

# Automatisches Trennen von Güterwagen mit Schraubenkupplung

Im europäischen Schienengüterverkehr werden wichtige Abläufe, wie das zeitintensive, kostspielige und gefährliche Trennen von Güterwagen von der veralteten Schraubenkupplung dominiert. Aufbauend auf einer mechanischen Analyse der Schraubenkupplung, dem Identifizieren der Schwachstellen bestehender Automatisierungs-Konzepte und der intensiven Nutzung aktueller Sensortechnologien und Datenverarbeitungsmethoden werden Mechanismen für einen weitgehend automatisierten Trennvorgang der Schraubenkupplung entwickelt. Erste automatische Trennversuche an fahrenden Güterwagen sind sehr vielversprechend.

## 1. EINLEITUNG

Im Gegensatz zum in vielen Bereichen hochmodernen Personenverkehr benötigt der europäische Güterverkehr dringend Innovationen bei vielen Abläufen und Elementen. Die nach wie vor eingesetzte Schraubenkupplung, die sich seit über 150 Jahren im Einsatz befindet, stellt dabei eine gefährliche und kostenintensive Schwachstelle dar. Die Schraubenkupplung ist eine lösbare Verbindung zur Übertragung der Zugkräfte zwischen zwei Eisenbahnwagen. Seitlich angeordnete Puffer übernehmen die Druckkräfte.

Der Einsatz der Schraubenkupplung bringt Probleme und Einschränkungen mit sich. Das Kuppeln und Entkuppeln der Fahrzeuge erfolgt manuell. Es erfordert hohen körperlichen Einsatz vom Verschiebmitarbeiter, wird vom Wetter beeinflusst und bringt ein entsprechendes Gefahrenpotenzial mit sich. Die im Vergleich zu anderen Kupplungen geringen übertragbaren Kräfte setzt den möglichen Zugdimensionen enge Grenzen [Stuhr 2013].

Zusammengefasst ergeben sich folgende Nachteile:

- Hoher manueller Aufwand, zeitintensive Verschiebevorgänge
- Hohes Gefahrenpotential für Mitarbeiter
- Bremsschläuche müssen zusätzlich gekuppelt werden
- Keine Strom- und Datenleitungen vorhanden
- Eingeschränkte Zugdimensionen
- Kostenaufwändige Wartung

Alternativ zur manuell bedienten Schraubenkupplung bieten sich automatische Kupplungen an, die in vielen Ländern z.T. schon sehr lange im Einsatz sind [H. Stuhr, 2013]:



**Priv. Doz. Dr. Martin Egger**  
Professor für Konstruktionswissenschaften und technische Logistik  
Fachhochschule Oberösterreich  
FH OÖ, Wels  
Martin.Egger@fh-wels.at



**Christoph Zellner, MSc.**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Forschungsgruppe Bahnautomatisierung und Verkehrstelematik  
FH OÖ, Wels  
Christoph.Zellner@fh-wels.at



**Dr. Burkhard Stadlmann**  
Professor für Automatisierungstechnik, Leiter der Forschungsgruppe Bahnautomatisierung und Verkehrstelematik  
FH OÖ, Wels  
Burkhard.Stadlmann@fh-wels.at



**DI Florian Saliger**  
Projektleiter für Forschungsprojekte  
Stab LCI Life Cycle Management und Innovation, Geschäftsbereich Streckenmanagement und Anlagenentwicklung  
ÖBB Infrastruktur AG  
florian.saliger@oebb.at



**Peter Traussenegger**  
Anforderungen und Innovation  
Geschäftsbereich Betrieb  
ÖBB Infrastruktur AG  
peter.traussenegger@oebb.at



**DI Jürgen Zajicek**  
Research Engineer  
Center for Mobility Systems  
Dynamic Transportation Systems  
AIT Austrian Institute of Technology GmbH  
Juergen.Zajicek@ait.ac.at



**DI(FH) DI Frank Michelberger**  
Leiter Carl Ritter von Ghega Institut für integrierte Mobilitätsforschung  
Fachhochschule St.Pölten GmbH  
Frank.Michelberger@fhstp.ac.at

- USA: Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wird eine Vielzahl an automatischen Kupplungssystemen entwickelt. Per Kongressbeschluss wird im Zeitraum 1893 bis zum Jahr 1900 einheitlich für alle Bundesstaaten das Janney-System durchgesetzt.
- Japan 1925: Die Umstellung auf das amerikanische Janney-System erfolgte innerhalb weniger Tage.
- Sowjetunion: Die Umstellung auf eine automatische Kupplung in einer modifizierten Form des amerikanischen Willison-Systems erfolgte progressiv von 1935 bis zum Jahr 1957.

Das amerikanische Janney-Kupplungssystem ist seit Einführung, ohne Änderung der grundsätzlichen Wirkungsweise, ständig wei-

terentwickelt worden und ist heute neben den USA auch in Kanada, Südamerika, Südafrika, Australien, Japan, China und Indien im Einsatz.

In Europa konnte sich eine automatische Kupplung bis heute nicht durchsetzen. Gründe für das Scheitern der Umstellung auf eine automatische Kupplung waren die hohen Kosten, die notwendigen internationalen Vereinbarungen, die geforderte Simultanumstellung aller Betreiber und letztendlich der fehlende politische Wille.

Eine automatische Zug-Druck-Kupplung erfordert umfassende konstruktive Änderungen an den Fahrzeugen. Die vom internationalen Eisenbahnverband UIC 1988 als einzig wirtschaftlich machbar vorgeschlagene Variante wäre der Einsatz einer reinen Zug-Kupplung. Diese ist mit der bestehenden Schraubenkupplung kompatibel, womit bei einer Einführung ein Mischbetrieb und damit eine Umstellung über mehrere Jahre möglich werden. Allerdings ist bei der diskutierten Bauart nur das Verbinden vollständig automatisierbar. Das Trennen erfolgt weiterhin von Hand. Die vorgeschlagene technische Lösung war also nicht überzeugend. Eine Einführung scheiterte erneut [H. Rake et al, 1993], [P. Molle et al, 1992].

Die in den letzten Jahrzehnten gemachten Erfahrungen zeigen, dass ein auf europäischer Ebene abgestimmter Umstellungsprozess von der Schraubenkupplung auf eine automatische Kupplung äußerst anspruchsvoll ist. Viele Akteure des europäischen Schienengüterverkehrs stehen daher einem weiteren Implementierungsversuch äußerst skeptisch gegenüber. Somit ist nicht davon auszugehen, dass auf absehbare Zeit ein neuer, zentral gesteuerter Anlauf für eine simultane, flächendeckende Einführung einer automatischen Kupplung in Europa unternommen wird. Aus diesem Grund gibt es seit Jahrzehnten Bestrebungen von unterschiedlichsten Institutionen eine Vorrichtung zur automatischen Handhabung der Schraubenkupplung zu entwickeln. Eine solche Vorrichtung wäre in der Lage folgende Vorteile und Verbesserungen im Zusammenhang mit der Schraubenkupplung zu ermöglichen:

- Steigerung der Abfertigungs- und Fahrgeschwindigkeit
- Gleiche Leistung bei allen Wetterlagen und zu jeder Uhrzeit
- Erhöhte Prozesssicherheit und damit keine Fehler durch Unachtsamkeit
- Erhebliche Verbesserung von Arbeitnehmerschutz und Arbeitsbedingungen

Ganzzüge fahren im Allgemeinen ohne Verschiebevorgänge vom Versender zum Empfänger als geschlossene Zugeinheit. Im Gegensatz dazu wird der Einzelwagenverkehr in einem logistischen System organisiert, das auf Sammlung, Bündelung und Verteilung der Wagen in Verschiebebahnhöfen basiert. Zumeist werden einzelne Waggons über Gleisanschlüsse vom Kunden abgeholt und in einem Verschiebebahnhof gesammelt, um in Zügen zu großen Transporteinheiten zum Ziel-Verschiebebahnhof befördert zu werden, wo diese wiederum aufgelöst und zu den einzelnen Bestimmungsorten

verteilt werden. Auf diese Weise fallen mindestens 14, derzeit händisch durchgeführte Trenn- und Verbindungsvorgänge pro Transportweg an. Die Systemgeschwindigkeit reduziert sich damit auf durchschnittlich 18 km/h. In Ländern mit automatischer Kupplung werden Systemgeschwindigkeiten von 50 km/h erreicht [B. Sünderhauf, 2009].

Beim Trennen von Güterwagen wird nach dem Öffnen der Bremsschläuche zunächst die Schraubenkupplung durch händisches Aufdrehen der Kupplungsspindel geöffnet und in einem folgenden Arbeitsschritt wird der Kupplungsbügel, ebenfalls händisch, aus dem Zughaken ausgehängt. Der erste Arbeitsschritt wird als „Langmachen“ bezeichnet, der zweite als „Entkuppeln“.

Ein Rangierbahnhof (Verschiebebahnhof) besitzt mehrere Einfahrgleise auf denen die Verbindungen zwischen den Wagen entsprechend der Zerlegeliste getrennt werden. Anschließend wird der aufgetrennte Zug über den Abrollberg geschoben, wobei je nach Topologie des Rangierbahnhofes das Entkuppeln entweder in den Einfahrgleisen im Stillstand oder während der Fahrt zum Abrollberg erfolgt.

In einem ersten Ansatz erscheint es einfacher, einen Mechanismus nur für das Trennen von Güterwagen zu entwickeln, als eine Universalmaschine für das Verbinden und das Trennen. Aufbauend auf einer mechanischen Analyse der Schraubenkupplung, einer Analyse der in den letzten Jahrzehnten vorgestellten Automatisierungs-Konzepte sowie einer intensiven Nutzung der Möglichkeiten in Sensorik und Datenverarbeitung wird ein mechatronisches System entwickelt, das den gestellten Anforderungen genügt und in der Lage ist, den Trennvorgang weitgehend zu automatisieren. Zusätzlich zu den genannten Haupttätigkeiten Langmachen und Entkuppeln sind beim Trennen von Güterwagen eine Reihe von Nebentätigkeiten notwendig (Bremsschläuche öffnen, Bremsen lüften, etc.), die auch beim automatischen Trennen ausgeführt werden müssen.

Die dafür erarbeiteten Lösungen werden in einem späteren Beitrag präsentiert.

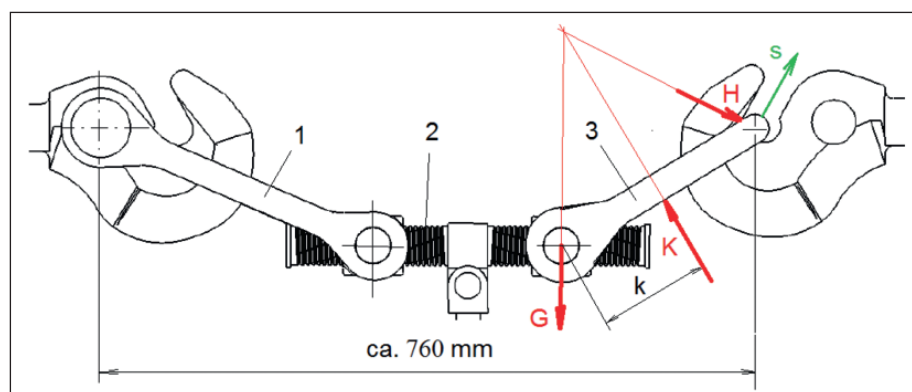
## 2. MECHANIK DER SCHRAUBENKUPPLUNG

Grundsätzlich ist jeder Eisenbahngüterwagen an seiner Stirnseite mit einem Zughaken und einer zugehörigen Schraubenkupplung ausgestattet. Somit stehen für eine Verbindung zweier Wagen immer zwei Kupplungen zur Verfügung, wobei nur eine im Haken des anderen Wagens eingehängt wird. Die ungenutzte Kupplung wird in eine Halterung eingehängt.

Aus einer kinematischen Betrachtungsweise ist die Schraubenkupplung aus folgenden drei starren Bauteilen aufgebaut (Bild 1): Kupplungslasche 1, die über den Kupplungsbolzen drehbar am Wagen gelagert ist und über die Kupplungsmutter an der Kupplungsspindel 2 drehbar gelagert ist. Auf der eingehängten Seite findet man den Kupplungsbügel 3, der ebenfalls über eine Kupplungsmutter an der Kupplungsspindel drehbar gelagert ist und beim Entkuppeln aus dem Zughaken ausgefädelt werden muss. Die Kupplung kann durch einfaches Drehen der Spindel ge- und entspannt werden. Ein starrer Körper verfügt in der ebenen Betrachtungsweise über drei Freiheitsgrade, jedes Drehgelenk reduziert um zwei Freiheitsgrade, der eingehängte Haken reduziert um einen weiteren Freiheitsgrad.

$$f = 3 \cdot 3 - 3 \cdot 2 - 1 = 2$$

Somit verbleiben zwei Freiheitsgrade zum Entkuppeln der eingehängten Kupplung. Ein Aushängen aus dem Zughaken muss entsprechend Bild 1 in einer kontrollierten Art und Weise, in Richtung des grün dargestellten Freiheitsgrades  $s$  erfolgen. Es darf zu keinem Abheben des Kupplungsbügel von der Hakenspitze kommen, da sich sonst der Kupplungsbügel im Hakenmaul verklemmt. »



**BILD 1:** Mechanische Verhältnisse an der Schraubenkupplung: Kupplungslaschen 1, Kupplungsspindel 2, Kupplungsbügel 3

Entsprechend einer sehr vereinfachten statischen Analyse der auf den Kupplungsbügel wirkenden Kräfte muss die Hakenkraft  $H$  immer ins Innere des Hakens wirken. Damit ist ein Entlanggleiten des Kupplungsbügels zur Hakenspitze sichergestellt. Die auf den Kupplungsbügel wirkenden Gewichtskräfte der Kupplung sind in  $G$  zusammengefasst. Gleichgewicht wird hergestellt, wenn eine etwa mittig angreifende Kraft  $K$  den Bügel aus dem Haken hebt.

Zum Trennen der Kupplung wird in einem ersten Schritt die Kupplungsspindel aufgeschraubt (Langmachen) und in einem zweiten Schritt der Kupplungsbügel aus dem Zughaken ausgehängt (Entkuppeln).

Hinsichtlich eines automatisierten Trennens der Schraubekupplung existieren bereits Patente [E. Huber, 1985] und [M. Bruns et al, 1988], wobei keine Realisierung der darin beschriebenen Ansätze bekannt ist. Es werden dabei relativ komplexe Mechanismen vorgesehen, die auf einem Untergleis in einer Grube, ohne Behinderung des Obergleises, bewegt werden. Der Mechanismus positioniert sich unter der zu trennenden Kupplung, schraubt diese auf (Langmachen) bzw. hängt die Kupplung aus dem Zughaken (Entkuppeln).

Eine Analyse der vorgestellten Konzepte führt auf folgende Schwachstellen:

- Aufwändiger Umbau des Gleisbettes zur Schaffung einer passenden Grube für das notwendige Untergleis
- Schwer zu erfüllende Auflagen des Arbeitnehmerschutzes um die Grube zu sichern und allgemein Personenschäden durch den Mechanismus zu verhindern
- Voraussetzungen für eine exakte Positionierung des Mechanismus unter der Kupplung sind Sensoren und eine entsprechende leistungsstarke Datenverarbeitung zum Erkennen der Kupplung.

Der hier vorgestellte Lösungsansatz baut auf den Erkenntnissen der letzten Jahrzehnte auf und nützt die erzielten Fortschritte in der Sensorik und Datenverarbeitung. Zentraler Punkt dabei ist es daher die in den oben genannten Patenten notwendige Grube zu vermeiden.

### 3. LANGMACHEN – DAS AUFSCHRAUBEN DER KUPPLUNGSSPINDEL

Entsprechend der geometrischen Situation zwischen den Eisenbahnwagen (Berner Raum) und der Kinematik der Schraubekupplung benötigt man einen Mechanismus, der in der Lage ist, in den Berner Raum einzudringen, den Kupplungsschwengel 3 zu positionieren und die Kupplungsspindel aufzuschrauben. Durch die seitlich angeordneten Puffer 1 ist ein Zugriff auf die Kupplung von der Seite nicht möglich.

Bild 2 zeigt das eingesetzte Prinzip, basierend auf einem offenen Zahnkranz 2, der von oben über die Schraubekupplung geführt wird und über einen Mitnehmer 4 den Kupplungsschwengel manipuliert. Dadurch wird die Kupplung aufgeschraubt bzw. langgemacht.

Eine gewisse Unsicherheit bringt die Geometrie und die Stellung des Kupplungsschwengels mit sich, von dem drei unterschiedliche Varianten dokumentiert sind. Alle vorkommenden Kupplungsschwengel müssen in allen möglichen Stellungen zuverlässig betätigt werden können.

Der Mechanismus für das Langmachen kann in der derzeitigen Form auf Grund seiner Baugröße nur von oben in den Berner Raum eingehoben werden. Dazu ist ein Fahrzeug notwendig, das sich neben dem Zug von Trennstelle zu Trennstelle bewegt und den Mechanismus über der zu tren-

nenden Kupplung positioniert. Die Art und Weise wie dies im Detail erfolgt, ist noch Teil des laufenden Projektes. Der vorgestellte Mechanismus funktioniert derzeit unter Laborbedingungen. Ein Feldtest ist in Vorbereitung.

### 4. ENTKUPPELN – DAS AUSHÄNGEN DES KUPPLUNGSBÜGELS

Abgeleitet von der mechanischen Analyse der Schraubekupplung, benötigt man eine, mittig auf den Kupplungsbügel wirkende und nach oben gerichtete Kraft  $K$  auf den Kupplungsbügel, um diesen klemmfrei aus dem Haken zu führen. Ein Mechanismus zum automatisierten Entkuppeln muss dementsprechend von unten an den Kupplungsbügel herangeführt werden. Bild 3 zeigt das eingesetzte Prinzip, basierend auf einem Kniehebel mit den Schenkeln 2 und 4, dem Kniegelenk 3 und einer drehbar gelagerten Kontaktplatte 1. Die dem Kniegelenk abgewandten Seiten der Stangen werden unabhängig voneinander, entlang der Gleise bewegt. Auf diese Art und Weise kann sich der Kniehebel aufrichten bzw. absenken. Dabei wird die sich verändernde Übersetzung des Kniehebels ausgenutzt. Zunächst wird die Kontaktplatte rasch an die Kupplung herangeführt, um diese dann langsam und mit hoher zur Verfügung stehender Kraft zu entkuppeln.

Die Bewegung der Kontaktplatte 1 wird durch die Lage ihres Drehpunktes am Kniegelenk 3, bezogen auf den Schwerpunkt  $G_1$  bestimmt. Befindet sich der Schwerpunkt der Kontaktplatte 1 unterhalb des Kniegelenks 3, wird sich eine stabile horizontale Stellung der Kontaktplatte 1 einstellen. Diese horizontale Stellung der Kontaktplatte wird beim Annähern an die Kupplung angestrebt. Die vertikale Distanz  $d_1$  zwischen Kniegelenksdrehpunkt und Schwerpunkt  $G_1$  charakterisiert diese Stabilität. Beim Aushängen der Kupplung liegt die schwere Schraubekupplung auf der Kontaktplatte und der Schwerpunkt  $G_2$  des Gesamtsystems Kontaktplatte-Kupplung kommt oberhalb des Kniegelenks 3 zu liegen. Die Kontaktplatte kippt um den Kniegelenksdrehpunkt und wirft die Kupplung ab, sobald der Kupplungsbügel aus dem Hakenmaul geführt wird und damit die stabilisierende Hakenkraft  $H$  wegfällt.

Die richtige Gestaltung der Kontaktplatte spielt eine zentrale Rolle im Hinblick auf ein zuverlässiges Entkuppeln. Zusammenfassend, liefert die mechanische Analyse der Schraubekupplung folgende konstruktive Anforderungen an die Kontaktplatte:

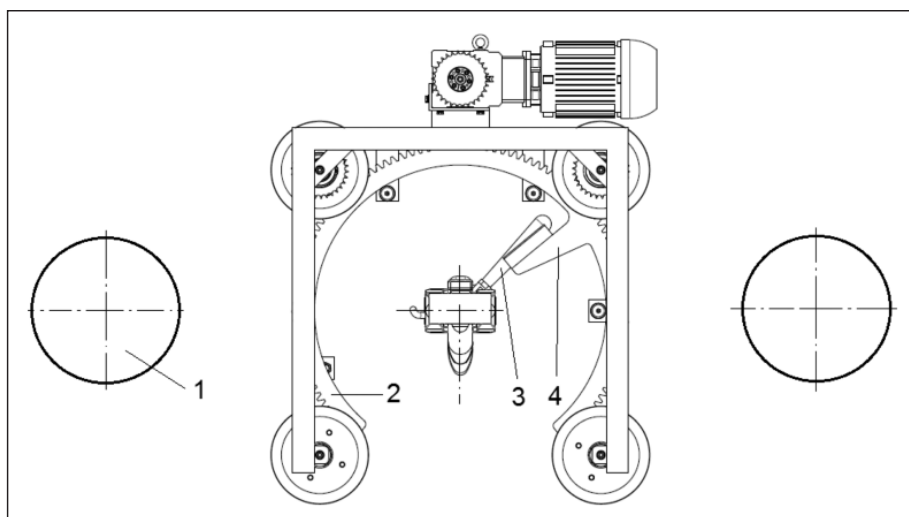
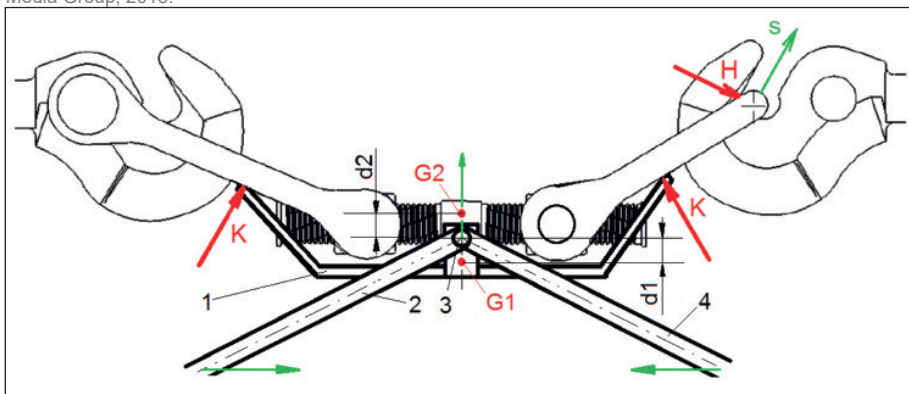


BILD 2: Kinematisches Prinzip des automatisierten Langmachens



- Hohe Steifigkeit und damit geringe Verformungen, um auch bei hohen Belastungen den definierten Kontakt mit dem Kupplungsbügel bzw. mit den Kupplungsglaschen zu garantieren.
- Ausreichend großer Abstand  $d_1$ , um eine stabile horizontale Gleichgewichtslage der leeren Kontaktplatte sicherzustellen.
- Ausreichend großer Abstand  $d_2$ , um eine instabile Gleichgewichtslage des Systems Kontaktplatte-Kupplung zum Abwerfen der Kupplung zu erreichen.



**BILD 3:** Entkuppeln: Kontaktplatte 1, Schenkel 2 und 4, Kniegelenk 3

Erfolgt das Entkuppeln während der Fahrt zum Abrollberg, wird der Mechanismus auf den Schwellen zwischen den Schienen eingebaut. Nach dem Aushängen des Kupplungsbügels wird die Kontaktplatte wieder abgesenkt und fährt in die Ausgangsposition zurück und steht für den nachfolgenden Entkuppelungsvorgang bereit. Der horizontale Arbeitsweg entlang der Gleise beträgt etwa 10 Meter, der vertikale Arbeitsweg etwa 1,4 Meter.

## 5. SENSORIK UND DATENVERARBEITUNG

Für eine Trennung der Wagen muss die automatische Trennvorrichtung mit Informationen bezüglich Position und Zustand der Trennstelle versorgt werden. Für das Langmachen ist ein Fahrzeug erforderlich, das den Mechanismus über der zu trennenden Kupplung positioniert. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Erfassung von Parametern die für beide Prozesse, das Langmachen sowie das Entkuppeln notwendig sind:

- Trennstelle
- Zuggeschwindigkeit
- Kupplungsposition
- Status der Kupplung (angezogen oder langgemacht)

Im Wesentlichen muss die vorbeifahrende Kupplung als solche erkannt und ihre Position bis zur vollständigen Trennung der Wagen berechnet werden. Für die Kupplungserkennung werden geometrische Merkmale des Zughakens, des Kupplungsschwengels der Bremschläuche und der Puffer genutzt. In einer ähnlichen Weise wird der Status der Kupplung auf Basis ihres Durchhangs bestimmt.

Das Aushängen des Kupplungsbügels erfolgt am fahrenden Zug. Die Erfassung der Parameter hat berührungsfrei zu erfolgen. Eingesetzt werden folgende Verfahren:

- Time-of-flight Kamera (Kupplungserkennung)

- Laserscanner (Kupplungserkennung)
- Radar (Zuggeschwindigkeit)
- Radsensoren (Zuggeschwindigkeit)
- Laserdistanzsensoren (Zuggeschwindigkeit)

Die Toleranz der Mechanik innerhalb derer ein problemloser Betrieb gewährleistet ist, gibt die nötigen Positionsgenauigkeiten vor.

Die Zusammenführung der Daten der unterschiedlichen Sensoren erfolgt über ein Kalman-Filter. Dabei werden Fehler der einzelnen Messdaten reduziert und eine Schätzung für die Position der sich bewegenden Kupplungsmittelpunkte geliefert.

## 6. FELDVERSUCHE UND BISHERIGE TESTERGEBNISSE

Um die Funktionalität der entwickelten Konzepte für das Langmachen und Entkuppeln zu prüfen, wurde ein Labormodell einer Trennstelle mit Originalbauteilen, bestehend aus Schraubkupplung, Puffer und Bremschläuchen errichtet. Durch diese statische Testumgebung konnten erste wertvolle Erkenntnisse hinsichtlich der mechanischen Konzepte Langmachen und Entkuppeln gewonnen werden.

Bezüglich Sensorik und Datenverarbeitung liegt der Fokus auf dem Erkennen und dem Verfolgen der Trennstelle. Dazu wurden unterschiedliche Sensortechnologien und Auswertemethoden an unterschiedlichen Verschiebebahnhöfen und einer Vielzahl von Güterwagen getestet. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse bestimmten die Sensorauswahl und die eingesetzten Auswertalgorithmen.

Im nächsten Schritt wurde vom Projektpartner Fa. Ulbrich Maschinenbau ein Demonstrator für das Entkuppeln an einem Gleisstummel des Rangierbahnhof Linz installiert. Im Gegensatz zur statischen Testumgebung des Labormodells stehen hier reale, stillstehende als auch bewegte Güterwagen

zur Verfügung. Dabei konnten wichtige Parameter, wie der für ein klemmfreies Entkuppeln notwendige Durchhang der Kupplung ermittelt werden. Hier bestand erstmals die Möglichkeit das Verhalten des Entkupplers hinsichtlich Position und Form verschiedener Kupplungsschwengel zu untersuchen. Ebenso konnte die Zuverlässigkeit, die Robustheit und das Verhalten im Störfall getestet werden. Im Fall einer Kollision mit Teilen des Zuges darf dieser nicht beschädigt werden und die Möglichkeit des manuellen Entkuppelns muss erhalten bleiben. Zu diesem Zweck sind die Schenkel des Kniehebels (Bild 3) als leicht wechselbare Sollbruchstelle dimensioniert. Die durchgeführten Feldversuche lieferten zufriedenstellende Ergebnisse und weitere Erkenntnisse zur Feinoptimierung der Mechanik.

Innerhalb dieser Tests zeigte sich die Funktionsweise, sowohl der Sensorik, der Datenverarbeitung und Auswertung, der Regelung der Antriebe, als auch des mechanischen Konzeptes als sehr zuverlässig. Die maximale Fahrgeschwindigkeit war bei diesem Aufbau aufgrund der begrenzten Gleislänge mit 5 km/h beschränkt. Die vielversprechenden Ergebnisse führten zur Entscheidung für einen vollwertigen Testaufbau am Nebenabrollberg in Linz. Dort werden die Fahrgeschwindigkeiten auf ca. 9 km/h gesteigert.

## 7. ARBEITSSICHERHEIT

Der Eisenbahnbetrieb ist auf Grund der möglichen systembedingten Gefahrenquellen durch Betriebsvorschriften und Verordnungen sehr streng reglementiert (z.B. Eisenbahn-Arbeitnehmerschutzverordnung – EisbAV). Dementsprechend wurden alle relevanten Vorschriften betreffend des Arbeitnehmerschutzes und der Arbeitssicherheit bei der technischen Gestaltung der automatischen Trenneinrichtung berücksichtigt. Diesbezügliche Richtlinien sind auch auf die »



**BILD 4:**  
Automatisches  
Entkuppeln  
einer Schraub-  
enkupplung

Vorschriften betreffend des Arbeitnehmerschutzes und der Arbeitssicherheit berücksichtigt. Erste automatische Trennversuche an fahrenden Güterwagen sind sehr vielversprechend. Aufbauend auf den gewonnenen Erfahrungen soll in weiterer Folge ein Roboter zum Verbinden von Güterwagen entwickelt werden, um letztendlich den gesamten Verschiebebetrieb weitgehend zu automatisieren.

Die Forschungstätigkeit wird im Rahmen des Förderungsprogramms „Mobilität der Zukunft“ vom österreichischen Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) sowie der österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) unterstützt. ◀

festgelegte Örtlichkeit für den Testaufbau (Nebenabrollberg Linz) anzuwenden. Eine große Rolle spielen einzuhaltende Arbeits- und Lichträume sowie Flächen zur Vorhaltung von Sicherheitsabständen.

Insbesondere ergeben sich durch den Kniehebel, der sich innerhalb des Gleises bewegt, sicherheitsbedingte Fragestellungen, um die Schädlichkeit der Arbeitnehmer im Rahmen ihrer Tätigkeiten sicherzustellen. Die Gefährdung von zu Kontroll- und Überwachungszwecken im Nahbereich der Anlage anwesenden Personen, wie etwa Wagenmeister, Wartungspersonal, etc., ist zu verhindern. Alle Entwicklungsschritte erfolgten in direkter Abstimmung mit dem Verkehrsarbeitsinspektorat und dem zuständigen Personal der ÖBB-Infrastruktur AG. Damit wurden zum frühesten Zeitpunkt bereits alle konstruktiven Maßnahmen getroffen, um eine eisenbahntechnische Zulassung der automatischen Trenneinrichtung nach Abschluss der Systemtests zu erleichtern.

Der Mechanismus für das Langmachen wird von einem Fahrzeug, das sich neben dem Zug von Trennstelle zu Trennstelle bewegt über der zu trennenden Kupplung positioniert. Es wird davon ausgegangen, dass in den betreffenden Bereichen kein Personal anwesend ist.

Für Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten bei gleichzeitigem Betrieb von automatischen Trenneinrichtungen auf anderen Gleisen der Einfahrgruppe bzw. am Abrollberg müssen entsprechende Betriebsvorschriften vorgesehen werden. Hierzu erfolgte eine intensive Abstimmung mit dem Arbeitsinspektorat für das Eisenbahnwesen.

Eine „Konfliktmatrix“ listet und bewertet alle möglichen Konfliktpunkte zwischen der automatischen Trenneinrichtung und ihrem Umfeld, insbesondere Personal.

Die automatische Trenneinrichtung weist über ein gelbes Blinklicht und sicherheits-

technische Markierungen auf ihren Betrieb hin. Im Falle von festgestellten Abweichungen kann über einen Notstopp-Schalter die Anlage inaktiv geschaltet werden. Eine vorgesehene Ruheposition ermöglicht ein manuelles Trennen. Die Bedienelemente für die Steuerung des Roboters sind nach den örtlichen Gegebenheiten so platziert, dass keine Sicherheits- bzw. Bedienräume im Bereich des Gleises berührt werden. Alle notwendigen Abläufe, Bedienungsvorgänge und Verhaltensvorschriften sind in einer Bedienungsanleitung für den Probebetrieb zusammengefasst und werden in speziellen Schulungen dem in den Probebetrieb involvierten Personal nahegebracht. Damit wird die höchst mögliche Sicherheit im Bereich der automatischen Trenneinrichtung sichergestellt.

## 8. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICKE

Das automatisierte Langmachen basiert auf einem offenen Zahnkranz, der von oben über die Schraubenkupplung geführt wird und über einen Mitnehmer den Kupplungsschwengel manipuliert. Das automatisierte Entkuppeln basiert auf einem zwischen den Bahngleisen geführten Kniehebel und einer speziell gelagerten Kontaktplatte, die den Kupplungsbügel klemmfrei aus dem Zughaken führt. Diese Lösung wird angewendet, wenn das Entkuppeln während der Fahrt zum Abrollberg erfolgt. Für die Erkennung der Kupplung bzw. für die Berechnung ihrer aktuellen Position werden unterschiedliche Sensoren wie Radar, Time-of-flight-Kameras und Laserscanner eingesetzt. Die Zusammenführung der redundanten Sensordaten erfolgt über ein Kalman-Filter. Bei der technischen Gestaltung der automatischen Trenneinrichtung werden die relevanten

## Literatur

- [1] Stühr, H.: Untersuchung von Einsatzszenarien einer automatischen Mittelpufferkupplung, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau 6/2013, S. 17-21.
- [2] Molle, P.; Friedrichs, H.: Die automatische Kupplung in Europa, Stand der Entwicklung, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau 4/1992, S. 217-214.
- [3] Rake, H.; Schwanhäuser, W.; Frederich, F.; Enning, M.: Automatisierung von Ablaufanlagen mit dem Kupplungsroboter, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau 4/1993, S. 249-254.
- [4] Hagenlocher, S.: Automatische Kupplungssysteme im Schienengüterverkehr – eine Übersicht. Technischer Bericht. Hwh, Gesellschaft für Transport- und Unternehmensberatung GmbH, 2015.
- [5] Huber, E.; Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH: Rangieranlage für Schienenfahrzeuge. EP 0144619 A2. 1985
- [6] Bruns, M.; Frederich, F.; Hecht, M.; Hock, J.; Kimpel, T.; Mueller, H.D.; Rake, H.; Schanhaeusser, W.; Walther, K.: Aachener Forschungsgesellschaft; Einrichtung und Verfahren zum automatischen Trennen von Güterwagen mit Schraubenkupplungen. DE38193388 A1. 1988
- [7] Sünderhauf, B.: Die Automatische Mittelpufferkupplung, Kosten-Nutzen-Analyse. ALTAPLAN LEASING GmbH, April 2009.

## ► SUMMARY

### Automated separation of freight wagons with screw coupling

Buffers and screw coupling is still the standard train coupling system used in Europe. Uncoupling is done by a worker who must climb between the wagons. First he separates the brake hoses and then he winds the turnbuckle handle to loose position and then he unhooks the screw coupling. Coupling is even more complicated. Based on the mechanical analysis of the screw coupling, the recognition of deficiencies of former automation concepts and the intense use of sensor and data analysis techniques, a mechatronic system concerning the automatic uncoupling is being developed. First test done on moving rail wagons at the marshalling yard in Linz, Austria are promising.