

DATENBANKORIENTIERTES MONITORING- UND ANALYSESYSTEM - DABAMOS

Prof. Dr.-Ing. Karl Foppe
B. Eng. Matthias Hamann
B. Eng. Björn Schweimler
B. Eng. Christian Wolff

Fachbereich LGGB, Hochschule Neubrandenburg

Kurzfassung: *Unfälle und Naturkatastrophen erschüttern tagtäglich die Welt. Der Einsturz des Kölner Stadtarchiv und der Eissporthalle in Bad Reichenhall, Abbrüche der Kreidefelsen auf Rügen oder Absenkung und Hangrutschungen im Tagebauggebiet bei Nachterstedt in Sachsen-Anhalt sind nur einige dieser erschütternden Ereignisse, die zum Teil Menschenleben forderten. Der Bedarf an Monitoringsystemen, die den Zustand von Bauwerken und natürlichen Objekten permanent überwachen, wird dadurch deutlich. Erst moderne Datenverarbeitungs- und Datenübertragungstechniken ermöglichen dauerhafte automatisierte Präzisionsmessungen mit Hilfe von Monitoringsystemen. Die kleinen Veränderungen, die detektiert werden, erfordern ingenieurstechnischen Einsatz und ermöglichen eine genaue Bestimmung des Objektzustandes.*

1 Einleitung

Im Rahmen einer Lehrveranstaltung „Sensorik“ an der Hochschule Neubrandenburg ist das Forschungsprojekt „DABAMOS“ entstanden, welches unter der Leitung von Prof. Dr. -Ing. Karl Foppe steht. DABAMOS, ein Datenbankorientiertes Monitoring- und Analysesystem zeichnet sich dadurch aus, dass es modular aufgebaut ist. Diese Modularität ermöglicht es den Entwicklern auf Aspekte, wie Ausfallsicherheit, persistente Datenhaltung, Stabilität und Kompatibilität einzugehen.

Im Folgenden wird auf Umwelteinflüsse eingegangen, die die Standsicherheit von Bauwerken und natürlichen Objekten gefährden können. Des Weiteren werden der Aufbau herkömmlicher Monitoring-Systeme, das DABAMOS-System und dessen verschiedene Module erläutert.

2 Überwachungsmessungen

2.1 Physikalische Einflüsse

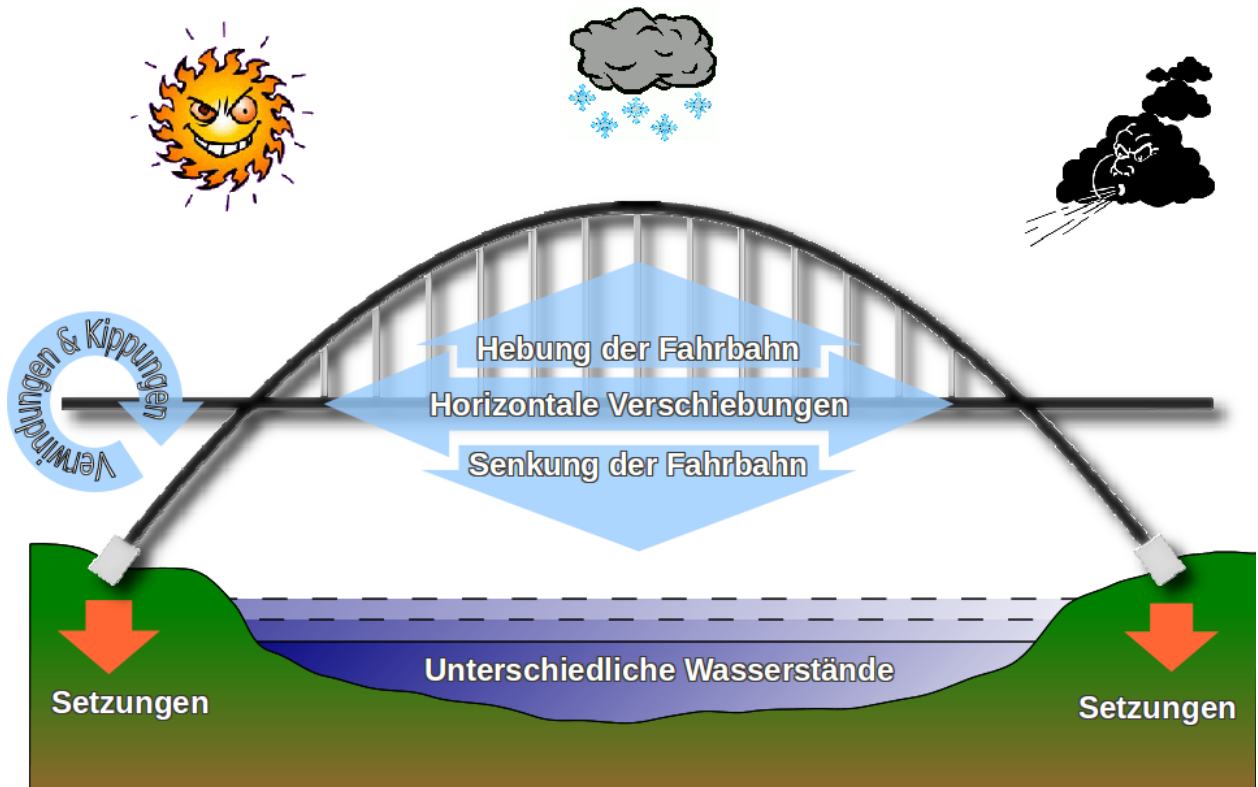


Abbildung 1: Physikalische Einflüsse auf Bauwerke

Gebäude unterliegen äußeren Einwirkungen, die sich auf das Bauwerksverhalten auswirken. In Abbildung 1 ist anhand einer Brücke, die verschiedenen äußeren Einflüssen unterliegt, dargestellt, welchen geometrischen Veränderungen diese ausgesetzt ist. Eine einseitige Erwärmung kann das Bauwerk kurzzeitig verformen. Die Verformung hat eine Verdrehung und Kippung zur Folge, da sich das Bauwerk nicht gleichmäßig erwärmt oder abkühlt.

Des Weiteren ändert sich durch unterschiedliche Wasserstände die Tragfähigkeit des Bodens und die Brücke setzt oder hebt sich. Analog dazu wirken sich diese Änderungen auf die Fahrbahn aus. So kann diese durch die Verschiebung der Fundamente in ihrer Lage verändert werden.

Ist die Brücke starken Seitenwinden ausgesetzt, können Schwingungen auftreten, die letztendlich die Standfestigkeit des Bauwerks gefährden können.

Als zusätzliche Einflüsse sind regelmäßige Temperaturänderungen zu nennen. Feststellbar sind tägliche, sowie jahreszeitliche Temperaturschwankungen. Auf diese Weise entstehen spezifische Eigenbewegungen wie Tages- und Jahresgänge.

Nicht nur Temperaturschwankungen können als Ursache periodischer Bauwerksbewegungen angesehen werden. Ein Wochengang bspw. kann durch verschiedene Verkehrsaufkommen entstehen, z.B.: Wochenendfahrverbote für Lastkraftwagen.

Diese Veränderungen und Deformationen bzw. Schwingungen können durch permanentes Monitoring detektiert werden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse helfen Bewegungen zu verstehen und dienen zur Nachweissicherung. Dadurch können Gefährdungen für das Messobjekt und dessen Umgebung vermieden, oder wenigstens vermindert werden. Aus den Erkenntnissen über die Bewegung können Prognosen über das zukünftige Verhalten unter definierten Belastungsfällen abgeleitet werden. Die so gewonnenen Erkenntnisse können bei zukünftigen Planungen ähnlicher Bauwerke oder Sanierungen berücksichtigt werden.

2.2 *Aufbau herkömmlicher Monitoringlösungen*

Im nachfolgenden Abschnitt wird der Aufbau eines herkömmlichen Monitoringsystems erläutert. Um Veränderungen an Bauwerken registrieren zu können, werden an den Objekten Messpunkte definiert. Diese werden periodisch in einem vorgegebenen Messintervall mit einem Sensor, bspw. einem Tachymeter, angemessen. Die Messwerte werden mit dem zugehörigen Zeitstempel in einer Datei auf dem Steuercomputer gespeichert.

Die Installation der benötigten Technik findet in der Regel am Einsatzort statt. Die erhobenen Daten werden dann im einfachsten Fall einmal pro Tag, bspw. per Mail, zum Rechner im Ingenieurbüro übertragen. Im schlechtesten Fall gibt es bei der Übertragung ein Problem und der Projektleiter muss mit dem Auto zum oftmals weit entfernten Überwachungsobjekt fahren, um die Daten zu holen. Neben den Fähigkeiten zur Datenerhebung und zum Transport sollte der Rechner am Einsatzort in der Lage sein, im Notfall eine Warn-Email oder Warn-SMS zu versenden. Die Auswertung der Daten erfolgt meist manuell im Ingenieurbüro.

Die nachfolgende Abbildung stellt diesen Sachverhalt grafisch dar.

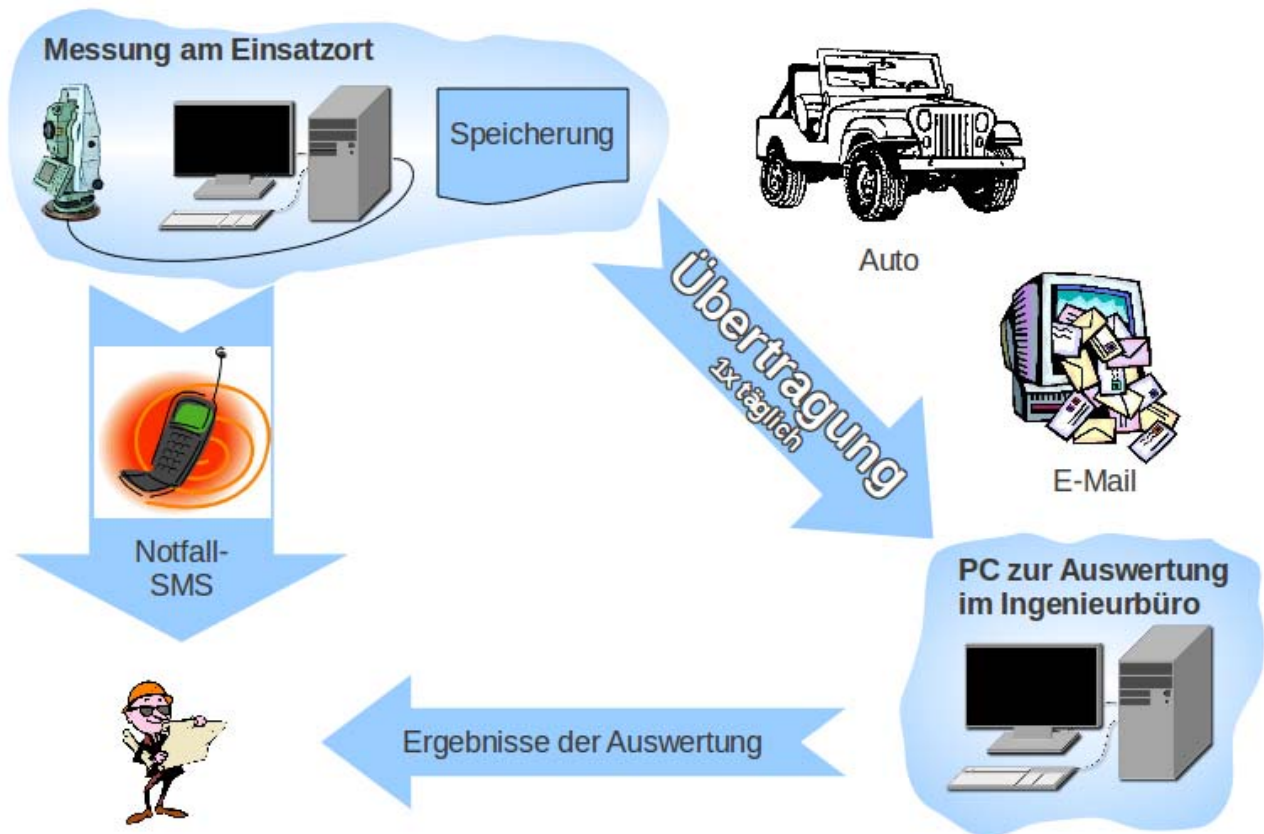


Abbildung 2: Aufbau herkömmlicher Monitoringsysteme

3 Was macht DABAMOS anders?

Das datenbankorientierte Monitoring- und Analysesystem – DABAMOS stellt eine Erweiterung bestehender Monitoringlösungen dar. Die Hauptaufgabe ist weiterhin die Ansteuerung der Sensoren und die Speicherung der Messdaten mit Zeitstempel der Messung, allerdings wurde das Konzept der bisherigen Überwachungsmesssysteme stark ergänzt.

DABAMOS unterscheidet sich in folgenden Punkten von bisherigen Systemen:

- durch den modularen Aufbau,
- die Verwendung modernster Datenbanktechnologien,
- die Plattformunabhängigkeit,
- die Sensorherstellerunabhängigkeit und
- Verfolgung aktueller Trends, wie die Verwendung von mobilen Plattformen zur Darstellung der Mess- und Analyseergebnisse

DABAMOS ist als verteilte Architektur implementiert, deren Module über Computernetzwerke miteinander kommunizieren. Das Gesamtsystem stellt dabei eine lose Kopp-

lung von Einzelmodulen dar, die jedes für sich eine kleine Teilaufgabe erledigen ohne dabei die anderen Komponenten bei ihren Arbeitsabläufen zu beeinflussen.

Dadurch, dass die Module auf verschiedenen Computern ihre Aufgaben abarbeiten, kann eine echte Nebenläufigkeit von Arbeitsaufgaben realisiert werden. Bei klassischen Anwendungen, die auf einem herkömmlichen Computer installiert sind, beeinflussen sich die jeweiligen Teilprozesse einer Anwendung gegenseitig, da diese um die Rechenzeit des einzig verfügbaren Prozessors konkurrieren. Dies ist bei einigen wenigen Modulen, die wenig Rechenzeit benötigen, noch nicht ausschlaggebend. Wenn allerdings ein PC die Ansteuerung mehrerer Sensoren, die Datenaufbereitung und -analyse übernehmen soll, kann es zu gegenseitigen Beeinflussungen kommen. Bspw. wenn die Datenanalyse länger den Prozessor belegt als vorgesehen, kann das Messintervall des Messmoduls sich vergrößern, da das Modul erst später Rechenzeit vom Prozessor zugewiesen bekommt. Durch den modularen Aufbau und die Verteilung auf verschiedene Computer kann eine effiziente Abarbeitung des Messauftrages gewährleistet werden.

Ein weiterer Vorteil verteilter Systemarchitekturen ist die erhöhte Ausfallsicherheit. So können bestimmte zentrale Systemkomponenten mehrfach vorhanden sein, damit im Fall des Modulausfalls ein anderes dessen Aufgabe übernehmen kann. Ebenso kann auch die Ausfallsicherheit der verwendeten Datenbanken verbessert werden, in dem der Datenbestand auf weitere Datenbanken gespiegelt werden. Diese können dann bei Ausfall der Hauptdatenbank deren Aufgabe übernehmen.

Durch Verteilung der Funktionalitäten des Gesamtsystems auf verschiedene Module und Computer können einzelne Komponenten leicht aktualisiert oder ausgetauscht werden, ohne andere Systemmodule in deren Arbeitsablauf zu stören. Sollen bspw. weitere Berechnungsfunktionen im Analysemodul hinzugefügt werden, wird das alte Modul heruntergefahren, die entsprechende Software aktualisiert/ersetzt und das neue Programm wieder gestartet. Alle anderen Module arbeiten währenddessen wie gewohnt weiter.

Ebenso ist es möglich völlig neue Komponenten in das System zu integrieren. Das neue Modul muss lediglich die vorgegebenen Schnittstellen der anderen Module implementieren, um mit diesen kommunizieren zu können. DABAMOS lässt sich bspw. um ein Steuerungs- bzw. Regelungsmodul erweitern. Das Modul reagiert dabei auf Ergebnisse der Datenanalyse und regelt daraufhin einen Prozess. Bspw. könnte ein solcher Prozess die Steuerung einer Tunnelbohrmaschine sein.

Um die Lauffähigkeit der Module auf möglichst vielen Hardwareplattformen zu gewährleisten, wurde zur Implementierung die plattformunabhängige Programmiersprache JAVA verwendet. Dadurch ist das System auf fast allen am Markt verfügbaren Hard- und Softwareplattformen einsetzbar.

DABAMOS lässt die Verwendung beliebiger Sensoren unterschiedlicher Hersteller zu. Ebenso können zur Laufzeit neue Sensoren mit dem System verbunden werden, ohne

dass eine programmtechnische Änderung notwendig wird. Die notwendigen Befehle werden während der Ausführung in das Programm eingegeben.

Des Weiteren lässt das System die Einbindung moderner mobiler Endgeräte zu. Auf diese Weise sind die Überwachung des Messsystems und die Betrachtung der Mess- und Analysedaten an jedem beliebigen Ort weltweit möglich.

Damit allerdings die mobilen Endgeräte an das Mess- und Analysesystem angebunden werden können, ist ein internes Nachrichtensystem notwendig. Dieses ermöglicht den Datenfluss vom Sensor über die verschiedenen Module wie das Mess-, das Aufbereitungs-, das Analyse- und Alarmierungsmodul zur grafischen Oberfläche auf dem Smartphone oder anderen mobilen Endgeräten.

Im Folgenden werden das Nachrichtensystem und die weiteren Systemkomponenten detailliert erläutert.

4 Systemkomponenten

4.1 internes Nachrichtensystem

Das interne Nachrichtensystem stellt eine Kommunikationsplattform für alle Module im Gesamtsystem bereit.

In der folgenden vereinfachten Abbildung sind die verschiedenen Nachrichten dargestellt (jeweils mit Nummern gekennzeichnet). Die Datenbanken wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen.

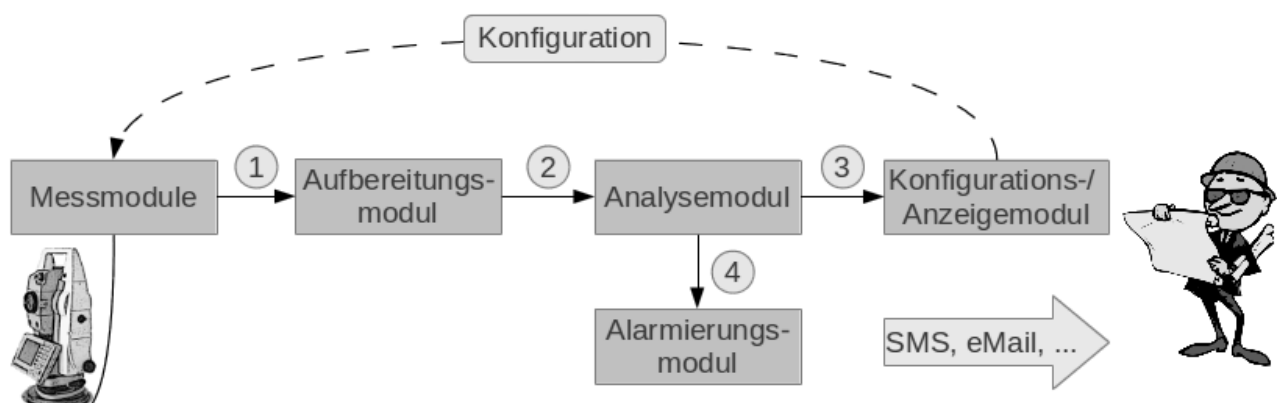


Abbildung 3: Modulübersicht DABAMOS

Die Nachricht des Messmoduls (1) zeigt an, dass neue Rohdaten in einer lokalen Datenbank gespeichert wurden. In der Nachricht sind der Name der Messstation und die Seriennummer des Sensors enthalten, dessen Daten in der Datenbank gespeichert wurden. Das Aufbereitungsmodul kann anhand dessen die aktuellen Rohdaten von den Messstationen holen und aufbereiten.

Nachricht (2) meldet dem Analysemodul, dass Rohdaten zerlegt und in Zahlenwerte umgewandelt wurden. Die aufbereiteten Werte stehen dann in der globalen Datenbank zum Abruf bereit. In dieser Nachricht werden die Seriennummer des Sensors und der jeweilige Messpunkt übertragen, da in der globalen Datenbank die Zeitreihen pro Messpunkt gespeichert werden.

In Nachricht (3) wird dem Konfigurations- und Anzeigemodul mitgeteilt, dass neue Analyseergebnisse zur Darstellung vorliegen. Das Anzeigemodul kann die Daten wiederum aus der globalen Datenbank abrufen. Sind bei der Analyse der Daten auffällige Ergebnisse aufgetreten, wird in dieser Nachricht ebenfalls darauf hingewiesen. Auf diese Weise kann das Anzeigemodul den Nutzer schnell auf die Situation hinweisen.

Nachricht (4) dient dazu das Alarmierungsmodul zu benachrichtigen, falls besondere Ereignisse bei der Datenanalyse aufgetreten sind. Der Nutzer kann dann über verschiedenste Kommunikationswege benachrichtigt werden.

Zusammenfassend ist zu erwähnen, dass alle Nachrichten vollautomatisch von den einzelnen Modulen des Programmsystems verschickt werden. Die Module reagieren dabei auf bestimmte Ereignisse, die den Versand der Nachrichten an andere Komponenten auslösen. Bspw. ein neuer Messwert trifft in einem Messmodul ein und wird in der lokalen Datenbank des Moduls gespeichert. Das erfolgreiche Speichern in der Datenbank löst dabei den Versand der Nachricht an das Aufbereitungsmodul aus.

Die einzigen Eingriffsmöglichkeiten des Nutzers sind die Konfiguration der Messmodule.

4.2 Messmodul(e)

Das Messmodul ist eine Komponente auf dem Messrechner und eng verzahnt mit dem eigentlichen Messinstrument. Die Aufgabe ist die Kommunikation mit dem Gerät, sowie das Speichern der ankommenden Daten. Zusätzlich dazu wird das Nachrichtensystem genutzt, um andere Module über neue Messwerte zu informieren.

Eine Besonderheit ist die Herstellerunabhängigkeit von DABAMOS. Realisiert wird diese über die Konfiguration des Messmoduls. Für einen Arbeitsauftrag wird lediglich eine Befehlsliste mit den ASCII – Befehlen zum Ansteuern eines Sensors benötigt. Daraus ergibt sich, dass alle Sensortypen angesprochen werden können, die mit Hilfe von Zeichenketten inklusive Sonderzeichen kommunizieren.

Die Konfiguration erfolgt einmalig und darüber hinaus ist keine weitere Kommunikation oder Interaktion mit dem Modul notwendig. Die Autarkie wird unterstrichen durch die Eigenschaft, dass selbst ein Ausfall des Rechners, bspw. durch Stromausfall keineswegs einen manuellen Neustart nötig macht. In einem solchen Fall fährt der Rechner wieder hoch, sobald der Strom wieder vorhanden ist. Die DABAMOS – Software startet als Dienst, ist also in das Betriebssystem eingebettet. Die durchgeführte Konfiguration

wurde lokal gespeichert und wird beim Start automatisch geladen. Die Messung beginnt erneut ohne einen Eingriff des Benutzers.

4.3 Datenbank

Die Datenbank (DB) arbeitet mit allen Komponenten zusammen und gewährleistet die Persistenz der Daten. Zur Verbesserung der Ausfallsicherheit und zur Vermeidung von Datenverlusten werden im DABAMOS – System verschiedene Datenbanken verwendet: die lokale und die globale Datenbank.

Erstere befindet sich, wie das Messmodul, auf dem Rechner, der das Ansteuern der Sensoren realisiert. Die Aufgabe ist die Speicherung der anfallenden Messwerte mit einem Zeitstempel, welcher von dem PC geliefert wird. Zusätzlich dazu ermöglicht die DB den Zugriff auf die Daten über das Netzwerk. Es wird die objektorientierte Datenbank db4o verwendet. Diese ermöglicht die direkte Speicherung von Java – Objekten, ohne dass vorheriges Mappen oder Ähnliches notwendig wird. Ein weiterer Vorteil ist die unkomplizierte Installation und Nutzung, welche in Verbindung mit dem Messmodul eine Rolle bei der Auswahl gespielt hat.

Die globale DB hat die Aufgabe, den gesamten Datenbestand eines Projektes, also eines Überwachungsobjektes, zu verwalten. Die Komponente bildet die Schnittstelle für den Endnutzer, d.h. es wird ausschließlich auf diesem Bestand gearbeitet. Aus diesem Grund wird eine objektrelationale DB, konkret PostgreSQL, verwendet. Eine Eigenschaft des Datenbanktyps ist die Möglichkeit, eigene Datentypen zu definieren. In Zusammenhang mit Hibernate, einem O/R – Mapper, ist dies eine einfache Lösung, um Java – Objekte als Tabellen abzubilden und so persistent zu speichern. Daraus ergibt sich, dass die Daten, welche durch DABAMOS erhoben wurden, relativ einfach für weiterführende Systeme, bspw. eine individuelle Auswertung in Matlab, nutzbar sind. Weitere Faktoren für die Verwendung von PostgreSQL sind die umfangreiche und gut dokumentierte Installation sowie die Tatsache, dass es sich um erprobte Software handelt. Ein zusätzliches Feature der DB ist, dass eigene Trigger und Prozeduren erstellt werden können. Diese ermöglichen ein Verarbeiten der Daten in der Datenbank selber, sodass bspw. das Qualitätsmanagement direkt auf dem Bestand durchgeführt werden kann.

Die kombinierte Nutzung beider Datenbanken ermöglicht die sichere Speicherung der Daten und zudem ein Höchstmaß an Wartbarkeit und Wiederverwendbarkeit.

4.4 Aufbereitungsmodul

Das Aufbereitungsmodul ist das Verbindungsstück zwischen der lokalen und der globalen DB. Die Komponente befindet sich auf dem Systemserver und hat die Aufgabe, die Daten aller Messmodule mit dem globalen Datenbestand abzugleichen. Die Aktivierung erfolgt zum einen periodisch, bspw. alle 10 Minuten. Zum anderen ist dieses Modul in

der Lage, auf Nachrichten vom Messsystem zu reagieren und einen Abgleich einzuleiten. Das Aufbereitungsmodul greift nach der Aktivierung direkt auf die betreffende, lokale Datenbank zu und formatiert die enthaltenen Daten. Als letzter Schritt werden diese in der globalen DB gespeichert.

Die Formatierung ist notwendig, da bis zu diesem Schritt alle Messwerte noch als Strings vorliegen. Bei einer Tachymetermessung bspw. fallen üblicherweise Zeichenketten an, welche Hz, V und s enthalten. Das gewünschte Format bei der Deformationsüberwachung sind aber Koordinaten, sodass die Richtungen und die Strecke erst, unter Berücksichtigung der Meteorologie, transformiert werden müssen. Der Datenbestand in der globalen Datenbank setzt sich demzufolge nur aus X, Y und Z zusammen. Dieses Format ist letztlich auch das, welches den Endnutzer interessiert und mit welchem Analysen erfolgen können.

4.5 Analysemodul

Alle bisher beschriebenen Komponenten haben die Aufgabe, die Daten zu sammeln, sie zu formatieren und zu speichern. Das Analysemodul setzt an dem Punkt an, dass alle verfügbaren Messwerte in der globalen Datenbank vorhanden sind. Die konkreten Aufgaben der Komponente sind die automatisierte und nutzergesteuerte Analyse sowie der Export und die Präsentation der Daten.

Die automatisierte Analyse (Abb. 4) ist eine periodische Auslösung bestimmter Algorithmen, um den Datenbestand fehlerbereinigt und in der gewünschten Form zu halten. Dazu gehört zum Beispiel die Durchführung einer Kollokation, um Datenlücken zu füllen, oder auch die Beseitigung des Trends.

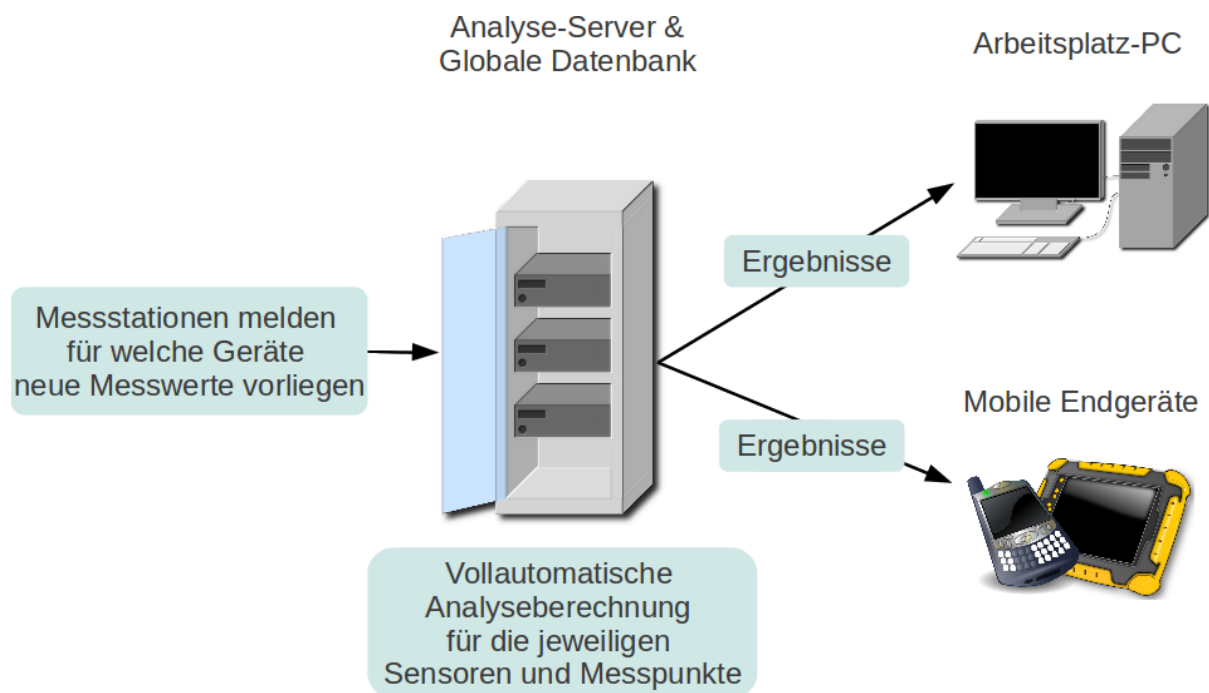


Abbildung 4: Automatische serverseitige Analyse

Die zweite Form der Analyse ist gleichzusetzen mit einer Reihe von Funktionalitäten, die der Nutzer auf dem Datenbestand ausführen kann. Im Zusammenhang mit Bauwerksmonitoring ist die Überführung der Zeitreihe in den Frequenzbereich, durch die Fast – Fourier – Transformation, sinnvoll, um die Schwingungen des Objektes zu detektieren.

Die Berechnungen erfolgen jeweils serverseitig. Der Vorteil ist, dass die gesamte Rechenlast auf dem Server liegt und die Ressourcen optimal genutzt werden können. Der Client, welcher die Ergebnisse abfragt, braucht dagegen weniger Rechenpower, da dieser nur die berechneten Resultate erhält und angezeigt bekommt.

Die Darstellung des Datenbestandes und der Ergebnisse verschiedener Algorithmen ist ebenfalls Aufgabe des Analysemoduls. Implementiert ist die Komponente auf einem Glassfish – Server mit Java EE als Technologie – Basis. Neben einer sehr guten Skalierbarkeit der Anwendung kann als Vorteil angeführt werden, dass eine im Web erreichbare Anwendung erstellt wird. Diese beinhaltet die Erzeugung von Webseiten und anschaulichen und aussagekräftigen Diagrammen. Die Nutzung von Frameworks zur Darstellung, bspw. IceFaces oder PrimeFaces, realisiert die angepasste Anzeige für mobile Endgeräte, sodass die Ergebnisse auch mit dem Browser eines Smartphones abgerufen werden können.

4.6 Alarmierungsmodul

Die letzte Komponente, die in diesem Zusammenhang erläutert wird, ist das Alarmierungsmodul. Dieses wird über das Nachrichtensystem aktiviert und soll den Nutzer im Problemfall in Kenntnis setzen. Mögliche Auslöser sind statistisch signifikante Überschreitungen, festgestellt durch das Analysemodul, oder auch Fehlermeldungen und Probleme mit anderen Modulen. Die Alarmierung wird über SMS und eMail realisiert sowie durch eine Warnmeldung auf der Benutzeroberfläche.

5 Ausblick

Zusammengefasst haben alle bisher erhältlichen Systeme die gleiche Ausgangsbasis. Sie arbeiten häufig mit geodätischen Sensoren, bspw. Tachymetern und Neigungsmessern. Zusätzlich dazu müssen meteorologische Sensoren betrieben werden, um ein korrektes Modell des Überwachungsobjektes zu erhalten. Insgesamt kann als von einer sehr teuren Sensorik für ein Monitoringsystem ausgegangen werden. Neben den Sensoren muss allerdings auch die EDV - Technik betrachtet werden, welche die Aufgabe der Steuerung und Datenspeicherung hat. Diese Computer müssen an alle Bedingungen angepasst und ausfallgesichert sein. Zusätzlich dazu sind die redundante Stromversorgung sowie die Diebstahlsicherung für alle Geräte zu nennen. Ein weiterer Faktor sind laufende Kosten für die Internetverbindung des Systems sowie Server, welche die Daten verarbeiten und darstellen. Daraus ergibt sich, dass die Einrichtung und der Betrieb eines Monitoringsystems mit sehr hohen Ausgaben verbunden sind, welche den

Auftraggeber häufig überraschen und auch abschrecken. Ausgehend von diesen Grundlagen sollen im Folgenden zwei Lösungsvorschläge betrachtet werden.

Der erste Punkt ist die Nutzung von alternativen Sensoren. Diese müssen an das Überwachungsobjekt angepasst und für die Aufgabe geeignet sein. Vorstellbar ist bspw. das Monitoring von Rissen in einem Bauwerk mit Hilfe von Dehnungsmessstreifen oder auch eine Hangüberwachung mit Hilfe von low-cost-GPS.

Die zweite Möglichkeit zur Kostensenkung ist die Verwendung von sogenannten Embedded - PC's. Diese sind von der Leistung her vergleichbar mit bekannten Systemen, allerdings viel kleiner und platzsparender auf einer Platine kombiniert. Die besondere Eigenschaft ist, dass sie viel billiger und unauffälliger sind, sodass sie nicht speziell gegen Diebstahl gesichert werden müssen. Beide Varianten können die Gesamtkosten für ein Monitoringsystem stark reduzieren, sodass die Bereitschaft zur Installation und somit auch die Sicherheit steigen.



Abbildung 5: Größenvergleich Embedded PC [1]

Neben der Problematik der Kosten ist auch die Akzeptanz anderer Ingenieurwissenschaften gegenüber Deformationsmessungen und Monitoring ein kritischer Punkt. Geodäten werden häufig mit dem Begriff "Datensammler" oder auch "Datenlieferant" gleichgesetzt. Ein Monitoringsystem muss diesbezüglich mehr bieten. Zum einen müssen die Daten natürlich erhoben und gespeichert werden. Zum anderen müssen die Daten auch verarbeitet und je nach Wunsch des Auftraggebers präsentiert werden. Radikal könnte behauptet werden, dass der verantwortliche Ingenieur alle benötigten Aussagen aus den Daten ziehen kann, ohne jemals selbst Hand angelegt zu haben.

Die beschriebenen Maßnahmen und Vorschläge können zu einer erweiterten Akzeptanz und Verbreitung von Monitoringsystemen führen.

Literatur

- [1] unbekannt: Internetquelle, <http://www.ewayco.com/51-embedded-systems-100-PC-mini-ITX-low-cost/TK-Low-cost-fanless-embedded-system-back2-med.jpg>, 28.10.2011.

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Karl Foppe
Hochschule Neubrandenburg
Fachbereich LGGB
Brodaer Straße 2
D-17033 Neubrandenburg
e-mail: foppe@hs-nb.de
Telefon: ++49(0)395 / 5693-4100

B. Eng. Matthias Hamann
Hochschule Neubrandenburg
Fachbereich LGGB
e-mail: gi07b10@hs-nb.de

B. Eng. Björn Schweimler
Hochschule Neubrandenburg
Fachbereich LGGB
e-mail: gi07b21@hs-nb.de

B. Eng. Christian Wolff
Hochschule Neubrandenburg
Fachbereich LGGB
e-mail: gi07b25@hs-nb.de