



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN Institut für Massivbau www.dbbs.tu-dresden.de



26. DRESDNER BRÜCKENBAUSYMPOSIUM

**PLANUNG, BAUAUSFÜHRUNG, INSTANDSETZUNG
UND ERTÜCHTIGUNG VON BRÜCKEN**

14./15. MÄRZ 2016



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Institut für Massivbau <http://massivbau.tu-dresden.de>

Tagungsband

26. Dresdner Brückenbausymposium

Institut für Massivbau

Freunde des Bauingenieurwesens e.V.

14. und 15. März 2016

© 2016 Technische Universität Dresden

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichnungen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen.

Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
Technische Universität Dresden
Institut für Massivbau
01062 Dresden

Redaktion: Silke Scheerer, Angela Heller

Layout: Ulrich van Stipriaan

Anzeigen: Harald Michler

Titelbild: Fußgängerbrücke Schierstein. Foto: Cengiz Dicleli

Druck: addprint AG, Am Spitzberg 8a, 01728 Bannewitz / Possendorf

ISSN 1613-1169
ISBN 978-3-86780-467-7

Inhalt

Herzlich willkommen zum 26. Dresdner Brückenbausymposium	13
<i>Prof. Dr.-Ing. habil. DEng/Auckland Hans Müller-Steinhagen</i>	
Außer Konkurrenz	15
<i>Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach</i>	
Realisierungswettbewerb zum Ersatzneubau der Eisenbahnüberführungen über die Oder und die Odervorflut bei Küstrin-Kietz	23
<i>Auszug aus der Broschüre der DB Netz AG 2016, Redaktion: Dipl.-Ing. Hartmut Schreiter</i>	
Zur Gestaltung von Brücken der Bundesfernstraßen – Die Suche nach der besten Lösung ...	37
<i>Dr.-Ing. Gero Marzahn, Dr.-Ing. Heinz-Hubert Benning</i>	
Search for the true structural solution	47
<i>Prof. Jiri Strasky, DSc.</i>	
Der Ersatzneubau der Lahntalbrücke Limburg	67
<i>Dipl.-Ing. Annett Nusch, Dr.-Ing. Stefan Franz</i>	
Wirtschaftliche Selbstkletterschalung für Europas aktuell größtes Brückenbauprojekt „Hochmoselbrücke	85
<i>Dipl.-Ing. Sebastian Riegel</i>	
Verstärkung von Brücken mit externer Vorspannung – Einsatzbereiche und Randbedingungen	103
<i>Dipl.-Ing. Michael Buschlinger, Dipl.-Ing., MBA Annette Jarosch</i>	
Ulrich Finsterwalder (1897–1988) – Doyen des Brückenbaus	119
<i>Prof. Cengiz Dicleli</i>	
Gestaltungskonzept für die Brückenbauwerke im Zuge der BAB A 3 zwischen AK Biebelried und AK Fürth/Erlangen	153
<i>LBD Dipl.-Ing. Bernd Endres, Dipl.-Ing. Rolf Jung</i>	
Reparatur der Autobahnbrücke über die Süderelbbrücke nach schwerem Schiffsanprall – Nachrechnung, Planung, Ausführung, Analyse	165
<i>Dipl.-Ing. Dirk Seipelt, Dipl.-Ing. Stefan Eschweiler, Dipl.-Ing. Thomas Neysters, Brinja Coors M.Sc., Dipl.-Ing. Martin Grassl</i>	
Langzeitverhalten von geokunststoffbewehrten Stützkonstruktionen – zukünftig eine Standardbauweise auch für Brückenwiderlager?	177
<i>Dipl.-Ing. Hartmut Hangen, M.Sc. July Ellen Jaramillo Castro</i>	
Die Herausforderungen und Möglichkeiten einer umfassenden Grundlagenanalyse am Beispiel des Hovenringes in Eindhoven (NL)	193
<i>Dipl.-Ing. Adriaan Kok, Dipl.-Des. Marion Kresken</i>	
Die Butterfly-Bridge in Kopenhagen	211
<i>Dr.-Ing. Karl Morgen, Dipl.-Ing. Jan Lüdders</i>	
Militärischer Einfluss auf Konstruktion und Architektur von Eisenbahnbrücken im Deutschen Reich	221
<i>Volker Mende M.A.</i>	

Verstärken mit Carbonbeton im Brückenbau	235
<i>Dr.-Ing. Harald Michler</i>	
Zur Anwendung von Szenario-Spektren beim seismischen Nachweis von Brücken	249
<i>Dr.-Ing. habil. Dirk Proske</i>	
Brücken bauen mit Eisenbeton – Gedanken zum denkmalgerechten Umgang	263
<i>Dipl.-Ing. Oliver Steinbock</i>	
Brückenbauexkursion 2015 – Infrastrukturprojekte in Tschechien, Österreich und Deutschland	273
<i>Dipl.-Ing. Sebastian Wilhelm, Dipl.-Ing. Robert Zobel</i>	
Chronik des Brückenbaus	283
<i>Zusammenstellung: Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner</i>	
Inserentenverzeichnis	311

Im gedruckten Tagungsband stand hier eine Anzeige. Sie wurde für die Online-Fassung entfernt.

Die Herausforderungen und Möglichkeiten einer umfassenden Grundlagenanalyse am Beispiel des Hovenringes in Eindhoven (NL)

Dipl.-Ing. Adriaan Kok, Dipl.-Des. Marion Kresken

ipv Delft creatieve ingenieurs, Delft (NL)

1 Einleitung

Die Erdbevölkerung wächst und es zieht immer mehr Menschen in die Städte. Dies hat eine immer dichtere Besiedlung der Ballungsgebiete zur Folge. Früher bauten wir Brücken, um natürliche Barrieren zu überbrücken. Heute sind Brücken oft nötig, um die durch uns selbst gebauten Barrieren überwinden zu können, um z. B. ein neues Wohngebiet außerhalb der in den sechziger Jahren gebauten Ringstraßen mit dem städtischen Zentrum verbinden zu können. Die Komplexität der Planung solcher Brücken umfasst weit mehr als nur die konstruktiven Aspekte eines solchen Bauwerkes. Bei diesen Projekten gibt es viele direkt oder indirekt beteiligte Parteien, deren Belange, am besten schon im Vorfeld, so gut wie möglich

integriert werden müssen, um zu einem akzeptablen Plan zu kommen. Um diese Belange bei der Planung einfließen lassen zu können, müssen Brückenplaner sich mit den Aspekten dieser verschiedenen Gruppen auseinandersetzen. Es ist sehr wünschenswert, diese Interessensgruppen schon im Entwurfsprozess mit einzubeziehen. Um dies auf eine übersichtliche Weise zu tun, ist eine systematische und umfassende Grundlagenanalyse unentbehrlich. An Hand des Planungsprozesses des Hovenringes in Eindhoven (Bild 1) wird in diesem Artikel erläutert, wie eine solche umfassende Grundlagenanalyse erstellt werden kann. Diese Methode ist auch die Grundlage für die Richtlinien zu Planung von Brücken für Fußgänger- und Radfahrbrücken in den Niederlanden, [1], Bild 2. Es ist möglich, eine englischsprachige



Bild 1: Der Hovenring in Eindhoven/Niederlande

(© ipv Delft/Helibeeld.nl)

Zusammenfassung dieser Richtlinien über unsere Webseite www.ipvdelft.nl zu bekommen.

Zu Beginn wird die Grundlagenanalyse erläutert. Die Ausgangspunkte und die Wünsche an das zukünftige Netzwerk, der Kontext der Benutzer, die möglichen konstruktiven Entwurfsformen und die Einpassung in das bestehende Netzwerk bilden den Zusammenhang, um zu einem passenden Entwurf zu gelangen. Diese Grundlagen haben Einfluss auf die technischen Möglichkeiten sowie auf die gestalterischen Aspekte einer Brücke. Im idealen Fall sind die Aspekte der Gestaltung und die technischen Aspekte miteinander verbunden und führen so auch zu einem gelungenen Entwurf.



Bild 2: Schema Grundlagenermittlung

(© ipv Delft)

2 Grundlagenanalyse

2.1 Netzwerk

Der Bedarf einer neuen Brücke resultiert aus dem bestehenden Netzwerk (Bild 3). Eine Analyse des heutigen Netzwerkes macht deutlich, wo sich eventuelle Schwachstellen befinden. Für ein gutes Netzwerk sind drei Anforderungen ausschlaggebend: Zusammenhang, Direktheit und Sicherheit. Zusammenhang entsteht durch die Verbindung dieser verschiedenen Grundlagen. Ein gutes Netzwerk ermöglicht seinen Nutzern, eine direkte Route zu wählen, und bietet Sicherheit durch die Reduzierung möglicher Problemsituati-

onen und Konfliktstellen. Außerdem ist das Netzwerk deutlich gestaltet, so dass dessen Verlauf und die Nutzung für alle Verkehrsteilnehmer gut erkennbar sind.

Die Ausgangspunkte eines Netzwerkes sind von großer Bedeutung für die Planer, um zusammen mit den Verkehrsplanern und Städtebauern zu neuen, alternativen Lösungen zu kommen und dabei die verschiedensten Möglichkeiten abzuwägen.

2.2 Kontext

Bei der Netzwerkanalyse wird deutlich, wo das Netzwerk verbessert werden kann und in welchem Kontext eine neue Verbindung realisiert werden könnte (Bild 4). Außerdem werden

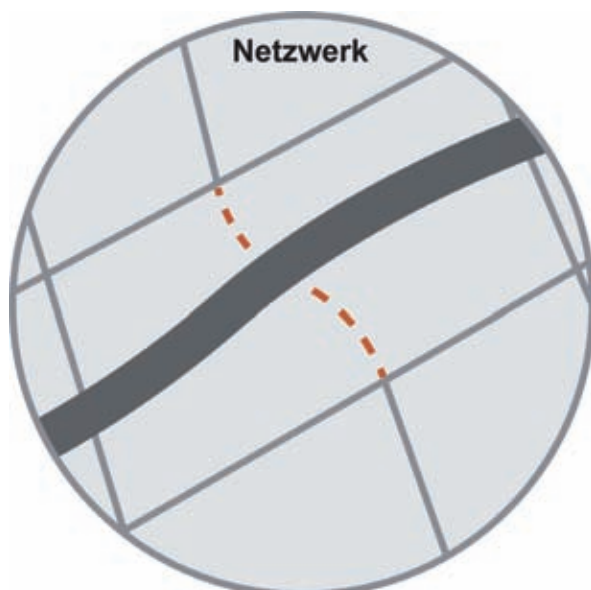


Bild 3: Schema Verkehrsnetz

(© ipv Delft)

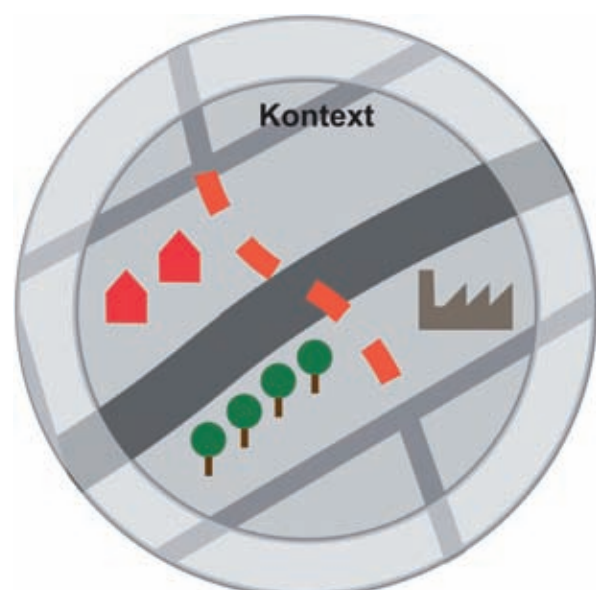


Bild 4: Schema Kontext

(© ipv Delft)

wichtige Grundlagen und Wünsche deutlich, unter anderem die für Ingenieure wichtigen Aspekte der Bodenbeschaffenheit, der Position von Leitungen und Kabel, die Eigentumsverhältnisse der nötigen Grundflächen. In unserer dicht bebauten Gesellschaft spielen stets öfter andere Wünsche und Grundlagen eine wichtige Rolle. Hierbei geht es um Aspekte des Städtebaus, des Erhalts oder des Verstärkens von Sichtlinien, soziale Sicherheit und Ökologie. Hinzu kommen die Wünsche der lokal ansässigen Unternehmensgruppen und Anwohner. Diese kontextuellen Aspekte können sowohl Chancen als auch Unsicherheiten für die Realisierbarkeit einer neuen Verbindung mit sich bringen und sind dabei gleichzeitig die Erwägungsgrundlagen für die definitive Beschlussfassung für die Realisation der neuen Verkehrsverbindung. Für die kontextuellen Aspekte ist eine enge Zusammenarbeit mit allen betroffenen Parteien von entscheidender Bedeutung.

2.3 Nutzer

Die neue Verbindung wird entworfen, um ein besseres Netzwerk für eine bestimmte Nutzergruppe, in diesem Fall Radfahrer und Fußgänger, zu erschaffen. Oft jedoch überbrückt die neue

Verbindung eine Zone, welche auch von anderen Nutzern beansprucht wird. Sowohl die direkten als auch die indirekten Nutzer der Brücke müssen das Bauwerk komfortabel und sicher nutzen können. Eine Brücke hat also eine umfassende Gruppe von Nutzern, welche jeweils ihre eigenen Wünsche und Ansprüche haben. Beide Nutzergruppen besitzen Hauptnutzer und gelegentliche Nutzer. Auch Betreiber von z. B. Kommunikationsleitungen in und unter einer Brücke können als Brückennutzer angesehen werden. Eine gute Analyse der beiden Nutzergruppen in der heutigen und zukünftigen Situation ist wichtig für einen effektiven, brauchbaren Entwurf über die gesamte Lebensdauer.

3 Der Hovenring

3.1 Einleitung

Beim Planungsprozess des Hovenringes in Eindhoven – eine kreisförmige und schwebende Brücke für Radfahrer und Fußgänger – ist die beschriebene Grundlagenanalyse angewendet worden. Alle beteiligten Parteien sind so früh wie möglich in den Planungsprozess mit einbezogen worden, um so zu einem Entwurf zu kommen, welcher von allen Beteiligten unterstützt wird.

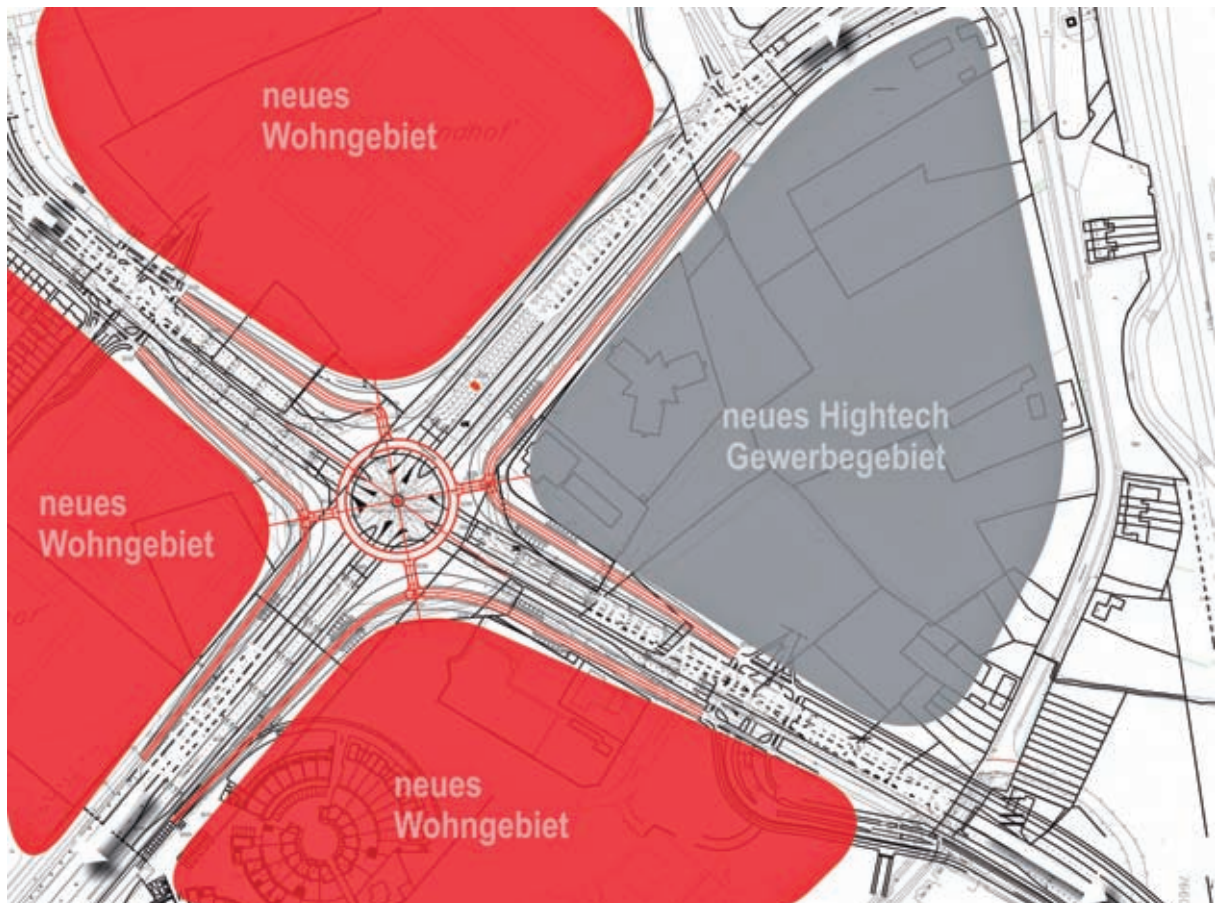


Bild 5: Verkehrssituation vorher und zukünftig

(© ipv Delft)

3.2 Netzwerk

Vor dem Hovenring befand sich an dieser Stelle eine großer Kreisverkehr, der von allen Verkehrsnutzern auf derselben Ebene genutzt wurde (Bild 5). Dieser Kreisverkehr bildete eine wichtige Verbindung zwischen den Städten Eindhoven und Veldhoven und verband die dort ansässigen Hightech-Betriebe mit der Universität und den umliegenden Wohngebieten. Es entstanden dort regelmäßig Staus und der geplante Ausbau der Umgebung sollte diese Entwicklung noch verstärken. Die Stadt Eindhoven wollte darum den Verkehr der Radfahrer und Fußgänger von dem der Autos trennen und für den motorisierten Verkehr Lichtzeichenanlagen einsetzen – eine Lösung, welche die Verkehrsprobleme aller Beteiligten lösen sollte.

3.3 Kontext

Ausschlaggebend im Kontext war der Grundwasserstand. Tunnel für die Radfahrer und Fußgänger oder den Autoverkehr wären in der Realisation sehr teuer gewesen und darum keine Lösung. Die Lösung musste in einer Brücke für Radfahrer und Fußgänger gesucht werden.

Mit der physischen Anwesenheit einer solchen Brücke entstehen, im Gegensatz zur Realisation eines Tunnels, andere städtebauliche und an den Kontext gebundene Wünsche und Ansprüche. Eindhoven nennt sich selbst „Brainport der Niederlande“. Die Stadt ist Heimat besonderer Hightech-Firmen wie z. B. Philips und ASML. Außerdem werden in der Region Eindhoven 3,8 Patente pro Person pro Jahr angemeldet. Das ist die zweithöchste Anzahl in der Welt. An erster Stelle steht die Region San Diego in den USA mit 4,2 Patenten pro Person pro Jahr, [2]. Eine neue Verkehrsverbindung über der Kreuzung sollte diesen innovativen Charakter in der Region unterstreichen. Des Weiteren sollte die neue Brücke das

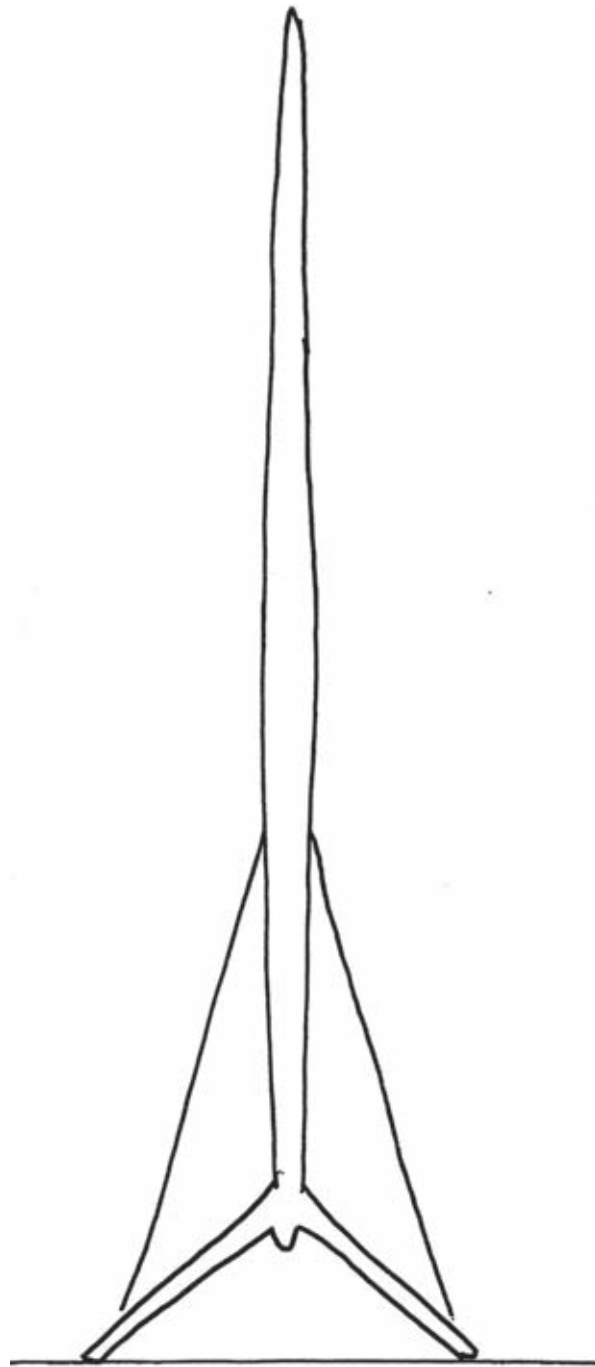


Bild 6: Die Lichtnadel

(© ipv Delft)



Bild 7: Das Evoluon

(© ipv Delft)



Bild 8: Aktuelle Situation

(© ipv Delft)

Bild Eindhovenens als Lichtstadt in den Niederlanden, u. a. wegen der Anwesenheit von Philips, unterstützen. Ein weiterer wichtiger städtebaulicher Wunsch war, dass ein gestalterischer Zusammenhang der zukünftigen Brücke mit der Lichtnadel (De Lichtnaald, Bild 6) und dem Evoluon, einem futuristischen Technikmuseum aus dem Jahre 1966 (Bild 7) – beides sehenswerte Bauwerke in Eindhoven – entlang der Hauptverkehrsrouten gesehen werden kann.

Außerdem spielten im Kontext auch kommerzielle Belange eine große Rolle. Ein angrenzendes Hotel und ein Autohaus waren im Vorfeld keine Befürworter dieses Projektes und deren Erreichbarkeit musste gewährleistet bleiben. Durch den sich in der Nähe befindenden Flughafen Eindhoven ergab sich im Zusammenhang mit einer eventuellen Notlandung eine maximale Bauhöhe von 70 Meter (Bild 8). Diese Grundlagen und Wünsche bilden den Kontext und sollten eine durchschlagende Rolle beim Entwurf des Hovenringes spielen.

3.4 Nutzer

Mit den Radfahrern als Hauptnutzer der Brücke und den Autofahrern als Hauptnutzer der kreuzenden Infrastruktur hat die neue Verbindung zwei wichtige Hauptnutzergruppen. Die Verbindung

muss auch für Fußgänger, eine zahlenmäßig kleinere Gruppe, nutzbar sein. Wenn von Brückennutzern die Rede ist, sind damit hauptsächlich Radfahrer gemeint. In der Grundlagenanalyse wurde festgestellt, dass die Brücke auch von einem relativ schweren Wartungsfahrzeug mit einem Gewicht von ca. neun Tonnen genutzt werden muss. Die Breite der Brücke wurde anhand der zukünftig zu erwartenden Anzahl von Radfahrern und Fußgängern festgestellt. Die Theorie zu dieser Schlussfolgerung finden Sie im englischsprachigen Handbuch „Brief Dutch Design Manual for Bicycle and Pedestrian Bridges“ [1]. Der Autoverkehr bestimmt die lichte Höhe und auch die Höhe der zu erwartenden Horizontallasten auf die Brücke. Um die konstruktiven Anforderungen aus dieser Belastung zu verringern, ist beim Hovenring eine besondere Lösung gefunden worden (Abschn. 4.4).

4 Einpassung

4.1 Zusammenarbeit für eine integrale Lösung

Die Ansprüche und Wünsche aus dem Netzwerk, dem Kontext und der Nutzer definieren den Planungsfreiraum und die Möglichkeiten für die Einpassung des Entwurfs. Um eine vollständige Übersicht über die Grundlagen und

Wünsche dieser drei wichtigen Aspekte zu bekommen, wurde eng mit allen betroffenen Parteien zusammengearbeitet. In Bild 9 sehen Sie eine Übersicht der bei der gesamten Realisation beteiligten Instanzen. Die Wünsche dieser Beteiligten sind sowohl für die technischen, als auch für die gestalterischen Möglichkeiten bei der Planung einer Brücke von besonderem Einfluss. In diesem Fall sind die Aspekte der Gestaltung und die technischen Aspekte miteinander verbunden worden und führten so zu einem besonderen Entwurf.

Gemeinde Eindhoven	Netz	Kontext	Benutzer	Einpassung	Ausarbeit.
Projektmanagement	●	●	●	●	●
Bauingenieure				●	●
Verkehrstechnik	●			●	
Stadtplanung	●	●		●	
Lichtplanung				●	●
Wartung			●	●	●
Anderen					
Ingenieur/Architekt	●	●	●	●	●
andere Berater		●			●
Beschilderung - ANWB			●	●	●
ADFC	●		●	●	
Invalide	●			●	
Betriebe		●		●	
Flughafen		●			●
Hersteller / Bauunternehmer					●

Bild 9: Übersicht Zusammenarbeit

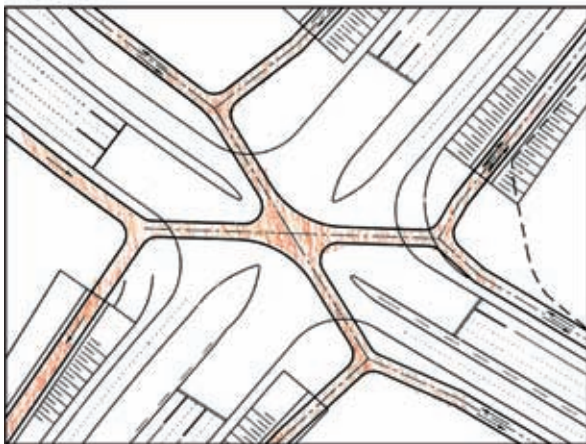
(© ipv Delft)

4.2 Wegführung, Routing

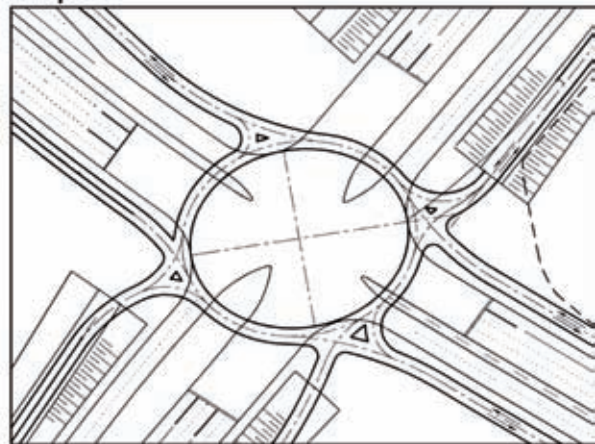
Bei der Einpassung sind zu Beginn die möglichen Wegführungen über die Brücke für die verschiedenen Nutzergruppen, im Besonderen die für die Radfahrer, untersucht worden. Die Wegführung muss für ein direktes, zusammenhängendes und

sicheres Netzwerk sorgen. Für die große Anzahl der Nutzer und die verschiedenen Weganschlüsse ist eine in beiden Richtungen nutzbare, kreisförmige Brücke eine gute Lösung. In Bild 10 sind einige der untersuchten Wegführungen über die

Kreuz



Ellipse



großer Kreisverkehr



kleiner Kreisverkehr

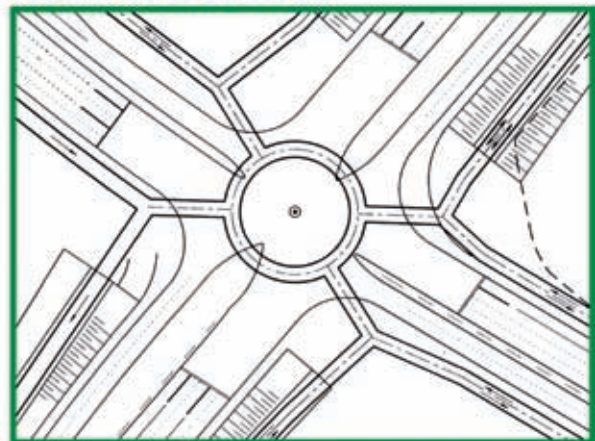


Bild 10: Einpassung, Varianten

(© ipv Delft)

Im gedruckten Tagungsband stand hier eine Anzeige. Sie wurde für die Online-Fassung entfernt.

Im gedruckten Tagungsband stand hier eine Anzeige. Sie wurde für die Online-Fassung entfernt.

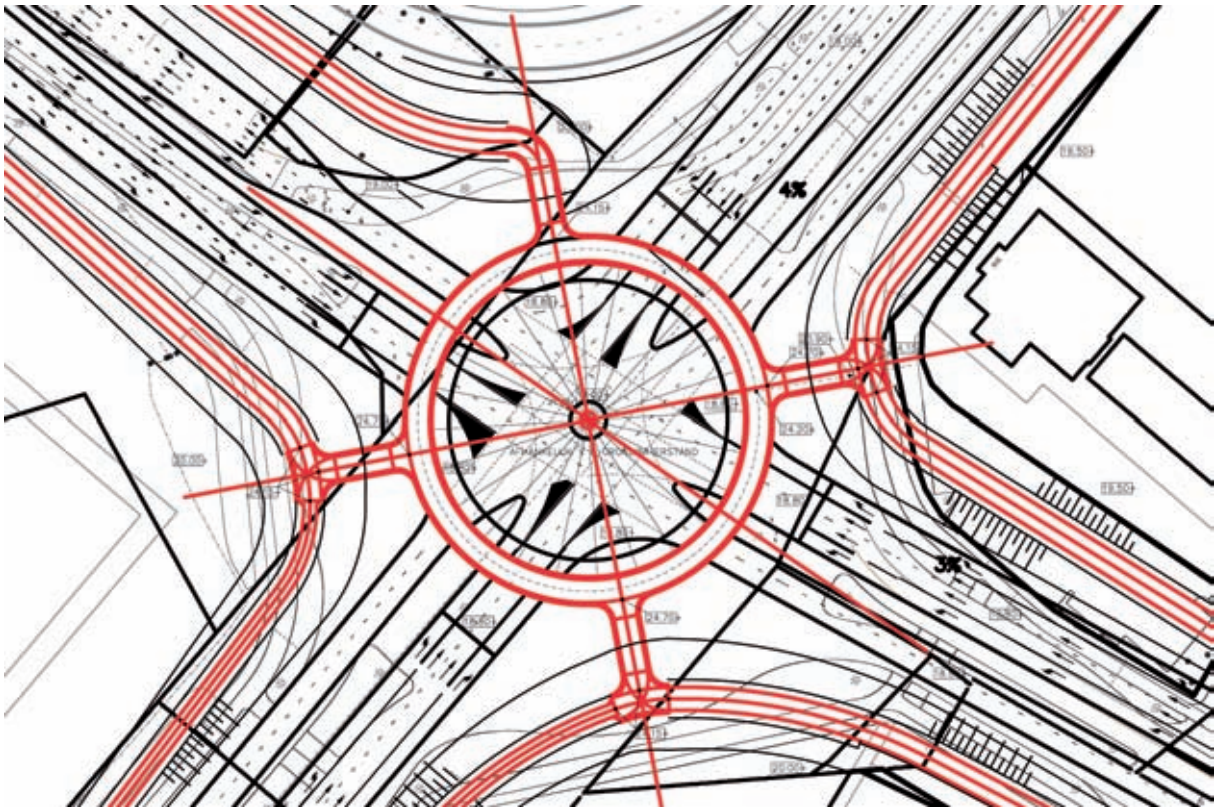


Bild 11: Bauweise und Bauteile

(© ipv Delft)

Kreuzung dargestellt. Bei der Option des kleinen Kreisverkehrs ergaben sich direkte Verbindungen in alle Richtungen und die deutliche Sichtbarkeit des runden Bauwerkes für alle Nutzer. Diese runde Form schließt nahtlos an die Ausstrahlung des runden Technikmuseums Evoluon (Bild 6) an und erfüllt damit einen wichtigen städtebaulichen Wunsch. Außerdem ermöglichte der kleine Kreisverkehr die Realisation der Brücke innerhalb des noch bestehenden Kreisverkehrs (Bild 11).

Für die beiden bevorzugten Konzepte ist im Folgenden die Konstruktion und die Gestaltung weiter ausgearbeitet worden (Bild 13). Für die Brücke mit dem Pylon ist ein zentrales Gegengewicht entwickelt worden, wodurch die Tragseile nur an der Innenseite nötig waren. Dieses Gegengewicht und das zusätzlich angebrachte Gewicht in der Fahrbahn verhindern außerdem eventuelle Schwingungen, welche durch die Benutzer der Brücke entstehen können. Das zweite Konzept

4.3 Brückenkonzepte

Auf Basis der Wegführung des kleinen Kreisverkehrs sind verschiedene Brückenkonzepte entwickelt worden. Einige dieser Konzepte sehen Sie in Bild 12. Ein Ring aus Beton war zu schwer. Eine Brücke mit einem einzelnen Bogen erwies sich als ineffektive Konstruktion. Ein Ring aus Stahl und eine runde Seilbrücke mit einem zentralen Pylon waren effizient und gut realisierbar. In diesem Stadium wurden auch pauschale Kostenschätzungen gemacht. Die Kosten aller Konzepte lagen innerhalb des verfügbaren Budgets und hatten keinen Einfluss auf die Wahl des Konzeptes.

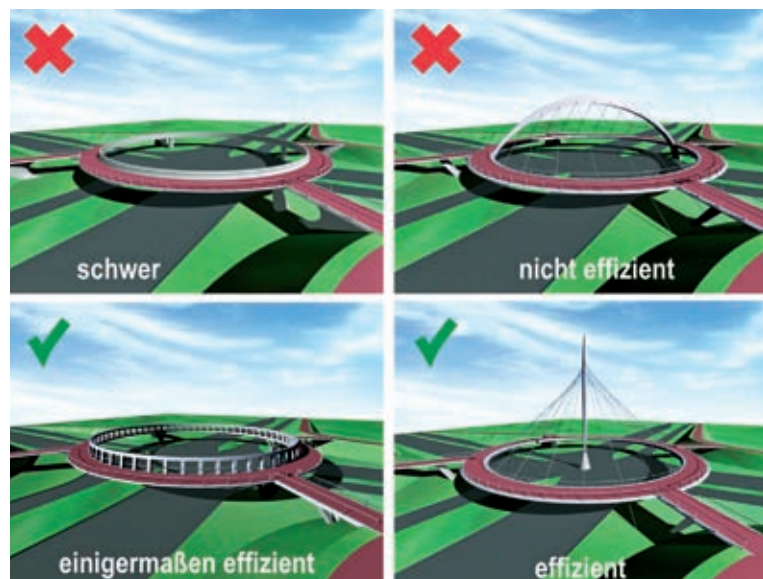


Bild 12: Auswertung der Brückenkonzepte

(© ipv Delft)

des stählernen Ringes ist weiter ausgearbeitet worden als Vieren-deelträger mit einer auskragenden Fahrbahn.

Nach der weiteren Ausarbeitung dieser beiden Konzepte wurden diese erneut mit allen beteiligten Instanzen im Hinblick auf die städtebaulichen, konstruktiven und finanziellen Aspekte evaluiert (Bild 14). Die runde Seilbrücke erwies sich schnell als beste Lösung. Die zurückhaltende und doch spektakuläre Ausstrahlung dieses Entwurfes wurden gewürdigt und auch das gewünschte „Landmark“ konnte hiermit realisiert werden – ein Landmark, welches sich nahtlos einfügt in die architektonische Reihe mit dem Evoluon (Bild 6) und der Lichtnadel (Bild 7). Im Entwurf ist zwischen dem Gegengewicht und der Fahrbahn ein Lichtelement integriert worden, welches, passend zur Lichtstadt Eindhoven, mit seiner besonderen Beleuchtung den Pylon extra hervorhebt. Die Seilbrücke erwies sich konstruktiv auch als besonders effizient und war im Hinblick auf die Kosten auch vergleichbar mit dem Entwurf des stählernen Ringes.

4.4 Abstimmung der Anforderungen in Bezug auf den Kontext

Im folgenden Prozess ist das gewählte Konzept im umfassenden Hinblick auf den Kontext weiter ausgearbeitet worden. Dabei sind die definitive Form und die Ausarbeitung der Zufahrtsrampen und die letztendlichen Abmessungen des Brückendecks festgestellt worden. Des Weiteren ist eine besondere Methode entwickelt worden, um

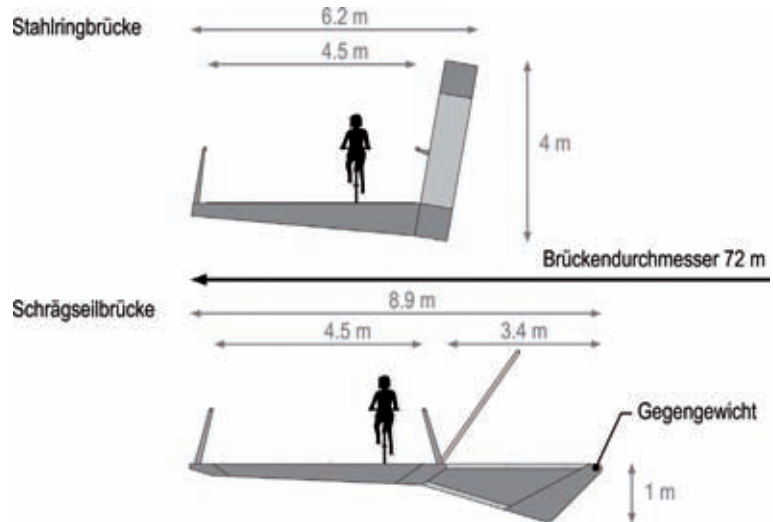


Bild 13: Querschnitte bevorzugter Brückenkonzepte (© ipv Delft)

die horizontale Belastung der Brücke zu verringern.

Um komfortable Zufahrtsrampen zu realisieren, ist es wichtig, diese direkt und mit geringer Steigung zu planen. Radfahrer und Fußgänger empfinden einen indirekten Wegverlauf als sehr unbefriedigend. Bei langen Zufahrtsrampen mit vielen Haarnadelkurven wurde deutlich, dass Radfahrer oft die direkte, unkomfortable Route über die Fußgängertreppen benutzten und nicht die für die Radfahrer vorgesehenen Serpentinien. Sie empfinden dies als Umweg. Beim Hovenring sind diese direkten und komfortablen Zufahrtsrampen durch die niedrigere Position der gesamten Kreuzung für den Autoverkehr ermöglicht worden. Diese ist 1,5 Meter niedriger und damit gerade über Grundwasserniveau realisiert worden. Dadurch wurde der zu überwindende Höhenunterschied für die Radfahrer auf ca. 4,5 Meter zurückgebracht. Die Rampen und die zugehörigen Steigungsprozente sind in Bild 15 wiedergegeben. Da in den Nieder-

landen oft über die anzuwendenden Steigungsprozente diskutiert wird, sind im Rahmen dieses Projektes verschiedene Steigungen in Eindhoven ausgemessen worden und während einer gemeinsamen Radtour mit dem Projektteam befahren worden. Eine maximale Steigung von 3,1 Prozent war für alle Beteiligten akzeptabel. Weitere Informationen über die Anwendung von Steigungsprozente für Radfahrer finden Sie in [1].

Leider konnten mit dem angrenzenden Hotel und dem Autohaus keine Einigung erzielt werden, um gleich alle Zufahrtsrampen zum Hovenring

	Stahlringbrücke	Schrägseilbrücke
Ausstrahlung	<p>✗</p> <ul style="list-style-type: none"> spektakulär, sehr anwesend Landmark nur direkter Umgebung sichtbar 	<p>✓</p> <ul style="list-style-type: none"> spektakulär, ruhig Landmark weiter Umgebung sichtbar
Statik	<ul style="list-style-type: none"> nicht optimal 	<ul style="list-style-type: none"> optimal
ökonomisch	<ul style="list-style-type: none"> kein Unterschied 	<ul style="list-style-type: none"> kein Unterschied

Bild 14: Auswertung bevorzugter Brückenkonzepte (© ipv Delft)

zu bauen (weiße Strichellinie in Bild 15). Dies kann jedoch im Nachhinein einfach nachgeholt werden. In Rücksprache mit den Verkehrs- und Stadtplanern ist beschlossen worden, die Zufahrtsrampen jeweils auf einem Erdwall zu gründen und nicht aufgeständert auszuführen (Bild 16), erstens weil die Erdwälle ein ruhigeres und sichereres Bild bieten und zweitens weil sie zudem so auch eine lärmschützende Wirkung haben. Außerdem waren die Rampen auf den Erdwällen kostengünstiger realisierbar.

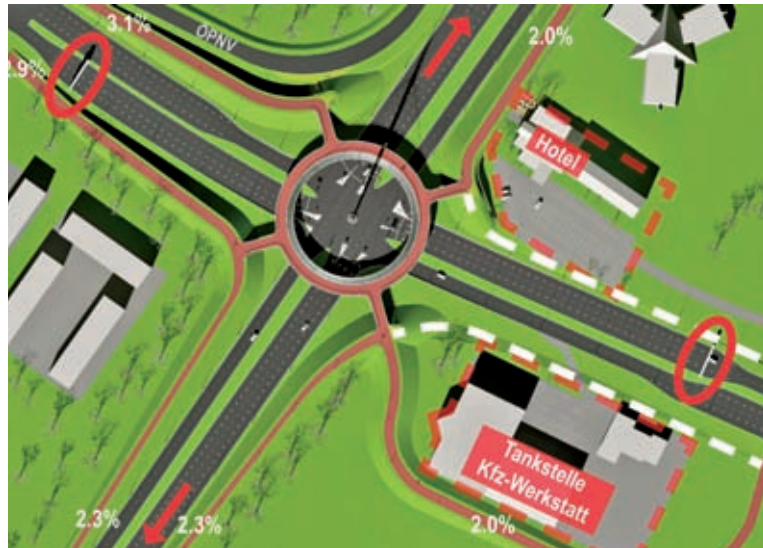


Bild 15: Optimierung der Route mit Anfahrtschutz (© ipv Delft)

Die Verringerung der horizontalen Belastung der Brücke wurde durch die Anpassung der Zufahrtsportale vor der Kreuzung (rot umkreist in Bild 15) erzielt. Normalerweise sind dies sehr filigrane Konstruktionen, welche keine horizontalen Belastungen aufnehmen können. Beim Hovenring sind die Zufahrtsportale so entworfen, dass diese alle kritischen horizontalen Lasten aufnehmen können (Bild 17). Hiermit konnten ca. 1 Mio. Euro Baukosten gespart werden. Im Falle einer Kollision sind diese Portale auch viel einfacher zur reparieren. Schon einige Wochen nach der Fertigstellung des Hovenringes wurde eines der Portale angefahren (Bild 18), woraufhin sich die

zuvor dargelegten Überlegungen bestätigten und sich die Vorzugsvariante als ein kluger Entwurf erwies.

Der zentrale Pylon wird durch einen Betonring (Bild 19) vor Kollisionen geschützt. In dieser Phase der Einpassung ist auch der endgültige Umfang des Hovenringes bestimmt worden. Mit einem Durchmesser von 72 Meter ist die Brücke vom Weg aus als rundes Objekt sichtbar und passte auch in das mittlere Feld der früheren Kreuzung

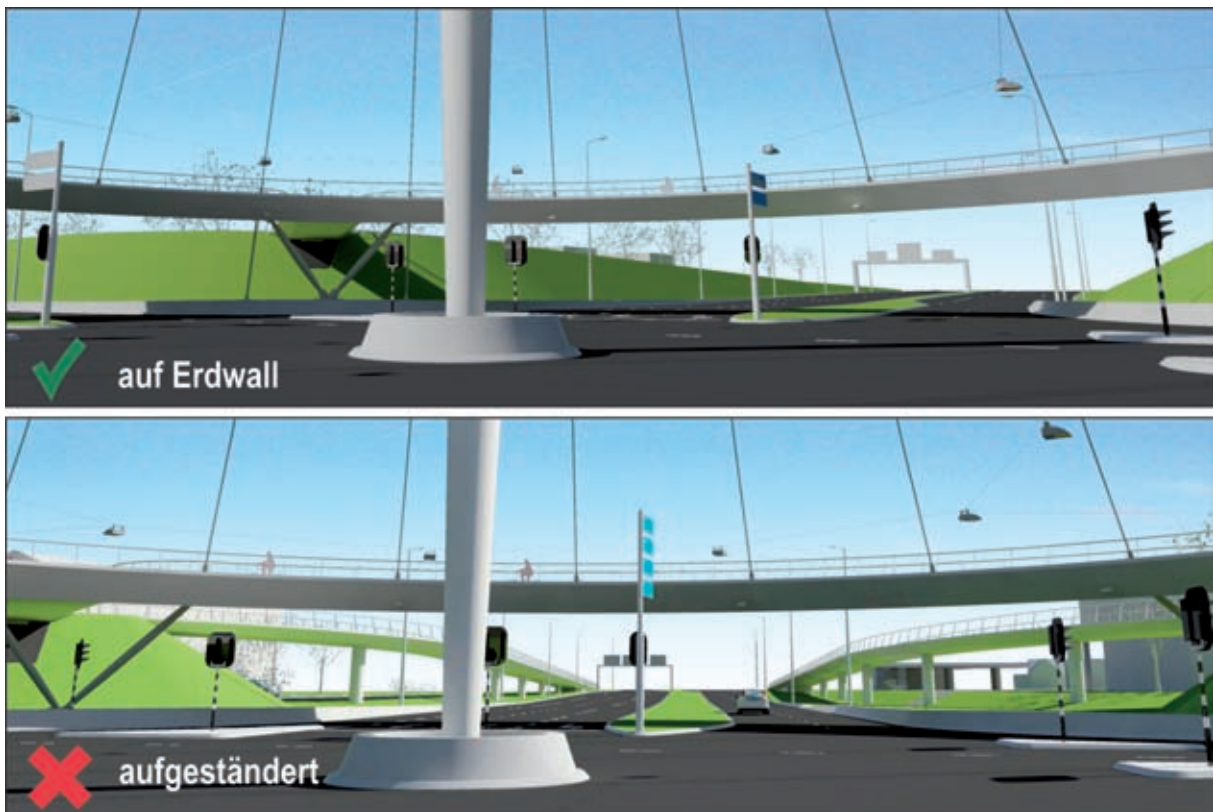


Bild 16: Rampen auf Erdwall und aufgeständerte Variante

(© ipv Delft)



Bild 17: Entwurf neues Zufahrtsportal (© ipv Delft)



Bild 18: Beschädigtes Zufahrtsportal (© ipv Delft)

(Bild 11). Das niedrigere Niveau der neuen Kreuzung hat als zusätzlichen positiven Nebeneffekt, dass die Stützmauern in den Ecken der Kreuzung gleichzeitig auch eine gute Abschirmung für die Befestigungen gegen eventuelle Schwankungen der Brücke bietet.

Bei dieser Einpassung wurden also kostensparende Lösungen für ein schlankes Brückendeck gefunden, welche außerdem noch den Nutzungskomfort erhöhen.

Die Einpassung ist die wichtigste Phase bei der Planung für den zukünftigen Erfolg einer Brücke. In dieser Phase wird nach besten Lösungen für alle Betroffenen gesucht. Um dies erreichen zu können gibt es zu diesem Zeitpunkt auch einen intensiven Kontakt mit allen beteiligten Disziplinen (Bild 9).

5 Ausarbeitung des Brückenkonzeptes

Um in dieser Phase die Vorzugsrichtungen des Entwurfes untermauern zu können, sind die vorgestellten Konzepte in Bezug auf allgemeine konstruktive und finanzielle Aspekte betrachtet worden. Außerdem wurden die Hauptabmessungen festgestellt und es ist mit der Anpassung der Zufahrtsportale ein überraschendes Element zur Verbesserung des Konzeptes gefunden worden. Nach unserer Erfahrung finden sich bei der hier erläuterten Arbeitsweise mit einer gediegenen Grundlagenanalyse in Bezug auf Kontext und Einpassung oft überraschende Lösungen. Diese Lösungen sind mehr als nur konstruktive Grundlagen für die Überbrückung einer Barriere. In der folgenden Phase wird die Vorzugsvariante weiter



Bild 19: Anfahrtschutz Pylon

(© ipv Delft)

ausgearbeitet. Hierbei werden die Brückenkonstruktion selbst, Lösungen für die Stützpunkte, Brücken- und Seilswingungen und das Lichtkonzept weiter erläutert.

5.1 Brückenkonstruktion

Die Brücke besteht aus einem 70 Meter hohen, stählernen Pylon und einem kreisförmigen, stählernen Brückendeck mit einer nutzbaren Fahrbahnbreite von 4,5 Meter. Sie wird von 24 Stahlseilen getragen. Das Brückendeck befindet sich an der Außenseite der Trageseile und ein Gegengewicht an der Innenseite (Bild 20). Die Seile sind in einem Abstand von jeweils acht Metern im Schwerpunkt des Brückendecks befestigt. Bei einer maximalen Belastung durch die Nutzer bewegt sich der äußere Rand des Decks maximal 45 Millimeter.

5.2 Schwingungen

Durch die unregelmäßige Belastung durch die Nutzer kann die Brücke in Schwingung geraten. Bild 21 zeigt, wie die Befestigung in den Ecken die Schwingungen verhindern. Diese Stützpunkte (Bild 22) bestehen aus massiven Stahlstäben, welche M-förmig angebracht sind und so die horizontale Belastung auffangen.

5.3 Schwingungen des Decks und der Seile

Bei einer solchen Stahlkonstruktion spielen Schwingungen eine wichtige Rolle bei der Ausarbeitung des Entwurfes. Hierbei gibt es zwei unterschiedliche Aspekte: Schwingungen im Brückendeck, welche Einfluss auf den Nutzungskomfort haben, und Schwingungen der Seile, welche durch den Wind hervorgerufen werden.

Aus einer Analyse der Eigenfrequenz und des Schwingungsverhaltens der Konstruktion als Ganzes ergab sich, dass die Eigenfrequenz von 2,3 Hertz zu gering war. Um dies zu optimieren, gab es die Möglichkeit, Dämpfer für die Seile anzubringen oder das Gewicht der Konstruktion zu verstärken. In diesem Falle wurde das Gewicht der Konstruktion verstärkt. Das Brückendeck ist teilweise mit Beton gefüllt. Diese Maßnahme führte zu einem Eigengewicht des Decks von 500 kg/m^2 und hat sich als effektive Lösung erwiesen, um die Schwingungen bei der Nutzung der Brücke zu reduzieren. Das Anbringen von Dämpfern wurde u. a. aus Unterhaltungsgründen nicht weiter in Erwägung gezogen.

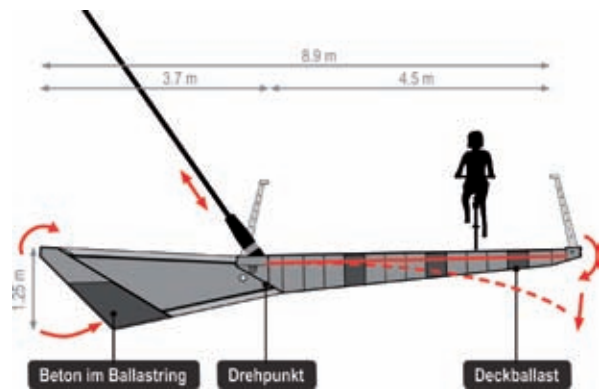


Bild 20: Querschnitt Deck

(© ipv Delft)

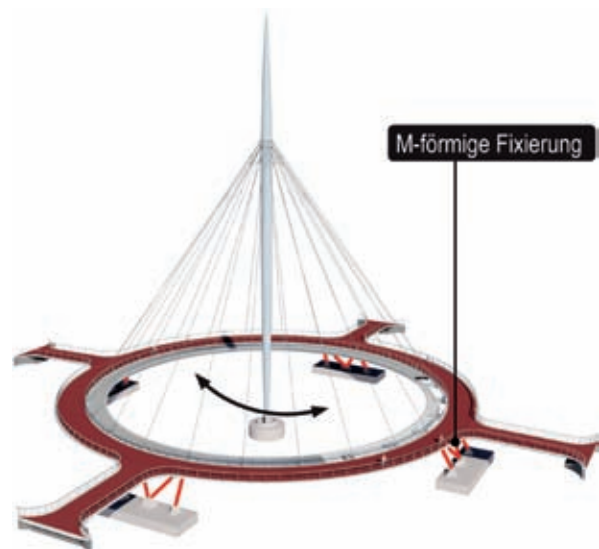


Bild 21: M-förmige Befestigungen – Schema

(© ipv Delft)



Bild 22: M-förmige Befestigungen – Realisierung

(© ipv Delft)

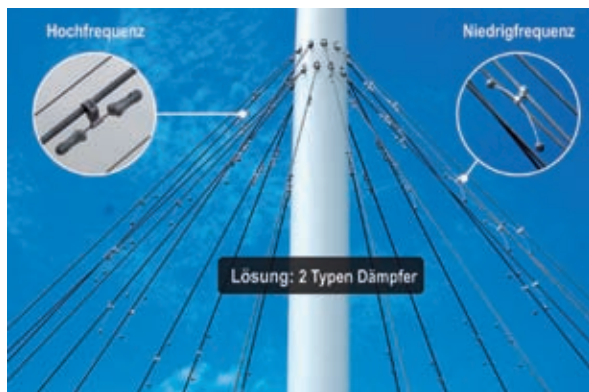


Bild 23: Dämpfer gegen Seilswingungen
(© ipv Delft)



Bild 24: Seilbefestigung am Pylon und Inspektionsraum
(© ipv Delft)



Bild 25: Lamellenzwischenraum
(© ipv Delft)

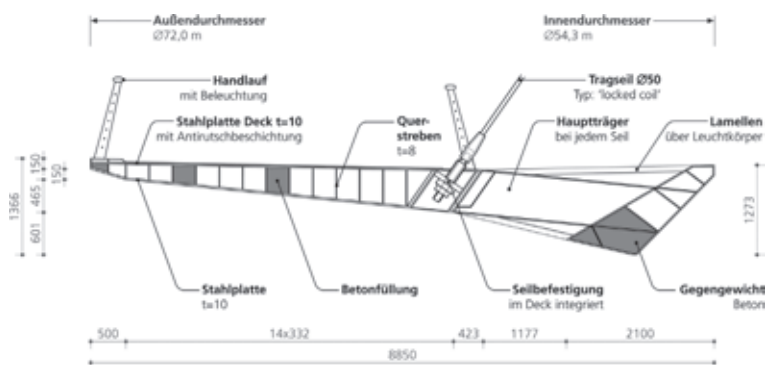


Bild 26: Querschnitt Deck
(© ipv Delft)

5.4 Dämpfersystem für die Seile

Schon bei Beginn des Projektes wurde beschlossen, Dämpfer für die Stahlseile nur dann anzubringen, wenn sie wirklich nötig sind, jedoch ein Budget hierfür zu reservieren. Die vorherige Berechnung derartiger Schwingungen ist sehr schwierig und oft nicht wirklich zuverlässig. Während des Baus des Hovenringes zeigte sich, dass die Seile tatsächlich zu hohe Schwingungen aufwiesen. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Eigenfrequenzen und die Dämpfungswerte der gegenwärtigen Konstruktion gemessen und daraufhin ist von Professor Zasso (Mailand), ein internationaler Experte auf diesem Gebiet, ein Tuned-mass-Dämpfersystem entworfen worden (Bild 23). In einem Abstand von ca. 10 Metern unterhalb der Pylonspitze befindet sich jeweils ein Dämpfer für die tiefere Eigenfrequenz und in einem Abstand von ca. 3,5 Metern sind Dämpfer für höhere Frequenzen angebracht (Bild 23). Diese Dämpfer konnten mit dem für diese Zwecke reservierten Budget realisiert werden.

5.5 Seilbefestigung am Pylon

Aufgrund des geringen Raumes sind die 24 Seile in Reihen von jeweils zwei Seilen übereinander am Pylon befestigt worden (Bild 24). Die Befestigung führt durch die Wand des Pylons und wird mit einer Mutter im Inneren des Pylons befestigt. Dies ermöglicht die Inspektion der Seilbefestigung durch eine Person oder durch eine Kamera im Inneren des Pylons. Die Seilbefestigungen im Brückendeck sind durch spezielle, verschließbare Öffnungen an der Unterseite des Decks zu erreichen.

5.6 Multifunktionaler Raum zwischen Brückendeck und Gegengewicht

In Bild 25 und Bild 26 ist der Raum zwischen dem Deck und dem Gegengewicht zu sehen, welcher benötigt wird, um den Schwerpunkt der Konstruktion mit der Seilbefestigung zusammen zu bringen. Diese für die Konstruktion benötigte Kammer ist ein multifunktionaler Raum geworden, der für die Inspektion genutzt wird und Platz für die ansprechende Beleuchtung des Brückendecks bietet. In der Öffnung zwischen dem Deck und dem Gegengewicht sind transparente Kunststoffplatten und Aluminiumlamellen angebracht worden, welche mit einfachen Leuchtstoffröhren

beleuchtet werden und so den vom Weg und vom Deck aus sichtbaren Lichtring ermöglichen. Dieser Lichtring passt zum Image der Lichtstadt Eindhoven. Im Lamellenzwischenraum befindet sich auch Platz für Kabel und die technischen Installationen, sowie für die Beleuchtungselemente. Dieser Raum ist einfach zur erreichen durch das Öffnen der untersten Lamellen (Bild 25).

5.7 Funktionale Beleuchtung

Das Brückendeck wird vom Handlauf aus beleuchtet (Bild 27 und Bild 28). Hierfür ist zusammen mit der Firma Philips ein Extrusionsprofil aus Aluminium mit zwei LED-Leuchten, Verkabelung und Befestigung entwickelt worden. Eine etwas weniger starke LED-Leuchte an der Seite des Handlaufs beleuchtet die Gesichter der Brückennutzer und vergrößert somit die soziale Sicherheit. Die Kreuzung selbst wird durch 12 Leuchten an der Innenseite des Gegengewichtes und durch acht Leuchten an den über der Kreuzung gespannten Kabeln beleuchtet. Die Unterseite des Pylons wird mithilfe von vier Leuchten innerhalb des schützenden Betonringes beleuchtet. Der obere Teil des Pylons wird von vier Scheinwerfern in den Erdwällen von der Außenseite der Kreuzung beleuchtet.

6 Bauphase

Die neue Kreuzung und die Brücke sind zum Großteil innerhalb des bestehenden Kreisverkehrs realisiert worden, um den Verkehr nicht unnötig zu behindern. Das Gegengewicht und das Brückendeck sind in zwölf Einzelteilen mit einer Länge von jeweils 16 Metern in einer Fabrik in Eeklo (bei Gent in Belgien) gebaut und mit dem Schiff nach Eindhoven transportiert und dort montiert worden (Bild 29).

Der Pylon ist in zwei Teilen transportiert worden und wurde liegend unter der Brücke montiert. Zwei Kräne

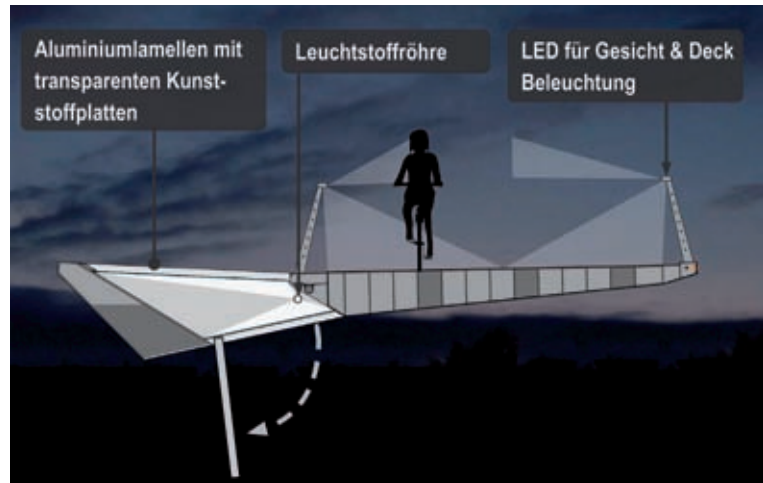


Bild 27: Lichtring

(© ipv Delft)

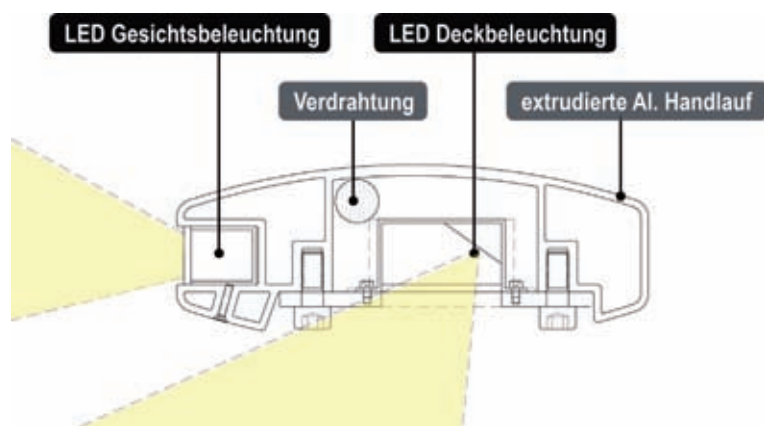


Bild 28: Handlauf

(© ipv Delft)



Bild 29: Realisation – Montage Brückendeck

(© ipv Delft)



Bild 30: Realisation – Montage Pylon

(© ipv Delft)



Bild 31: Brückendeck während der Realisierung

(© ipv Delft)

haben den Pylon dann in seine Position gebracht. Der Brückenring war zu dem Zeitpunkt schon fertiggestellt, wodurch die Konstruktion gleich mit den Seilen am Pylon befestigt werden konnte (Bild 30).

Die Brücke (Bild 31) ist mit einer besonders dünnen, langlebigen Spezialbeschichtung mit einer schützenden Zinkschicht behandelt. Dieser Schutz bleibt voraussichtlich über 20 Jahre erhalten.

Der Bauablauf für den Pylon und das Deck kann in folgende Bauphasen gegliedert werden:

1. Montieren/Schweißen des gesamten Ringes inklusive der Rampen und der Hilfskonstruktion,
2. Positionieren des Pylons und Stabilisieren mit vier Seilen,
3. Anbringung aller Seile,
4. Abspannen aller Seile bis zu 80 % des eigenen Gewichtes der Konstruktion mit Hilfe von Schraubgewinden,
5. Absenken der Hilfskonstruktion um 20 Millimeter, wodurch das komplette eigene Gewicht durch die Seile getragen wird,
6. Positionierung der Stützkonstruktion,
7. Auf-Spannung-Bringen der Zugstäbe der Stützkonstruktion.

7 Fazit

Heute benutzen jeden Tag 5.000 Radfahrer den Hovenring. Die Kreuzung wird von 20.000 Autos befahren. Es wird in Zukunft mit einer Verdoppelung der Anzahl der Radfahrer gerechnet. Untersuchungen haben ergeben, dass die Nutzer sehr zufrieden sind mit dieser Brücke. Eine Frau beschrieb ihre Fahrt über den Hovenring sogar als „spirituelle Erfahrung“.

Wir hoffen, dass diese Umschreibung des Prozesses der Planung des Hovenringes Sie inspiriert hat. Eine gute Grundlagenanalyse mit Bezugnahme auf alle Wünsche und Ansprüche kann Ihnen bei der Planung von nutzerfreundlichen, in den Kontext passenden, bezahlbaren und langlebigen Brückenkonzepten helfen. Das Einbeziehen aller Beteiligten mit ihren verschiedenen Disziplinen während des Entwicklungsprozesses ist hierbei von großer Bedeutung.

Eine gute Brücke ist selten ein Standardentwurf. Unsere Entwürfe bestehen aus verschiedenen Baustoffen und wir entwickeln Brücken zusammen mit Fabrikanten. Bei fast allen unseren Projekten entwerfen wir schließlich doch eine Brücke passend für die jeweilige Situation. Diese passt oft besser in den Kontext und ist meistens auch noch günstiger im Preis. Eine gute Brücke hat ein logisches Konzept.

Am Projekt Beteiligte:

Entwurf:
ipv Delft

Statik:
Witteveen + Bos

Bauunternehmer:
Combinatie Hovenring – BAM Infra und Victor
Buyck Steel Construction

Einige Daten:

- ❑ Autos: 20.000 pro Tag (2015)
- ❑ Radfahrer: 5.000 pro Tag (2015),
zukünftig 10.000 pro Tag

- ❑ Höhe Pylon: 70 Meter
- ❑ Anzahl der Seile: 24
- ❑ Außendurchmesser des Ringes: 72 Meter
- ❑ Fahrbahnbreite: 4,5 Meter
- ❑ Gesamtfläche Fahrbahn: 1.300 m²
- ❑ Stahlmenge gesamt: 1.015 Tonnen
- ❑ Baukosten Brücke: 6.5 Mio. Euro
- ❑ geplantes Budget für die Brücke: 8.5 Mio. €

Literatur

- [1] ipv Delft (Ed.): Brief Dutch Design Manual for Bicycle and Pedestrian Bridges. 2.6.2015, Download unter: www.ipvdelft.com/publications (Stand 15.12.2015)
- [2] Rothwell, J. in ‚The New Republic‘, 6.3.2012

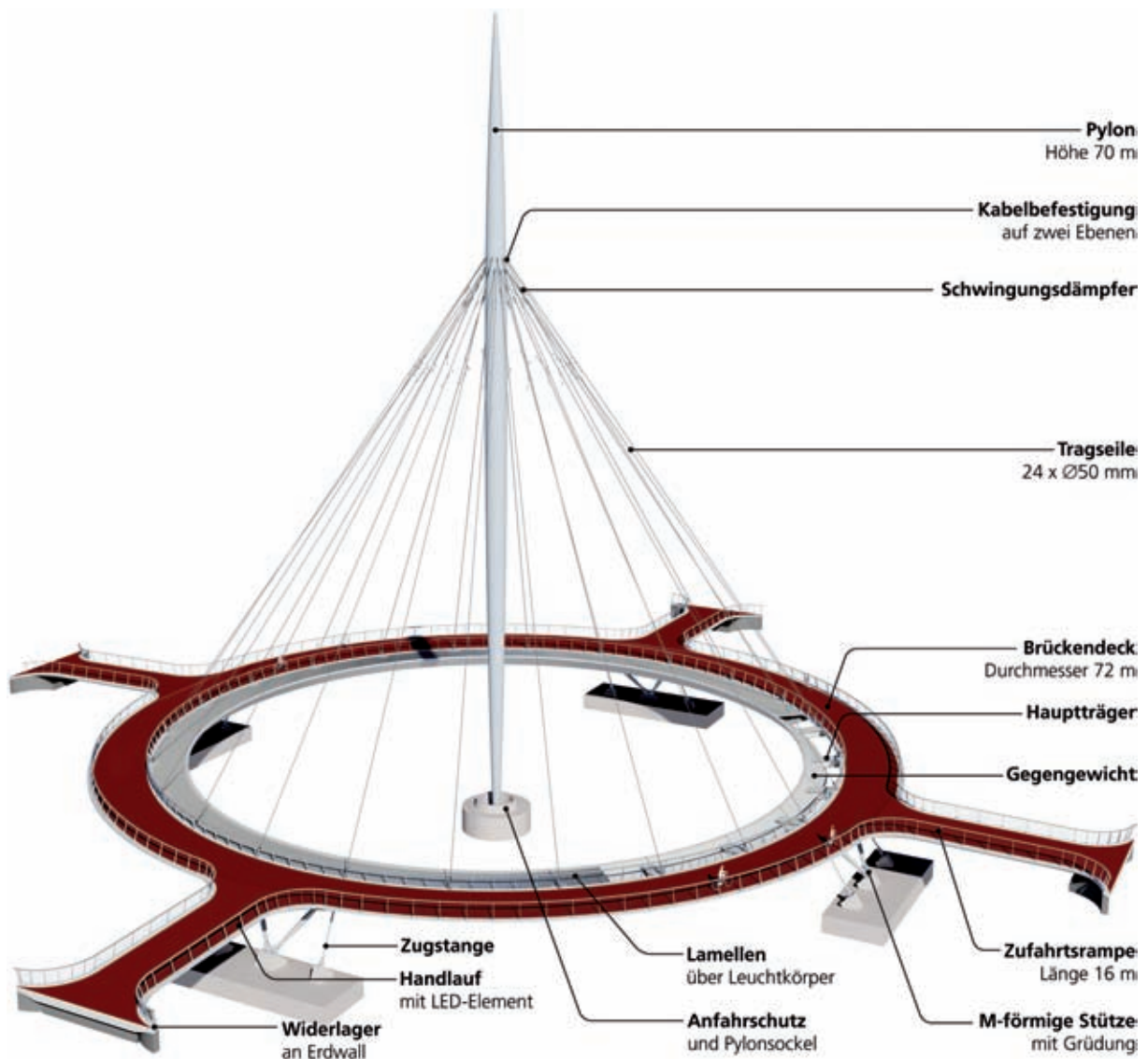


Bild 32: Übersicht Hovenring

(© ipv Delft)

Im gedruckten Tagungsband stand hier eine Anzeige. Sie wurde für die Online-Fassung entfernt.