

Leitfaden zur Unterstützung von Retrofits an Regalbediengeräten

Ergebnisse aus dem Projekt OptiFit

IGF-Vorhaben 20157 N/1

Bewilligungszeitraum 06/2019 – 03/2022

Version 2214



Übersicht

Inhaltsverzeichnis Leitfaden



[Grundlagen](#)

[0](#)

[Tätigkeiten während der Betriebsphase](#)

[1](#)

[Ermittlung der zu modernisierenden Komponenten](#)

[2](#)

[Beachtung von Sicherheitsvorschriften](#)

[3](#)

[Unterschiedliche Arbeitsumfänge bei Retrofits](#)

[4](#)

[Kriterien zur Bewertung der Dringlichkeit](#)

[5](#)

[Vorbereitung auf Retrofits](#)

[6](#)

[Virtuelle Inbetriebnahme \(VIBN\) zur Qualitätssicherung](#)

[7](#)

Version 2214

0: Grundlagen

Voraussetzungen für frühzeitige Retrofits und dadurch erwarteter Nutzen



Was sind die Voraussetzungen für früh- bzw. rechtzeitige Modernisierungen?

- Sensibilisierung der Anlagenbetreiber über retrofit-spezifische Themen (siehe rechts)
- Proaktive Analyse des Anlagenzustands durch Betreiber
- Kontinuierliche Prüfung der Lieferbarkeit von Ersatzteilen
- Regelmäßiger Austausch mit Hersteller / Komponenten-Zulieferer / Retrofit-Anbieter über den aktuellen Stand der Technik
- Vorausschauende Budgetplanung unter Berücksichtigung möglicher Retrofits

Weshalb sollten sich Betreiber so früh wie möglich mit potenziellen Retrofits auseinandersetzen?

- Vorbeugung steigender Ausfallraten durch aktuellen Stand der Technik → Geringere Instandhaltungskosten
- mittel- & langfristige geplante „kleinere“ Retrofits anstatt ungeplante große „Notfall“-Projekte → Geringere Projektkosten und kürzere Anlagenstillstände
- Stillstände durch Retrofits besser „planbar“ und „günstiger“ als unvorhergesehene Ausfälle
- Langfristige Planung ermöglicht „stückweise“ Modernisierung → Verfügbarkeit „alter“ Komponenten als Ersatzteile
- Keine „riskante“ Verschiebung von Retrofits aufgrund fehlendem Budgets
- Frühzeitige Sicherung der Ressourcen der Retrofit-Anbieter

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

0: Grundlagen

Retrofit-Grundwissen für Anlagenbetreiber

Worüber sollten Anlagenbetreiber informiert sein, wenn sie sich mit Retrofits beschäftigen?

- Häufige Auslöser / Ursachen für Retrofits
- Vorteile / Nutzen durch rechtzeitige Retrofits
- Vermeidbare Risiken und Folgen aufgrund spät durchgeführte Retrofits
- Übersicht zu betroffenen Komponenten und Umfang der Retrofit-Maßnahmen
- Kriterien zur Bewertung der individuellen Dringlichkeit
- Organisatorische Vorbereitungsmaßnahmen



0

1

2

3

4

5

6

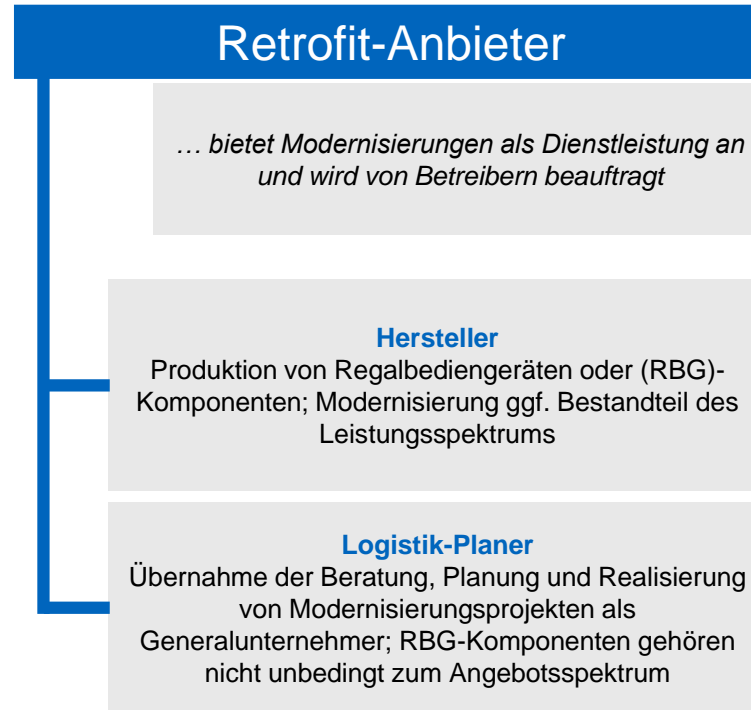
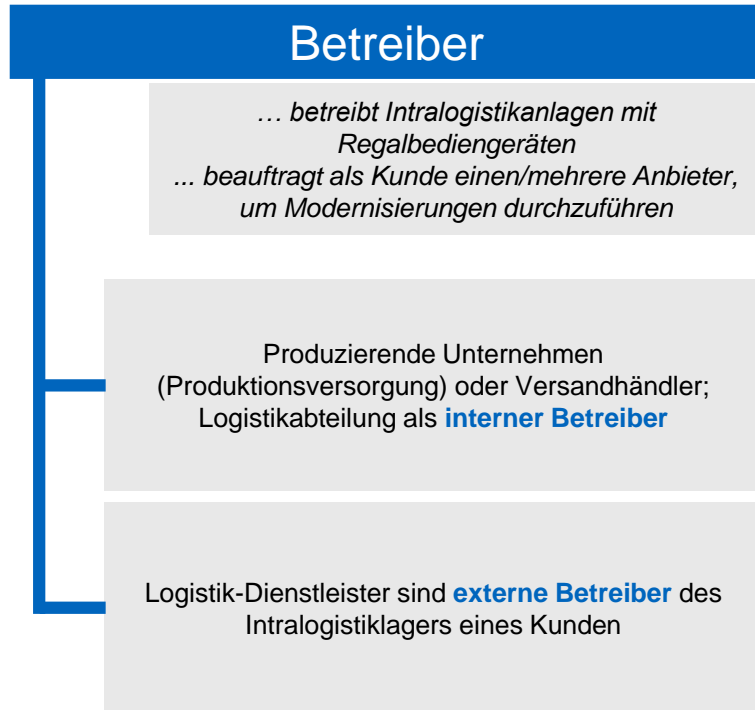
7

0: Grundlagen

Stakeholder



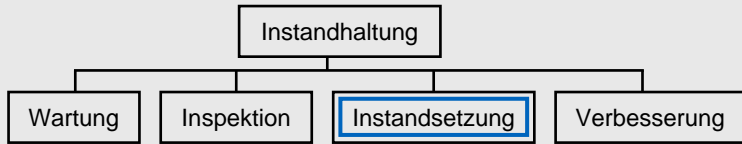
- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7



0: Grundlagen

Einführung der Begrifflichkeiten

Grundmaßnahmen der Instandhaltung⁽¹⁾



(1) Nach DIN 31051 – Grundlagen der Instandhaltung

Definition Instandsetzung

- „Physische Maßnahme, [...] um die Funktion eines fehlerhaften Objekts wiederherzustellen“ ⁽²⁾
- „Reparatur“ als Synonym für „Instandsetzung“

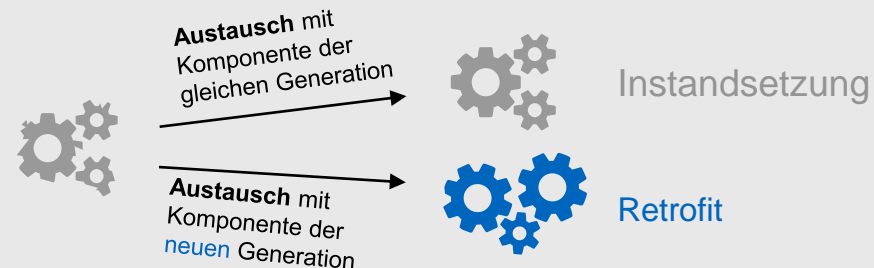
(2) Nach DIN 13306

Definition: Retrofit

Erneuerung bzw. Hochrüsten einer bestehenden Anlage auf einen neueren Stand der Technik aufgrund neuer oder geänderter Anforderungen. ⁽³⁾

(3) Angelehnt an VDI 4403 und DIN 13306

Gegenüberstellung Instandsetzung und Retrofit



0

1

2

3

4

5

6

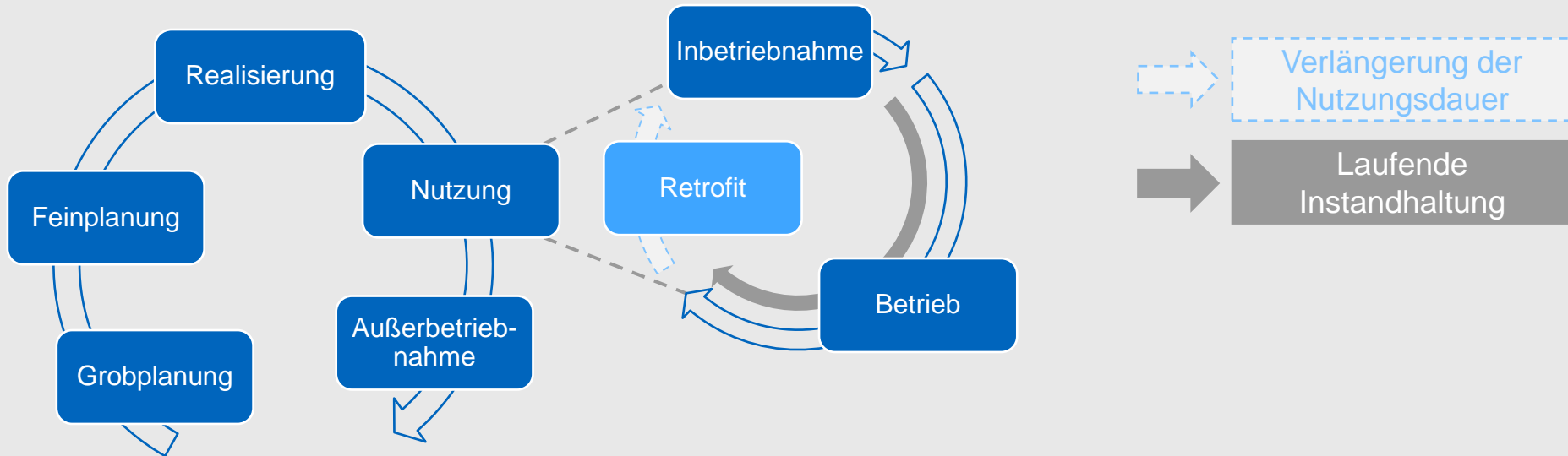
7

0: Grundlagen

Einordnung von Retrofits im Lebenszyklus von Regalbediengeräten



Lebenszyklusphasen eines Regalbediengerätes



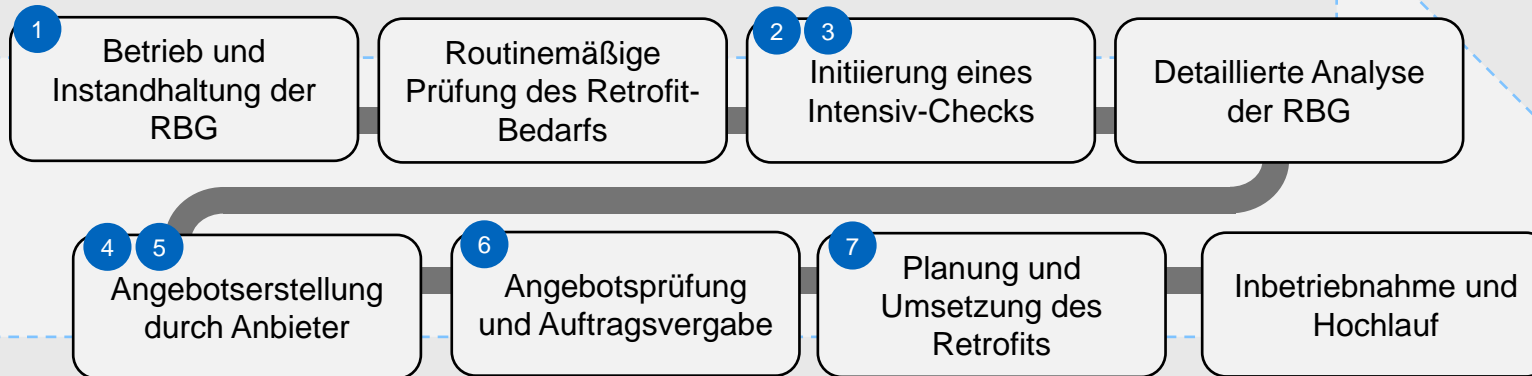
- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

0: Grundlagen

Beispielhafter Ablauf eines Retrofits und Zuordnung der Kapitel



Wie läuft ein Retrofit ab? Was sind typische Schritte von der Auslösung bis zur Durchführung?



1 ... 7 Abschnitte des Leitfadens

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7



Gefördert durch:

 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
 aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

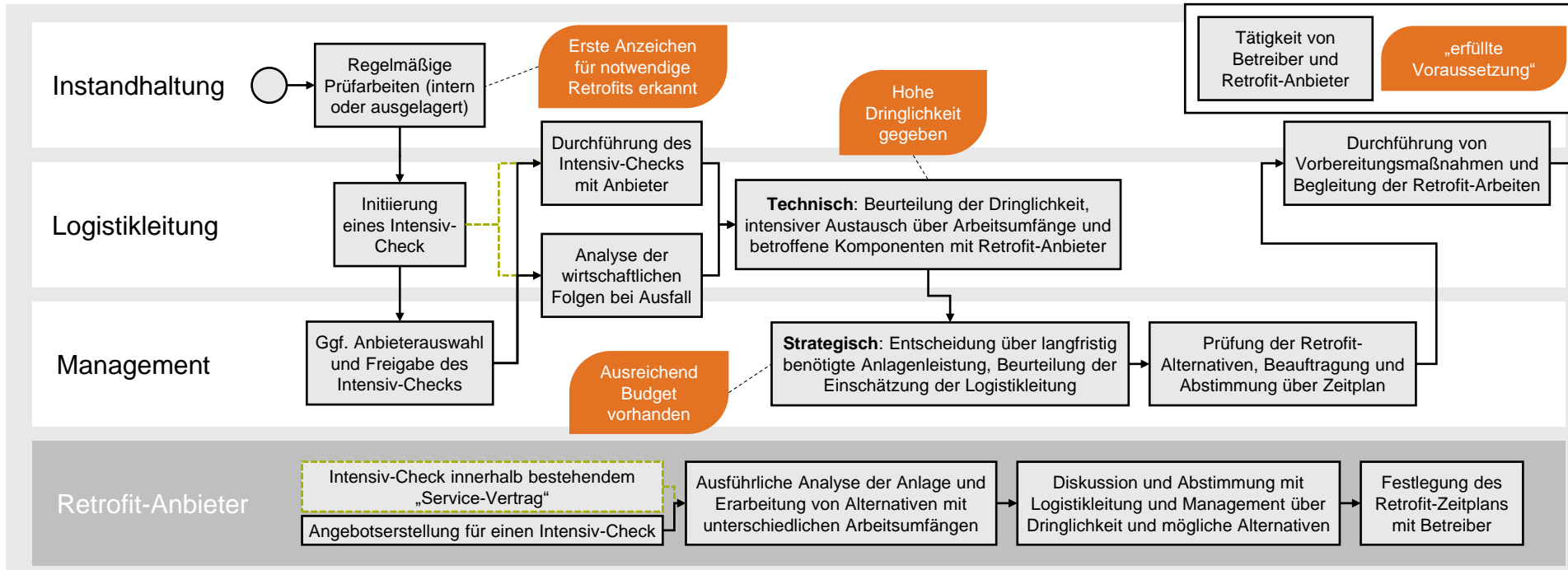
0: Grundlagen

Verantwortlichkeiten bei Retrofit-Projekten



Welche Entscheidungsschritte müssen üblicherweise durchlaufen werden, bis es zur Beauftragung bzw. Durchführung eines Retrofits kommt?

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7



0: Grundlagen

Typische Auslöser für Retrofits



Welche Auslöser sollten Betreiber im Auge behalten, um frühzeitig einen Retrofitbedarf zu erkennen?

Probleme bei der Ersatzteilverfügbarkeit aufgrund von Abkündigungen (SPS, Software, Elektronik...)

- Gibt es bereits Nachfolger Komponenten?
- Sind die verbauten Komponenten bereits vom Hersteller abgekündigt?
- Können entsprechende Ersatzteile ausreichend schnell beschafft werden?

Diskrepanz zwischen restlicher Nutzungsdauer und zukünftiger Verfügbarkeit von Ersatzteilen und Support

- Wie lange sollen die Regalbediengeräte noch betreiben werden?
- Kann für die gewünschte Restnutzungsdauer noch sichergestellt werden, dass die jeweiligen Ersatzteile noch erwerbbar und dass spezifisches technisches Know-How noch verfügbar sind?

Erfüllung der Richtlinien und Sicherheitsvorschriften

- Darf die Anlage angesichts der aktuellen Sicherheitsvorschriften noch weiter betrieben werden?
- Steht möglicherweise der Austausch sicherheitsrelevanter Bauteile an, die in diesem Zuge aufgrund des Alters durch neuere Komponenten ersetzt werden sollten?

Abnahme der Anlagenleistung durch zunehmende Komponentenausfälle

- Ist eine Zunahme der Ausfälle an einzelnen Komponenten oder der Gesamtanlage erkennbar
- Erreicht die Anlage die gewünschte technische Verfügbarkeit?
- Kann die technische Verfügbarkeit der Anlage durch Instandhaltungsmaßnahmen auf noch das gewünschte Niveau (zurück-)gebracht werden?

Änderungen der Leistungsanforderungen oder des Produktspektrums

- Wurden Anforderungen an die Logistikleistung geändert, die durch die bestehenden Systeme nicht mehr erfüllt werden können?
- Haben sich Spezifikationen der zu lagernden Artikel verändert, die zu Anpassungen an der Anlagen führen?

0

1

2

3

4

5

6

7

1: Tätigkeiten während der Betriebsphase

Aufgaben und Verantwortlichkeiten für Betreiber



Überprüfung des Stands der Technik

Zur Bewertung des Retrofit-Bedarfs ist eine wiederkehrende Abfrage zum **aktuellen Stand der Technik** für relevante Komponenten notwendig, da geänderte gesetzliche Vorschriften teils nur durch den Einsatz neuerer Bauteile eingehalten werden können. Ein Großteil der Retrofits werden dadurch ausgelöst, dass Steuerungen, elektronische Komponenten oder SPS-Software abgekündigt werden. Sobald eine Abkündigung bekannt ist, ist mit einem verstärkten Ausverkauf der Restbestände zu rechnen.

Überprüfung der Verfügbarkeit von Komponenten und Support

Betreiber sollten weiterhin prüfen, ob Ersatzteile für ihre Komponenten lieferbar sind und ob insbesondere für die Software und Elektronik noch Support verfügbar ist. Eine automatische Bereitstellung dieser wichtigen Informationen durch Hersteller bzw. Retrofit-Anbieter (Obsoleszenzmanagement) ist noch nicht umfangreich umgesetzt.

Wartung und Instandhaltung

Unter Berücksichtigung der Angaben der Hersteller sollte ein Wartungsplan erstellt und eingehalten werden. Eine überproportionale Zunahme des „Bauteil-Verbrauchs“ bei Verschleißteilen gibt mögliche erste Hinweise für anstehende Retrofits.

Langfristiger Budgetplan

Betreiber sollten bereits frühzeitig nach Inbetriebnahme mit Retrofit-Anbietern eine **Modernisierungs-Roadmap** für die folgenden zwei bis zehn Jahre aufstellen und diese regelmäßig aktualisieren. Dadurch ist sichergestellt, dass für notwendige Retrofits ausreichend Budget zur Verfügung steht und diese nicht aufgeschoben werden müssen. Eine Bauteilabkündigung kann ein erster Anstoß für die Planungen von zukünftigen Modernisierungen sein.

Während des Betriebs ist ein **regelmäßiger Austausch** mit Herstellern und/oder Retrofit-Anbietern essentiell.

0

1

2

3

4

5

6

7

1: Tätigkeiten während der Betriebsphase

Exkurs zu Lebenszyklus und Lebensdauer von RBG-Komponenten



Unterschiedliche Lebenszyklen als Auslöser für Retrofits

Mechanisch beanspruchte Komponenten werden im Laufe der Zeit repariert und ausgetauscht. Diese Instandhaltungsmaßnahmen sind meist aufwandsarm.

Ein Großteil der Retrofits wird durch **Abkündigungen von Steuerungen**, elektronischen Komponenten und Software ausgelöst. Diese Bauteile müssen nach einigen Jahren modernisiert, d.h. auf einen neueren Stand der Technik gebracht werden, da die Ersatzteile oder der Technik-Support weggefallen sind. Im ungünstigen Fall kann ein Retrofits bereits nach sieben Jahren fällig sein, obwohl die RBG für z. B. 13 Jahre ausgelegt wurden. Grund dafür sind die kurzen Lebenszyklen der elektronischen Bauteilen und der Software sowie Einhaltung neuer gesetzlicher Vorschriften, die die Nutzung neuerer Komponenten vorschreiben.

In der Regel kann die Nutzungsdauer nach dem Retrofit um weitere fünf bis acht Jahre verlängert werden.

Wie lange ist die geschätzte Lebensdauer von (ausgewählten) Komponenten? (*)

Human-Machine-Interface (HMI)	ca. 5-7 Jahre
Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	ca. 12 Jahre
E/A Baugruppe & Baugruppenträger	ca. 16 - 20 Jahre
Antriebe	Herstellerangabe (z. B. 10.000 Betriebsstunden)

(*) Einschätzung aus Expertengesprächen

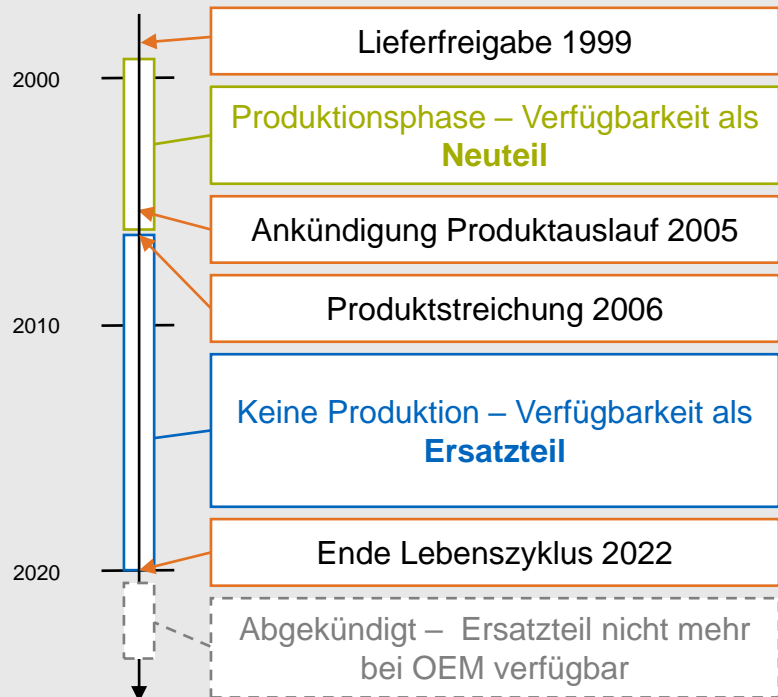


1: Tätigkeiten während der Betriebsphase

Exkurs zu Lebenszyklus und Lebensdauer von RBG-Komponenten



Beispielhafter Lebenszyklus einer SPS (CPU 948 Zentralbaugruppe für S5-155U)



Wie lange sind schätzungsweise Ersatzteile für ausgewählte Komponenten verfügbar? (*)

Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	ca. 10 - 15 Jahre
Frequenzumrichter	ca. 15 Jahre
Antriebe	ca. 10 Jahre
SPS-Software	ca. 5 - 10 Jahre
IT-Hardware	< 5 Jahre

(*) Einschätzung aus Expertengesprächen

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

2: Ermittlung zu modernisierender Komponenten

Übersicht Fragen



Anhand welcher Fragen können Anlagenbetreiber bewerten, welche Komponente ggf. zu modernisieren sind?

- Welche Komponente ist besonders **wichtig** für den reibungslosen Ablauf des Prozesses?
- Führt eine Störung von einer bestimmten Komponente zu einem Teil- oder Komplettstillstand?
- Für welche Komponenten ist die Instandsetzung / Reparatur komplex und schwierig durchzuführen?
- Welche Komponenten sind besonders teuer in der Beschaffung?
- Können **Ersatzteile** für die wichtigen Komponenten schnell genug beschafft werden?
- Wie schnell kann **spezifisches Know-How**, Support oder Kompetenzen im Störfall von internen Mitarbeitern oder Herstellern abgerufen werden?
- Was ist die voraussichtliche Lebensdauer für die jeweilige Komponente?
- Ist in der bei bestimmten Komponenten eine wachsende Ausfallrate erkennbar?
- Wie viele Ersatzteile sind für wichtige Komponenten auf Lager?
- Was ist der aktuelle Preis für die Ersatzteile und wie hat sich der Preis in den letzten Jahren entwickelt?

0

1

2

3

4

5

6

7

2: Ermittlung zu modernisierender Komponenten

Weiterführende Informationen



Wie unterscheide ich zwischen wichtigen und unwichtigen Komponenten?

Wichtige Komponenten, sind für den reibungslosen und sicheren Betrieb der Anlage unabdingbar. Eine Fehlfunktion hätte gravierende Folgen für die Gesamtanlage und führt z. B. zu langen Stillständen. Gründe dafür sind: Ersatzteile sind schwer zu bekommen, Lieferzeiten sind lang, spezifisches Know-How zur Fehlerbehebung ist rar. Wichtige Komponente können teuer in der Beschaffung sein und bei einer Störung große Teile der Anlage beeinträchtigen.

Im Gegensatz zu Schaltschützen, die schnell und aufwandsarm ersetzt werden können, wäre eine Störung an einer CPU folgenschwer. Daher ist eine CPU ein wichtiges Bauteil. Weniger wichtige Komponenten müssen anschließend nicht zwingend eine Kritikalitätsprüfung unterlaufen. Eine Überprüfung der Ersatzteilbevorratung sowie Marktverfügbarkeit ist jedoch hilfreich.

Eine ausführliche Analyse der Komponenten sollte immer in Zusammenarbeit mit Retrofit-Experten geschehen. Dies bildet die Grundlage für die Festlegung möglicher Zeitpunkte für Modernisierungsarbeiten.



(*) Möglicherweise ist es sinnvoll, bei einem Retrofit auch Komponenten zu berücksichtigen, die noch nicht dringend modernisiert werden müssten. Zusätzliche Stillstandszeiten, die aufgrund späterer Modernisierungen ebenjener Komponenten auftreten würden, können dadurch vermieden werden.

0

1

2

3

4

5

6

7

2: Ermittlung zu modernisierender Komponenten

Weiterführende Informationen



Wovon sind Wiederbeschaffungs- und Instandsetzungszeit abhängig?

Die Zeit zur Wiederbeschaffung bzw. zur Instandsetzung sollte kurz sein, um die Stillstandszeit der Regalbediengeräte bei einem Ausfall minimal zu halten.

Je besser die **Ersatzteilverfügbarkeit auf dem Markt**, desto schneller kann ein Ersatzteil im Notfall geliefert werden. Eine mögliche Einflussgröße dabei ist die jeweilige Lebenszyklusphase einer Komponente. Ist das Bauteil erst seit wenigen Jahren auf dem Markt, kann damit gerechnet werden, dass es weiter produziert wird und daher ausreichend Ersatzteile auf dem Markt verfügbar sein werden. Sind bereits Nachfolger-Bauteil erhältlich, ist eine Bauteilabkündigung bald möglich. Dies führt in der Regel zu einer schlechter werdenden Ersatzteilverfügbarkeit der „alten Komponenten“, da die noch verbliebenen Ersatzteile zunehmend aufgekauft werden.

Für manche Instandsetzungstätigkeiten ist spezielles Fachpersonal vom Hersteller oder bestimmten Dienstleistern notwendig. Je älter eine Komponente ist, desto höher das Risiko, dass entsprechenden Kompetenzen und das Know-How des technischen Supports wegfällt. Gerade für die ältere speicherprogrammierbaren Steuerungen stehen immer weniger Experten mit den notwendigen Programmierkenntnissen zur Verfügung.

Im Falle von Reparaturarbeiten oder notwendigen Anpassungen ist jedoch die schnelle **Verfügbarkeit von Technikern** mit entsprechendem **Know-How** unabdinglich. Je älter die Komponente, desto schlechter die Verfügbarkeit von Fachpersonal zur Instandsetzung und desto höher das Risiko für lange Wartezeiten bis zur Instandsetzung.

0

1

2

3

4

5

6

7

2: Ermittlung zu modernisierender Komponenten

Weiterführende Informationen



Welche anderen „weichen“ Faktoren beeinflussen, ob eine Komponente modernisiert werden muss?

0

1

2

3

4

5

6

7

Komponentenzustand

Zusammen mit Retrofit-Experten muss abgeschätzt werden, wie hoch die voraussichtliche restliche Lebensdauer verbauter Komponenten ist. Dazu ist auch die Ausfallhistorie zu berücksichtigen, die einen Hinweis auf möglichen Modernisierungsbedarf einzelner Bauteile geben kann.

Ersatzteilbevorratung

Eine allumfassende Bevorratung von Ersatzteile für die gesamte Anlage ist nicht wirtschaftlich sinnvoll, da insbesondere elektronische Komponenten nur beschränkt lange lagerbar sind. Die Kondensatoren, die in Umrichtern verbaut sind, altern nach gewisser Zeit und müssen ggf. neu formiert werden, auch wenn diese nicht benutzt werden.

Ersatzteilpreis

Nach der Abkündigung von Bauteilen ist mit sinkenden Marktbeständen zu rechnen, da viele Unternehmen ihre Ersatzteilbestände aufstocken möchten. Der dadurch steigende Preis für Ersatzteile kann dazu führen, dass der Erwerb von Komponenten einer neueren Generation attraktiver wird.

3: Beachtung von Sicherheitsvorschriften

Hinweise zu *wesentliche Veränderungen an Maschinen, Bestandsschutz etc.*

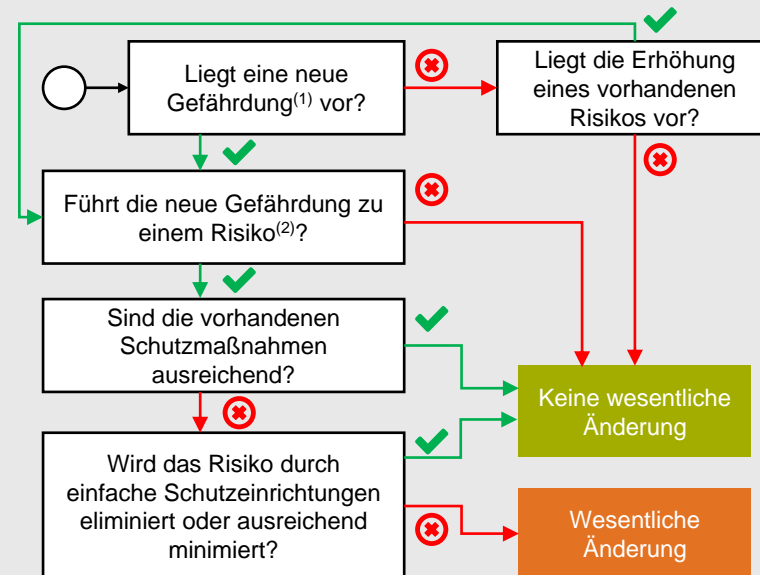


Gefährdungsbeurteilung und Nachrüsten

Betreiber müssen dafür sorgen, die landesspezifischen Sicherheitsvorschriften zu erfüllen. In Deutschland ist bspw. nach §3 BetrSichV eine regelmäßige, **wiederkehrende Gefährdungsbeurteilung** der Anlage notwendig. Ein **Bestandsschutz existiert nicht**. Möglicherweise müssen Sicherheits- und Gesundheitsschutz auf den Stand der Technik angepasst werden. Hinweise zur Erfüllung der Sicherheitsanforderungen für Regalbediengeräte → siehe DIN EN 528. Hier finden sich detaillierte Angaben zu Anforderungen und Maßnahmen in Bezug auf die Gefährdungen bei Regalbediengeräten.

Im Einzelfall kann jedoch auf das Nachrüsten verzichtet werden, sofern das Risiko für Menschen nachweislich gering ist (siehe §4 Nr. 1 ArbSchG). Falls Nachrüstungen notwendig sind, wird angemessene Zeit dafür gewährt. Ebenso können ergonomische Gründe, z. B. besserer Zugang zu Schaltschränken für Wartungsarbeiten, zu Anpassungen führen. Ausschlaggebend dabei ist, ob es sich um wesentliche Veränderungen im Sinne der Maschinenrichtlinie handelt. Diese hätten weitere Kosten und Maßnahmen wie z. B. eine CE-Zertifizierung zur Folge. Um den Aufwand möglichst gering zu halten, sind Retrofit-Experten zu konsultieren.

Vorgehen zur Beurteilung von wesentlichen Änderungen nach BMAS*



* Bundesministerium für Arbeit und Soziales

- (1) Potenzielle Quelle von Verletzungen oder Gesundheitsschäden (Richtlinie 2006 / 42/EG - Maschinenrichtlinie, Anhang I Nr. 1.1.1 a)
- (2) Kombination aus der Wahrscheinlichkeit und der Schwere einer Verletzung oder eines Gesundheitsschadens, die in einer Gefährdungssituation eintreten können (Richtlinie 2006/42/EG – Maschinenrichtlinie, Anhang I Nr. 1.1.1 e)

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

4: Unterschiedliche Arbeitsumfänge bei Retrofits

Informationen zu Zeiträumen für die Durchführung von Retrofits



Worauf muss bei der Wahl geeigneter Zeiträume für Retrofits geachtet werden?

Retrofits werden bevorzugt in **(Betriebs-)Ferien** durchgeführt. Diese beliebten Zeiträume sind jedoch frühzeitig ausgebucht. Aus diesem Grund sollten Betreiber sich frühzeitig die Ressourcen des Anbieters für den Wunschzeitraum sichern.

Zudem ist aufgrund zusätzlicher Anreisen sowie Schicht- und Wochenendzulagen mit **erheblichen Kostenaufschlägen** vonseiten der Anbieter zu rechnen.

Anstatt die Modernisierungen in den ohnehin knappen Zeiträumen einzuplanen (verlängerte Wochenenden, Ferien, Betriebsurlaube, Off-Season...), sollte die Möglichkeit erwogen werden, Retrofits an mehreren, **aufeinander folgenden Tagen** umzusetzen. Dadurch können die Gesamtanzahl an **Anlagenstillständen** verringert sowie die **Mehraufwandskosten** durch zusätzliche Anreisen der Retrofit-Techniker vermieden werden.

Dafür eignen sich Zeiträume, in denen ohnehin eine geringere Anlagenauslastung zu erwarten ist, z. B. aufgrund von saisonalen Schwankungen. Alternativ muss über eine Auslagerung der benötigten Logistikleistung nachgedacht werden.

0

1

2

3

4

5

6

7

4: Unterschiedliche Arbeitsumfänge bei Retrofits

Informationen zu Zeiträumen für die Durchführung von Retrofits



Was sind Einflussgrößen auf Arbeitsumfang und die entstehenden Kosten für Retrofits?

Umfang und Kosten eines Retrofits hängen davon ab, wie viele elektronische Bauteile bzw. anliegende Peripheriegeräte ausgetauscht und welche Maßnahmen durchgeführt werden müssen. Mit **zunehmenden Schnittstellenbrüchen** steigt die Anzahl der Montagearbeiten. Softwareseitig fallen insbesondere die **Lizenzgebühren** und **Programmierarbeiten** ins Gewicht. Je mehr Gewerke betroffen sind, desto aufwendiger ist der Aufwand zur Planung und Koordination der Tätigkeiten.

Eine Möglichkeit zur Reduktion des Arbeitsumfangs bei mehrgassigen RBG ist die Durchführung von **Teil-Retrofits**. Hier wird nur ein Teil der Gassen modernisiert, um einen Stillstand des Gesamtsystems zu vermeiden. Die ausgebauten Komponenten stehen zusätzlich als Ersatzteile für die restlichen RBG zur Verfügung, bis Letztere zu einem späteren Zeitpunkt modernisiert werden. Der Arbeitsaufwand und die Kosten können dadurch aufgeteilt werden.

Bei der Anschaffung neuer SPS-Hardware ist der Kauf einer neueren Software zu empfehlen. Auch wenn neue SPS zwar mit erhöhten Programmieraufwand weiterhin mit alter Software betrieben werden können, ist von dieser Sonderlösung jedoch abzuraten. Denn mittel- bzw. langfristig kann die Wartung und der Support der Software durch den Anbieter nicht ausreichend gewährleistet werden. Mit fortschreitendem Alter der Komponenten sinkt auch das vorhandene Know-How und die spezifischen Kompetenzen bei der internen Instandhaltung sowie bei Hersteller bzw. Lieferanten.

Mögliche Kosten (Auszug)

- Reisekosten
- Projektplanung
- Montagearbeiten
- Hardware
- Softwarelizenzen
- Programmierung
- Abnahme
- Inbetriebnahme
- ...

0

1

2

3

4

5

6

7



4: Unterschiedliche Arbeitsumfänge bei Retrofits

Beispielhafte Gegenüberstellung zweier Retrofit-Alternativen



„kleine“ Retrofits

Umfang und Tätigkeiten

- i.d.R. nur wenige Komponenten betroffen aufgrund geringer Anzahl an Schnittstellenbrüchen
- i.d.R. geringfügige, schnell durchführbare manuelle Arbeiten: z. B. Ausbau von alter Komponente und 1-zu-1-Austausch mit neuer Komponente (Scanner, HMI, Drehstrahl-Lichtvorhang)
- kleinere Programmierungsarbeiten/Anpassungen an der SPS-Software oder Frequenzumrichtern.
- Geringer Aufwand bei der Emigration einer alten Software mit alter Programmiersprache auf eine neue SPS → Risiko des Know-How-Verlusts
- Wechsel von S5 auf S7 ist teuer
- Wechsel von alter S7 auf neue S7 ist kostengünstiger

Planungsaufwand, Zeithorizont, Kosten

- hohe Kosten für Planung, Montage, Hardware und kleineren Programmierarbeiten
- kurzfristige Planung der Durchführung möglich
- Durchführung innerhalb weniger Tage möglich (< 3 Tage, WE)

„große“ Retrofits

Umfang und Tätigkeiten

- Austausch möglichst vieler elektronischen Bauteile, des Bussystems und anliegender Peripheriegeräte, um lange Stillstandszeit zu nutzen
- Vermehrte Schnittstellenbrüche und Kompatibilitätsprobleme zwischen alten und neuen Komponenten (z. B. alte SPS-SW + neue FU)
- Hoher Aufwand für Anpassungen und Programmierarbeiten an Umrichter, SPS und Materialflussrechner
- Austausch einiger mechanischer Bauteile im Zuge der Retrofit-Tätigkeiten
- Häufig neue Programmierung der Software notwendig, bei neuer SPS

Planungsaufwand, Zeithorizont, Kosten

- relativ hohe Kosten (bis zu 50 % der Anfangsinvestition) für Planung, Montage, umfangreiche Programmierungen, Hardware etc.
- sehr aufwendige Planung im Vorfeld aufgrund mehrerer betroffener Gewerke
- Durchführung mit längerer Dauer (> 4 Tage)

0

1

2

3

4

5

6

7

4: Unterschiedliche Arbeitsumfänge bei Retrofits

Übersicht zu Komponenten und zugehörigen Retrofit-Maßnahmen



Komponenten	Maßnahmen
Antriebe	Verkabelung, Einstellung Laufräder, ggf. Anpassung SPS-Code
Frequenzumrichter	Programmierung (Referenzpunkte, Geschwindigkeits-profile...), Anpassung SPS-Code
Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	Anpassung Software, Neuprogrammierung, ggf. Anpassung Materialflussrechner
Human-Machine-Interface	Ggf. (Neu-) Programmierung oder Anpassung
Positioniersensorik	Programmierung und Inbetriebnahme
Bussystem	Neu-Verkabelung, Anpassung SPS-Code
Sicherheitssensorik	Programmierung und Inbetriebnahme
Antriebswelle, Laufradsystem	Konstruktive Anpassung der Schnittstelle

- [0](#)
- [1](#)
- [2](#)
- [3](#)
- [4](#)
- [5](#)
- [6](#)
- [7](#)



5: Kriterien zur Bewertung der Dringlichkeit

Einführung zu möglichen Prüfkriterien



Welche Prüfkriterien sollten für eine individuelle Dringlichkeitsbewertung zu Rate gezogen werden?

Die **Robustheit** ist ein Maß dafür, ob trotz zufälliger Ausfälle von einzelnen Komponenten schwerwiegende Stillstandszeiten verhindert werden können. In einem robusten System können die Ausfallursachen schnell detektiert und behoben werden. Dies wird bspw. durch eine hohe Problemlösekompetenz der eigenen Instandhaltung oder eine schnelle Reaktionsfähigkeit durch externe Service-Dienstleister ermöglicht.

Mit der **Leistungsfähigkeit** soll bewertet werden, ob das Intralogistiksystem trotz Ausfällen die geforderten Aufgaben erfüllen bzw. die entstehende Lieferrückstände aufholen kann. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die RBG als *redundante Systeme* arbeiten und die *Auslastungsgrenze* im Normalbetrieb noch nicht erreicht ist.

Der Schweregrad durch die **Folgen eines ungeplanten Ausfalls** ist abhängig von qualitativen Faktoren wie der Auswirkung auf die Kundenzufriedenheit bei Lieferverzügen und quantitativen Faktoren wie den Kosten aufgrund von Wartezeiten.

Eine Auflistung der Einschätzungen von Instandhaltung und Logistikleitung zu den einzelnen Kategorien dient als Diskussionsgrundlage mit den Entscheidern. Jeder Anlagenbetreiber hat für sich selbst zu prüfen, welche Folgen ein ungeplanter Ausfall mit sich führt und ob die Konsequenzen die hohen Investitionskosten rechtfertigen.

Der wirtschaftliche Schaden (Pönale, wirtschaftlicher Ausfall durch Kundenverlust, ...) ist der Investitionssumme gegenüberzustellen. Ein „geplanter“ Stillstand z.B. aufgrund von Retrofitarbeiten ist einem ungeplanten Stillstand zu bevorzugen.

0

1

2

3

4

5

6

7

5: Kriterien zur Bewertung der Dringlichkeit

Fragen zur Einschätzung der Dringlichkeitskriterien



Robustheit des Systems

Wenn Komponente X eine Störung hat, könnte dieser Ausfall ausreichend schnell behoben werden?

- Wie lange darf die Gesamtanlage / betroffene Gasse maximal stillstehen?
- Wie hoch ist die interne Kompetenz zur Fehlerbehebung?
- Wie schnell ist die Reaktionszeit zur Behebung eines unvorhergesehenen Ausfalls durch interne/externe Techniker?
- Wie schnell kann das Ersatzteil geliefert und ausgetauscht werden?
- Wie sieht es um der Bevorratung und Lieferbarkeit von Ersatzteilen aus?

Leistungsfähigkeit

Ist die Anlage in der Lage, trotz Stillstände oder etwaige Verzögerungen die erforderliche Leistung zu erbringen?

- Was sind die Lieferzeitvorgaben für nachfolgende Prozesse?
- Wie eng ist die Bindung an Taktzeiten?
- Wie hoch ist die Redundanz des Intralogistiksystems?
- Reicht die Leistung der Anlage aus, um eventuelle Lieferrückständen aufzuholen?
- Welche Backup-Strategien können bei einem ungeplanten Ausfall gefahren werden? (manuelle Prozesse, Ver- / Auslagerung der Tätigkeiten...)

Folgen durch unvorhergesehene Ausfälle

Was kostet ein Komplett-/Teilstillstand?

- Welche Kosten könnten aufgrund von Zeitverzügen entstehen? (z. B. Wartezeit auf Techniker, Wartezeit nachfolgender Prozesse)
- Welche Kosten entstehen durch Nacharbeiten (z. B. Abbau von Artikelstau)
- Was wären mögliche Auswirkungen auf die Kundenzufriedenheit?
- Wie hoch ist die mittel-/langfristige Abhängigkeit von spezifischen Kunden?
- Welche Ausfall führt zu welchem Unter gesamten Anlage oder nur bestimmte Abschnitte?

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

5: Kriterien zur Bewertung der Dringlichkeit

Übersicht zu möglichen monetären Folgen bei unvorhergesehenen Ausfällen



Leerlaufkosten

- Personalkosten während des Stillstands für betroffene Prozesse (Wareneingang, innerbetriebliche Logistik, Produktionslogistik, Versand...)
- Sonstige laufende Betriebskosten



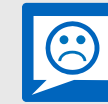
Strafzahlungen

- Konventionalstrafen zum finanziellen Ausgleich bei Nichterfüllung der vertraglichen Pflichten



Wiederanlauf-Kosten

- zusätzliche Prozesskosten durch Maßnahmen zur Kompensation des ausgefallenen Prozesses
- Kosten durch Nacharbeit und Abbau der angestauten Artikel



Goodwill-Verluste

- Einbußen in der Kundenzufriedenheit
- Wegfall von Bestandskunden
- Geringere Attraktivität für potenzielle Kunden



6: Vorbereitung auf Retrofits

Hinweise zur Vorbereitung und Durchführung von Retrofits



Bevor die Retrofit-Arbeiten durchgeführt werden, können einige Vorbereitungsmaßnahmen getroffen werden. Genauere Auskünfte hierzu sind bei den jeweiligen Retrofit-Anbieter zu erfragen.

Während der Retrofit-Arbeiten wird es zur Stilllegung von einzelnen Gassen kommen. Auf die darin gelagerten Artikel kann für diese Zeitspanne nicht mehr zugegriffen werden. Daher müssen Artikel, die während der Retrofit-Arbeiten benötigt werden, vorher umgelagert werden. Möglicherweise ist dazu eine Verdichtung des Lagers oder temporäre Anmietung zusätzlicher Lagerplätze notwendig.

Nach Abschluss der Arbeiten sind interne Mitarbeiter über die technischen Neuerungen und damit verbundenen Prozessänderungen in Kenntnis zu setzen.

Anpassung an reduzierte Anlagenleistung während Retrofits

Während der Retrofit-Arbeiten ist eine **reduzierten Gesamtleistung** des Intralogistiksystems einzukalkulieren, da es zu Ausfällen in der Anlage oder in Anlagenteilen kommen kann. Somit sind die Logistikprozesse während des Retrofits auf die reduzierte Verfügbarkeit anzupassen. Hierfür sind sogenannte „Workarounds“ zu erarbeiten. Eine Möglichkeit ist die **Auslagerung der Logistikleistung** oder die **Vorkommissionierung von Aufträgen**.

Zusammen mit Retrofitexperten sollten im Vorfeld sogenannten Fallback-Strategien diskutiert und erarbeitet werden, um bei zeitlichen Verzögerungen des Retrofits trotzdem handlungsfähig zu bleiben. Vor Ort ist dafür zu sorgen, dass ausreichend Infrastruktur für die Montage-Arbeiter vorhanden ist.

Außerdem sollte ausreichend Zeit für die Inbetriebnahme und langsame Erhöhung der Anlagenleistung eingeplant werden.

0

1

2

3

4

5

6

7

7: Virtuelle Inbetriebnahme (VIBN)

Hinweise zur Qualitätssicherung mittels VIBN



Unter VIBN versteht man den Test eines Automatisierungssystems mithilfe eines Simulationsmodells vor der realen Inbetriebnahme (IBN). Die klassische IBN macht anteilig 15 bis 25% der Gesamtdurchlaufzeit eines Projektes aus. Hiervon sind 90% der Zeit für die IBN von Elektrik und Steuerungstechnik aufzuwenden, wovon 70% durch Softwarefehler bedingt sind*. Diese Zeiten lassen sich durch VIBN reduzieren, da vor der realen IBN das Zusammenspiel zwischen Hardware und SPS-Software überprüft, angepasst und optimiert werden kann.

Neben dem zeitlichen Nutzen führt die VIBN zu einer höheren Qualität des Programmiercodes, da dieser früher getestet und angepasst werden kann. Die Gefahr für Fehler beim Hochlauf wird reduziert.

Vor der Installation der neuen Komponenten kann z.B. getestet werden, ob die Befehle der neuen realen SPS auch im virtuellen Modell der IST-Anlage die richtigen Funktionen auslösen oder ob das Zusammenspiel zwischen neuer SPS und übergeordnetem Materialflussrechner stimmt.

*Assmann, S.: Methoden und Hilfsmittel zur abteilungsübergreifenden Projektierung komplexer Maschinen und Anlagen, Dissertation an der RWTH-Aachen, 1996, S. 54 - 60

Voraussetzung für die VIBN:

- Kenntnis über das Verhalten der Schnittstellen (SPS, MFR)
- virtuelles Abbild der IST-Anlage mit Informationen zu Layout der Anlage, Lage der Sensoren und Aktoren, Geometrie und Abmaße, Kinematikdaten, Zuordnung der SPS-Ein-/Ausgänge mit Sensorik/Aktorik, etc.

In der Regel sind diese Daten bei Neuanlagen vollständig. Bei Altanlagen, die nach Jahren modernisiert werden müssen, ist dies nicht immer der Fall. Zusammen mit Experten muss daher der Nutzen der VIBN dem Aufwand der manuellen Datenerhebung und -aufbereitung gegenübergestellt werden.

0

1

2

3

4

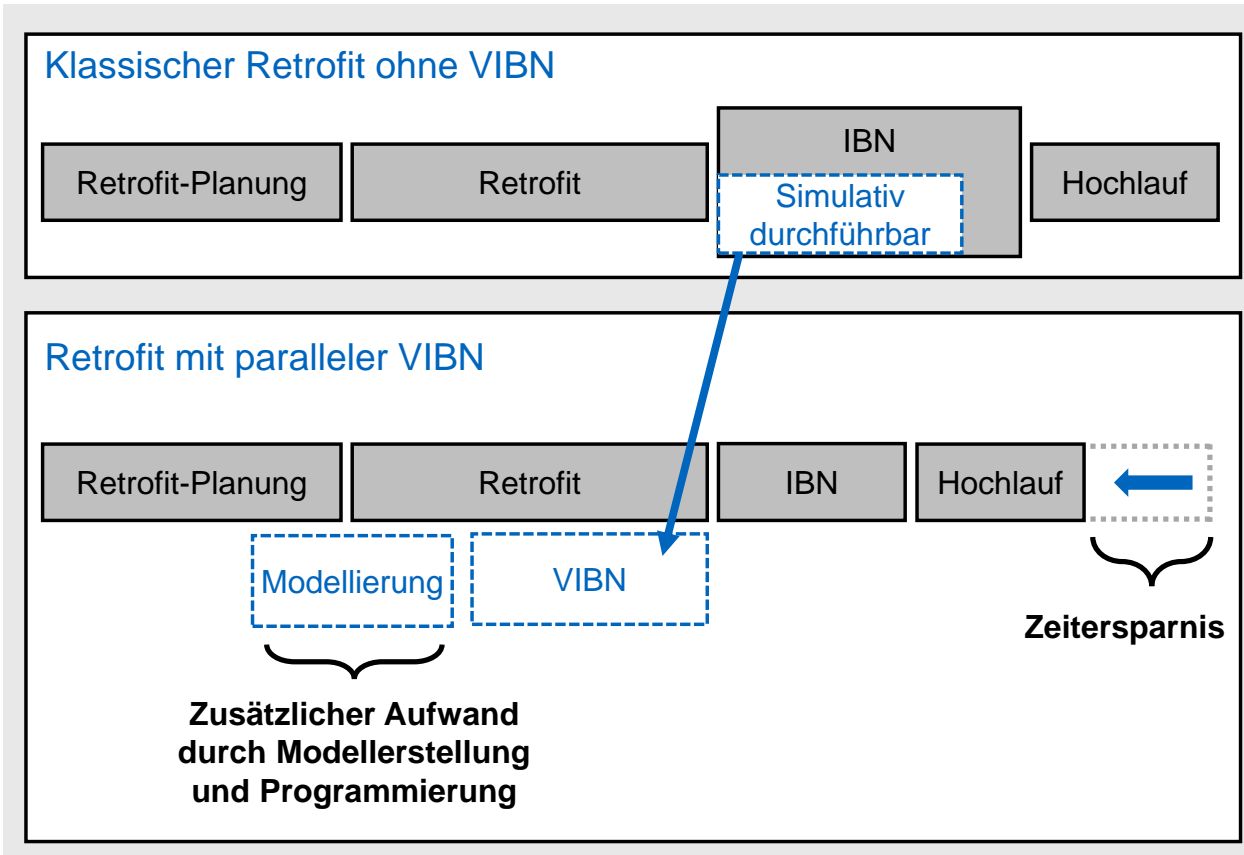
5

6

7

7: Virtuelle Inbetriebnahme (VIBN)

Aufwandsreduzierung durch VIBN



Vorteile durch VIBN

- Frühzeitige Aufdeckung von Schwachstellen in Abläufen
- Identifizierung von Optimierungspotenziale (Abläufe, Taktzeiten)
- Vorbeugung späterer Änderungen und Anlagenausfälle
- Verkürzung von Stillstandszeiten bei späteren Retrofits durch stetig aktualisierten „Digitalen Zwilling“
- Testen von Störszenarien
- Möglichkeit zur virtuellen Schulung bereits vor Inbetriebnahme der Anlage





Josef Xu, M.Sc.

Technische Universität München
TUM School of Engineering and Design
fml – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik

Boltzmannstr. 15
85748 Garching

Tel +49 89 289 15955
E-Mail: josef.xu@tum.de

www.mec.ed.tum.de/fml
[linkedin](#)

Das IGF-Vorhaben 20157 N/1 der Forschungsvereinigung Intralogistik / Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) e.V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (ehemals Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

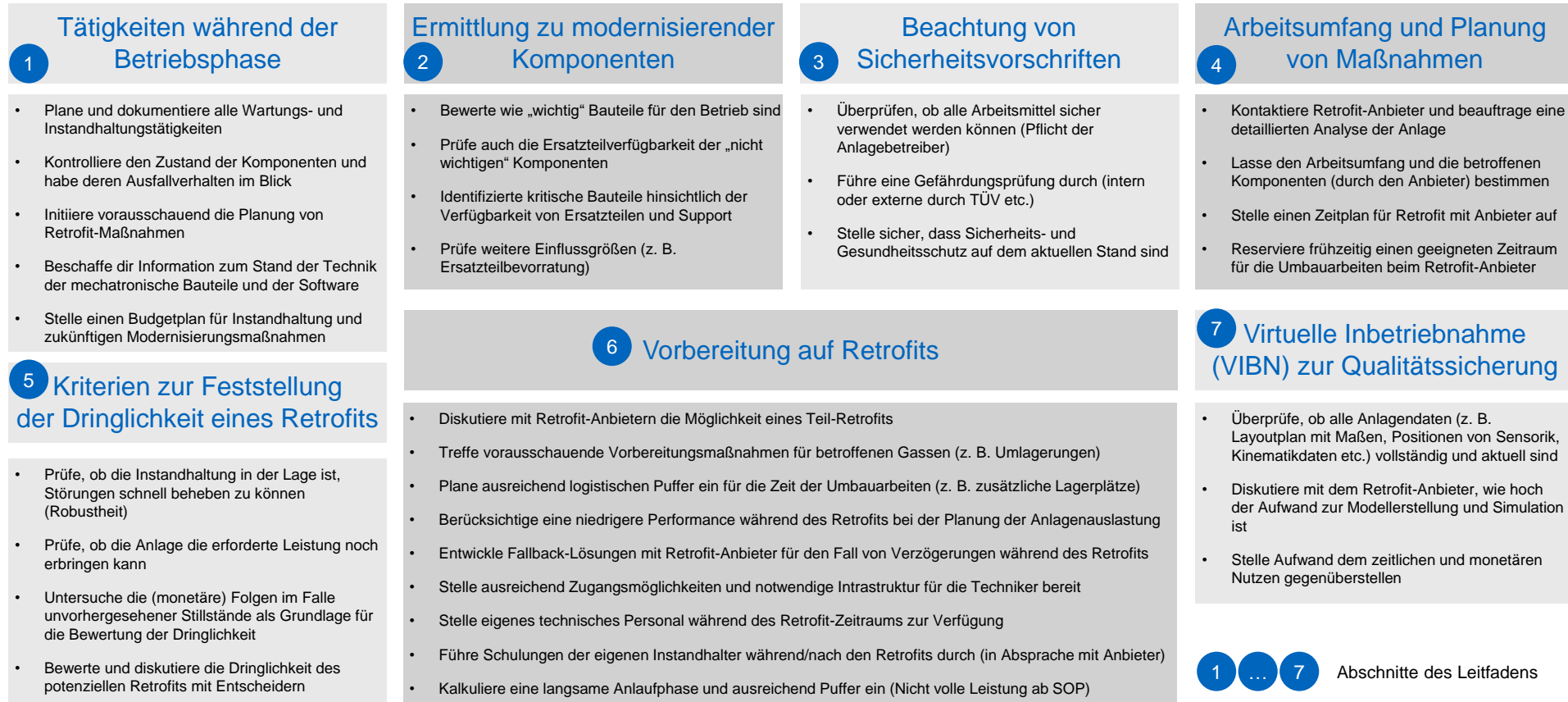
Bewilligungszeitraum Juni 2019 – März 2022;



Anhang – „Kurzzusammenfassung Leitfaden“

Kurzzusammenfassung des Retrofit-Leitfadens

ToDos



Kurzzusammenfassung des Retrofit-Leitfadens

ToDos

„Hausaufgaben“ für Betreiber

- Erstelle eine vollständige Auflistung der enthaltenen Komponenten
- Lege Auslöser/Grenzwerte fest, die zu Wartungstätigkeiten führen
- Lege Zeitintervalle fest, in denen Wartungstätigkeiten durchgeführt werden
- Definiere die Zuständigkeiten für die Wartungstätigkeiten (intern/extern)
- Erstelle einen Zeitplan mit Zeitpunkten für Wartungstätigkeiten
- Ergänze den Zeitplan mit möglichen Retrofits
- Dokumentiere die durchgeführten Wartungstätigkeiten
- Erstelle einen Budgetplan anhand des Zeitplans unter Berücksichtigung der zu erwartenden Wartungs- und Retrofitkosten
- Sorge für eine rechtzeitige Freigabe des notwendigen Budgets
- Aktualisiere Zeit- und Budgetplan jährlich

Fragen zur Überprüfung des Retrofit-Bedarf

- **Sicherheitsvorschriften und Richtlinien** - Sind Anpassungen an der Anlage notwendig, um die aktuellen Vorgaben zu erfüllen?
- **Aktueller Stand der Technik** - Sind die verbauten Komponenten noch vom aktuellen Stand der Technik?
- **Verfügbarkeit von Ersatzteilen** - Sind ausreichend Ersatzteile für mechatronische Komponenten verfügbar?
- **Verfügbarkeit von Technik-Support** - Kann das notwendige technische Know-How für den Service der mechatronischen Komponenten und Steuerungssoftware abgerufen werden? (intern, Dienstleister, Hersteller, Retrofit-Anbieter)
- **Ausfallrisiko der Intralogistikanlage** – Ist ein sicherer Betrieb in Hinblick die Ausfallhistorie, das Alter sowie der Verschleiß bestimmter Komponenten noch ausreichend gewährleistet?
- Identifikation zu modernisierender Komponenten- Welche Komponenten sind wichtig und haben eine kritische Support- bzw. Ersatzteilverfügbarkeit?
- **Dringlichkeit von Modernisierungen** – Ist eine schnelle Störungsbehebung möglich? Erfüllt die Anlage die (zukünftig) erforderliche Leistung? Was sind mögliche monetäre Folgen bei unvorhergesehenen Störungen? Wie groß ist das Risiko dafür?

Vorbereitungsmaßnahmen

- Identifiziere geeignete Zeitfenster für Retrofits, in denen eine verringerte Logistikleistung einplanbar wäre (spezifische Wochentage, Wochenenden, Betriebsferien, Off-Season...)
- Plane zeitliche Verzögerungen und niedrigere Anlagenleistungen während der Retrofit-Arbeiten ein
- Plane Übergangslösungen im Falle von Verzögerungen ein, um Engpässe zu verhindern
- Berücksichtige das Einplanen zusätzlicher Lagerplätze als logistische Puffer
- Bereite die betroffenen Gassen vor (Umlagerung)
- Ermögliche Zugangsmöglichkeiten für die Gassen
- Plane Zeit zur Schulung der eigenen Instandhaltung während/nach der Modernisierung ein
- Plane eine langsame Anlaufphase mit reduzierter Leistung und ausreichend zeitlichem Puffer ein