

Einleitung

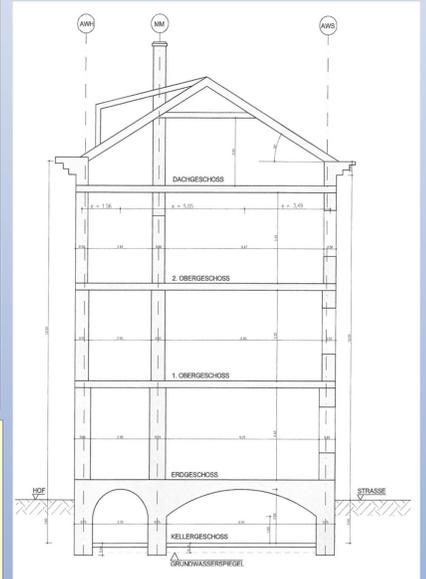
Mit modernen Tachymetern ist es möglich, kontinuierliche Überwachungsmessungen völlig **automatisch** durchzuführen. Die Daten können gespeichert und mittels zusätzlicher Software zu einem Auswerterechner übertragen werden, wo die Auswertung der Daten **online** erfolgen kann. So ein **automatisiertes Messsystem** wurde vom Vermessungsbüro Angst in Zusammenarbeit mit Prof. Reiner JÄGER von der Hochschule Karlsruhe - Technik und Wirtschaft (HSKA) und der Fa. VMT aus Bruchsal (D) in einem älteren Gebäude in Bruck/Leitha installiert, um den schon über Jahre andauernden Deformationsprozess des Gebäudes (Setzungen der Mittelmauer) zu beobachten. Das Projekt "Online-Monitoring" soll hier im Allgemeinen und an Hand eines konkreten Beispiels vorgestellt werden, wobei auch die dabei gemachten Erfahrungen erwähnt werden sollen.

Was bedeutet der Begriff "Monitoring"?

„Monitoring ist ein Überbegriff für alle Arten der **Erfassung, Beobachtung** oder **Überwachung** eines Vorgangs oder Prozesses mittels technischer Hilfsmittel oder anderer Beobachtungssysteme.“ „Ein **Monitoringsystem** ermöglicht zum Teil auch Eingriffe bzw. **Steuerung der betreffenden Prozesse**, sofern sich abzeichnet, dass der Prozess nicht den gewünschten Verlauf nimmt.“

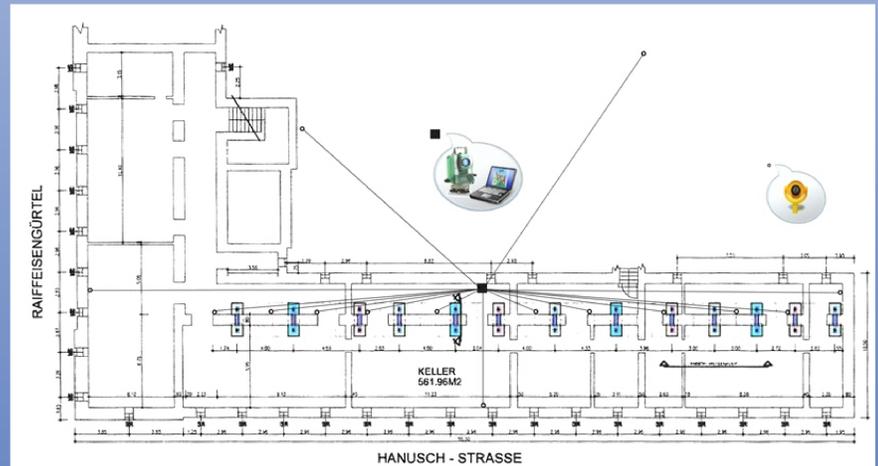
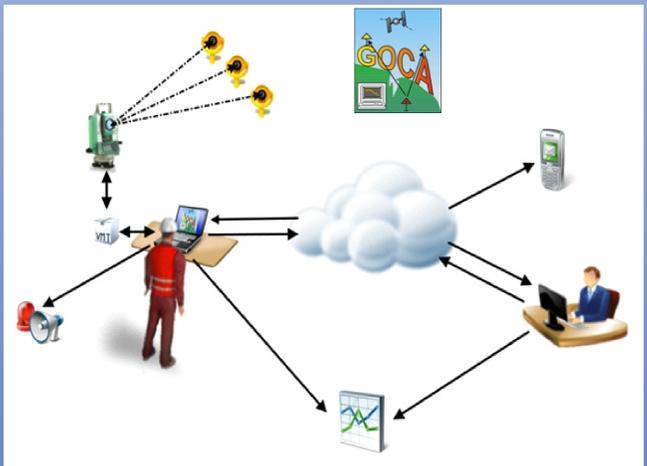
Beschreibung des Messobjektes

Das Objekt wurde 1887 als Kasernenbauwerk **Jägerkaserne** in Bruck an der Leitha errichtet und es besteht aus zwei Trakten. Das Gebäude wurde größtenteils mit Vollziegel gebaut, wobei im Kellergeschoß und im Fundamentbereich Naturstein (Leithakalksandstein) verwendet wurde. In den Wohnungen wurden **Schäden** festgestellt, die auf erhebliche **Senkungen** der Mittelmauer schließen ließen. Diese Senkungen dürften im Laufe von Jahrzehnte entstanden sein. Im Wesentlichen war dies an stark verzogenen Türstöcken und Schräglagen der Decken bzw. Fußböden zu erkennen. Immer wieder wurden von den Bewohnern neue **Risse** oder klemmende Türen der Hausverwaltung gemeldet. Etwa 20cm unter dem Kellerfußboden liegt der **Grundwasserspiegel**. Der Untergrund besteht aus teilweise stark sandigen Schluffen, die eine Tonschicht überlagern. Es bestätigten sich erste Vermutungen, dass es sich bei der Schadensursache um einen Grundbruch handelt. Selbst geringe Änderungen der Belastung des Untergrundes hätten den **Grundbruch** voranschreiten lassen und möglicher Weise zum Einsturz oder Teileinsturz des immer noch bewohnten Gebäudes führen können. Es wurde ein Sanierungskonzept erarbeitet, um die herkömmliche Unterfangung der Mittelmauer zu stabilisieren. Um die Sanierung der Mittelmauer abschnittsweise durchführen zu können und auch die **Sicherheit** der Bewohner zu gewährleisten sollten **online kontinuierlich** Messungen durchgeführt werden, so dass im Notfall eine Evakuierung der Hausbewohner rechtzeitig hätte eingeleitet werden können. Ein entsprechender Notfall- und Evakuierungsplan stand zur Verfügung.



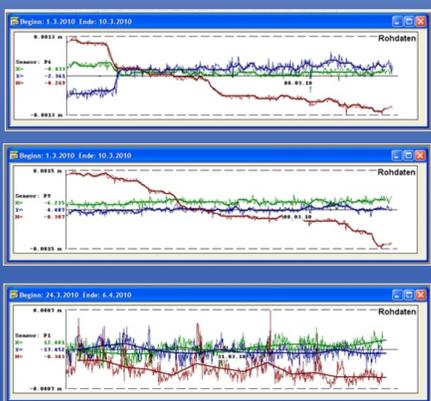
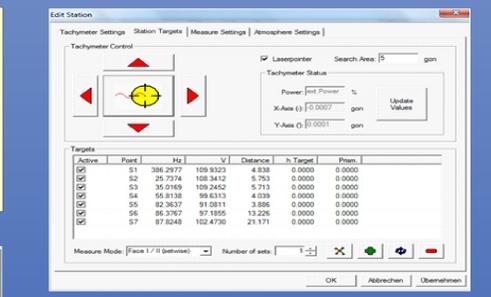
Realisierung des Messsystems: Systemkonzeption

Die Erfassung der **Lage** und **Höhe** der einzelnen Objektpunkte erfolgt mit einem elektronischen Tachymeter (z.B. der TCRA 1103 der Firma Leica) in Verbindung mit der Steuerungssoftware der Fa. VMT. Die Auswertung der Daten erfolgt durch das Programm **GOCA** von Prof. JÄGER. Bei jedem Messzyklus werden sowohl die Festpunkte als auch die Objektpunkte erfasst. Im Beispielsfall waren es auf der Mittelmauer angebrachten 13 Zielmarken und fünf Festpunkte (zwei außen und drei innen). Die einzelnen Fest- und Objektpunkte müssen in der „**Einlernphase**“ nur einmal grob angezielt werden; die **Feinzielung** sowie alle folgenden Messungen werden dann **automatisch** vom motorisierten Tachymeter programmgesteuert durchgeführt. Damit ist es möglich, die Messungen zu jeder **beliebigen** Tageszeit durchzuführen. In der Anfangsphase wird kontinuierlich gemessen, dann kann auf Grundlage der Beurteilung des bisherigen Messverlaufs eine Reduzierung der Messzyklen (z.B. auf etwa 48 Messungen pro Tag) erfolgen. Das Messinstrument wird auf einer Konsole montiert, die dauerhaft an der Mauer befestigt ist. Mit Hilfe der GOCA-Software ist es möglich, **absolute** Verformungen bezogen auf das übergeordnete Koordinatensystem der Festpunkte im Submillimeterbereich zu errechnen. Die sogenannte **Nulllinie** dient als **Bezugsepoche** für alle nachfolgenden Epochen. Mitarbeiter des **Vermessungsbüro Angst** beobachten online vom Büro aus das Verhalten des Objekts und liefern die entsprechenden Messwerte an die Bauleitung (im Beispielsfall zusätzlich an das Bauamt der Gemeinde Bruck/Leitha), wobei täglich auch ein Messprotokoll per E-Mail übermittelt wird. Das Messsystem ist auch mit einem **Alarmmanagement** (Lichtwarnlampe, Sirene, Benachrichtigung über E-Mail und SMS) ausgerüstet.



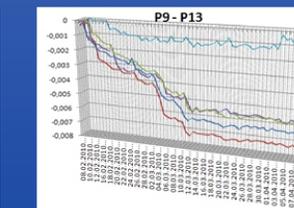
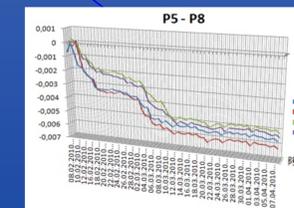
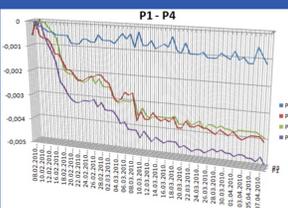
Ergebnisse

Aus den Messwerten ergeben sich für jeden einzelnen Objektpunkt **3D-Koordinaten**, woraus die jeweiligen Koordinatendifferenzen gegenüber der **Nullmessung** und der jeweils vorhergehenden Messepoche gebildet werden. Diese **Koordinatendifferenzen** können sowohl in graphischer als auch in numerischer Form dargestellt werden. Neben der Ausgabe aller Messwerte in Excel-Tabellen besteht außerdem die Möglichkeit, für jeden Punkt die **Veränderungen** über einen längeren Zeitraum in Form von Excel-Graphiken darzustellen. Alle Messwerte, die berechneten Koordinaten und die Zusatzinformationen werden in einer Datenbank archiviert.

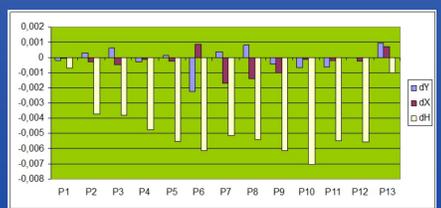


Punktverschiebung

In den links unten abgebildeten Graphiken sind die Verschiebungen gegenüber der Nullepoche in allen drei Koordinatenrichtungen der eingemessenen Punkte der Mittelmauer dargestellt. In der Auswertung sind die Daten von 03.02.-08.04.2010 (etwa 6000 Messzyklen) verarbeitet. Die Messwertverläufe werden für jeden der 13 Messpunkte grafisch dargestellt. Damit können rascher den **Stetigkeit** und **Plausibilität** überprüft werden. Die ersten Messdaten zeigen Verschiebungen im **1/10mm**-Bereich; später erhöhten sie sich erwartungsgemäß (nach dem Einbau der ersten Unterfangungskörper) in den **Millimeter**-Bereich. Die in den nächsten Tagen immer deutlichere Zunahme der Messwerte werden durch Umlagerungen erklärt, da auch die neue Fundamentsohle durch **eindringendes Wasser** aufgeweicht wurde. Etwa nach der Hälfte der Unterfangungsarbeiten erreichten die Messwerte eine Größenordnung von **4mm** bis **5mm**. Zum Ende der Bauarbeiten - nach etwas mehr als 2 Monaten - haben die Senkungen eine Größenordnung von bis zu **7mm** erreicht. Bei den erwarteten **Bewegungen** handelt es sich um einen **quasi gleichmäßigen** Prozess (ausgenommen sind dabei die beiden Randpunkte), so dass die gewählte Häufigkeit der Messepochen pro Tag ausreichend erscheint.

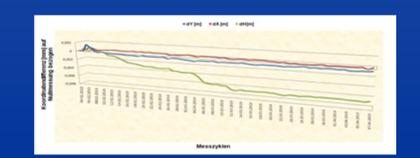
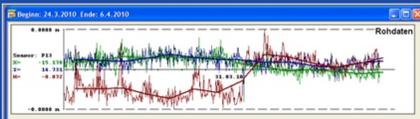


Prnr.	Nullmessung (03.02.2010)			61-Epoche 08.04.2010			Soll-Wert		
	Y[m]	X[m]	H[m]	Y[m]	X[m]	H[m]	dY[m]	dX[m]	dH[m]
P1	-17,4522	12,4808	-0,3428	-17,4521	12,4809	-0,3439	-0,0001	-0,0001	0,0011
P2	-14,6034	9,8808	-0,3005	-14,6036	9,8813	-0,3045	0,0002	-0,0005	0,0040
P3	-10,8853	6,7616	-0,2849	-10,8861	6,7620	-0,2888	0,0008	-0,0004	0,0039
P4	-8,5564	4,7972	-0,2546	-8,5564	4,7972	-0,2596	0,0000	0,0000	0,0050
P5	-5,8427	2,5070	-0,3710	-5,8428	2,5071	-0,3766	-0,0001	-0,0001	0,0056
P6	-2,3628	-0,4314	-0,2640	-2,3606	-0,4324	-0,2702	-0,0022	-0,0010	0,0062
P7	-0,9371	-1,6473	-0,2978	-0,9375	-1,6458	-0,3030	0,0004	-0,0015	0,0052
P8	2,3761	-4,4948	-0,3370	2,3753	-4,4935	-0,3426	0,0008	-0,0013	0,0056
P9	4,4070	-6,2355	-0,3022	4,4074	-6,2347	-0,3085	-0,0004	-0,0008	0,0063
P10	6,7424	-8,2425	-0,2781	6,7430	-8,2424	-0,2854	-0,0006	-0,0001	0,0073
P11	8,3490	-9,5887	-0,2262	8,3496	-9,5888	-0,2321	-0,0006	0,0001	0,0059
P12	12,7331	-13,284	-0,2185	12,7331	-13,2840	-0,2243	0,0000	0,0000	0,0058
P13	14,7323	-15,1775	-0,0714	14,7316	-15,1783	-0,0720	0,0007	0,0008	0,0065



Schlussbetrachtung

Durch die Verwendung eines **motorisierten** Tachymeters und die Integration von zusätzlicher Hard- und Software (VMT-Box, TPS-Control, und GOCA) wird ein **voll automatisiertes** Messsystem realisiert. Anhand der erzielten Messergebnisse können durch die Berücksichtigung von zusätzlichen Informationen über das **Bewegungsverhalten** der Mittelmauer vorhandene Deformationen des Objekts entdeckt und verfolgt werden. Damit ist ein Beitrag für die Sicherheit und den Erhalt des Objektes geleistet. Bemerkenswert ist, dass das System im gesamten Messzeitraum **nie ausgefallen** ist und **jederzeit** eine Verbindung (nicht nur vom Büro aus) über Internet **hergestellt** werden konnte.



Zusammenfassung

In einer **hochtechnisierten** Welt mit immer anspruchsvolleren Aufgaben für die Ingenieurwelt steigen auch die damit einhergehenden **Anforderungen** an Mensch und Infrastruktur. Kleinste strukturelle Bewegungen in Bauwerken oder im Gelände können **katastrophale** Auswirkungen haben. Konventionelle Überwachungsmethoden sind **kostenintensiv** und liefern lediglich Momentaufnahmen. Um Bewegungen von Objekten in ihrer komplexen Gesamtheit kontinuierlich erfassen und beherrschen zu können, bedarf es neuer **innovativer Überwachungssysteme** wie GOCA. Das Erreichen von vorher festgelegten Grenzwerten lässt sich so **rechtzeitig** erkennen, was einen Beitrag zum Schutz von Mensch und Infrastruktur darstellt.