

# Modern maintenance management of RWE Power AG's industrial railway route

## Modernes Instandhaltungsmanagement des Fahrwegs der Werksbahn der RWE Power AG

THOMAS NIEB, THOMAS LANDSKRON, Germany, SIMON RICKENBACHER, Switzerland

### 1 Introduction

Part of the RWE Group, RWE Power AG is one of Germany's leading energy production companies. As power generator, RWE Power AG banks on a broad mix of energy sources. In the main, the Company can draw on its own raw material base.

RWE Power AG operates three lignite opencast mines in the Rhineland. Taken together, roughly 100 million tons of lignite are extracted at the Inden, Garzweiler and Hambach opencast mines per year [1]. An industrial railway is used for transporting coal and overburden between the opencast mines and the upgrading and power plants (Figure 1). The rail network extends over approx. 310 km. Each year, the industrial railway transports about 70 Mt of raw lignite as well as up to 3 mill. m<sup>3</sup> of overburden, loess and gravel. Not least on account of the high transport volumes, the railway unit belongs to the largest private railways in Germany. By international comparison, too, the railway unit in RWE Power AG's Rhenish lignite mining area – in view of the high axle loads of up to 36 t – is one of the world's biggest heavy-duty railways [2].

### 2 The railway infrastructure operator's range of tasks and future requirements

One determining factor as regards the quality of rail services is the condition of railway infrastructure. Deficiencies reduce availability, as infrastructure-related disturbances may lead to operational restrictions or train cancellations. In the worst-case scenario, such disruptions result in accidents that put the operating concession at risk and entail costly stipulations.

This being the situation, the core task of all railway infrastructure operators is to economically safeguard the high quality of the

### 1 Einführung

Die RWE Power AG ist als Teil des RWE-Konzerns eines der führenden Unternehmen der Energiegewinnung und -erzeugung in Deutschland. Als Stromerzeuger setzt die RWE Power AG auf einen breiten Energiemix. Sie kann dabei zu wesentlichen Teilen auf eine eigene Rohstoffbasis zurückgreifen.

Die RWE Power AG betreibt im Rheinland drei Braunkohle-Tagebauwerke. In den Tagebauen Inden, Garzweiler sowie Hambach werden jährlich zusammen rund 100 Millionen Tonnen Braunkohle gefördert [1]. Für den Transport von Kohle und Abraum zwischen Tagebauen, Veredlungsbetrieben und Kraftwerken wird eine Werksbahn eingesetzt (Abbildung 1). Das Schienennetz erstreckt sich über ca. 310 km. Jährlich transportiert die Werksbahn sowohl rund 70 Mio. t Rohbraunkohle als auch bis zu 3 Mio. m<sup>3</sup> Abraum, Löss oder Kies. Der Eisenbahnbetrieb gehört – nicht zuletzt aufgrund der hohen Transportmenge – zu den größten Privatbahnen Deutschlands. Auch im internationalen Vergleich ist der Eisenbahnbetrieb im Rheinischen Braunkohlenrevier der RWE Power AG angesichts der hohen Achslasten von bis zu 36 t eine der größten Schwerlastbahnen der Welt [2].

### 2 Aufgabenspektrum Bahn – Infrastrukturbetreiber sowie Anforderungen an die Zukunft

Ein bestimmender Faktor für die Qualität des Bahnverkehrs ist der Zustand der Bahninfrastruktur. Mängel verringern die Verfügbarkeit, da infrastrukturbedingte Störungen zu Betriebseinschränkungen oder zum kompletten Ausfall von Zügen führen können. Im schlimmsten Szenario sind Unfälle und damit die Hinterfragung der Betreiberkonzession oder kostenintensive Auflagen die Folge.

Vor diesem Hintergrund ist die wirtschaftliche Sicherung einer langfristig hohen Qualität der Gleise und Anlagen Kernaufgabe aller Eisenbahninfrastrukturbetreiber. Für den Bereich „Instandhaltung Fahrweg Bahn“ der RWE Power AG zählt die Erhaltung der Funktionsfähigkeit der Infrastruktur während des laufenden Betriebs, aber auch die kurzfristige Störungsbeseitigung zu den wichtigsten Aufgaben. Dabei wird eine Verfügbarkeit von nahezu 100 % bezogen auf die Betreiberanforderungen sichergestellt. Für die Umsetzung von planmäßigen Instandhaltungsaufgaben bzw. für Wartungsarbeiten stehen meist nur kurze Sperrpausen zur Verfügung. Dies erfordert eine sorgfältige Planung der Maßnahmen und verlässliche Abstimmung mit dem Eisenbahnbetrieb sowie allen anderen beteiligten Stellen. Die Instandhaltung des Fahrwegs muss hohe Anforderungen erfüllen:

- Dauerhafte und zuverlässige Gewährleistung einer sicheren Eisenbahninfrastruktur unter den besonderen Bedingungen des Schwerlasttransports bei RWE Power AG,

Dipl.-Ing.; Dipl. Wirtsch. Ing. THOMAS NIEB,  
RWE Power AG, Stüttgenweg 2, 50935 Köln, Germany  
Tel. +49 (0) 221-480-69306  
e-mail: thomas.niess@rwe.com

THOMAS LANDSKRON, Betriebswirt VWA,  
ZEDAS GmbH, A.-Hennecke-Str. 37, 01968 Senftenberg,  
Germany  
Tel. +49 (0) 573-7075-61  
e-mail: tlandskron@zedas.com

Dipl. Geomatik-Ing. FH SIMON RICKENBACHER,  
terra vermessungen ag, Ahornweg 3, 5504 Othmarsingen,  
Switzerland  
Tel. +41 43-500-1077  
e-mail: rickenbacher@terra.ch



Fig. 1:  
RWE Power AG's track network  
Abb. 1:  
Gleisnetz der RWE Power AG

tracks and facilities in the long term. For RWE Power AG's "Railway Route Maintenance" department, both the retention of proper infrastructure functioning during operation and the elimination of disturbances at short notice count among the most important duties. In this way, almost 100 % availability in terms of operator requirements is ensured. In most cases, only brief blocking pauses are available for scheduled maintenance and/or repair work, requiring careful planning of the measures to be taken and reliable coordination with the railway unit and all other involved offices. Route maintenance needs to meet high requirements:

- reliably and in the long term guaranteeing the safety of railway infrastructure under the special conditions of heavy goods transport prevailing at RWE Power AG,
- efficiency and profitability in maintenance and repair,
- cost variability.

The "how?" alone, especially with regard to the economic maintenance of railway facilities, often raises questions, for this point in particular demands clear cost targets and quality agreements. The definition, agreement and monitoring of targets requires that these targets be measurable, achievable and can be reviewed. Holistic, goal-oriented plant management, in turn, ensures both the necessary transparency and certainty for the operator, creating added value.

### 3 Motivation and objectives

Analyses of operational processes showed that the Railway Route Maintenance department is able to tap efficiency potential by EDP support. Routine work was carried out in a time-consuming manner by hand and the captured data was processed in different ways using varying files or documents. The consolidation of condition analysis information and subsequent action and cost planning required considerable time and effort. The route in

- Effizienz und Wirtschaftlichkeit bei Wartung und Unterhaltung,
- Kostenvariabilität.

Allein das „Wie?“, vor allem im Hinblick auf die wirtschaftliche Instandhaltung von Bahnanlagen, wirft häufig Fragen auf. Denn gerade dieser Punkt setzt klare Kostenziele sowie Qualitätsvereinbarungen voraus. Zielfindung, -vereinbarung und -kontrolle erfordern Messbarkeit, Erreichbarkeit, aber auch Überprüfbarkeit dieser Ziele. Ein ganzheitliches zielorientiertes Anlagenmanagement wiederum schafft zum einen die notwendige Transparenz, zum anderen die erforderliche Sicherheit für den Betreiber, wodurch sich ein Mehrwert ergibt.

### 3 Motivation und Zielsetzung

Analysen der Betriebsabläufe ergaben, dass der Bereich „Instandhaltung Fahrweg Bahn“ Effizienzpotenziale durch EDV-technische Unterstützung erschließen kann. Routinearbeiten wurden aufwändig von Hand bewältigt und die erfassten Daten in verschiedenen Dateien oder Dokumenten unterschiedlich aufbereitet. Die Zusammenführung der Informationen zur Zustandsanalyse mit anschließender Maßnahmen- und Kostenplanung war nur mit erhöhtem Arbeitsaufwand möglich. Insbesondere der an der Kapazitätsgrenze betriebene Fahrweg erforderte präzise, nachvollziehbarere Aussagen zu Zustand, Ausfall- sowie Kostenverhalten der einzelnen Objekte. Daraus ergab sich letztlich die Anforderung an ein qualifiziertes und anspruchsvolles Anlagenmanagement.

Die RWE Power AG hat sich dazu entschieden, ein modernes Datenbanksystem für ihre Eisenbahninfrastruktur einzusetzen. Die Wahl fiel dabei auf das Produkt zedas®asset des Softwareunternehmens ZEDAS GmbH aus Senftenberg.

Im Vorfeld wurden folgende Erfolgskriterien für das Anlagenmanagementsystem (AMS) System definiert:

- Abbildung der gesamten Eisenbahninfrastruktur in einer auswertbaren Objektstruktur,

particular, operated at the capacity limit, needed precise, robust information on the various objects' condition as well as their failure and cost behaviour. This resulted in requirements to be satisfied by qualified and ambitious plant management.

RWE Power AG decided to use a modern database system for its railway infrastructure, opting for zedas®asset, which is produced by Senftenberg software company ZEDAS GmbH.

The following success criteria were defined for the Plant Management System (PMS) beforehand:

- reproduction of the entire railway infrastructure in an evaluable object structure,
- action planning and monitoring, thus gaining an overview of all preventive and corrective measures taken,
- interface with the railway operator's existing EDP-assisted integrated outage scheduling,
- condition monitoring for weak point analysis and, as a result, a constant overview of the condition of facilities,
- monitoring of life-cycle costs in order to increase planning certainty including cost transparency,
- coupling of the zedas®asset database with the existing Transport Process and Analysis System (TPS),
- coupling of the zedas®asset database with the existing geographic information system KEDIS,
- interface with RWE Power's SAP® system,
- option of integrating service companies and partners in track, overhead-line and traction-power-system construction,
- warranty monitoring,
- dealing with the increasing data volume by significantly reducing paper-based data storage,
- individual and systematic reporting for the maintenance departments in charge,
- comprehensive verification vis-à-vis decision-makers, customers and supervisory authorities,
- in future: mobile devices for direct, on-site status-data capture.

The aim was to fully manage and monitor track and electrical infrastructure and control its maintenance, taking account of load data as well as inspection reports and collected measurement data including the resulting condition assessments. The simplified information and decision-making processes will in future allow weak points and cost drivers to be identified as a basis for tapping savings potential.

#### 4 Introduction and use of a modern Plant Management System (PMS)

To precisely define the aims pursued by introducing the software, a requirements specification was first prepared. The intention behind the reference concept presented there was, on the one hand, to record the actual structural condition of the railway facilities and, on the other, to capture the specific needs of the Railway Route Maintenance department as regards database functionalities including all required interfaces. Accordingly, the reference concept formed the basis for the later use of the plant management software. Apart from reproducing all infrastructure objects both in data terms and in a graphical interface, all technical asset-management processes will in future be fully EDP-supported. This ranges from quantitative acquisition and a qualitative deficiency assessment to action planning and execution within the scope of technical repair to confirmation – the restoration of the reference condition. The integrated mobile solution with online/offline functionality provides the option of directly transmitting status data and values from points measurements, points and track inspections and all other detected disturbances and deficiencies to the database in an adequate measuring density on an object-specific basis. There, the data is compared with the target data, evaluated, weighted

- Maßnahmenplanung und -überwachung und somit Überblick über alle durchgeführten präventiven sowie korrektiven Maßnahmen,
- Schnittstelle zur bestehenden EDV-gestützten integrierten Stillstandplanung des Bahnbetreibers,
- Zustandsüberwachung zur Schwachstellenanalyse und damit permanenter Überblick über den Anlagenzustand,
- Monitoring der Lebenszykluskosten, um eine Erhöhung von Planungssicherheit inklusive Kostentransparenz zu erreichen
- Kopplung der zedas®asset Datenbank mit dem bestehenden Förderprozess- und Analysesystem (FPS),
- Kopplung der zedas®asset Datenbank mit dem bestehenden Geoinformationssystem KEDIS,
- Schnittstelle zum SAP®-System von RWE Power,
- Integrationsmöglichkeit von Serviceunternehmen sowie Partnern im Gleis-, Fahrleitungs- und Bahnstromanlagenbau,
- Gewährleistungsüberwachung,
- Bewältigung des steigenden Datenaufkommens durch deutliche Reduzierung der Datenhaltung in Papierform,
- individuelles und zielgerichtetes Reporting für die verantwortlichen Instandhaltungsbereiche,
- umfangreiche Nachweisführung gegenüber Entscheidungsträgern, Kunden oder Aufsichtsbehörden,
- perspektivisch: Mobile Geräte zur direkten Vor-Ort-Aufnahme von Zustandsdaten.

Ziel war es, die Gleis- und Elektroinfrastruktur komplett zu verwalten, zu überwachen und deren Instandhaltung zu steuern. Dabei sollten Belastungsdaten ebenso berücksichtigt werden wie Inspektionsberichte, gesammelte Messwerte inklusive der daraus resultierenden Zustandsbewertungen. Die vereinfachten Informations- und Entscheidungsprozesse ermöglichen zukünftig das Ermitteln von Schwachstellen und Kostentreibern als Basis für die Erschließung von Einsparpotenzialen.

#### 4 Einführung und Nutzung eines modernen Anlagenmanagementsystems (AMS)

Um die mit der Softwareeinführung verfolgten Ziele präzise zu definieren, wurde zunächst ein Lastenheft erstellt. Die Absicht hinter dem dort abgebildeten Soll-Konzept war zum einen die Aufnahme des baulich und strukturellen Ist-Zustandes der Bahnanlagen, zum anderen die spezifischen Wünsche des Bereiches „Instandhaltung Fahrweg Bahn“ hinsichtlich der Datenbankfunktionalitäten einschließlich aller notwendigen Schnittstellen zu erfassen. Das Sollkonzept bildete somit die Basis für den späteren Einsatz der Anlagenmanagementsoftware. Neben der Abbildung aller Infrastrukturobjekte, sowohl datentechnisch als auch in einer grafischen Oberfläche, werden künftig alle Abläufe des technischen Asset-Management-Prozesses durchgängig EDV-technisch unterstützt. Das reicht von der quantitativen Erfassung und qualitativen Mängelbewertung, der Maßnahmenplanung und -durchführung im Rahmen der technischen Instandsetzung bis hin zur Rückmeldung – der Wiederherstellung des Soll-Zustands. Optional können, mit Hilfe der integrierten mobilen Lösung mit online/offline-Funktionalität, Zustandsdaten und -werte aus Weichenmessungen, Weichen- und Gleissichtprüfungen sowie alle übrigen festgestellten Störungen und Mängel objektbezogen in angemessener Messdichte direkt in die Datenbank übermittelt werden. Dort werden sie mit den Soll-Daten verglichen, ausgewertet, gewichtet und über spezielle Reports dem Betreiber zur genauen Beurteilung seines Anlagenzustandes präsentiert. Die Daten stehen für den gesamten Instandhaltungs- und Entscheidungsprozess zur Verfügung, ohne zusätzlichen Eingabeaufwand. Unter Einbeziehung von Erfahrungen und Know-how der Mitarbeiter der RWE Power AG, einschließlich ihrer Servicepartner,

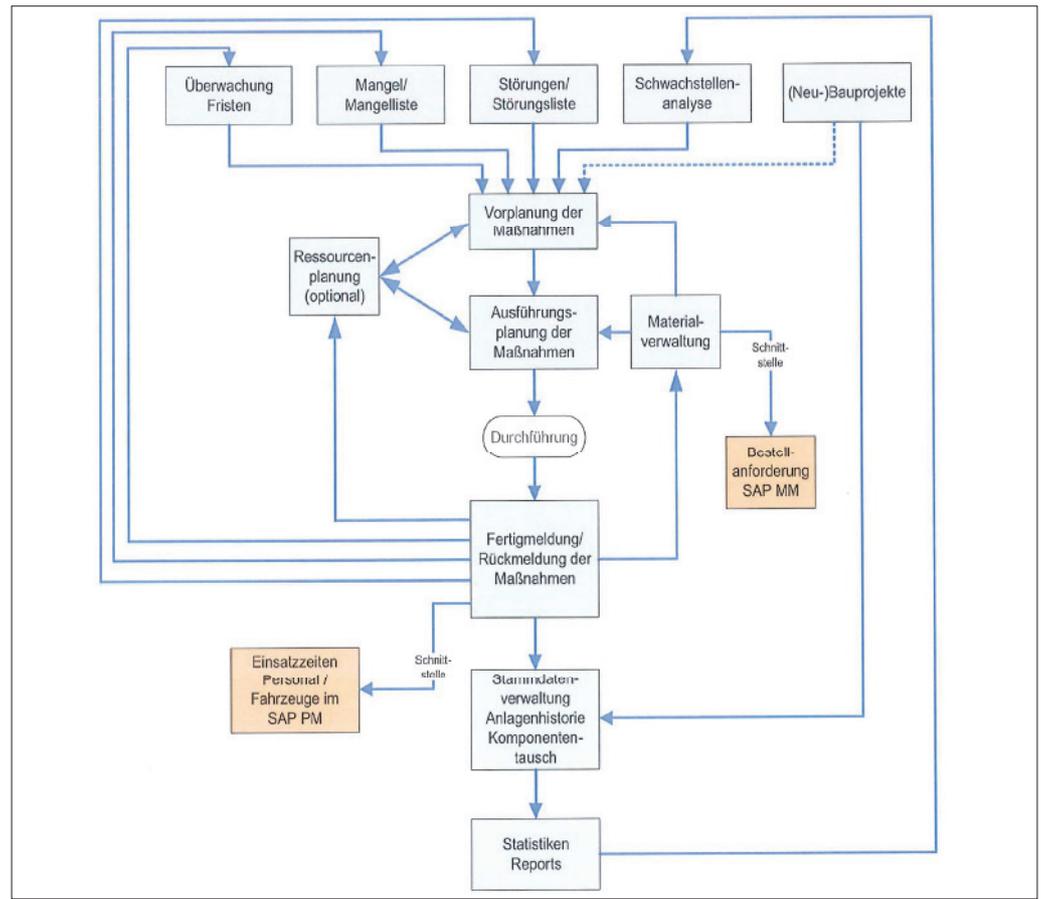


Fig. 2: Overview of maintenance process  
 Abb. 2: Übersicht Instandhaltungsprozess

and presented to the operator via special reports for an accurate assessment of the condition of the operator's facilities. The data is available for the entire maintenance and decision-making process without the need for entering any additional data. Taking the experience and expertise of the employees of RWE Power AG and its service partners into account, a compact knowledge and information base for the required long-term decision-making processes within the Company emerges in this way. As a side effect, the permanent availability of technical and organizational know-how is guaranteed, which is important in light of the demographic change taking place in the Company.

Once the database was designed in zedas®asset in line with the RWE Power's specifications, the existing infrastructure objects could be created. Among other things, 504 points, 4508 posts, 481 high signals, 57 additional signals, 285 imitators, 516 motor relays, 222 axle counters, 890 presence-of-trains indicators, 97 transformers, 7 railway crossings and 4 hot box detectors were represented.

After filling the database, the maintenance process could be stored in zedas®asset. The flow chart in Figure 2 shows same by way of a schematic representation.

This process also illustrates the interaction with modules of the ERP system, specifically SAP PM for Plant Maintenance and SAP MM for Materials Management. Ultimately, the use of the PMS zedas®asset serves to capture, process and provide data for the Transport Process and Analysis System (TPS), which is used to organize the logistical requirements for RWE Power's heavy-duty operation.

## 5 Maintenance planning

Careful planning of the various measures as to type, scope and duration is key to efficient maintenance activities. The main input variables for planning are the following:

entsteht so eine komprimierte Wissens- und Informationsbasis für die notwendigen nachhaltigen Entscheidungsprozesse innerhalb des Unternehmens. Nebenbei ist mit Blick auf den demografischen Wandel in dem Unternehmen eine dauerhafte Verfügbarkeit von technischem und organisatorischem Know-how gewährleistet.

Nachdem die Datenbank in zedas®asset entsprechend der RWE Power Vorgaben konzipiert wurde, konnten die bestehenden Infrastrukturobjekte angelegt werden. Abgebildet wurden unter anderem 504 Weichen, 4508 Masten, 481 Signale, 57 Zusatzsignale, 285 Nachahmer, 516 Motorrelais, 222 Achszähler, 890 Gleisfreimeldungen, 97 Trafos, 7 Bahnübergänge, 4 Heißläuferortungsanlagen.

Nach der Befüllung der Datenbank konnte der Prozess der Instandhaltung in zedas®asset hinterlegt werden. Das Flussdiagramm in Abbildung 2 zeigt diesen in einer vereinfachten Darstellung.

In diesem Prozess ist auch das Zusammenwirken mit Modulen des ERP-Systems, insbesondere dem SAP®-PM für Plant Maintenance und SAP MM für Material Management dargestellt. Letztlich dient der Einsatz des AMS zedas®asset der Datenerfassung, -verarbeitung und -bereitstellung für das Förderprozess- und Analysesystem (FPS), mit dem die logistischen Anforderungen des RWE Power Schwerlastbetriebs organisiert werden.

## 5 Instandhaltungsplanung

Eine sorgfältige Planung der einzelnen Maßnahmen hinsichtlich Art, Umfang und Dauer ist der Schlüssel für eine effiziente Instandhaltungsdurchführung. Die Eingangsgrößen in der Planung sind im Wesentlichen:

- Fristenarbeiten,
- nicht-zeitkritische Mängelbeseitigung,
- aktuelle Störungen,

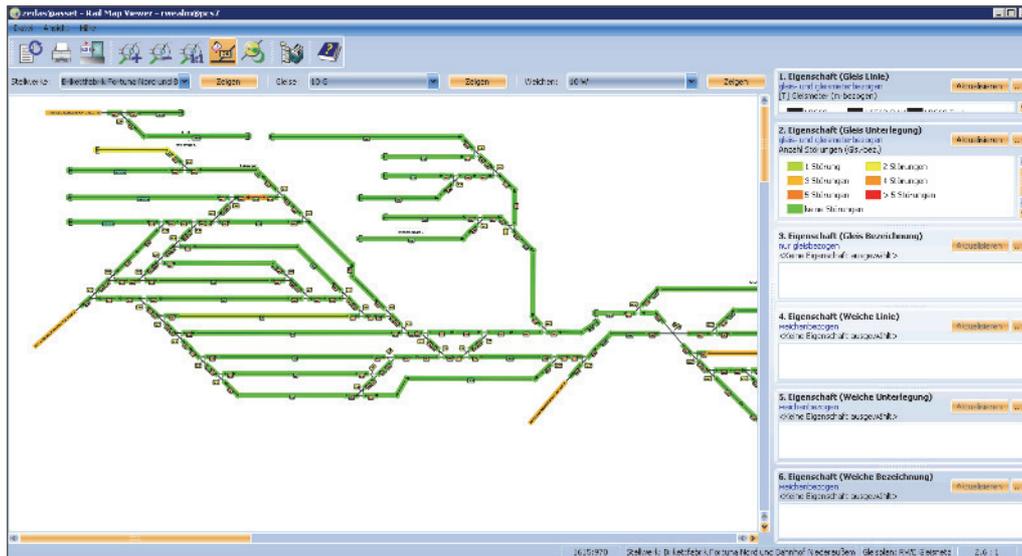


Fig. 3:  
Track layout with condition overview

Abb. 3:  
Gleisschemaplan mit Zustands-  
übersicht

- scheduled work,
- non-time-critical deficiency correction,
- current disturbances,
- measures resulting from weak point analyses,
- and, to a lesser extent, building or dismantling measures.

The use of zedas®asset permits all technical maintenance processes, from fault detection, action planning and execution to confirmation and settlement (technical controlling) to be fully electronically supported. This substantially improves maintenance management. The option of directly integrating all departments, external service companies and suppliers involved in the maintenance process, e.g. by a multi-tenant working platform, is a special feature in this connection.

The entire order handling process for preventive and corrective measures implemented on facilities can thus be carried out in the system. Any detected faults/deficiencies are precisely recorded (exact position or track metre), classified, stored in a central system and subsequently carefully analysed. This results in significant improvements and simplifications for cyclical preventive activities, also with regard to scheduled monitoring and the classification of faults (Figure 3).

The following functions have been integrated for maintenance planning:

- coordination of all upcoming measures,
- deadline planning,
- resource and materials planning,
- order creation and tracking,
- working through check lists (also on the basis of deficiency reports),
- confirmation of performed work,
- recording of time and effort required (hours of work, resources, materials and cost),
- management and maintenance of standard operations,
- service specifications of partner firms.

## 6 Maintenance activities and confirmation

The executing personnel can directly transfer work and repairs performed on the facilities to zedas®asset. Both planned and new activities can be confirmed (also as partly done). Each activity step includes the resources used for in-house services, in-house material, external services, external materials and operating equipment. This enables statistics or direct comparisons, for example between

- Maßnahmen aus Schwachstellenanalysen
- und in geringerem Maße Neubau- oder Rückbaumaßnahmen.

Durch den Einsatz von zedas®asset werden alle Abläufe des technischen Instandhaltungsprozesses von der Störungserfassung, der Maßnahmenplanung bzw. -durchführung bis zur Rückmeldung und Abrechnung (technisches Controlling) durchgängig elektronisch unterstützt. So wird das Instandhaltungsmanagement maßgeblich verbessert. Die Möglichkeit der unmittelbaren Integration aller am Instandhaltungsprozess beteiligten Abteilungen, externen Serviceunternehmen und Lieferanten z.B. über eine mandantenfähige Arbeitsplattform stellt in diesem Zusammenhang ein besonderes Leistungsmerkmal dar.

Der Prozess der Auftragsabwicklung von präventiven sowie korrektiven Maßnahmen an Anlagen kann damit durchgängig im System erfolgen. Festgestellte Störungen/Mängel werden exakt (positionsgenau oder bezogen auf Gleismeter) erfasst, klassifiziert, in einem zentralen System hinterlegt und anschließend genau analysiert. Für zyklische präventive Tätigkeiten (Begehungen, Inspektionen etc.) ergeben sich deutliche Verbesserungen und Vereinfachungen, auch hinsichtlich der planmäßigen Überwachung sowie Klassifizierung von Störungen (Abbildung 3).

Im Bereich der Instandhaltungsplanung sind folgende Funktionen integriert:

- Koordination sämtlicher anstehender Maßnahmen,
- Fristenplanung,
- Ressourcen- und Materialplanung,
- Auftragserstellung sowie -verfolgung,
- Abarbeiten von Prüf- und Checklisten (auch auf Basis von Mängelberichten)
- Rückmeldung der ausgeführten Arbeiten,
- Aufwandserfassung (Arbeitszeit, Ressourcen, Material, Kosten),
- Verwalten und Pflege von Standard-Arbeitsgängen,
- Leistungsverzeichnisse von Partnerfirmen.

## 6 Instandhaltungsdurchführung und -rückmeldung

An den Anlagen und Komponenten ausgeführte Arbeiten und Reparaturen können direkt vom durchführenden Personal in zedas®asset übernommen werden. Dabei können sowohl die geplanten als auch neue Tätigkeiten (auch als teilerledigt) zurückgemeldet werden. Jeder Tätigkeitsschritt enthält dabei die verwendeten Ressourcen für Eigenleistung, Eigenmaterial, Fremdleistung, Fremdmaterial sowie Betriebsmittel. Dies ermöglicht Statistiken oder direkte

planned and actual outlays (target/actual comparison). Different statuses (e.g. "in progress", "partly done", "done"), supported by colour coding, give a quick overview of the current processing status. The working and operating times confirmed for personnel and equipment are automatically documented in zedas®asset and can be posted to the corresponding order/confirmation number in ERP via interface. Thanks to the integration of mobile devices maintenance activities can in future be documented fully electronically.

### 7 Reporting

The system has an integrated reporting system and, hence, permits the flexible creation of all kinds of reports and printing documents and provides numerous options for integrating MS Office. The created evaluations are stored in the system as pre-defined templates and, upon retrieval by the user, filled with the current data. If required, PDF or Excel documents can be created from the reports at any time. The informative reports can be flexibly tailored to the needs of the various interest groups (operational unit, Maintenance, Finance/Controlling, Management, supervisory authority).

The PMS can be flexibly expanded by our own employees for future uses or extended requirements. Information from existing systems is exchanged via interfaces.

To be able to access the most comprehensive database possible as regards the current condition of the railway infrastructure, an as-is analysis requiring minimum time and effort was to be conducted. RWE Power AG awarded this service to terra vermessungen AG, Othmarsingen, Switzerland.

### 8 The use of advanced sensor technology developed by terra vermessungen AG

Merging data from different sources, such as measuring vehicles or measurements taken as part of inspections with reference to time and component poses a challenge to any operator, owner or maintainer of railway infrastructure systems. The plant management system zedas®asset permits a host of heterogeneous data from different measurements to be homogenized (in regard

Vergleiche, wie geplanter und tatsächlicher Aufwand (Soll/Ist-Vergleich). Unterschiedliche Status (z.B. in Bearbeitung, teilerledigt, erledigt), unterstützt durch farbliche Kennzeichnung, ermöglichen einen schnellen Überblick über den aktuellen Bearbeitungsstand. Die rückgemeldeten Einsatzzeiten für Personal und Betriebsmittel werden automatisch in zedas®asset dokumentiert und können per Schnittstelle auf die jeweilige Auftrags-/Rückmeldenummer im ERP verbucht werden. Durch die Einbindung von mobilen Geräten kann die Dokumentation zukünftige vollständig papierlos erfolgen.

### 7 Reporting

Das System verfügt über ein integriertes Berichtswesen und ermöglicht damit die flexible Erzeugung von Reports und Druckdokumenten aller Art sowie umfassende Möglichkeiten der MS-Office-Integration. Die erstellten Auswertungen werden als vordefinierte Muster im System abgelegt und bei Abruf durch den Anwender mit den jeweils aktuellen Daten gefüllt. Bei Bedarf können aus den Berichten jederzeit PDF- oder Excel-Dokumente erstellt werden. Die aussagefähigen Reporte können flexibel auf die Bedürfnisse der jeweiligen Interessengruppen (Betrieb, Instandhaltung, Finanzen/Controlling, Management, Aufsichtsbehörde) zugeschnitten werden.

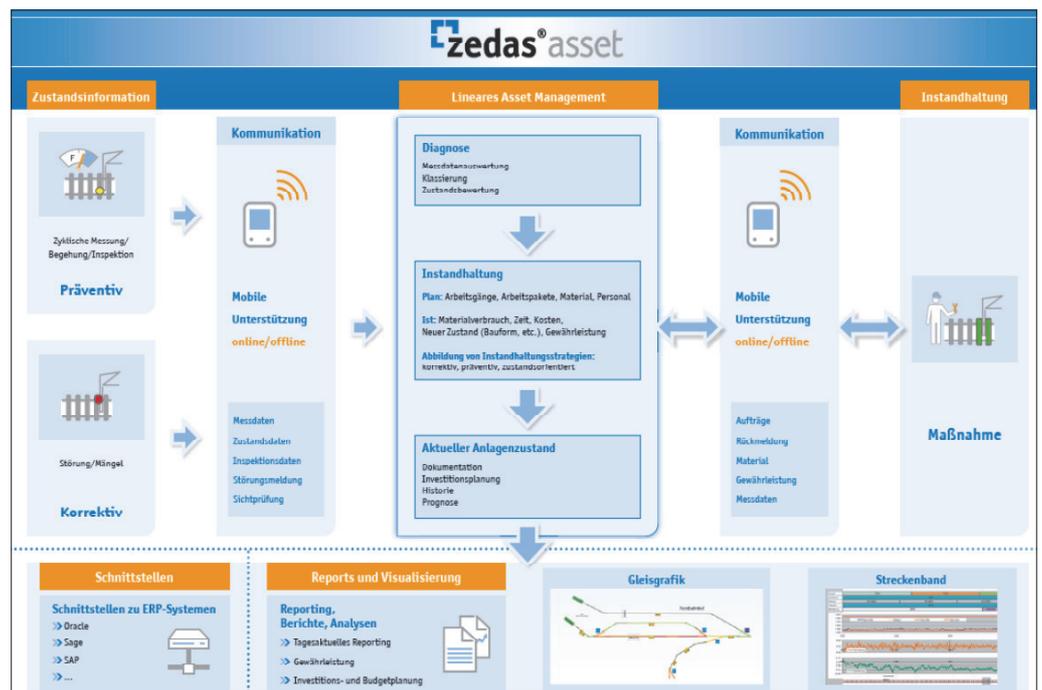
Das AMS ist für künftige Anwendungen bzw. erweiterte Anforderungen durch eigene Mitarbeiter flexibel erweiterbar. Informationen aus bestehenden Systemen werden über Schnittstellen ausgetauscht.

Um auf eine möglichst umfangreiche Datenbasis zum aktuellen Zustand der Bahninfrastruktur zugreifen zu können, sollte mit minimalem Aufwand eine Ist-Aufnahme durchgeführt werden. Hierzu hat die RWE Power AG eine Dienstleistung der terra vermessungen AG, Othmarsingen, Schweiz, beauftragt.

### 8 Nutzung moderner Sensortechnik der terra vermessungen AG

Die Zusammenführung von Daten aus unterschiedlichen Quellen wie z.B. Mess-Fahrzeugen oder Messungen im Rahmen von Inspektionen unter Bezug auf Zeit und Komponente ist eine Herausforderung für jeden Betreiber, Eigentümer oder Instandhalter von Bahninfrastrukturanlagen. Mit dem Anlagenmanagement zedas®asset kann aus einer Fülle heterogener Daten aus ver-

Fig. 4: Diagram of condition assessment and asset management of linear objects and their maintenance  
 Abb.4 Schema für die Zustandsbewertung, Asset Management linearer Objekte und deren Instandhaltung



to time, stationing in kilometres or identical resolution/measuring accuracy).

Figure 4 illustrates how decision-relevant condition information can be gleaned from preventive and corrective measures within zedas®asset. Integrated mobile devices and interfaces with measuring systems enable direct communications with the database. The data received is evaluated by means of different diagnostic methods, providing an up-to-date representation of the plant condition. As a first step, the data in the “acceptance range” is reduced. Data indicating a significant change is assessed using multi-variate analysis methods and algorithms so as to obtain damage-specific information. This permits more precise forecasts about the remaining lives to be made.

As a result, the required maintenance measures can be scheduled and budgeted more efficiently. Interfaces with other systems, reporting for documentation purposes, track-layout and section-band visualization top off the set of tools.

## 9 Pilot project: Use of a sensor platform

Terra vermessungen AG provides mobile track measuring systems fitted with precise, powerful sensors, which thanks to their modular and flexible design can be mounted to any kind of rail vehicle. Within only two days, a comprehensive measuring system was installed on one of RWE Power AG's a coal wagons and calibrated (Figure 5).

The modular and flexible design of the measuring system allowed the sensors to be fastened and wired even in the restricted space available underneath a coal wagon. The sensors were fixed close to the rear axle, which permitted the track to be measured while under the influence of the axle load. The measuring system was operated and monitored by a user at a temporary workstation located in the locomotive's driver's cab.

Using a railway vehicle as a carrier platform has the benefit of being able to measure loads and other forces acting on the track under real conditions. Thus, a section of the heavy-load track was gauged with different loads on two consecutive days. On the first day, a section of about 130 km was measured with a fully loaded coal wagon at a total weight of 145 t. On the second day of measuring, the same section was gauged with an empty coal wagon weighing 37 t.

The following sensor technology was used:

- rail head scanner to record the rail heads in sub-millimetre resolution,
- rail head cameras for capturing high-resolution images of the rail heads and rail-head fasteners,
- environment scanner for 3-D recording of all objects in the track area,
- panoramic camera for capturing 360-degree panoramic images by way of photographic documentation of the track area,

schiedenen Messungen eine Homogenisierung (mit Bezug auf Zeit, Kilometrierung oder gleicher Auflösung/Messgenauigkeit) vorgenommen werden.

Die Abbildung 4 beschreibt, wie innerhalb zedas®asset aus präventiven und korrekiven Maßnahmen entscheidungsrelevante Zustandsinformationen gewonnen werden können. Über integrierte mobile Geräte und Schnittstellen zu Messsystemen erfolgt die direkte Kommunikation mit der Datenbank. Die erhaltenen Daten werden mittels verschiedener Diagnoseverfahren ausgewertet und liefern so ein aktuelles Bild des Anlagenzustandes. Im ersten Schritt werden die Daten im „Gutbereich“ verdichtet. Daten, welche auf eine signifikante Veränderung hindeuten, werden unter Einsatz multivariater Analysemethoden und Algorithmen beurteilt, um eine schadensspezifische Aussage zu erhalten. Daraus können präzisere Vorhersagen über die Restlebensdauer getroffen werden.

Erforderliche Instandhaltungsmaßnahmen können dadurch effizienter geplant und budgetiert werden. Schnittstellen zu anderen Systemen, Reports zur Dokumentation, die Visualisierung in der Gleisgrafik und im Streckenband runden das Instrumentarium ab.

## 9 Pilotprojekt: Einsatz einer Sensorplattform

Mit präzisen leistungsstarken Sensoren ausgestattet, bietet terra vermessungen AG mobile Gleismesssysteme, die – modular und flexibel aufgebaut – an beliebigen Schienenfahrzeugen befestigt werden können. Innerhalb von nur zwei Tagen wurde ein umfangreiches Messsystem an einem Kohlewagen der RWE Power AG installiert und kalibriert (Abbildung 5).

Durch den modularen und flexiblen Aufbau des Messsystems konnten die Sensoren auch bei den engen Platzverhältnissen, welche unter dem Kohlenwagen herrschen, befestigt und verkabelt werden. Die Sensoren wurden nahe der Hinterachse befestigt, was gewährleistet, dass das Gleis unter Einfluss der Achslast erfasst werden konnte. Die Bedienung und Überwachung des Messsystems durch den Nutzer, erfolgte von einem temporär eingerichteten Arbeitsplatz aus, welcher sich im Führerstand der Lok befand.

Die Verwendung eines bahneigenen Fahrzeuges als Trägerplattform bringt den Vorteil, dass unter realen Bedingungen hinsichtlich Lasten und anderen, auf das Gleis einwirkenden Kräften, gemessen werden kann. So wurde ein Abschnitt der Schwerlaststrecke an zwei aufeinanderfolgenden Tagen mit unterschiedlichen Ladungen vermessen. Am ersten Tag wurden rund 130 km Strecke mit voll beladenem Kohlenwagen mit einem Gesamtgewicht von 145 Tonnen erfasst. Am zweiten Messtag wurde die gleiche Strecke mit leerem Kohlewagen mit einem Gewicht von 37 Tonnen vermessen.

Eingesetzt wurde die folgende Sensorik:

- Schienenkopfschanner zur Erfassung der Schienenköpfe in Submillimeter-Auflösung,

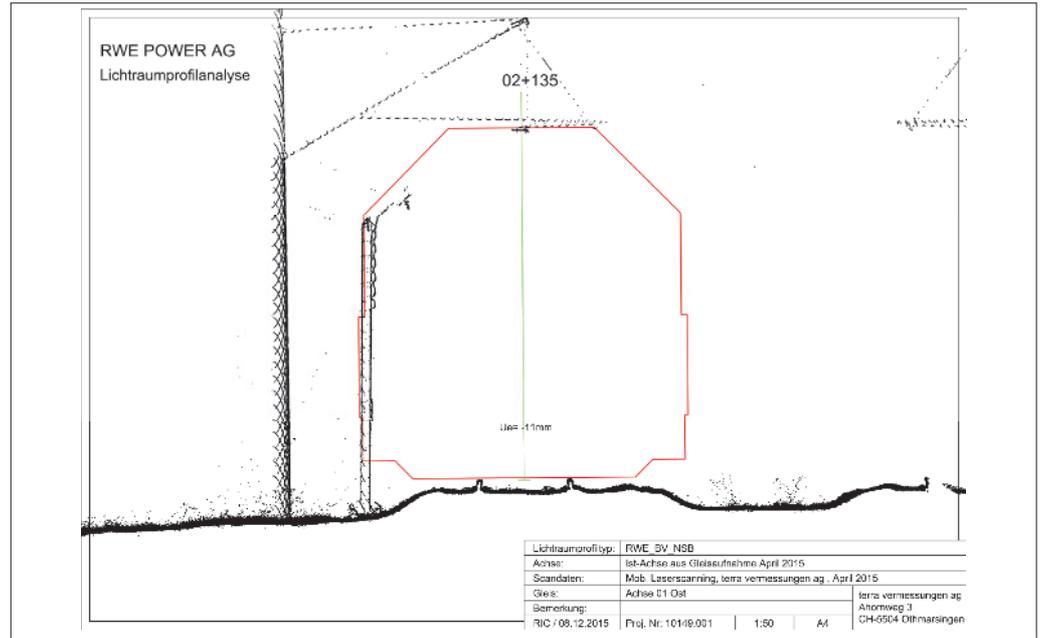


Fig. 5:  
Installation of measuring equipment

Abb. 5:  
Installation des Messequipments

Fig. 6: Structure gauge analysis: Cross-section through point cloud (black) with representation of reference structure gauge (red)

Abb. 6: Lichtraumprofilanalyse: Querschnitt durch Punktwolke (schwarz) mit Darstellung des Solllichtraumprofils (rot)



- positioning system consisting of GNSS and IMU for determining the position of each recorded measuring value.

The entire measuring campaign comprising installation, calibration, test runs and de-installation could be completed within one working week. The test runs were carried out during normal working day traffic at a line speed of 40 km/h. Regular traffic was not impeded by the test runs.

The collected measurement data provides a wealth of information. After the completion of the measuring campaign, the following results and products were generated:

- position and height of the track's centre line, gauge, super-elevation and twist,
  - tabular read-out for direct import into zedas®asset,
  - graphical representation and analysis of the measurement data in zedas®asset,
  - analysis and comparison of load effects of both test runs,
- measured values for points logs,
  - measurement tapping to produce the points logs,
- structure gauge analysis (Figure 6),
  - examination of reference structure gauge and actual situation as to points of conflict,

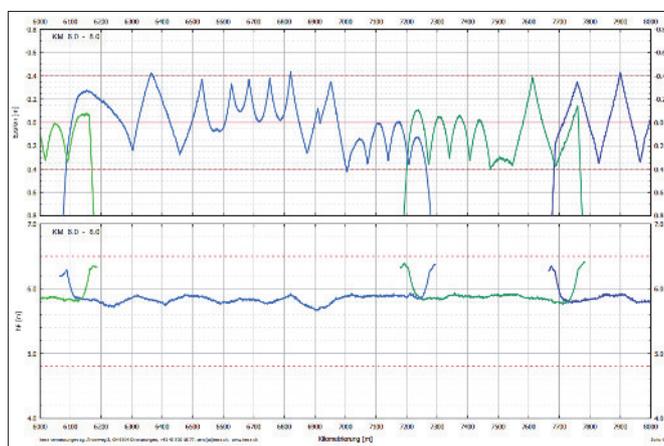


Fig. 7: Evaluation of contact wire position (top) and height (bottom): representation of all contact wires of a track

Abb. 7: Auswertung der Fahrdrabt-Lage (oben) und -Höhe (unten): Darstellung aller Fahrdrähte eines Gleises

- Schienenkopfkameras zur Aufzeichnung hochauflösender Fotos der Schienenköpfe und -befestigungen,
- Umgebungsscanner zur dreidimensionalen Erfassung aller Objekte im Gleisbereich,
- Panoramakamera zur Aufnahme von 360°-Panoramen als Fotodokumentation des Gleisbereiches,
- Positionierungssystem bestehend aus GNSS und IMU zur Positionsbestimmung jedes erfassten Messwertes.

Die gesamte Messkampagne, bestehend aus Installation, Kalibrierung, Messfahrten und Deinstallation, konnte innerhalb einer Arbeitswoche abgeschlossen werden. Die Messfahrten wurden während des normalen Werkverkehrs mit der Streckengeschwindigkeit von 40 km/h durchgeführt. Der Regelverkehr wurde durch die Messfahrten nicht behindert.

Die gesammelten Messdaten beinhalten eine Fülle an Informationen. Im Anschluss an die Messkampagne wurden die folgenden Resultate und Produkte generiert:

- Lage und Höhe der Gleismittellinie, Spurweite, Überhöhung und Verwindung,
  - Ausgabe tabellarisch zum direkten Import in zedas®asset,
  - graphische Darstellung und Analyse der Messdaten in zedas®asset,
  - Analyse und Vergleich der Lasteinflüsse beider Messfahrten,
- Messwerte für Weichenprotokolle,
  - Messabruf zur Erstellung der Weichenprotokolle,
- Lichtraumprofilanalyse (Abbildung 6),
  - Untersuchung auf Konfliktstellen bei Soll-Lichtraumprofil und Ist-Situation,
  - Ausgabe von Querprofilansichten bei Konfliktstellen,
  - Erfassung Konfliktstellen als „Störung“ in zedas®asset mit Ablage der Profile,
- Auswertung Lage und Höhe des Fahrdrabtes (Abbildung 7),
  - Berechnung Fahrdrabhöhe und -Querdistanz bezüglich geneigter Gleisebene,
  - Import der Messwerte in zedas®asset,
  - grafische Darstellung der Fahrdrablage und Überprüfung der maximal erlaubten Querdistanz sowie der optimalen Ausnutzung der Stromabnehmerbreite (Optimierung Verschleiß),
- Schienenfotos zur Beurteilung von Schäden (Abbildung 8),

- read-out of lateral sections in the event of points of conflict,
- input of points of conflict as “disturbance” to zedas®asset incl. storage of gauge diagrams,
- evaluation of position and height of the contact wire (Figure 7),
  - calculation of contact wire height and transverse distance with regard to inclined track level,
  - import of measured values into zedas®asset,
  - graphical representation of the contact wire position and check as to the maximum transverse distance and optimum utilization of pantograph width (wear optimization),
- rail photos for assessing damage (Figure 8),
  - processing of the images as GeoTIFF incl. indication of stationing in kilometres,
  - assessment of damage by RWE Power track experts,
  - input of damaged areas as “disturbances” to zedas®asset incl. storage of the relevant images,
- 360-degree photographic documentation,
  - panoramic image viewer with navigation functions,
  - coupled with map for representing the spot where image was recorded.

Apart from the results listed above, 3-D point clouds for evaluating further objects are available. All measured values and results were geo-referenced including an indication of stationing in kilometres and Gauss-Krueger coordinates.

The following chapter describes in greater detail the comparison of the track data from the two test runs with the loads of 145 t and 37 t, respectively.

## 10 Analysis of different load effects

The measurement data from the two runs was to enable conclusions as to the quality of the permanent way to be drawn. Ideally, the evaluation was to identify spots in the track where the permanent way is defective. This is to enable rail breakage and other disturbances to be prevented by means of targeted measures.

The measured superelevation, twist and track gauges were used as data for the analysis. Owing to the extensive visualization and analysis functions of zedas®asset, the measurement results allowed a clear-cut and systematic comparison to be made.

### 10.1 Condition evaluation using the Track Analyser (section band)

After the track measurement data has been captured, it is processed further using the consistent procedure outlined in Figure 4 with the aim of creating a new information base for controlling preventive measures, determining investment needs in the next few years and forecasting the overall condition or the condition of individual measurands. The most important tool for analysis and control is the zedas®asset Track Analyser.

It allows the linear (band-like) representation of a section's geometry indicating key information regarding tracks, points, crossings, overhead lines and signalling and safety systems as well as clearance disturbances. Via different selection criteria, condition information and measured values can be plotted in relation to the exact location (Figure 9).

In addition, information on the planning, implementation and confirmation of orders as well as evaluations and conditions is factored into the analysis. This enables the user to perform an in-depth analysis of the overall condition. It forms the basis for decision-making in terms of optimum action planning. The user is supported by standardized interfaces with the existing systems, comprehensive reporting and the visualization of the object condition in the track diagram.

The section band allows length-based visualization of:

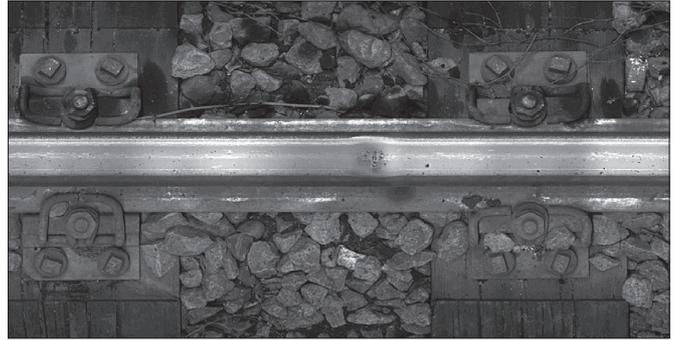


Fig. 8: Rail photo with a resolution of 0.5 mm/pxl; discernable: damage to rail at centre of image

Abb. 8: Schienenfoto Auflösung 0,5 mm/pxl – erkennbar: Schaden an Schiene in Bildmitte

- Aufbereitung der Bilder als GeoTIFF inkl. Kilometrierungsangabe,
- Beurteilung von Schäden durch Gleisexperten der RWE Power AG,
- Erfassen der Schadstellen als „Störung“ in zedas®asset mit Ablage der entsprechenden Bilder,
- 360° Fotodokumentation,
  - Panoramabildviewer mit Navigationsfunktionen,
  - gekoppelt mit Karte zur Darstellung der Aufnahmepunkte.

Neben den oben aufgeführten Resultaten stehen die 3D-Punktwolken für die Auswertung weiterer Objekte zur Verfügung. Sämtliche Messwerte und Resultate wurden georeferenziert mit Kilometrierungsangabe und Gauß-Krüger-Koordinaten aufbereitet.

Im folgenden Kapitel wird der Vergleich der Gleisdaten aus den beiden Messfahrten mit den Lasten 145 t bzw. 37 t detaillierter beschrieben.

## 10 Untersuchung unterschiedlicher Lasteinflüsse

Mit Hilfe der Messdaten aus den beiden Befahrungen sollten Rückschlüsse hinsichtlich der Qualität des Oberbaus gewonnen werden. Im Idealfall sollte die Auswertung Stellen im Gleis identifizieren, an denen Mängel im Oberbau vorhanden sind. Durch gezielte Maßnahmen soll so z.B. Schienenbrüchen oder anderen Störungen vorgebeugt werden.

Als Daten für die Analyse dienten die gemessenen Überhöhungen, Verwindungen und Spurweiten. Durch die umfangreichen Visualisierungs- und Analysefunktionen von zedas®asset konnten die Messresultate übersichtlich und systematisch einander gegenübergestellt werden.

### 10.1 Zustandsbewertung mit dem Track Analyser (Streckenband)

Nach der Erfassung der Gleismessdaten erfolgt die weitere Verarbeitung in dem in Abbildung 4 beschriebenen durchgängigen Prozess mit dem Ziel, eine neue Informationsbasis für die Steuerung präventiver Maßnahmen, für die Ermittlung des Investitionsbedarfs in den nächsten Jahren sowie die Prognose des Gesamtzustands oder einzelner Messgrößen zu ermöglichen. Wichtigstes Instrument für die Analyse und Steuerung ist dafür der zedas®asset Track Analyser.

Er ermöglicht die lineare (bandförmige) Darstellung der Geometrie einer Strecke mit Angabe der wichtigsten Informationen zu Gleisen, Weichen, Kreuzungen, Fahrleitung und zu Signal- und Sicherungstechnik sowie zu Störungen im Lichtraum. Über verschiedene Selektionskriterien können Zustandsinformationen und Messwerte bezogen auf die exakten Ortsangaben grafisch dargestellt werden (Abbildung 9).

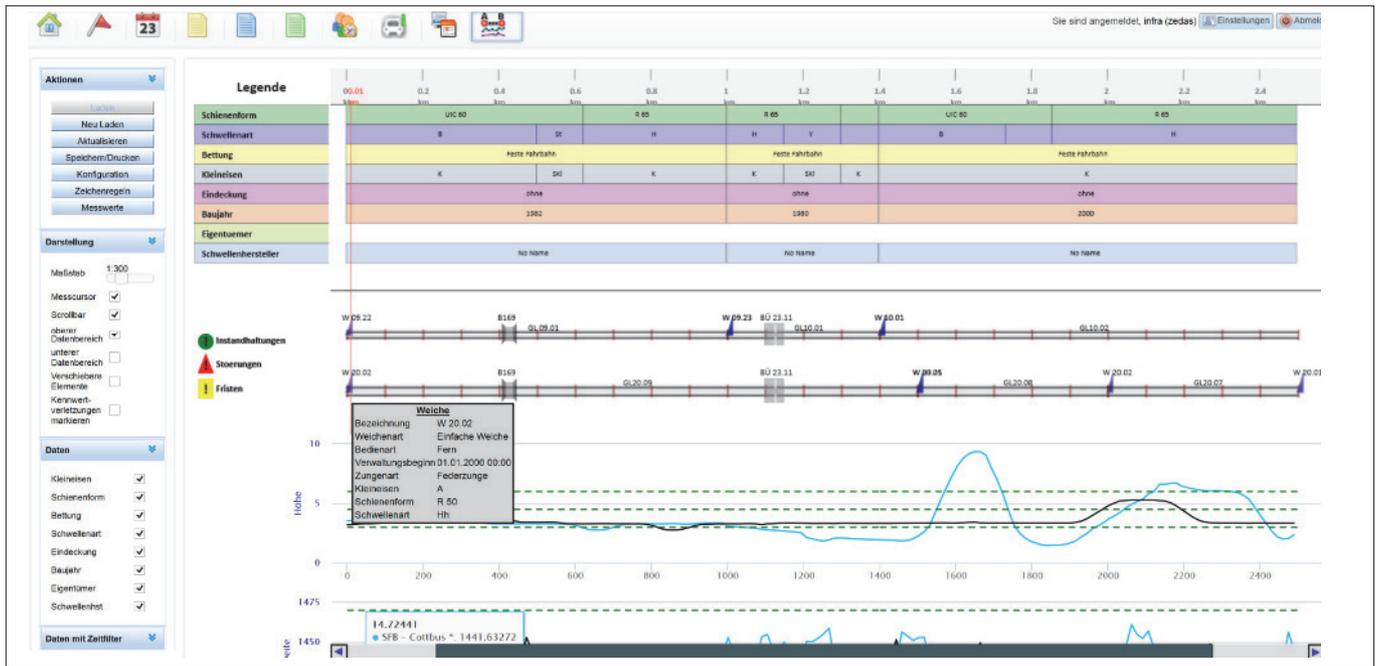


Fig. 9: Track Analyser

Abb. 9: Track Analyser

- tracks, points, crossings and associated objects,
- age structures (sleeper; rail),
- designs (rail form; sleeper type; covering system, etc.),
- deadlines, deficiencies and disturbances,
- measurement, condition and forecasting data as well as their limit values and histories.

### 10.2 Automated measurement data evaluation

A configurable standard interface with various measuring systems enables measurement data from a wide variety of sources to be imported into zedas®asset. The wealth of heterogeneous data from different measurements is homogenised (in terms of object, position and stationing in kilometres; identical resolution/measuring accuracy and chronology) directly in the solution. This data can be evaluated manually or automatically via the read-out of the measurement series in diagrams, either separately or in conjunction with the relevant limit values. Statistical parameters such as the sliding average and standard deviation can also be shown so as to suppress incorrect values or to quickly identify changes within the mass data. If limits are violated, this is visually indicated. What is particularly helpful is the comparison between the current measurement series and past measurement data or target data. This permits deviations and trends indicating a significant change to be identified with their exact location (Figure 10). This results in damage-specific information and consequently an up-to-date representation of the infrastructure condition.

Within the scope of the measurement data evaluation, the section band offers the following functions, among others:

- length-related representation of the collected and historicized track measurement data incl. zoom-in and zoom-out,
- display of the relevant limit values and visualization if violated,
- formation of statistical parameters such as sliding standard deviation and sliding average for easy assessment of the quality or change of data (e.g. assessment of gradual changes in individual values or changes in value dynamics),
- comparison between the most recent measurement and past measurement data,
- simplification of measurement data analysis and quick directing

Zusätzlich fließen die Informationen zur Planung, Realisierung und Rückmeldung von Aufträgen sowie von Bewertungen und Zuständen in die Betrachtung mit ein. Dies ermöglicht dem Nutzer die genaue Analyse des Gesamtzustandes. Sie bildet die Grundlage für die Entscheidungsfindung hinsichtlich einer optimalen Maßnahmenplanung. Standardisierte Schnittstellen zu den existierenden Systemen, umfangreiche Reports zur Auswertung und die Visualisierung des Objektzustands in der Gleisgrafik unterstützen den Anwender.

Das Streckenband ermöglicht die Längenbezogene Visualisierung von

- Gleisen, Weichen, Kreuzungen und zugehörigen Objekten,
- Altersstrukturen (Schwelle, Schiene),
- Bauformen (Schienenform, Schwellenart, Eindeckung, etc.),
- Fristen, Mängeln, Störungen,
- Mess-, Zustands- und Prognosedaten sowie deren Grenzwerten und Historien.

### 10.2 Automatische Messdatenauswertung

Über die konfigurierbare Standardschnittstelle zu verschiedenen Messsystemen ist der Import von Messdaten aus unterschiedlichsten Quellen nach zedas®asset möglich. Aus der Fülle heterogener Daten aus verschiedenen Messungen erfolgt die Homogenisierung (mit Bezug auf Objekt, Position und Kilometrierung, gleiche Auflösung/Messgenauigkeit sowie die zeitliche Einordnung) unmittelbar in der Lösung. Über die Anzeige der Messreihen in Diagrammen, einzeln oder zusammen mit den zugehörigen Grenzwerten, lassen sich die Daten manuell bzw. automatisiert auswerten. Statistische Kennwerte wie gleitender Mittelwert und Standardabweichung können zur Unterdrückung von fehlerhaften Werten oder zum schnellen Erkennen von Veränderungen innerhalb der Massendaten ebenfalls eingeblendet werden. Auf Verletzungen der Grenzwerte wird visuell hingewiesen. Besonders hilfreich ist der Vergleich der aktuellen Messreihen mit Messdaten aus der Vergangenheit bzw. mit Referenzdaten (Abbildung 10). Abweichungen und Trends, die auf eine signifikante Veränderung hindeuten, sind so positionsgenau erkennbar. Das Ergebnis ist eine schadensspezifische Aussage und somit ein aktuelles Bild des Infrastrukturzustands.



Fig. 10: Measurement data with violated parameters

Abb. 10: Messdaten mit Kennwertverletzung

of attention by automated calculation of an overall index (condition index) across all measurement data and of an associated limit value,

- in future: forecast of individual measurement data or of the overall condition index based on the available measurement data history and taking seasonal events into account,
- in future: analysis of the “waviness” of individual measurands (e.g. longitudinal level, superelevation) and evaluation of same via power spectral density.

### 10.3 Evaluation of the measured values recorded at RWE by terra vermessungen AG

Following the two test runs with different loads (145 t and 37 t), the Track Analyser enabled the RWE engineers to systematically store and automatically evaluate the recorded data.

The measurement data and evaluations presented in this article refer to a selected route section with a length of approx. 2 km. The focus was on comparing the two runs with the different loads.

Figure 11 shows a slight increase in track gauge in the measurement with the considerably greater load (black curve). The green line marks the gauge's desired value of 1435 mm. The broken lines within the measurement curves indicate the mean values, calculated over a moving window of 25 m. With the aid of this statistical value, the change in gauge is clearer and much easier to discern than from the measurement data itself.

Unlike with the track gauge, the sliding averages of the “superelevation” measurand are roughly the same for both test runs, as can be seen in (Figure 12) below. Here, on the other hand, the measurement data of the low-load test run (37 t) is more dynamic than the measurement data obtained with the 147-t-load run. However, it should be noted that the limit values shown in red are not violated at any time.

When analysing the sliding standard deviation for the superelevation, the greater dynamics in the data are more apparent than when the raw data of the superelevation is considered (Figure 13).

The wider fluctuation ranges and, as a result, greater standard deviations of the measurement data relating to the test run with the lower load was also noted in the “longitudinal level” and “twist” measurands.

Im Rahmen der Messdatenauswertung bietet das Streckenband u.a. folgende Funktionen:

- Längenbezogene Darstellung der aufgenommenen und historisierten Gleismessdaten inkl. Zoom In und Zoom Out,
- Anzeiger der zugehörigen Grenzwerte und Visualisierung bei deren Verletzung,
- Bildung statistischer Kenngrößen, wie geleitende Standardabweichung, gleitender Mittelwert zur einfacheren Beurteilung der Qualität bzw. Änderung der Daten (z.B. Beurteilung schleichender Veränderungen einzelner Werte bzw. Änderungen in der Dynamik der Werte),
- Vergleich der aktuellsten Messung mit Messdaten aus der Vergangenheit,
- Vereinfachung der Messdatenanalyse und schnelle Aufmerksamkeitslenkung durch automatische Berechnung eines Gesamtindex (Zustandsindex) über alle Messdaten und eines zugehörigen Grenzwerts,
- zukünftig: Prognose einzelner Messdaten oder Prognose des Gesamt-Zustandsindex auf der Basis einer vorhandenen Messdatenhistorie und unter Berücksichtigung saisonaler Ereignisse
- zukünftig: Analyse der „Welligkeit“ einzelner Messgrößen (z.B. Längshöhe, Überhöhung) und deren Bewertung über das Leistungsdichtespektrum.

### 10.3 Auswertung der durch terra vermessungen AG bei RWE aufgezeichneten Messwerte

Nach den beiden Messfahrten mit den unterschiedlichen Beladungen (145 t und 37 t) ermöglicht der Track Analyser den RWE-Ingenieuren die systematische Ablage und automatisierte Auswertung der aufgezeichneten Daten.

Die in diesem Beitrag vorgestellten Messdaten und Auswertungen beziehen sich auf einen ausgewählten Streckenabschnitt von ca. 2 km Länge. Im Fokus des Interesses stand der Vergleich der beiden Fahrten mit den unterschiedlichen Lasten.

Abbildung 11 zeigt eine geringfügige Vergrößerung der Spurweite bei der Messung mit der deutlich größeren Last (schwarze Kurve). Die grüne Linie markiert den Sollwert der Spurweite von 1435 mm. Die gestrichelten Linien innerhalb der Messkurven zeigen die Mittelwerte, berechnet über ein gleitendes Fenster von 25 m. Mit Hilfe dieser

Fig. 11:  
Gauge-related measurement data  
(145-t load: blue; 37-t load: black)  
Abb. 11:  
Messdaten zur Spurweite (Last  
145 t blau; Last 37 t schwarz)

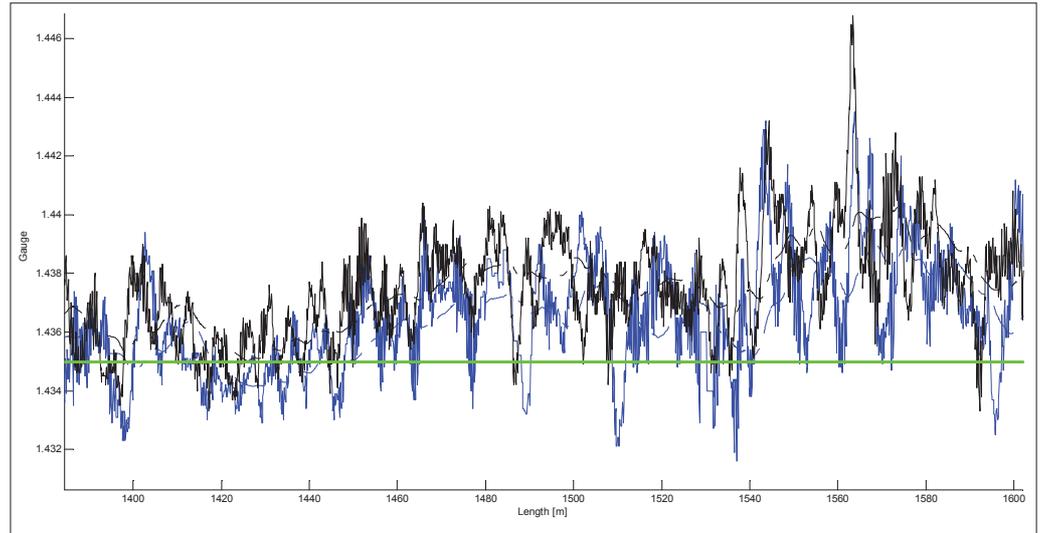
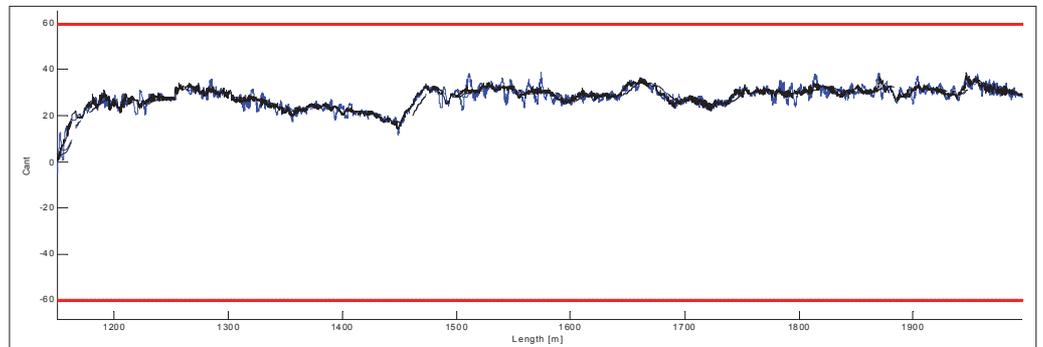


Fig. 12:  
Superelevation-related measurement  
data (145-t load: blue, 37-t  
load: black)  
Abb. 12:  
Messdaten Überhöhung (Last  
145 t blau; Last 37 t schwarz)



Both examples illustrate that comparing the sliding averages and standard deviations is an effective means to quickly and reliably detect changes in the measurement series of identical test objects.

If you need to evaluate many sections and a corresponding number of measured values per section, the analysis of the sliding averages and standard deviations can be very time-consuming as well. Multi-variate statistical methods are a useful tool for evaluating the track condition based on objective measured values. The “statistical models” taught on the basis of the acceptance or reference condition allow an automated comparison of the currently collected data to be made and meaningful limit values to be calculated, thus greatly facilitating the time-consuming analyses of the numerous measurement series. Violations of the limit value are indicated in the Track Analyser and transmitted to zedas®asset for further processing by way of an alert message.

Figure 14 shows the multi-variate index (black) over the entire length of the analysed track compared with the limit value (green).

statistischen Größe ist der Veränderung der Spurweite wesentlich einfacher und deutlicher erkennbar als aus den Messdaten selbst.

Im Unterschied zur Spurweite sind die gleitenden Mittelwerte der Messgröße Überhöhung bei beiden Messfahrten annähernd gleich, wie man dem Diagramm in Abbildung 12 entnehmen kann. Hier zeigt sich dafür eine größere Dynamik in den Messdaten der Fahrt mit geringer Last (37 t) gegenüber den Messdaten der Fahrt mit 145 t Last. Es ist aber anzumerken, dass die rot eingezeichneten Grenzwerte in keinem Fall verletzt werden.

Bei der Betrachtung der gleitenden Standardabweichung für die Überhöhung wird die größere Dynamik in den Daten deutlicher sichtbar als bei der Betrachtung der Rohdaten der Überhöhung (Abbildung 13).

Die größeren Schwankungsbreiten und folglich auch größeren Standardabweichungen der Messdaten bei der Fahrt mit der geringeren Last konnten auch bei den Messgrößen Längshöhe und Verwindung registriert werden.

Fig. 13:  
Standard deviation for the super-  
elevation (145-t load: blue, 37-t  
load: black)  
Abb. 13:  
Standardabweichung für die Über-  
höhung (Last 145 t blau; Last 37 t  
schwarz)

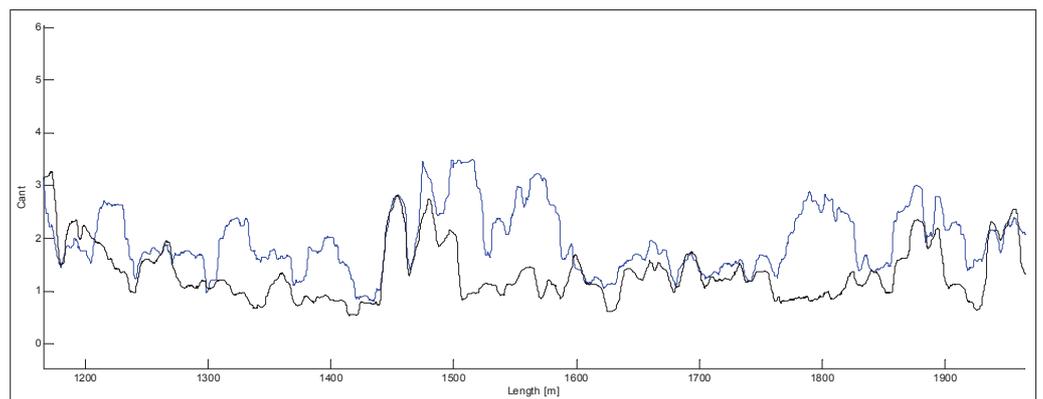




Fig. 14: Evaluation of change in track condition with change with multi-variate index and limit value

Abb. 14: Bewertung der Gleiszustandsveränderung mit multivariatem Index und Grenzwert

Although the index deteriorates in the second track section where there is an extended curve, the distance to the limit value is still sufficient, so that none of the spots are regarded as problematic. It would certainly be interesting to monitor this index in further measurements over the coming months and years. This requires an appropriate measured-value history.

In summary, the evaluations of this track section did not reveal any problematic deviations.

For the future, we recommend that a robust measurement data history for the entire line length be created by regular measurements to permit priorities for maintenance and potential sources of errors to be detected in time. With the aid of the Track Analyser a condition forecast can then be made so as to estimate future maintenance needs as accurately as possible.

## 11 Upshot

The use of the zedas®asset PMS enables a consistent and transparent process ranging from the identification of a situation to the planning of necessary action to the execution and settlement of the work performed to the long-term assessment and documentation of results. Accordingly, the use of the system involves a weak point analysis, which results in a sustainable continuous improvement process.

Long-term data storage allows information about behaviour over the entire life cycle of the infrastructure objects to be obtained with the aim of determining the optimum time for re-investment in technical/economic terms and gaining planning certainty. Conventional data collection by timely inspection of the facilities, expanded by extensive automated data capture, permits systematic monitoring of the infrastructure's condition. A reporting system that can be configured to the various target groups provides the prepared data required to be able to take decisions.

The Plant Management System has become a key tool for RWE Power AG's Railway Route Maintenance department, enabling us to adequately respond to future challenges.

## References/Literatur

- [1] RWE Power AG, Broschüre „Tagebau und Technik“.
- [2] RWE Power AG, Broschüre „RWE Werksbahn im Rheinischen Braunkohlerevier“.

Aus beiden Beispielen ist erkennbar, dass der Vergleich der gleitenden Mittelwerte und der Standardabweichungen probate Mittel sind, um Veränderungen in den Messdatenreihen gleicher Messobjekte schnell und sicher zu erkennen.

Steht man vor der Aufgabe viele Strecken und eine entsprechende Anzahl von Messwerten pro Strecke auszuwerten, kann die Betrachtung der gleitenden Mittelwerte und Standardabweichungen ebenfalls recht aufwändig sein. Hier stellen multivariate statistische Methoden ein nützliches Werkzeug zur Bewertung des Gleiszustandes anhand objektiver Messwerte dar. Die auf der Basis des Gut- oder Sollzustandes angelegten „statistischen Modelle“ ermöglichen den automatisierten Vergleich mit den aktuell aufgenommenen Daten sowie die Berechnung sinnvoller Grenzwerte und erleichtern so enorm die aufwendigen Analysen der vielen Messreihen. Verletzungen des Grenzwertes werden im Track Analyser angezeigt und als Warnmeldung an zedas®asset zur weiteren Bearbeitung übergeben.

Das Diagramm in Abbildung 14 zeigt den multivariaten Index (schwarz) über die gesamte Streckenlänge des untersuchten Gleises im Vergleich zum Grenzwert (grün).

Zwar verschlechtert sich der Index im zweiten Teil der Strecke, in der sich eine lang gestreckte Kurve befindet, zum Grenzwert ist aber noch ein ausreichender Abstand, sodass keine der Stellen als problematisch anzusehen ist. Es ist sicherlich interessant, diesen Index bei weiteren Messungen in den kommenden Monaten und Jahren zu beobachten. Eine entsprechende Messwerthistorie bietet die Voraussetzung.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Auswertungen zu dieser Teilstrecke keine problematischen Abweichungen zeigen.

Für die Zukunft ist der Aufbau einer belastbaren Messdatenhistorie über die gesamte Strecke durch regelmäßige Messungen angeraten, um die Schwerpunkte der Instandhaltung und mögliche Fehlerquellen rechtzeitig zu erkennen. Mithilfe des Track Analysers ist dann auch eine Prognose des Zustandes möglich, um auch die zukünftigen Instandhaltungsbedarfe möglichst genau abschätzen zu können.

## 11 Fazit

Die Nutzung des AMS zedas®asset ermöglicht einen durchgängigen und transparenten Prozess vom Erkennen einer Situation, über die Planung erforderlicher Maßnahmen zur Ausführung und Abrechnung der Arbeiten, bis zur nachhaltigen Bewertung und Dokumentation der Ergebnisse. Mit dem Einsatz des Systems ist dementsprechend auch eine Schwachstellenanalyse und somit ein nachhaltiger kontinuierlicher Verbesserungsprozess verbunden.

Die langfristige Datenhaltung ermöglicht eine Aussage zum Verhalten über den gesamten Lebenszyklus der Infrastrukturobjekte mit dem Ziel, den technisch/wirtschaftlich optimalen Zeitpunkt zur Reinvestition zu bestimmen und Planungssicherheit zu gewinnen. Eine konventionelle Datenaufnahme durch fristgerechte Inaugenscheinahme der Anlage erweitert um eine umfangreiche automatisierte Datenaufnahme ermöglicht ein konsequentes Monitoring des Zustandes der Infrastruktur. Ein auf verschiedene Adressatengruppen konfigurierbares Reportingsystem liefert die nötigen aufbereiteten Daten, um Entscheidungen treffen zu können.

Das Anlagenmanagementsystem ist zu einem wesentlichen Bestandteil der Instandhaltung Fahrweg Bahn der RWE Power AG geworden und ermöglicht es, den Anforderungen der Zukunft adäquat begegnen zu können.