

**Keep Production in use –  
Instandhaltung in der Circular Economy**  
Instandhaltungstage 2022

Berlin, 06. September 2022  
Prof. Dr.-Ing. Lennart Brumby

## Überblick

**Circular Economy erzwingt neue Zielsetzungen  
in Produktion und Instandhaltung**

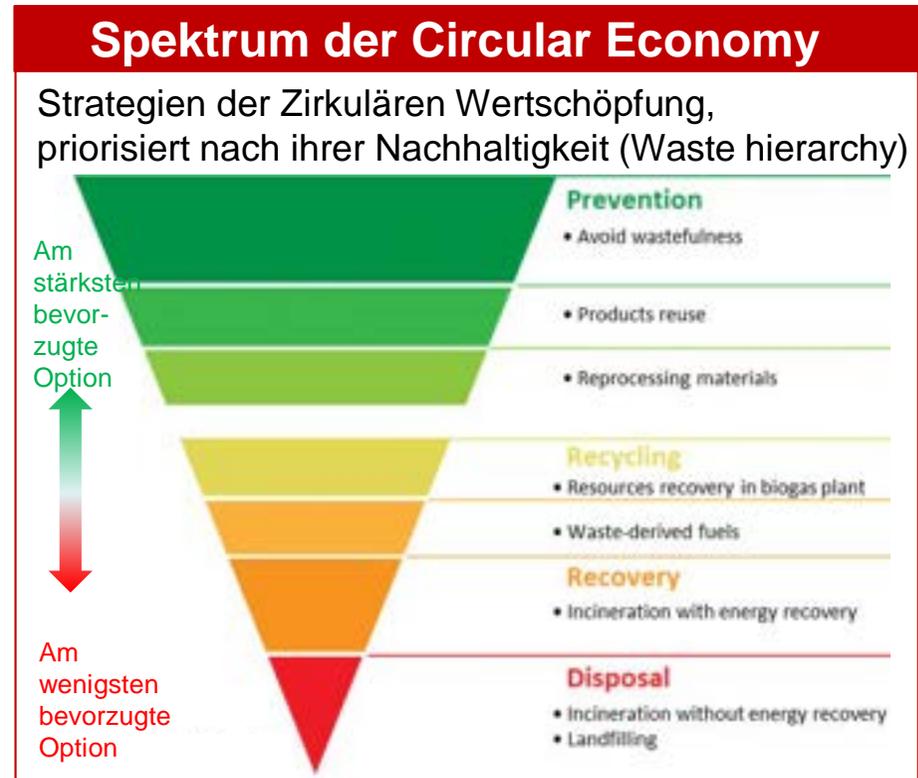
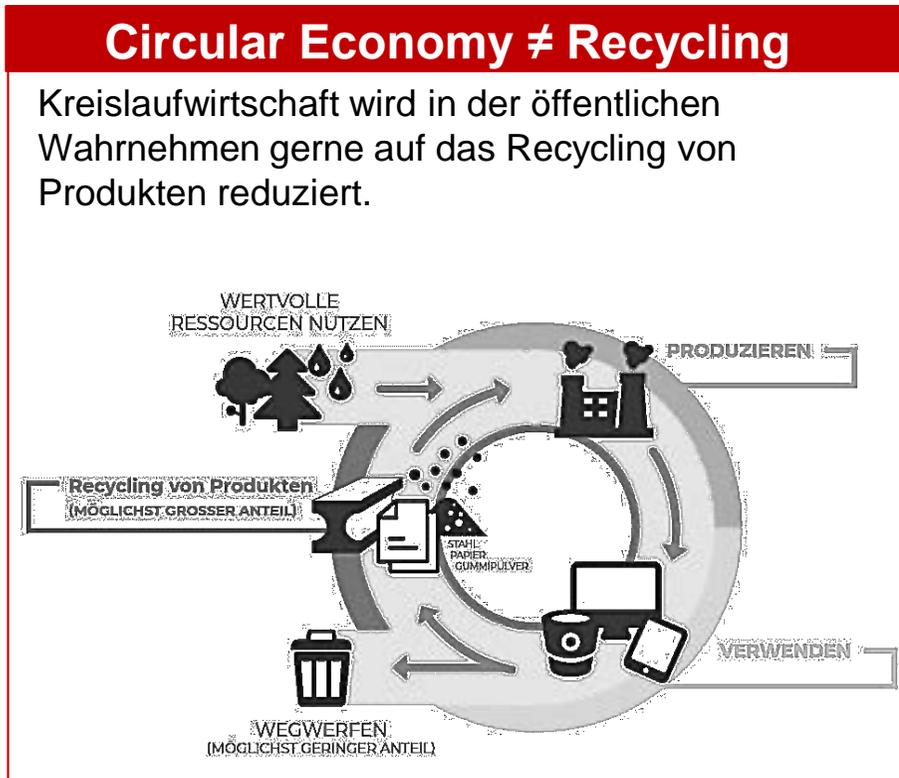
Erweitertes IH-Verständnis mit Maintenance Engineering

Beispiele für Leistungen der Instandhaltung  
für Klimaschutz und Circular Economy

Instandhaltung als Nachhaltigkeits-Einheit

# Spektrum der Circular Economy

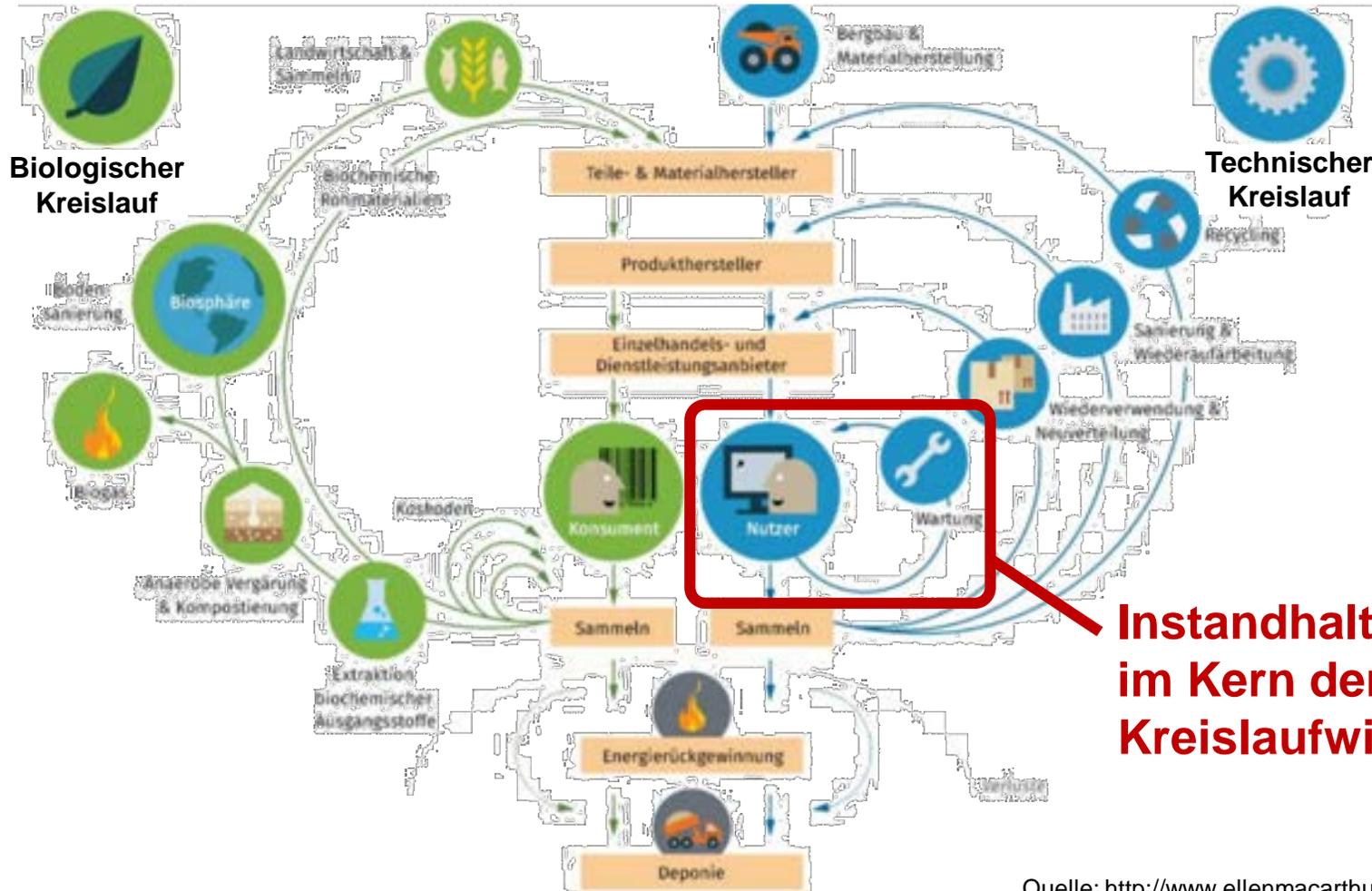
Ziel der Kreislaufwirtschaft (Circular Economy) ist eine **ressourceneffiziente und nachhaltige Verwendung** von natürlichen Rohstoffen, deren Weiter- und Wiederverwertung innerhalb eines **Kreislaufsystems** und die Vermeidung von Abfällen.



Bildquelle: [https://initiative-new-life.de/wp-content/uploads/new-life\\_kreislaufwirtschaft-1.jpg](https://initiative-new-life.de/wp-content/uploads/new-life_kreislaufwirtschaft-1.jpg)

Bildquelle: <https://doi.org/10.1007/s42768-019-00013-z>

# System der Kreislaufwirtschaft



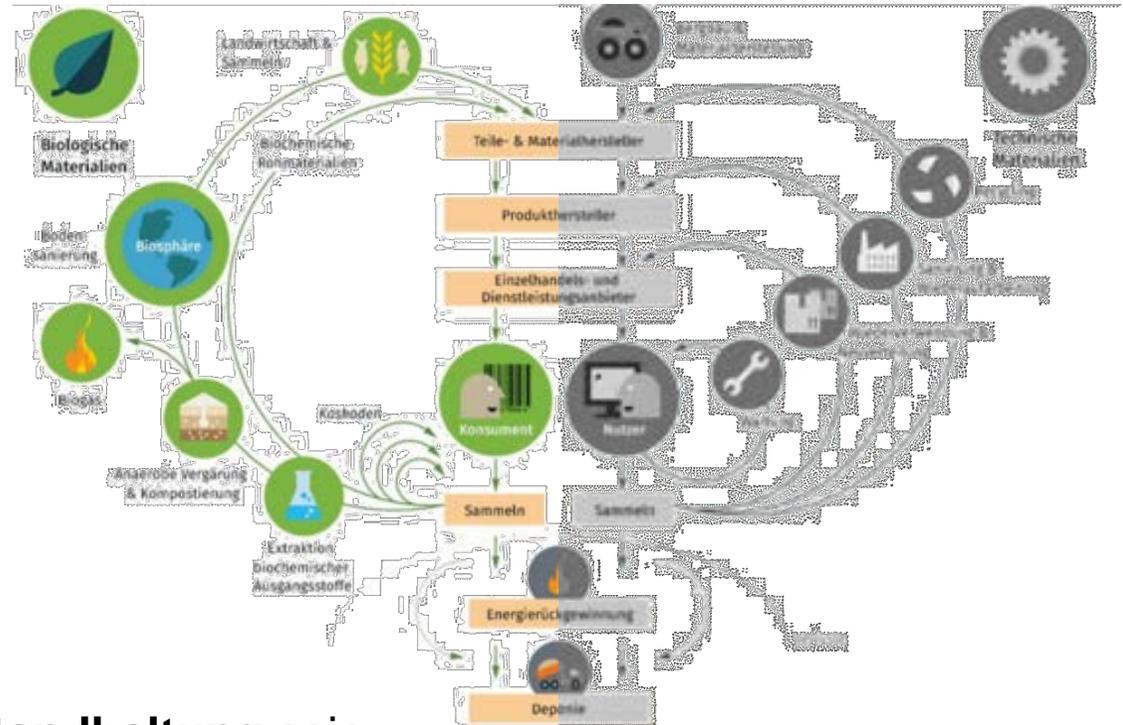
**Instandhaltung  
im Kern der  
Kreislaufwirtschaft**

Quelle: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/>

## Beitrag der Instandhaltung im biologischen Kreislauf

Im Produktionsprozess werden verschiedene Stoffe und Materialien verbraucht:

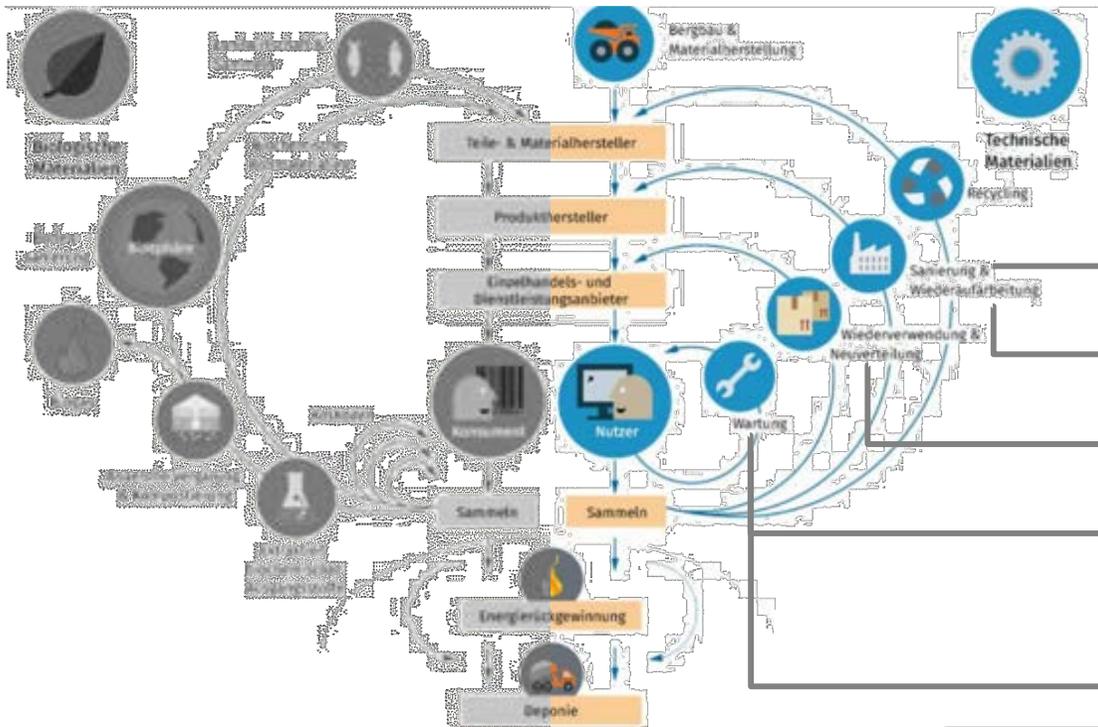
- Kraftstoffe
- Strom
- Druckluft
- Wasser
- Öle und Fette
- ...



Es muss verstärkte **Aufgabe der Instandhaltung** sein, den **Einsatz und Verbrauch** dieser Stoffe und Materialien **systematisch zu reduzieren!**

**Green Services** der Instandhaltung

# Beitrag der Instandhaltung im **technischen Kreislauf**



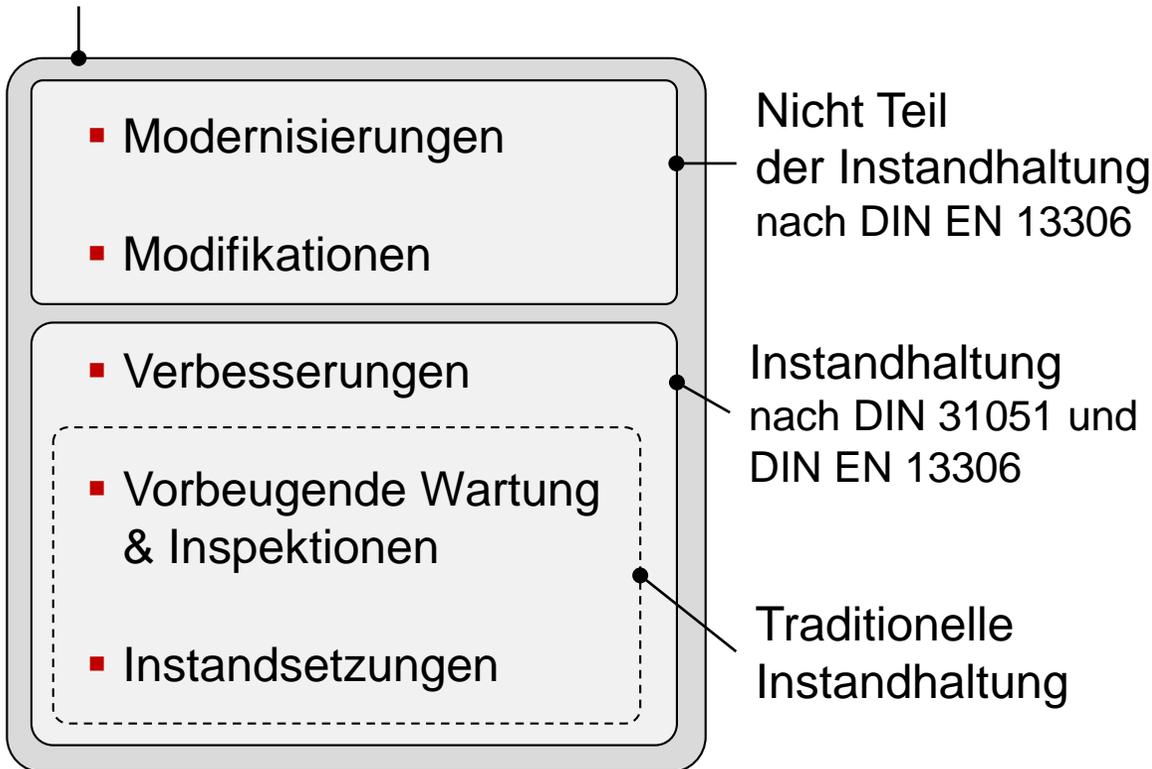
Produkte und Produktionsmittel (Anlagen und Maschinen) sind möglichst lange in betrieb zu halten durch:

- Modernisierungen
- Modifikationen
- Verbesserungen
- Vorbeugende Wartung & Inspektionen
- Instandsetzungen

## Life Cycle Services der Instandhaltung

# Erweitertes Verständnis von Instandhaltung

## Aufgaben des **Maintenance Engineering** nach DIN EN 17666



Im Sinne der Circular Economy ist der Aufgabenbereich der Instandhaltung um **Modernisierungen** und **Modifikationen** zu erweitern.

Die europäische Norm DIN EN 17666 **Maintenance Engineering** beschreibt Methoden und Prozessen, die zur Aufrechterhaltung der erforderlichen Funktionen von Objekten in jeder Phase ihres Lebenszyklus verwendet werden.

## Überblick

Circular Economy erzwingt neue Zielsetzungen  
in Produktion und Instandhaltung

**Erweitertes IH-Verständnis mit Maintenance Engineering**

Beispiele für Leistungen der Instandhaltung  
für Klimaschutz und Circular Economy

Instandhaltung als Nachhaltigkeits-Einheit

# Die neue DIN EN 17666 Instandhaltungsengineering

- Erscheint voraussichtlich 2022
- Beschreibt das Instandhaltungsengineering als eine **Disziplin zur Entwicklung und Unterstützung der Instandhaltung**
- Ziel ist sicherzustellen, dass durch **Beeinflussung der konstruktiven Gestaltung** ein Objekt seine geforderten Funktionen über seinen gesamten Lebenszyklus sicher, nachhaltig und kosteneffizient erfüllen

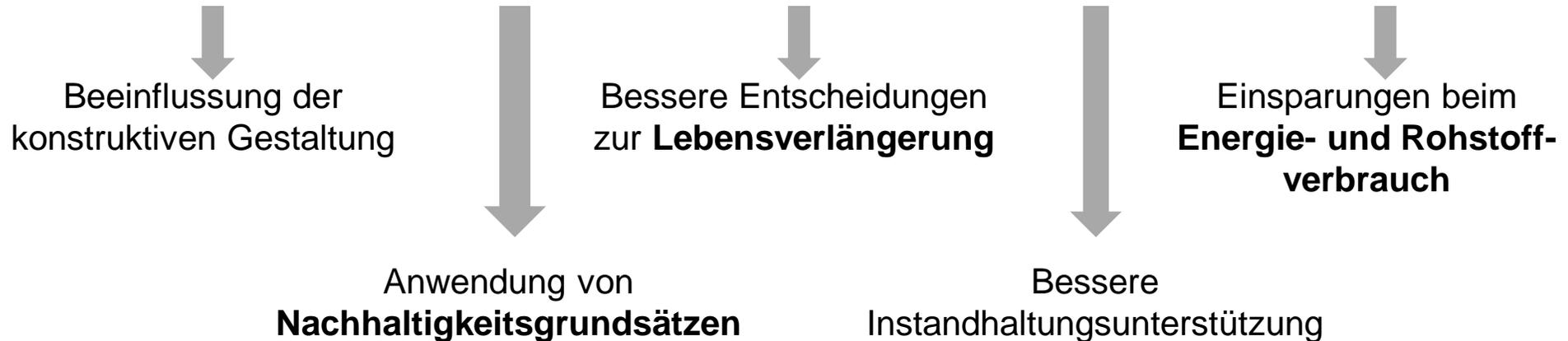
Maintenance - Maintenance engineering - Requirements; German and English version prEN 17666:2021	
Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Einführung.....	5
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe.....	7
4 Symbole und Abkürzungen.....	13
5 Elemente des Instandhaltungsengineerings.....	14
5.1 Grundsätze und Ziele.....	14
5.1.1 Allgemeines.....	14
5.1.2 Fern- und Nahziele des Instandhaltungsengineerings.....	17
5.2 Informationen für das Instandhaltungsengineering.....	17
5.2.1 Anlagentaxonomie.....	17
5.2.2 Datenanforderungen.....	19
5.2.3 Instandhaltungsdokumentation.....	20
5.3 Festlegung der Politik des Ausfallmanagements.....	20
5.3.1 Allgemeines.....	20
5.3.2 Funktionsanforderungen für Betrieb und Instandhaltung.....	21
5.3.3 Ermittlung der Funktionsanforderungen und Ausfallarten.....	22
5.3.4 Entwicklung der Instandhaltungsaufgaben.....	22
5.3.5 Bestimmung der Aufgabenhäufigkeiten.....	23
5.3.6 Korrektive Instandhaltung.....	24
5.3.7 Festlegung der Ersatzteilanforderungen.....	25
5.3.8 Entwicklung eines vorbeugenden Instandhaltungsprogramms (PM).....	26
5.4 Kostenvorschläge.....	26
5.4.1 Kosten für Organisation, Personalausstattung und Support.....	26
5.4.2 Begründung für die Ausfallmanagementpolitik.....	27
5.5 Anlagenleistung und kontinuierliche Verbesserung.....	27
5.5.1 Bericht der Überprüfungsergebnisse.....	27
5.5.2 Analyse des Verbesserungsbedarfs.....	27
5.5.3 Berichterstattung zu technischen Daten und Beurteilung des technischen Zustandes.....	27
6 Instandhaltungsengineering im Lebenszyklus.....	28
6.1 Lebenszyklusphasen.....	28
6.2 Ziele und Rollen des Instandhaltungsengineerings für jede Lebenszyklusphase.....	29
6.3 Instandhaltungsengineering-Tätigkeiten während der einzelnen Lebenszyklusphasen.....	31
6.4 Konzeptionsphase.....	33
6.4.1 Ziele der Konzeptionsphase.....	33
6.4.2 Teilphase Machbarkeit.....	34
6.4.3 Teilphase Konzeptstudie.....	34
6.4.4 Instandhaltungsengineering in der Konzeptionsphase.....	34
6.5 Entwicklungsphase.....	36
6.5.1 Ziele der Entwicklungsphase.....	36

## Definition und Ziele des Maintenance Engineering

nach DIN EN 17666

### Instandhaltungsengineering

Disziplin des Engineerings (Ingenieurwissenschaften), die Kompetenzen, Methoden, Techniken und Werkzeuge zur Entwicklung und Unterstützung der Instandhaltung anwendet, um sicherzustellen, dass ein Objekt über seinen gesamten Lebenszyklus in der Lage ist, seine geforderten Funktionen in einer sicheren, nachhaltigen und kosteneffizienten Weise zu erfüllen

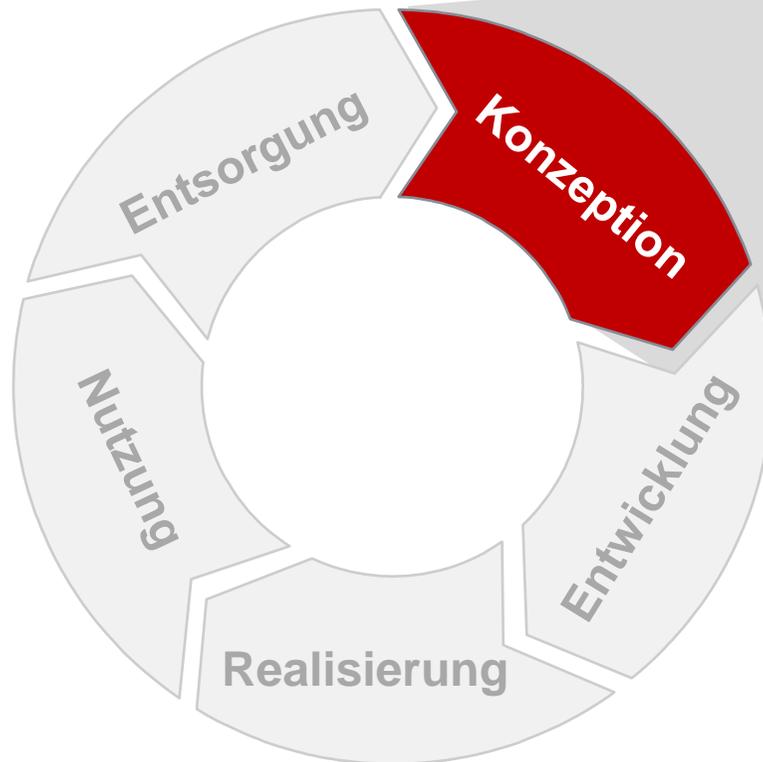


## Merkmale für die Auslegung auf Instandhaltbarkeit

Auslegungsmerkmale	Kostenmerkmale	Nutzenmerkmale
Zugänglichkeit	Reparaturkosten	Instandhaltungsaufträge je Jahr
Prüfbarkeit	Gesamtkosten	Unklarzeit
Standardisierung	Instandhaltungsentlohnung	Instandhaltungsstunden insgesamt
Menschliche Faktoren	Kosten für das IH-Management	Anzahl an Beschäftigten in der Instandhaltung
Reparaturzeit	Schulungskosten	Hervorgerufene Ausfälle

Quelle: DIN EN 17666

## Maintenance Engineering in der Konzeptionsphase

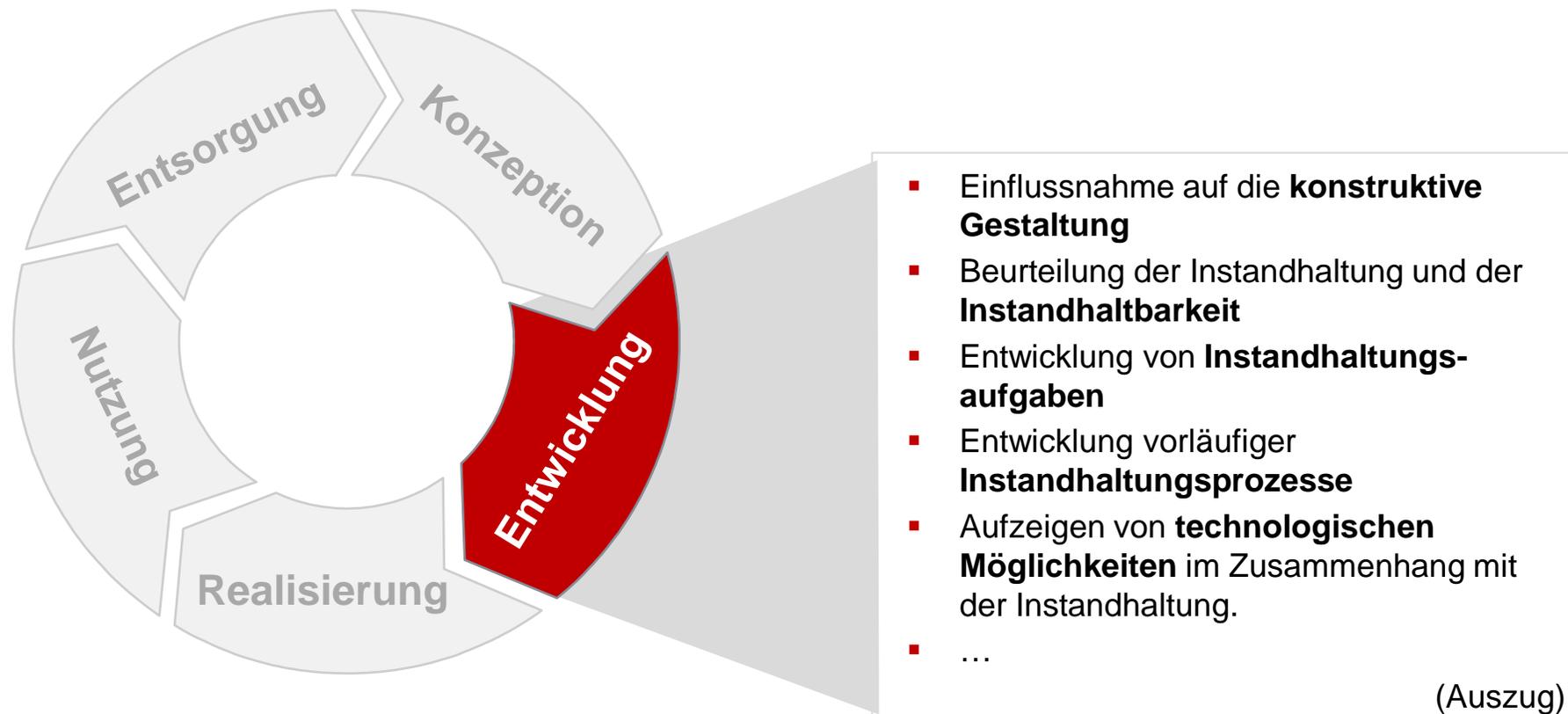


- Technische Inputs für die Machbarkeitsstudie bezüglich der **Instandhaltungsanforderungen**
- Beurteilung der **Folgen für die Instandhaltung**
- Beurteilung der Instandhaltungsanforderungen und der **Instandhaltbarkeit**
- **Beurteilung der Zuverlässigkeit, Unterstützbarkeit und Nachhaltigkeit** sowie der Sicherheitsanforderungen
- ...

(Auszug)

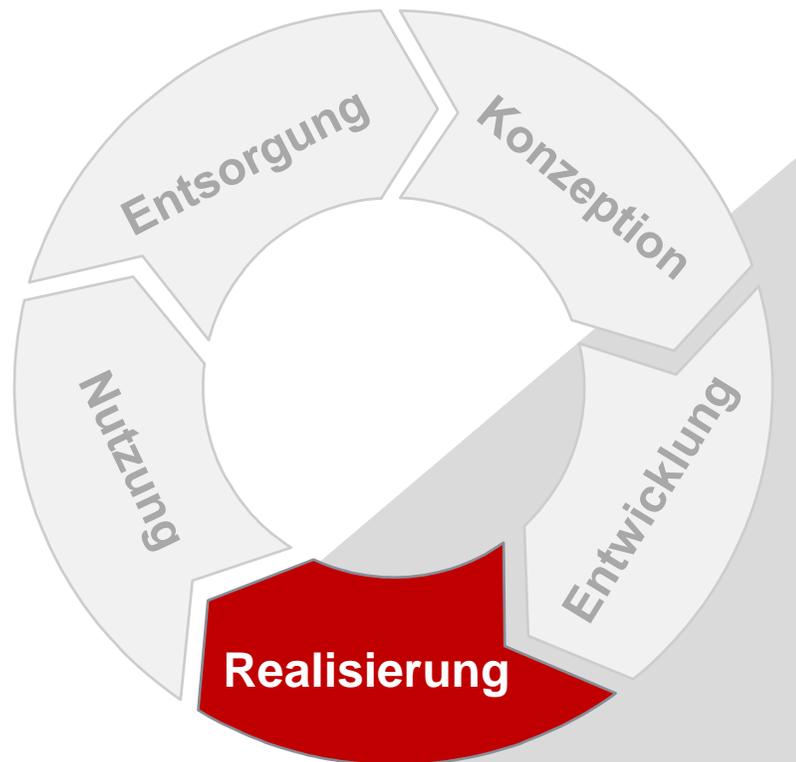
Quelle: DIN EN 17666

## Maintenance Engineering in der Entwicklungsphase



Quelle: DIN EN 17666

## Maintenance Engineering in der Realisierungsphase



- Umsetzung der **Instandhaltungsentscheidungen**
- Teilnahme an **Inspektionen, Prüfungen und Konformitätsbewertungen** während des Bau- bzw. Errichtungsprozesses
- Festlegung von **Instandhaltungsplänen**, Verfassen von Aufgabenbeschreibungen
- Ermittlung der für die Instandhaltung geltenden Ressourcen und **Kompetenzanforderungen**
- Umsetzung von **vorbeugenden Instandhaltungsplänen** einschließlich Inspektionspläne
- **Anführen der Inbetriebsetzung**, des Probetriebs und der Leistungsabnahmeprüfung
- ...

(Auszug)

Quelle: DIN EN 17666

## Maintenance Engineering in der Nutzungsphase

- **Ausführung** von Instandhaltungsaufgaben und **Aktualisierung** von Plänen
- Durchführung der **Aufgabenanalyse**, Festlegung von Zeitplänen und Programmen, Reparaturplänen und Entwicklungsplänen für die **zustandsorientierte Instandhaltung**
- Aktualisierung der Instandhaltungsprogramme
- **Verbesserung** der Betriebsvorgänge
- Überarbeitung von Instandhaltungsplänen
- ...

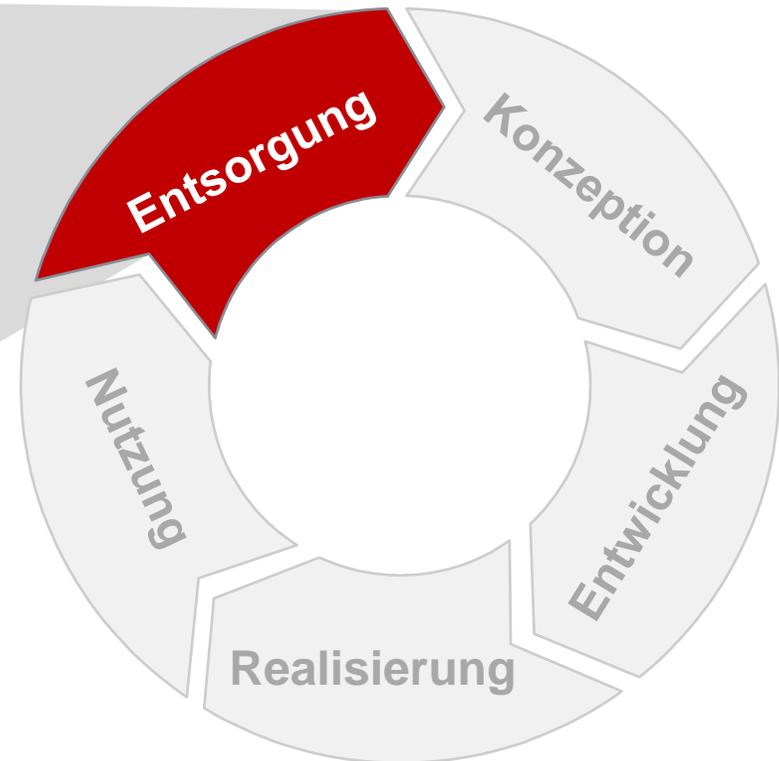
(Auszug)



Quelle: DIN EN 17666

## Maintenance Engineering in der Entsorgungsphase

- Erleichterung der **Wiederverwendung**, des **Recyclings** oder der **Entsorgung** eines Objekts oder einer Anlage
- **Abschätzung des Endes der Nutzungsdauer** von Objekten oder Anlagen.
- Hilfestellung bei der Ermittlung von Objekten für Wiederverwendung, Recycling, Veralterung oder Entsorgung
- ... (Auszug)



Quelle: DIN EN 17666

## Überblick

Circular Economy erzwingt neue Zielsetzungen  
in Produktion und Instandhaltung

Erweitertes IH-Verständnis mit Maintenance Engineering

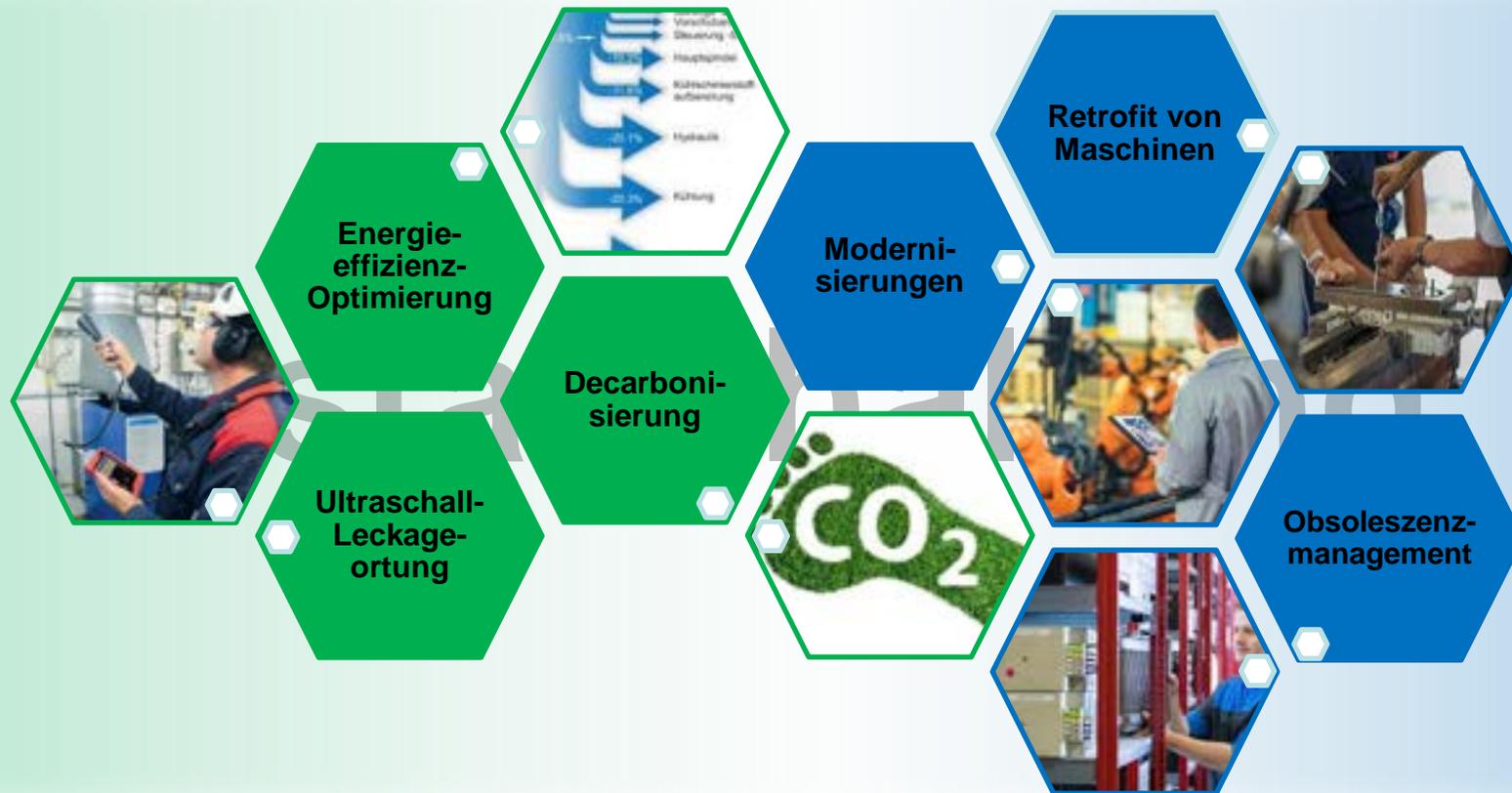
**Beispiele für Leistungen der Instandhaltung  
für Klimaschutz und Circular Economy**

Instandhaltung als Nachhaltigkeits-Einheit

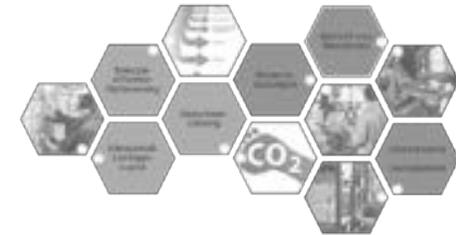
# Instandhaltung beinhaltet vielfältige Services für den Klimaschutz und die Circular Economy

## Green Services

## Life Cycle Services

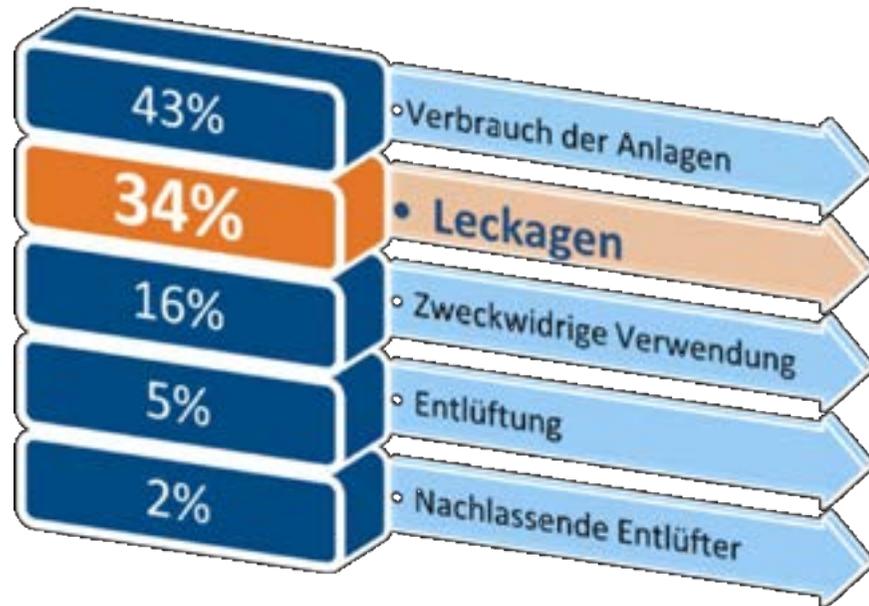


Beispiel für Green Service der Instandhaltung:  
Ortung von Druckluft-Leckagen



Und wie sieht's  
bei Ihnen aus?

### Durchschnittliche Verteilung des Druckluftverbrauchs



Quelle:  
Studie „Compressed Air Systems in the European Union“ 2001

### Top Zwölf der am häufigsten vorkommenden Leckagen:

1. Anschlüsse an der Versorgungsleitung
2. Schnellkupplungen
3. Filter
4. Pneumatikzylinder
5. Regel-/Trockeneinheiten
6. Druckregler
7. Gummischläuche
8. Regel-/Wartungseinheiten
9. Absperrschieber
10. Regelventile
11. Automatische Ablassventile
12. Verschiedene Rohre

## Beispiel für Green Service der Instandhaltung: Sensoren zur Ortung von Leckagen

der Fa. HDS Messtechnik



### Der flexible Stabsensor



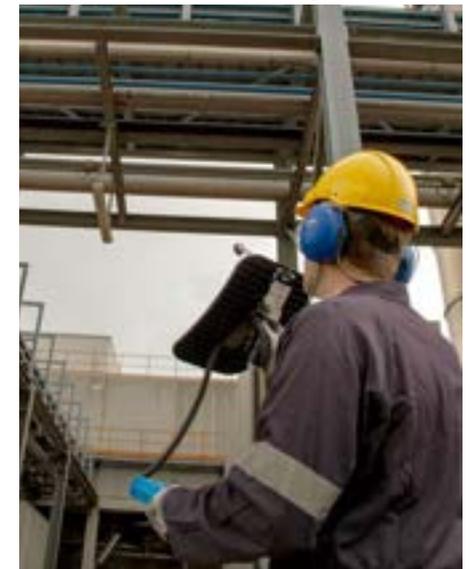
Bei direkt zugänglichen Elementen  
im Abstand von weniger als einem Meter

### Der Distanzsensor



Bei kleinen Leckagen  
in mittlerer Entfernung

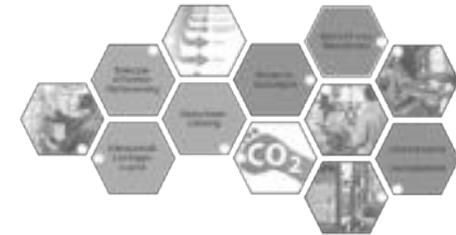
### Der Parabolspiegel



Bei Leckage in einer Entfernung  
von mehr als 6 Metern

**Für jeden Einsatzfall wird man eine geeignete Sensorik finden.**

## Beispiel für Green Service der Instandhaltung: Energieeffizienz-Optimierung bei Pumpen




**Praxisbeispiel Schmiedewerk  
Energieeffizienzanalyse**

**Kühlwasserkreislauf**

- Netzpumpen Taucha EN 150/4/10
- Reduzierung des Netzdruckes auf 3,5 bar und Neuauslegung Etanorm G 125-400

Energieeinsparung (612.850 kWh, 380 t CO <sub>2</sub> )	46 %
Investition	60.000 €
Amortisationszeit	1,4 Jahre




**Praxisbeispiel BMHKW  
Energieeffizienzanalyse**

**Biomasseheizkraftwerk**

- Kesselspeisepumpen Typ HGM 2/18
- Empfehlung – Drehzahlregelung zur Lastabhängigen Fahrweise

Energieeinsparung (94.371 kWh/a)	14,1 %
Investition	40.000 €
Amortisationszeit (Annahme 0,1 €/kWh)	4,2 Jahre



In Zusammenarbeit mit spezialisierten Dienstleistern kann die Instandhaltung die Energieeffizienz ihrer Produktionsanlagen deutlich optimieren (**ökologischer und ökonomischer Nutzen**).

Quelle: Vortrag Jens Ahlers, KSB Service GmbH auf den **Instandhaltungstagen 2017**

# Beispiel für Life-Cycle Service der Instandhaltung: Retrofitting & Refurbishment



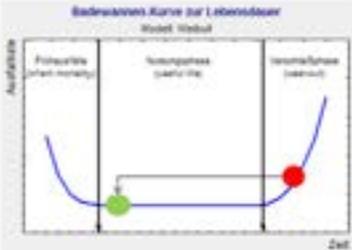
**Refurbishment von Elektronik verlängert das Produktleben erheblich – „As Good As New – or even better“** DB

**Warum vorhandene Elektronik refurbishen?**

- Komponenten wurden in der Zeit der Nutzung ausgiebig getestet („Burn-In“)
- Fabrikationsfehler oder andere Mängel sind mit absoluter Sicherheit ausgeschlossen
- Frühausfälle und Kinderkrankheiten treten nicht auf
- Funktionierende und eingespielte Baugruppen werden weiter genutzt
- Bestandschutz von eingeführten Designs bleibt bestehen
- Keine Zulassungskosten und Integrationsaufwände notwendig
- Verschleiß und Alterung werden systematisch eliminiert
- Betriebliche Verschmutzungen werden entfernt, dadurch Reduktion thermischer Defekte und Isolationsprobleme
- Designfehler können fallweise korrigiert werden
- Aufbringen von Schutzlacken möglich

**Ihr Nutzen:**

- Lebensdauer wird verlängert
- Die Verfügbarkeit ist auf Neuteilniveau oder sogar besser
- Volle Garantie auf das gesamte Produkt nicht nur auf das getauschte Bauteil



DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH | 27.02.2018

**Wertsteigerung durch Upgrade-Engineering** incond  
SE  
first

Revamping / Refurbishing Projekte in der Prozessindustrie



**Upgrade-Engineering in Prozess & Separation Technologie**

Digitale Instandsetzung einer Zentrifuge - Instandhaltungstage Dortmund 2021 cfe / Folie 2

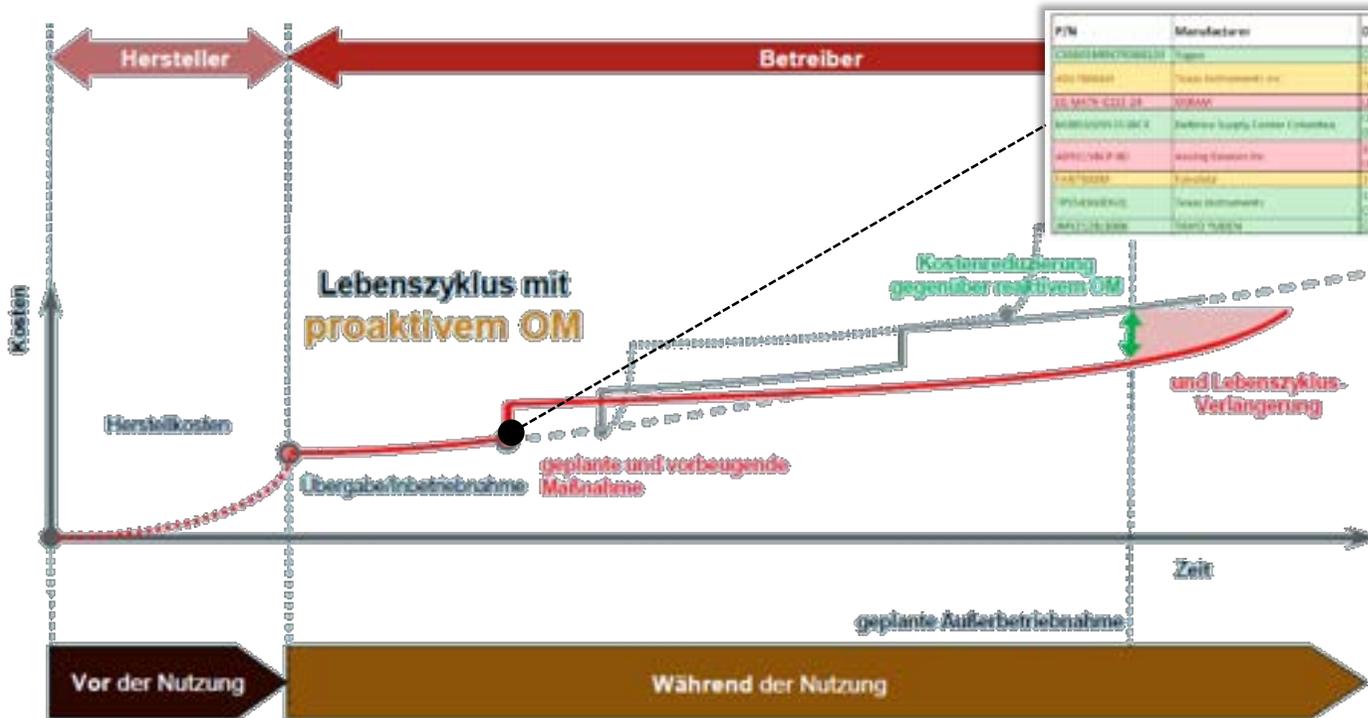
Quelle:  
Vortrag Thomas Engel, DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH  
auf den **Instandhaltungstagen 2018**

Quelle:  
Vortrag Dr. Christof Ferling, Second First GmbH  
auf den **Instandhaltungstagen 2021**

# Beispiel für Life-Cycle Service der Instandhaltung: Proaktives Obsoleszenzmanagement



Die Nicht-Verfügbarkeit (Obsoleszenz) eines Bauteils/Software kann die Lebensdauer einer Maschine oder Anlage drastisch verkürzen.



**Stücklisten-Analyse** der eingesetzten Anlagen identifiziert Obsoleszenz-Risiken und ermöglicht ein **proaktives Handeln** und eine **Verlängerung des Anlagen-Lebenszyklus**.

Quelle: VDI 2882

## Überblick

Circular Economy erzwingt neue Zielsetzungen  
in Produktion und Instandhaltung

Erweitertes IH-Verständnis mit Maintenance Engineering

Beispiele für Leistungen der Instandhaltung  
für Klimaschutz und Circular Economy

**Instandhaltung als Nachhaltigkeits-Einheit**

Welche Services hat Ihre Instandhaltung  
für den Klimaschutz und die Circular Economy?

Green Services

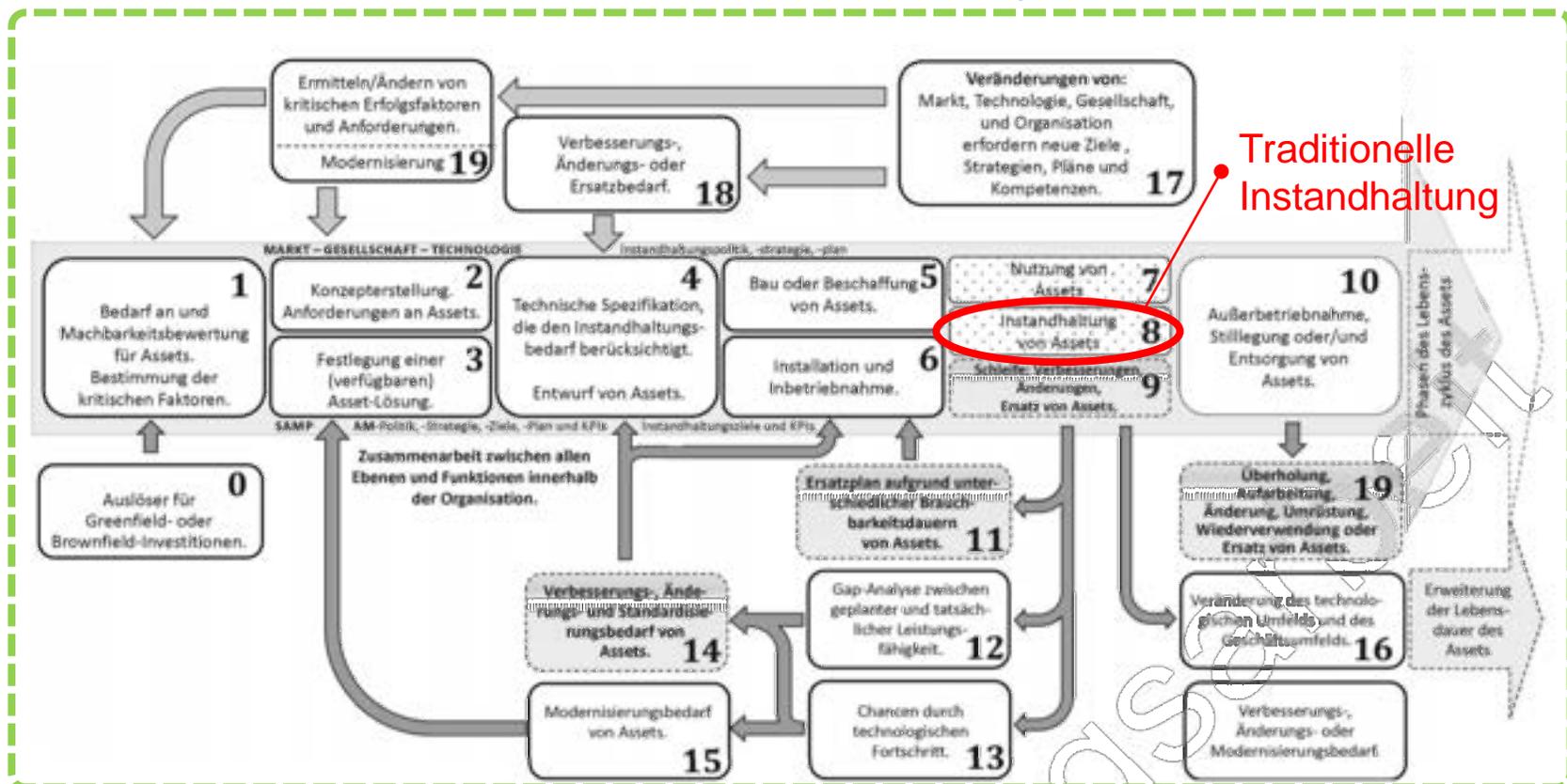
Life Cycle Services



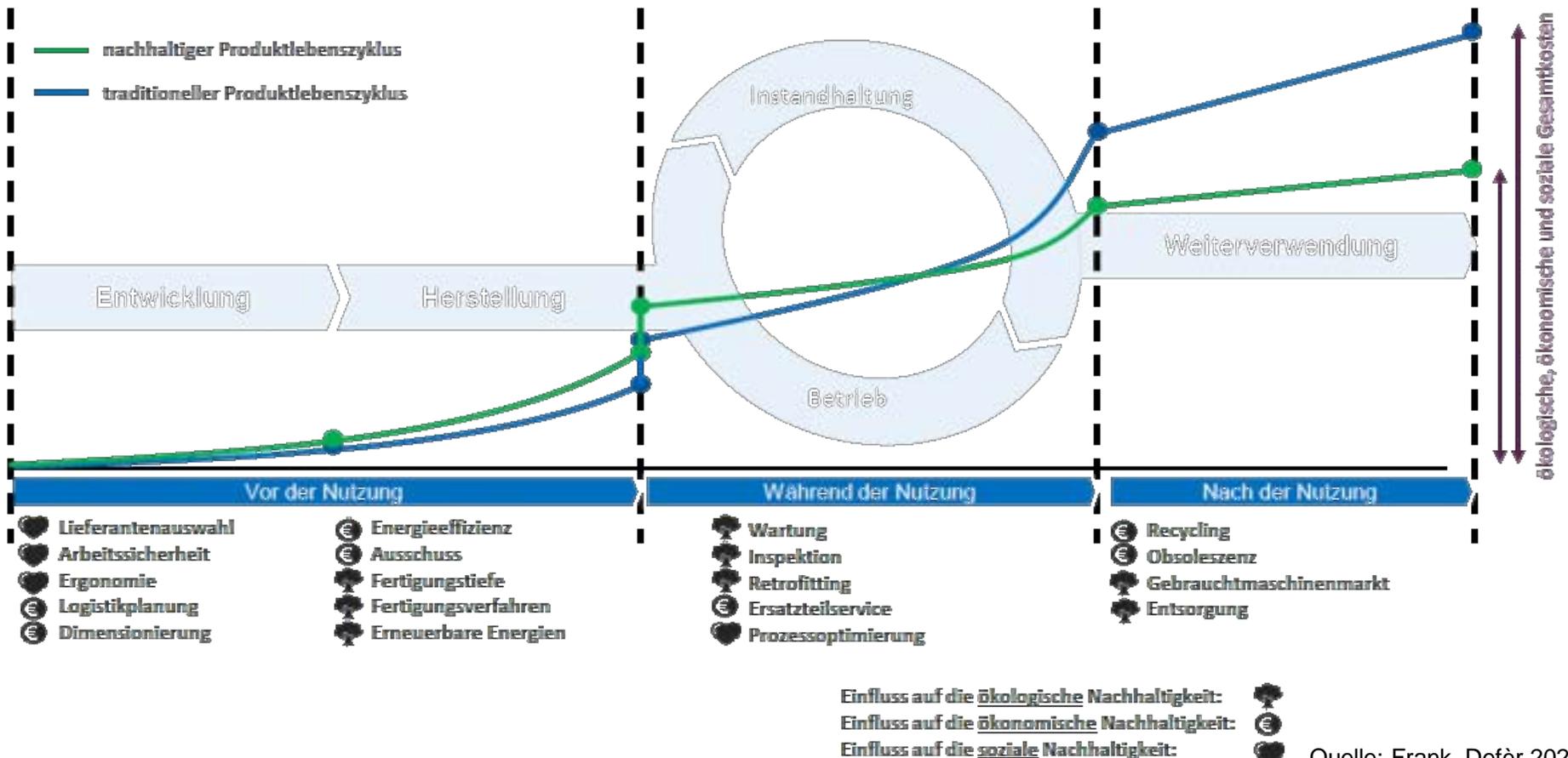
*Bitte ausfüllen!*

# Unterschiedliche Maßnahmen im Verlauf des Lebenszyklus nach DIN EN 17485

## Modernes Instandhaltungsverständnis mit Green Services und Life-Cycle Services



# Nachhaltigkeit im Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen reduziert Kosten in vielen Bereichen



# Ihr Programm zur Instandhaltung in der Circular Economy



- 1. Dokumentieren Sie Ihre bisherigen Green- /Life-Cycle-Services!
- 2. Ermitteln Sie die weitere Potenziale zur Ressourceneinsparung!
- 3. Stellen Sie neue Projekte für Green- /Life-Cycle-Services auf!
- 4. Fokussieren Sie Ihre Instandhaltung auf Maintenance Engineering!
- 5. Präsentieren Sie die Erfolge Ihrer Nachhaltigkeits-Projekte!
- 6. Positionieren Sie sich als Nachhaltigkeits-Einheit in Ihrem Unternehmen!

## Motto der Instandhaltung als Bestandteil der Circular Economy



## Prinzip der Instandhaltung

**WE KEEP  
PRODUCTION  
IN USE!**

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Prof. Dr.-Ing. Lennart Brumby VDI  
Studiengangleiter Service Engineering  
Duale Hochschule Baden-Württemberg Mannheim  
Coblitzallee1-9  
68163 Mannheim

- Obmann des DIN-Normungsausschusses 152-06-07 AA „Instandhaltung“
- Stellv. Obmann des Expertpanels im Standardization Council Industrie 4.0
- Mitglied diverser Normungsausschüsse im CEN/TC319 „Maintenance“
- Mitglied im VDI-Fachausschuss 202 „Instandhaltung“
- Mitverfasser zahlreicher VDI-Richtlinien zur Instandhaltung
- Mitglied im European Asset Management Committee (EAMC) der European Federation of National Maintenance Societies (EFNMS)

Tel. 0621-4105-1140

Fax: 0621-4105-1321

mailto: [lennart.brumby@dhbw-mannheim.de](mailto:lennart.brumby@dhbw-mannheim.de)

[www.dhbw-mannheim.de](http://www.dhbw-mannheim.de)