

## Herzstückinnovation – Bauart Ultra High Performance Crossing

Innovation of Crossing – System Ultra High Performance Crossing





# Herzstückinnovation – Bauart Ultra High Performance Crossing

## Innovation of Crossing – System Ultra High Performance Crossing

M.Eng. Martin Dimitrov, Dipl.-Ing. (FH) SFI (OS) Johannes Rohlmann,  
Dipl.-Ing. Martin Schmock, Brandenburg an der Havel (Deutschland)

### Zusammenfassung

Der Herzstückbereich der Weiche ist durch einen un stetigen Radüberlauf gekennzeichnet. Bei starren Herzstücken kommt es innerhalb eines kurzen Bereichs, beim Überlauf des Rades von Flügelschiene und Blockspitze und umgekehrt, zu einer hohen Belastung der Herzstückkomponenten. Das Herzstück der Bauart Ultra High Performance Crossing kurz UHPC nutzt den verschleißarmen, geschmiedeten Stahlwerkstoff aus Chrom-Bainit um diesen hochbelasteten Bereich dauerhaft standzuhalten. Anstelle gewalzter Schienenprofile kommen geschmiedete Flügelblöcke und Blockspitze zum Einsatz, um die hervorragende Performance des Chrom-Bainit zu nutzen. Durch die Herstelltechnologie, hauptsächlich spanende Bearbeitung, lässt sich eine exakte Überlaufkontur herstellen, dadurch werden Eigenspannungen durch das Biegen und Knicken und die dafür notwendige Wärmeeinleitung vermieden. Wodurch auch eine mögliche Fahrflächenoptimierung an den Flügelblöcken möglich ist.

### Abstract

The crossing area of the turnout is characterized by a discontinuous wheel overrun. With rigid frogs, the frog components are subjected to high stress within a short range, when the wheel overflows from the wing rail and block tip and vice versa. The core of the Ultra High Performance Crossing, or UHPC for short, uses the low-wear, forged steel material made of chrome bainite to permanently withstand this highly stressed area. Instead of rolled rail profiles, forged wing blocks and block tips are used to exploit the outstanding performance of the chrome bainite. The manufacturing technology, mainly machining, allows an exact overflow contour to be produced, thus avoiding internal stresses caused by bending and buckling and the heat input required for this. This also allows a possible driving surface optimization on the wing blocks.

## 1 Einleitung

Das Herzstück der Bauart Ultra High Performance Crossing – UHPC (*Bild 1*) verwendet im Überlaufbereich geschmiedete Flügelblöcke aus dem Werkstoff CrB 1400. Weiterhin besteht die Möglichkeit die geschmiedeten Flügelblöcke aus den Werkstoffen 350 HT oder 400 HT herzustellen. Die Kontur der Schmiedeblocke wird hauptsächlich durch eine spanende Bearbeitung hergestellt, anschließend werden Regelschienen der Güte R350 HT durch das Abbrennstumpfschweißen zusammengefügt. Aus diesen Grund kommt es beim Einbau im Gleis zu keinen längeren

Sperrpausen, da eine verzögerte Abkühlung, wie es bei bainitischen Werkstoffen der Fall wäre, nicht notwendig ist.

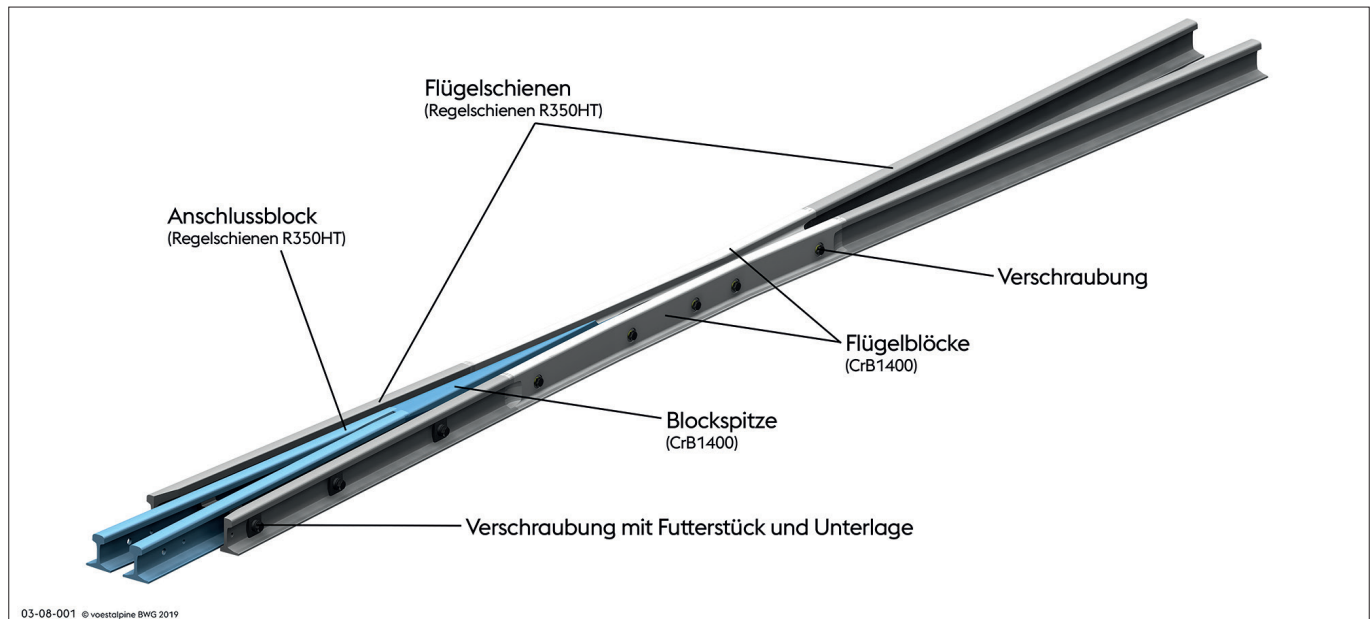
Das heißt, dass im hochbelasteten Bereich, in der es zu einem Überlaufen des Rades von Flügelblock zu Herzstückspitze und umgekehrt kommt, eine exakte Überlaufkontur hergestellt werden kann.

## 2 Historische Entwicklung

In diesem Abschnitt wird die historische Entwicklung von starren Herzstücken aufgeführt und aus welchen Gründen die Bauart UHPC entwickelt wurde.

Einen Überblick über die angewandten Bauformen der voestalpine Turnout Technology Germany (voestalpine TTG) zeigt *Bild 2*.

Der Bauform der voestalpine TTG – Herzstücke geschuldet konzentrierte man sich auf die Entwicklung eines Schmiedeblockes mit bainitischer Struktur. Dies gelang mit dem TB 1400 und die ersten Probeinbauten verliefen vielversprechend. Gemeinsam mit dem Schienenwalzwerk TSTG in Duisburg wurde eine Schiene aus gleichem Material entwickelt und hergestellt. Es konnte somit eine sogenanntes vollbainitisches Herzstück hergestellt werden. In allen Phasen der Entwicklung



**Bild 1:** Herzstück EH 60E2-500-1:12 Bauart UHPC

war immer die Schnittstelle „Thermitschweißung“ im Gleis problematisch, da das bainitische Material verzögert abgekühlt werden muss, damit sich die richtige Struktur ausbildet. Dies Herausforderung gilt auch heute noch.

Seitens der DB Netz AG lief eine parallele Entwicklung zum Thema bainitischer Materialien in Weichenkomponenten, aus der heraus das Chrom-Bainit hervorging.

Im direkten Vergleich auf der Versuchsstrecke bei Haste konnte sich das Material Chrom-Bainit durchsetzen und wurde als Standard für Zulieferungen an die DB Netz AG vereinbart.

Das führte zur oben genannten Ausführung A02, also ein vollbainitisches Herz-

stück mit Schienen und geschmiedeter Blockspitze aus Chrom-Bainit.

Mit zunehmender Anzahl vollbainitischer Herzstücke, geliefert von der voestalpine TTG und in gleichem Umfang vom Weichenwerk Witten, im Streckennetz der DB Netz AG, offenbarten sich einige Schwächen dieser Ausführung.

Neben dem eben schon erwähnten Thema der verzögerten Abkühlung der Thermitschweißungen, wurden von spontanen Brüchen der Flügelblocke berichtet. Ursachen können im Bereich der Eigenspannungen der Schienen gesehen werden, welche im Vergleich zu perlitischem Material deutlich erhöht sind. Herstellbedingt können sie bei der Formgebung zu einer Flügelblocke sicher auch als grenz-

wertig erachtet werden, da die korrekte Wärmeleitung, um Materialeigenschaften beizubehalten und gleichzeitig die notwendige Form herzustellen, höchst sensibel ist und in Teilen ein Kompromiss verlangt.

Ein gutes Beispiel für diesen möglichen Kompromiss ist das Biegen des Hauptknicks einer Flügelblocke aus Chrom-Bainit. Um das Material überhaupt derartig biegen zu können und gleichzeitig die Eigenspannungen unter dem Grenzwert von 250 MPa halten zu können, muss der Bereich kontrolliert auf 480°C gewärmt werden und die gesamte Flügelblocke anschließend im Ofen mit 540°C für 2 Stunden gegläht werden.

Typ	Zeitraum		Blockspitze	Anschlussblock	Flügelblocke
Entwicklungsstufe	2002 - 2009		TB 1400 Schmal	R260 (vol.-verg.) / R350HT Regelschienen	R350HT
A01	2009 - 2013		TB 1400 schmal	TB 1400 Regelschienen	TB 1400
A02	2013 - 2015		CrB 1400 schmal	CrB 1400 Regelschienen	CrB 1400
A03	2013 - 2015		CrB 1400 schmal	CrB 1400 Regelschienen	R350HT
A06	ab 2015		CrB 1400 schmal	R350HT Regelschienen	R350HT
UHPC	ab 2018		CrB 1400 schmal	R350HT Regelschienen	CrB 1400 Block R350HT Regelschiene

**Bild 2:** Übersicht der bisherigen Bauformen der voestalpine TTG

Dieser Prozess wurde in mehreren Versuchsreihen bei der voestalpine TTG entwickelt und stellte den besten Kompromiss zwischen Formqualität, erreichbare Härte und zulässige Eigenspannungen dar.

Die Performance der vollbainitischen Herzstücke im Streckennetz der DB Netz AG war regelmäßig auf den Agenden der technischen Abstimmungsgespräche zwischen der voestalpine TTG und I. NPF 121 (w). Neben den zunehmenden Fällen von spontanen Brüchen zeichnete sich über die Zeit ein Bild ab, welches die erwartete Erhöhung der Lebensdauer des gesamten Herzstückes aus Chrom-Bainit nicht bestätigte.

Die Blockspitzen aus diesem Material erreichten für sich betrachtet die 2,5-fache Lebensdauer, während sich der Verschleiß bei den Flügelschienen aus Chrom-Bainit lediglich auf gleichem Niveau einer 350 HT-Güte befand.

Die logische Folge dieser Ergebnisse war die Entscheidung der DB Netz AG die Standardausführung von A02 auf zwischenzeitlich A03 und schlussendlich A06 umzustellen, wo lediglich noch die Herzstückspitze aus geschmiedetem Blockmaterial aus Chrom-Bainit hergestellt wird.

Diese Entscheidung war für die voestalpine TTG der Anstoß für die Entwicklung des Herzstückes UHPC. Grundlage war die Idee, das nachweislich gut per-

formende Schmiedematerial aus Chrom-Bainit in den Überlaufbereich der Flügelschiene zu integrieren.

Mit dieser Grundsatzentscheidung zeigten sich im weiteren Verlauf der Entwicklung eine Reihe von weiteren Ansätzen, um den betrieblichen Anforderungen an starren Herzstücken besser begegnen zu können.

### 3 Vorteilhafte Eigenschaftendes Herzstücks UHPC

#### 3.1 Kraft- und Formschluss

Mit der grundsätzlichen Entscheidung, ein geschmiedetes Blockmaterial für den Überlaufbereich der Flügelschiene zu verwenden, ergeben sich auch konstruktiv interessante Möglichkeiten die Schwachstellen der jetzigen Bauarten zu verbessern bzw. zu eliminieren.

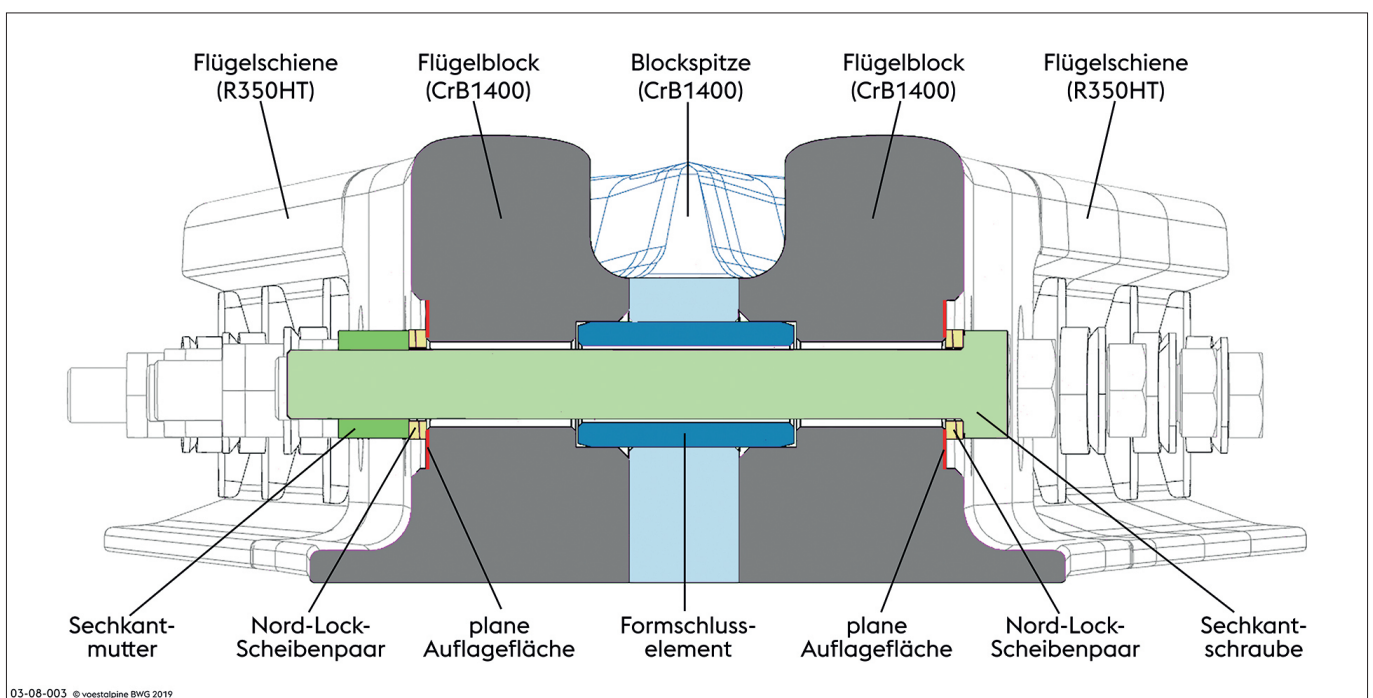
Ein fortwährendes Thema im Unterhalt der Herzstücke ist das Lösen der planmäßigen vorgespannten Verschraubung unter Betrieb. Die Kombination der auftretenden Längskräfte im lückenlos verschweißten Gleis, und die notwendige Anzahl der Setzungsebenen der Schraubverbindungen, ermöglichen den Verlust der Vorspannung und damit das Lösen der Verschraubung nach aktueller Ausführung. Sicher ein beherrschbares Thema, aber es erfordert Aufmerksamkeit und Aufwand.

Beim Herzstück UHPC werden hingegen die Verschraubungen durch die Einbringung von Formschlusselementen unterstützt bzw. entlastet (Bild 3). Die Formschlusselemente übernehmen die Abtragung der Längskräfte aus dem Gleis. Die Anordnung der Formschlusselemente folgt der Anordnung der Schraubverbindungen und wird nach Maschinbautoleranzen hergestellt. Eine Relativbewegung zwischen Flügelblock und Blockspitze ist somit nicht möglich. Die Schraube ist innerhalb des Formschlusselementes angeordnet, aber freigedreht. Damit ist sichergestellt, dass in keinem Fall Biege- und/oder Scherspannungen auf die Schraube wirken können.

Die Verschraubung weist zudem nur noch ein Drittel an Setzungsebenen gegenüber der jetzigen Ausführung auf und kann durch die Herstellung orthogonaler Anlagflächen am Flügelblock mit Normsicherungselementen (Nordlockscheibenpaar) gesichert werden. Die Summe der oben genannten konstruktiven Anpassungen wird dazu führen, dass Vorspannungsverluste und das Lösen der Schraubverbindungen nicht auftreten werden.

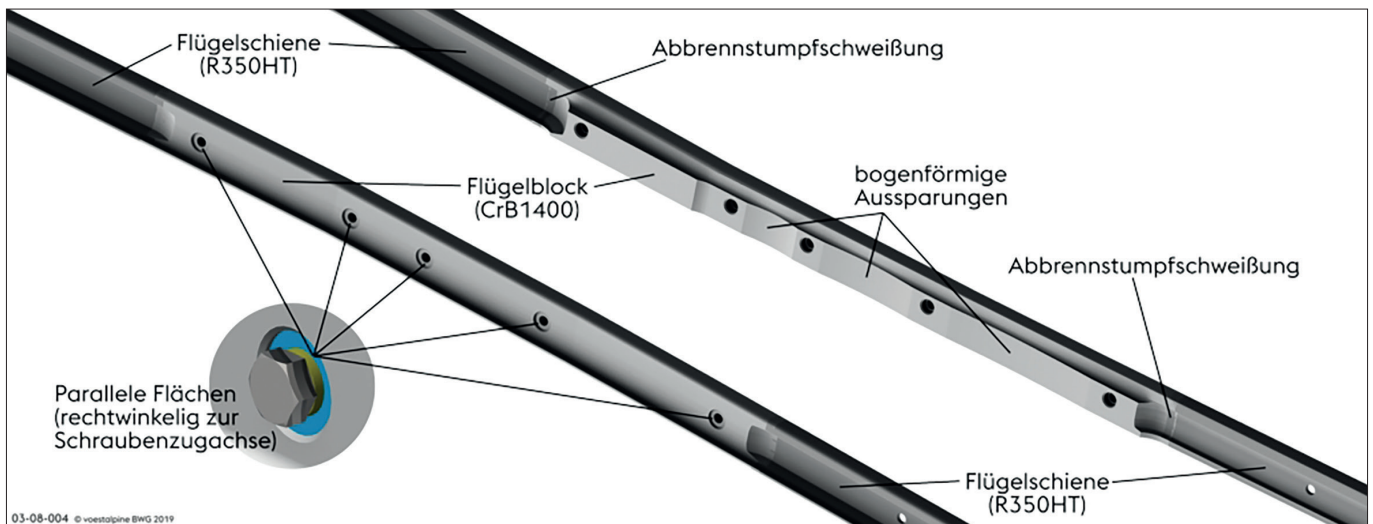
#### 3.2 Gestaltung des Flügelblockes

In der aktuellen Ausführung der Herzstücke kommt es zu einer sprunghaften Änderung des Widerstandsmomentes. Bei



03-08-003 © voestalpine BWG 2019

I Bild 3: Anordnung der Verschraubungsgarnitur beim Herzstück UHPC



**Bild 4:** Gestaltung und Merkmale Flügelblock

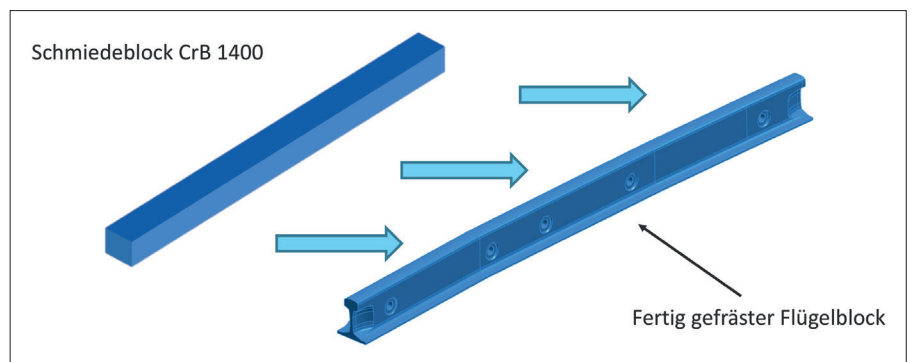
jeder Verschraubung mit der notwendigen Anordnung der Futterstücke treten diese Querschnittsunterschiede jeweils an der Vorder- und Rückseite des Futterstückes auf. Die Folge davon ist im Belastungsfall, dass es Spannungsspitzen an gleicher Stelle gibt, welche dann aufgrund der Kerbwirkung der Dauerfestigkeit der Bauteile entgegenwirken. Das erklärt dann auch den ein oder anderen Schienenbruch an diesen exponierten Stellen.

Beim Einsatz des Flügelblockes ist die Gestaltung nicht auf das Schienenprofil begrenzt. Dadurch sind die Möglichkeiten, in Bereichen von auftretenden kritischen Spannungen, einzugreifen deutlich erhöht. Diese Option wurde auch bei der oben beschriebenen Problematik genutzt, um die Widerstandsmomentensprünge und damit einhergehende Spannungsspitzen zu vermeiden (*Bild 4*).

### 3.3 Herstellung des Flügelblockes

Die Herstellung folgt in allen Aspekten den Prozessen, welche schon bei der Blockspitze aus Chrom-Bainit erfolgreich angewandt werden. Die Wärmebehandlung, Fräsen und anschließend das Abbrennstumpfschweißen sind bekannt und bewährt (*Bild 5*).

Anzumerken ist noch der Umstand, dass alle funktionsrelevanten Bearbeitungsschritte des Fräsens in einer Aufspannung erfolgen. Der gleiche Ansatz wird bei der Bearbeitung der Blockspitze umgesetzt, so dass in der Folge die relevanten Hauptkomponenten des Herzstückes



**Bild 5:** Vom Rohblock zum fertig gefrästen Flügelblock

in einem deutlich verbesserten Toleranzbereich hergestellt werden.

Die Thematik des sogenannten Einschleifens der Futterstücke zum Ausgleich der Walztoleranzen bei den Flügelschienen entfällt vollständig.

## 4 Untersuchung einer möglichen Flügelschienenüberhöhung am Herzstück der Bauart UHPC

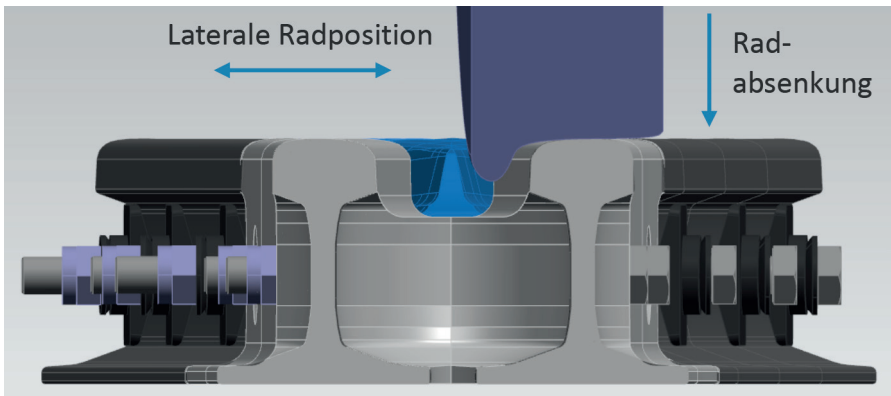
Das Material, welches durch das Ausgangsmaterial des geschmiedeten Flügelblockes zur Verfügung steht, und die spanende Bearbeitung ermöglichen auch eine exakte Herstellung einer Flügelschienenüberhöhung. In diesem Abschnitt werden eine mögliche Flügelschienenüberhöhung und deren Auswirkung auf das Überlaufverhalten des Rades untersucht. Ziel ist es, ein Überlaufverhalten des Rades mit nahezu geringer vertikaler Verschiebung/Einsenkung im Überlaufbereich zu erhalten.

### 4.1 Randbedingungen und Erläuterung der Untersuchung

Es wurde das Überlaufverhalten eines ORE S1002-Rads mit mittlerem Verschleißprofil untersucht. Dabei wurden die verschiedenen lateralen Radpositionen zur Herzstückspitze über den Überlaufbereich des Herzstücks dargestellt. Für diese Untersuchungen dient ein EH 60E2-500-1:12 Bauart UHPC als Grundlage. Dieses Herzstück wurde konstruktiv mit einer Flügelschienenüberhöhung optimiert.

Das *Bild 6* zeigt die mittlere Radposition in lateraler Richtung zur Herzstückspitze. Die maximale, laterale Radposition in Richtung Herzstückspitze und Flügelblock ergibt sich anhand der Spurweite und dem Leitkantenabstand.

Die dargestellten, nachfolgenden Diagramme stellen nur den Überlaufbereich von 1.000 mm bis 1.300 mm vom theoretischen Herzstückpunkt des Herzstücks dar – *Bild 7*.



**Bild 6:** Beispiel der Radposition in Mittelstellung

Diese Untersuchung stellt eine theoretische Betrachtung des Überlaufverhaltens dar und wurde mit Hilfe des Konstruktionsprogramm Siemens NX10 untersucht.

#### 4.2 Überlaufverhalten eines Herzstücks mit Standardgeometrie

In diesem Abschnitt wird das Überlaufverhalten des Rades (ORE S1002 – mitt-

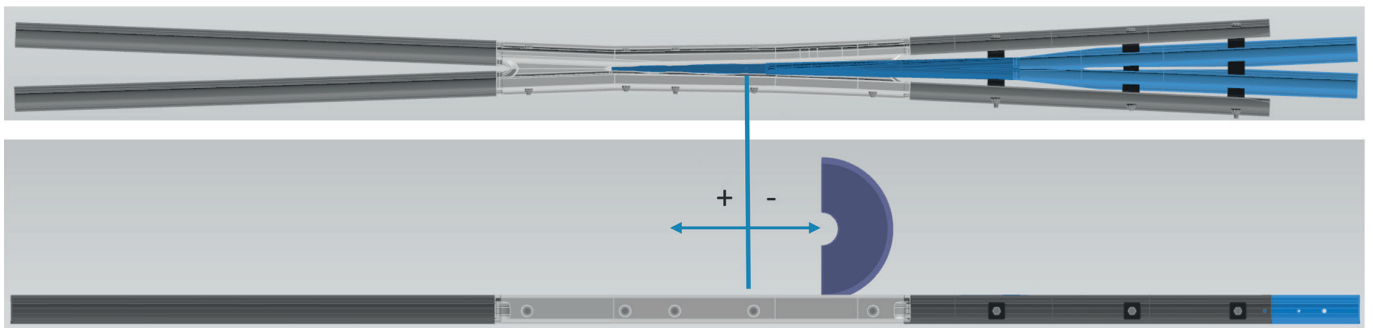
leres Verschleißprofil) eines Herzstücks Bauart UHPC (EH 60E2-500-1:12), mit einer Standardgeometrie und -profilierung, dargestellt. Es wurde die Radposition in lateraler Position in Mittelstellung untersucht. Die Herzstückspitzenprofilierung erfolgt mit der bei der voestalpine TTG üblichen Delta Kappa-Profilierung.

Der Radüberlauf von Flügelblock zur Herzstückspitze (Bild 8) findet bei ca. 460 mm statt. Bei einem ORE S1002-Neurad wür-

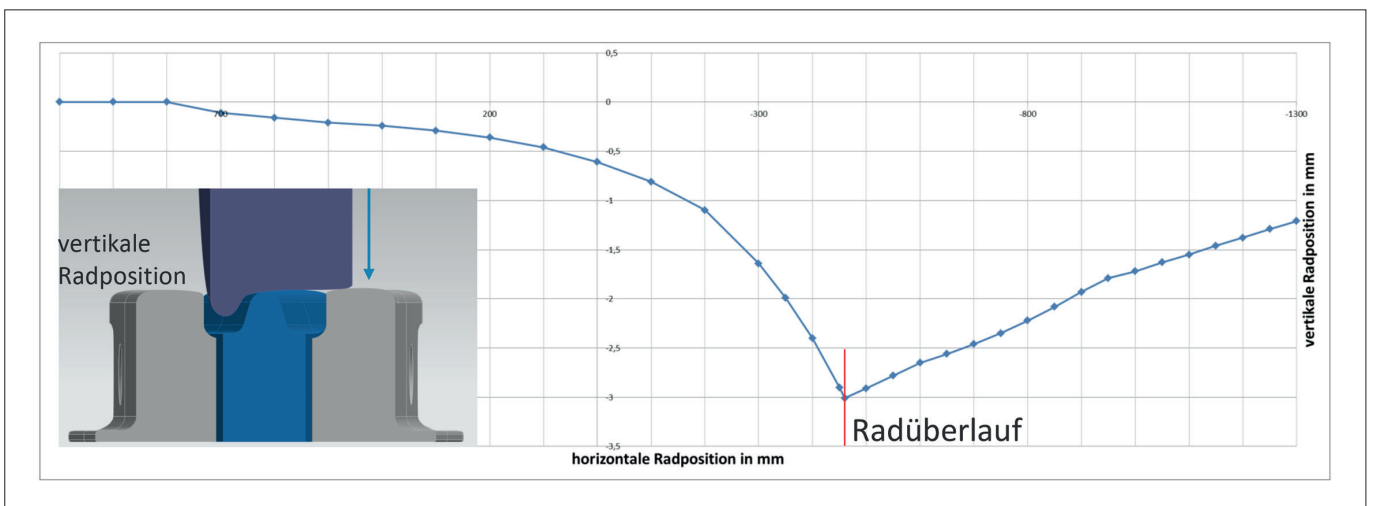
de der theoretische Radüberlauf bei 394 mm stattfinden. Das heißt, der Überlauf bei einem Rad mit mittleren Verschleißprofil in Mittelstellung würde bei einer größeren Herzstückbreite als theoretisch angenommen, das Verschleißverhalten des Herzstücks bzw. der Herzstückspitze begünstigen.

#### 4.3 Überlaufverhalten eines Herzstücks mit Flügelschienenüberhöhung und angepasster Herzstückprofilierung

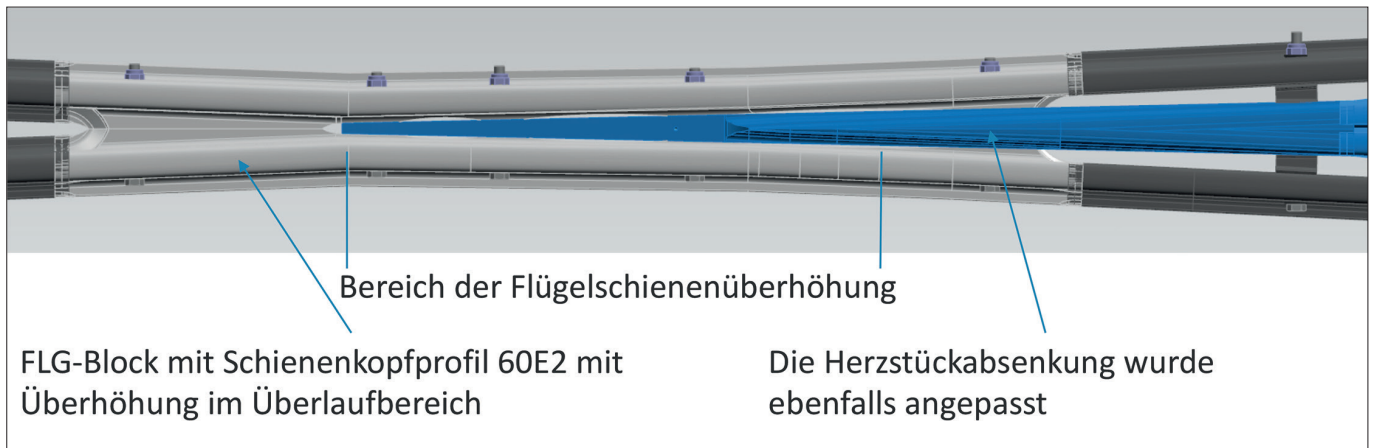
In diesem Abschnitt wird das Überlaufverhalten des Rades (ORE S1002 – mittleres Verschleißprofil) eines Herzstücks Bauart UHPC (EH 60E2-500-1:12) mit Flügelschienenüberhöhung dargestellt (Bild 9). Es wurde die Radposition in lateraler Position in Mittelstellung untersucht. Die Herzstückspitzenprofilierung ist angepasst, so dass das Rad beim Überlauf nur noch eine sehr geringe vertikale Verschiebung/Einsenkung erfährt.



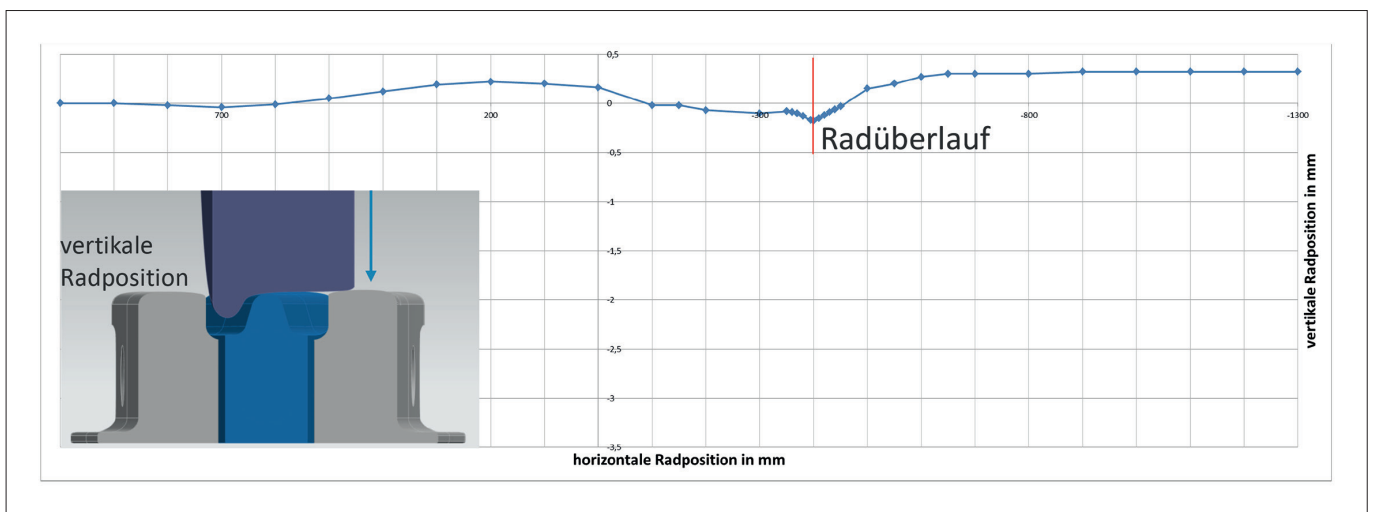
**Bild 7:** Erläuterung der Diagramme über den Überlaufbereich



**Bild 8:** Radüberlauf bei einem Herzstück mit Standardgeometrie



**Bild 9:** Bereich der untersuchten Flügelschienenüberhöhung



**Bild 10:** Radüberlauf bei einem Herzstück mit angepasster Herzstückprofilierung

Der Radüberlauf von Flügelblock zur Herzstückspitze (*Bild 10*) findet bei ca. 394 mm statt. Das Anpassen der Herzstückprofilierung hat zur Folge, dass bei einem Rad mit mittleren Verschleißprofil, der Überlauf von Flügelblock zur Herzstückspitze, wie theoretisch angenommen, bei ca. 394 mm stattfindet.

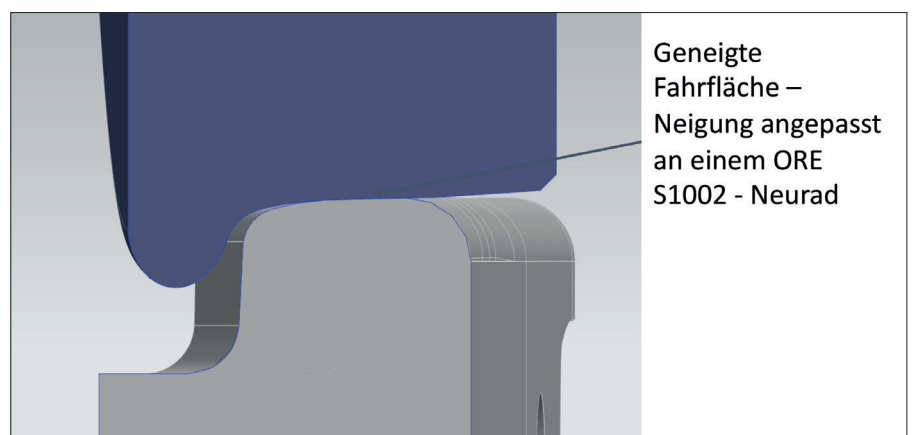
den die Radpositionen in lateraler Position in Mittelstellung. Die Herzstückspitzenprofilierung ist so angepasst, dass das Rad beim Überlauf nur noch eine sehr geringe vertikale Verschiebung/Einsenkung erfährt.

Der Radüberlauf von Flügelblock zur Herzstückspitze (*Bild 12*) findet bei ca. 394 mm

statt. Durch die Anpassung der Fahrfläche in Abhängigkeit mit der Flügelschienenüberhöhung und der Herzstückprofilierung, konnte das Überlaufverhalten des Rades so angepasst werden, dass ein nahezu horizontaler Verlauf erreicht werden konnte. Dadurch lässt sich der Verschleiß verringern.

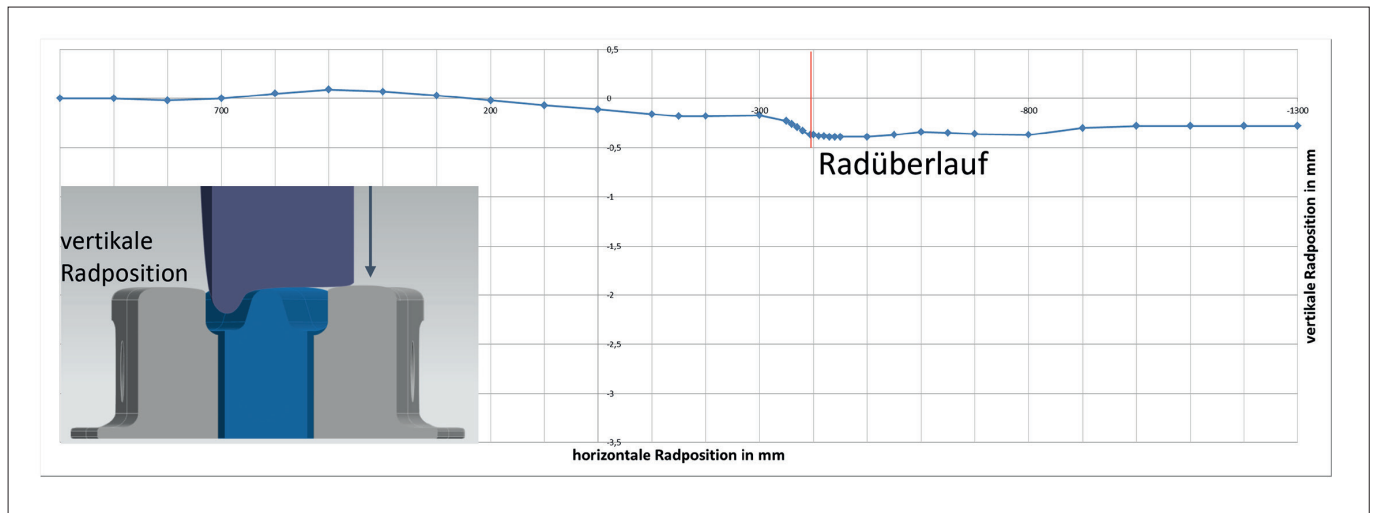
#### 4.4 Überlaufverhalten eines Herzstücks mit angepasster Fahrflächenneigung und Herzstückprofilierung

In diesem Abschnitt wird das Überlaufverhalten des Rades (ORE S1002 – mittleres Verschleißprofil) eines Herzstücks Bauart UHPC (EH 60E2-500-1:12) mit Flügelschienenüberhöhung dargestellt. Anders als die untersuchten Herzstücke aus den vorherigen Untersuchungen wurde die Fahrfläche des Schienenkopfs konstruktiv mit einer geneigten Fahrfläche im Flügelblock (*Bild 11*) modelliert. Es wur-



**Bild 11:** Geneigte Fahrfläche des untersuchten Herzstücks





**Bild 12:** Radüberlauf bei einem Herzstück mit angepasster Fahrflächenneigung und Herzstückprofilierung

gern, da ist zu geringen Einsenkungen und somit auch geringer Belastung infolge des Radüberlaufes kommt.

## 5 Betriebserprobung in der Versuchsstrecke der DB Netz AG

Mit der Zulassung der Herzstückbauform UHPC zur Betriebserprobung durch das Eisenbahnbundesamt am 15.04.2020 war der Weg frei, um den geplanten

Einbau von zwei 60-500-1:12 Herzstücken am 26./27.04.2020 in der Versuchsstrecke Haste der DB Netz AG, umzusetzen.

Mit der DB Netz AG ist ein Erprobungsvertrag geschlossen, welcher eine umfangreiche Sammlung von Tests, Inspektionen und Datenauswertungen umfasst, um die Performance objektiv vergleichen zu können. Beginnend mit einem 3D-Scan bei Werksabnahme werden in der Folge alle 3 Monate diese Scans wie-

derholt und mittel Volumenvergleich ausgewertet.

Weitere interessante Daten liefern Beschleunigungssensoren, welche jede Achse erfassen und bzgl. Querschleunigung, Vertikalbeschleunigung und der daraus abgeleiteten Kräfte ein umfassendes Bild über die Gesamtsituation des Oberbaus an den Einbauplätzen der UHPC-Herzstücke ergeben. Die Sensoren werden dabei an der außenliegenden Fläche der Flügelschiene befestigt.



**Bild 13:** Herzstück der Bauform UHPC in der Versuchsstrecke Haste der DB Netz AG

Der Erprobungsvertrag mit der DB Netz AG sieht vor, nach 2 Jahren Betriebserprobung eine Zwischenbilanz zu ziehen und, bei einem positiven Befund, beim Eisenbahnbundesamt eine Erweiterung der Betriebserprobung über die Einbauten in Haste (Bild 13) hinaus zu beantragen.

## 6 Ausblick

Durch die Verwendung von geschmiedetem Blockmaterial für den Überlaufbereich können wir die Einschränkungen, welche wir durch den bis dato üblichen

Gebrauch von Schienenprofilen erfahren haben, aufheben. Größere Querschnitte ergeben eine Vielzahl von Gestaltungsmöglichkeiten zur Verbesserung der Konstruktion von starren Herzstücke. Neben den schon beschriebenen und konstruktiv bereits umgesetzten Merkmalen, arbeiten wir an weiteren Lösungen, welche nun dem Stand der Technik genügend angegangen werden können.

Ein Beispiel dieser Optionen ist eine optimierte Überlaufgeometrie, wo auch frässtechnisch hergestellte Überhöhungen der Flügelblöcke eine Rolle spielen können.

Weiterhin können die Prinzipien des Herzstück UHPC auf andere Herzstückbauarten übertragen werden und so ebenfalls Verbesserungen dort erwirken.

Weiterhin ist anzumerken, dass die Materialgüten nicht auf die Verwendung von Chrom-Bainit für die Blockspitze und Flügelblöcke beschränkt sind. Natürlich können auch die Materialgüten 350 HT sowie 400 HT eingesetzt werden.

#641\_A5

(Bildnachweis: 1 bis 13, voestalpine Turnout Technology Germany GmbH)



*M.Eng. Martin Dimitrov (29).* Maschinenbaustudium an der Technischen Hochschule Brandenburg bis 2015. Seit 2015 bei der voestalpine Turnout Technology Germany GmbH in der Abteilung Forschung & Entwicklung tätig.

Anschrift: voestalpine Turnout Technology Germany GmbH, Uferstraße 97, 14774 Brandenburg an der Havel, Deutschland.

E-Mail: martin.dimitrov@voestalpine.com



*Dipl.-Ing.(FH) SFI(OS) Johannes Rohlmann (54).* Ab 1992 Maschinenbaustudium an der Fachhochschule Dortmund, 1994 SFI-Ausbildung an der SLV Duisburg, 2002 SFI(OS) Ausbildung an der SLV Hannover, 1992-2002 bei der VWG, später Thys-

senKrupp Weichenbau in den Bereichen Konstruktion, QM, Service und F&E in leitender Funktion. Seit 2002 bei voestalpine Turnout Technology Germany GmbH in den Bereichen Service, Projektmanagement und Technik. Seit 2012 Bereichsleiter Technik Vignol.

Anschrift: voestalpine Turnout Technology Germany GmbH, Uferstraße 97, 14774 Brandenburg an der Havel, Deutschland.

E-Mail: johannes.rohlmann@voestalpine.com



*Dipl.-Ing. Martin Schmock (53).* 1992 Maschinenbaustudium an der Humboldt Universität Berlin, seit 1993 bei der voestalpine Turnout Technology Germany GmbH. Ab 1993 in der Abteilung Forschung & Entwicklung. Ab 2010 Zentral-

bereichsleiter Konstruktion und seit April 2014 verantwortlich für den Bereich Forschung und Entwicklung.

Anschrift: voestalpine Turnout Technology Germany GmbH, Uferstraße 97, 14774 Brandenburg an der Havel, Deutschland.

E-Mail: martin.schmock@voestalpine.com





# PERFORMANCE ON TRACK®

Innovative Systemlösungen  
für moderne Bahnnetze

voestalpine Railway Systems ist der weltweit führende Anbieter von Systemlösungen im Bereich Bahninfrastruktur und bietet hochqualitative Produkte, Logistik und Dienstleistungen für Schienen-, Weichen-, Signal- und Überwachungsanwendungen. Die über Stahl hinausgehende vollintegrierte Werkstoffkompetenz und industrielle Wertschöpfungskette ermöglichen es voestalpine, die wechselseitigen Abhängigkeiten der Gleiskomponenten zu verstehen und mit diesem Wissen die Lebenszykluskosten des Systems zu optimieren. Durch intelligente digitale Lösungen schaffen wir die Basis für modernes Fahrwegmanagement im Sinn unseres Markenversprechens: "Performance on Track®".