzystanie skoku miechów).

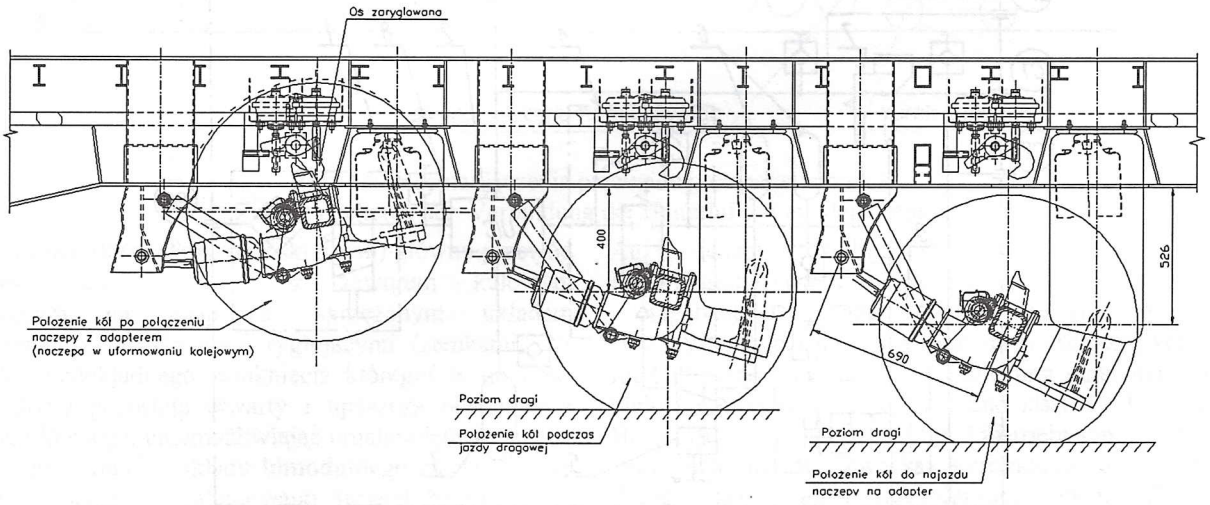
Die einzelnen Ziffer- und Buchstabensymbole bedeuten folgendes:

1- Bremsschalter
2- Steuerventil
3- Steuerbehälter
4- Umstelleinrichtung T-O
5- Umstellventil T-O
6- Zeitkammer
7- Druckmultiplikator
8- Schnellschaltung zur Druckmessung
9- Kontrollstutzen

PG- Hauptluftleitung
ZP- Hilfsbehälter
C1, C2- Bremszylinder
W- Wiegeventil
ZP'- für die Anzeige der Scheibenbremse – Druck im Hilfsbehälter
C'- für die Anzeige der Scheibenbremse – Druck im Zylinder

5. Analyse der Trailerpositionierung auf der Straße und auf der Schiene

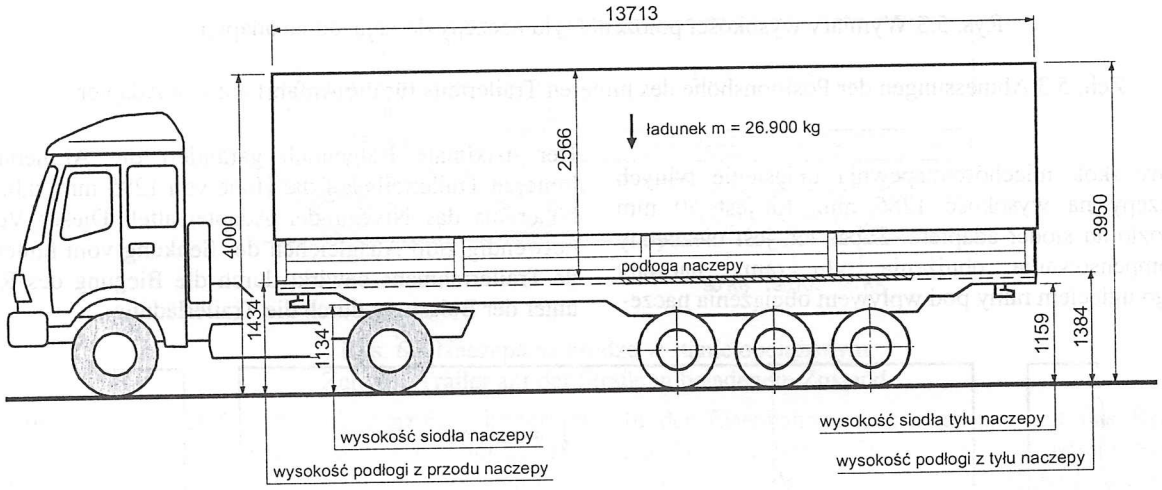
Der Trailer ist mit einem Fahrwerk ausgestattet bestehend aus drei Achsen mit Rädern von Abmessungen 385 x 65/19,5 und einer Gruppe von 6 Trägerbalgen mit entsprechend großen Hub, der die benötigte Balgenhöhe ereichen lässt. Dies garantiert eine entsprechende Position vom hinteren Teil des Rahmens des Trailers auf zwei notwendigen Niveaus; das Niveau vom hinteren Teils des Rahmens für die Fahrt auf der Straße (Balgenhub wird hier nur teilweise genutzt) und das Niveau für die Anfahrt auf die Adaptersattel während der Verbindung des Trailers mit dem Adapter (maximale Nutzung des Balgenhubs). Nach der Verbindung des hinteren Trailerteils mit dem Adapter werden die Räder auf eine Höhe aufgehoben, die die Ausfahrt der Räder aus dem Eisenbahnlichtraum ermöglicht (minimale Nutzung des Balgenhubes).



Rys. 5.1 Kinematyka drogowego układu jezdnego.
Zch. 5.1 Kinematik des Straßenfahrwerkes

Na rys. 5.1 pokazano trzy położenia kół drogowych w zależności od stopnia wykorzystania skoku miechów nośnych. Podstawowe położenie wysokości osi drogowych względem ramy naczepy, to położenie jazdy drogowej, przy którym wysokość podłogi naczepy od drogi wynosi około 1384 mm. Przy tej wysokości podłogi tylna część dachu naczepy załadowanej, nie przekracza wysokości 3950 mm. Przednia część dachu naczepy znajduje się na wysokości 4000 mm przy poziomie siodła ciągnika 1134 mm, a podłoga w przedniej części naczepy znajduje się na wysokości 1434 mm. Różnica wysokości poziomu podłogi między przodem i tyłem naczepy wynosi 50 mm co na długości naczepy około 1370 mm daje kąt ~ 18' pochylenia podłogi, to jest mniejszy od dopuszczalnego kąta pochylenia, który wynosi 1°.

Auf der Zch. 5.1 zeigte man drei Positionen von Straßenrädern in der Abhängigkeit vom Niveau der Nutzung des Balgenhubs. Hauptposition der Höhe der Straßenachse im Verhältnis zum Trailerrahmen ist die Position der Straßenfahrt, wo die Fußbodenhöhe des Trailers von der Straße beträgt ca. 1384 mm. Bei dieser Fußbodenhöhe überschreitet der hintere Teil des Daches eines beladenen Trailers nicht die Höhe von 3950 mm. Der vordere Teil des Trailerdaches befindet sich auf der Höhe von 4000 mm bei der Position vom Sattel von 1134 mm, und der Fußboden im vorderen Teil des Trailers befindet sich auf der Höhe von 1434 mm. Der Unterschied in der Fußbodenhöhe zwischen dem vorderen und hinteren Teil des Trailers beträgt 50 mm, was bei der Trailerlänge von 1370 mm einen Winkel von ~18' der Fußbodenneigung ergibt. Dieser Winkel ist kleiner als der zugelassene Neigungswinkel, der 1° beträgt.



Rys. 5.2 Wymiary wysokości położenia naczepy w czasie jazdy drogowej w stanie obciążonym

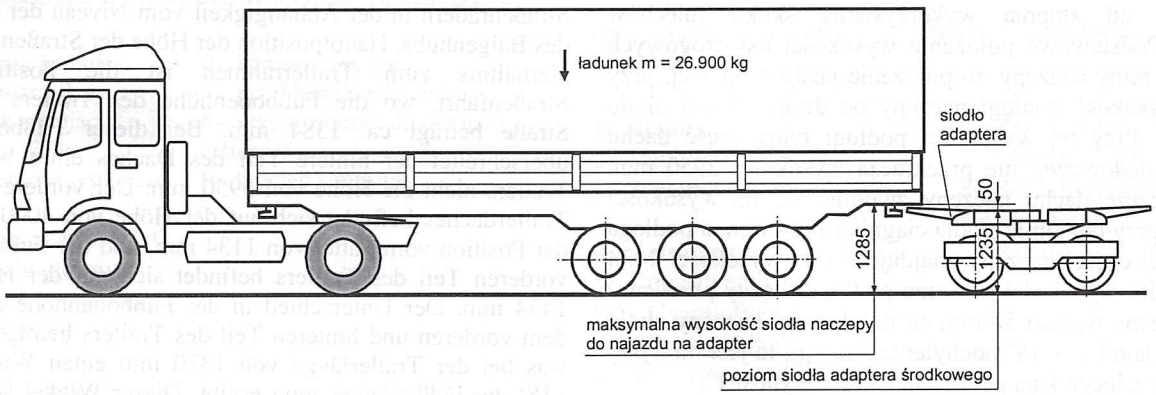
Zch. 5.2 Abmessungen der Positionshöhe vom Trailer während der Straßenfahrt im beladenem Zustand

W stanie próżnym tył naczepy podniesie się o ~ 44 mm, tyle bowiem wynosi maksymalne odprężenie opon naczepy. Wysokość usytuowana przodu naczepy jest regulowana w zależności od ustawienia wysokości położenia siodła ciągnika drogowego. Powyższa analiza wymiarowa geometrii położenia naczepy na drodze kołowej nie uwzględnia odkształceń ramy naczepy spowodowanych ładunkiem, jak również pominięto w analizie wstępne przegięcie ramy naczepy do góry o wysokości 20 mm.

Połączenie tyłu naczepy z adapterem jest możliwe dzięki zastosowaniu w układzie jezdnym miechów nośnych o odpowiednio regulowanym dużym skoku. Odległość osi drogowych od dolnego pasa belki podłużnej ramy podczas jazdy drogowej wynosi 400 mm. W tym stanie siodła tyłu naczepy są na wysokości 1159 mm nad poziomem drogi. Poziom siodeł adaptera gotowego do najazdu naczepy wynosi 1235. Tak więc w położeniu drogowym, siodła naczepy są usytuowane o 76 mm poniżej siodeł adaptera, w stanie naczepy załadowanej. Wystarczy więc unieść tył naczepy o 76 mm aby możliwe było połączenie tyłu naczepy z adapterem.

Im leeren Zustand wird der hintere Trailerteil um ca. 44 mm aufgehoben, weil soviel die maximale Entspannung von Trailerreifen beträgt. Die Höhe des vorderen Trailerteils wird in der Abhängigkeit von der Höhe der Sattelposition des Straßenanhängers reguliert. Die oben durchgeführte Abmessungsanalyse der Geometrie von Trailerpositionierung auf der Straße berücksichtigt keine Deformationen des Trailerrahmens, die durch die Ladung erfolgen können. Diese Analyse hat auch die Anfangsbiegung des Trailerrahmens nach oben um 20 mm nicht berücksichtigt

Die Verbindung des hinteren Teils des Trailers mit dem Adapter ist dank dem Einsatz im Fahrwerk der Trägerbalgen mit entsprechend großem und regulierbarem Hub möglich. Die Entfernung der Straßenachsen vom unteren Streifen des Längsbalkens des Rahmes während der Straßenfahrt beträgt 400 mm. In diesem Moment befinden sich die Sattel des hinteren Trailerteils auf der Höhe von 1159 mm vom Straßenniveau. Das Niveau von Adaptersatteln bereit zur Anfahrt de Trailers beträgt 1235. Somit werden die Trailersattel in der Straßenpositionierung um 76 mm unter dem Adaptersattelniveau platziert (im beladenen Zustand des Trailers). Es reicht also aus, den hinteren Trailerteil um 76 mm aufzuheben,



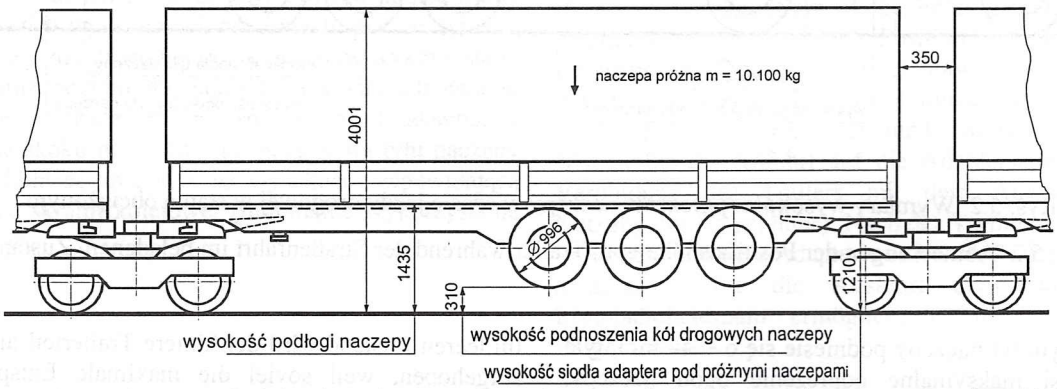
Rys. 5.3 Wymiary wysokości położenia tyłu naczepy do najazdu na adapter

Zch. 5.3 Abmessungen der Positionshöhe des hinteren Trailerteils für die Anfahrt auf den Adapter

Maksymalny skok miechów zapewnia uniesienie tylnych siodeł naczepy na wysokość 1285 mm, to jest 50 mm powyżej poziomu siodeł adaptera. Zapas ten jest niezbędny dla zrekompensowania obniżenia tyłu ramy naczepy wywołanego ugięciem ramy pod wpływem obciążenia naczepy ładunkiem. Po połączeniu tyłu naczepy z adapterem, należy podnieść koła na wysokość około 310 mm od poziomu toru. W stanie osi podniesionych odległość osi drogowych od dolnego pasa belki podłużnej ramy wynosi około 96 mm, a odległość dolnej części kół naczepy od zarysu skrajni kinematycznej wynosi około 35 mm.

Parametry geometryczne naczepy i adapterów dobrano tak aby maksymalne wysokości naczepy na drodze kołowej oraz na torze w uformowaniu kolejowym były w przybliżeniu równe (rys. 5.3 i 5.4). Na rys. 5.3 i 5.4 pokazano wysokości położenia naczepy w uformowaniu kolejowym w stanie próżnym i ładownym. Z prezentowanych rysunków wynika, że zarówno poziom podłogi jak i poziom dachu naczepy jest w przybliżeniu równy poziomowi podłogi i dachu w uformowaniu drogowym naczepy (rys. 5.2).

Der maximale Balgenhub garantiert die Aufhebung des hinteren Trailerteils auf die Höhe von 1285 mm, d.h. 50 mm höher als das Niveau der Adaptersattel. Dieser Vorrat ist notwendig zum Ausgleichen der Senkung vom hinteren Teil de Trailerrahmens bewirkt durch die Biegung des Rahmens unter der Belastung durch die Trailerladung.



Rys. 5.4 Wymiary wysokości położenia naczepy w uformowaniu kolejowym (naczepa w stanie próżnym)

Zch. 5.4 Abmessungen der Positionshöhe des Trailers in der Eisenbahn- Zusammenstellung (Trailer im leeren Zustand)

Nach der Verbindung des hinteren Trailerteils mit dem Adapter, sollte man die Räder auf die Höhe von 310 mm vom Gleisniveau aufheben. In diesem erhobenen Zustand der Achsen beträgt die Entfernung der Straßenachsen vom unteren Streifen des Längsbalkens vom Rahmen ca. 96 mm, und die Entfernung des unteren Teils der Trailerräder vom Abriss des kinematischen Lichtraums beträgt ca. 35 mm.

Die geometrischen Parameter von Trailer und Adapter hat man auf diese Weise gewählt, damit die maximalen Trailerhöhen auf der Straße und auf der Schiene fast gleich werden (Zch. 5.3 und 5.4). Auf der Zch. 5.3 und 5.4 zeigte man die Positionshöhen des Trailers in der Eisenbahnzusammenstellung im leeren und beladenen Zustand. Aus den präsentierten Zch.en kann man Schlussfolgerung ziehen, dass das Fußboden- und Dachniveau des Trailers sowohl auf der Straße (Zch. 5.2) als auch auf der Schiene annähernd gleich ist.

6. Rozkład mas i nacisków w uformowaniu drogowym i kolejowym

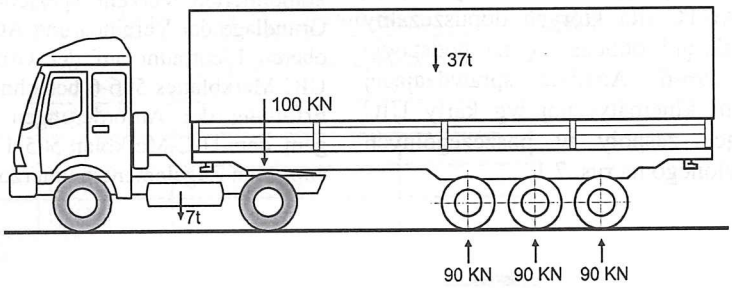
Maksymalna masa naczepy w uformowaniu drogowym jest ograniczona rozkładem dopuszczalnych nacisków naczepy na siodło ciągnika drogowego oraz na osie drogowe. Dla ciągnika dwuosiowego maksymalny nacisk na siodło ciągnika wynosi 100 kN. Natomiast nacisk osi naczepy na drogę wynikający z obowiązujących przepisów ruchu drogowego w Unii Europejskiej wynosi 90 kN na oś. Stąd dopuszczona masa całkowita naczepy trzyosiowej wynosi (3 x 9) + 10 = 37 ton.

Masa własna naczepy wynosi około 10 ton i jest większa od typowej naczepy drogowej o około 3 tony.

6. Massen- und Druckverteilung in der Strassen- und Eisenbahnzusammenstellung

Die maximale Trailermasse in der Straßenzusammenstellung wird durch die Verteilung vom zugelassenen Druck des Trailers auf den Anhängersattel und die Straßenachsen limitiert. Für einen zweiachsigen Straßenanhänger beträgt der maximale Druck auf den Anhängersattel 100 kN. Dagegen der Druck der Trailerachse auf die Straße, der aus den entsprechenden Verkehrsvorschriften der Europäischen Union hervorgeht beträgt 90 kN auf eine Achse. Daraus wurde die zugelassene Gesamtmasse des dreiachsigen Trailers errechnet und festgelegt (3x9) + 10 = 37 Tonnen.

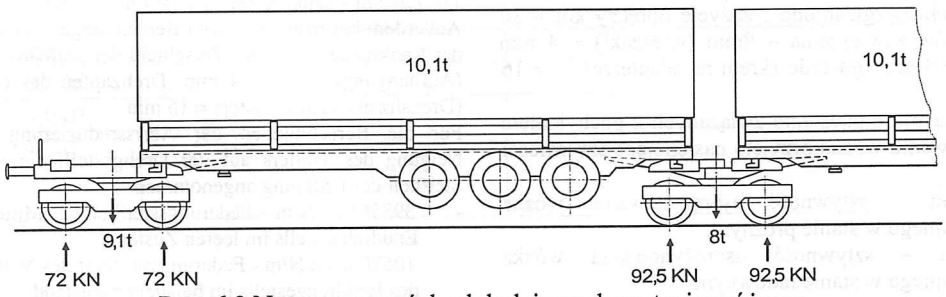
Die Eigenmasse des Trailers beträgt ca. 10 t und ist größer um ca. 3t als die Masse eines typischen Straßentrailers.



Rys. 6.1 Naczepa na drodze w stanie obciążonym
Zch. 6.1 Trailer auf der Straße in beladenem Zustand

W uformowaniu kolejowym obowiązuje kryterium dopuszczalnego nacisku osi zestawu kołowego na tor 225 kN. Zatem przy maksymalnym załadowaniu naczep nacisk osi zestawu kołowego na tor nie może przekraczać 225 kN. W związku z tym przy masie maksymalnej naczepy 37 ton masa wózka środkowego z adapterem nie może być większa niż 8 ton. Inna sytuacja jest na wózkach końcowych, gdzie na adapter przypada obciążenie od połowy masy naczepy. Wózek skrajny jest zawsze niedociążony a wielkość obciążenia osi zestawów kołowych wózka skrajnego nie pozostaje bez wpływu na bezpieczeństwo ruchu pociągu. Jak wykazały przeprowadzone badania stateczności ruchu pociągu w stanie próżnym, limitującym parametry biegowe pociągu był wózek skrajny, ze względu na odpowiednio małe naciski zestawów kołowych na tor. W związku z tym podniesiono masę adaptera końcowego do 9,1 tony co umożliwiło zwiększenie nacisku zestawu kołowego na tor do wielkości 72 kN. Na rys. 6.2 i 6.3 pokazano rozkład nacisków na tor w uformowaniu kolejowym w stanie próżnym i ładownym.

In der Eisenbahnzusammenstellung gilt das Kriterium der zugelassenen Radsatzlast, die 225 kN beträgt. Somit bei der maximalen Beladung der Trailer darf die Radsatzlast die 225 kN nicht überschreiten. Im Zusammenhang damit bei der maximalen Trailermasse von 37t, darf die Masse des Mitteldrehgestells incl. Adapter die 8t nicht überschreiten. Anders sieht dies für die Enddrehgestellen aus, weil hier auf den Adapter die Belastung der Hälfte des Trailers zukommt. Das Enddrehgestell wird immer nicht völlig belastet und die Größe der Radsatzlast bei den Enddrehgestellen bleibt nicht ohne Einfluss auf die Fahrsicherheit des ganzen Zuges. Wie die durchgeführten Versuche der Fahrsicherheit und Stabilität des Zuges im leeren Zustand bewiesen haben, war eben das Enddrehgestell das Faktor, das die Laufparameter des Zugsatzes limitierte wegen entsprechend kleiner Radsatzlast. Dadurch wurde die Masse des Endadapters auf 9,1t erhöht, was die Steigerung der Radsatzlast auf der Schiene bis auf 72 kN ermöglichte. Die Zch.en 6.2 und 6.3 zeigen die Verteilung der Drücke auf die Schiene in der Eisenbahnzusammenstellung im leeren und beladenen Zustand.



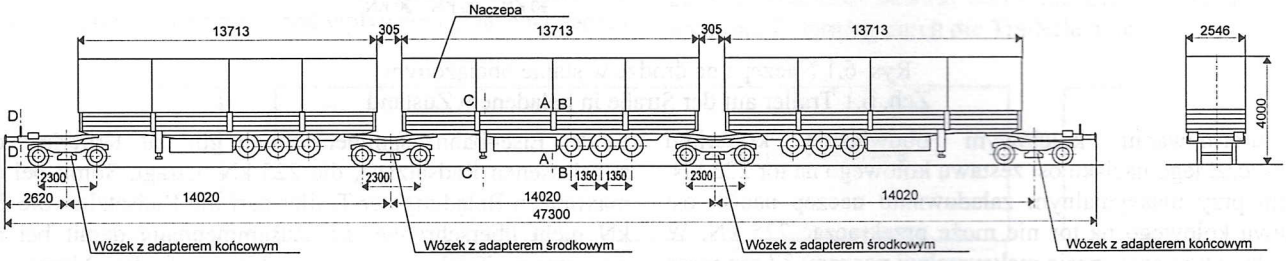
Rys. 6.2 Naczepy na wózkach kolejowych w stanie próżnym
Zch. 6.2 Trailer auf den Drehgestellen im leeren Zustand

7. Skrajnia pociągu bimodalnego

Pojazd bimodalny, jak każdy inny pojazd szynowy, aby bezpiecznie mógł się poruszać po torach musi mieścić się w gabarycie określonym skrajnią kinematyczną. Skrajnia kinematyczna określa dopuszczalny gabaryt zewnętrzny taboru w ruchu i powstaje przez odpowiednie zawężenie skrajni statycznej, która jest zarysem odniesienia do obliczenia skrajni kinematycznej. Dla pojazdów eksploatowanych w ruchu kombinowanym zarys skrajni kinematycznej oblicza się według wytycznych przedstawionych w kartach UIC 505-1 i UIC 596-6. Ładunek transportowany w ruchu kombinowanym często przekracza zarys górnej części skrajni kinematycznej wyznaczonej na podstawie Karty UIC 505-1. Dlatego dla transportu kombinowanego wytypowano specjalne linie kolejowe, na podstawie porozumienia AGTC dla których dopuszczalny gabaryt w górnej strefie skrajni oblicza się na podstawie wytycznych karty UIC 596-6. Analizie sprawdzającej spełnienie wymagań skrajni kinematycznej wg karty UIC 505-1 poddano następujące zespoły w poszczególnych członach pociągu przedstawionego na rys. 7.1.

7. Lichtraum des bimodalen Zugsatzes

Der bimodale Zugsatz wie jedes Schienenfahrzeug muss in die entsprechenden Abmessungsrahmen genannt kinematischer Lichtraum passen, damit er sicher und gefahrlos auf den Schienen fahren darf. Der kinematische Lichtraum bestimmt die zugelassenen Außenabmessungen des Schienenfahrzeuges in der Bewegung und entsteht durch entsprechende Reduzierung des statisches Lichtraums, der ein Abriss für die Berechnungen des kinematischen Lichtraums bildet. Für die Fahrzeuge des kombinierten Verkehrs bestimmt man den Abriss des kinematischen Lichtraums gemäß den Empfehlungen dargestellt in den UIC-Merkblätter 505-1 und 596-6. Das Ladegut transportiert im kombinierten Verkehr überschreitet oft den oberen Abriss des kinematischen Lichtraums festgelegt mit Hilfe des UIC-Merkblattes 505-1. Deswegen wurden für den kombinierten Verkehr spezielle Eisenbahnstrecken – auf der Grundlage der Vereinbarung AGTC – gewählt, für die man den oberen Lichtraum auf der Grundlage der Anforderungen des UIC-Merkblattes 596-6 berechnet hat. Einer Prüfanalyse auf die Erfüllung der Anforderungen des kinematischen Lichtraums gem. dem UIC-Merkblatt 505-1 wurden folgende Baugruppen in einzelnen Zugelementen unterzogen – Zch. 7.1.



Rys. 7.1 Pociąg bimodalny
Zch. 7.1 Der bimodale Zugsatz

– Nadwozie w przekroju środkowym, przekrój A-A,
– Koła drogowe naczepy, przekrój B-B,
– Noga podporowa naczepy, przekrój C-C,
– Stopień na wózku końcowym, przekrój D-D,
– Części związane z ramą wózka (tablica informacyjna).

Do obliczeń przyjęto następujące parametry geometryczne pociągu:
a = 14.020 m – rozstaw czopów skrętu wózków pod naczepami,
p = 2,3 m – rozstaw osi wózka,
g = 0,003 + 0,0005 m – przesuw poprzeczny zestawu kołowego względem ramy wózka powiększony o zużycie,
W = 0,034 m – maksymalny przesuw poprzeczny belki bujakowej względem ramy wózka,
d = 1,410 m – odległość obrzeży zestawu kołowego przy największym zużyciu,
J – 0,012 m – luz pionowy na ślizgach bocznych.

Ponadto w obliczeniach uwzględniono : zużycie obręczy kół – 30 mm, zużycie elementów zawieszenia – 8mm (wieszaki) + 4 mm (czop skrętu wózka) + 4 mm (gniazdo skrętu na adapterze) = 16 mm.

Do obliczeń zwężeń zarysu odniesienie związanych z pochyleniem naczepy na usprężynowaniu wózka przyjęto następujące sztywności usprężynowania:

- 398565 da N/m – sztywność usprężynowania wózka środkowego i skrajnego w stanie próżnym,
- 1057082 daN/m – sztywność usprężynowania wózka środkowego i skrajnego w stanie ładownym.

Wyniki obliczeń zwężeń zarysu odniesienia dla poszczególnych przekrojów obliczeniowych przedstawiono w tabeli.

- Wagenkasten im Mittelquerschnitt, Querschnitt A-A,
- Straßenräder des Trailers, Querschnitt B-B,
- Stützbein des Trailers, Querschnitt C-C,
- Stufe auf dem Enddrehgestell, Querschnitt D-D,
- Elemente verbunden mit dem Drehgestellrahmen (Informationstafel).

Für die Berechnungen hat man folgende geometrische Parameter des Zugsatzes angenommen:
a = 14.020 m – Abstand der Drehzapfen der Drehgestellen unter den Trailer, p = 2,3 m – Abstand der Drehgestellachsen,
g = 0,003 + 0,0005 m – Querverschiebung des Radsatzes im Verhältnis zum Drehgestellrahmen vergrößert um den Verschleiß,
W = 0,034 m – maximale Querverschiebung des Wiegebalkens im Verhältnis zum Drehgestellrahmen,
d = 1,410 m – Entfernung der Radsatzkanten beim größtem Verschleiß,
J = 0,012 m – senkrechter Spiel auf den Seitengleitstücken.

Außerdem hat man bei diesen Berechnungen berücksichtigt: Verschleiß der Radkränze – 30 mm, Verschleiß der Aufhängungselemente – 8 mm (Aufhängungshaken) + 4 mm (Drehzapfen des Drehgestells) + 4 mm (Drehsitz auf dem Adapter) = 16 mm.

Für die Berechnungen der Abrissreduzierung verbunden mit der Neigung des Trailers auf der Drehgestellfederung hat man folgende Steifheit der Federung angenommen:

- 398565 da N/m – Federungssteifheit des Mitteldrehgestells und des Enddrehgestells im leeren Zustand,
- 1057082 da N/m - Federungssteifheit des Mitteldrehgestells und des Enddrehgestells im beladenen Zustand,

Ergebnisse der Berechnungen der Abrissreduzierung für die einzelnen Querschnitte zeigt die unten dargestellte Tabelle.

Wartości zwężeń zarysu odniesienia [m] **Tabela 1**

	Naczepa					Wózek		
						Części związane z ramą		Części związane z maźnicą
	Wysokość nad poziomem szyn	Przekrój środkowy A-A	Koło gumowe B-B	Podpora C-C	Przekrój końcowy D-D n=1,97 m	Przekroje między zestawami kołowymi	Przekrój n=0,46m poza zestawem kołowym (tablica)	Przekrój n=0m przez oś zestawu kołowego
Zwężenie zarysu odniesienia	h≤0,400	0,130+z (1)	0,127+z	0,114+z	0,115+z	0,015+z	0,026+z	0,0125
	h>0,400	0,125+z	0,122+z	0,109+z	0,110+z			
Podwyższenie zarysu odniesienia w części dolnej	h≤0,400	$\frac{0{,}081 + f''_z + f'_o \text{ (3) } stan\ nowy}{0{,}127 + f''_z + f'_o \text{ (3) } w\ stanie\ maks.\ zuż.}$				0,074+f' z (2) w stanie maks. zużycia		0,030 w stanie maks. zużycia
Obniżenie zarysu odniesienia w części górnej	3,250	0,010	-	-	-	-		-
	3,700	0,011	-	-	-			
	4,010	0,012	-	-	-			
	4,310	0,014	-	-	-			

Ergebnisse der Berechnungen in (m) **Tabelle 1**

	Trailer					Drehgestell		
						Elemente verbunden mit dem Rahmen		Elemente verbunden mit dem Gleit-achslager
	Höhe über der Schienenoberkante	Mittel-querschnitt A-A	Gummi-rad B-B	Stütze C-C	End-querschnitt D-D n = 1,97 m	Quer-schnitte zwischen den Radsätzen	Querschnitt n = 0,46 m außerhalb des Radsatzes (Tafel)	Querschnitt n = 0 m durch die Achse des Radsatzes
Reduzierung des Abrisses	h ≤ 0,400	0,130 + z (1)	0,127 +z	0,114 +z	0,115 +z	0,015 +z	0,026 +z	0,0125
	h > 0,400	0,125 +z	0,122 +z	0,109 +z	0,110 +z			
Erhöhung des Abrisses im unteren Teil	h ≤ 0,400	0,081 +f''_z + f'_0 (3) neuer Zustand 0,127 + f''_z + f'_0 (3) im Zustand des maximalen Verschleiß				0,074 + f z (2) im Zustand des maximalen Verschleiß		0,030 im Zustand des maximalen Verschleiß
Senkung des Abrisses im oberen Teil	3,250	0,010	-	-	-	-		-
	3,700	0,011	-	-	-			
	4,010	0,012	-	-	-			
	4,310	0,014	-	-	-			

- zwężenie quasistatyczne z = 0,00303 (h-0,5) dla h≥0,5 oraz z = 0,01212 (0,5-h) dla h<0,5 dla części związanych z ramą wózka

2) - podwyższenie dodatkowe dla punktów poza osią podparcia, przy f_{max}=44 mm, J=12 mm

$$f''_z = \frac{f_{max}(b-b_1)}{2b_1} + \frac{J}{b_G}\cdot b \quad \text{dla nadwozia } (b>b_1)$$

$$f'_z = \frac{f_{max}(b-b_1)}{2b_1} \quad \text{dla części związanych z ramą wózka (tylko gdy } b>b_1)$$

3) - dodatkowe podwyższenie zarysu odniesienia skrajni części dolnych uwzględniające 30%-owe przeciążenia dynamiczne konstrukcji ostoi naczepy środkowej w stanie załadowanym, równe f '$_o$ = 15 mm

Dla poszczególnych przekrojów obliczeniowych wykonano rysunki gabarytów analizowanych części taboru na tle skrajni kinematycznej obliczonej dla danego przekroju, które zamieszczono poniżej. Pokazują one, że wszystkie analizowane części taboru mieszczą się w konturach skrajni kinematycznej z wyjątkiem naroży naczepy, które przekraczają kontur skrajni kinematycznej i zarys odniesienia skrajni. Obowiązujące przepisy dla części górnych naczepy zawarte w karcie UIC 596-6 dopuszczają do ruchu na wytypowanych liniach kolejowych, tabor z przekroczeniem górnej strefy skrajni kinematycznej.

- quasistatische Reduzierung z = 0,00303 (h-0,5) für h ≥0,5 und z = 0,01212 (0,5-h) für h<0,5 m für die Teile verbunden mit dem Drehgestellrahmen.

2)- zusätzliche Erhöhung für die Punkte außerhalb der Stützachse bei

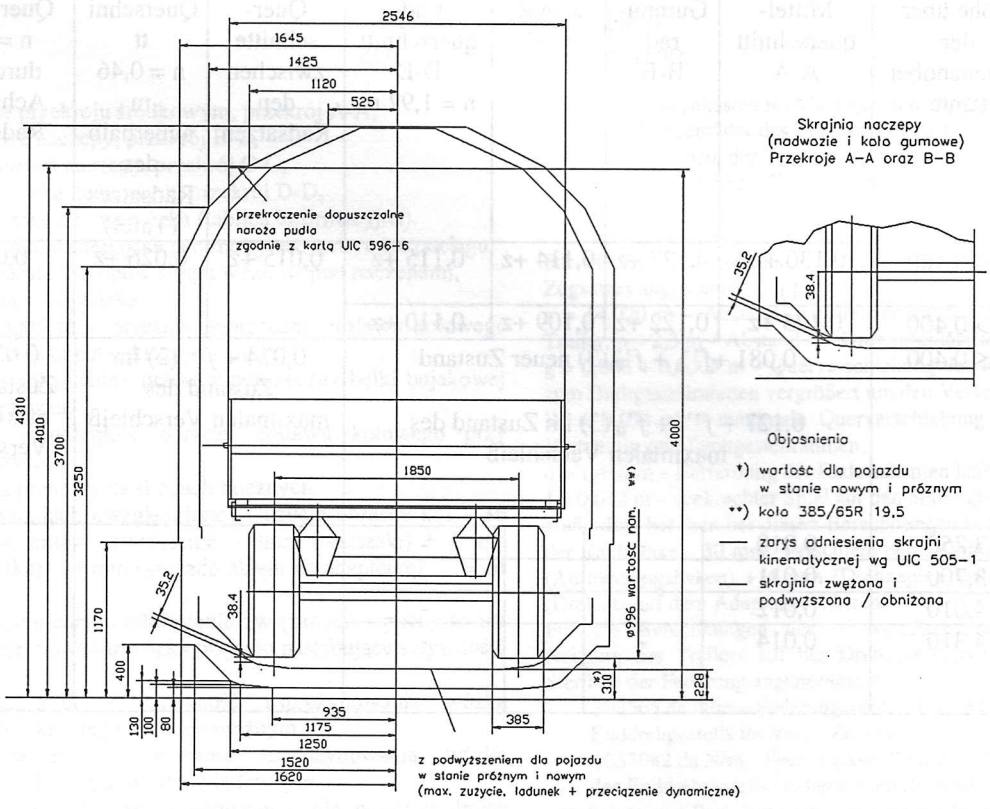
f_{max} = 44 mm, J = 12 mm.

$$f''_z = \frac{f_{max}(b-b_1)}{2b_1} + \frac{J}{b_G}b \quad \text{für den Wagenaufbau } (b > b_1)$$

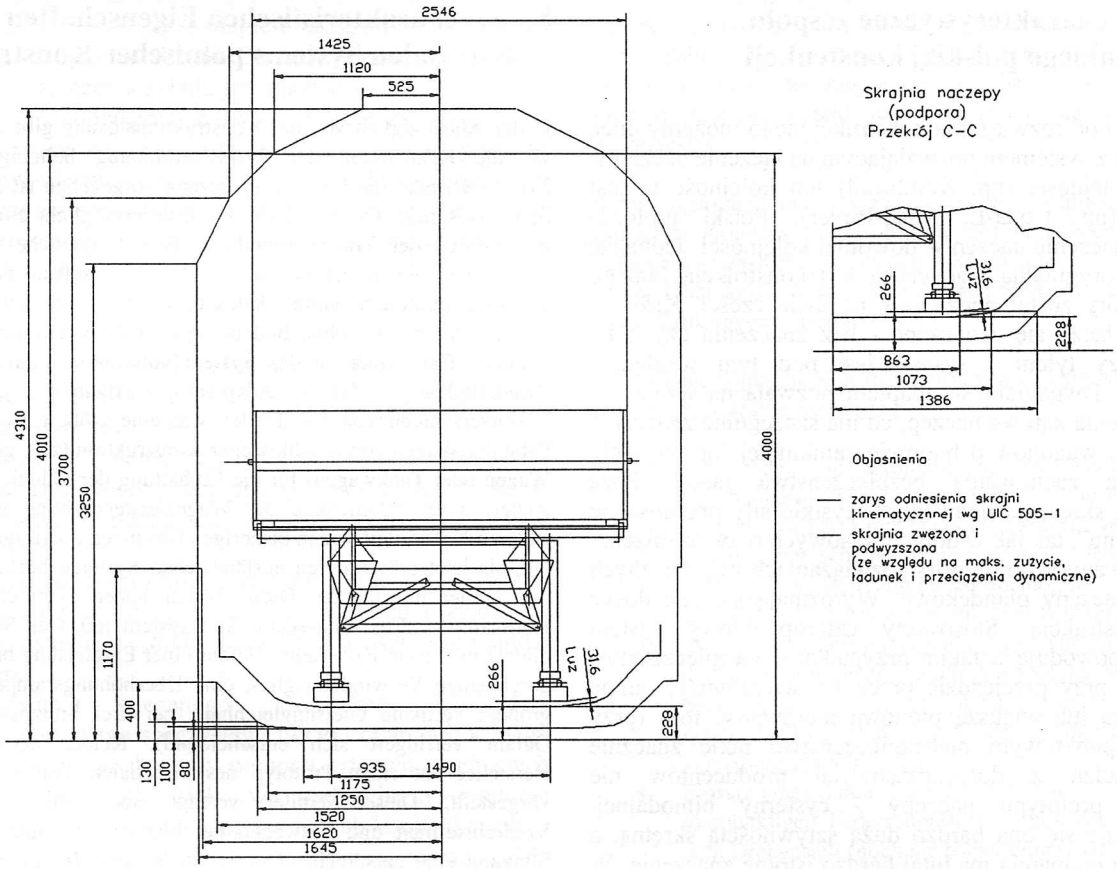
$$f'_z = \frac{f_{max}(b-b_1)}{2b_1}$$

für die Elemente verbunden mit dem Drehgestellrahmen (nur wenn $b > b_1$)

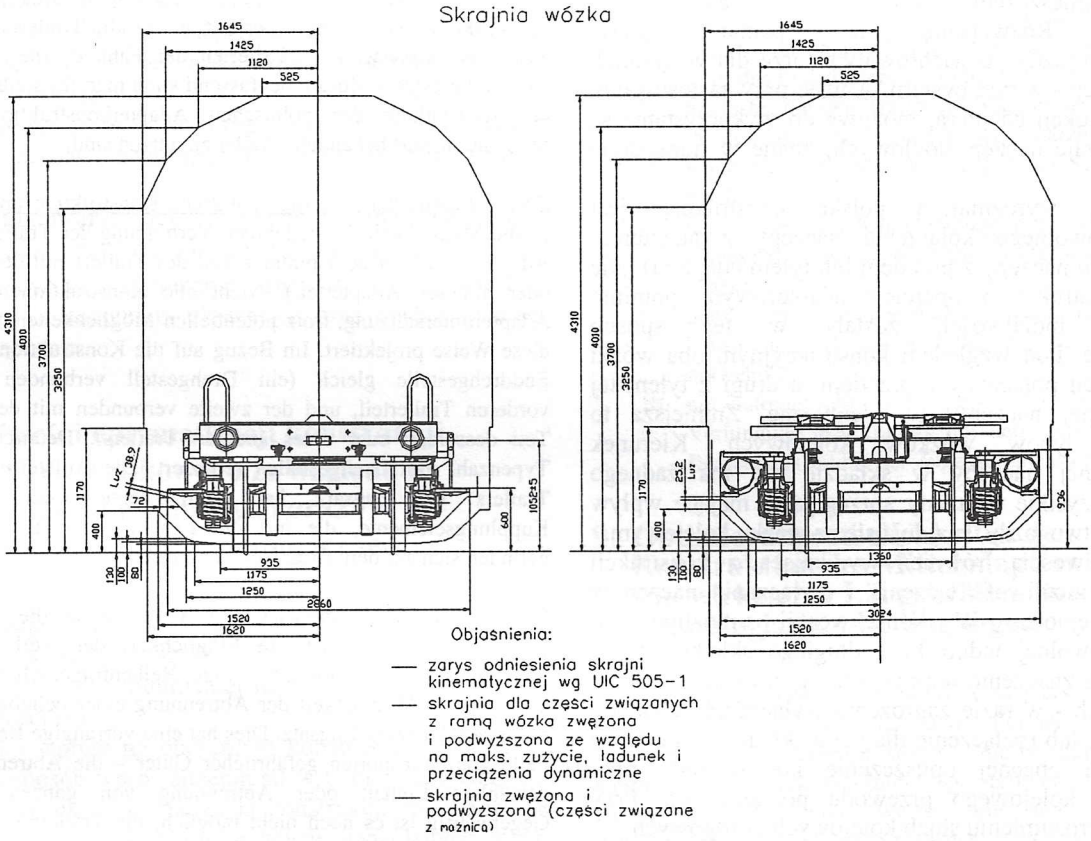
3)- zusätzliche Erhöhung des Abrisses vom Lichtraum von unteren Elementen, die die 30%-igen dynamischen Überlastungen der Konstruktion der Rahmenwange des Mitteltrailers im beladenen Zustand gleich f'_o = 15 mm berücksichtigt. Für die einzelnen Berechnungsquerschnitte hat man Zch.en der Abmessungen von analysierten Elementen der Fahrzeuge vorbereitet, auf dem Hintergrund des kinematischen Lichtraums, berechnet für den jeweiligen Querschnitt. Diese Zch.en werden unten präsentiert. Sie zeigen, dass alle analysierten Fahrzeugelemente in die Abmessungen des kinematischen Lichtraums hineinpassen. Die Ausnahme bilden nur die Ecken der Trailer, die den Lichtraum und den Abriss überschreiten. Wie schon früher erwähnt für die oberen Elemente des Trailers gelten die Kriterien gem. dem UIC-Merkblatt 596-6, die zum Betrieb auf speziell gewählten Strecken Fahrzeuge mit der Überschreitung der oberen Linie des kinematischen Lichtraums zulassen.



Rys. 7.2 Skrajnia naczepy (nadwozie i koło gumowe). Przekroje A-A oraz B-B
Zch. 7.2 Lichtraum des Trailers (Wagenaufbau und Gummirad) Querschnitt A-A und B-B



Rys. 7.3 Skrajnia naczepy (podpora). Przekrój C-C
Zch. 7.3 Trailerlichtraum (Stütze). Querschnitt C-C



Rys. 7.4 Skrajnia wózka
Zch. 7.4 Drehgestelllichtraum

8. Cechy charakterystyczne zespołu bimodalnego polskiej konstrukcji

W zależności od rozwiązania konstrukcyjnego możemy mieć do czynienia z systemem pozwalającym na łączenie naczep w dowolnej kolejności (np. Kombirail) lub kolejność ta jest narzucona (np. Coda-E, Road-Railer). Polski prototyp pozwala na łączenie naczep w dowolnej kolejności. Jednakże dodatkową, oryginalną jego cechą jest konstrukcja samego adaptera, który został podzielony na dwie części. Każda z tych części łączy się z naczepą - bez znaczenia czy z jej przodem, czy tyłem - system jest pod tym względem uniwersalny. Dwudzielność adaptera pozwala na wzajemne przemieszczenia kątowe naczep, co ma szczególne znaczenie w przypadku wagonów o budowie zamkniętej (np. krytych, cystern) dla zachowania bezpieczeństwa jazdy. Poza możliwością skręcania nadwozi, wszystkie siły przenoszone są „na sztywno", tak jak w dotychczasowych rozwiązaniach.
W prezentowanych do tej pory rozwiązaniach zagranicznych występują naczepy plandekowe. Wyróżniają się one dosyć wiotką konstrukcją. Stosowany czteropunktowy system oparcia nie powoduje w takim przypadku niebezpieczeństwa wykolejenia przy przejeździe przez tor wichrowaty, rampę przechyłkową lub większą pionową nierówność toru (przy oparciu trójpunktowym niebezpieczeństwo takie znacznie maleje). Żaden z dotychczasowych producentów nie przedstawił prototypu naczepy - cysterny bimodalnej. Charakteryzuje się ona bardzo dużą sztywnością skrętną, a zatem rodzaj podparcia ma tutaj bardzo istotne znaczenie. W tym kontekście wymieniona dwudzielność adaptera staje się dodatkową zaletą rozwiązania polskiego. Pomimo tego, że oparcie jest czteropunktowe pozwala ono na wzajemne, kątowe przemieszczenia naczep tak, jak oparcie trójpunktowe. Rozwiązanie to spełnia kryteria bezpieczeństwa jazdy po wichrowatym torze dla wszystkich rodzajów naczep - w tym cystern. A więc przy zastosowaniu polskiej konstrukcji adaptera, możliwe do wykorzystania są wszystkie rodzaje naczep siodłowych, znane w transporcie drogowym.
Drugą cechą, wyróżniającą polską konstrukcję, jest możliwość dowolnego kojarzenia naczepy z adapterem (przodu lub tyłu naczepy z przodem lub tyłem adaptera). Nie wszystkie konstrukcje z oparciem adapterowym, pomimo potencjalnych możliwości, zostały w ten sposób zaprojektowane. Pod względem konstrukcyjnym oba wózki krańcowe (jeden połączony z przodem, a drugi z tyłem tej samej lub innej naczepy) są identyczne. Zmniejsza to różnorodność typów wózków kolejowych. Kierunek ustawienia danej naczepy w składzie nie ma żadnego znaczenia. Wszystkie elementy sprzęgające, mające wpływ na bezpieczeństwo jazdy, znajdują się na wózku kolejowym.
Trzecią właściwością, również wynikającą z konstrukcji adaptera, jest możliwość łączenia i wyłączania naczep w dowolnej kolejności. W konsekwencji umożliwia to wyłączenie dowolnej jednostki z długiego składu. Ma to pierwszorzędne znaczenie w przypadku przewozu ładunków niebezpiecznych - w razie zagrożenia wyłączenie ze składu danej jednostki lub rozłączenie długiego składu. Niemożliwe jest w chwili obecnej opuszczenie kół naczepy przy wykorzystaniu kolejowego przewodu powietrznego. Przy wzajemnym porozumieniu służb kolejowych i drogowych

8. Die charakteristischen Eigenschaften des bimodalen Systems polnischer Konstruktion

In der Abhängigkeit von der Konstruktionslösung gibt es Systeme, wo die Reihenfolge der Trailerverbindung beliebig ist (z.B. Kombirail) oder die Reihenfolge streng vorgegeben ist (z.B. Coda-E, Road-Railer). Der polnische Prototyp ermöglicht eine beliebige Reihenfolge der Trailerverbindung. Eine zusätzliche Originalität bildet aber die Konstruktion des Adapters selbst, der in zwei Elemente aufgeteilt wurde. Jedes dieser Elemente wird mit dem Trailer verbunden – ohne Bedeutung ob mit seinem vorderen oder hinteren Teil – hier ist das System vollkommen universell. Die Zweiteiligkeit des Adapters erlaubt gegenseitige Eckenverschiebungen von Trailer, was eine größere Bedeutung im Falle der Wagen von geschlossener Konstruktion (z.B. geschlossene Wagen oder Tankwagen) für die Einhaltung der Fahrsicherheit hat. Außer dieser Möglichkeit der Wagenkastendrehung werden alle anderen Kräfte steif wie in bisherigen Lösungen übertragen.
Die bis jetzt präsentierten ausländischen Systeme berücksichtigten nur Trailer mit Planen. Diese Trailer haben ziemlich biegsame Konstruktion. Das eingesetzte Stützsystem mit vier Stützpunkten bildete in diesem Falle keine Gefahr einer Entgleisung bei der Fahrt durch einen Verwindungsgleis, eine Überhöhungsrampe oder eine größere vertikale Gleisungleichheit (bei drei Stützpunkten diese Gefahr verringert sich entscheidend). Keiner der bisherigen Hersteller hat einen Prototyp des bimodalen Trailer-Tankwagen vorgestellt. Dieser Trailer verfügt über eine sehr große Verdrehsteifheit und deswegen hat hier die Art und Weise der Stützung eine entsprechend große Bedeutung. Im Zusammenhang damit bringt die o.g. Zweiteiligkeit des Adapters einen zusätzlichen Vorteil der polnischen Lösung.
Trotz der vier Stützpunkte erlaubt diese Art Stützung gegenseitige Eckenverschiebungen von Trailern, genau wie drei Stützpunkte-Konstruktion. Diese Lösung erfüllt die für alle Trailertypen – darin auch die Tankwagen – Kriterien der Fahrsicherheit auf einem Verwindungsgleis. Zusammenfassend kann man feststellen, dass bei der Anwendung der polnischen Adapterkonstruktion alle im Straßentransport bekannten Trailer zu nutzen sind.

Zweite Eigenschaft, die die polnische Konstruktion unterscheidet, ist die Möglichkeit der beliebigen Verbindung des Trailers mit dem Adapter (vorderer oder hinterer Teil des Trailers mit dem vorderen oder hinteren Adapterteil). Nicht alle Konstruktionen mit einer Adapterunterstützung, trotz potentiellen Möglichkeiten, wurden auf diese Weise projektiert. Im Bezug auf die Konstruktion sind beide Enddrehgestelle gleich (ein Drehgestell verbunden mit dem vorderen Trailerteil, und der zweite verbunden mit dem hinteren Teil desselben oder eines anderen Trailers). Dadurch wird die Typenzahl von Drehgestellen reduziert. Die Aufstellrichtung des Trailers im Zugsatz hat auch keine Bedeutung. Alle Kupplungselemente, die auf die Fahrsicherheit Einfluss haben befinden sich auf dem Eisenbahndrehgestell.

Dritte Eigenschaft polnischer Lösung, auch die Folge der Adapterkonstruktion, ist die Möglichkeit der Verbindung und Abtrennung von Trailern in beliebiger Reihenfolge. Als Konsequenz erscheint die Möglichkeit der Abtrennung einer beliebigen Einheit aus einem längeren Zugsatz. Dies hat eine vorrangige Bedeutung im Falle von Transporten gefährlicher Güter – die Abtrennung einer gewählten Einheit oder Abtrennung von ganzen Zugteilen. Gegenwärtig ist es noch nicht möglich, die Trailerräder mit Hilfe der Eisenbahnluftleitung zu senken. Eine Vereinbarung von Eisenbahn- und Straßenverkehrdiensten sollte in der Zukunft im

możliwe będzie, w razie niebezpieczeństwa, opuszczenie kół naczepy i „ściągnięcie" jej z adaptera na szlaku kolejowym - tym samym rozłączenie składu. Obecnie jedyną możliwością awaryjnego rozłączenia składu jest mechaniczne podniesienie przodu naczepy i odciągnięcie lokomotywą reszty składu.
Czwartą, i może najważniejszą, zaletą krajowego projektu jest zastosowanie pomysłu przewozów kolejowo-drogowych do transportu materiałów ropopochodnych. Do tej pory żadna z firm zagranicznych nie przedstawiła prototypu naczepy-cysterny bimodalnej.
Oryginalne polskie rozwiązanie zespołu bimodalnego posiada następujące główne zalety:

1. Możliwość eksploatacji systemu z prędkościami do V_{max} = 160 km/h przy nacisku osi 18 ton i V_{max} = 120 km/h przy nacisku osi 22,5 t.
2. Zastosowanie hamulca tarczowego pozwalajacego obniżyć emitowany przez pociąg hałas o ok. 10 dB w porównaniu z pociągami wyposażonymi w hamulec klockowy.
3. Przegubowe połączenie adaptera górnego z dolnym umożliwiające łączenie naczepy z adapterem przy duzym błędzie ustawienia siodeł naczepy w stosunku do siodeł adaptera.
4. Zastosowanie zalecanego przez kartę UIC 597 czteropunktowego sprężystego układu oparcia bocznego adapterów na wózku przy pomocy czterech sprężystych ślizgów bocznych (jak w tradycyjnym wagonie towarowym), nie spotykanego w innych konstrukcjach.
5. Uniwersalność systemu pozwala transportować każdy typ naczepy.
6. Jednakowe rozwiązanie sposobu łączenia naczepy z adapterem na obu końcach naczepy umożliwiającego zastosowanie jednego typu adaptera końcowego.
7. Umiejscowienie na adapterach zamków ryglujących naczepę w adapterze umożliwiające skuteczną kontrolę i konserwację zamków.
8. Zastosowanie po dwa czopy sprzęgowe na każdym końcu naczepy zwiększające bezpieczeństwo ruchu na torze.
9. Wyeliminowanie dzięki symetrycznemu rozwiązaniu adapterów, obracania wózków na terminalach.
10. Automatyczne zamykanie zamków po połączeniu naczepy z adapterem skracające czas obsługi pociągu przy łączeniu.

9. Możliwości optymalizacji konstrukcji adaptera środkowego ze względu na działanie sił wzdłużnych oraz uwarunkowania technologiczne

Optymalizacja konstrukcji adaptera środkowego dotyczy doboru przekrojów i kształtu elementów konstrukcyjnych adaptera, które przy minimalnej masie spełniają wymagania wytrzymałościowe.
Bezpośredni wpływ na obciążenie konstrukcji adaptera ma wielkość i sposób wprowadzenia sił w konstrukcję adaptera. W tym przypadku optymalizacja konstrukcji sprowadza się do minimalizacji momentów gnących wywołanych siłami

Gefahrfall die Senkung der Trailerräder und die Abtrennung des Trailers vom Zugsatz auch auf der Eisenbahnstrecke ermöglichen. Jetzt bleibt die einzige mechanische Möglichkeit der Havarieabtrennung des Zugsatzes – mechanisches Aufheben des vorderen Trailerteils und das Wegziehen mit der Lok des Zugsatzrestes.

Vierte Eigenschaft und zugleich wohl der wichtigste Vorteil des polnischen Projektes ist der Einsatz des bimodalen Systems im Transport von gasförmigen, flüssigen Kraftstoffen.
Bis jetzt hat keine andere Firma einen Prototyp des bimodalen Trailer-Tankwagen präsentiert.

Die originale polnische Konstruktionslösung des bimodalen Systems weist folgende Hauptvorteile auf:

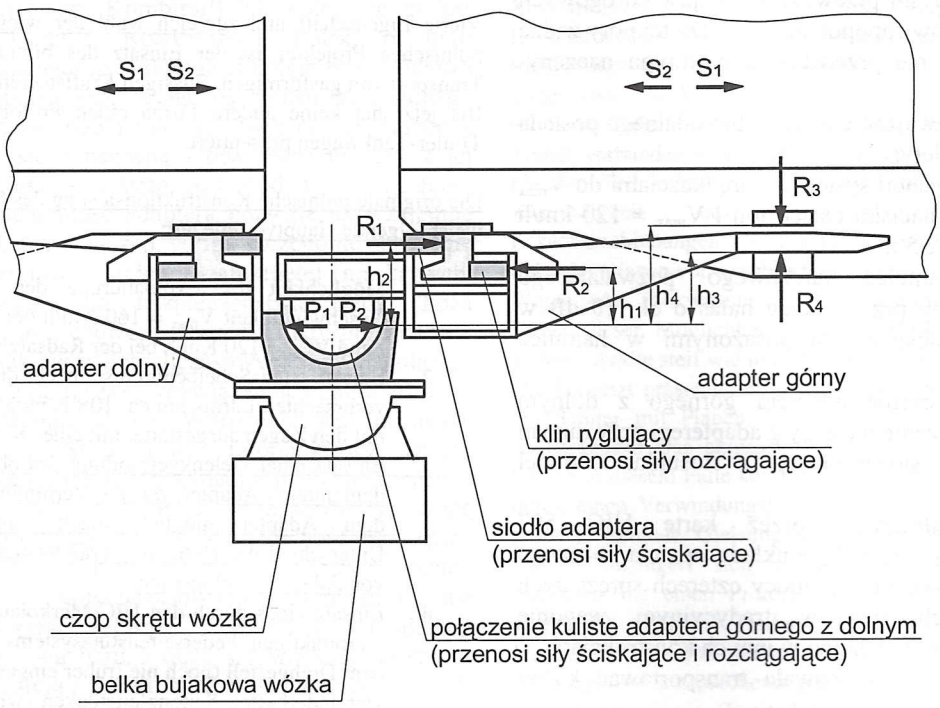
1. Möglichkeit der Exploatierung des Systems mit der Geschwindigkeit V_{max} = 160 Km/h bei der Radsatzlast 18 t und V_{max} = 120 Km/h bei der Radsatzlast von 22,5 t,
2. Einsatz einer Scheibenbremse macht die Reduzierung des verursachten Lärms um ca. 10 dB möglich - im Vergleich mit den Zügen ausgestattet mit einer Klotzbremse,
3. Einsatz einer Gelenkverbindung des oberen Adapters mit dem unteren Adapter, was die Verbindung des Trailers mit dem Adapter möglich macht, auch bei großem Unterschied der Höhe von Trailersattelposition zur Höhe von Adaptersattelposition
4. Einsatz eines durch den UIC-Merkblatt 597 empfohlenen vierpünktigen Federseitenstützsystems des Adapters auf dem Drehgestell (noch nie früher eingesetzt) mit Hilfe von vier federhaften Seitengleitstücken (wie im traditionellen Güterwagen),
5. Universalität des Systems, das jeden Trailertyp transportieren kann,
6. gleiche Lösung bei der Verbindung des Trailers mit dem Adapter an beiden Trailerenden, was den Einsatz eines Typs des Endadapters ermöglicht,
7. Schlösse, die den Trailer im Adapter verriegeln, hat man in den Adapter montiert, was ständige und sichere Kontrolle und eigene Wartung dieser Schlösse möglich macht,
8. man hat je zwei Kupplungszapfen auf jedem Trailerende eingesetzt, was die Sicherheitsstufe während der Fahrt steigert,
9. dank einer symmetrischen Adapterlösung ist die Umstellung der Drehgestellen auf dem Terminal nicht notwendig,
10. ein automatisches Abschließen der Schlösse nach der Verbindung des Trailers mit dem Adapter verkürzt die Bedienungszeit bei der Zugzusammenstellung.

9. Optimierungsmöglichkeiten der Konstruktion des Mitteladapters aufgrund von wirkenden Längskräften sowie technologischen Bedingungen

Optimierung der Konstruktion des Mitteladapters betrifft die Auswahl der Querschnitte und Formen von einzelnen Konstruktionselementen des Adapters, die bei minimalem Gewicht entsprechende Festigkeitsanforderungen erfüllen.
Größe und Art und Weise, wie die Kräfte in die Adapterkonstruktion eingeführt werden, hat einen direkten Einfluss auf die Belastung der Adapterkonstruktion. In diesem Fall bedeutet die Optimierung der Konstruktion die Minimalisierung von

wzdłużnymi przyłożonymi do zamków adaptera górnego i dolnego.

Biegungsmomenten, die durch die an die Schlösse des unteren und oberen Adapter angebrachten Längskräfte hervorgerufen werden.



Rys. 9.1 Rozkład sił działających na adapter środkowy wywoływanych ściskaniem i rozciąganiem pociągu bimodalnego
Zch. 9.1 Verteilung der auf den Mitteladapter wirkenden Kräfte, die durch Druck und Zug des bimodalen Zugsatzes hervorgerufen werden

Na rys. 9.1 pokazano rozkład sił działających na adapter środkowy pochodzących od rozciągania i ściskania składu pociągu bimodalnego. Siły wzdłużne wywołane na sprzęgach oraz zderzakach adapterów skrajnych jak również siły pochodzące od nierównomiernego hamowania składu bimodalnego są odbierane na zamkach adapterów środkowych oraz połączeniach kulistych między adapterem górnym i dolnym adapterów środkowych.
Zamki adapterów umożliwiają kojarzenie siłowe czopów sprzęgowych naczep z siodłami adapterów. Siły wzdłużne działające na pociąg bimodalny są przenoszone z naczepy na adapter i odwrotnie za pośrednictwem czopów sprzęgowych naczep i powierzchni oporowych siodeł adapterów oraz klinów ryglujących.
Dokładnie mówiąc siły ściskające rys. 1 są przenoszone z naczepy na adapter górny i dolny powierzchnią czołową czopa sprzęgowego i powierzchnią pionową siodła adaptera, a siły rozciągające przenosi tylna powierzchnia czopa współpracująca z powierzchnią pionową klina ryglującego.

Wartość siły S zależy od uwarunkowań eksploatacyjnych, a jej maksymalne znaczenie jest określone wymaganiami postawionymi w karcie UIC 597, gdzie ±S=800 kN. Prezentowane rozwiązanie taboru bimodalnego spełnia podwyższone wymagania obciążalności wzdłużnej, gdzie siła rozciągania S_1 wynosi 1000 kN, a siła ściskająca S_2 wynosi 1200 kN.

Zch. 9.1 zeigt die Verteilung der Kräfte, die auf den Mitteladapter wirken und vom Druck und Zug des bimodalen Zugsatzes herkommen. Die Längskräfte, die an Kupplungen und Puffern der Endadapter hervorgerufen werden, sowie die Kräfte, die durch ungleichmäßiges Bremsen des bimodalen Zugsatzes entstehen, werden an den Schlössen der Mitteladapter und an den kugelförmigen Verbindungen des oberen mit dem unteren Teil der Mitteladapter empfangen.
Die Adapterschlösse ermöglichen Kräftepaarung der Kupplungszapfen von Trailern mit Adaptersatteln. Die Längskräfte, die auf den bimodalen Zugsatz wirken, werden vom Trailer auf den Adapter und umgekehrt übertragen mit Hilfe von Kupplungszapfen der Trailer, Stützflächen der Adaptersattel und Verriegelungskeilen.
Genau gesagt, die Druckkräfte – Zch. 1 – werden vom Trailer auf den oberen und unteren Adapter übertragen mit Stirnfläche des Kupplungszapfens Vertikalfläche des Adaptersattels. Die Zugkräfte überträgt die hintere Fläche des Zapfens, die mit der vertikalen Fläche des Verriegelungskeils zusammenarbeitet.
Die Wert der Kraft S hängt von den Betriebsbedingungen ab und ihre maximale Bedeutung wird aufgrund der Erfordernisse, die im Merkblatt UIC 597 stehen, bestimmt, wo ±S=800 kN. Präsentierte Lösung des bimodalen Systems erfüllt die erhöhten Erfordernisse von Längsbelastbarkeit, wo die Zugkraft S_1 1000 kN und Druckkraft S_2 1200 kN beträgt.

Siły wzdłużne S_1 i S_2 działające na pociąg bimodalny są przekazywane na adaptery górny i dolny w postaci sił R_1 i R_2 i dalej są one odbierane na czopach kulistych adapterów górnego i dolnego w postaci sił P_1 i P_2. Odległość h_1 i h_2 płaszczyzny poziomego oddziaływania siłowego R czopów naczepy na adapter, od płaszczyzny przeniesienia sił P z adaptera górnego na dolny, wpływa bezpośrednio na wielkość momentu zginającego adapter:

$M_{g1} = R_1 \times h_2$ $\quad M_{g1} = 0$ dla $h_2 = 0$

$M_{g2} = R_2 \times h_1$ $\quad M_{g2} = 0$ dla $h_1 = 0$

Moment zginający jest odbierany na ramieniu reakcyjnym adaptera umieszczonym w otworze ramy naczepy w postaci reakcji R_3 i R_4.

Tak więc przy określonych siłach S wielkość momentu zginającego adapter zależy od parametrów h_1 i h_2.

Przy h_1 i $h_2 = 0$ adapter górny lub dolny nie jest poddawany zginaniu od sił wzdłużnych.

Ze względów konstrukcyjnych nie jest możliwe obniżenie wysokości h_1 i h_2 do zera, ale można je minimalizować.

Wykonano analizy konstrukcyjne różnych wariantów połączeń kulistych adaptera górnego z dolnym poszukując optymalnego rozwiązania ze względu na minimalizację parametru h.

Die Längskräfte S_1 und S_2 , die auf den bimodalen Zugsatz wirken ,werden auf den oberen und unteren Adapter als Kräfte R_1 i R_2 übertragen und weiter an den kugelförmigen Zapfen des oberen und unteren Adapters als Kräfte ł P_1 i P_2 empfangen. Die Entfernung h_1 und h_2 zwischen der Ebene der horizontalen Kraftauswirkung R von Trailerzapfen auf den Adapter und der Ebene der Kräfteübertragung P vom oberen auf den unteren Adapter, hat einen direkten Einfluss auf den Wert des Biegemoments vom Adapter:

$M_{g1} = R_1 \times h_2$ $\quad M_{g1} = 0$ dla $h_2 = 0$

$M_{g2} = R_2 \times h_1$ $\quad M_{g2} = 0$ dla $h_1 = 0$

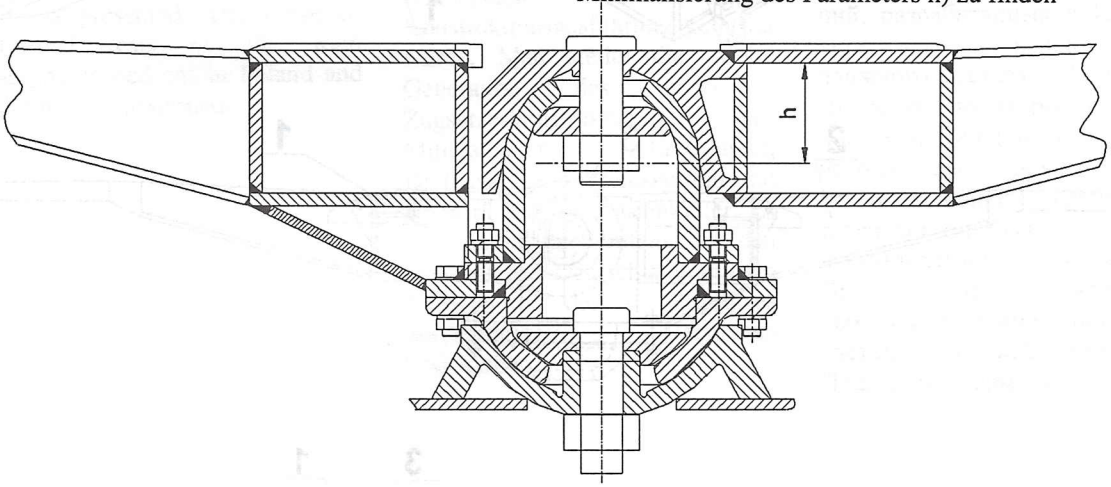
Der Biegemoment wird auf dem gegenwirkenden Adapterarm empfangen, der in der Trailerrahmenöffnung als Gegenkraft R_3 und R_4 platziert ist

Man kann also sagen, bei festgelegten Kräften S ist der Biegungsmomentwert des Adapters von den Parametern h_1 i h_2 abhängig.

Bei h_1 und $h_2 = 0$ wird der obere oder der untere Adapter von den Längskräften nicht gebogen.

Von der Konstruktionsseite her ist es nicht möglich, die Parametern h_1 und h_2 bis zum Null senken. Man kann sie aber minimalisieren.

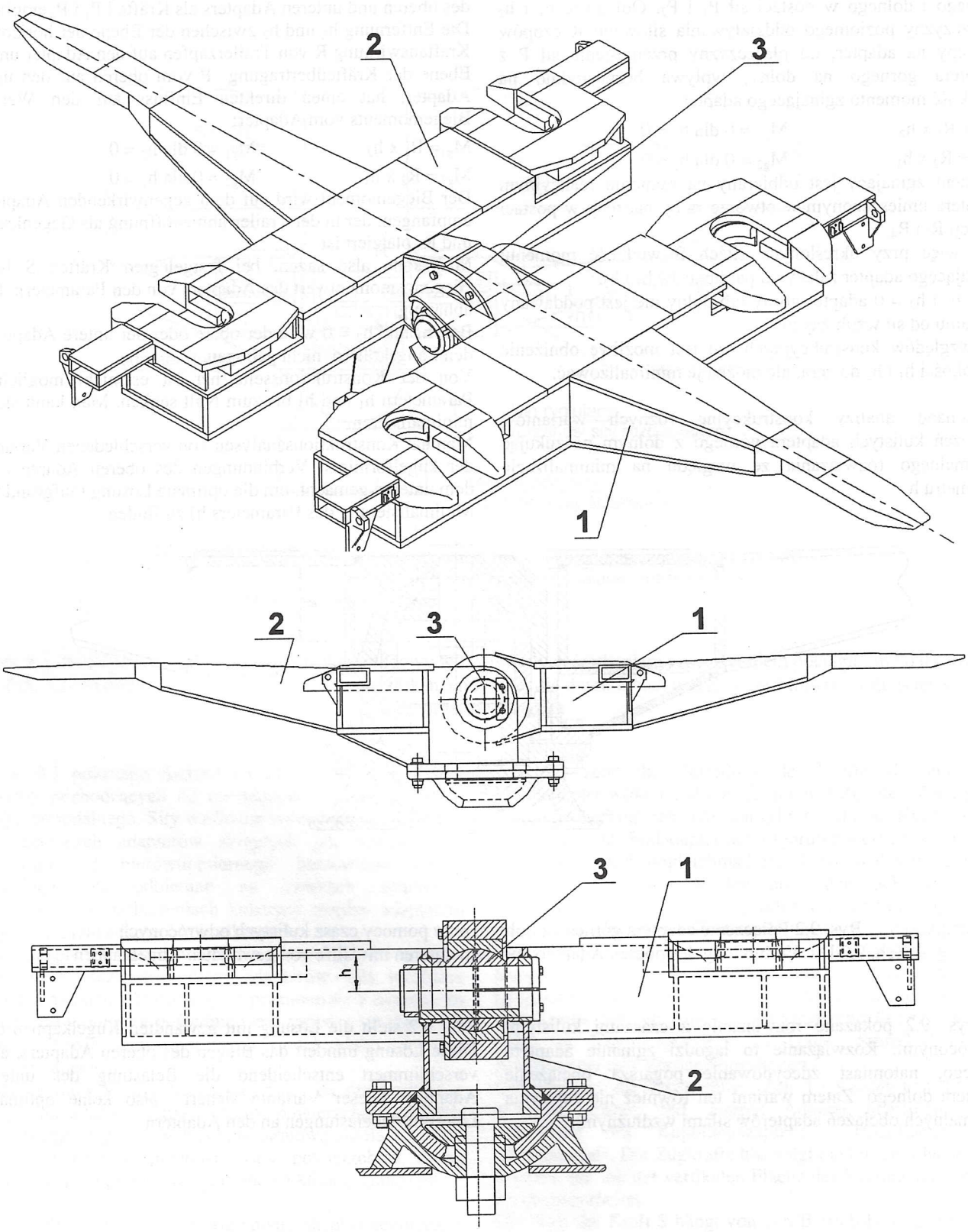
Man hat Konstruktionsanalysen von verschiedenen Varianten der kugelförmigen Verbindungen des oberen Adapters mit dem unteren gemacht, um die optimale Lösung (aufgrund von Minimalisierung des Parameters h) zu finden



Rys. 9.2 Połączenie adaptera górnego z dolnym przy pomocy czasz kulistych odwróconych
Zch. 9.2 Die Verbindung des oberen Adapters mit dem unteren mit Hilfe von gewandten Kugelkappen

Na rys. 9.2 pokazano rozwiązanie z czaszami kulistymi odwróconymi. Rozwiązanie to łagodzi zginanie adaptera górnego, natomiast zdecydowanie pogarsza obciążenie adaptera dolnego. Zatem wariant ten również nie zapewnia optymalnych obciążeń adapterów siłami wzdłużnymi.

Zch. 9.2 stellt die Lösung mit gewandten Kugelkappen dar. Diese Lösung mindert das Biegen des oberen Adapters, aber verschlimmert entscheidend die Belastung des unteren Adapters. Dieser Variante sichert also keine optimalen Längskräftebelastungen an den Adaptern.



Rys. 9.3 Połączenie adaptera górnego z dolnym przy pomocy przegubu kulistego

Zch. 9.3 Verbindung des oberen Adapters mit dem unteren mit Hilfe von Kugelgelenk