

# Alles unter Kontrolle am Bow

von Vicki Speed

**«The Bow», mit geschätzten Gesamtbaukosten in Höhe von 1,15 Milliarden Euro, wird das größte Bürohaus in Calgary und das höchste Gebäude Kanadas außerhalb von Toronto. Eine so komplexe Struktur verliert im Zuge der Bautätigkeiten durch Dehnen und Neigen seine exakt lotrechte Position. Damit ein so anspruchsvolles und innovatives Gebäudekonzept realisiert werden kann, haben deshalb MMM Geomatics, Ledcor Construction und das Supreme Walters Joint Venture, das für die Fertigung und die Aufstellung der Stahlträger verantwortlich ist, ein innovatives «neutrales» Netzwerk zur Gebäudekontrolle geschaffen. Dieses System kombiniert modernste Technologien, fortschrittlichste geodätische Verfahren und strenge Qualitätskontrollen sowie Maßnahmen zur Qualitätssicherung, um präzise Echtzeitdaten zu liefern.**

Schon vor Baubeginn wählte das für «The Bow» verantwortliche Vermessungsunternehmen MMM mit Unterstützung seines langjährigen Lieferanten von Vermessungsausrüstung, Spatial Technologies Inc., die richtige Ausrüstung zum Aufbau eines umfassenden horizontalen und vertikalen Kontrollnetzwerks aus, das präzise Messungen am und außerhalb des Bauwerks erlaubt.

Die übergeordnete horizontale Kontrolle bestand aus drei externen Kontrollstationen. Diese Referenzstationen wurden auf einem festen Untergrund, z. B. auf einem Brückenwiderlager, in der Nähe angebracht.

Dabei wurde auf die Einhaltung eines angemessenen Abstands zu den Bautätigkeiten geachtet, um höchstmögliche Stabilität zu gewährleisten. Hierfür wurde auf eine Kombination klassischer Methoden und statischer GPS-Überwachungsverfahren zurückgegriffen.

## Informationen in Echtzeit

Zum System gehörten auch zwei kontinuierlich arbeitende GPS-Referenzstationen, die als Referenz für die externe Überwachung des Rahmenbaus dienen. Sie zeichneten laufend kinematische Echtzeitdaten auf und protokollierten rohe GPS-Code- und Phasendaten für präzise Post-Processing-Anwendungen.

MMM hatte außerdem ein externes Kontrollnetzwerk für das Dach eingerichtet, das aus zwölf 360°-Grad-Prismen, Dreifüßen und Trägern von Leica Geosystems besteht, die sich auf bestehenden Gebäuden in der Nähe der Baustelle befinden. Auf den Prismen wurden GPS-Antennen angebracht, um statische GPS-Beobachtungen an diesen Kontrollmarkierungen zu ermöglichen. Im Abstand von drei Monaten führte MMM vollständige statische GPS-Vermessungen durch. Zudem wurden konventionelle Winkel-, Entfernungsmessungen und Nivellements mit den GPS-Positionsdifferenzen in der Netzwerkausgleichung kombiniert. Nach jeder Vermessung wurde das Netzwerk neu ausgeglichen und – soweit vorhanden – statistisch signifikante Koordinatenaktualisierungen übermittelt.

Schließlich installierte MMM während des Baus in jedem Geschoss ein eigenes Überwachungssystem. Zu diesem gehörten mindestens sechs Stationen



für horizontale Kontrollen, die für die Absteckung aller Gebäudelemente in diesem Geschoss eingesetzt wurden, darunter die Stahlkonstruktion, der Deckenrand, die Fassade, das Gebäuderaster und die Aufzugsschächte. Diese Stationen wurden auf dem Betonboden des Erdgeschosses fix positioniert und anschließend vertikal mittels Laserlot auf jede Etage übertragen, wo sie anhand einer aufwändigen Vermessungs- und Datenqualitätskontrolle unter Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate geprüft wurden.

MMM setzte zwei Leica TCRP1201 und eine Leica TS30 0,5" motorisierte Totalstation für alle präzisen Absteckaufgaben auf der Baustelle ein. Die Leica TS30 diente für Anwendungen, die höchste Genauigkeit erforderten, darunter auch die Einrichtung des Etagenüberwachungssystems, das anschließend von allen Gewerken als maßgebende horizontale Referenz genutzt wurde.

### **Verschiebungen und Abweichungen**

Das wahrscheinlich innovativste im Rahmen des Bauvorhabens angewandte Verfahren war der Einsatz eines Netzwerks mit Leica Nivel220 Neigungssensoren zur Überwachung und Korrektur von Abweichungen von der neutralen Lotposition infolge natürlicher oder baubedingter Kräfte.

Natürliche Kräfte, die auf das Gebäude wirken können, sind Wind und Sonneneinstrahlung. Auch baubedingte Kräfte können unterschiedliche Setzungen

bewirken, die unter Umständen in der Summe eine unausgewogene Belastung des Gebäudes verursachen. Der Zeitraum, in dem Bewegungen des Gebäudes auftreten, variieren und setzen sich aus kurzfristigen, täglichen und jahreszeitbedingten Einflüssen zusammen.

Bei einigen der innovativsten und komplexesten Hochhausbauten der Welt wurden bereits die hochpräzisen Neigungsmesser eingesetzt. MMM hat bei der Evaluierung und Prüfung der Nivel-Technologie von Leica Geosystems eng mit Spatial Technologies Inc. und anderen Fachleuten von Leica Geosystems zusammengearbeitet. Nach Bedarf wurden Schulungen für die am Bau beteiligten Vermessungstechniker durchgeführt.

Der Leica Nivel220 ist ein hochpräziser Zwei-Achs-Neigungssensor mit einer Auflösung von 0,001 Milliradian. Das Gerät arbeitet nach einem optoelektronischen Prinzip zur präzisen Messung von Neigung, Richtung und Temperatur in Echtzeit und erlaubt die laufende Protokollierung von Daten. Die Neigung wird ausgehend von der genauen horizontalen Oberfläche entlang der beiden rechtwinkligen Achsen gemessen.

Das Vermessungsteam von MMM überwachte, prüfte und verglich die mit dem Neigungsmesser erfassten Gebäudeabweichungen mit den Ergebnissen der externen fixen Überwachungssysteme ab, die anhand herkömmlicher Messverfahren ermittelt wurden.





### Wachsende Herausforderungen

Durch die laufende Überwachung des Gebäudes mit Hilfe der Dachprismen und des übergeordneten Netzwerks zeigte sich, dass nennenswerte Bewegungen des Hochhauses etwa ab dem Bau der 36. Etage einsetzen. Sobald eine Verschiebung des Gebäudes von über 20 mm in eine Richtung zu verzeichnen war, wurden die Absteckungswerte entsprechend angepasst.

Zur exakt lotrechten Positionierung der Säulen oberhalb der 36. Etage wurden RTK-GPS-Verfahren angewendet. Ein limitierender Faktor und eine erhebliche Fehlerquelle bei der Arbeit mit GPS in der Stadt sind Signalstörungen und Mehrwegeeffekte durch die benachbarte Bebauung. Mit zunehmender Gebäude-

höhe nahmen diese Probleme jedoch ab, da «The Bow» die benachbarten Häuser bald überragte. Daher hat sich die Arbeit mit RTK-GPS-Verfahren für die Absteckung als sehr praktisch und präzise erwiesen.

Da die Gebäudestruktur fortlaufend durch natürliche und baubedingte Kräfte von der neutralen Lotposition abwich, mussten diese Abweichungen berücksichtigt und korrigiert werden. Zeitweise wurden Abweichungen des Gebäudes von über 50 mm zum Soll festgestellt. Das Netzwerk mit den hochpräzisen Neigungsmessern erlaubte eine Korrektur dieser Abweichungen.

Zu den zur Positionierung der Stahlsäulen angewendeten GPS-Vermessungsverfahren zählte auch die Messung jedes Säulenmittelpunkts mit einer regulären RTK-Beobachtungsdauer von zwei Minuten. Die Abweichung des Gebäudes von der neutralen Lotposition wurde gleichzeitig mit Hilfe von Daten des Netzwerks aus Neigungsmessern ermittelt. Diese während der jeweils zweiminütigen GPS-Messung mittels Neigungsmesser festgestellten Verschiebungen wurden anschließend auf die GPS-Positionen angewendet, um die tatsächliche Bewegung jeder Säule zu bestimmen und die Abweichung des Gebäudes von der Vertikalen nachzuvollziehen. ■

*Über die Autorin:*

*Vicki Speed ist freiberufliche Journalistin und lebt in Littleton, Colorado (USA). (vickispeed1@comcast.net)*

## The Bow

Mit 58 Etagen und 236 Metern Höhe wird «The Bow» im Zentrum der Stadt Calgary in der kanadischen Provinz Alberta zu den höchsten und bemerkenswertesten Hochhäusern in Kanada zählen. Das Gebäude wird sich über beinahe zwei Häuserblöcke erstrecken und 180.000 m<sup>2</sup> an Büro- und Verkaufsflächen bieten. Zum ersten Mal wird in einem Hochhaus in Nordamerika eine Dreiecksgitterstruktur zur Schaffung eines sichelförmigen Grundrisses eingesetzt. Durch den diagonalen und vertikalen Stahlrahmen mit dreieckigen Platten lässt sich das Gesamtgewicht des Stahls, die Anzahl und Größe der Säulen im

Gebäude und die Wandstärke der Aufzugsschächte verringern.

«The Bow» wird der Hauptsitz der EnCana Corporation, des zweitgrößten Erdgasproduzenten Nordamerikas. Eigentümer des vom renommierten Architekturbüro Foster + Partners entworfenen Hochhauses ist H&R REIT. Als Bauträger fungiert Matthews Development (Alberta). Für den Bau zeichnet die Ledcor Construction Ltd verantwortlich.

*Weitere Informationen: [www.the-bow.com](http://www.the-bow.com)*