

Facharbeit – Zusammenfassung

**Konstruktion eines Adapters zur Pfahlprobelastung im Oberleitungsbau mittels
Zweiwegebagger**

von Lucas Scharf, MT24

Die STRABAG Rail Fahrleitungen GmbH ist im Bereich des Fahrleitungsbaus im Schienennetz der Deutschen Bahn tätig. Sie ist zuständig für die Planung, Errichtung und Instandsetzung von Oberleitungsanlagen im Nah- und Fernverkehr. Neben Planung und Statikberechnungen, führt sie u. a. Gründungen, Maststellarbeiten sowie das Ziehen von Fahrdraht und Tragseil aus.¹

Die Oberleitungsanlagen werden von Masten getragen, welche in der Regel mit Rohr- oder Pfahlfundamenten gegründet sind, wobei der Begriff "Pfahl" im Folgenden verwendet wird. Diese müssen die auftretenden Lasten sicher aufnehmen und in den Baugrund ableiten. Voraussetzung dafür ist eine ausreichend tragfähige und standsichere Gründung der verwendeten Pfähle. Diese Fundamente müssen vor dem Bau statisch nachgewiesen werden, um die Standsicherheit unter den vorgesehenen Lasten zu gewährleisten. Der Nachweis erfolgt mithilfe entsprechender Berechnungsprogramme und wird bei Neubauten durch einen vom Eisenbahn-Bundesamt anerkannten Prüfsachverständigen verpflichtend geprüft. Da dabei zahlreiche Parameter einfließen, sind auch für standardisierte Pfähle umfangreiche Nachweise erforderlich.

Da die Berechnungen auf angenommenen Baugrundparametern beruhen, kann es in der Praxis zu Abweichungen kommen. So kann der Baugrund beispielsweise einen höheren Widerstand aufweisen als erwartet, sodass ein Pfahl nicht bis zur vorgesehenen Tiefe eingebracht werden kann. Um in solchen Fällen die tatsächliche Standsicherheit zu überprüfen, soll eine Pfahlprobelastung durchgeführt werden.

Dafür wird ein Zweiwegebagger verwendet, der gleisseitig eine definierte Kraft auf den Pfahl aufbringt (Abb. 1). Diese Kraft muss mindestens den später auftretenden Betriebsbelastungen entsprechen. Die Kraftausübung erfolgt über einen hydraulischen Rohrschiebeadapter der MTS Schrode AG. Zwischen Adapter und Pfahl wird ein Kraftaufnehmer eingesetzt, mit dem sich die tatsächlich eingeleitete Kraft messen lässt. Zusätzlich wird die Auslenkung des Pfahls während des Versuchs erfasst, sodass aus den Messwerten ein Kraft-Weg-Diagramm erstellt werden kann. Auf dieser Grundlage kann auf die Standsicherheit des gegründeten Pfahles geschlossen werden.

¹vgl. (STRABAG Rail GmbH, 2025)

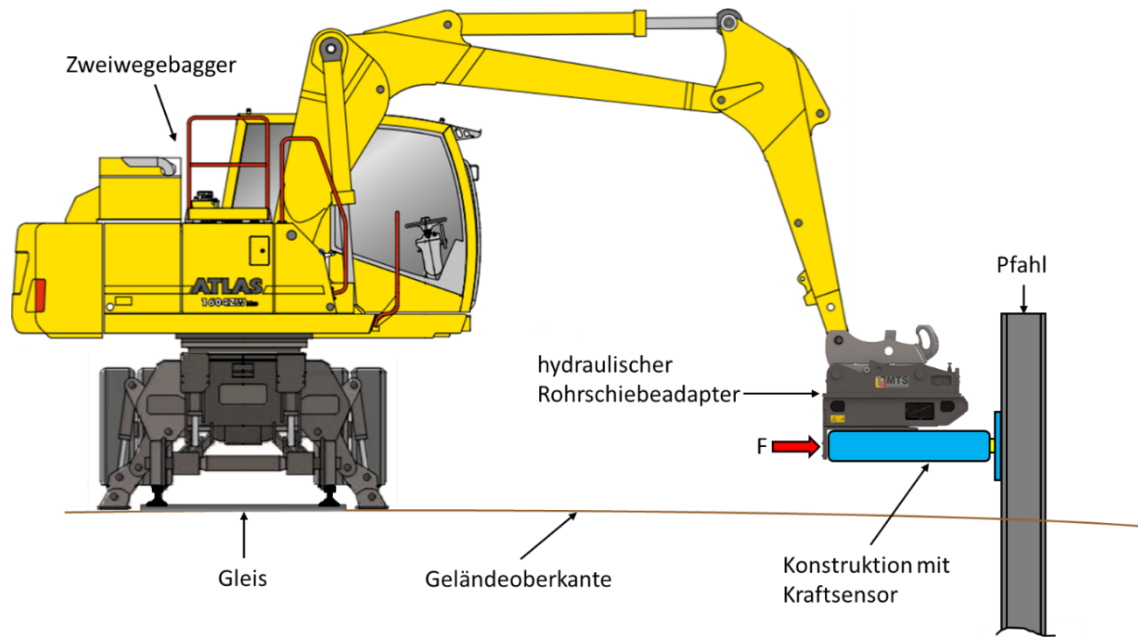


Abb. 1: Schematische Darstellung der Aufgabenstellung²

Die Aufgabe dieser Facharbeit besteht darin, eine geeignete Konstruktion zu entwickeln, die den hydraulischen Rohrschiebeadapter (HRSA) mit dem Kraftaufnehmer und dem zu prüfenden Pfahl verbindet. Dabei sollen sowohl eine sichere Kraftübertragung als auch eine zuverlässige Kraftmessung gewährleistet werden. Die Entwicklung umfasst die Erstellung und Ausarbeitung einer Konstruktion. Außerdem umfasst sie deren Dokumentation im Rahmen des Konstruktionsprozesses.

Zu Beginn der Arbeit wird der Ist-Zustand analysiert. Dabei zeigt sich, dass zwar bereits grundlegende Komponenten wie der hydraulische Rohrschiebeadapter und ein geeigneter Zweirad-Bagger vorhanden sind, jedoch keine ausgereifte Konstruktion zur Durchführung der beschriebenen Belastungsversuche existiert. Ein erster Vorentwurf liegt vor, welcher im Rahmen der Facharbeit methodisch überprüft und weiterentwickelt wird.

Auf Grundlage der Aufgabenstellung wird eine Anforderungsliste erstellt, die alle relevanten technischen, funktionalen und organisatorischen Anforderungen strukturiert zusammenfasst. Zentrale Anforderungen sind unter anderem die Fähigkeit der Konstruktion, eine Prüfkraft von bis zu 200 kN aufzunehmen, die Integration eines Kraftsensors mit ausreichender Messgenauigkeit sowie die Eignung für verschiedene Pfahlgeometrien. Darüber hinaus werden Aspekte wie Robustheit, Transportfähigkeit und Korrosionsschutz berücksichtigt.

Im weiteren Verlauf erfolgt die systematische Konzeptionsphase nach den Methoden der VDI 2222³. Zunächst wird das System mithilfe der Black-Box-Methode abstrahiert, um die wesentlichen Ein- und Ausgangsgrößen sowie äußeren Einflussfaktoren zu identifizieren.

² eigene Darstellung, Bildmaterial nach (Atlas GmbH, o. J.) und (MTS Schrode AG, o. J.)

³ vgl. (Zieschang, Schuljahr 2024/2025)

Die Hauptfunktion besteht darin, eine definierte horizontale Prüfkraft zu erzeugen und gleichzeitig die wirkende Kraft messtechnisch zu erfassen. Aufbauend darauf wird eine Funktionsstruktur entwickelt, die den Kraftfluss sowie die Signalverarbeitung innerhalb des Systems beschreibt.

In Abb. 2 ist eine Prinzipskizze der Baugruppe dargestellt, in der die wesentlichen konstruktiven Elemente zur Umsetzung der Funktionsstruktur schematisch angeordnet sind. Der Kraftsensor wird zwischen der kraftleitenden Hauptstruktur und der Kontaktfläche positioniert. Dadurch entsteht eine Sandwich-Anordnung, bei der der Sensor mittig im Kraftfluss angeordnet ist.

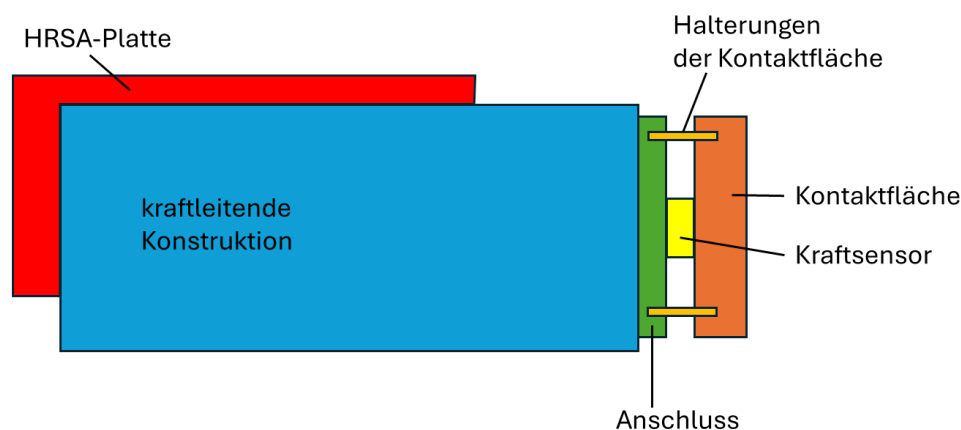


Abb. 2: Baugruppenschema

Anschließend werden die identifizierten Teilfunktionen in einem morphologischen Kasten systematisch untersucht. Für jede Funktion werden mehrere Lösungsansätze erarbeitet und miteinander kombiniert. Auf diese Weise entstehen verschiedene Konstruktionsvarianten, die sich insbesondere hinsichtlich ihrer kraftleitenden Querschnittsform und der Gestaltung der Kontaktfläche unterscheiden.

Zur Bewertung der entwickelten Varianten wird eine Nutzwertanalyse durchgeführt. Dabei werden Kriterien wie Handhabung, Funktionalität, Montageaufwand und Kosten berücksichtigt und gewichtet. Die Analyse zeigt, dass keine der ursprünglichen Varianten einen deutlichen Vorteil aufweist. Daher wird eine optimierte Kombinationslösung entwickelt, die die jeweils besten Teillösungen miteinander vereint. Diese Variante erzielt den höchsten Gesamtnutzwert und wird als Vorzugsvariante für die weitere Ausarbeitung ausgewählt.

Ein wesentlicher Bestandteil dieser Konstruktion ist die Auswahl eines geeigneten Kraftsensors. Hierzu wird eine Marktrecherche durchgeführt, in der verschiedene Sensoren hinsichtlich ihrer Messgenauigkeit verglichen werden. Aus der Anforderungsliste ergibt sich eine geforderte Messauflösung von 0,1 kN bei einem Messbereich bis 200 kN. Dabei ist die Linearitätsabweichung das entscheidende Kriterium, da sie die Messgenauigkeit maßgeblich beeinflusst.⁴

⁴vgl. (Hottinger Brüel & Kjær GmbH, 2025)

Als Ergebnis wird ein geeigneter Druckkraftsensor ausgewählt, der sich in Kombination mit einem passenden Messverstärker für eine Wegmessung eignet.

Auf Basis der gewählten Vorzugsvariante wird die Konstruktion detailliert ausgearbeitet. Das tragende Element bildet ein HEB-Profil, das aufgrund seiner günstigen Kombination aus Tragfähigkeit und Materialeinsatz ausgewählt wird. Die Kraftübertragung erfolgt entlang eines klar definierten Lastpfades vom Anbaugerät über die Konstruktion und den Kraftsensor bis hin zum Pfahl. Durch eine geeignete konstruktive Gestaltung wird sichergestellt, dass der Kraftsensor ausschließlich axial belastet wird und keine störenden Nebenkräfte auftreten.

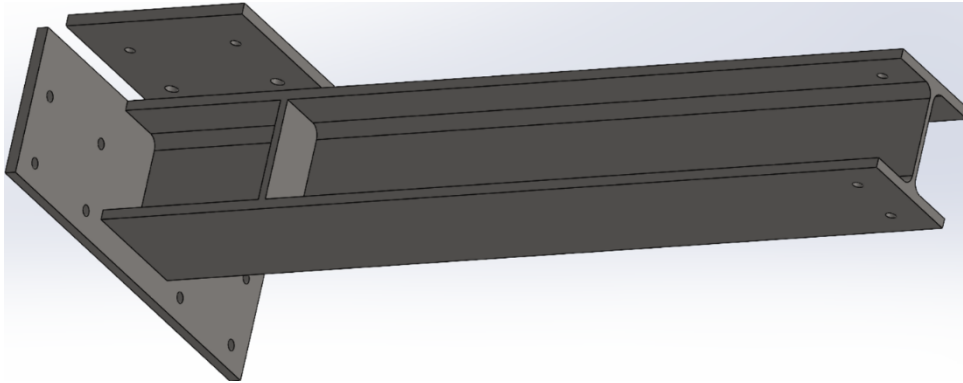


Abb. 3: Grundkörper der Konstruktion

Die Kontaktfläche zur Kraffteinleitung wird bewusst einfach und universell ausgeführt, um eine flexible Nutzung bei unterschiedlichen Pfahlgeometrien zu ermöglichen. Die Führung erfolgt über eine einfache Gleitlagerlösung, die eine ausreichende Beweglichkeit gewährleistet, ohne die Konstruktion unnötig zu verkomplizieren. Zusätzlich wird eine elektronische Wasserwaage integriert, um eine präzise horizontale Ausrichtung der Konstruktion sicherzustellen und Messfehler durch Schiefstellung zu vermeiden.

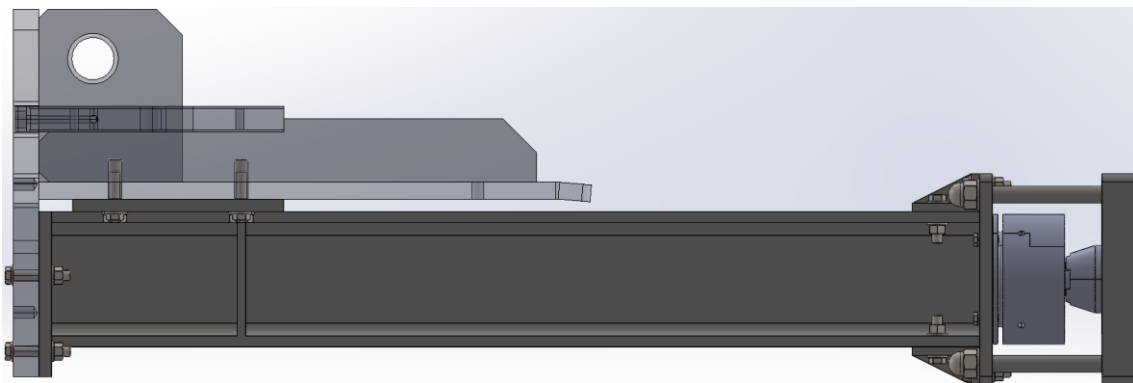


Abb. 4: Seitliche Ansicht der fertigen Baugruppe

Neben der Hauptkonstruktion wird ein Transportgestell entwickelt, das die sichere Handhabung und den Transport der Baugruppe ermöglicht. Dieses wird als einfache Schweißkonstruktion aus standardisierten Profilen ausgeführt und erlaubt sowohl den Transport mittels Gabelstapler als auch das Anheben mit einem Kran.

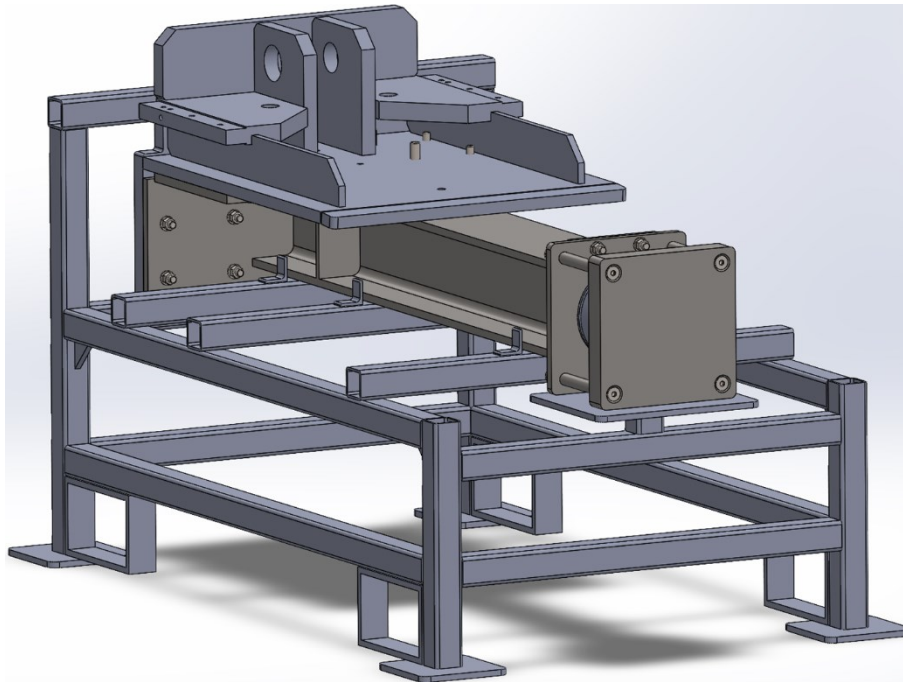


Abb. 5: Transportgestell mit Baugruppe

Zur Absicherung der Konstruktion werden abschließend die erforderlichen Festigkeitsnachweise durchgeführt. Dabei werden alle relevanten Bauteile hinsichtlich ihrer Belastbarkeit überprüft, um ein Versagen unter den vorgesehenen Lasten auszuschließen. Die Berechnungen basieren auf den in der Ausbildung vermittelten Methoden und auf gängigen technischen Regelwerken wie der DIN EN 1993-1-8 „Eurocode 3 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten“.

Um die Stahlkonstruktion aus S235JR vor Korrosion zu schützen, wird ein Duplex-System verwendet, da dieses Verfahren die Anforderungen des Eisenbahnregelwerkes erfüllt. Zugleich bietet es einen langlebigen und vergleichsweise wartungsarmen Korrosionsschutz.

Zusammenfassend zeigt die Facharbeit, dass durch die systematische Anwendung konstruktiver Methoden eine praxismgerechte Lösung entwickelt wurde. Diese ermöglicht Pfahlprobelastungen unter realen Bedingungen und dient der Überprüfung statischer Nachweise. Damit wird ein Beitrag zur höheren Planungssicherheit und zur Verbesserung der Gründungsqualität im Oberleitungsbau geleistet. Die geforderte Dokumentation und Auslegung des Adapters wurden vollständig erbracht. Der angefertigte Zeichnungssatz bildet die Grundlage für eine spätere Umsetzung sowie für mögliche Optimierungen im Baustellenbetrieb.

Literaturverzeichnis:

Atlas GmbH. (o. J.). *Zweiwegebagger: 1604 ZW*. Abgerufen am 08. März 2026 von Atlas GmbH: https://atlasgmbh.com/wp-content/uploads/de_ZW_-STUFE-5_preview.pdf

Hottinger Brüel & Kjær GmbH. (2025). *Glossar Kraftmesstechnik: Merkmale von Kraftaufnehmern*. Abgerufen am 11. Juli 2025 von HBK: <https://www.hbm.com/de/3636/glossar-kraftmesstechnik/#c475024>

MTS Schrode AG. (o. J.). *HRSA Hydraulischer Rohrschiebeadapter*. Abgerufen am 09. Juli 2025 von MTS online: <https://www.mts-online.de/produkte/mts-spezial/hydraulischer-rohrschiebeadapter/hrsa-hydraulischer-rohrschiebeadapter/?L=0>

STRABAG Rail GmbH. (2025). *Fahrleitungsbau*. Abgerufen am 02. Juli 2025 von STRABAG Rail: https://www.strabag-rail.com/databases/internet/_public/content30.nsf/web30?Openagent&id=DE-STRABAGRAIL.COM_fahrleitungsbau.html&men1=2&sid=260

Zieschang, A. (Schuljahr 2024/2025). *MT04. Grundlagen der Konstruktionslehre*. BSZET, Maschinentechnik, Dresden.