



Bachelorarbeiten 2023
**Bachelor of Science in
Bauingenieurwesen**



Vorwort



Prof. Felix Wenk
Studiengangleiter Bauingenieurwesen

Sehr geehrte Damen und Herren

Der Studiengang Bauingenieurwesen freut sich, Ihnen die Bachelorarbeiten unserer Studierenden des Studienjahres 2022/2023 vorzustellen.

Die folgenden Arbeiten ermöglichen Ihnen einen Einblick in das vielfältige Wirkungsfeld einer Bauingenieurin oder eines Bauingenieurs. Projekte werden oftmals durch kommunale oder kantonale Behörden respektive durch Ingenieurbüros oder Bauunternehmungen initiiert. Diese Projektpartner warten dementsprechend mit grossem Interesse auf die Resultate. Dies gewährleistet, dass unsere Diplomierenden mit realen und aktuellen Problemen aus der Praxis oder aus der angewandten Forschung und Entwicklung konfrontiert werden. Sie erarbeiten technische Lösungen, die auch ökonomische und ökologische Aspekte berücksichtigen. Zunehmend halten auch die Digitalisierung und die Kreislaufwirtschaft in den Arbeiten Einzug.

Projekte aus den Bereichen Beton-, Stahl- und Holzbau, Building Information Modeling (BIM), Geotechnik, Untertagebau, Verkehr, Bauausführung,

Hochwasserschutz, Revitalisierung, Siedlungswasserwirtschaft und Wasserbau wurden durch die Diplomierenden engagiert bearbeitet. Einige Arbeiten wurden im Zusammenhang mit aktuellen Forschungsprojekten am Institut durchgeführt. Mehrere Arbeiten fanden im Ausland oder in Zusammenarbeit mit ausländischen Kooperationspartnern statt. Die praxisorientierten Aufgabenstellungen bereiten die Absolvierenden hervorragend auf ihre spätere Tätigkeit im Berufsleben vor.

Die Diplomierenden des Studiengangs Bauingenieurwesen freuen sich, Ihnen mit den folgenden Zusammenfassungen Einblick in ihre Bachelorarbeiten zu gewähren, und diskutieren gerne mit Ihnen die anspruchsvollen Projekte und die erarbeiteten Lösungsvorschläge.

Rapperswil, im September 2023

Prof. Felix Wenk
Studiengangleiter Bauingenieurwesen

Überblick

Referentinnen und Referenten

- 14 | 15 | 17 | 18 | 34 Prof. Martin Beth
- 28 Dr. Christoph Czaderski
- 37 | 39 | 41 Prof. Dr. Davood Farshi
- 40 Dr. Pierre-Jacques Frank
- 12 Tobias Frick
- 26 | 32 Daniel Holenweg
- 38 | 39 Andreas Kocher
- 27 Dr. Robert Koppitz
- 33 Matthias Krucker
- 30 | 31 Prof. Dr. Ivan Marković
- 20 | 21 | 22 | 23 Prof. Dr. Carlo Rabaiotti
24 | 25
- 19 | 21 Dr. Reto Schnellmann
- 8 | 9 | 10 | 13 | 16 Rolf Steiner
- 11 | 25 | 34 | 35 | 36 Prof. Simone Stürwald
- 29 Prof. Felix Wenk

Überblick

Korreferentinnen und Korreferenten

39	Dr. Azin Amini	8	George Moir
25	Lukas Brem	22	Daniel Naterop
23	Dr. Massimo Facchini	13	Christian Paar
15	Marc Furrer	24	Alessandro Rosso
16	Urs Gachnang	29	Dr. Joachim Schätzle
17	Franz Gähler	12	Cédric Schneider
14	Jean-Marc Gerber	20 21	Danai Tsirantonaki
31	Beat Jörgler	33	Dr. Flavio Wanninger
34	Edgar Kälin	18	Dr. Markus Weh
9	Roman Kohler	13	Manfred Wetzel
30	Werner Köhler	35	Benjamin Wissmann
37	Dr. Siamak Komaei	19	Rafael Wyrsh
11	Dr. Benedikt Lindlar		
36	Prof. Dr. Ena Lloret-Fritschi		
40	Frank Lükewille		
27	Markus Malloth		
38	Jürg Marthy		
41	Dr. Brian McArdell		
26 32	Rolf Meichtry		
10	Erich Merkle		
28	Dr. Julien Michels		

Überblick

Themen

Bauausführung

- 8 City Link - Anneberg-Skanstull Tunnel
- 9 Instandsetzung Deckbelag A3, Flums-Mels

Bauausführung, Untertagbau

- 10 Erneuerung Elleringhauser Tunnel, Brilon DE
- 11 Evaluation von Feuchtesensoren im Frischbeton am Beispiel von Spritzbeton

Bauausführung, Verkehr

- 12 Beschleunigte Bauweise im Strassenbau: Planung Intensivphase Belagseinbau EHS

BIM / Digitalisierung

- 13 BIM -Tender- Management
- 14 BIM-Einführung bei Spleiss AG
- 15 Vergleich von BIM-Konvertierungen verschiedener Fachmodelle

BIM/Digitalisierung, Bauausführung, Verkehr

- 16 Bahnhof Küsnacht ZH, papierlose Baustelle

BIM / Digitalisierung, Konstruktion

- 17 Weltweit günstiger Wohnraum mit «Happy Home»

BIM / Digitalisierung, Untertagbau, Bauausführung

- 18 Strassentunnel Gotthard Los 343

Geotechnik

- 19 Baugrubenabschluss Hochhaus-Komplex Brüttisellen
- 20 Foundation Hochhaus Komplex Brüttisellen
- 21 Grundwasserhaltung Hochhaus-Komplex Brüttisellen
- 22 Klassische Sensorik und FEM-Analyse im FibrADike Projekt
- 23 Validierung und Kalibrierung eines neuartigen faseroptischen Sensors

Geotechnik, Bauausführung

- 24 Qualitätssicherung der Erdarbeiten im FibrADike Projekt

Geotechnik, Konstruktion

- 25 Freileitungsmast vor dem Unterwerk Ernen der 380-kV-Höchstspannungsleitung Mörel-Ulrichen

Konstruktion

- 26 Aufstockung Blumenbörse, Luzern
- 27 Ersatzneubau Geschäftshaus Poststrasse 5 in Uster
- 28 Experimentelle und numerische Untersuchungen an Betonbalken mit re-plate Verstärkung
- 29 Holz-Beton-Verbund
- 30 Neubau der Strassenbrücke Bergli in Wattwil
- 31 Neubau einer Strassenbrücke in der Stadt Zürich
- 32 Neubau WashUp Sursee
- 33 Tragwerkskonzept und Bemessung eines Laborgebäudes in Betonbau

Konstruktion, BIM / Digitalisierung

- 34 Tragwerksanalyse und Nachrechnen eines Gebäudeteils/BIM Kollaboration

Konstruktion, Umwelt

- 35 Gewerbehäuser in Zürich Binz
- 36 Selbstverdichtender Beton mit rezykliertem Betongranulat

Wasser

- 37 2D Modellierung der Strömungsverhältnisse bei einer Wasserkraftwerkfassung in Asien
- 38 Hochwasserschutz und Revitalisierung Innerer Dollikerbach, Meilen
- 39 Hybride Untersuchung des Fließwiderstands von Waldflächen bei Flüssen
- 40 Regenüberlaufbecken Usterstrasse
- 41 Systematische Untersuchung der Fließverhältnissen von Murgang in einer Laborrinne

Überblick

Bachelors, Diplomandinnen und Diplomanden

- | | | | |
|----|-------------------------|----|---------------------------|
| 37 | Martin Stefan Berni | 20 | Simon Paul |
| 32 | Andreas Bösch | 24 | Thomas Reichlin |
| 17 | Dilan Ceyhan | 27 | Manuel Nicolas Rusterholz |
| 22 | Curdin Del Negro | 23 | Carmen Schärer |
| 19 | Marco Deplazes | 12 | Reto Scheurer |
| 8 | Aline Dittner | 30 | Dominik Schönenberger |
| 16 | Nelis Eggen | 29 | Simon Schubiger |
| 38 | Ronja Elmer | 41 | Rajith Suriyakanthan |
| 15 | Nilakshan Eswararajah | 13 | Andreas Suter |
| 10 | Jan Federer | 11 | Dominik Walther |
| 26 | Livia Hasler | 18 | Alena Lara Weber |
| 36 | Alexandra Horat | | |
| 25 | Lukas Kaufmann | | |
| 40 | Samuel Kaufmann | | |
| 31 | Robin Knupp | | |
| 35 | Luc Christiaan Korevaar | | |
| 14 | Marc Krummenacher | | |
| 33 | Noémie Küng | | |
| 34 | Jan Langenegger | | |
| 9 | Celina Leibacher | | |
| 39 | Robine Luchsinger | | |
| 28 | Fabienne Mamié | | |
| 21 | Lars Müller | | |

City Link - Anneberg-Skanstull Tunnel

Bohr- und Sprengmethodik im Hartgestein

Diplomandin



Aline Dittner

Ausgangslage: Der Anneberg-Skanstull-Tunnel ist die zweite Etappe des City-Link-Projekts. Dieses Projekt hat zum Ziel, eine Ringleitung bestehend aus 400-kV-Leitungen rund um die Region Stockholm zu erstellen. Mit einer Ringleitung kann die Versorgungssicherheit der Region gesteigert werden, da die Stromlieferung von mehr als nur einer Seite ermöglicht werden kann.

Für die Strecke von Anneberg nach Skanstull wird für diesen Zweck ein 13,4 km langer Tunnel aufgeföhren. Der Hauptstollen wird durch eine TBM erstellt. Neben diesem werden sechs Schächte und fünf Querschläge erstellt. Vier der sechs Schächte werden im Raise-Boring-Verfahren erstellt, die beiden weiteren im Sprengvortrieb. Die Querschläge werden alle im Sprengvortrieb erstellt. Der Auftrag für dieses Projekt kommt von der schwedischen Regierung. Diese hat dem staatlichen Stromunternehmen Svenska Kraftnät den Auftrag erteilt, das in die Jahre gekommene schwedische Übertragungsnetz zu sanieren und auszubauen. Für die Strecke von Anneberg nach Skanstull wurde eine Machbarkeitsstudie durchgeführt, welche ergeben hat, dass die beste Variante für die Übertragungsleitung ein Tunnel ist, da die Leitung die dicht bebaute schwedische Hauptstadt durchquert.

Vorgehen: Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, das Sprengverfahren und das Raise Boring im City-Link-Tunnel zu analysieren. Es soll aufgezeigt werden, welche Schritte für die beiden Bauverfahren benötigt werden und wie diese in Stocksundet umgesetzt werden. Bei Stocksundet handelt es sich um den ersten Querschlag und um den ersten Schacht vom Projekt, welcher erstellt wird.

Für die Erstellung dieser Bachelorarbeit wurden die Arbeiten vor Ort über einen Zeitraum von etwas mehr als drei Monaten begleitet. In dieser Zeit wurden die Projektunterlagen studiert und es wurde an Besprechungen teilgenommen. Bei den Besprechungen handelte es sich zum einen um interne Meetings und auch um solche mit Subunternehmern. Zusätzlich zu den Informationen aus den Projektunterlagen und den Besprechungen stammen die Informationen aus Gesprächen und Beobachtungen, welche auf der Baustelle gemacht wurden.

Neben den Bauverfahren für die Erstellung vom Querschlag Stocksundet, dem Sprengvortrieb, und jenem für den Schacht Stocksundet, dem Raise Boring, wird in der Arbeit auf die Logistik und die Qualitätskontrolle auf der City-Link-Baustelle eingegangen.

Fazit: Diese Arbeit zeigt auf, welche Arbeitsschritte für den Sprengvortrieb und für das Raise Boring benötigt werden und auf welche Punkte in der Ausführung besonders geachtet werden muss. Für den Anneberg-Skanstull-Tunnel hat sich vor Ort deutlich

gezeigt, dass es keine Alternative zum Sprengvortrieb gibt. Die beengten Platzverhältnisse im Tunnel und das harte Gestein erlauben keine andere Ausbruchsmethode. Dasselbe gilt für den Schachtbau in Stocksundet. Auch für diese Bauarbeiten gibt es aufgrund der beengten Platzverhältnisse keine Alternative. Die Ausbruchsarbeiten, welche in Stocksundet durchgeführt wurden, werden für drei weitere Querschläge und Schächte wiederholt. Die gesammelten Erfahrungen in Stocksundet können dabei helfen, die Abläufe für die weiteren Querschläge und Schächte zu optimieren und die zukünftigen Arbeiten effizienter durchzuführen.

Raise-Boring-Bohrkopf

Eigene Darstellung



Bohrwagen

Eigene Darstellung



Abgase nach der Sprengung

Eigene Darstellung



Referent

Rolf Steiner

Korreferent

George Moir,
Stockholm, Schweden

Themengebiet

Bauausführung

Projektpartner

Implenia Construction
GmbH, Stockholm,
Schweden

Instandsetzung Deckbelag A3, Flums-Mels

Diplomandin



Celina Leibacher

Ausgangslage: In dieser Bachelorarbeit wird eine Strassenbaustelle der Bauunternehmung Hagedorn AG begleitet und dokumentiert. Bei dem Bauprojekt handelt es sich um die Deckbelagsinstandsetzung der Überhol- und Normalspur der Nationalstrasse A3 zwischen Flums und Mels in Fahrtrichtung Zürich. Der Deckbelag befindet sich in einem schlechten Zustand und hat seine Lebensdauer von 15 Jahren bei weitem überschritten. Daher wird auf einer Fläche von rund 45'500 m² der Deckbelag durch lärmarmen SDA-Belag ersetzt. Dies wird in insgesamt acht Etappen bei Nacht- und Tagarbeit unter einer Teilspernung der Fahrbahn durchgeführt. Für jede Etappe steht ein begrenztes Zeitfenster von 20 h zur Verfügung.

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist festzustellen, inwieweit die Arbeitsschritte der Firma Hagedorn AG für dieses Projekt optimiert wurden bzw. ob weiteres Potenzial für Optimierungen im Bauablauf vorhanden ist.

Vorgehen: Dafür wird das Bauprojekt auf der Nationalstrasse begleitet und dokumentiert. Für einen umfassenden Überblick über die verschiedenen Arbeitsschritte, welche während des Bauprozesses durchgeführt werden, wird mit den unterschiedlichen Baustellenbeteiligten über ihre Arbeit und mögliche Verbesserungsvorschläge gesprochen bzw. diskutiert.

Vorgängig wird dafür ein Fragekatalog erstellt, welcher sich aus einer Recherche zum Thema sowie dem Studium der Projektunterlagen ergibt. Die Vorarbeiten wie auch der Projektstand werden fortlaufend mit dem projektzuständigen Bauführer der Bauunternehmung Hagedorn AG besprochen. Weiter wird das Bauprojekt der Nationalstrasse mit zwei anderen Strassenbaustellen der Firma Hagedorn AG in einer Gegenüberstellung zu den Themen Arbeitsvorbereitung sowie Arbeits- und Verkehrssicherheit verglichen.

Ergebnis: Anhand der Besichtigungen wie auch der Dokumentation der Baustelle wird festgestellt, dass das Optimierungspotenzial durch den Bauunternehmer für diese Art Baustelle weitestgehend ausgeschöpft ist.

Ausserdem werden die Maschinen der Firma Hagedorn AG mit einem hohen Leistungswert betrieben. Dies zeichnet sich vor allem bei der Nassreinigung, der Flächentrocknung und dem Belagseinbau ab. In diesen drei Bereichen ist eine weitere Steigerung des Leistungswertes unter den aktuell gegebenen Umständen nicht zu erwarten. Ermöglicht werden

die Leistungswerte durch stetige Verbesserungen anhand von Lern- und Arbeitsprozessen sowie durch das Einsetzen von moderner Technologie wie der Verdichtungssoftware BOMAP der Firma BOMAG.

Fräsen des alten Deckbelages

Eigene Darstellung



Nassreinigung der Fräsfläche

Eigene Darstellung



Einbau des neuen SDA-Deckbelages

Eigene Darstellung



Referent
Rolf Steiner

Korreferent
Roman Kohler,
Hagedorn AG, Pfäffikon
SZ, SZ

Themengebiet
Bauausführung

Erneuerung Elleringhauser Tunnel, Brilon DE

Ankerarbeiten als vorausseilende Sicherung für die Sohlvertiefung

Diplomand



Jan Federer

Ausgangslage: Der ca. 150-jährige Elleringhauser Tunnel in Brilon-Wald, NRW, Deutschland, soll erneuert werden, weil er teilweise erhebliche Schäden an der Bestandsstruktur aufweist und sicherheitsrelevante Gegebenheiten nicht mehr den aktuellen Regelwerken entsprechen. Im bislang zweigleisigen Tunnel bestand aufgrund eines zu geringen Gleisabstands ein Begegnungsverbot für Züge. Um diese betriebliche Einschränkung zu beenden, ist ein Umbau des Tunnels nötig.

Die 1,4 km lange Strecke wird zudem um einen ca. 500 m langen Rettungstunnel mit Verbindungsbauwerk zum Fahrtunnel erweitert. Dieser wird im konventionellen Vortrieb (Spreng- und Baggervortrieb) als Kalottenausbruch erstellt.

Während nächtlicher Sperrpausen muss zuerst das bestehende Tunnelgewölbe aus Mauerwerk im Widerlagerbereich mit Anker gesichert werden, damit mit der folgenden Sohlvertiefung die Standsicherheit des Tunnels gewährleistet werden kann.

Die Aufweitung des Querschnittes erfolgt in der Tunnel-in-Tunnel-Methode, bei welcher unter laufendem Bahnbetrieb im Schutz einer Einhausung der Abbruch erfolgt. Der Ausbau der Innenschale wird erstmalig mit Tübbingsteinen in einem Tunnel mit offenem Sohlprofil ausgeführt und ist somit auch ein Pilotprojekt für die Deutsche Bahn.

Vorgehen: Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde die dreimonatige Bauphase 2–3 rund um das Thema der vorausseilenden Sicherung untersucht. Vor Ort konnten Optimierungsvorschläge angebracht und mögliche Alternativen aufgezeigt werden.

Das anstehende Gebirge zeigte sich härter als prognostiziert, sodass Anpassungen vorgenommen werden mussten. Dies umfasste einen Wechsel des Bohrkronen-Typs, eine Reduzierung des Bohrdurchmessers und eine Modifikation an den Maschinen. In den Bereichen, wo die normale Stiftbohrkrone überdurchschnittlich abgenutzt wurde, mussten die doppelt so teuren Stiftbohrkronen mit Hartmetalleinsätzen eingesetzt werden.

Durch die Verkleinerung des Bohrkronendurchmessers von 100 mm auf 76 mm konnten der Verschleiß minimiert, Kosten gesenkt und Zeit gespart werden. Voraussetzung war, dass die Opfernägeln die Eignungsprüfung bestehen.

Durch bahnbetriebliche Umstände musste der nächtliche Einbau der Anker per Schiene erfolgen und die Bohrgeräte mussten auf Arbeitszügen installiert werden. Die beengten Platzverhältnisse im Tunnel erforderten eine sorgfältige Evaluation der Geräte.

Ergebnis: Die Reduktion des Bohrdurchmessers, Anpassungen an den Bohrgeräten und eine Änderung beim Bohrverfahren optimierten die Bauphase

2–3 nachhaltig und die Anker konnten hinsichtlich der drei Aspekte Qualität, Zeit und Kosten erfolgreich eingebaut werden.

Zudem wurden Dokumente erstellt, um die Übersicht für die erbrachten Leistungen zu behalten, die Nachvollziehbarkeit zu dokumentieren und die Erkenntnisse aufzunehmen.

Nach dem Einbau der Anker als vorausseilende Sicherung konnte mit der Sohlvertiefung begonnen werden.

Bestandstunnel

Eigene Darstellung



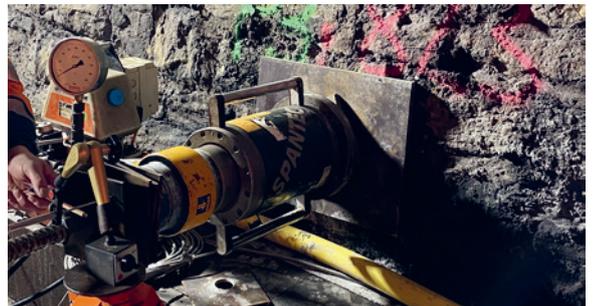
Tamrock-Bohrwagen auf Arbeitszug beim Ankereinbau

Eigene Darstellung



Eignungsprüfung (Ankerzugversuch) bei Opfernägeln

Eigene Darstellung



Referent

Rolf Steiner

Korreferent

Erich Merkle, Marti GmbH Deutschland, Schechingen, BW

Themengebiet

Bauausführung, Untertagbau

Evaluation von Feuchtesensoren im Frischbeton am Beispiel von Spritzbeton

Diplomand



Dominik Walther

Ausgangslage: Der heute im Untertagebau häufig verwendete Spritzbeton ist sogenannter Nass-Spritzbeton. Eine pumpfähige Betonausgangsmischung wird mit Hilfe eines Spritzmobils – einer Kombination aus Betonpumpe, Dosiereinheit und Applikationsroboter – auf den Untergrund aufgebracht. Im Hinblick auf das Ausgangsmaterial stellt der effektive Wassergehalt der Betonrezeptur den signifikanten Parameter dar, welcher den Spritzbeton und seine späteren Eigenschaften beeinflusst. Davon ist auch die frühe Festigkeitsentwicklung betroffen. Ein zu feuchter Spritzbeton wirkt sich nicht nur negativ auf den Arbeitsfortschritt aus, sondern bedeutet zudem ein sehr grosses Sicherheitsrisiko auf der Baustelle. Die übliche Feuchtebestimmung durch Darren ist verhältnismässig zeitintensiv und unflexibel. Eine einfach einzusetzende Sensortechnologie ist dementsprechend wünschenswert, um schnelle, ortsunabhängige Kontrollmessungen zu ermöglichen. Es haben sich hierfür Sensoren etabliert, welche die Wechselwirkung von Mikrowellen mit dem umgebenden Wasser zur Bestimmung des Wassergehaltes nutzen. Die Messungen dieser Sensoren sind indirekt und folglich, neben dem Wassergehalt pro Messvolumen, durch weitere Rahmenparameter beeinflusst.

Ziel der Arbeit: Das Ziel dieser Arbeit ist herauszufinden, welche Faktoren einen Einfluss auf die Messgenauigkeit haben. Die Herkunft des Wassers, welches sich in einer Betonmischung befindet, ist von grosser Bedeutung und sollte untersucht und definiert werden, um möglichen Fehlmessungen vorzubeugen. Zusätzlich soll ermittelt werden, welche Einflüsse die Betonzusammensetzung und die Kalibrierungsmethode auf die Messgenauigkeit des Mikrowellenmessensors haben.

Fazit: Durch die Arbeit konnten verschiedene Faktoren, welche die Messgenauigkeit des Mikrowellenmessensors beeinflussen, eruiert werden. Als Referenz wurde eine Kalibration des Mikrowellenmessensors durchgeführt, welche für einen üblichen Spritzbeton empfohlen wird. Bei der Betonzusammensetzung waren die Feuchte des Gesteins (nass oder trocken) und der Luftporengehalt von grosser Bedeutung. Diese müssen dem Anwender für genaue Messungen bekannt sein. Der Zementgehalt sowie das Verhältnis zwischen Grob- und Feinanteil beeinflussen ebenfalls die Messgenauigkeit. Bei der Kalibrierung wurde zwischen dem Gesamtwasseranteil und dem wirksamen Wasseranteil unterschieden. In dieser Arbeit wurden Varianten für die Kalibrierung entwickelt, die zu genaueren Ergebnissen führten. Die empfohlene Eichung des Herstellers misst einen etwas höheren Wassergehalt, als tatsächlich vorhanden ist. Die Messungen mit der in dieser Arbeit ver-

wendeten Kalibrierung ergeben maximale Abweichungen von 5,2%, was einem W/Z-Wert von 0,02 entspricht.

Als Resultat der Arbeit kann dem Anwender empfohlen werden, den Sensor mit dem Gesamtwassergehalt aus der Darmmethode zu kalibrieren, wenn die Feuchte des Gesteins nicht bekannt ist.

Mikrowellenmessensor «FL-Profi Check Advanced» und die dazugehörige App
Eigene Darstellung



Wassergehaltsmessungen im Versuchsstollen Hagerbach
Eigene Darstellung



Vergleich der Messergebnisse zwischen der Methode aus der Bachelorarbeit und der Methode des Herstellers
Eigene Darstellung



Referentin
Prof. Simone Stürwald

Korreferent
Dr. Benedikt Lindlar,
Sika Services AG,
Konstanz, BW

Themengebiet
Bauausführung,
Untertagebau

Beschleunigte Bauweise im Strassenbau: Planung Intensivphase Belagseinbau EHS

Diplomand



Reto Scheurer

Aufgabenstellung: In Schwamendingen führt eine der meistbefahrenen Nationalstrassen der Schweiz durch ein Wohnquartier. Ziel des Projekts Einhausung Schwamendingen ist eine Reduktion der Lärmbelastung. Aufgrund des Verkehrsaufkommens ist eine Vollsperrung der Nationalstrasse für den Belagseinbau nur in der Nacht und am Wochenende möglich. Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Einbau einer Belagsetappe im Bereich der Ausfahrt Schwamendingen untersucht. Für die folgenden Arbeiten steht je eine Wochenendsperrung pro Fahrtrichtung zur Verfügung:

- Abbruch des bestehenden Belags
- Erneuerung Schachtabdeckungen
- Ergänzung Planie
- Belagseinbau:
 - 3 cm AC MR 8
 - 8 cm AC EME 22 C1
 - 8 cm AC EME 22 C2
 - 8 cm AC F 22
- Markierung auftragen

Vorgehen: Für die Arbeiten an den beiden Wochenenden wurde ein Einbau- und Logistikkonzept entwickelt. Basierend darauf wurde dann ein Detailterminprogramm samt Personal und Inventar für alle Arbeitsschritte erstellt. Zum Schluss wurden die Kosten gemäss Werkkostenstruktur kalkuliert und mit der Offerte verglichen.

Fazit: Das Detailterminprogramm für die beiden Belagswochenenden funktioniert. In Fahrtrichtung Zürich bleibt jedoch keine Reserve, um auf Verzögerungen zu reagieren. Während des Einbaus ist der Fortschritt ständig mit der Terminplanung abzugleichen, damit schnell reagiert werden kann, falls die Zeit nicht reichen sollte. In diesem Fall könnte der Einbau der Deckschicht auf ein späteres Wochenende verschoben werden. Der Kostenvergleich zeigt, dass nach der Werkkostenstruktur deutlich höhere Erstellungskosten erwartet werden, als in der Offerte berechnet. Grund dafür sind hauptsächlich die kleine Etappengrösse und die Zuschläge für Wochenendarbeit. Diese Differenz zeigt, wie wichtig es ist, dass bereits in der Offertphase überlegt wird, wie ein Bauwerk realisiert werden könnte und welche finanziellen Auswirkungen dadurch entstehen.

Referent
Tobias Frick

Korreferent
Cédric Schneider,
Walo Bertschinger AG,
Niederglatt ZH

Themengebiet
Bauausführung,
Verkehr

Belagseinbau bei der Einhausung Schwamendingen

Eigene Aufnahme



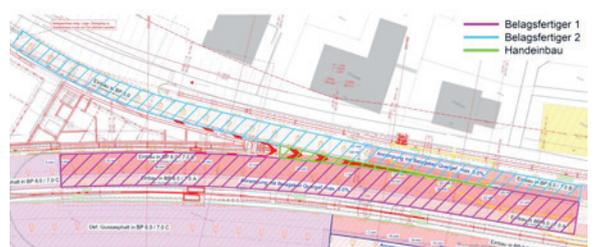
Logistikkonzept Belagseinbau in Fahrtrichtung Zürich (Zufahrten für LKWs)

Grundlage: Übersichtsplan Gesamtprojekt Submission



Etappierung Belagseinbau in Fahrtrichtung Zürich

Grundlage: Trassierungsplan Ausführungsprojekt EHS



BIM -Tender- Management

Process development for International Contractors in Tender Management

Graduate Candidate



Andreas Suter

Introduction: Building Information Modeling, or BIM, is progressively becoming an established process in the construction industry. Building owners are increasingly demanding these services from companies, architects and engineering firms. This can be observed in the UAE and the entire GCC states especially. With mega projects such as the Burj Khalifa, Masdar City or the Etihad Towers, Abu Dhabi and Dubai are among the hotspots for further development and innovation in the construction industry. The Strabag SE construction group has been active in the Middle East for over 30 years and has helped shape this development. They want to develop further, especially in the field of digital construction and BIM, in order to remain an efficient and competitive company.

Problem: Despite the progress of digitization, the implementation of the BIM philosophy to increase efficiency has not yet been completed. Today, building owners often still plan a construction project by drawing 2D plans, creating a bill of quantities and carrying out a price comparison to determine the best construction price. The contractor then has to work with still partly inaccurate and incomplete data and determine the price because the project usually does not have enough information at the moment of tendering and is constantly being developed in the further process. If details change during the course of the project and drawings are revised, the entire process has to be repeated and corrected by the contractor. This generates unnecessary additional work.

With BIM, a continuous concept is possible. A 3D model is developed, and elements are stored with information and linked to the bill of quantities. If changes are made in an area, they are automatically adjusted and corrected. For example, a wall needing to be moved will appear on all plans and in the specifications after the information has been revised. This allows for a constant cost and time security during the whole project.

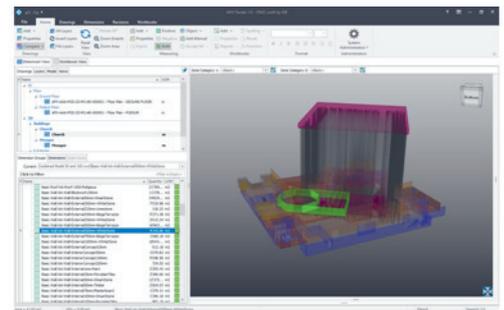
To be able to carry out a BIM project, the work structures have to be adapted to move from conventional tendering to a purely model-based method.

Approach / Technology: In order for construction tenders to be carried out efficiently and in a performance-oriented manner, BIM is needed as a universal communication platform between the client and contractors. To handle the volume of data from the 3D models, specialized and diversely positioned teams must work together. IT specialists are needed to create a high-performance environment, model authors

to provide the model with the necessary information, quantity surveyors to link the elements with the specifications, and estimators to calculate the best prices for the building using the information from the procurement team who know the market.

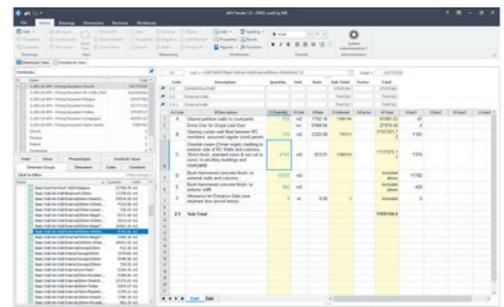
Measured elements Church Abrahamic Family House

Own presentation



Linked BoQ to the elements of the model

Own presentation



Render of the Abrahamic Family House in Abu Dhabi

Tender documents Zublin LCC Abu Dhabi



Advisor

Rolf Steiner

Co-Examiner

Manfred Wetzel,
Christian Paar, ZUBLIN
Construction LLC, Abu
Dhabi

Subject Area

BIM / Digitalisierung

BIM-Einführung bei Spleiss AG

Erarbeitung von Grundlagen und Aufzeigen von Möglichkeiten für einen einfachen Einstieg in BIM

Diplomand



Marc Krummenacher

Einleitung: Die Firma Spleiss möchte die BIM-Methode einführen. Es gibt bereits einige Bauunternehmen, die diesen Schritt gewagt haben. Die Umsetzung ist nicht einfach, denn die Digitalisierung im Bauwesen kommt nur langsam in Gang. Weiterbildungsmöglichkeiten in der Schweiz zum Thema BIM entstanden erst in den vergangenen Jahren. Es gibt noch nicht viele Menschen, die über umfassende Erfahrungen auf diesem Gebiet verfügen. Ausserdem sind noch nicht alle am Bauprozess Beteiligten bereit, auf die BIM-Methode umzustellen. Diese Faktoren erschweren die Einführung von BIM. Aus dem zuletzt genannten Grund stand für diese BA nur ein Architekturmodell zur Verfügung. Dieses bietet in der Regel eine Grundlage, ist aber nicht direkt für die Bauausführung geeignet. Das Ingenieurbüro stellte konventionelle Pläne zur Verfügung.

Ziel der Arbeit: Zunächst werden die Vor- und Nachteile der BIM-Methode aufgezeigt. Weiterführend zeigt eine Situationsanalyse auf, warum die Methode so bald wie möglich eingeführt werden sollte. Um einen Ausgangspunkt für die BIM-Methode in der Firma Spleiss zu schaffen, wird herausgearbeitet, wo die Probleme und Herausforderungen liegen. Am Beispiel eines geplanten Projekts werden die Herausforderungen und Optionen diskutiert. Dabei wird auf das vorhandene Architekturmodell zurückgegriffen. Zum Umfang der Modellarbeiten gehören die Qualitätssicherung, die Georeferenzierung sowie die Einbettung des Modells in Swisstopo, Baugrube und Baugrubensicherung, modellbasierte Auszüge wie Mengenermittlung, Bauablaufplanung mit zeitlichem Aspekt, Bauplatzinstallation, ein exemplarisch erstellter Schalungsplan und eine exemplarisch erstellte 3D-Bewehrung. Der Bestand an Soft- und Hardware im Unternehmen wird erfasst und auf seine Eignung für den BIM-Prozess überprüft. Ziel sind die Vorstellung der für den BIM-Prozess notwendigen Software und Hardware sowie der Vergleich verschiedener Produkte. Abschliessend werden die Ergebnisse bewertet.

Ergebnis: Es ist wichtig, die BIM-Methode jetzt einzuführen, da es bereits BIM-basierte Ausschreibungen gibt. Andernfalls könnten in Zukunft potenzielle Aufträge verloren gehen. Der Zeitpunkt ist günstig und erste Bauunternehmen haben den Weg geebnet. Jetzt gilt es, Erfahrungen zu sammeln, um für das digitale Zeitalter am Bau gerüstet zu sein. In einem ersten Schritt ist es notwendig, die Ziele und den Anwendungsbereich von BIM zu definieren. Auf dieser Grundlage kann die Auswahl der erforderlichen Soft- und Hardware erfolgen. Im Bereich der Software gibt es immer mehr Funktionalitäten, die für Bauunternehmen interessant sind. In jedem Fall

wird Software zur Modellierung und Qualitätssicherung benötigt. In der Einführungsphase ist mit einem Mehraufwand bei der Modellbearbeitung und der Qualitätssicherung zu rechnen, da noch nicht alle Planer erste Erfahrungen mit BIM sammeln wollen. Das Ausführungsmodell wird mithilfe einer Kollaborationsplattform an die Baustelle übermittelt. Die im Unternehmen vorhandenen Totalstationen, welche zur Vermessung dienen, sind in den BIM-Prozess integrierbar. Durch die Anschaffung einer Robotik-Totalstation könnte die Effizienz beim Vermessen gesteigert werden. Voraussetzung für einen reibungslosen Bauablauf ist die Schulung der Bauführer und Poliere im Bereich BIM. Darüber hinaus wird neues Personal für die Implementierung und das Management des BIM-Prozesses benötigt.

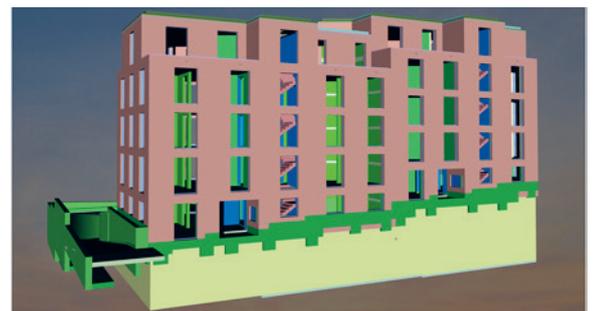
Modell mit Baustelleneinrichtung und in Swisstopo-Umgebung eingebettet

Eigene Darstellung



Rohbaumodell des Bauprojekts

Eigene Darstellung



Exemplarisch modellierte Schalung

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Martin Beth

Korreferent

Jean-Marc Gerber, Spleiss AG
Bauunternehmung,
Küsnacht ZH, ZH

Themengebiet

BIM / Digitalisierung

Projektpartner

Spleiss AG, Küsnacht,
ZH

Vergleich von BIM-Konvertierungen verschiedener Fachmodelle

Vergleich der Konvertierungen vom Architekturmodell zum Tragwerksmodell auf Basis verschiedener Programme

Diplomand



Nilakshan Eswararajah

Problemstellung: Im Bereich des Hochbaus ist der Einsatz der BIM-Methode schon recht weit vorangeschritten, wobei die modellbasierte Tragwerksplanung insgesamt rückständiger ist als andere Themen des Hochbaus. So ist beispielsweise die Übernahme sowohl von geometrischen Informationen als auch von sonstigen Informationen aus dem Architekturmodell noch nicht automatisiert, wobei erste Ansätze in diese Richtung existieren.

Vorgehen / Technologien: In dieser Arbeit wurden die gebräuchlichsten Austauschformate untersucht, um tragwerksrelevante Modelldaten im BIM-basierten Workflow zwischen Architekten und Bauingenieuren auszutauschen. Behandelt wurden die openBIM-Austauschformate IFC (Industry Foundation Classes) und SAF (Structural Analysis Format) und im closedBIM das TAE- (zwischen Tekla und AxisVM) und das RAE-Format (zwischen Revit und AxisVM). Die erwähnten Austauschformate wurden anhand ausgewählter BIM-Autorentools und Statikprogramme getestet und untereinander verglichen. Zusätzlich wurden Vor- und Nachteile sowie Aufwand und Schwierigkeiten der verschiedenen Workflows und Szenarien analysiert.

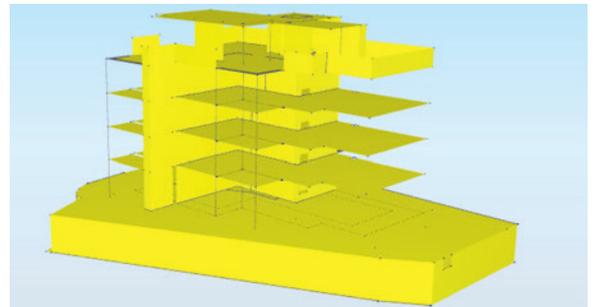
Fazit: Der Workflow zwischen Architekten und Tragwerksplanern befindet sich zurzeit im Wandel. Bisher wurde der Modellaustausch konventionell oder durch API-gestützte proprietäre Austauschformate im closedBIM sichergestellt, da keine optimale MVD (Model View Definition) für den IFC-Austausch von tragwerksrelevanten Modelldaten im openBIM existierte. Mit dem SAF-Format wurde ein offenes Austauschformat basierend auf 2D weiterentwickelt, das nun auch für die 3D-Modellierung genutzt werden kann und sich somit für openBIM eignet. Einige Softwarean-

bieter haben die Implementierung des SAF-Formats bereits getätigt, während andere noch auf proprietäre Formate setzen. Das SAF weist jedoch auch Nachteile auf, da es ursprünglich für 2D entwickelt wurde und somit nicht direkt mit dem IFC verbunden ist. Eine mögliche Lösung wäre die Entwicklung einer MVD, die auf dem SAF basiert, da dieses Format wichtige Ausgangsinformationen für die Schnittstelle bereitstellen kann.

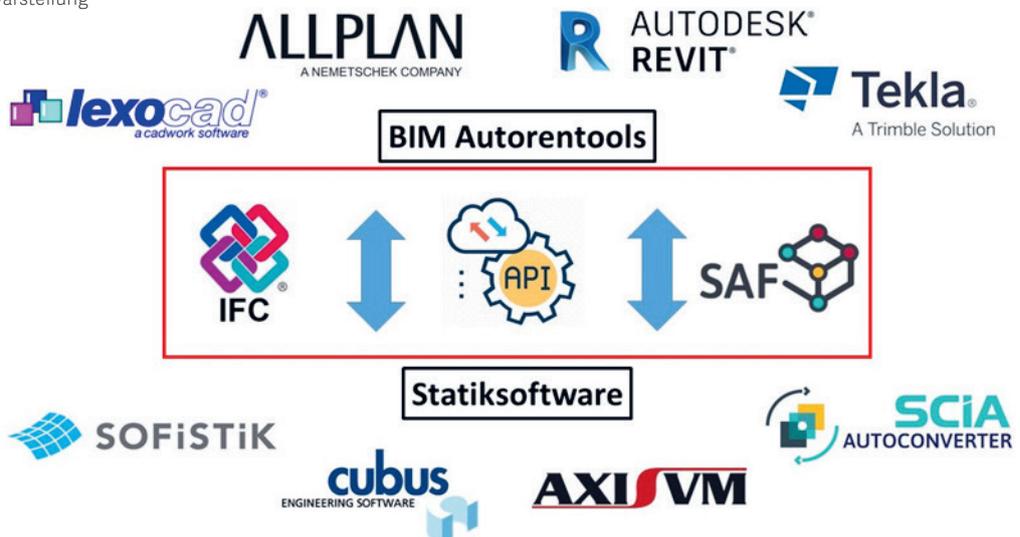
Verwendetes Architekturmodell für die Konvertierung
Eigene Darstellung



Erstelltes Analysemodell mit SCIA AutoConverter (Umwandlung IFC zu SAF-Format)
Eigene Darstellung



Übersicht aller untersuchten BIM-Autorentools, Statiksoftwares und Austauschformate
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Martin Beth

Korreferent

Marc Furrer, Axpo Power AG, Uster, ZH

Themengebiet

BIM / Digitalisierung

Bahnhof Küssnacht ZH, papierlose Baustelle

Bauausführung/BIM

Diplomand



Nelis Eggen

Ausgangslage: Die Firma Jak. Scheifele AG baut den Bahnhof Küssnacht ZH «papierlos» um. Im Rahmen eines Pilotprojektes werden beim Umbau der Zugänge zur zentralen Personenunterführung die BIM-Anwendungsfälle papierlose Baustelle, modellbasierte Absteckung und Bewehrungsverlegung aus dem Modell sowie die Zusammenarbeit mit einer BIM-Kollaborationsplattform angewendet. Die Ausführung des Projektes wurde in drei Teiletappen gegliedert, und startete im September 2022 und soll bis Herbst 2023 abgeschlossen werden. Da Teile der Bauarbeiten aus Sicherheitsgründen nur nachts ausgeführt werden dürfen, wird im Zweischichtbetrieb gearbeitet. Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit der beiden Poliere, der Bauführung und der örtlichen Bauleitung. Zusätzlich zur spannenden Thematik rund um BIM ist der Terminplan streng an die Meilensteine seitens SBB gebunden, welche für einen reibungslosen Bahnbetrieb eingehalten werden müssen.

Ziel der Arbeit: In dieser Arbeit sollen die Schwerpunktthemen Projektübersicht, modellbasierte Bauführung, papierlose Baustelle und Baustellenbetrieb mit klarem Praxisbezug erarbeitet werden. Bei der modellbasierten Bauführung und der papierlosen Baustelle sollen speziell die Unterschiede zu herkömmlichen Prozessen sowie die Erfahrungen, Verbesserungen und Herausforderungen aus dem Projekt aufgestellt werden. Schlussendlich soll beim Begleiten dieses Pilotprojektes BIM auf die Probe gestellt werden und die Herausforderungen der Planung und Ausführung von Umbauprojekten im Infrastrukturbereich sollen dargestellt werden. Nach ausführlicher Auseinandersetzung mit verschiedenen Programmen, Datenaustauschformaten und den Projektgrundlagen galt es, so schnell wie möglich einen Überblick über das Projekt, die verschiedenen BIM-Anwendungsfälle und die Sicherheitsanforderungen der SBB zu gewinnen. Um einen möglichst tiefen Einblick in die Abläufe der Bauunternehmung zu gewinnen, durfte ich teilweise Schulungen von Anwendungsfällen mit dem Baustellenpersonal durchführen und war die Ansprechperson für Fragen rund um die papierlose Baustelle.

Fazit: Nach rund drei Monaten Bauzeit und intensivem Kontakt mit der Bauleitung, der Bauführung und dem Baustellenpersonal zeigen sich erste Erfahrungen, welche im Verlauf der Bauausführung zur Verbesserung der Anwendungsfälle beitragen. Einerseits bringen die Anwendungsfälle modellbasierte Absteckung und Bewehrungsverlegung aus dem Modell bereits nach kurzer Umgewöhnung erste Verbesserungen im Prozess und somit auch in der Bauqualität mit. Im Gegensatz dazu werden die Modelllieferer-

mine aufgrund der aufwendigen Modellierung selten gehalten und der Jak. Scheifele AG fehlen Informationen, um einen effizienten Bauablauf zu gewährleisten.

Eine wichtige Voraussetzung für eine Qualitäts- und Effizienzsteigerung dank BIM ist die Vollständigkeit der gelieferten Modelle. In Zukunft macht es Sinn, die Bauunternehmung bereits in der Ausführungsplanung beizuziehen, um Konflikte im Bauablauf und Detailfragen bereits vor Baubeginn zu klären. So können im Anschluss die Bauwerke ohne grosse Anpassungen modelliert werden und die Bauunternehmung ist in der Lage, eine saubere AVOR durchzuführen.

Das Gesamtmodell gibt einen Überblick über die Arbeiten, wobei die Detaillierung noch nicht ausführungsreif ist.
Eigene Darstellung



Gleisbagger in der Nacht. Ein Grossteil der Vorbereitungsarbeiten wurde nachts während Gleissperrungen erstellt.
Eigene Darstellung



Modellbasierte Abnahme von Schalung und Bewehrung mit der Bauleitung.
Eigene Darstellung



Referent
Rolf Steiner

Korreferent
Urs Gachnang, Jak. Scheifele AG, Zürich, ZH

Themengebiet
BIM/Digitalisierung,
Bauausführung,
Verkehr

Weltweit günstiger Wohnraum mit «Happy Home»

Typisierung mittels bauphysikalischer Berechnungen

Diplomandin



Dilan Ceyhan

Einleitung: Aus der Schweiz kommend, wurde Herr Gähler vor allem in Indien, China und Thailand immer wieder von seinen lokalen Kollegen angesprochen in Bezug auf sichere Wohnmöglichkeiten, sauberes Trinkwasser und die Entsorgung von Abwasser.

Als Familienvater konnte er die Not dieser Familien sehen und verstehen. All diese Begegnungen haben Herrn Gähler dazu veranlasst, zu versuchen, einen persönlichen Beitrag zur Verbesserung ihrer Situation zu leisten. So entstand im Jahr 2016 die Idee von «Happy Home», einem erschwinglichen und robusten Wohnmodell. Zwei Jahre später wurde die Idee mit dem ersten Prototyp in einem kleinen Dorf in Thailand umgesetzt. Mit der Erkenntnis, dass der Prototyp funktionierte, wurde mit der Massenproduktion begonnen. Anschliessend wurden viele Studien durchgeführt, um die im ersten Happy Home-Modell verwendete Technik zu ändern und zu verbessern.

Ziel der Arbeit: Ziel ist es, mit «Happy Home» einen weltweit praktizierten Lebensraum zu erschaffen. Um festzustellen, ob die Struktur statisch ausreichend ist, wurde daher die am besten geeignete Lastkombination für die Geografie, in der die Struktur gebaut werden soll, im Voraus erstellt. Für die so ermittelte Geografie kann das am besten geeignete Hausmodell gebaut werden. Die Basis für diese Kategorien bilden:

- Wärme- und Kälteschutz
- Tragwerkssicherheit
- Kulturelle Rahmenbedingungen

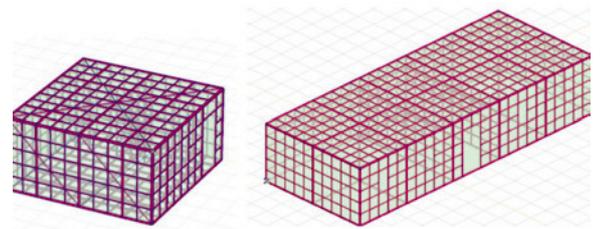
Für die oben genannten Grundziele wurden jeweils Mappings durchgeführt, sowohl für die Windlast als auch für die Schneelast. Anschliessend wurde versucht, diese Studie auf Schweizer Normen und typische Hausmodelle zu reduzieren, die in vielen Teilen des Landes verwendet werden sollen. Es wurden bestehende Schutzarten zum Schutz vor Wärme und Kälte geschaffen und mit einer gemeinsamen Entscheidung eine Art zwischen diesen Kombinationen geschaffen. Bei der Erstellung der Typologie wurden die Kosten mitdiskutiert. Die erste Zielgruppe wäre das Land Ukraine.

Fazit: Die Typisierung von «Happy Home» konnte anhand der Anforderungen umgesetzt werden und die Typisierung erfolgte primär anhand der statischen Anforderungen. Zusätzlich wurden die Anforderungen an den Wärme- und den Kälteschutz nachgewiesen. Nach diesen Berechnungsschritten wurde überprüft, ob die zuvor für thailändische Wohnräume gebauten Hausmodelle für die Ukraine geeignet sind. Für die Ukraine wurden thailändische Hausmodelle entwickelt, unter Berücksichtigung von kulturellen

Rahmenbedingungen.

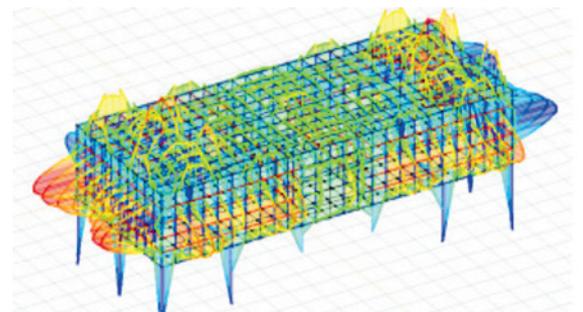
Verbesserte Version des Prototyp-Modells mit Windrispenband (links) und neues Happy Home Model (rechts)

Auszug aus dem AxisVM X6 Modell, Eigene Darstellung



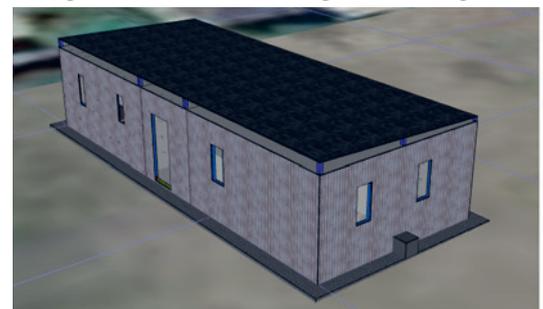
Typ I: Windlast

Auszug aus dem AxisVM X6 Modell, Eigene Darstellung



Neues Happy Home Modell

Auszug aus dem 3D-BIM-Modell, Eigene Darstellung



Referent

Prof. Martin Beth

Korreferent

Franz Gähler, Agency for Highly Qualified Retirees, Braunau, TG

Themengebiet

BIM / Digitalisierung, Konstruktion

Strassentunnel Gotthard Los 343

Optimierung TBM-Vortrieb bei instabilen Ortsbrustverhältnissen

Diplomandin



Alena Lara Weber

Ausgangslage: Auf dem bisherigen Vortrieb mit der Tunnelbohrmaschine (TBM) am Projekt 2. Strassentunnel Gotthard Süd, Los 343, wurde eine erheblich instabile Ortsbrust angetroffen. Um diese bestmöglich zu durchqueren, wurden im Vortrieb die Verhältnisse an der Ortsbrust täglich photogrammetrisch aufgenommen. Dabei wurden Bilddateien erhoben und zu einem 3D-Modell verarbeitet. Daraus lässt sich ein georeferenziertes 3D-Modell erstellen, das es erlaubt, die Orientierungen der massgeblichen Trennflächen und die Abstände der Trennflächen mit der gleichen Orientierung einzumessen. Ausserdem ist es möglich, über die Bildinformation die Qualität der Trennfläche zu beurteilen. Die TBM erfasst die Vortriebsdaten im Sekundenrhythmus. In der Arbeit werden die TBM-Daten des georeferenzierten 3D-Modells mit den Bedingungen an der Ortsbrust (z.B. Anteil ausgebrochene Fläche) verglichen. Daraus soll eine Korrelation abgeleitet werden, die es ermöglicht, eine Aussage über die Stabilität zu treffen. Zusätzlich sollen die erhobenen Daten in ein Diagramm des Geological Strength Index (GSI) überführt werden.

Vorgehen: Die 3D-Modelle wurden ausgewertet, indem der Abstand der Trennflächen, die Orientierung der Trennflächen und die Qualität der Trennflächen in einer Software zur Verarbeitung von Punktwolken ausgemessen wurden. Diese Auswertung wurde mit den Programmen LexoCAD und CloudCompare vorgenommen. Die ausgewerteten Daten wurden mit den relevanten Vortriebsdaten der TBM abgeglichen und anschliessend interpretiert.

Ergebnis: Das GSI-Diagramm lieferte keine befriedigenden Resultate zur Stabilität der Ortsbrust im Projekt Zugangsstollen Süd der 2. Röhre des Gotthard-Strassentunnels. Die untersuchten Modelle hatten eine ähnliche Oberflächenbeschaffenheit und unterschieden sich hauptsächlich durch das herausgebrochene Blockvolumen. Die Auswertung durch den GSI ergab zudem, dass ein grösseres Blockvolumen nicht wie im GSI angenommen für eine stabilere Ortsbrust spricht, sondern für eine erhöhte Instabilität. Das Ausbruchsvolumen lässt sich nicht nur ausmessen, sondern auch abschätzen anhand der Fläche ohne Meisselspuren und der maximalen Klufftiefe. Es sind gewisse Störungstypen in den TBM-Daten erkennbar. Zudem kann man aufgrund der TBM-Daten Rückschlüsse auf den Verlauf und die Art der Störung ziehen.

Referent

Prof. Martin Beth

Korreferent

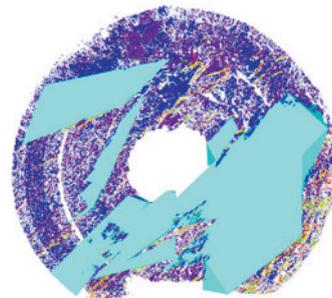
Dr. Markus Weh,
Marti Holding AG,
Moosseedorf, BE

Themengebiet

BIM / Digitalisierung,
Untertagbau,
Bauausführung

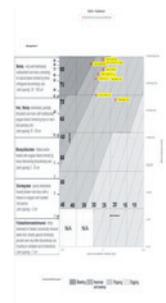
Ausgewertetes Ortsbrustmodell

Eigene Darstellung



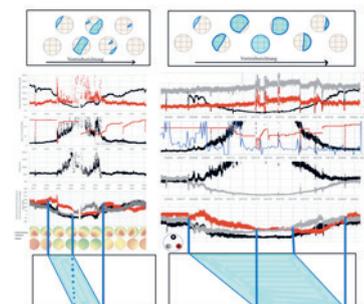
GSI-Diagramm

Diagramm nach M. Cai et al.



TBM-Daten mit Störungsverlauf über die Ortsbrust und Störungsbreite, Herleitung

TBM-Daten: Marti AG, internes Dokument



Baugrubenabschluss Hochhaus-Komplex Brüttisellen

Diplomand



Marco Deplazes

Ausgangslage: In Brüttisellen ist ein Hochhaus-Komplex geplant, der aus drei Türmen und aus einem länglichen Bau besteht. Für den Hochhaus-Komplex sind bis zu drei Untergeschosse geplant. Der 6'300 m² grosse Projektperimeter grenzt im Osten an die Bruggwiesenstrasse, im Westen an die Zürichstrasse und im Süden führen der Autobahzubringer der A1 respektive die A15 vorbei. Im nordwestlichen Bereich der Parzelle befinden sich ein gewerblich genutztes Gebäude (Restaurant) und eine Selbstbedienungstankstelle, welche rückgebaut werden. Das Projektareal liegt in einem Bereich mit sehr anspruchsvollen geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen. Für den Hochhaus-Komplex mit bis zu drei Untergeschossen wurde in dieser Arbeit die Baugrube geplant.

Vorgehen: Als Erstes wurden die Projektunterlagen studiert und zusätzlich weitere Grundlagen organisiert. Anhand des geologisch-geotechnischen Berichtes wurde als Erstes das Baugrundmodell erstellt. In einem Variantenstudium wurden vier mögliche Baugrubenkonzepte erarbeitet und mögliche Gefährdungsbilder zusammengetragen. Die Baugrubenkonzepte wurden anhand einer Nutzwertanalyse beurteilt. Die Bestvariante wurde detailliert, mit einem entsprechenden Bauablauf, ausgearbeitet. Die Bemessung der Baugrubensicherung wurde mittels analytischen und numerischen Verfahren basierend auf den SIA-Normen durchgeführt. Zusätzlich zur Dimensionierung des Baugrubenabschlusses wurden eine Kostenschätzung gemacht, eine Nutzungsvereinbarung und eine Projektbasis erstellt und ein Überwachungs- und Kontrollplan ausgearbeitet:

Ergebnis: Für das Variantenstudium wurden vier mögliche Baugrubenabschlüsse verglichen (d.h. Spundwand, überschnittene und aufgelöste Bohrpfahlwand und Schlitzwand). Anhand der Nutzwertanalyse wurde die Spundwand als Bestvariante ausgewählt und auf Stufe Vorprojekt bemessen. Für die Spundwand ergab sich aus der Bemessung folgende Materialisierung:

- Bereich mit 3 Untergeschossen:
- Spundwandprofil: PU32 (S355); L = 24 m
 - 3 Ankerlagen mit vorgespannten Litzentankern (z.B. Stahlton L5), freie Ankerlänge 7,0 m, Verankerungslänge 8,0 m, horizontaler Ankerabstand 1,5 m bis 2 m
 - Ankerlongarinen: 2x UPE330 (S355) pro Ankerlage
- Bereich mit 2 Untergeschossen:
- Spundwandprofil: PU18 (S355); L = 16 m
 - 2 Ankerlagen mit vorgespannten Litzentankern (z.B. Stahlton L4), freie Ankerlänge 7,0 m, Verankerungslänge 8,0 m, horizontaler Ankerabstand 2,0 m

- Ankerlongarinen: 2x UPE 300 (S355) pro Ankerlage
- Aufgrund der sehr heterogenen und anspruchsvollen hydrogeologischen Verhältnisse auf dem Projektareal sind Kleinfiterbrunnen, ein Wellpoint und eine offene Wasserhaltung vorgesehen. Als zusätzliche Massnahmen sind Notfall-Entlastungsbrunnen empfohlen.

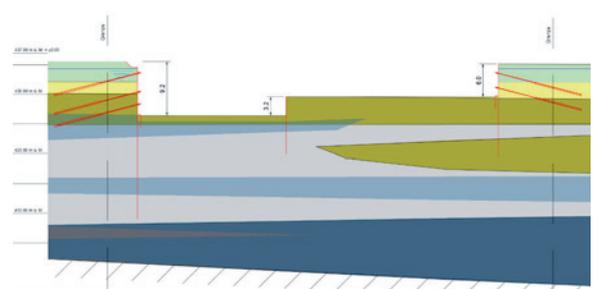
Übersichtsplan

<https://maps.zh.ch/>



Schnitt Bestvariante

Eigene Darstellung



Referent

Dr. Reto Schnellmann

Korreferent

Rafael Wyrch, Casutt
Wyrch Zwicky AG,
Chur, GR

Themengebiet
Geotechnik

Foundation Hochhaus Komplex Brüttisellen

Diplomand



Simon Paul

Aufgabenstellung: In Brüttisellen ist ein Hochhaus-Komplex geplant. Dieser besteht aus drei Hochhäusern und einem Flachbau. Das architektonisch sehr gelungene Konzept wird in einem Areal realisiert, wo sehr schwierige hydrogeologische Verhältnisse vorhanden sind. Der Auftrag besteht darin, eine geeignete Foundation für eines der drei Hochhäuser zu erstellen. Eine kombinierte Pfahl-Plattengründung (KPP) wird bevorzugt.

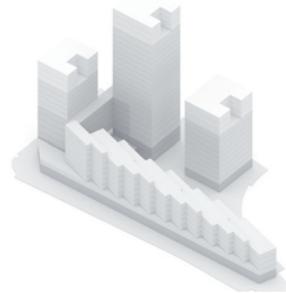
Vorgehen: Als Grundlagen sind ein geotechnischer und ein hydrogeologischer Bericht sowie die benötigten Grundrisspläne des Projektes gegeben. Zuerst werden durch Literaturrecherche die notwendigen Grundlagen erarbeitet. Anhand der CPTU-Drucksondierungen werden die Bodenparameter ermittelt und das Baugrundmodell erstellt. Bevor mit FEM-Programmen gearbeitet wird, werden mit unterschiedlichen Methoden die Setzungen von Hand abgeschätzt. Es werden Methoden wie Setzung von Einzelpfählen, von Pfahlgruppen oder von kompletten Pfahl-Plattengründungen angewendet. Mit den gewonnenen Erkenntnissen werden Varianten von Pfählungskonzepten mit unterschiedlichen Längen und Durchmessern erarbeitet, um die Lasten des Gebäudes möglichst optimal abzutragen. Dazu werden die FEM-Programme AxisVM und Plaxis3D verwendet. Mit Hilfe dieser Programme wird eine Boden-Bauwerksinteraktion durchgeführt. Dazu werden jeweils mit den Setzungen und den Bodenpressungen, sowie den Pfahlsetzungen und Belastungen von Plaxis3D die Bettungsmoduli und Pfahlsteifigkeiten berechnet und in AxisVM weiterverwendet. Mit den neuen Werten wird eine weitere AxisVM-Berechnung durchgeführt. Dieser iterative Prozess wird wiederholt, bis sich die Resultate beider Programme einpendeln. Zum Schluss wird die Bodenplatte bemessen und die Bewehrung erstellt und es werden Nachweise und der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit geliefert.

Ergebnis: Durch die Auswertung der Drucksondierungen wird ersichtlich, dass der Untergrund eine sehr schlechte Tragfähigkeit aufweist. Mit den gewonnenen Erkenntnissen über den Baugrund und den berechneten Setzungsabschätzungen werden verschiedene Varianten von Fundationen in Plaxis3D modelliert, bis sich eine möglichst gleichmässige Setzung der Platte ergibt. Die erarbeitete KPP setzt sich aus einer rechteckigen Bodenplatte mit konstanter Dicke und 25 Pfählen zusammen. Die Bodenplatte hat eine Breite von 20 m, eine Länge von 24,82 m und eine Dicke von 1,5 m. Durch die exzentrische Last des Gebäudes unterscheiden sich die Pfähle in Durchmesser und Länge. Die gewählten Durchmesser sind 900 mm, 1200 mm und 1500 mm. Die Längen

variieren zwischen 11 m und 17 m. Für die Boden-Bauwerk-Interaktion werden drei Iterationen durchgeführt. Mit der gewählten Dicke der Bodenplatte und der passenden Bewehrung können alle Nachweise der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit erfüllt werden.

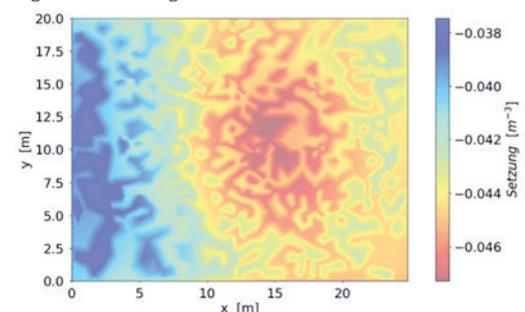
«Brüttiseller Tor»

<https://bruettiseller-tor.ch/>



Setzungen der Bodenplatte

Eigene Darstellung



Visualisierung der Fundation

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Carlo Rabaiotti

Korreferentin

Danai Tsirantonaki,
Basler & Hofmann AG,
Esslingen, ZH

Themengebiet
Geotechnik

Grundwasserhaltung Hochhaus-Komplex Brüttisellen

Diplomand



Lars Müller

Einleitung: In Brüttisellen ist ein architektonisch sehr ansprechender Hochhaus-Komplex geplant. Insgesamt besteht dieser Komplex aus drei Türmen und einem länglichen Bau. Das Bauwerk wird allerdings in einem Gebiet realisiert, welches mit schwierigen hydrologischen Bedingungen belastet ist.

Die hydrologischen Verhältnisse rund um das Bauprojekt stellen eine echte Herausforderung dar. Im Projektperimeter sind zwei Grundwasserstockwerke vorhanden. Das untere ist artesisch gespannt und das obere ist ein freies Grundwasserstockwerk.

Das Hauptziel der Arbeit ist die Entwicklung eines Grundwasserhaltungs-Konzeptes für dieses Bauprojekt. Es soll die technische und wirtschaftliche Realisierbarkeit zum Thema prüfen und wenn möglich sicherstellen.

Vorgehen: Nach einem akribisch durchgeführten Grundlagenstudium wurde ein Baugrundmodell für den gesamten Projektperimeter erstellt. Die Bodenkennwerte aus dem geotechnischen und hydrogeologischen Bericht der Firma FlumGeo wurden mit Kennwerten aus der Fachliteratur abgeglichen und plausibilisiert. Die Baugrubenabschlüsse wurden als Nächstes bemessen. Der Fokus bei den Nachweisen lag auf der Stabilität gegenüber dem hydraulischen Grundbruch und dem Auftrieb durch den vorherrschenden Wasserdruck. Anschliessend folgte die Ermittlung der erforderlichen Grundwasserabsenkung und der notwendigen Entspannung in den gefährdeten Bodenschichten. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde ein Variantenstudium durchgeführt und eine Bestvariante in Bezug auf die Grundwasserhaltung festgelegt. Die Bestvariante wurde in Plaxis 3D modelliert und sowohl analytisch als auch numerisch bemessen. Zum Schluss wurde eine Kostenschätzung erstellt und die Rückgabemöglichkeit des Grundwassers untersucht.

Ergebnis: Die Nachweise zur Neutralisierung des hydraulischen Grundbruchs und des Auftriebs können im Baugrubenbereich des 3. UG mit keiner der untersuchten Brunnenanlagen erbracht werden. Als spannender Lösungsansatz wird eine Unterwasserbetonsole für diesen Bereich vorgesehen. Das Grundwasser der Baugrube im 2. UG wird mittels 42 Vakuumtiefbrunnen abgesenkt. Damit kein hydraulischer Grundbruch eintritt, muss die gefährdete Bodenschicht C1 über die gesamte Fläche mittels 23 Entspannungsbrunnen geschützt werden. Dies geschieht, indem man die Porenwasserdrücke in der darunterliegenden Schicht C2 um 2 bis 2,8 Meter entspannt. Die einfachste und wirtschaftlichste Rückgabe des anfallenden Grundwassers erfolgt über eine

Hochleitung zum Altbach. Die Kosten für die Realisierung der Grundwasserhaltung belaufen sich für den bis jetzt bemessenen Teil der Grundwasserhaltung auf etwa 890'000 Sfr.

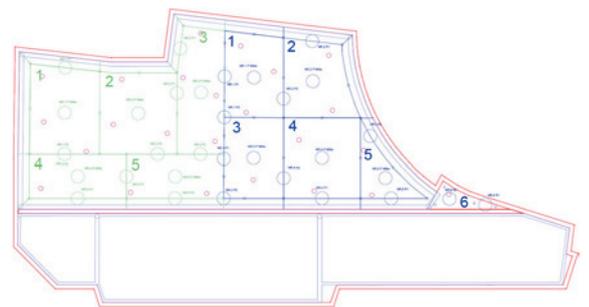
Hochhaus-Komplex Brüttiseller Tor

<https://www.rimaplan.ch/d/referenzen/bruettisellen.php>



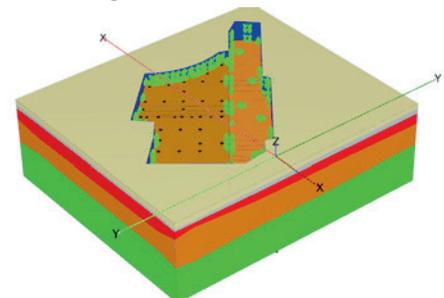
Anordnung der Brunnen, AutoCAD

Eigene Darstellung



Baugrundmodell, Plaxis 3D

Eigene Darstellung



Referenten

Prof. Dr. Carlo Rabaiotti, Dr. Reto Schnellmann

Korreferentin

Danai Tsirantonaki, Basler & Hofmann AG, Esslingen, ZH

Themengebiet

Geotechnik

Klassische Sensorik und FEM-Analyse im FibraDike Projekt

Geotechnische Überwachung von Erddämmen

Diplomand



Curdin Del Negro

Ausgangslage: Die Überwachung von Erddämmen ist für die Gewährleistung des Hochwasserschutzes von zentraler Bedeutung. Damit Erddämme in Zukunft einfacher und besser überwacht werden können, sind neue flächendeckende Überwachungssysteme notwendig. Im Zusammenhang mit dem Forschungsprojekt FibraDike werden solche neuartigen faseroptische Sensoren entwickelt. Diese werden aktuell in einem Versuchsdamm in Italien im Massstab 1:1 eingebaut und für die Anwendung in der Praxis getestet.

Im Zuge dieser Bachelorarbeit wurde in einer vertieften FEM-Berechnung eine Filtrations- und Stabilitätsanalyse des geplanten Versuchsdammes durchgeführt. Aus den Berechnungen wurden Schlussfolgerungen für den Bau sowie für die Versuchsdurchführungen gezogen. Im Weiteren erfolgte eine vertiefte Auseinandersetzung mit den in den Versuchsdamm geplanten Einbau der klassischen Sensoren. Diese dienen der Validierung der Messwerte der faseroptischen Sensoren. Die für die klassischen Sensoren notwendigen Vorbereitungsarbeiten wurden erbracht und der Einbau geplant.

Vorgehen: Um das Bodenverhalten in der FEM-Berechnung möglichst realitätsnah zu berücksichtigen, wurde in einer ersten Sensitivitätsanalyse das ungesättigte Bodenverhalten genauer betrachtet. Folglich konnte eine für das Dammmaterial charakteristische Wasserretentionskurve festgelegt werden. In einer weiteren Sensitivitätsanalyse wurden der Einfluss einer abweichenden horizontalen Durchlässigkeit sowie eine Variation des Durchlässigkeitsverhältnisses k_x/k_y untersucht. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse wurden anschliessend in die Filtrations- und Stabilitätsanalyse miteinbezogen. Das Verständnis der in den Versuchsdamm einzubauenden klassischen Sensoren erforderte eine vertiefte Einarbeitung in die Messtechnik. Diese erfolgte mit der Unterstützung von Fachpersonen, welche im Bereich der geotechnischen Überwachung tätig sind. Die Vorbereitungsarbeiten für die klassischen Sensoren wurden vor Ort in Italien erbracht. Für den Einbau wurden ein Implementierungsschema der Sensoren inklusive Checkliste, ein Bauprotokoll sowie ein Anschlusschema für den Datalogger erstellt.

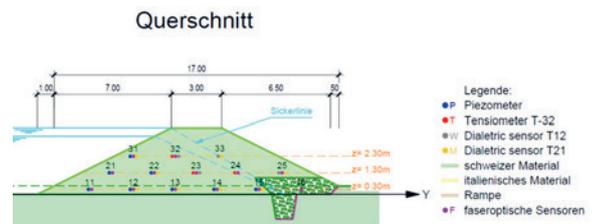
Ergebnis: Aus der FEM-Berechnung konnte festgehalten werden, dass der Fliesspfad des Wassers durch den Damm im Wesentlichen vom Durchlässigkeitsverhältnis k_x/k_y abhängig ist. Dieser ist für den Potentialabbau und somit für die sich im Gleichgewichtszustand einstellenden Porenwasserdrücke verantwortlich. Die Sättigungsdauer des Dammes wird dagegen mehrheitlich von der horizontalen Durch-

lässigkeit beeinflusst. Anhand der im Labor bestimmten Bodenkennwerte ist eine Sättigungsdauer des Dammes von 10 Tagen zu erwarten. Die sich im Endzustand einstellenden Porenwasserdrücke wurden bestimmt und im Überwachungsplan den unterschiedlichen Alarmstufen zugewiesen.

Die Böschungsstabilität des Dammes ist sowohl für ein gefülltes Versuchsbecken als auch für eine Entleerung des Versuchsbeckens mit einem globalen Sicherheitsfaktor von 1,57 respektive 1,48 nachgewiesen worden. Die minimale Absenkdauer des Versuchsbeckens wurde aus Stabilitätsgründen auf 2 Tage limitiert.

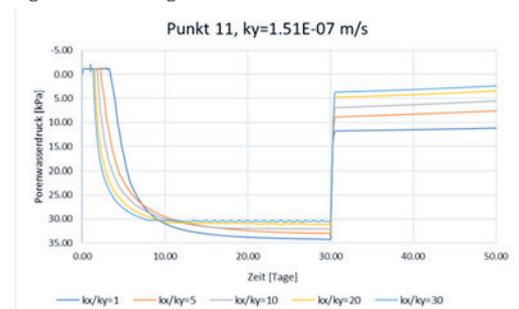
Querschnitt inklusive Lage der Sensoren

Eigene Darstellung



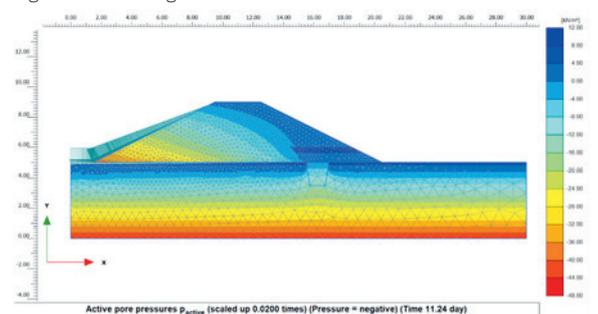
Porenwasserdruck-Zeit-Diagramm, Punkt 11

Eigene Darstellung



Porenwasserdrücke nach Sättigung des Dammes

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Carlo Rabaiotti

Korreferent

Daniel Naterop,
Huggenberger AG,
Horgen, ZH

Themengebiet

Geotechnik

Projektpartner

Agenzia Interregionale
per il fiume Po, Parma

Validierung und Kalibrierung eines neuartigen faseroptischen Sensors

zur Erfassung von Porenwasserdrücken in Flussdämmen

Diplomandin



Carmen Schärer

Ausgangslage: Mit der fortschreitenden Klimaerwärmung nimmt die Intensität der Regenereignisse zu, was zu zunehmenden Herausforderungen bei der Gewährleistung der Hochwassersicherheit führt. Um diesem Problem entgegenzuwirken, wird mithilfe des Forschungsprojektes FibrADike ein Überwachungssystem entwickelt. Hierzu wird in Boretto (IT) ein Versuchsdamm erstellt und der neuartige Sensor implementiert. Durch einen kontrollierten Wasserspiegel können verschiedene Sickerlinien innerhalb des Damms simuliert werden. Der Sensor soll frühzeitig Erosionen oder Piping-Ereignisse erkennen. Das Ziel dieser Arbeit ist die Validierung und Kalibrierung des Sensors für einen Einsatz im FibrADike Projekt. Zusätzlich sollen noch Vorbereitungsarbeiten für die Ausführung des Projekts erfolgen.

Vorgehen: Um ein Grundwissen über die Funktionsweise und die Einsatzbereiche des neuartigen Sensors zu erhalten, wird eine Literaturrecherche zu den Themen Faseroptik und Böschungsstabilität durchgeführt. Die Validierung und die Kalibrierung des Sensors werden mit Versuchen in einer Druckkammer und einem Versuchsdamm an der ETH erstellt. Der Piping-Versuch an der ETH (Abb. 1) wird zusätzlich mit Optum G2 modelliert (Abb. 2) und die Resultate werden mit den Messwerten des Sensors verglichen. Mit den gewonnenen Erkenntnissen werden ein Implementierungsschema, eine Gefährdungsanalyse und ein Alarm- und Interventionsplan für das FibrADike Projekt erstellt.

Ergebnis: Die Dehnungskonstante des faseroptischen Sensors wird durch den Druckkammerversuch mit dem Wert von 2,31 GHz/kPa definiert. Mit-

hilfe des Piping-Versuchs konnte bewiesen werden, dass ein Piping-Ereignis deutlich in den Messresultaten identifizierbar ist. Für das FibrADike Projekt ist die optimale Implementierung (Abb. 3) des Sensors definiert worden. Zusätzlich konnte durch verschiedene Nachweise ein Alarm- und Interventionsplan erstellt werden, der die Sicherheit des Versuchsdamms vor Versagen gewährleistet.

Abb. 2: Optum-Modell des Piping-Versuchs an der ETH Zürich
Eigene Darstellung

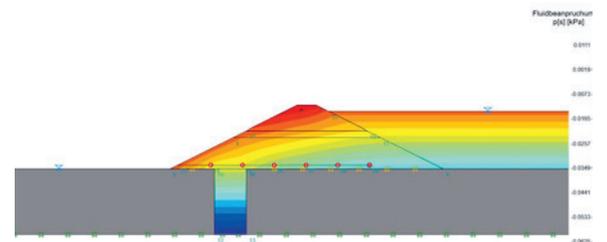


Abb. 3: Situation Implementierung Sensor im FibrADike Projekt; nicht maßstäblich
Eigene Darstellung

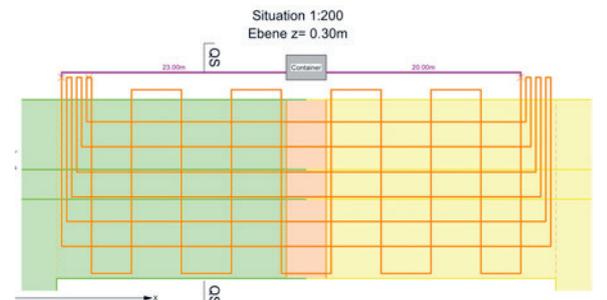
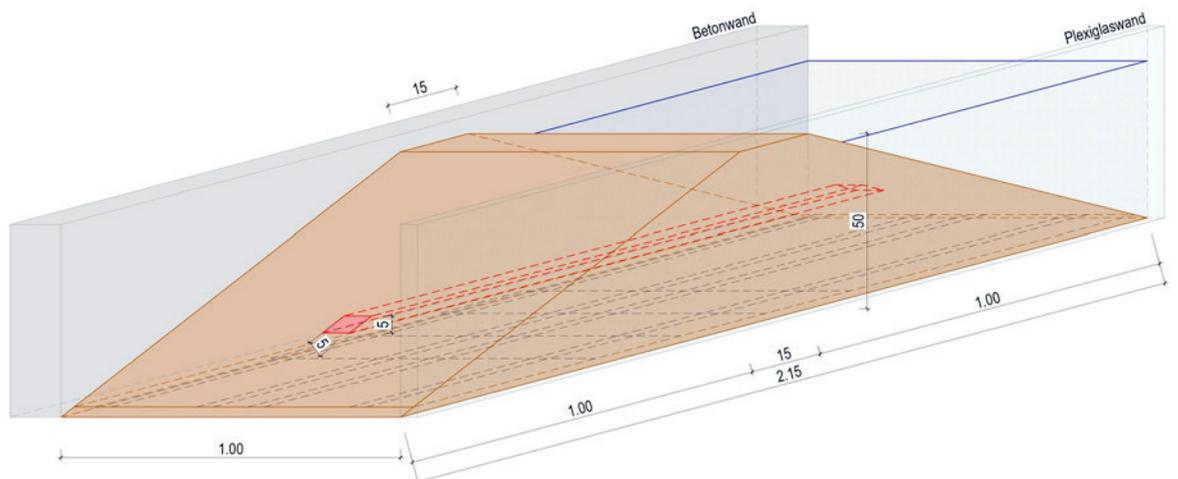


Abb. 1: Modell des Piping-Versuchs an der ETH Zürich
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Carlo Rabaiotti

Korreferent
Dr. Massimo Facchini,
Iridis Solutions GmbH,
Zürich, ZH

Themengebiet
Geotechnik

Qualitätssicherung der Erdarbeiten im FibraDike Projekt

Diplomand



Thomas Reichlin

Ausgangslage: Intakte Flussdämme spielen eine wichtige Rolle für den Hochwasserschutz. An der Rhone in den Kantonen Wallis und Waadt ist aktuell die Dritte Rhonekorrektur geplant. Die Rhone hat entlang des Flusslaufes viele Dämme, die in früheren Rhonekorrekturen gebaut wurden. Auch entlang des Flusses Po, in Italien, gibt es viele Dämme.

Ein Team um Prof. Dr. Rabaiotti ist aktuell im Rahmen eines Forschungsprojektes, das durch den Kanton Wallis und das BAFU unterstützt wird, mit der Entwicklung eines neuartigen Messsystems für Dämme beschäftigt.

Mehrere Projektstufen hat man bereits durchlaufen. Aktuell ist man mit dem Bau eines Versuchsbeckens als 1:1-Modell beschäftigt. Dieser Versuchsdamd soll es ermöglichen, die neuartigen Messkabel in einem Feldversuch testen zu können. Anschliessend kann das System so weit fertig entwickelt werden, dass es bei der Dritten Rhonekorrektur im Wallis eingesetzt werden kann. Auch die Agenzia per il fiume Po (AIPO), die als Projektpartnerin im Projekt mitarbeitet, ist daran interessiert, das neuartige Messsystem an den Flussdämmen des Po in Italien einzusetzen.

Problemstellung: In Boretto in Italien wird ein Versuchsbecken mit den Abmessungen 84 m x 39 m gebaut. Der Damm wird aus Erdmaterial gebaut. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit sollen vor Baubeginn weitere Prüfungen an den Erdmaterialien stattfinden. Insbesondere die horizontale Durchlässigkeit, die bei Dämmen eine entscheidende Rolle spielt, muss genauer untersucht werden. Während der Bauausführung müssen diverse Kontrollen zur Qualitätssicherung erledigt werden. Da das Projekt in Italien ausgeführt wird, sollten die Kosten mit den erwarteten Kosten bei einem gleichartigen Projekt in der Schweiz verglichen werden. Bei der Bauausführung in Boretto sollen auch die Baumethoden und die Bauvorgänge beobachtet und beurteilt werden. Es sollen so allfällige Erkenntnisse direkt als Optimierung in den Bauablauf eingebracht werden.

Ergebnis: Für den einzubauenden Boden konnten der optimale Wassergehalt, das maximale Trockenraumgewicht und die horizontale Durchlässigkeit bestimmt werden.

Zur Prüfung der horizontalen Durchlässigkeit im Labor hat man eine neue Versuchsbox entwickelt, um Versuche mit konstanter Druckhöhe machen zu können.

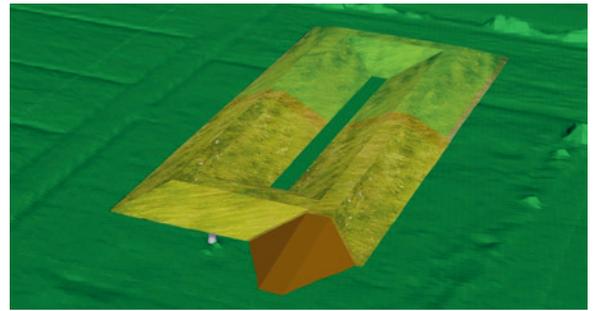
Aufgrund der Ergebnisse aus den ausgeführten Sondagen während der Aushubarbeiten mussten zusätzliche Baumassnahmen am Planum ergriffen werden. Ebenfalls hat man Plattendruckversuche auf dem

Planum ausgeführt und konnte eine Einteilung in Tragfähigkeitsklassen vornehmen. Zudem konnten die ausgeführten Arbeiten dokumentiert werden. Die Dokumentation kann man bei späteren Fragestellungen, zum Beispiel während der Test-Messungen mit dem neuen Messsystem, konsultieren.

Um die zu erwartenden Baukosten bei einem gleichartigen Projekt in der Schweiz abzuschätzen, wurde eine Kostenermittlung mit den gängigen Kalkulationsmethoden aus der Bauausführung gemacht. Es konnte aufgezeigt werden, dass ein derartiges Projekt in der Schweiz knapp dreimal teurer wäre.

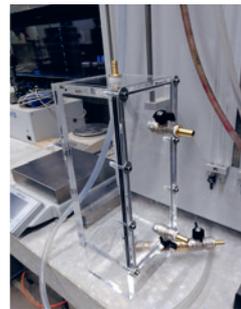
3D-Modell des Versuchsbeckens

Pläne Ausführungsprojekt OST Ostschweizer Fachhochschule



Neue Versuchsbox für Ermittlung horizontale Durchlässigkeit von Böden

Eigene Darstellung



Bauarbeiten zum Bau des Versuchsbeckens

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Carlo Rabaiotti

Korreferent

Alessandro Rosso,
Parma

Themengebiet

Geotechnik,
Bauausführung

Freileitungsmast vor dem Unterwerk Ernen der 380-kV-Höchstspannungsleitung Mörel-Ulrichen

Variantenstudie für Mast- und Fundamenttragwerk

Diplomand



Lukas Kaufmann

Ausgangslage: Die bestehenden 65-kV- und 220-kV-Leitungen von Mörel nach Ulrichen verlaufen aktuell mitten durch das Siedlungsgebiet der Walliser Gemeinden Ernen, Ritzingen und Reckingen. Die Leitungen versorgen die Haushalte mit Strom und transportieren den aus Wasserkraftwerken erzeugten Strom ab. Wenn das Pumpspeicherkraftwerk Nant de Drance in Betrieb geht, reicht die bestehende 220-kV-Leitung für den Abtransport des erzeugten Stroms nicht mehr aus. Daher wird im Südhang eine neue 380-kV-Leitung erstellt. Dadurch wird das Wallis an das 380-kV-Netz der Swissgrid angeschlossen. Weiter ist für den sicheren Betrieb der neuen Eisenbahn-Alpentransversale (NEAT) am Gotthard eine neue 132-kV-SBB-Bahnstromleitung notwendig. Diese wird ebenfalls auf der neuen 380-kV-Trasse geführt. Um die Siedlungsgebiete zu entlasten, wird die 65-kV-Leitung der FMV im Zuge des Neubaus der 132-kV- und 380-kV-Leitung ebenfalls auf die neue Trasse verlegt. Die bestehenden 65-kV- und 220-kV-Leitungen werden nach dem Neubau rückgebaut.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde der Mast 1461 vor dem Unterwerk Ernen vom Variantenstudium bis hin zur Bemessung der Bestvariante auf Stufe Vorprojekt projektiert.

Vorgehen: Als Erstes mussten Trasse-, Mast- und Leitungsdaten der bestehenden und projektierten Leitungen zusammengetragen werden. Danach wurde aufgrund der gültigen Normen und der Swissgrid-Standards eine Projektgrundlage mit den Entwurfsrandbedingungen, Nutzungszuständen und Gefährdungsbildern erstellt. Unter Berücksichtigung der Randbedingungen wurde in einer Variantenstudie eine Bestvariante erarbeitet. Die Bestvariante sollte neben der technischen Ausführbarkeit auch den wirtschaftlichen und ästhetischen Anforderungen entsprechen. Sämtliche Berechnungen wurden zuerst von Hand durchgeführt und erst danach mit dem Tragwerksmodell in der Berechnungssoftware nachgerechnet und verglichen. Für das Masttragwerk wurde die Software Statik Version 8 von Cubus und für die Fundamenttragwerke PLAXIS 3D von Bentley Systems verwendet.

Ergebnis: In Anbetracht der hohen Horizontalkräfte, die aufgrund des Leitungswinkels des Masts und der am Mast endenden 65-kV-Leitung entstehen, ergab sich aus der Variantenstudie für das Masttragwerk ein Gittermasttragwerk aus Stahlprofilen als Bestvariante. Damit die aus den Horizontalkräften entstehenden Momente über einen grösseren inneren Hebelarm besser in den Baugrund abgetragen werden können, wurde der Mastanzug im Mastunterteil vergrössert. Da die Mastfüsse weit voneinander entfernt sind und der Eingriff in die Natur möglichst klein

und wirtschaftlich bleiben sollte, wurden Einzelfundamente mit Mikropfählen als Bestvariante evaluiert. Die Mikropfähle werden geneigt eingebaut, um die Kräfte noch besser abzuleiten.

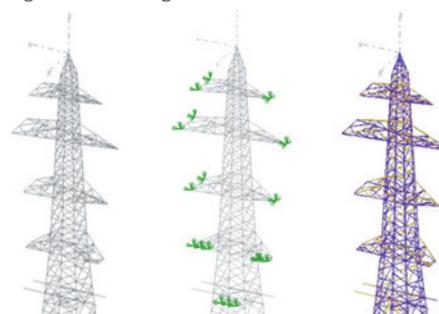
Das Masttragwerk wurde als räumliches, unbestimmtes Fachwerk modelliert. Die Eckstiele, Ober- und Untergurten der Ausleger werden als Durchlaufträger und die Ausfachungen als Fachwerkstäbe definiert. In den Fachwerkstäben wirken vorwiegend axiale Zug- und Druckkräfte.

Der Maststandort liegt an einem schlecht zugänglichen Ort im Wald an einem steilen Hang. Zudem mussten die verschiedenen Bauzustände analysiert werden. Die Baumethoden und die Konstruktion für den Fundamentbau und die Mastmontage mussten den Gegebenheiten angepasst werden.

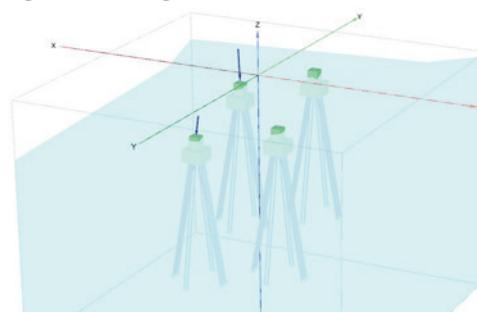
Situation projektiertes Freileitungsmast vor dem UW Ernen
Eigene Darstellung



Masttragwerkssystem (Mastoberteil) in Qubus Statik 8
Eigene Darstellung



Fundamenttragwerkssystem (Einzelfundamente mit Mikropfählen) in PLAXIS 3D
Eigene Darstellung



Referenten

Prof. Simone Stürwald,
Prof. Dr. Carlo Rabaiotti

Korreferent

Lukas Brem, AFRY
Schweiz AG, Gettnau,
LU

Themengebiet

Geotechnik,
Konstruktion

Projektpartner

AFRY Schweiz AG,
Zürich, ZH

Aufstockung Blumenbörse, Luzern

Variantenstudium und Vordimensionierung

Diplomandin



Livia Hasler

Aufgabenstellung: Da die Trend- und Blumenbörse in Luzern mehr Lagerraum benötigt, wird eine Aufstockung der bestehenden Halle geplant. Die Aufstockung umfasst auf der einen Seite des Hochregallagers 2 Stockwerke mit den Dimensionen von rund 37 m x 52 m. Das obere davon wird in reiner Stahlbauweise erstellt. Das untere hingegen wird als Verbundbau geplant und soll einem Brandschutz von 60 Minuten genügen. Auf der gegenüberliegenden Seite des Hochregallagers wird eine knapp 10 m x 15 m grosse, einstöckige Erweiterung auf den Bestand geplant. Das Flachdach soll isoliert und extensiv begrünt werden. Die Fassade soll mit isolierten Sandwichpaneelen ausgeführt werden.

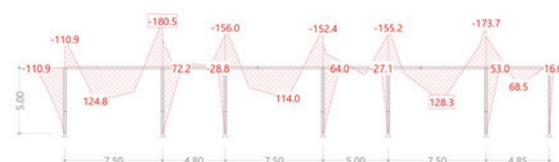
Vorgehen: Als Erstes wurden die Einwirkungen auf das Gebäude ermittelt. Zudem wurden die Themen Verbundbau und Brandschutz vertieft. Des Weiteren wurden verschiedene Varianten für ein Tragkonzept sowohl für den Stahlbau als auch für den Verbundbau mit Brandschutz erarbeitet. Anhand verschiedener Faktoren wie beispielsweise der Kosten oder der Tragwerkshöhe wurde eine Bestvariante gewählt. Für diese Variante wurde eine Vordimensionierung erstellt. Zudem wurde eine mögliche Variante zur Erstellung der Fassade aufgezeigt und die benötigten Riegel für Fenster- und Türenanschlänge in der Fassade wurden bestimmt. Abschliessend wurden anhand der Stücklisten die Gesamtkosten des Stahlbaus ermittelt.

Ergebnis: Durch den Bestand ist die Lage des Stützenrasters vorgegeben. Die Stützen sind unregelmässig in Abständen von 4,80 m bis 7,50 m angeordnet. Die horizontalen Lasten werden im Stahlbau über

biegesteife Rahmen und einen Windverband in den Bestand geleitet. Im Verbundbau werden die horizontalen Lasten über die Betondecke in die Massivbauteile (Treppenhaus und Liftschacht) geleitet. Um möglichst wenig Raumhöhe für die Tragkonstruktion zu beanspruchen, werden die Pfetten zwischen den Bindern eingesattelt und nicht aufgelegt. Ergebnis der Arbeit ist ein verhältnismässig leichtes Tragkonzept für die gesamte Aufgabenstellung. Aufgrund des unterdurchschnittlichen Gewichts fallen auch die Kosten verhältnismässig gering aus.

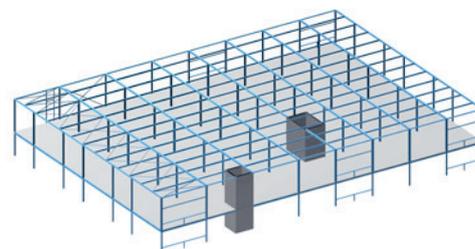
Momentenverlauf biegesteifer Rahmen [kNm]

Eigene Darstellung



Statik-Modell Aufstockung

Eigene Darstellung



Visualisierung Aufstockung (rot) mit Verbundbau (orange) und Erweiterung (blau)

Eigene Darstellung auf Basis von Google Earth



Referent

Daniel Holenweg

Korreferent

Rolf Meichtry, Meichtry & Widmer, Dipl. Ing. ETH/SIA AG, Zürich, ZH

Themengebiet
Konstruktion

Ersatzneubau Geschäftshaus Poststrasse 5 in Uster

Diplomand



Manuel Nicolas
Rusterholz

Ausgangslage: Die AXA-Anlagestiftung beabsichtigt, ein sechsgeschossiges Gewerbe- und Bürogebäude in Skelettbauweise im Zentrum von Uster zu errichten (siehe Abb. 1). Der Ersatzneubau ist Teil der Zentrumsüberbauung «Kern», die sich direkt neben dem Bahnhof Uster befindet.

Das Tragwerk besteht aus Ortbetonflachdecken, die auf Wandscheiben und -pfeilern in Ortbeton (im Erd- und im Untergeschoss sowie im Treppenhauskern) und wärmedämmendem Einsteinmauerwerk in den als Büros genutzten Obergeschossen gelagert sind. Im Untergeschoss befinden sich ausserhalb des oberirdischen Grundrisses weitere Lagerräume und ein Zugang zur bestehenden Tiefgarage.

Vorgehen: Anhand der vorliegenden Architektenpläne wurde ein Tragwerkskonzept entwickelt, um sowohl die vertikale als auch die horizontale Lastabtragung zu gewährleisten.

Für die statische Berechnung wurden mehrere Modelle mit Statik, Cedrus und Fagus von Cubus erstellt. Mit den Ergebnissen der Modelle, welche durch detaillierte Handrechnungen auf ihre Plausibilität geprüft wurden, wurden anschliessend die massgebenden Bauteile des Objekts bemessen.

Ergebnis: Für die vertikale Lastabtragung wurden die Mauerwerkswände der Obergeschosse sowie die Betonunterzüge im Erdgeschoss, welche die Lasten des Einsteinmauerwerks aufgrund des versetzten Wandscheibenrasters von Ober- und Erdgeschoss abfangen müssen, detailliert betrachtet und bemessen. Ein wichtiges Detail stellt dabei der thermisch getrennte Anschluss der Unterzüge an die Ortbetonflachdecke dar (siehe Abb. 2).

Des Weiteren wurden die Ortbetonflachdecken des Erd- und Untergeschosses auf Biegung und Querkraft/Durchstanzen bemessen. Die Decke des Untergeschosses wurde dabei infolge des oberseitigen Gefälles unter dem Aussenbereich sowie den dort anzusetzenden Verkehrslasten (Kat. G, durch Poller gewährleistet) genauer betrachtet.

Die Wandpfeiler des Erdgeschosses wurden auf der Seite Poststrasse auf innerstädtischen Fahrzeuganprall bemessen. Die Einspannung der Wandscheibe in die Untergeschosswand wurde über eine Federsteifigkeit berücksichtigt und die Bewehrungsführung dementsprechend ausgebildet (siehe Abb. 3). Schliesslich wurden die vorfabrizierten Treppen- und Geschosspodeste des Treppenhauses bemessen und es wurden konzeptionelle Überlegungen und Berechnungen zur Horizontalstabilität durchgeführt.

Referent

Dr. Robert Koppitz

Korreferent

Markus Malloth, dsp
Ingenieure + Planer AG,
Uster, ZH

Themengebiet
Konstruktion

Abb. 1: Gerendertes Plattenstapelmodell aus Cedrus-8
Eigene Darstellung

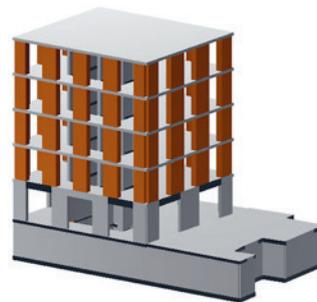


Abb. 2: Anschlussdetail Unterzüge an Ortbetondecke mit thermischer Trennung und Abfangung der Mauerwerkswand
Eigene Darstellung

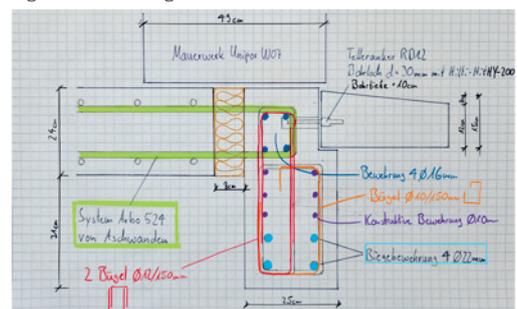
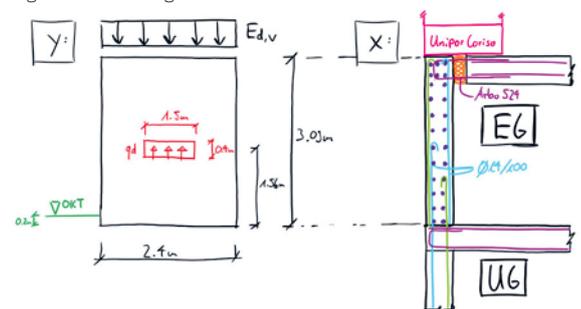


Abb. 3: System der massgebenden Wandscheibe für Anprall mit separater Federsteifigkeitsberechnung
Eigene Darstellung



Experimentelle und numerische Untersuchungen an Betonbalken mit re-plate Verstärkung

Diplomandin



Fabienne Mamié

Einleitung: Ertüchtigungen und Umnutzungen werden in der Baubranche mit Verstärkungen durchgeführt, was die Lebensdauer erheblich verlängert. Sanierungsmassnahmen haben im Vergleich zu Neubauten eine viel bessere CO₂-Bilanz und schonen damit die Umwelt. Aktuell sind unterschiedliche Systeme auf dem Markt zu finden. Neben dem gängigen Produkt der CFK-Lamellen ist an der Empa in Dübendorf eine Formgedächtnislegierung, welche auf Eisen basiert, entwickelt worden. Diese Legierung (memory-steel) ist zu 100% recycelbar und kann so hohe Anforderungen an die Nachhaltigkeit erfüllen. Die Patente wurden von der Firma re-fer AG erworben. Es wurden unterschiedliche Produkte entwickelt. Neben einem gerippten Bewehrungsstab (re-bar) ist auch ein Zugband (re-plate) verfügbar. Das re-plate wird nur an den Enden mit Hilti-Nägeln an der Betonoberfläche befestigt und ist somit ein externes Zugband ohne Verbund. Die übliche Bemessungsmethode mit Querschnittsanalyse ist deshalb nicht anwendbar. Im Rahmen dieser Arbeit wurde das Tragverhalten von drei Prüfbalken untersucht, welche mit einem re-plate verstärkt wurden. Die experimentellen Werte wurden anschliessend mit numerischen Werten verglichen, welche mit dem mathematischen Programm Matlab ermittelt wurden. Anhand des Matlab-Codes sind Parameterstudien durchgeführt worden. Die Resultate sollen in Zukunft für einfachere Bemessungen für Ingenieure dienen. Aktuell ist der zusätzliche Spannungszuwachs im re-plate, welcher für die Tragsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit benötigt wird, nur mit einer sehr konservativen Abschätzformel möglich.

Vorgehen: Im Rahmen dieser Arbeit sollen drei Stahlbetonbalken, welche mit re-plate-Bändern verstärkt sind, experimentell und numerisch untersucht werden. Alle Ergebnisse und Erkenntnisse sollen dokumentiert und anhand von Berechnungen überprüft werden. Parameterstudien anhand des Matlab-Codes sollen Aufschluss über das Tragverhalten geben.

Ergebnis: Bei den Balken 1 und 2 ist Betonstauchen eingetreten. Durch die Konzentration eines grossen Risses unter dem Zylinder ist es beim Balken 3 durch die hohe Dehnung in der Armierung ein Zugbruch entstanden. Die Versuche geben Aufschluss darüber, dass mit zunehmender Höhe des Balkens die Duktilität abnimmt. Die Dehnungszunahme im re-plate wird mit zunehmender Querschnittshöhe grösser. Das anhand von Experimenten untersuchte Verankerungsverhalten, welches als Grundlage für die Bemessung des Balkens 3 gedient hat, ist in der Form nicht

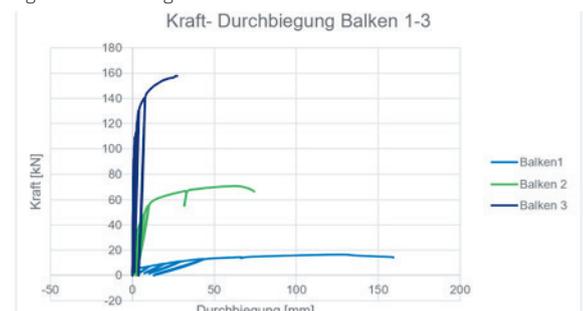
eingetreten.

Die experimentellen Untersuchungen zeigen insgesamt eine gute Kompatibilität mit den numerischen Ermittlungen, welche mit dem Matlab-Code erstellt wurden. Dies gilt für den plastischen Bereich bis hin zur maximalen Traglast. Die Untersuchungen der Dehnungszuwächse bei zwei re-plates haben gezeigt, dass die Duktilität bei zunehmender Anzahl vermindert wird.

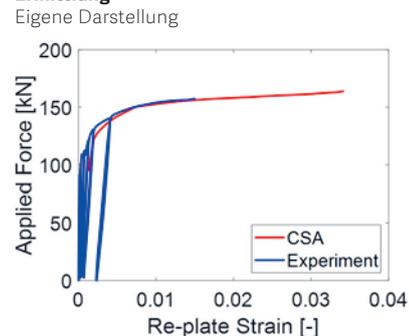
Versagen des Balkens 2 durch Betonstauchen
Eigene Darstellung



Kraft-Durchbiegungs-Diagramm Balken 1-3
Eigene Darstellung



Kraft-Dehnung re-plate Balken 3, Experiment und numerische Ermittlung
Eigene Darstellung



Referent

Dr. Christoph Czaderski

Korreferent

Dr. Julien Michels, re-fer AG, Brunnen, SZ

Themengebiet
Konstruktion

Holz-Beton-Verbund

Forschungsarbeit über den Holz-Beton-Verbund (HBV) mittels Klebverfahren

Diplomand



Simon Schubiger

Ausgangslage: Holz-Beton-Verbunddecken entsprechen dem Stand der Technik und spielen im modernen Holzbau eine entscheidende Rolle. Bestehend aus einem Holzbauteil in der Zugzone, einer Betonschicht in der Druckzone und einer Schubverbindung zwischen beiden Baustoffen, weisen Holz-Beton-Verbunddecken eine Reihe von Vorteilen auf, die sie für den Einsatz in Wohn- und Bürogebäuden prädestinieren. Die Betonschicht ergibt eine Deckenmasse und -steifigkeit, mit der die bemessungsrelevanten Verformungs-, Schwingungs- und Schallschutznachweise ausreichend eingehalten werden können. Hinsichtlich der Herstellung und der Verbundtechnologie gibt es bei HBV-Decken jedoch noch Verbesserungspotenzial. Von besonderem Interesse ist die Weiterentwicklung der Klebstoffverbindungen, da sie starre und damit sehr leistungsfähige Verbindungen ermöglichen. Das Tragverhalten sowie die Theorie der Spannungsermittlung im HBV-Querschnitt hängen von der Steifigkeit des Verbundes ab. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule OST und der Projektpartnerin fischerwerke GmbH & Co. KG die Verbundsteifigkeit von zwei unterschiedlichen Klebstoffen untersucht. Dazu wurden verschiedene Prüfkörper Nass-in-Nass mit 2 mm dicken Klebstoffugen verklebt.

Vorgehen/Technologien: In ersten Vorversuchen konnte die Verbundfähigkeit der verschiedenen Baustoffe mit unterschiedlichen Klebstoffen erfolgreich nachgewiesen werden. In Slip-Block-Versuchen, welche den Schubverbund zwischen zwei Baustoffen darstellen, wurden verschiedene Beton- und Holzarten mit unterschiedlichen Festigkeiten miteinander verklebt. Bei beiden Klebstoffen konnte ein steifer Verbund zwischen Holz und Beton nachgewiesen werden. Die Betonrezeptur wurde für den optimalen Einsatz im geklebten HBV weiter verfeinert. Zur Untersuchung des Tragverhaltens wurden weitere Biegezugversuche mit zwei unterschiedlichen Betonklassierungen durchgeführt (Abb. 1). Dabei wurden die Dehnungen mittels Glasfaseroptik gemessen. Anhand der gemessenen Dehnungen konnte das genaue Tragverhalten im HBV-Querschnitt analysiert, bewertet und diskutiert werden. Die einachsigen Biegeversuche im Kleinformat zeigten eine hohe Verbundsteifigkeit zwischen den beiden Baustoffen auf. Zusätzlich wurde die Verbundsteifigkeit in einem praxisgerechten Grossversuch untersucht. Das Versagen im Holz deutet auf eine erfolgreiche Schubübertragung durch den Klebstoff hin (Abb.2).

Ergebnis: Die gemessenen Dehnungen zeigen einen starren Verbund zwischen Holz und Beton auf. Der Verlauf der Dehnungen im Winkel von 45° ist ähnlich dem Verlauf der Schubspannungen über den

Querschnitt (Abb. 3). Die Spannungsermittlung für den geklebten HBV-Querschnitt basiert dementsprechend auf der Bernoulli-Navier-Hypothese. Beide Klebstoffe zeigten in den Versuchen eine hohe Verbundfestigkeit auf. Allerdings ist die Länge der Einbauezeit entscheidend. Einer der Klebstoffe weist eine kurze Verarbeitungszeit auf, welche für den Einsatz im HBV nicht nutzbar ist. Der andere Klebstoff verfügt über eine längere Verarbeitbarkeit, die sich für den Einsatz im HBV-Bauteil eignet. Für beide Klebstoffe sind weitere Untersuchungen zum Langzeit- und Brandverhalten erforderlich.

Abbildung 1: Biegeversuch im Kleinformat

Eigene Darstellung



Abbildung 2: Biegebruch im Holz

Eigene Darstellung



Abbildung 3: Dehnungsverlauf im Winkel von 45°

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Felix Wenk

Korreferent

Dr. Joachim Schätzle,
fischerwerke GmbH &
Co. KG, Kenzingen, BW

Themengebiet

Konstruktion

Projektpartner

fischerwerke GmbH
& Co. KG, Freiburg im
Breisgau

Neubau der Strassenbrücke Bergli in Wattwil

Variantenstudium und Vorprojekt

Diplomand



Dominik Schönenberger

Ausgangslage: In den kommenden Jahren soll die Thur (Fließgewässer) in der Gemeinde Wattwil saniert werden. Folglich müssen auch Kunstbauten saniert oder erneuert werden. Ein Projekt, welches in Zukunft erbaut werden könnte, ist der Neubau Strassenbrücke Bergli. Die neue Brücke hat eine Länge von 60 m und eine Breite von 8 m. Die grössten Herausforderungen sind eine hoch liegende Hochwasserkote sowie ungünstige geologische Verhältnisse.

Vorgehen: Im ersten Schritt wurden folgende vier Varianten mit zugehörigen Querschnitten erarbeitet, mit u.a. besonderer Betrachtung des Bauverfahrens:

- Spannbetonbrücke als Durchlaufträger über zwei Felder, mit einem Trogquerschnitt
- Stahlbogenbrücke
- Schrägseilbrücke
- Verbundbrücke über zwei Felder

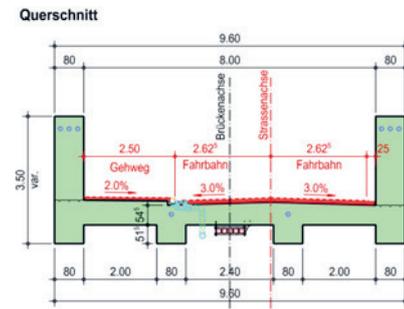
Es wurde eine Variantenauswertung durchgeführt, um die Bestvariante zu finden. Dabei kristallisierte sich die Spannbetonbrücke als Bestvariante heraus. Im einem weiteren Schritt wurde die Variante genauer überprüft und detailliert berechnet.

Ergebnis: Die Spannbetonbrücke wird als Durchlaufträger über zwei Feldern (ca. 20 m + 40 m) ausgebildet. Das statische System sieht ein festes Lager und zwei bewegliche Lagerungen vor. Eine detaillierte statische Berechnung der Brücke in Längsrichtung sowie die statische Berechnung der Fahrbahnplatte in Querrichtung haben die gewählten Querschnittsabmessungen bestätigt sowie die erforderlichen

Spannstahl- sowie Stahlbewehrungen ergeben. Durch die Erstellung eines Projektplans konnten die meisten und wichtigsten Konstruktionsdetails grafisch gelöst und dargestellt werden.

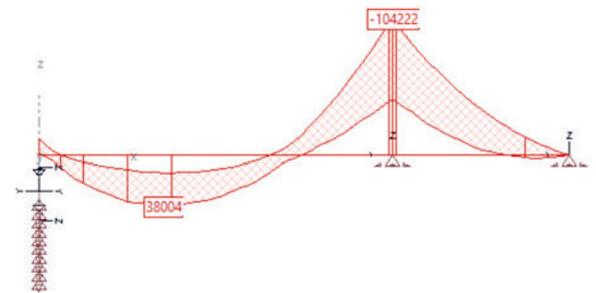
Querschnitt Spannbetonbrücke

Eigene Darstellung



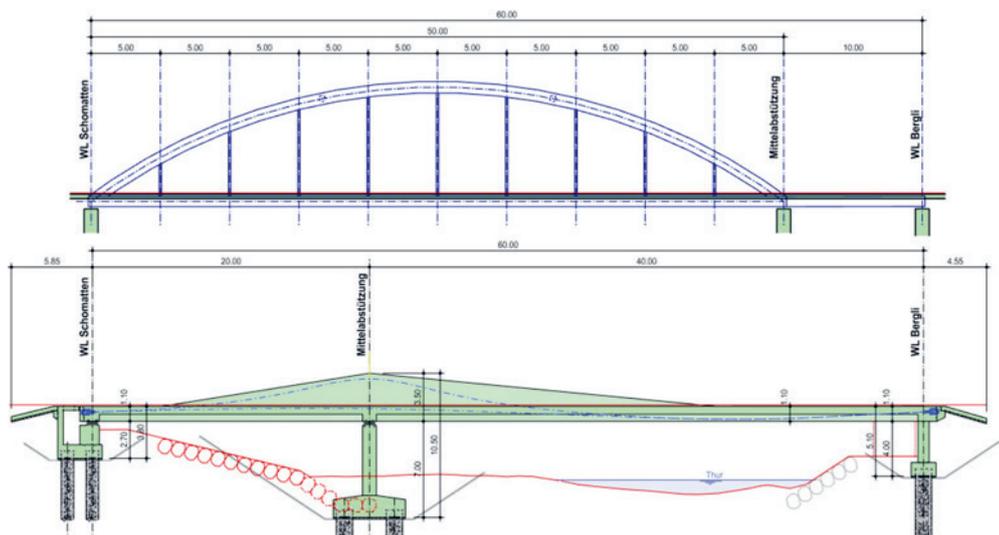
Momentenverlauf Spannbetonbrücke

Eigene Darstellung



Variantenstudium: Stahlbogenbrücke und Spannbetonbrücke (Bestvariante)

Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Ivan Marković

Korreferent
Werner Köhler, dsp
Ingenieure + Planer AG,
Uster, ZH

Themengebiet
Konstruktion

Neubau einer Strassenbrücke in der Stadt Zürich

Glattbrücke, Objekt-Nr. 12F/W14

Diplomand



Robin Knupp

Problemstellung: Obwohl die bestehende Brücke ursprünglich 1955 als Autobahn-Zubringerstrasse vorgesehen war, wurde sie bisher nur als Fuss- und Radwegbrücke genutzt. Ausserdem erfüllt sie nicht mehr die Tragsicherheit für Strassenverkehrslasten nach den heutigen Normen. Da sich auch die Hochwassermenge über die Jahre vergrössert hat, braucht es nun eine den aktuellen Anforderungen und Nutzungen entsprechende Brücke. Diese Brücke wird in der Zukunft auch als Fuss- und Radwegbrücke genutzt. Sie soll aber für Strassenverkehrslasten gemäss SIA 261 projektiert und bemessen werden.

Vorgehen: In einem ersten Schritt werden mögliche Tragkonstruktionen erarbeitet und auf Biegung und Querkraft vorbemessen. In einem zweiten Schritt werden drei Varianten auf Stufe Vorprojekt bemessen, und zwar gemäss Bild 3. Für diese Varianten wird anschliessend eine Kostenschätzung und eine präliminäre CO₂-Bilanzierung erstellt. Mittels Nutzwertanalyse wird schliesslich die geeignetste Variante ausgewählt und detailliert statisch Berechnen und konstruktiv bearbeitet.

Ergebnis: Aus der Vorbemessung erschliesst sich, dass der vorgespannte Zweigelenrahmen das bestmögliche Tragsystem bildet. Für den Fahrbahnträger eignet sich ein Plattenbalkenquerschnitt, da dieser wenig Eigengewicht bei gleichbleibender statischer Höhe mit sich bringt. Die Werkleitungen können indes zwischen den Rippen geführt werden. Durch die grossen Rahmenmomente musste der Plattenquerschnitt gevoutet werden, um die Nachweise der Tragsicherheit erfüllen zu können. Des Weiteren ist der Plattenquerschnitt durch die eingelegte Vorspannung unter Druck und somit ungerissen. Durch den

ungerissenen Zustand ist die Gebrauchstauglichkeit mit der elastischen Verformung erfüllt. Als bestmögliche Variante setzt sich die Variante A2 mit einer Fahrbahnplatte aus UHFB durch. Die Erkenntnisse aus der Variante A3 zeigten, dass sich die bestehenden Brückenelemente als einzelne Tragelemente nicht eignen, um effizient in ein neues Tragwerk integriert zu werden.

Bild 1: Visualisierung Brückenansicht Variante A2
Eigene Darstellung



Bild 2: Brückenquerschnitt bewehrt, Variante A2
Eigene Darstellung

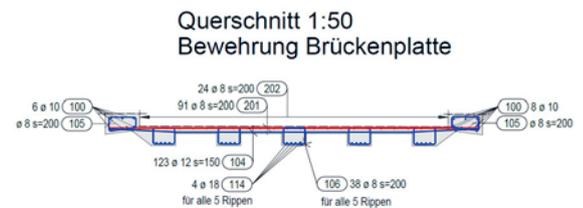
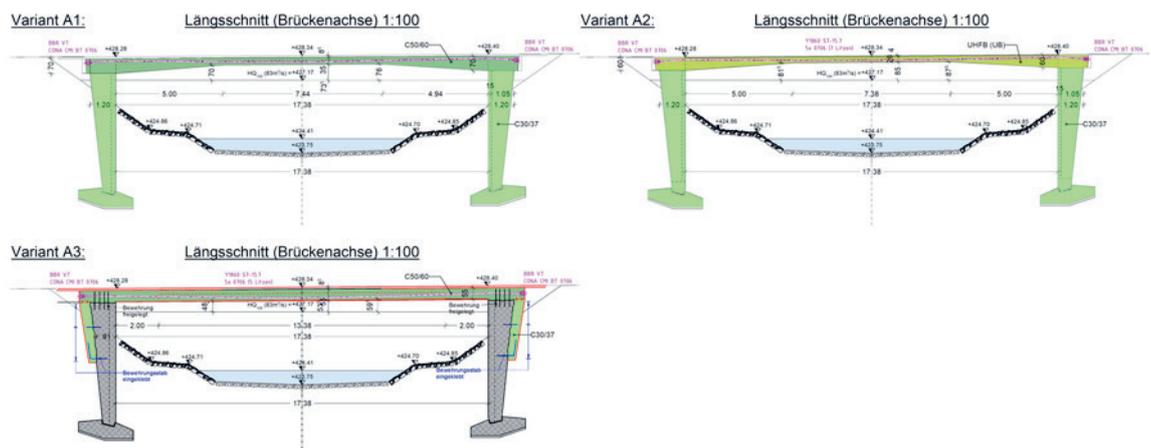


Bild 3: Brückenansichten Variante A1-A3
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Ivan Marković

Korreferent
Beat Jörgler, Tiefbauamt
der Stadt Zürich, ZH

Themengebiet
Konstruktion

Projektpartner
Tiefbauamt der Stadt
Zürich

Neubau WashUp Sursee

Diplomand



Andreas Bösch

Aufgabenstellung: Beim zu bearbeitenden Projekt «Neubau WashUp» in Sursee handelt es sich um ein Gebäude mit vier Geschossen, das um eine bestehende Autowaschanlage herum erstellt wird. Die Etagen 1 und 2 werden als Verkaufsflächen und die beiden oberen Etagen als Sportanlage genutzt. Das Tragwerk der unteren Geschosse soll als Stahl-Beton-Verbundbau ausgeführt werden, das Dachgeschoss als Stahlbau.

Das Gebäude hat Grundrissabmessungen von 52,50 m x 26,00 m und ist ca. 30 m hoch.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, ein Tragwerkskonzept für den Verbundbau und den Stahlbau zu erstellen und verschiedene Varianten zu überprüfen. Dazu gehören hauptsächlich die Vordimensionierung der Bauteile Stahl und Stahl-Beton-Verbund und ein Variantenstudium zu verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten des Tragwerks sowie der Gebäudehülle. Es soll die optimale Lösung unter Berücksichtigung der Vorgaben des Architekten sowie der gängigen Normen und Brandschutzvorschriften die einfachste und kostengünstigste Variante gefunden werden.

Zum Schluss muss eine Zusammenstellung der Gesamtkosten für die Planung, Herstellung und Montage aller Stahlteile gemacht werden.

Vorgehen: Für die Vordimensionierung werden jeweils Einzelbauteilnachweise geführt. Das Gebäude wird beginnend mit der Dacheindeckung von oben nach unten dimensioniert. Parallel dazu werden jeweils verschiedene Varianten für die Ausführung geprüft.

Die ermittelten Profile, ihre Abmessungen und ihre Mengen werden in einer Stückliste festgehalten. Aufgrund dieser werden das Ausmass und die Kosten für den Stahlbau berechnet.

Ergebnis: Als wesentlicher Punkt stellte sich die Dachkonstruktion heraus: Da das Dachgeschoss stützenfrei ausgeführt werden soll, müssen die Binder eine Spannweite von 26 m überbrücken. Insgesamt wurden vier Varianten überprüft. Als Bestvariante wurde der Binder mit Zugband gewählt: Diese Variante besticht mit geringen Kosten, mittlerem Materialverbrauch und keinem Verlust an nutzbarer Raumhöhe.

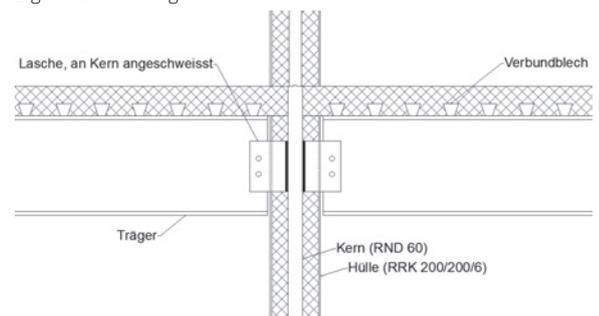
Als Brandschutzkonzept kamen eine Beschichtung und, da ein Brandwiderstand von R30 gefordert ist, eine Warmbemessung infrage. Die Warmbemessung wurde schlussendlich trotz des höheren Materialverbrauchs kostengünstiger.

Die Verbundstützen werden als Durchlaufstützen geplant, an denen die Deckenträger gelenkig anschliessen. Die Stützen haben aus statischen und ästhetischen Gründen alle den gleichen Durchmesser (200 mm), jedoch einen variablen Kern, um eine

gute Ausnutzung zu erhalten. Alle Stützen bestehen aus einem RRK 200/200/6 als Hülle und aus einem RND-Profil mit mindestens 50 mm Durchmesser. Im Projekt werden insgesamt etwa 437 Tonnen Stahl verbaut und die Gesamtkosten belaufen sich auf 1'156'500 CHF.

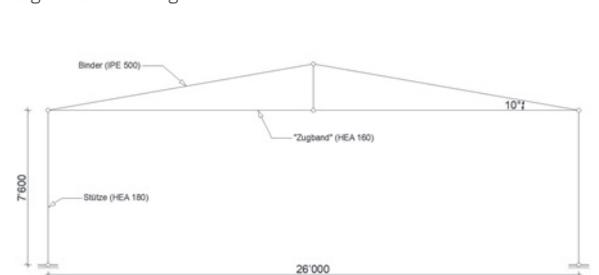
Detail: Anschluss Träger an Stütze

Eigene Darstellung



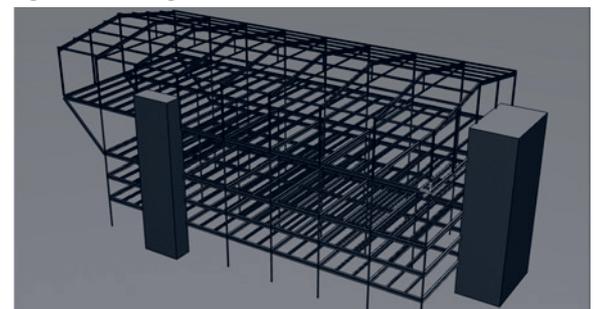
Statisches System Dachbinder

Eigene Darstellung



3D-Darstellung Stahltragwerk

Eigene Darstellung



Referent

Daniel Holenweg

Korreferent

Rolf Meichtry, Meichtry & Widmer, Dipl. Ing. ETH/SIA AG, Zürich, ZH

Themengebiet
Konstruktion

Tragwerkskonzept und Bemessung eines Laborgebäudes in Betonbau

Diplomandin



Noémie Küng

Ausgangslage: Das Tragwerk ist von grundlegender Bedeutung für die Erstellung eines Bauwerks. Es gibt diesem Stabilität und ist für die Abtragung der Einwirkungen zuständig. Für jedes Bauwerk gibt es viele verschiedene Varianten, um das Tragwerk zu definieren. Oftmals wird durch die vom Architekten vorgegebene Nutzung und Raumaufteilung das Tragwerk grob definiert. Das Ziel der Tragwerksplanung ist es, das bestmögliche Tragwerk für das Bauwerk zu finden. Die Planung des Tragwerks wird in die drei Schritte Variantenstudium, Vordimensionierung und Bemessung unterteilt. Anhand eines praxisbezogenen Objektes werden die einzelnen Schritte durchgegangen. Das siebenstöckige Laborgebäude hat drei Untergeschosse wie auch drei Obergeschosse. Neben den Laborräumen beinhaltet das Gebäude auch Büro- und Schulungsräume.

Vorgehen: Aufgrund der Architekturpläne werden drei Tragwerksvarianten entwickelt, zwei davon sind in der Skelettbauweise. Diese haben, bis auf die aussteifenden Kerne, nur Stützen als Tragelemente. Die dritte Variante ist ein Massivbau, welcher mit Fassadenstützen kombiniert ist. Zur Bestimmung des bestmöglichen Tragwerkskonzepts werden die Varianten miteinander verglichen. Anhand des gewählten Konzepts wird für einzelne Bauteile die Vordimensionierung durchgeführt. Mittels Näherungsformeln können die groben Dimensionen der Decken, Wände und Stützen festgelegt werden. Anschliessend werden in der Bemessung die genauen Bauteilabmessungen sowie die benötigte Bewehrung ermittelt. Dafür wird ein Plattenmodell der Decke im Programm Cubus Cedrus erstellt. Mit diesem Modell kann die Bewehrung der Decke definiert werden. Danach werden sowohl die Verformungen, das Durchstanzen und der Platten-schub der Decke überprüft. Für die Bemessung der Innenwände wird anhand der Normkraftbeanspruchung überprüft, ob diese aus Mauerwerk erstellt werden können. Die Bewehrung der Stützen wird durch einen M-N-Interaktionsnachweis ermittelt. Die letzte Bemessung wird für die Kernwände durchgeführt. Mit Hilfe des Ersatzkraftverfahrens (EKV) werden die bei einem Erdbeben einwirkenden Kräfte ermittelt und anhand dieser wird die Bewehrung definiert.

Ergebnis: Das Variantenstudium hat als beste Variante für das Tragwerkskonzept die Variante 3 ergeben. Durch die Linienlagerung und die kurzen Spannweiten verkleinern sich die Deckenstärke und die Verformungen. Bei der Berechnung des Deckenmodells hat sich gezeigt, dass gewisse Fassadenstützen Zug erfahren und deshalb aus dem Tragwerkskonzept entfernt werden können. Anhand der Bemessung ist ersichtlich, dass sowohl die Verformungen wie auch der Platten-schub die Nachweise nach der Norm SIA 262 erfüllt.

len. Der Nachweis für das Durchstanzen ohne Durchstanzbewehrung ist nicht erfüllt, weshalb eine Prüfung erforderlich ist. Damit die Wände in Mauerwerk ausgeführt werden können, müssen sie den Nachweis der Normkraftbeanspruchung erfüllen. Da die Wände im 1. UG und im Erdgeschoss den Nachweis nicht erfüllen, werden sie in Stahlbeton ausgeführt. In den darüberliegenden Geschossen können die Wände mit Mauerwerk erstellt und kann die Wanddicke in den höheren Geschossen reduziert werden. Aufgrund der geringen Lasten und der hoch gewählten Betonqualität kann für die Stützen die minimale Abmessung gewählt werden. Als letzte Bemessung für das Erdbeben haben die Berechnungen ergeben, dass die in der Vordimensionierung gewählte Wandstärke mit der entsprechenden Bewehrung die Einwirkungen aufnehmen kann.

Neubau Forschungsgebäude GLC

Aufnahme von René Dürr



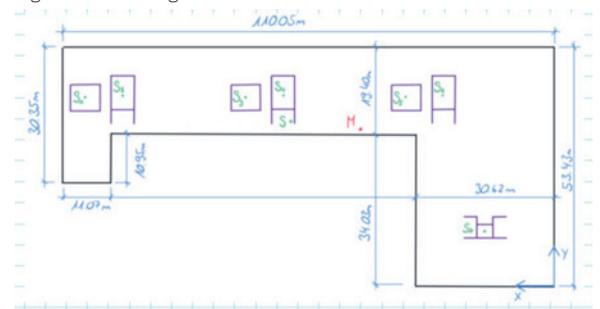
Ausschnitt des Tragwerkskonzepts der Variante 3 «Massivbauweise mit Stützenreihe»

Eigene Darstellung



Steifigkeitszentren und Massenschwerpunkt des Gebäudes

Eigene Darstellung



Referent
Matthias Krucker

Korreferent
Dr. Flavio Wanninger,
Lüchinger + Meyer
Bauingenieure AG,
Zürich, ZH

Themengebiet
Konstruktion

Tragwerksanalyse und Nachrechnen eines Gebäudeteils/BIM Kollaboration

Johanneshof Hinterhaus, Schwarzwald, D

Diplomand



Jan Langenegger

Ausgangslage: Schon über 100 Jahre steht das Hinterhaus des Johanneshof im Schwarzwald (D). Während dieser Dauer haben sowohl die Nutzung wie auch die äusseren Einwirkungen ihre Spuren hinterlassen. Im Zuge einer Sanierung wird das Gebäude ertüchtigt, um den heutigen Ansprüchen gerecht zu werden. Aus diesem Grund erfolgt eine statische Überprüfung des hölzernen Riegelbaus. Kann die bestehende Tragstruktur den neuen Belastungen gerecht werden?

Parallel zur Kontrolle der Tragsicherheit werden verschiedene BIM-Autorentools untersucht und auf ihre Wechselwirkung überprüft. Behandelt wird der effiziente, kontrollierte Austausch von Daten zwischen dem Leit- und dem Statikmodell. Dies offenbart die Möglichkeit, mit den verschiedenen Programmen ressourcenschonend zusammenzuarbeiten.

Vorgehen: Im Bereich der Statik wird die Tragfähigkeit der bestehenden Struktur untersucht. Sowohl die Dimensionierung wie auch der Zustand der Konstruktion fliessen dabei in die Beurteilung mit ein. In einer Besichtigung vor Ort wurden das Objekt sowie seine Kondition erfasst. Fortlaufend wurde über verschiedene Stufen das Gebäudemodell erarbeitet und untersucht. Dabei ist der Abgleich mit dem tatsächlich vorherrschenden Zustand unabdingbar. Die Analyse der statischen Untersuchung fördert zu Tage, ob eine Weiterverwendung möglich ist oder Verstärkungsmassnahmen notwendig sind. Eine Planung dieser Eingriffe wurde dokumentiert, damit sie während der Sanierung berücksichtigt werden können. Als Einstieg in den Bereich BIM folgt eine detaillierte Beschreibung der Schritte, wie man Daten aus verschiedenen Programmen exportieren kann. Im nächsten Schritt werden die gewonnenen IFC-Dateien in jeweils ein anderes Programm importiert. So lässt sich aufzeigen, wie ein Workflow aussehen kann. Zusammengefasst wird das Erarbeitete in einem Beispiel, in dem die Kommunikation in einem Projekt zwischen Architekten und Ingenieuren simuliert wird. Als Hilfsmittel dient dabei das verbreitete BIM Collaboration Format Tool (BCF). Damit kann direkt der Bezug zwischen den Modellen und den vorgesehenen Anpassungen oder Änderungen geschaffen werden.

Ergebnis: Grundsätzlich lässt sich sagen, dass der Zustand der Konstruktion unter Berücksichtigung des Alters beinahe tadellos erscheint. Beim Betrachten der Auslastung infolge der verschiedenen Einwirkungen wird ersichtlich, dass gewisse Elemente an ihre Kapazitätsgrenze stossen. Einerseits liegt dies daran, dass sich die Einwirkungen mit den Normen verändern, und andererseits sind gewisse Elemente nicht zugänglich, um sie detailliert aufzunehmen. Für diese Elemente werden Annahmen getroffen und die

erforderlichen Dimensionen definiert. Bei den Interaktionen der Modelle lässt sich abschliessend sagen, dass der Informationsfluss mit den aktuellen Werkzeugen sehr strukturiert bewerkstelligt werden kann. Ein Hindernis tritt aus konstruktiver Sicht auf. Im Architekturmodell liegt der Fokus auf dem Volumen der Elemente, die der Ingenieur in eindimensionalen Stäben und flächigen Scheiben konstruiert. Eine gewisse Nachbearbeitung der Daten ist somit kaum zu verhindern.

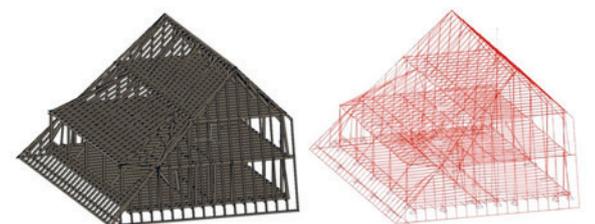
Ansicht der Nordfassade vom Vorplatz aus
Eigene Darstellung



Nordfassade des Hinterhauses und des Vorderhauses als Lexocad-Modell
Eigene Darstellung



Stabtragwerk-Modell in ArchiCAD (li) und Cubus (re)
Eigene Darstellung



Referenten

Prof. Simone Stürwald,
Prof. Martin Beth

Korreferent

Edgar Kälin,
Ingenieurbüro Edgar
Kälin AG, Einsiedeln, SZ

Themengebiet
Konstruktion, BIM /
Digitalisierung

Umweltverträglichkeit von Deckenkonstruktionen

Diplomand



Luc Christiaan
Korevaar

Problemstellung: Die Umweltverträglichkeit von Baumaterialien und Bauwerken rückt immer weiter in den Vordergrund. Beton wird dabei als umweltproblematischer Baustoff angesehen. Um ein Gebäude so nachhaltig wie möglich zu erstellen, muss das richtige Baumaterial ausgewählt und das Tragwerksystem für das jeweilige Baumaterial optimiert werden. Jedoch ist dies zeitaufwendig und dadurch mit hohen Kosten verbunden. Es gibt zudem keinen Wunderbaustoff, der universell in Bauwerken eingesetzt werden kann, um die Nachhaltigkeit zu erhöhen.

Vorgehen: Im Rahmen dieser Arbeit sollen die Umweltauswirkungen der häufigsten Tragwerksysteme und Baumaterialien miteinander verglichen werden. Zu Beginn der Arbeit werden verschiedene mögliche Systemarten und ihre Baumaterialien auf einem limitierten Perimeter auf ihre Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit berechnet und optimiert. Dabei werden vier verschiedene Varianten weiterverfolgt: eine Stahlbetonflachdecke als Referenz, eine Stahl-Beton-Verbunddecke, eine Holz-Beton-Verbunddecke und eine Stahlbetonrippendecke. Für jede Variante werden die Umweltbelastungspunkte (UBP'21) nach KBOB berechnet. Die Varianten werden danach mithilfe einer Nutzwertanalyse aufgrund ihrer UBP'21, ihrer Deckenhöhen und ihres Gesamtgewichts bewertet und verglichen. Am Ende wird eine Bestvariante gewählt.

Ergebnis: Die Stahl-Beton-Verbunddecke ist nach KBOB die umweltfreundlichste Variante für dieses Bauwerk, jedoch ist der Unterschied zwischen den verschiedenen Varianten nur 7% der Umweltbelastungspunkte. In Bezug auf die weiteren Faktoren wie Deckenhöhe und Deckenmasse (Gewicht) gibt es kein System, das allgemein eingesetzt werden kann, um die Umweltverträglichkeit zu verbessern.

Referentin

Prof. Simone Stürwald

Korreferent

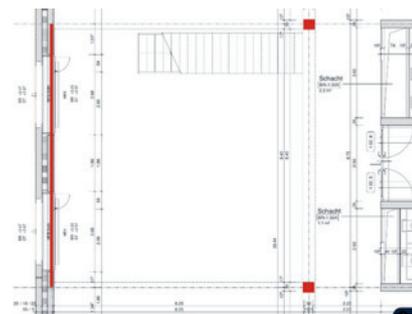
Benjamin Wissmann,
Walt + Galmarini AG,
Zürich, ZH

Themengebiet

Konstruktion, Umwelt

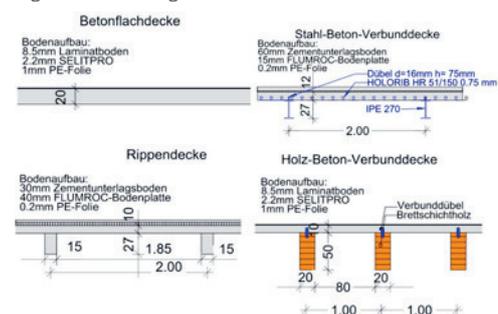
Perimeter für die Umweltbelastungsberechnungen

Pläne von Walt + Galmarini AG



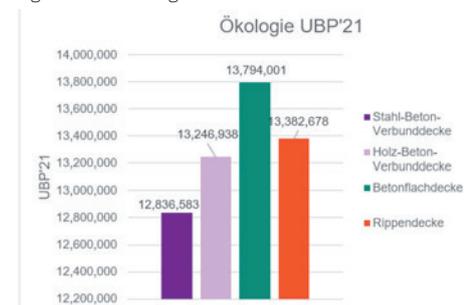
Querschnitte der Variantendecken

Eigene Darstellung



Gesamtpunktzahl KBOB-Umweltbelastungspunkte der Varianten

Eigene Darstellung



Selbstverdichtender Beton mit rezykliertem Betongranulat

Entwicklung einer nachhaltigen Betonrezeptur für das Projekt «Fold»

Diplomandin



Alexandra Horat

Ausgangslage: Im Zentrum der Bachelorarbeit steht das Projekt «Fold» der Accademia di Architettura der Università della Svizzera italiana (USI). «Fold» verfolgt das Ziel, strukturoptimierte Betonbauteile herstellen zu können. Als Schalung für die benutzerdefinierten, materialoptimierten Betonplatten dient ein 0,2 mm dünnes Papier.

Mit dieser Schalungswahl stellt sich die Herausforderung, dass «normaler» Rüttelbeton nicht in Frage kommt: Das notwendige Vibrieren des frischen Betons zur Verdichtung würde die Schalung massiv beschädigen. Selbstverdichtender Beton ist eine mögliche Lösung: Das Entlüften erfolgt hier durch das Eigengewicht des Betons in Kombination mit spezifisch eingestellten Fliesseigenschaften. Selbstverdichtender Beton benötigt aufgrund dieser Fliesseigenschaften einen höheren Zementleimanteil als andere Betons und deshalb tendenziell auch mehr Zement. Der bisher für «Fold» eingesetzte Beton hat einen Zementgehalt von 380 kg/m³ und ist somit alles andere als nachhaltig. Dies steht im Widerspruch zum wesentlichen Projektziel, mit «Fold» einen sparsameren und nachhaltigeren Umgang mit Material zu ermöglichen.

Das Ziel der Bachelorarbeit ist es, einen nachhaltigen selbstverdichtenden Beton zu entwickeln, der durch den Einsatz von Betongranulat die Kiesressourcen schont und durch eine Zementreduktion die CO₂-Emissionen im Vergleich zum aktuell eingesetzten Material senkt.

Das Betongranulat, welches in der Arbeit eingesetzt wird, stammt aus einem Forschungsprojekt der «Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana» (SUPSI). Auf diese Weise entsteht eine Zusammenarbeit der drei Institutionen OST, USI und SUPSI. Vorgehen: In einem ersten Schritt werden die theoretischen Grundlagen erarbeitet. Im anschliessenden praktischen Hauptteil der Arbeit werden zuerst verschiedene Betongranulate als Ausgangsstoffe charakterisiert und anschliessend wird der Mischungsentwurf in drei Stufen verbessert:

- Teilersatz der groben Gesteinskörnung durch Betongranulat 4/8
- Teilersatz der feinen Gesteinskörnung durch Betongranulat 0/4
- Reduktion der Zementmenge im Beton

Abschliessend wird die neue Rezeptur auf «Fold» getestet und ihre Nachhaltigkeit im Vergleich zur Ausgangsmischung bilanziert.

Ergebnis: Es können vier der entwickelten Mischungen mit gleicher Verarbeitbarkeit und ausreichender

Festigkeit zur Anwendung mit «Fold» empfohlen werden: zwei mit einem Recyclinganteil von 50% respektive 100% sowie zwei mit einem Recyclinganteil von 50% und einer reduzierten Zementmenge von 325 respektive 280 kg/m³. Je nach Rezeptur können die Treibhausgasemissionen des Materials so um bis zu 23% gesenkt werden.

Grossversuch im Labor der SUPSI in Mendrisio

Eigene Darstellung



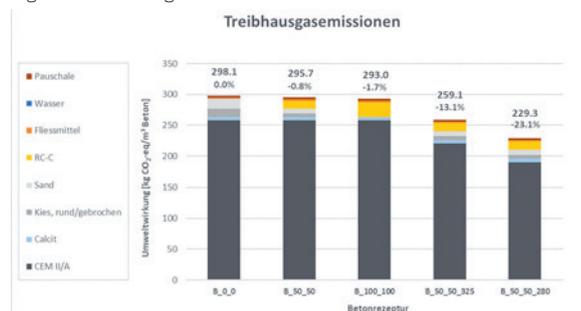
Anwendung verschiedener Mischungen auf «Fold»

Eigene Darstellung



Ökobilanzierung ausgewählter Mischungen

Eigene Darstellung



Referentin

Prof. Simone Stürwald

Korreferentin

Prof. Dr. Ena Lloret – Fritschi, USI, Mendrisio, TI

Themengebiet

Konstruktion, Umwelt

Projektpartner

Dr. Christian Paglia, SUPSI, Mendrisio, TI

2D Modellierung der Strömungsverhältnisse bei einer Wasserkraftwerkfassung in Asien

Diplomand



Martin Stefan Berni

Ausgangslage: Bei natürlichen kurvenreichen Fließgewässern mit unregelmässigen Sohlenlagen bietet die Berechnung der Fließdynamik in einem 1D-Modell grosse Ungenauigkeit. Diese Parameter lassen sich in einem 2D-Modell realitätsnah modellieren. Um diesem Problem gerecht zu werden, bestand unter anderem die Aufgabe, an zwei vorgegebenen Stellen eines Flusslaufs in Asien das Gelände im Ist-Zustand zu modellieren und verschiedene Hochwasserereignisse für ein Wasserkraftwerksprojekt zu simulieren. Nach Abschluss der ersten Simulationen ist das Fassungsbauwerk des Kraftwerks in das Modell integriert worden und im Anschluss fanden erneut Simulationen zu denselben Hochwasserereignissen statt.

Vorgehen: Um den Flussverlauf zu modellieren, werden die Grundlagendaten der Querprofile zuerst ins Programm HEC-RAS importiert und in Lage interpoliert. Mit einem Export aus HEC-RAS ist es möglich, die gewonnenen Daten ins Programm SMS zu importieren. Hier wird das Gelände samt des Flussverlaufs modelliert und für das Berechnungsprogramm vermascht. Ebenso wird die Höhe auf das vermaschte Geländemodell interpoliert. Nach Abschluss dieser Schritte werden die Fließparameter, Fliesstiefen und -geschwindigkeiten mit dem 2D-Programm Basement berechnet. Dort werden die verschiedenen Hochwasserereignisse berechnet und anschliessend werden die Resultate wiederum in SMS dargestellt. Zuletzt werden die erhaltenen Ergebnisse mit den bereits vorhandenen Resultaten der 1D-Modelle verglichen.

Ergebnis: Als Hauptaussage kann Folgendes festgehalten werden:
In kurvenreichen Flussläufen sind die Berechnungsergebnisse eines 1D-Modells betreffend realitätsnaher Darstellung der Fließdynamik unzuverlässig.

Diese Aussage lässt sich durch folgende Ergebnisse untermauern:

Im oberen Teil des Projekts, während eines HQ100 sowie eines HQ1000 in einer Flussgeraden, stimmen die Simulationsergebnisse aus dem 2D-Programm Basement mit den Daten des 1D-Modells HEC-RAS überein. Bei Querprofilen, die Abweichungen aufweisen, lässt sich die deutliche Differenz zwischen den beiden Modellergebnissen durch die Flussgeometrie und die Fließdynamik erklären.

Im unteren Teil des Projekts, während eines HQ100 in einer Flussgeraden, stimmen die Simulationsergebnisse aus Basement mit den Daten von HEC-RAS nicht schlüssig überein. Der Grund für diese Abweichungen konnte nicht geklärt werden.

Referent

Prof. Dr. Davood Farshi

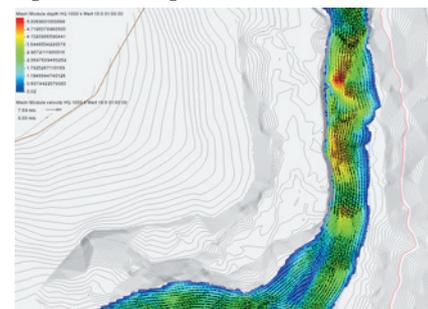
Korreferent

Dr. Siamak Komaei,
Fichtner Swiss, Zürich,
ZH

Themengebiet
Wasser

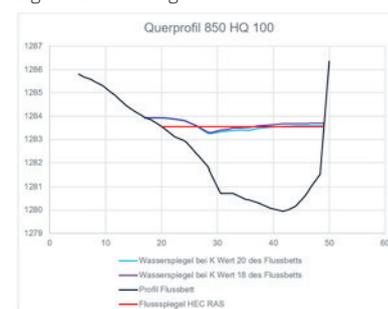
Berechnete Wassertiefen und Geschwindigkeiten eines HQ1000 im Flusslauf

Eigene Darstellung



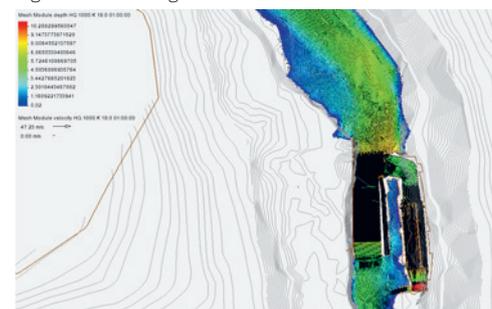
Vergleich der neu berechneten Wasserstände im Vergleich zu den zur Verfügung gestellten Grundlagendaten aus dem HEC-RAS

Eigene Darstellung



Berechnete Wassertiefen und Geschwindigkeiten eines HQ1000 mit im Modell integrierter Wasserfassung

Eigene Darstellung



Hochwasserschutz und Revitalisierung Innerer Dollikerbach, Meilen

Abschnitt Weidächerweg bis Mündung in den Zürichsee

Diplomandin



Ronja Elmer

Ausgangslage: Der Innere Dollikerbach, der durch das Siedlungsgebiet von Meilen im Kanton Zürich fliesst, ist durch umfangreiche seitliche Uferverbauungen zwischen dem Weidächerweg und seinem Auslauf in den Zürichsee stark eingeschränkt. Die Uferbreiten sind in der Regel unzureichend und wenig naturnah gestaltet. Darüber hinaus sind aufgrund zu geringer Wassertiefen einige Bereiche für Wasserlebewesen wie Fische nicht passierbar. Neben dem Mangel an naturnaher Gestaltung ist auch der Hochwasserschutz an einigen Stellen nicht gewährleistet. Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, im Rahmen eines Bauprojekts eine Lösung zu erarbeiten. Dabei soll eine neue Gestaltung des Bachs entwickelt werden, die alle oben genannten Probleme so weit wie möglich behebt, unter Berücksichtigung des vorhandenen Platzes und anderer Randbedingungen. Das Gerinne des Inneren Dollikerbachs soll in der Lage sein, den Abfluss eines 100-jährigen Hochwassers ohne Schäden abzuführen.

Vorgehen: Nach dem Aufarbeiten aller Bestandsgrundlagen wurden in einem ersten Schritt drei verschiedene Varianten ausgearbeitet, welche einander anschliessend in einem Vergleich gegenübergestellt wurden. Dadurch konnte eine Bestvariante bestimmt werden, die dann die Grundlage für das Bauprojekt lieferte.

Ein zentraler Punkt der Arbeit war der hydraulische Nachweis der Hochwassersicherheit. Mit dem Programm HEC-RAS wurden die projektierten Querprofile überprüft und die Wasserstände und zugehörigen Energielinien wurden ermittelt. Nachdem das Gerinne auf den notwendigen Abfluss dimensioniert worden war, konnte mit der Bauablaufplanung begonnen werden. Zusammen mit der groben Kostenschätzung des Projekts, einer Gestaltungs- und Pflegeplanung und verschiedenen Plänen konnte die Projektplanung abgeschlossen werden.

Ergebnis: Die Projektierung zeigte, dass eine Revitalisierung des Inneren Dollikerbachs trotz eingeschränkter Platzverhältnisse gut möglich ist. Grob kann der Projektabschnitt in drei Teilabschnitte unterteilt werden, wobei der erste Abschnitt vor allem durch die engen Platzverhältnisse definiert wird. Hier soll die Revitalisierung auf engem Raum so gut wie möglich erreicht werden. Der Durchlass unter der Alten Landstrasse bildet den zweiten, eingedolten Teil. Im letzten Abschnitt ist verhältnismässig viel Platz vorhanden, was sich sehr positiv auf die projektierten Uferbereiche und die damit verbundene Ökologie auswirkt. Durch die weitgehende Aufweitung des Abflussprofils kann die Hochwassersicherheit bei einem HQ100 durchgehend gewährleistet werden.

Aufgrund des bereits im Bestand nur geringen Schadenspotenzials bei Hochwasserereignissen ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis des Projekts sehr bescheiden. Der Fokus der Arbeiten liegt klar auf der ökologischen Aufwertung des Bachs und seiner Umgebung. Durch die naturnahe Gestaltung wird auch ein Naherholungsraum für alle Anwohner und Besucher geschaffen. Auch für Flora und Fauna werden in der Umsetzung der Massnahmen neue Nischen geschaffen.

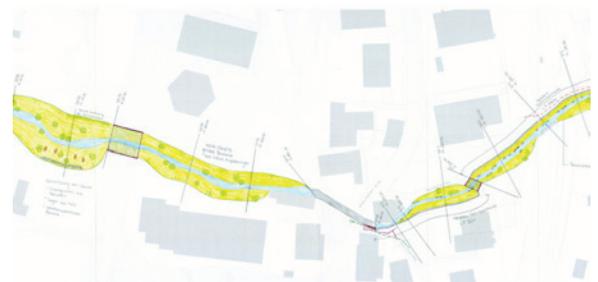
Aufnahme Innerer Dollikerbach

Eigene Darstellung



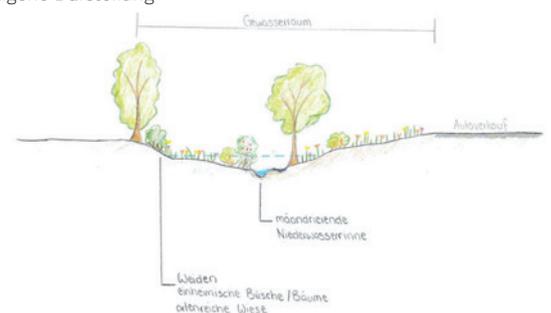
Situation

Eigene Darstellung



Gestaltungsprofil

Eigene Darstellung



Referent
Andreas Kocher

Korreferent
Jürg Marthy,
Tiefbauamt des
Kantons St. Gallen,
St. Gallen, SG

Themengebiet
Wasser

Hybride Untersuchung des Fließwiderstands von Waldflächen bei Flüssen

Diplomandin



Robine Luchsinger

Ausgangslage: Üblicherweise werden für numerische 2D-Modellierungen von Überschwemmungsflächen mit Waldgebieten die Rauigkeitsbeiwerte für die gesamte Fläche anhand bekannter empirischer Wertebereiche abgeschätzt. Dabei werden grössere Bäume in ihrer Geometrie und Oberflächenbeschaffenheit nicht berücksichtigt, was eine grosse Unsicherheit bei der Bestimmung der Rauigkeitsbeiwerte mit sich bringt. Bäume werden folglich im Modell nicht physisch definiert. Um dieser Unsicherheit entgegenzutreten, wird der Einfluss der Bäume in verschiedenen Versuchsanordnungen in den Fokus gerückt. Ziel der Arbeit ist, eine Untersuchung der Fließwiderstände einer Waldfläche bei Flüssen durch Laborarbeiten und eine 2D-Modellierung durchzuführen. Dazu wird in der Versuchsrinne im Wasserbaulabor der Fachhochschule OST ein Aufbau erstellt, welcher ein Untersuchen der nötigen Parameter ermöglicht. Dafür werden in der Versuchsrinne Waschbetonplatten verlegt, eine PVC-Platte wird mit Versuchsanordnungen versehen und Bäume werden in verschiedenen Dichten/Anordnungen durch Aluminiumstäbe dargestellt. Anschliessend werden mithilfe numerischer 2D-Modellierungen mit dem Programm BASEMENTv3 die Rauigkeitsbeiwerte der Versuchsanordnungen ausgewiesen.

Vorgehen: Vorgängig müssen die Rauigkeitsbeiwerte der Waschbetonplatten und der PVC-Platte ohne Bäume bestimmt werden. Dazu werden in einem ersten Verfahren Wasserspiegelmessungen ohne Versuchsanordnung durchgeführt. So können anschliessend über die Berechnung des Energieliniengefälles die Rauigkeitsbeiwerte der beiden Materialien ermittelt werden. Damit die bestimmten Werte weiterverwendet werden können, werden sie anhand einer 2D-Modellierung kalibriert. In einem zweiten Verfahren wird eine Waschbetonplatte mit einem industriellen 3D-Scanner aufgenommen, um aus den daraus hervorgehenden Daten den Rauigkeitsbeiwert über die absolute Rauigkeit zu bestimmen. Beide Vorgehensweisen führen zu ähnlichen Resultaten. Zur Durchführung der Laborarbeiten fällt der Entscheid auf eine lineare, eine versetzte und eine verdichtete Versuchsanordnung. Diese werden auf je vier Abflüsse und drei Neigungen der Versuchsrinne untersucht. Mithilfe der gewonnenen Daten aus den Wasserspiegelmessungen werden 2D-Modellierungen erstellt, um Erkenntnisse über die Rauigkeitsbeiwerte für eine gesamte Waldfläche und den Einfluss der Bäume zu gewinnen. Dabei werden die Verläufe der Wasserspiegelmessungen aus den Versuchsanordnungen mit der 2D-Modellierung ohne Versuchsanordnung zusammengebracht. So können für die Waldfläche je Versuchsanordnung Rauigkeitsbeiwerte ermittelt werden, welche zur Anwendung kommen, ohne die Bäume im Modell ausschneiden zu müssen.

Referent

Prof. Dr. Davood Farshi

Korreferentin

Dr. Azin Amini, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, VD

Themengebiet

Wasser

Ergebnis: Anhand der hybriden Untersuchung können für die definierten Abflüsse die Rauigkeitsbeiwerte je Versuchsanordnung bei einer Rinnenneigung von 1,125% bestimmt werden. Die Rauigkeitsbeiwerte der linearen Anordnung fallen in einen Bereich von $k^{st} = 39-45 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$. Die versetzte Versuchsanordnung weist Rauigkeitsbeiwerte von $k^{st} = 35-42 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ auf und die verdichtete Versuchsanordnung weist Werte von $k^{st} = 22-32 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ auf. Somit kann aufgezeigt werden, dass eine höhere Dichte der Baumanordnungen wie erwartet einen höheren Fließwiderstand aufweist und dass damit ein tieferer Rauigkeitsbeiwert einhergeht. Ausserdem wird sichtbar, dass aus einer höheren Dichte bei höherem Abfluss eine tiefere Froude-Zahl resultiert.

Versuchsrinne mit Versuchsaufbau im Wasserbaulabor

Eigene Fotoaufnahme



Darstellung Messung Versuchsrinne und Berechnung BASEMENTv3, Neigung der Versuchsrinne 1,125%

Eigene Darstellung



Auswertung k-Werte Waldfläche in Abhängigkeit von Versuchsanordnung und Froude-Zahl

Eigene Darstellung



Regenüberlaufbecken Usterstrasse

Vorprojekt Umbau- und Sanierungsmassnahmen

Diplomand



Samuel Kaufmann

Ausgangslage: Das Regenüberlaufbecken (RüB) Usterstrasse stammt aus dem Jahr 1983 und liegt in der Stadt Dübendorf an der Glatt. Die technische Ausrüstung sowie die Sicherheits- und Unterhaltsverhältnisse sind veraltet. Die Besonderheit an diesem Bauwerk ist, dass das RüB Usterstrasse zwei verschiedene Einzugsgebiete besitzt und das Bauwerk diese im Becken getrennt hält. Um einen Rückstau eines Hochwassers in der Glatt in das flachere Einzugsgebiet zu verhindern, hat dieses Becken einen ca. 70 cm tieferen Wasserspiegel. Die Gründe für die Sanierung sind: unterschiedliche Hydraulik der beiden Becken, erschwerte Unterhaltsarbeiten durch viele Einstiege und Trennung der Becken, Verstopfung der Pumpe durch das Fehlen eines Rechens, schwieriger Einbau eines Rechens in die bestehende Geometrie und genereller Mehranfall von Mischabwasser. Im Rahmen dieser Arbeit wurden eine Vorstudie und eine Variantenstudie zur Untersuchung der Funktionalität in Bezug auf die Beckenhydraulik durchgeführt. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde ein Vorprojekt ausgearbeitet. In das Vorprojekt inbegriffen sind ein Kostenvoranschlag und eine Terminplanung/ ein Bauprogramm für die vorgeschlagenen Massnahmen.

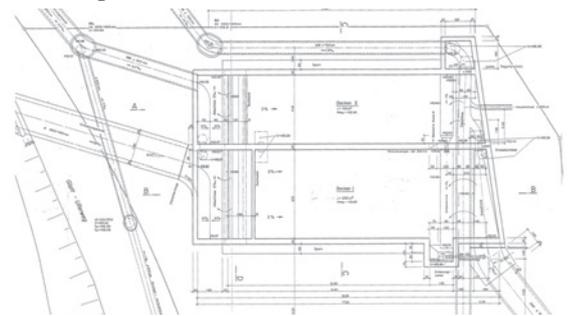
Vorgehen: Der Projektverfasser, im Folgenden PV genannt, hat für die Untersuchung der Hydraulik der bestehenden Becken die möglichen Zulaufmengen berechnet und simuliert. Der PV hat die Messdaten mit den Simulationsergebnissen verglichen. Er hat das Zusammenspiel der beiden Becken aus dem bestehenden Leitsystem untersucht. Weiterhin wurde versucht, die Komplexität der Becken durch einen Zusammenschluss zu vereinfachen. Zudem untersuchte der PV die Notwendigkeit von rückstauverhindernden Massnahmen. Nach diesen Untersuchungen wurde das Vorprojekt aufgrund der Erkenntnisse aufgearbeitet. Im Vorprojekt hat der PV die Verbesserungen der Unterhaltsarbeiten und die Einhaltung der neuen Richtlinien und Normen analysiert und eingearbeitet.

Ergebnis: Die Machbarkeit eines Zusammenschlusses mit rückstauverbessernden Massnahmen im Einzugsgebiet ist hydraulisch gegeben. Bei einem Zusammenschluss der beiden Becken stellt sich ein gemeinsamer Wasserspiegel ein. Die Becken werden dabei nicht erhöht, sondern nur die Einlauf- und Auslaufkoten. Die Unterhaltsarbeiten werden neu durch einen seitlichen Einstieg über eine Treppe und einen Wartungsgang im Innern des Beckens erleichtert. Die Sicherheit wird dadurch deutlich erhöht. Innerhalb des Beckens wird die Sicherheit zusätzlich durch einen explosionsgeschützten Umbau gewährleistet. In das Becken wird neu eine Lüftung verbaut, um

gefährliche Gase abzuführen. Das flachere Einzugsgebiet muss vor der Sanierung genauer untersucht werden, um die genauen Rückstau-massnahmen im Einzugsgebiet zu bestimmen. Der Zustand der Entlastungsleitungen muss untersucht werden und gegebenenfalls saniert werden. Die Kosten belaufen sich auf $\pm 20\%$ ca. CHF 1'000'000.-. Der Baubeginn ist voraussichtlich im Jahr 2024.

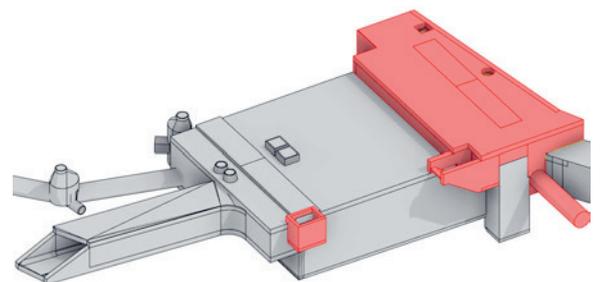
Ausschnitt aus dem PAW von 1988

PAW von Ingenieurbüro Gebr. Gossweiler



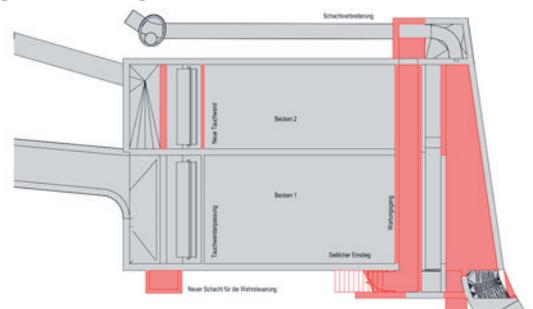
3D Ansicht mit der Deckenerhöhung und neuem seitlichem Einstieg

Eigene Darstellung



Grundriss des RüB Usterstrasse mit eingezeichneten Sanierungsvorschlägen

Eigene Darstellung



Referent

Dr. Pierre-Jacques Frank

Korreferent

Frank Lükewille, Altenrhein, SG

Themengebiet

Wasser

Projektpartner

Stadt Dübendorf/Gossweiler Ingenieure AG, Dübendorf, ZH

Systematische Untersuchung der Fließverhältnisse von Murgang in einer Laborrinne

Diplomand



Rajith Suriyakanthan

Ausgangslage: Eines der zunehmend gefährlichen Naturereignisse sind Murgänge. Sie treten weltweit in Gebirgsregionen auf. Dabei handelt es sich um eine schnellfließende Mischung von Schlamm, größerem Geröll und Felsen, die in steilem Gelände angetrieben von der Schwerkraft fließen. Aufgrund des Klimawandels treten sie immer häufiger auf und verursachen erhebliche Schäden. Der vorderste Teil des Murgangs, der als Front bezeichnet wird, kommt mit grosser Kraft und Geschwindigkeit und zieht die grössten Felsblöcke mit sich. Die grösste Herausforderung besteht in der Vorhersage eines Murgangereignisses aufgrund seines unterschiedlichen Fließverhaltens.

Ziel der Arbeit: Das Ziel dieser Arbeit ist, durch Variationen und Kombinationen der Einflussgrößen einer Murgangmischung Versuche durchzuführen, um das Fließverhalten der Murgangströmung besser zu verstehen. Dabei liegt der Fokus auf den Parametern Maximalabfluss, Frontgeschwindigkeit, maximale Fließtiefe und Geschwindigkeit der maximalen Fließtiefe. Es werden 12 Versuchsreihen mit drei verschiedenen Wassergehalten, zwei verschiedenen Kornverteilungen und zwei verschiedenen Neigungen auf einer Laborrinne untersucht.

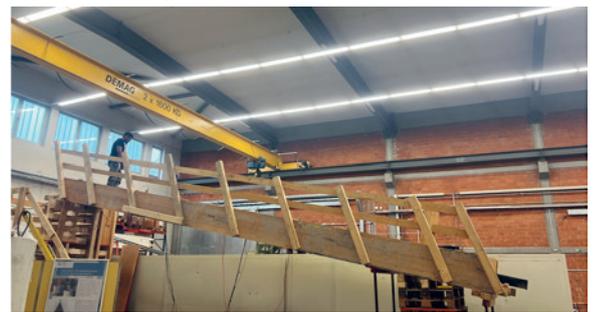
Fazit: Die Veränderung der Neigung hat kaum einen Einfluss auf den maximalen Abfluss. Mit Zunahme des Wassergehalts und Zunahme des Grösstkorns d_{max} auf 0,032 m nimmt der maximale Abfluss leicht zu. Die Fließgeschwindigkeit nimmt mit Zunahme des Wassergehalts deutlich zu. Die grobe Kornverteilung in Kombination mit der steigenden Neigung führt ebenfalls zu höheren Fließgeschwindigkeiten. Die Frontgeschwindigkeit ist jeweils zu Beginn grösser und nimmt mit zunehmendem Volumen der Front ab. Das nachfließende Heck des Murgangs trifft mit höherer Geschwindigkeit die langsamer werdende Front in der Mitte der Rinne, was zu einer Zunahme der Fließtiefe führt.

Mit 36 Versuchsauswertungen kann nicht behauptet werden, dass das Fließverhalten der Murgänge vollständig bestimmt ist. Die Variation der Neigung beträgt lediglich eine Erhöhung von 5%. Um die Zusammenhänge klarer zu sehen, könnte die Neigung um 10–15% erhöht werden. Darüber hinaus könnte die Rinne durch die Erhöhung der Rauigkeit, der Einbau von Schwellen und die Veränderung des Querschnitts modifiziert werden. Die Variation der Kornverteilungen und die drei verschiedenen Wassergehalte liefern aussagekräftige Zusammenhänge. Diese Variationen könnten noch weiter ausgebaut werden. In dieser Arbeit handelt es sich um Modellversuche von einer Murgangmischung mit einer bestimmten Kornverteilung, die beim Modellaufbau

skaliert wurden. Dabei entstehen Skalierungseffekte, die jeweils ungenau sind. Um diesen Effekt möglichst gering zu halten, können noch weitere Modellversuche mit kleineren Massstäben durchgeführt und verglichen werden.

Abbildung des Holzgestells der Laborrinne in Seitenansicht im Wasserbaulabor in Eichwies

Eigene Darstellung



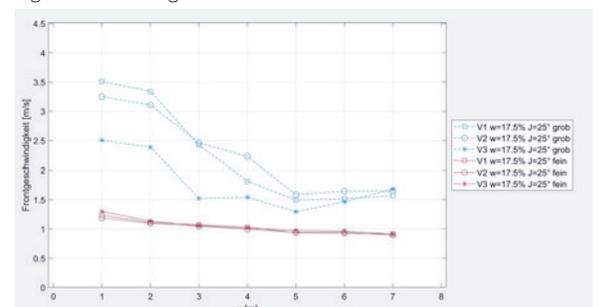
Versuchsdurchführung: Reihe mit Wassergehalt 17,5%, Neigung 25% fein (Kameraaufnahme von oben)

Eigene Darstellung



Auswertung: Frontgeschwindigkeit der Versuchsreihe mit Wassergehalt 17,5%, Neigung 25% und beider Kornverteilungen

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Davood Farshi

Korreferent

Dr. Brian McArdell, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf ZH, ZH

Themengebiet

Wasser

Unsere Institute am Campus Rapperswil-Jona

IBU | Institut für
Bau und Umwelt
IBU Institut für Bau und Umwelt
ibu@ost.ch, www.ost.ch/ibu

INS | Institut für
Netzwerke und Sicherheit
INS Institut für Netzwerke und Sicherheit
laurent.metzger@ost.ch, www.ost.ch/ins

ICOM | INSTITUT FÜR
KOMMUNIKATIONSSYSTEME
ICOM Institut für Kommunikationssysteme
icom@ost.ch, www.ost.ch/icom

IPEK | Institut für Produktdesign,
Entwicklung und Konstruktion
IPEK Institut für Produktdesign,
Entwicklung und Konstruktion
elmar.nestle@ost.ch, www.ost.ch/ipek

IET | Institut für
Energietechnik
IET Institut für Energietechnik
iet@ost.ch, www.ost.ch/iet

IRAP | Institut für
Raumentwicklung
IRAP Institut für Raumentwicklung
gunnar.heipp@ost.ch, www.irap.ch

IFS | Institut für
Software
IFS Institut für Software
stefan.keller@ost.ch, www.ost.ch/ifs

iwk | INSTITUT FÜR WERKSTOFFTECHNIK
UND KUNSTSTOFFVERARBEITUNG
IWK Institut für Werkstofftechnik
und Kunststoffverarbeitung
frank.ehrig@ost.ch, www.ost.ch/iwk

ikik | Institut für Kommunikation
und interkulturelle Kompetenz
IKIK Institut für Kommunikation und
Interkulturelle Kompetenz
stefan.kammhuber@ost.ch, www.ikik.ch

SPF | INSTITUT FÜR
SOLARTECHNIK
SPF Institut für Solartechnik
andreas.haeberle@ost.ch, www.ost.ch/spf

ilf | INSTITUT FÜR
LANDSCHAFT UND FREIRAUM
ILF Institut für Landschaft und Freiraum
ilf@ost.ch, www.ost.ch/ilf

UMTEC | INSTITUT FÜR UMWELT- UND
VERFAHRENSTECHNIK
UMTEC Institut für Umwelt- und
Verfahrenstechnik
umtec@ost.ch, www.ost.ch/umtec

ILT | Institute for Lab Automation
and Mechatronics
ILT Institut für Laborautomation
und Mechatronik
agathe.koller@ost.ch, www.ost.ch/ilt

werz | INSTITUT FÜR WISSEN
ENERGIE UND ROHSTOFFE ZUG
WERZ Institut für Wissen,
Energie und Rohstoffe Zug
werz@ost.ch, www.ost.ch/werz

IMES | Institut für Mikroelektronik
und Embedded Systems
IMES Institut für Mikroelektronik und
Embedded Systems
imes@ost.ch, www.ost.ch/imes

OST – Ostschweizer Fachhochschule
Studiengang Bauingenieurwesen
Oberseestrasse 10
8640 Rapperswil
Switzerland

T +41 58 257 41 11
ost.ch/bauingenieurwesen



Rapperswil-Jona

