

Volker Bettzieche und Klaus Lehmann

Die Einbindung der Ennepetalsperre in das Erdbebenalarmsystem NRW

Der Ruhrverband betreibt gemeinsam mit dem Geologischen Dienst NRW eine Erdbebenstation an der Ennepestaumauer. Die Staumauer besitzt durch eine nachträgliche Erhöhung von 10 m eine für dynamische Belastungen ungünstige Geometrie und ist daher potenziell sensibel für Erdbebeneinwirkungen. Die Messstation ist in das neue Erdbebenalarmsystem NRW (EAS NRW) eingebunden. Dieses System registriert mit seinen 14 Messstationen die lokale Erdbebenaktivität mit einer automatisierten Auswertung. Redundante Übertragungskanäle gewährleisten die Funktionalität des Systems.

1 Einführung

Die Frage nach der Sicherheit von großtechnischen Anlagen ist nicht zuletzt seit dem Tōhoku-Erdbeben (sog. Fukushima-Erdbeben, mit der Magnitude von $M_w = 9,0$) vom 11. März 2011 wieder im Bewusstsein der Öffentlichkeit präsent. Als ein halbes Jahr später, am 8. September 2011, in Goch in Nordrhein-Westfalen die Erde mit einer Magnitude von $M_L = 4,3$ bebte, wurden auch an den Ruhrverband Fragen nach der Sicherheit seiner Talsperren hinsichtlich Erdbebeneinwirkungen gestellt.

Der Ruhrverband betreibt als Träger der Wasserwirtschaft im Flussgebiet der Ruhr ein System von acht großen Talsperren mit einem Gesamtstauraum von 464 Mio. m³. Schon 1998 errichtete der Ruhrverband zusammen mit dem Geologischen Dienst NRW an der Sorpetalsperre eine erste Erdbebenstation, um Daten über die seismische Situation im Umfeld seiner Talsperren, dem Sauerland, und die dort vorhandenen Erdbebenwirkungen zu sammeln.

Im Zuge der Übernahme der Ennepetalsperre 1997 erkannte der Ruhrverband, dass die Ennepestaumauer durch ihre schlanke Bauweise potenziell sensibel auf dynamische Bodenbewegungen reagiert und nahm hier im Jahre 2000 mit dem Geologischen Dienst NRW eine weitere Erdbebenstation in Betrieb.

Diese beiden Stationen an den Talsperren des Ruhrverbands registrieren zusammen mit dem gesamten Stationsnetz des Geologischen Dienstes NRW (zwei davon

an Talsperren des Wasserverbands Eifel-Rur) die seismischen Auswirkungen lokaler und regionaler Erdbeben sowie von Starkbeben weltweit (**Bild 1**). Aus den Beobachtungen können u. a. Rückschlüsse gewonnen werden, ob ein besonders starkes Erdbeben in der Niederrheinischen Bucht an den Talsperren des Ruhrverbands Schäden verursachen kann.

Allerdings waren bisher zeitaufwändige Datenabfragen und Berechnungen des

Geologischen Dienstes NRW notwendig, um die Daten eines seismischen Ereignisses auszuwerten und dem Ruhrverband relevante Informationen zur Verfügung zu stellen.

2 Die Ennepestaumauer

Die Ennepestaumauer wurde von 1902 bis 1904 mit einer Mauerhöhe von 41 m von

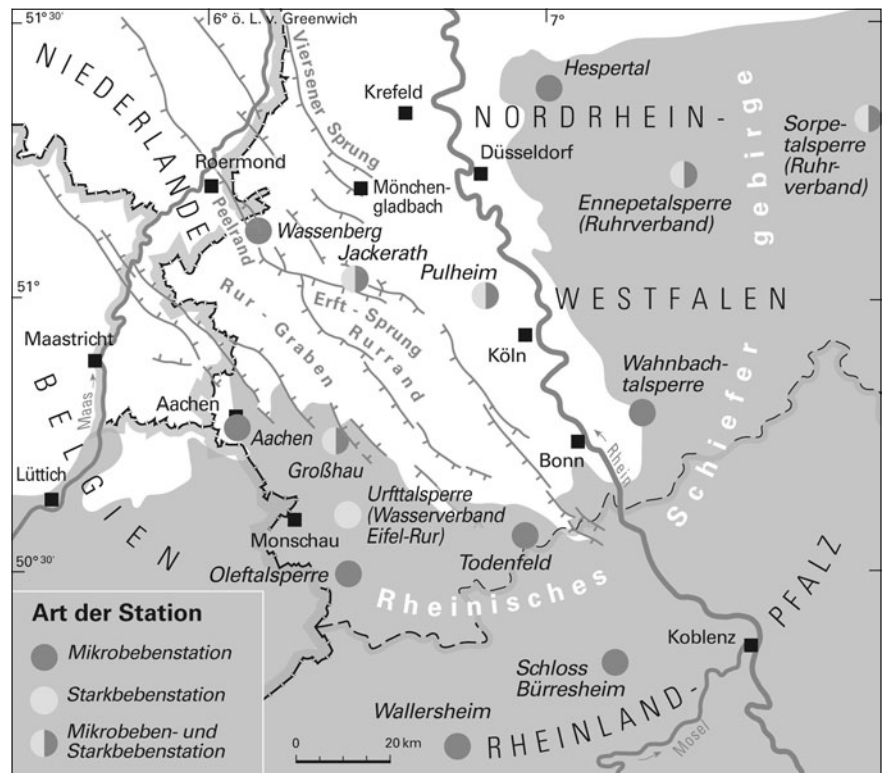


Bild 1: Erdbebenstationen des Geologischen Dienstes NRW

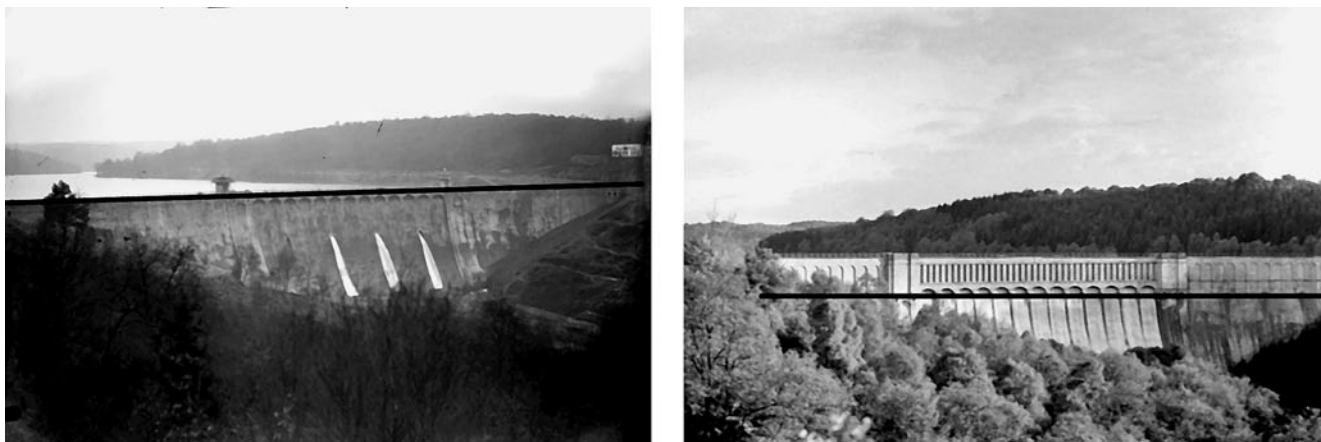


Bild 2: Ennepetaumauer 1904 und 1912 (schwarze Linie: Höhe der Mauerkrone von 1904)

der Ennepetalsperren-Genossenschaft errichtet. Schon bald nach der Inbetriebnahme wurde deutlich, dass das vorhandene Stauvolumen von 10,3 Mio. m³ die wasserwirtschaftlichen Möglichkeiten nur begrenzt ausnutzte. Daraufhin erhöhte man die Staumauer durch einen Aufsatz um 10 m und vergrößerte 1912 das Stauvolumen auf 12,6 Mio. m³ (Bild 2). Die Staumauer erhielt hierdurch eine elegante, schlanke Form, die jedoch anfällig wäre, wenn große Erdbebenbeschleunigungen auf sie wirken würden.

1997 übernahm der Ruhrverband die Talsperre und passte sie durch ein umfangreiches Sanierungsprogramm bis 2002 an die allgemein anerkannten Regeln der Technik an [1]. Wesentlicher Bestandteil der Sanierung war die Auffahrung eines 400 m langen Kontroll- und Drainagestollens, die weltweit erstmals in einer Staumauer mit einer Tunnelbohrmaschine erfolgte. Gleichzeitig erfolgte die Überprüfung der Erdbebensicherheit der Staumauer. Es wurde nachgewiesen, dass die Staumauer Beschleunigungen bis

60 cm/s² standhalten kann. Gemäß der 2004 in einer neuen Fassung erschienenen DIN 19 700 Teile 10 [2] und 11 [3] müssen große Talsperren einem sogenannten Bemessungserdbeben standhalten, das eine statistische Auftretenswahrscheinlichkeit von einmal in 2 500 Jahren hat. Der Geologische Dienst NRW wertete hierzu seine Datengrundlagen aus und bezifferte die maximal an der Ennepetaumauer zu erwartende Beschleunigung mit 27 cm/s². Somit ist die Staumauer ausreichend standsicher. Trotzdem wurde mit der Bezirksregierung vereinbart, die Staumauer bereits nach Ereignissen mit Beschleunigungen von nur 12 cm/s² zu kontrollieren.

3 Das Erdbebenalarmsystem des Landes Nordrhein-Westfalen EAS NRW

3.1 Beschreibung des Vorhabens

Der Landeserdbebendienst des Geologischen Dienstes NRW überwacht die Erdbebentätigkeit in der Niederrheinischen

Bucht mit einem Netz von derzeit 14 Messstationen. Diese Region gehört zu den Regionen mit der höchsten Erdbebenaktivität in Deutschland [4]. Hier sind immer wieder Schadenbeben aufgetreten, die sich bis zum 9. Jahrhundert n. Chr. historisch verbürgt zurückverfolgen lassen. Das stärkste Erdbeben in der Niederrheinischen Bucht seit Beginn instrumenteller Aufzeichnungen ereignete sich am 13. April 1992 in der deutsch-niederländischen Grenzregion bei Roermond. Die Magnitude dieses Ereignisses betrug 5,9 auf der Richter-Skala. Allein in Deutschland wurden 30 Menschen durch herabfallende Trümmer verletzt. Der aus Sicht der Versicherungswirtschaft geschätzte Gesamtschaden betrug umgerechnet etwa 100 Mio. Euro. Die Wirkungen des Bebens wurden in ganz Mitteleuropa gespürt. Die nordrhein-westfälischen Talsperren überstanden das Beben ohne Vorkommnisse.

Wichtige Informationen zur Überwachung besonders der östlichen Umgebung der Niederrheinischen Bucht liefern die Stationen des Ruhrverbandes an der

ANZEIGE

Partner für Sicherheit.

Überwachungs- und Diagnose-Systeme von AREVA

für Ihre spezifischen Anforderungen und langfristig bewährt in den Bereichen:

- Seismische Bauwerksüberwachung
- Stark- und Schwachbebenerfassung
- Hochauflösende Mikroseismik
- Pipeline- und GFK-Rohr-Monitoring
- Überwachung von Armaturen und rotierenden Maschinen
- Ermüdungsüberwachung

Fragen? Sprechen Sie uns an:

AREVA GmbH Gilching • Tel.: 08105/5027 • E-Mail: diagnosesysteme@areva.com

AREVA
forward-looking energy

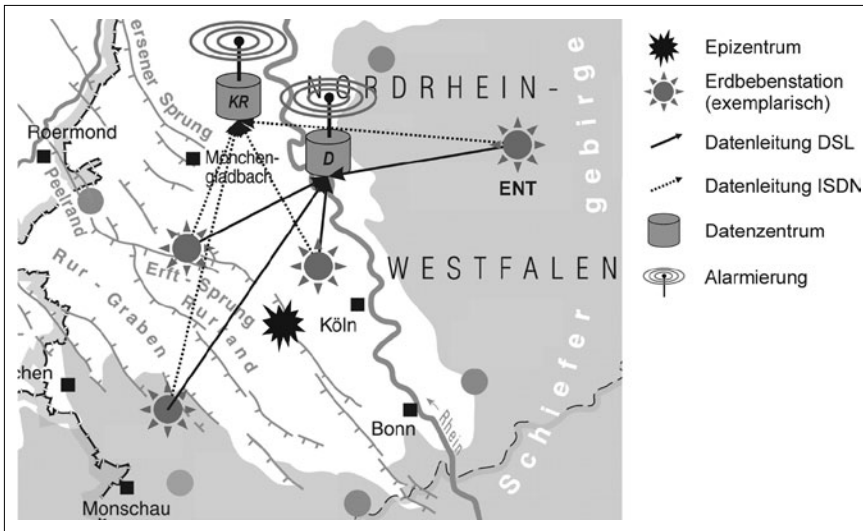


Bild 3: Datenfluss des EAS NRW im Alarmfall

Ennepetalsperre (seit Oktober 2000) und Sorpetalsperre (seit Dezember 1998). Beide Stationen sind in die Erdbebenüberwachung des Geologischen Dienstes NRW integriert. Die Station der Ennepetalsperre trägt insbesondere zur Steigerung der Lokalisierungsgenauigkeit für seismische Ereignisse in der Niederrheinischen Bucht bei. Mit der Station an der Sorpetalsperre ist es zusätzlich möglich, die für Gefährdungsabschätzungen bedeutsamen Ereignisse aus dem Gebiet des Teutoburger Waldes zu erfassen.

Die Registrierungen im Stationsnetz des Geologischen Dienstes NRW wurden bereits bei der Aufnahme des Erdbebedienstes im Jahr 1980 auf eine digitale Datenerfassung ausgelegt. Die bisherige Erfassungspraxis verwendete sowohl Stationen im Dauermessbetrieb als auch solche, die die Erfassung vor dem Überschreiten einer kritischen Schwelle der Bodenbewegung starteten. Die Übertragung signifikanter Datenpakete von den einzelnen Stationen zur Zentrale in Krefeld erfolgte dabei im Dial-Up-Betrieb über separate ISDN-Verbindungen. Die gemeinsame Auswertung der Seismogramme wurde dann manuell durch einen Seismologen bearbeitet.

Um Lagezentren und oberste Landesbehörden im Falle eines starken Erdbebens möglichst schnell über Ausmaß und potenziell betroffenes Gebiet von Schäden informieren zu können, wurde das Projekt Erdbebenalarmsystem (EAS) NRW im Auftrag des Wirtschaftsministeriums des Landes Nordrhein-Westfalen initiiert. Ziel ist die automatische Generierung von Erdbebenmeldungen innerhalb weniger

Minuten nach Eintreten eines Ereignisses. Dies ist von umso größerer Wichtigkeit, da nach ersten Erfahrungen öffentliche Kommunikationsnetze aufgrund des hohen Informationsverkehrs und -bedarfs bei besonderen Ereignissen innerhalb kurzer Zeit stark belastet werden, so dass eine effektive Datenweiterleitung massiv erschwert wird. Das EAS NRW wird im Endausbau alle Komponenten einer automatisierten Erdbebenmeldung von der Datenerhebung über die Quasi-Echtzeit-Datenübertragung, Detektion und Auswertung bis zur automatisch generierten Meldung umfassen [5]. Die Datenakquisition an den Messstationen wird über neu entwickelte hochauflösende Analog-Digital-Wandler in einer einheitlichen Archi-



Bild 4: Erdbebenstation der Ennepetalsperre

tektur umgesetzt. Unterbrechungsfreie Stromversorgung, Statusmeldungen und spezielle Servicetools erhöhen dabei die Verfügbarkeit des Stationsnetzes. Redundante Übertragungskanäle zu zwei räumlich getrennten Datenzentren in Krefeld und Düsseldorf gewährleisten die Erreichbarkeit und Funktionalität des Systems. Detektion, Koinzidenzprüfung und Bestimmung der Ankunftszeiten der seismischen Wellen bilden die Grundlage für eine software-basierte Ereignisauswertung innerhalb weniger Minuten. Zur Plausibilitätsprüfung sowie zur wissenschaftlichen Nachbereitung der Ergebnisse durch den Erdbebedienst bleibt eine anschließende manuelle Auswertung der Daten jedoch weiterhin unverzichtbar.

Um eine hohe Erreichbarkeit und Funktionalität zu erreichen, wurde mit der Nutzung einer quasikontinuierlichen Datenübertragung über redundante Systeme, per ISDN und parallel über DSL von den Stationen zu zwei unabhängigen Auswerterechnern in Düsseldorf („D“ in **Bild 3**) und Krefeld („KR“), ein neuer Standard eingeführt. Hier konnte unmittelbarer Nutzen aus der allgemeinen Entwicklung zu höheren Übertragungsraten in öffentlichen Netzen, zu höherer Rechnerleistung und zu geringeren Speicherkosten gezogen werden.

Die Kalibrierung des Systems sowie eine Unterscheidung unterschiedlicher Ereignisarten wurde 2013 in einer Testumgebung sukzessive über Archivdaten und laufende Aufzeichnungen durchgeführt. Dieser Aufgabe wurde eine besondere Priorität eingeräumt, um den bei automatischen Prozeduren bestehenden Möglichkeiten von Fehlinterpretationen vorzubeugen.

3.2 Realisierung an der Ennepetalsperre

Die Einbeziehung der Stationen an Ennepetal- und Sorpetalsperre in das EAS NRW ist zur Sicherstellung einer zuverlässigen und präzisen seismischen Überwachung von NRW unverzichtbar. Die mehr als 10 Jahre alten Messapparaturen beider Stationen wurden zur Integration auf die neue Technik umgerüstet. Diese Neuerungen umfassen folgende Komponenten (**Bild 4**):

- Digital-Analog-Wandler SP492 der Fa. Schauer Präzisionstechnik GmbH, Gilching (heute: AREVA GmbH),
- leistungsstarke Erfassungsrechner mit Ringspeicher,
- Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV),

- Zeiterfassung per GPS-Empfänger,
- DSL-/ISDN-Router.

Die bisher verwendeten kurzperiodischen Seismometer des Typs Mark L-4C-3D wurden beibehalten, da sie nach wie vor die Anforderungen der Überwachung erfüllen.

4 Kooperation zwischen Ruhrverband und Geologischem Dienst NRW

Die Erdbebenstationen an Ennepe- und Sorpetalsperre befinden sich im Eigentum des Ruhrverbands, werden jedoch durch den Geologischen Dienst NRW betrieben.

Jährlich erstellt der Geologische Dienst NRW für den Ruhrverband Berichte über die registrierten seismischen Ereignisse mit Bewertungen der an den Standorten aufgetretenen Schwinggeschwindigkeiten und Bodenbeschleunigungen. Diese Berichte werden vom

Ruhrverband den von ihm nach Landeswassergesetz jährlich zu erarbeitenden Sicherheitsberichten beigelegt.

Zusätzlich wird nun das EAS NRW für den Ruhrverband durch ein zusätzliches Modul erweitert, das eine Generierung von Meldungen bei Überschreiten eines zu bestimmenden Beschleunigungswertes ermöglicht. Die Meldungen werden per SMS sowie E-Mail an den Ruhrverband geschickt und dort in das bestehende ruhrverbandseigene Meldesystem eingespeist. Mit dieser Information ist der Ruhrverband in der Lage, zeitnah nach einem Erdbeben eine Kontrolle seiner Staumauern durchzuführen, falls die festgelegte Beschleunigung überschritten wurde.

5 Zusammenfassung

Die im frühen 20. Jahrhundert erbaute, 51 m hohe Staumauer der Ennepetalsperre ist aufgrund ihrer eleganten, schlanken

Bauform anfällig für große Bodenbeschleunigungen. Gemeinsam mit dem Geologischen Dienst NRW hat der Ruhrverband daher rechnerisch ermittelt, welche maximalen Beschleunigungen bei einem Erdbeben am Niederrhein auf die Ennepetalsperre einwirken könnten und was dies für ihre Standsicherheit bedeuten würde. Das Gefährdungsniveau wurde dabei gemäß den Vorgaben von DIN 19 700 festgelegt. Real auftretende Werte der durch Erdbeben verursachten Bodenbewegung an der Ennepetalsperre liefert eine Erdbebenstation an der Staumauer, die Teil des Überwachungsnetzes des Landeserdbebenendienstes beim Geologischen Dienst NRW ist. Durch die Umrüstung der Hardware- und Softwarekomponenten wurde die Station modernisiert und in das EAS NRW integriert, die mit einer Quasi-Echtzeit-Datenübertragung und -auswertung eine schnelle, automatische Alarmierung bei Schadenbeben anstrebt. Mit einem derzeit in Entwicklung befindlichen Werkzeug sollen dem Ruhrverband hier auch die auftretenden Beschleunigungswerte mitgeteilt werden, um für den Betrieb eine schnelle Reaktion und Kontrolle der Staumauer zu ermöglichen.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Volker Bettzieche

Ruhrverband
Kronprinzenstr. 37
45128 Essen
vbe@ruhrverband.de

Dr. Klaus Lehmann

Geologischer Dienst NRW – Landesbetrieb –
De-Greiff-Str. 195
47803 Krefeld
klaus.lehmann@gd.nrw.de

Literatur

- [1] Bettzieche, V., Heitefuss, C., Klein, P.: Die Sanierung der Ruhrverbandstalsperren – Ein Überblick. In: 13. Deutsches Talsperrens Symposium, Weimar, 2004.
- [2] Norm DIN 197 00-10: Stauanlagen – Teil 10: Gemeinsame Festlegungen. Berlin: Beuth Verlag, 2004.
- [3] Norm DIN 19700-11: Stauanlagen – Teil 11: Talsperren. Berlin: Beuth Verlag, 2004.
- [4] Pelzing, R.: Erdbeben in Nordrhein-Westfalen. Krefeld: Geologischer Dienst NRW, 2008.
- [5] Krickl, M., Schauer, R., Lehmann, K., Fuchs, C., Weber, J., Kehl, J., Müller, F.-P., Wefels, H.-G.: Das Erdbebenalarmsystem NRW – Hardware, Datenübertragung und Processing. In: 71. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, Köln, 2011.

Volker Bettzieche and Klaus Lehmann

The Integration of the Ennepe Dam into the Earthquake Alerting System of North Rhine-Westphalia

The Ruhr River Association and the Geological Survey of North Rhine-Westphalia operate a seismic station at the Ennepe Dam. This masonry dam was supplementary heightened by an amount of 10 m. Caused by this unfavourable geometry for dynamic loading, the dam is potentially sensible to ground motion effects due to earthquakes. The seismic station is integrated into the new Earthquake Alerting System (EAS NRW). With 14 stations the system monitors the local seismicity enabling an automatic analysis of location and magnitude in case of damaging events. Redundant transmission channels to independent analysis computers provide the accessibility and functionality of the system.

Фолькер Беттцихе и Клаус Леманн

Интеграция плотины на реке Эннепе (Ennepe) в систему предупреждения о землетрясениях в земле Северный Рейн-Вестфалия

Рурский Союз вместе с Геологической службой земли Северный Рейн-Вестфалия занимается эксплуатацией сейсмологической станции на плотине из кладки на реке Эннепе (Ennepe). Вследствие дополнительного увеличения высоты на 10 м плотина имеет неблагоприятную для динамической нагрузки геометрию и потому потенциально чувствительна к воздействию землетрясений. Измерительная станция включена в новую систему предупреждения о землетрясениях земли Северный Рейн-Вестфалия (EAS NRW). С помощью 14 измерительных станций эта система регистрирует локальную сейсмическую активность и проводит анализ данных в автоматизированном режиме. Резервные каналы передачи обеспечивают функциональность системы.