

Verkürzung der Ausfallzeiten von Anlagen der kritischen Infrastruktur mittels digitalem Informationszwilling

Hans Karl Preuß und Jessica Nentwich

1.	Ausgangssituation	1
2.	Lösungs-Bausteine	2
2.1.	Unabhängigkeit von der Verfügbarkeit und dem Wissen einzelner Personen.....	2
2.2.	Webbasierter Zugriff auf die aktuelle, valide technische Dokumentation	3
2.2.1.	Arbeiten im Digitalen Informationszwilling: Interaktion mit dem Verfahren	3
2.2.2.	R&I stets und einfach aktuell halten – schnelles Handeln ermöglichen	4
2.2.3.	Anlagenkennzeichnung nach KKS /AKZ – Zentrales Ordnungssystem für dezentrale Systeme.....	6
2.3.	Digitales Freigabeverfahren.....	7
2.4.	Digitale Freischaltungsplanung im intelligenten R&I	9
3.	Der digitale Informationszwilling – ein lohnender Aufwand?.....	11
4.	Zusammenfassung	11
5.	Quellen	12

1. Ausgangssituation

Systematisch gut vorbereitet sein, um bei geplanten und insbesondere bei ungeplanten Ausfällen schnell in den Betriebsmodus zurückkehren zu können – das ist das Ziel, speziell in Anlagen der Energie- und Abfallwirtschaft. Die dafür erforderliche Sicherheit und Effizienz werden durch verbesserte Handlungsfä-

higkeit auf moderner Basis in Instandhaltung und Betrieb erreicht. Der digitale Informationszwilling stellt dafür die entsprechende Grundlage.

Der digitale Informationszwilling unterstützt die Verkürzung der Wiederinbetriebnahmezeiten und stellt eine valide Datengrundlage für sicheres Handeln mittels

- Unabhängigkeit von der Verfügbarkeit und dem Wissen einzelner Personen,
- webbasiertem Zugriff auf die aktuelle, valide technische Dokumentation,
- digitalen Freigabeverfahren und
- digitaler Freischaltungsplanung im intelligenten R&I.

Im Folgenden werden die einzelnen Bausteine der Lösung vorgestellt.

2. Lösungs-Bausteine

2.1. Unabhängigkeit von der Verfügbarkeit und dem Wissen einzelner Personen

Know-how im Gedächtnis der Menschen ist ein schneller und gern genutzter Speicher. Das heißt aber auch, dass die Informationen nur von den Personen abgerufen werden können, die sie besitzen und vor Ort oder zumindest erreichbar sind. Dies kann zu Problemen führen, wenn der Know-how-Träger nicht verfügbar ist – mittlerweile eine Standardsituation in Altanlagen [1]. Dort ist der Anteil an erfahrenen Mitarbeitern immer geringer, da sich die Babyboomer-Generation bis 2036 im Ruhestand befinden wird [2]. Um deren Wissen und Erfahrungswerte zu nutzen und zu bewahren, müssen diese immer erreichbar sein. Eine bewährte Lösungsmöglichkeit sind digitale Informationszwillinge. Dadurch wird das Wissen personenunabhängig verfügbar gemacht und kann jederzeit systematisch genutzt sowie an die neuen Generationen in einem sich wandelnden Arbeitsmarkt weitergegeben werden.

Die Realisierung eines digitalen Informationszwillings erfordert jedoch eine sorgfältige Planung und Umsetzung, die auf den spezifischen Bedürfnissen und Gegebenheiten der Anlage basiert. Dabei ist es wichtig, dass diejenigen, die das Anlagenwissen besitzen, noch im Unternehmen sind und in den Prozess eingebunden werden.

Für die Digitalisierung des Freigabe-Managements ist ein Informationszwilling für sicheres Arbeiten nach dem Generationenwechsel eine digitale, personenunabhängige Lösung, da er das wertvolle Wissen konservieren und so die Lücken schließen kann.

2.2. Webbasierter Zugriff auf die aktuelle, valide technische Dokumentation

Anlagen der kritischen Infrastruktur befinden sich in einem ständigen Wandlungsprozess: Eine Anpassung der entsprechenden Pläne bleibt oft aus [1]. Die Folgen: Nicht nur im täglichen Betrieb kann es dadurch zu zeitlichen Verzögerungen oder gar zu Fehlentscheidungen kommen, es fehlt auch die belastbare Basis für Modernisierungen [1]. In jedem Fall sind R&I-Fließbilder, die den AS-BUILT-Stand der Anlage wiedergeben und mit weiterführenden Informationen verknüpft sind, eine valide Entscheidungsbasis.

Eine erfolgreiche Lösungsmöglichkeit ist der digitale Informationszwilling. Dieser ist eine digitale Abbildung der realen Anlage, inklusive aller verfahrensrelevanten und auch leittechnisch angebundenen Komponenten, die alle Informationen aus der technischen Anlagendokumentation in einer webbasierten Plattform integriert. Der digitale Informationszwilling ermöglicht es, die Anlage virtuell zu betrachten, zu analysieren und zu optimieren. Er ist somit ein sinnvoller ganzheitlicher Ansatz im Rahmen der Industrie 4.0 und bietet einen Mehrwert für alle Beteiligten, von den Betreibern über die Instandhalter hin zu den Planern und Ingenieuren [3].

Die Technologie des digitalen Informationszwillings unterstützt die Verkürzung der Ausfallzeiten, indem sie eine präzise Abbildung der Anlage in der digitalen Welt schafft und dadurch eine bessere Übersicht und vorausschauende Planung erforderlicher Maßnahmen ermöglicht [1].

2.2.1. Arbeiten im Digitalen Informationszwilling: Interaktion mit dem Verfahren

In der Private Cloud des Web-Portals des Digitalen Informationszwillings gelangt man beispielsweise zur Planung der Freischaltung vom intelligenten R&I aus direkt zum Funktionsbereich *Freischaltung*. Für die fachgerechte und sichere Ausführung der geplanten Arbeiten benötigte Dokumente, Arbeitsanweisungen etc. sind ebenfalls direkt mit dem R&I verknüpft und somit sehr schnell zugänglich (Abbildung 1).

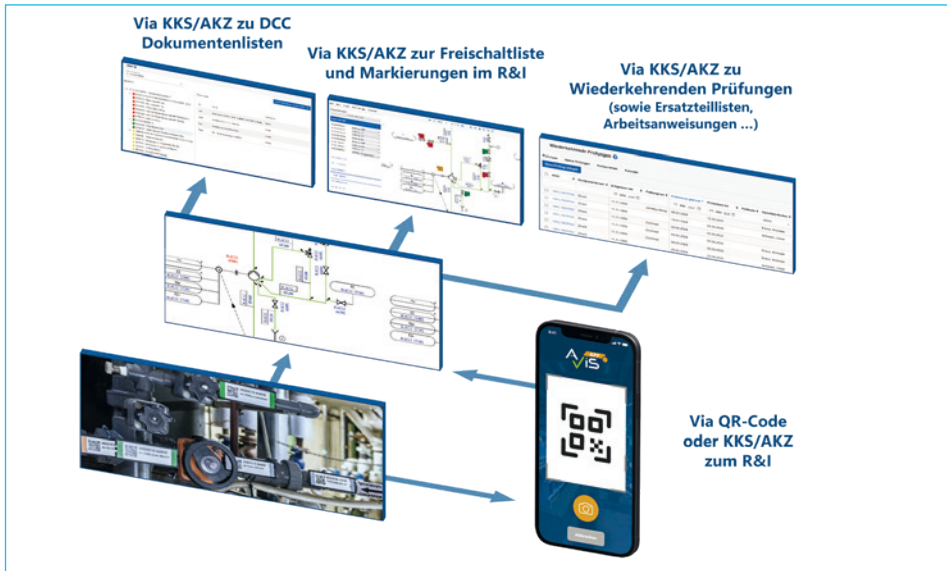


Abb. 1: Direkte Verbindung vom R&I zu allen benötigten Informationen

2.2.2. R&I stets und einfach aktuell halten – schnelles Handeln ermöglichen

Jede effiziente Maßnahme basiert auf einer guten Planung. Jede gute Planung basiert auf zuverlässiger Kenntnis des Ist-Standes. Dieser AS-BUILT-Stand muss nicht nur grundsätzlich bekannt, sondern auch jedem im Projektteam inkl. Partnern und Lieferanten zugänglich sein. Dies kann nur mit einer zentralen Datenbank gelingen, einer Single-Source-of-Truth.

Dreh- und Angelpunkt einer effizienten und sicheren technischen Betriebsführung sind aktuelle R&Is. Die R&I-Fließbilder stellen die Anlage verfahrenstechnisch dar. So werden Abhängigkeiten schnell erkannt und das Instandhaltungspersonal greift auf aktuelle und richtige Daten zu.

Je aufwendiger die Aktualisierung der Fließbilder ist, desto seltener findet diese statt. Der Grund dafür ist, dass in herkömmlichen Freischaltungsplanungssystemen die R&I-Fließbilder bei jeder Änderung neu gezeichnet werden müssen.

Das Redlining kann vor Ort am Tablet erfolgen (Abbildung 2).

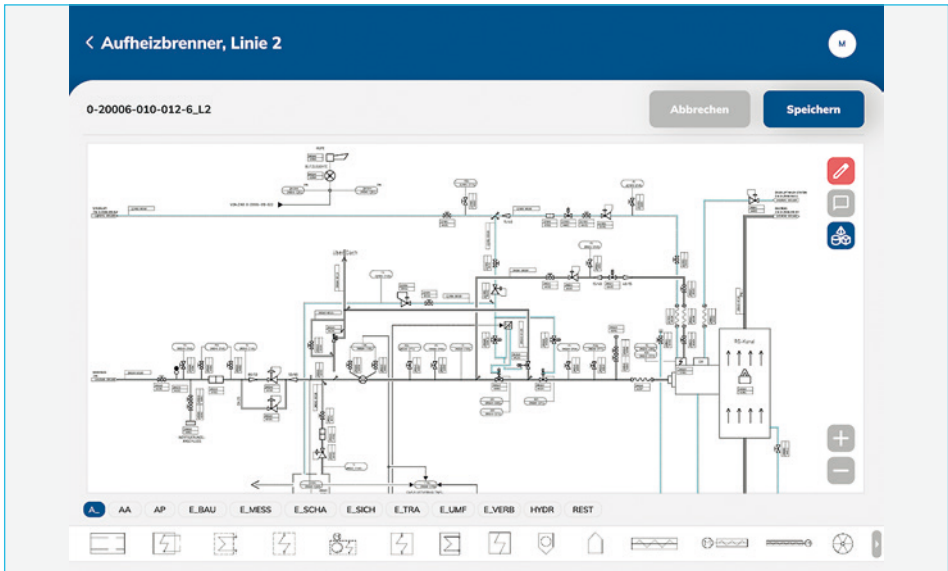


Abb. 2: Redlining am Tablet

Die Datei wird im Rahmen des Änderungsprozesses an den CAD-Bearbeiter übergeben und von diesem aktualisiert. Es kann ein aktualisiertes R&I-Fließbild aus jeder beliebigen Quelle, beispielsweise im .pdf und .dwg-Format, eingelesen werden. Automatisch passt die Software das intelligente R&I an, mit dem dann sofort die Freischaltungsplanung erfolgen kann. Eine Änderung muss also nur einmal in der Zeichnungsdatei umgesetzt werden.

Am Beispiel des in Abbildung 3 gezeigten, während einer Anlagenbegehung zunächst händisch aktualisierten R&I-Fließbildes wird deutlich, wie sehr der AS-BUILT-Stand typischerweise von den Plänen abweicht.

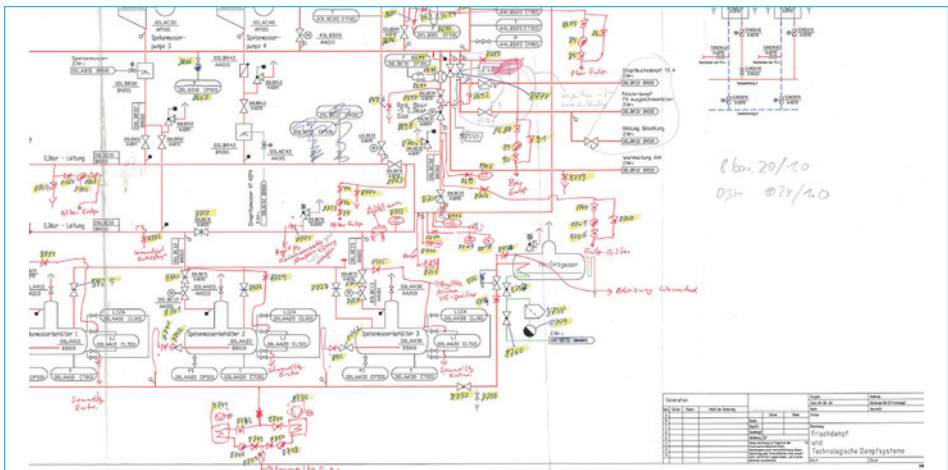


Abb. 3: R&I-Fließbild mit Roteinträgen als Resultat der Anlagenbegehung

Die Abweichungen (Roteinträge) werden nach der CAD-Bearbeitung im digitalisierten, intelligenten R&I-Fließbild (Abbildung 4) dargestellt. Das Fließbild wird als intelligent bezeichnet, da auch beispielsweise Ventilstellungen dargestellt werden können. Dies bietet insbesondere für die digitale Freischaltungsplanung zusätzliche Sicherheit. Zudem gelangt man per Klick auf die Aggregat-Kennzeichnung direkt zu allen zugehörigen Dokumenten der Technischen Dokumentation.

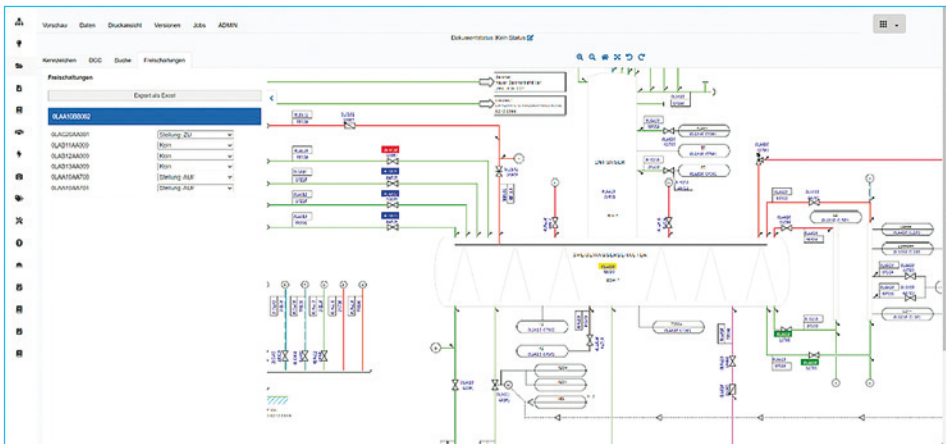


Abb. 4: Intelligentes R&I-Fließbild

2.2.3. Anlagenkennzeichnung nach KKS /AKZ – Zentrales Ordnungssystem für dezentrale Systeme

Ein zentrales Ordnungssystem in Form eines Kennzeichensystems und eines Dokumentenartenschlüssels bildet die Basis für alle weiteren Maßnahmen im Kraftwerk. Wir sprechen hier im Weiteren von Kennzeichnungsdaten (KKS, EKS, AKS, AKZ, RDS-PP, Kennzeichnungssystem im Allgemeinen) und Sekundärdaten (DCC, UAS, DAS, Revision, Ersteller, Metadaten im Allgemeinen) zur Erkennung der Wertigkeit der Dokumente. Die Kennzeichnungsdaten beschreiben das Bauteil funktionell auf System- und Aggregatebene. Die Sekundärdaten geben Aufschluss darüber, welche betreiberrelevante Information darin zu finden ist. Allein die Möglichkeit, hersteller- und typunabhängig zu vergleichen, rechtfertigt den Aufwand und die Investition in eine funktionsbezogene Kennzeichnung.

Enthält die Kennzeichnung vor Ort zusätzlich einen QR-Code, kann dieser mit dem Handy oder Tablet gescannt werden (Abbildung 5). Er ermöglicht den direkten, schnellen Zugang zu allen das Kennzeichen betreffenden aktuellen Daten und Dokumenten als valide Entscheidungsgrundlage.



Abb. 5: Anlagenkennzeichnung nach KKS/AKZ und QR-Code mit Nutzungsmöglichkeiten

2.3. Digitales Freigabeverfahren

Eine gut geplante Freischaltung ist neben aktuellen R&Is der wohl bedeutendste Faktor für eine schnelle Zuschaltung. Daher wird im Folgenden das digitale Freigabeverfahren am Beispiel einer Freischaltung dargestellt.

Die Sicherungsmaßnahme *Freischaltung* ist anzuwenden, wenn zur Sicherung des Arbeitsortes vor Beginn der Arbeiten das Abschalten, Abschieben oder Abtrennen einer Anlage, eines Anlagenteils oder eines Betriebsmittels erforderlich ist.

Die Vereinfachung von Großmaßnahmen oder wiederkehrenden Abläufen wie z. B. vorbereiteten Freischaltungen für die Revision oder WKP erfordert die Koordination und Durchgängigkeit aller Maßnahmen und Informationen.

Beispiele hierfür sind:

- Mängel und Störungen werden nicht nur aufgenommen, sondern aufbereitet und sofort an alle zuständigen Bearbeiter im Unternehmen und ggf. auch an Auftraggeber oder Dienstleister weitergeleitet.
- Bei der Aufnahme von Mängeln und Störungen können neben Texten auch Fotos, Unterschriften, Spracheingaben und GPS-Koordinaten im digitalen Schein erfasst werden.

- Wer wann den Mangel/die Störung erfasst hat, ist jederzeit nachvollziehbar. Erfasste Mängel können in zu erledigende Aufgaben umgewandelt werden und unterliegen dann dem normalen Arbeitsablauf. Mangelbeschreibungen können (auch) als PDF abgerufen und an Externe zur Bearbeitung weitergegeben werden.

Um z. B. einen Motor zu wechseln, muss dieser freigeschaltet werden. Dabei ist es hilfreich, wenn der Gruppenleiter E-Technik die Freischaltung bzw. den Schaltauftrag direkt bei der Arbeitserlaubnis in den Workflow anhängt.

Abbildung 6 zeigt die Prozesse und Rollen, die benötigten Daten und Dokumente, sowie die Visualisierung eines R&Is zur Freischaltungsplanung.

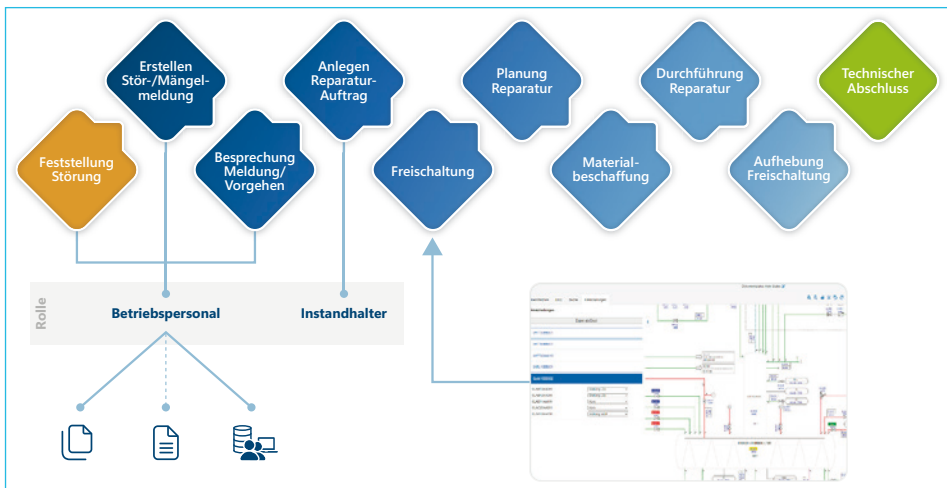


Abb. 6: Zusammenhänge in der Instandhaltung – Visualisierung der Freischaltungsplanung im R&I

Die Digitalisierung des Freigabe-Managements ist ein wichtiger Schritt, um die Zukunftsfähigkeit der Anlagen zu sichern. Durch den Generationenwechsel und den bevorstehenden Ruhestand der letzten arbeitenden Babyboomer droht ein Verlust von wertvollem Wissen und Erfahrung. Um dem entgegenzuwirken, müssen die Mitarbeiter in die digitalen Prozesse eingebunden und geschult werden. Außerdem kann die Digitalisierung helfen, den Fachkräftemangel zu mildern, indem sie die Arbeit effizienter und attraktiver gestaltet.

2.4. Digitale Freischaltungsplanung im intelligenten R&I

Aus Gründen des Arbeitsschutzes ist vorgeschrieben, dass für alle Arbeiten an in Betrieb befindlichen Anlagen grundsätzlich ein schriftliches Freigabeverfahren erforderlich ist. Dabei kann der Freigabeschein gleichfalls Reparaturauftrag sein. An Reparaturarbeiten sind üblicherweise die Kraftwerksbereiche Maschinenbetrieb, Elektrobetrieb, Leittechnikbetrieb und Schichtbetrieb beteiligt, wobei die Freischaltung durch den Fachbereich Schichtbetrieb veranlasst wird.

Bei Befahrungen von Kessel-, Behälter-, Bunkerräumen oder anderen engen Räumen ist zudem noch eine schriftliche Befahrerlaubnis erforderlich.

Anstelle papiergestützter Freischalt- und Zuschaltdokumente sowie verschiedenster digitaler Listen bietet das Modul *Freischaltung* eine zentrale Plattform zur Hinterlegung von Freischaltplänen und eine effiziente Unterstützung zur Durchführung konkreter Freischaltmaßnahmen, darunter:

- Anlegen und Verwalten im R&I,
- die Visualisierung der Armatur-Stellungen im R&I,
- Festlegung der Maßnahme für jedes Aggregat,
- Visualisierung im R&I,
- farbliche Markierungen je Arbeitsschritt,
- Import von bestehender Planung,
- Kopplung mit Freischaltungsplanung,
- Verwendung für z. B. Revision, Arbeitsanweisungen etc.

Digitale Trockenübung – der schnellste Weg zur sicheren Freischaltung

In einem intelligenten, interaktiv nutzbaren R&I wird die Freischaltung digital geplant. Am Beispiel einer Speisewasserpumpe sind in Abbildung 7 im linken Bereich die zu beachtenden, automatisch aufgelisteten Bauteile in der Peripherie der Pumpe zu sehen. Farbliche Markierungen ermöglichen eine einfache visuelle Kontrolle; Änderungen erfolgen einfach per Klick.

Der Status wird in Tabellenform visualisiert. Die digitale Freischaltungsplanung erleichtert somit auch die Durchführung komplexerer Freischaltvorgänge und erhöht nachhaltig die Arbeits- sowie Betriebssicherheit.

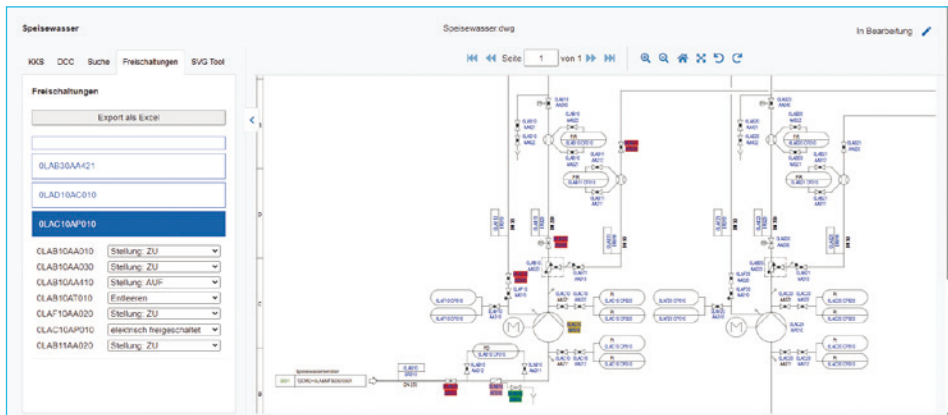


Abb. 7: Freischaltungsplanung im intelligenten R&I

Im Einzelnen sind die folgenden Aspekte Bestandteile einer soliden Freischaltungsplanung:

- Planung im R&I,
- Planung in der Übersichtsliste,
- Festlegung der Reihenfolge,
- Statusverwaltung:
 - Festlegung des Freischalt-Zustandes,
 - Festlegung des Betriebszustandes,
- Terminierung der Umsetzung.

Insbesondere trägt die Konfliktprüfung bei mehreren Freischalt- bzw. Arbeitsorten in der digitalen Freischaltungsplanung zur Sicherheit und somit auch zum schnellen, reibungslosen Ablauf der Maßnahme bei. Hierbei wird überprüft, ob alle notwendigen Schritte zur Freischaltung an verschiedenen Arbeitsorten eingehalten wurden, um die betreffenden Anlagenbereiche wieder sicher in Betrieb zu nehmen.

Erweitert werden kann die digitale Freischaltungsplanung um einen softwaregestützten, mehrstufigen Genehmigungsprozess. Zusammen mit der Realisierungsplanung wird so durchgängige Nachvollziehbarkeit ermöglicht.

Für das Freischaltwesen ist der digitale Informationszwilling die systematische, digitale Sicherung von implizitem Anlagenwissen. Auf diese Weise liefert er eine moderne, immer erreichbare Planungs-, Arbeits- und Dokumentationsgrundlage.

3. Der digitale Informationszwilling – ein lohnender Aufwand?

„Für die Freischaltungsplanung müssen wir doch nur die R&I-Schemata aktualisieren“ könnte der Gedanke eines Verantwortlichen sein. Ja und nein. Gerade Geschäftsführer und Betriebsleiter sollten hier das große Ganze betrachten, Synergien nutzen und sich ihrer persönlichen Haftung bewusst sein. Stimmen die R&Is nicht mit der Realität überein, gilt dies mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit auch für die Gesamtdokumentation und deren Verfügbarkeit. Um das Haftungsrisiko zu minimieren und einem möglichen Organisationsverschulden vorzubeugen, sollte im Zuge der R&I-Aktualisierung während einer Anlagenbegehung auch eine systematische Kennzeichnung nach KKS/AKZ erfolgen. Ein weiterer Schritt ist die echte Digitalisierung sowie Aktualisierung der gesamten technischen Dokumentation. All diese Informationen, plus (optional) die Anbindung bestehender Daten führender Systeme, werden im digitalen Informationszwilling zentral zusammengefasst dargestellt – und täglich im Betrieb genutzt.

4. Zusammenfassung

Mit einem speziell auf kritische Infrastrukturen zugeschnittenen Portal können Nutzer alle Arten relevanter Informationen online abrufen, bearbeiten und teilen. Es bietet eine intuitive, interaktive Darstellung der Anlagenprozesse – eine wichtige Quelle für Betriebsführung und Instandhaltung einer KRITIS-Anlage, da es viele relevante Informationen über die anfallenden Aufgaben enthält. Diese werden im Portal geplant und auch freigegeben. Ein digitales Freigabeverfahren ermöglicht es, die Prozesse zu standardisieren, zu dokumentieren und zu überwachen. Dadurch können Fehler vermieden, Kosten gesenkt und die Arbeitssicherheit erhöht werden. Außerdem kann die Anlagenverfügbarkeit gesteigert werden, da Instandhaltungstätigkeiten effizienter geplant und durchgeführt werden. Die Faktoren Zeitersparnis und Sicherheit können insbesondere dank digitaler Freischaltungsplanung im intelligenten R&I maximiert werden, da Freischaltungen im Vorfeld stressfrei geplant und geprüft werden können.

Um all diese Informationen effizient und sicher zu nutzen, ist der digitale Informationszwilling webbasiert und plattformunabhängig (z. B. in der Private Cloud) zugänglich. Er kann leicht in bestehende Instandhaltungs- und ERP-Systeme wie z. B. SAP eingebunden werden, in denen die Aggregation betriebsrelevanter Informationen zwecks Predictive Maintenance genutzt werden kann.

Es ist ratsam, sich auf einen erfahrenen und kompetenten Projektpartner zu verlassen, der die nötige Softwarelösung anbietet und bei der Implementierung unterstützt.

5. Quellen

- [1] Preuß, H.-K. (kein Datum). *Erfahrungswert aus dem Vertrieb Digitaler Informationswillinge in Altanlagen*.
- [2] Deschermeier/Schäfer: IW Kurzbericht 78/2024, *Die Babyboomer gehen in Rente*. https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Kurzberichte/PDF/2024/IW-Kurzbericht_2024-Babyboomer.pdf: Institut der Deutschen Wirtschaft, Köln.
- [3] Preuß, H.-K. (2024). *Website* : <https://www.gabo-idm.de/digitale-informationszwillinge/>. Erlangen: GABO IDM.