



Die Neue Friesenbrücke bei Weener Entwurf der größten Hub-Drehbrücke Europas

Gregor Schacht, Jens Kögel, Stefan Schwede, Alexander Heinemann, Georg Haase

Die Neue Friesenbrücke bei Weener

Entwurf der größten Hub-Drehbrücke Europas

Im Dezember 2015 wurde die historische Friesenbrücke durch einen Schiffsanprall zerstört. Dabei wurde der bewegliche Brückenteil, eine Scherzer-Klappbrücke, so stark beschädigt, dass eine Instandsetzung wirtschaftlich nicht mehr möglich war. Die DB Netz AG hat die ARGE Friesenbrücke damit beauftragt, verschiedene Varianten eines 1:1-Ersatzes und einer Erneuerung der Brücke zu untersuchen. Unter Beachtung aller Randbedingungen fiel die Wahl auf die Erneuerung der Friesenbrücke als Hub-Drehbrücke mit einer Spannweite von ca. 143 m. Die Friesenbrücke hat eine Gesamtlänge von 337 m und überführt die eingleisige Strecke von Ihrhove nach Nieuweschans (NL). Die neue Hub-Drehbrücke ermöglicht eine lichte Schifffahrtsöffnung von 56,60 m. Neben den Anforderungen an einen sicheren Eisenbahnbetrieb auf einer eingleisigen Strecke mit Anbindung an das Netz der niederländischen Eisenbahninfrastruktur im Zuge der Ausbaubestrebungen in Richtung Groningen waren bei der Neuplanung insbesondere die Gegebenheiten zu berücksichtigen, welche sich zusätzlich aus den Anforderungen der Wasserstraße aus der Einhaltung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs ergeben. Die schwierigen Baugrund- und Wasserbedingungen auf der tideabhängigen Seeschifffahrtsstraße erfordern zum Teil aufwendige Baubehelfe, Sicherungsmaßnahmen und große Flusspfeiler.

Stichworte Entwurf; Drehbrücke; bewegliche Brücke; Wasserstraße; Eisenbahnbrücke

1 Historischer Rückblick

Seit der Eröffnung der ersten Eisenbahnstrecke zwischen Nürnberg und Fürth 1835 setzte eine rasante Entwicklung des Eisenbahnausbaus in Europa ein. Überall wurden neue Eisenbahngesellschaften gegründet, die überwiegend mithilfe privater Finanzierungen Strecken zwischen allen größeren Städten bauten und betrieben [1]. Insbesondere die politischen Veränderungen in den 1860er- und 1870er-Jahren mit der Dominanz Preußens, aber v. a. die Wirtschaftskrise von 1873 führten 1877 zur Verstaatlichung der preußischen Eisenbahngesellschaften.

Mit dem Vertrag vom 17. März 1874 gestattete „die königlich preußische Regierung der großherzoglich oldenburgischen Regierung den Bau und Betrieb einer Lokomotiv Eisenbahn von Ihrhove nach Neue Schanz“ und schloss damit die Lücke zwischen den Verbindungen der Niederlande und des Deutschen Reichs [2]. Im Vertrag wurden die herzustellenden Öffnungsgrößen, die Verantwortung der Eisenbahn für den Unterhalt des Leitwerks und die zugehörigen Maßnahmen zur Sicherung der

The new Friesen bridge near Weener – design of Europe's largest lift-swing-bridge

The historic Friesen bridge was destroyed by a ship impact in December 2015. The movable bridge part, a rolling bascule bridge (Scherzer bridge) was totally destroyed and excluded the possibility of an economic rehabilitation. The ARGE Friesenbrücke was engaged by the DB Netz AG to investigate possible solutions of an one-to-one replacement and a new movable bridge construction. In compliance with all registrations the DB choose the design of a lift-swing bridge with a span of 143 m. The new Friesenbrücke has a total length of 334 m and carries the single track from Ihrhove to Nieuweschans (NL). The new lift-swing-bridges enables an opening width of 56.60 m. This opening width fulfils the requirements of the safety and lightness of the ship traffic and also allows a safe railway traffic and the connection to the network of the Dutch railway infrastructure. The difficult geotechnical conditions and the river Ems with tidal waters required sophisticated temporary construction, safety measures and large river piers.

Keywords design; swing bridge; movable bridge; waterway; railwaybridge

Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auf der Ems sowie der Grundsatz vereinbart, dass die „Drehbrücke stets offen ist und nur zu den Fahrzeiten der Eisenbahnzüge geschlossen wird“.

Die Drehbrücke und die zugehörigen Vorlandbrücken (Bild 1) wurden 1877 in Betrieb genommen und von einem Brückenwärter auf Weeneraner Seite betrieben. Die zunehmenden Zuglasten, die wiederholte Verstärkungen erforderten, und insbesondere die wiederkehrenden Schiffsunfälle führten 1922 zur Entscheidung für einen Ersatzneubau [3–7].

In der Zeit vom 1. April 1924 bis zum 1. Juni 1926 wurde in unmittelbarer Nähe zur vorhandenen Brücke eine neue Stahlfachwerkbrücke mit sechs festen Überbauten mit je 50 m Spannweite und einer beweglichen Öffnung von 29 m (Scherzer-Rollklappbrücke) ausgeführt. Die neue Brücke erhielt zur Inbetriebnahme ihren Namen Friesenbrücke (Bild 2). Um Binnenschiffen mit niedrigem Aufbau die Durchfahrt zu erleichtern und Risiken eines Schiffsanpralls zu minimieren, wurde die Brückenunter-



Quelle: Sammlung Thomas Feldmann, Emden, www.westbahn.de

Bild 1 Darstellung der ersten Brücke über die Ems mit einer Drehbrücke auf der Seite Weener
Pictures of the first bridge over the Ems with a swing bridge near Weener

kante um ca. 1,30 m auf 6,37 m NN angehoben [3–7]. Die Gründungen der Pfeiler wurden als Druckluftgründungen mit Senkkasten aus Eisenbeton hergestellt und bei ca. –14 m NN und tiefer auf tragfähige Kies- und Sandschichten abgesetzt. Die Pfeiler wurden als Stampfbetonpfeiler mit einer äußeren Klinkerschicht hergestellt. Der Entwurf des Überbaus wurde mit Rücksicht auf das flache Landschaftsbild als geschlossener, gerader Linienzug geplant. Die Vorlandbrücke auf Ihrhovener Seite wurde als Gerberträgersystem mit parallelen Gurten von gleicher Höhe gewählt. Die Überbauten wurden aus dem damals neuen hochwertigen Baustahl St 48 hergestellt [8].

Die Klappbrücke nach dem System Scherzer unterbricht das gerade Band der Fachwerküberbauten und zeigt deutlich die Schifffahrtsöffnung. Die Öffnung wurde auf westlicher Seite angeordnet, da diese in direkter Verbindung der alten Drehöffnung lag. Bei Öffnung der Klappbrücke rollte der Scherzerüberbau mit seinem ca. 270 t schweren Gegengewicht auf dem westlichen Einfeldträger ab, der zur Aufnahme der ca. 420 t zusätzliche Rollbahnträger und Verstärkungen erhielt [9]. Der Überbau erhielt einen Gehweg. Der offiziell als Dienstweg vorgesehene Weg neben dem Gleis wurde durch den Fuß- und Radverkehr im Rahmen einer Gestattung genutzt. Auf der Weenerer Seite wurde ein Brückenwärterhaus errichtet, in welchem die gesamte Steuerungs- und Sicherungstechnik zum Betrieb der Brücke untergebracht war. Der Brückenwärter öffnete die Brücke bei Bedarf und nach Anmeldung von Schiffen. Weitere Details zur Konstruktion der ersten Friesenbrücke können [3–7] entnommen werden.

Als Verbindungsbrücke zwischen den Niederlanden und Deutschland wurde die Friesenbrücke 1945 beim Rückzug der deutschen Wehrmacht gesprengt und in den Jahren 1950 und 1951 repariert und wiederaufgebaut. Dabei wurde die Scherzer-Klappöffnung so angepasst, dass die Obergurte der Fachwerkbrücke auf einer Höhe wie die Vorlandbrücken durchlaufen.

In den 1970er- und 1980er-Jahren wurden die von der Meyer-Werft gebauten Schiffe immer größer und die lich-



Bild 2 Die neue Friesenbrücke von 1926, im Hintergrund ist noch die alte Brücke zu erkennen [9]
The new Friesen bridge from 1926 with the old bridge in the background [9]

te Durchfahrtsbreite von ca. 25 m war zu klein. Für eine Überführung der Schiffe von Papenburg in die Nordsee war eine größere Brückenöffnung erforderlich, weshalb die mittlere Schiffsöffnung nachträglich umgebaut und so eine Durchfahrtsbreite zwischen den Pfeilern IV und V von 46,60 m (Bild 3) ermöglicht wurde. Der Überbau konnte bei Schiffsüberführungen temporär für mehrere Tage mithilfe eines Schwimmkrans ausgehängt und anschließend wieder eingebaut werden. Die jährlich zweimal stattfindenden Überführungen mit dem Aushang der Friesenbrücke waren ein beliebtes Ausflugsziel vieler Schaulustiger (Bild 3).

Am 3. Dezember 2015 kam es zu einem schwerwiegenden Unfall, bei dem das Frachtschiff Emsmoon die Klappbrücke rammte und vollständig zerstörte. Seit diesem Tag ist der Bahn- und Fußgängerverkehr über die Ems eingestellt und wird über Schienenersatzverkehre bedient. Unmittelbar nach dem Anprall standen die Schadensfeststellung, die Klärung der Umstände des Anpralls und mögliche Schadensbeseitigungen im Vordergrund. Doch bereits im Frühjahr 2016 begannen die Planungen für eine schnelle Sanierung der Friesenbrücke.



Quelle: www.wikipedia.de, CC BY-SA 3.0, Timo Kuhn

Bild 3 Passage eines Kreuzfahrtschiffs durch die Friesenbrücke
Passage of the Friesen bridge by a cruise ship

2 Entwurf der neuen Friesenbrücke

2.1 Planungsrandbedingungen

Aufgrund des spektakulären Unfalls und der großen politischen Bedeutung der Friesenbrücke für die Bevölkerung und die Schifffahrt lag von Anfang an ein großer öffentlicher Fokus auf dem Projekt. Die Randbedingungen waren zunächst die möglichst schnelle Wiederinbetriebnahme der Brücke bei gleichzeitiger Minimierung der Kosten. Nach umfassenden Untersuchungen stellte sich heraus, dass die bestehende Brücke bereits erhebliche Einschränkungen der Stand- und Nutzungssicherheit aufwies und ein schneller 1:1-Ersatz nur mit erheblichen Verstärkungen möglich wäre. Aus diesem Grund wurden weitere Varianten zur Erneuerung der Brücke untersucht. Eine zukunftsfähige Brückenlösung beinhaltete eine größere Schifffahrtsöffnung zur Reduzierung von Anprallrisiken und eine moderne bewegliche Brücke, die die Ausbaustrebungen der europäischen Eisenbahnnetze ohne mehrtägige Streckensperrungen für Schiffsüberführungen berücksichtigt.

Der Neubau der Friesenbrücke sollte für die eingleisige Strecke die vorhandene Entwurfsgeschwindigkeit von 120 km/h, Schwerwagen und Ganzzugverkehr sowie die Möglichkeit einer späteren Elektrifizierung berücksichtigen. Auf der Südseite sollte für die Fußgänger und Radfahrer ein 2,5 m breiter Weg vorgesehen werden und auf der Nordseite ein Dienstgehweg, der zusätzlich als Rettungsweg dient.

Es wurde festgelegt, dass die Brücke in der gleichen Achse wieder neu zu bauen ist, damit keine Anpassung der anschließenden Brücken und Dammbereiche erforderlich wird. Aus der Beibehaltung der Brückenbreite, der gleichen Schienenoberkante und der Brückenunterkante ergab sich nur wenig Spielraum. Um die Schifffahrt nicht einzuschränken, sollte eine lichte Öffnungsbreite von 56,60 m für den Endzustand und während der Baumaßnahme eine möglichst uneingeschränkte Durchfahrtsmöglichkeit gesichert werden. Schiffsüberführungen waren in den Bauzeiten und Technologien zu berücksichtigen.

Für die vorgegebenen Randbedingungen wurden in der Vorplanung verschiedene bewegliche Brückentypen betrachtet. Nach sorgfältiger Abwägung aller Kriterien hat sich als Vorzugslösung die Hub-Drehbrücke ergeben. Wesentliche Vorzüge dieser Variante sind die einfache Realisierung der großen Öffnungsbreite und das nach oben offene Schifffahrtsprofil, eine gute Robustheit und relativ einfache Nachstellbarkeit der Lager aufgrund Setzungen durch die schwierigen Baugrundverhältnisse. Der Drehpfeiler wurde auf die Ihrhovener Seite verschoben, da so eine deutliche Reduktion des Anprallrisikos erreicht und die Baubarkeit bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung des Schiffsverkehrs erleichtert wurde. Ein weiterer Vorteil ist die geringere Beeinträchtigung von Mensch und Natur durch die Verlagerung der Bauhaupt-

aktivitäten und Andienung auf den östlichen Bereich der Ems.

2.2 Drehbrücke im Entwurf

2.2.1 Bauwerk

Der Entwurf des Tragwerks griff den ursprünglichen Entwurfsgedanken eines durchgehenden Brückenzugs in der landschaftlich flachen Ebene auf (Bild 4). Die Ausbildung des Überbaus als Fachwerkkonstruktion betont den technischen Charakter des Brückenbauwerks. Für die Drehbrücke wurde das Fachwerk gemäß den Beanspruchungen linear zur Brückenmitte hin erhöht, was den Drehpunkt der Brücke hervorhebt und zu geringeren Verformungen an den Brückenspitzen im Bewegungsfall führt. Der Drehpfeiler wurde so weit wie möglich an das östliche Emsufer gelegt, ohne den planfestgestellten Fahrinnenbereich einzuschränken. Mit der gewählten Spannweite der Drehbrücke von $2 \times 72,45$ m ergaben sich die Positionen der Flusspfeiler in Achse 20 und 40 automatisch. Unter Berücksichtigung gleicher Achsabstände für die Diagonalen ergab sich für den Überbau 10–20 eine Spannweite von 69,0 m und für den Überbau 40–50–60 Spannweiten von 55,20 m bzw. 62,10 m. Die Überbauten wurden als Fachwerkkonstruktion mit Ober- und Unterurten als Hohlkästen ausgeführt. Der Querschnitt ist für die Vorlandbrücken 7,75 m hoch, im Bereich der Drehbrücke steigt die Querschnittshöhe bis auf 14,85 m an. Die Fahrbahn ist in den Vorlandbereichen eine orthotrope Platte mit Längssteifen und Schotter, im Bereich der Drehbrücke ist eine direkte Stützpunktauflagerung mit dem System ECF ausgeführt (s. Bild 8).

In Längsrichtung wurden die Festpunkte des Tragwerks der Vorlandbrücken mit den Achsen 20 und 40 so festgelegt, dass die Verformungen der Schienenübergänge an den Drehbrückenspitzen minimiert werden.

Aus dem Entwurf ergaben sich zwei Flusspfeiler und zwei Pfeiler im Vorland, die zwischen den alten Flusspfeilern positioniert werden, sowie zwei Widerlager, die in den gleichen Achsen wie die Bestandswiderlager angeordnet sind und über den alten Gründungen gegründet werden müssen. Für die Flusspfeiler wurden Flachgründungen gewählt, die auf einer mit Mikropfählen rückverankerten Unterwasserbetonsohle hergestellt werden. Für die Bauzustände sind Wasserstandswechsel von ca. 5,10 m zu berücksichtigen, weshalb für die Spundwände die größten Profile AZ 52–700 und mehrere Aussteifungslagen erforderlich sind. Die Landpfeiler werden mittels Bohrpfählen auf ca. –19 m NN tief gegründet. Im Bereich der Widerlager werden die Bestandsfundamente mit einer Tiefgründung vor und hinter dem Bestandsfundament übergründet.

Das zentrale Element des 337 m langen Brückenüberbaus bildet die 146 m lange symmetrische Hub-Drehbrücke (Bild 5). In ihrem Drehpfeiler mit den Abmessun-

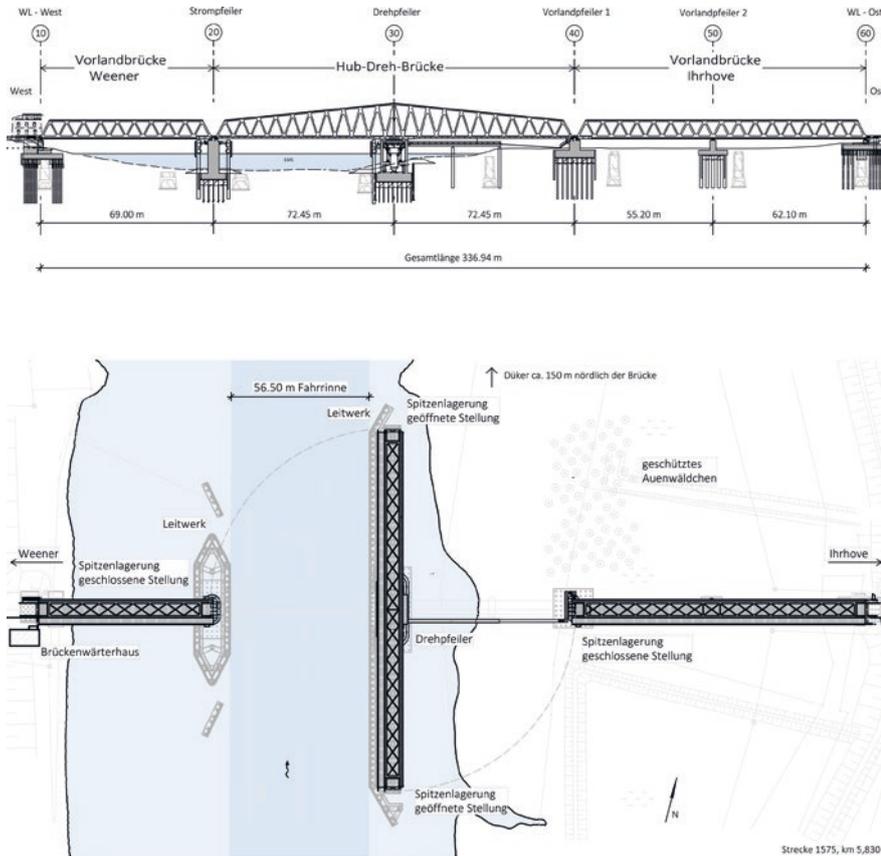


Bild 4 Längsansicht und Draufsicht der Friesenbrücke [10]
Longitudinal view and top view of the Friesen bridge [10]

gen von ca. 30 m × 11 m ist ein Großteil der Maschinen-, Antriebs- und Steuerungstechnik der Brücke untergebracht. Das Entwurfskonzept sieht vor, dass die Maschinenbau- und Antriebskomponenten nur bei der Bewegung der Brücke mit dem Überbau verbunden sind und die Verkehrsbeanspruchungen der Brücke entkoppelt davon über Brückenlager abgetragen werden. Es werden so keine dynamischen Beanspruchungen in die Maschinen-, Antriebs- und Sensortechnik eingeleitet. Bei der Drehbrücke erfolgt eine Unterteilung in drei Lagerungszustände, erstens die Verkehrslage, zweitens die geöffnete (aufgedrehte) Endlage und drittens der Bewegungsfall.

In der Verkehrslage erfolgt die Lagerung der Hub-Drehbrücke in den Achsen 20 und 40 auf allseitig verschieblichen

Kalottenlagern. In der Gleisachse befinden sich unterhalb der Endquerträger Horizontalkraftlager, die beim Absenken der Brücke auch als Zentrierungen für die Brückenenden und der Lagesicherung der Schienenübergänge dienen. In der Drehachse (Achse 30) wird die Hub-Drehbrücke auf Kalottenlagern im Bereich der Führungsstütze gelagert, über die die Verkehrsbeanspruchungen direkt in den Baugrund geleitet werden und die im Bewegungsfall als Führung und Horizontalkraftabtrag dient.

Für die geöffnete Endlage der Hub-Drehbrücke werden parallel zum Leitwerk zwei separate Lagerbänke für die Brückenspitzen (Achsen 30 Nord und 30 Süd) vorgesehen, auf denen die Brücke abgelegt und verriegelt werden kann.

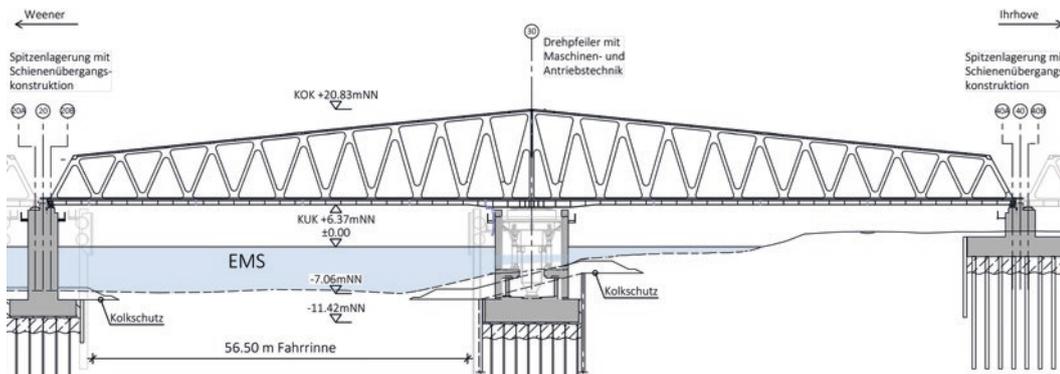


Bild 5 Längsansicht der Hub-Drehbrücke und des Drehpfilers [10]
Longitudinal view of the lift-swing-bridge and the turn pillar [10]

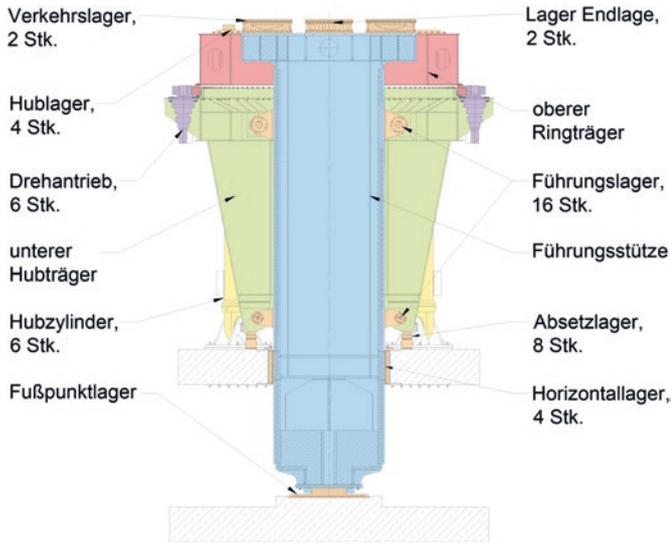


Bild 6 Schnitt durch die Führungsstütze und die Maschinenteknik zur Bewegung der Brücke [10]
 Cross section of the guiding column and the machine technique for the movement of the bridge [10]

Im Bewegungsfall lagert die Hub-Drehbrücke auf vier als Elastomerlager ausgeführten Hublagern in den Hauptträgerachsen, die auf dem um die Führungsstütze befindlichen Hubwerk angeordnet sind.

2.2.2 Bewegungsvorgang und Maschinenteknik

Der Ablauf eines Öffnungsvorgangs erfolgt mit der Übergabe der Fahrstrecke an den Brückenbediener. Nach dem Setzen der Schifffahrtssignale und der Lichtsignalanlagen für den Fuß-/Radverkehr sowie dem Absperren der Brücke können die Schienenenden getrennt und die Brücke entriegelt werden. Erst dann erfolgen das Anheben der Brücke um ca. 1,30 m und das anschließende Drehen um 90°. Der Fahrweg für die Schifffahrt kann anschließend freigegeben werden. Der Schließvorgang erfolgt entsprechend in umgekehrter Reihenfolge.

2.2.3 Hubwerk als Herzstück der Drehbrücke

Das Hubwerk der Hub-Drehbrücke, welches den ca. 1800-t-Überbau bewegt, bildet das Herzstück der Anlage und besteht aus einer feststehenden Führungsstütze, dem beweglichen oberen Ringträger und dem unteren Hubträger (Bild 6). Die Konstruktion des oberen Ringträgers und des unteren Hubträgers ist ausreichend dreh- und verwindungssteif ausgebildet, um eine gleichmäßige Kraftverteilung der Belastungen aus dem Überbau in die an den Ringträger angeschlossene Rollendrehverbindung zu gewährleisten.

Die Hubbewegung der Brücke erfolgt über sechs um den Ringträger angeordnete Hydraulikzylinder. Die anschließende Drehbewegung wird über sechs Hydromotoren, deren Antriebsritzel an einer Außenverzahnung des oberen Ringträgers angreifen, erzeugt.

Über seitlich angeordnete Führungslager gleitet der Hubträger an der Führungsstütze. Die Führungsstütze wird als geschweißte Stahlkonstruktion mit quadratischem Hohlquerschnitt ausgeführt. In der untersten Pfeilerebene (Ebene -2) schließt die Führungsstütze mit dem Fußpunktlager (Punktkipplager mit allseitiger Festhaltung) ab und leitet so die auftretenden Kräfte in das Fundament. Die senkrechte Fixierung der Führungsstütze erfolgt über die Horizontallager in der Zwischenebene (Ebene -1) des Drehpfeilers. Die Horizontallager sind als bewehrte Elastomerlager geplant, die über gegenläufige Keile eine Verstellmöglichkeit in Horizontalrichtung sicherstellen. Da bei der Spannweite von 146 m kleine Toleranzabweichungen im Drehpunkt große Auswirkungen auf die Brückenspitze haben, kann die Führungsstütze über diese Horizontallager samt der Verkehlager nachgestellt werden. So sind Hubwerkslager und Verkehlager auch bei Nachstellungen immer im Einklang.

Die hydraulische Anlage ist so ausgelegt, dass bei Ausfall eines Hydraulikzylinders die Brücke mit verminderter Geschwindigkeit weiter betrieben werden kann. Die Drehbewegung ist bis zu einer Windstärke von 9 Bft möglich. Bei Ausfall eines Antriebs ist eine Brückenbewegung bis 6 Bft zu realisieren.

Der Öffnungsvorgang der Drehbrücke setzt sich zusammen aus 150 s für das Anheben, 240 s für das Aufdrehen und 115 s für das Absenken und dauert somit in Summe knapp 8,5 min.

Die Spitzenzentrierung in der Verkehrslage der Brücke setzt sich aufgrund der großen Spannweite und großen Horizontalverformungen infolge Wind und Temperatur aus einer Vor- und einer Endzentrierung zusammen. Die Zentrierung in der geöffneten Endlage erfolgt nur über die Vorzentrierung. Nach dem trichterförmigen Einlauf der Rolle erfolgt eine Parallelführung in der Vorzentrierung. Bei dem Erreichen der Parallelführung der Vorzentrierung kommt die in Gleisachse befindliche Endzentrierung zum Einsatz. Die Endzentrierung der Brücke erfolgt über unterhalb des Endquerträgers angeordnete Zentrierknaggen. Mittels der Endzentrierung wird die endgültige Lagezentrierung der Brücke in Querrichtung erreicht.

An den Brückenspitzen im Bereich der Achsen 20B und 40A werden je zwei Verriegelungskonstruktionen unterhalb des Brückenhauptträgers angeordnet (Bild 7). Die Brückenverriegelung gewährleistet die Lagesicherheit der Brücke in der Verkehrslage.

Ebenfalls an den Achsen 20 und 40 sind Schienenübergangskonstruktionen erforderlich, um die Schienen für den Hub-Drehvorgang der Drehbrücke von den Vorlandbrücken zu entkoppeln. Als Vorzugslösung für die Schienenübergangskonstruktion hat sich eine Hörnerkonstruktion mit übergreifender Zungen-Backenschiene (ähnlich einem Regelschienenanzug) als Favorit erwiesen. Zur Reduktion der Beanspruchungen aus der Endtangentialverdrehung der Überbauten ist die Schienen-

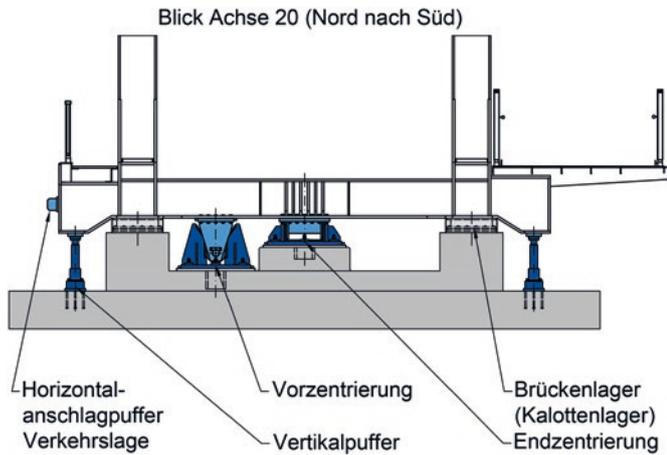


Bild 7 Ansicht der erforderlichen Lager- und Zentrierungstechnik auf dem Spitzenpfeiler [10]
Longitudinal view of necessary bearing and centring devices on the tip piers [10]

übergangskonstruktion mit vier festen Schwellen auf der dafür vorgesehenen Pfeilerbank zwischen dem festen und beweglichen Überbau platziert worden.

Die Schienenübergangskonstruktion auf der Hub-Drehbrücke wird über einen Hydraulikzylinder bewegt. Durch das Zurückziehen/Vorschieben eines Verschiebeträgers

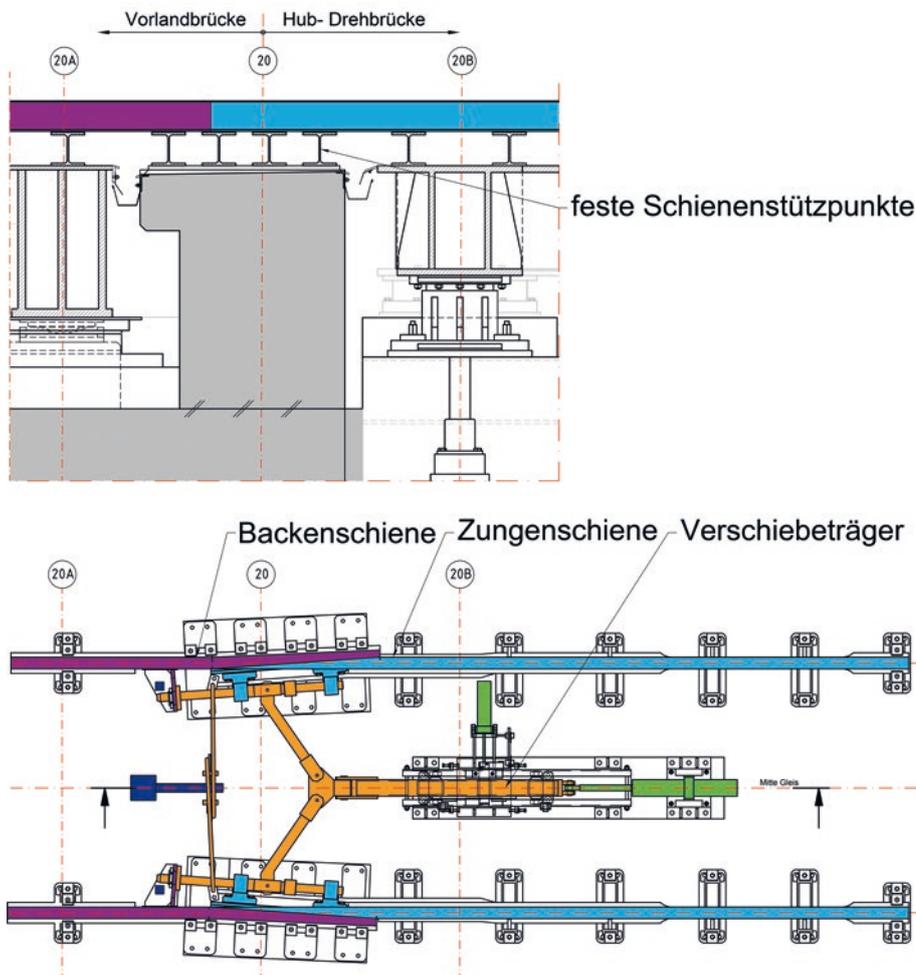


Bild 8 Schienenübergang an den Spitzen der Hub-Drehbrücke [10]
Rail joint at the tips of the lift-swing-bridge [10]

werden die Zungenschiene von den Backenschiene gelöst bzw. angedrückt.

2.2.4 Elektro- und Steuerungstechnik

Die Bedienung der Brücke erfolgt bis zum Bau einer Fernbedienzentrale über ein Prozessleitsystem vom Leitstand des Brückenwärterhauses aus. Von diesem erfolgen die Kommunikation zwischen dem Stellwerk und der Schifffahrt und die kameraunterstützte Überwachung der Fahrwege und des Geh-/Radwegs.

Die gesamte Brückenanlage wird von der auf der östlichen Uferseite neu zu errichtenden Netzstation versorgt und die Netzersatzanlage sichert auch bei Netzausfall einen eingeschränkten Weiterbetrieb.

Die Anbindung der zu versorgenden technischen Ausrüstung des Brückenwärterhauses mit integriertem Leitstand ist über einen Dükler herzustellen. Der Dükler wird mittels HDD-Verfahren ca. 150 m flussabwärts mit einer Gesamtlänge von etwa 450 m hergestellt und überführt Kabel der technischen Ausrüstung, der Leit- und Sicherungstechnik (LST) sowie der Telekommunikation (TK).



Bild 9 Darstellung der Zeitschiene des Genehmigungsverfahrens, Öffentlichkeitsarbeit vor Ort
Timeline of the approval process, public relations on site

2.2.5 Bedingungen der Wasserstraße

Bei der Ems handelt es sich um eine Seeschiffahrtsstraße, deren Wasserstand von den Tiden abhängt. Die zu berücksichtigende Höhendifferenz beträgt bis zu 5 m und die darin begründeten Strömungsverhältnisse und mögliche Tiefgänge haben einen wesentlichen Einfluss auf die Bauabläufe und einsetzbaren Pontons, Schlepper, Bagger-schiffe, Hubinseln und Schwimmkräne.

Auf Grundlage nautischer Simulationen konnten die Bauzustände mit den Einschränkungen der nutzbaren Fahrrinne und auch die Endzustände geplant und die erforderlichen Sicherungsmaßnahmen definiert werden. Die Anprallschutzmaßnahmen für die Sicherung der Baustelle sowie die erforderliche Leitwerkskonstruktion konnten mithilfe der Simulationen festgelegt werden. Ebenfalls berücksichtigt wurden die Empfehlungen aus dem Untersuchungsbericht 470/15 des BSU zum Schiffsun-glück vom Dezember 2015.

Eine gemeinsame Verwaltungsvereinbarung wurde im März 2022 von der DB Netz AG und der Wasser- und Schiffahrtsverwaltung unterzeichnet. Sie regelt den Betrieb der künftigen Brücke, bspw. dass die in Grundstel-lung geschlossene Brücke jederzeit zur Öffnung zur Ver-fügung steht.

3 Planrechtsverfahren

Um für die Maßnahmen zur Erneuerung der Eisenbahn-überführung Friesenbrücke das erforderliche Baurecht zu erlangen, war ein Bauantrag für die Änderungen an dem Brückenwärterhaus zu stellen, eine Plangenehmigung für die Errichtung eines elektronischen Stellwerks einzu-holen und ein Planfeststellungsbeschluss gemäß §18 Abs. 1 AEG (Allgemeines Eisenbahngesetz) zu erwirken.

Um ein möglichst zügiges Verfahren durchlaufen zu kön-nen, wurde die Öffentlichkeit schon frühzeitig in die Pla-nungen der Maßnahme durch Dialogveranstaltungen ein-

gebunden und die relevanten Außenwirkungen wurden proaktiv sowohl mit den Trägern öffentlicher Belange als auch mit den privat betroffenen angrenzenden Dritten diskutiert. Bei den Formaten war es wichtig, offen die Al-ternativen, die bei den betrachteten Varianten untersucht wurden, darzustellen. Ziel war es, schon hier ein Ver-ständnis für den erforderlichen Abwägungsprozess der Aufsichtsbehörde zu schaffen.

Ein zügiger Ablauf des Verfahrens war für eine angezielte Inbetriebnahme der beweglichen Brücke im Jahr 2024 zwingend notwendig. Eine offene, direkte und digitale Kommunikation zwischen dem Eisenbahnbundesamt als Planfeststellungsbehörde, der Niedersächsischen Landes-behörde für Straßenbau und Verkehr als Anhörungsbe-hörde, den Trägern öffentlicher Belange und der DB Netz AG als Vorhabenträgerin war ein wesentlicher Baustein. Die für die Auslegung bestimmte Unterlage wurde am 20. Dezember 2019 beim EBA eingereicht und die Be-schlussfassung erfolgte am 1. Juli 2021 (Bild 9).

Durch die Realisierung der neuen Durchfahrtsbreite wer-den die Betriebssicherheit sowie die Anlagenverfügbar-keit erhöht und eine bestandene Engstelle für Schiffspas-sagen auf der Ems mit wiederkehrenden Sperrungen der Bahnstrecke eliminiert. Die Erneuerung der Friesenbrücke als Hub-Drehkonstruktion wird mit dem Drehpfeiler auf der östlichen Uferseite den Anforderungen an einen möglichst störungs- und unterbrechungsfreien Eisenbahn-verkehr auf der Strecke 1575 am besten gerecht. Teil des Planrechtsverfahrens war es, auch künftig mit einem se-paraten Gehweg die Brücke zu nutzen.

Bei Verfahren für Änderungen von Eisenbahnbetriebsan-lagen gehören Gutachten bez. der betriebs- und baustel-lenbedingten Emissionen zu den gängigen Untersuchun-gen. Für das Verfahren zur Erneuerung der Friesenbrücke wurden aber zudem aufwendige nautische und hydro-morphologische Gutachten erstellt, um sowohl Abwägun-gen hinsichtlich der Strömungsverhältnisse auf die Schiff-fahrt zu ermöglichen als auch Materialbewegungen im Flusssohlenbereich zu beurteilen. Besonderes Augenmerk

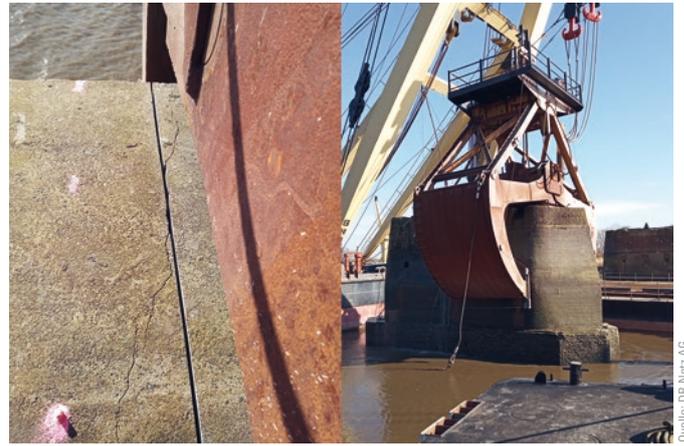
wurde im Bereich des Deichvorlands auf die Minimierungsmaßnahmen zum Schutz des §-30-Biotops gelegt. Ein Großteil der in Anspruch genommenen Flächen kann durch standorttypische Auengehölze im direkt angrenzenden Bereich renaturiert werden.

Die ausgelegten Planunterlagen konnten vor Ort in den Kommunen eingesehen und über das UVP-Portal online abgerufen werden. Ein Schlüssel für die zügige Umsetzung des Planrechtsverfahren unter Coronabedingungen waren die gesetzlichen Rahmenbedingungen, die durch das Planungssicherstellungsgesetz (PlanSiG) geschaffen wurden und einen Erörterungstermin in Form einer Online-Konsultation mit einer Beteiligung über digitale Medien ermöglicht hat.

4 Aktueller Stand

Um zeitlichen Vorlauf für den Beginn der Ausführung des Neubaus zu erhalten, wurde der Rückbau der Friesenbrücke als separates Projekt ausgeschrieben und vergeben. Der Ausschreibungsentwurf sah ein Herausschieben der Überbauten 1–4 auf das Wasser in den Bereich der Fahrinne und den Abtransport mittels Schwimmkran vor. Vorhandene Gerbergelenke der alten Brückenkonstruktion sollten versteift und Hilfsstützen angeordnet werden. Der Überbau 7 sollte direkt mit dem Schwimmkran ausgehoben und abtransportiert werden. Abweichend zum Entwurf wurden die Überbauten abschnittsweise getrennt und auf SPMTs an die Ems gefahren, wo sie ufernah vom Schwimmkran aufgenommen und am Haken hängend abtransportiert wurden (Bild 10). Die Einschränkungen im Bereich der Seewasserstraße Ems konnten so minimiert werden.

Zur Vereinfachung des Rückbaus der drei Flusspfeiler mittels Baggertechnik sollte das Lösen des Betons der Pfeiler durch Lockerungssprengungen erfolgen, sodass gut baggerfähiges Haufwerk erzielt wird. Die Lockerungssprengungen sollten nach Rückbau des Pfeilerkopfs bis in



Quelle: DB Netz AG

Bild 11 Rückbau der Flusspfeiler in der Ems durch Zersägen in Segmente
Demolition of the piers in the Ems through segmental cutting

eine Tiefe von $-8,40$ m durchgeführt werden. Aufgrund von vorhandenen Hindernissen im unmittelbaren Gründungsbereich der Flusspfeiler war es nicht möglich, Spundwände einzurammen. Deshalb wurde für die Ausführung ein Sondervorschlag der Firma Lührs umgesetzt und die Pfeiler mithilfe einer am Schwimmkran Enak befestigten diamantbesetzten Seilsäge im Wasser zersägt (Bild 11).

Die erforderliche Maschine und die erforderliche Antriebstechnik waren auf einer riesigen Schaufel montiert. Diese Kombination aus Schneidwerkzeug und Hebetchnik in einem war in der Lage, die Pfeiler senkrecht und horizontal durch einen 1 cm breiten Schnitt zu zerteilen, die bis zu 300 t schweren Segmente anzuheben und mittels Ponton Richtung Hafen abzutransportieren (Bild 12). Diese Technologie ermöglichte den Rückbau der Bestandspfeiler bis unterhalb der Flusssohle. Es konnte auf das Einbringen der Spundwände und auf weitere lärmintensive Arbeiten verzichtet werden. Alle Arbeiten konnten außerhalb der Fahrinne stattfinden, sodass Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs bei gleichzeitiger Verkürzung der Bauzeit für den Pfeilerrückbau uneingeschränkt gegeben waren.



Quelle: DB Netz AG

Bild 10 Aushub Überbau 4, Transport am Haken hängend durch die Seeschleuse in Papenburg
Lifting of bridge part 4, transport hook hanging through the dock in Papenburg



Quelle: DB Netz AG

Bild 12 Umschlag der bis zu 300 t schweren Betonteile
Handling of the 300 t single concrete parts

Autor:innen

Dr.-Ing. Gregor Schacht (Korrespondenzautor)
Gregor.Schacht@marxkrontal.com
Marx Krontal Partner | MKP GmbH
Wertstraße 17
30163 Hannover

Dipl.-Ing. Jens Kögel
Koegel@dr-schippke.de
DR. SCHIPPKE + PARTNER mbB
Prinzenstraße 8
30159 Hannover

Dipl.-Ing. Stefan Schwede
Stefan.Schwede@deutschebahn.com
Infrastrukturprojekte Nord
Projekte Bewegliche Brücken (I.NI-N-B-P)
DB Netz AG
Lindemannallee 3
30173 Hannover

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Heinemann
Alexander.Heinemann@deutschebahn.com
Infrastrukturprojekte Nord
Projekte Bewegliche Brücken (I.NI-N-B-P)
DB Netz AG
Lindemannallee 3
30173 Hannover

Kapitän Georg Haase
g.haase@nautitec-leer.de
Nautitec GmbH & Co. KG
Bergmannstraße 36
26789 Leer

Zitieren Sie diesen Beitrag

Schacht, G.; Kögel, J.; Schwede, S.; Heinemann, A.; Haase, G. (2023)
*Die Neue Friesenbrücke bei Weener – Entwurf der größten Hub-Dreh-
brücke Europas*. Bautechnik 100, H. 6, S. 334–343.
<https://doi.org/10.1002/bate.202300042>



Die neue Friesenbrücke – hier entsteht Europas größte Hub-Drehbrücke

Hier geht's zum Baufortschritt
<https://bauprojekte.deutschebahn.com/pi/friesenbruecke/zeitplan>



Projekthintergrund

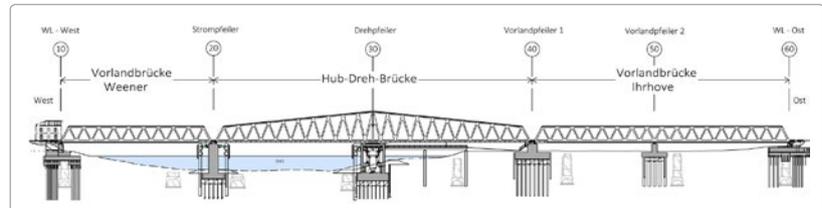
Im Dezember 2015 wurde die alte Friesenbrücke über die Ems bei einem Unfall durch ein Frachtschiff zerstört. Seitdem ist die Bahnstrecke zwischen Leer und dem niederländischen Groningen unterbrochen und wird über den Schienenersatzverkehr bedient. Um den durchgängigen Zugverkehr wieder aufzunehmen, wird nun eine 335 m lange Hub-Drehbrücke inklusive Vorlandbrücke neu errichtet.

Die neue Brückenlösung ist zukunftsorientiert. So werden auch zukünftig die großen Schiffe der Meyer-Werft die geöffnete Brückenkonstruktion passieren können. Der Öffnungsprozess findet innerhalb weniger Minuten statt. Zuvor hat der Durchfahrtsprozess noch mehrere Tage gedauert, weil die Brücke zunächst mit Hilfe eines Schwimmkranes ausgehängt und anschließend wieder eingebaut werden musste.



Die neue Brücke

- **Bauwerk:** Die Fachwerkkonstruktion besteht aus zwei Pfeilern im Flussbett (Achse 20 und 30) und zwei Pfeilern im Deichvorland (Achse 40 und 50) sowie zwei Widerlagern (Achse 10 und 60), welche die Brücke tragen.
- **Technik:** Das Herzstück der neuen Brücke ist der Drehpfeiler im Flussbett (Achse 30), auf dem der 145 m lange Überbau lagert. Hier ist ein Großteil der Maschinentchnik untergebracht. Die Brücke wird mittels Hubzylindern und Drehmotoren bewegt.
- **Brückenwärterhaus:** Die Bedienung der Brücke erfolgt über einen Arbeitsplatz im Brückenwärterhaus. Die Brücke wird so gebaut, dass zukünftig auch ein Betrieb aus einer Fernbedienzentrale möglich ist. Das denkmalgeschützte Brückenwärterhaus wird aufgestockt, die Klinkerfassade und das historische Erscheinungsbild bleiben erhalten.
- **Fuß- und Radverkehr:** Die Brücke erhält einen 2,5 m breiten Fuß- und Radweg sowie einen separaten Dienstweg.



Die neue Friesenbrücke Ingenieurskunst in Zahlen

ca. 8,5 min
Hub-Drehprozess

7,85 m – 14,85 m
Höhe Brücke

ca. 1800 t
Gewicht Drehteil

9 Bft.
Betrieb bis Windstärke

8
Hydromotoren

6
Hubzylinder

ca. -20 m NN
Tiefgründung

ca. 5 m
Tidenhub