

100-jährige Betonbogenbrücke

Tragfähigkeits-Überprüfung und Massnahmenkonzept



Diplomand Marco Cavegn
 Examinator Prof. Dr. Albin Kenel
 Experte Dr. Martin Käser, Brückeningenieur Kt ZH
 Themengebiet Konstruktion

Ausgangslage

Die Spannweite des 1906 erstellten Zweigelenkbogens betrug im Ursprungszustand 33 m bei einer Pfeilhöhe von 2.5 m. In den 70er Jahren wurde im Scheiteltbereich eine Einsenkung von rund 35 cm festgestellt, ein Sprengwerk aus Stahl sollte die Brücke fortan stützen. Heute weist die ganze Konstruktion zahlreiche Schäden auf. An der Oberfläche ist der Beton teilweise abgeplatzt, die Bewehrung ist an mehreren Stellen sichtbar und grössere Risse sind erkennbar. Besonders gut sichtbar sind die Schäden im Scheiteltbereich des Bogens, wo der Beton an der Brückenunterseite abgeplatzt ist und die stark korrodierte Bewehrung zum Vorschein kommt. Das Stahlsprengwerk soll im Rahmen der Instandsetzungsarbeiten entfernt werden. Die Brücke wird in Zukunft durch nichtmotorisierten Verkehr genutzt.



Abb. 1: Brückenansicht Oberwasserseite

Ursachen Schadensbild

Die Einsenkung des Bogenscheitels ist zu ungefähr 80 % auf Horizontalverschiebungen der Widerlager zurückzuführen, welche durch elastische Verformungen des Baugrunds entstanden sind. Die restlichen 20 % sind auf Schwinden und Kriechen des Betons zurückzuführen. Durch die ungenügende Entwässerung der Fahrbahn wird der Chlorideintrag an den Betonoberflächen der Konsolen, Brückenansichten und der Untersicht ermöglicht. Dies ist zusammen mit der ungenügenden Bewehrungsüberdeckung der Hauptgrund für die Bewehrungskorrosion und die Betonabplatzungen.



Abb. 2: Betonabplatzung infolge Bewehrungskorrosion an der Bogenunterseite

Tragwerksanalyse

Die Tragkonstruktion wird dank der Bogenwirkung vor allem auf Druck beansprucht, wodurch trotz starker Bewehrungskorrosion keine Tragfähigkeitsprobleme auftreten. Dies kann anhand von M-N-Interaktionsdiagrammen auf der Basis von aktualisierten Baustoffeigenschaften aufgezeigt werden, indem die Bewehrung bei der Berechnung des Tragwiderstandes vernachlässigt wird. Das massgebende Gefährdungsbild ergibt sich aus den Lastfällen ständige Einwirkungen und der veränderlichen Einwirkungen aus dem nichtmotorisierten Verkehr.

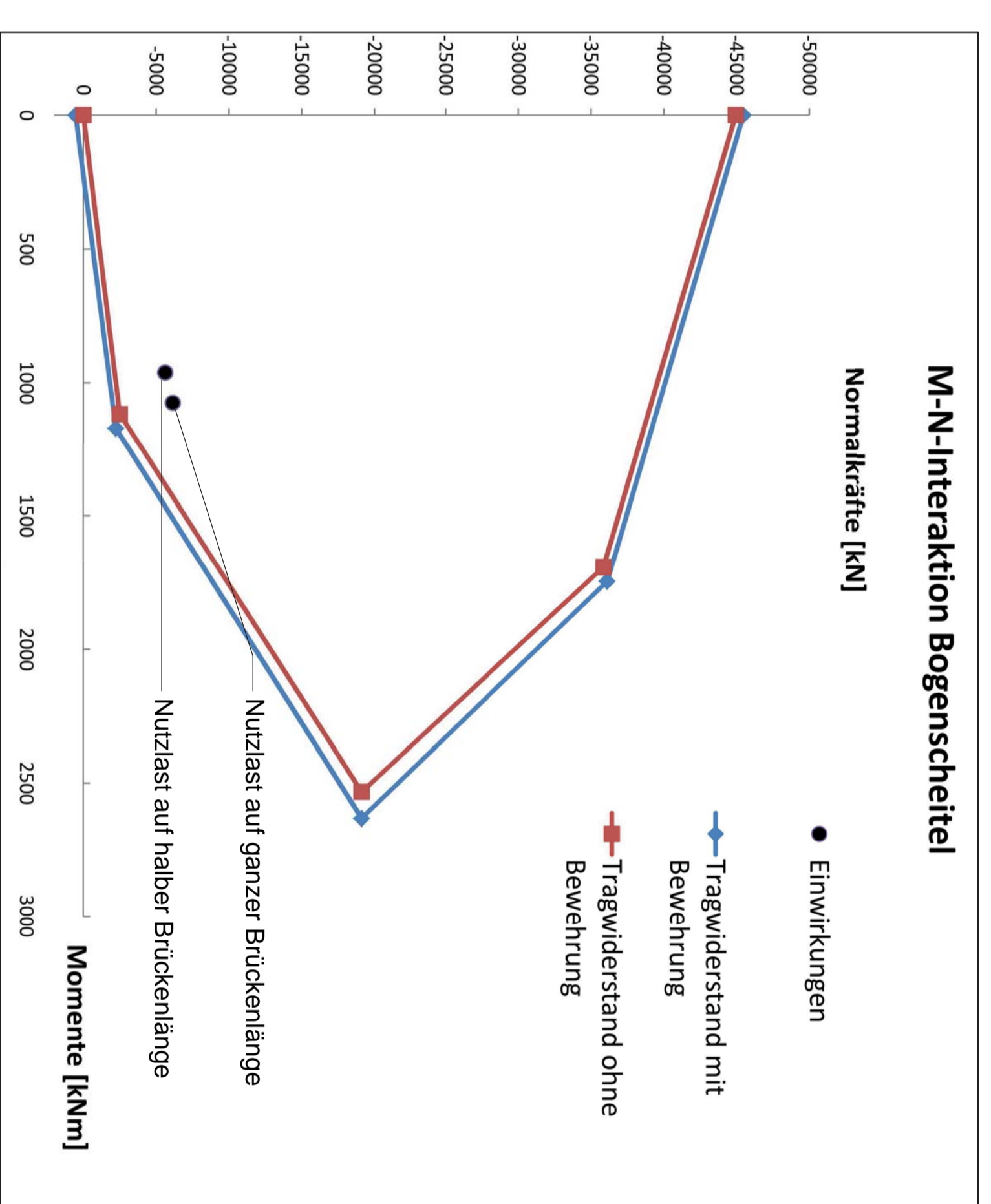


Abb. 3: M-N-Interaktionsdiagramm - Vergleich des Tragwiderstandes mit den massgebenden Einwirkungen

Die Stabilität des Tragwerks, insbesondere das Knicken des Bogens, kann mit Hilfe eines FEM-Programms untersucht werden. Dabei wird die Tragstruktur mit Schalenelementen modelliert. Um die intensiven Risse an der Bogenunterseite zu berücksichtigen kann die Querschnittshöhe in Brückenmitte reduziert werden. Wird ein Viertel der Querschnittshöhe eingesetzt, ist der Knicknachweis immer noch erbracht. Somit kann davon ausgegangen werden, dass keine Stabilitätsprobleme am Bauwerk auftreten.

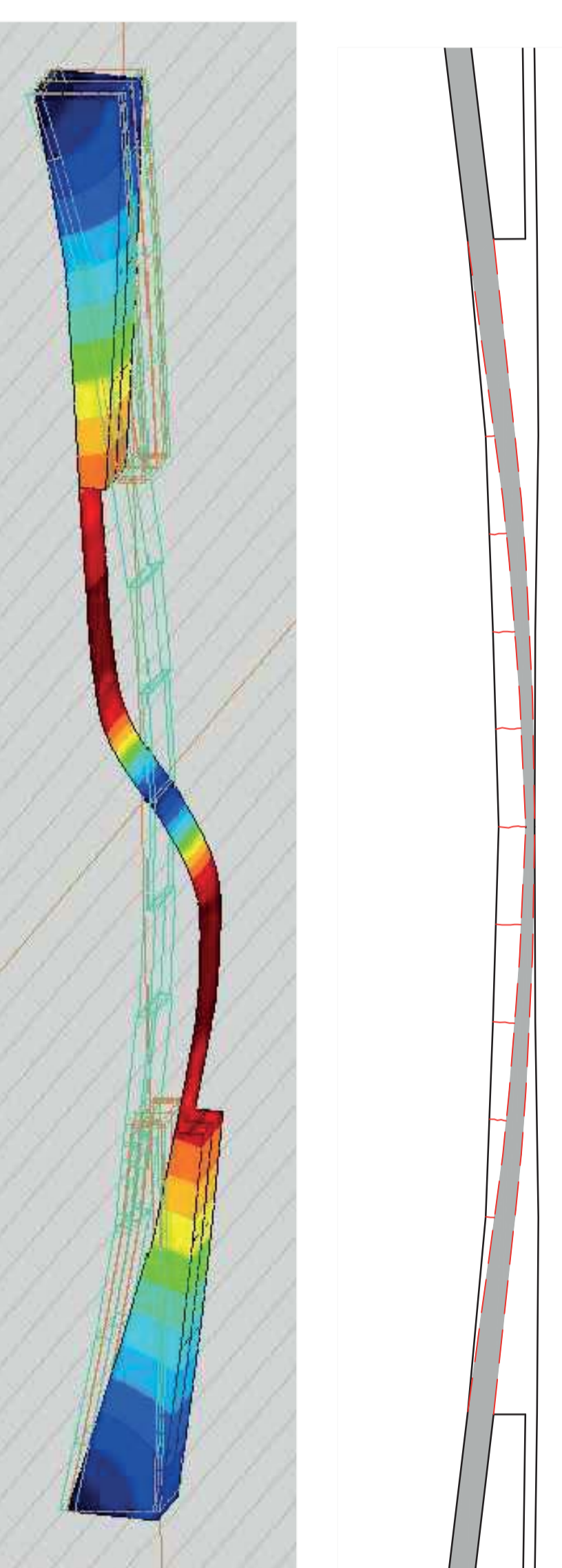


Abb. 4: Längsschnitt mit einem Viertel der effektiven Querschnittshöhe in Brückenmitte und 1. Knickform des untersuchten Schalenelements

Massnahmenkonzept und Baugrund

Das Massnahmenkonzept reduziert sich auf die Behebung von Dauerhaftigkeitsproblemen, da keine Tragfähigkeitsprobleme bestehen.

An den Brückenkanten sollen die bestehenden Fahrbahnübergänge entfernt und die Widerlagerbereiche umgebaut werden. Durch die vorgesehenen Hohlkasteneinstiege wird die Überwachung ermöglicht, die neuen Schlepplatten verbessern die Kräfteinleitung in den Baugrund.

Die Entfernung des chloridkontaminierten Betons und die Reprofilierung mit Spritzmörtel sollen die Dichtigkeit an der Betonoberfläche erhöhen und für eine ausreichende Bewehrungsüberdeckung sorgen. Die Fahrbahnaufdoppelung ermöglicht die Vergrösserung des Längsgefälles und eine Optimierung der Entwässerung. Auf die Fahrbahnplatte sollen eine PBD-Abdichtung und ein neuer Belag eingebaut werden. Die Entwässerung über die Konsolköpfe wird durch einen Vertikalanschlag von 50 mm zwischen Fahrbahnoberkante und Konsoloberkante verhindert.

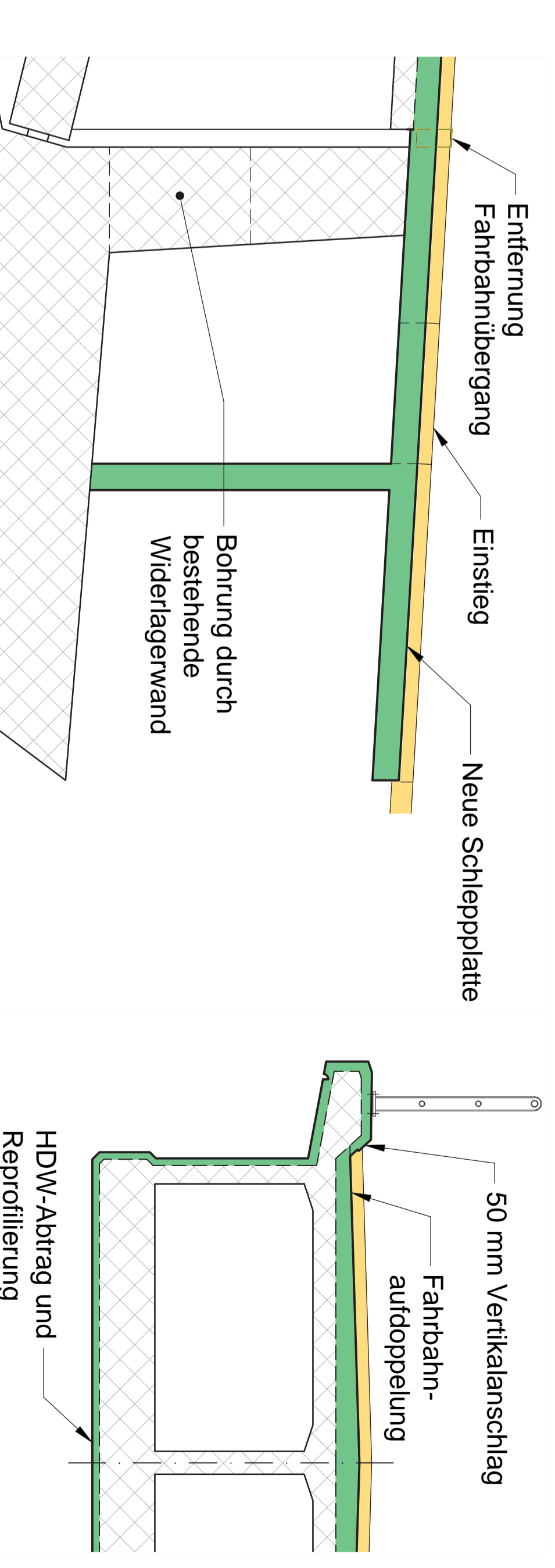


Abb. 5: Instandsetzungsmassnahmen an den Widerlagern und im Querschnitt

Elastische Verformungen des Baugrunds haben beim betrachteten Bauwerk zu Verschiebungen der Widerlager geführt (Abb. 7, Punkte 1 und 2). Durch den Einbau des Stahlsprengwerks hat eine Entlastung stattgefunden (Punkt 3). Durch die Entfernung des Stahlsprengwerks wird dann eine Wiederbelastung des Baugrunds stattfinden (Punkt 4). Geht man davon aus, dass die Zusatzbelastung nach der Instandsetzung rund 5 % der momentanen ständigen Lasten beträgt, ist mit einer zusätzlichen Horizontalverschiebung der Widerlager von rund 3 mm und daraus einer zusätzlichen Scheitteleinsenkung von rund 20 mm zu rechnen.

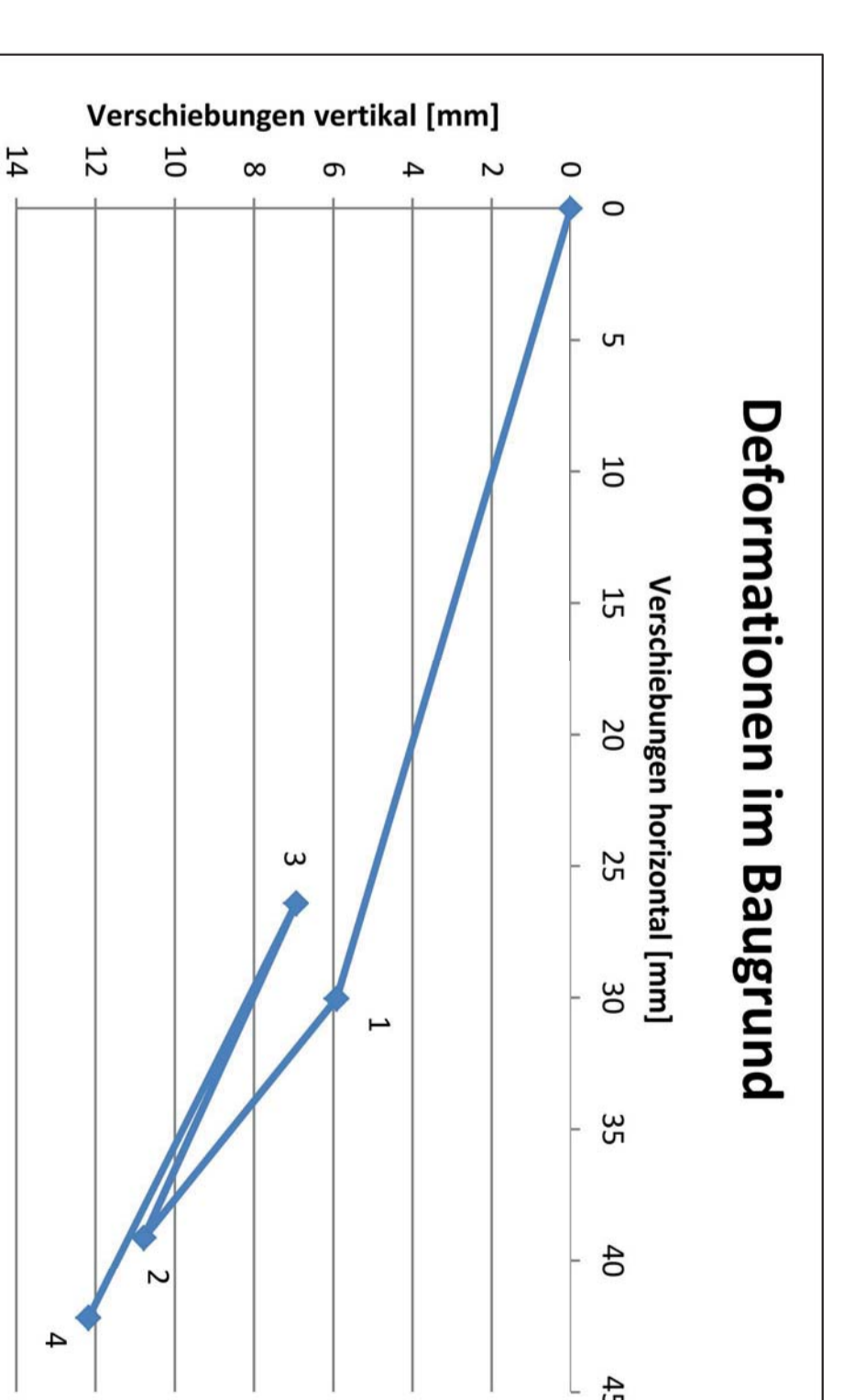


Abb. 7: Deformationen im Baugrund beim jeweiligen Bauwerkszustand