Sonderanwendungen am modernisierten Wiege- und Verwindeprüfstand im Siemens Mobility Prüf- und Validationcenter

Dehmer, Stephan[1], Weise, Thomas[1], Meinhold, Stefan[1]

[1]Siemens Mobility GmbH, Prüf- und Validationcenter Wegberg-Wildenrath

Zusammenfassung

Die Messeinrichtung zur Messung von Radaufstandskräften im Prüf- und Validationcenter wurde zu einem dynamischen Verwindeprüfstand modernisiert, der durch erweiterte Arbeitsbereiche und eine zeitgemäße, erweiterbare Messtechnik eine Vielzahl statischer und dynamischer Messungen durch das Anheben einzelner Räder unter gleichzeitiger Erfassung von Hubhöhen und Radaufstandskräften ermöglicht.

1 Einleitung

Ein wesentlicher Bestandteil der Versuche zum Nachweis der Sicherheit gegen Entgleisen nach DIN EN 14363 sowie Basis zur Beurteilung der Spurführung ist die Messung der Radaufstandskräfte und der Verwindungseigenschaften der Fahrzeuge. Dies erfolgt in der Regel auf speziellen Prüfständen.

Die Siemens Mobility GmbH hat ihren Prüfstand im Prüf- und Validationcenter Wegberg-Wildenrath so modernisiert, dass neben der Messung der Radaufstandskräfte und der Verwindungseigenschaften auch weitere dynamische Messungen möglich sind, die zur Validierung von Berechnungsmodellen und auch zur Fehlersuche an Fahrzeugen verwendet werden können.

2 Das Prüf- und Validationcenter der Siemens Mobility GmbH

Seit gut 20 Jahren betreibt die Siemens Mobility GmbH in Wegberg, nahe der niederländischen Grenze auf dem Gelände eines ehemaligen Militärflughafens das Prüf- und Validationcenter Wegberg-Wildenrath (PCW). In diesem Prüfcenter werden Vollbahnfahrzeuge, aber auch Metros und Straßenbahnen inbetriebgesetzt und zahlreichen Typ- und Serienprüfungen unterzogen. Das PCW wird dazu nicht nur von Siemens genutzt. Es steht allen Herstellern von Schienenfahrzeugen offen.

Zur Prüfung von Fahrzeugen steht hier eine umfangreiche Infrastruktur zur Verfügung. Die fünf Testgleise mit einer Länge von insgesamt über 10 km stehen für Testfahrten mit Geschwindigkeiten von bis zu 160 km/h zur Verfügung. Sie sind in Normalspur und teilweise in Meterspur trassiert und neben Oberleitung auch mit verschiedenen Typen von Stromschienen ausgerüstet. Die eigene Umrichter-Anlage ermöglicht die Versorgung der Testgleise mit den unterschiedlichsten Bahnstromarten in Gleich- und Wechselstrom. Die Testgleise sind außerdem mit verschiedenen Zugsicherungssystemen ausgerüstet (ETCS Level 1 und 2 sowie nationale Zugsicherungssysteme).

Darüber hinaus stehen für Standversuche Hallengleise und Abstellgleise im Außenbereich zur Verfügung. Die Hallengleise umfassen dabei aufgeständerte Gleise mit einer Länge von bis zu 400 m, auf denen die Fahrzeuge unter einer zuschaltbaren Oberleitung betrieben und geprüft werden können.

Neben den Testgleisen bietet das Prüfcenter weitere stationäre Prüfanlagen, unter anderem:

- Verwindeprüfstand und Radaufstandskraft-Messeinrichtung
- Dreh-Kipp-Tisch zur Messung des Ausdrehmomentes sowie für Freigängigkeitsuntersuchungen
- Ebener Messgleisbogen
- Neigungsprüfstand zur Ermittlung des Wankpols und des Neigungskoeffizienten
- Hochspannungsprüfanlage
- Akustikmessgleis

Die stationären Prüfanlagen werden von der im Prüfcenter angesiedelten Prüfstelle betrieben, die als Prüflaboratorium für zahlreiche eisenbahntypische Prüfungen nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert ist. Die akkreditierte Prüfstelle führt zulassungsrelevante Prüfungen innerhalb und außerhalb des Testcenters durch.

3 Verwindeprüfstand / Waage

Bereits kurz nach der Eröffnung des Prüfcenters wurde im Jahr 1999 eine Messeinrichtung zur Bestimmung der Radaufstandskräfte installiert.

Die Messeinrichtung ist zusammen mit dem Dreh-Kipp-Tisch in einer gesonderten Halle des Prüfcenters installiert. Der Prüfstand umfasst zusätzlich ein 52 m langes Messgleis. Da es sich bei dem Gleis um ein Durchgangsgleis handelt, können auch lange, betrieblich nicht trennbare Triebzugeinheiten untersucht werden.

3.1 Die ursprüngliche Version der Messeinrichtung

Die ursprünglich im Prüfcenter eingebaute Einrichtung zur Messung der Radaufstandskräfte war ihrerseits bereits eine modernisierte Version einer älteren Fahrzeugwaage. Sie bestand aus acht Wiegeelementen, die in der Gleisgrube des Prüfstands in Längsrichtung verfahrbar waren, um den Prüfstand an die Achsanordnung des zu prüfenden Fahrzeuges anzupassen.

Jedes Wiegeelement bestand dabei aus einem Unterrahmen, der die Antriebe für die Längs- und die Hubbewegungen enthielt. Auf dem Unterrahmen stand für jedes Rad des zu untersuchenden Radsatzes eine Säule, die sich jeweils auf Kraftmessdosen auf dem Unterrahmen abstützte. Durch Anheben des Wiegeelementes wurde der Spurkranz vom Gleis abgehoben, so dass die Radaufstandskraft an bis zu acht Radsätzen gleichzeitig gemessen werden konnte. Die Messung erfolgte damit an der Spurkranzkuppe, was den Vorteil bietet, dass die Stützbasis der Aufstandspunkte sehr genau bestimmt werden kann. Durch eine (manuelle) Einstellbarkeit der Höhe der Hubeinrichtung wurde gewährleistet, dass sich alle angehobenen Räder in einer gemeinsamen Ebene befinden.

Für eine Messung der Radaufstandskräfte ergab sich damit der folgende Arbeitsablauf:

1. Fahrzeug auf Prüfstand rangieren und Wiegeelemente positionieren
2. Mit Hilfe eines Nivelliergerätes die Hubhöhen so einstellen, dass sich alle angehobenen Räder in einer gemeinsamen Messebene (Nullebene) befinden
3. Erzeugen einer Fahrwerksverwindung durch diagonales Unterlegen von Blechen zwischen Radfahrfläche und Schiene und Absenken des Radsatzes
4. Anheben und Messung der Aufstandskräfte in Nullebene (Messung 1)
5. Erzeugen einer Fahrwerksverwindung in Gegenrichtung durch gegensätzliches diagonales Unterlegen von Blechen zwischen Radfahrfläche und Schiene und Absenken des Radsatzes
6. Anheben und Messung der Aufstandskräfte in Nullebene (Messung 2)

Die Werte der beiden Messungen müssen anschließend von der Stützbasis des Spurkranzabstandes auf den Abstand der Messkreisebenen umgerechnet werden. Messergebnis ist

dann der Mittelwert der beiden Einzelmessungen. Abbildung 1 zeigt den prinzipiellen Ablauf bei der Wiegung eines 4-achsigen Fahrzeugs mit Drehgestellen.

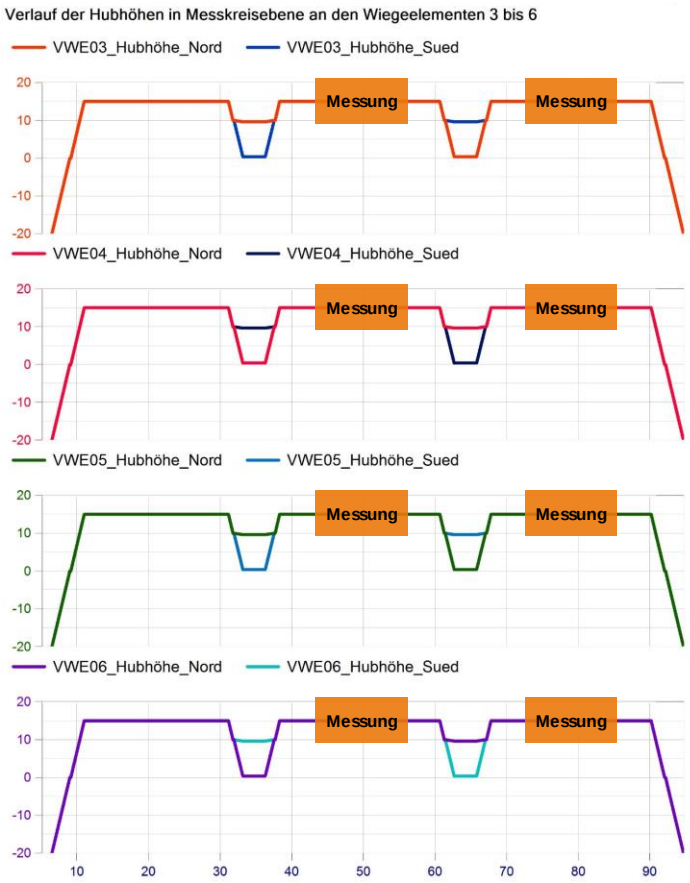

Abbildung 1: Prüfablauf bei der Messung der Radaufstandskräfte mit dem ursprünglichen Prüfstand

Zur Durchführung von Verwindungsprüfungen musste die Vorgehensweise an die Möglichkeiten des Prüfstandes angepasst werden, da der Prüfstand nur Messungen bei ruhendem Rad und eine maximale Hubhöhe von ca. 15 mm über Schienenoberkante erlaubte. Aus diesem Grund wurden die Hubhöhen der einzelnen Räder des zu untersuchenden Fahrzeugs durch abwechselndes Unterlegen von Stahlklötzen unter Spurkranz und Fahrfläche schrittweise so variiert, dass die geforderten Verwindungsabläufe schrittweise aufgebaut und gemessen werden konnten. Abbildung 2 zeigt einen solchen Ablauf, der sich in diesem Fall aus 60 einzelnen Messungen zusammensetzt.

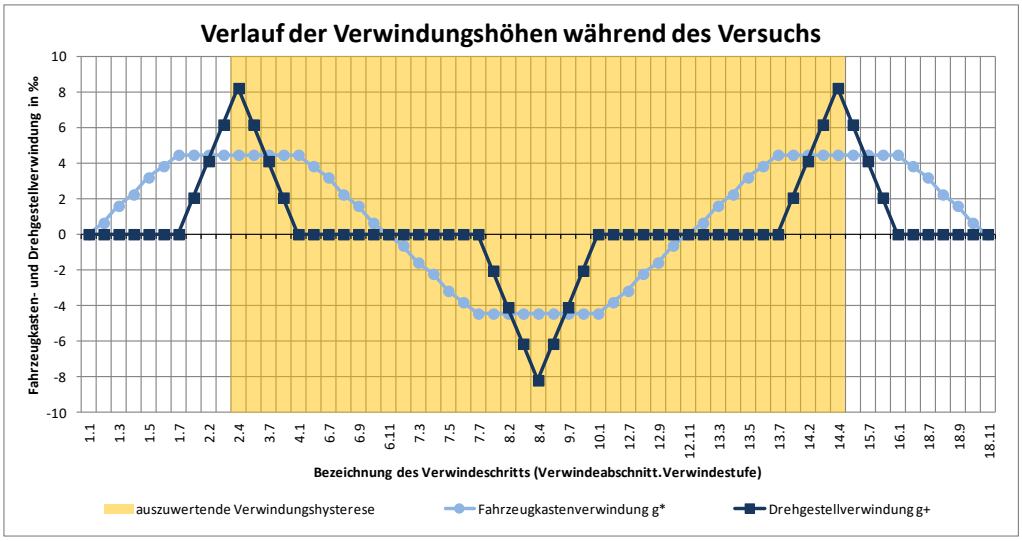

Abbildung 2: Prüfablauf bei der Verwindungsprüfung mit überlagerter Fahrzeugkasten- und Drehgestellverwindung auf dem ursprünglichen Prüfstand

Die Durchführung einer Verwindungsprüfung nach dieser Methode ist sehr aufwändig und wegen der zahlreichen Arbeitsschritte auch fehleranfällig. Darüber hinaus birgt das Hantieren mit den verwendeten Stahlklötzen ein Risiko für die Arbeitssicherheit. Die Messung einer einzelnen Verwindehysterese dauert dabei 2 bis 3 Stunden mit 5 Mitarbeitern.

Bei derartigen Verwindungsprüfungen erfolgt die Messung nicht kontinuierlich und das als Ergebnis entstehende Verwindediagramm zeigt nur einzelne Stufen der Verwindung.

3.2 Modernisierung der Waage als dynamischer Verwindeprüfstand

Nach 18 Jahren Betrieb mit der oben beschriebenen Anlage ergab sich der Bedarf einer gründlichen Wartung. In diesem Zeitraum wurden über 10.000 Radsätze mit einem Gesamtgewicht von mehr als 400.000 t gewogen. Neben dem dadurch verursachten mechanischen Verschleiß wurde auch die Ersatzteilversorgung für die eingebaute Messtechnik immer schwieriger. Auch die ursprünglich entwickelte Software zur Steuerung und Messung war nicht mehr kompatibel mit aktuellen Computersystemen.

Aus diesen Gründen wurde entschieden, die Anlage umfassend zu modernisieren und ihre Einsatzmöglichkeiten deutlich zu erweitern. Die folgenden Anforderungen wurden definiert:

- Kontinuierliche Messung und Regelung von Hubhöhen und -geschwindigkeiten
- Erweiterung der Arbeitsbereiche, insbesondere der Hubhöhen
- Umbau auf zeitgemäße Mess- und Steuerungstechnik

- Kompatibilität zu weiterer Messtechnik der Prüfstelle
- Umbau im laufenden Betrieb
- Beibehalten der Akkreditierung (insbesondere Kalibrierung)

Die Modernisierung erfolgte auf der Basis der vorhandenen Wiegeelemente. Dabei wurde auch das Messprinzip (Anheben des Rades und Messung am Spurkranz) grundsätzlich beibehalten. Die wesentliche Änderung ist die Verlagerung der relevanten Hubbewegungen in die Säulen, die jeweils die Räder eines Radsatzes anheben. Hierdurch konnte der Arbeitsbereich der Elemente bis zu Hubhöhen von 120 mm über Schienenoberkante erweitert werden. Die verwendeten Spindelantriebe ermöglichen eine feine Regelung der Hubgeschwindigkeiten bis zu einer Geschwindigkeit von 10 mm/s. Abbildung 3 zeigt den modernisierten Prüfstand.

Abbildung 3: Modernisierter Wiege- und Verwindeprüfstand

Die Anlage besteht aus einem Gleis, das über 52 m Länge aufgeständert ist und in dessen Mittelgrube 8 Messelemente eingesetzt sind, die je nach Radsatzposition des zu prüfenden Fahrzeuges in Längsrichtung beliebig angeordnet werden können. Das aufgeständerte Gleis hat Messgleisqualität, d.h., die Höhenlage liegt innerhalb eines Toleranzfeldes von 1 mm.

Die Radaufstandskräfte werden für linkes und rechtes Rad getrennt jeweils mittels 4 Wägezellen gemessen, die die Kräfte auf den Grundrahmen der Messelemente übertragen.

Die ermittelten Einzelmesswerte für die Radaufstandskräfte sind gültig für Radaufstandspunkte an den Kraftübertragungspunkten. Während einer einfachen Wiegung sind das zunächst die Spurkranzkuppen. Die so ermittelten Werte werden anschließend auf Radaufstandspunkte in den Messkreisebenen der Räder umgerechnet.

Für die Verwindungsprüfung wird entsprechend der erforderlichen Fahrzeugverwindung die Hubhöhe jedes einzelnen Rades entsprechend den Vorgaben des Prüfprogramms variiert. Die Höhenvorgaben beziehen sich dabei stets auf die nivellierte Ausgangshöhe. Für die notwendigen Hubhöhen erfolgt dabei ebenfalls eine Umrechnung von der auf Basis der Messkreisebene bestimmten Hubhöhen auf die Basis des Spurkranzkuppenabstandes.

Die Hubbewegungen erfolgen dabei ohne Neigung der Radaufnahmeplatten. Aus den Hubhöhendifferenzen zwischen den beiden Rädern eines Radsatzes ergibt sich eine Verringerung der Stützbasis, welche durch Linearführungen in den Hubelementen reibungsarm ausgeglichen wird. Somit werden nennenswerte Querkräfte an den Spurkranzkuppen vermieden.

Die unterschiedlichen Hubhöhen werden mit Spindelantrieben über eine Regelung angefahren. Für die Regelung muss die Hubhöhe bestimmt werden. Die Bestimmung der Hubhöhe erfolgt über einen Seilzug-Wegsensor, mit dem lineare Bewegungen über ein Stahlseil gemessen werden. Der Seilzug-Wegsensor misst die Hubhöhen der Wiege-/ Verwindeelemente, die in einen Regelkreis eingelesen werden, welcher in einer Simatic-Steuerung, über die die entsprechenden Hubhöhen angefahren werden, integriert ist.

Die übergeordnete Steuerung des Prüfstands sowie die Speicherung der von den Wiegeelementen übermittelten Messwerte erfolgt mit dem Programm „Studio“ der Firma imc-Messsysteme GmbH. Dieses Steuerprogramm übergibt die in einem Prüfprogramm definierte Abfolge der Hubhöhenbewegungen an das Steuer- und Regelprogramm des Prüfstands. Die verwendete Messtechnik ist kompatibel mit in der Prüfstelle vorhandener Sensorik und Messtechnik, so dass das Messsystem einfach um zusätzliche Kanäle erweitert werden kann.

Abbildung 4 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Hubsäule für die Messung an einem Rad.

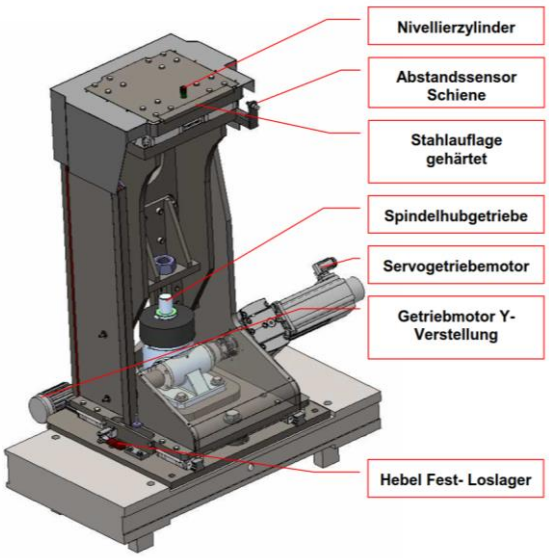

Abbildung 4: Prinzipieller Aufbau eines Verwindeelementes

Die Modernisierung erfolgte unter laufendem Betrieb, so dass durchgängig zumindest vierachsige Fahrzeuge gemessen werden konnten. Dadurch konnten auch Vergleichsmessungen zwischen alter und neuer Anlage erfolgen, die zur Validierung des neuen Verfahrens dienten.

Für die Bestimmung der Radaufstandskräfte mit der modernisierten Anlage ergibt sich die folgende Vorgehensweise:

1. Fahrzeug auf den Prüfstand rangieren und Wiegeelemente positionieren
2. Mithilfe eines Nivelliergerätes die Hubhöhen so einstellen, dass sich alle angehobenen Räder in einer gemeinsamen Messebene befinden
3. Ablauf eines automatischen Prüfprogramms, in dem Fahrzeug- und Fahrwerksverwindungen erzeugt werden
4. Vierfache Messung der Aufstandskräfte in Nullebene während Ablauf des Prüfprogramms

Ein beispielhafter Gesamtablauf ist in Abbildung 5 dargestellt. Die im Diagramm orange dargestellten Bereiche kennzeichnen die Zeitpunkte, zu denen die Aufstandskräfte gemessen werden. Gegenüber der früher verwendeten Messmethode werden zwischen den Messungen nun auch Fahrzeugkastenverwindungen erzeugt.

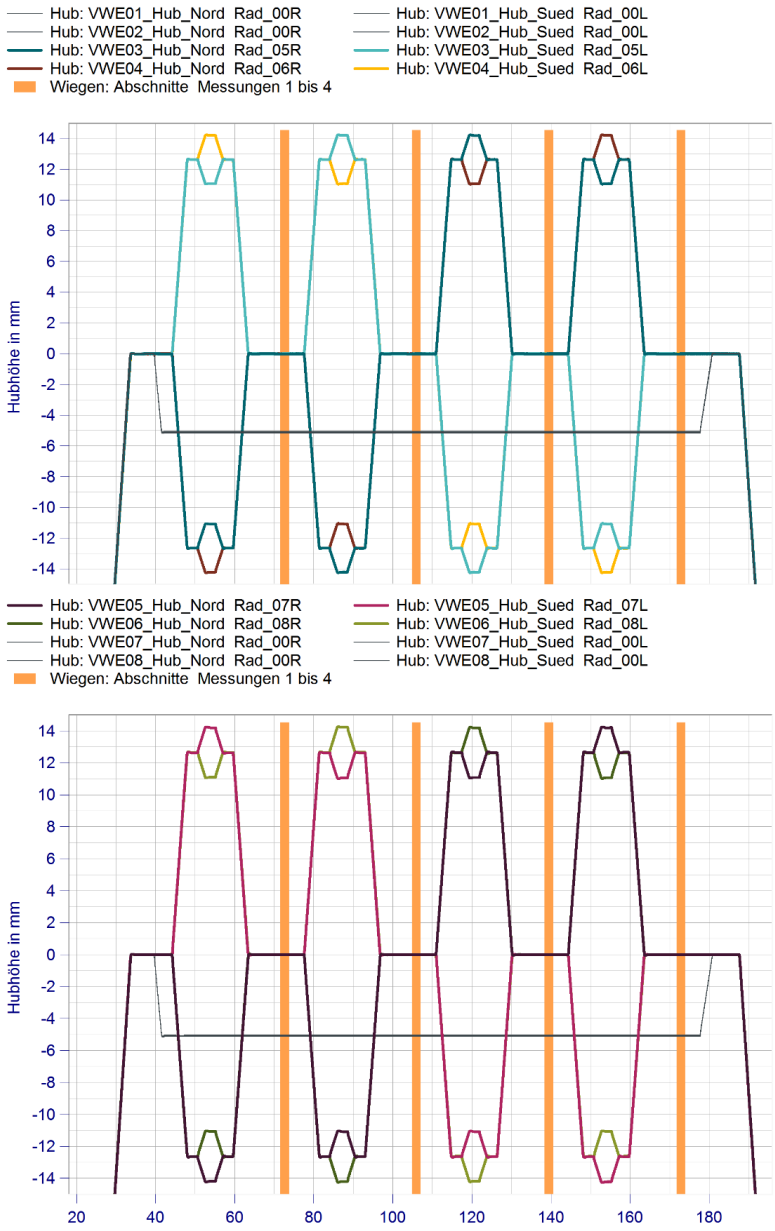

Abbildung 5: Ablauf einer Messung der Radaufstandskräfte

Durch die erweiterten Hubhöhen und die Möglichkeit der kontinuierlichen Messung von Radaufstandskräften und Höhen während der Hubbewegungen lässt sich der Prüfstand ohne zusätzliche Ausrüstung direkt für Verwindungsprüfungen verwenden. Es können Prüfprogramme erstellt werden, die Fahrwerks- und Fahrzeugverwindungen nach den normativen Vorgaben umfassen. Ein solches Prüfprogramm ist beispielhaft in Abbildung 6 für ein 8-achsiges Fahrzeug dargestellt.

Bei dem dargestellten Prüfablauf wird über die vier Fahrwerke des Fahrzeugs eine Fahrzeugverwindung aufgebaut, der zusätzlich an einem Endfahrwerk eine Fahrwerksverwindung überlagert ist. Aufgrund der großen Drehgestellmittenabstände dieses Fahrzeugs

wurde die Fahrzeugverwindung am vierten Fahrwerk durch externe Verwinde- und Neigeelemente erzeugt, welche synchron zu den Verwindeelementen VWE07 und VWE08 bewegt wurden. Durch die kontinuierliche Aufzeichnung entsteht das ebenfalls in Abbildung 6 dargestellte Verwindediagramm mit durchgehenden Kraftverläufen. Durch eine Wiederholung des Verwindungsaufbaus (links-rechts-links) und eine entsprechende Auswahl des Messbereichs können vollständige Verwindungshysteresen aufgezeichnet und ausgewertet werden.

Der Prüfstand ermöglicht eine synchrone Prüfung an bis zu acht Achsen über eine Länge von 50 m. Zur Untersuchung zusätzlicher Achsen oder längerer Fahrzeuge stehen zusätzliche Verwinde- und Neigeelemente zur Verfügung, mit denen Achsen auch außerhalb des Prüfstandes verwunden werden können (ohne Kraftmessung).

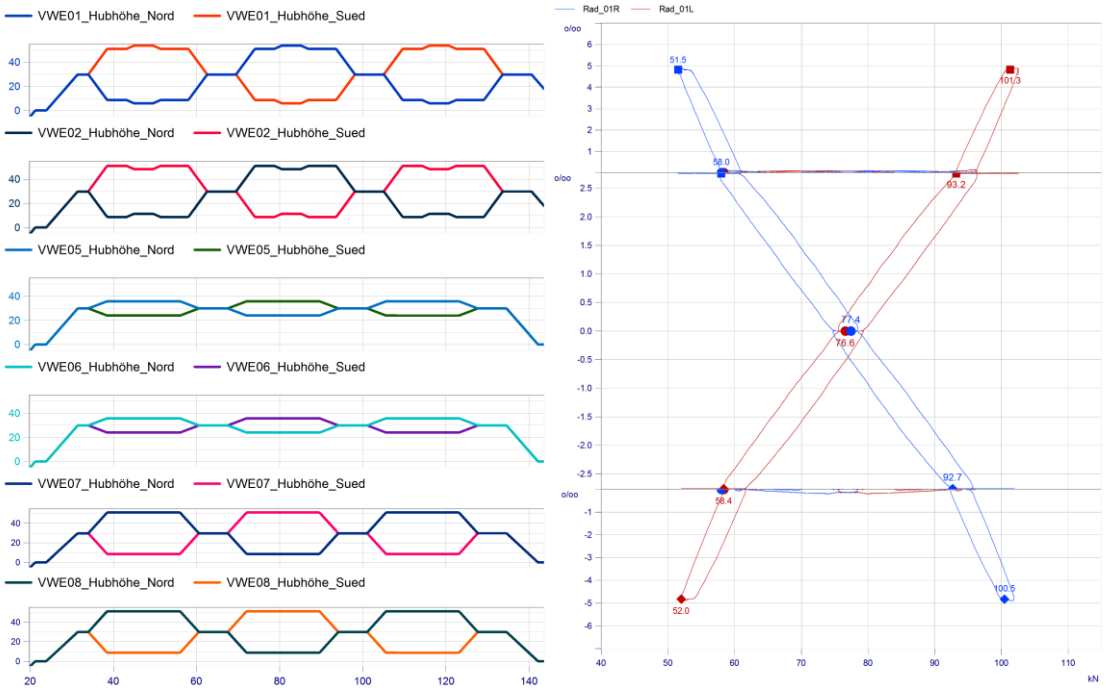

Abbildung 6: Ablauf einer Verwindungsprüfung und das resultierende Verwindediagramm

Der oben skizzierte Prüfablauf läuft vollständig automatisch ab, nachdem das Fahrzeug auf dem Prüfstand steht und die einzelnen Räder einmal auf eine gemeinsame Höhe nivelliert sind. Es ergibt sich ein Zeitbedarf von ca. 3 Minuten mit nur einem Mitarbeiter für einen vollständigen Verwindungsdurchlauf.

4 Zusätzliche Einsatzmöglichkeiten

Durch die neuen technischen Eigenschaften des Prüfstandes ergeben sich zahlreiche weitere Prüfmöglichkeiten. Die Programmabläufe lassen sich individuell hinsichtlich Hubhöhen und -geschwindigkeiten sehr frei gestalten. Dadurch ist auch ein einseitiges Anheben oder eine dynamische Betrachtung mit einstellbaren Hubgeschwindigkeiten möglich.

Bei diesen Prüfungen kann zusätzliche Sensorik so in den Prüfstand integriert werden, dass zum Beispiel Wege, Neigungen oder Beschleunigungen am Fahrzeug synchron zu den Bewegungen des Prüfstandes mit einer gemeinsamen Messwerterfassung aufgezeichnet werden können.

4.1 Neigungsprüfungen

Der erweiterte Arbeitsbereich der Hubelemente und die Möglichkeit, einseitig Räder synchron anzuheben, ermöglichen Neigungsprüfungen an Fahrzeugen mit bis zu acht Achsen. Dabei sind Hubhöhendifferenzen zwischen den beiden Seiten von bis zu 150 mm erreichbar.

Es erfolgten bereits erste Messungen an einem sechsachsigen Straßenbahnfahrzeug. Für die Messung wurde das Fahrzeug mit zahlreichen zusätzlichen Sensoren ausgerüstet, so dass Neigungen, Quer- und Vertikalbewegungen synchron zur Bewegung des Prüfstandes mit gemeinsamer Messtechnik aufgezeichnet werden konnten.

Aus den aufgezeichneten Daten werden die Neigungskoeffizienten und Wankpolhöhen berechnet. Die Daten lassen sich außerdem zur Validierung von Berechnungen und Simulationsmodellen verwenden. Dazu können beispielsweise die Parameter des Neigungsvorgangs (Neigungswinkel und -geschwindigkeit sowie definierte Bewegungspausen) frei variiert werden.

Abbildung 7 zeigt ein Fahrwerk des geprüften Fahrzeugs auf dem Prüfstand. Da es sich dabei um ein Meterspurfahrzeug handelte, kamen zusätzlich die vorhandenen Meterspuradapter zum Einsatz.

Abbildung 7: Meterspurfahrwerk mit Adaptern bei der Neigungsprüfung

4.2 Schwingprüfstand

Neben der Untersuchung von reinen Hub- und Senkbewegungen zur Verwindung und Neigung des Fahrzeuges lassen sich die Hubelemente auch zu Schwingungen mit vorgegebenen Frequenzen und Amplituden ansteuern. Dadurch werden dynamische Untersuchungen von Fahrzeugen und deren Federungssystemen ermöglicht.

Auch hier fanden erste Untersuchungen an einem Metrofahrzeug statt. Das Fahrzeug wurde mit zusätzlicher Sensorik zur Messung von Federwegen und Beschleunigungen ausgerüstet. Durch entsprechende Ansteuerung war es möglich, bis zu vier Radsätze gleichzeitig mit Frequenzen bis zu 10 Hz anzuregen.

Anhand der aufgezeichneten Messdaten lassen sich das Schwingverhalten und die Übertragungsfunktionen des Federungssystems untersuchen. Die Untersuchungen können zur Validierung von Simulationsmodellen herangezogen werden und unterstützen die Modellierung eines „Digitalen Zwillings“ des Fahrzeugs.

4.3 Sonderprüfungen mittels zusätzlicher Sensorik

Die umfangreiche Einstellbarkeit von Hubhöhen und -geschwindigkeiten und die Möglichkeit, zusätzliche Sensoren synchron in die Messtechnik zu integrieren, ermöglichen eine Vielzahl von Sonderprüfungen zur Untersuchung spezieller Fahrzeugreaktionen oder zur Fehlersuche. Die folgenden Untersuchungen wurden bereits durchgeführt:

- Messung der Radaufstandskräfte, der Federwege und der Luftfederdrücke bei Ausfall von Luftfedern oder Versagen von Differenzdruckventilen an einem Metrofahrzeug mit 4-Punkt-Regelung der Luftfederung

- Fehlersuche an einem Triebzugwagen durch Nachbildung von Wankschwingungen: Dabei konnten akustische Auffälligkeiten aus dem Fahrbetrieb reproduziert werden und die Fehlerquelle ermittelt werden.
- Experimentelle Ermittlung von Federsteifigkeiten: Dazu wurde der Wagenkasten auf Kraftmessdosen abgestützt, und beim Heben und Senken der Radsätze wurden Kräfte und Wege in den Federstufen gemessen und Federsteifigkeiten ermittelt.

Innerhalb der weiten Einstellbereiche des Prüfstands lässt sich so eine Vielzahl unterschiedlichster Bewegungsmuster erzeugen. Während der Bewegungen können nicht nur die Radaufstandskräfte und Hubhöhen sondern auch eine Vielzahl zusätzlicher Messgrößen erfasst und aufgezeichnet werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Messeinrichtung zur Messung von Radaufstandskräften im Prüf- und Validationcenter der Siemens Mobility in Wegberg-Wildenrath wurde von einer relativ einfachen „Fahrzeugwaage“ zu einem dynamischen Verwindeprüfstand modernisiert. Mit diesem Prüfstand lassen sich komplexe Verwindungsvorgänge mit hoher Genauigkeit ausführen. Der Arbeitsbereich wurde hinsichtlich realisierbarer Hubhöhen und -geschwindigkeiten wesentlich erweitert. Durch die synchrone, kontinuierliche Aufzeichnung von Hubhöhe und Radaufstandskraft lassen sich komplette Verwindungsvorgänge in einem Durchlauf vollständig aufzeichnen. Dadurch ergibt sich insbesondere für Verwindungsprüfungen eine deutliche Zeiteinsparung gegenüber den vorher angewandten Prüfmethoden.

Der Prüfstand bietet weiterhin die Möglichkeit, zusätzliche Sensoren am Fahrzeug in die Messkette zu integrieren und so weitere Messgrößen am Fahrzeug zu messen.

Durch die dynamische Ansteuerung bis hin zu Schwingungsprüfungen lässt sich der Prüfstand auch zur Validierung von Simulationsmodellen und -rechnungen einsetzen und unterstützt so die Modellierung eines „Digitalen Zwillings“ der Fahrzeuge und die Untersuchung von Komponenten im Rahmen von Sonderuntersuchungen.

Somit ergibt sich ein weites Einsatzfeld, das von der Durchführung normativ vorgegebener Prüfungen zur Ermittlung der Radaufstandskräfte und der Verwindungs- und Neigungseigenschaften bis zu Sonderuntersuchungen zur Betrachtung von Einzelkomponenten, Ausfallszenarien und Fehleranalysen reicht.

Für die Zukunft ist es denkbar, durch eine nochmalige Erweiterung des Arbeitsbereichs der Hubelemente die Durchführung von Neigungsprüfungen zu optimieren. Durch eine Optimierung der Hubantriebe ließe sich zudem der Frequenzbereich für Schwingungsanregungen auf bis zu 15 Hz erweitern. In Kombination mit dem benachbarten Dreh-Kipp-Tisch besteht weiterhin die Möglichkeit, Freigängigkeitsuntersuchungen zusätzlich um Wankbewegungen zu erweitern.

Autoren

Dehmer, Stephan

Studium des allgemeinen Maschinenbaus an der Universität Duisburg mit Schwerpunkt Werkstoff- und Produktionstechnik.

1999 - 2001 Planungsingenieur bei Volkswagen und Projektleiter bei Philips. Seit 2002 bei Siemens Projektleiter im ehemaligen Bereich Mobile, bei Siemens Energy und bei Siemens CT MSO. Seit 2016 Prüfingenieur und Projektmanager in der akkreditierten Prüfstelle der Siemens Mobility im Prüf- und Validationcenter Wegberg-Wildenrath.

Anschrift: Siemens Mobility GmbH, Friedrich-List-Allee 1, 41844 Wegberg

E-Mail: stephan.dehmer@siemens.com

Weise, Thomas

Studium des Maschinenbaus an der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“ in Dresden, Studienschwerpunkt Schienenfahrzeugtechnik. Von 1992 bis 2002 Projektingenieur bei der Rhein-Consult GmbH, Düsseldorf. Seit 2002 Prüfingenieur in der akkreditierten Prüfstelle der Siemens Mobility im Prüf- und Validationcenter Wegberg-Wildenrath.

Anschrift: Siemens Mobility GmbH, Friedrich-List-Allee 1, 41844 Wegberg

E-Mail: thomas.weise@siemens.com

Meinhold, Stefan

Studium des Maschinenbaus an der RWTH Aachen mit dem Schwerpunkt Schienenfahrzeuge. Seit 1999 bei Siemens Mobility in Düsseldorf und Krefeld als Berechnungs- und Versuchsingenieur für Straßen- und Stadtbahnen, seit 2004 Prüfingenieur in der akkreditierten Prüfstelle der Siemens Mobility im Prüf- und Validationcenter Wegberg-Wildenrath.

Anschrift: Siemens Mobility GmbH, Friedrich-List-Allee 1, 41844 Wegberg

E-Mail: stefan.meinhold@siemens.com