

Erhebung und Nutzung digitaler Informationszwillinge für die Instandhaltungsoptimierung von fossil-thermischen Kraftwerken – Effiziente Wege zum Brownfield Reengineering

Hans Preuß, Geschäftsführer, GABO IDM mbH

Fachkräftemangel, Kostendruck und stetig steigende Dokumentationspflichten stellen die Betreiber von Kraftwerks- und Müllverbrennungsanlagen vor große Herausforderungen und verlangen ein intelligentes Wissensmanagement. Die Entpersonalisierung von Informationen ist unverzichtbar für den erfolgreichen und sicheren Betrieb energiewirtschaftlicher Anlagen. Digitalisierungserfolge erzielen Unternehmen dabei nicht nur auf der Kostenseite, sondern auch in Bezug auf die Verfügbarkeit von Daten, die Optimierung der Prozesse bei Inbetriebnahme, regulärer Betrieb und Störungsbehebung und die Nutzung externer personeller Ressourcen.

Ein sogenannter „Digitaler Informationszwilling“ als modernes Informations-Management der Anlage konserviert das Anlagenwissen, sichert die Handlungsfähigkeit, verkürzt die Entstörungszeit, ermöglicht effizientes Arbeiten mit dem Instandhaltungssystem durch valide Daten, steigert die Effizienz bei Arbeiten in der Anlage und ermöglicht einen effektiven Änderungsdienst.

Wissen im Kopf – Direkter Zugriff, sofern der Knowhow Träger verfügbar ist

Der überwiegende Anteil des Wissens in einem Unternehmen besteht aus „implizitem Wissen“, das oft auch als „Erfahrungswissen“ bezeichnet wird. Implizites Wissen entsteht durch persönliche Erfahrungen, die über einen längeren Zeitraum gemacht werden. Es hat subjektiven Charakter und ist ausschließlich im Kopf der jeweiligen

Mitarbeiter gespeichert. Implizites Wissen lässt sich als Erfahrungsschatz und Intuition begreifen, auf die wir uns im täglichen Handeln mit Erfolg verlassen können. Dieses nicht formalisierte Wissen hilft bei der Bewältigung von Unplanbarkeit in der Arbeit und äußert sich im Erahnen von Störungen oder als richtiges Gespür bei Problemlösungen oder intuitiven Entscheidungen. Durch den langjährigen Umgang mit komplexen und Kreativität erfordernden Aufgaben ergibt sich also ein großer impliziter Wissensspeicher, der jedoch nur selten dokumentiert ist. Häufig ist dies auch nicht so einfach möglich, denn die Mitarbeiter wenden ihr Wissen im Arbeitskontext automatisch, spontan und intuitiv an, ohne sich genau über dieses Wissen bewusst zu sein.

In vielen Betrieben gehen – durch den demografischen Wandel verschärft – erfahrene Mitarbeiter in den Ruhestand. Diese Mitarbeiter haben oft einzigartiges Wissen über die Gegebenheiten („das Verhalten der Anlage“, „das Gefühl für Wartungsbedarf“ etc.). Dieses Erfahrungswissen ist i. d. R. nicht dokumentiert. Anhaltspunkte liefert oft nur noch die Herstelldokumentation. Diese organisierbar und zeitgemäß, in ansprechbarer Form bereitzustellen, sollte ein Ziel des Unternehmens sein, wenn es effizient arbeiten will. Gleichzeitig schaffen eine zunehmende Aufgabenteilung und höher spezialisierte Arbeitsplätze – getrieben durch Automatisierung und Digitalisierung – tendenziell immer stärker singuläres (Erfahrungs-)Wissen und erschweren diese Aufgabe kontinuierlich.

Basis der Digitalisierung ist es, spezielles Wissen dezidiert, valide und schnell zur Verfügung zu stellen, das Wissen von langjährigen Mitarbeitern zu sichern sowie Informationen aus unterschiedlichen Datenszenen abzurufen. Das Stichwort zur Wiedergewinnung der Informationshoheit und die Grundlage des Wissensmanagements heißt daher: „Digitaler Informationszwilling“.

Digitale Zwillinge und technische Anlagendokumentation – Begriffsklärung

Die Idee bzw. das Konzept eines digitalen Zwillings wird auf Dr. Michael Grieves 2002 im Rahmen seiner Forschung zum Product Lifecycle Management (PLM) an der University of Michigan zurückgeführt. Grieves definierte den digitalen Zwilling seinerzeit als ein System, das aus drei Komponenten besteht:

1. Den physischen Produkten im „realen Raum“,
2. den virtuellen oder digitalen Produkten im „virtuellen Raum“ und
3. den Daten- und Informationsverbindungen, die beide miteinander verbinden.

Ausgehend von diesem Erklärungsmodell kann der digitale Zwilling als digitales Gegenstück eines physischen Objektes angesehen werden. Nach Kritzinger können die Begriffe ‚Digital Model‘, ‚Digital Shadow‘ und ‚Digital Twin‘ synonym verwendet werden, unterscheiden sich aber im Level der Datenintegration zwischen dem physischen und dem



virtuellen Objekt. Das ‚Digital Model‘ als digitales Abbild eines bestehenden physischen Objekts bietet keinen automatisierten Datenaustausch zwischen den beiden Artefakten. Außerdem hat eine Änderung des Zustands des einen Objekts keine direkte Auswirkung auf das andere. Im Gegenteil, mit dem ‚Digital Shadow‘ existiert ein einseitiger automatisierter Datenfluss, da eine Zustandsänderung im physischen Objekt zu einer Modifikation im virtuellen Objekt führt.

Bei technischen Anlagen kann aus den auftretenden Abweichungen eine Nachjustierung einer Anlagenkomponente oder bspw. auch eine vorausschauende Instandhaltung (predictive maintenance) abgeleitet werden. Bei Prozessen oder sich bewegenden Objekten können die Abweichungen durch die Veränderung der Steuerungsgrößen (s. a. Stellgröße) und/oder der Eingabeparameter entsprechend wieder angeglichen werden.

Weil die Technik voraussetzungsvoll ist, stehen die meisten Unternehmen noch am Anfang, was den Einsatz vollständiger digitaler Zwillinge angeht. Momentan sind es eher vereinzelte Anlagenbereiche, die simuliert werden, um basierend auf diesen Erkenntnissen eine vorausschauende Instandhaltung zu betreiben.

Deutlich einfacher als ein solches vollständig digitales Abbild lässt sich ein sogenannter „Digitaler Informationszwilling“ erstellen. Jeder Anlagenbetreiber, der in seinem ERP-System eine Lebenslaufakte aufgebaut hat, also eine Sammlung aller Produktinformationen zu seinen Anlagen über deren Lebenszyklus hinweg, verfügt gewissermaßen schon über einen solchen – allerdings in der Regel nur – analogen Zwilling. Diese Akte geht von der technischen Struktur aller Elemente der Anlage aus. An zentraler Stelle sammelt sie die

Informationen, die für die Instandhaltung und Produktion relevant sind.

Diese Informationslogistik sorgt für eine situations- und bedarfsgerechte elektronische Informationsversorgung, unabhängig von Aufenthaltsort, dem Arbeitskontext, der Tageszeit und dem verwendeten Endgerät des Benutzers, zeit- und personenunabhängiges Anlagenwissen und stellt gleichzeitig die Voraussetzung für das Zwillings-Konzept von Grieves und Vickers dar. Zusammenfassend lässt sich der „Digitale Informationszwilling“ beschreiben als:

- digitale Repräsentanz der Informationen über ein Objekt oder eines Prozesses aus der realen Welt in der digitalen Welt,
- der im Lebenszyklus der Objekte für das effiziente und kostenbewusste Betreiben von Produkten, Anlagen und Dienstleistungen.

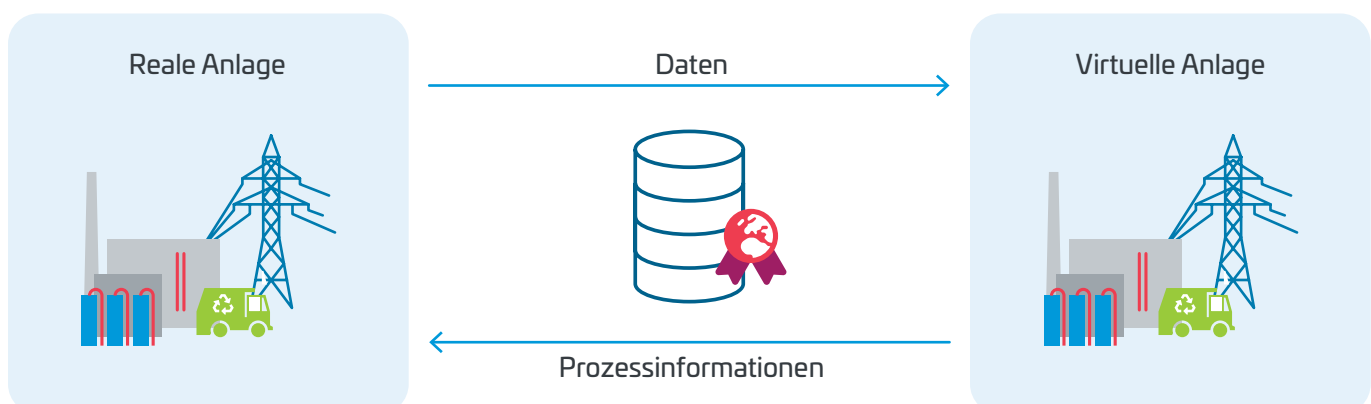


Abb. 1 | Digitales Zwillings-Konzept von Grieves und Vickers

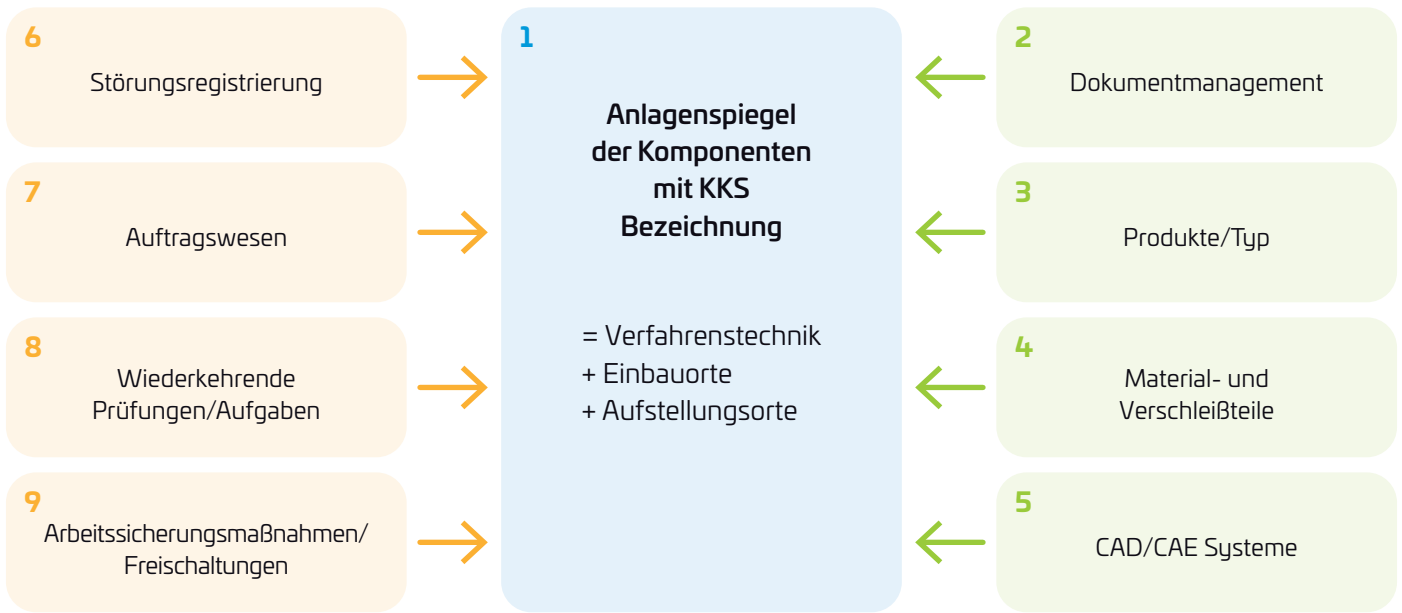


Abb. 2 | Vorgänge im Zusammenhang mit dem Anlagenspiegel

Zusammenhänge von Instandhaltungsaufgaben und dem „Digitalen Informationszwilling“

Für die Betriebsführung und Instandhaltung einer Kraftwerksanlage und den dabei anfallenden Aufgaben werden zahlreiche Informationen benötigt, die zu einem wesentlichen Teil in Form von Dokumenten der technischen Anlagendokumentation gebunden sind.

Der „Digitale Informationszwilling“ stellt diese, vorzugsweise plattformunabhängig, webbasiert (z.B. in der privaten Cloud), bereit und dient somit als Abstraktionsebene.

Der Weg zum „Digitalen Informationszwilling“ mit KKS/AKS/AKZ

„Am Anfang steht das R&I (Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema) und natürlich auch das SIL (Single Line Diagramm – Einlinienschaltbild)“.

Einer der größten Vorteile, den die Energiebranche gegenüber anderen Branchen hat, ist das Kraftwerkskennzeichensystem – KKS/AKS/AKZ. Das KKS-System stellt ein etabliertes Daten- bzw. Funktionsmodell dar. Es beschreibt jedes System, Teilsystem, Aggregat und Betriebsmittel mit der dazugehörigen Funktion, dem Einbau und Aufstellungsort anhand von numerischen und alphanumerischen Ziffern und Buchstaben.

Dadurch inkludiert es alle funktionalen Objekte in einer Anlage, bestehend aus:

- Maschinenteknik
- Verfahrenstechnik
- Elektrotechnik
- Leittechnik
- Bautechnik.

Es ist ein weltweiter Standard und eignet sich hervorragend als Ordnungssystem für den „Digitalen Informationszwilling“.

Die Identifikation der Funktionen (Systeme, Aggregate) eines digitalen Informationszwillings

Um die Eindeutigkeit der einzelnen Funktionen, Teilfunktionen und deren Komponenten unterscheiden zu können, bietet das Kraftwerkskennzeichensystem KKS sowie vergleichbare hierarchische eindeutige Kenn-

zeichensysteme, RDS-PP, AKS, AKZ, etc., alle dazu notwendigen Funktionen.

Auch können hier zusammengehörige Objekte miteinander referenziert und unterschieden werden. Es werden dabei drei verschiedene Objekttypen für die Identifikation der Systeme, Teilsysteme und Komponenten unterschieden:

1. Verfahrenstechnische Objekte
Vorzeichen „=“
2. Einbauort- Objekte der Elektro- und Leittechnik
Vorzeichen „+“
3. Aufstellungsortobjekte der Bautechnik
Vorzeichen „,+“

Die Ebenenstruktur für einen Anlage lässt sich beispielhaft wie folgt darstellen:

Verfahrenstechnische- Objekte der Elektrotechnik und Leittechnik

Ebene	KKS	Bezeichnung
Ebene 1	=1	Linie 1
Ebene 2	=1B	Energieableitung und Eigenbedarf Linie 1
Ebene 3	=1BB	MS Schaltanlage Linie 1
Ebene 4	=1BBA	MS Schaltanlage 1 Linie 1
Ebene 5	=1BBA02	Feld 2 MS Schaltanlage 1 Linie 1
Ebene 6	=1BBA02 GS001	Einspeisung Feld 2 MS Schaltanlage Linie 1
Ebene 7	=1BBA02 GS001 -M01	Motor Einspeisung Feld 2 MS Schaltanlage Linie 1

Einbauort- Objekte der Elektrotechnik und Leittechnik

Ebene	KKS	Bezeichnung
Ebene 1	+1	Linie 1
Ebene 2	+1B	Felder der Energieableitung und Eigenbedarf Linie 1
Ebene 3	+1BB	Felder der MS Schaltanlage Linie 1
Ebene 4	+1BBA	Felder der MS Schaltanlage 1 Linie 1
Ebene 5	+1BBA01	Feld 1 der MS Schaltanlage 1 Linie 1
Ebene 6	+1BBA01.A 001	Platz 1 im Feld 1 der MS Schaltanlage 1 Linie 1

Aufstellungsort- Objekte der Elektrotechnik und Leittechnik

Ebene	KKS	Bezeichnung
Ebene 1	++1	Linie 1
Ebene 2	++1U	Bauwerk im Linie 1
Ebene 3	++1UB	Bauwerk für Energieableitung und EB im Linie 1
Ebene 4	++1UBA	Schaltanlagegebäude im Linie 1
Ebene 5	++1UBA10	Ebene 0m des Schaltanlagegebäudes im Linie 1
Ebene 6	++1UBA10 R 001	Raum 1 der Ebene 0m des Schaltanlagegebäudes im Linie 1

Durch die Verknüpfung unterschiedlicher Objektarten aggregiert sich Informationsgehalt zu einem Objekt:

Das Objekt

= **OPAC10 AP001** ist aufgestellt im

+ + **OUQA10 R002**

der Schaltanlagenabzweig

= **OPAC10 AP001 -Q01** ist im

10 kV Feld 1 + 1BBA01.A001 eingebaut.

Diese Referenzierungen sind für den Aufbau und die Nutzung des digitalen Informationszwillings unerlässlich.

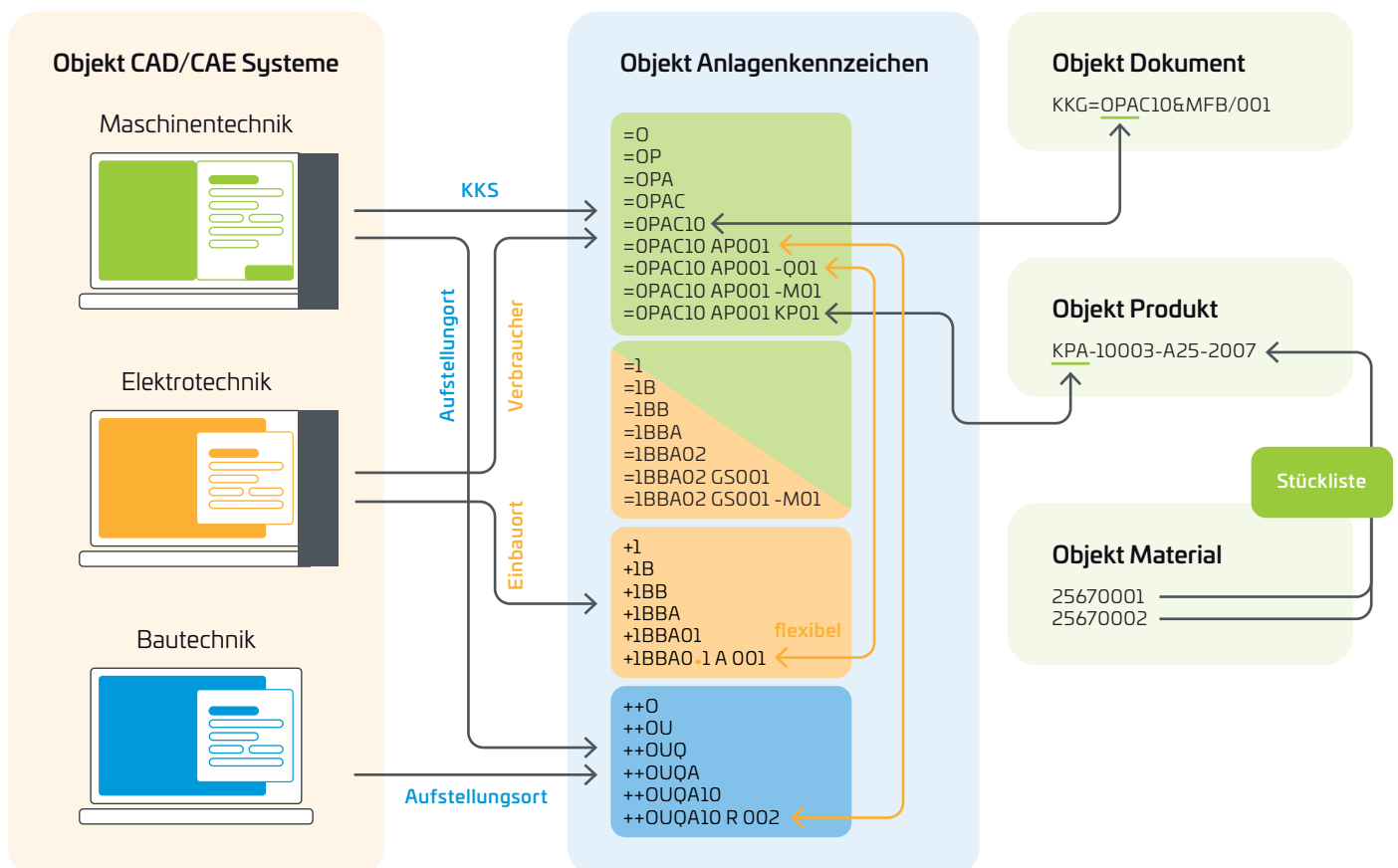


Abb. 3 | Darstellung der Zusammenhänge von Kennzeichen und Einbau- bzw. Aufstellungsort inkl. Produkt und Material (nicht Teil des Artikels)

Praktische Umsetzung ohne aufwendigen Implementierungsprozess in starre Betriebssysteme

Im ersten Schritt wird eine Aufnahme des aktuellen Anlagenbestandes anhand der Rohrleitungs- und Instrumentenfließschemas realisiert. Zur effizienten Abarbeitung dieses Schrittes sind verschiedene Verfahren notwendig:

1. Digitalisierung analoger R&Is, SILs, etc. durch scann mit Großformatscanner
2. Vektorisierung relevanter Schemata für die spätere Bearbeitung in CAD
3. Einbringung von Intelligenz (Kennzeichen und Zeichnungsköpfe) in die

Zeichnungen für die Prüfung der Inhalte und zur Qualitätssicherung

4. Prüfung der KKS:
 - auf Dopplungen über alle R&I Schemata
 - auf Stellenrichtigkeit
 - gegen den VGB-Katalog den spezifischen Katalog des Kunden
 - hinsichtlich Unterschiede in den Verwendungskennzeichen
5. Auswertung der Ergebnisse und Rückschlüsse für die weitere Bearbeitung des Projektes

Die oben beschriebenen Verfahren ermöglichen einen schnellen und wirtschaftlichen ersten Eindruck über Zustand der Anlagendokumentation und für weitere notwendige Schritte, den digitalen Informationszwilling zu erstellen.

Die Erstellung des Digitalen Zwillings wird mit folgenden Teilschritten realisiert:

1. Sichtung und Bewertung des analogen Archivs
2. Reduzierung der zu erfassenden Papierdokumentation anhand der obigen Informationen
3. KKS-Scann von vielen tausend Dokumenten
4. Automatisierte Erkennung von vielen tausend KKS-Kennzeichen
5. Automatisierte Erkennung von dem vielfachen der Kennzeichen zu den KKS-Dokumentverknüpfungen
6. Validierung der erkannten Kennzeichen mittels:
 - a. Daten aus der Prozessleittechnik
 - b. Daten aus dem Betriebssystem
 - c. Daten aus informationsführenden Listen (Armaturenlisten, Rohrleitungslisten etc.)
7. AS BUILT-Aufnahme der Anlage
 - a. Ermittlung relevanter R&I Schemata
 - b. Vorbereitung der R&I Schemata für die AS-BUILT-Aktualisierung
 - c. Extraktion der KKS-Inhalte nach R&I
 - d. Betankung der AS-BUILT-App mit KKS-Kennzeichen aus R&
 - e. Aktualisierung der R&I durch Redlining im PDF
 - f. Kennzeichnung der Komponente bei fehlender KKS mittels ID-Schild
 - g. KKS-Neuvergabe bei fehlender KKS in enger Abstimmung mit AVA Velsen
 - h. Erfassung Aufstellungsort pro Komponente
 - i. Erfassung Betriebsmittel, z. B. Schalter einer Pumpe mit dessen Einbauort, ausgewählter Komponenten
 - Qualitätsgesicherter Prozess durch:
 1. ID vor Ort
 2. ID in AVIS
 3. ID für kompletten Beschilderungsprozess
 - Anlagenerfahrene Mitarbeiter in den Bereichen
 1. Elektrotechnik
 2. Maschinentchnik
 3. Bautechnik
8. Bereitstellung in einer webbasierten, auf Benutzerfreundlichkeit optimierten Plattform

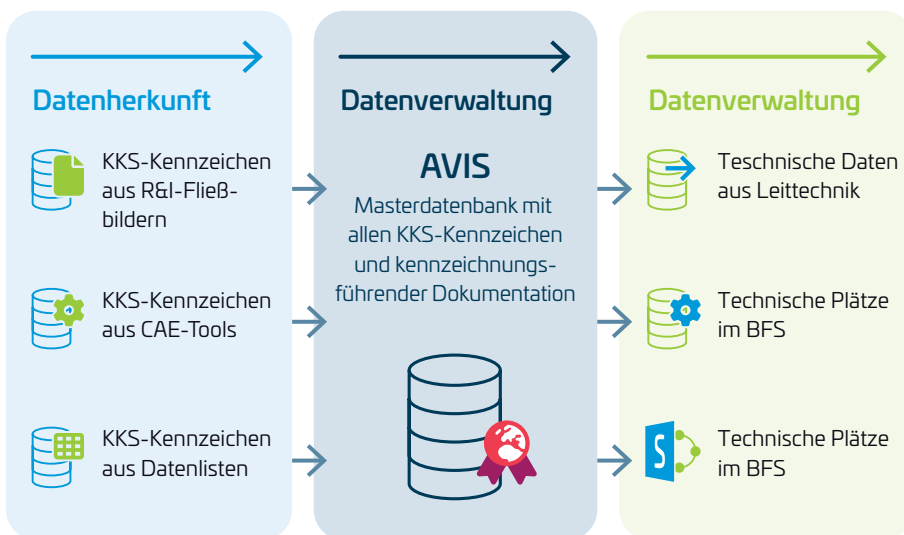


Abb. 4 | Zusammenführung und Validierung verschiedener Quellen

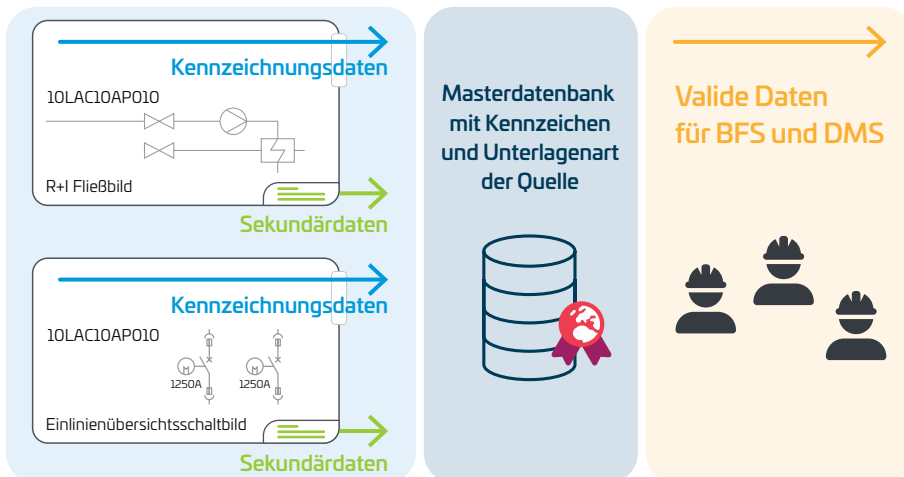


Abb. 5 | Extraktion von Kennzeichen- und Sekundärdaten aus dem R&I und SIL (Einlinienschaltbild)

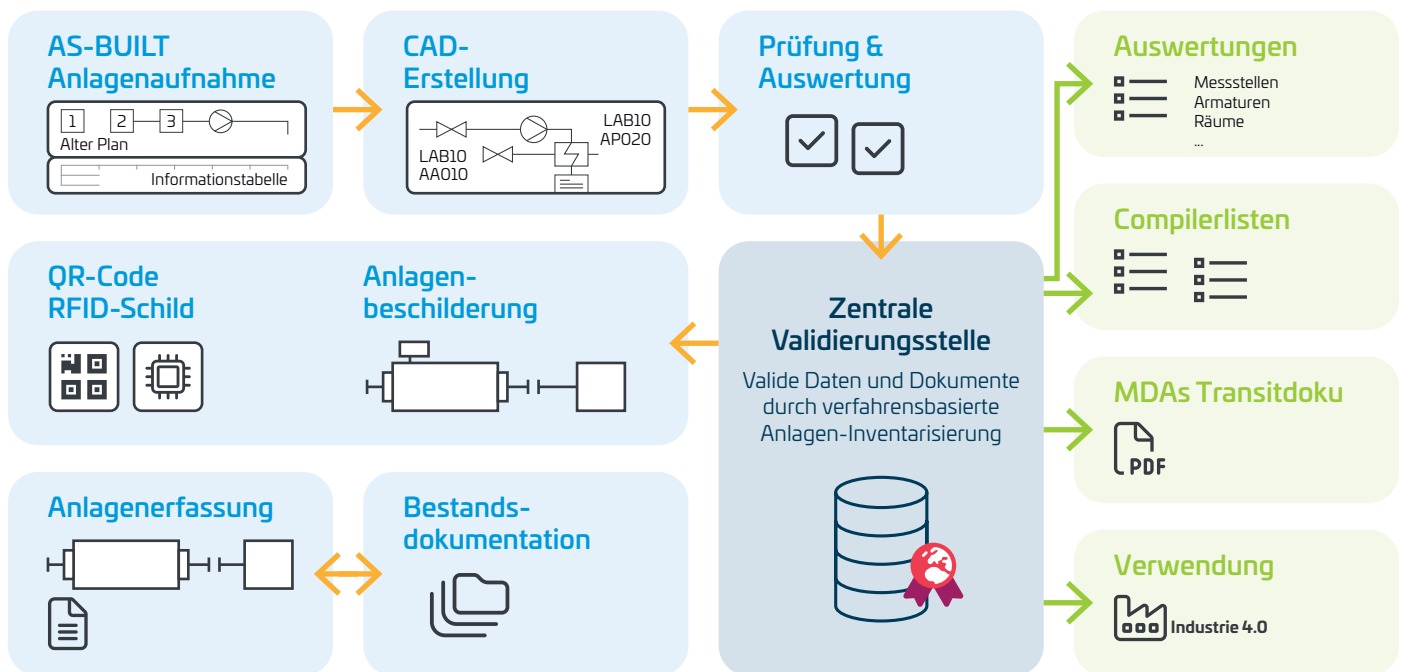


Abb. 6 | Optimierte AS-BUILT Erfassung Prozess

Bei der Begehung und dem AS-BUILT-Abgleich der Anlage werden häufig Stellen gefunden, an denen die Anlagenbeschilderung verloren, falsch oder nicht vorhanden ist. Dies kann zum Anlass genommen werden, die Schilder QR-Code-Norm umzustellen. Die Nutzbarkeit und Qualität der Mängelmeldungen werden so deutlich verbessert (Abb. 7).

Software und Services für stetig aktuelle digitale Informationszwillinge in der kritischen Infrastruktur

Die Erstellung eines digitalen Informationszwillinges ist ein aufwändiger, vor allem aber ein eigentlich unumgänglicher und definitiv immer lohnender Vorgang. Doch wie aktuelle Nachrichten verlieren auch Informationen mit der Zeit an Wert, wenn diese nicht aktualisiert werden.

Nach Abschluss der Arbeiten beginnt die Pflege des digitalen Modells. Die Anlage und deren Systeme sind stetigen Veränderungen ausgesetzt. Es gibt Erneuerungen, Optimierungen, Um- und gegebenenfalls Rückbauten. Diese sich in der Realität ereignenden Dinge müssen in den digitalen Zwilling nachgezogen werden, um diesen auf Stand zu halten.

Diese Anforderung besteht gesetzlich für jedes Dokumentationskonzept einer verfahrenstechnischen Anlage, unabhängig ob dieses traditionell analog oder in Form

eines digitalen Zwillings vorliegt. Allerdings bietet der digitale Zwilling hier eindeutige Vorteile hinsichtlich Ausführung, Implementierung und Verfügbarkeit der aktualisierten Informationen.

- KI-basierte Software-Lösung zur Muster- und Metadatenerkennung
- Prüfung der Dateien auf Duplikate
- Erfassung der Dateien in einem Anlageninformationssystem
- OCR-Erkennung aller Dateien
- Leistungsstarke Volltextsuche
- KKS-Extraktion aus den Dateien
- Bereitstellung aktueller, intelligenter und interaktiver R&Is und Dokumente im HTML-Format

Den „Digitalen Informationszwilling“ nutzen – Instandhaltungsplanung, Stör- und Mängelmeldung, Arbeitserlaubnis, Behälterbefehrschein, Sicherungsschein und Freischaltung

Der „Digitale Zwilling“ ist also das zentrale Informationssystem für Anlageninformation und Instandhaltungsplanung:

- Alle Informationen in einer zentralen Plattform
- Maschinen-, verfahrens- und leittechnische Informationen in einem Portal

- Vorschau mit visueller Darstellung des „Fundorts“ in der Gestalt des digitalen Abbilds
- Informationen aus Betriebssystem, Leittechnik, Planzahlen, Auslegungsparametern, zentral nutz- und weiterverwendbar
- Aufgaben und Eskalationssystem für kritische Anwendungen
- Schichtbuch, Arbeitsfreigaben, etc.
- Mängelmeldungen
- Verwaltung wiederkehrender Aufgaben
- Webbasierte Bereitstellung ohne Softwareinstallation

Ein auf diesen Informationen basierendes digitales Abbild ermöglicht echte Instandhaltung 4.0.



Abb. 7 | QR-Code mit ID-Schild an Typ und Hersteller für AS BUILT Aufnahme

Störungen und Mängelbeschreibungen sollen nicht nur aufgenommen, sondern aufbereitet und sofort an alle zuständigen Bearbeiter im Unternehmen und ggf. auch an Auftraggeber oder Dienstleister weitergeleitet werden. Bei der Aufnahme von Mängeln und Störungen können neben Texten auch Fotos, Unterschriften, Spracheingaben und GPS-Koordinaten erfasst werden. Wer wann die Störung erfasst hat, ist jederzeit nachvollziehbar. Erfasste Mängel können in zu erledigende Aufgaben umgewandelt werden und unterliegen dann dem normalen Workflow.

Die folgende Abbildung zeigt die Prozesse und Rollen und die dafür benötigten Daten und Dokumente, sowie die Visualisierung eines R&Is zur Freischaltungsplanung:

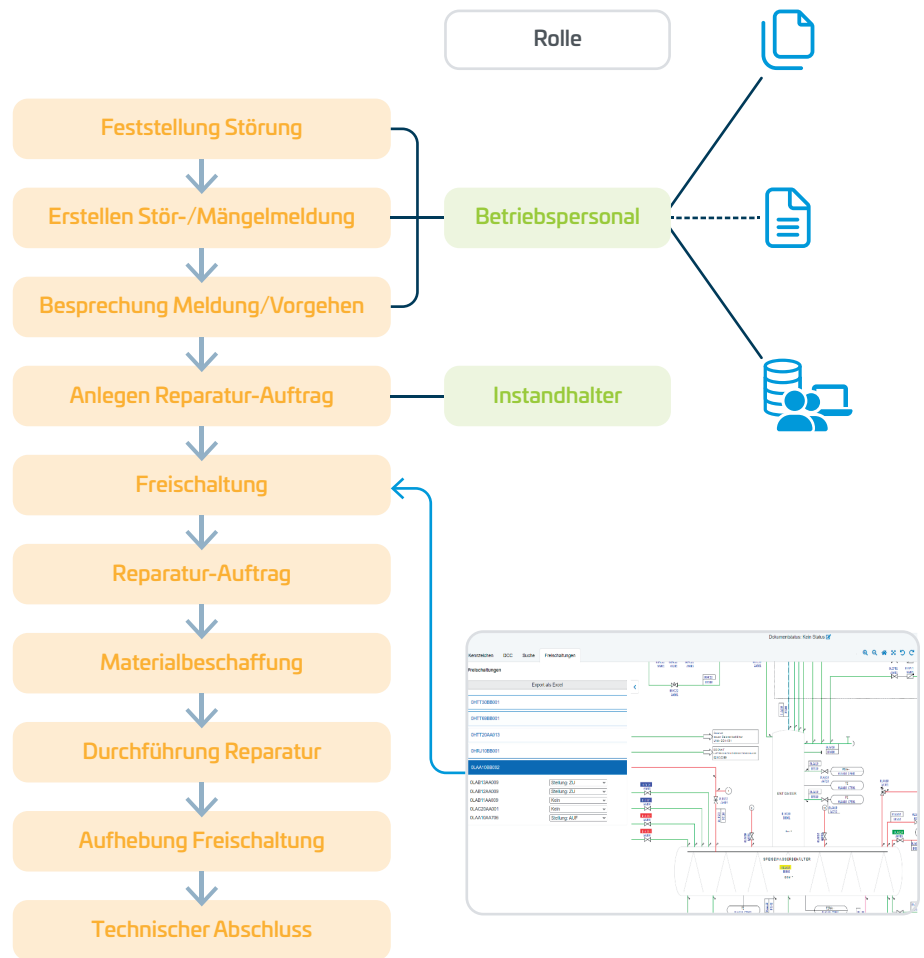


Abb. 8 | Zusammenhänge in der Instandhaltung – Visualisierung der Freischaltungsplanung im R&I

Resümee

Die Einsatzmöglichkeiten eines „Digitalen Informationszwillings“ sind vielseitig, der Nutzen liegt auf der Hand und übersteigt regelmäßig bei Weitem die Kosten: Konservierung von Anlagenwissen, Verkürzung der Entstörungszeiten, effizientes Arbeiten mit dem Instandhaltungssystem durch valide Daten, Steigerung der Effizienz bei Arbeiten in der Anlage, Visualisierung von Vorgängen im Verfahrensfließbild und ein effektiver Änderungsdienst. Zu achten ist beim Zeitpunkt der Realisierung allerdings,

dass sich die menschlichen Know-How-Träger nach Möglichkeit noch im Unternehmen befinden.

Nur ein dem Prozessschritt entsprechender Dokumentenbestand ermöglicht ein schnelles, sicheres und gesetzeskonformes Arbeiten mit der Anlage. Diese anspruchsvolle Aufgabenstellung ist gerade in Zeiten dünner Mitarbeiterdichte ohne softwareseitige Unterstützung und einem kompetenten Projektpartner in der Umsetzung nicht machbar. ✓



© GABO IDM mbH

Hans Preuß
Geschäftsführer
GABO IDM mbH