



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN

25

9./10. März 2015

DRESDNER
BRÜCKENBAU
SYMPOSIUM



© 2015 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: Ammar Al-Jamous

Anzeigen: Harald Michler

Titelgestaltung: Ulrich van Stipriaan

Auflage: 1.500 Stück

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

ISSN 1613-1169
ISBN 978-3-86780-421-9

Tagungsband

25. Dresdner Brückenbausymposium

Institut für Massivbau
Freunde des Bauingenieurwesens e. V.

09. und 10. März 2015

Inhaltsverzeichnis

0 Herzlich Willkommen zum 25. Dresdner Brückenbausymposium	
<i>Magnifizenz Prof. Dr.-Ing. habil. DEng/Auckland Hans Müller-Steinhagen</i>	11
1 Überall Brücken – von der Vielgestaltigkeit eines Gedankens	
<i>Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach</i>	15
2 Brückenbau in Deutschland – eine Auswahl zukünftiger Schwerpunkte	
<i>Dr.-Ing. Gero Andreas Marzahn</i>	33
3 25 Jahre Dresdner Brückenbausymposium – eine deutsche Erfolgsgeschichte	
<i>Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stritzke</i>	37
4 Bridge Architecture – from Structure to Elegance	
<i>Dr. Michel Virlogeux</i>	63
5 Fußgängerbrücken – Entwurf und Konstruktion	
<i>Dipl.-Ing. Andreas Keil</i>	69
6 Schlanke vorgespannte Fußgängerbrücke aus Textilbeton	
<i>Univ.-Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger, Dipl.-Ing. Sergej Rempel, Dr.-Ing. Christian Kulas</i>	83
7 Pilotanwendungen von Textilbeton für Verstärkungen im Brückenbau	
<i>Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Jürgen Feix, Dipl.-Ing. Dr. Mario Hansl</i>	99
8 Gustave Magnel – ein Wegbereiter der Spannbetonbauweise	
<i>Prof. dr. ir. Luc R. Taerwe</i>	113
9 Integrale Brücken im Wandel der Zeit	
<i>Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner, Jaroslav Kohoutek M.Sc.</i>	131
10 Dynamisch über das Saale-Elster-Tal – Bemessung und Konstruktion einer Stabbogenbrücke für den Eisenbahnhochgeschwindigkeitsverkehr	
<i>Dipl.-Ing. Rolf Jung, Dipl.-Ing. Tobias Mansperger</i>	151
11 Sicherung der Rheinbrücke Leverkusen – Von der Schadensaufnahme zum Instandsetzungsmanagement unter Berücksichtigung der Altstahlproblematik	
<i>Dr.-Ing. Gero Marzahn, Dr.-Ing. Markus Hamme, Dr.-Ing. Peter Langenberg, Prof. Dr.-Ing. Gerd Groten, Dipl.-Ing. Michael Paschen</i>	163
12 Friedrichsbrücke Berlin – Denkmalgerechte Erneuerung und Anpassung der Friedrichsbrücke über die Spree – die Verbindung von zwei verschiedenartigen Brückenkonstruktionen	
<i>Dipl.-Ing. Michael Hänig, Dipl.-Ing. (FH) Andreas Höregott, Dipl.-Ing. Andrea Thoms</i>	181
13 Egg-Graben-Brücke, Wildbrücke AM2, Lafnitzbrücke – Anwendung von neuen Bauverfahren für Brücken in Österreich	
<i>Prof. Dr.-Ing. Johann Kollegger, Dipl.-Ing. Sara Foremniak, Dipl.-Ing. Benjamin Kromoser</i>	193

14 Feuerverzinken im Brückenbau – Anwendung und aktuelle Forschungsergebnisse	
<i>Holger Glinde</i>	217
15 Das Schwergutgewerbe – Großraum- und Schwertransporte, Autokrane, Brückenbau	
<i>Dipl.-Ing. Wolfgang Draaf</i>	229
16 Massivbrücken unter extremen Wetterbedingungen	
<i>Dr.-Ing. Dirk Proske</i>	239
17 Brückenbauexkursion 2014 – Spurensuche in Deutschland	
<i>Dipl.-Ing. Robert Zobel, Dipl.-Ing. Sebastian Wilhelm</i>	253
18 Chronik des Brückenbaus	
<i>Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner</i>	265
19 Inserentenverzeichnis	
<i>Übersicht der Werbeanzeigen im Tagungsband</i>	287

8 Gustave Magnel – ein Wegbereiter der Spannbetonbauweise

Prof. dr. ir. Luc R. Taerwe

*Magnel Laboratory for Concrete Research,
Department of Structural Engineering, Ghent
University, Belgium*

*(Übersetzung des Originalbeitrags Contributions of
Gustave Magnel to the development of prestres-
sed concrete von Dajana Musiol und Silke Schee-
rer, Institut für Massivbau, TU Dresden)*

Zusammenfassung

In den frühen 1940er Jahren führte Prof. Gustave Magnel (1889-1955) an der Universität Gent (Belgien) weitreichende Forschungsprogramme an maßstabsgetreuen Spannbetonträgern durch, um Konstruktionsmethoden für dieses neue Material zu erarbeiten. Er entwickelte weiterhin ein eigenes Verankerungssystem, welches bis Mitte der 1960er Jahre in Belgien verwendet wurde. Magnel hielt zahlreiche Vorlesungen in unterschiedlichen Ländern, in denen er einfach und verständlich die Prinzipien der Spannbetonbauweise erklärte. Er war außerdem an Entwurf und Konstruktion der ersten mit Spannbeton errichteten Brücke in den USA beteiligt, der Walnut Lane Memorial Bridge in Philadelphia (1949-1951). Auch war Magnel der Autor des ersten englischsprachigen Fachbuches über die Spannbetonbauweise. Magnel entwarf eine der ersten mit Spannbeton gebauten Eisenbahnbrücken in Europa und auch die erste statisch unbestimmte Spannbetonbrücke der Welt.

Während der 1950er Jahre verbrachten viele namhafte Ingenieure aus aller Welt einige Zeit in Magnels Laboratorium in Gent, um zum Spannbeton zu forschen und sich mit der praktischen Umsetzung der Spannbetonbauweise vertraut zu machen.

8.1 Die Zeit des Stahlbetons

Gustave Magnel (Bild 8.1) wurde 1889 geboren und schloss sein Studium als Bauingenieur an der Universität Gent 1912 erfolgreich ab [1], [2], [3]. Zwischen 1914 und 1919 arbeitete Gustave Magnel zunächst für einen Londoner Bauunternehmer. Im Jahr 1919 begann er seine Karriere an

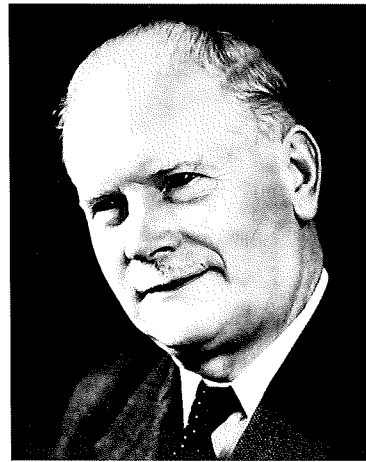


Bild 8.1: Prof. Gustave Magnel (1889-1955) (Foto: Ghent University, Universitätsarchiv)

der Universität Gent (Belgien). Magnel sprach also nicht nur fließend Französisch und Niederländisch, sondern aufgrund seines Aufenthaltes in London auch hervorragendes Englisch, was für seine späteren Kontakte nach Nordamerika sehr nützlich war. Französisch war zu dieser Zeit nicht nur die Fachsprache, die von Ingenieuren in Belgien gesprochen wurde, sondern auch die allgemein gebräuchliche Sprache für internationale Kontakte in Europa.

1923 veröffentlichte Magnel sein erstes Buch zum Spannbeton: *Pratique du calcul du béton armé* [4]. Im gleichen Jahr veröffentlichte auch das Belgian Standards Institute erste Konstruktionsrichtlinien für Bauwerke aus Stahlbeton, an denen auch Magnel maßgeblich mitgewirkt hatte [5]. In einer seiner ersten technischen Abhandlungen beschäftigte er sich mit dem Einfluss der Stützensteifigkeit auf die Spannungen in Stahlbeton-Durchlaufträgern [6].

Magnel wurde schnell klar, dass für die weitere Entwicklung der Stahlbetonbauweise umfangreiche Forschungen durchgeführt werden mussten – mit anderen Worten: er benötigte ein Labor. Trotz aller politischen und finanziellen Schwierigkeiten konnte er 1926 sein *Laboratory for Reinforced Concrete* im Keller eines ehemaligen Hotels gründen [7]. In seinem Labor standen Magnel eine 300-kN-Universalprüfmaschine sowie eine 3000-kN-Druckprüfmaschine zur Verfügung. Über seine

Bemühungen zur Realisierung und Betriebsfähigkeit seines Labors schrieb er in [7]: „*The ultra-rapid evolution of technology, forces university institutes to adapt themselves continuously to the actual requirements at the risk of failing in their task. This adaptation cannot happen on the initiative of the university management which, by definition, is not competent for it and, moreover, rather looks for savings than for new expenditures. Hence, it is the task of the professors to do the impossible to keep their teaching and research at the required level*“¹. Weiterhin fährt Magnel fort [7]: „*It not only goes about having a laboratory: the question is to keep it operational, which requires additional funding. We obtain an extra income from testing we perform for contractors, companies and public authorities*“²

1937 zog das Labor in ein neues Gebäude des Instituts für Ingenieurwesen um, in welchem mehr Platz zur Verfügung stand und neue Versuchsmaschinen eingebaut werden konnten. Im Jahr 1940 war Prof. Magnels Labor das weltweit führende und technisch modernste Forschungs- und Versuchslabor zur Untersuchung von Stahlbeton. Magnel hatte nur wenig Verwendung für Tests an Probekörpern kleineren Maßstabs, weshalb 1950 ein Aufspannfeld installiert wurde, was es ermöglichte, Belastungsversuche an Stahl- und Spannbeton-elementen in Echtgröße durchzuführen. 1975 zog das Labor abermals um. Diesmal an den Stadtrand von Gent, wo es sich heute noch befindet [8], [9], 1990 wurde das Labor umbenannt in *Magnel Laboratory for Concrete Research* um hervorzuheben, dass sowohl zu Materialien als auch zu Konstruktionsweisen geforscht wird.

8.2 Frühe Beiträge zur Entwicklung der Spannbetonbauweise

Erstmals erwähnte Magnel seine Grundsätze zu Spannbeton und zur nachträglichen Vorspannung mit externen Kabeln in seinen Veröffentlichungen

¹Die rapide Entwicklung der Technik zwingt die Institute der Universitäten dazu, sich ständig an die aktuellen Erfordernisse anzupassen, immer mit dem Risiko, dieser Aufgabe nicht gerecht zu werden. Diese Anpassung kann jedoch nicht auf Initiative der Universitätsleitung stattfinden, da diese per definitionem fachlich nicht dafür geeignet ist und außerdem vorrangig versucht zu sparen und nichts auszugeben. Daher ist es die Aufgabe der Professoren, Unmögliches zu tun, um Lehre und Forschung auf dem neuesten Stand zu halten.

²Es geht nicht nur darum, ein Labor zur Verfügung zu haben – die Frage ist, wie es einsatzbereit bleiben kann – und dazu benötigt man weiteres Kapital. Wir erhalten zusätzliche Einnahmen durch Versuche, die wir für Bauunternehmer, Firmen und öffentliche Einrichtungen durchführen.

im Jahr 1940, z. B. [10], bei denen er sich auf Ausführungen von Eugene Freyssinet bezieht. Dessen Techniken wurden im Ausland bereits verwendet und Magnel versuchte, belgische Baufirmen davon zu überzeugen, diese ebenfalls anzuwenden.

Während der 1940er Jahre hatte Magnel die Möglichkeit, Forschungen an originalgetreuen Spannbetonträgern durchzuführen. Er untersuchte ebenfalls die Phänomene des Kriechens von hochfesten Stahldrähten und das Kriechen und Schwinden von Beton. Während der Kriegsjahre war es für Magnel unmöglich, das von Freyssinet entwickelte System zu beziehen, weshalb er daraufhin ein eigenes System entwickelte, welches als das Belgische System bzw. das *Magnel-Blaton-System* bekannt wurde, Bild 8.2 und [14].

Die Verankerungen dieses Systems bestehen aus sogenannten Sandwichplatten, die parallel zueinander angeordnet sind und mit einer Ankerplatte aus Stahlguss in Verbindung stehen. Jede dieser Spannplatten ist ausgestattet mit vier keilförmigen Aussparungen, in denen jeweils zwei Drähte – typischerweise mit einem Durchmesser von 5 mm – mit einem Stahlkeil gesichert sind. So erhält man einen gleichmäßigeren Spannungszustand in allen Drähten eines Spannglieds, als wenn alle Drähte auf einmal gespannt werden würden. Ferner ist eine relativ kleine Presse für das Spannen der Drähte ausreichend (Bild 8.3). Das aus mehreren Drähten bestehende Kabel wird entweder in einem metallischen Hüllrohr platziert oder es wird durch zuvor ausgesparte Hohlräume im Beton hindurchgeführt, sobald dieser ausreichend erhärtet ist. Über die gesamte Länge des Spannglieds sind in gleichem Abstand vertikal und horizontal Abstandhalter angebracht, die dafür sorgen, dass die Position der Drähte über die Spanngliedlänge gleichbleibt. Durch diese Anordnung verblieb um jeden Spanndraht ausreichend freier Raum, um es mit Injektionsmörtel umhüllen und somit einen ausreichenden und dauerhaften Schutz vor Korrosion sicherstellen zu können.

Das *Magnel-Blaton-System* wurde bis in die frühen 1960er Jahre bei fast allen Spannbetonbrücken in Belgien verwendet. Danach wurde es immer weniger angewendet, da die von Magnel erdachte Technik sehr arbeitsaufwendig war. Zudem begann die Zeit der Litzenspannglieder, die eine höhere Leistungsfähigkeit besaßen.

1946 publizierte Magnel seine Bemessungsmethode für statisch bestimmte Balken [11]. Er formulierte die folgenden vier Spannungszustände unter Gebrauchslast in den kritischen Bereichen:

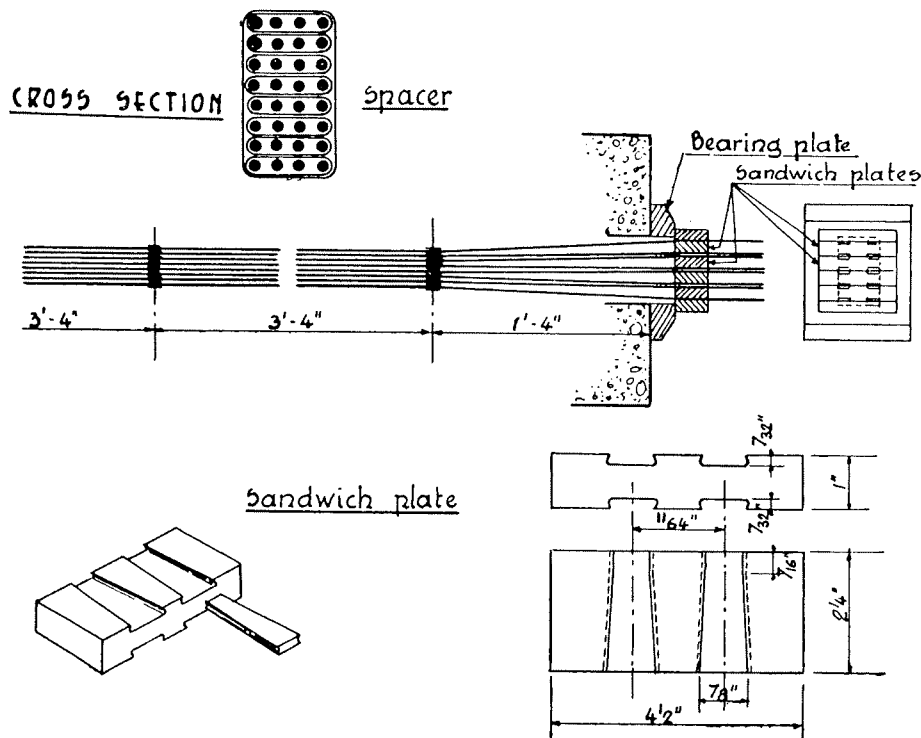


Bild 8.2: Verankerung beim Bleton-Magnet-System [14]

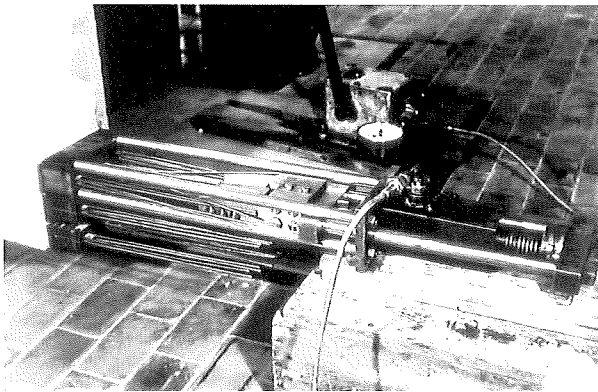


Bild 8.3: Spannpresse beim Bleton-Magnet-System [14]

1. Die Zugspannung in der obersten Faser muss infolge von Vorspannung ($t = 0$) und Eigengewicht kleiner als die zulässige Zugspannung sein.
2. Die Druckspannung in der obersten Faser muss unter Vorspannung und Vollast kleiner als die zulässige Druckspannung sein.
3. Die Druckspannung in der untersten Faser muss infolge von Vorspannung ($t = 0$) und

Eigengewicht kleiner als die zulässige Druckspannung sein.

4. Die Zugspannung muss unter langanhaltender Vorspannung ($t = \infty$) und Vollast kleiner als die zulässige Zugspannung sein.

Diese Ungleichungen, durch Geraden in einem Diagramm mit den Achsen $1/P_i$ (mit P_i = anfängliche Vorspannkraft) und e (Exzentrizität) visualisiert, zeigt Bild 8.4. Es ergibt sich ein Viereck, welches die zulässigen Kombinationen von P_i und e zeigt. Bei der Bemessung wählte man dann quasi den Wert für die Exzentrizität, die den kleinsten Wert A für die Vorspannkraft P_i ergab.

Für die Querkraftbemessung berücksichtigte Magnet den begünstigenden Effekt einer Vorspannung auf den Querkraftwiderstand eines Bauteils. Er suchte den Abschnitt und die Faser aus, wo die Hauptzugspannungen am höchsten ausfielen und verglich diese Spannung mit einem zulässigen Wert.

Für den Entwurf der Endbereiche schlug er vor, die Schubkraft und das Biegemoment in horizontalen Schnitten zu berechnen – der sogenannten *deep beam analogy* (Wandartige Träger). Die sich dabei ergebenden Schub- und Normalspannungen wurden mit Spannungskomponenten infolge anderer

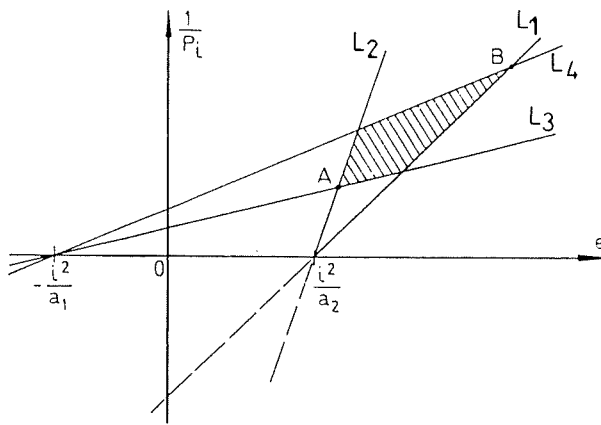


Bild 8.4: Zulässiger Bereich für mögliche Kombinationen von $1/P_t$ und e [11]

Ursachen kombiniert, um die resultierende Hauptzugspannung zu berechnen.

1951 legte Magnel folgendes dar [13]: „*In my opinion, for each beam two calculations have to be made: the first based on stresses using the elastic theory, the other on ultimate load. However, it seems to be impossible at present to make this latter calculation accurately because all known methods require the use of coefficients, the value of which we really ignore. This is mainly true when the failure occurs by crushing of the concrete. I recommend the design based on stresses as the fundamental one, but as it does not always give the same factor of safety against ultimate failure, an attempt must be made in each case to check whether this factor of safety is sufficiently high.*“³

Bereits 1946 hatte Magnel einen teilweise vorgespannten Balken getestet, bei dem die Risslast niedriger war als die volle Gebrauchslast. Das stand im Gegensatz zum ursprünglichen Konzept von Spannbeton, bei welchem im Gebrauchszustand keine Längszugspannungen zulässig waren [12]. Obwohl Freyssinet eindeutig gegen eine Nut-

zung von teilweise vorgespannten Bauteilen war, erkannte Magnel die Vorteile dieser Methode.

1947 entwickelte Magnel eine praktische Lösung für statisch unbestimmte nachträglich vorgespannte Balken [13]. Er führte den Begriff des Zusatzmomentes $M_{P,sec}$ ein, welches durch die Vorspannkraft P erzeugt wird, und definierte die äquivalente Exzentrizität wie folgt:

$$e_{eq} = e + M_{P,sec}/P \quad (8.1)$$

Dadurch konnte Magnel ein ähnliches Diagramm $1/P_{i,eq}$ nutzen wie für statisch bestimmte Balken. Der Zusammenhang zwischen der tatsächlichen (geometrischen) Exzentrizität und der äquivalenten Exzentrizität wurde auf der Grundlage der Formeln für das Zusatzmoment berechnet.

Nachdem Magnel ausreichend theoretisches Wissen und praktische Erfahrung im Umgang mit Spannbeton gesammelt hatte, schrieb er sein erstes Buch zu diesem Thema [14], s. a. [3]. 1948 wurde es zunächst in Französisch veröffentlicht und kurze Zeit später ins Spanische und Englische übersetzt.

8.3 Erste Projekte in Belgien [15], [16]

Zwei der sechs Brückendecks der Eisenbahnbrücke über die Rue du Miroir, die in Brüssel die Nord-Süd-Verbindung darstellt, wurden in Spannbeton umgesetzt (Bild 8.5), [17]. Für eine Spannweite von 20 m genügte eine Bauhöhe von 1,15 m, während für eine Lösung mit Stahlbeton eine um 0,7 m größere Plattendicke notwendig gewesen wäre. Diese Brücke wurde als Pilotprojekt angesehen und das damit verknüpfte Forschungsprojekt wurde teilweise vom Belgian Fund for Scientific Research (Belgische Forschungsgemeinschaft) gefördert. Damit war Belgien 1944 eines der erste Länder mit einer aus Spannbeton gebauten Eisenbahnbrücke. Zu diesem Projekt äußerte sich Magnel wie folgt [18]: „*In our opinion, prestressed concrete is the building material of the future. Over 10 years, very few bridges will still be built in reinforced concrete because everybody will be convinced of the advantages of prestressing. The realization of the pilot project in the Rue du Miroir will have been the catalyst of this evolution and all who*

³ „Meiner Meinung nach müssen für jeden Balken zwei Berechnungen gemacht werden: die erste mit Spannungen nach Elastizitätstheorie und die zweite unter Bruchlasten. Wie dem auch sei, es scheint momentan unmöglich zu sein, diese letztere Berechnung akkurat durchzuführen, da alle bekannten Methoden die Verwendung von Koeffizienten erfordern, deren Wert wir eigentlich ignorieren. Dies ist hauptsächlich dann der Fall, wenn das Versagen durch Betonbruch auftritt. Ich empfehle eine Bemessung, die auf Spannungen basiert, als die grundlegende. Da es dabei aber Abweichungen hinsichtlich des Sicherheitsfaktors im Vergleich zum Bruchzustand geben kann, muss in jedem Fall geprüft werden, ob der Sicherheitsfaktor ausreichend hoch ist.“

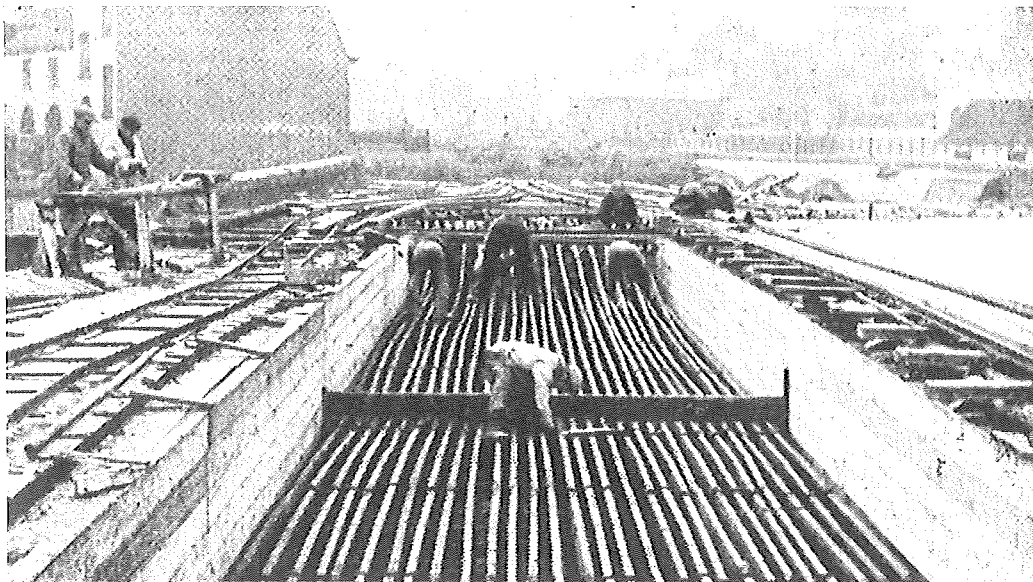


Bild 8.5: Eisenbahnbrücke über der Rue du Miroir in Brüssel (1943-1944) [18]

were involved in it can be proud of the results obtained.”⁴

Die ersten Spannbeton-Straßenbrücken gab es in Belgien in Zammel (Baubeginn 1944; 12 m Spannweite) und in Eeklo (1945-1946; 20 m Spannweite).

Von 1947 bis 1948 wurde in Gent eine neue Textilfabrik für die *UCO company (Union Cotonnière)* gebaut. Dieses Gebäude hatte seinerzeit die größte mit Spannbeton gebaute Dachkonstruktion weltweit mit einer Fläche von ca. 35.000 m². Die Konstruktion ist auch heute noch intakt (Bild 8.6). 100 Hauptträger mit einer Spannweite von 20,5 m und 600 Nebenträger mit einer Spannweite von 13,7 m waren notwendig. Alle Träger wurden als Fertigteile direkt auf der Baustelle hergestellt. Durchschnittlich fertigte man drei Haupt- und 18 Nebenträger pro Woche. Dies erforderte einen perfekt organisierten Vorfertigungsplatz. Magnel schreibt dazu: „*During the last 3 to 4 months, this project attracts numerous architects, engineers and contractors both from Belgium and from abroad. They want to qualify themselves in the field of prestressed concrete, firstly in our lab and secondly at the building site.*“⁵

⁴ „Unserer Meinung nach ist Spannbeton das Baumaterial der Zukunft. In 10 Jahren werden nur noch wenige Brücken aus Stahlbeton gebaut werden, da jeder von den Vorteilen der Spannbetonbauweise überzeugt sein wird. Die Realisierung des Pilotprojektes in der Rue du Miroir wird der Katalysator dieser Bewegung gewesen sein und alle, die daran beteiligt sind, können auf die erreichten Ziele stolz sein.“

⁵ „Während der letzten 3-4 Monate hat dieses Projekt zahlreiche Architekten, Ingenieure und Bauunternehmer aus Bel-

Zur gleichen Zeit wurde in Melsbroek, dem damaligen Brüsseler Flughafen, ein Flugzeughangar errichtet. Hier wurde das Dach von 17 nachträglich vorgespannten, 2,9 m hohen und 270 Tonnen schweren Balken getragen (Bild 8.7). Wie schon im vorangegangenen Projekte wurden die Träger vor Ort vorgefertigt und nach dem Vorspannen in ihre finale Position gebracht.

1949 wurde die bekannte Sclayn-Brücke über den Fluss Meuse gebaut (Bild 8.8). Dies war die erste Durchlaufträgerbrücke aus Spannbeton weltweit (Bilder 8.9 und 8.10). Mit Spannweiten von jeweils 63 m war die Sclayn-Brücke seinerzeit auch die längste Spannbetonbrücke der Welt [19]. Aufgrund der veränderlichen Bauhöhe der Brückenträger war das Profil der innerhalb der Hohlkästen liegenden, externen Spannkabel nahezu gerade, mit Ausnahme des Knicks der Mittelstütze. Dort betrug das Zusatzmoment aus Vorspannung in etwa 68 % des lokalen Biegemoments infolge Eigengewichts.

8.4 Die Walnut Lane Memorial Bridge

Im Jahr 1946 reiste Magnel mit der *Belgian-American Educational Foundation* (gegründet 1920 von Herbert Hoover) als *advanced fellow* das erste Mal in die USA. Die Reise wurde von einem früheren Genter Studenten organisiert: Charles C. Zoll-

gien und dem Ausland angezogen. Sie möchten sich alle auf dem Gebiet der Spannbetonbauweise qualifizieren – zunächst im Labor und danach auf der Baustelle.“



Bild 8.6: Textilfabrik mit Dachträgern aus Spannbeton im nachträglichen Verbund (1947-1948) [14]

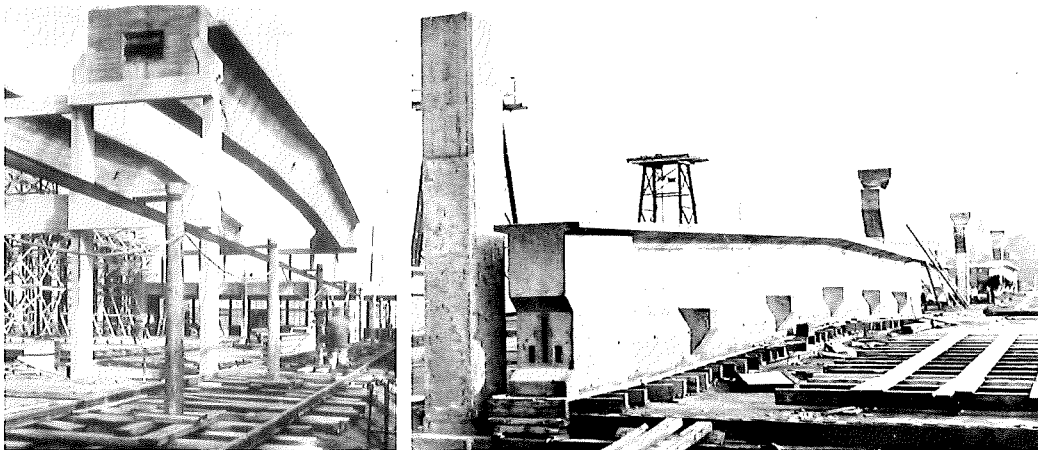


Bild 8.7: Tonnen schwere Träger für einen Flugzeughangar auf dem Flughafen Melsbroek [14]

mann [1], der bei Professor Magnel studiert hatte, Zollmann wurde später Magnels inoffizieller Vertreter in den USA und arrangierte dessen unzählige Reisen nach Amerika. Zollmann gilt als Pionier für die Einführung der Spannbetonbauweise in Amerika. Schon frühzeitig betreute er als Berater Planung und Bau von Spannbetonwerken innerhalb der USA, agierte aktiv auf dem Gebiet des Fertigteilbaus und unterstützte ganz allgemein auf vielerlei Weise die Entwicklung der Spannbeton- und Fertigteilindustrie. Während der ersten Reise in die Vereinigten Staaten von Amerika hielt Magnel mehrere Vorlesungen zu Spannbeton an unterschiedlichen Orten. Das Thema selbst war zu diesem Zeitpunkt so gut wie unbekannt. Magnel jedoch hatte die seltene Gabe, komplexe Theorien und schwierige Probleme auf einfache Art und

Weise zu erklären, und konnte dadurch große Zuhörergruppen anziehen und mit seinem Vortrag fesseln.

Zwei signifikante Ereignisse traten während Magnels erstem Besuch in Amerika auf, die in direktem Bezug zur Entwicklung des Spannbetons in Amerika stand und letztendlich auch die Umsetzung und den Bau der ersten Spannbetonbrücke der USA, der Walnut Lane Memorial Bridge, nach sich zog (Bild 8.11), [1]. Das erste Ereignis war, dass Magnel der *Preload Corporation of New York* vorgestellt wurde, die schließlich ein Sub-Unternehmen beim Bau der *Walnut Lane Memorial Bridge* wurde, da das Unternehmen die Brückenträger herstellte. Der zweite Punkt war, dass Magnel Zollmann bat, das Manuskript seines Buches über Spannbeton aus dem Französischen ins Eng-

lische zu übersetzen. Unter großer Mühe und mit einigen Schwierigkeiten konnte das Buch 1948 in London veröffentlicht werden. Die erste Auflage von 6.000 Stück war sofort ausverkauft. Es folgte eine zweite, überarbeitete Auflage von 8.000 Stück im Jahr 1950 sowie eine 3. Auflage 1954. Während dieser Zeit war Magnels Buch das praktische Hilfsmittel, auf das sich Studierende und praktisch arbeitende Ingenieure bei Entwurf und Bemessung von Bauwerken aus Spannbeton bezogen. Der Einfluss, die diese wissenschaftliche Abhandlung und alle weiteren Publikationen Magnels auf die Spannbetonindustrie hatte, war in der Tat von Bedeutung. Der Amerikaner T. Y. Lin verbrachte ein Jahr in Magnels Labor und veröffentlichte 1955 nach seiner Rückkehr in die USA sein Buch *Design of Prestressed Concrete Structures* [20].

Ende der 1940er Jahre überzeugte Ch. Zollmann, der mittlerweile der *Preload Corporation of New York* beigetreten war, das Bauamt der Stadt Philadelphia, den Überbau der *Walnut Lane Memorial Bridge* in Spannbetonbauweise nach einem Vorschlag von Prof. Magnel umzusetzen. Die *Preload Corporation of New York* bekam 1949 den Zuschlag, als Sub-Unternehmer die Brückenträger herzustellen. Im Oktober 1949 wurde ein Tragfähigkeitstest an einem 49 m langen und 2 m hohen Probeträger durchgeführt, der mit den Trägern identisch im Mittelfeld der Brücke identisch war (Bild 8.12). Die Demonstration des Versuches zog um die 300 Ingenieure aus insgesamt 17 nordamerikanischen Staaten und fünf weiteren Ländern an, die den gesamten Tag über das Ereignis bei strömendem Regen verfolgten [21]. Der erfolgreiche Versuch bis zum Versagen des Trägers direkt auf der Baustelle und weit entfernt von den Annehmlichkeiten eines Labors war ein Meilenstein, welcher das Vertrauen in den Spannbeton bei der Öffentlichkeit festigte. Ch. Zollmann formulierte es folgendermaßen [1]: „*No single event was more instrumental in launching the prestressed and precast concrete industry in North-America than the construction of the Walnut Lane Bridge in Philadelphia in 1950. More than anything else however, it was the charisma, the dynamism and engineering talent displayed by the man who designed the Walnut Lane Bridge, namely Prof. Gustave Magnel of Belgium, that gave the impetus necessary for the acceptance and development of prestressed concrete in the United States.*“⁶

⁶ „Kein anderes Ereignis trug mehr zur Einführung der Fertigteil- und Spannbetonindustrie in Nordamerika bei als die Konstruktion der Walnut Lane Memorial Bridge in Philadelphia 1950. Mehr als das jedoch war es das Charisma,

Im Vorfeld und auch während der Bauausführung der Brücke gab es einige Probleme, die es zu lösen galt. Eine dieser Schwierigkeiten war, dass Prof. Magnel einen Beton ohne Fehlstellen forderte. Nach amerikanischem Vorgehen war dies nicht möglich. Da Magnel alle Ausführungen genehmigen musste, benötigte man eine praktikable Lösung, die schlussendlich auch gefunden wurde. Trotzdem wiesen viele Träger Mängel, wie z. B.: Lunker und Hohlstellen, auf, Bilder 8.13 und 8.14 und [22]. Diese Kontroverse ging sogar soweit, dass die einflussreiche Zeitschrift *Engineering News Record* folgende Schlagzeile veröffentlichte [23]: „*Americans make soup, not concrete, says Belgian professor.*“

Im Oktober 1950 wurde Prof. Magnel mit der *Frank-P.-Brown-Medaille* des *Franklin Institute Philadelphia* für seinen herausragenden Beitrag zur Entwicklung der Spannbetonbauweise geehrt.

Während der Nutzungszeit der *Walnut Lane Memorial Bridge* mussten einige Träger teilweise aufwendig repariert werden. Schließlich entschied man, den kompletten Überbau zu ersetzen. Die Vorbereitungen für den Rückbau der Überbauträger begannen 1989. Die Rekonstruktion der Brücke und die Herrichtung der Zufahrten 1990 erregte ebenso viel Interesse und Neugier bei Ingenieuren und Planern wie schon das Originalbauwerk 1949. Die neuen Träger, basierend auf einem modifizierten Hybrid-Standard-Träger AASHTO, Typ V, wurden allesamt in einem PCI-zertifizierten Werk vorgefertigt, anstatt sie vor Ort auf der Baustelle herzustellen und vorzuspannen.

8.5 Die Folgezeit

Während der frühen 1950er Jahre besuchten zahlreiche bedeutende amerikanische Forscher Prof. Magnel und sein Labor. Dazu gehörten unter anderem T. Y. Lin, David P. Billington (*Princeton University*) und Robert N. Bruce (*Tulane University, New Orleans*). Zusammen mit anderen europäischen Pionieren der Spannbetonbauweise gründete Magnel 1952 die *Fédération internationale de la Précontrainte* (FIP), die sich sehr erfolgreich als internationale Fachvereinigung etablierte. 1996 verschmolz sie mit dem *Comité Euro-International du Béton* (CEB) zur *International Federation for Structural Concrete* (fib).

die Dynamik und das Ingenieur-talent des Mannes, der die Walnut Lane Memorial Bridge entworfen hat: Prof. Gustave Magnel aus Belgien. Er gab den notwendigen Anstoß zur Entwicklung und Anerkennung von der Spannbetonbauweise in den Vereinigten Staaten von Amerika“



Bild 8.8: Brücke bei Sclayn über die Meuse (Foto: Magnel Laboratory for Concrete Research)

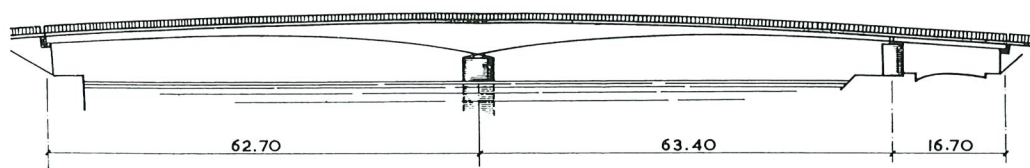


Bild 8.9: Meuse-Brücke Sclayn; Seitenansicht [14]

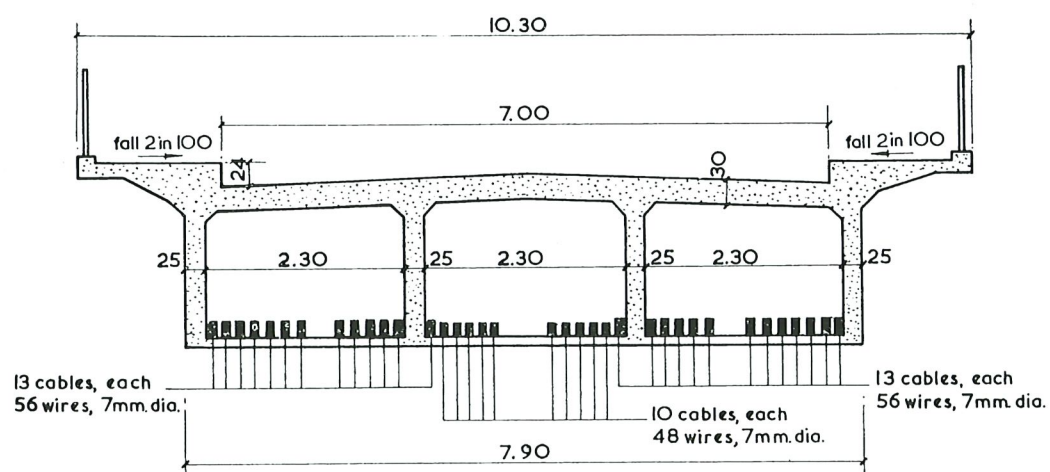


Bild 8.10: Meuse-Brücke Sclayn; Querschnitt [14]

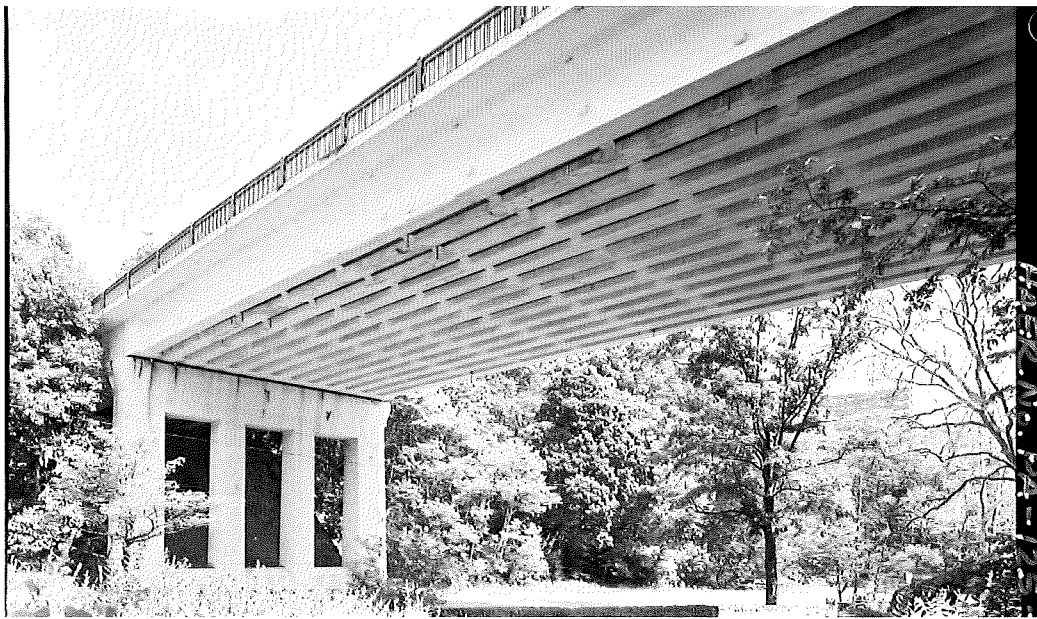


Bild 8.11: Walnut Lane Memorial Bridge in Philadelphia (Foto: A. Pierce Bounds, [21])

Magnel verfasste nicht nur mehr als 180 technische Abhandlungen, sondern publizierte eine eindrucksvolle Reihe an Büchern zur Baustatik und zum Entwurf von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken. In all seinen Fachbüchern entwickelte er praktische Bemessungsmethoden, deren Anwendung durch viele Tabellen und Graphiken unterstützt wurde.

In seinen letzten Jahren investierte Prof. Magnel viel Zeit und Energie in den ersten Entwurf eines hohen Fernsehturmes, der für die Weltausstellung 1958 in Brüssel geplant war. Der geplante Turm aus Stahlbeton sollte einen Durchmesser von 100 m am Fuß und eine Höhe von 500 m haben. Oben auf dem Stahlbetonturm war ein Stahlmast mit einer Höhe von 135 m vorgesehen. Zu dieser Zeit wäre das eine weltweite Attraktion gewesen. Allerdings gab es eine Menge von technischen und politischen Kontroversen zu diesem Projekt, so dass schlussendlich entschieden wurde, den Turm nicht zu bauen.

Am 5. Juli 1955 verstarb Gustave Magnel sehr plötzlich. Die Nachricht über diesen unerwarteten Verlust wurde in Belgien, aber auch in anderen Ländern, mit großer Trauer aufgenommen.

Im Oktober 1956 fand ein wissenschaftliches Treffen zum Andenken an Prof. Gustave Magnel in Gent statt. Zahlreiche seiner ehemaligen Kollegen und Freunde aus aller Welt waren anwesend. Zu diesem Anlass bemerkte Prof. R. Evans von der

University of Leeds folgendes [24]: „His concrete laboratory was recognized as one of the best in the world. Hundreds of members of staff and research workers from a large number of universities have had the pleasure and privilege of visiting this excellent laboratory. Magnel always warmly welcomed at his laboratory those who wished to improve their knowledge. His gift of friendly intercourse enriched us all by their genial and mellow qualities. Although he often had strong views on technical questions, he was by nature so generous that it was a pleasure even to disagree with him.”⁷

Um das Andenken an Prof. Magnels herausragende Leistungen noch lange wachzuhalten, verleiht die *General Association of Engineers graduated from Ghent University (AIG)* alle fünf Jahre die *Golden Medal Gustave Magnel*. Diese wird an Baukonstrukteure vergeben, deren Entwürfe eine wichtige und bemerkenswerte Anwendung von Stahl- oder Spannbeton darstellen. Die zwölf bisher Ausgezeichneten sind: Nicolas Esquillan (1959), Pieter Blokland (1963), Fritz Leonhardt

⁷ „Sein Labor zur Erforschung von Beton war als eines der besten der Welt bekannt. Viele hundert Mitarbeiter und Forscher von einer großen Vielzahl von Universitäten hatten die Freude und das Privileg, dieses exzellente Labor zu besuchen. Magnel begrüßte jeden in seinem Labor warmherzig, der sein Wissen erweitern wollte. Sein Talent zum freundlichen zugleich durch Genialität und Milde charakterisierten Austausch bereicherte uns alle. Auch wenn er oft eine feste Meinung zu technischen Fragen hatte, war er naturgemäß so großzügig, dass es sogar eine Freude war, nicht mit ihm übereinzustimmen.“

(1968), Ulrich Finsterwalder (1973), René De Keyser (1979), Hans Wittfoht (1984), René Greisch (1988), Olav Olsen (1994), Michel Virlogeux (1990), Jörg Schlaich (2004), Juan José Arenas de Pablo (2009) und William Baker (2014) [25].



Bild 8.12: Magnel beim Tragfähigkeitsversuch für die Walnut Lane Memorial Bridge

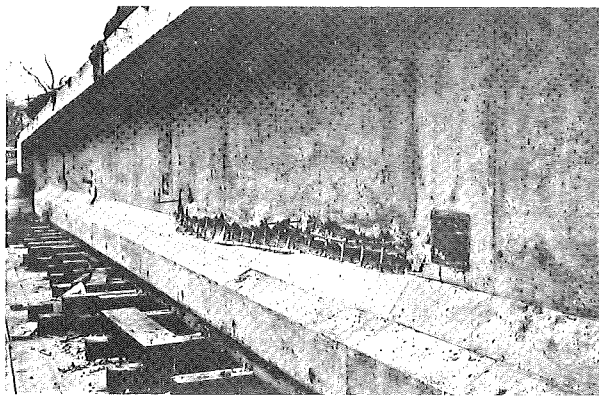


Bild 8.13: Fehlstellen beim ersten Träger, der 1949 hergestellt worden war

8.6 Zwei weitere herausragende Brückenprojekte

Prof. Daniël Vandepitte war ein Nachfolger Gustave Magnels auf dem Gebiet der Baustatik. Bevor Prof.



Bild 8.14: Längsriß am unteren Flansch bei einem der Träger

Vandepitte an die Universität Gent berufen wurde, entwarf er in den frühen 1950er Jahren zahlreiche außergewöhnliche Brücken. Diese Brücken wurden über den Ringkanal im südlichen Teil von Gent gebaut.

Das erste zu nennende Bauwerk ist eine Dreifeldbrücke mit den Spannweiten 26 m – 52 m – 26 m. Der Überbau besteht aus 11 Längsträgern mit veränderlichen Bauhöhen (Bilder 8.15 und 8.16). Diese Brücke wurde in den Jahren 1953 und 1954 gebaut und war offenbar die erste Durchlaufträgerbrücke aus Spannbeton dieses Typs in Belgien [27]. Jeder Längsträger wurde nachträglich mit vier externen Spanngliedern, System Bleton-Magnel, vorgespannt. Die Spannglieder bestanden aus Drähten mit einem Durchmesser von 7 mm. Bild 8.17 zeigt die Vorspannarbeiten im Jahre 1954. Bild 8.18 zeigt einen Ausschnitt eines Trägers nach dem Entfernen der schützenden Betondeckung 60 Jahre später. 2014 wurden die Originalspannglieder durch neue externe Spannglieder, bestehend aus jeweils sieben Litzen, ersetzt. Dabei wurden die originalen Spannglieder zunächst in Gruppen freigelegt und dann ausgebaut und ersetzt. Bild 8.19 zeigt die spannungsfreien Spannglieder eines seitlichen Längsträgers und Bild 8.20 einen Spanngliedteil, der aus einem Endquerträger herausgesägt wurde.

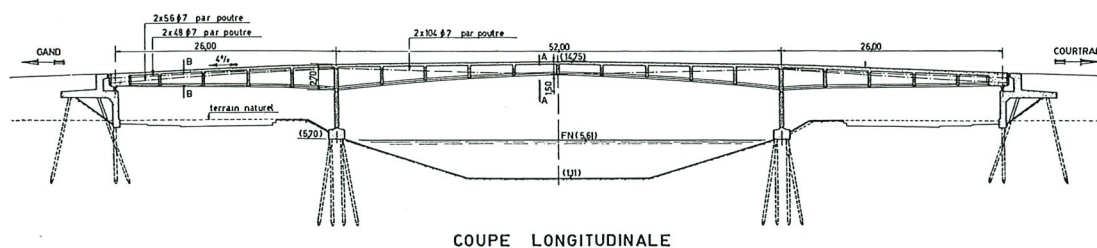


Bild 8.15: Von Prof. Vandepitte entworfene dreifeldrige Durchlaufträgerbrücke aus Spannbetonbrücke mit veränderlicher Bauteilhöhe südlich von Gent [27]



Bild 8.16: Seitenansicht von Vandepittes Dreifeldbrücke vor der Erneuerung der Träger (Foto: Luc Taerwe)

Vandepitte entwarf außerdem noch vier selbstverankerte Spannbetonbrücken mit variierenden Spannweiten. Die Brücke in Merelbeke, die im Bild 8.21 gezeigt ist, wurde zwischen 1956 und 1958 errichtet und hat eine Hauptspannweite von 100 m, eine Gesamtlänge von 192 m und eine Hängestruktur mit 21,6 m Breite [28, 29]. Jedes Hauptkabel besteht aus 910 parallel verlaufenden, galvanisierten Stahldrähten mit einem Durchmesser von 7 mm. Die Versteifungsträger sind durchgehende Hohlkastenträger mit einer konstanten Höhe von 1,93 m. Sie werden ausschließlich durch die aus den Tragseilen resultierenden Kräfte vorgespannt. Es gibt keine Spannglieder in der aufgehängten Struktur selbst. Das Vorspannen des Überbaus geschah durch das Anheben beider Pylone gegenüber den Brückenpfeilern.

8.7 Schlussbetrachtung

Der vorangegangene Überblick macht deutlich, dass Prof. Gustave Magnel eine herausragende Persönlichkeit gewesen ist – als Akademiker und als Mensch. Folgende Errungenschaften können herausgestellt werden:

- Beiträge zu praktischen Bemessungsverfahren für Stahlbeton,
- Entwicklung eines eigenen Vorspannsystems,
- Entwicklung von Bemessungsverfahren für Spannbeton und Autor des ersten englischsprachigen Fachbuches zu diesem Thema,
- Beteiligung bei Entwurf und Bau der ersten Durchlaufträgerbrücke aus Spannbeton weltweit,
- Beitrag bei der Realisierung der Walnut Lane Memorial Bridge in Philadelphia, der ersten

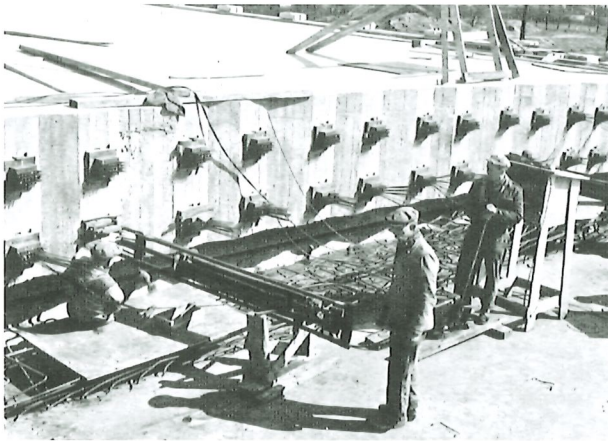


Bild 8.17: Vorspannarbeiten 1954 (Blaton-Magnet-System) [27]



Bild 8.18: Detail eines Trägers nach der lokalen Entfernung des schützenden Betons 2014 (Foto: Luc Taerwe)



Bild 8.19: Freigelegte Spannglieder bei einem seitlichen Längsträger (Foto: Luc Taerwe)

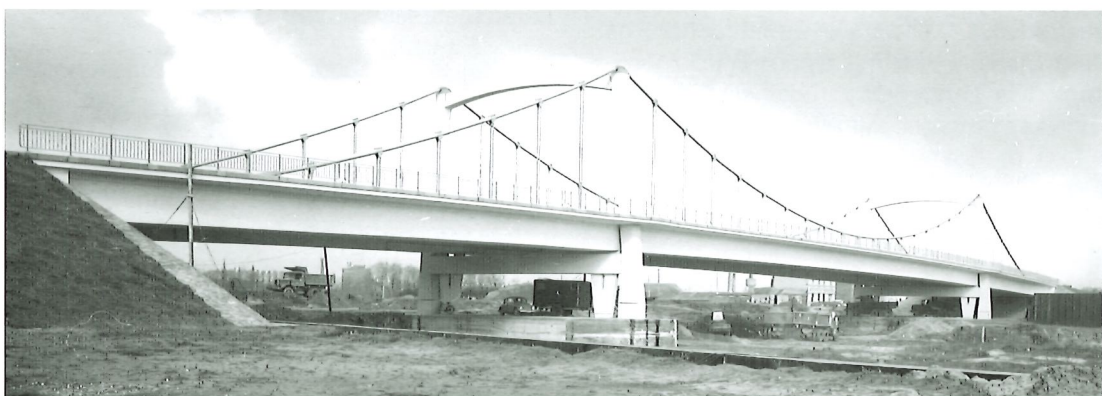


Bild 8.21: Von Prof. Vandepitte entworfene selbstverankerte vorgespannte Hängebrücke [29]



Bild 8.20: Spanngliedteil, herausgesägt aus dem Endquerträger (Foto: Luc Taerwe)

in Spannbetonbauweise errichteten Brücke in den USA.

8.8 Literaturverzeichnis

- [1] ZOLLMAN, C.: Magnel's impact on the advent of prestressed concrete. PCI Journal (1978) May-June, S. 22-48
- [2] TAERWE, L.: Contributions de Gustave Magnel au développement du Béton Précontraint. Histoires de Béton Armé : Patrimoine, Durabilité et Innovations, Febelcem, Bruxelles, S. 62-69
- [3] KURRER, K.-E.: The History of the Theory of Structures: From Arch Analysis to Computational Mechanics. Berlin: Ernst & Sohn, 2008, S. 555 and S. 746
- [4] MAGNEL, G.: Pratique du calcul du béton armé, part 1. Gand: Van Rysselberghe et Rombaut, 1923
- [5] Association Belge de Standardisation (Hrsg.): Instructions relatives aux ouvrages en béton. Bruxelles, 1923
- [6] MAGNEL, G.: Influence de la Raideur des Colonnes sur les Tensions dans les Poutres Continues en Béton Armé. Extrait du Congrès Scientifique International, Liège, 1922, S. 61-75
- [7] MAGNEL, G.: Le nouveau laboratoire de béton armé installé à Gand. La Technique des Travaux 3 (1927) 9, S. 447-456
- [8] RIESSAUW, F.: The Magnel Laboratory for Reinforced Concrete. PCI Journal 25 (1980) 6, S. 68-69
- [9] RIESSAUW, F.; TAERWE, L.: Tests on two 30-year-old prestressed concrete beams. PCI Journal 25 (1980) 6, S. 70-72
- [10] MAGNEL, G.: Le problème de la fissuration du béton et l'emploi des aciers à haute limite élastique. Annales des Travaux Publics de Belgique (1940) Octobre, S. 1-73
- [11] MAGNEL, G.: Béton Précontraint – Pratique du calcul des pièces isostatiques soumises à flexion simple. Annales des Travaux Publics de Belgique (1946) Avril et Juin
- [12] MAGNEL, G.: Comparison of partially and fully prestressed concrete beams. Concrete and Constructional Engineering 1 (1947) January, S. 11-15
- [13] MAGNEL, G.: Continuity in Prestressed Concrete. In: Andrew, R. P.; Witt, P. (Hrsg.): Prestressed Concrete Statically Indeterminate Structures. Cement and Concrete Association (1951), S. 77-86
- [14] MAGNEL, G.: Prestressed Concrete. London: Concrete Publications Ltd., 1st ed., 1948
- [15] MAGNEL, G.: Les applications du béton précontraint en Belgique. Publication préliminaire du 3me Congrès de l'AIPC à Liège, Septembre 1948, S. 333-342
- [16] MAGNEL, G.: Applications of prestressed concrete in Belgium. Journal of the Institution of Civil Engineers 6 (1949) April
- [17] GROTE, J.: Freyssinet. La précontrainte et l'Europe : der Spannbeton und Europa : Prestressing and Europe, 1930-1945. Paris: Editions du Linteau, 2000, S. 94-96
- [18] MAGNEL, G.: Les travaux de la jonction Nord-Midi – Les ponts expérimentaux de la rue du Miroir à Bruxelles. Science et Technique (1947), nos. 7 et 8
- [19] MAGNEL, G.: Longest continuous prestressed concrete girders carry Sclayn Bridge over Meuse river. Civil Engineering 7 (1950) July

- [20] LIN, T. Y.: Design of prestressed concrete structures. New York: Wiley, 1955
- [21] <http://www.loc.gov/pictures/item/pa1791.photos.355812p/resource/>
- [22] BOWMAN, W.: Full-sized prestressed girder tested. Engineering News Record 3 (1949) November, S. 18
- [23] ZOLLMAN, C.; DEPMAN, F.; NAGLE, J.; HOL-LANDER, E.: Building and Rebuilding of Philadelphia's Walnut Lane Memorial Bridge. PCI Journal (1992) May-June, S. 66-82
- [24] U.S. makes soup instead of concrete. Engineering News Record (1954) February 25, S. 23
- [25] In memoriam Gustave Magnel (1889-1955), S. 51-55;
- [26] http://www.gbb-bbg.be/fileadmin/gbb/2013/NEWS/Gustave_Magnel/kand-en.pdf (access: 21.1.2015)
- [27] VANDEPITTE, D.: Deux ponts en béton pré-contraint sur le canal périphérique autour de Gand. Prestressing-Précontrainte (1954) 1, 10 S.
- [28] VANDEPITTE, D.: Self-anchored prestressed concrete suspension bridges with parabolic cables. Proc. of Symposium on suspension bridges, 11/1966 in Lisbon, paper no. 38, 8 S.
- [29] VANDEPITTE, D.: Le pont suspendu à poutres de rigidité en béton précontraintes par les cables porteurs. Annales des Travaux Publics de Belgique (1955) 5, S. 3-28

11	Herzlich Willkommen zum 25. Dresdner Brückenbausymposium
15	Überall Brücken – von der Vielgestaltigkeit eines Gedankens
33	Brückenbau in Deutschland – eine Auswahl zukünftiger Schwerpunkte
37	25 Jahre Dresdner Brückenbausymposium – eine deutsche Erfolgsgeschichte
63	Bridge Architecture – from Structure to Elegance
69	Fußgängerbrücken – Entwurf und Konstruktion
83	Schlanke vorgespannte Fußgängerbrücke aus Textilbeton
99	Pilotanwendungen von Textilbeton für Verstärkungen im Brückenbau
113	Gustave Magnel – ein Wegbereiter der Spannbetonbauweise
131	Integrale Brücken im Wandel der Zeit
151	Dynamisch über das Saale-Elster-Tal – Bemessung und Konstruktion einer Stabbogenbrücke für den Eisenbahnhochgeschwindigkeitsverkehr
163	Sicherung der Rheinbrücke Leverkusen – von der Schadensaufnahme zum Instandsetzungsmanagement unter Berücksichtigung der Altstahlproblematik
181	Friedrichsbrücke Berlin – Denkmalgerechte Erneuerung und Anpassung der Friedrichsbrücke über die Spree – die Verbindung von zwei verschiedenartigen Brückenkonstruktionen
193	Egg-Graben-Brücke, Wildbrücke AM2, Lafnitzbrücke – Anwendung von neuen Bauverfahren für Brücken in Österreich
217	Feuerverzinken im Brückenbau – Anwendung und aktuelle Forschungsergebnisse
229	Das Schwergutgewerbe – Großraum- und Schwertransporte, Autokrane, Brückenbau
239	Massivbrücken unter extremen Wetterbedingungen
253	Brückenbauexkursion 2014 – Spurensuche in Deutschland
265	Chronik des Brückenbaus