

Detektion von Spannstahlbrüchen mittels Acoustic Emission

Wissenschaftlicher Kurzbericht Nr. 47 (2020)

Marco Roger, Christian Sodeikat, Fabian Diewald

Arbeitsgruppe 2: Betontechnologie

1 Einleitung

Die Schallemissionsanalyse (SEA) oder Acoustic Emission (AE) ist ein Verfahren zur Untersuchung von Schallemissionen (SE) mittels Akustiksensoren. Diese Emissionen entstehen zum Beispiel bei Rissbildung in Beton oder beim Bruch von vorgespanntem Spannstahl, z.B. bei Versagen durch korrosionsinduzierte Querschnittsschwächung. Im Bauwesen kommt das Verfahren im Bereich des Bauwerksmonitorings zum Einsatz. Neben Untersuchungen zur Detektion von Spannstahlbrüchen mittels AE wurde der Einfluss einer richtungsabhängigen Wellenausbreitungsgeschwindigkeit auf eine Lokalisierung der Schallereignisse an einer Brücke untersucht. Zudem wurde die Verwendung sog. Waveguides zur externen Bauteilüberwachung überprüft.

2 Methodik

Grundlegendes Ziel der Versuche dieser Ausarbeitung war die Detektion von Spannstahlbrüchen. Hierzu wurden unter unterschiedlichen Randbedingungen Spanndrähte durchtrennt und die dabei freigesetzten Schallemissionen auf Gemeinsamkeiten, die auf einen Spannstahlbruch schließen lassen, untersucht. Darüber hinaus wurden die Randbedingungen der Versuche so gewählt, dass zusätzliche Einflussfaktoren wie beispielsweise Einflüsse auf die Lokalisierbarkeit der Bruchorte infolge richtungsabhängiger Wellenausbreitungsgeschwindigkeiten analysiert werden konnten.

3 Ergebnisse

In Abbildung 1 sind exemplarisch alle während der Versuchsdurchführung an einer Bahnbrücke aufgezeichneten SE in einem Diagramm mit Amplitude über absolute Versuchszeit dargestellt. Während der Versuchsdurchführung wurden insgesamt sieben Spanndrähte durchtrennt. Drei der Spanndrähte gehörten zu einem Querspannglied und vier zu einem Längsspannglied. In Abbildung 1 findet man die SE der Spanndrahtbrüche durch ein sich in der Höhe absetzendes Amplitudenniveau (alle Signale liegen bei rd. 134 dB) und einen geringen zeitlichen Abstand der SE von wenigen μ s. Insgesamt lassen sich über erhöhte Amplituden- und Energieniveaus in Kombination mit einer Gruppierung der Signale in Abhängigkeit der Ankunftszeiten (Ereignisbildung) die Signale eines Spannstahlbruchs identifizieren.

Die Genauigkeit einer Lokalisierung von Schallereignissen wird von Faktoren wie beispielsweise der Sensoranordnung oder der Genauigkeit der Ersteinsatzbestimmung beeinflusst. Die Versuchsergebnisse haben ergeben, dass gerade im Spannbetonbau auch die meist richtungsabhängige Wellenausbreitungsgeschwindigkeit (Anisotropie) zu berücksichtigen ist.

Unterschiedliche Bewehrungsgrade in unterschiedlichen Raumrichtungen können beispielsweise dazu führen, dass Signale trotz gleicher direkter Wegstrecke von Herd zu Sensor zu unterschiedlichen Zeitpunkten an den Sensoren erfasst werden.

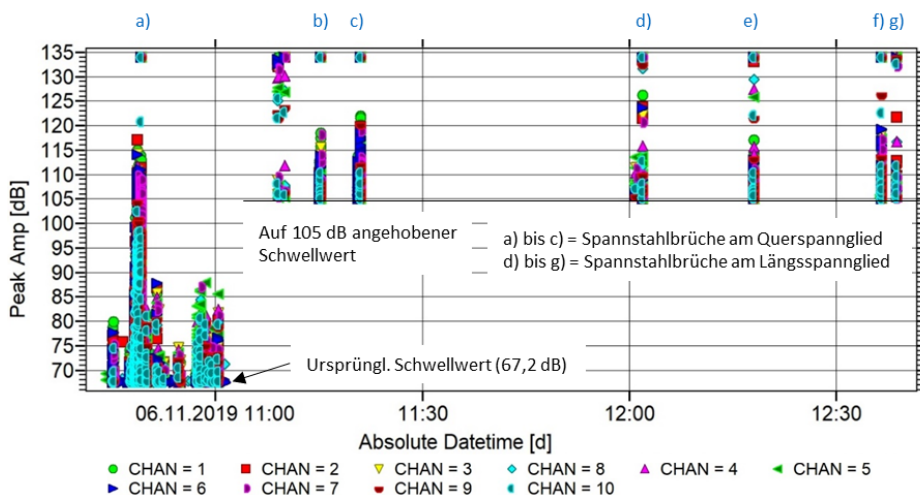


Abbildung 1: Gesamt-darstellung von SE in einem Diagramm mit Amplitude über absolute Versuchszeit – exemplarisch, hier Versuchsergebnisse von Untersuchungen an einer Bahnbrücke

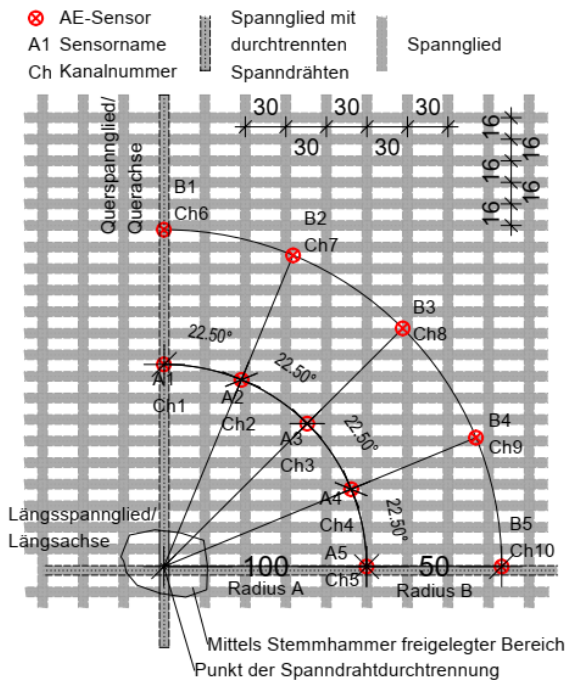


Abbildung 2: Sensoranordnung für einen Versuch zur Bestimmung der Wellenausbreitungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit des Winkels zur Achse eines durchtrennten Spanndrahts

Für den ersten Spanndrahtbruch am Längsspannglied aus Abbildung 1 wurde die Wellenausbreitungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Winkelabweichung von der Achse eines durchtrennten Spanndrahts berechnet. Hierfür wurden Sensoren entlang zweier Viertelkreise mit unterschiedlichen Radien gemäß Abbildung 2 an der Unterseite der Brückentafel angebracht. Die Berechnung der Geschwindigkeit erfolgte für vier Drahtbrüche über den Sensorabstand und die Differenz der Ankunftszeiten der Signale.

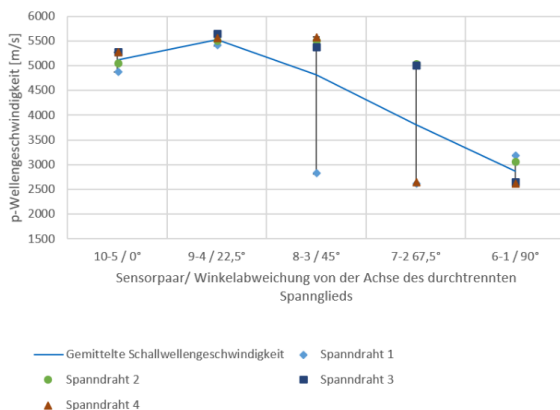


Abbildung 3: Exemplarische Wellenausbreitungsgeschwindigkeiten je Winkelabweichung von der Achse eines durchtrennten Spanndrahts berechnet aus Sensorabstand und Ankunftszeitdifferenz (manuell gepickte Ersteinsatzzeiten)

Das Ergebnis der Geschwindigkeitsberechnung zeigt Abbildung 3. Hierin ist erkennbar, dass sich neben Wellenausbreitungsgeschwindigkeiten in der Größenordnung von p-Wellen in Stahl mit zunehmendem Winkel, bezogen auf die Achse des durchtrennten Spanndrahts, auch langsamere Geschwindigkeiten wie in der Größenordnung von Scher- oder Oberflächenwellen in Beton ergeben. Mögliche Ursache für diesen Zusammenhang ist die Modenkonzersion beim Materialübergang der Wellen von Stahl zu Beton.

4 Zusammenfassung

Insgesamt hat sich bei der Versuchsauswertung folgendes systematisches Vorgehen zur Charakterisierung von Spannstahlbrüchen im Umgang mit AE-Daten bewährt:

1. Datenfilter bzgl. Amplitude und Energie
2. Maximaler Zeitabstand zur Zusammenfassung von SE zu einem Ereignis
3. Ggf. Lokalisierungsrechnung
4. Ggf. nachträgliche Bearbeitung der Auswertung, z.B.: manuelles Picking zur Verbesserung der Genauigkeit der Ankunftszeiten

Die Anwendung von Acoustic Emission ist sehr bauteilspezifisch und hängt vom jeweiligen Anwendungsfall ab. Die Anpassung des Systems an die örtlichen Gegebenheiten und Randbedingungen beeinflusst den Erfolg des Verfahrens wesentlich. Gerade als Alarmsystem im Bauwerksmonitoring z.B. bei spannungsrissskorrosionsgefährdeten Spannstählen eignet sich das Verfahren sehr gut.

5 Literatur

Fricker, S. (2010): Schallemissionsanalyse zur Erfassung von Spanndrahtbrüchen bei Stahlbetonbrücken. Dissertation. ETH Zürich.

Große, C. U.; Ohtsu, M. (Hg.) (2008): Acoustic emission testing. Basics for research - applications in civil engineering. Springer, Berlin.

Köppel, S. (2002): Schallemissionsanalyse zur Untersuchung von Stahlbetontragwerken. Dissertation. ETH Zürich.

Vogel, T.; Schechinger, B.; Fricker, S. (2006): Acoustic Emission Analysis as a Monitoring Method for Prestressed Concrete Structures. ETH Zürich.