

Seismische Instrumentierung am Beispiel des Kernkraftwerkes Neckarwestheim

Cosmas Savary, SYSCOM Instruments, Zürich



SEISMISCHE INSTRUMENTIERUNG AM BEISPIEL DES KERNKRAFTWERKES NECKARWESTHEIM

1. Einleitung

Die meisten Kernkraftwerke sind aufgrund von gesetzlichen Auflagen mit einer seismischen Instrumentierung ausgerüstet. Die seismische Instrumentierung soll nach einem Erdbeben eine rasche Entscheidung über den Weiterbetrieb, bzw. das Abschalten der Anlage ermöglichen.

Die bestehenden seismischen Instrumentierungen in den meisten KKW's in Europa entsprechen dem Stand der Technik der 60-er Jahre. Nicht nur wegen zunehmenden Problemen bei der Beschaffung von Ersatzteilen haben sich mehrere Betreiber dazu entschlossen, die alte Instrumentierung zu ersetzen. Die neue Instrumentierung verkürzt die Zeitspanne bis zur Entscheidung über den Weiterbetrieb der Anlage von mehreren Tagen auf wenige Minuten. Auch wenn Erdbeben hierzulande eher selten sind, rechtfertigt dieser Zeitgewinn in Anbetracht der extrem hohen Stillstandskosten eines KKW's diese Neuinvestition.

Im folgenden wird auf die einschlägigen Normen (für Deutschland), die alte und neue Gerätetechnik sowie spezielle Aspekte des Austausches der alten Anlage mit der neuen Instrumentierung eingegangen.

2. Normen

2.1 Gerätenorm - KTA 2201.5

Diese Deutsche Norm (KTA=Kerntechnischer Ausschuss) beschreibt die technischen Mindestanforderungen an die seismische Instrumentierung eines Kernkraftwerkes. Die Normen stammen zu einem grossen Teil aus der Zeit der analogen Aufzeichnungsgeräte, erst die neueste Fassung sieht auch digital aufzeichnende Geräte vor.

Die untenstehende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Spezifikationen und vergleicht diese mit den technischen Daten der Instrumentierung von SYSCOM.

Kriterium	Norm (KTA 2201.5)	Spezifikationen Basiseinheit (MR & MS)
Dynamik des Aufnehmers	55:1 (= 35 dB)	> 80 dB
Messfehler des Aufnehmers	< 20%	<< 5 %
Dynamik der Aufzeichnung	100:1 (=40 dB)	72 dB

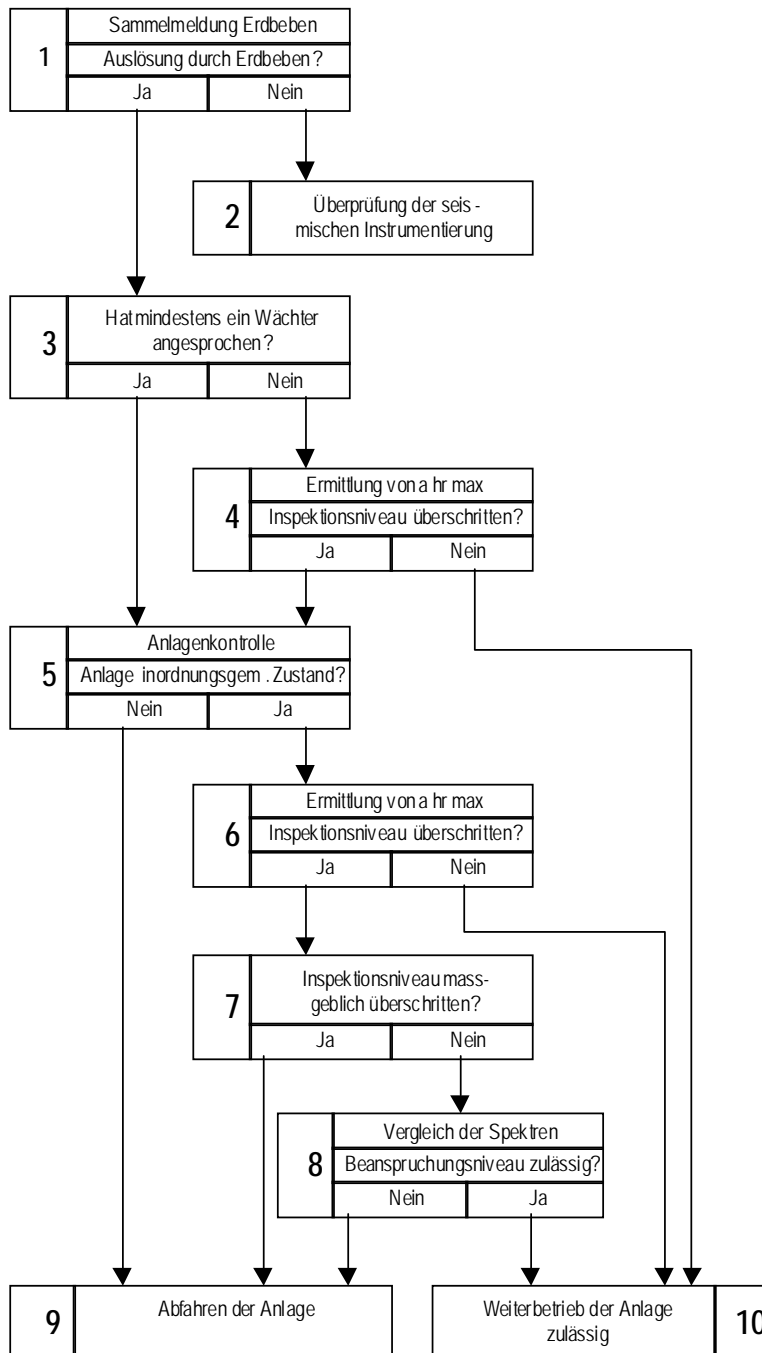
Diese Richtgrössen sind für technikverwöhnte Ingenieure unspektakulär, trotzdem sind sie für die Erreichung des Ziels - nämlich der zuverlässigen Beurteilung des Zustandes der Konstruktion nach einem Erdbeben - absolut sinnvoll. Eine bessere Dynamik der Aufzeichnung ist nicht notwendig, da in den Kraftwerken durch die verschiedenen Pumpen und weiteren Installationen immer Erschütterungen vorhanden sind.

Weitaus bedeutender als ausgereizte technische Spezifikationen ist die Zuverlässigkeit der Geräte. Diese wird durch mehrere Massnahmen sichergestellt:

- Qualifizierung der Geräte durch die Aufsichtsbehörde (TÜV)
- strikte Einhaltung von Qualitätsnormen (ISO 9001)
- permanente Wartung und Überprüfung der Geräte
- sofortiges Erkennen, Melden und Beseitigen von Störungen

2.2 Richtlinien zur Auswertung - KTA 2201.6

Nach einem Erdbeben ist ein schneller Entscheid über den Weiterbetrieb der Anlage notwendig. Dieser Entscheid muss vom Schichtpersonal auf der Warte ohne besondere Kenntnisse auf dem Gebiete der Baudynamik gefällt werden. Der Entscheid stützt sich ab auf eine Analyse im Zeitbereich (maximale Vektorsumme der Horizontalbeschleunigungen). Bei Überschreitung des Grenzwertes wird in der Folge auch eine Analyse im Frequenzbereich vorgenommen (Vergleich des Antwortespektrums mit einem Referenzspektrum). Zu diesen gemessenen, bzw. berechneten Grössen dient natürlich auch der Zustand der Anlage als Entscheidungskriterium. (Siehe untenstehende Entscheidungshilfe nach KTA 2201.6).



Entscheidungshilfe nach KTA 2201.6

3. Gerätetechnik

3.1. Alte - analoge Instrumentierung

Die herkömmliche Instrumentierung besteht aus Beschleunigungsaufnehmern, Triggern und Wächtern sowie einem zentralen Bandaufzeichnungsgerät. Die analogen Signale der Beschleunigungsaufnehmer werden vom Bandaufzeichnungsgerät in analoger Form oder PCM-moduliert aufgezeichnet. Die Trigger (auch ein mechanischer Beschleunigungsaufnehmer mit einem Relais-Kontakt, der bei Erreichen eines fix eingestellten Grenzwertes ausgelöst wird) dienen dazu, das Bandlaufwerk zu starten. Die Wächter (Aufbau wie der Trigger, aber mit einem höheren Grenzwert und einem weiteren Frequenzband) sind für die Alarmierung der Warte zuständig. Die Aufzeichnungen des Bandlaufwerks können auf einem Papierschreiber ausgedruckt werden. Die Interpretation der Registrierungen erfolgt visuell. Für die Frequenzbewertung wird der Papierschrieb - nach heutigem Stand der Technik - gescannt und digitalisiert.

3.2. Neue - digitale Instrumentierung

Die Basiseinheit (MR2002 mit dem Beschleunigungsaufnehmer MS2002) erfüllt gleichzeitig die Funktion als Trigger (indem im MR die Registrierung gestartet wird) und als Wächter (Setzen des Alarm-Flags, bzw. Ansprechen des Alarm-Relais). Die Funktion der Grenzwertüberwachung wird dabei vom Microcontroller übernommen. Die Messwerte des Beschleunigungsaufnehmers werden in der Nähe des Sensors gefiltert, digitalisiert und aufgezeichnet. Damit können Störeinflüsse, welche auf die bis zu 500 m langen Übertragungskabel zum Bandlaufwerk einwirken, weitgehend eliminiert werden.

Die Netzwerkzentrale NCC2002 koordiniert die Aktivitäten der autonomen Basiseinheiten. Das NCC bietet auch die Funktionalität für die Alarmlogik und die Triggerlogik. Die Alarmlogik nimmt eine Bewertung der Alarmmeldungen (Wächterfunktion) der einzelnen Basiseinheiten vor und leitet die Wächtermeldungen an die betriebliche Leittechnik weiter. Die Triggerlogik stellt sicher, dass an allen Messpunkten aufgezeichnet wird, wenn die Erschütterungen auf einer Achse eines Sensors den Triggerschwellwert überschreiten. Dies ist aus heutiger Sicht eine nicht unbedingt sinnvolle Forderung der KTA, da durch diese Einstellung viele Fehlregistrierungen stattfinden, die wie ein Erdbeben behandelt werden müssen. Das NCC kommuniziert permanent mit allen MRs, dadurch werden Störungen sofort erkannt und über Relaiskontakte an die betriebliche Leittechnik gemeldet.

Die Auswertung der Registrierungen erfolgt auf einem Industrie PC. Auf diesem läuft das Software Paket 'seismische Instrumentierung'. Dieses beinhaltet die 3 Module EMON, EAW und EMAIL. EMON überwacht die ganze Anlage indem es laufend in einem Polling-Verfahren vom NCC Statusinformationen der gesamten Anlage abfragt. EMON überprüft damit, ob neue Registrierungen oder eine Fehlfunktion an der Anlage vorliegen. Ist eine Registrierung erfolgt, überträgt EMON die Daten von den MRs und sichert diese auf dem PC. Danach startet EMON das Auswerteprogramm EAW, welches die Registrierungen nach den Regeln der KTA 2201.6 (siehe oben) auswertet und die Resultate in Berichtform auf dem Protokoll drucker ausgibt. EMON protokolliert sämtliche Vorkommnisse in einer LOG Datei, die vom Programm EMAIL gelesen wird. EMAIL speist diese Protokolleinträge in das kraftwerksinterne E-Mail-System ein, so dass die zuständigen Personen im Kraftwerk sofort per E-Mail oder Pager über allfällige Registrierungen oder Störmeldungen genau informiert sind.

Der Auswerte-PC ist in das kraftwerksinterne LAN eingebunden. Über diese Netzwerkverbindung wird der Auswerte-PC und damit auch das NCC mit der genauen Zeit versorgt. Zudem ist es möglich über die LAN-Verbindung die ganze Anlage fernzusteuern.

Konzept und Ausführung der Basiseinheit (MS und MR) und der Zentraleinheit NCC wurden vom TÜV im Hinblick auf den Einsatz in Kernkraftwerken im Rahmen einer Typenprüfung (Funktionstests, Umweltsimulation, elektrische Tests) gründlich getestet und für gut befunden. Der zuverlässige

Betrieb, bzw. ein frühzeitiges Erkennen von Fehlfunktionen ist durch die umfangreichen Selbsttestfunktionen sichergestellt. Der kapazitive Aufnehmer MS2002 zeichnet sich als 'IC-Sensor' ohne bewegliche Teile durch eine sehr hohe Langlebigkeit aus.

4. Installation / Dokumentation

Die Installation in einem Kernkraftwerk wie GKN ist sehr zeitaufwendig. Die Standorte der MRs sind innerhalb des Kontrollbereichs, was den Zugang erschwert. Ein grosser Vorteil der neuen Instrumentierung besteht darin, dass dafür keine neuen Kabel eingezogen werden mussten. Die bestehenden Kabel werden für die Spannungsversorgung der MR mit DC 24 V und für die Kommunikation zwischen MR und NCC verwendet. Um eine möglichst fehlerfreie Kommunikation zwischen MR und NCC sicherzustellen, sind diese Verbindungen in Form von 4-20 mA Stromschleifen ausgeführt (wie am NCC light). Für das Freifeldgerät wurden aus Gründen des Überspannungs- und Blitzschutzes neue Glasfaserkabel verlegt.



Die Bilder zeigen eine Messstelle im Kontrollbereich und den Erdbebenschrank mit Stromversorgung, NCC und PC.

4. Projektabwicklung

Die Abwicklung der Neuinstrumentierung des Gemeinschaftskraftwerks Neckarwestheim erstreckte sich über mehrere Jahre. Die Absprachen zwischen Hersteller, Auftraggeber und Aufsichtsbehörde fanden in umfangreichen Pflichten- und Lastenheften Ausdruck. Vor der Installation fand eine Werksabnahmeprüfung in Anwesenheit des Auftraggebers und der Behörden sowie ein Qualitäts-Audit in unserer Produktion in Sainte-Croix statt.

Nach der Installation erfolgte die IBS (Inbetriebsetzung) wiederum in Anwesenheit der Aufsichtsbehörde und nach Abschluss der Dokumentationsarbeiten eine Abnahme durch den Auftraggeber. Seither arbeitet die Anlage seit über zwei Jahren ohne nennenswerte Störung.

SYSCOM Instruments SA
Cosmas Savary
8037 Zürich
Tel: +41 1 365 27 02
E-Mail: savary@syscom.ch
<http://www.syscom.ch>