

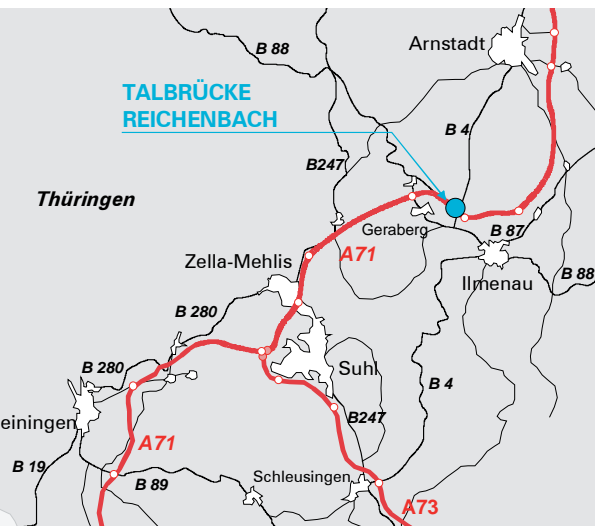




# Ingenieurleistungen weltweit

# Aus der Geschichte – ein herausragendes Bauwerk: Talbrücke Reichenbach – A71 (Thüringen/BRD)

Kurt Rusam



01 | Lage der Talbrücke Reichenbach



02 | Pfeileransicht von Westen

## 1. Lage der Talbrücke Reichenbach

Zwischen Geraberg und Martinroda quert die Bundesautobahn A 71 in einer Höhe von ca. 60 m über dem Talgrund das lang gestreckte, landschaftlich sehr reizvolle Reichenbachtal. Im westlichen Talraum verläuft die Bahnlinie Arnstadt-Ilmenau, etwa in Talmitte die Landstraße L2699 und der Reichenbach und im Osten des Tales die Bundesstraße B4.

## 2. Bauwerksentwurf

Zielsetzung der Entwurfsplanung war, ein wirtschaftlich herstellbares und unterhaltungsarmes Brückenbauwerk mit ausgewogenen Proportionen zwischen Talform, Stützweiten, Bauhöhen und Pfeilerabmessungen zu finden, welches sich harmonisch in den Talraum einfügt und das im Hinblick auf das landschaftlich reizvolle Tal eine größtmögliche Transparenz erreicht. Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung war von schwierigen, über die große Länge des Talraumes wechselnden Gründungsverhältnissen auszugehen. Zur Ausführung kam ein Bauwerk mit einer Gesamtlänge von 1.000 m, dessen Feldweiten auf die Talform abgestimmt sind (zwischen 40 m in den Endfeldern und 105 m im mittleren

Talbereich). Beide Richtungsfahrbahnen werden über einen einteiligen Überbau in Stahlverbundbauweise geführt.

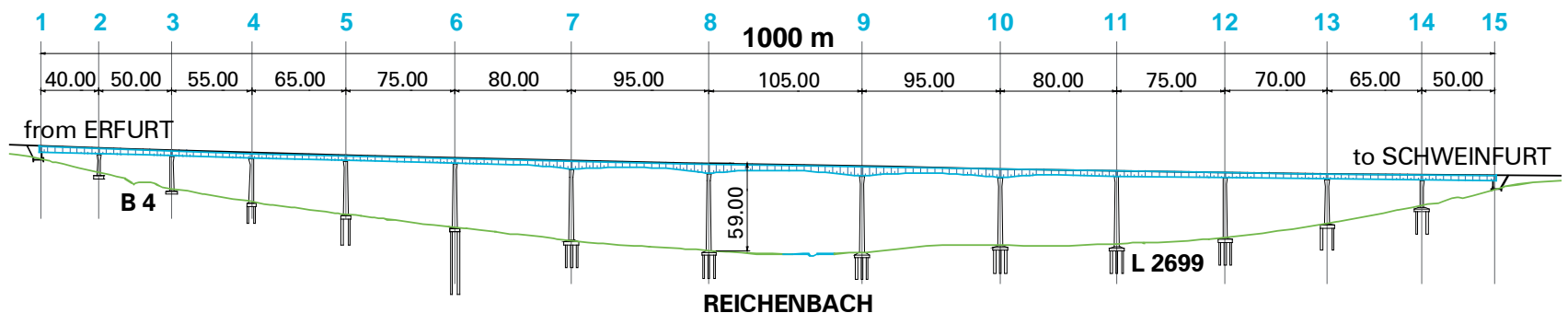
Im Bereich der Endfelder wurde der Überbau als Parallelträger mit einer Konstruktionshöhe von 3,70 m ausgeführt, im Bereich größerer Stützweiten als Voutenträger mit einer Konstruktionshöhe von 5,85 bis 6,50 m.

## 3. Bauwerksbeschreibung

### 3.1 Gründung

Beide Widerlager wurden flach über Bodenaustauschschichten gegründet. Bei den Pfeilern in den Achsen 2 und 3 wurden ebenfalls Flachgründungen ausgeführt, da an diesen Standorten der tragfähige Mittlere Buntsandstein geländenah ansteht.

Mit ergänzenden Baugrunduntersuchungen mit statischen und dynamischen Probelastungen an Großbohrpfählen konnte die Eignung des anstehenden Baugrundes für die Ausführung einer kombinierten Pfahl-Plattengründung (KPP) nachgewiesen werden. Diese erstmals bei einer Großbrücke eingesetzte kombinierte Pfahl-Plattengründung bringt gegenüber einer konventionellen Tiefgründung erhebliche wirtschaftliche Vorteile, welche durch deutlich geringere Pfahllängen



03 | Längsschnitt

und geringere Pfahldurchmesser zu begründen sind.

### 3.2 Pfeiler

Die schlanken, bis zu 50 m hohen Stützpfeiler wurden mit Hohlquerschnitt in Stahlbetonbauweise ausgeführt. Als Querschnitt wurde eine Rechteckform mit abgefasten Kanten gewählt. Der Querschnitt verjüngt sich zunächst über die Pfeilerhöhe mit einem Anzug 1:70 nach oben und verbreitert sich an den Pfeilerköpfen in beiden Querschnittsrichtungen.

### 3.3 Überbau

Die Stützweiten des Stahlverbundüberbaues betragen 40 – 50 – 55 – 65 – 75 – 80 – 95 – 105 – 95 – 80 – 75 – 70 – 65 – 50 m. Der einteilige Überbauquerschnitt ist als Kastenträger mit geneigten Stegen ausgebildet. Der Kastenträger wird in Querrichtung im Abstand von 5,0 m durch Querrahmen und Diagonalstreben ausgesteift. Die außen beidseitig weit über die Stege des Hohlkastens auskragende Fahrbahnplatte wird durch geneigte Druckstreben aus Stahlrohren gestützt. Die schlaff bewehrte Fahrbahnplatte wird trägerrostartig durch gevoutete Unterzugsysteme gestützt. Zwischen den Zugbändern und den die Fahrbahnplatte unterstützenden Stahlbetonunterzügen wird der Schubverbund über Kopfbolzendübel hergestellt.

Die Ausführungsplanung berücksichtigt einen Austausch von ggf. verschleißanfälligen Teilen der Fahrbahnplatte unter Aufrechterhaltung einer 4+0-Verkehrsführung.

## 4. Bauausführung

### 4.1 Stahlüberbau

Die parallelgurtigen Teile der Stahlkonstruktion wurden von beiden Widerlagern aus im Takt-

schiebeverfahren in die vier bzw. fünf hangseitigen Felder eingeschoben. Die gevouteten Überbauabschnitte (Pfeiler 6 bis 11) wurden mittels Raupenkrane und Litzenhubsystem eingehoben.

#### 4.1.1 Montage mit Raupenkrane

Die Montage der Stützenschüsse über den Pfeilern 7 bis 10 erfolgte mittels eines Raupenkranes.

Zum Einsatz kam ein Raupenkrane CC 2800 mit 90 m Hauptausleger und 300 t Superlift. Das maximale Montagegewicht betrug 235 t. Zur Aufnahme dieser Bodenpressung musste ein massiver Bodenaustausch im Bereich der Standflächen durchgeführt werden.

#### 4.1.2 Montage mit Litzenhubsystem

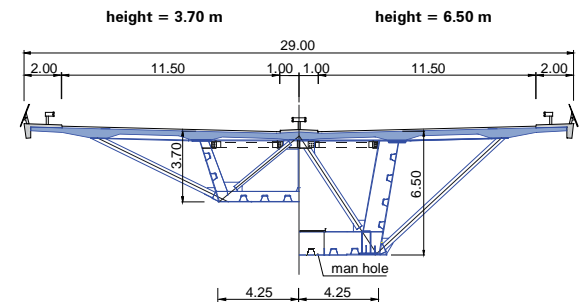
Die fünf Mittelteile von Pfeiler 6 bis 11 wurden mittels eines Litzenhubsystems eingehoben. Die zu hebenden Gewichte betragen 350 bis 650 t.

Der eigentliche Hubvorgang dauerte ca. einen Tag je Mittelteil, wobei eine Hubgeschwindigkeit von ca. 6 m pro Stunde erreicht wurde.

### 4.2 Fahrbahnplatte

Die 28,30 m breite Fahrbahnplatte wurde mit zwei Schalwagen von beiden Widerlagern aus im Pilgerschrittverfahren hergestellt. Zur Herstellung der Fahrbahnplatte wurde ein neuer Schalwagen entwickelt. Die große Herausforderung lag bei den nur fünf vorhandenen Lasteinleitungspunkten und den Schrägstreben des Stahltrages, welche beim Verfahren zu passieren waren. Zusätzlich musste sichergestellt werden, dass auf jeden der Lasteinleitungspunkte eine bestimmte, vordefinierte Last aufgebracht wird.

Durch das Pilgerschrittverfahren war außer den Schließfeldern kein Betonierabschnitt di-



04 | Querschnitt



05 | Einheben Stützenschuss



rekt zu erreichen, das Material musste zum Teil 150 m weit über Lücken von bis zu 60 m Länge transportiert werden. Die Herstellung der 67 Betonierabschnitte erfolgte innerhalb von zehn Monaten.

Dipl.-Ing.  
**Kurt Rusam**  
Swietelsky International  
Baugesellschaft m.b.H.  
Geschäftsführer



06 | Einhub Mittelteil



07 | Schalwagen und Fahrbahnplatte



08 | Gesamtansicht

# Irish Railways – A Brief History

Cathal Mangan



01 | Irish Railways Map between 1925 – 1930

The story of railways in Ireland is a lilted and lurching journey through this nation's history, often mirroring the social and economic values and status of the time, even more often driving this nation's often tumultuous history to its modern day state.

The industrial revolution that had commenced in Britain in the 18<sup>th</sup> Century provided the foundations for the development of railways as a mass transport means. The iconic steam locomotive was the revolutionary masterpiece that transformed previously primitive and relatively feeble methods of mass haulage on rails. First pioneered by Richard Trevithick and operational in Shropshire in 1802, by 1825 the Stockton and Darlington railway was open for business and was followed a short few years later by the Liverpool and Manchester railway.

A new era in transport, in communication and in the very essence of how people lived had begun. The pace of change in those early days was seemingly relentless such was the voraciousness with which the railway era was accepted and indulged.

The nation of Ireland was not to be left behind in this exciting era of change.

As the railway linking Liverpool and Manchester was being built, plans were afoot to build a railway along the eastern seaboard of Ireland from the centre of the city of Dublin to the Port of Dún Laoghaire which was known as Kingstown at that time.

When completed and as to this day, the Dublin to Kingstown railway was the first operational suburban railway anywhere in the world.

Being at the forefront of railways worldwide required innovation and skill. The Dublin to Kingstown railway was fortuitous to have as its Chief Engineer one Charles Vignoles – a native of County Wexford in the South East

of the country. Among the many remarkable contributions to railways development worldwide, Vignoles is credited with the invention in 1836 of the flat bottomed rail – still commonly known as the Vignoles rail today.

The commencement of the first railway in Ireland finally began construction in April 1833. With the visionary Vignoles at the helm, the next measure of success would be the quality of the contractor engaged to build Ireland's first railway.

William Dargan, an experienced practitioner in the building of canals and roadways, was chosen for the task – just as he was chosen for the building of many further subsequent railways throughout Ireland due to the success of his early mighty endeavours. Dargan rightfully became known as the Grandfather of Irish Railways.

The Dublin to Kingstown railway which runs along the east coast of Dublin provided a significant number of infrastructural challenges including the erection of a number of bridges and tunnels. The gauge chosen for the line was 4 foot 8 ½ inches (1,435 millimetres) – the standard track gauge in Britain at the time. Granite blocks, quarried from nearby Dalkey, were used to support the rails which were made of wrought iron and weighed 45 lb per yard.

Eventually, after 20 months of monumental effort, the line opened on 17<sup>th</sup> December 1836. The steam locomotive 'Hibernia' traversed the route carrying an estimated 5,000 passengers that day to and from the centre of Dublin to the port at Kingstown. Railways truly had come to Ireland with the first suburban railway in the world.

The success of the Dublin and Kingstown Railway (D & KR) was a prominent factor in

the subsequent acceleration in railway building throughout the country. The D & KR was both profitable and practical and so a consensus quickly developed into the benefits of railways, from entrepreneurs, investors and engineers to governing bodies right down to the street wise potential passengers enthused by the revolution unfolding before them.

At the forefront of this acceleration was the desire to provide links to the North of the country, in particular Drogheda and Belfast. The next railway section to open in Ireland was from Belfast to Lisburn and this was completed in August 1839. Concurrently, works had commenced on the section from Dublin to Drogheda the year before.

However, a fundamental challenge arose during this phase of development – one that would define and differentiate Irish railways from most railways worldwide to this day. The issue in question was the gauge – the distance between the two rails – to be adopted.

The initial section out of Belfast was constructed on a gauge of 6 foot 2 inches (2,340 millimetres). This 'wide' gauge was unusual at the time however it had many respected supporters in the engineering field where a general view held was that the increased track width, when compared with the more narrow gauge being adopted elsewhere, added to the stability of the overall construction and led to easier maintenance of the railway despite the additional initial costs in construction.

While the construction of the next section from Dublin to Drogheda intended initially on using this same gauge as the more northern section – a move which would arguably have led to this being the standard railway gauge for the whole of the country to this day – a reappraisal led to a recommendation to reduce the gauge to 5 foot 2 inches.

Multiple gauges were of course not practical and would have prevented a through railway from Dublin to Belfast and so a heated debate evolved. Interventions from the Government's Board of Trade were made amid these serious concerns. Consultations were wide spread from engineering experts, locomotive manufacturers and businessmen. George Stephenson was engaged to supply his considered judgement on the matter. The 5 foot 2 inches gauge was soon winning the argument on practicality grounds. Further discussions and evaluations were considered and ultimately a gauge of 5 foot 3 inches (1,600 millimetres) was decided upon. Thus, in March 1843, the unique gauge of Ireland was born and subsequently enshrined in law under the Gauge of Railways Act of 1846. To this day, the distinctive gauge of Irish Railways remains separate to the standard gauge adopted throughout Europe and the U.K.

Interestingly, similar gauge railways can be found today in such far off destinations as South Australia and parts of Brazil. The Irish influence is recognised in this in particular through Irish engineer Francis Webb Shields, an Irish railway engineer and emigrant who brought his experiences thousands of miles away to Australia where the Irish gauge was adopted.

One notable irony in this is that the total track mileage with the "Irish gauge" in each of Australia and Brazil far exceeds the total track mileage in Ireland itself demonstrating the vast differences in scale of the countries comparative sizes.

The original wide gauge track out of Belfast was changed to the 5 foot 2 inch gauge in 1849. With the building of the Boyne Viaduct in 1855, the full connection from Dublin to Belfast was finally made. In this same year,



02 | View of first railway strain on the Dublin to Kingstown railway, by John Harris





03 | Irish Railways Map from 1906

the Dublin to Kingstown railway was renewed to the now standard gauge. The pace of development of railways in Ireland had successfully traversed the thorny obstacle of gauge and progress was now continuing unabated.

This unprecedented progress is all the more remarkable when considered against the social back drop of the country at the time.

The Great Irish Famine of 1844 – 1849 is one of the most devastating and ruinous events of all the historical events of the Irish people. Death, disease and wide spread starvation was rampant during this period.

Over 1 million people died of disease and starvation while up to a further 2 million people were forced to emigrate from the country taking people to The United States, Canada and Australia and setting in place the widespread diasporas of generations of Irish people in these countries today.

The emigration of the young was a ritualistic event where people tried to escape disease and death by sailing to these new worlds. Such was the mass of emigration that the ships that traversed the Atlantic sea became known as Coffin Ships due to their often doomed nature as a result of their low mortality rates for surviving the journey to their destination.

Thus, it is all the more remarkable that the development of railways continued amidst this cruellest of times in Irish history and is a further testament to the dedication and devotion to the development of railways.

The famine years in particular coincided with the building of the railway line between Irelands two main cities, Dublin and Cork. This project had been discussed and deliberated since 1839 however its real impetus was garnered from the nascent evolution of the Great Southern and Western Railway (GSWR) company. The GSWR was set up in 1842 by a group of earnest entrepreneurs who recognised the potential of railways from an early stage. The GSWR would later develop into one of the biggest companies in the country as railway development was at its pinnacle. However, the beginnings for the company were often difficult times as the progress of the railway from Dublin to Cork, which commenced in January 1845, materialised amid the gruesome spectre of death and starvation that was brought by the onset of the Great

Famine. The scarce jobs required for the construction of the line were fervently fought for, in some cases grievously so with reports of deaths among workers fighting for the life saving employment that building of the line could provide.

At the height of this difficult time, as intimidation and tragedy beset the project, a breaking point was reached. It was March of 1848 and Thurles had been reached – some 90 miles from Dublin and at a cost of around 1 million Euro. The crucial decision of whether to proceed or terminate the project was considered at length amid this turbulent time. Ultimately, it was decided that the project should continue. This appraisal seemed to give the project a renewed lease of life and some 7 months later Limerick Junction was reached. A further 15 months later and the terminus at Blackpool in Cork was reached. It was October 1849 and the building of a major railway corridor of over 160 miles in length, through many engineering obstacles and in an era of mass famine and devastation had been accomplished in less than 5 years.

It would be a further 6 years until the terminus would be moved to its current day location at the end of the ¾ mile long tunnel under the city.

The GSWR furthered their success with the opening of the line to Tralee in County Kerry in 1859. The line to Galway in the west of the country was opened in 1851 while Waterford in the south east was served in 1854.

With all major cities served, by 1870 there was over 3,000 kilometres of railways in Ireland. No obstacles were insurmountable – bridges were built to traverse the rivers, embankments were created to tie in with the local terrain. Tunnels, viaducts, cuttings were all created and mastered to provide the unstoppable railway with the path to its destination.

However, despite all the major cities being connected, the railway map of Ireland showed a distinct lack of inter-connectivity in particular along the West coast. There was a great desire to provide this infrastructure in the more rural parts of Ireland but this was juxtaposed by the realisation that profitability from rural railways would be limited.

Therefore, a compromise on capital investment when measured against future profits was needed. As part of this compromise,

an acceptance of the need to reduce construction costs was recognised and this was promoted through the proposals for a 3 foot gauge railway. It was felt at the time that the economic benefits of this narrow gauge railway far outweighed the potential conflicts of having two standard national gauges.

The first 3 foot gauge railways to open in Ireland were the iron ore mining service from Glengariff in County Antrim and the Ballymena, Cushendall and Red Bay railway in 1872.

The decision to adopt 3 foot as the preferred gauge for the narrow railways in Ireland was made by Henry Vignoles, son of Charles Vignoles the builder of the Dublin to Kingstown railway.

Narrow gauge railways became more and more ubiquitous with connections being made throughout the West coast of Ireland from North to South.

One of the most infamous lines was the route from Tralee to Dingle in County Kerry. The gradient profile for this 32 mile route can be likened to a rollercoaster with huge gradients to climb and plummet from as the railway traversed the irregular terrain. The line opened in April 1891 however it was beset with problems from very early on. The huge gradients caused extreme difficulties and a number of notable accidents were recorded due to runaway trains. Tragedy struck with the deaths of passengers and staff on a number of occasions.

While investment to improve the alignment was made over the years, the line was rarely profitable. When roads improved to the Dingle peninsula, the train line, with its long and excruciating journey through the rural Kerry topography, was made more superfluous, despite it retaining a huge amount of affection through notoriety. Indeed, such was the infamy of the line that its final closure did not fully occur until June 1953 when occasional 'cattle specials' ran into Dingle for market days and wherein railway enthusiasts would arrive in abundance to experience the unique journey that this route offered.

At the turn of the century, railways reached their nadir with some 7,000 kilometres of railway including some 800 kilometres of narrow gauge.

The early years of the 20<sup>th</sup> century in Ireland were dominated by Civil War and the fight for

Independence from Britain. While the railway remained untouched by the events of the Easter Rising of 1916 that ultimately led to the establishment of the Irish Free State, the resulting civil war between those in favour of the newly established state (which excluded Northern Ireland as remaining under British rule) and those who supported a fully inclusive state over the whole island of Ireland, had significant impacts on the railway infrastructure.

Railways were recognised as important economic and social fabrics of the country and thus often became targets in the war throughout the country. Bridges were blown up, sections of track targeted for derailing trains and signalling cabins were destroyed as the symbolic railways became unwittingly embroiled in the struggles of the civil war.

Train robberies too were not uncommon. In May 1920, a train carrying a consignment of 300 gallons of petrol was stopped outside of Balla in County Mayo. Led by the 4<sup>th</sup> Battalion from Balla and made up of a collection of brave men from the local area including Bartley Prendergast of Ardbooley and Owen Mullaney, the intercepted train was relieved of its load which was bound for the British military stationed in the area.

The single biggest impact of the civil war that arose following the establishment of the Irish Free State occurred in 1922 when anti-treaty forces blew up the Mallow viaduct causing major disruption to the railway between Dublin and Cork.

In subsequent years, economic depression worldwide and the struggles that Ireland encountered in establishing itself as a free state adversely impacted on the prosperity of railways.

Ultimately, in January 1945, the government of the time established a new company for the co-ordinated management of transport in Ireland – Coras Iompair Éireann (CIÉ) – still the holding company for management of railways in Ireland today.

The establishment of this company had first been proposed through a Transport Bill in 1943, however, the Bill was defeated and this led to the falling of the Government at that time.

When CIÉ was eventually established, it was with a view to merging the various railway and



bus operating companies that were in operation at the time so as to give coordinated control and financial management of all transport services.

As the company was established at the onset of worldwide war, operational difficulties manifested fairly soon into its inception. Coal shortages, exacerbated by the extreme winter of 1947, led to the cessation of a significant number of routes and services. The final death knell for the steam locomotive had been sounded.

CIÉ was now a major loss making company – the very antitheses of what it was created to be. The key question for government was whether to persevere with railways by measuring their worth not just from the economic benefit which at the time was exponentially negative but also from the social benefits accrued through connectivity and communication.

Thankfully, the social benefits were acknowledged and investments in new rolling stock running on diesel were introduced. This led to significant improvements in services when measured against the heavy maintenance of the steam locomotives.

Modernisation continued throughout the 1950's and the 1960's however this was accompanied by the closure of many loss making routes throughout the country – one significant exception being the retention of the by now loss making Dublin suburban railway – the starting point of this journey into railways in Ireland.

By the mid-1960's over 1,000 route miles had been closed since the inception of CIÉ. At the commencement of the next decade, the total network accounted for just 1,300 miles – down from 7,000 miles some 90 years previously.

The 1970's and early 1980's were most memorable for the harsh economic times leading to a rationalisation of services throughout the country. The 1980's commenced with huge tragedy when 18 people lost their lives at a derailment in Buttevant in County Cork. A further tragedy occurred at Cherryville Junction again on the Dublin to Cork Line in 1983 resulting in the loss of a further 7 lives.

A more optimistic outlook served railway transport in Ireland with the opening of the Dublin Area Rapid Transit (DART) – an elect-

rification of the east coast service. Some 150 years after the original opening of the world's first suburban service, modernisation had once again caught up.

Despite the optimism engendered by the DART, railways continued to suffer from chronic under investment throughout the 1980's and 1990's. A serious incident in 1997 at Knockcroghery in the West of the Country, which led to the derailment of 7 coaches but miraculously no fatalities, was a pivotal point in the changing direction that railways in Ireland have witnessed since then. Government reviews into investment in railways highlighted the deficiencies and led to the investment in railway safety of over 1 billion Euro over the subsequent 10 years. This included the track renewal of most mainline routes in the system.

Along with this investment, the country was experiencing unprecedented economic growth – the "Celtic Tiger". This allowed further capital investments in rolling stock, infrastructure, stations and passenger services.

Today, routes which were closed 50 and 60 years ago are now re-opening. The last 10 years has undoubtedly seen a boom in railways in Ireland.

The more recent changing economic circumstances worldwide have impacted adversely on this rate of growth and led to an uncertainty as to what will happen in the coming years.

But as our brief journey through the history of railways in Ireland demonstrates, it has been continually besieged by the uncertainties of the future, only for each time the challenges of the given day to be surmounted through invention, innovation, belief and a great desire to succeed.

The railways in Ireland, as with all countries, can ultimately be described as organic – living and breathing through the times – always a symbol of the status of the country. Representative of where we are, where we come from and where we want to be. The direction may change often but the wheel continues to turn.

**Cathal Mangan**

Iarnród Éireann

Infrastructure, Track & Signals HQ

# Wohnbauentwicklung in Rumänien am Beispiel des Projektes Asmita Gardens in Bukarest

Peter Krammer, Friederike Landrichter

Nach dem Niedergang des kommunistischen Regimes und der Öffnung der Grenzen fanden sich in den neuen Mitgliedsländer der EU die lokalen Behörden plötzlich als Besitzer des früheren Staatseigentums wieder. Die Städte übernahmen nun die Rolle der Hausbesitzer und Grundstückseigentümer. Die Anpassung der alten Strukturen an diese neue Funktion erfolgte jedoch nur schrittweise. Zusätzlich musste auch noch der Übergang von der Plan- zur Marktwirtschaft gemeistert werden.

Aus diesem Grund ist verständlich, dass viele Großstädte in diesen Ländern in ihrer Stadtentwicklung nach wie vor den mit dem raschen Wirtschaftswachstum der letzten Jahre stark

gestiegenen Bedürfnissen hinsichtlich Infrastruktur und Dienstleistung hinterherhinken und große Summen in das Aufholen dieses Rückstandes investieren müssen. Im Bereich des Wohnungsbaus und der Schaffung von Büro- und Geschäftsflächen übernehmen hier meist private Investoren eine führende Rolle.

Während Länder wie Rumänien, Slowakei oder Polen hinsichtlich ihrer allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung deutliche Fortschritte gemacht haben, stellt sich dies bei der Wohnversorgung anders dar.

In allen CEE-Ländern kam es in den ersten Jahren nach der Wende zu einem Einbruch im Wohnungsneubau, der bis heute nicht wieder aufgeholt werden konnte. Dementsprechend liegt das Angebot an Wohnungen sowohl quantitativ als auch qualitativ weit unter dem EU-Durchschnitt (vgl. Tab. 1). Eine Ausnahme hinsichtlich der Quantität an vorhandenen Wohnungen bildet Bulgarien. Hier ist der hohe Wohnungsbestand von 491 Wohnungen pro 1.000 Einwohnern auf die beträchtliche Abwanderung von Bulgaren in andere EU-Länder zurückzuführen.

Rumänien ist nicht nur das größte, sondern mit rund 21 Millionen Einwohnern auch das bevölkerungsreichste Land Südosteuropas. Im Jahr 2007 betrug der Wohnungsbestand 384 Wohnungen pro 1.000 Einwohner, wobei die durchschnittliche Nutzfläche pro Kopf mit ca. 20 m<sup>2</sup> wesentlich geringer war als der EU-Durchschnitt von 36 m<sup>2</sup>. Die Wohnversorgung ist vor allem in den wirtschaftlichen Ballungszentren nicht ausreichend und entspricht weder hinsichtlich der Anzahl der verfügbaren Wohnungen noch hinsichtlich deren Qualität den Bedürfnissen der Einwohner. Aufgrund dieses Bedarfs wurden in den letzten Jahren mehrere große Wohnungsneubauprojekte im

Tab 1 | Wohnungsversorgung im Vergleich (2007), Quelle: ZOE Bauberichte, Rumänien 2008–2010, August 2008

	Wohnungsbestand in Mio.	Wohnungsbestand pro 1.000 Einw.	Ø Haushaltsgröße [Personen]	Ø Wohnfläche pro Kopf [m <sup>2</sup> ]	Fertigstellungen pro 1.000 Einw.
Bulgarien	3,75	491	2,7	31	2,5
Österreich	3,90	470	2,3	42	5,4
Polen	13,13	344	2,6	24	3,5
Rumänien	8,27	384	2,9	20	2,2
Slowakei	1,97	365	3,0	26	3,0
Slowenien	0,82	404	2,6	33	3,8
Tschechien	4,43	436	2,4	30	4,1
Ukraine	19,18	413	2,6	22	2,0
Ungarn	4,24	421	2,5	29	3,6
EU27	ca. 220	446	2,4	36	5,7

mittleren bis oberen Qualitätssegment durch ausländische Privatinvestoren entwickelt. Das Projekt *Asmita Gardens* in Bukarest ist eines davon.

*Asmita Gardens* wurde von einer Investorengruppe, bestehend aus der indischen Firma Asmita und dem britischen Investmentfond Charlemagne, entwickelt. Den Auftrag für den schlüsselfertigen GU-Bau erhielt die Firma STRABAG, die seit November 2006 in Zentrumsnähe auf einem Grundstück von 27.000 m<sup>2</sup> neben dem Fluss Dambovita sieben Wohntürme errichtet, die 16 und 24 Stockwerke hoch sind (vgl. Abb. 1).

Es entstehen insgesamt 758 Wohneinheiten mit sechs verschiedenen Grundrisstypen, von denen etwas mehr als 40 % als Zweizimmerapartments konzipiert sind. Der Rest setzt sich aus 296 Dreizimmer- und 60 Vierzimmerapartments zusammen. Außerdem gibt es noch 70 Studios. Die Parkplätze sind in zwei unterirdischen Parkgaragen bzw. im Außenbereich untergebracht.

In der Wohnhausanlage sind ca. 4.000 m<sup>2</sup> Bruttofläche als Geschäftsfläche für die Nahversorgung vorgesehen. Jeder der sieben Türme bietet im Eingangsbereich Platz für Einzelhandel. Zusätzlich befindet sich zwischen zwei Türmen ein Bereich mit je 1.000 m<sup>2</sup> Geschäftsfläche auf zwei Ebenen.

Die Realisierung des Bauvorhabens erfolgt in zwei Phasen. Bauphase I „City View“ umfasste die Errichtung von drei Wohntürmen von November 2006 bis Juli 2009. In Bauphase II „River Side“ von Mai 2007 bis Ende 2009 entstanden die restlichen vier Türme.

Die große Herausforderung bei diesem Projekt war der Umstand, dass in beiden Phasen der Bau der jeweiligen Wohntürme gleichzeitig startete. Das heißt, von Sommer 2007 bis Sommer 2009 wurde an sieben Türmen paral-

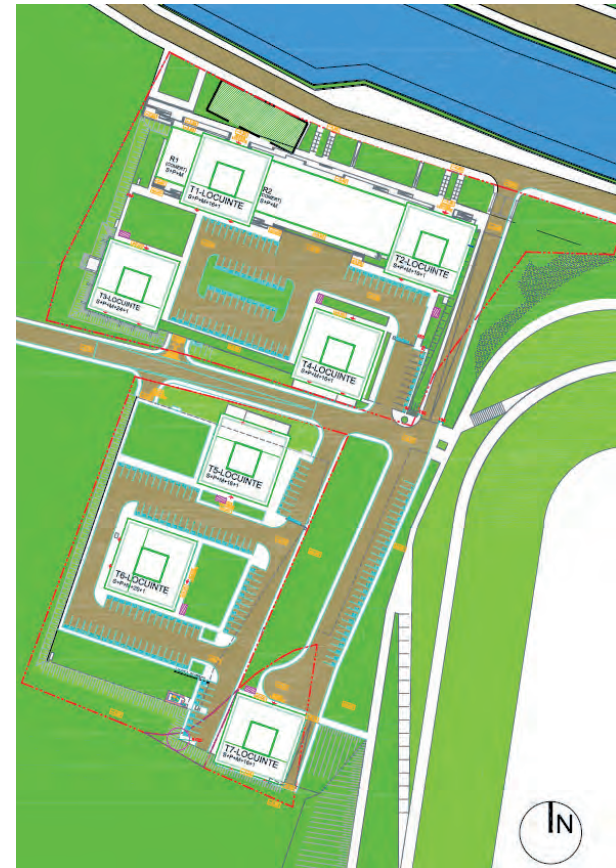
lel gebaut. Dies stellte sehr hohe Ansprüche an das Projektmanagement, vor allem auch deshalb, weil die Hauptbauphase in die Zeit vor der Wirtschaftskrise fiel und es aufgrund des überhitzten rumänischen Bauplatzes zu Engpässen bei Beton- und Stahllieferungen kam. Auch war es in dieser Periode nicht leicht, zuverlässige Subunternehmer zu finden.

Jetzt ist das Projekt beinahe abgeschlossen. Die Wohnungen aus Phase I sind teilweise schon bezogen, in Phase II laufen derzeit die Begehungen mit den Wohnungseigentümern. Bis Ende des Jahres erfolgten die Erledigung der Restarbeiten und die Mängelbehebung.

Die derzeitige Wirtschaftskrise hat natürlich auch in Rumänien zu einem beträchtlichen Einbruch der Wohnbautätigkeit geführt. Geplante Projekte wurden auf Eis gelegt oder nochmals evaluiert und als nicht realisierbar eingestuft. Betrachtet man jedoch den Wohnungsbestand, der großteils veraltet und durch fehlende Investitionen meist in schlechtem baulichem Zustand ist, so kann aufgrund des großen Bedarfs erwartet werden, dass der Wohnungsneubau erneut boomen wird, sobald die rumänische Wirtschaft anfängt, sich zu erholen.

Dipl.-Ing. Dr.techn.  
**Peter Krammer**  
Strabag AG  
Mitglied des Vorstands

Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Ing.  
**Friederike Landrichter**  
Strabag AG



01 | Lageplan Asmita Gardens



02 | Wohnbauprojekt Asmita Gardens

# Donaubrücke Beska, Serbien

Peter Preindl, Taimur Tadros



01 | Die alte Beska-Brücke während der Errichtung der neuen Flusspfeiler

## 1. Das Projekt

Im August 2006 wurde das Joint Venture bestehend aus DSD Brückenbau GmbH und ALPINE Bau GmbH mit der Sanierung der seit 1975 bestehenden 2,2 Kilometer langen Beska-Brücke und dem Bau einer neuen parallelen Zwillingsbrücke beauftragt. Der Auftrag wurde von der staatlichen Gesellschaft Roads of Serbia erteilt und ist durch einen Kredit der Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (EBRD) finanziert.

Die Sanierung der bestehenden Brücke erfolgt auf Grundlage eines Abrechnungsvertrages gemäß den FIDIC Conditions of Contract for Construction 1999. Der Bau der neuen Zwillingsbrücke ist ein Funktionalvertrag aufbauend auf den FIDIC Conditions of Contract for Plant and Design-Build 1999 und beinhaltet die Planung von der Angebotsphase über die Genehmigungs- bis zur Ausführungsplanung. Die Beska-Brücke quert die Donau im nördlichen Serbien in der multikulturell geprägten Provinz Vojvodina, ca. 320 Autobahnkilometer südlich von Budapest und ca. 50 Autobahnkilometer nordwestlich von Belgrad. Insbesondere in den Sommermonaten ist die Brücke als wichtige Verbindung durch den überregionalen Verkehr zwischen Mittelwesteuropa und Südosteuropa geprägt.

Der Bau der neuen Zwillingsbrücke wurde erforderlich, um den durchgängigen Ausbau der Autobahn von zwei auf vier Fahrspuren (zzgl. Standspur) zwischen Novi Sad und Belgrad zu ermöglichen.

## 2. Ein Land mit Brückenbautradition im Umbruch

Serbien befindet sich gegenwärtig im Übergang zwischen der Nachkriegsgesellschaft

und der Annäherung an die Europäische Union. Jugoslawien war im Brückenbau der Sechziger-, Siebziger- und Achtzigerjahre des 20. Jahrhunderts führend. Seinerzeit wegweisende Bauwerke wurden u. a. als Zugang zur Insel Krk (1976–1980, mit 390 m bis 1996 die am weitesteten gespannte Beton-Bogenbrücke der Welt) sowie zur Querung der Donau in Beska errichtet (1971–1975). Der berechnete Stolz auf diese ingenieurtechnischen Meisterwerke ist noch heute in der serbischen Bauwelt spürbar.

Die derzeitige Umbruchphase wird insbesondere beim Thema Erdbebenbemessung deutlich. War Serbien mit der Entwicklung einer Erdbebennorm in den 1960er-Jahren noch eines der ersten Länder Europas, so kam die Überarbeitung von 1986 nicht über das Entwurfsstadium hinaus. Die Einführung des Eurocode 8 ist in Serbien bis dato noch nicht erfolgt. Somit hinkt Serbien hier dem Stand der Technik um über 20 Jahre hinterher.

## 3. Planungsprüfung und Genehmigung

Das serbische baurechtliche Planungsprüfungs- und Genehmigungsverfahren bei der Beska-Brücke ist durch zwei maßgebliche Defizite geprägt:

1. Der Funktionalvertrag ist im serbischen Baurecht nicht vorgesehen. Hier ist der Bauherr für die Erbringung der Planungsleistungen zuständig. Dies führt im Zuge der Prüfung zu fortwährenden Konflikten über Zuständigkeiten.
2. Mangelnde örtliche Erfahrung mit vergleichbaren Bauwerken in den letzten 20 Jahren.

Durch die hierdurch auftretende permanente

Verunsicherung und Entscheidungsunwilligkeit der Beteiligten wurde der Planungs- und Prüfprozess maßgeblich gestört. Durch ALPINE wurde daraufhin VCE eingebunden, um als unabhängige Instanz die Statik und Ausführungsplanung vom Büro Leonhardt, Andrá und Partner zu prüfen. Diese Zusammenarbeit ist als sehr konstruktiv und zielorientiert zu bewerten. Die Prüfberichte stellen eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die nach serbischem Baurecht auftretende Prüfkommision dar.

#### 4. Die bestehende Beska-Brücke

Die bestehende Beska-Brücke hatte zur Zeit der Errichtung in den Jahren 1971 bis 1975 die längste Freivorbau Spannweite der Welt. Sie ist an der Donau auch heute noch die längste Brücke und besitzt die größte Durchfahrthöhe.

Im Zuge einer Nachrechnung konnte jedoch nachgewiesen werden, dass die bestehende Brücke einer zeitgemäßen Bemessung nach Eurocode, auch unter der Annahme einer einwandfreien Materialqualität und Abschluss der vorgesehenen Sanierung, nicht standhält und somit einer Nutzung als Europastraße im Schifffahrts- sowie im Straßenverkehr nicht mehr gerecht wird.

Die beauftragte Sanierung der bestehenden Beska-Brücke berücksichtigt trotz des angeführten Nachweises lediglich eine Verstärkung und Ausbesserung des Überbaus.

Nach Fertigstellung der Brücke kam es im Jahre 1976 zu einer Hangrutschung an der südlichen Böschung. Hierbei wurden zwei Fundamente um 51 bzw. 31 cm seitlich verschoben, bei einer gleichzeitigen Setzung um 8 bzw. 22 cm. Als Sofortmaßnahme wurde eine 60 cm starke Umfassung als Schlitzwand um die bestehende Brückenfundierung errichtet, sodass

die Gleitfuge vor Wassereintritt geschützt wird. Unter Einbeziehung der Technischen Universität Wien, dem Planungsbüro Öhlinger + Partner und VCE wurde eine Lösung entwickelt, bei der der Rutschhang unter Berücksichtigung der vorhandenen Sicherungskonstruktion stabilisiert ist. Die Bohrpfähle zur Gründung der neuen Brücke wurden hierfür auf 30 m verlängert. Im Bereich der alten und neuen Brücke wurde der Gleitkörper des Weiteren durch insgesamt 65 zusätzliche Bohrpfähle ( $d = 1,20 \text{ m}$ ,  $L = 27 \text{ m}$ , Raster  $3,60 \text{ m}$ ) zwischen den Brückenpfeilern mit den darunter liegenden Bodenschichten verdübelt. Durch diese Lösung konnten die verschiedenen Gleitkreise (lokal und global) mit einem Sicherheitsfaktor von 1,25 nachgewiesen werden.

#### 5. Das neue Brückenbauwerk

Die neue 2,2 km lange Beska-Brücke mit einer Tragwerksbreite von 14,40 m als Spannbetonhohlkasten setzt sich aus drei Teilen zusammen, und zwar aus

- der nördlichen Vorlandbrücke, die mit einer Länge von 1.485 m durch einen Auwald führt. Dehnfugen unterteilen die  $33 \times 45 \text{ m}$ -Felder in sechs Abschnitte (4-Feld-, 5-Feld- und 6-Feld-Träger). Das Tragwerk ist auf den 9,80 bis 21,60 m hohen Voll- bzw. 22,60 bis 40,10 m hohen Hohlpfeilern gelagert und wird mittels Vorschubrüstung hergestellt. Die Last der Rüstung wird hierbei direkt in den Pfeilerschaft eingeleitet. Die Herstellung des Hohlkastens erfolgt in zwei Betonageschritten.
- der 540 m langen, im Freivorbauverfahren zu errichtenden gevouteten Hauptbrücke über den Fluss mit einer Hauptspannwei-



02 | Vorschubrüstung auf der nördlichen Vorlandbrücke

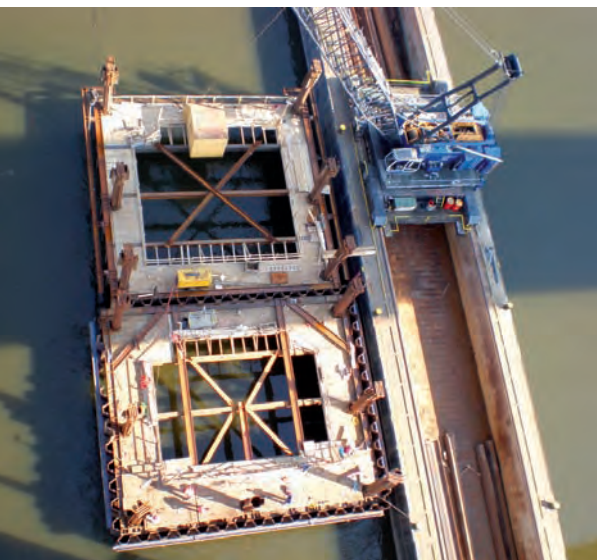


03 | Auwald im Hochwasser Juli 2009





04 | Herstellung von Bohrpfählen



05 | Spundwandkasten im Fluss mit Führungskonstruktion auf Dalben errichtet

te von 210 m, die sich in 5 m-Segmente unterteilt. Die bis zu 48,67 m hohen Hohl Pfeiler verjüngen sich zu einem 8,00 x 3,20 m kleinen festen Auflager für den 11,08 m hohen Hammerkopf (Verhältnis Spannweite zu Auflagerbreite = 65,6!). Die Hauptbrücke ist innerhalb von temporären Spundwandkästen auf einem sogenannten Pfahlkasten gegründet.

- der südlichen, 180 m langen Vorlandbrücke, welche mittels bodengestütztem Traggerüst errichtet wird.

Insgesamt werden bei der neuen Brücke ca.

- 10.000 t Bewehrung (bis zu 400 kg/m<sup>3</sup>)
- 67.000 m<sup>3</sup> Beton (C25/30 bis C40/50)
- 1.000 t Spannstahl
- 2.500 t Spundwände
- 50.000 t Kolkschutz

eingebaut.

Für die Planung der neuen Brücke resultieren aus der schlanken Silhouette der bestehenden Brücke ungewöhnlich hohe lokale Bewehrungsdichten. Im Bereich des Hammerkopfes wird diese durch eine vertikale Vorspannung zusätzlich verstärkt.

## 6. Pfahlherstellung Vorlandbrücke

Bei der Errichtung der 8.048 m-Pfahlgründung mit einer Einzellänge zwischen 21,75 und 34,25 m im Vorlandbereich kamen verschiedene Herstellverfahren zum Einsatz.

Durch einen örtlichen Nachunternehmer wurde zunächst die Herstellung der Bohrpfähle mit einer hydraulischen Schwinde angestrebt. Dieses HW-Verfahren (Hochstrasser-Weise) entsprach jedoch nicht den Qualitäts- und Leistungsanforderungen von ALPINE.

Von der Grund-, Pfahl- und Sonderbau (GPS) aus Österreich wurden daraufhin ein Drehbohrgerät für das Kelly-Drehbohrverfahren und ein Seilbagger für das Greiferbohrverfahren mobilisiert. Die Bohrpfähle wurden durchgängig verrohrt und mit Wasserauflast errichtet.

## 7. Errichtung der Flussgründung

Die Errichtung der Flussgründung ist dadurch

geprägt, dass die bestehende Brücke diversen Lastfallkombinationen nicht standhält. Die Nutzung zur Andienung der neuen Pfeiler ist ausgeschlossen. Mitnahmesetzungen sind zu minimieren.

Die Flussgründung wurde durch Prof. Brandl von der TU Wien konzipiert (siehe auch [3] und [4]). Im Unterschied zur konventionellen Rastergründung bilden hierbei tangierende Bohrpfähle einen Kasten. Die Vorteile dieser Gründungsvariante liegen insbesondere in

- der Reduzierung der (Mitnahme-) Setzungen
- einem höheren horizontalen Widerstand gegen Erdbeben oder Schiffsanprall
- dem Mittragen des eingeschlossenen Bodens
- der Reduzierung von Auskolkungen.

Um Rammhindernisse in Form von vorhandenem Kolkschutzmaterial und Rückständen von der Errichtung der alten Brücke vor dem Spundbohleneinbau zu beseitigen, wurde zunächst ein Bodenaustausch im Bereich der neuen Gründung mittels Schwimmkran vorgenommen. Als Austauschmaterial wurde ein 30 bis 70 mm Kies gewählt, um einen Kompromiss zwischen einer guten Rammbarkeit und einer Verhinderung von Ausspülungen durch die turbulente Flussströmung im Bereich alte/neue Brücke vor Einbringung des Schutzes durch Spundbohlen und Kolkschutzmaterial zu erzielen.

Die Spundbohlen wurden im Fluss mithilfe eines Stahlrahmens geführt. Dieser wurde über Barges eingeschommen und anschließend mit einem 180-t-Schwimmkran auf zuvor eingerammte Dalben umgesetzt und somit in der Lage gehalten. Durch den Schwimmkran wurden die Spundbohlen in die Führung eingefädelt und mit einer Vibrationsramme eingebracht. Nach Fertigstellung des Spundwandkastens wurde der Rahmen wieder auf die Barges ausgehoben und zur nächsten Flusspfeilerachse umgesetzt.

Nach dem Auffüllen der Spundwandkästen werden die „Inseln“ vom Ufer aus angedient. Hierbei kommen die Brückenschiffe zum Einsatz, welche nach der NATO-Bombardierung 1999 in Novi Sad als Ersatz für die zerstörten Donaubrücken verwendet wurden.

Nach Fertigstellung der Bohrpfähle erfolgt

die abschließende Abdichtung der Baugrube durch eine Unterwasserbetonsohle.

## 8. Errichtung der Unterbauten

Die Pfeiler werden mit konventioneller Kletterschalung hergestellt. Vom ursprünglichen Konzept, die höheren Pfeiler mittels Gleitschalung zu errichten, wurde aufgrund der dafür erforderlichen örtlichen Zuverlässigkeit bei Arbeitsleistungen und Qualität Abstand genommen.

## 9. Ausführungspraktische Besonderheiten

Die Arbeiten bei der Beska-Brücke sind durch einige abweichende Besonderheiten gegenüber dem deutschsprachigen Raum geprägt, die jedoch auch in anderen Ländern Südosteuropas anzutreffen sind.

Durch eine generell schlechte Zahlungsmoral in der serbischen Bauwirtschaft weisen die örtlichen Subunternehmer und Lieferanten eine für derartige Projekte unzureichende Liquidität auf. Um Leistungen sicherzustellen, werden Vorauszahlungen erforderlich, unabhängig davon, ob diese vertraglich vorgesehen sind oder nicht. Verträge werden häufig nicht „gelebt“, es kommt regelmäßig zu Zusatzvereinbarungen, auch wenn deren Inhalt bereits im Hauptvertrag unmissverständlich geregelt ist.

Darüber hinaus ist die örtliche Umsetzung von Qualitäts- und Arbeitsschutzvorgaben bei Subunternehmern keine Selbstverständlichkeit. ALPINE hat darauf mit einer verstärkten Eigenüberwachung bei Materiallieferungen und Fremdleistungen reagiert. Des Weiteren wurde ein eigenes Betonwerk errichtet, um die notwendige Betonqualität und Zuverlässigkeit von Lieferungen gewährleisten zu können.

## 10. Ausblick

Trotz der herausragenden Eigenschaften des Brückenbauwerks liegt eine wesentliche Herausforderung in einem erfolgreichen Abschluss der Planprüfung und Genehmigung. Durch die Einbindung von VCE konnte hierbei eine notwendige technische Prüfung von internationalem Qualitätsstandard erlangt und dem behördlichen Prüfvorgang ein positiver Impuls gegeben werden.

### Literatur

- [1] S. Šram: *Gradnja Mostova*, Zagreb 2002, S. 137–191.
- [2] B. Zezelj: „The Bridge over the River Danube at Beska“, Tender documentation Beska Bridge, Belgrad 2005.
- [3] H. Brandl: *Box-shaped foundations of bored and auger piles (or diaphragm walls)*, 4<sup>th</sup> International Geotechnical Seminar, Ghent 2003.
- [4] H. Brandl: „Box-shaped deep foundations for harbour structures“, in: *Proceedings of the X Baltic Geotechnics 2005*, Riga 2005.

Dipl.-Ing. Dr.

**Peter Preindl**

ALPINE Bau GmbH

CEO, Geschäftsführer

Dipl.-Ing.

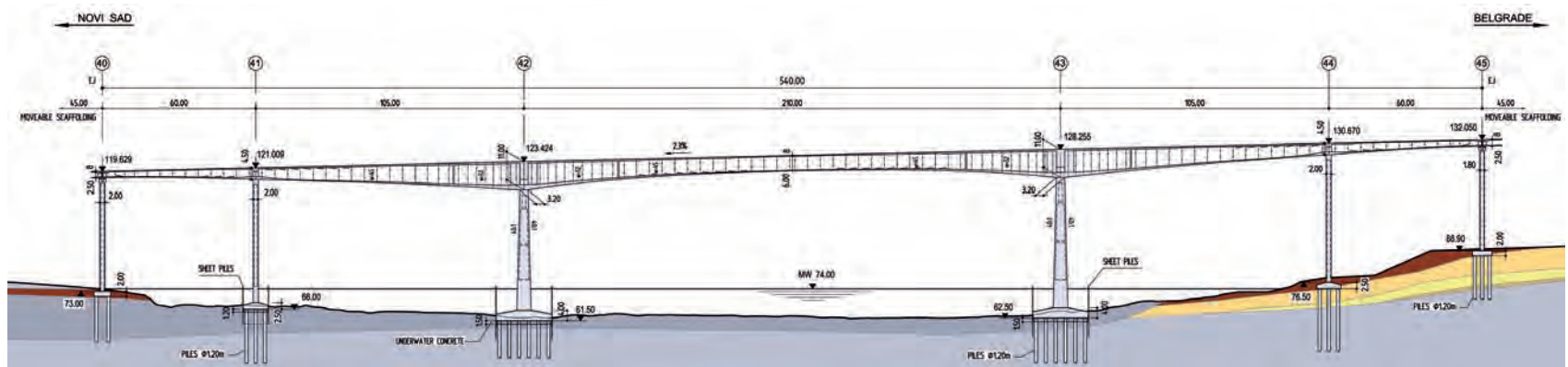
**Taimur Tadros**

ALPINE Bau GmbH

Internationaler Ingenieurbau



06 | Pfeilererrichtung mit Kletterschalung



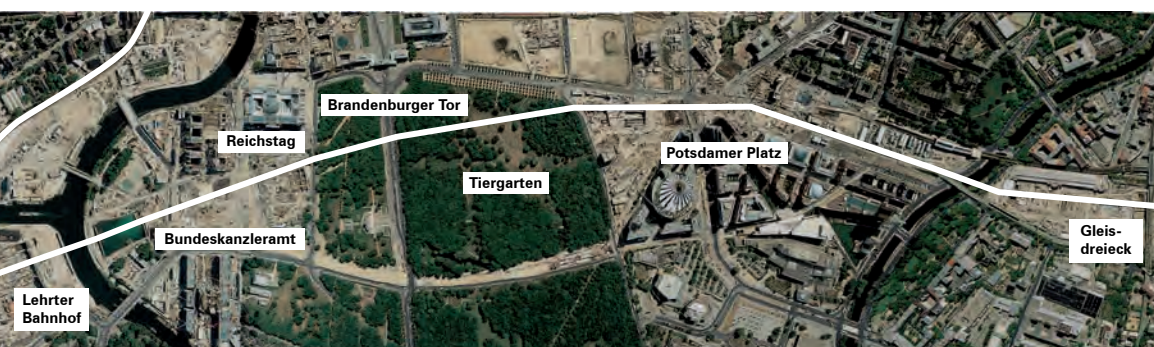
07 | Teillängsschnitt neue Beska-Brücke

# Fahrbahnbau Nord-Süd-Verbindung Berlin

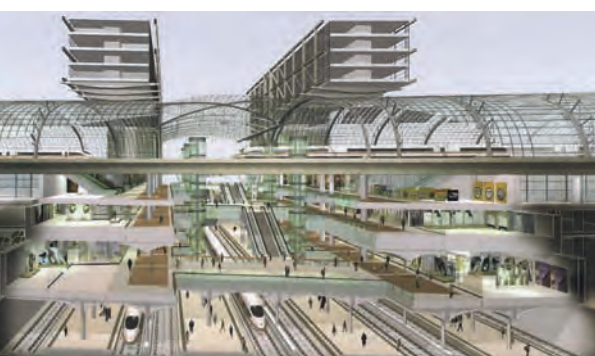
Jörg Fenske



01 | Pilzkonzept



02 | Streckenverlauf der Nord-Süd-Verbindung im Tunnel



03 | Nord-Süd-Verbindung: Kreuzungsbahnhof-Hauptbahnhof Lehrter Bahnhof

## Einführung

Schon im Oktober 1838 wurde Berlins erste 26,3 km lange Eisenbahnstrecke eingeweiht. Im 20. Jahrhundert entstand in Berlin eine weltweit als vorbildlich angesehene Schieneninfrastruktur. Im Rahmen eines Wettbewerbs zur Gestaltung „Groß Berlins“ stellte man der Öffentlichkeit bereits 1910 Pläne einer sogenannten „Unterpflaster-Verbindung“ von Nord nach Süd vor. Durch Kriegszerstörung und letztlich durch die Ost-West-Trennung riss das ursprünglich so vorbildliche Verkehrsnetz auseinander.

Nord-Süd-Tunnel für Fernbahnen formieren den Stil des sogenannten Pilzkonzeptes. Von zentraler Bedeutung für das künftige Berliner Bahnnetz ist die rund 9 km lange Nord-Süd-Verbindung, die eine Verbindung zwischen dem nördlichen und südlichen Berliner Innenring herstellt. Im zentralen Bereich unterquert sie in einem 3,5 km langen Tunnel die Spree, das Regierungsviertel, den Tiergarten, den Potsdamer Platz und den Landwehrkanal. Im Schnittpunkt zwischen der Nord-Süd-Verbindung und der Ost-West-Verbindung entstand der Hauptbahnhof (Hbf.) Lehrter Bahnhof, einer der größten Kreuzungsbahnhöfe Europas. Im Endzustand soll hier ein tägliches Verkehrsaufkommen von 240.000 Nutzern, darunter allein 110.000 Ein-, Aus- und Umsteiger im Bereich des Fern- bzw. Regionalverkehrs, bewältigt werden. Im 90-Sekunden-Takt werden somit täglich 260 Fern- und Regionalzüge bzw. bis zu 800 S-Bahn- und 1.000 U-Bahnzüge erwartet.

Aufgrund der exponierten Lage der Nord-Süd-Verbindung vis-à-vis des neuen Regierungsviertels mit Bundeskanzleramt, Reichstag, Abgeordnetenhaus und Schweizer Botschaft bzw. unter dem Lehrter Bahnhof und Potsdamer Platz mit deren Nutzung als Verkehrs- sowie Einzelhandels-, Gastronomie- und Servicefläche sind hier hohe Anforderungen bezüglich des Erschütterungsschutzes an den Fahrweg in Fester Fahrbahn (FF) gestellt worden. Somit wurde das derzeit wohl weltweit größte zusammenhängende Masse-Feder-System (MFS) für Vollbahnen notwendig.

## Baumaßnahmen

Im April 2002 erhielt die Porr Technobau Berlin in einer Arbeitsgemeinschaft von der Deutschen Bahn den Auftrag zur Planung und Aus-

Mit dem Fall der Berliner Mauer 1989 begann der Wiederaufbau der Bahnmetropole Berlin, fundamntiert durch den Beschluss der Bundesregierung vom April 1991 zum Investitionsprogramm „Verkehrsprojekte Deutsche Einheit“, dem „Hauptstadt-Beschluss“ des Deutschen Bundestages vom 20. Juni 1991 sowie dem Bundesverkehrswegeplan von 1992. Das neue Konzept der Berliner Fern- und Regionalbahnstrecken ähnelt in seiner Form einem Pilz. Hierbei bilden der nördliche Teil des Eisenbahn-Innenringes und die in Ost-West-Richtung verlaufende Stadtbahnstrecke Hut und Krempe des Pilzes. Die von Süden kommenden Bahnstrecken mit dem neuen

führung des Tunnelrestrohbaus und des MFS mit Fester Fahrbahn (FF). Der zunächst 3 km lange Bauabschnitt liegt im Tunnel der Nord-Süd-Verbindung südlich des Notschotts unter der Spree. Die Auftragserweiterung um den nördlichen 2 km langen Bauabschnitt in Tunnel-, Damm- bzw. Brückenlage (Nordringanbindung) erhielt die ARGE im Juni 2003. Als Gesamtfertigstellungstermin wurde hierbei der 31.12.2004 vereinbart.

Als Grundlage für die Planung mussten vorerst die theoretischen Annahmen des Auftraggebers zum Masse-Feder-System überprüft werden. Hierzu wurden Feldversuche durchgeführt, bei denen über einen Schwingungsgenerator künstlich erzeugte Erschütterungen in die Tunnelsohle eingetragen wurden. Aus den messtechnischen Ergebnissen im Tunnel und in den zu schützenden benachbarten Bebauungen wurden aus dem daraus ermittelten Übertragungsverhalten die Masse-Feder-Systeme dynamisch ausgelegt.

Für die im Rahmen des Tunnelrestrohbaus herzustellende über 10 km lange Trockenfeuerlöschleitung in Edelstahl konnte die Fa. Betzold (100 %ige Porr-Tochter) erfolgreich eingebunden werden.

### Masse-Feder-Systeme

Die Masse-Feder-Systeme im Tunnel wurden auf Basis von bis zu 200 m langen Masse-Trögen (Masseelement), die entweder vollflächig auf Elastomermatten (Flächenlager) oder auf einzelnen Elastomerkissen (Einzellager) liegen, hergestellt.

Aufgrund der sehr hohen Anforderungen an den Körperschallschutz in den Bereichen des Regierungsviertels, des Potsdamer Platzes und des Hauptbahnhofs Lehrter Bahnhof wurden an die MFS folgende Anforderungen gestellt:

Tunnelbauwerk	3.950 m	Beton B35	100.000 m <sup>3</sup>
Offene Strecke	1.100 m	Schalung	70.000 m <sup>2</sup>
Streckenlänge	5.050 m	Bewehrung	12.000 to
Gleislänge	21.000 m	Einzellager	6.300 St.
MFS Einzellager	4.300 m	Flächenlager	35.000 m <sup>2</sup>
MFS Flächenlager	7.700 m	Feuerlöschleitung	10.000 m
Feste Fahrbahn	19.000 m	Kabelleerrohre	107.000 m
Gleistragplatten	1.720 St.	Kabelkanäle	22.000 m
Schwellen	21.000 St.	Schallschutz Wände	10.000 m <sup>2</sup>
Schienen	45.600 m	Schallschutz Gleise	7.500 m <sup>2</sup>
Weichen	55 St.		

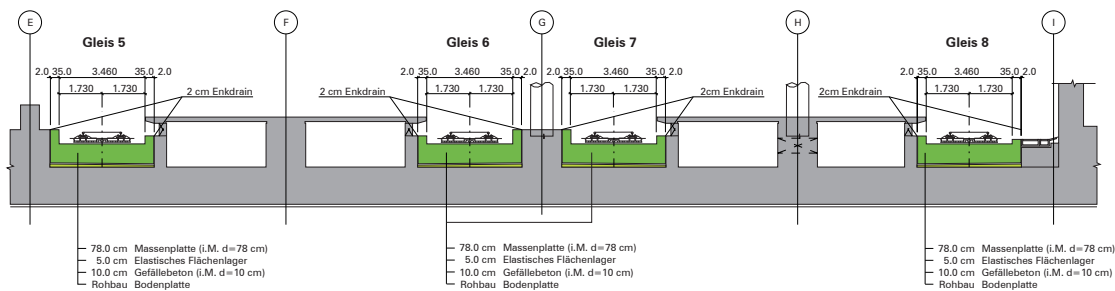
Tab 1 | Technische Daten

Einzellager	Flächenlager
MFS 3, 8 Hz, 60 mm – Sylomerkissen	MFS 1A, 23 Hz, 25 mm – Sylomermatten
MFS 4, 7 Hz, 65 mm – Sylomerkissen	MFS 1B, 15 Hz, 50 mm – Sylomermatten
MFS 5, 12 Hz, 69 mm – Sylomerkissen	MFS 2, 12 Hz, 50 mm – Sylomermatten
MFS 6, 9 Hz, 69 mm – Sylomerkissen	
MFS 6A, 7 Hz, 95 mm – Sylomerkissen	

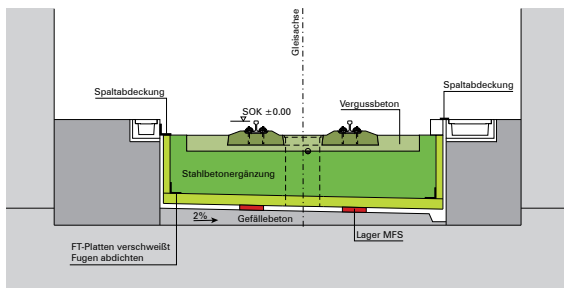
Tab 2 | MFS-Typen

### MFS auf Flächenlager

Die Verlegung der Flächenlager (Sylomere) erfolgte auf dem Gefällebeton des Tunnels in Breiten von 4,20 bis 9,50 m. Die senkrechte Trennung zum Aufbeton wurde durch eine Drainagematte realisiert. Nach der Abnahme der mit feuchtigkeitsbeständigem Klebeband



04 | Querschnitt – MFS auf Flächenlager



05 | MFS im Rechtecktunnel



06 | Trennfolie/-wachs und Lagerschächte



07 | Betonage eines Masse-Troges

abgeklebten Stöße und Anschlüsse an Schaltungen wurde die Bewehrung für die Masse-Tröge auf Flächenabstandhalter verlegt. Nach der Betonage und dem entsprechenden Abklingen des Fröhschwindens erfolgte der Einbau spezieller Edelstahldorne mit einem St52-Kern (Eurodorne) in den Bewegungsfugen der bis zu 150 m langen Masse-Tröge. Diese sind dynamisch belastbar und verhindern einen für die Schiene nicht aufnehmbaren Fugenversatz. In den Übergangsbereichen zu den weicheren bzw. steiferen Masse-Feder-Systemen fanden Sylomere mit abgestufter Steifigkeit bzw. Verlegedicke Verwendung.

#### MFS auf Einzellager

Die MFS auf Einzellager bedurften einer gesonderten Herstellungstechnologie. Die Masse-Tröge wurden hierzu direkt auf dem Gefällebeton getrennt durch eine Trennfolie bzw. -wachs hergestellt. Seitlich zum Aufbeton wurde mit ausgekeilten Filigranplatten als verlorene Schalung eine Längsfuge von 60 mm hergestellt. Für die Herstellung der Lagerschächte wurden wiederverwendbare Schalungssätze eingesetzt, die je nach Lage mit ein bzw. zwei Pressennischen versehen wurden. Etwa 30 Tage nach der Betonage wurden die noch über Arbeitsfugen auf ca. 1.500 t begrenzten 31 Masse-Tröge einzeln mit einer Synchronhubanlage angehoben. Hierzu mussten bis zu 45 Hydraulikzylinder synchron gesteuert werden. Nach Erreichen der Sollhubhöhe (10 mm höher als Einzellager) wurden die Einzellager unter den Masse-Trog geschoben und dieser wieder synchron abgesenkt. Nach dem Abklingen des Fröhschwindens wurden die Arbeitsfugen bzw. die Bewegungsfugen zwischen den MF-Trögen betoniert.

Die Unterseite des Masse-Feder-Troges stellt einen Negativabdruck des Gefällebetons dar, sodass in den Bereichen der Einzellager der Be-

ton auf eine Eben- bzw. Planheit von +/- 1 mm herzustellen war. Vor der Abnahme der Lagerflächen wurden diese durch Flächenschleifen von Betonschlümmen befreit.

Anhand der Abnahmemessungen (Durchbiegungs- und Frequenzmessungen) konnte die Funktionalität der MFS erfolgreich nachgewiesen werden.

#### Feste Fahrbahn auf Masse-Feder-System

Als Feste Fahrbahnen kamen die beiden Systeme ÖBB-Porr und Rheda 2000 zum Einsatz. Beide Systeme wurden auf der Oberkante der endgültigen Schiene eingerichtet und anschließend betoniert. Damit wurden die hohen Anforderungen an die Feste Fahrbahn mit einer Toleranz der inneren Geometrie von +/- 2 mm auf der kompletten Strecke von ca. 20 km ohne Korrekturmaßnahmen eingehalten.

#### Bauablauf

Nach erfolgter Beweissicherung und Bestandsaufnahme war zunächst die radgebundene Befahrbarkeit im Tunnel herzustellen. Hierfür wurden in den Schildstrecken Fahr-ebenen (0,5-Ebenen) und in deren Start- bzw. Zielgruben Fahrbahntische hergestellt. Danach begannen die zeitversetzten Ausführungen (Linienbaustelle) der Aufbetone, der Gefälle- bzw. Sohlbetone (in bis zu vier Ebenen), des MFS und zu guter Letzt die FF. Die Hauptarbeitsrichtung war hierbei von innen nach außen.

Den Erfahrungen aus jüngsten Tunnelbränden geschuldet, mussten bei dieser Maßnahme die verschärften Sicherheitsvorschriften umgesetzt und somit z. B. alle sicherheitsrelevanten Kabel in Beton verlegt werden. Dies führte zu ca. 100.000 m mehr Leerrohren in Beton. Des Weiteren erhielten wir einen Zusatzauftrag, bei dem aus dem bestehenden Tunnelaufbeton über eine Länge von 1.200 m der Beton herauszuschneiden war, um Leerrohre nachträglich einbetonieren zu können. Trotz weiterer umfangreicher Zusatzaufträge konnten die vereinbarten Termine eingehalten werden.

#### Logistik

Um Rückwärtsfahrten von bis zu 3 km Län-

ge zu vermeiden, wurde im Bereich der Schwallöffnung des Potsdamer Platzes eine entsprechende Verteilerebene aufgeschüttet und mit Asphalt befestigt. Diese ermöglichte das Wenden der Fahrzeuge bzw. das Wechseln zwischen den Gleisen. Ca. 300 m vor dem Spreeschott wurde hierzu im Parlamentsbereich der Kreuzungsweichenbereich frei gehalten. Um das Unfallrisiko in den eingleisigen Tunneln zu vermeiden, wurden die Fahrbereiche von den Arbeitsbereichen durch Verkehrsschilder getrennt. In der Hauptbauphase konnte aufgrund des Zeitdruckes nicht immer der Einbahnstraßenverkehr aufrechterhalten werden, sodass zusätzlich Ampelanlagen installiert wurden bzw. der Verkehr über das Tunneltelefon reguliert wurde.

Eine weitere logistische Herausforderung stellte das Einbringen der ca. 270 Stück Weichengroßsegmente mit einer maximalen Länge von 25 m und einem Maximalgewicht von 20 t dar. Da ein Wenden im Tunnel aufgrund der Segmentlängen nicht möglich war, mussten zum Teil Rückwärtsfahrten von 3 km in Kauf genommen werden. Aufgrund der geringen Platzverhältnisse konnte die Entladung nicht mit herkömmlichen Kranen und Weichenverleegeräten erfolgen. Daher wurden für diese Maßnahme spezielle Portale entwickelt, die sowohl auf einem glatten Untergrund als auch auf Schienen betrieben werden können.

### Schlussbemerkung

Grundlage für die erfolgreiche Umsetzung waren die umfangreichen Erfahrungen des Ingenieurbüros FCP – Fritsch, Chiari & Partner in der Planung von Masse-Feder-Systemen und der Festen Fahrbahn. Die konsequente und termingerechte Umsetzung der hohen Planungsanforderungen in der Erstellung der Genehmigungs- und Ausführungsplanung in einer sehr hohen Leistungsdichte mit enorm hohen Schnittstellenkoordinationen sind hier besonders hervorzuheben.

Insbesondere die technischen Sonderlösungen in Kombination mit einer ausgefeilten Logistik und die gute Zusammenarbeit der Planer, Auftraggeber, Behörden und Ausführenden haben zu einem termingerechten Gelingen beigetragen. Unseren Kunden konnte somit ein qualitativ hochwertiges Produkt übergeben werden.

### Literatur

- [1] Arge NSV FF/MFS Heitkamp/Porr Technobau Berlin: Fotodokumentation, November 2003.
- [2] Arge NSV FF/MFS Heitkamp/Porr Technobau Berlin: Fotodokumentation, Februar 2004.
- [3] Arge NSV FF/MFS Heitkamp/Porr Technobau Berlin: Fotodokumentation, März 2004.
- [4] Arge NSV FF/MFS Heitkamp/Porr Technobau Berlin: Fotodokumentation, Juni 2004.
- [5] Arge NSV FF/MFS Heitkamp/Porr Technobau Berlin: Fotodokumentation, September 2004.
- [6] Arge NSV FF/MFS Heitkamp/Porr Technobau Berlin (Ausführungsplanung): Planungsauszug, Oktober 2003.
- [7] Berliner Unterwelten (Hg.): CD-ROM „Berlin im Untergrund“, Ausgabe 2002.
- [8] DB Projekt Verkehrsbau GmbH (Hg.): Broschüre „Drehscheibe Berlin Lehrter Bahnhof“, August 2001.
- [9] FCP – Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH: Präsentation, September 2004.

Dipl.-Ing. (FH)

Jörg Fenske

Porr Technobau und Umwelt AG

Prokurist

Leiter Gleisbau WE+CEE

Leiter Technologiemanagement Bahntechnik



08 | FF-System ÖBB-Porr



09 | Zwischenlager GTP



10 | Portaltürme