



... Rentabilität wird gesteigert

ROI Ziele erreichen....  
Gewinnerwartungen erfüllen....  
Produktionskosten kontrollieren....  
Produktionsleistung vorhersagen....  
Rentabilität beibehalten oder gar steigern....

*...hängt von einem reibungslosen Betriebsablauf ab.*

„A failure a day keeps the profit away“  
R.H.Adler



# OMDECs „Mehrwerte“

## Kernziele:

1. OMDECs Hauptziel ist es, Gewinne zu erhalten, den ROI (Return on Investment) zu verbessern und Kundenzufriedenheit zu gewährleisten.
2. OMDEC erreicht dies mit der Identifikation und Vorhersage von Fehlern bei wichtigen Anlagen, wo sonst die pünktliche Auslieferung oder der Service gestört würde.
3. Die Software kalkuliert die Fehlerkosten, stellt die Wahrscheinlichkeit eines erneuten Fehlers innerhalb eines vorgegebenen Zeitrahmens fest und misst die statistischen Zuverlässigkeitsstufen.
4. Dies erlaubt es den Verantwortlichen, eine fundierte Entscheidung zu treffen, ob Sie einer kurzen Wartungsunterbrechung zustimmen sollen oder einen längeren und teureren Ausfall riskieren können.
5. OMDEC liefert dem Kunden eine Kombination von Software, Training und einen ganz neuen Ansatz, Stillstandszeiten zu optimieren.

## Hintergrund:

1. Um dies zu erreichen, benötigt man relativ durchgängige und präzise Daten. Dies stellt fast immer ein Problem für die „Reliability“ Ingenieure dar. Historische Daten sind weder durchgängig noch präzise.
2. OMDEC löst dieses Problem mit REWOP (Reliability Engineering Workbench Optimizer)
3. REWOP vereinigt Daten von drei verschiedenen Stellen:
  - i. Historie – vom CMMS, EAM oder ERP
  - ii. Aktueller Status – von den Condition Based Monitoring (CBM) Systemen
  - iii. Erwartungen – die Reliability Centred Maintenance (RCM) Datenbank
4. Aus diesen Daten bildet REWOP eine Zuverlässigkeits-Datenbank, welche dann die Datenquelle für viele Arten der Zuverlässigkeitsanalysen ist.
5. Ein wichtiges analytisches Werkzeug ist EXAKT. EXAKT errechnet über statistische Modelle einen Zuverlässigkeitslevel. Die Modelle definieren auch die verbleibende kostengünstigste Lebensdauer von kritischem Gerät für eine optimale Nutzung.
6. Um mit dem Risiko zu arbeiten, nutzt OMDEC eine einfache Formel:

$$\text{Risiko} = \text{Fehlerkosten} \times \text{Fehlerwahrscheinlichkeit}$$

7. EXAKT beantwortet die zwei Hauptfragen der Fehlerwahrscheinlichkeit:
  1. „Kann darauf vertraut werden, dass die Anlagen (assets) Produktions- und Gewinnziele ohne Ausfall erreichen?“
  2. „Werden die Anlagen vor der nächsten geplanten Unterbrechung (outage) ausfallen?“

8. Es gibt drei verschiedene Arten von Fehlerkosten:

- Die Kosten für die Reparatur des Ausfalls (normalerweise 10 x so teuer wie ein vorbeugender Austausch).
- Der Wert des verlorenen Profits aufgrund des Ausfalls (bis zu 100 x so teuer wie ein vorbeugender Austausch).
- Die Strafkosten eines nicht erfüllten Auftrages, die Kosten für Sicherheits- und Umweltverletzungen; die Kosten für den Verlust der Reputation bei Nichterfüllung oder negativer Schlagzeilen. Häufig kostet dies 1000 fach mal mehr, als die Kosten eines vorbeugenden Austausches.

9. Mit der Software von OMDEC können Verantwortliche das Risiko eines Ausfalls gegen die Kosten der Fehlervorbeugung abwägen.

### **Weitere Vorteile:**

1. Kosteneinsparungen durch Optimierung der vorbeugenden Instandhaltung CBM (Condition Based Maintenance) unter zur Hilfenahme der Methoden für die zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung RCM (Reliability Centred Maintenance).
2. Die Kontinuität der Daten wird durch eine Verbindung der CMMS Datenbank (SAP-R\3-PM etc.) mit der RCM Datenbank erreicht. Daher werden Fehlercodes in den Arbeitsaufträgen durch den Zugriff des Fehlercodes im RCM eingegeben.
3. Neue Fehlercodes können bei Abschluss der Arbeitsaufträge in die RCM Datenbank eingegeben und später vom RCM-Team ausgewertet werden.
4. Eine leicht anzuwendende Suchmaschine ermöglicht mit minimalem Training und Aufwand einen einfachen Zugriff auf die RCM Daten.
5. Fehler hoher Priorität wichtiger RCM gelisteter Anlagen können nachverfolgt, die Berichte geändert und die Arbeitsaufträge einfach angepasst werden. Fehler der gleichen Anlagenklasse können leicht bearbeitet werden.
6. REWOP ist vollständig in vielfältigen Zuverlässigkeitsanalysewerkzeugen integriert – EXAKT, Weibull, Jack-knife, OREST, Pareto usw.
7. REWOP kann leicht in jedes CMMS System (z.B. SAP-R\3-PM) integriert werden.

### **Anwendbarkeit:**

Für Unternehmen mit großen mit teuren Anlagen:

1. Komplexe, große Anlagen
2. Hohe Fehlerrate → hohe Fehlerkosten
3. Historie von unvorhergesehenen Ausfällen mit vielfältigen Gründen
4. Idealerweise mehrere Maschinen des gleichen Typs und in ähnlichem operativem Umfeld
5. Einigermassen gute Berichte der Ausfälle und Wartungsaktivitäten

## **Branchen:**

- Kraftwerke
- Militär
- Minen und Mineral-/Metallverarbeitung
- Zellstoff- und Papierindustrie
- Raffinerie & Petrochemie
- Chemische Industrie
- Schwertransporte (Laster, Bagger, Flurfahrzeuge, Züge, Busse)
- Metall- und Plastikindustrie
- Pharmazeutische Industrie
- Nahrungs- und Getränkeherstellung
- Energieversorgung

[www.omdec.com](http://www.omdec.com)

Kontakt:

Claudia Krüppel

Tel. +49 (0) 170 9674101

claudia@omdec.com

## Omdec: Lösungsüberblick

OMDECs Zuverlässigkeitslösung wurde durch einige neue und wichtige Prozesse und Entscheidungshilfen erweitert. Der Zweck dieser Lösung ist es, das gehobene Management mit dem Wissen und einem "Sicherheitsgefühl" bei der Vorhersage des Gewinns auszustatten und den ROI auch bei kritischen Ausrüstungsfehlern und Fehlern im Geschäftsprozess zu sichern.

Der Ausgangspunkt ist die Wahrnehmung der fundamentalen Wichtigkeit des Geschäftsrisikos. In der Welt des physikalischen Assetmanagements ist dies als Fehlerkosten X Fehlerwahrscheinlichkeit festgelegt. Bei den Fehlerkosten müssen die 3 Hauptelemente von Kosten und Verlust beachtet werden:

**Fehlerkosten =**

**Kosten der Notfallreparatur**

+

**Gewinnverluste, verlorene Möglichkeiten, verlorene Marge während der Ausfallzeit**

+

**Strafkosten bei Sicherheits- und Umweltverstößen, Kosten der verlorenen Reputation, verlorene Märkte, andere Strafen und Reparaturen usw.**

Diese Kosten können ein Vielfaches der vorbeugenden oder vermeidenden Maßnahmen betragen und sollten ein Standardreport jedes EAM (Enterprise Asset Management) Systems oder CMMS (Computerised Maintenance Management) Systems sein. Leider ist dies nicht der Fall – ein spezieller Report muss erst erstellt werden.

Auf der anderen Seite, die Fehlerwahrscheinlichkeit – das andere Kriterium für das Risiko - erfordert ein spezialisiertes Vorhersagesystem. Diese Systeme gibt es und sie funktionieren sehr effektiv, aber sie benötigen gute Daten. Zusammenfassend:

**Die Herkunft der Daten für zuverlässige Fehlervorhersagen:**

**Das Wissen über was in der Vergangenheit geschehen ist (= CMMS = Schlüsselereignisse)**

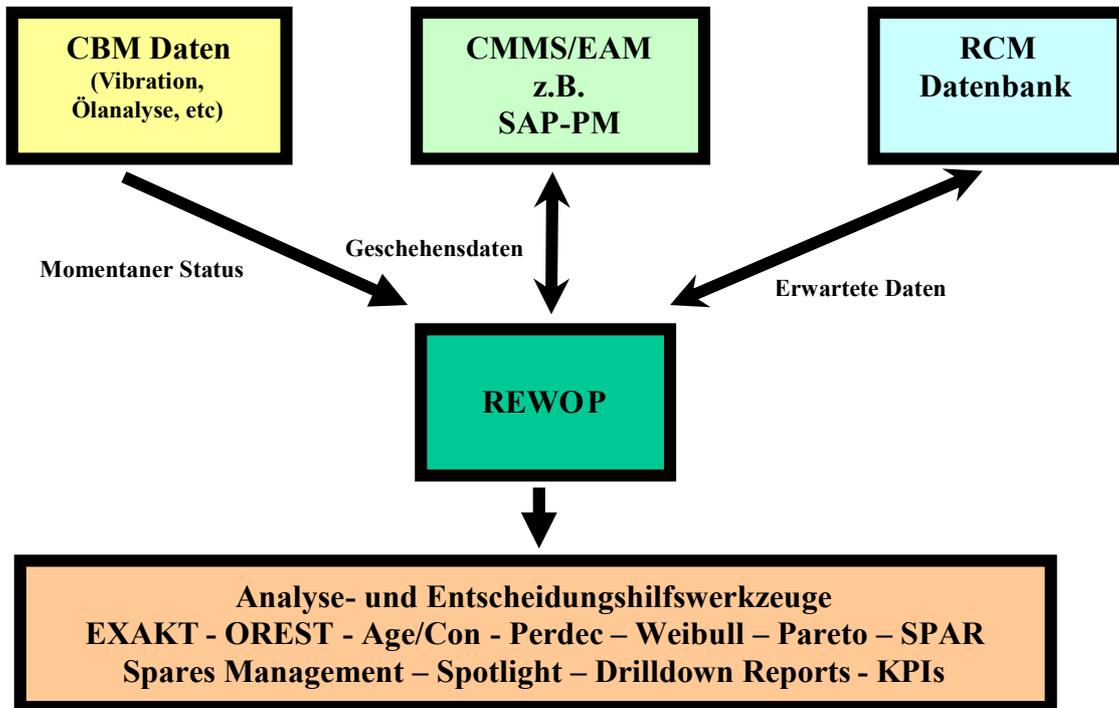
+

**Das Wissen, was gerade geschieht (= CBM = Momentaner Status)**

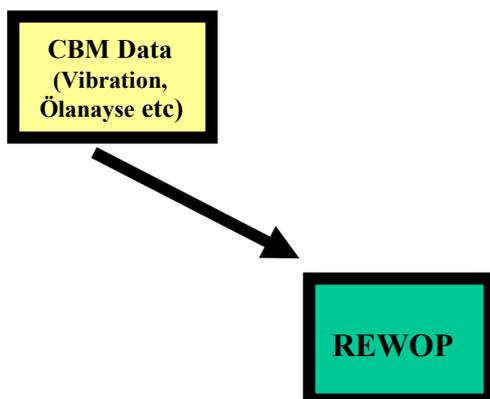
+

**Das Wissen, was in Zukunft geschehen sollte (= RCM = Fehlerarten, Produktionsorientierte Erwartungen und Ziele)**

Normalerweise haben „Physical Asset Management“ (PAM) Anwender Zugang zu den meisten dieser Daten, aber jede Datenbank existiert fast immer isoliert von den anderen. Das Problem ist dann – wie kann man diese Teile zusammenfügen- und was bringt das letztendlich für einen Mehrwert? OMDECs Antwort ist REWOP (Reliability Engineering Workbench Optimizer). Es erstellt eine Zuverlässigkeitsdatenbank, welche dann als Basis zur Entscheidungshilfe dient. Das sieht dann folgendermaßen aus:



Das Prinzip ist einfach – wenn wir die Schlüsseldaten von unseren drei PAM Datenbanken zusammenfassen können, dann können wir nicht nur präzise Fehleranalysen machen, sondern auch viele andere Arten wichtiger Analysen, die einen Einblick in unser Geschäft bieten, wie z.B. die optimale ökonomische Maschinenaustauschzeit. Hier sind einige Hauptkomponenten des Datenflusses in unserem Chart:



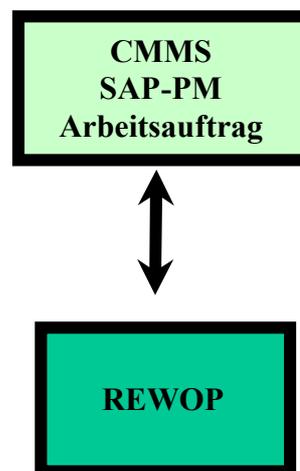
**1. CBM Daten an REWOP** – die momentanen Zustandsdaten, die in den meisten Instandhaltungsabteilungen vorhanden sind, stellen eine wichtige Basis zur Feststellung des „momentanen Status“ und dem augenblicklichen Gesundheitszustand der Ausrüstung dar. Wie wir später sehen, werden wir ausgesuchte Teile dieser Daten für die Fehlervorhersage benötigen. In der Zwischenzeit werden wir feststellen, dass unsere Möglichkeiten CBM Daten zu sammeln, die Möglichkeiten die Daten zu analysieren, bei weitem überflügelt haben. Zu viele Daten sind ein chronisches

Problem geworden. Die Aufmerksamkeit sollte sich auf die Beziehung zwischen den gesammelten Daten und deren Fähigkeit zur Instandhaltungsverbesserung und Fehlerbestimmung richten. Kurz, wenn sie einem nützlichen Analysezweck dienen, dann sollten sie gesammelt werden; wenn nicht, sollte aufgehört werden, diese zu sammeln. (In der

späteren Erläuterung zu EXAKT werden wir sehen, dass es tatsächlich Daten identifiziert, die keinen vorhersagenden Wert haben und die daher ignoriert werden können). REWOPs Aufgabe ist es, Schlüsseldaten zu erkennen, diese zu bestätigen und diese für den späteren Zugang der analytischen Werkzeuge zu speichern. Die Daten können in vielfacher Form auftreten – sie können z.B. Vibrationszustände sein oder Analysen der Ölsedimente, Rohrkorrosionsmessungen oder Temperaturen.

**2. CMMS Datenaustausch mit REWOP** - zu Analyse Zwecken benötigt eine gute Vorhersage Zugang zu den historischen Daten, die (normalerweise) im CMMS System gespeichert sind. Trotzdem kommt es selten vor, dass die CMMS Daten alle zur Analyse benötigten Elemente enthalten. Insbesondere sind Daten zum „wie vorgefundenen“ Zustand selten eingeschlossen. Um dies zu berücksichtigen, ist ein zusätzliches Feld in dem CMMS Arbeitsauftrag nötig. Dabei wird spezifiziert, ob es sich bei dem behobenen Fehler im Arbeitsauftrag um:

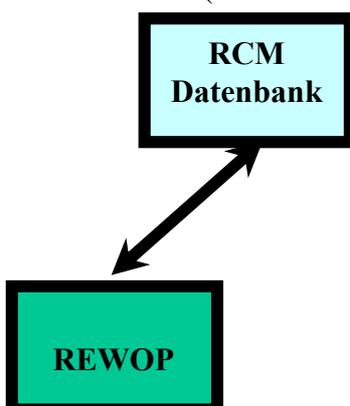
- Einen **funktionalen Fehler**, welcher den normalen Ausrüstungszustand gefährdet; oder um
- Einen **potentiellen Fehler**, der, wenn er nicht behoben wird, zu einem funktionalen Fehler führt, oder ob es sich
- Einen **Zustand** (Suspension) handelt – welcher verzeichnet, dass eine Maschine aus der Produktion genommen wurde, ohne das die Gründe auf einem Fehler beruhen.



Diese Dinge liefern uns die Basis für eine Zuverlässigkeitsdatenbank, die für spätere Analysen gebraucht werden. Zusätzlich wird eine weitere Hauptinformation benötigt – das ist die RCM-Referenznummer aus der RCM Datenbank der RCM Analyse, welche mit dem Fehler korrespondiert, der auf dem Arbeitsauftrag vermerkt ist. Diese wichtige Analyse von “was sind” (und was sind keine) wichtigen Daten ist ein Hauptbestandteil von OMDECs Zuverlässigkeitsservice.

REWOPs bewiesene Integrationsfähigkeit mit CMMS, EAM und ERP Systemen, wie SAP, Maximo, Ellipse, Datastream und anderen, bedeutet, dass der Datentransfer zuverlässig, durchgeführt und online durchgeführt werden kann.

**3. RCM Datenaustausch mit REWOP** – Dies führt ein absolut neues Konzept ein – eine Verbindung der CMMS Datenbank mit der RCM Datenbank durch REWOP. Der fundamentale Grund ist, dass das Wissen und die Erfahrung dieser beiden zum Vorteil des Anwenders verbunden werden. Historisch gesehen, liefen beide im besten Fall parallel, aber nie verbunden (und schlimmstenfalls sogar als Konkurrenz). RCM enthält Informationen über das, was zu erwarten ist; CMMS enthält Informationen über das, was bereits geschehen ist.



Durch eine Verbindung der beiden werden wir sehen, dass mehrere verschiedene Situationen festgehalten werden - diese sind unten dargestellt - zusammen mit den logischen Antworten:

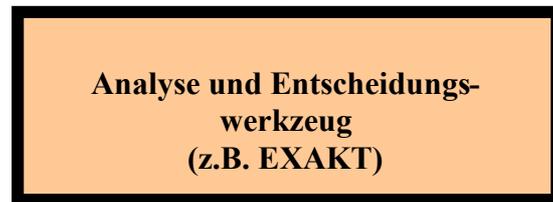
- RCM hat bereits einen Bericht über die „Ausrüstung – Funktion – Fehlerart“, der genau mit dem identifizierten Fehler im CMMS korrespondiert. In diesem Falle wird die RCM-Referenznummer (RCMREF) zurück an das CMMS gegeben und in dem zur Verfügung gestellten Feld des Arbeitsauftrages vermerkt. Diese Verbindung der RCMREF mit dem Arbeitsauftrag bedeutet, dass jede zukünftige Analyse auf beide Aufzeichnungen zugreifen kann, um ein komplettes Wissen über vergangene Vorgänge zu erhalten. REWOP stellt eine sehr effektive Suchmaschine im „Google-Stil“ dar, die das Auffinden der relevanten RCM Berichte erleichtert.
- RCM hat keinen äquivalenten Bericht von „Ausrüstung – Funktion – Fehlerart“ – dies ist ein neuer Fehler, der noch nicht in der Original RCM Analyse beinhaltet ist; in diesem Fall wird die passende Information aus dem CMMS genommen und ein temporärer RCM Bericht wird von REWOP erstellt. Dies kann später bestätigt werden, in dem die reguläre RCM Methode angewandt wird.
- RCM enthält einen ähnlichen Bericht, aber es sind verschiedene Daten vermerkt – dies ist standardmäßig so, da die RCM Datenbank auf den Erwartungen aufgebaut ist, was geschehen wird. Es wird erneut ein temporärer Bericht von REWOP zur späteren Validierung erstellt.

Diese Zusammenspiel zwischen den beiden vorher voneinander getrennten Datenbanken hat viele praktische Vorteile – der erste ist, dass das Wissen der Instandhaltungsfunktion (durch das CMMS) nun mit dem Wissen der Zuverlässigkeitsfunktion (durch das RCM) zusammengefasst ist und jedes kann das andere bestätigen und updaten. Dies beseitigt zwei wichtige Nachteile:

1. Fehlercodes – lange im Arbeitsauftrag (Störungsmeldungen) gesammelt und lange ignoriert, da sie selten irgendwelche zuverlässigen Daten lieferten - können nun das gleiche sein wie die (RCM ) Fehlerart der Ausrüstung .
2. die RCM Datenbank kann nun regelmäßig mit tatsächlicher Erfahrung auf den neuesten Stand gebracht werden; kritische Fehlerfrequenzen können nun einfach nachverfolgt werden und die Fähigkeit des potentiellen Fehlers, den funktionalen Fehler zu vermeiden, kann nun gemessen werden.

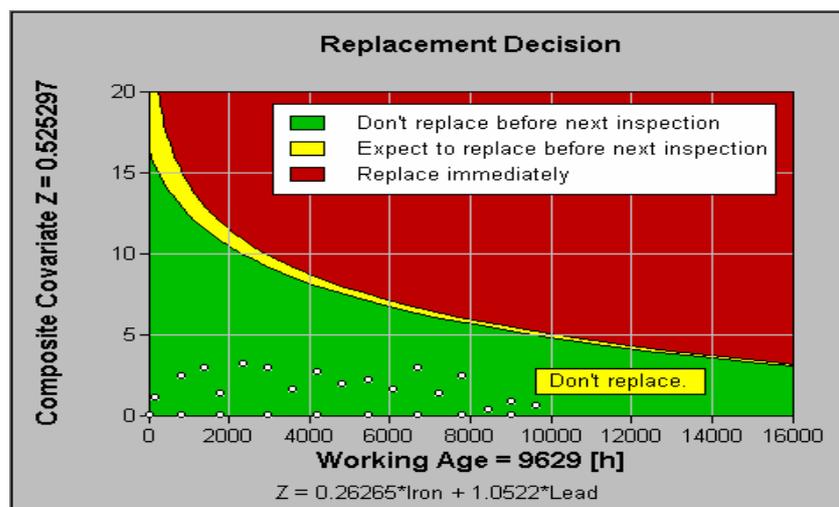
Dies führt zu einem sehr wertvollen und praktischen Ergebnis – nämlich, dass die Instandhaltungs- und Zuverlässigkeitsfachleute nun die gleiche Fehlersprache sprechen. Probleme werden schneller identifiziert und schneller gelöst. Gleichzeitig kann, wenn ein schwerer Fehler auftritt und die selbe RCM Logik wurde bei anderer Ausrüstung in der gleichen oder ähnlichen Klasse angewandt, dieser schnell nachvollzogen und verbessert werden. Das extrem wichtige Ergebnis dieses Datenzusammenspiels besteht in der Zuverlässigkeitsdatenbank die REWOP erstellt, die auf eine große Anzahl analytischer Hilfen zugeschnitten ist.

Eines der wichtigsten Hilfsmittel ist EXAKT. Von Professor Andrew Jardine vom Department of Mechanical and Industrial Engineering der Universität von



Toronto entwickelt, wurde es speziell für die Fehlervorhersage bei Ausrüstungen kreiert. EXAKT bestimmt durch Vorhersagen den Einfluss von Variablen auf Fehler und Fehlerarten und verbindet dies mit dem Arbeitsalter der Ausrüstung. Je nach Applikation kann dies das Arbeitsalter, die Anzahl der Arbeitsstunden dieser Einheit sein oder es kann Ladung oder Stressfaktoren einbeziehen. Die Zustandsvariablen werden aus der REWOP Datenbank extrahiert oder sie werden direkt in REWOP eingegeben.

In den letzten Jahren haben die Möglichkeiten des „condition monitoring“ (Zustands-Überwachung) bei der Datensammlung, die Möglichkeiten der Anwenderdaten zu analysieren, bei weitem überholt. EXAKT löst dieses Problem mit dem Einsatz des proportional hazards modelling – einer komplexen Prozedur (die aber einfach von EXAKT durchgeführt wird) um festzustellen, welche der vielen Variablen überhaupt die Fähigkeit haben Fehler vorherzusagen. Das Ergebnis ist eine überwachte Formel, die den Ausrüstungsstatus auf einem bekannten und leicht zu lesenden Ampelgraphen darstellt.



In diesem Graph verfolgt die gepunktete Linie die aktuellen Ablesungen der Formel und erzeugt eine „nicht ersetzen“ Schlussfolgerung in Bezug auf die nächste geplante Inspektion oder das Ende des Produktionslaufes usw. EXAKT wägt den Zeitpunkt des vorzeitigen Austausches, mit der Option bis zum Fehler durchzulaufen ab, wobei Kosten und Zuverlässigkeit als Optimierer wirken. Eingebaute statistische Tests prüfen, ob die Datenpräzision und –Durchgängigkeit ausreichend ist, um einen Fehler mit einem hohen Maß an Sicherheit vorherzusagen. Durch die Anwendung von EXAKT bei den historischen Daten werden die Kostenersparnisse bestimmt.

Der Gebrauch von EXAKT, um die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers innerhalb einer vorgegebenen Periode festzulegen, ermöglicht es, die Produktionsmenge und damit den Gewinn zu bestimmen – somit wird die Entscheidungssicherheit des gehobenen Managements gestärkt, dass die Kundenbedürfnisse erfüllt werden können.

Die KPI(Kennzahlen)Module beinhalten Templates und Kalkulationen für die häufigsten angewandten Instandhaltungs-KPI's (Kennzahlen). Durch die volle Integration von REWOP mit den wichtigsten PAM - Datenbanken werden die KPIs nun automatisch und online auf den neuesten Stand gebracht.

**Fazit:** OMDECs Zuverlässigkeitspaket eröffnet dem gehobenen Management die Probleme, die ursprünglich an die Instandhaltung gebunden waren. Durch die Einführung von Risikomesskennzahlen und durch den Gebrauch von Methoden zur Fehlervorhersage, sind die Auswirkungen von Fehlern und Fehlervermeidung nun direkt mit dem Gewinn, dem ROI des Unternehmens und der Kundenzufriedenheit verbunden. Das Top Management kann nun mit ruhigem Gewissen Lieferungen zusagen.



# Case Studies

## Kohlekraftwerk erhöht Zuverlässigkeit mit SAP-R/3 - REWOP Schnittstelle

### Zusammenfassung:

Um den Wirkungsgrad der Anlagenleistung zu erhöhen, hat ein großes kanadisches Kohlekraftwerk versucht, die Vorzüge guter Instandhaltungs- und Zuverlässigkeitspraktiken zu implementieren. Ein besonderer Wunsch war, die aus dem SAP-R/3-PM Modul generierten Datenwerte noch mehr zu nutzen.

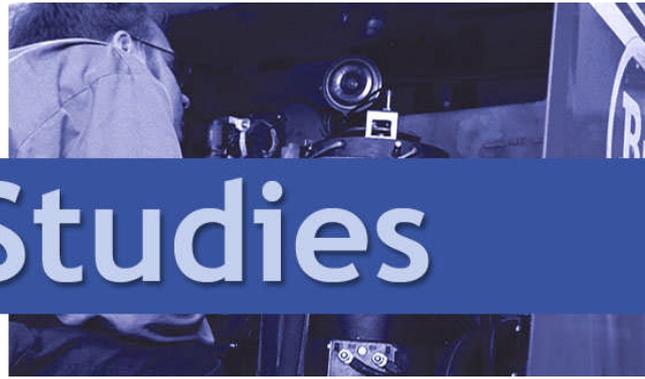
Durch eine Schnittstelle von REWOP (Reliability Engineering Workbench Optimizer) mit ihrem SAP-R/3-PM Auftragsmodul können Wartungstechniker und -ingenieure nun präzise und einfach historische (und aktuelle) Daten aus dem PM-Modul analysieren. Dies, in Verbindung mit einer gemeinsamen Definition für potentielle und funktionale Fehler, führt zu einer sehr viel besseren Wartung, Inspektion und Entscheidungsfindung. Daraus resultieren eine erhöhte Zuverlässigkeit, weniger Fehler und reduzierte Instandhaltungskosten.

### Hintergrund und Zielsetzung:

Ein großes kanadisches Kohlekraftwerk hat SAP-R/3-PM als Instandhaltungssystem (Computerized Maintenance Management System - CMMS) implementiert. Der Fokus lag nun weiterhin darauf, die bereits mit SAP-R/3-PM erzielten Leistungen, durch verbesserte Wartungs- und Zuverlässigkeitspraktiken noch zu erhöhen.

Die Ziele des Projektes waren:

- Instandhaltungstechniken in der Instandhaltungsabteilung eines großen Kohlekraftwerkes (6x400 MW) zu verbessern
- Die Lücke zwischen der SAP-R/3-PM Software und den nötigen Daten für eine hochwertige Zuverlässigkeitsanalyse, durch den Einsatz der Methodiken von Weibull, Pareto, Jack-knife, EXAKT und anderen, zu schließen



# Case Studies

- Ein Wissensmodell anzubieten, welches das Instandhaltungspersonal in die Lage versetzt, die Daten und Informationen aus deren Erfahrungsschatz vollständig auszunutzen, damit Kosten reduziert werden können und die Zuverlässigkeit erhöht werden kann.

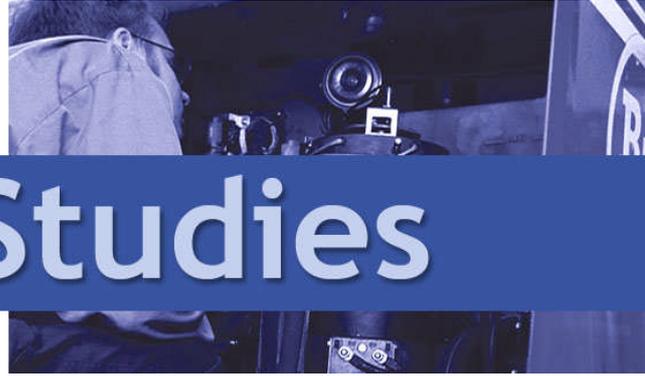
Das Projekt entstand aus der Frustration der Techniker und Ingenieure über das Fehlen von fundamentalen und durchgängigen Instandhaltungsinformationsmodellen innerhalb des Arbeitsauftragsprozesses. Entsprechend waren Sie nie sicher, welche Informationen enthalten sein mussten, bevor ein PM-Arbeitsauftrag geschlossen wurde. Außerdem waren Sie sich nicht sicher, welcher Nutzen, wenn überhaupt, von ihren Beobachtungen und Anmerkungen abgeleitet werden würde; und letztendlich fehlte ihnen ein durchgängiger Weg, ihre Gedanken innerhalb der Struktur und Form des SAP-R/3-PM Arbeitsauftrages auszudrücken.

## METHODE:

Der erste Schritt war, die SAP Datenbank zu untersuchen, um festzustellen, ob die Daten für eine hochwertige Zuverlässigkeitsanalyse vorhanden sind und anschließend die essentiellen Daten herauszufiltern, die zur Bildung einer „Basiskennntniss für Zuverlässigkeit“ führen. Diese Daten wurden dann auf ihre Vollständigkeit, Konsistenz und Angemessenheit geprüft. Berichtigungen und Anpassungen wurden vorgenommen, um die fehlenden Daten auszugleichen. Es wurde geraten, Prozeduren zu überarbeiten, um sicherzustellen, dass die richtigen Daten im richtigen Format zur richtigen Zeit gesammelt werden. Im letzten Schritt wurden die Ergebnisse in EXAKT übertragen, um Fehlerwahrscheinlichkeiten innerhalb eines spezifizierten Zeitraumes vorherzusagen.



Für den Datengewinnungsprozess wurde die Software REWOP (Reliability Engineering Workbench Optimizer) mit einer Schnittstelle zu dem SAP-R/3-PM Auftragsmodul verbunden. Dies verlief ohne großen Aufwand. Die fehlenden Daten in SAP-R/3-PM wurden



# Case Studies

durch ein paar einfache Felder ergänzt. Der Zweck dieser Felder ist, einen Querverweis zu der RCM Datenbank zu ermöglichen und signifikante Daten, im Zusammenhang mit wahrscheinlichen Fehlern, funktionalen Fehlern und Ausfällen zu sammeln.

Der Link von REWOP zu SAP ermöglichte es dem Kohlekraftwerk, mehrere Schlüsselfunktionen durchzuführen.

Dazu gehörten:

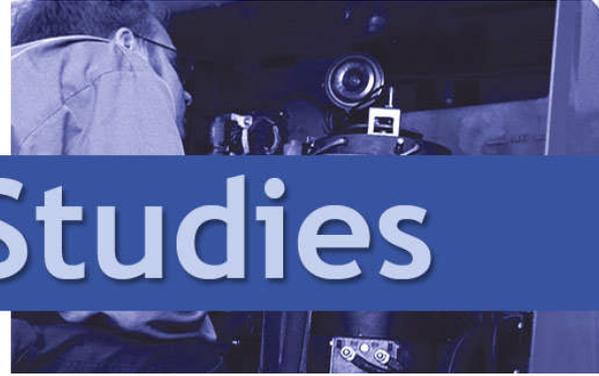
- Eine Schnittstelle zwischen SAP-R/3-PM und RCM, so dass die RCM Fehlerdaten in den Arbeitsauftrag eingefügt werden können.
- Sicherstellen, dass RCM-Aufzeichnungen mit dem Wissen der tatsächlichen Instandhaltungstätigkeit aktualisiert werden können – oder, dass bei fehlender RCM-Aufzeichnung, REWOP eine erstellen kann.
- Eine Wissensdatenbank mit dem Augenmerk auf Zuverlässigkeit für den Gebrauch eines Analysetools vorbereiten.
- Einen automatischen Test zur Verfügung zu stellen, der die eigene Genauigkeit und Schnelligkeit der Antwort durch einen Vergleich mit den aktuellen Ergebnissen testet, um weitere Ergebnisse vorherzusagen.

EXAKT ist ein statistisches Werkzeug, welches eine Beziehung zwischen den Zustandsvariablen, dem Arbeitsalter der Einheit und dem Kostenrisikoprofil erstellt, um das Risiko und die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers vor der nächsten geplanten Unterbrechung anzuzeigen. Unter dem Einsatz von „proportionalen Gefahrenmodellen (proportional hazard modelling)“ und der Analyse des tatsächlichen Geschehens gibt EXAKT den Verantwortlichen die Sicherheit, dass das Risiko und die Fehlerwahrscheinlichkeit vor dem Ende des Produktionslaufes innerhalb einer akzeptablen Grenze liegt ...oder nicht!

## ERGEBNISSE:

Die ersten Ergebnisse der Datenanalyse bestätigten, dass dieses Kraftwerk eine ähnliche Problematik wie viele andere Firmen auf der Welt zeigt:

1. Herkunftsdaten waren unvollständig, fehlten ganz, waren nicht durchgängig und konnten deshalb nur schwer analysiert werden.



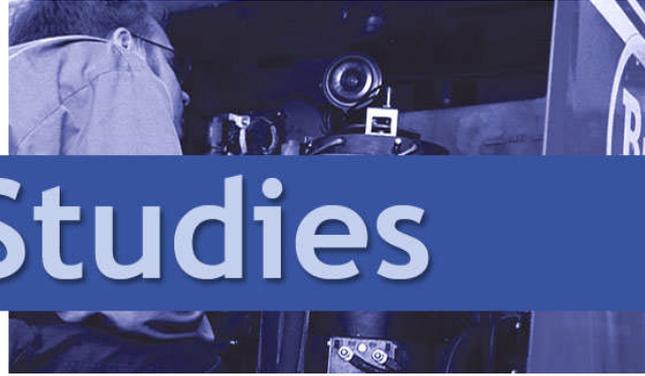
# Case Studies

2. Es gab keine Standardprozeduren und Richtlinien für das Sammeln und das Beschreiben des vorgefundenen Zustandes der Anlage in einem angemessenen Format, die eine anschließende Zuverlässigkeitsanalyse zulassen.
3. Schlüsseldaten waren in Texten eingebettet und es wurde eine firmenspezifische Terminologie verwandt; deshalb wurden „data mining“ Techniken, die auf Wort-Assoziationen beruhen, eingesetzt.
4. Es existierte kein Instandhaltungsinformationsmodell, auf dem eine analysierbare Datenbank aufgebaut werden konnte – und deswegen...
5. Es konnte keine aussagekräftige Zuverlässigkeitsanalyse durchgeführt werden.

Wegen dieser Lücken konnten analytische Hilfen nicht verlässlich eingesetzt werden. Es war deshalb für die Instandhaltungsabteilung sehr schwierig – wenn nicht gar unmöglich –, Analysen durchzuführen, um zu schlüssigen Wartungsentscheidungen zu kommen.



Durch Anwendung der REWOP Methode erkannte die Instandhaltungsabteilung schnell einen besseren Weg zur Organisierung ihrer Arbeitsaufträge, um die historischen Daten und Analysen besser zu nutzen. Die Vorteile von getrennten Arbeitsaufträgen für jede bedeutende und einzigartige „Technischer Platz / Equipment – Funktion – Fehlerursache“ Kombination wurden klar ersichtlich, und so formte sich eine solide Basis für eine Wissensdatenbank mit dem Augenmerk auf Zuverlässigkeit.



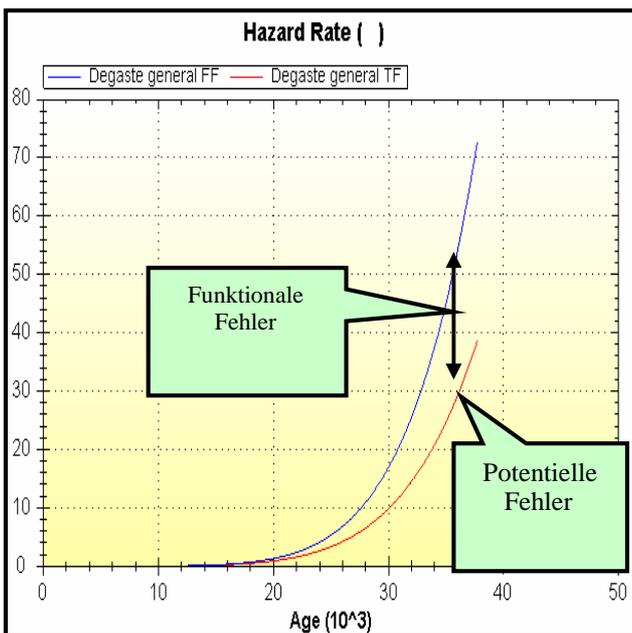
# Case Studies

Als nächstes war das Kraftwerk in der Lage, Zuverlässigkeitsanalysen durchzuführen und konnte eine klare Verbindungen zwischen dem Arbeitsalter der Komponente, seiner Beschaffenheit und der Fehlerwahrscheinlichkeit feststellen.

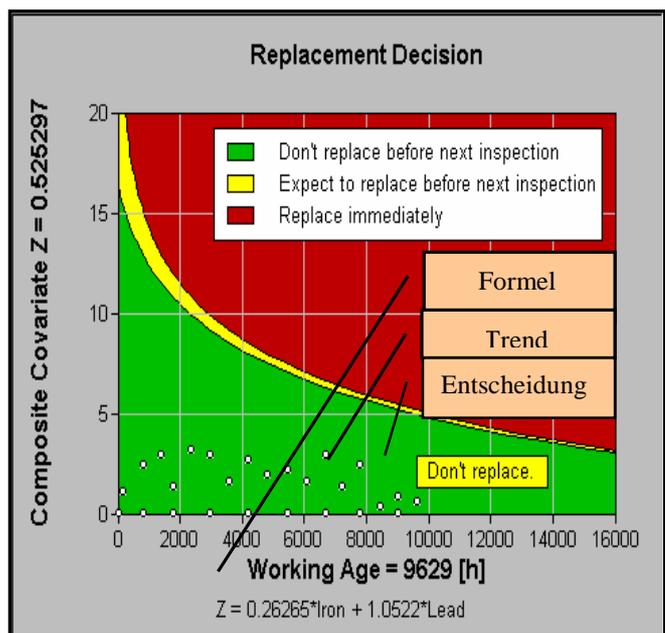
Das befähigte sie, ihre statistischen und historischen Arbeitsaufträge in eine umfangreiche Datenquelle für Instandhaltungs- und Zuverlässigkeitsverbesserung umzuformen. Unter Anwendung der REWOP - Prinzipien analysiert das Kraftwerksteam nun seine Instandhaltungsdaten, um „intelligente“ Informationen bezüglich der Effizienz der augenblicklichen Instandhaltungspraktiken und – regularien zu generieren.

Einen weiteren Vorteil sieht das Kraftwerk darin, dass diese Prozeduren Büroarbeiten reduzieren und zur selben Zeit, als Ergebnis guter Zuverlässigkeit, die Leistung der Anlagen steigern.

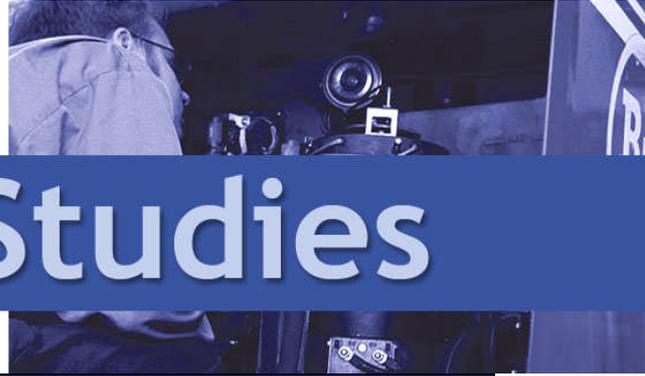
Bei der Untersuchung bis zu welchem Grad Änderungen für diese Verbesserungen nötig sind, stellte das Kraftwerk fest, dass die einzige wesentliche Anforderung für den Einsatz von REWOP die war, dass das Instandhaltungspersonal (einschließlich Technikern, Planern, Ingenieuren und Führungskräften) Standard RCM Terminologie benutzen, um ihre Beobachtungen vor Ort auf dem Arbeitsauftrag festzuhalten. Das Ergebnis daraus war der große Vorteil, dass nun jeder die gleiche Sprache sprach.



REWOP Fehlergrafik



EXAKT Fehlerwahrscheinlichkeitschart



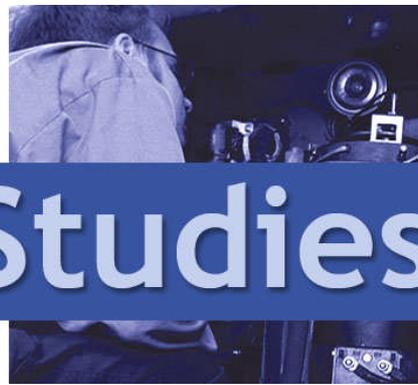
# Case Studies

## Nächste Schritte:

Auf den Ergebnissen dieser wichtigen Arbeit basierend, wertet das Kraftwerk seine neuen Erfahrungen nun so aus, dass ein Aktionsplan für weitere Instandhaltungsverbesserungen gebildet werden kann. Dieser beinhaltet:

1. Einfache, effektive Dokumentationsstandards und Prozesse, die gute und vollständige Daten auf dem Arbeitsauftrag fördern, werden eingeführt.
2. REWOP und seine Methodik wird vollständig eingeführt.
3. RCM Sprache wird in die tägliche Arbeitsauftragsdokumentation eingeführt.
4. Die Qualität der wachsenden „Basiskennntnis für Zuverlässigkeit“ wird gesichert.
5. Der Einsatz von Werkzeugen zur Zuverlässigkeitsanalyse wird in größerem Ausmaß gefördert.
6. Die Ergebnisse der Zuverlässigkeitsanalysen sorgfältig zu messen.

OMDEC dankt Hung Hong und Winston Ip vom „University of Toronto Department of Mechanical and Industrial Engineering“ für ihre Unterstützung.



# Case Studies

## EXAKT verringert Fehler in kanadischer Zellstofffabrik

### Zusammenfassung:

2005 arbeitete das in Toronto beheimatete CBM Lab (Condition Based Maintenance Laboratory) mit einer kanadischen Zellstofffabrik zusammen, um das hohe Auftreten von unvorhergesehenen Fehlern bei einer Gruppe Gould-Pumpen zu untersuchen.

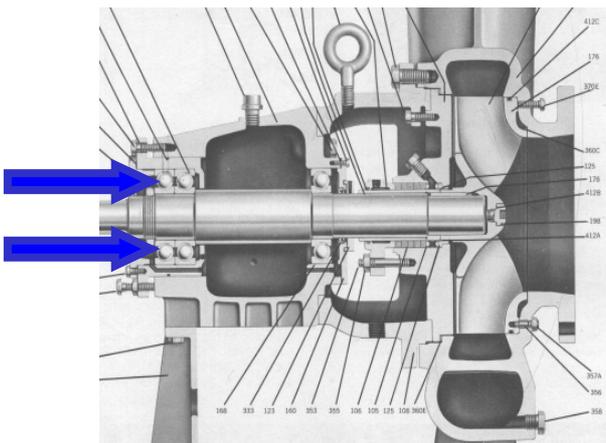
EXAKT, entwickelt vom CBM Lab der Universität von Toronto, ist eine hoch entwickelte Software für Fehlervorhersagen. Bei der Analyse der Pumpenfehler agierte EXAKT als statistisches Entscheidungswerkzeug, um Fehler präzise vorherzusagen und Auskunft zu geben, ob die Anlage ihre Produktion mit den Pumpen noch sicher bis zum nächsten planmäßigen Stillstand fortsetzen kann.

Es ergaben sich vier Verbesserungen:

- Der Pumpenwechsel wurde zeitlich um 7 % verringert → also früher durchgeführt.
- Rückblickend hätte diese Methode zehn von elf wirklichen Fehlern verhindern können.
- Eine Kostenersparnis von über 30 % konnte erreicht werden.
- Die Instandhaltungsingenieure und Vibrationsspezialisten genehmigten beides, EXAKT und den Ansatz – und ebneten so den Einsatz der Software in anderen Bereichen der Fabrik.

Das Management der Zellstofffabrik verfügt nun über ein Softwarewerkzeug, das zuverlässig Fehler in den Anlagen vorhersagt und das „Anlagevermögen“ seiner wichtigsten Maschinen erhält.

### Lerneffekt:



Es wurden drei wichtige Lektionen gelernt:

1. Obwohl sich herausstellte, dass viele der Datenmesspunkte gar keine Indikatoren für zukünftige Fehler waren, entschied sich das Management der Zellstofffabrik dazu, diese dennoch für den augenblicklichen Datensammelprozess beizubehalten, um das „nächst schwächste Glied“ festzustellen und zu beheben.

2. Um eine Strategie für den optimalen Zeitpunkt zum Austausch eines Teiles festzulegen, mussten Fehlerwahrscheinlichkeiten mit den Kosten eines Ausfalls verbunden werden – wichtig sind beide:

Reparaturkosten und Kosten der verlorenen Produktion.

3. EXAKT wurde eingesetzt, um die Verbesserungsarbeit an den Pumpen, mit den immer wiederkehrenden Problemen zu steuern.

## Hintergrund und Zielsetzung:

Die Fabrik produziert jedes Jahr über 300.000 Tonnen Zellstoff. Zellstoff, der für die weiterverarbeitende Papierfabrik bestimmt ist und dort zu Papierhandtüchern, Tissues und ähnlichen Produkten verarbeitet wird. Durch den momentanen Druck auf den Marktpreis für Zellstoff und Papier ist das Hauptziel für die 400 Mitarbeiter, die Kosten zu senken und die Produktion zu erhöhen.

Natürlich war somit die Beseitigung, oder wenigstens eine Reduzierung der Fehlerhäufigkeit der Pumpen ein Hauptanliegen. Das Management suchte aber auch nach einem Weg, den normalen Produktionsdruck von „laufen lassen - gegen - die Kosten eines Fehlers“ in ein Gleichgewicht zu bringen. Das fehlende Glied war ein klares Verständnis der Fehlerwahrscheinlichkeit – dies ist die Aufgabe von EXAKT.

In diesen Situationen werden typischerweise drei verschiedene Arten von Fehlerkosten festgestellt:

1. Die Kosten für eine Reparatur bei einem Ausfall (Schaden an der Anlage, an den Teilen, Notfall- und Überstundenkosten der Belegschaft usw.).
2. Kosten verlorener Produktion durch den Ausfall oder die Verlangsamung der Produktion.
3. Die Kosten für den Reputationsverlust als ständiger und zuverlässiger Lieferant, Sicherheits- und Umweltkosten, mögliche Strafen bei Nichtlieferung. Da es schwierig ist, den Wert dieser Faktoren zu messen, wurde jedoch entschieden, diese Kostenkategorie bei der Kalkulation nicht zu berücksichtigen.

## METHODE:

Die Analyse begann mit einer Aufnahme und Überprüfung der aktuellen Daten auf ihre Vollständigkeit, Konsistenz und Angemessenheit für die Bildung eines Modells. Die untersuchten Einheiten waren Gould 3175 l Pumpen, die 24 Stunden am Tag im Einsatz waren. In Erwartung einer späteren Kapazitätserweiterung (welche nie eintrat) waren die Pumpen absichtlich größer gekauft worden, als zu dieser Zeit notwendig. Um dies auszugleichen, wurden die Pumpen unter dem eigentlich optimalen Effizienzpunkt eingesetzt in dem der Ausgabefluss gedrosselt wurde – dies wiederum verursachte ein großes Gewicht auf den Drucklagern.

Die Historie von 33 Kugellagern an 8 Pumpenorten umfassten 11 Fehler. Für jeden wurden 7 Messungen analysiert – Bänder von 5 verschiedenen Vibrationsfrequenzen, die Ablesung der Gesamtvibration plus die Daten der Lagerbeschleunigung. Um alle wichtigen Geschehensdaten, Beginn der Produktion, Stillstandsintervalle und Fehlerdaten mit einzubeziehen, wurden diese aus der CMMS Datenbank extrahiert.



Aus diesen Daten wurde ein statistisches Model festgelegt, das die Daten der Zustandsüberwachung mit den Daten der tatsächlichen oder potentiellen Fehler vergleicht.

Ein EXAKT Weibull Proportional Hazards Modell wurde entwickelt, um mögliche Beziehungen zwischen den Vibrationsmessungen, den Beschleunigungsdaten und den potentiellen und funktionalen Fehlern der Anlage für jeden Hauptfehlermode zu identifizieren. Das Ergebnis: nur zwei der Variablen waren tatsächlich in der Lage, Fehler vorherzusagen. Obwohl durch das Nicht-Sammeln und Nicht-Analysieren der anderen Daten Zeit und Aufwand eingespart werden könnten, hat sich das

Management entschlossen, diese Daten weiterhin zu sammeln, um noch mehr Zuverlässigkeitsanalysen durchzuführen.

Unter Berücksichtigung der Firmenschätzung, bei der es ein durchschnittlichen Verhältnis von 3,2:1 zwischen den Stillstandskosten und den vorbeugenden Austauschkosten, plus der Fehlerwahrscheinlichkeit, verbunden mit jeder signifikanten Risikovariablen gibt, konnte das EXAKT Entscheidungsmodell die optimalen Bedingungen identifizieren, unter denen die Pumpen laufen sollten. Dieses Modell balanciert die Fehlerwahrscheinlichkeit mit den relativen Kosten von Fehlervermeidung gegen Ausfall aus. Bei jedem neuen Inspektionsdatensatz stellt sich das Modell neu ein und gibt eine überarbeitete, optimale Interpretation der CBM Daten aus.

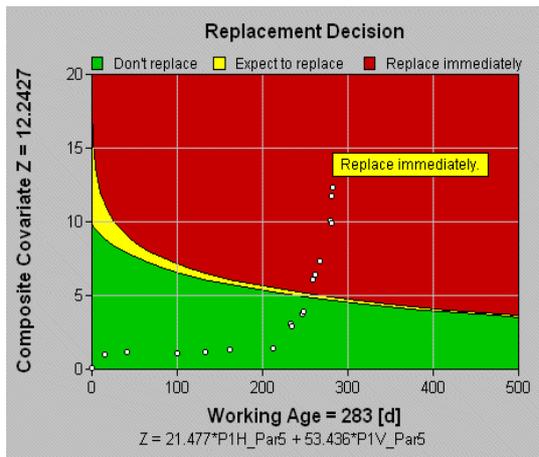
Gelernte Lektion 1: Obwohl nur 2 der 7 gesammelten und analysierten CBM Datenfelder Einfluss auf die Fehlervorhersage hatten, wurde beschlossen, die übrigen Daten weiter zu sammeln, um weitere Zuverlässigkeitsanalysen durchzuführen.

Die Empfehlung von EXAKT resultierte in durchschnittlich 7% weniger ( von 571 auf 529 Tage) vorbeugender Wartung, welches eine spürbare Verlagerung von der Reaktion auf einen Ausfall zu vorbeugender Instandhaltung ermöglichte und Einsparungen von 30 % für diese Störfälle einbrachte.

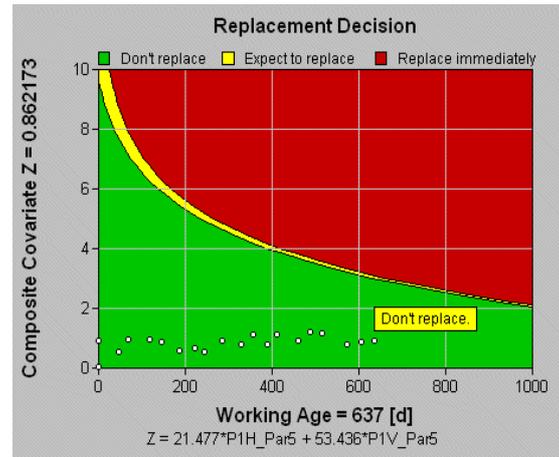
Das vorbeugende Modell von EXAKT beantwortet die Fragen :

1. Sollte die Firma diese Anlage bis zur nächsten geplanten Unterbrechung weiterlaufen lassen?
2. Oder sollte sie vorbeugend vor dem geplanten Stillstand eingreifen?

Gelernte Lektion 2: Die Kombination von Fehlerwahrscheinlichkeit und Ausfallkosten ermöglicht die Wahl des optimalen Austauschintervalls.



Graph A



Graph B

Der oben gezeigte Entscheidungsgraph stellt den augenblicklichen Anlagenstatus und den momentanen Trend dar. Jeder Datenpunkt stellt eine ganze Anzahl von wichtigen CBM Messungen dem Arbeitsalter einer speziellen Pumpe gegenüber. Solange der momentane Wert in der „Grünen Zone“ (dem unteren Teil in Graph B) ist, kann davon ausgegangen werden, dass die Ausrüstung bis zur nächsten geplanten Inspektion hält. Messungen in der „Gefahren-Zone“ (oberer Teil in Graph A) zeigt an, dass die Fabrik Geld verliert, wenn sie die Maschine so weiterlaufen lässt und damit einen Ausfall provoziert – einfach ausgedrückt die Maschine ist für einen Ausfall **„überfällig“**. Zusätzlich wird eine Schätzung des noch zu „erwartenden restlichen Lebenszyklus“ gemeldet – dies ist sehr wichtig für die Instandhaltungsplanung der Ausrüstung. Instandhaltungsmanager haben nun überzeugende Daten in der Hand, um die Produktion anzuhalten, eine vorbeugende Wartung im Notfall vorzunehmen und die teuren Konsequenzen eines kompletten Ausfalles abzuwenden.

Die „Achtung“ Zone (zwischen grün und rot) zeigt an, dass die beste Entscheidung im Moment, die ist, eine Wartung innerhalb des nächsten Inspektionsintervalls vorzunehmen. Die Formel unten auf dem Graphen kalkuliert die ganze Summe von wichtigen beobachteten Variablen, die von EXAKT bestimmt wurden. Die Entscheidungen („sofort ersetzen“ und „nicht ersetzen“ speziell) sind in den Textboxen der Grafik dargestellt.

### Datenqualität:

Gute Fehlervorhersagemodelle hängen von der Datenangemessenheit und der Datenkonsistenz ab. Die EXAKT Methodologie verbindet Inspektionsdaten mit Geschehensdaten und durch strenge statistische Tests wird festgestellt, ob die Daten tatsächlich geeignet sind, um Vorhersagen zu treffen. Somit kann EXAKT das Design von effektiven CBM Programmen leiten.

Gelernte Lektion 3:  
Eine kleine, aber wichtige Veränderung im Instandhaltungsintervall ergab eine signifikante Kostenänderung.

Die Analysedatenbank vergrößert sich mit dem weiteren Sammeln von Inspektions- und Geschehensdaten. Demnach werden immer bessere Entscheidungen möglich und die Sicherheit wächst ständig. EXAKT misst und meldet ein "Vertrauenslevel" mit dem die Daten interpretiert werden. Daher werden die vorbeugenden Modelle ständig aktualisiert, wenn neue Daten hereinkommen. Dies führt dazu, dass die daraus resultierenden "Vertrauenslevel" in einem ständigen und messbaren Verbesserungszyklus beobachtet werden können.

Kurz, die Software kontrolliert sich selbst!

#### Weitere Schritte:

Mit dem Erfolg dieses Programms plant das Management, die Fabrik mit maximaler Leistung zu fahren. Durch die Anwendung von EXAKT bei der Entscheidung, ob die Pumpen und andere Maschinen ausgetauscht werden müssen, kann sich die Fabrik darauf konzentrieren, Produktionsverluste auf ein Minimum herunterzufahren und somit Kosten zu verringern. In der momentanen Marktlage gilt „weniger Kosten sind das A und O“. Zur gleichen Zeit erkannte man, dass bereits kleine Änderungen im Informationsmanagementsystem sicherstellen können, dass die Daten für eine Analyse verfügbar sind und zwar ohne einen zeitraubenden CMMS Datenreinigungsprozess.

#### Ergebnisse:

1. Bis zu 30 % Kostenreduzierung wurde erreicht!
2. EXAKT bildete erfolgreich Entscheidungsmodelle zur Fehlervorbeugung und testete diese bei den Pumpenfehlern bis zu einem „Vertrauenslevel“ von 95%!
3. Es wurden Zustandsdaten gefunden, die nur wenig bis gar keinen Nutzen für die Fehlervorbeugung brachten; trotzdem wurden diese beibehalten, damit sie eventuell bei weiteren Zuverlässigkeitsanalysen helfen können.
4. Bereits geringe Änderungen im Arbeitsauftragsprozess macht es für den Ingenieur möglich, die wichtigsten „wie vorgefundenen“ Daten für die Analyse zu sammeln, herauszufiltern und diese für die Erstellung eines guten Entscheidungsmodells zur Fehlervorhersage zu verwenden.



# Case Studies

## Cerrejon Coal profitiert von EXAKT

### Zusammenfassung:

OMDEC Inc – eine Softwarefirma mit Sitz in Ontario – hat seine Software EXAKT in einer der größten Kohleminen in Südamerika bei Cerrejon Coal installiert. Das Ziel war die Reduzierung der Fehlerkosten bei 100 der CAT240T LKWs. Durch den Einsatz der statistischen Analyse, die in EXAKT implementiert ist, wurde jeder Fehlermode abwechselnd untersucht und das CBM (Condition Based Maintenance) wurde angepasst. Das Ergebnis war eine Kosteneinsparung pro Fehlermode bis zu 50%, was eine geschätzte jährliche Kosteneinsparung von bis zu 5 Millionen Dollar ausmacht. Zusätzlich hat der Betreiber nun ein Werkzeug, welches präzise Ausrüstungsfehler vorhersehen kann.

Es wurden 5 wichtige Lektionen gelernt:

3. die korrekte Datenerfassung ist kritisch
4. es sollten nur die Daten erfasst werden, die auch wirklich für die eigentlichen Fehler verantwortlich sind
5. für Ölproben gilt der wichtigste Wert als Fehlervorhersage
6. CBM Entscheidungshilfegeräte benötigen ein eingebautes „selbst-kontrollierendes“ System
7. RCM Analysen sind schnell überaltet und benötigen ständige Updates von aktuellen Ergebnissen.

### Hintergrund:



Während die primären Ziele für Cerrejon darin bestanden, die beste Mischung von Instandhaltungsaufgaben zu erreichen, um die Gesamtkosten der Lastwagen und Schaufeln zu reduzieren und die CBM Methodologie zu verbessern, gab es noch andere Ziele:

- a. Geringe Instandhaltungskosten mit hoher Verfügbarkeit zu balancieren.
- b. Dem Management ein Werkzeug für kontinuierliche Verbesserung des CBM Programms zur Verfügung zu stellen.
- c. Eine einfache Methode für die Interpretation der CBM Daten zu entwickeln, um anhaltende Verbesserung zu erreichen UND präzise den nächsten Fehler vorherzusagen.
- d. Einen „sich-selbst-kontrollierenden“ Mechanismus einzubauen, der die Genauigkeit der Vorhersagen und Kosteneinsparungen misst.

- e. Den Arbeitsauftragsprozess so zu modifizieren, dass er die CBM- und Zuverlässigkeitssysteme unterstützt.
- f. Operative-, Geschehens- und Zustandsdaten in einem Entscheidungshilfswerkzeug zu verbinden, um das physikalische Assetmanagement zu verbessern.

## METHODE:

Der Anfang war die Analyse der gegenwärtigen Daten von Cerrejon, um die Durchgängigkeit, Präzision und Angemessenheit der Daten für eine Modelbildung zu untersuchen. Die Berichte von 10 CAT 240T Lastwageneinheiten wurden untersucht, wobei auf die Fehler der Getriebe, Maschinen und Endantriebe geachtet wurde. Typische Maschinenfehler waren allgemeine Abnutzung, Nockenwellenfehler, Getriebezugfehler; wenn die Kraft verringert wurde, allgemeine Kugellagerfehler usw. Die Datenanalyse beinhaltet die Bestimmung des Arbeitsalters der Einheiten bei Schlüsselereignissen, wie Ersatz bei Fehler, vorbeugender Ersatz, Ölproben usw.

Der Großteil der Daten kam aus Mincoms Maintenance Information Management System (MIMS), aber es wurden schnell Lücken in den Berichten gefunden – diese lagen nicht so sehr in der Qualität und Präzision der Daten, sondern mehr im Fehlen einer Prozedur, wie man die nötigen „wie vorgefundenen“ Daten sammelt. Stattdessen wurde schnell ein statistisches Modell bestimmt, welches die „aktuellen“ Daten mit den erklärten Fehlern und potentiellen Fehlergeschehnissen verbindet.

Zu den MIMS Daten wurden die Daten der Ölanalysen dieser Transportfahrzeuge hinzugefügt. Diese Daten zeigten den Mineralanteil und insbesondere die Menge an Kupfer, Eisen, Chrom, Aluminium und Kohle an.

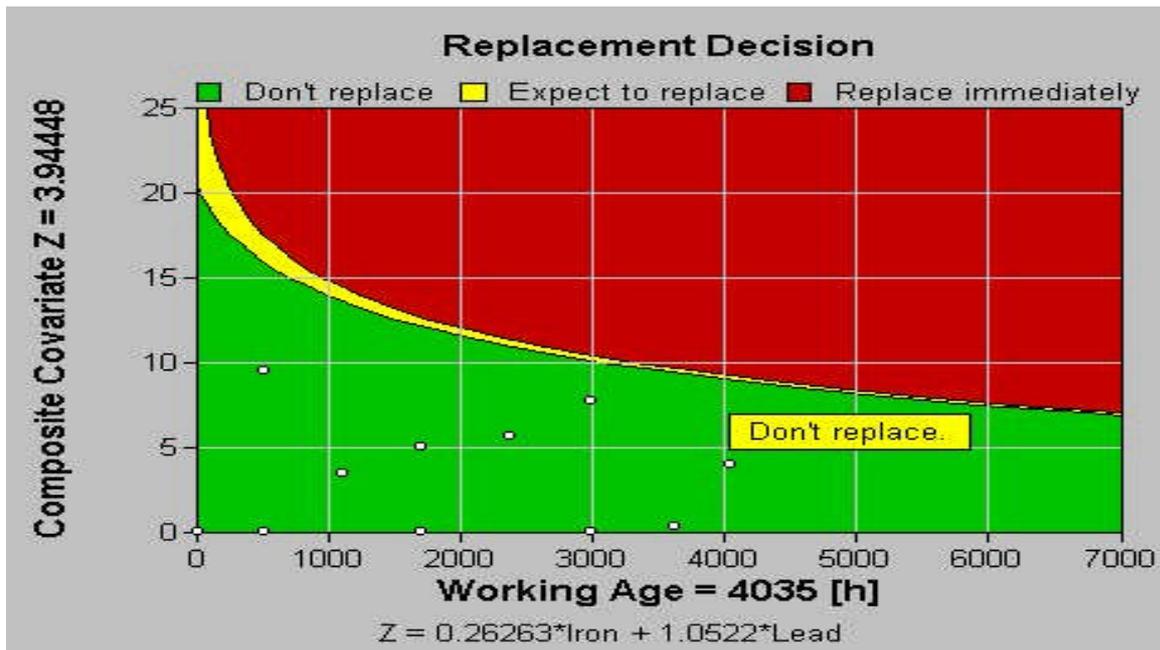
Ein EXAKT Weibull Proportional Hazard Modell wurde entwickelt, um eine mögliche Beziehung zwischen den Komponenten der Ölproben und den potentiellen und funktionalen Fehlern zu identifizieren. Als Ergebnis konnten einige Komponenten als unwichtig für die Fehlerwahrscheinlichkeit eingestuft werden.

EXAKT nutzte Cerrejons Schätzung über das durchschnittliche Verhältnis zwischen Ausfallkosten und vorbeugenden Austauschkosten von 7:1, um ein Entscheidungsmodell zu entwickeln, dass den optimalen Punkt für eine Instandhaltungsmaßnahme bestimmt. Dieses Modell balanciert die Fehlerwahrscheinlichkeit mit den vorbeugenden Reparaturkosten, um die Langzeitkosten zu minimieren. Indem die Instandhaltungsentscheidungen an den tatsächlichen Zustand der Ausrüstung angepasst wurden, konnten spürbare Kosteneinsparungen erwartet werden. Die Einsparungen pro Fehler lagen zwischen 10% und 49%.

Das EXAKT Entscheidungsmodell gibt der Fehlervorhersage die Antwort auf die Fragen – Soll die Ausrüstung bis zum nächsten geplanten Stillstand in Betrieb bleiben? Oder sollten vorbeugende Aktionen noch vor dem Stillstand eingeleitet werden?

Der EXAKT Entscheidungsgraph zeigt den augenblicklichen Status der Ausrüstung als Punkte in einer Trendlinie. Solange der augenblickliche Wert in der „Grünen Zone“ (dem unteren Feld) liegt, ist davon auszugehen, dass die Ausrüstung bis zum nächsten geplanten Stillstand, der nächsten Inspektion oder Wartung hält. Anzeigen in der „Gefahrenzone“ (dem

oberen Teil des Graphen) zeigen an, dass die Ausrüstung für einen Fehler überfällig ist – somit ist unverzügliche Wartung nötig, um das Risiko eines vollständigen Ausfalls zu beseitigen. Die “Achtungzone” (zwischen Grün und Gefahr) gibt an, dass es am besten ist, die Wartung innerhalb des nächsten Inspektionsintervalls durchzuführen. Zusätzlich wird die “ zu erwartende restliche Lebensdauer” angezeigt – die man für die weitere Instandhaltungsplanung der Ausrüstung braucht. Die Formel am Fuß des Bildes zeigt die Formel die EXAKT berechnet, während die Schlussfolgerung (“Nicht ersetzen”) im Textfeld angezeigt wird.



### Datenangemessenheit:

Datenangemessenheit und Datendurchgängigkeit sind immer das Problem, wenn Modelle zur Fehlervorhersage gebildet werden. Um die Qualität der Fehlervorhersage zu verbessern, müssen bessere und durchgängigere Daten gesammelt werden. Die EXAKT Methode berechnet die statistischen Zuverlässigkeitslevel, die in das Modell eingebettet sind; Zuverlässigkeitslevel unter 95% erfordern mehr Daten oder mehr Durchgängigkeit der Daten. Mit einem 95% Zuverlässigkeitslevel (d.h. kein Fehler vor dem nächsten Stillstand) kann der Betrieb davon ausgehen, dass in 19 von 20 Fällen die Produktion erfolgreich beendet werden kann.

Alle neuen Daten, die durch die ständige Produktion gesammelt werden, werden später automatisch in die letzten EXAKT Ergebnisse einberechnet. Wenn die Datenmenge wächst, wird das Modell automatisch auf den letzten Stand gebracht und die sich daraus neu ergebenden Zuverlässigkeitslevel werden weiter beobachtet.

Zum Schluss hat EXAKT's „living RCM“ die wirklichen Fehlermodes mit Cerrejons RCM Analyse abgeglichen. Die Verwendung der neuen Fehlermodes und Geschehnisse hat die RCM Analyse in großem Maße verbessert. Der EXAKT Reliability Engineering Workbench Optimizer (REWOP) hat dazu beigetragen, dass die RCM Daten mit den EAM Daten verbunden wurden – diese Ergebnisse wurden nun noch mit dem MIMS Prozess verbunden, was nun einen anhaltenden Verbesserungsprozess ergibt. Auf die RCM Analysen kann nun einfach zugegriffen werden, und diese können nun leicht auf den neuesten Stand gebracht werden, um die neuesten Ergebnisse der tatsächlichen Produktion und Instandhaltung anzuzeigen. REWOP wird in der Instandhaltung genutzt, um die RCM Wissensdatenbank mit neuen Fehlern, deren Auswirkungen usw. auf den neuesten Stand zu bringen.

## Ergebnisse:

5. Es wurden erhebliche Kosteneinsparungen von 10% - 49% erreicht.
6. Es wurden erfolgreiche EXAKT Fehlervorhersagen und Entscheidungsmodelle entwickelt und für eine Anzahl von Fehlermodes bis zu einem Zuverlässigkeitslevel von 95% getestet.
7. Es wurde ein „sich selbst-kontrollierendes“ CBM Programm eingesetzt, das kontinuierlich die Verbesserungen in der Genauigkeit des Modells prüfte.
8. Es wurden einige Zustandsdaten gefunden, die nur von geringem oder gar keinem Wert für die Fehlervorhersage war; deren Analyse- und Erfassungskosten konnte eingespart werden.
9. Kleine Änderungen im EAM Prozess wurden nötig, um REWOP zu integrieren; dies veranlasste die Erfassung von Schlüsseldaten im „wie vorgefundenen“ Bereich.
10. Ein ständiges Erneuern der RCM Analysen mit aktuellen EAM Ergebnissen ist absolut notwendig, um RCM lebendig und relevant zu halten; REWOP hat EAM mit RCM erfolgreich verbunden.



# Case Studies

## Fehlervermeidung bei Freileitungen durch EXAKT und Wetterdaten

### Zusammenfassung:

In diesem Projekt betreibt der Omdec Kunde ein ausgebreitetes Freileitungsnetz über der Erde, um Gewinne für seine vielen Kunden zu erzielen. Versorgungsstörungen sind nicht nur teuer zu reparieren und führen zu Gewinnverlusten, sie führen auch zu einem schlechten Image. Es wurden zwei Hauptfehlerursachen im Netzbereich gefunden – Versagen der Ausrüstung, und Bäume, die auf die Leitungen fallen. Omdec hat sich in diesem Fall auf das Problem der Schäden durch fallende Bäume oder Äste konzentriert. Man wollte herausfinden, ob es möglich ist, durch den Einsatz von EXAKT, Wetterdaten mit auftretenden Fehlern in Verbindung zu setzen und ein Modell zur Fehlervorhersage zu erstellen. Der Zweck des Modells ist nicht so sehr, den Fehler zu verhindern (schlechtes Wetter zu verhindern ist auch für EXAKT leider nicht möglich!), sondern der Betreiberfirma eine schnelle und kostengünstige Antwort auf einen bevorstehenden und einen aktuellen Fehler zu geben. Das Projekt bietet zwei Lösungsansätze – erstens anhand der Analyse der Wetterdaten vorherzusagen, wo in Kürze ein Fehler auftreten wird und in diesem Bereich pro-aktiv die Bäume zu schneiden, und zweitens eine schnelle Möglichkeit zur Reparatur an den wahrscheinlichsten Problempunkten, um die eventuell entstehenden Fehlerkosten einzuschränken, wenn der Fehler dann auftritt. Man rechnet hier mit jährlichen Kosteneinsparungen in Millionenhöhe.

### Hintergrund und Ziele:

Das Freileitungsnetz des Unternehmens ist extrem weit ausgebreitet und liefert an Kunden in einem großen Einzugsgebiet. Für die Freileitungen wurden etliche Fehlerarten identifiziert, wobei Ausrüstungsfehler und Bäume/Äste, die auf die Kabel fallen, 60 % der Störungen ausmachten. Die Reparaturkosten sind extrem hoch – oft verursacht durch das schlechte Wetter, welches ein wichtiger Fehlergrund ist, aber auch durch die oft sehr abgelegenen Orte, an denen die Fehler auftreten. Natürlich fallen mehr Bäume in einer sehr bewaldeten Gegend um – und diese ist deshalb meistens auch sehr abgelegen.

Das Unternehmen hat über drei Jahre Ablesungen, die in Beziehung zu Fehlern standen, gesammelt und kam auf Daten von über 100.000 Versorgungsunterbrechungen. Die Daten waren nach Ort, Dauer, Reparaturstunden und Schweregrad in Bezug auf wie viele Kunden betroffen waren, geordnet. Zur gleichen Zeit standen Daten von Wetterstationen zur Verfügung, die über die Häufigkeit und Schwere der Wetterbedingungen berichteten, bei denen erwartet werden kann, dass sie die Fehlerhäufigkeit beeinflussen.

Durch die Verbindung der Fehlerdaten mit dem Ort des Fehlers und den Wetterkonditionen verfolgte der Kunde folgende Ziele:

1. festzustellen, welche Wettermuster hauptsächlich den Fehler beeinflussten
2. herauszufinden, ob es eine Verbindung zwischen der Häufigkeit, Schwere und dem Wassertyp gibt, die zur Vorhersage genutzt werden könnte, wo die Fehlerwahrscheinlichkeit am Größten ist – um so das Fehlerausmaß durch einen pro-aktiven Baumbeschnitt zu verringern.
3. Die gleiche vorhersagende Methode zu gebrauchen, um eine schnelle Einsatzmannschaft zu den wahrscheinlichsten Problemorten bei unerwartetem schlechtem Wetter zu senden.
4. festzustellen, ob ein nennenswerter Anstieg bei der Kundenzufriedenheit und der Kostenreduktion erreicht werden könnte.

## Methodologie:

Durch die riesige Menge an zur Verfügung stehenden Daten war der erste Schritt auf eine Datenreduktion und Zusammenfassung gerichtet. Kabel wurden in Kapazitätskategorien unterteilt, Sonstiges (z.B. die, die ohne Fehler aus dem Service genommen wurden) wurde entfernt, geografische Gegenden mit ähnlichen Operations- und Wetterbedingungen wurden skizziert. Auf drei Gegenden mit häufigen Unterbrechungen lag das Hauptaugenmerk des Projektes, zwei Gegenden mit leichteren Unterbrechungen dienten als Kontrolle.

Jeder Fehler dieser 5 Bereiche wurde verfolgt – das Ergebnis dieses Prozesses ergab eine Ereignistabelle. Diese ordnet das Datum und die Natur des Fehlers (die Fehlerart) und fasst zusammen, ob es sich um einen

- funktionalen Fehler (z.B. eine Unterbrechung des gewünschten Services),
- einen potentiellen Fehler (ein Zustand, der, wenn er nicht korrigiert wird, in einen funktionalen Fehler übergeht) oder
- Sonstiges (wird aus anderen Gründen aus dem Service genommen – diese müssen aus dem Fehleranalyseprozess herausgenommen werden) handelt.

Als nächstes wurden die Wetterdaten untersucht; Wettervariablen wie Windgeschwindigkeit und Windrichtung, Schneefälle, gefrorener Regen, Stürme, Feuchtigkeit, Temperatur und Druck wurden als potentiell wichtig eingestuft. Techniken zur Mengenreduzierung wurden angewandt, um die Daten in brauchbare Pakete zusammenzufassen – stündliche und tägliche Daten wurden in aussagekräftige wöchentliche Daten umgewandelt; mehrfache aktuelle



Wind- und Temperaturablesungen wurden zu „max, min und Durchschnitt“, plus die Anzahl der Anstiege oder Abfälle. Und so weiter.

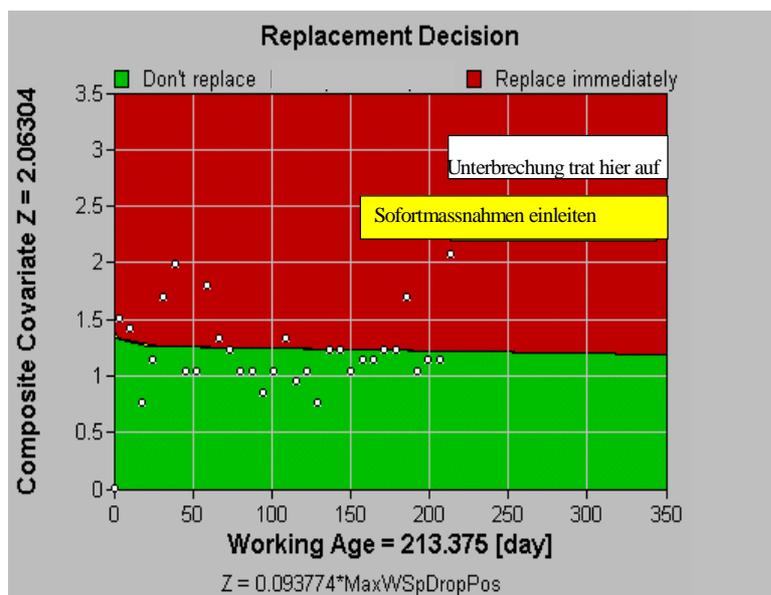
Auf diese Daten hat EXAKT dann das „Proportional Hazards Modeling“ (PHM) angewandt. Dies ist ein automatischer Prozess, bei welchem die unwichtigen Variablen, die keinen Einfluss auf die Fähigkeit des Modells haben, Fehler vorherzusagen, eliminiert werden können. Wenn man die enorme Anzahl an Variablen bedenkt, hat EXAKT über 700 PHM Wiederholungen durchgeführt, bevor das beste Modell entstand.

Da der Ort und der Kabeltyp von Sektor zu Sektor unterschiedlich war, wurden für verschiedene Sektoren verschiedene Modelle erstellt – aber alle brauchbaren Modelle mussten ein 95% Zuverlässigkeitslevel erreichen (d.h. die Ergebnisse mussten 19 von 20-mal richtig sein)! Ein sehr effektives Modell hat die Windgeschwindigkeit mit der Windrichtung verbunden. Ein zweites Modell beinhaltete die max. Sprünge in der Temperatur und dem Luftdruck. Auf der anderen Seite stellte die max. Temperatur erstaunlicherweise keine wichtige Variante dar.

Die Tatsache, dass verschiedene Modelle für jeden Sektor erstellt werden konnten, stärkte das Projekt, da dies bedeutete, dass die Instandhaltungsstrategie für jeden Sektor individuell angepasst werden konnte. Alle Daten, die für die vielen Modelle gebraucht wurden, wurden aus einer einzigen Datenbank gezogen, wobei EXAKT die Aufgabe übernahm, die Daten den speziellen Modellen zuzuordnen.

## Ergebnisse:

Das sofortige Ergebnis für den Kunden ist eine Reihe von EXAKT Graphen, die – für jeden Sektor der Freileitungsabschnitte - einen Einblick gewähren, wo die Probleme sind und bald sein werden.



In diesem Beispiel des Ergebnisgraphen war die Schlüsselvariable der Abfall in der max. Windgeschwindigkeit, und dies bot eine verlässliche Vorhersage von Fehlern für den Sektor, für den dieses Modell berechnet worden ist. Die gepunktete Linie zeigt den Ausschlag der Variablen in dem Modell und die zusammenfassende Nachricht aus diesem Modell heißt, dass sofort ein Instandhaltungsteam vorbereitet werden muss (und tatsächlich trat eine Unterbrechung innerhalb von

ein paar Tagen nach der Warnung ein).

Solange die aktuellen Daten sich in der grünen Zone befinden, braucht keine unmittelbare Handlung in Angriff genommen zu werden. Sobald aber die Daten in die rote Zone

übergehen, zeigt das Modell an, dass unmittelbar etwas geschehen muss, um Fehler zu vermeiden.

Die Zuordnung von entstehenden Kosten sind in diesem Modell berücksichtigt worden. Eines der Ergebnisse von EXAKT ist es, die optimale Balance zwischen vorbeugender Instandhaltungstätigkeit und einem Einsatz bis zum tatsächlichen Fehler zu finden. In diesem Fall waren die Fehlerkosten extrem hoch – zwischen 100 und 300 mal höher als vorbeugende Instandhaltungskosten – und manchmal ist diese Spanne noch viel höher. Dieses Kostenverhältnis von 100:1 bis 300:1 anwendend, sagte EXAKT Kosteneinsparungen von 9% bis zu 23% voraus. Diese Einsparungen hätten erzielt werden können, wenn das Modell bei den vorherigen Fehlern angewandt worden wäre. Tatsache ist, dass die Reparaturkosten bei einem einzigen ernsthaften Eissturm das Tausendfache der vorbeugenden Instandhaltungstätigkeit kostet.

Ein weiteres Ergebnis, welches das EXAKT Modell liefert, ist eine Schätzung der verbleibenden Betriebszeit zwischen den Fehlern (Mean Time Between Failure (MTBF)) bei jedem Ausrüstungsgegenstand und Kabel. Wenn man die Daten der Sektoren mit häufigen Unterbrechungen mit den Sektoren mit nur leichten Unterbrechungen vergleicht, ergibt sich ein Durchschnitt des MTBF von 5:1 – das bedeutet, dass die Anzahl von Unterbrechungen in den Sektoren mit häufigen Unterbrechungen fünf mal höher ist als in den Gegenden mit leichten Unterbrechungen.

Eine Kombination dieser Ergebnisse – Fehlervorhersage, Kostenreduktionsmöglichkeiten und MTBF – gibt dem Instandhaltungsteam die Basis, das Management ihrer Assets signifikant zu verbessern.

### Weitere Schritte:

Während das Projekt als voller Erfolg gewertet wurde und die Wetterdaten nun einen Hauptteil des Instandhaltungsplanungsprozesses ausmachen, möchte das Management diesen Prozess durch weitere wichtige, neue Schritte ausdehnen:

1. Bisher wurden nur historische Wettermuster genutzt, um die Fehlerwahrscheinlichkeit in den Sektoren mit häufigen Störungen zu bestimmen. Die gleichen Variablen einzusetzen, aber sie für kurzfristige Wettervorhersagen zu nutzen, ist der nächste Schritt. Dies wird eine noch bessere Vorhersagefähigkeit für vorbeugende Aktionen ergeben.
2. Trotz der großen Datenmenge, die zur Verfügung steht, hat der Kunde EXAKT bisher nur für spezifische, projektbezogene Abfragen der Daten genutzt. Durch die Einführung des neuen REWOP (Reliability Engineering Workbench OPTimizer), existiert nun eine automatische Integration in Datenbanken wie SAP, Ellipse, Maximo, Oracle, Datastream und anderen als auch in die Datenbanken des „condition monitoring“ für Ölanalysen, Vibrationen usw. Dies bedeutet, dass Datenbankabfragen nun nahtlos bedient werden können und die EXAKT Modelle jedes Mal, wenn neue Daten in den Originalarbeitsauftrag und den „condition

monitoring“ Datenbanken eingegeben werden, auf den neuesten Stand gebracht werden. EXAKT ist nun zu einem Online-Werkzeug geworden.

3. Zusätzlich verfügt REWOP über eine große Anzahl eingebauter KPIs (Key Performance Indicators), welche dem Management helfen, die aktuellen Ergebnisse mit ihren Erwartungen zu vergleichen. Daneben existiert eine wichtige „drill-down“ Fähigkeit, die es dem Management erlaubt, Daten vom obersten oder mittleren Level einer Zusammenfassung zu sehen oder bis hinunter zu den eigentlichen Wetter-, Arbeitsauftrags- oder Zustandsdaten zu gehen.