

# Kegel, Kreuz und Druckring

Autor(en): **Feller, Mirko**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **137 (2011)**

Heft 33-34: **Wankdorfplatz Bern**

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-170242>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# KEGEL, KREUZ UND DRUCKRING

Das zentrale Element auf dem neuen Wankdorfplatz ist der zweistöckige Verkehrsknoten. Die Verkehrsströme fliessen ab Ende 2012 ober- und unterirdisch durch das Bauwerk. Dass sich die Ingenieure von Emch + Berger bei der Konstruktion auf ein dynamisches Umfeld einlassen mussten, zeigt allein schon das hohe Verkehrsaufkommen vor Ort. Kaum sichtbar sind hingegen die Randbedingungen, die die Konstruktion technisch bestimmten: Werkleitungen, Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses und bodenmechanische Kennwerte schränkten die Ausführungsfreiheit ein.

**01** Bauzustand Ende Juli 2011: Zufahrtsrampe über die Winkelriedstrasse in den unterirdischen Kreisel

(Foto: Anna-Lena Walther/Red.)

**02** Zwei sich in der Mitte kreuzende, vorgespannte Träger bilden die Haupttragelemente der Kreiseldecke. Sie verbinden das Kreiselmittelpunkt und die Aussenwände miteinander. Der helle Druckring aus Stahlbeton dient als Abstützung der Spundwände

(Foto: KEYSTONE/Lukas Lehmann)

Bauvorhaben sind heute in einem immer komplexeren Umfeld eingebunden, weshalb ingenieurspezifische Herausforderungen in Planung und Ausführung vielfältig sind und sich stetig verändern. Das Gesamtverkehrssystem rund um den Wankdorfplatz steht exemplarisch für ein solches Umfeld: Der Verkehrsknoten stösst infolge der Gebietsentwicklung der letzten Jahre an seine Kapazitätsgrenzen und soll deshalb angepasst werden. Für diesen regionalen Entwicklungsschwerpunkt werden seit 2009 die Verkehrssteuerung optimiert und die vorhandenen Infrastrukturen verändert. Die Aufgabe war allerdings nicht zu lösen, indem nur zusätzlich Kapazität für den künftigen Mehrverkehr geschaffen wird. Die für die Kapazitätserhöhung nötigen Infrastrukturen sollten vielmehr aus dem Bestand heraus entwickelt werden, ohne dass dabei die aktuelle Nutzung wahrnehmbar eingeschränkt wird.

## HERZSTÜCK DES NEUEN WANKDORFPLATZES

Das interdisziplinäre Projektteam «BE<sup>3</sup> Wankdorfplatz» sah ein Verkehrskonzept vor, das die Leistungsfähigkeit des gesamten Verkehrssystems in ausgewogener Weise erhöht: Als Herzstück entflechtet ein zweistöckiges Verkehrsbauwerk mit einer oberirdischen Kreuzung und einem unterirdischen Kreisel die Verkehrsströme auf dem Wankdorfplatz.

Während des übergeordneten Entwurfs übernahmen die Verkehrs- und Städteplanenden Emch + Berger Ingenieure, 3B Architekten und Schweingruber Zulauf Landschaftsarchitekten die Federführung. Für das Teilprojekt «Unterirdischer Kreisel Wankdorfplatz» hingegen lenkte der konstruktive Ingenieur – in diesem Fall die Ingenieure von Emch + Berger – federführend die Planungsarbeiten. Bestimmend für den Tragwerksentwurf waren vor allem zahlreiche umwelt- und umfeldbedingte Auflagen und Einflüsse während der Bau- und Betriebsphase. Mit den äusseren Randbedingungen, die aus der bauzeitlichen Verkehrsführung und dem unmittelbaren Projektumfeld gegeben waren, und mit den normativen Vorgaben aus Geometrie, Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit galt es, ein in Bezug auf Bauzeit und Investitionskosten optimiertes Baugruben- und Tragwerkskonzept zu entwerfen.

Bereits zu Beginn der Projektierungsarbeiten waren Auftraggebende und Planende sich darüber einig, dass es schwierig sein würde, alle Kriterien zu erfüllen und gleichzeitig die finanziellen Rahmenbedingungen einzuhalten. Während des Tragwerksentwurfs kanalisieren sie daher die massgebenden Bedingungen und gewichteten diese nach deren Relevanz für das Bauwerk. Dazu erarbeiteten sie zusammen mit diversen Behördenstellen eine detaillierte Nutzungsvereinbarung, die den Umfang eines technischen Berichts annahm. Auf diesem Kriterienkatalog basierend, entwickelten die Ingenieure unter laufender Abstimmung mit den anderen Ingenieurdisziplinen wie Verkehrsplanenden und Trasseespezialisten sowie mit den Architekten die Konzepte für Baugrube und Konstruktion.

Bereits die ersten Entwürfe für das Tragwerk zeigten allerdings, dass eine in Bezug auf Investitions- und Unterhaltskosten optimierte Konstruktion nur mit Kompromissen hinsichtlich der vereinbarten Anforderungen und auferlegten Restriktionen für Bau und Betrieb zu erreichen ist. Das grösste Konfliktpotenzial lag in der Wechselwirkung zwischen kurzer Bauzeit und ge-

## ABMESSUNGEN KREISELBAUWERK

**Durchmesser Baugrube:** 52.60 m

**Tiefe Baugrube:** ca. 10.0 m

**Durchmesser Konstruktion:** 50.00 m

**Plattenstärke:** Bodenplatte: 1.00 m;

Decke: max. 2.54 m, min. 0.53 m

**Vier Rampen jeweils:** Trogbauwerke:

L = 52 m, B = 13.30 m; Stützmauern: L = ca. 100 m

## WASSERDICHTER BETON

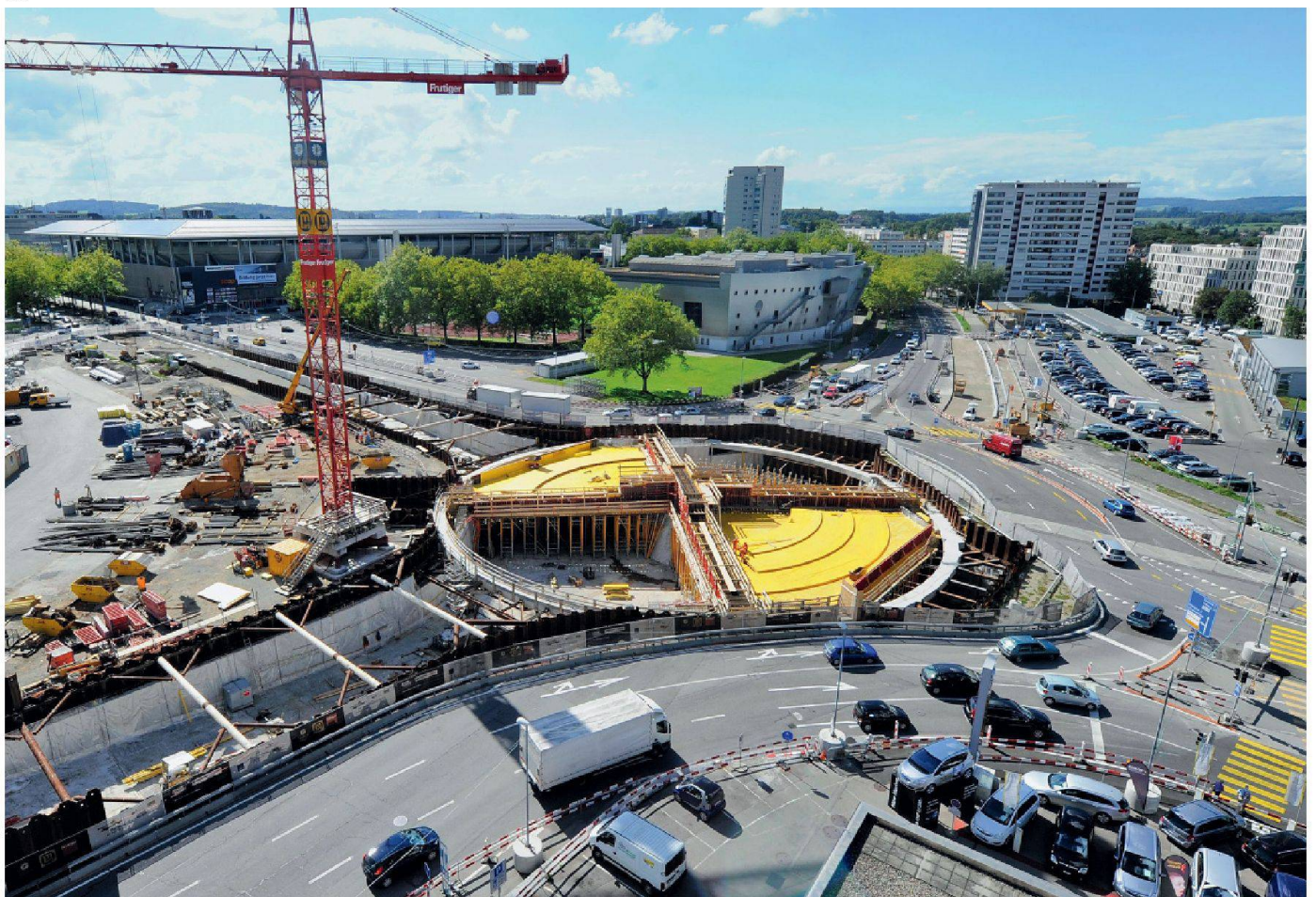
Die massiven Betonbauteile der Weissen Wanne wie beispielsweise die 1 m dicke Bodenplatte sind anfällig auf Rissbildung, da u.a. die Hydratationswärme nur langsam aus dem Kernbeton entweicht. Um die an der kühleren Oberfläche entstehenden Zugspannungen und damit die Risse im wasserdichten Beton zu vermindern, setzten die Ingenieure Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung ein. Infolge des grossen Anteils an latenter hydraulischer Schlacke entwickelt das eingesetzte Bindemittel eine geringere Hydratationswärme und sorgt damit für einen flacheren Verlauf der Temperaturkurve.

Betonrezeptur: Beton nach Eigenschaften mit einem CEM III/B





01

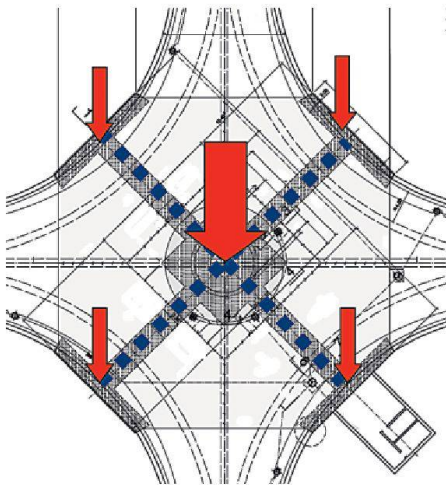


02





03



04

03 Bewehrungs- und Betonierarbeiten auf der Kreiseldecke (Foto: dd/Red.)

04 Tragverhalten der Bodenplatte zur Aufnahme konzentrierter Lasten: Das 2 m hohe Druckkreuz in der Bodenplatte übernimmt die Kräfte aus Wänden und Kegelstumpf und verteilt diese deformationsarm auf die gesamte Fläche der 1 m starken Bodenplatte (Plan: Team BE<sup>3</sup>)

ringen Verkehrsbehinderungen sowie hoher Wirtschaftlichkeit. Diese Korrelation zeigt, dass eine Realisierung ohne Verkehrseinschränkung nur mit einer längeren Bauzeit oder höherem finanziellem Aufwand zu erreichen ist. Ebenso lässt sich aber mit einer kurzen Bauzeit die Dauer von Verkehrsbehinderungen verringern, was wiederum eine positive Wechselwirkung zwischen diesen Elementen darstellt. Eine Chancen- und Gefahrenanalyse zeigte schliesslich die realistischen Möglichkeiten auf, aufgrund derer die Ingenieure schliesslich die Konstruktion für die Baugrube und für das Tragwerk definitiv festlegten: Dank einem geschickten Verkehrsregime zur Entlastung des Wankdorfplatzes während der Bauarbeiten lässt sich der unterirdische Kreis während der Hauptetappe in nur zwei Bauphasen und mittels konventioneller Baumethoden erstellen (vgl. Abb. 13 in «Verkehr entflechten»).

#### BAUGRUBENABSCHLUSS WIRKT ALS DRUCKRING

Die Planenden konzipierten mit Spundwandbohlen eine wasserdichte Baugrube. Bereits in der Vorprojektphase drei Jahre vor Baubeginn bestätigten Rammversuche die Machbarkeit des Spundwandverbau. Sonden massen im Vorfeld die Ausbreitung und Intensität der Vibrationen im Baugrund während des Einbringens und Rückziehens der Spundbohlen inklusive deren Auswirkung auf erschütterungsempfindliche Werkleitungen wie Gas- und Wasserleitungen. Auf Basis dieser Erkenntnisse legte das Planerteam «BE<sup>3</sup> Werke» Werkleitungen grossräumig und definitiv um. Auf Bodenanker musste man verzichten, denn die Festsetzkräfte sind in diesem Baugrund bescheiden, und zahlreiche subterrane Bauwerke schlossen einen Einbau nahezu aus. Die Ingenieure nutzten deshalb den ringförmigen Baugrubenabschluss des Kreisels für eine stabile Tragstruktur: Analog zu einem Fahrradfelgen setzt ein Druckring den allseitig wirkenden Erddruck in eine Druckkraft um (Abb. 2). Damit sich das Kräftegleichgewicht trotz leicht asymmetrisch wirkenden Kräften einstellt, wurden Aussteifungen in den Rampenbereichen eingebaut und der Druckring aus Stahlbeton ausgebildet. Kräfteumlagerungen infolge Deformationen werden so aktiv zugelassen.

#### ABGESENKTER GRUNDWASSERSPIEGEL

Im Bereich der Baugrube ist der Grundwasserspiegel gespannt, und der dichte Baugrubenabschluss schränkt den natürlichen Grundwasserstrom von der Grosse Allmend zum Vorfluter Aare ein. Die Ingenieure perforierten die dichten Bodenschichten gleichmässig über die gesamte Baugrubenfläche mit Entlastungsbohrungen und setzten Filterbrunnen ein, die



den Wasserdruck innerhalb sowie im Anströmungsbereich ausserhalb des dichten Baugrubenabschlusses absenkten respektive die Höhe des Grundwasserspiegels regulierten. Über Sickergräben im Schlebereich der Baugrube wird ausserdem das Restwasser aus dem Erdreich abdrainiert, damit eine befahrbare, frostunempfindliche und stabile Baugrubensohle entsteht. Mit diesem Grundwasserhaltungskonzept konnte man das Grundwasser in der Baugrube während der Betonarbeiten ohne Gefahr eines hydraulischen Grundbruchs bis auf das Niveau der Baugrubensohle absenkten. Gleichzeitig verhinderten die Ingenieure mit diesem Konzept, dass sich das Grundwasser im Anströmungsbereich auf der Seite der Grossen Allmend einseitig aufstaut. Dank einer minutiösen Überwachung der Grundwasserstände respektive -drücke in der und um die dichte Baugrube liessen sich unerwünschte Veränderungen schnell erkennen und Gegenmassnahmen rechtzeitig einleiten.

#### LASTSPITZEN VERMEIDEN

Das Bauwerk ist flach gegründet, denn eine Tiefenfundation mittels Grossbohrpfählen erschien den Planenden zu risikoreich. Die im Gründungsbereich vorliegenden Rückstausedimente wiesen zu geringe Festigkeitswerte auf, als dass unter minimalen Deformationen genügend grosse Tragwiderstände hätten erreicht werden können, und die Grundwasserhältnisse hätten die Ausführung erheblich erschwert. Mit der Flachfundation erreichten die Planenden eine nahezu ausgeglichene Bilanz der Sohldruckspannungen zwischen Ursprungs- und Betriebszustand, was die Setzungen wesentlich begrenzt.

Der Kreisel ist wasserdicht als Weisse Wanne ausgebildet. Eine konventionelle, aussen liegende Bauwerksabdichtung war wegen der engen Platzverhältnisse nicht umsetzbar. Diese wasserdichte Ausführungsweise mit Flachfundation auf relativ weichem und inhomogenem Baugrund bedingte eine Tragkonstruktion mit weitgehend gleichmässiger Lastverteilung – trotz den teilweise konzentriert eingeleiteten Lasten. Das Bauwerk ist deshalb nicht monolithisch, sondern fragmentiert erstellt. Dank in Bauwerkklängsrichtung – also quer zur Tragrichtung – dilatierter Bauweise und mit dem Einsatz von Beton mit geringer Wärmeentwicklung gelang es den Ingenieuren, eine dichte Betonkonstruktion zu erstellen – obwohl die Geometrie kompliziert ist und der Rohbau verkehrsbedingt etappiert werden musste.

#### ZUSAMMENSPIEL VON KRÄFTEN UND GESTALTUNG

Es galt, dem Kreiselbauwerk eine gestalterische Identität für den öffentlichen Raum zu verleihen (vgl. «Verkehr entflechten»). Massgebend für den Tragwerksentwurf war insbesondere die Gestaltungsidee, mit grossen Aussparungen Licht ins Kreiselzentrum einfallen zu lassen. Da die Aussparungen im Lasteinleitungszentrum der Kreiseldecke angeordnet werden sollten, sahen sich die Ingenieure aus statischen und konstruktiven Gründen gezwungen, das Eigengewicht der Decke zu minimieren. Hierzu besannen sich die Planenden auf Tragstrukturen aus den 1920er-Jahren – insbesondere das Fiat-Werk Lingotto in Turin –, bei denen stets ein minimaler Materialverbrauch angestrebt wurde. In Analogie zu solchen materialoptimierten Tragsystemen und unter Beachtung der Auftriebsproblematik wurde die Struktur der Kreiseldecke geplant und ausgeführt: Zwei sich in der Mitte kreuzende, vorgespannte Träger bilden die Haupttragelemente. Sie verbinden – Speichen eines Fahrrades gleich – das Kreiselzentrum und die Aussenwände miteinander (Abb. 2). Die an die Träger gehängte Decke weist in Abhängigkeit der Spannweiten unterschiedliche Betonstärken auf, was Gewicht einspart und sich wiederum vorteilhaft auf die Lastverteilung auswirkt, denn auf diese Weise können die Lasten aus der Decke trotz punktueller Einwirkung verformungsarm auf die gesamte Bodenplatte verteilt werden (Abb. 4). Diese schalungstechnisch aufwendige Geometrie ermöglicht es erst, die Gestaltungsidee umzusetzen – ausserdem widerspiegelt diese Abstufung sozusagen das iterative Zusammenspiel zwischen Architektur und Tragwerk.

**Mirko Feller**, dipl. Bauingenieur ETH, dipl. NDS ETH in Betriebswissenschaften, Gesamtprojektleiter Planergemeinschaft und Projektleiter Kunstbauten, mirko.feller@emchberger.ch

#### SINNESWANDEL IN DER PLANUNG

Fehler, die in der Projektentwicklung entstehen, sind aus volkswirtschaftlicher Sicht weitaus gravierender als diejenigen, die während der Ausführung geschehen. Deshalb erarbeiten Ingenieure zuerst Konzeptstudien und definieren erst danach die normative Ausführung. Die heutige Ingenieurbaukunst liegt dabei nicht mehr primär darin, die Regeln der Baukunde lückenlos zu beherrschen, sondern darin, alle erfolgsrelevanten Faktoren des Projektumfeldes vollständig zu erfassen und korrekt zu interpretieren. Die vorgeschlagenen Konzepte müssen überzeugen, damit eine für die Realisierung erforderliche, in der Bevölkerung breit abgestützte Akzeptanz und letztlich eine seitens politischer Gremien gesicherte Finanzierung vorliegt. Das vollständige Erfassen aller Bedürfnisse muss daher für den Tragwerksplanenden in einem interdisziplinären Team, bestehend aus Spezialisten für Verkehr, Trasse, Gestaltung und Vertretern seitens Bauherrschaft und öffentlicher Behörden, erfolgen.

Im Zentrum der heutigen Ingenieurbaukunst sollte nicht das detaillierte Ausbilden der eigentlichen Tragkonstruktion liegen, sondern die sinnvolle und zukunftsgerichtete Einbindung des Bauwerks in dessen Umwelt. Nur mit diesem Sinneswandel wird es gelingen, intelligente Ingenieurbauwerke zu entwickeln und mit ihnen einen Mehrwert für die Öffentlichkeit zu schaffen.