

Agile Tragwerkplanung für ressourcenverantwortungsvolles Bauen

1. Zielerreichung und Projektstatus	1
2. Durchgeführte Arbeiten im Berichtszeitraum	1
2.1. Projektleitung.....	1
2.2. Wissenschaftliche Leitung.....	2
2.3. State of Art der Tragwerksplanung mit gebetteten 3D Gesamtmodellen und 2D-Kraftflussanalysen.....	2
2.4. Erhebung bestehender Messdaten bzw. Monitoring von Bauwerken	3
2.5. Konsequente Bemessung am 3D-Gesamtmodell	4
2.6. Boden-Bauwerk-Interaktion.....	4
3. Erläuterung von wesentlichen Änderungen bei den Kosten.....	5
4. Beitrag der Projektergebnisse zur Nachhaltigkeit.....	5

1. Zielerreichung und Projektstatus

Im ersten Projektjahr konnten entscheidende Schritte in Richtung eines ressourcenschonenden und verantwortungsvollen Planungsansatzes für die Betonbauweise gesetzt werden. Insbesondere durch den intensiven Austausch mit den Projektbeteiligten sowie durch gezielte Präsentationen und Diskussionen konnte ein gesteigertes Bewusstsein für das Optimierungspotenzial der derzeit vorherrschenden, vor allem auf Zeiteffizienz ausgerichteten Berechnungsansätze in der Tragwerksplanung geschaffen werden. Gleichzeitig wurde durch die enge Zusammenarbeit mit der Praxis ein besseres Verständnis seitens der Wissenschaft für die aktuellen Herausforderungen und Bedürfnisse der Planenden entwickelt. Diese gegenseitige Sensibilisierung stellt eine wichtige Grundlage dar, um potenzielle Probleme bei der späteren Erarbeitung einer Handlungsempfehlung für konsistente und konsequente Bemessung am 3D-Gesamtmodell frühzeitig zu identifizieren und zu vermeiden.

Die Analyse des aktuellen State of Arts in der Tragwerksplanung erfolgte durch systematisch durchgeführte Interviews mit allen Projektpartnern. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse führten nicht nur zu einer fundierten Erfassung bestehender Herausforderungen, sondern ermöglichten auch eine gezielte Vermittlung wissenschaftlicher Erkenntnisse und Perspektiven. Ein besonderes Highlight war die quantitative Auswertung der Interviewergebnisse im Kontext eines realen Beispielprojekts, die als Basis für eine gemeinsame, reflektierte Diskussion diente.

Bezüglich des Ziels, eine Grundlage für die konsistente und konsequente Analyse und Bemessung mittels 3D-Gesamtmodellen zu schaffen, konnten bereits erste Erkenntnisse gewonnen werden. Es wurde eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt und erste Modellierungsansätze ausprobiert, um im kommenden Projektjahr mit konkreten Ansätzen fortfahren zu können.

Darüber hinaus konnten im Bereich der mechanisch sinnvollen Erfassung der Boden-Bauwerk-Interaktion im Rahmen eines semiprobabilistischen Sicherheitskonzepts erste Analysen und Vorarbeiten durchgeführt werden, die eine solide Basis für die weiterführenden Schritte darstellen.

Insgesamt zeigen die bisherigen Ergebnisse, dass die Projektziele weiterhin realistisch und aktuell sind. Die ersten Erfahrungen und Erkenntnisse bestätigen die Relevanz des Vorhabens und bieten eine gute Ausgangsposition für die weitere Projektlaufzeit.

2. Durchgeführte Arbeiten im Berichtszeitraum

2.1. Projektleitung

Fertigstellungsgrad: 100%

Im Berichtszeitraum wurden sämtliche Aufgaben der Projektleitung planmäßig umgesetzt. Die Koordination aller am Projekt beteiligten Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft erfolgte strukturiert und zielgerichtet. Ein zentrales Augenmerk lag dabei auf der transparenten und effizienten Zusammenarbeit aller Akteure sowie der laufenden Abstimmung organisatorischer, kaufmännischer und administrativer Aspekte.

Die Projektleitung übernahm die Vertretung des Projekts gegenüber der FFG und sorgte für die fristgerechte und vollständige Einhaltung aller formalen Anforderungen. Zudem wurde die terminliche und kaufmännische Projektkoordination kontinuierlich wahrgenommen. Alle administrativen Fristen, Berichtslegungen und Abrechnungsmodalitäten wurden im vorgesehenen Rahmen erfüllt.

Ein wesentlicher Bestandteil war die Organisation und Durchführung von Projektmeetings, die regelmäßig stattfanden und als zentrale Kommunikationsplattform für alle Projektbeteiligten dienten. Darüber hinaus wurde die Kommunikation zwischen den Partnerinstitutionen koordiniert und in strukturierter Form unterstützt, sowohl im wissenschaftlichen als auch im wirtschaftlichen Bereich.

Das Vertrags- und Kostenmanagement verlief ordnungsgemäß. Verträge wurden geprüft und administrative Abläufe mit allen Partnern abgestimmt, um einen reibungslosen Projektverlauf sicherzustellen.

Im gesamten Berichtszeitraum traten keine Abweichungen von der ursprünglichen Planung auf. Die Arbeitsschritte konnten wie vorgesehen umgesetzt werden, sodass eine Anpassung der Planung nicht erforderlich war.

Der Fertigstellungsgrad dieses Arbeitspakets beträgt 33 % im Bezug auf die Gesamtprojektdauer.

2.2. Wissenschaftliche Leitung

Fertigstellungsgrad: 100%

Im Projektverlauf wurde die wissenschaftliche Leitung gemäß Planung umgesetzt. Die terminliche und fachliche Koordination erfolgte kontinuierlich, um einen strukturierten Ablauf sicherzustellen. Regelmäßige Abstimmungen mit den Forschungspartnern trugen zur frühzeitigen Identifikation und Lösung potenzieller Ziel- oder Schnittstellenkonflikte bei.

Zentrale Aufgaben waren die Abstimmung fachlicher Inhalte, die Überwachung von Meilensteinen sowie die Sicherstellung der wissenschaftlichen Qualität der Projektergebnisse. Darüber hinaus stand man im engen Austausch mit Planungsunternehmen und Bauunternehmen, um praxisrelevante Anforderungen frühzeitig zu integrieren und Synergien zu nutzen.

Der Projektfortschritt wurde analysiert und mit der Projektleitung (ÖBV) koordiniert. Diese enge Zusammenarbeit unterstützte sowohl die Einhaltung des Zeitplans als auch die Zielorientierung in der Umsetzung.

Alle geplanten Arbeitsschritte wurden vollständig und termingerecht umgesetzt. Der Projektverlauf entsprach in allen Punkten der ursprünglichen Planung, sodass keine Anpassungen erforderlich waren. Der Fertigstellungsgrad beträgt 33 % im Bezug auf die Gesamtprojektdauer.

2.3. State of Art der Tragwerksplanung mit gebetteten 3D Gesamtmodellen und 2D-Kraftflussanalysen

Fertigstellungsgrad: 100%

Im Berichtszeitraum wurden sämtliche Arbeitsschritte gemäß Planung umgesetzt. Zunächst wurden strukturierte Experteninterviews mit den projektbeteiligten Vertretern aus der Praxis durchgeführt, um die aktuelle Vorgehensweise in der Tragwerksplanung und Geotechnik zu erfassen. Ergänzt wurden diese durch eine zweite umfangreiche, durchgeführte Befragung aller Projektbeteiligten, mit dem Ziel, sowohl den State of Art als auch konkrete Unterschiede in der Modellierungs- und Bemessungspraxis zu erfassen.

Die erste Befragung legte den Fokus auf die allgemeine Herangehensweise in der Planungspraxis. Abgefragt wurden unter anderem:

- Leistungspakete der jeweiligen Büros bzw. Firmen
- Grad der integralen Zusammenarbeit mit anderen Gewerken
- Umgang mit Ergebnissen aus 2D-Teilmodellen und 3D-Gesamtmodellen
- Abstimmung zur Boden-Bauwerk-Interaktion (Bettungsansätze, Modifikationen etc.)
- Methoden und Eingangsgrößen zur Setzungsberechnung

Die Ergebnisse zeigten eine breite Streuung in der Vorgehensweise, insbesondere im Umgang mit Modellen und Schnittgrößenermittlung. Auch in der Qualität der integralen Zusammenarbeit war eine breite Streuung erkennbar.

Ein weiteres Ziel der Befragung war die konkrete Quantifizierung der Auswirkungen unterschiedlicher Herangehensweisen. Dazu wurden die Befragten gebeten, anhand eines Beispielbauwerks die Vorgehensweise in Entwurfs- und Ausführungsplanung zu beschreiben. Auf Basis dieser Angaben wurde für jedes Büro ein individuelles 3D-Gesamtmodell modelliert. Dabei wurden relevante Kennwerte wie Bewehrungsmenge in der Fundamentplatte, durchstanzrelevante Lasten und Verformungen verglichen.

Die Auswertung zeigte deutliche Unterschiede im Ressourceneinsatz, die direkt mit der Eingabe von Modellierungsparametern in Zusammenhang standen. Es wurde ersichtlich, dass eine präzise Modellierung nicht nur die Qualität der Bemessung verbessert, sondern auch einen Beitrag zur Ressourcenschonung leisten kann – eine Erkenntnis, die im Konsortium auf breites Interesse stieß und in der Abschlusspräsentation des Forschungsjahres intensiv diskutiert wurde.

Die zweite Befragung diente der gezielten Vertiefung einzelner Aspekte und ermöglichte eine valide Auswertung der im Projekt vertretenen Planungsansätze. Probleme im Ablauf traten nicht auf.

Abschließend wurden alle Erkenntnisse systematisch dokumentiert. Die gewonnenen Erkenntnisse bilden eine belastbare Grundlage für die nachfolgende weiterführende Handlungsempfehlung.

Es traten keine Abweichungen von der ursprünglichen Planung auf, sodass keine Anpassungen erforderlich waren. Alle Ziele wurden vollständig erreicht, der Fertigstellungsgrad beträgt 95 % im Bezug auf die Gesamtprojektdauer.

2.4. Erhebung bestehender Messdaten bzw. Monitoring von Bauwerken

Fertigstellungsgrad: 100%

Im Rahmen dieses Arbeitspakets wurden im Berichtszeitraum wesentliche Grundlagen für die baubegleitende Datenerfassung geschaffen. Die Auswahl der Bauüberwachung erfolgte entsprechend der zuvor definierten technischen und organisatorischen Anforderungen. Parallel dazu wurde der konkrete Umfang der Überwachung in enger Abstimmung mit den Projektpartnern erhoben und dokumentiert.

Ein bedeutender Fortschritt war der Zugang zu einem umfassenden Monitoringsystem in einer Fundamentplatte eines 13-geschossigen Gebäudes, das derzeit errichtet wird. Darüber hinaus konnten zwei weitere Bauprojekte identifiziert werden, bei denen bereits ein Monitoring stattfindet. Diese dienen als zusätzliche Datenquellen für den geplanten Analyseprozess.

Der Datenaustausch zwischen den Partnern ist etabliert und funktioniert zuverlässig. Die Auswertung der erhobenen Daten befindet sich derzeit in einem frühen Stadium; erste Auswertungsschritte wurden bereits eingeleitet, jedoch liegen zum jetzigen Zeitpunkt noch keine belastbaren Ergebnisse vor.

Neben den strukturellen Messdaten werden auch bauwerksbezogene Informationen zur Primärstruktur systematisch erfasst. Dazu zählen Angaben zu Materialaufwand, Gründungssystem, Aussteifung, Ortbetongrad sowie zum Bewehrungsgrad. Ebenso werden relevante Maßnahmen zur Reduktion des Global Warming Potentials (GWP) sowie potenziell energieintensive Verfahren wie Frischbetonkühlung oder Warmbeton berücksichtigt und dokumentiert.

Die weitere Erfassung zusätzlicher Bauwerke wäre möglich. Eine Anpassung der übergeordneten Planung ist zum jetzigen Zeitpunkt jedoch nicht notwendig, da alle Arbeitsschritte im vorgesehenen Rahmen verlaufen.

Der Fertigstellungsgrad dieses Arbeitspakets wird derzeit mit etwa 25 % angegeben im Bezug auf die Gesamtprojektdauer.

2.5. Konsequente Bemessung am 3D-Gesamtmodell

Fertigstellungsgrad: 100%

Zur konsistenten Bemessung im 3D-Gesamtmodell werden derzeit realitätsnahe Definitionen für Anschluss- und Bauteilsteifigkeiten entwickelt, die abhängig vom jeweils relevanten Grenzzustand differenziert zur Anwendung kommen. Zudem wurde in enger Abstimmung mit dem Projektpartner SOFiSTiK ein Tool entwickelt, das die direkte Berücksichtigung der Setzungsmulde gemäß den Vorgaben des semiprobabilistischen Bemessungskonzepts erfasst.

In Ergänzung dazu erfolgt eine genaue Betrachtung des 3D-Gesamtmodells mittels nichtlinearer Berechnung. Im Berichtszeitraum wurden hierfür zunächst bestehende nichtlineare Nachweisverfahren im Rahmen einer umfassenden Literaturrecherche systematisch aufgearbeitet. Parallel dazu wurde Fachliteratur analysiert, in der nichtlineare Nachweise auf Bauteilebene durchgeführt wurden. Ziel war es, gängige methodische Ansätze und typische Herausforderungen bei der praktischen Umsetzung zu identifizieren.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden erste vereinfachte nichtlineare Berechnungen an einem 3D-Gesamtmodell durchgeführt. Diese dienen dazu, potenzielle Schwachstellen in der Modellierung und Nachweisführung frühzeitig zu erkennen und ein besseres Verständnis für die Anforderungen komplexer Gesamtsysteme zu entwickeln.

Eine dokumentierte Anwendung nichtlinearer Nachweisverfahren auf 3D-Gesamtmodelle konnte bislang in der Literatur nicht gefunden werden. Dies deutet darauf hin, dass dieser Ansatz noch nicht etabliert ist und methodisch wie praktisch eine Herausforderung darstellt. Erste Berechnungsversuche im Rahmen des Projekts zeigen jedoch, dass realistische und nachvollziehbare Ergebnisse erzielbar sind, was die Umsetzbarkeit grundsätzlich bestätigt.

Ergänzend wurden verschiedene Nachweisverfahren hinsichtlich ihrer Eignung für den Einsatz in komplexen 3D-Gesamtmodellen bewertet. Dabei standen insbesondere die praktische Anwendbarkeit, die Aussagekraft der Ergebnisse sowie die Integration in die Bemessungssoftware im Vordergrund.

Zusätzlich wurde ein wesentlicher Fortschritt in der mechanisch konsistenten Erfassung der Boden-Bauwerk-Interaktion im Rahmen eines semiprobabilistischen Sicherheitskonzepts erzielt. In enger Abstimmung mit SOFiSTiK wurde ein entsprechendes Tool entwickelt, das bereits in die aktuelle Version der Software integriert ist. Es ermöglicht die direkte Berücksichtigung der Setzungsmulde gemäß den Vorgaben des semiprobabilistischen Bemessungskonzepts.

Der aktuelle Fortschritt beträgt rund 25 % im Bezug auf die Gesamtprojektdauer. Die Arbeiten verlaufen planmäßig und ohne Abweichungen vom vorgesehenen Ablauf.

2.6. Boden-Bauwerk-Interaktion

Fertigstellungsgrad: 100%

Im Rahmen der numerischen Analyse des Baugrundes wurde ein vereinfachtes Modell bestehend aus einer Fundamentplatte auf Baugrund entwickelt und für ausgewählte, repräsentative Böden untersucht. Dabei kamen verschiedene Materialmodelle (Linear-Elastisch, Mohr-Coulomb, Hardening Soil, Hardening Soil Small) zum Einsatz. Der Fokus lag auf der Analyse des Einflusses unterschiedlicher Randbedingungen – wie Überkonsolidierung, Grundwasserspiegel, Festigkeit und Steifigkeit – auf die resultierenden differenziellen Setzungen. Zudem wurden die Setzungenentwicklungen in verschiedenen Grenzzuständen (SLS/ULS) betrachtet, wobei insbesondere die Grenzen des linear-elastischen Halbraums als Schnittstellenmodell zwischen Geotechnik und Tragwerksplanung aufgezeigt wurden. Darüber hinaus erfolgten vertiefende Untersuchungen zum Einfluss der Bauwerkssteifigkeit, des Bauablaufs sowie zur Relevanz von Lastfallkombinationen auf die Entstehung und Entwicklung der Setzungsmulde. Um die stark

typabhängigen Wechselwirkungen realistisch abzubilden, wurden fünf unterschiedliche Bauwerkstypen modelliert und auf ihre setzungsrelevanten Einflüsse untersucht. Ein besonderer Fokus lag dabei auf der zeitlichen Entwicklung der Setzungen im Zusammenhang mit dem Baufortschritt und der Aktivierung der Tragwirkung der Etagen.

Im Projektverlauf zeigte sich, dass die Abbildung der Bauwerkssteifigkeit ein entscheidender Faktor für eine realitätsnahe Prognose differenzieller Setzungen ist. Diese Thematik wurde daher vertiefend behandelt. Es wurde ein systematischer Überblick über verschiedene Methoden zur Abbildung der Bauwerkssteifigkeit innerhalb geotechnischer Modelle erarbeitet. Daraus resultiert eine konkrete Handlungsempfehlung zur Auswahl geeigneter Ansätze in Abhängigkeit vom Bauwerkstyp und Analyseziel.

Der derzeitige Fertigstellungsgrad beträgt etwa 35 % im Bezug auf die Gesamtprojektdauer. Die methodischen Grundlagen sind geschaffen und werden im weiteren Projektverlauf gezielt vertieft und auf komplexere Anwendungsfälle übertragen.

3. Erläuterung von wesentlichen Änderungen bei den Kosten

Es kam zu keinen wesentlichen Änderungen an der Kostenstruktur.

Die für das zweite Forschungsjahr beantragten Mehrkosten ergeben sich aus einer inhaltlichen Erweiterung des Projektumfangs. Ursprünglich lag der Fokus auf Anwendungen im Hochbau. Im Verlauf der ersten Projektphase zeigte sich jedoch ein starkes Interesse aus der Praxis, die entwickelten Methoden auch auf den Tief- und Brückenbau zu übertragen.

Diese Bereiche bieten ein erhebliches Potenzial für eine ressourceneffizientere Nutzung von Beton durch mechanisch konsistentere Berechnungsmethoden. Die Ausweitung des Anwendungsbereichs erfordert zusätzliche Analysen sowie eine methodische Adaption an die spezifischen Anforderungen.

Der damit verbundene Mehraufwand betrifft insbesondere die Arbeitspakete AP7 „Beispielrechnungen in Teams“, AP9 „3D-Gesamtmodell als Entscheidungshilfe“ und AP10 „Handlungsempfehlung“, in denen zusätzliche Anwendungsfälle bearbeitet und in das Gesamtkonzept integriert werden. Die damit verbundenen Kostenverschiebungen sind fachlich begründet, für die Zielerreichung des Projekts erforderlich und durch zusätzliche Partner abgesichert.

4. Beitrag der Projektergebnisse zur Nachhaltigkeit

Das Projekt leistet einen konkreten Beitrag zu ökologischer, sozialer und wirtschaftlicher Nachhaltigkeit. Die Differenzierung zwischen Last- und Zwangswirkungen im Gesamtmodell schafft neue Möglichkeiten für Erweiterungen und Sanierungen, wodurch die Weiternutzung bestehender Bauwerke gefördert wird. Ökobilanzen und GWP-Berechnungen ermöglichen eine fundierte Bewertung der Klimaverträglichkeit verschiedener Ansätze.

Durch Materialeinsparungen und effizientere Bauprozesse können die Gesamtkosten von Bauprojekten gesenkt werden. Dies kann – bei entsprechender Weitergabe der Einsparungen – zu leitbarerem Wohnraum beitragen. Zusätzlich fließen die Projektergebnisse in eine neue Lehrveranstaltung an der TU Graz ein und fördern so das Bewusstsein für integrale und nachhaltige Planung bereits in der Ausbildung.

Die ökologischen Effekte – insbesondere Ressourcen- und Energieeinsparungen – führen zugleich zu wirtschaftlichen Vorteilen über den Lebenszyklus von Bauwerken hinweg.

Zu den langfristigen Nachhaltigkeitseffekten zählt, dass der entwickelte Leitfaden die praktische Umsetzung nachhaltiger Bauweisen deutlich erleichtert. Die gewonnenen Erkenntnisse zur CO₂-Reduktion und Ressourceneffizienz stärken die Innovationsbereitschaft in der Branche, fördern die wirtschaftliche Verwertung und erhöhen die Nachfrage nach klimafreundlichen Lösungen.

Darüber hinaus ermöglicht die im Projekt entwickelte Methodik eine systematische Bilanzierung von Umweltauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Dies trägt nicht nur zur Abschwächung des

Klimawandels bei, sondern unterstützt aktiv die Umsetzung klimaschonender Planungsstrategien im Bauwesen.