

**Zeitschrift:** Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =  
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =  
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

**Herausgeber:** geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und  
Landmanagement

**Band:** 105 (2007)

**Heft:** 11

**Artikel:** Vermessung des höchsten Gebäudes der Welt

**Autor:** Nebel, F.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-236458>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 31.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Vermessung des höchsten Gebäudes der Welt

Am 21. Juli 2007 wurde der Burj Dubai Tower zum höchsten Gebäude der Welt erkoren. Nach der Fertigstellung soll er eine Höhe von mindestens 700 Metern ausweisen. Die Vermessung der Fassade stellt hohe Qualitätsanforderungen.

*Le 21 juillet 2007, la tour de Burj Dubaï (Burj Dubai Tower) a été déclarée bâtiment le plus haut du Monde. Après sa construction, il aura une hauteur d'au moins 700 m. La mensuration de la façade pose de hautes exigences de qualité.*

Il 21 luglio 2007 la Burj Dubai Tower è stata designata l'edificio più alto al mondo. Dopo il completamento raggiungerà un'altezza di almeno 700 metri. La misurazione della facciata comporta elevate esigenze qualitative.

F. Nebel

Der Burj Dubai ist eines von vielen ehrgeizigen Projekten, die zurzeit in Dubai entstehen. Am 21. Juli 2007 erreichte der Turm eine Höhe von 512.1 m bei 141 Stockwerken und wurde damit gemäss den internationalen Richtlinien CTBUH (Council of Tall Buildings and Urban Habitat) zum höchsten Gebäude der Welt. Die genaue Höhe wird unter anderem aus technischen Gründen, aber auch um die Konkurrenz zu verunsichern, immer noch geheim gehalten. Das 876 Millionen US\$ teure Projekt soll Ende 2008 dem Auftraggeber EMAAR übergeben werden. Neben einem Armani Hotel wird der Bau Luxuswohnungen, Büros und eine öffentliche Aussichtsplattform auf dem 124. Stockwerk enthalten. Der von Architekt Adrian Smith entworfene Turm soll den Kern des neuen Stadtviertels «Downtown» bilden. Der Bau besteht aus einem Kern und drei symmetrischen Flügeln, die in den unteren Stockwerken eine Länge von über 50 m ausweisen. Der Bau erfolgt abgestuft in verschiedenen Etappen, wobei die Wingtips bis zu 60 Stockwerke hinterher sind.

### Vermessung der Hauptstruktur

Aufgrund seiner aussergewöhnlichen Höhe und des sehr gedrängten Programms ist es nicht möglich, den Haupt-

vortrieb mit den im Hochbau üblichen Methoden der Freien Stationierung oder Lotungen zu vermessen. Doug Hayes, Chief Surveyor der zuständigen Arbeitsgemeinschaft Samsung, Besix, Arabtec entschied sich deshalb zusammen mit Leica für eine GPS gestützte Vermessung des Kernvortriebes. Dabei handelt es sich um eine statische Bestimmung von mehreren Passpunkten auf der obersten Plattform. Gleichzeitig werden von einer Total Station Winkel und Distanzen zu den Prismen unter den Antennen gemessen und anschliessend alle Messungen ausgeglichen. Eine eigene permanente GPS-Antenne neben dem Turm dient als Referenz. Die Höhe wird unabhängig mittels Digitalnivellier übertragen. Erschwerend kommt hinzu, dass der Turm verschiedenen äusseren Bedingungen wie Wind, Sonne, Lasten und Setzungen ausgesetzt ist, womit er sich selten in der theoretischen Vertikalachse befindet. In die Liftschachtwände eingebaute Neigungssensoren zeichnen sämtliche Bewegungen auf und erlauben eine permanente Überwachung der Schwankungen. Erst nachdem die Flügel zumindest teilweise betoniert sind, erfolgt die Bestimmung der Hauptfixpunkte (Primary Setting Out Control Point, PSOCP) mittels optischen Lotungen. Modelle und die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass die Vermessung mit der angewandten Methode mit einer Toleranz von  $\pm 15$  mm möglich ist.



Abb. 1: Mit über 512 m ist der Burj Dubai das höchste Gebäude der Welt.

Sämtliche Vermessungsarbeiten erfolgen im DLTM Koordinatensystem (Dubai Local Transverse Mercator). Viele Pläne basieren auf einem zweiten lokalen Koordinatensystem, welches das Gebäudezentrum als Ursprung hat.

### Vermessung der Fassade

Die Installation der Fassade muss in einer chronologischen Reihenfolge geschehen. In der Regel können keine Elemente ausgelassen oder Stockwerke übersprungen werden. Unstimmigkeiten im Unterbau müssen möglichst früh erkannt und beseitigt werden, um Standzeiten zu vermeiden. Pro Stockwerk weist der Burj Dubai bis zu 278 vorgefertigte Fassadenelemente aus. Ein Standardelement hat eine Breite von 1.3 m bei einer Höhe zwischen 3 und 5 m. Insgesamt umfasst der Turm zwischen dem 5. und 160. Stockwerk über 22 000 Elemente. Jedes Element wird mittels einer Konsole an die Betondecke fixiert. Diese müssen mit einer Genauigkeit von  $\pm 2$  mm montiert werden, um eine problemlose Montage der Elemente zu gewährleisten. Aufgrund der radialen Anordnung wäre eine





Abb. 2: Drei Vermessungsteams auf einer Terrasse. Blau ist die traditionelle Arbeiteruniform.

Absteckung mit Schnüren und Drähten nicht mehr zeitgemäss, sehr aufwändig und fehleranfällig.

Die Absteckung dieser Unterkonstruktion ist eine Hauptaufgabe der Vermessungsabteilung. Pro Konsole werden zwei Punkte abgesteckt. Diese befinden sich auf einer vom Architekten vorgegebenen Systemachse. Mittels einer Lehre werden diese Punkte dann von den Installationssteams auf die aussen, an der Stirnseite der Betondecke, hängende Unterkonstruktion übertragen.

Um eine Genauigkeit von  $\pm 1$  mm für die Absteckungspunkte zu erreichen, ist neben sehr gewissenhaft arbeitenden Vermessern eine sehr genaue und kalibrierte Ausrüstung und ein homogenes und präzises Fixpunktnetz erforderlich.

## Fixpunktnetz

Es stellte sich sehr bald heraus, dass die zur Verfügung gestellten Fixpunkte des Generalunternehmers die erforderlichen Genauigkeitsanforderungen für die Fassadenvermessung nicht erreichen. Zudem ist deren Anordnung im Zentrum und in den Gängen ohne direkten Sichtkontakt zum Gebäudeumriss ungeeignet.

Die Y-förmige Turmgeometrie erlaubt hingegen eine Messung entlang der Gebäudehülle über zwei oder mehrere Stockwerke. Somit ist es möglich die Fixpunkte entlang den Seiten «hochzutransferieren». Dazu wird pro Etage ein komplettes Netzwerk gemessen und auf das unterliegende Stockwerk referenziert. Eine Messung über mehrere Stockwerke wird in der Regel nicht angestrebt um eine gute Nachbarschaftsgenauigkeit zu gewährleisten und Differenzen aus Gebäudeschwankungen und Schwindungen auszuschliessen.

Die Versicherung der Fixpunkte erfolgt aussen an den 600 mm starken tragenden Betonwänden mittels Reflektorbolzen. Diese erweisen sich unter anderem aus folgenden Gründen als ideal: eindeutige Versicherung, geringe Beschädigungsgefahr aufgrund der stirnseitigen Montage, ideale Sichtbarkeit, eindeutige Höhe, Versicherung an einem Ort der kaum Setzungen aufweist sowie Zeiterparnissen bei Stationierungen.

Für das gesamte Netzwerk sind zwölf Aufstellungen erforderlich, wobei jeweils sämtliche sichtbaren Punkte in beiden Lagen gemessen werden. Pro Stationierung wird nach Möglichkeit ein zusätzlicher

Fernzielobjekt eingemessen, um eine Verdrehung des Gebäudes auszuschliessen. Die Ausgleichung erfolgte mittels LGO (Leica Geo Office) als 3D-Netz. Dabei werden die zwölf Fixpunkte des unterliegenden Stockwerkes als Festpunkte definiert. Mit dieser Methode wurde eine Standardabweichung besser 0.5 mm für sämtliche Fixpunkte erreicht. Die Höhe wird auf den Hauptmeterriss des Generalunternehmers gelagert und mit der ebenfalls gemessenen Höhenmarke des unterliegenden Stockwerkes kontrolliert.

Die Hauptvermessungspunkte (PSOCP) werden ebenfalls in das Netzwerk integriert um eine Verknüpfung zu den Absteckungen des Hauptvortriebes zu erhalten und allfällige Differenzen festzustellen. Die Abweichungen werden in einer Tabelle festgehalten. Bereits nach einigen Stockwerken konnten geringe systematische Abweichungen festgestellt werden. Diese sind hauptsächlich auf das Schwinden des Betons zurückzuführen und werden falls erforderlich diskutiert und allfällige Korrekturmassnahmen eingeleitet.

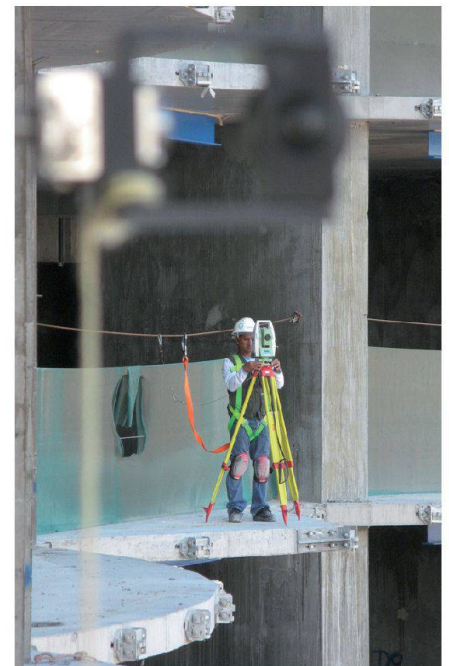


Abb. 3: Aufstellung eines Instrumentes im Zentrum für Kontrollaufnahmen. Die Konsolen sind bereits montiert.



## Punktabsteckung

Trotz der im Vergleich zur Schweiz geringen Personalkosten wird für die Absteckung auf modernste Technik zurückgegriffen. Die Positionsbestimmung des Instrumentes erfolgt mittels Freien Stationierungen in zwei Lagen. Diese weisen bei 4 Fixpunkten normalerweise ein Sigma X, Y und Z zwischen 0.1 und 0.4 mm aus. Anschliessend werden die im Büro berechneten Punkte mittels Robotik Total Station abgesteckt, permanent versichert und registriert. Da die Punkte in der Regel für ein gesamtes Stockwerk gleichzeitig abgesteckt werden können, weisen sie eine gute Homogenität auf.

Nachdem ein komplettes Stockwerk vermessen ist, werden sämtliche Einbauteile auf Verdrehung, Verkippung, Position, Höhe und allfällige Beschädigungen kontrolliert. Diese Daten werden sauber dokumentiert und der Konstruktionsabteilung und dem Generalunternehmer für die notwendigen Rektifikationen und Anpassungen zur Verfügung gestellt. Damit ist ein kontinuierlicher Einbau der Brackets und der Elemente gewährleistet.

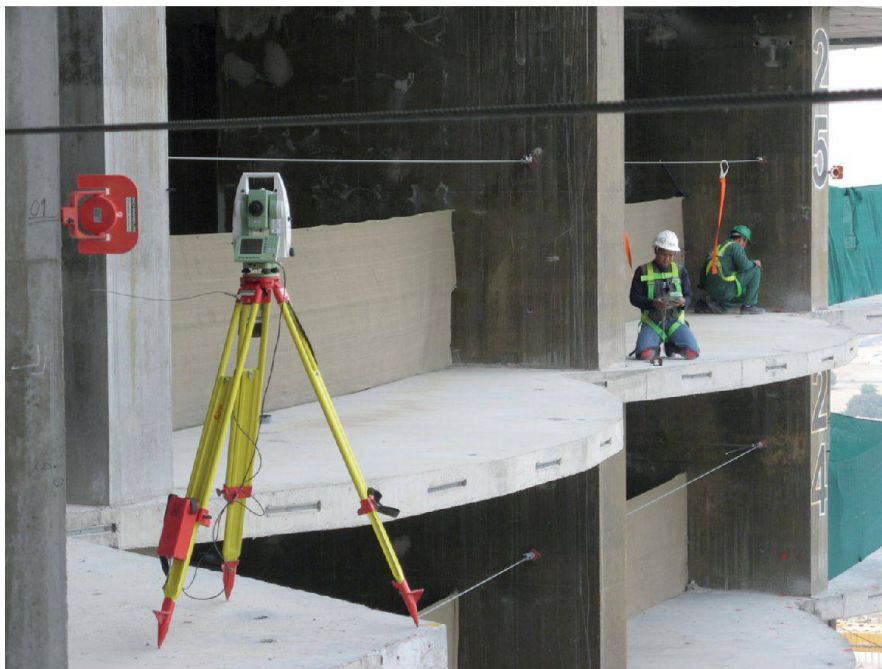


Abb. 4: Absteckungsarbeiten für die Fassadeninstallation.

## Kontrollmessungen

Neben den Absteckungsarbeiten für die Installation ist eine weitere Hauptaufgabe die messtechnische Überwachung des

Gebäudes. Dabei handelt es sich in erster Linie um Beweissicherungsaufnahmen aber auch um Bestandesaufnahmen, die anschliessend in das Design und das Engineering einfließen.

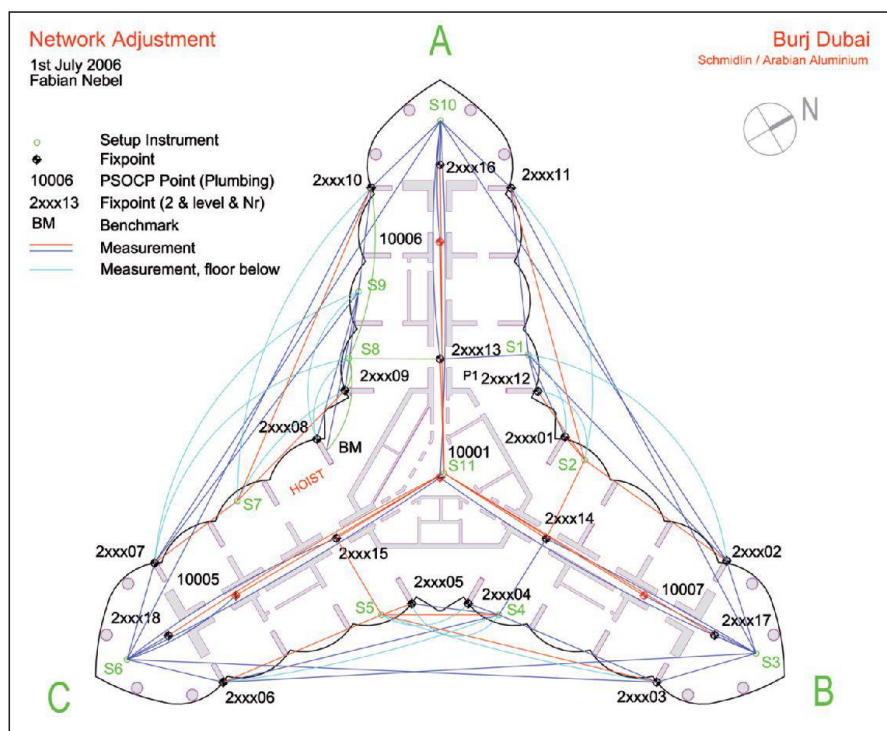


Abb. 5: Netzplan für das Fixpunktnetz.

## Fazit

Das Vermessungskonzept für den Burj Dubai Tower hat sich während der ersten Stockwerken sehr gut bewährt. Kontrollmessungen haben ergeben, dass die erforderliche Punktgenauigkeit sowohl in den einzelnen Stockwerken wie auch über die Stockwerke erreicht werden. Die zur Verfügung stehenden Vermessungsingenieure und Assistenten aus den Philippinen und Indien sind trotz den teilweise schwierigen Bedingungen bei bis zu 50° Celsius interessiert und motiviert, den Job gewissenhaft zu erfüllen.

## Schlusswort

Ende 2006 entschied sich das Management der Firma Schmidlin LLC, sich aus dem Projekt zurückzuziehen. Sämtliches Vermessungsmaterial wurde vom neuen Joint Venture Partner Fare East Aluminium übernommen.

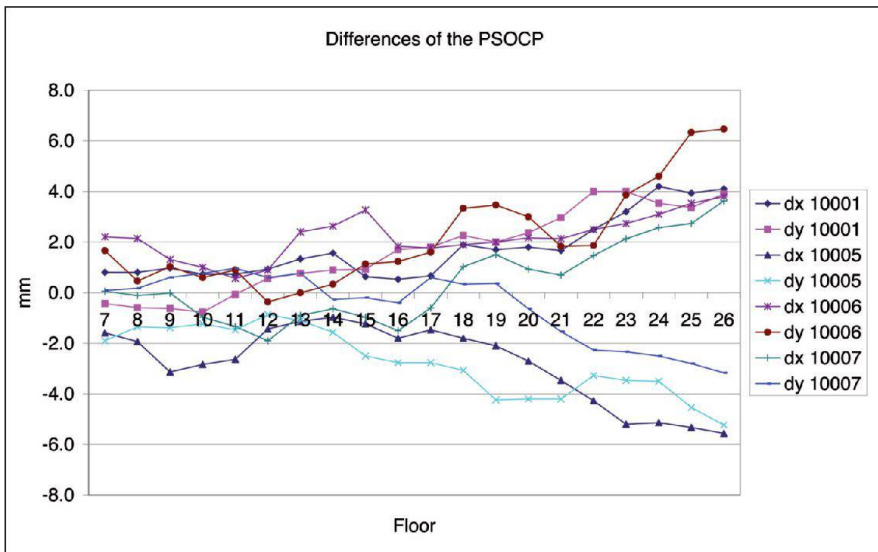


Abb. 6: Differenzen der PSOCP. Diese sind hauptsächlich auf das Schwinden des Betons zurückzuführen.

Quellenangaben:

Samsung, Besix, Arabtec; The Burj Tower, Power Point Presentation, Oktober 2005.

Van Cranenbroeck Joël, Hayes Douglas McL, Sparks Ian R; Driving Burj Dubai core walls with an advances data fusion system, Vortrag FIG-Symposium, Baden, 22.–24. Mai 2006.

Weiterführende Links:

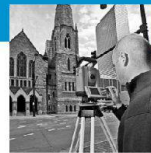
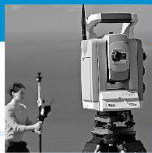
- [www.burjdubai.com](http://www.burjdubai.com)
- [www.burjdubaiskyscraper.com](http://www.burjdubaiskyscraper.com)
- [www.ctbuh.org](http://www.ctbuh.org)

Fabian Nebel

Geomatik-Ing. FH

Abu Dhabi, UAE

fabian.nebel@gmx.ch



## Trimble® VX Spatial Station

Die neue Trimble VX Spatial Station kombiniert optische Totalstation, 3D-Scanner und Video-Station zu einem neuen, einzigartigen Gesamtsystem. Die gemessenen Objektdaten werden direkt in der Video-Anzeige dargestellt. Sie verifizieren Ihre Messungen mit einem Blick direkt mit dem realen Bild im Feld.

## Totalstation mit Video und 3D-Scanning

Die Integration des 3D-Scanners in die leistungsfähigste Robotic-Totalstation (Trimble S6) ermöglicht einen problemlosen Einstieg in die neuen Scanning-Märkte. Die neue Trimble VX Spatial Station müssen Sie gesehen haben. Rufen Sie uns an!



### Branchenführende Innovation

- 3D-Scanner integriert in optischer Totalstation.
- Digitalbilder gemeinsam mit Messpunkten speichern.
- Direkte Darstellung der Objektdaten in der Video-Anzeige.
- Komplett neue Anwendungsbereiche.



allnav ag  
 Obstgartenstrasse 7 CH-8006 Zürich  
 Telefon 043 255 20 20 Fax 043 255 20 21  
 allnav@allnav.com www.allnav.com

Geschäftsstelle in Deutschland: D-71522 Backnang

