

Abschlussbericht

BMBF-Verbundprojekt *MoSe* **Mobile Sensorsysteme für die Instandhaltung im Transportwesen**

Zuwendungsempfänger: GfM Gesellschaft für Maschinendiagnose mbH

Förderkennzeichen: 16SV6066

Projektlaufzeit: 1. April 2013 – 31. März 2016

Beitrag: Diagnosealgorithmen für drahtlose Sensorsysteme zur Zustandsanalyse von Schienenfahrzeugen

Koordinator: Dr. Rainer Wirth

Bearbeiter: Dr. Rainer Wirth
Dipl.-Ing. Axel Haubold
Dipl.-Inf. Christian Reinke
B. Eng. Claudine Roemen
Dipl.-Ing. René Schubert

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Inhalt

1.	Einleitung und Problemstellung des Verbundes	3
1.1	Einleitung	3
1.2	Problemstellung und Vorgehensweise	3
1.3	Wissenschaftlich und technischer Stand zum Projektbeginn	5
1.4	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	5
2.	Wissenschaftlich-technische Ergebnisse des Verbundprojektes	6
2.1	Arbeitsergebnisse	6
2.2	Kooperation	11
2.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	12
2.4	Anwendungspotenziale und Nutzbarkeit der Ergebnisse	12
2.5	Während der Projektlaufzeit bekannt gewordener Fortschritt	13
2.6	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen	13

1. Einleitung und Problemstellung des Verbundes

1.1 Einleitung

Unerwarteter Komponentenverschleiß führte bei Schienenfahrzeugen zu enorm hohen Kosten und großen Unfällen. Heute werden vorbeugende Radsatzanalysen deutlich häufiger durchgeführt, was mit beträchtlichen Instandhaltungskosten verbunden ist.

Die Kombination einer Cloud-gestützten Mensch-Technik-Interaktion mit der drahtlosen Funksensorik eröffnet durch die verteilte Datenerfassung und Kommunikation neue Möglichkeiten in der zustandsbasierten Instandhaltung. Die Kernkomponente des Systems stellt ein intelligenter Sensorknoten mit der Option des energieautarken Betriebs dar. Die praxisnahe Umsetzung wurde anhand der zustandsbasierten Instandhaltung von Schienenfahrzeugen demonstriert. Durch Verdichtung der Mess- und Analysedaten aus dem Sensornetzwerk in einer sogenannten Maintenance-Cloud wird ein rollenspezifischer Zugriff auf die Ergebnisse der Verschleißermittlung von Fahrzeugkomponenten möglich.

1.2 Problemstellung und Vorgehensweise

Die Partner des Verbundvorhabens MoSe haben sich zur Aufgabe gestellt, ein Sensornetzwerk für die zustandsbasierte Instandhaltung zu entwickeln und aufzubauen.

Zur Strukturierung des Verbundvorhabens wurden die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in 5 Themenbereiche (Abbildung 1) unterteilt:

- **Ultra-Low-Power Sensorknoten mit Energy Harvesting:** Dieser Bereich thematisiert den Entwurf robuster Funksensorsysteme mit höchster Energieeffizienz, welche in der Lage sind, besonders rechenintensive Diagnosealgorithmen auszuführen.
- **Algorithmen zur zustandsbasierten Instandhaltung:** Dieser Forschungsschwerpunkt umfasst neben der Entwicklung komplexer Algorithmen zur Verschleißerkennung von Schienenfahrzeugen auch die Installationskonzepte und ein Planungswerkzeug, um das Anlernen parametrisierter Fehlermuster zu vereinfachen.
- **Robuste Aufbau- und Verbindungstechnik:** Neben Modul- und Aufbaukonzepten für Sensorknoten in rauen Umgebungen werden Strategien zur kostenoptimierten Serienfertigung und ein 3D-Platzierungswerkzeug erarbeitet. Im Ergebnis entstehen robuste Sensorknoten-Prototypen.
- **Cloud-basierte Anbindung des Sensornetzwerks:** In diesem Themenfeld wird eine Cloud-Computing-Lösung für die zustandsbasierte Instandhaltung entwickelt. Weiterhin werden alle weiteren, erforderlichen Netzwerkkomponenten realisiert, die neben den Funksensorknoten noch erforderlich sind.
- **Mensch-Technik-Interaktion in der zustandsbasierten Instandhaltung:** Als Projektschwerpunkt werden Dienstleistungskonzepte und die rollenspezifische

Mensch-Technik-Interaktion mit Cloud-gestützten Sensornetzwerken entwickelt und im Feldtest bei der Instandhaltung von Schienenfahrzeugen validiert.

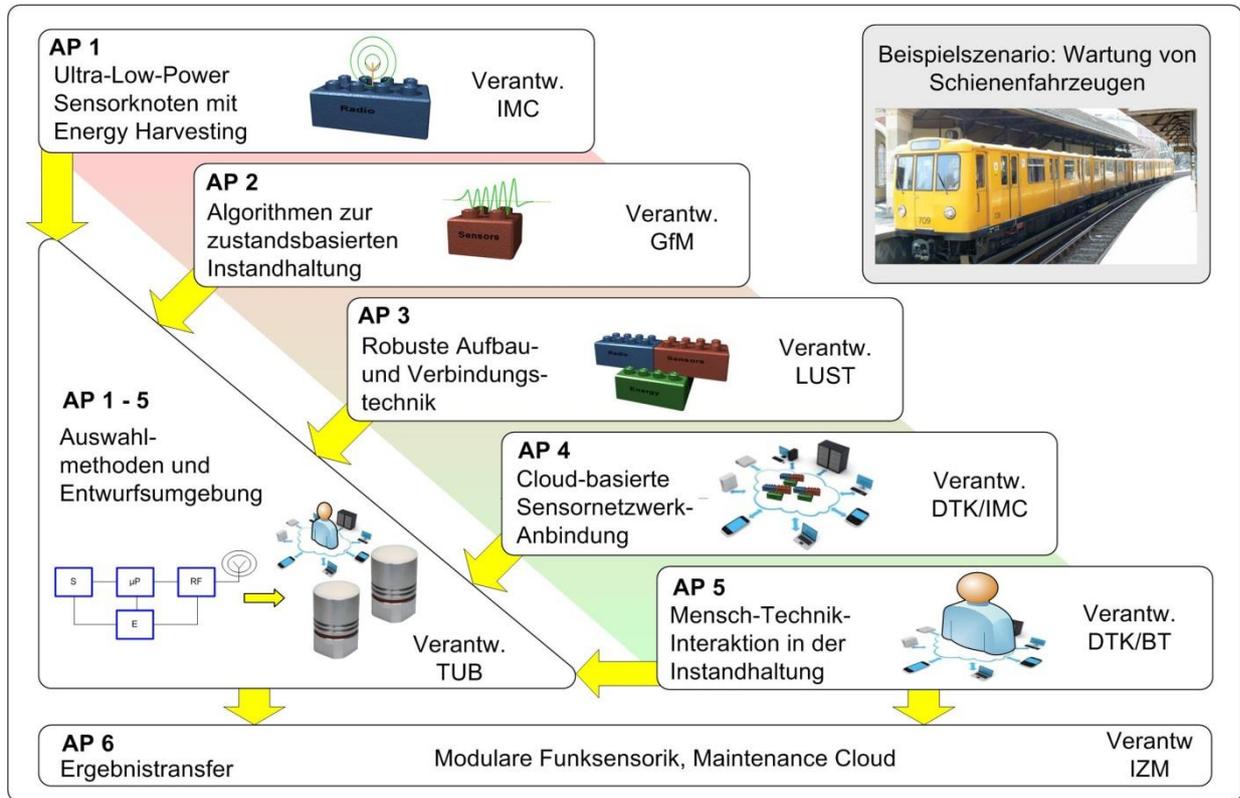


Abbildung 1: Umsetzungskette im Verbundvorhaben MoSe

1.3 Wissenschaftlich und technischer Stand zum Projektbeginn

Der Einsatz energieautarker Funksensorsysteme, gekoppelt mit intelligenten Wartungskonzepten, wird in der zustandsbasierten Instandsetzung einen größeren und flexiblen Gestaltungsraum schaffen.

Einer weiten Verbreitung solcher Sensornetzwerke stehen jedoch entscheidende Anwendungshemmnisse entgegen. Dazu zählen insbesondere

- Limitierungen der physikalischen Realisierbarkeit wie Volumen, Gewicht und Formfaktor,
- eingeschränkte Funktionalität bezüglich der Lebensdauer und mechanischen Robustheit der derzeit verfügbaren Systeme sowie
- die Handhabung der enormen Systemkomplexität durch den Anwender aufgrund riesiger Datenmengen.

Die Ausnutzung von Energiequellen in der Umgebung zur Energieversorgung erlaubt in den meisten Anwendungen eine durchschnittliche Leistungsaufnahme von wenigen Mikrowatt. Dies hat bisher die Einführung universeller Entwurfsumgebungen verhindert, weil die notwendige anwendungsspezifische Optimierung bisher sehr universellen Konzepten im Wege stand.

Ein weiteres sehr zentrales Problem ist fernerhin, dass die Auslegung von drahtlosen Condition-Monitoring-Lösungen inklusive aller Netzwerkkomponenten für die Anbindung an die Infrastruktur des Anwenders einen beträchtlichen Aufwand erfordert.

Um die genannten Anwendungshemmnisse zu überwinden, wurden Forschungsarbeiten insbesondere in den Bereichen Maschinendiagnose, Sensornetzwerke und Mensch-Technik-Interaktion in der Instandhaltung durchgeführt.

1.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Gemeinsam mit der Verkehrsbetriebe Brandenburg an der Havel GmbH sowie mit den Berliner Verkehrsbetrieben wurden Tests an Schienenfahrzeugen durchgeführt.

2. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse des Verbundprojektes

2.1 Arbeitsergebnisse

AP 1.2.1: Bestimmung der Anforderungen an die Diagnosealgorithmen

Der Einsatz von drahtlosen Sensornetzwerken als Werkzeug zur Zustandsüberwachung von Schienenfahrzeugen ist neu. Zu den Herausforderungen, die sich auf die Diagnosealgorithmen auswirken, gehören vor allem die Betriebsinstationarität von Straßenbahntrieben und die Tatsache, dass diese Antriebe zum Teil über lange Zeiträume hinweg weit unterhalb der Auslegungsparameter betrieben werden. Beides schränkt die Gewinnung repräsentativer Diagnosedaten ein. Darüber hinaus werden Diagnosesignale an Schienenfahrzeugen durch die Drehfrequenz der Räder dominiert. Bezüglich der Signalqualität wurde untersucht, ob mit günstigeren MEMS-Sensoren ähnlich gute Diagnoseaussagen ermittelt werden können wie mit Piezo-Sensoren. Dabei wurde festgestellt, dass insbesondere im höherfrequenten Bereich (>5 kHz) die Signalqualität nicht akzeptabel ist und in weiteren Schritten nur Prototypen mit Piezo-Sensoren untersucht werden.

AP 2.1.1: Auswahl geeigneter Messstellen für die Schienenfahrzeugüberwachung

Getriebe von Schienenfahrzeugen sind im Vergleich zu Industriegetriebenen sehr kompakt. Ein Zielkonflikt hinsichtlich Messgenauigkeit und der verfügbaren Energiemenge sollte erstem Anschein nach nicht bestehen.

Da Antriebe von Schienenfahrzeugen aber einer Betriebsinstationarität unterliegen und zum Teil über lange Zeiträume hinweg weit unterhalb der Auslegungsparameter betrieben werden, kann Energy Harvesting per Temperaturgradient möglicherweise teilweise nicht zum Ziel führen. Alternative Methoden des Energy Harvesting werden diskutiert.

Dazu kommt, dass durch die Kompaktheit von Schienenfahrzeuggetrieben wenige für die Anbringung geeignete Flächen zur Verfügung stehen. Mit einer Variantenbetrachtung wurde begonnen.

Bauartabhängig müssen Radlager separat von Getrieben diagnostiziert werden.

AP 2.1.2: Entwicklung von Messadaptern zur Sensorknoten-Montage

In den ersten Prototypen ist ein universeller Adapter vorgesehen, der über verschiedene Mechanismen mit dem Messobjekt verbunden werden kann. So ist es möglich diesen über ein Sackloch festzuschrauben, zu kleben oder mit einem Magneten mit dem Messobjekt zu verbinden.

AP 2.1.3: Validierung des Montagekonzepts hinsichtlich der Diagnosequalität

Bei Messungen an einer Straßenbahn wurden vorher ausgewählte Sensorpositionen auf ihre Tauglichkeit bezüglich der Diagnosequalität untersucht.

Dabei wurden auch verschiedene Varianten berücksichtigt. Durch die hohe Vielfalt der Bauformen wird die Harvesting-Lösung von dem eigentlichen Funksensor abgesetzt, um selbst in Situationen mit ungünstigen Platzverhältnissen eine Lösung anbieten zu können. Zusätzlich kann durch dieses Konzept der Harvester an einer Position angebracht werden, die geeignet ist, die erforderliche Drehzahl für den Funksensor mit zu erfassen und diesem bereitzustellen.

AP 2.2.1: Festlegung der Anforderungen an eine verteilte Verschleißdiagnostik bei Schienenfahrzeugen

In dem Messkonzept ist eine adaptive Einstellung der Amplitudenauflösung vorgesehen. Dies ist erforderlich, da das effektive Schwingverhalten zum Einen von dem Betriebszustand und zum Anderen von äußeren Einflüssen abhängt, die nicht vollständig beschrieben werden können. Dies macht eine Voreinstellung einer Amplitudenauflösung praktisch unmöglich. Der Funksensor sollte demnach vor seiner Messung die Amplitudenauflösung an die derzeit herrschenden Schwingungen anpassen.

Weiterhin muss insbesondere für Funksensoren im Motorbereich sichergestellt sein, dass die Signalerfassung gegenüber äußeren elektromagnetischen Einflüssen geschützt ist.

AP 2.2.2: Entwicklung der Diagnosealgorithmen zur energieeffizienten Verschleißanalyse von Schienenfahrzeugen

Es wurde ein Algorithmus entwickelt, der eine sehr starke Vorverarbeitung vornimmt. Dabei werden mehrere Lupen-FFTs und Hüllkurven-Lupen-FFTs in dem Sensorknoten berechnet. Die Berechnung findet online während der Messung statt, um der minimalen Speicherausstattung des Funksensorknoten gerecht zu werden.

Die Position und Bandbreite der Lupen-FFTs ergibt sich aus den zuvor parametrisierten Antriebselementen, die über diesen Sensorknoten überwacht werden sollen.

Auf diese Spektren wird eine Signifikanzanalyse angewandt, die zum Ziel hat, besonders auffällige Spektralanteile zu ermitteln, die dann wiederum auf die Übereinstimmung mit für die betreffenden Antriebselemente parametrisierten Mustern überprüft werden.

Die Übertragung der Spektren findet nur statt, sofern voreingestellte Rahmenbedingungen erfüllt waren. Dazu gehören vorgegebene Drehzahlbereiche sowie eine maximale Drehzahlwelligkeit. Durch diese Rahmenbedingungen wird die zu übertragende Datenmenge auf ein erforderliches Minimum reduziert.

AP 2.2.4: Erarbeitung von Verfahren zur Parametrisierung von Fehlermustern

Es wurde ein Konzept erarbeitet, mit dem die identifizierten Fehlermuster in eine allgemeine Parametrierung überführt werden können. Dabei müssen für die verbauten Antriebselemente die konstruktiven Parameter eingegeben werden. Zum Beispiel werden für die Überwachung eines Radlagers die Käfigordnung, die Wälzkörperüberrollordnung, die Außenringordnung und die Innenringordnung angegeben. Diese kinematischen Daten können vom jeweiligen Wälzlagerhersteller geliefert werden.

Die kinematischen Parameter werden dann automatisiert aufbereitet, um die Parametersätze der entsprechenden Funksensorknoten zu erstellen. Konkret werden daraus spektrale Fenster im Ordnungs- und Hüllkurvenordnungsspektrum ermittelt, in denen die Unregelmäßigkeiten gesucht werden.

AP 2.3.1: Zusammenstellung relevanter Fehlermuster

Für alle gängigen Antriebselemente wurden die möglicherweise auftretenden Unregelmäßigkeiten zusammengestellt. Dabei kann für jede Unregelmäßigkeit ein eindeutiges Merkmal bzw. eine eindeutige Merkmalkombination definiert werden, welche eine definitive Aussage darüber erlaubt, ob diese Unregelmäßigkeit vorhanden ist.

Am Beispiel des Radlagers wird nach folgenden Unregelmäßigkeiten gesucht:

- Defekt am Käfig des Lagers
- Defekt eines Wälzkörpers
- Defekt des Innenrings
- Defekt des Außenrings

AP 2.3.2: Ermittlung der Modellparameter für die einzelnen Antriebselemente

Anhand der mechanischen Arbeitsweise der einzelnen Antriebselemente und ihres konstruktiven Aufbaus lassen sich mathematische Zusammenhänge ableiten, die nur noch von wenigen Parametern abhängig sind. Die Parameter führen dann direkt zu relevanten Bereichen im Spektrum und Hüllkurvenspektrum, die als Parametersatz für die Diagnosealgorithmen genutzt werden.

AP 2.3.3: Zusammenstellung der Modellbibliothek

Die Modellbibliothek führt zunächst die kinematischen Parameter in die Parametrierung der Funksensoren über. Die Verfahren dafür wurden in AP 2.2.4 zusammengestellt. Diese Parametrierung wird dann der Basisstation der Funksensoren zur Verfügung gestellt. Sobald sich ein Funksensor bei der Basisstation meldet, kann die Parametrierung diesem über das Funkprotokoll übergeben werden. Bei der nächsten Messung und Online-Auswertung auf dem Funksensor wird dann entsprechend die neue Parametrierung verwendet. Die Modellbibliothek nimmt auch die Ausgabedaten des Funksensors entgegen und bereitet diese entsprechend auf, damit die spätere Cloud-Anbindung vereinfacht wird. Dabei werden im Wesentlichen den Ausgabedaten Attribute hinzugefügt, die eine Zuordnung zu Funksensor, Antriebselement, Drehgestell und Zug erlauben.

AP 2.3.4: Implementierung eines Editors zur Aktualisierung der Modellbibliotheken

Es wurde ein Editor entwickelt, in dem die kinematischen Daten der Antriebselemente eingegeben werden können. Dabei stehen die einzelnen Bestandteile ähnlich einem Baukastensystem zur Verfügung und können zueinander in Beziehung gesetzt werden. Dadurch ist es möglich, auch komplexe Getriebeaufbauten einfach abzubilden. Zusätzlich wird eine Plausibilitätsprüfung der Eingaben durchgeführt. Als Ergebnis wird eine Konfiguration von einem gesamten Funksensornetzwerk bereitgestellt, die dann für die Parametrierung der einzelnen Funksensoren genutzt wird.

AP 2.4.1: Festlegung der Anforderungen zur Installation des Sensornetzwerkes

Für die Installation des Sensornetzwerkes wurden Anforderungen festgelegt, die eine reibungslose Inbetriebnahme sicherstellen sollen. Dabei wesentlich ist, bei der Inbetriebnahme sicherzustellen, dass der komplette Funktionsablauf von der Parametrierung, einer ersten Messung und Auswertung sowie der Übertragung der reduzierten Auswertedaten funktioniert. Dafür ist ein Inbetriebnahmeablauf entstanden, der diese Punkte adressiert.

AP 2.4.2: Entwicklung von Verfahren zur Sensorik-Inbetriebnahme

Ein Funksensor, der noch im Inbetriebnahmemodus ist, wacht regelmäßig auf und wartet auf seine gültige Parametrierung von der Basisstation. Diese besteht zum einen aus der Parametrierung der Fenster der Ordnungs- und Hüllkurvenordnungsspektren um die kinematischen Muster zu analysieren. Zum anderen wird dem Funksensor ein Zeitplan für anstehende Messungen mitgeteilt. Für die Inbetriebnahme wird der erste Aufwachzeitpunkt so gewählt, dass eine Verifizierung der ersten Messdaten noch vor Ort erfolgen kann, um einen reibungslosen weiteren Betrieb sicherzustellen.

AP 2.6.1: Auswahl des Schienenfahrzeugs und der Antriebskomponenten für die Zustandsüberwachung im Anwendungsszenario

Es wurden Testmessungen an einem Drehgestell durchgeführt, das mit neuen und gebrauchten Lager ausgerüstet war. Die Funksensoren wurden entsprechend der kinematischen Daten der Lager parametriert, und zusätzlich wurde mit einem kabelgebundenen System eine Vergleichsmessung zur Verifikation der Ergebnisse durchgeführt. Als Ergebnis wurde festgestellt, dass die Funksensoren eine qualitativ vergleichbare Aussage über den Lagerzustand liefern können wie das kabelgebundene System.

AP 2.6.2: Zusammenstellung der Fehlermuster für die einzelnen Messstellen

Für den Aufbau des Demonstrators aus 10 Funksensoren und einer Basisstation wurden die Messstellen identifiziert und eine Konfiguration für alle Funksensoren zusammengestellt. Diese besteht im Wesentlichen aus den einzelnen Radlagern, die jeder Funksensor an der entsprechenden Messstelle überwacht. Zusätzlich wurde ein Aufwachplan für jeden einzelnen Funksensor zusammengestellt. Diese Konfiguration wurde zunächst unter Laborbedingungen mit allen Funksensoren getestet.

AP 2.6.3: Anpassung der Diagnosealgorithmen und Erstellung der Firmware

Die Diagnose der Radlager von Schienenfahrzeugen basiert auf einer sehr schmalbandigen Analyse der berechneten Frequenz- und Ordnungsspektren. In diesen schmalbandigen Bereichen können zusätzlich zu den erkennbaren Lagerschädigungen noch stochastische Einstreuungen durch eine Vielzahl von externen Einflüssen auftreten. Um diese Effekte zu berücksichtigen, wird ein Zustand mit mehreren Messungen über einen oder mehreren Tage hinweg ermittelt. Dadurch werden die auftretenden stochastischen Effekte herausgemittelt und die Zuverlässigkeit der Lagerdiagnose erhöht.

AP 5: Mensch-Technik-Interaktion in der Instandhaltung

Für die korrekte Darstellung der Diagnosedaten in der Cloud wurden für die verschiedenen Anwenderrollen empfohlene Darstellungsvarianten zugearbeitet. So werden auf der Betriebsleitebene stark aggregierte Zustandsinformationen eines kompletten Fuhrparks dargestellt. Auf der Ebene des Servicetechnikers bzw. Diagnostikers kann auf die Zustandsinformation jedes überwachten Radlagers zugegriffen und die zeitliche Entwicklung eines möglichen Schadens beurteilt werden. Für eine optionale erweiterte Diagnose stehen zusätzlich die berechneten Spektren zur Verfügung. Für jede dieser Anwenderrollen wurden anhand der aufgenommenen Daten des Demonstrators Beispieldarstellungen erstellt.

2.2 Kooperation

Im gesamten Berichtszeitraum wurden folgende Arbeitstreffen mit anderen Projektpartnern durchgeführt:

Datum	Ort	Thema	Teilnehmer
02.05.2013	Berlin VDI/VDE-IT	Kick-Off	VDI/VDE-IT , DTK, IMC, GfM, BT, LUST, IZM, TUB
20.06.2013	Zeuthen DTK	1. Spezifikations-treffen	DTK , IMC, GfM, BT, LUST, IZM, TUB
19.09.2013	Henningsdorf Bombardier	2. Spezifikations-treffen	BT , IMC, GfM, DTK, LUST, IZM, TUB
03.12.2013	Berlin GfM	3. Spezifikations-treffen	GfM , DTK, IMC, BT, LUST, IZM, TUB
20.02.2014	Brandenburg a.d.H VBB	Finale Spezifikation	VDI/VDE-IT , DTK, IMC, GfM, BT, LUST, IZM, TUB
06.05.2014	Berlin IZM	Aufbau der 1. Prototypengen.	IZM , DTK, IMC, GfM, BT, LUST, TUB
27.08.2014	Hermisdorf LUST	Vorstellung Funkprotokoll + Energy Harvesting	LUST , BT, DTK, IMC, GfM, IZM, TUB
11.11.2014	Berlin IMC	Vorstellung der Messergebnisse	IMC , DTK, GfM, BT, LUST, IZM, TUB
29.01.2015	Zeuthen DTK	Realisierung der 2. Prototypengen.	VDI/VDE-IT , DTK, IMC, GfM, BT, LUST, IZM, TUB
05.05.2015	Berlin GfM	Vorbereitung Test bei Bombardier	GfM , IMC, DTK, BT, LUST, IZM, TUB
23.07.2015	Berlin IZM	Vorst. Cloudanbindung und -funktionalität	IZM , DTK, IMC, GfM, BT, LUST, TUB
13.10.2015	Hermisdorf LUST	Koordination Test bei VBB	LUST , DTK, IMC, GfM, BT, IZM, TUB
29.02.2016	Berlin IMC	Abschlussmeeting	VDI/VDE-IT , DTK, IMC, GfM, BT, LUST, IZM, TUB

Tabelle 1: Zusammenstellung der Projekttreffen

Im Rahmen der Projektkoordination wurde eine Homepage zur Projektdokumentation und -kooperation (**Abbildung 2**) unter <https://projects.izm.fraunhofer.de/> aufgesetzt. Dabei erfolgte eine entsprechende Vergabe der Zugriffsrechte für die einzelnen Projektbearbeiter. Weiterhin wurde für das Verbundvorhaben MoSe eine Internetpräsenz in Form einer Projekthomepage unter <http://www.projekt-mose.de> erstellt.

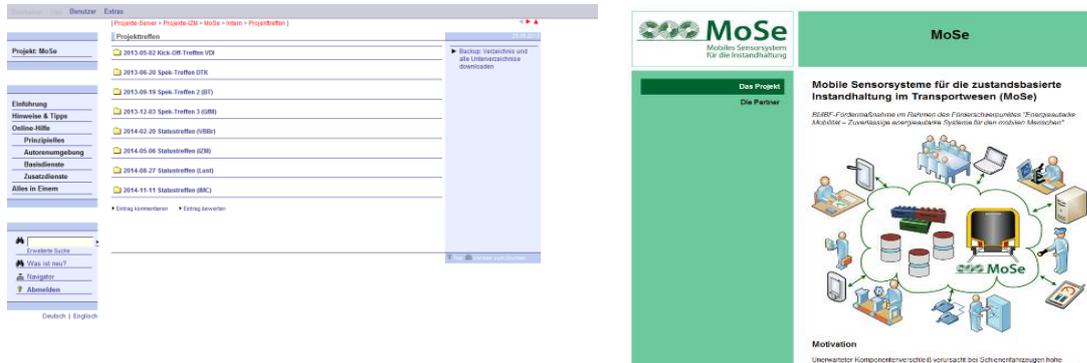


Abbildung 2: Projektserver (li.) Projekthomepage (re.)

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Zur kosteneffizienten Entwicklung von Cloud-gestützten Sensornetzwerken mit zuverlässigen, energieautarken Funksensorsystemen sind ganzheitliche Entwurfsansätze erforderlich, die domänenübergreifend den Produktentwicklungsprozess begleiten. Das benötigte umfassende Know-how ist in einzelnen Unternehmen nicht vorhanden. Bedingt durch Zeit- und Kostendruck werden meist nur einzelne Aspekte berücksichtigt, die jeweils nur den größten Herausforderungen entsprechen. Die Mehrzahl der kleinen und mittelständischen Unternehmen können nur unzureichend Verfahren und Werkzeuge zur systematischen Entwicklung von Sensornetzwerken für die zustandsbasierte Instandhaltung einsetzen und werden auch zukünftig nicht die Möglichkeit haben, einen derartigen übergreifenden Ansatz zu verfolgen. Obwohl die Notwendigkeit ganzheitlicher Verfahren und Werkzeuge anerkannt ist, fehlt es an Realisierungsmöglichkeiten bezüglich Know-how und finanzieller Kapazitäten. Daher existieren lediglich Insellösungen für wenige Unternehmen.

2.4 Anwendungspotenziale und Nutzbarkeit der Ergebnisse

Um das Diagnosesystem zu verwerten, sind noch Arbeiten im Bereich der Validierung sowie in der Überführung der entwickelten Demonstratoren in den Produktstatus notwendig. Entsprechende Aktivitäten werden nach dem Projektabschluss geplant.

Die Entwicklung neuer Technologien im Bereich energie-autarken Funksensorik, Tiefendiagnose sowie bei der robusten Aufbau- und Verbindungstechnik liefern einen wichtigen Beitrag zum Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit in Deutschland.

Die Möglichkeit der Verwertung in anderen Bereichen des Maschinenbaus, beispielsweise zur Überwachung von Mühlen in der Baustoffindustrie, von Antriebe von Papiermaschinen, von Seilbahnen, von Kranen, von Walzwerken usw. wurde durch GfM geprüft. Nach ersten Erkenntnissen wird dies in absehbarer Zukunft aufgrund der erreichbaren Verkaufspreise für mobile Sensorsysteme nicht erfolgreich sein.

2.5 Während der Projektlaufzeit bekannt gewordener Fortschritt

Bezüglich des Projektthemas sind keine neuen technischen oder inhaltlichen Ergebnisse von dritter Seite bekannt geworden.

2.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

keine

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Umsetzungskette im Verbundvorhaben MoSe _____ 4

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenstellung der Projekttreffen _____ 11

50

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel BMBF-Verbundprojekt MoSe Mobile Sensorsysteme für die Instandhaltung im Transportwesen	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Wirth, Rainer Reinke, Christian	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31. 03. 2016
	6. Veröffentlichungsdatum 28. 09. 2016
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) GfM Gesellschaft für Maschinendiagnose mbH Köpenicker Str. 325, Haus 40, 12555 Berlin	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen ^{*)} 16SV6066
	11. Seitenzahl 13
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben
	14. Tabellen 1
	15. Abbildungen 1
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Die Kombination einer Cloud-gestützten Mensch-Technik-Interaktion mit der drahtlosen Funksensorik eröffnet neue Möglichkeiten in der zustandsbasierten Instandhaltung. Die Kernkomponente des Systems stellt ein intelligenter Sensorknoten für Schienenfahrzeuge für energieautarken Betrieb dar.	
19. Schlagwörter	
20. Verlag	21. Preis

*) Auf das Förderkennzeichen des BMBF soll auch in der Veröffentlichung hingewiesen werden.

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Final Report
3. title BMBF joint project MoSe: Mobile sensor systems for maintenance in transportation	
4. author(s) (family name, first name(s)) Wirth, Rainer Reinke, Christian	5. end of project 31. 03. 2016
	6. publication date 28. 09. 2016
	7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address) GfM Gesellschaft für Maschinendiagnose mbH Köpenicker Str. 325, Haus 40, 12555 Berlin	9. originator's report no.
	10. reference no. 16SV6066
	11. no. of pages 13
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references
	14. no. of tables 1
	15. no. of figures 1
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract The combination of a cloud-based man-machine interaction with wireless sensors opens up new possibilities in the predictive maintenance. The core component of the system is an intelligent sensor for rail vehicles for energy autarkic operation.	
19. keywords	
20. publisher	21. price