

EZB New Premises Frankfurt/Main Eine Herausforderung für die Ingenieurvermessung¹



Willi Almesberger

1. Einleitung

Die Europäische Zentralbank errichtet in Frankfurt ein neues Verwaltungsgebäude auf dem ehemaligen Gelände der Großmarkthalle nach den Entwürfen des Architekturbüros COOP Himmelb(l)au. Die Arbeiten von Coop Himmelb(l)au weisen eine sehr anspruchsvolle Geometrie auf, die eine intensive vermessungstechnische Betreuung bei der Realisierung der Baumaßnahme erforderlich macht. Das Hochhaus besteht aus zwei separaten



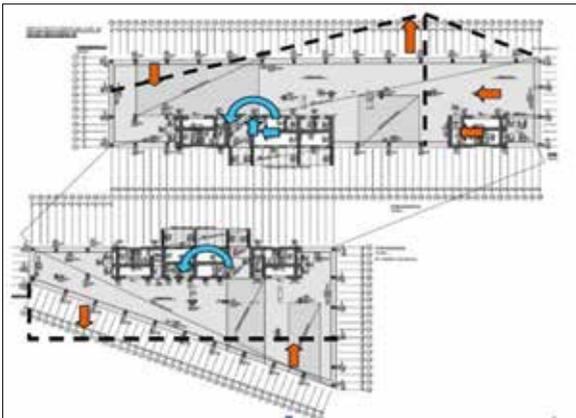
Abb. 1: Ansichten Hochhaus

1. Schriftliche Fassung des am 15.11.2013 gehaltenen Vortrages im Rahmen der Wintervortragsreihe 2013/2014 des DVW Bayern. Einführung durch Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. T. Wunderlich, Lehrstuhl für Geodäsie der TU München: „Ingenieurgeodätische Absteckung hoher Bauwerke“.

Türmen, die mit einer komplexen Stahlkonstruktion im dazwischenliegenden Atrium miteinander verbunden sind. Der Nordturm erreicht mit 45 Ebenen eine Höhe von 185 m. Die Grundrissform in Ebene 0 stellt ein Rechteck von 16 x 79 m dar, in Ebene 45 ein Trapez mit Seitenlängen 8, 59, 25, 56 m. Der Südturm erreicht mit 43 Ebenen eine Höhe von 165 m, in der Grundrissform in Ebene 0 ein Trapez mit den Seitenlängen 5, 55, 27, 59 m, in Ebene 43 ein Rechteck 15 x 55 m. Der Abstand zwischen beiden Türmen beträgt 18 m, die maximale Höhe inkl. Antenne 220 m.

2. Ausgangssituation

Aufgrund der schrägen Geometrie der Türme verdrehen sich die Türme schon während des Baufortschritts infolge des Eigengewichts kontinuierlich. Im Rahmen der statischen Berechnung wurde das Verformungsverhalten anhand einer Simulationsbetrachtung über alle Bauzustände untersucht (B&G, TA ZUE). Die rechnerisch ermittelte horizontale Verformung wurde in einer entgegengesetzten Vorkrümmung bei der Herstellung des Gebäudes berücksichtigt. Im Zuge des Bauablaufes verformen sich dann diese „vorverformten“ Türme in ihre Soll-Lage („Entwurfslage“). Die Bereitstellung dieser Vorverformungsparameter für jede Ebene erfolgte durch die TA ZUE (Translation, Rotation). Daraus resultierten 87 transformierte Koordinatensysteme. Die Vorverformung wird auf die gesamte Ebene angewendet, nicht auf Einzelelemente, so dass Winkeltreue und Geradlinigkeit in den Ausführungsplänen gewährleistet werden konnte. Der maximale Wert der Vorverformung wurde mit 16 cm in Ebene 25 geplant. Das gesamte Planwerk (Schalpläne, Bewehrungspläne, Grundleitungspläne) wurde digital über ein webbasiertes Planmanagement-tool bereitgestellt und aktualisiert. Die Transformation der Pläne und die Berechnung der



Absteckelemente erfolgten CAD-technisch mit eigens entwickelten Applikationen. Die Transformationsparameter waren jeweils bezogen auf FOK, d. h. Boden- und Deckenpunkt erhielten unterschiedliche Verformungsparameter. Die Deckenstärke musste bei der Berechnung der Stützenköpfe berücksichtigt werden. Alle Punkte mussten daher dreidimensional abgesteckt werden.

Abb. 2: Geometriebedingte Horizontalkräfte aus ständigen Lasten (Quelle: TA Züblin)

3. Projektplanung

Aufgrund der Komplexität der Maßnahme wurde ein eigenes Projektsteuerungsteam installiert, das im Vorfeld den Workflow entwickelte und das Projektteam während der Ausführung bei allen anfallenden Problemstellungen unterstützte.

3.1 Ressourcenplanung

Aufgrund baustellenbedingter Änderungen wurde IGL kurzfristig mit der Maßnahme beauftragt. Dies stellte eine immense logistische Herausforderung dar, von der Projektplanung und Konzeptionierung Workflow über die Technikplanung bis hin zur Personalplanung. Von Seiten des Auftraggebers (AG) wurde ein Projektleiter bis Bauende, zwei Messtrupps 2011 sowie ein Messtrupp 2012 budgetiert. Aufgrund der Komplexität des Bauwerks wurden keine Vermessungen von Seiten der Baufirma übernommen. Somit entsprach der Arbeitsumfang und Ablauf nicht den Planungen. Weiterhin wurde die Vermessung im Bauablaufplan nicht konkret eingetaktet, so dass kurzfristige Abrufe ohne Vorplanung, Mo-Sa, 6:00-21:00 zur Regel wurden. Dies machte eine kurzfristige Aufstockung von Personal und Geräten erforderlich, so dass letztendlich zwei Projektkoordinatoren für die Arbeitsvorbereitung, Nachbearbeitung, Schnittstelle zu AG und sechs Messtrupps bestehend aus Vermessungsingenieur und Messassistenten täglich zum Einsatz kamen.

3.2 Toleranzhaushalt

Die Abstimmung zwischen Toleranzhaushalt, Messgenauigkeit, Equipment ist ein iterativer Vorgang und stellt einen Kompromiss zwischen erforderlicher Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit dar. Die vertraglich vereinbarten Ausführungstoleranzen betragen bei den Kernen ± 40 mm zzgl. Unsicherheiten aus der Verformung, für den restlichen Stahlbetonbau Toleranzen nach DIN 18202. Zwischen der Vermessungstoleranz und der Ausführungstoleranz ist nach DIN 18710-3 ein angemessenes Verhältnis zu wahren, üblicherweise gilt ein Verhältnis von 1:5. Im Bereich der Kerne war eine Messgenauigkeit von ± 8 mm zu erbringen, bei sonstigen Absteckungen lt. DIN 18202 Tabelle 1 (Maße im Grundriss, Aufriss) - Zeile 1, 2 - Spalte 7 eine Messgenauigkeit von ± 6 mm, nach Tabelle 3 (Ebenheit) - Zeile 1, 5 eine Messgenauigkeit von ± 5 mm. Die Messgenauigkeiten entsprechen nach DIN 18710-3 der Klassifizierung hoher Genauigkeit.

3.3 Equipment

Auf Basis der vorgegebenen Toleranzen wurde das Messequipment zusammengestellt. Für die Lotung kamen sechs Geolaser L80/81 (5 mm/100 m) zum Einsatz. Weiterhin sechs Trimble S6 Totalstationen (Richtungsmessung 0,3 mgon, Kompensator 0,15 mgon, Distanzmessung 2 mm + 2 ppm) mit Zwangszentrierung System Wild/Leica (0,3 mm), Reflektoren Miniprismen mit D 25 mm (Anzielenauigkeit von < 1 mm), und Trimble Nivelliere Dini Invarlatte (0,7 mm). Alle Geräte wurden turnusgemäß alle sechs Monate einer Quali-

tätsprüfung beim Hersteller unterzogen. Die Auswertungen erfolgten in Autocad Civil 3D bzw. mit dem Programmpaket CAPLAN von der Firma Cremer und Eigenentwicklungen.

3.4 Messgenauigkeit a priori

Zur Verifizierung der Messprogramme und Geräte erfolgte Genauigkeitsabschätzung a priori.

3.4.1 Messgenauigkeit a priori Lage

Die Messgenauigkeit in der Lage setzt sich zusammen aus dem Einfluss der Festpunktfeldgenauigkeit, Lotungsgenauigkeit, Zentrierengenauigkeit, Stationierungsgenauigkeit und der Genauigkeit der polaren Punktbestimmung. Je nach Anzahl der Umsetzungspunkte bei der Lotung ergibt sich ein mittlerer Punktfehler von 3,8 mm bis 5,5 mm. Die Nachbarschaftsgenauigkeit der Punktbestimmung Lage auf einer Ebene von einem identischen Standpunkt beträgt 2,8 mm.

3.4.2 Messgenauigkeit a priori Höhe

Die Messgenauigkeit in der Höhe resultiert aus den Standardabweichungen der jeweiligen Geräte bzw. Beobachtungsverfahren und beträgt 1,5 mm. Die Nachbarschaftsgenauigkeit der Punktbestimmung Höhe auf einer Ebene mit Tachymeter $\sigma(\text{THI}) = 1,0$ mm.

3.4.3 Messunsicherheiten aufgrund externer Einflüsse

Auswirkungen von temporären einseitig wirkenden Lasten (Kräne, Baufortschritt), sowie Vibrationen auf Bauwerk und Messergebnisse (Lage und Höhe) sind nicht modellierbar. Korrekturwerte für irreversible Verformungen Stahlbeton (Kriechen, Schwinden, Stauchen) sowie reversible Verformungen Stahlbeton (Dehnung aufgrund Temperatur, Luftfeuchtigkeit) lagen für die Maßnahme nicht vor. Zur besseren Interpretation der Ergebnisse wurden auch meteorologische Daten/Sonnenstand permanent erfasst. Ebenso das Neigungs-/Biegeverhalten des Baukörpers mittels Inklinometermessungen während der gesamten Bauzeit.

3.5 Messkonzept

Auf Anforderung des Bauherrn musste ein detailliertes Messkonzept vor Baubeginn erstellt werden auf Basis des vorgegebenen Toleranzhaushaltes und der erforderlichen Tätigkeiten. Die Erstellung erfolgte in enger Kooperation mit dem Geodätischen Institut der Technischen Universität München.

3.6 Qualitätsmanagement

Aufgrund der Komplexität der Aufgaben und der 0-Fehlertoleranz wurde bei der Umsetzung der Vorverformungsparameter sowohl intern, als auch extern nach dem 4-Augenprinzip gearbeitet. Die erforderliche Aufstockung des Personals machte eine qualifizierte Einarbeitung durch intensive Schulung und Betreuung neuer Mitarbeiter erforderlich. Messungen, Auswertung und Aufbereitung der Deformationsmessungen erfolgten durch unabhängige Instanzen. Absteckungen, Kontrollmessungen wurden CAD-technisch kontrolliert und dokumentiert. Weiterhin wurde ein Punktnummernschlüssel entwickelt, der eine Zuordnung Mitarbeiter – Tätigkeit ermöglichte. Alle Daten wurden redundant vorgehalten und cloudbasiert gesichert. Im internen Projekthandbuch wurden Punkte wie Arbeitssicherheit, Kommunikationsstruktur und Eskalationswege für alle Mitarbeiter klar aufgezeigt und für verbindlich erklärt.

4. Vermessungsleistungen

4.1 Arbeitsvorbereitung

Von Seiten des Backoffices wurden die transformierten Achsraster bereitgestellt. Schalungs- und Bewehrungspläne wurden über ein webbasiertes Planmanagement-Tool bereitgestellt. Der Änderungsdienst erfolgte über die Bereitstellung von Planlisten mit Angaben zu relevanten Plänen mit Planänderungen. Die Pläne wurden auf die transformierten Achsraster eingepasst für die Aufbereitung der Abteckunterlagen bzw. Kontrolle der Absteckung und Erstellung von Protokollen (As Built Kerne, Deckenaufmaß).

4.2 Festpunktfeld

Das bestehende äußere Festpunktfeld (Pfeiler im Umgriff Baufeld) war aufgrund der mangelnden Gründung für die Dauer der Maßnahme nicht geeignet. Als Referenznetz für die Baumaßnahme wurden vier Lotfußpunkte im Südturm, sechs Lotfußpunkten im Nordturm zzgl. vier im Atrium auf Ebene 0 angelegt und in das bestehende äußere Baustellenetz über Netzmessung und anschließender Ausgleich eingebunden. Der Baustellenreferenzpunkt Höhe wurde an drei HFP außerhalb des Baufeldes angebunden.

4.3 Lotung

Die vertikale Übertragung des Referenznetzes von Ebene 0 auf die jeweilige Arbeitsebene zählte zu den komplexesten Aufgaben. Bauwerksbewegungen aufgrund von Meteorologie und Bautätigkeit ergeben Bewegungen von mehreren cm in Abhängigkeit von der Höhe. Realtime Systeme wie das Core Wall Control Survey System von Leica kamen aufgrund der Kurzfristigkeit und Kosten nicht zum Einsatz. Als adäquateste Lösung bot sich eine Auflotung mit hochpräzisen Laserloten an, in Kombination mit Inklinometermessungen. Die Anzahl, Lage und bautechnische Realisierbarkeit wurden im Vorfeld von

den jeweiligen Fachplanern geprüft und bestätigt. Die Öffnungen weisen eine Dimension von 20 x 20 cm.

Der Zeitpunkt der Lotung erfolgte zu einem möglichst verformungsneutralen Zustand, so dass äußere Einflüsse wie Sonneneinstrahlung (einseitige Erwärmung des Baukörpers), Windlast, Lasteinwirkungen durch Kräne etc. minimiert wurden. Der neutrale Zustand des Bauwerkes wurde anhand der Inklinometerergebnisse verifiziert. Zur Steigerung der Qualität der Lotung wurde jeweils 2-mal gelotet, mit einer Drehung der Lotlaser um 180 Grad. Referenzebenen für Staffellotung wurden alle 50 m (Bauhöhe) fest installiert. Bei den Lotungen kam es permanent zu Behinderungen durch den Baufortschritt und andere Gewerke, so dass sich die Arbeiten sehr zeitintensiv darstellten. In den Wintermonaten ergaben sich erhebliche Einflüsse durch starke Temperaturunterschiede aufgrund des fortschreitenden Ausbaus (Heizgebläse). Mit einer Verrohrung des Strahlenganges konnte Abhilfe geschaffen werden.



Abb. 3: Ausrüstung Lotung

4.4 Absteckung, Ausrichtung Kletterschalung

Alle Absteckungen und Kontrollen erfolgten über eine freie Stationierung über temporäre Festpunkte, die in das Referenznetz über die Lotung eingebunden wurden. Aus fehlertheoretischer Sicht wurden Zielweiten <20 m gewählt. Alle Punkte wurden zur Eigenkontrol-

le der Absteckung unmittelbar im Anschluss nochmals aufgemessen und CAD-technisch geprüft. Zur Absteckung kamen Kerne, Stützen, Deckenränder, alle Einbauteilen und Kletterschalung in unterschiedlichen Bauzuständen mit Standorten auf Schalung, Bewehrung und Betonage. Die Kerne befanden sich zwei Geschosse im Vorlauf. Vor der Betonage war eine Ausrichtung von Innen- und Schließschalung auf der Höhe der Montageplattform erforderlich. Dies war ein iterativer Vorgang der z. T. sehr langwierig aufgrund schlechter Maßhaltigkeit der Schalelemente (Verschmutzung). Da die Montageplattform durch den hydraulischen Vortrieb als nicht stabil betrachtet werden konnte, mussten vor jeder Ausrichtung Referenzpunkte auf der Plattform neu bestimmt werden. Bei der Einrichtung über Lotung wurden Konsolen auf Ebene 000 bzw. Referenzebene im Baustellensystem koordiniert, dx , dy der Schalelemente in Höhe h berechnet und mit einem Maßstab kontrolliert. Hierfür waren drei Lotlaser erforderlich. Bauwerksbewegungen wurden wiederum mit den Inklinometer System verifiziert. Bei der Einrichtung mit der Totalstation waren Stativ auf der Plattform ungeeignet. Hierzu wurden variabel einsetzbare Vermessungspfeiler als Gerätestandpunkt verwendet, die entsprechend objektnah schnell zu montieren und zum Schutz vor Beschädigung auch einfach zu demontieren waren. Über fest installierte Prismen an den Eckpunkten der Montageplattformen erfolgte die Orientierung. Die Bestimmung der Prismen erfolgte über Festpunkte der obersten Decke und war nach jedem Hubtakt bzw. bei signifikanten Bewegungen durch Ausrichtvorgang erforderlich.

4.5 Kontrollmessungen

As Built Kontrollen waren unmittelbar nach der Fertigstellung der jeweiligen Betonierabschnitte bzw. der Zugänglichkeit der Kerne gefordert. Weiterhin ein Deckenhöhenaufmaß mit Tachymeter mit Anschluss an die Höhenbolzen in der jeweiligen Ebene.

4.6 Deformationsmessungen

Zur Überwachung der erwarteten Rückverformungen, für Prognosen für den weiteren Verformungsablauf, respektive zur Anpassung der Vorverformung wurden umfangreiche Deformationsmessungen gefordert. Auch hier galt eindeutige 0-Fehler Toleranz und ein 6-Augenprinzip (Aufnahme, Auswertung, Aufbereitung der Ergebnisse). Jeder Arbeitsschritt wurde von eigenen Instanzen durchgeführt. Pro Turm wurden acht Messpunkte in ca. 2 m Höhe/Messebene beschädigungssicher mit abnehmbaren Miniprismen signalisiert. Auf den jeweiligen Messebenen erfolgte eine 3D-Netzmessung mit nachfolgender Ausgleichung, mit Einbindung der Referenzpunkte, die jeweils über eine Lotung von Ebene 000 bzw. Staffellotung 0-15-30 übertragen wurden. Aktuell wurden zwei Höhen von Ebene 000 auf die Bezugs Ebene übertragen. Zur besseren Interpretation von Seiten der Fachplaner der Ergebnisse wurden auch der aktuelle Bauzustand und die Meteorologie erfasst. Durch den fortschreitenden Ausbau kam es zunehmend zu starken Behinderungen durch den Verbau der Lotöffnungen und Trockenbau, so dass Messungen in den unteren Etagen nicht mehr möglich waren. Die Ergebnisse der Messungen konnten die Rückverformung tendenziell in Richtung bestätigen, betragsmäßig jedoch nur zu 50 %.

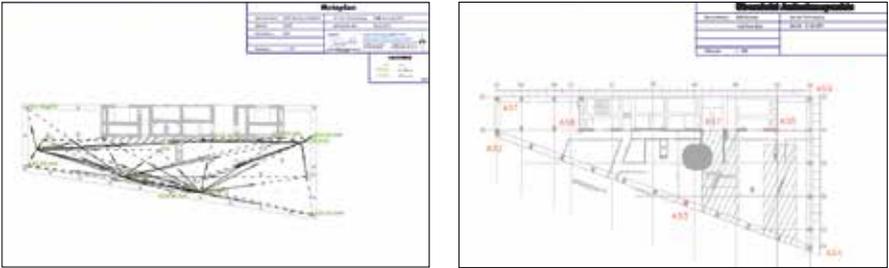


Abb. 4: Netzskizze, Beobachtungspunkte

4.7 Inklinometermessungen

Im Vorfeld konnten von den zuständigen Fachplanern keine verbindlichen Aussagen über das Bewegungsverhalten während der Bauphase getroffen werden. Zur Quantifizierung und Erfassung von lang- bzw. kurzperiodischen Bewegungen während des Baufortschritts wurde ein Monitoring-System mit jeweils drei Inklinometer pro Turm installiert. Die Inklinometer pro Turm waren über ein Bussystem miteinander verbunden und über eine Funkstrecke mit dem Monitoring PC verbunden. Für eine Langzeitmessung verblieb pro Turm ein Inklinometer auf Ebene 180 (70 m). Die anderen beiden Nivel wurden nach Fertigstellung und Räumung jeder 4. Etage umgebaut. Die Ergebnisse haben die Annahme bestätigt, dass keine signifikante Bewegungen bis Bauhöhe 100 m vorliegen. Während des Baubetriebes sind hochfrequente Bewegungen bis zu 3 cm festzustellen. Weiterhin ein langperiodischer, temperaturbedingter Verlauf, vor allem im Sommer. Ein verformungsneutrales Verhalten in den Morgenstunden vor Baubeginn konnte bestätigt werden und somit die Qualität der Lotungen.

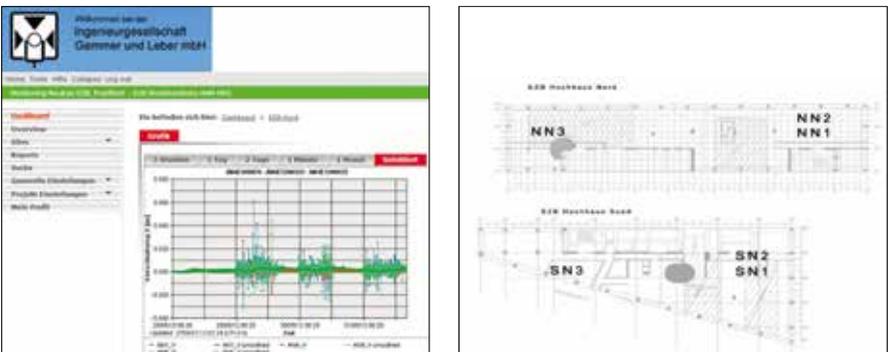


Abb. 5: Inklinometermessungen

4.8 Höhenmessung/Höhenübertragung

Für das aufgehende Bauwerk wurde ein Referenzbolzen im Kellergeschoß mit Höhen in Baustellensystem übernommen. Die absolute Setzung des Referenzbolzens wurde mittels Präzisionsnivellement mit Anschluss an die Höhenfestpunkte außerhalb des Baufeldes ermittelt. Mit Bauende ergab sich eine Setzung von 2 cm. Die Lotfußpunkte wurden durch ein Präzisionsnivellement an den Referenzbolzen angebunden und somit zur Kontrolle für eine Kippung des aufgehenden Bauwerkes verwendet. Dabei ergab sich eine gleichmäßige Kippung beider Türme.

Höhenangaben waren in allen Bauzuständen kurzfristig und mit hoher Qualität bereitzustellen. Dabei ist immer ein einheitlicher Bezugspunkt, hier Referenzpunkt zu verwenden. Eine Höhenübertragung mittels Nivellement wurde wegen des Zeitaufwandes ausgeschlossen. Eine trigonometrische Höhenübertragung wurde allen Anforderungen gerecht. Durch die Lotöffnungen wurde die Höhe vom Bezugspunkt in Ebene 000 auf die Zielvorrichtung in der jeweiligen Arbeitsebene übertragen. Von dort aus weiter über ein Präzisionsnivellement zu fest vermarkten Höhenfestpunkten. Für die Höhenübertragung wurde ein Tachymeter mit hochgenauem Entfernungsmesser verwendet, der ausschließlich für diese Zwecke verwendet wurde. Meterrisse wurden pro Ebene mit einem maximalen Abstand von 20 m mittels Präzisionsnivellement bestimmt. Mit den Wiederholungsmessungen konnte auch eine Stauchung des Gebäudes <2 cm festgestellt werden, wobei sich zwischen Kern- und Deckenbereiche signifikante Abweichungen ergaben, aufgrund unterschiedlicher Stauchung, Schwinden und Kriechen des Betons in diesen Bereichen.

4.9 Toleranzempfindliche Bauteile

Speziell für den Stahlbau im Atrium war die Einrichtung und Prüfung der Einbauteile und Auflagerpunkte erforderlich. Kontrollmessungen wurden bereits im Werk durchgeführt.



Abb. 6: Toleranzempfindliche Bauteile

Die Einbauteile wurden 3-dimensional aufgemessen und über eine Verschneidung der Ebenen die Winkel kontrolliert. Weiterhin wurden Sollpunkte für die spätere Einrichtung festgelegt und markiert. Für den Einbau der Querstreben und Träger der Interchangeebenen mussten wahre Abstände zwischen den Auflagerpunkten ermittelt werden.

5. Fazit

Unser besonderes Augenmerk lag auf dem Gebiet der Arbeitssicherheit. Während der gesamten Bauzeit hatte IGL keinen meldepflichtigen Arbeitsunfall zu verzeichnen. Hochhausbaustellen mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Gewerken und ausführenden Firmen stellen für jeden ein herausforderndes Umfeld dar. Die hohen Ansprüche an Qualität, Zuverlässigkeit und Flexibilität lassen sich nur mit einem hochqualifizierten, motivierten und flexiblen Team realisieren. Die Projektleitung vor Ort benötigt hohe Kompetenz im Bauwesen, Durchsetzungsvermögen, Kommunikationstärke und Projektmanagement. Hinzu kommen administrative Tätigkeiten, Planung, Controlling und Teilnahme an Besprechungen. Die Maßnahme stellte eine immense planerische sowie logistische Herausforderung dar. Spezielle Problemstellungen erfordern individuelle Lösungsansätze. Messkonzepte und Workflows mussten in kürzester Zeit entwickelt und umgesetzt werden. Ebenso stellte der sehr variable Bautakt eine große Herausforderung für die Personalplanung dar. Qualitativ konnten die a priori ermittelten Messgenauigkeiten bestätigt werden.

Mit Hilfe der Inklinometermessungen konnten die Messunsicherheiten aufgrund der Bauwerksbewegungen quantifiziert, Zeitpunkte für verformungsneutrales Verhalten ermittelt und somit die Qualität der Lotungen sichergestellt werden. Weiterhin ergeben sich auch noch eine Vielzahl von Optimierungs- und Kosteneinsparungspotentialen. Zum Beispiel die frühzeitige Einbeziehung der Vermessungsingenieure in die Bauablaufplanung, eine Eintaftung der Vermessungsleistungen in den Bauplan und ein realistischer Toleranzhaushalt. Technisch gesehen stellt die Lotung eine der wichtigsten Aufgaben auf dieser Baustelle dar und wurde daher auch mit der entsprechenden Sorgfalt sehr zeitaufwendig durchgeführt. Die Einsatzmöglichkeiten von GPS-Systemen wurden im Rahmen einer Bachelor-Arbeit auf dieser Baustelle getestet mit sehr zufriedenstellenden Ergebnissen.



Abschließend kann festgehalten werden, dass Vorplanung, Workflow und Kontrollinstanzen zu einem reibungslosen Bauablauf geführt haben, mit einer Fehlerquote von 0,04 %.

Ein besonderer Dank an dieser Stelle gilt unserem Team EZB, dem Geodätischen Institut der TU München, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. *T. Wunderlich*, Dr.-Ing. *P. Wasmeier* sowie allen Mitarbeitern und Projektverantwortlichen der beteiligten Firmen, für die konstruktive Zusammenarbeit.

Über IGL:

IGL zählt zu den führenden Unternehmen im Bereich Ingenieurvermessung mit Schwerpunkt Hochbau, Ingenieurbau, Leitungsbau, FTTx, GIS, Hydrographie und Systementwicklung mit Hauptsitz in Werneck und Niederlassungen in Köln/Bonn, Frankfurt, Stuttgart und Regensburg. Weitere Details unter www.igl-online.de.



Literatur

1. *Almesberger, W.*: 2014, EZB New Premises Frankfurt/Main – baubegleitende Vermessung, vermessungstechnische Überwachung der Bauausführung, in: Wieser, A. (Ed.): Ingenieurvermessung 14 – Beiträge zum 17. Internationalen Ingenieurvermessungskurs, Zürich, 2014, Wichmann Verlag, Berlin.
2. *Amtmann, F.*: 2013, Nutzung von GNSS-Messungen für vermessungstechnische Arbeiten im Hochbau am Beispiel EZB-Neubau in Frankfurt/Main, Bachelor Thesis, Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt.
3. *Bachmann, H.*: 2013, Verformungen im Hochhausbau am Beispiel des Neubaus der EZB und des Taunusturms in Frankfurt, in: Fischer, O. (Ed): 17. Münchner Massivbau Seminar, Tagungsband, Förderverein Massivbau der TU München e.V., München.
4. *Cranenbroeck, J. van*: 2010, Controlling Vertical Towers, Reporter 63, Global Magazine of Leica Geosystems, Leica, Heerbrugg.
5. *Grethen, M.*: 2003, Vermessung Messeturm Basel, Vermessung-Photogrammetrie-Kulturtechnik, Jg. 101, Nr. 3, Schweiz.

6. IGL: 2011, EZB New Premises Frankfurt/Main – Konzeption baubegleitende Vermessung, vermessungstechnische Überwachung der Bauausführung, Ingenieurgesellschaft Gemmer und Leber mbH, Werneck.
7. Kägi, R.: 2006, Staking Out Using the „MOUS“ System, in: *Ingensand, H.* (Ed.): lecture notes, Geodetic Metrology and Engineering Geodesy, IGP, ETH-Zürich.
8. *Whitworth, J.*: 2010, Monitoring Europe's Tallest Building, Leica Geosystems TruStory, Leica, Heerbrugg.
9. *Whitworth, J.*: 2012, The Shard – London's New Skyline, Reporter 67, Global Magazine of Leica Geosystems, Leica, Heerbrugg.
10. *Wunderlich, Th.*: 2013, Die Zukunft der geodätischen Absteckung von Bauwerken, in: Nr. 8, Geodätische Arbeiten für Bundeswasserstraßen, BA f. Gewässerkunde, Koblenz.