

Strategieoptimierung der Instandhaltung *Theorie und Praxis*

Leoben, 29.-30. September 2021

OMV Refining & Marketing



Die Energie für ein besseres Leben.  OMV

Agenda

- ▶ Aspekte der Instandhaltungsstrategieplanung
- ▶ Bestehende Modelle zur Strategiewahl
- ▶ Exemplarische Darstellung eines Vorgehens- und Entscheidungsmodells zur Strategiewahl
- ▶ Praktische Umsetzung
- ▶ Zusammenfassung

Strategisches Instandhaltungsmanagement

Aspekte der Strategieplanung

- ▶ Zentrale Rolle der Strategieplanung
- ▶ Mix aus Grundstrategien im Konnex zu den Zielen
- ▶ Wesentliche Kriterien für die Strategieentscheidung:
 - ▶ Anforderungen an die Zuverlässigkeit
 - ▶ Information über das Ausfallverhalten
 - ▶ Einflusswirkung auf das Ausfallverhalten
- ▶ Dynamisierung der Strategiewahl entscheidender Faktor
 - ▶ Permanente, iterative Anpassung und Weiterentwicklung der objektbezogenen Strategiekombination
 - ▶ Aktive Anpassung und Festlegung der objektbezogenen Strategiekombination an sich ändernde Rahmenbedingungen

Bestehende Modelle zur Strategiewahl

Kategorisierung

		Anforderungen an die Zuverlässigkeit	Informationen über das Ausfallverhalten	Einflusswirkungen auf das Ausfallverhalten
Fristigkeit der Maßnahmen	langfristig			
	kurzfristig			

Bestehende Modelle zur Strategiewahl

Kritische Würdigung

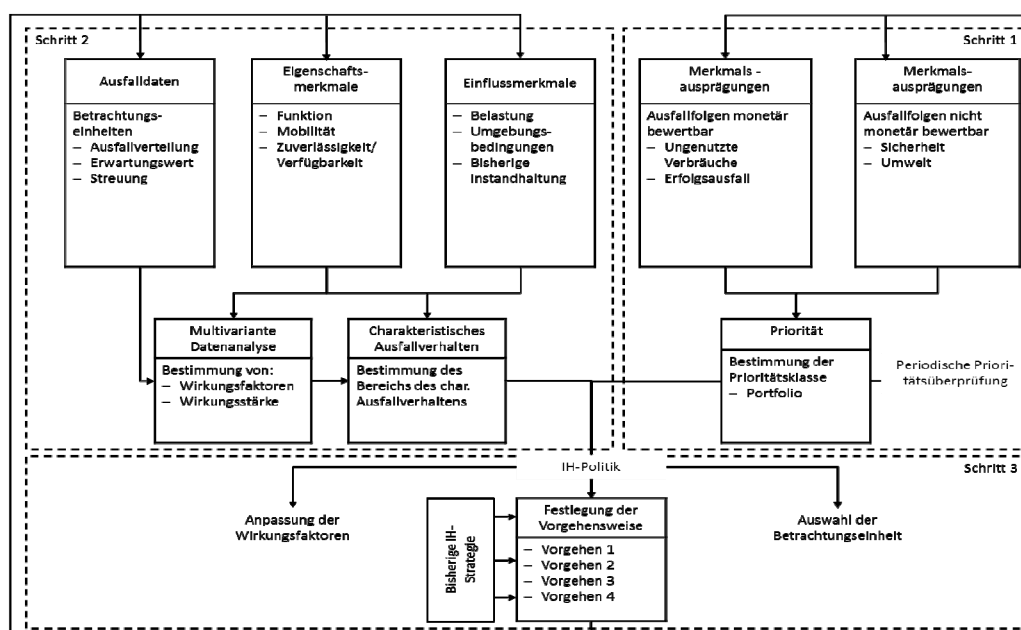
Modellfokus: Festlegung kurzfristiger Maßnahmen zur Zielerreichung der Instandhaltung										Modellfokus: Festlegung längerfristiger Maßnahmen zur Zielerreichung der Instandhaltung									
Auswahlkriterien / Einflusskriterien / Einflusskriterien / Einflusskriterien										Auswahlkriterien / Einflusskriterien / Einflusskriterien / Einflusskriterien									
Differenzierungsmerkmale										Differenzierungsmerkmale									
Zustandsinformation über die BE										Zustandsinformation über die BE									
Ausfallverhalten (Verlauf der Abnutzungskurve)										Ausfallverhalten (Verlauf der Abnutzungskurve)									
Ausfallursachen										Ausfallursachen									
Monetäre Ausfallfolgen										Monetäre Ausfallfolgen									
Nicht monetäre Ausfallfolgen										Nicht monetäre Ausfallfolgen									
Struktur der maschinellen Ausrüstung										Struktur der maschinellen Ausrüstung									
Einflussfaktoren auf das Ausfallverhalten										Einflussfaktoren auf das Ausfallverhalten									
Wirkungsstärke auf das Ausfallverhalten										Wirkungsstärke auf das Ausfallverhalten									
Experteninterview (explizites Wissen)										Experteninterview (explizites Wissen)									
Kodifizierte Daten (implizites Wissen)										Kodifizierte Daten (implizites Wissen)									
Entscheidungstechnik										Entscheidungstechnik									
Fuzzy Logic										Fuzzy Logic									
Analytisch hierarchischer Prozess										Analytisch hierarchischer Prozess									
Rapid Miner										Rapid Miner									
TOPSIS										TOPSIS									
Nutzwertanalyse										Nutzwertanalyse									
Monte Carlo Simulation										Monte Carlo Simulation									
Stochastisches Simulationsmodell										Stochastisches Simulationsmodell									
Markov Ketten Simulation										Markov Ketten Simulation									
Continuous-time jump diffusion model										Continuous-time jump diffusion model									
Dynamic Programming										Dynamic Programming									
Proportional Hazards Model										Proportional Hazards Model									
Parametervariation										Parametervariation									
Warteschlangentheorie										Warteschlangentheorie									
Entscheidungsmodel-le bei CBM										Multikriterienverfahren									
Simulationsmodelle zur Bestimmung des Optimalen Eingriffszeitpunktes bei FTM bzw. CBM										Zuverlässigkeits- und risikoorientierte Verfahren									

5 | OMV Refining & Marketing, Stefan Hölbf, September 2021



Vorgehens- und Entscheidungsmodell

Strategiewahl in der Instandhaltung



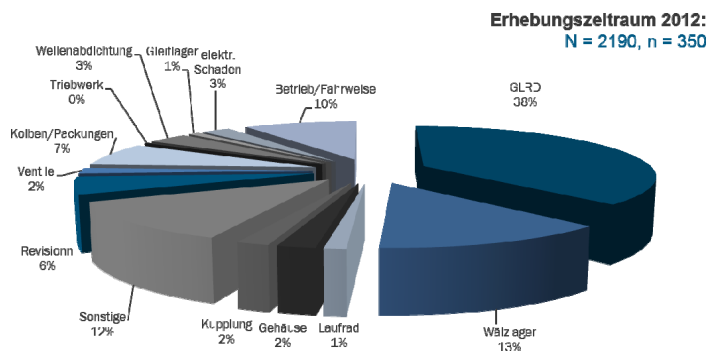
6 | OMV Refining & Marketing, Stefan Hölbf, September 2021



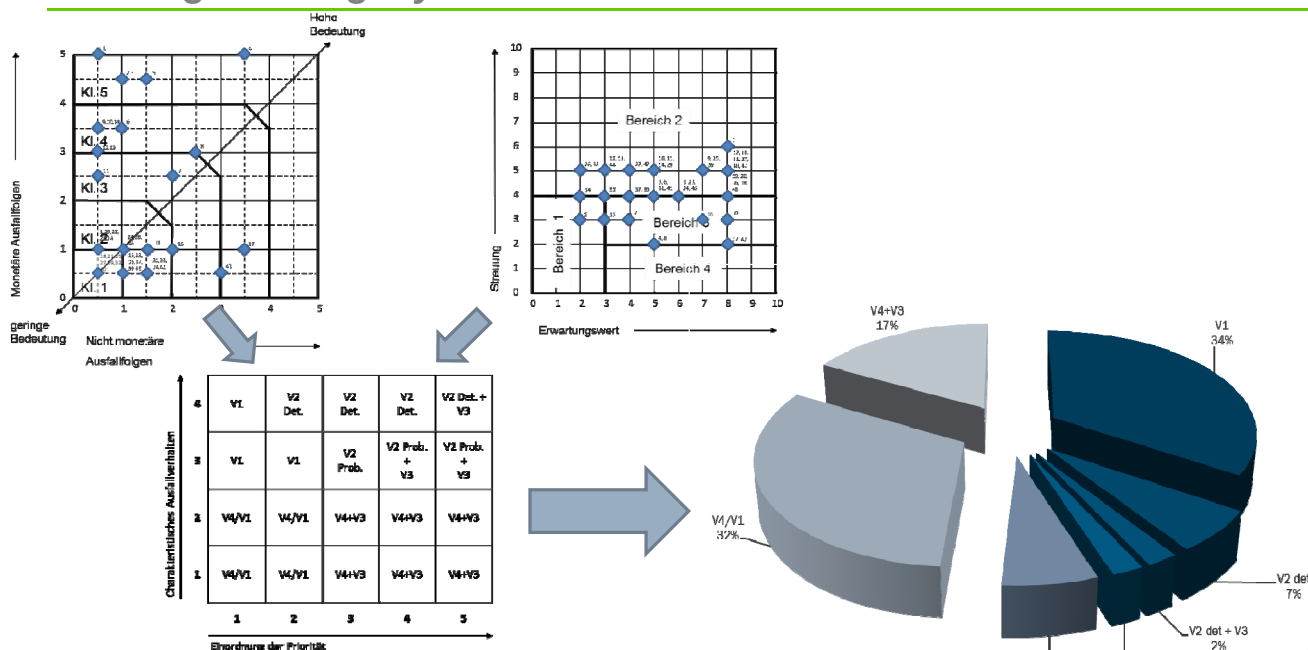
Praktische Umsetzung Gleitringdichtungssysteme

Untersuchte Variablen

- Eigenschaften der Betrachtungseinheit
 - ▶ Leistungsparameter (Fördermenge, Förderhöhe, Antriebsleistung, Temperatur des Fördermediums)
- Einflüsse auf die Betrachtungseinheiten
 - ▶ Fahrweise der Pumpe (Abstand vom Best Efficiency Point BEP)



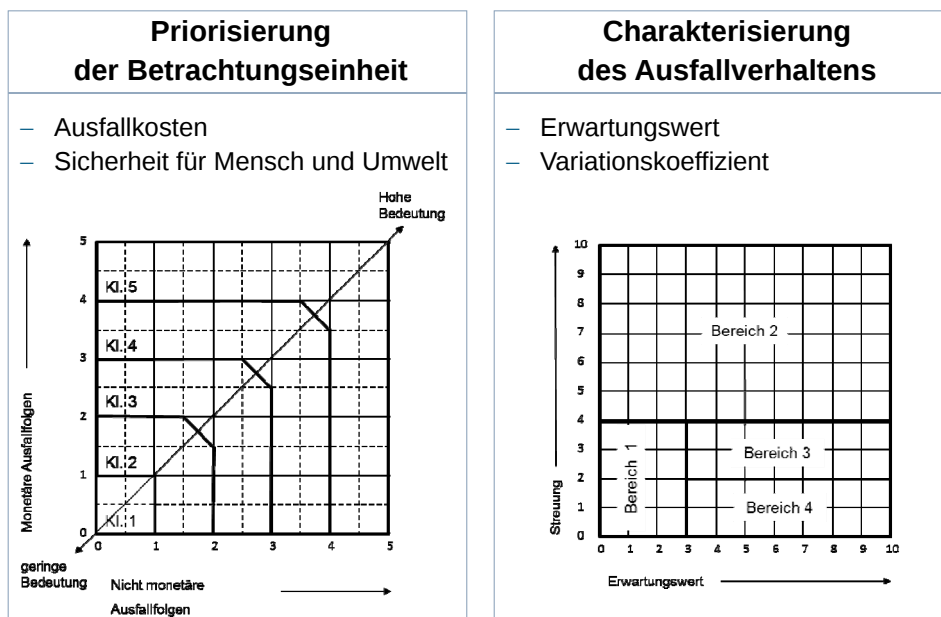
Praktische Umsetzung Gleitringdichtungssysteme



Zusammenfassung

- + Hohe Dynamik der Strategieplanung
 - + Aktive Rolle der Strategieplanung
 - + Quantifizierung der Ursachen- Wirkungsbeziehungen
 - + Mögliche positive Beeinflussung des Ausfallverhaltens
 - + Ableitung des Ausfallverhaltens von Betrachtungseinheiten
 - + Unterstützung bei der Auswahl von Betrachtungseinheiten
 - + Gute Anwendbarkeit auf eine hohe Anzahl an Betrachtungs-einheiten
-
- Großer qualitativer und quantitativer Bedarf an Datenmaterial
 - Aufwand bei der Erstellung der Datenbasis
 - Bestimmung der Ausfallkosten
 - Entwicklungsbedarf der IPSA-und ERP-Systeme
 - Teilweise kulturelle und organisatorische Hindernisse

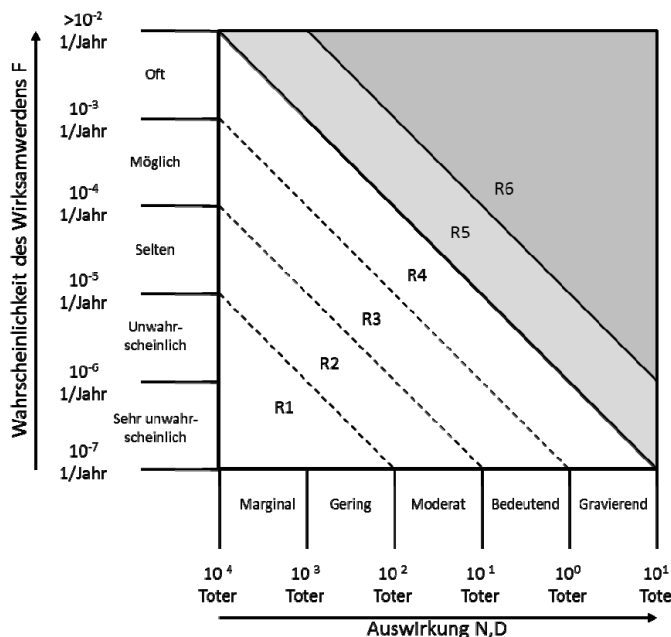
Vorgehens- und Entscheidungsmodell Strategiewahl in der Instandhaltung



Vorgehens- und Entscheidungsmodell

Einstufung der Auswirkung

Ausfallkosten EUR/h	Indexzahl
0-2000	1
2001-4000	2
4001-6000	3
6001-8000	4
>8000	5



11 | OMV Refining & Marketing, Stefan Hölbfner, September 2021



Vorgehens- und Entscheidungsmodell

Einstufung der Auswirkung

	Arbeitssicherheit	Umwelt
Marginal $10^{-4} < N, D < 10^{-3}$	Person in der Belegschaft verletzt, kann aber nach Erste-Hilfe- Versorgung weiterarbeiten. 1 Person in der Belegschaft mit leichter, behebbarer, kurzfristiger Beeinträchtigung.	Leichter, behebbarer Umweltschaden innerhalb der Werksgrenzen. Sanierungsmaßnahmen können notwendig sein.
Gering $10^{-3} < N, D < 10^{-2}$	1 Person in der Belegschaft fällt 1 oder 2 Tage aus. 1 Person in der Belegschaft mit mäßiger, behebbarer, mittelfristiger Beeinträchtigung.	Leichter, behebbarer Umweltschaden außerhalb der Werksgrenzen. Sanierungsmaßnahmen können notwendig sein.
Moderat $10^{-2} < N, D < 10^{-1}$	1 Person in der Belegschaft fällt mindestens 3 Tage aus. 1 Person in der Belegschaft mit ersten Anzeichen einer mäßigen irreversiblen Beeinträchtigung.	Kurzfristiger Umweltschaden in einem begrenzten Bereich außerhalb der Werksgrenzen. Sanierungsmaßnahmen können notwendig sein.
Bedeutend $10^{-1} < N, D < 10^0$	1 Todesfall in der Belegschaft > 3 Pers. vom Werksgelände in ein Spital gebracht. 1 Person in der Belegschaft mit ersten Anzeichen einer schweren irreversiblen Beeinträchtigung.	Mittelfristiger Bedeutender Umweltschaden. Sanierungsmaßnahmen sind notwendig.
Gravierend $10^0 < N, D < 10^1$	Mehrere Todesfälle (>1) in der Belegschaft. Mehr als 6 Personen der Belegschaft in ein Spital gebracht.	Massiver langfristiger Umweltschaden in einem großen Gebiet. Umfangreiche Sanierungsmaßnahmen sind erforderlich.

12 | OMV Refining & Marketing, Stefan Hölbfner, September 2021



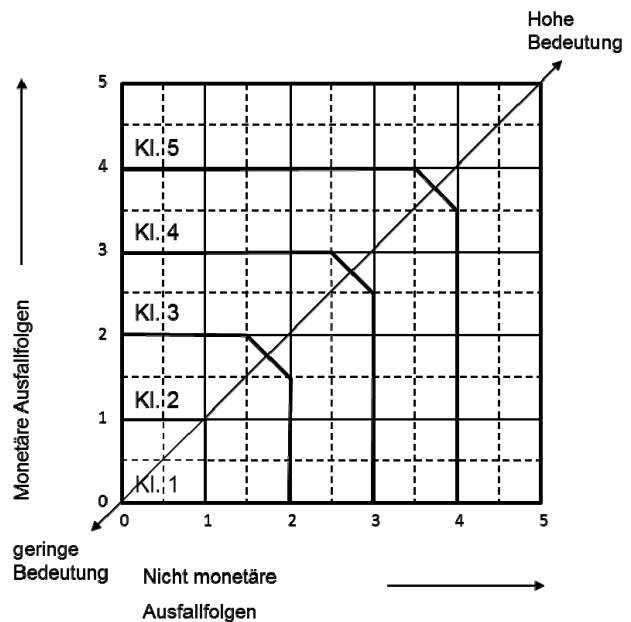
Priorisierung der Betrachtungseinheiten

Portfolio zur Einordnung

- Ausfallkosten =
Ungenutzte Verbräuche (messbar)
+ Erfolgsausfall (kalkulatorisch,
teilw. messbar)
- Nicht monetäre bewertbare
Ausfallfolgen (Sicherheit für
Mensch und Umwelt) über
Risikoeinstufung



Bedeutung der Betrachtungseinheit
für die Instandhaltung



Bestimmung des Ausfallverhaltens

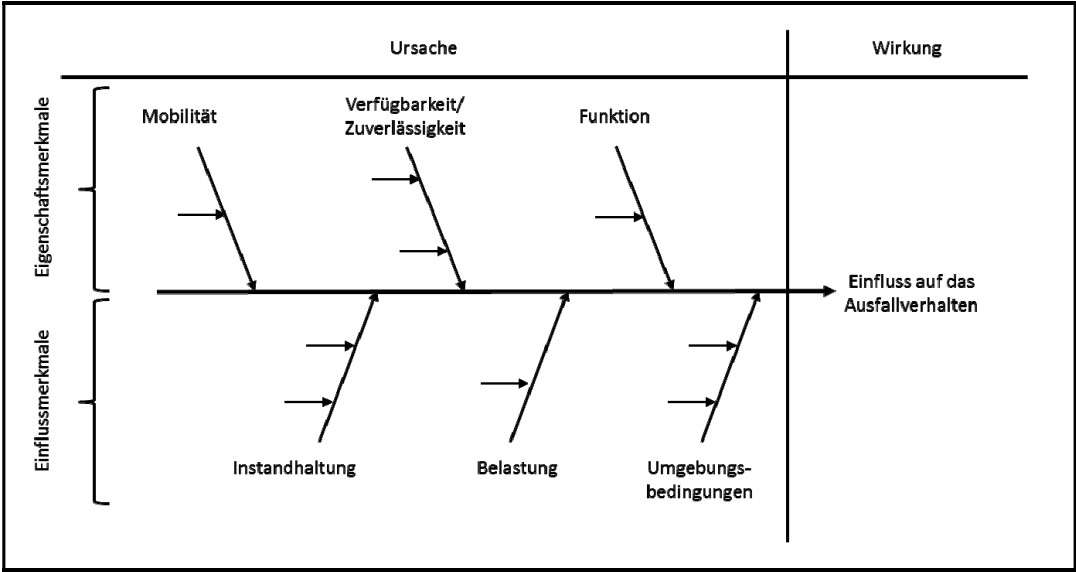
Offenlegung der Wirkungsfaktoren

Bei dem hier vorgestellten Modell wird davon ausgegangen, dass das Ausfallverhalten von Betrachtungseinheiten von bestimmten Faktoren abhängt. Diese Faktoren beeinflussen sowohl den Erwartungswert, als auch die Streuung der Ausfallverteilung von Betrachtungseinheiten. Das Vorgehen gliedert sich in mehrere Schritte:

1. Bestimmung der Einflussfaktoren auf das Ausfallverhalten mittels Klassifizierungsrahmen nach BIEDERMANN (1986), S.196f
→ unabhängige Variable durch Ursache-Wirkungs-Diagramm
2. Auswahl der Betrachtungseinheiten für die Stichprobe
3. Gruppieren von Betrachtungseinheiten
4. Bestimmung von Erwartungswert und Streuung der Ausfallverteilungen der Stichprobe
→ abhängige Variable
5. Ermittlung der Wirkungsfaktoren und deren Wirkungsstärken auf das Ausfallverhalten
6. Charakterisierung des Ausfallverhaltens

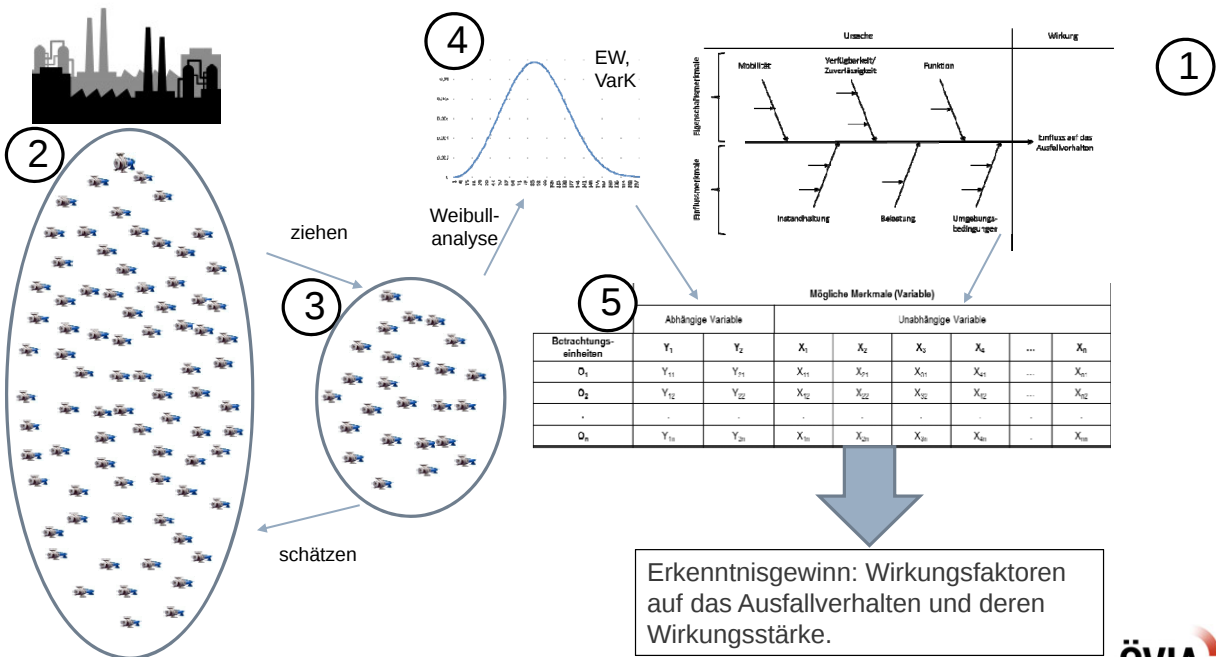
Vorgehens- und Entscheidungsmodell

Einfluss- und Eigenschaftsmerkmale



Einflusswirkung auf das Ausfallverhalten

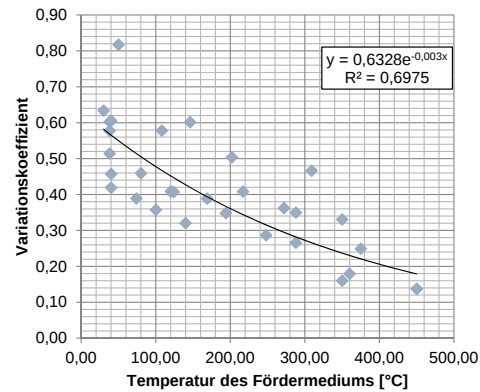
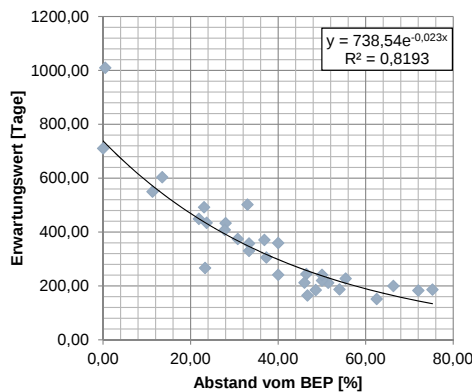
Schematischer Ablauf



Offenlegung der Wirkungsfaktoren

Bestimmung der Wirkzusammenhänge

$$n = 31 ; \alpha_{err\ prob} = 0.1 ; 1 - \beta_{err\ prob} = 0.9$$



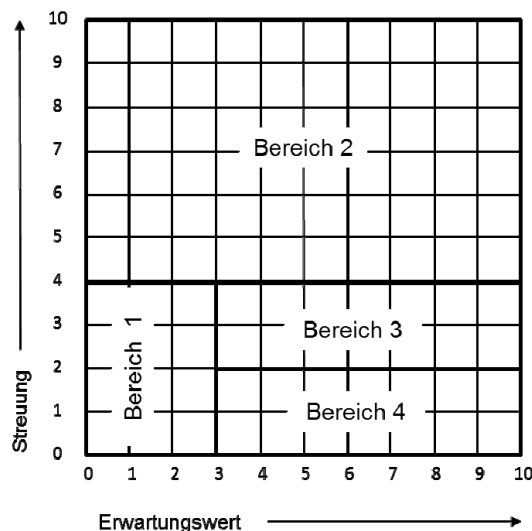
Bestimmung der Wirkzusammenhänge auf das Ausfallverhalten

- ▶ Abhängigkeit des Erwartungswertes auf die Lage des Betriebspunktes
- ▶ Abhängigkeit des Variationskoeffizienten auf die Temperatur des Fördermediums

Charakterisierung des Ausfallverhaltens

Portfolio zur Einordnung

- ▶ Erwartungswert
 - Zeit zwischen zwei Ausfällen
 - Dient als Maß für die Haltbarkeit der Betrachtungseinheit
- ▶ Streuung
 - Maß dafür wie deterministisch Betrachtungseinheiten ausfallen
 - Als Maß dient der Variationskoeffizient



$$VarK(X) = \frac{\text{Standardabweichung}(X)}{\text{Erwartungswert}(X)} = \frac{\sqrt{\text{Var}(X)}}{E(X)}$$

Auswahl der Instandhaltungsstrategie

Verknüpfung von Priorität und Ausfallverhalten

Da die Ausfallcharakteristik der Betrachtungseinheiten durch die Parameter Erwartungswert und Streuung wahrscheinlichkeitstheoretisch beschreibbar ist, kann der Zeitpunkt einer vorzeitigen Erneuerung grundsätzlich mit Hilfe der probabilistischen Strategie bestimmt werden. Diese besagt, dass für die Optimierung des Zeitpunktes eines vorzeitigen Ersatzes ein Minimum der Summe aus Kosten der Betrachtungseinheit pro Nutzungsperiode und dem Erwartungswert der Ausfallkosten anzustreben ist:

$$\frac{EK}{t} + \lambda(t) \times AK \rightarrow \min$$

$\lambda(t)$... Ausfallrate in der Periode

AK ... Ausfallkosten eines Ausfalls während der Nutzungsperiode

EK ... Kosten für den Ersatz der Betrachtungseinheit

t ... Nutzungsperiode an deren Ende vorzeitig getauscht wird

Auswahl der Instandhaltungsstrategie

Verknüpfung von Priorität und Ausfallverhalten

Dabei ist festzuhalten:

1. Je kleiner die Kosten für den Ersatz der Betrachtungseinheit im Verhältnis zu den Ausfallkosten sind, desto früher der optimale Zeitpunkt für einen Austausch.



$EK \ll AK$	Zeitgesteuerte Strategie
$EK \gg AK$	Ausfallsorientierte Strategie

2. Je größer die Streuung der Ausfallverteilung, somit je größer der Variationskoeffizient desto länger die optimale Nutzungszeit.



$Vark \gg 0,4$	Ausfallsorientierte Strategie
$Vark \ll 0,4$	Zeitgesteuerte Strategie

3. Je kleiner der Erwartungswert der Ausfallverteilung, desto geringer die optimale Nutzungszeit, desto höher das Kostenniveau.

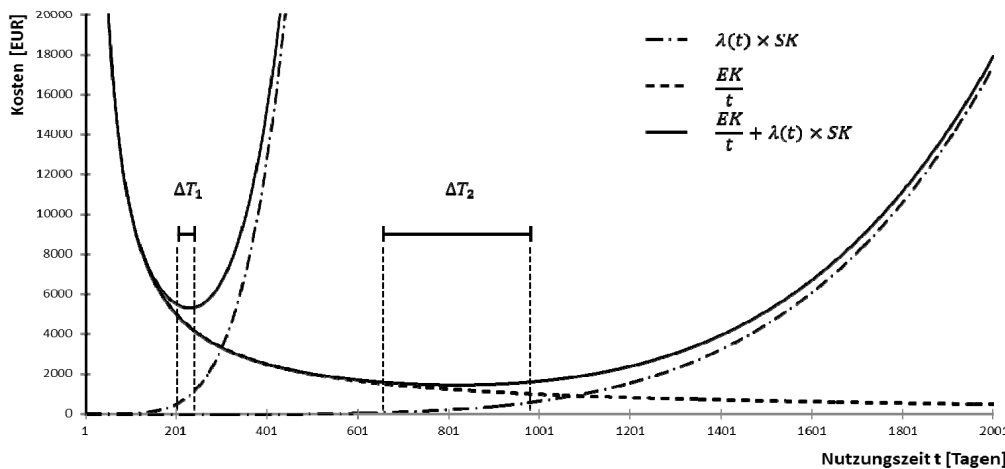


$EW \ll$	Technische Verbesserung
----------	-------------------------

Probabilistische Strategie

Darstellung des Zusammenhangs

Beispiel: AK = 100.000,- EK = 10.000,- EW1 = 250 Tage EW2 = 900 Tage VarK = 0,2 t = 100 Tage



Quelle: Hölbför, S. (2013): Strategiefindung in der Instandhaltung, Effiziente Nutzung der Ressourcen durch die richtige Instandhaltungsstrategie, S.81, in Biedermann H. (Hrsg.): Ressourceneffizientes Anlagenmanagement, 27. Instandhaltungsforum, TÜV Media GmbH, Köln

Auswahl der Strategie

Strategiemix aus vier Normvorgehensweisen

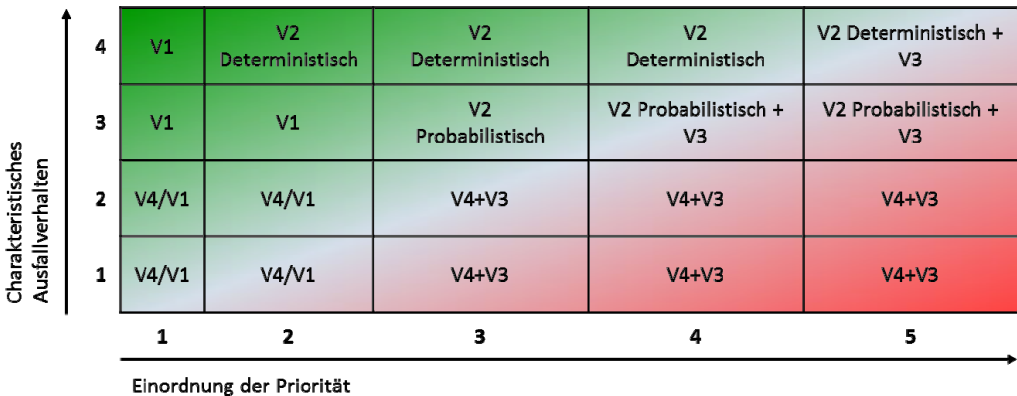
Für die Festlegung der Vorgehensweise für die Instandhaltung in diesem Verfahren sind folgende Einflussgrößen maßgeblich:

- ▶ Charakteristisches Ausfallverhalten
- ▶ Priorität der Betrachtungseinheit

In Abhängigkeit der Priorität und dem charakteristischen Ausfallverhalten ergibt sich der Strategiemix aus vier grundsätzlichen Vorgehensweisen:

- ▶ V1: Ausfallbezogene Instandhaltung der Betrachtungseinheit
- ▶ V2: Vorbeugende Instandhaltung der Betrachtungseinheit
 - Deterministische Strategie
 - Probabilistische Strategie
- ▶ V3: Zustandsorientierte Instandhaltung der Betrachtungseinheit
- ▶ V4: Technische Verbesserung der Betrachtungseinheit

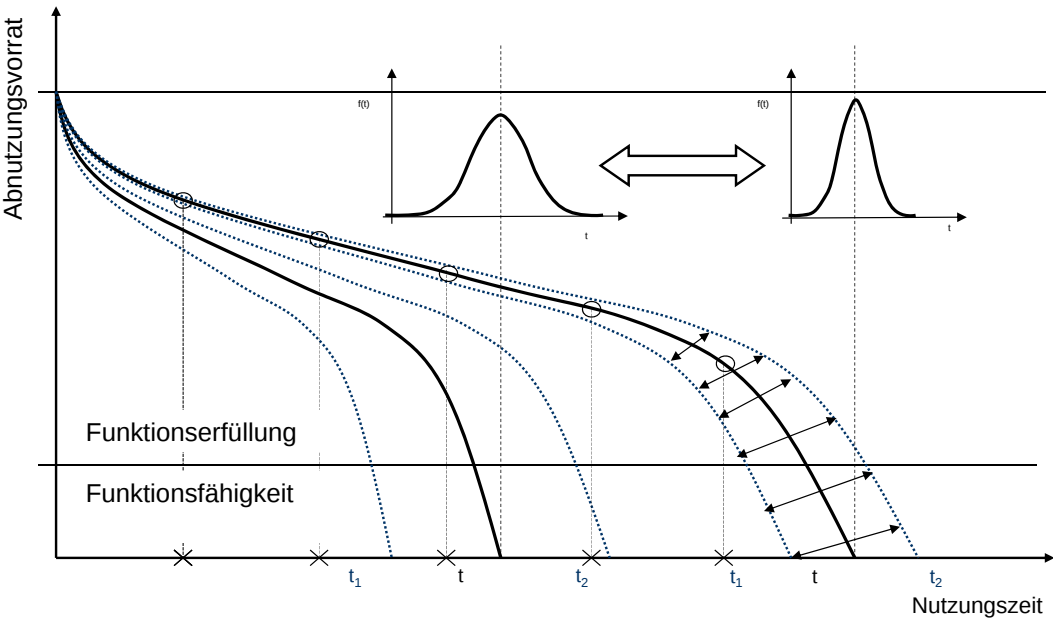
Auswahl der Strategie Portfolio



Festlegung der Instandhaltungsstrategie anhand von

- ▶ charakteristischem Ausfallverhalten
- ▶ Priorität der Betrachtungseinheit

Schlüsselfaktor Ausfallverhalten Beeinflussung durch äußere Einflussfaktoren



Quelle: Hölbfner, S. (2013): Strategiefindung in der Instandhaltung, Effiziente Nutzung der Ressourcen durch die richtige Instandhaltungsstrategie, S.88, in Biedermann H. (Hrsg.): Ressourceneffizientes Anlagenmanagement, 27. Instandhaltungsforum, TÜV Media GmbH, Köln