

## **MetalSCAN – zuverlässige online Schadensfrüherkennung an ölumlaufgeschmierten Getrieben**

Dipl.-Ing. Stefan Leske, momac GmbH & Co. KG, Moers

### **1 Einleitung in die Überwachung von Industriegetrieben**

Schäden an Industriegetrieben sind teuer. Oft müssen nicht nur das defekte Wälzlager oder die defekten Zahnräder ersetzt werden, sondern auch weitere Bauteile, die infolge des Primärschadens in Mitleidenschaft gezogen wurden. Zu den reinen Instandsetzungskosten addieren sich die Kosten für den Produktionsausfall.

Bemerkt man den Primärschaden dagegen frühzeitig, lassen sich Folgeschäden weitgehend verhindern. Der Umfang der Reparaturarbeiten ist noch überschaubar und die Reparatur kann meist während eines geplanten Anlagenstillstands durchgeführt werden. Produktionsausfall wird minimiert.

#### **Wie aber bemerkt man Getriebeschäden frühzeitig?**

Sowohl zu früh revidierte Getriebe als auch übersehene Getriebeschäden führen zu erheblichen Mehrkosten oder unnötigen Produktionsstillständen.

Produktionsrelevante Getriebe werden häufig noch auf Basis von Erfahrungswerten oder Wartungsanleitungen der Hersteller in festen Zeitabständen einer Revision unterzogen. Oftmals ist aber nach der Demontage der Getriebe sowohl an den Lagern als auch an der Verzahnung kein Verschleiß festzustellen, welcher einen baldigen Ausfall des Getriebes hätte befürchten lassen. Die kostspielige Revision wäre noch nicht nötig gewesen.

Die Revision wird dann mit der Erhöhung der Betriebssicherheit des Getriebes begründet (vorbeugende Instandhaltung). In Zeiten steigenden Kostendruckes ist dies aber kaum noch zu rechtfertigen, da auch durch eine vorzeitige Revision keine 100%ige Ausfallsicherheit erreicht werden kann.

Gefordert sind daher Methoden der Getriebeüberwachung, mit denen die Lebenszeit von Getriebekomponenten möglichst kostenoptimal ausgeschöpft werden kann, ohne die Verfügbarkeit der Produktionsanlagen unnötig zu reduzieren oder gar zu gefährden.

## Bekannte Ansätze zur Überwachung von Getrieben

Das erforderliche Werkzeug zur Getriebeüberwachung heißt Maschinendiagnose. Es kommen heute mehr und mehr Untersuchungsmethoden zum Einsatz, mittels deren Hilfe versucht wird auf den tatsächlichen Zustand des Getriebes zu schließen. Hierzu gehören bei Getrieben insbesondere Endoskopie, Schwingungsmessung (offline und online), und wiederkehrende Öluntersuchungen.

Eine Getriebereparatur soll nur noch bei erkennbaren Schädigungen durchgeführt werden. Aber gerade hier liegt das Problem! Wie kann zuverlässig und mit vertretbarem Kostenaufwand sichergestellt werden, dass eine Schädigung im Getriebe möglichst früh erkannt wird, und zugleich Fehldiagnosen ausgeschlossen sind?

Die **(Video-)Endoskopie** kann nur zyklisch und an stehenden Getrieben durchgeführt werden. Die **Getriebeuntersuchung** Ergebnisse hängen zudem stark von der Erfahrung und der Sorgfalt des „Endoskopisten“ ab. Für die laufende Überwachung von Getrieben ist die optische Getriebeinspektion daher **nur bedingt geeignet**, wohl aber für eine weitergehende Schadensbeurteilung nach der Erkennung von beginnenden Getriebschäden durch andere Methoden der Getriebeüberwachung und Getriebeuntersuchung.

Schwingungsanalysen an Getrieben bieten die Möglichkeiten auch im laufenden Betrieb Schäden an Lagern oder Verzahnungen zu erkennen.

Mit der **Offline-Schwingungsmessung** an Getrieben kann **nur der momentane Getriebezustand** untersucht werden, eine zuverlässige Trendaussage – gerade bei unterschiedlichen Betriebszuständen des Getriebes - ist nicht möglich! Zudem erfordern die eingesetzten Analyseverfahren neben der Zugänglichkeit des Getriebes besonders geschultes Personal oder gar externe Dienstleister, was zu erheblichen Kosten führen kann.

### **Online-Schwingungsmesssysteme an Getrieben leisten hier deutlich mehr.**

War es noch vor wenigen Jahren erforderlich, dafür kaum bezahlbare Messtechnik zu erwerben, sind die Hardwarekosten heute nicht mehr der entscheidende Faktor.

Durch die kontinuierliche Aufzeichnung der Schwingungen können Tendenzen gebildet werden. Gleiche Betriebszustände an Getrieben können gesucht und mit einander verglichen werden. Häufig wird jedoch vergessen, dass die Qualität der Maschinendiagnose nicht nur von der eingesetzten Messtechnik, sondern vor allem von der Qualifikation des analysierenden Experten abhängt. In den meisten Online-Condition-Monitoring-Systemen läuft zwar ein Großteil der schwingungsdiagnostischen Aufga-

ben automatisiert ab, doch auch hier ist der Experte in der Regel kaum unverzichtbar, gerade wenn eine Aussage über die quantitative Schadentwicklung gefordert ist.

Die Parametrisierung der Online-Systeme zur Getriebeüberwachung stellt den Endkunden vor weitere Herausforderungen. Zur Erreichung belastbarer Aussagen über den Getriebezustand müssen Referenzwerte des unbeschädigten Getriebes vorliegen. Insbesondere bei der Nachrüstung von Schwingungsmeßsystemen ist dies oft nicht gegeben. Klassische Ölanalysen sind zum Teil „onlinefähig“, konnten bisher aber nur Aussagen über die Qualität (Viskosität, Wassergehalt, Verunreinigungen, etc.) des Öls treffen, woraus nicht direkt auf den Zustand des Getriebes geschlossen werden kann.

## Der andere Ansatz zur online Getriebeüberwachung

Einen anderen Ansatz zur Getriebeüberwachung verfolgt MetalSCAN, eine Online-Überwachung für ölumlaufgeschmierte Getriebe, was von momac angeboten wird.



Bild 1: MetalSCAN Sensor zur online Getriebeüberwachung

Diese Art der Online Getriebeüberwachung unterscheidet sich grundlegend von den seit langem bekannten Partikelzählern die häufig in der Hydraulik zur Ölrreinheitsüberwachung eingesetzt werden. Das in Kanada entwickelte und in der Luftfahrt-, Marine- und Gasturbinentechnik bereits seit vielen Jahren erfolgreich eingesetzte System arbeitet mit einem induktiven Messverfahren, und ist neben einer für die Wehrtechnik und Gasturbinenüberwachung auch in einer preiswerten und sehr robusten Industrieversion erhältlich.

### **Die Getriebeüberwachung mit MetalSCAN zur frühen Erkennung von beginnenden Getriebeschäden basiert auf einer bestechend einfachen Logik:**

Verschleiß oder Schädigung von Lagern und Verzahnungen erzeugt bereits Monate vor einem Ausfall Metallabrieb. Dieser Metallabrieb wird von MetalSCAN quantitativ und sicher erfasst. Damit können an jedem mit MetalSCAN ausgerüsteten Getriebe

bereits kleinste Schädigungen ohne besonderes Auswerte-Know-how des Betreibers sicher erkannt werden.

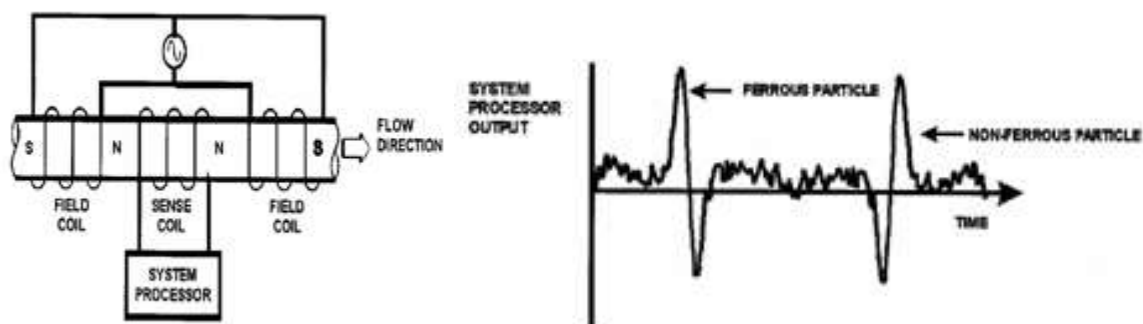
In umfangreichen NASA Studien wurde belegt, dass mit der Getriebeüberwachung mittels MetalSCAN nicht nur zuverlässig frühe Schädigungen von Lagern und Verzahnung erkannt werden, sondern auch die Schädigungsentwicklung an Getrieben zuverlässig beurteilt werden kann. Die Anzahl der gescannten Metallpartikel korreliert mit der Schädigung.

In einem „gesunden Getriebe“ der MW Klasse werden z.B. ca. 60-100 Metallpartikel pro Monat gezählt, ein kurz vor dem Ausfall laufendes Lager erzeugt ca. 1.500 Metallpartikel pro Tag!

Entscheidend sind dabei weniger die absolut gezählten Metallpartikel, sondern viel mehr die Steigerung der Metallpartikel innerhalb eines definierten Zeitraumes. Der nachträgliche Einbau in bereits „geschädigte“ Getriebe ist somit ohne weiteres möglich.

## Funktion der MetalSCAN Getriebeüberwachung

Der MetalSCAN Sensor arbeitet induktiv. Es ist in der Lage Eisen- und Nichteisen Partikel zu scannen. Zwei Spulen erzeugen ein neutrales Feld. Metallische Partikel von Lagern oder von Zahnrädern fließen mit dem Ölstrom durch den Sensor und verursachen eine Veränderung des neutralen Feldes, was durch eine dritte Spule gemessen wird. Die so erzeugten Signale entsprechen der Anzahl der durch den Sensor geflossenen Metallpartikel.



Abhängig vom Sensordurchmesser (8 bis 28 mm) werden Eisen-Partikel von minimal 125µm (8 mm Sensor) bzw. 350 µm (38 mm Sensor) gezählt.

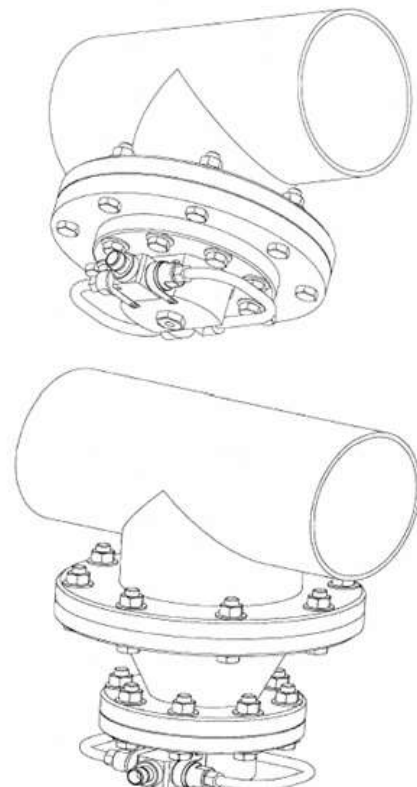
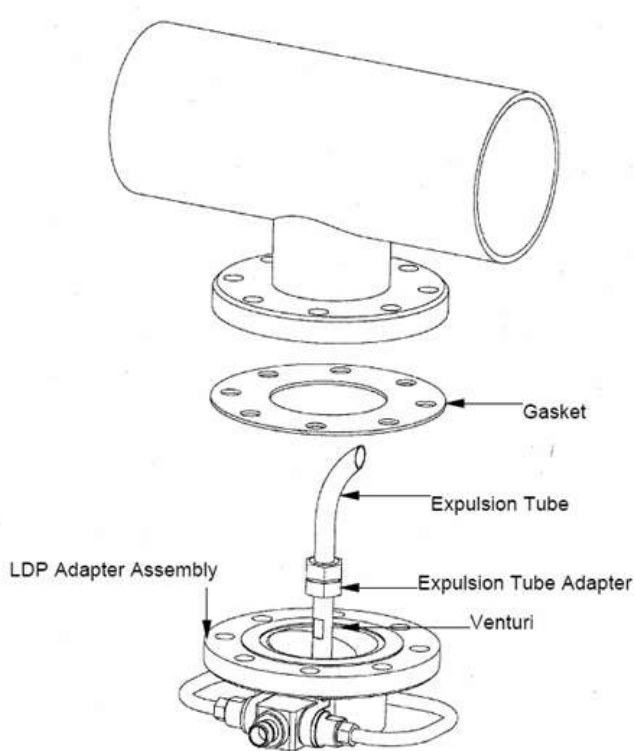
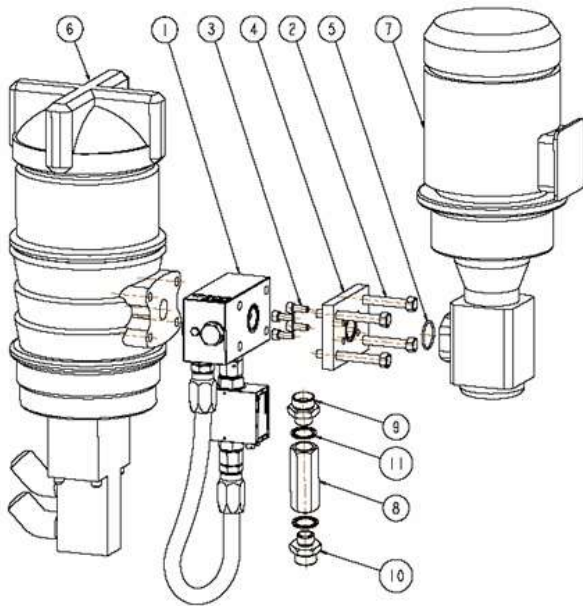
Die Senderauswahl ist abhängig vom jeweiligen Volumenstrom. So sollte der Volumenstrom des 8 mm Sensors z. B. 0,5 l pro Minute nicht unterschreiten. Der des 38 mm Sensors hingegen minimal 38 l pro Minute betragen. Die Auswahl des passenden MetalSCAN Sensors hängt somit wesentlich vom Volumenstrom des Schmiersystems ab.

### **Einbau der MetalSCAN Sensoren zur Getriebeüberwachung**

Der Einbau des MetalSCAN Sensors erfolgt in den Ölumlauf eines zu überwachenden Getriebes, und zwar vor dem Filter, so dass jeder Partikel nur einmal gezählt werden kann. Dadurch ist der Einsatz des MetalSCAN Sensors unabhängig von der jeweiligen Ölmenge.



Bei großen Rohrdurchmessern die eine Installation direkt in die Leitung nicht zulassen, ist es möglich MetalSCAN durch entsprechende Adapter zu installieren.



## Die Kommunikation und Alarmweiterleitung

Der MetalSCAN Sensor kann über diverse Standard-Schnittstellen direkt an einen bestehenden Anlagen Controller (z.B. Industrie-PC) oder ein anderes Monitoring System angeschlossen werden. Alternativ kann die Kommunikation über ein eigenes Alarmmodul erfolgen, welches neben einer visuellen Anzeige der aktuelle gezählt Metallpartikel über analoge Ausgänge, einen Netzwerkabschluss, sowie die Möglichkeit des Anschlusses an ein Festnetz- oder GSM-Modem bietet.



Das System ist selbstüberwachend (Sensorfunktion und Leitungsbruch) und absolut wartungsfrei (keine bewegten Teile), so dass MetalSCAN ohne Betriebskosten arbeitet.

## Die Erkennung von beginnenden Getriebebeschäden

Die Anzahl der gezählten Metallpartikel korreliert direkt mit der Schadenentwicklung im Getriebe. Die Darstellung der Anzahl der im Getriebe gezählten Metallpartikel bezogen auf die Zeit gibt daher ohne weitere Auswertung ein klares Bild über die Schadenentwicklung.

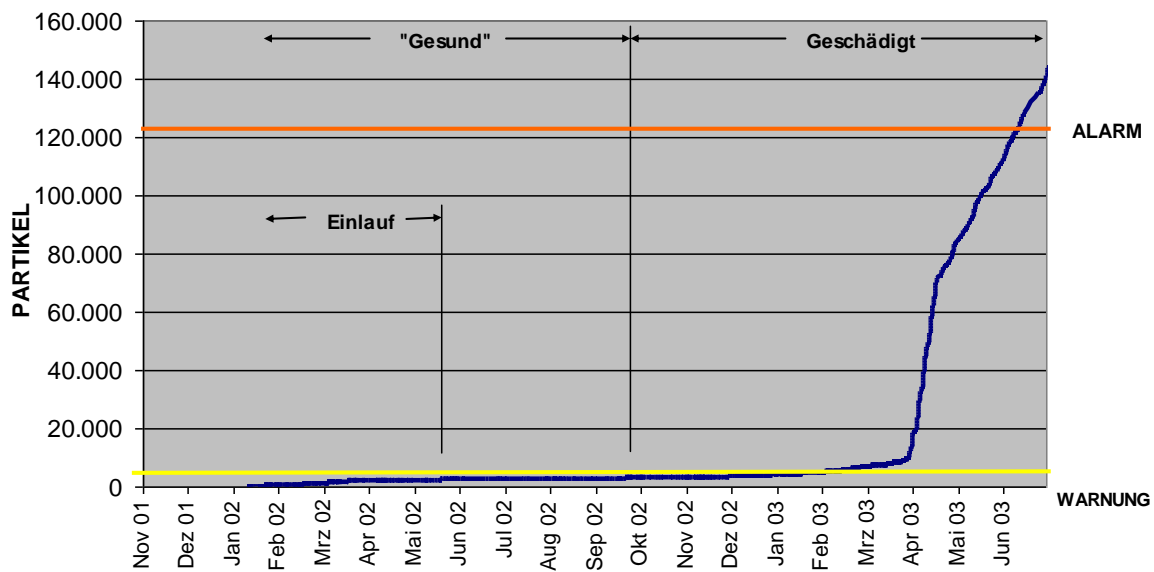


Bild 2: Schadensverlauf eines Getriebes anhand der gezählten Metallpartikel

Es kann zwischen drei Betriebszuständen eines Getriebes unterschieden werden. Die Auflösung von MetalSCAN ist so fein, dass die Einlaufphase eines Getriebes überwacht werden kann. So kann z. B. die Güte der Spülung des Getriebes vor Auslieferung überprüft werden.



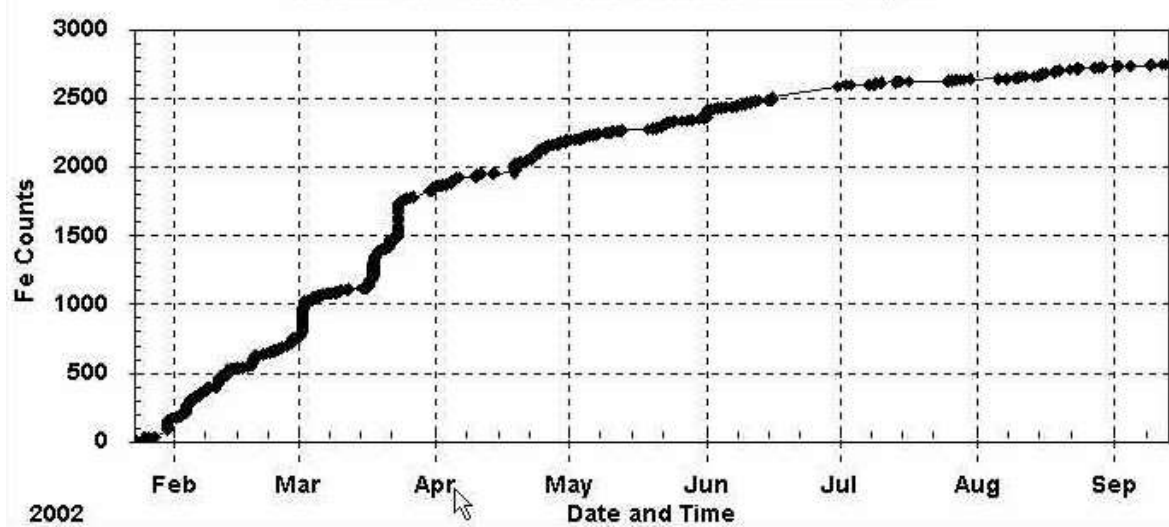


Bild 3: Einlaufphase eines Getriebes mit MetalSCAN aufgezeichnet

Bei der Einlaufphase ist es weniger entscheidend wie viele Metallpartikel konkret gezählt werden. Wichtiger ist vielmehr, dass sich die Kurve der im Getriebe gezählten Metallpartikel über die Zeit deutlich abflacht, und sich der monatliche Anstieg auf circa 60 bis 100 Partikel eingependelt.

Kommt es nun zu einer Schädigung im Getriebe, ist der Startzeitpunkt zum Teil sogar in dem MetalSCAN schrieb sogar erkennbar (Bild 4). Ist kein konkretes Ereignis erkennbar, so ist ein überproportionaler Anstieg der gezählten Metallpartikel allein ein sicheres Indiz für einen sich entwickelnden Schaden am Getriebe.

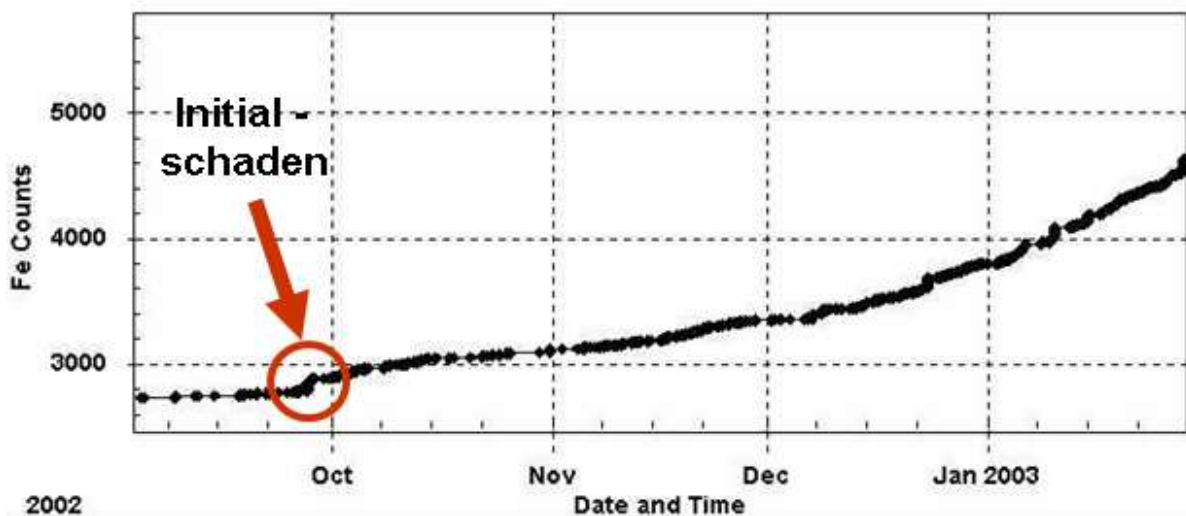


Bild 4: Partikelanstieg nach Initialschaden

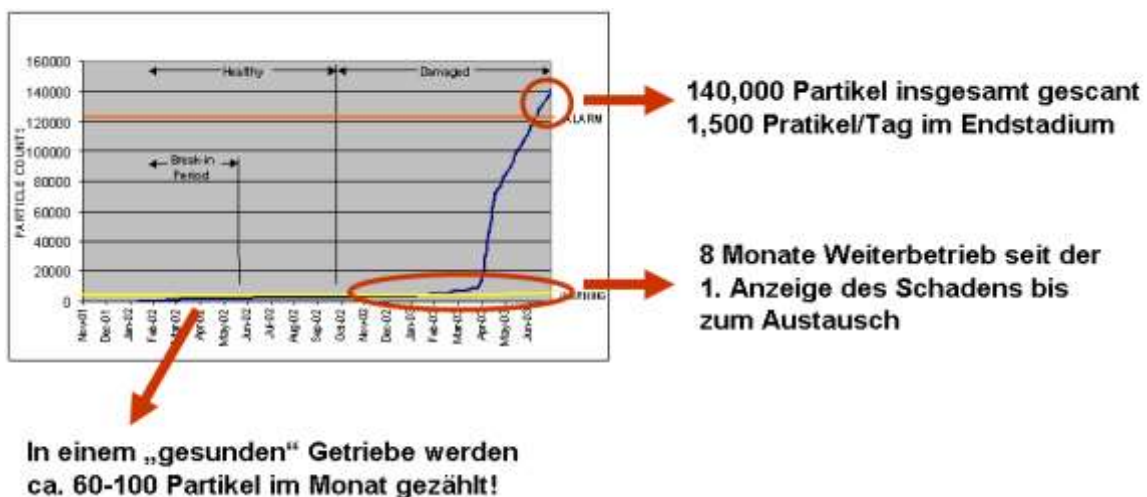
Erreicht ein Getriebe einen kritischen Schadegrad, so ist dies an der deutlich erhöhten Partikelanzahl zu erkennen. Dabei ist auch hier die absolute Anzahl weniger entscheidend als der Anstieg pro Zeiteinheit.

Hierzu ein Beispiel:

Wie erläutert werden in einem gesunden Getriebe circa 60 bis 100 Partikel pro Monat gesamt. Ein massiver Schaden an einem Kugellager verursachte hingegen circa 1500 Partikel pro Tag, also ein um bis zu 750 mal höher Wert!

Kumuliert wurden bis zu diesem Zeitpunkt circa 140.000 Partikel gezählt.

Zwischen Überschreiten der 1. Alarmgrenze, welche in diesem Beispiel bei 5000 Partikel tag, und dem Ausbau des defekten Getriebes lagen in dem Fall 8 Monate kontrollierter Weiterbetrieb! Genug Zeit um den Austausch zu planen, und benötigte Ersatzteile zu fertigen oder zu beschaffen.



Nun ist bei derartigen Grafiken vielleicht zu vermuten, dass sich um ein Kapitalschaden am Getriebe handelt. Daher hier einige Bilder der ausgebauten defekten Getriebe-teile.

Wie auf den Bildern zu erkennen ist, handelte es sich in diesem Fall aber nur um einen Schaden am Innenring eines Planeten Lagers sowie kleinere Ausbrüche an einem der drei Planeten.



Bild 6: Schaden am Planetenlager, Innenring und Laufkörper

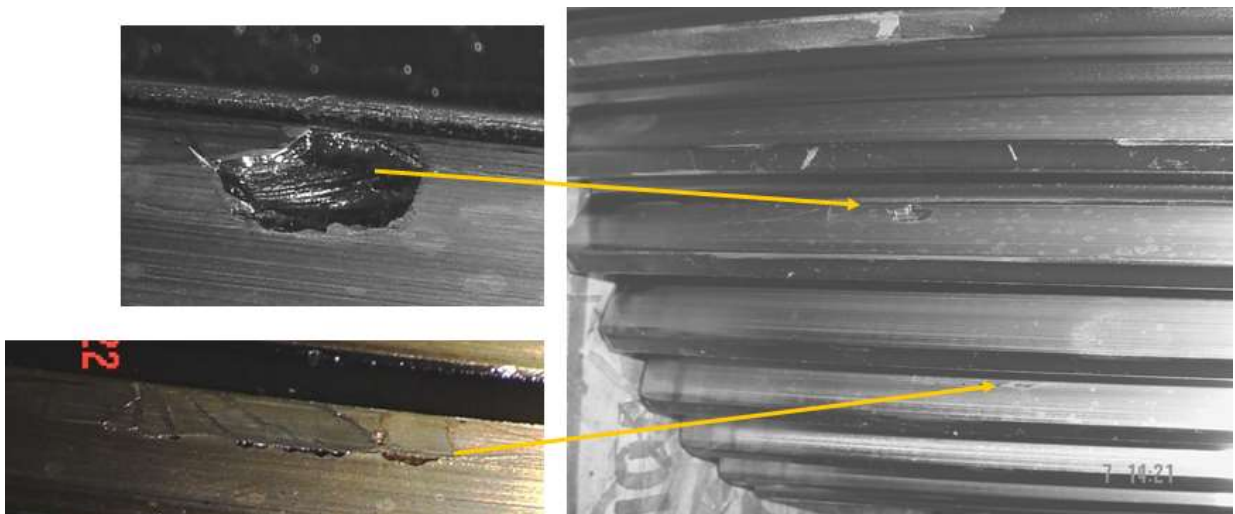


Bild 7: Schaden am Planeten eines Planetengetriebes

An einem weiteren Beispiel wird sehr deutlich, wie leistungsfähig die Überwachung von Getrieben mittels MetalSCAN ist.

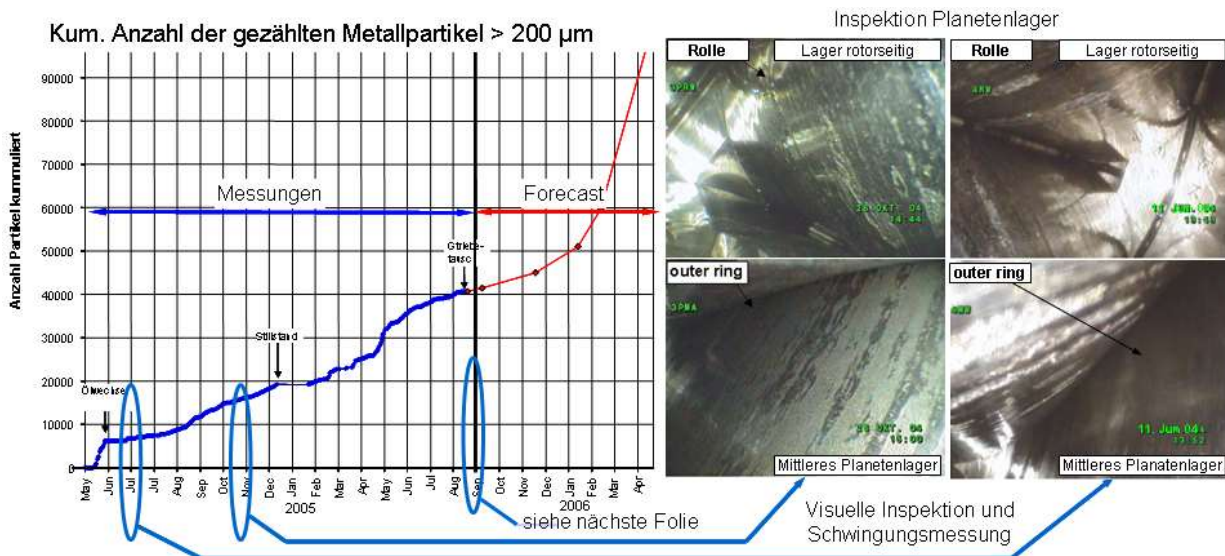


Bild : Vergleich MetalSCAN Partikelanzahl / Optische Untersuchung

Im obigen Beispiel wurde binnen einem Monat ein Partikelanstieg von circa 8000 Partikeln gemessen. Daraufhin wurde ein Ölwechsel durchgeführt, was zu einer Verlangsamung des Anstiegs führte. Nach einem weiteren Monat wurde dann eine Videoendoskopie und eine Offline Schwingungsmessung durchgeführt.