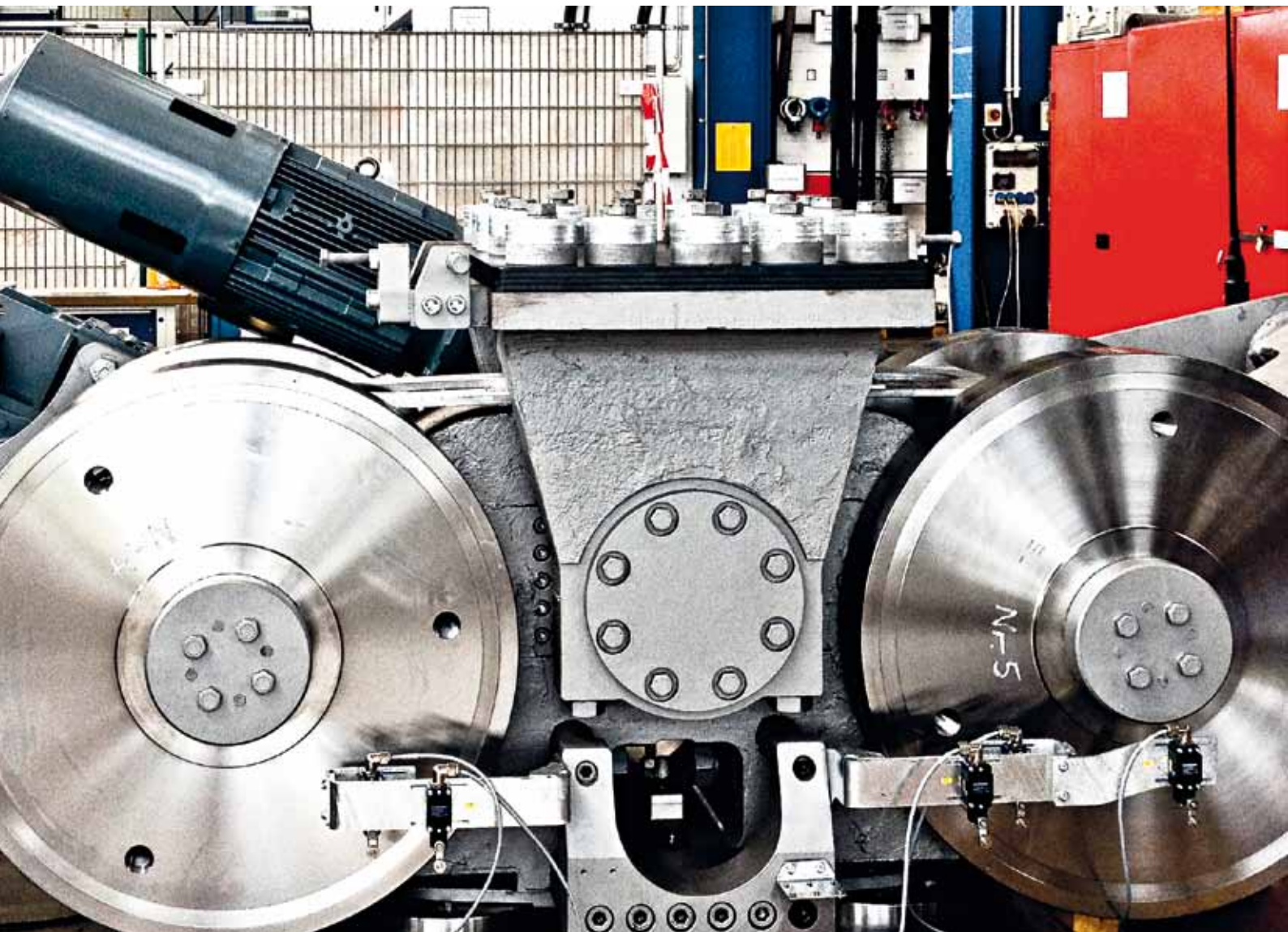


Sonderdruck



Vom Zulieferer zum Partner im Projektgeschäft



Projektmanagement
Schweißbau
Zerspanung
Beschichtung
Montage





Mitte 2012 trat Kurt Kinkeler in der fünften Familiengeneration die Nachfolge seines Vaters Friedrich A. Kinkeler als geschäftsführender Gesellschafter der Kinkeler GmbH & Co. KG an. Im dritten Jahr der operativen Verantwortung sprachen wir mit ihm über die zukünftige Ausrichtung des seit 1885 bestehenden Maschinenbau-Unternehmens.

Frage: Herr Kinkeler, ihr Unternehmen ist über die Maschinen-Reparatur zur Lohnfertigung gekommen. Ihr Vater hat KINKELE dann zu einem der größten und leistungsfähigsten Auftragsfertiger entwickelt. In den letzten Jahren hat KINKELE auch zahlreiche komplexe Maschinen im Rahmen internationaler Projekte realisiert. Passen die Auftragsfertigung von Baugruppen und das Projektgeschäft überhaupt zusammen und wie wollen Sie ihr Unternehmen für die Zukunft aufstellen?

Kurt Kinkeler: Wir haben in den vergangenen Jahren immer wieder Teile und Maschinen mit sehr hohem Anspruch oder im geregelten Bereich gefertigt. Unsere Organisation der Planung und Durchführung, die für solche Aufträge nötig ist, eignet sich sehr gut als Grundlage, um eine Projektorganisation aufzubauen. Die Flexibilität, die im Projektgeschäft nötig ist, wird in der Lohn- und Auftragsfertigung jeden Tag vom Kunden gefordert. Deswegen war die Entscheidung uns stärker in diesem Bereich zu positionieren, der nächste logische Schritt.

Das Projektgeschäft und die sich schnell drehende Auftragsfertigung passen auch unter dem Gesichtspunkt der Durchlaufzeiten und der Auslastung sehr gut zusammen. Spitzen gleichen sich aus. Das schlägt sich in Kostenvorteilen für die Kunden nieder.

Für die Zukunft planen wir, uns als starker Partner für Projekte zu etablieren, ohne dabei unsere große Stärke der operativen Leistungsfähigkeit und der Flexibilität in der Auftragsfertigung zu vernachlässigen. Wir wollen wachsen, und wir entwickeln uns weiter.

Frage: Herr Kinkeler, für das Projektgeschäft werden neben den für die eigentliche Produktrealisierung in der Fertigung notwendigen Qualifikationen auch Planungs-, Engineering- und Projektmanagement-Fähigkeiten gebraucht. Ist KINKELE für diese Herausforderungen aufgestellt? Was sind ihre Ziele für die Personal- und Organisationsentwicklung.

Kurt Kinkeler: Da wir die Produkte unserer Kunden herstellen, ist Geheimhaltung und Schutz des Knowhows ein für uns sehr wichtiges Thema. Wir haben kein eigenes Produkt und werden auch in Zukunft nicht in die Produktentwicklung einsteigen. Für das Projektgeschäft ist jedoch eine gewisse Kompetenz im Bereich Engineering/Konstruktion notwendig, um bei Bedarf den Kunden optimal unterstützen zu können. Um unser gesamtes Leistungsspektrum zu erweitern und um früher in

den Produktentwicklungsprozess unserer Kunden einbezogen werden zu können, werden wir uns in Zukunft deshalb stärker um Engineering und Konstruktion kümmern.

Planung und Management sind in einem Projekt die halbe Miete. Darum haben wir 2015 unsere Organisationsstruktur umgestellt und stärker auf die projektbezogene Zusammenarbeit ausgerichtet. So können wir mit den Mitarbeitern noch flexibler reagieren und haben immer die richtige Frau oder den richtigen Mann für die entsprechende Anforderung.

Frage: Herr Kinkeler, gibt es Aufträge aus der jüngeren Vergangenheit, die diese Entwicklung bereits aufzeigen? Können Sie uns Beispiele nennen.

Kurt Kinkeler: Ja, diese Aufträge gibt es durchaus. Für die Al-Haram-Moschee in Mekka haben wir letztes Jahr die Fahrwerke für ein großes „Schiebedach“ den sogenannten Ceremonial Dome gebaut. Das Dach hat eine Spannweite von 32 m und wiegt 1.000 t. Hier waren wir sehr früh in der Erstellung der Konstruktionsunterlagen eingebunden. Das Konzept kam von Kunden, aber bereits bei der Erstellung des Entwurfes waren unsere Mitarbeiter entscheidend beteiligt. Die Ausarbeitung und die Erstellung der Fertigungsunterlagen haben wir selbständig im Auftrag des Kunden durchgeführt, und natürlich haben wir die Fahrwerke dann auch gebaut und in Betrieb genommen.

Ebenfalls 2014 entstand im Rotterdamer Hafen die größte Hubbrücke der Welt. Hierfür haben wir die Seiltrommeln fertigen dürfen. Auch hier waren wir sehr früh beratend in die Konstruktion eingebunden und haben dafür gesorgt, dass die hohen Anforderungen des Kunden realisiert werden konnten.

Von der Off-Road zur Off-Ground Anwendung

Thomas Beck, Frank Tintrup¹

Einleitung

In der Baumaschinen- und Förder-technik bewegen sich Maschinen in der Regel relativ zu ihrer Umgebung. Geschieht dies abseits befestigter Wege, spricht man gerne von Off-Road Anwendungen. Im hier vorgestellten Projekt bewegt sich sozusagen die Umgebung, indem eine Kuppel als Teil eines kompletten Gebäudes mit Hilfe eines Fahrwerkes verschoben wird. Da dies in großer Höhe geschieht, könnte

verhalten, Ermüdung und Verschleiß wurden spezielle Untersuchungen durchgeführt.

1 Erweiterung der Moschee in Mekka

Eine der fünf Grundpflichten des Islam ist die Pilgerfahrt nach Mekka (Haddsch), die jedem Muslim, der körperlich und finanziell dazu in der Lage ist, einmal im Leben vorgeschrie-

bäude mit kreisringsegmentförmigem Grundriss errichtet. Zur Entlüftung des Innenraumes sind auf dem Dach des Gebäudes zwölf verschiebbare rechteckige Segmente (Moveable Skylights) und in der Zentralachse eine ebenfalls verschiebbare Kuppel mit oktagonalem Grundriss (Ceremonial Dome) angeordnet, die bei entsprechender Witterung zur Umgebung hin geöffnet werden können. Die Öffnungen sind auch Teil des Entrauchungs-Konzeptes für das Gebäude im Brandfall (Abb.1). Für den Ceremonial Dome wird die Verschiebbarkeit über ein Rad/Schiene-System erreicht, das die Kuppel auf einer Tragkonstruktion zwischen den beiden Endpositionen (vollständig offen und vollständig geschlossen) bewegt. Als Grundriss des Gesamtsystems entsteht ein doppeltes Oktogon, dessen umschließendes Rechteck eine Seitenlänge von ca. 32 Meter bzw. 2 x 32 Meter (in Fahrtrichtung) hat. Der Fahrweg wird mit einer maximalen Geschwindigkeit von ca. 0,3 Metern pro Sekunde zurückgelegt. Die bewegte Masse beträgt etwa 800 Tonnen.



Abb. 1 Haram Moschee in Mekka mit Erweiterungsbau

man analog von einer Off-Ground Anwendung sprechen. Die besonderen Herausforderungen in diesem Projekt liegen in der Integration der maschinenbaulichen Elemente in ein Gebäude in der Wüste mit ihren ungünstigen klimatischen Bedingungen sowie in der geforderten extremen Verfügbarkeit durch die Einbindung in das Entrauchungs-Konzept im Brandfall.

Als eine der besonderen Konsequenzen, die hier näher betrachtet wird, sind große Teile des Fahrwerkes aus nichtrostendem Stahl gefertigt. Aufgrund fehlender Erfahrungswerte für diese Werkstoffe hinsichtlich Reib-

ben ist. Seit Mitte des 20. Jahrhunderts hat die Zahl der Mekka Pilger stark zugenommen und Anfang des 21. Jahrhunderts bereits die Zahl von zwei Millionen überschritten. Um den enormen Teilnehmerzahlen Rechnung zu tragen, nimmt das saudische Königshaus massive Investitionen in die Infrastruktur in Mekka vor. Die Erweiterung der Haram Moschee, in deren Innenhof sich der schwarze Stein (Kaaba), das zentrale Heiligtum des Islam befindet, ist ein wesentliches Element dieser Maßnahmen. Dazu wird im Norden der heutigen Moschee in Richtung des Stadtteils Al-Shamiyyah ein riesiges neues Ge-

2 Fahrwerkssystem

Das Grundprinzip des Fahrwerkes entspricht dem eines Brückenkranes. Wegen der großen Abmessungen und wegen der hohen abzutragenden Lasten sind allerdings einige besondere konstruktive Lösungen notwendig. So besteht der Fahrweg je Seite aus einer aus mehreren Teilstücken zusammengesetzten ca. 48 Meter langen Doppelschiene (Abb. 2). Die vier Fahrschemel (Bogies) tragen je zwei angetriebene und quer zur Fahrtrichtung pendelnde Laufräder, die über eine Längswippe verbunden sind. Dadurch wird am Fahrschemel ein vollständiger mechanischer Radlastausgleich erreicht. Die Spurführung am Fahrschemel erfolgt über zwei Führungsrollen mit vertikaler Achse, die sich an den Innenseiten der Doppelschienen abstützen. Der Lastausgleich zwischen

¹ Dr.-Ing. Thomas Beck ist Leiter Vertrieb bei der Kinkele GmbH & Co. KG, Dr.-Ing. Frank Tintrup ist Geschäftsführer der IBAF - Institut für Baumaschinen, Antriebs- und Fördertechnik GmbH in Bochum. Beide Unternehmen haben bei der Realisierung des beschriebenen Projektes zusammengearbeitet.

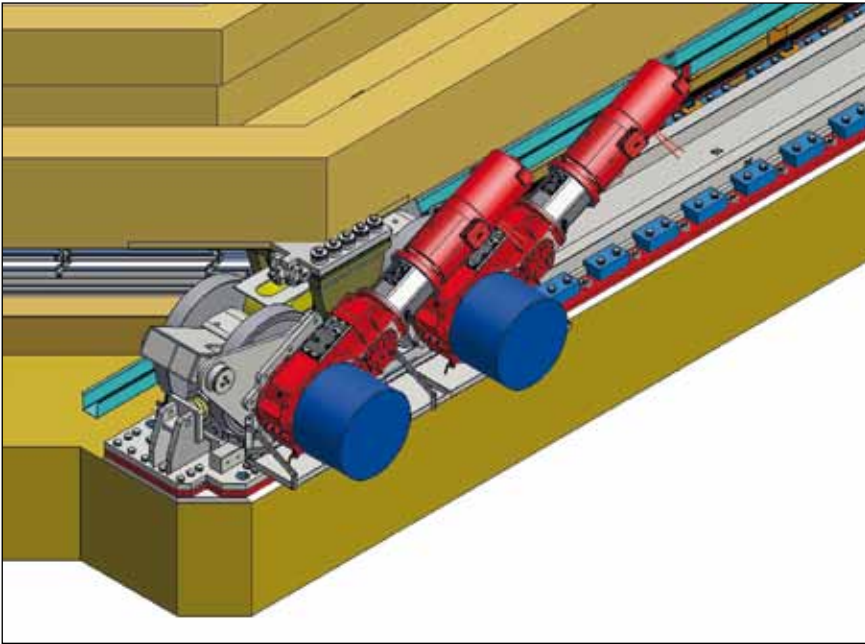


Abb. 2 Fahrwerkssystem – prinzipieller Aufbau

den vier Fahrschemeln wird durch die Elastizität des Tragrahmens der Kuppel erreicht. Elastische und thermische Dehnungen quer zur Fahrtrichtung werden durch Verschiebelager in den Aufhängungen von zwei der vier Fahrschemel kompensiert. Die Laufräder und die Schienen mussten wegen der geforderten Wartungsfreiheit über die gesamte Lebensdauer und wegen der ästhetischen Anforderungen an das Bauwerk aus nichtrostendem Stahl ausgeführt werden. Um eine hohe Korrosionsbeständigkeit bei gleichzeitig hoher mechanischer Festigkeit zu erreichen, wurde als Werkstoff der Duplexstahl X2CrNiMoN22-5-3 (1.4462) ausgewählt. Die für die Auslegung und für den rechnerischen Nachweis notwendigen Kennwerte mussten experimentell mit Hilfe von Überrollversuchen ermittelt werden, da für eine Rad/Schiene-Paarung aus diesem Werkstoff keine Erfahrungs- bzw. Literaturwerte vorlagen.

3 Überrollversuche

3.1 Prüfstand

Um die Annahmen für die analytische Auslegung zu verifizieren, wurden Überrollversuche geplant. Hierzu wur-

de ein an der Ruhr-Universität Bochum vorhandener Prüfstand genutzt und an die besonderen Anforderungen angepasst (Abb. 3).

Auf einer Trommel mit etwa zwei Metern Durchmesser sind zwei endlose Schienen appliziert. Je ein Rad wird hydraulisch gegen die Schiene gedrückt. Die Trommel wird angetrieben, so dass ein endloser Überrollvorgang simuliert werden kann.

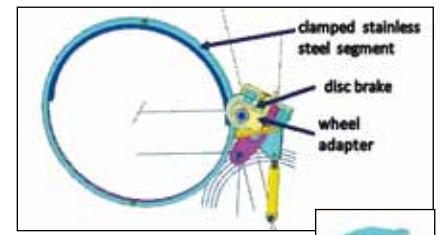


Abb. 4 Schienen und Radadapter mit Bremse

Um den Prüfstand mit Schienen aus nichtrostendem Stahl auszurüsten, wurden zwei Halbringe gefertigt, die über eine Schraubenverbindung auf die vorhandene Schiene geklemmt



Abb. 3 Überrollprüfstand

werden (Abb. 4). Einer der Halbringe ist ausgerüstet mit Nuten, um die konstruktiv ausgeführten 45° Schienenstöße und die ursprünglich vorgesehene 90° Variante vergleichend zu untersuchen.

3.2 Versuchsprogramm

Das Versuchsprogramm wurde so gestaltet, dass möglichst viele Aspekte des realen Betriebes abgebildet werden.

- In die Schienen werden Nuten eingebracht, die die Schienenstöße mit Spalten berücksichtigen, die aufgrund der großen thermischen Dehnungen erforderlich sind.
- In einem Bereich wird eine Reparaturschweißung eingebracht, die als Reparatur-Konzept im realen System vorgesehen ist.
- Eine große Anzahl von Überrollungen wird gefahren, die einer Betriebszeit von 20 Jahren entspricht.
- An einer bestimmten Position der Schiene wird das Rad zyklisch gebremst, um zu erfassen, dass der Ceremonial Dome immer an der gleichen Position beschleunigt und verzögert wird.
- Ein Anteil der Versuche wird mit Schräglauf gefahren. Dieser ergibt sich in der realen Anlage aus dem Spurspiel der seitlichen Führungsrollen und den Bautoleranzen.
- Um die Reibwerte zwischen Rad und Schiene zu bestimmen, wird schließlich das Bremsmoment am Rad so lange erhöht, bis es zum Stillstand des Rades kommt.

3.3 Messtechnik

Um einerseits einen 24h Betrieb und andererseits die erforderliche Versuchsauswertung zu ermöglichen, ist der Prüfstand mit einer umfangreichen Mess- und Steuerungstechnik ausgestattet. Für die Versuchsreihe wurde

die Hydraulik so erweitert, dass das zyklische Bremsen mit geregelterm Bremsmoment möglich ist.

Folgende Größen werden gemessen:

- Radlast, Querkraft und Beschleunigung am Rad
- Trommelmoment und Motorantriebsmoment
- Drehwinkel an Trommel und Rad
- Schalldruck beim Überfahren der Schienenstöße
- Temperaturen an Bremse und Rad

4 Versuchsergebnisse

4.1 Verschleiß

Abb. 5 zeigt beispielhaft das Verschleißbild im Bereich zweier Nuten nach Abschluss der Überrollungen ohne Schräglauf. Zu erkennen sind die im Verhältnis zur Schienenbreite schmalere Laufspuren, resultierend aus der Punktberührung bei dem Rad mit balliger Lauffläche und der Schiene mit ebenem Schienenkopf. Während beim 90° Schienenstoß erste plastische Ver-

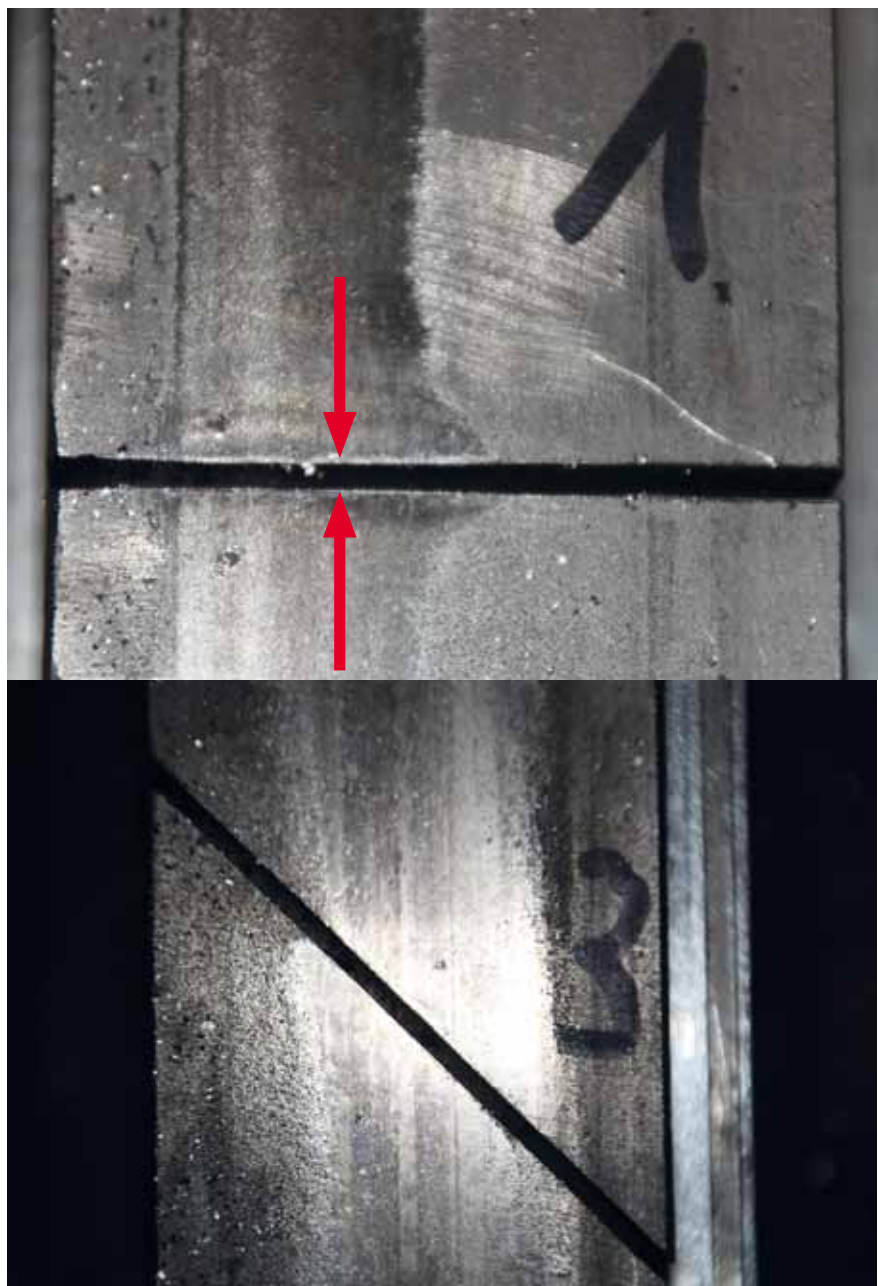


Abb. 5 Verschleißbild an den Nuten

formungen im Kantenbereich sichtbar werden (nach immerhin simulierten 20 Jahren) zeigt sich der 45° Stoß noch „neuwertig“.

Generell zeigt sich eine Abnahme der Oberflächenrauigkeit und eine Aufhärtung des Werkstoffes im Kontaktbereich. Beides ist typisch für gut dimensionierte Überrollsysteme.

4.2 Akustisches Verhalten

Da das akustische Verhalten des Cerebral Domes im Betrieb sehr sensibel ist, wird der Schalldruck während einer Trommelumdrehung aufgezeichnet (Abb. 8). Da die Randbedingungen im Prüffeld sich grundsätzlich von der realen Situation unterscheiden, kann die Bewertung nur vergleichend erfolgen.

Die 45° Schienenstöße zeigen sowohl in den dargestellten Schalldruckmessungen als auch in den Beschleunigungsmessungen deutliche Vorteile gegenüber den 90° Stößen.

4.3 Reibwerte

Abb. 9 zeigt die Ergebnisse eines Versuches zur Reibwertermittlung. Aus dem Verhältnis der gemessenen Radumfangskraft (blau) und der Radialkraft (grün) wird der Reibwert (rot) berechnet. Bis zu einem Bremsmoment, das einem Reibwert von $\mu=0,15$ entspricht sind die Kurvenverläufe sehr glatt. Danach treten Schwingungen auf, wobei der Reibwert noch über $\mu=0,25$ ansteigt.

Eine Analyse zeigt, dass es in diesem Bereich zu Stick-Slip-Effekten mit lokaler Materialverschweißung kommt. Entsprechend zeigen Rad und Schiene anschließend in diesem Bereich Pittings wie in Abb. 10 dargestellt. Für die Anwendung bedeutet der ansteigende Reibwert eine zusätzliche

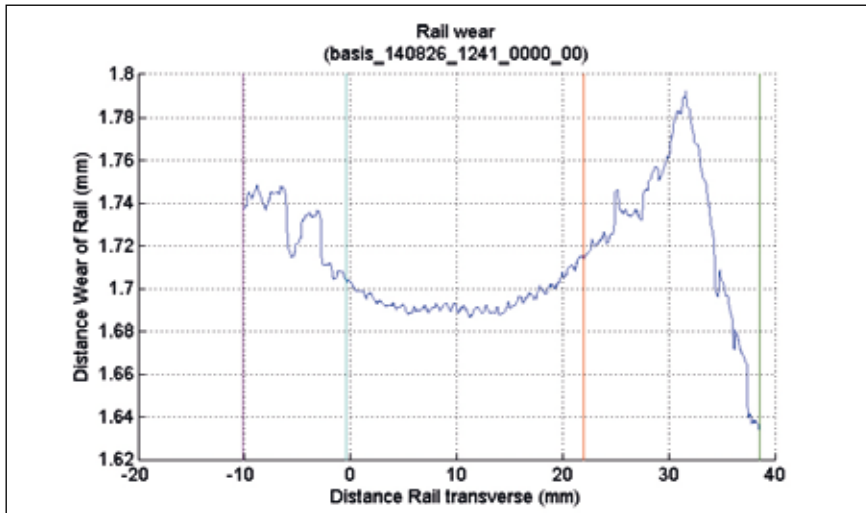


Abb. 6 Verschleißprofil quer zur Schiene

Abb. 6 zeigt ein quer zur Fahrtrichtung gemessenes Profil der Schiene. Es ist erkennbar, dass sich die ballige Radkontur teilweise in der Schiene abbildet. Der Gesamtbetrag des Verschleißes liegt allerdings noch deutlich unter 0,1 mm und ist für eine Betriebszeit von 20 Jahren als unkritisch zu bewerten.

Nach mechanischer Bearbeitung der Schiene und einer weiteren Serie von Überrollungen mit Schräglauf stellt sich ein anders Oberflächenbild (Abb. 7) ein. Es zeigt sich aber wieder eine reduzierte Oberflächenrauigkeit und eine Aufhärtung des Werkstoffes im Kontaktbereich. Die Aufnahme mit dem Haarlineal zeigt, dass auch mit üblicherweise verschleißintensivem Schräglauf der Verschleiß kaum sichtbar ist.



Abb. 7 Verschleißbild nach Schräglaufversuchen

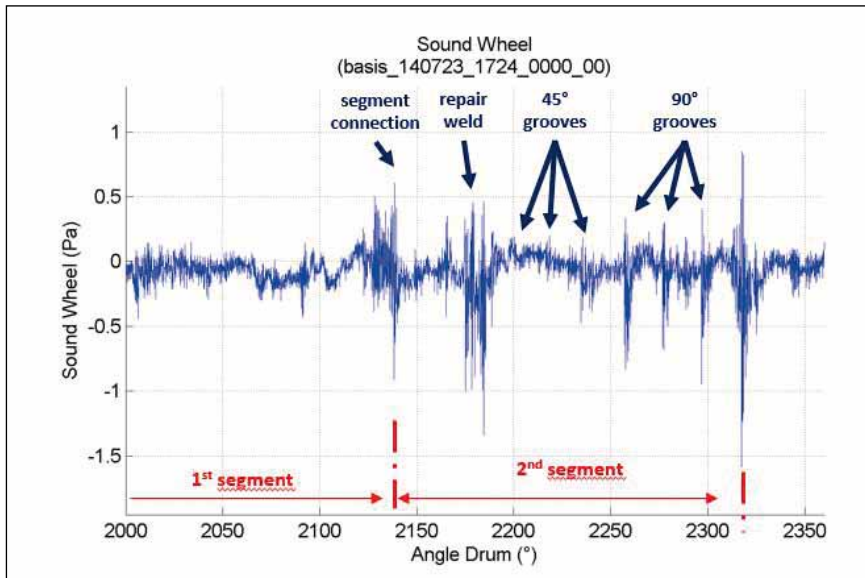


Abb. 8 Schalldruckmessungen

Sicherheit, so dass ein unbeabsichtigtes Abtreiben des Ceremonial Dome aufgrund fehlenden Reibschlusses auch bei maximalen Windböen ausgeschlossen werden kann.

5 Zusammenfassung

Bei der Erweiterung der Moschee in Mekka wird eine Kuppel auf dem Dach des Gebäudes verfahrbar ausgeführt. Wegen der besonderen Anforderungen an das System sind Räder und Schienen des Fahrwerkes aus nichtrostendem Stahl ausgeführt. Um die in der Berechnung verwendeten Annahmen möglichst realitätsnah zu verifizieren, wurden zur Ermittlung der Kennwerte für diese Werkstoffpaarung Überrollversuche in verkleinertem Maßstab durchgeführt. Sowohl hinsichtlich des Verschleißes als auch hinsichtlich der Akustik und des Reibwertverhaltens konnte das System überzeugen.

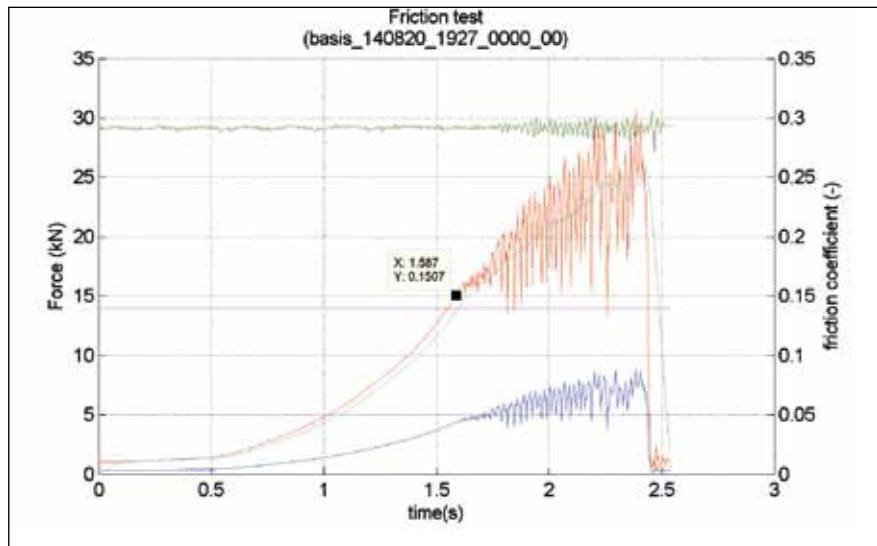


Abb. 9 Reibwertermittlung

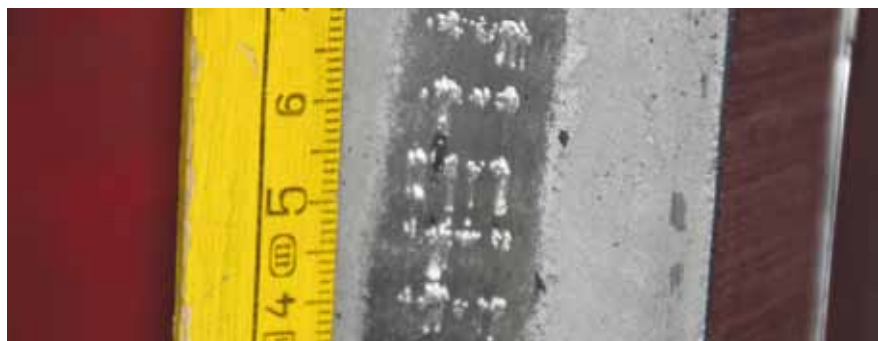


Abb. 10 Freßerscheinungen im Stick-Slip-Bereich

Auftragsfertigung

//vom Bauteil bis zur kompletten Maschine
//von der Beschaffung bis zur Inbetriebnahme

Unsere Referenzen



Unsere Leistungen

//Projektmanagement
//Schweißbau
//Zerspanung
//Beschichtung
//Montage

Wir freuen uns auf Ihre Anfrage unter: anfrage@kinkele.de
Fordern Sie unseren Katalog an unter: katalog@kinkele.de

KINKELE GmbH & Co. KG
Gewerbegebiet Hohestadt
Rudolf-Diesel-Straße 1
D-97199 Ochsenfurt

Telefon +49-9331-909-0
Telefax +49-9331-909-10
E-Mail info@kinkele.de

