

# Überwachung von deformationsanfälligen Geozonen mittels intelligenter Messsensorik

Hermann Busse, Friedemann Sandig, Benedict Löwe

*Forschungs- und Transfergruppe GEONETIC  
in Kooperation mit der CDM Smith Consult GmbH Leipzig*

## ABSTRACT

Das Forschungsprojekt senod+, unter Leitung der GEONETIC Forschungs- und Transfergruppe, beschäftigt sich mit der Entwicklung von intelligenten Messnetzen. Auf Basis von Sensorikbausteinen sollen damit deformationsanfällige Untergrundsituationen autonom überwacht werden. Die aktuelle Forschung beschäftigt sich mit der Versagens- und Bruchbildanalyse von schlagartigen Setzungs-, Rutschungs- und Brucherscheinungen. Auf dieser Basis wurden in Kooperation mit der CDM Smith Consult GmbH Leipzig klein- und großmaßstäbliche Versuche durchgeführt, um gezielt Anwendungsbereiche und Empfehlungen abzuleiten.

## PROJEKTIDEE

Die Beobachtungsmethode ergänzt die Untersuchungen und Berechnungen von geotechnischen Konstruktionen um eine permanente Überwachung während und nach der Inbetriebnahme. Dies soll sicherstellen, dass Deformationen in den Grenzen der Gebrauchstauglichkeit liegen oder ein sich ankündigender Tragfähigkeitsverlust frühzeitig erkannt wird.

Die praktische Umsetzung dieser Beobachtungsmethode basiert häufig noch auf konventionellen Messinstrumenten der geodätischen und geotechnischen Überwachung, wobei die Nachteile in der unflexiblen Anordnung und der manuellen Datenauslesung sowie der oft nur lokal und kleinräumigen Überwachung liegen.

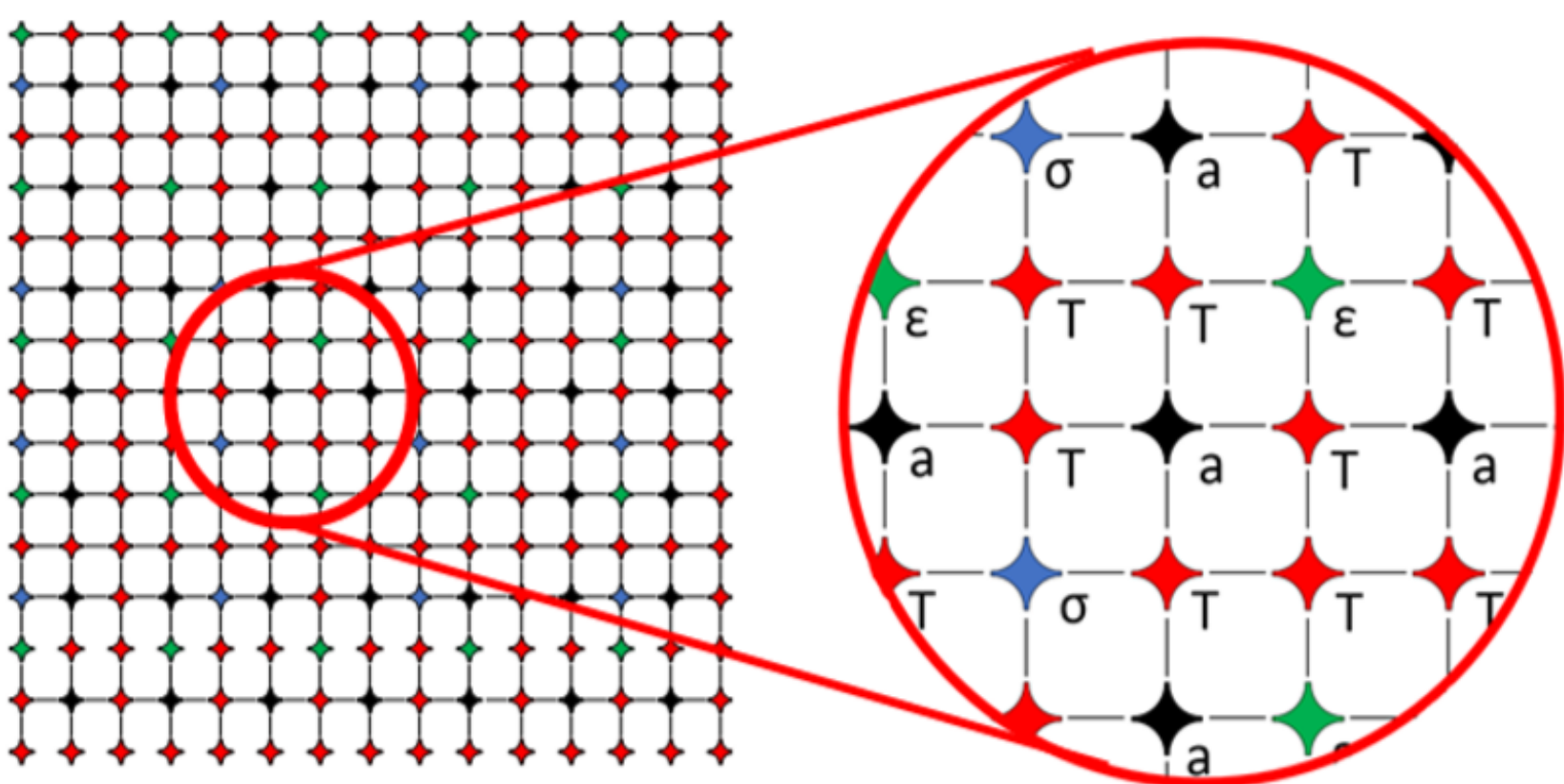


Abbildung 1: Variable Parameterermittlung durch variable Sensoranordnung – Prototypische Visualisierung

Um diesen Umstand entgegenzuwirken, sollen intelligente Sensorknoten in den Untergrund eingebracht werden, die im Sinne einer Echtzeitüberwachung bruch- und deformationsbestimmende Initialparameter flächenhaft ermitteln sollen. Die Sensorknoten werden auf einem netzartigen Trägermaterial implementiert, dessen kaskadierfähiger Aufbau eine beliebige Erweiterbarkeit und flexible Anpassung der Knotenabstände ermöglicht. Jeder Knotenpunkt des Netzes kann individuell mit einem Sensor ausgestattet werden. So entstehen individuell bestückbare Messnetze, welche variabel und flächenhaft auf den Anwendungsfall abgestimmt werden können (Abbildung 1).

Im Anwendungsfall wird der Fokus auf der Überwachung von Senkungs- und Rutschungserscheinungen bei Straßendämmen und Böschungen gelegt. Weiterhin ist der Einsatz als gleichzeitig sicherndes und überwachendes Element im Sinne der Kombination mit Gittern von erhöhter Dehnsteifigkeit Ziel des Projektes.

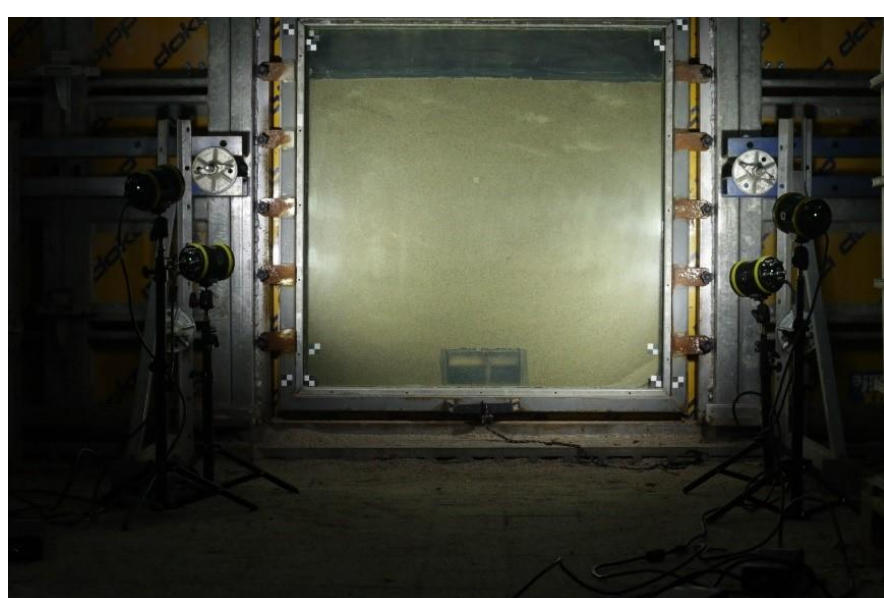


Abbildung 2: Falltürkonstruktion zur Simulation eines schlagartigen Hohlraumverbruchs



## AKTUELLER FORSCHUNGSgegenSTAND

Die Basis eines zuverlässigen Messsystems bildet die Wahl der Parameter und die notwendige Auflösung sowie die Schwellwertfestlegung der Sensorik. Dafür wurden im ersten Schritt experimentelle Versuche und numerische Simulation der Erdfallproblematik genutzt, um bruchbestimmende Parameter bei dem Einsatz des Messsystems in Erdfallüberbrückungssystemen zu ermitteln. Dabei wurde der Verbruch im Lockergestein infolge eines Hohlraumversagens über eine Falltürkonstruktion (Abbildung 2) experimentell nachempfunden und über die Particle Image Velocimetry (PIV) – Methode optisch ausgewertet. Die experimentelle Versuchsumgebung wurde im Maßstab 1:20 auf prognostizierte Erdfalldurchmesser im Umfeld der sich im Bau befindlichen BAB A72 numerisch skaliert. Die Auswertung der Scherbänder (Abbildung 3) zeigte vergleichbare Ergebnisse in der numerischen und optischen Betrachtung.

Im Ergebnis konnte nachgewiesen werden, dass der Einsatz von Gittersystemen, sowie Verdichtung und erhöhte Scherparameter zu einer deutlichen Schadensreduktion führen können. Aus der Betrachtung konnten gezielt Empfehlungen für eine Sensoranordnung auf Gitterkonstruktionen unterhalb Lockergesteinsschichten abgeleitet werden.

Aktuell werden kleinmaßstäbliche Versuche der Festlegung von Schwellwerten und der Präzisierung der Sensoranordnung durchgeführt. Dabei wird der Einsatz von Beschleunigungssensorik und Dehnungssträngen in linien- und flächenhafter Ausführung untersucht. Diese Untersuchungen konzentrieren sich momentan auf Böschungsversagen bei künstlich hergestellten Verkehrsdämmen. Weiterhin sollen während der Versuche Fragen zur Wahl und Eignung des Trägermaterials bei verschiedenen Versagens- und Senkungsszenarien Klärung finden.

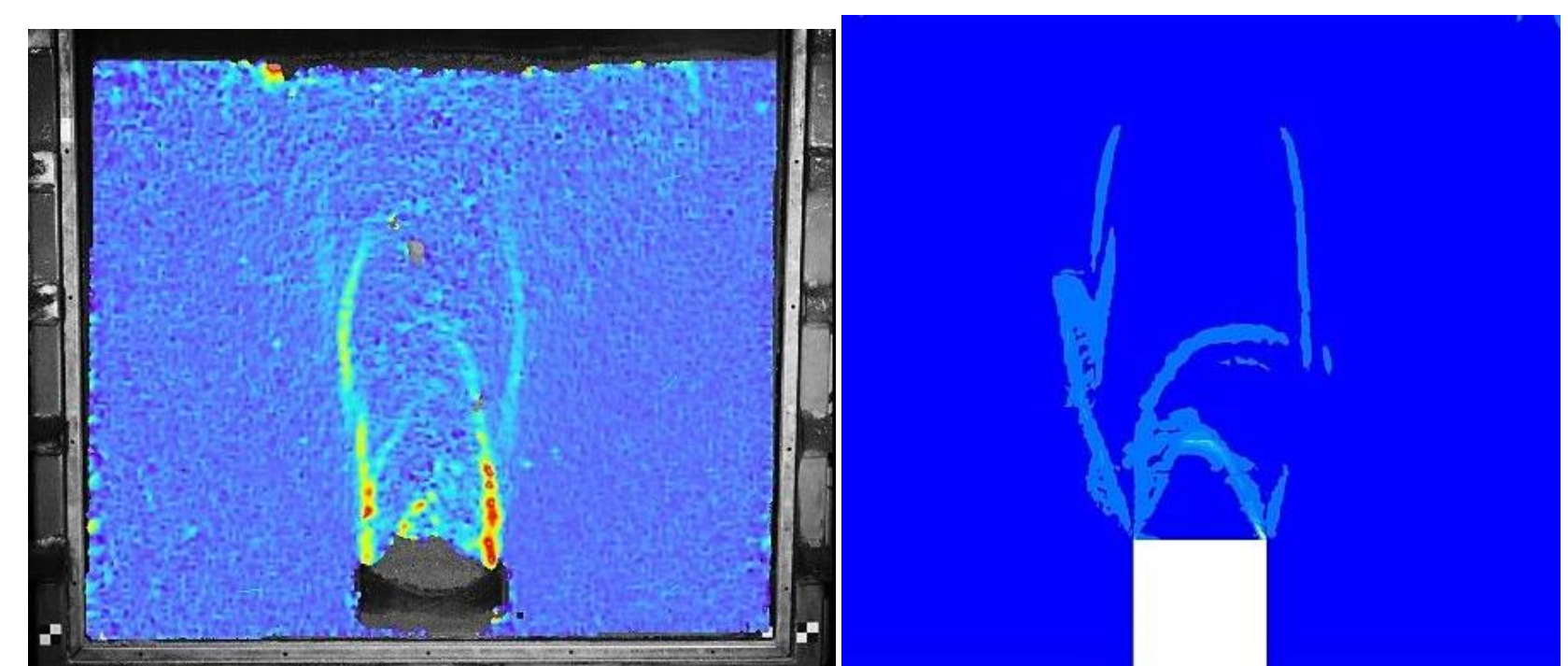


Abbildung 3: Analyse der Bruchmechanismen mittels optischer Auswertung über die PIV-Methode (links) und numerische Vergleichsbetrachtungen mittels FE-Methode (rechts)

## AUSBLICK

In Kooperation mit CDM Smith Leipzig werden die kleinmaßstäblich erprobten und numerisch simulierten Erkenntnisse in Großversuchen im 2. Quartal 2020 im 1:1 Maßstab reproduziert. Diese werden durch ein intensives Monitoringprogramm begleitet, welches der Validierung von Schwellwerten dient und Aussagen zur Langzeiteignung der Sensorik und der Trägermaterialien liefern soll. Weiterhin wird die Kombination der getrennten Parametererfassung durch unterschiedliche Sensoren geprüft und in seiner Datenaufbereitung optimiert.

Da an das Messsystem die Anforderung eines autonom agierenden Systems geknüpft werden, wird zusätzlich die Eignung einer Warnanlage - beispielsweise in Kombination mit einer Lichtsignalanlage - geprüft.

