

VERKEHR ENTFLECHTEN

Der Wankdorfplatz in Bern wird schon bald den verkehrlichen Anforderungen nicht mehr genügen, da sich das umliegende Stadtgebiet rasant entwickelt. In einem Wettbewerb setzte sich 2001 die Idee der Planergemeinschaft BE³ für einen unterirdischen Kreislauf durch. Im August 2009 begannen die Arbeiten zur Umgestaltung des Platzes. Während der Bauzeit muss der Verkehr möglichst störungsfrei fließen, ab 2012 soll er auf zwei Ebenen über den Wankdorfplatz geführt werden.

Titelbild

Zahlreiche Werkleitungen im Bereich des Wankdorfplatzes (Plan: Team BE³ Werke)

Der Entwicklungsschwerpunkt Wankdorf im Norden der Stadt Bern ist einer der dynamischsten Wirtschaftsstandorte im Kanton. Im Raum Wankdorf arbeiten heute ca. 20 000 Menschen, bis 2020 sollen weitere 10 000 bis 15 000 Arbeitsplätze hinzukommen. Die bestehende Infrastruktur wird der steigenden Nachfrage nicht mehr gewachsen sein. Der Wankdorfplatz wird in Zukunft also mehr Verkehr bewältigen müssen, gleichzeitig soll er auch als Identifikationspunkt für das Gebiet dienen. Beide Zielsetzungen sind grosse Herausforderungen für Verkehrsplanung und Städtebau. Die Zusammenarbeit dieser beiden Fachgebiete wurde deshalb schon im Programm zu einem Ideenwettbewerb 2001 gefordert. Eine Jury aus Vertreterinnen und Vertretern von Stadt und Kanton und eine international besetzte Fachjury wählte aus 23 eingereichten Vorschlägen vier verschiedene Projektansätze aus. Diese wurden im Rahmen eines begleiteten Studienauftrags vertieft. Es zeigte sich, dass nur der Lösungsansatz der Planergemeinschaft BE³, bestehend aus Verkehrs- und Städteplanern Emch + Berger Ingenieure, 3B Architekten und Schweingruber Zulauf Landschaftsarchitekten, den Anforderungen von öffentlichem Verkehr, Langsam- und Autoverkehr genügt: Der Verkehr sollte auf zwei Ebenen abgewickelt werden.



01

01 Im Viereck um die Grosse Allmend muss der Verkehr fließen, um Ausweichverkehr in die Quartiere zu verhindern

(Plan: Team BE³, Egger Kommunikation)

02 Verkehrssituation Wankdorfplatz vor dem Umbau (Foto: Team BE³)

03 Visualisierung des neuen Wankdorfplatzes, Sicht Richtung unbebaute Allmend (Visualisierung: Mathys Partner Visualisierung)

DER WANKDORFPLATZ ERHÄLT EIN NEUES GESICHT

Auf Stadtniveau werden künftig Fussgänger, Velofahrende, der öffentliche Verkehr und der Geradeausverkehr geführt. Die Abbiegebeziehungen des motorisierten Individualverkehrs sind im zweispurigen Kreislauf 7 m unter der Erdoberfläche organisiert. Dadurch entstehen auf dem Wankdorfplatz die notwendigen Freiräume für den öffentlichen und den Langsamverkehr, sodass der Platz auf eine Strassenkreuzung mit innerstädtischen Abmessungen redimensioniert werden kann. Die Baumreihen der Papiermühleallee, die historisch keinen Unterbruch hatten, werden ergänzt, über den Platz hinweggeführt und somit wieder erlebbar. Auf der Stadtebene dominiert der quadratische Platz. In den Ecken wird er begrenzt durch mächtige Pylone, an denen ein Seiltragwerk aufgehängt ist, das ihn überspannt. Daran ist die indirekte Beleuchtung befestigt. Die Tramfahrlösungen, die ebenfalls über den Platz führen, werden allerdings auf einer eigenen Ebene montiert, da sie vertikale Bewegungen zulassen, die bei der Beleuchtung nicht gewünscht sind. Die Rampen und Lichteinfallöffnungen für den Kreislauf sind als ausgeschnittene Formstücke in der Ebene wahrnehmbar. Drei Brüstungen je Seite begrenzen den Platz und schützen die Übergänge für die Fussgänger.

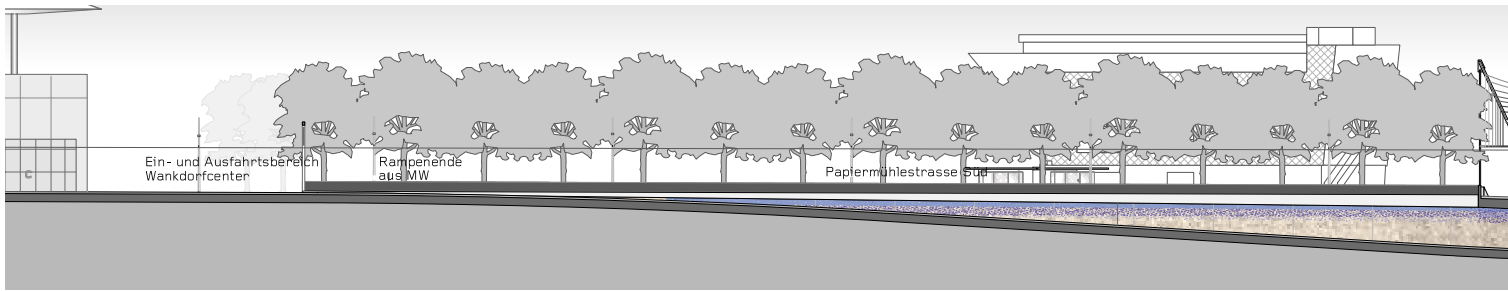
Zwischen den Alleebäumen senkt sich die Rampe ins Erdreich. Der Verkehrsraum unter dem Platz besteht aus einem Kreislauf mit einem Durchmesser von 40m. Die raue Struktur der Wände der Ein- und Ausfahrten soll an ausgehobenes Erdreich erinnern; sie wird mittels Matrizen mit Felsstruktur hergestellt, die in die Schalung eingelegt werden. Der darüberliegende Lampenschlitz beleuchtet die Wände blau. Im Zentrum steht ein schalungsglatte und weiss gestrichener Kegel aus Stahlbeton, der einen grossen Teil der Last aus der Konstruktion trägt (vgl. «Kegel, Kreuz und Druckring», S. 32). Er wird durch Aussparungen in der Decke natürlich beleuchtet. Die Grundhelligkeit im Kreislauf stellt eine künstliche Beleuchtung sicher.



02



03



04



05



06



07



08

04 Längsschnitt entlang der Papiermühlestrasse von Süden nach Norden (Schnitt: Team BE³)

05 Die Beleuchtung wird an einem Seiltragwerk aufgehängt, das den Platz überspannt. Die Tramfahrleitungen werden auf einer eigenen Ebene geführt (Visualisierung: Team BE³)

06 Durch die Umgestaltung kann der Wankdorfplatz auf eine Strassenkreuzung mit innerstädtischen Abmessungen redimensioniert werden (Visualisierung: Mathys Partner Visualisierung/ Bearb.: Team BE³)

07 Der Kreisell hat einen Durchmesser von 40m und liegt 7m unter der Erdoberfläche. Die Wände der Ein- und Ausfahrtsrampen sind mit

einer rauen Struktur belegt. Dies soll an ausgehobenes Erdreich erinnern (Visualisierung: Christof Wüthrich, Gestalter, Bern)

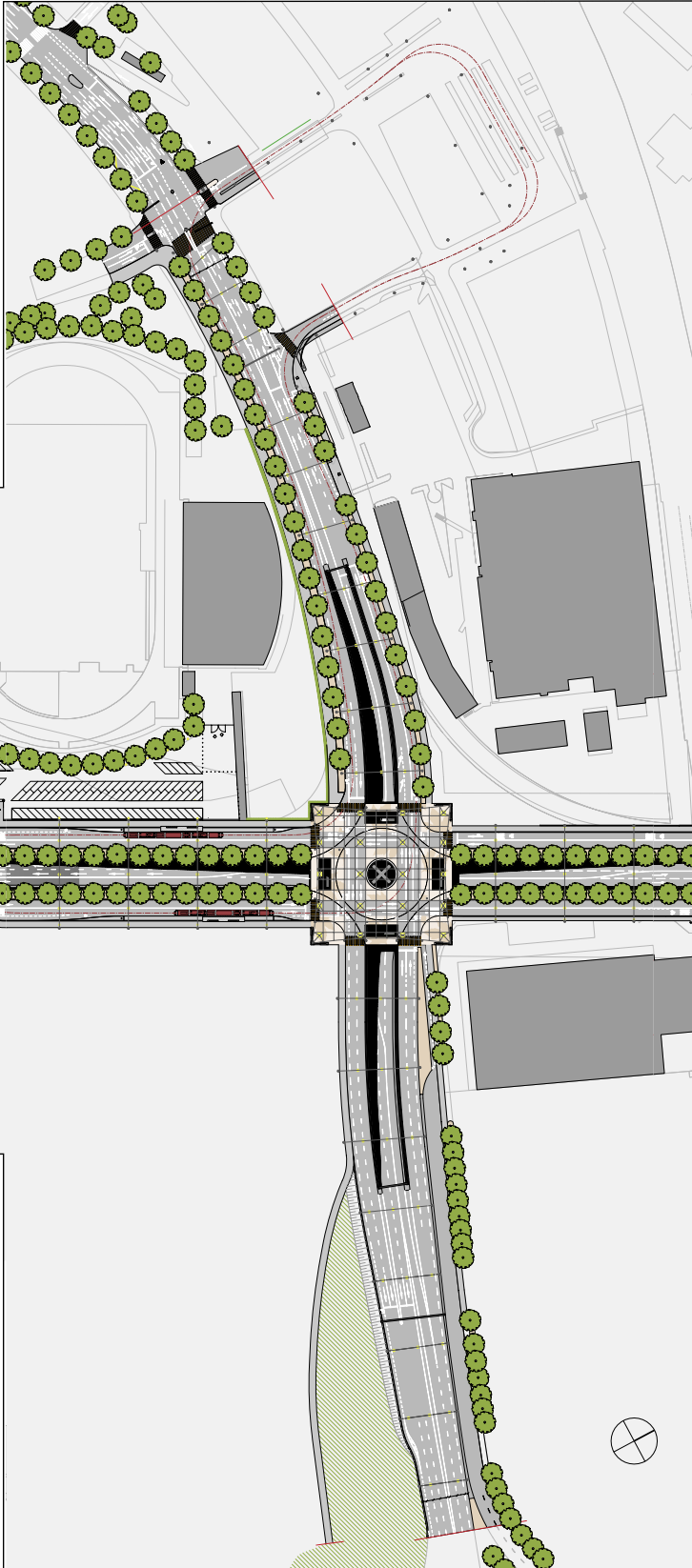
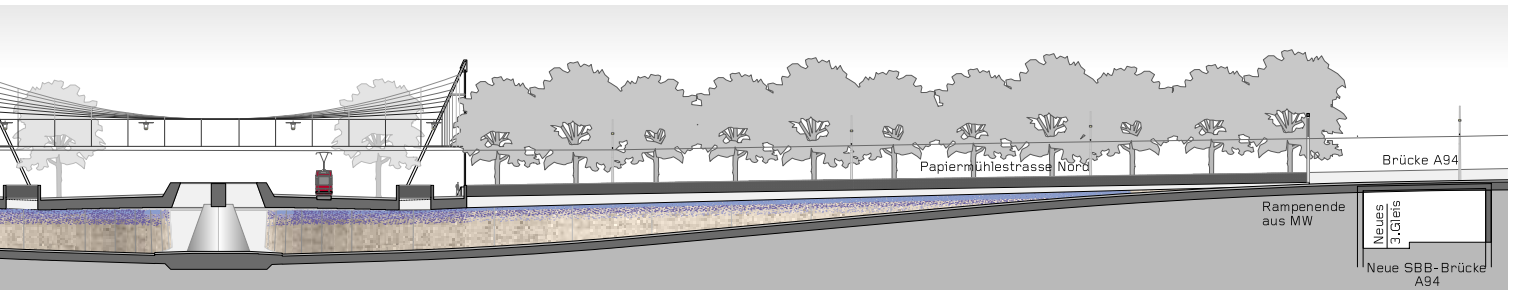
08 Übersichtsplan Neugestaltung Wankdorfplatz. Die historische Achse der Baumallee in der Papiermühlestrasse soll nach dem Ausbau wieder erlebbar sein (Gestaltungsplan: Team BE³)

09 Modell der städtebaulichen Vision. Der Ideenwettbewerb fand im Jahr 2001 statt (Modellfoto: Team BE³)

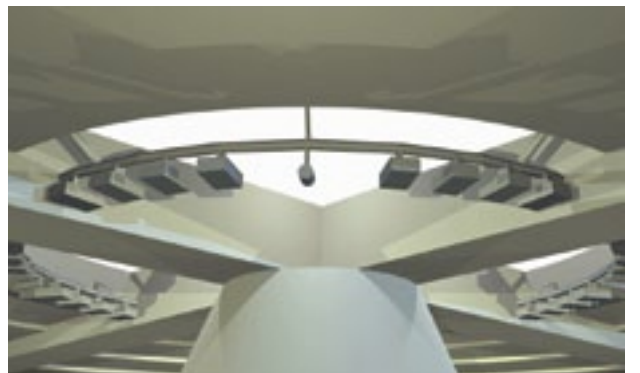
10 Die Grundhelligkeit im Kreisell wird durch Scheinwerfer sichergestellt. Eine adaptive Beleuchtung wie bei Tunneleinfahrten ist erforderlich (Visualisierung: Team BE³)

KENNZAHLEN

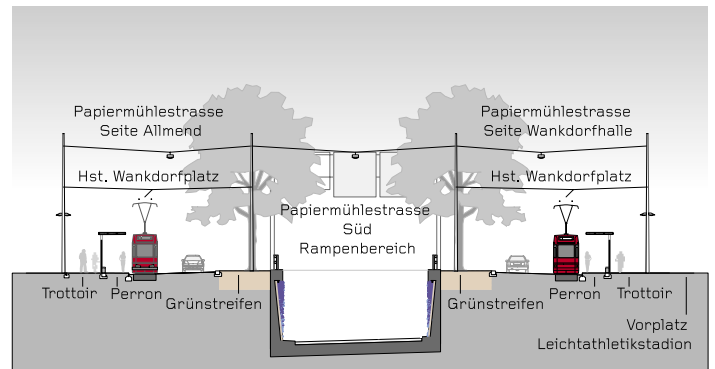
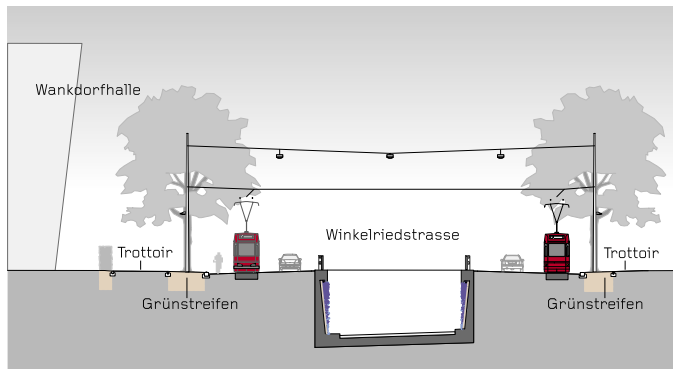
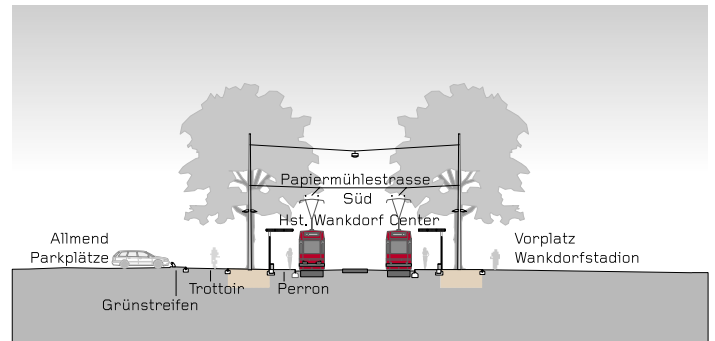
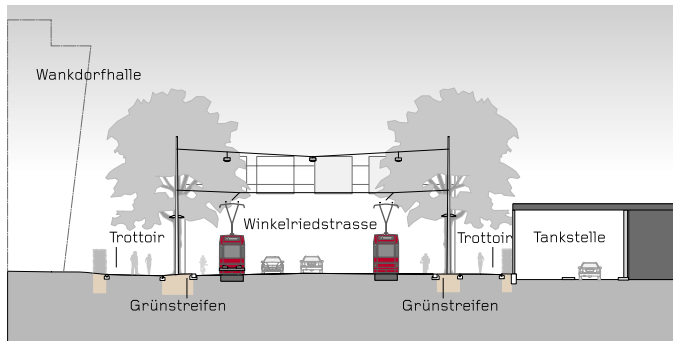
Verkehr vor Baubeginn:	65 000 Fz./Tag
Verkehrsprognose:	70 000 Fz./Tag
Umgebaute Strasse:	3300 m
Eingebaute Spundwände:	16 000 m ²
Erfolgter Aushub:	65 000 m ³
Verarbeiteter Beton:	15 000 m ³
Verlegte Randabschlüsse:	8000 m
Verlegte Tramgleise:	2100 m
Eingebauter Walzasphalt:	25 000 t
Eingebauter Gussasphalt:	1700 t
Gestellte Fahrleitungs- und Beleuchtungsmaste:	110 St.
Gepflanzte Bäume:	110 St.



09



10



11

11 Querschnitte der neu gestalteten Achsen Winkelriedstrasse und Papiermühlestrasse Süd (Schnitte: Team BE³)

DER VERKEHR FLIESST WEITER

Der Wankdorfplatz ist Teil eines grösseren Verkehrssystems. Zum Projekt gehören neben der Neugestaltung des Platzes mit dem unterirdischen Kreislauf auch die Verlängerung der Tramlinie 9 vom Guisanplatz zur S-Bahn-Station Wankdorf sowie Brückenbauwerke in der Papiermühlestrasse Nord. Nachbarprojekte, die unter der Federführung des Astra gleichzeitig ausgeführt werden, sind der Umbau des Autobahnanschlusses Bern Wankdorf und die Gesamterneuerung der Stadt tangente Bern.

Auf dem gesamten System soll während der Bauzeit der Verkehr weiter fließen. Besonders die tägliche Verkehrsbelastung von über 65 000 Fahrzeugen auf dem Wankdorfplatz war eine herausfordernde Ausgangslage für die Planung und Abstimmung der Verkehrs- und Bauphasen. Zudem finden während des Baus diverse Grossanlässe mit Auswirkungen auf den Verkehr im Raum Wankdorfplatz statt, die es in die verkehrsplanerischen Überlegungen

WERKVERTRAGSWESEN

Der Submission für die Baumeisterarbeiten des Wankdorfkreisels inklusive Verlängerung Tramlinie 9 lagen drei Werkvertragsurkunden im Entwurf bei. Die Dokumente wurden entsprechend den drei Bauherrschaften in drei Hauptobjekte gegliedert: der Kanton Bern – vertreten durch das Tiefbauamt, Oberingenieurkreis II – für den Wankdorfkreislauf inklusive Verlängerung Tramlinie 9 und sämtliche Strassen; Energie Wasser Bern für Strom-, Wasser-, Gas- und Swisscomleitungen; das Astra – vertreten durch das Tiefbauamt des Kantons Bern – für das Strassenunterquerungsbauwerk T1a, welches Teil des neuen Autobahnanschlusses Bern Wankdorf ist.

Das Strassenunterquerungsbauwerk T1a befindet sich nördlich des Wankdorfplatzes innerhalb des Bauperimeters und hat mehrere Schnittstellen mit den Bauarbeiten am Wankdorfplatz, nicht zuletzt wegen der engen Platzverhältnisse. Durch den

Einbezug in die gleiche Submission konnten Synergien genutzt werden. Schnittstellen, Abhängigkeiten und Ähnlichkeiten zwischen den Ansprüchen der Bauherrschaften mussten berücksichtigt bzw. ausgeglichen werden.

Die Submissionsunterlagen wurden entsprechend aufgebaut: besondere Bestimmungen, Leistungsverzeichnis, Pläne, Kontrollplan, Werkvertragsurkunden und weitere Unterlagen. Das Leistungsverzeichnis wurde in diverse Hefte und Unterhefte aufgeteilt, damit eine eindeutige Zuteilung zum entsprechenden künftigen Werkvertrag und eine physische Trennung des Dokumentes möglich waren. Innerhalb der einzelnen Hefte wurde nach Objekten gegliedert.

Die Vorlagen der Werkvertragsurkunden aller drei Bauherrschaften mussten abgeglichen werden, damit bauherrschaftsspezifische Themen, Auflagen usw. nicht in Widerspruch zueinander standen und berücksichtigt werden konnten.

In den Unterlagen wurde für die offerierenden Unternehmen deutlich darauf hingewiesen, dass bei der Vergabe die Trennung in den Werkverträgen der erwähnten Hauptobjekte vollzogen wird und die Rechnungsstellung entsprechend zu erfolgen hat. Zur besseren Wahrnehmung der Aufteilung besonders im Leistungsverzeichnis wurden in den Submissionsunterlagen auch grafische Darstellungen eingefügt.

Martin Singenberger, dipl. Bauingenieur, Leiter Team Erstellung Wankdorfplatz inkl. Verlängerung Tramlinie 9, martin.singenberger@emchberger.ch



12

12 Durch Aussparungen fällt Tageslicht ins Innere des zweispurigen Kreisels, was für bessere Sichtverhältnisse sorgt. Die Brüstungen begrenzen die Fussgängerüberführungen (Foto: Anna-Lena Walther/Red.)

einzu beziehen galt. Die Verantwortlichen mussten die Verkehrs- und Bauphasen so planen, dass keine Umleitungsrouten durch Wohnquartiere entstehen und der anfallende Verkehr direkt vor Ort verarbeitet werden kann. Weiter forderte der Kanton Bern, die provisorischen Verkehrssituationen auf Kontinuität auszurichten – dies vor allem, um die Sicherheit für die Verkehrsteilnehmenden zu erhöhen. Wichtig war zudem, dass das Nordquartier direkt an das Basisverkehrsnetz angebunden ist und dass die Erschliessung der direkten Anstösser aufrechterhalten bleibt. Selbstverständlich sollen auch die Busse möglichst störungsfrei verkehren sowie Fussgänger und Velofahrende ihre Verbindungen sicher nutzen können.

In einem iterativen Prozess entwickelten die Fachplanenden aus den Bereichen Kunstbauten, Verkehrsplanung, Tiefbau und Gleisbau erste Skizzen von Verkehrs- und Bauphasen, die die Verkehrsplanenden anschliessend konkretisierten. Sie definierten vier Hauptverkehrsphasen (vgl. Kasten nebenan) mit drei Kernelementen der Verkehrsführung: die grossräumige Umleitung von Teilverkehren aus Richtung Bolligen und Ittigen sowie Worb-laufen und Zollikofen in Richtung westliche Innenstadt auf den neuen Autobahnanschluss Neufeld; die lokale Umfahrung über die Wölflistrasse für den Ziel- und Durchgangsverkehr aus Richtung Nord; die Umfahrung der Baustelle und des Installationsplatzes im Kreisverkehr (Abb. 13).

Das Kernstück des Betriebskonzeptes für den Endzustand und die Bauphasen ist das Strassenviereck rund um die Grosse Allmend, in welchem die lokale Umfahrung und die Kernumfahrung aufgenommen werden. Hier muss der Verkehrsfluss jederzeit gewährleistet sein, denn wenn dieser im genannten Viereck gegeben ist, wird kein unerwünschter Ausweichverkehr in die Wohnquartiere entstehen (Abb. 1). Erreicht wird dies durch eine klare Strategie bezüglich der Zuflüsse beziehungsweise der Grünzeiten bei den Lichtsignalanlagen: Es soll nur so viel Verkehr in dieses System hineinfahren, wie dort verarbeitet werden kann. Die Autobahnausfahrten werden dabei priorisiert, damit kein Rückstau auf die Autobahnstamm-line entsteht. Anhand von Verkehrserhebungen wurde festgestellt, dass es während der Bauzeit bisher kaum Ausweichverkehr gab. Bereits vor dem Baubeginn entstand während der Grossanlässe wegen der Parkplatzsuchenden ein hoher Druck auf die Wohnquartiere. Mit einer dynamischen Parkraumbewirtschaftung im Endzustand wird man dem entgegenwirken.

VIER HAUPTVERKEHRSPHASEN

Verkehrsphase A (Sommerferien 2009):

Gleisbau Papiermühlestrasse Süd

Verkehrsphase B (Sommer 2009 bis Frühling

2011): Erstellung des Kieselbauwerks inkl. Rampen Süd und Ost sowie Brückenbauwerke Papiermühlestrasse Nord

Verkehrsphase C (Frühling 2011 bis Frühling

2012): Erstellung der Rampen West und Nord

Verkehrsphase D (Frühling 2012 bis Winter

2012/13): Gleisbau Winkelriedstrasse / Fertigstellungsarbeiten / Rückbau Provisorien

TERMINE

2001	Ideenwettbewerb
2003/04	Mitwirkungsprojekt
2005/06	Bauprojekt
2007	Submission
2009	Baubeginn
2012/13	Bauende



13

13 Das Grundkonzept der Verkehrsführung besteht aus der grossräumigen (1) und der lokalen Umfahrung (2) sowie der Kernumfahrung (3) (Plan: Team BE³, Egger Kommunikation)

BETREIBER UND NUTZENDE INFORMIEREN

Aufgrund der massiven Eingriffe in das Verkehrssystem im Gebiet Wankdorf wurden Betreiber und Nutzer der Infrastrukturen grundsätzlich vorab umfassend darüber informiert, was sie zu erwarten hatten. Beispielsweise informiert die Bauherrschaft jeweils schon parallel zu den Vorbereitungsarbeiten über die Verkehrsumstellungen. Durch diese Vorabinformation entschärften sich die Vorbehalte, und die für den Umbau erforderlichen Massnahmen wurden eher akzeptiert. Aufgrund der Komplexität des Projektes rief das Tiefbauamt des Kantons Bern eine «Task Force Verkehr» ins Leben, deren Aufgabe es ist, während der heiklen Zeitfenster für schnell zu treffende Entscheide bereitzustehen, dringende Massnahmen umzusetzen und den gesamten Arbeitsablauf fachlich zu begleiten. Grundlage für diese Massnahme war unter anderem die von den Verkehrsplanenden vor Beginn der ersten Phase durchgeführte Risikoanalyse für jede Hauptverkehrsphase.

DAS KÜNFTIGE BETRIEBSKONZEPT

Der Wankdorfplatz kann nicht räumlich oder fachlich isoliert betrachtet werden, sondern beinhaltet ein Gesamtpaket an Massnahmen, die verschiedenen Ansprüchen gerecht werden müssen und die Weiterentwicklung des Entwicklungsschwerpunktes Wankdorf erst ermöglichen. Es wird beispielsweise ein Modalsplit mit einem Anteil des motorisierten Verkehrs von nur 35% am gesamten Verkehrsaufkommen anvisiert.

Nur gemeinsam mit allen geplanten Ausbauvorhaben, wie dem Ausbau des Angebotes im öffentlichen Verkehr und des Langsamverkehrs, kann dies erreicht werden. So ermöglichen der Umbau des Autobahnanschlusses Bern Wankdorf und zusätzliche Busspuren, dass der öffentliche Verkehr künftig ohne grössere Behinderungen zirkulieren kann. Dadurch, dass nur der Geradeausverkehr auf dem Wankdorfplatz verkehrt, kann dieser mit einer 2-Phasen-Steuerung betrieben werden, was dank kurzen Wartezeiten an den Ampeln wiederum eine attraktive Ausgangslage für den Langsamverkehr sein wird.

PROJEKTBETEILIGTE

Bauherrschaft Wankdorfkreisel inkl. Verlängerung Tramlinie 9: Tiefbauamt des Kantons Bern; Oberingenieurkreis II, Adrian Gugger

Bauherrschaft Energie Wasser Bern für Strom-, Wasser-, Gas- und Swisscomleitungen: Energie Wasser Bern, Peter Gosteli

Bauherrschaft Astra, vertreten durch das Tiefbauamt des Kantons Bern, für das Strassenunterquerungsbauwerk T1a: Tiefbauamt des Kantons Bern, Max Rudin

Planergemeinschaft Wankdorfkreisel inkl. Verlängerung Tramlinie 9: BE³ Wankdorfplatz, bestehend aus Emch + Berger AG Bern, Ingenieure und Planer; 3B Architekten, Bern; Schweingruber Zulauf Landschaftsarchitekten, Zürich; Marchand und Partner, Bern

Arbeitsgemeinschaft Wankdorfkreisel inkl. Verlängerung Tramlinie 9: ARGE Wankdorfkreisel Los 3, bestehend aus Implenla Bau AG, Bern; Marti AG, Bern; Frutiger AG, Thun

Franz Bamert, dipl. Architekt ETH, Projektleiter Architektur, franz.bamert@3b-architekten.ch

Alain Kutter, dipl. Siedlungsplaner HTL, Projektleiter Verkehr, alain.kutter@emchberger.ch

INNERSTÄDTISCHES TRASSEE

Mit dem Ausbau des Wankdorfplatzes soll der Verkehr künftig flüssig und mit möglichst grossem Fahrkomfort für alle Verkehrsteilnehmenden abgewickelt werden. Zudem sollen Freiräume für den öffentlichen Verkehr und den Langsamverkehr geschaffen werden. Als Grundlage dafür dient eine Trassierung, die sowohl die zahlreichen Zwangspunkte als auch die verschiedenen Anliegen der Anstösser und Fachplanenden berücksichtigt.

Die Modellierung aller geometrischen Elemente von Strassen- und Gleisanlagen war bei der Umgestaltung des Wankdorfplatzes eine wesentliche Projektgrundlage für die beteiligten Fachplanenden. Seit Beginn sind etliche Fachbereiche wie Strassenbau, Kunstbauten, Gleisbau, Architektur sowie Ver- und Entsorgung involviert, und jeder möchte seine Ansprüche, Wünsche und Ideen ins Gesamtprojekt einbringen. Die Herausforderung für die Trassierung besteht darin, die zum Teil gegensätzlichen Anliegen gebührend zu berücksichtigen und dabei die Kosten im Auge zu behalten. Beispielsweise konnte die Aushubmenge nur bedingt optimiert werden, indem das Kreiselzentrum angehoben wurde, denn dadurch wäre die Verkehrsführung im Bauzustand komplexer geworden. Die Kunst des Trassierens ist also keine emotionslose, geometrische Angelegenheit, sondern liegt auch darin, in einem kreativen, iterativen Prozess möglichst viele Anforderungen im Gesamtbauwerk zu vereinen, gegebenenfalls Kompromisse zu postulieren und einen Konsens zu finden.

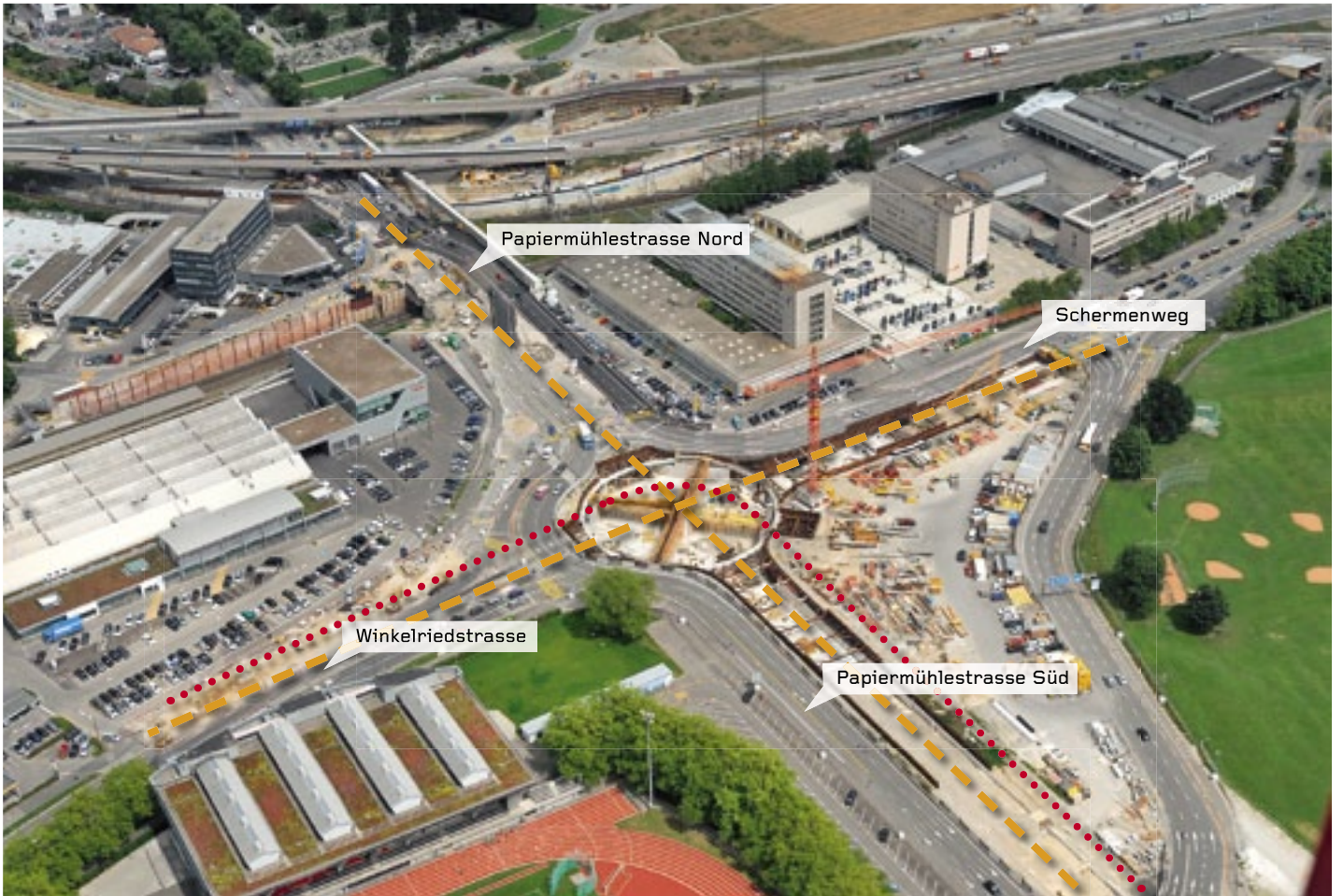
ZWANGSPUNKTE FORDERN INGENIEURE HERAUS

Bereits im Vorprojekt haben die Verkehrs- und Bauphasen die Trassierung stark geprägt. Grundsätzlich führt der Verkehr jeweils über die bestehende Infrastruktur oder über die neu erstellten Bauwerke – je nach Bauphase wird der Verkehrsfluss angepasst und über die eine oder andere Variante abgewickelt. Diese Vereinfachung spart Kosten und verhindert vor allem provisorische Bauten wie Hilfsbrücken.

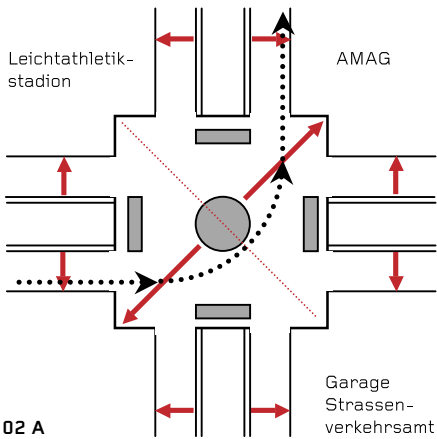
Besonders anspruchsvoll in diesem Gesamtverkehrssystem mit Autobahnzufahrten, Erschliessungsstrassen und mit dem Verkehrsnetz des öffentlichen Verkehrs ist der Wankdorfplatz mit dem unterirdischen Kreiselbauwerk, den vier Zufahrtsrampen und dem oberirdischen Platz inklusive der neuen Tramgleisanlage (vgl. «Verkehr entflechten»). Er bildet das Kernstück der Trassierungsarbeit. Beide Ebenen sind in der räumlichen Ausdehnung durch eine Vielzahl von Zwangspunkten begrenzt: das Leichtathletikstadion, die Allmend, angrenzende Gebäude, bestehende Strassenränder sowie die historische Achse der Papiermühlestrasse mit ihren Werkleitungen und dem alten Baumbestand. Die beiden Ebenen zu einem einheitlichen Modell zu verknüpfen, war eine ingenieurtechnische Herausforderung.

OBERIRDISCH UND UNTERIRDISCH

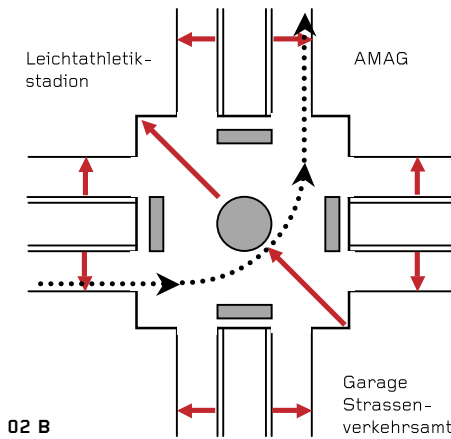
Die beiden zentralen grossflächigen Bereiche des unterirdischen Kreisels und des oberirdischen Platzes befinden sich im Spannungsfeld zwischen Bestand, Fahrdynamik, Oberflächenentwässerung und Konstruktion des Kreiselsbauwerks. Um die geeignetste Trassierung zu ermitteln, führten die Ingenieure von Emch + Berger AG Bern ein Variantenstudium durch. In der Konzeptphase zeigten sie alle relevanten Modellierungen der beiden Ebenen auf und verdeutlichten ihre Konsequenzen (Abb. 2). Mit einer Nutzwertanalyse beurteilten sie schliesslich jede Variante und ermittelten die Bestlösung, die sie zur Weiterbearbeitung



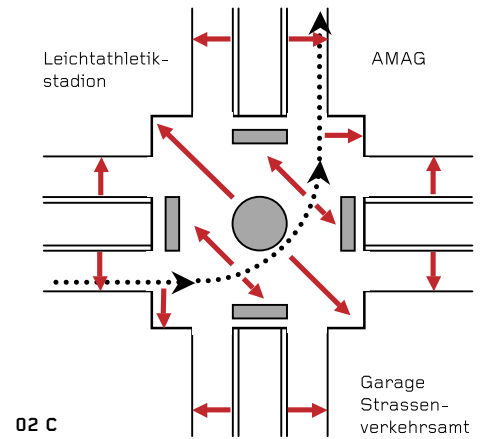
01



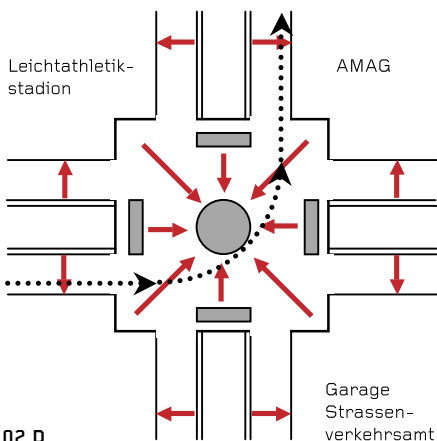
02 A



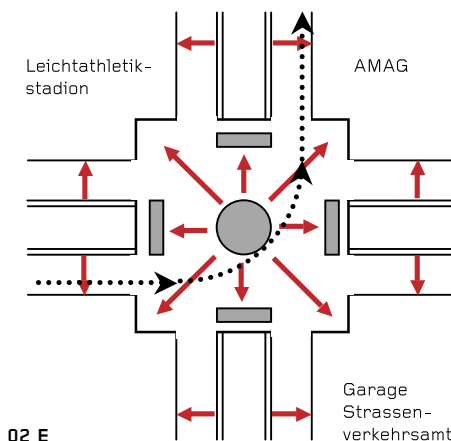
02 B



02 C



02 D



02 E

01 Das Kreiselmittelpunkt wurde als Ursprung der Trassierung in Lage und Höhe definiert. Damit waren auch die vier Hauptachsen (orange Linien) räumlich zugeordnet. Die rote Linie zeigt die zukünftige Tramführung (Foto: Tiefbauamt des Kantons Bern / Bernhard Künzler)

02 Modellierung des oberirdischen Platzes:
 Den Platz als Kegel zu gestalten (E), mit einem Gefälle von Kreiselmittelpunkt nach aussen (rote Pfeile), erwies sich als die beste Lösung
 A Gratlösung in der Platzdiagonalen
 B Platz in einer schiefen Ebene
 C Gratlösung entlang dem Tramtrasse
 D Trichterform mit einer konstanten Neigung zur Platzmitte
 E Kegelform mit einer konstanten Neigung zum Platzrand (Grafik: Team BE²)

empfehlen. Die Wahl der Oberfläche der Platzebene fiel auf die Kegelform mit einer konstanten Neigung von 3% zum Platzrand hin, da diese für die Fahrdynamik, für die Oberflächenentwässerung und für den Bauablauf die beste Lösung bietet, nur geringe Anpassungen an die Umgebung fordert und eine Tramgeometrie gemäss den Anforderungen des Trambetreibers gewährleistet.

BEZUGSPUNKTE SCHAFFEN

Die im Raum Wankdorf vorhandenen Fixpunkte des Bundes, der SBB und der amtlichen Vermessung der Stadt Bern sind nicht in einem einheitlichen Fixpunktnetz zusammengeführt. Um sich also eine gemeinsame und einheitliche planerische Grundlage zu schaffen, fügten die Ingenieure alle Daten zuerst in ein harmonisiertes, übergeordnetes Fixpunktnetz zusammen. Dieses Fixpunktnetz dient als Grundlage für die Aufnahme des digitalen Terrainmodells (DTM) und für die Bauabsteckungen vor Ort – es bildet grundsätzlich das Bezugnetz für alle späteren Ausführungsarbeiten. Auch das Kreiselenzentrum ist seit der ersten Projektphase in Lage und Höhe präzise definiert. Damit sind ebenfalls die vier Hauptachsen räumlich klar definiert und zugeordnet (Abb. 1). Jede der Achsen hat eine eindeutige Kilometrierung und wird bis zur Inbetriebnahme beibehalten.

Nachdem das Modellierungskonzept bestimmt und die Bezugspunkte abgesteckt waren, erfolgte die planerische Ersttrassierung relativ rasch, um den weiteren Fachbereichen eine solide Basis für ihre fachspezifische Projektierung zu schaffen. Die Trassierung erfolgte lückenlos über den gesamten Perimeter und stellte für alle Fachplanenden eine definitive, dreidimensionale digitale Projektfläche zur Verfügung. Anschliessend erstellten die Planenden unter Berücksichtigung des Bauablaufs die Konzepte für Werkleitungen, Konstruktion und Verkehrsphasen.

AUSFÜHRUNG ABSICHERN

Während der Ausführungsprojektierungen erhöhte sich der Detaillierungsgrad weiter: Grundlagen wie Kotierungspläne, Höhenlinienpläne, Terrainschnitte, Abwicklungen von Linienführungen und Grundlagen für Visualisierungen entstanden. Zusätzlich wurden vor Baubeginn zahlreiche Absteckungsdaten für verschiedene Gewerke wie Gleisanlage, Baugrubenabschlüsse, Werkleitungen oder Schalungen erstellt und die entsprechenden Bezugspunkte, basierend auf dem erwähnten Fixpunktnetz, im Gelände abgesteckt. Während der Realisierung werden die Arbeiten überwacht und kontrolliert. Dabei prüfen die Ingenieure die Lage und die Höhe der einzelnen baulichen Elemente wie der Randsteine, der Brüstungen, der Strassenchaussierung oder des Deckels des Kreiselenbauwerks mittels eines Differenzmodells. Beispielsweise wird die erstellte Betondecke des unterirdischen Kreisels vor dem Belagseinbau mit den Sollhöhen aus der Projektierung verglichen. Die verschiedenen Differenzhöhen können abgestuft eingefärbt und entsprechend aufbereitet werden. Basierend auf der sich daraus ergebenden Visualisierung können allfällige Massnahmen präzise geplant werden.

Christian Teuscher, dipl. Bauingenieur FH, NDS FH BWL UF, Projektleiter Strassen- und Tiefbau, christian.teuscher@emchberger.ch

Stefan Zingg, dipl. Bauingenieur FH, Projektleiter Tramlinienverlängerung, stefan.zingg@emchberger.ch

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, vorge-spannte Träger bilden die Haupttragelemente der Kreiseldecke. Sie verbinden das Kreiselenzentrum 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 «BE³ 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 kanalisiertes 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



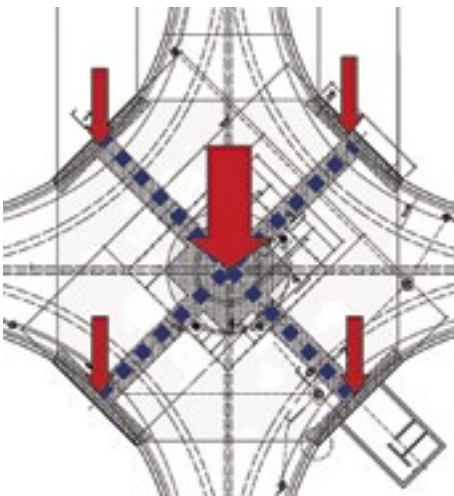
01



02



03



04

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 Kreislauf 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 «BE³ 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 Grossen Allmend zum Vorfluter Aare ein. Die Ingenieure perforierten die dichten Bodenschichten gleichmässig über die gesamte Baugrubenfläche mit Entlastungsbohrungen und setzten Filterbrunnen ein, die

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 BE³)

den Wasserdruck innerhalb sowie im Anströmungsbereich ausserhalb des dichten Baugrubenabschlusses absenkten respektive die Höhe des Grundwasserspiegels regulierten. Über Sickergräben im Sohlebereich 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 Sohle-Druckspannungen 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.

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.

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