

Continuous Track Monitoring unterstützt Weicheninstandhaltung

Continuous Track Monitoring ersetzt die manuellen Vormessungen bei der Längshöhenkorrektur im Herzstückbereich der Weichenfahrbahn.

FRANZ LÖFFLER | STEFAN SCHEFFEL |
KLAUS ULRICH WOLTER

Die Längshöhenkorrektur mittels Höhenausgleichsplatten (HAP) ist eine wirksame Maßnahme der Instandhaltung von Weichenfahrbahnen. Hierfür sind zurzeit manuelle Vormessungen die Grundlage zur Ermittlung der Ausgleichshöhen und der Materialbeschaffung. Dabei gilt es die statischen und dynamischen Anteile der Längshöhenfehler zu berücksichtigen. Das Messsystem Continuous Track Monitoring (CTM) ermöglicht die formtreue Erfassung der Längshöhe in Weichen aus Regelfahrzeugen heraus. Diese Messungen unter Last könnten die manuellen Vormessungen für die Längshöhenkorrektur zukünftig ablösen. In einer gemeinsamen Erprobung der DB InfraGO AG (DB InfraGO) und der DB Systemtechnik GmbH (DB Systemtechnik) wird die Praxistauglichkeit dieser Methode untersucht.

Einleitung / Hintergrund

Weichen gehören zu den Schlüsselementen der Bahninfrastruktur und stellen so eine besondere Herausforderung für die beteiligten Akteure im Sinne der Aufrechterhaltung und Weiterentwicklung des Eisenbahnverkehrs dar. Die Langlebigkeit und Wirtschaftlichkeit, aber vor allem die Verfügbarkeit dieser neuralgischen Punkte des Schienennetzes stehen somit im starken Fokus der Eisenbahninfrastrukturunternehmen weltweit. Gleichzeitig stellen Weichen konstruktiv bedingte Unstetigkeiten im Fahrweg dar, weshalb ihre Komponenten überproportionalen Beanspruchungen ausgesetzt sind. Mit über 70 000 Weichen, die in Deutschland von der DB InfraGO betrieben werden, ergibt sich daher mit der fortwährenden Überprüfung, Weiterentwicklung und Standardisierung der Weichenkomponenten, aber auch der Inspektions- und Instandsetzungsverfahren ein großer Hebel für den sicheren und erfolgreichen Eisenbahnbetrieb und somit für das Gelingen der Mobilitätswende.

Als konstruktiv bedingte Unstetigkeiten sind hier in erster Linie die Herzstücke und Zungenvorrichtungen, aber auch die Isolier- und Schweißstöße zu nennen. Die an diesen Stellen

bei Zugüberfahrt entstehenden zusätzlichen dynamischen Belastungen führen nicht nur an den genannten Weichenfahrbahnkomponenten selbst zu erhöhten Beanspruchungen und damit zu überproportionalem Verschleiß- und Schädigungsverhalten. Zusätzlich können im Schotteroberbau auch Bereiche und Komponenten geschädigt werden, die mit den genannten, mit Unstetigkeiten behafteten Komponenten in Verbindung stehen. Insbesondere die Ausbildung von Schwellenhohllagen und Längshöhenfehlern, aber auch eine mögliche damit einhergehende hohe Beanspruchung von Komponenten der Leit- und Sicherungstechnik (LST) an der Weichenfahrbahn sind hier zu nennen.

Letztgenannte Fehler offenbaren sich typischerweise mittels Gleismessfahrten bei Überschreitung des Schwellwertes der DB InfraGO zum Auslösen einer planmäßigen Instandsetzung der Längshöhe und ebenso während der Inspektion in der Örtlichkeit beim Gleisbezug oder der Weicheninspektion als sichtbare Schwellenhohllagen während der Zugüberfahrt. Festgestellte Schwellenhohllagen sind hierbei durch das LST-Personal messtechnisch zur verifizieren. Bei Überschreitung der Schwellenhohllage von 3 mm im Bereich von Zungenvorrichtungen und beweglichen Herzstücken ist hier ebenfalls eine Instandsetzung des Oberbaus auszulösen. In der Regel begrenzt sich die Ausdehnung dieser Schadensbilder auf den unmittelbaren Bereich der betroffenen konstruktiv bedingten Unstetigkeit.

Als Instandsetzungsmethoden für die Höhenkorrektur der Stützpunkte bzw. das „Ruhiglegen“ der Weichenschwellen werden typischerweise die nachfolgenden drei Ansätze gewählt:

- A. Das maschinelle Stopfen: Diese Methode ist geeignet, da ihre Wirkung in der Regel unmittelbar positiv und nachhaltig ist. Sie ist jedoch für die gezielte Beseitigung von fehlerhaften Bereichen kleiner Größe innerhalb einer Weichenfahrbahn unwirtschaftlich. Auch sind die Bereiche von Weichenverschlüssen an Zungenvorrichtungen und beweglichen Herzstücken nur aufwendig maschinell stopfbar.
- B. Das händische Stopfen: Hier wird mittels Handstopfgeräten der betroffene Bereich gezielt bearbeitet. Dies ist ohne größeren Planungsaufwand bzw. mit sehr geringem zeitlichem Vorlauf möglich und mit im Vergleich zum maschinellen Stopfen gerin-

geren Kosten verbunden. Jedoch ist seine Wirkung weniger nachhaltig. Dies gilt insbesondere, wenn an dieser Stelle schon mehrfach händisch gestopft wurde.

- C. Die Höhenkorrektur mit Zwischenplatten: Bei dieser Methode, auch „Platteln“ genannt, wird durch Einschieben von geeigneten Platten zwischen Stützpunkt und Schwelle ein Anheben dieses Stützpunktes erreicht. Dieses Vorgehen ist vergleichbar nachhaltig in der Wirkung wie das maschinelle Stopfen, jedoch mit deutlich geringeren Aufwendungen und Kosten verbunden. Voraussetzung ist jedoch das Vorhandensein einer Vormessung zur Bestimmung der Ausgleichshöhen an den jeweiligen Stützpunkten. Aktuell erfolgt dies manuell vor Ort. Dies ist der Grund, warum diese Methode derzeit wenig verbreitet ist. Die nachfolgend beschriebenen Ansätze zur Teilautomatisierung der Vormessung sollen helfen, dies zu ändern.

Höhenkorrektur an der W-Befestigung

Abb. 1 zeigt die Schnittdarstellung des Stützpunktes einer Fahrschiene auf einer Weichenbetonschwelle der DB InfraGO, wie er im Zwischenschienenbereich, aber auch bei Anschluss- und Radlenkerfahrschienen angeordnet ist.

Seit 2012 ist für die Weichenfahrbahn auf Betonschwellen die W-Befestigung Regelbauart. Eine Höhenkorrektur in Bereichen von Längshöhenfehlern bzw. Schwellenhohllagen kann hier durch HAP erreicht werden. Diese werden unter den gesamten Stützpunkt, d. h. unter die Winkelführungsplatten und die Zwischenlage, platziert. Die maximal zulässige Ausgleichshöhe (h) (Abb. 1) beträgt 10 mm. HAP sind in unterschiedlichen Stärken erhältlich und können mehrlagig kombiniert werden.

Abb. 2 zeigt beispielhaft die Schnittdarstellung eines weichenspezifischen Stützpunktes im Bereich eines starren Einfachen Herzstückes (EH). Je nach Schwellenteilung der Weichengrundform und des am konkreten Stützpunkt vorliegenden Spreizmaßes sind hier verschiedene breite Ausgleichsplatten erforderlich. So wird hier zusätzlich zu den beiden HAP-Standardelementen (a) ein spezifisch geformtes Zwischenelement (b) eingesetzt.

Nach dem gleichen Prinzip sind auch in den Bereichen von Gleitstuhlpfatten oder Rippenplatten von beweglichen Herzstücken spezifische HAP-Zwischenelemente erforder-

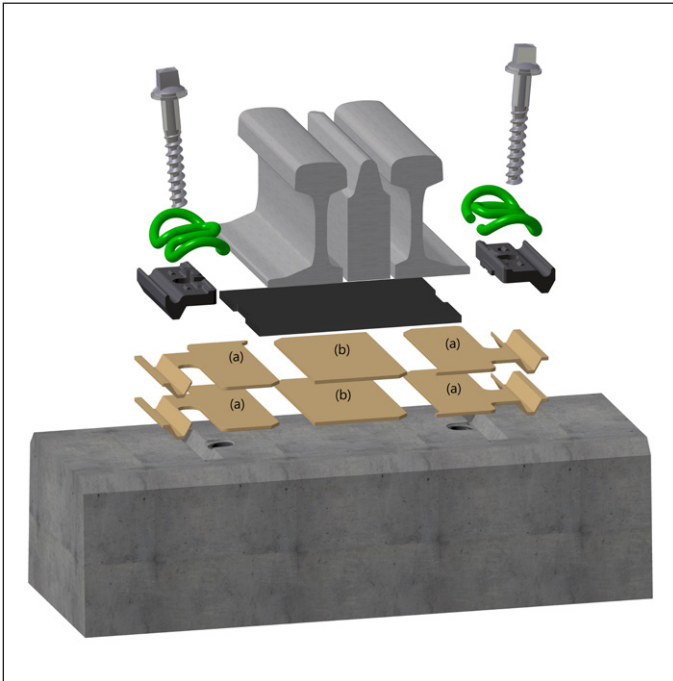
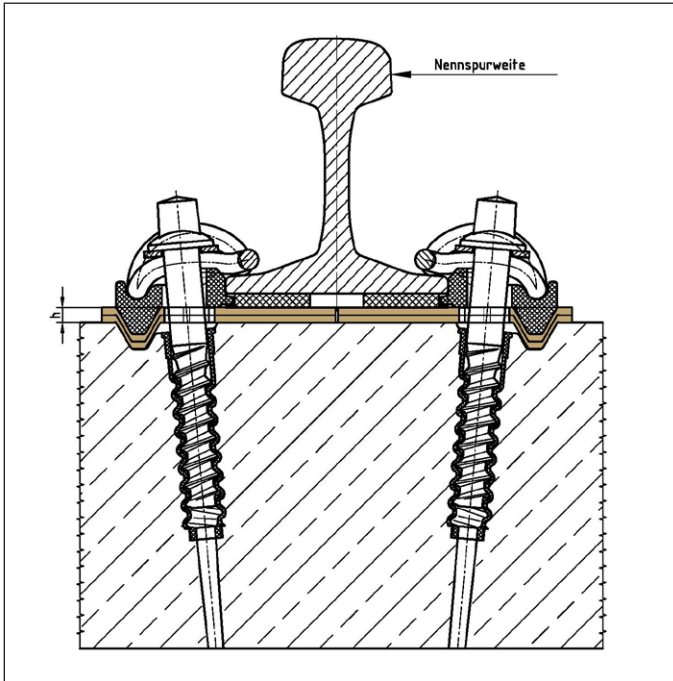


Abb. 1: Weichenstützpunkt einer Fahrschiene in W-Befestigung mit Höhenausgleichsplatten (HAP, dargestellt in Ocker) *Quelle: DB InfraGO AG*

Abb. 2: W-Befestigung mit Höhenausgleichsplatten (HAP, dargestellt in Ocker) im Bereich starrer Einfacher Herzstücke (EH) *Quelle: Vossloh*

derlich. Daraus wird deutlich, dass bei der Materialbeschaffung für die Instandsetzung mit HAP genaue, d.h. stützpunktscharfe Kenntnisse über den geplanten Höhenausgleich erforderlich sind.

Ermittlung der Ausgleichshöhen mittels Vormessungen

Kurze und örtlich begrenzte Längshöhenfehler an betroffenen Unstetigkeiten der Wei-

chenfahrbahn im Schotteroberbau können typischerweise in einen statischen und einen dynamischen Anteil – Letzterer ist nur unter Last messbar – zerlegt werden. Für eine nachhaltige Wirkung der Höhenkorrektur gilt es die Summe aus beiden Bestandteilen auszugleichen.

Die Messsignale der Inspektion der Gleislagegeometrie der Messfahrzeuge können hierfür nicht herangezogen werden. Ursächlich da-

für ist die Verzerrung der Längshöhensignale durch das angewendete Wandersehenmessverfahren. Die Messsignale des Wandersehenmesssystems, Dreipunktsignale, werden gegenüber den realen, formtreuen Längshöhen in Amplitude und Phase verzerrt wiedergegeben. Bei Fehlerlängen, welche stark von dieser definierten Sehnenlänge abweichen, werden die gemessenen Amplituden im Vergleich zur formtreuen Längshöhe systematisch unterzeichnet (bei Fehlerlängen größer als die Sehnenlänge) bzw. überzeichnet (bei Fehlerlängen kleiner als die Sehnenlänge). Für die erfolgreiche Instandsetzung der Weichenfahrbahn mittels Platteln ist somit bisher eine händische Vormessung an der Weiche erforderlich. Dabei müssen die Bestandteile des statischen Anteils und des dynamischen Anteils getrennt voneinander gemessen werden. Der statische Anteil kann beispielsweise durch eine Messung mit der Schnur ermittelt werden (Abb. 3). Bei größeren betroffenen Komponenten, wie sie typischerweise in Bereichen von Zungenvorrichtungen oder beweglichen Herzstücken vorkommen, kann die Schnur jedoch nicht hinreichend lang und straff gespannt werden. In solchen Fällen bietet sich die Messung mit dem Visier an.

Der dynamische Anteil hingegen offenbart sich erst bei Zugüberfahrten bzw. bei Messungen unter Last. Dieser auch als „Schwellenhohllagen“ bekannte Anteil kann beispielsweise mit induktiven Wegaufnehmern bestimmt werden (Abb. 4). Die beschriebenen Vormessungen an der Weiche sind naturgemäß aufwendig, insbesondere weil sie für alle betroffenen Stützpunkte erforderlich sind. Hinzu kommt, dass die Personale der DB InfraGO sich im Zusammenhang

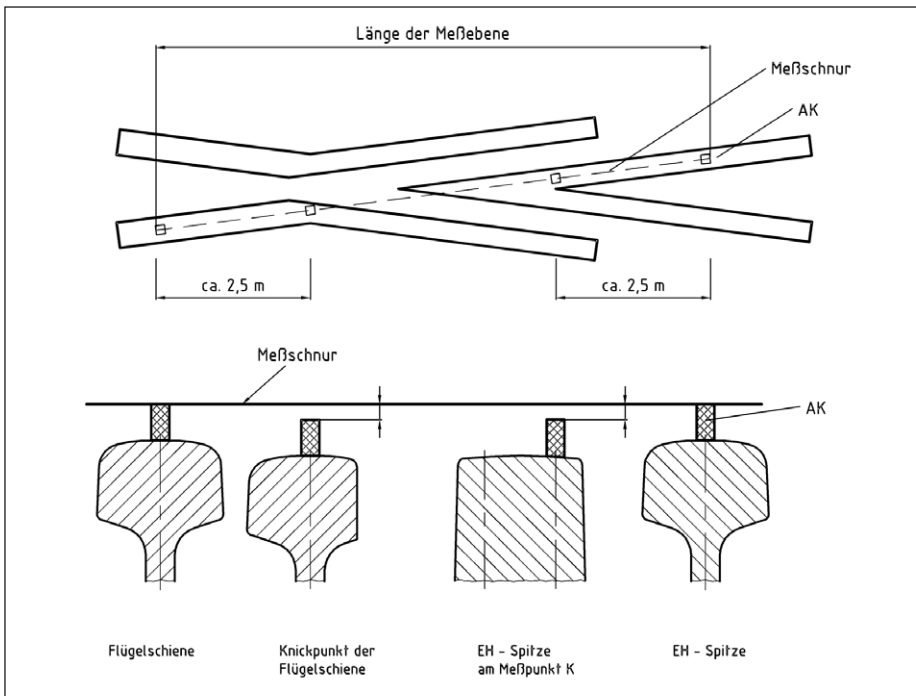


Abb. 3: Messen mit der Schnur am Beispiel eines starren Einfachen Herzstücks (EH) *Quelle: DB InfraGO AG*



Abb. 4: Messung von Schwellenhohllagen am Beispiel einer Radlenkerfahrtschiene

Quelle: DB InfraGO AG

mit den Messungen im Gleisbereich aufhalten müssen. Wünschenswert wäre daher eine (teil-)automatisierte Lösung durch eine Messung unter Last aus (Regel-)Fahrzeugen heraus, bei der die statischen und dynamischen Anteile in Summe gemessen werden.

Alternative Ermittlung der Ausgleichshöhen mittels Messungen in Regelzügen

Die Inspektionsdaten der inneren Gleisgeometrie, wie diese beispielsweise mit den Inspektionsfahrzeugen der DB InfraGO gemessen werden, eignen sich nicht für die Ermittlung der Ausgleichshöhen. Zum einen werden die Regelinspektionen in zeitlich festgelegten Intervallen durchgeführt, sodass die zeitlichen Abstände zur Instandsetzungsmaßnahme Platteln oft zu groß sind. Zum anderen liefern die Inspektionsfahrzeuge der DB InfraGO, wie beschrieben, keine formtreuen Signale im benötigten Wellenlängenbereich.

Eine ideale Datengrundlage sind die kontinuierlichen Messungen der Gleislagequalität mit Messsystemen, die auf Regelzügen installiert sind. Im Auftrag der DB InfraGO betreibt die DB Systemtechnik mehrere solcher Messsysteme – CTM [1, 2].

Der wesentliche Vorteil der CTM-Messsysteme gegenüber den Messfahrzeugen der Regelinspektion in Bezug auf das Weichenplatteln besteht darin, dass die Gleislagequalität regelmäßig, in kurzen Abständen, quasi kontinuierlich erfasst wird.

Die CTM-Messsysteme liefern neben den Messsignalen der Längshöhe entsprechend der DB Richtlinie „Prüfung der Gleisgeometrie mit Gleismessfahrzeugen“ zusätzlich die formtreuen Gleislageabweichungen im kurz- und langwelligen Bereich unter Last.

Eine weitere wesentliche Voraussetzung, damit die CTM-Messungen für die Ermittlung der Ausgleichshöhen verwendet werden können, ist die hohe Messgenauigkeit. Alle CTM-Messsysteme der DB Systemtechnik erfüllen diese Anforderungen der DB InfraGO und sind für die Inspektion der Längshöhen zugelassen.

Mittels Satellitenortung sind die CTM-Messungen bereits auf wenige Meter genau verortet. Diese Genauigkeit ist für das kontinuierliche Monitoring der Gleislagequalität ausreichend, jedoch nicht genau genug für

die Ermittlung der benötigten Ausgleichshöhen. Hierfür müssen die CTM-Messungen schwellen- und stützpunktgenau mit den Weichenlageplänen synchronisiert werden. Für die schwellen- und stützpunktgenaue Verortung werden die aus den CTM-Messsignalen berechneten formtreuen Längshöhen in einen kurz- und einen langwelligen Anteil aufgeteilt.

Der kurzwellige Anteil entspricht den Längshöhen bedingt durch die konstruktiv bedingten Unstetigkeiten im Bereich der Herzstücke.

Der langwellige Anteil entspricht den Hohllagen und den Einsenkungen bedingt durch die Radsatzlast sowie den vorhandenen Abweichungen der Längshöhe von ihrem idealen Wert [3].

Bei Weichen mit starren Herzstücken, die die weit überwiegende Zahl aller Weichen im Netz der DB InfraGO ausmachen, ist die Position des Radüberlaufs von der Flügelschiene auf die Herzstückspitze im kurzwelligen Anteil des Längshöhensignals eindeutig zu erkennen. Somit lassen sich die CTM-Messungen mit dem Lageplan in Bezug auf den Herzstücküberlauf synchronisieren. Für jede Weichenschwelle und jeden Schienenstützpunkt können so die benötigten Ausgleichshöhen ermittelt werden.

Beispiel aus der Praxis

Im Folgenden wird die Ermittlung der Ausgleichshöhen am Beispiel einer Weiche der Bauart EW 60-500-1:12, spitz befahren, exemplarisch dargelegt.

Bei der Weiche wurden im Bereich des Herzstückes Abweichungen der Längshöhe von der



LET'S TALK!

29. Internationale Ausstellung Fahrwegtechnik (iaf) | 20.-22.05.

STARKE PARTNER FÜR IHR PROJEKT



www.gmundner-ft.at @in

SOLID
ADVANCED
INFRASTRUCTURE



IMMER AN IHRER SEITE
ALWAYS ON YOUR SIDE

@in www.oeps-gmbh.de

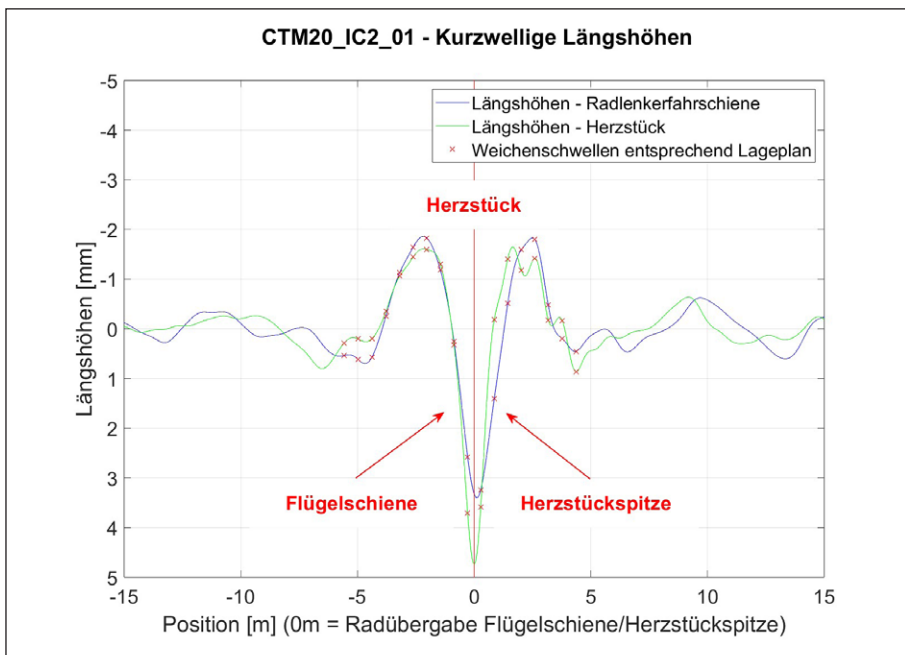


Abb. 5: Kurzweilige Längshöhen im Herzstückbereich, gemessen mit dem CTM-Messsystem, Einsenkung positiv

Quelle: DB Systemtechnik GmbH

Solllage festgestellt. Es wurde entschieden, die Längshöhenkorrektur mittels HAP durchzuführen und so die Höhenlage zu stabilisieren. Da diese Weiche regelmäßig durch mit CTM-Messsystemen ausgerüsteten Regelzügen befahren wird, wurden die benötigten Ausgleichshöhen mittels CTM-Messungen ermittelt.

Durch Kenntnis des Einbauortes, der Befahrerichtung (spitz oder stumpf) sowie der Weichengrundform kann die Position des Radüberlaufs am Herzstück bestimmt werden. Aus den Weichenstammdaten wurde ebenfalls die Lage der Herzstückspitze in Bezug

auf die Regelfahrtrichtung der Fahrzeuge bestimmt. Mithilfe dieser Angaben wurden CTM-Messungen ausgewählt, die einerseits zeitlich möglichst nahe an dem geplanten Instandsetzungstermin lagen, andererseits aber auch genügend Zeit für die Beschaffung des benötigten Plattelmaterials ließen.

Die formtreuen CTM-Messungen wurden in einen kurz- und langwelligen Anteil zerlegt. In Abb. 5 ist der kurzweilige Anteil der formtreuen Längshöhen der Weiche im Herzstückbereich, gemessen mit dem CTM-Messsystem, dargestellt.

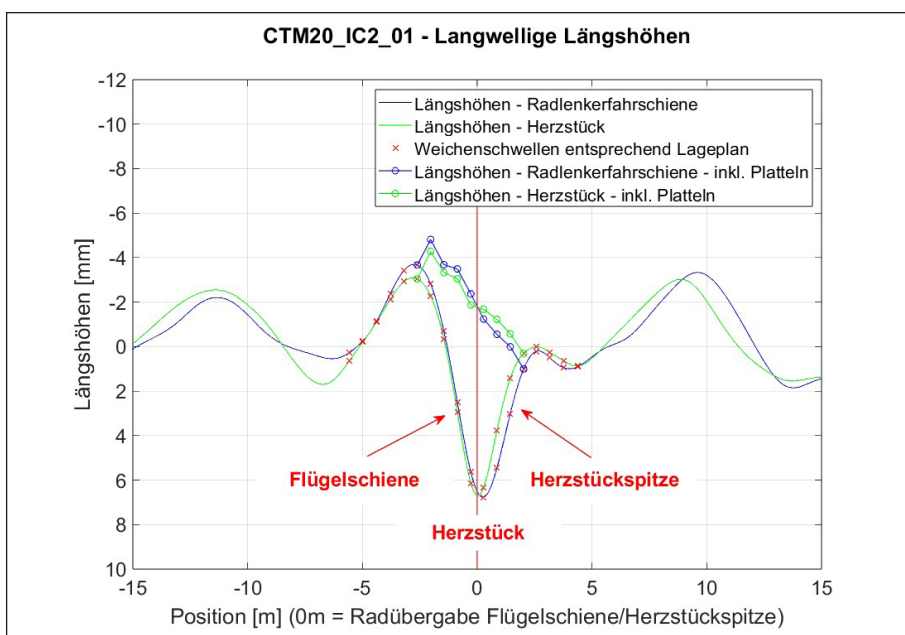


Abb. 6: Langweilige Längshöhen im Herzstückbereich gemessen mit dem CTM-Messsystem

Quelle: DB Systemtechnik GmbH

Der vertikale Verlauf des Rades im Bereich der Flügelschiene und der Herzstückspitze ist in Abb. 5 eindeutig zu erkennen. Die CTM-Messung ist hier bereits mit dem Weichenlageplan synchronisiert, der Radübergabepunkt befindet sich an Position 0. Weiterhin sind auch die Positionen der Weichenschwellen entsprechend dem Lageplan eingezeichnet.

Die Ermittlung der benötigten Ausgleichshöhen erfolgt mithilfe des langwelligen Anteils der formtreuen Längshöhen (Abb. 6). In der Abbildung sind die Längshöhen auf der Seite der Radlenkerfahrtschiene und des Herzstücks dargestellt. Zusätzlich sind die Sollhöhen nach geplanter Instandsetzung mittels Platteln eingezeichnet.

Aus der Differenz der gemessenen Längshöhen und der Sollhöhen können die benötigten Ausgleichshöhen für jeden Stützpunkt ermittelt und kann das benötigte Material für die Höhenkorrektur der Weiche beschafft werden.

Die Längshöhenkorrektur mittels HAP erfolgte entsprechend den ermittelten Ausgleichshöhen. In Abb. 7 sind die Längshöhen unmittelbar vor (rot) und nach (blau) sowie ca. zehn Monate nach (grün) der Instandsetzung dargestellt.

Die Veränderungen der Längshöhen vor und unmittelbar nach dem Platteln sind eindeutig zu erkennen. Die Langzeitbeobachtung der Längshöhen bestätigt zudem die Wirksamkeit des Längshöhenausgleichs mittels HAP, denn die Längshöhen haben sich im Herzstückbereich der Weichen nach dem Platteln kaum verändert; das Herzstück liegt seit ca. zehn Monaten stabil.

Im Rahmen des Nachweises der Praxistauglichkeit an mehreren Weichen mit starren EH wurde die Möglichkeit des Ersatzes der manuellen Vormessungen durch CTM-Messungen zur Ermittlung der Ausgleichshöhen und der Materialbeschaffung bestätigt. Die Wirksamkeit und Nachhaltigkeit der Weicheninstandsetzung mittels Längshöhenausgleichsplatten konnte ebenfalls nachgewiesen werden.

Derzeit wird der Materialbedarf für die Höhenkorrektur größtenteils noch manuell ermittelt, eine Teilautomatisierung wird angestrebt. Zudem ist zu beachten, dass die HAP-Zwischenelemente (Abb. 2) vom Hersteller individuell konfektioniert werden und mit einer Lieferzeit von etwa sechs Wochen zu rechnen ist.

Um die Instandhaltungsreserve, die mit der Methode Platteln verfügbar gemacht wird, zu erhalten, müssen die eingebauten HAP vor der nächsten maschinellen Instandsetzung (Stopfen) wieder ausgebaut werden. Eine Dokumentation der eingebauten HAP ist deshalb unumgänglich. Weichen, die aus der Zeit vor 2012 stammen, sind i.d.R. in der Oberbauform Ks ausgeführt. Ein Höhenausgleich wird hier mit vor Ort konfektioniertem Standardmaterial von der Rolle (sog. Zwischenplatten Zwpl 80) ausgeführt. Werden bei diesen Weichen einzelne Schwellen getauscht, ergibt sich eine gemischte Oberbauform aus Ks- und W-Befestigung, was dann bei geplanten Instandsetzungen berücksichtigt werden muss.

Ausblick

Bisher wurden mithilfe der CTM-Messungen die Ausgleichshöhen für die Längshöhenkorrektur nur für starre EH ermittelt. Zukünftig soll dies auch für die Längshöhenkorrektur im Zwischenschienenbereich und im Bereich der Zungenvorrichtung sowie bei Schweiß- und Isolierstößen in Weichen erfolgen.

Die Längshöhenkorrektur mittels HAP soll auch bei Weichen mit beweglichen Herzstücken angewendet werden. Da hier für die schwellen- und stützpunktgenaue Synchronisation der CTM-Messungen mit den entsprechenden Lageplänen keine eindeutige Signatur in den Längshöhen zu erkennen ist, wird temporär ein zusätzlicher, künstlicher Referenzpunkt eingebaut. Erste Versuche bei Weichen mit beweglichen Herzstücken auf Schnellfahrstrecken waren bereits erfolgreich. Dieses Vorgehen kann auch für die Instandsetzung von Längshöhenabweichungen bei Stützpunkten in Gleisen der Bauart Feste Fahrbahn innerhalb und außerhalb von Weichen angewendet werden.

Eine Teilautomatisierung mit dem Ziel der Aufwandsreduzierung für das operative Personal sowie für die Anlagenverantwortlichen zur Ermittlung des benötigten Materials befindet sich aktuell in der Abstimmungs- und Umsetzungsphase. ■

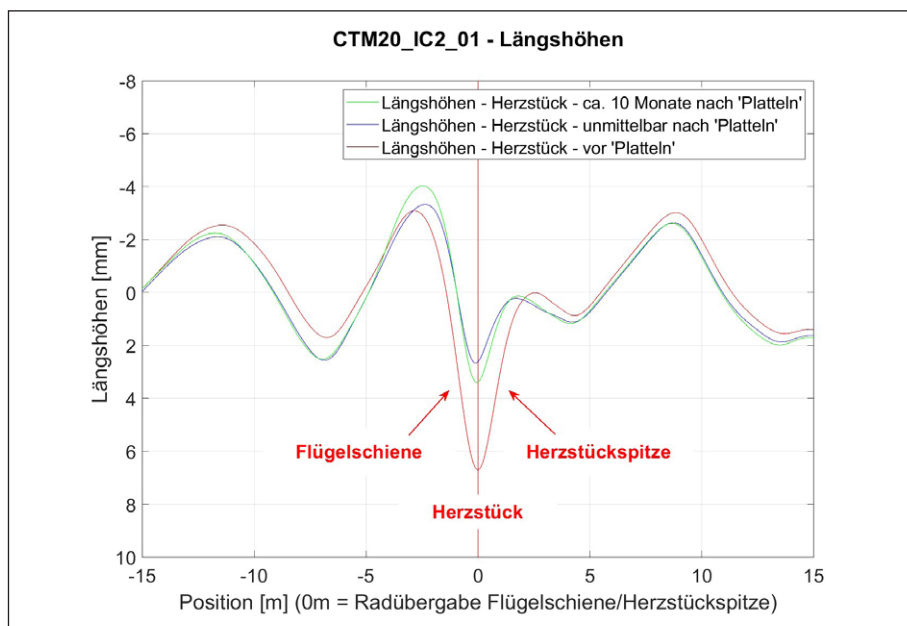


Abb. 7: Längshöhen vor (rot) und nach (blau, grün) der Weicheninstandsetzung mittels Platteln

Quelle: DB Systemtechnik GmbH

QUELLEN

[1] Heland, J.; Wolter, K. U.; Heinrich, R.; Baumann, G.: Continuous Infrastructure Monitoring (CIM) der DB Systemtechnik, EI – DER EISENBAHN-INGENIEUR 09/2024, S. 50 – 53

[2] Wolter, K. U.; Huang, L.; Löffler, F.; Heland, J.; Baumann, G.: Continuous Track Monitoring – neue Wege der Instandhaltung, EI – DER EISENBAHN-INGENIEUR 12/2024, S. 41 – 44

[3] Europäisches Patentamt: Europäische Patentanmeldung, Verfahren zur Ermittlung von kurzweiliger Gleislagegeometrie und der Schieneneinsenkungen unter Last (EP 2 269 887 B1)



Franz Löffler

Bauartbetreuung Weichentechnik
DB InfraGO AG, Berlin
franz.loeffler@deutschebahn.com



Stefan Scheffel

Leiter Fahrbahn Netz Osnabrück
DB InfraGO AG, Minden (Westf.)
stefan.scheffel@deutschebahn.com



Dr.-Ing. Klaus Ulrich Wolter

Fahrzeugseitiges
Infrastrukturmonitoring
DB Systemtechnik GmbH, München
klaus-ulrich.wolter@deutschebahn.com

Weichenzungen- Rollvorrichtung 100 % wartungsfrei

Besuchen Sie uns auf der
IAF Münster 2025

Halle Süd | Stand S-234

AUSTROROLL®



- Stoßunempfindlich durch dauerhaft elastische Lagerung
- Bis zu 60 % Stellkraftreduktion über gesamten Stellweg
- Instandhaltungsarbeiten am Oberbau ohne Einschränkung möglich
- Über 30 Jahre Erfahrung

- Optimierung der Weichenverfügbarkeit
- Lösungen für Neubau und Nachrüstung von Weichenzungen und federnd beweglichen Herzstücken
- DB – Oberbaustandard
- Nachhaltig und umweltfreundlich