

Akustisches Tunnelmonitoring - Verkehrsfreigabe für das weltweit erste System

Franz Graf, Harald Rainer, Bernhard Rettenbacher, Moritz Fißer

JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, DIGITAL – Institut für Informations- und Kommunikationstechnologien, 8010 Graz, Österreich, E-Mail:franz.graf@joanneum.at

Einleitung

Die Zeit vom Auftreten eines Störfalls bis zur Alarmierung des Tunnelmanagers ist bei einem kritischen Ereignis essentiell und wird durch das innovative Sicherheitssystem des „Akustischen Tunnelmonitorings“ minimiert. Durch im Tunnel angebrachte Mikrofone und spezielle Erkennungsalgorithmen ist es möglich, die Geräusche im Tunnel automatisch in Echtzeit zu identifizieren und bestimmten Alarmklassen zuzuordnen. Ein großer Vorteil akustischer Methoden zur Unfallerkennung besteht darin, dass Unfälle bzw. kritische Ereignisse in Tunneln praktisch immer von einem unterscheidbaren Unfallgeräusch begleitet sind. Diese Geräusche treten bereits zum Zeitpunkt des Geschehens auf und können sofort detektiert werden.

Funktionsweise des Akustischen Tunnelmonitorings

Die typischerweise beim Betrieb von Tunneln auftretenden Geräusche werden von Motor-, Roll- und Strömungsgeräuschen der passierenden Fahrzeuge geprägt. Auftretende Anomalien im Geräusch, wie z.B. der Aufprall eines Fahrzeuges gegen die Tunnelwand, der gegenseitige Aufprall zweier Fahrzeuge, verlorenes Ladegut, Reifenplatzer usw. sowie Anomalien im Geräusch von Einzelfahrzeugen können von im Tunnel angebrachten Mikrofonen detektiert werden. Durch spezielle Erkennungsalgorithmen ist es möglich, diese Geräusche automatisch zu identifizieren und bestimmten Alarmklassen zuzuordnen.

Ein großer Vorteil akustischer Methoden zur Ereignisdetektion besteht darin, dass Unfälle bzw. kritische Ereignisse in Tunneln praktisch immer von einem unterscheidbaren Unfallgeräusch begleitet sind. Diese Geräusche treten bereits zum Zeitpunkt des Geschehens – und nicht erst nach einiger Zeit – auf und können so detektiert werden. Aber auch die plötzliche Abwesenheit der normalen Betriebsgeräusche lässt auf eine Anomalie im Verkehrsfluss schließen. Bei Detektion eines Störfalls in einem bestimmten Streckenabschnitt können so verschiedene Maßnahmen sofort automatisch aktiviert werden. Zum Beispiel kann in der Tunnelzentrale je nach Alarm- bzw. Unfallklasse ein akustischer Signalton erklingen und das Kamerabild der Video-Überwachung des betroffenen Streckenabschnitts auf einen zentralen Monitor geschaltet werden. So kann der Tunnelwart die Situation sofort erfassen und die entsprechenden Maßnahmen einleiten. Dadurch wird kostbare Zeit gewonnen und sowohl den Unfallbeteiligten als auch den nachkommenden

Fahrzeugen ein Maximum an Soforthilfe und Unfallprävention zur Verfügung gestellt.

Das System ist mit allen Elementen ausgestattet, die einen einfachen, reibungslosen Einsatz unter allgemeinen Tunnelbedingungen ermöglichen.

Leistungsmerkmale

- Unterscheidung normaler Umgebungsgeräusche im Tunnel von alarmierenden Geräuschen (z.B. Crash-Geräusche u.ä.)
- Unterscheidung der Geräusche hinsichtlich verschiedener Gefährdungs-Kategorien (Ereignis-Klassen)
- Lokalisierung durch Zuordnung zum nächstgelegenen Mikrofon
- Abstand der Mikrofone 100–150m (entsprechend Kameramontage)
- Alarmierung in der Tunnelwarte durch entsprechende Meldungen (Kategorie, Ereignis) und Kameraaufschaltung
- Live-Abhören der Geräusche und Stimmen im Tunnel mittels Mikrofone
- Tunnelwart erhält auch bei geringer Sicht Informationen über die Geschehnisse im Tunnel

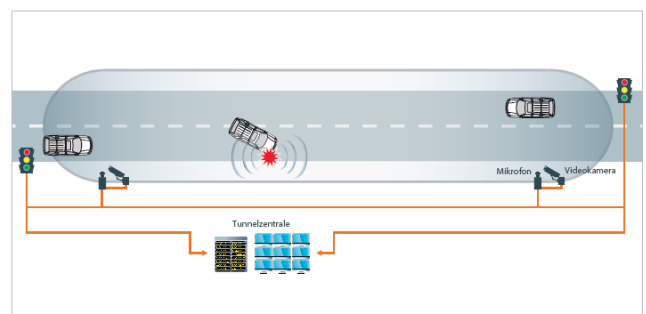


Abbildung 1: Funktionsweise des Systems

Das System zum Akustischen Tunnelmonitoring besteht aus den folgenden vier Hauptkomponenten: i) Mikrofon, ii) Anschalteneinheit, iii) Optische Signalübertrager, iv) Analyserechner inkl. Ringbuffer und Ereignisspeicher.

Tunnelmikrofon

Das erste Glied in der Signalkette sind die Mikrofone, die im Allgemeinen die Eigenschaft haben, sensibel auf Umgebungseinflüsse wie z.B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftverunreinigung zu reagieren. Das Spektrum der Schädigung des Sensors kann dabei von einer leichten Veränderung der Übertragungscharakteristik bis hin zur vollständigen Zerstörung des Mikrofons reichen. Herkömmliche Mikrofone können prinzipiell in einem Tunnel eingesetzt werden, sind aber nicht gegen Nässe und Feinstaub geschützt. Da jedoch jeder Tunnel periodisch Tunnelwäschen unterzogen wird und dabei die Ulmen und die Decke des Tunnels mit Wasser unter Hochdruck gereinigt werden, war es notwendig, ein Mikrofon zu entwickeln, das diesen rauen Bedingungen standhält. Die Mikrofone müssen bestimmten funktionalen Kriterien genügen, um unter den Betriebsbedingungen im Tunnel hochwertige Signale zu liefern.

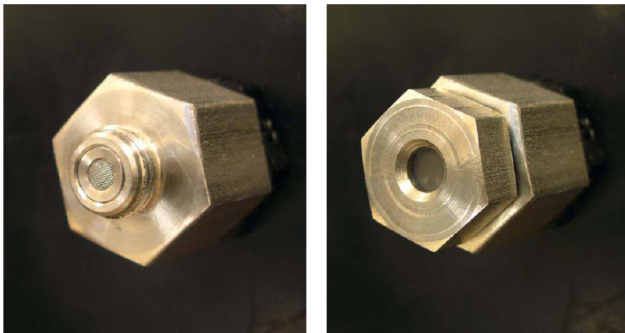


Abbildung 2: Tunnelmikrofon in Klemmvorrichtung montiert (links), Hydrophobe und staubdichte Schutzkappe für die Tunnelmikrofone (rechts)

Analyse-Software

Die Analyse-Software stellt zweifelsfrei das Kernstück der Anlage dar. Aufgabe der Analyse-Software ist es, die einzelnen Mikrofon-signale in Echtzeit zu verarbeiten und zu klassifizieren. Ziel der Klassifikation ist es, die akustischen Signale den jeweiligen Ereignis-Klassen ihres Ursprungs (z.B. Aufprall, verlorenes Ladegut, etc.) zuzuordnen und von den unter normalen Bedingungen auftretenden Geräuschen (Vorbeifahrts- und Lüftergeräusche) zu unterscheiden. Im ersten Klassifikationsschritt werden abnormale Tunnelgeräusche an Hand des Hintergrundmodells von „normalen“ Betriebsgeräuschen als „Alarm“ detektiert und gemeldet. Im zweiten Schritt erfolgt die Klassifikation in detaillierte Ereignis-Klassen wie „Aufprall“, „verlorenes Ladegut“, „Reifenplatzer“ etc.

Der Detektor wurde mit folgenden abnormalen Geräuschen getestet: Aufprall, Reifenplatzer, verlorenes Ladegut, Schreie, Türenschnellen, Hupen und Reifenquietschen.

Die Ergebnisse der ersten beiden Stufen werden je Mikrofonkanal berechnet. Im Event-Modeller werden die Einzelergebnisse mehrerer Kanäle zu „Ereignissen“ gruppiert und der Ort des detektierten Schallereignisses bestimmt. Diesem Ort wird die Position des sich am

nächsten befindenden Mikrofons und die Position der Kamera, die diesen Ort am besten erfassen kann, zugeordnet. Die Bestimmung der Kameraposition ist notwendig, da bestimmte Ereignisse eine zusätzliche Meldung an das Leitsystem zur Aufschaltung einer Kamera auslösen. Ob eine Kamera und welche Kamera aufgeschaltet wird, bestimmt die Aktionsmatrix der AKUT-Anlage.

Zusammenfassung

Das System zum Akustischen Tunnelmonitoring verfolgt einen neuen Ansatz zur Erhöhung der Sicherheit in Tunneln. Der große Vorteil akustischer Methoden zur Ereigniserkennung besteht darin, dass damit verbundene spezifische Geräusche immer zum Zeitpunkt des Geschehens auftreten und vom AKUT-System sofort (nach ca. 0,25 Sek.) erkannt und gemeldet werden. Bei Detektierung eines Ereignisses können so entsprechende Maßnahmen sofort aktiviert werden und der Tunnelwart erhält bereits nach einigen Sekunden alle wichtigen Informationen zur Beurteilung des Ereignisses.

Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, dass einerseits durch die im Tunnel installierten Mikrofone eine Kommunikation mit (verunfallten) Personen im Tunnel möglich ist und andererseits der Tunnelwart auch bei starker Rauchentwicklung (Videokameras sind „blind“) durch die Audiosignale erkennen kann, ob sich noch Personen im Tunnel aufhalten bzw. wie weit die Rettungsteams vorgedrungen sind.

Das international einzigartige System wurde erstmals auf der S 35 im Kirchdorf-tunnel installiert und in das Verkehrsleitsystem der zuständigen Tunnel-Überwachungszentrale (Bruck/ Mur) voll eingebunden. Das System ist mit allen Elementen ausgestattet, die einen einfachen, reibungslosen Einsatz unter allgemeinen Tunnelbedingungen ermöglichen. Es sind in Summe 49 Mikrofone im Tunnel verbaut, die in Echtzeit ein „akustisches Bild“ des Tunnels liefern.

Literatur

- [1] GRAF, F.; MOSER, R. (2010): Akustisches Tunnelmonitoring – Die weltweit erste Pilotumsetzung ist in Betrieb; ASFINAG F&E-Schriftenreihe Nr. 2; ASFINAG
- [2] GRAF, F.; RATTEI, G. (2009): Acoustic Monitoring of Tunnels – Experiences with the first demonstration system, International Conference on Traffic and Safety in Road Tunnels, Hamburg
- [3] RETTENBACHER, B.; GRAF, F.; RAINER, H.; FIŠER, M.: (2010): A pilot system for acoustic tunnel monitoring, 1st EAA-Euroregio Conference on Sound and Vibration, Ljubljana
- [4] DUDA, R.O.; HART, P.E.; STORK, D.G. (2001): Pattern Classification, John Wiley & Sons, New York