

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

Hans Preuss

Abstract

Collection and use of digital information twins for the re-commissioning of fossil-thermal power plants – Efficient ways for brownfield reengineering

Scarce resources, changing personnel and multi-shift operations demand intelligent knowledge management. The depersonalisation of information is indispensable for the successful and safe operation of energy industry plants. Digitalisation successes are there-

fore not only achieved by companies on the cost side, but also in terms of data availability, process optimisation and the use of external human resources. The current political situation and the associated challenges place further demands on the digital twin of a fossil-thermal plant.

Knappe Ressourcen, wechselndes Personal und der Mehrschichtbetrieb verlangen ein intelligentes Wissensmanagement. Die Entpersonalisierung von Informationen ist unverzichtbar für den erfolgreichen und sicheren Betrieb energiewirtschaftlicher Anlagen. Digitalisierungserfolge erzielen Unternehmen daher nicht nur auf der Kostenseite, sondern in Bezug auf die Verfügbarkeit von Daten, die Optimierung der Prozesse und die Nutzung externer personeller Ressourcen. Die derzeitige politische Lage und die damit verbundenen Herausforderungen stellen weitere Anforderungen an den digitalen Zwilling einer fossil-thermischen Anlage. Derzeit befinden sich knapp 4000 MW Nettolenleistung (elektrische Wirkleistung) allein an Steinkohlekraftwerken in Deutschland in Netzreserve aufgrund § 13b EnWG. Prominente kürzliche Stilllegungen wie das Kraftwerk Westfalen oder das Kraftwerk Moorburg sind dabei nicht mitberücksichtigt. Gemessen an den über 10.000 MW der in Betrieb befindlichen Gaskraftwerke könnten, bei sich weiter verschlechternder Versorgung mit Brennstoff, somit knapp 40 % der Kapazitäten ausgeglichen werden (vgl. Bild 1).

So viel zur Theorie und den Möglichkeiten. In der Praxis ergeben sich hier jedoch neue Herausforderungen, die es zu meistern gilt. Zum einen sind diese Kraftwerke meist älteren Baujahres zum anderen sind die Mitar-

beiter, die diese Kraftwerke jahrelang betrieben haben, häufig nicht mehr verfügbar. Die Mitarbeiter des Betriebes und der Instandhaltung haben den Arbeitgeber gewechselt oder sind in Ruhestand gegangen. Das Wissen um die Anlage und deren Eigenheiten mit Ihnen.

So ergibt sich eine gänzlich neue Situation mit einem bestehenden, sich in Netzreserve befindlichem, Kraftwerk. Bei einem solchen Szenario kann das Wissen um die Anlage nicht „On the job“ bei der Inbetriebnahme weitergegeben werden. Wartungspläne wiederkehrende Prüfungen und eingespielte Abläufe sind hier ausgesetzt und müssen gegebenen Falls komplett neu erarbeitet und an die Anforderungen angepasst werden.

Zusätzlich dazu wurden in der Regel, für Anlagen deren Laufzeit endlich ist, keine größeren Investitionen mehr getätigt. Sowohl in die Technik der Anlage als auch in Dokumentation. Das Wissensmanagement entspricht hier nicht dem zur Aufgabe benötigten Anforderungen.

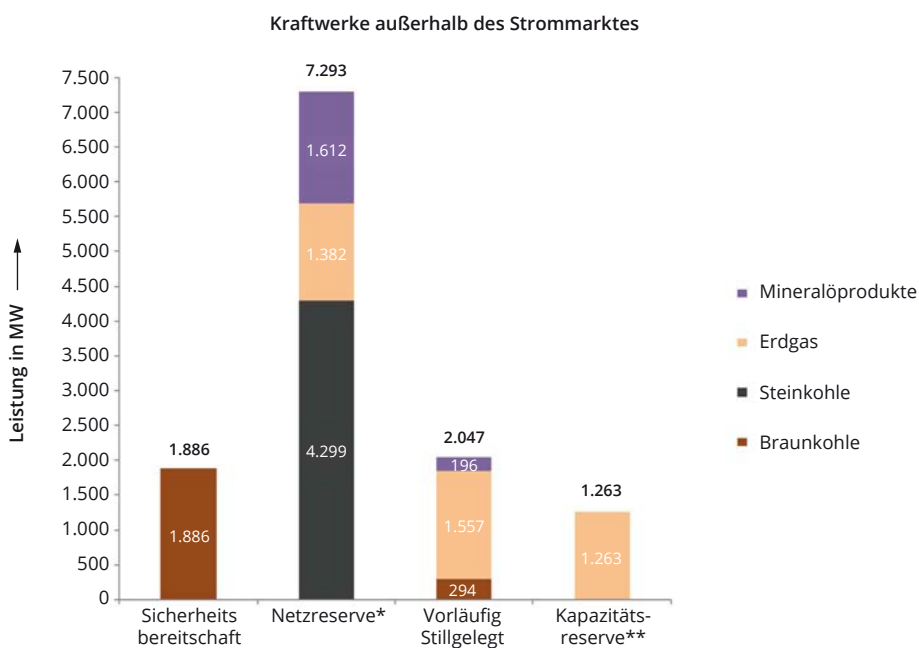
Um in sehr kurzer Zeit einen Überblick der vorhandenen Informationen zu bekommen und auch um eventuelle Fehlstellen auszumachen ist ein Digitaler Zwilling der Kraftwerksanlage in Kombination mit einem Simulator eine adäquate Lösung, um verschiedene Ereignisse (Wiederinbetriebnahme, Regulärer Betrieb, Störungsbehebung) zu simulieren.

Siehe auch: Einsatzmöglichkeiten von anlagenspezifischen 1:1-Simulatoren für rostgefeuere Kraftwerke von Peter Lasch.

Für die oben beschriebenen Ansatzpunkte fehlen in der Regel dazu vor allem eines: Jede Menge Daten.

Autor

Hans Karl Preuss
Geschäftsführer
GABO IDM mbH
Erlangen, Deutschland



* Systemrelevante Kraftwerke in der Netzreserve gem. § 13b EnWG und KVVG sowie Kraftwerke in der Kapazitätsreserve gem. § 13e EnWG, die nur auf Anforderung der Übertragungsnetzbetreiber zu Zwecken der Wahrung der Versorgungssicherheit betrieben werden. Es ist möglich, dass sich Anlagen gleichzeitig in § 13 b und § 13e EnWGbefinden.
 **Leistung in der Kapazitätsreserve entspricht hier der Angabe des Kraftwerksbetreibers gem. MaStRV.
 Stand: 31. Mai 2022
 Quelle: Monitoringreferat der Bundesnetzagentur

Bild 1. Kraftwerke außerhalb des Strommarktes mit jeweiligem Energieträger.
 Quelle: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/start.htm>
 Daten aus Marktstammdatenregister (Datenauszug vom 12.05.2022) Monitoring 2012 bis 2021 (Nicht-EEG-Anlagen) sowie EEG-Anlagen bis zum 31.12.2021 (Quellen EEG-Anlagen: AGEE-Stat Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland (AGEE-Stat, Februar 2022) und Marktstammdatenregister (Bundesnetzagentur, Datenstand: 24.03.2022)

Diese Daten befinden sich in der Technischen Anlagendokumentation, im Betriebsführungssystem (z.B. SAP) und in diversen Hilfslisten bzw. Datenbanken.

Zur Digitalisierung der Anlageninformationen können mittlerweile Verfahren eingesetzt werden die ein Brownfield Reengineering (light) schnell und effizient ermöglichen.

Eingesetzte und nicht eingesetzte Verfahren zur Erhebung der benötigten Informationen für den „Digitalen Zwilling“:

- Scan der analogen Dokumente
- KEIN 3D-Scan (Kosten/Nutzen-Verhältnis)
- Vektorisierung zur kostengünstigen CAD-Überführung
- OCR-Erkennung als Basis zur digitalen Bearbeitung und Informationsaggregation

Eingesetzte Verfahren zur Validierung:

- Prüfung auf Logik
- Prüfung auf Querverweise
- Abgleich mit der Prozessleittechnik (PLS)
- Abgleich mit dem Betriebsführungssystem (BFS)

Nutzen des digitalen Zwillings

- Konservierung von Anlagenwissen
- Verkürzung der Entstörungszeit
- Effizientes Arbeiten mit dem Instandhaltungssystem durch valide Daten
- Steigerung der Effizienz bei Arbeiten in der Anlage

- Visualisierung von Vorgängen im Verfahrensfließbild
- Effektiver Änderungsdienst

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

Der schnellste Zugriff auf Informationen erfolgt aus dem Gedächtnis, ohne Recherche, als direkt angewandtes Wissen. Das Arbeiten mit Informationen aus der „Technischen Dokumentation“ stellt sich bei vielen Anlagen wie folgt dar:

Die Mitarbeiter wurden während der Errichtung oder signifikanter Erneuerungen der Anlagen eingestellt und konnten „On-The-Job“ von den Inbetriebnehmern lernen. Auch konnten neue Mitarbeiter häufig von den Kollegen mit langjähriger Kraftwerkserfahrung profitieren und im Team Erfahrungen und Wissen austauschen.

So erfolgte der Wissenstransfer ohne Dokumentation direkt von Inbetriebnehmer zu Mitarbeiter und von Vorgänger zum Nachfolger. Daraus ergab sich, dass selten Informationen aus der Dokumentation benötigt wurden.

Nun stellt sich die Herausforderung, dass beispielsweise bei Reaktivierung der Wartungspläne im SAP häufig nur Kurzbeschrei-

bungen vorhanden sind, die mit dem Wissen des Personals ergänzt die notwendige Tätigkeit definierten. Das fehlende Detailwissen muss bei Wiederinbetriebnahme aus den Komponentenhandbüchern ergänzt werden. Im regulären Betrieb war auch dieses Wissen von den Inbetriebnehmern zur späteren Betriebsmannschaft transferiert worden.

Somit ist hier gerade der mobile Zugriff von entscheidender Bedeutung.

2.2 Herausforderung für den (Wieder-)Betreiber

Bedingt durch das jetzige Fehlen der Know-how-Träger müssen diese im Bedarfsfall durch nicht anlagenerfahrenen Mitarbeiter adäquat ersetzt werden.

Für das Anlageninformations- und Instandhaltungsplanungssystem (IPS) stellt sich die Herausforderung, die für komplexe Vorgänge benötigten Informationen einfach und schnell zu erheben und später bereitzustellen.

Starre Betriebsführungssysteme können die Aufgaben noch komplexer gestalten.

Der Fokus liegt hier auf einem smartes Wissen-Management einen erfolgreichen Wissenstransfer.

2 Digitale Zwillinge und technische Anlagendokumentation – Begriffsklärung

Die Prägung des Begriffs „Digitaler Zwilling“ ist noch recht neu. Das allgemeine Verständnis dieser Prägung entstand 2002 durch Michael Grieves von der University of Michigan und John Vickers von der NASA (Bild 2).

Man spricht hier auch vom „Digitalen-Zwillingen-Konzept“.

Der digitale Zwilling, im Digitalen-Zwillingen-Konzept, setzt sich im Großen und Ganzen aus drei Teilen zusammen:

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

Vor der Definition des „Digitalen-Zwillingen-Konzepts“ ging es „nur“ um die digitale Abbildung bzw. Repräsentanz eines realen Objektes oder Prozesses (digitaler Informationszwilling) (s.o.), in dem Konzept von Grieves und Vickers geht es auch um die Kommunikation zwischen dem realen und virtuellen Objekt.

Die Daten, die von dem realen zum virtuellen Objekt/Prozess fließen werden auch als digital shadow oder digitaler Schatten bezeichnet.

Die Informationen, die vom virtuellen zum realen Objekt/Prozess fließen, werden als



Bild 2. Digitales Zwillings-Konzept von Grieves und Vickers.

digital Trigger bzw. digitaler Impuls bezeichnet. Aus dem Vergleich und der Analyse der Abweichungen zwischen den realen und virtuellen Objekten können die realen Objekte wieder aneinander angepasst und die Prozesse entsprechend reguliert werden.

Führend in diesem „Digitalen Zwillings-Konzept“ ist das virtuelle Objekt, dem das reale Objekt folgen bzw. sich anpassen muss. 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.

Der Begriff „Digitaler Zwilling“ ist, wie auch das Wort „KI“ (künstliche Intelligenz), mittlerweile zunehmend abgenutzt.

Generell wird in zwei Arten unterschieden:

- Digitaler Zwilling = Digitaler Informationszwilling
- Digitaler Zwilling(skonzept) = Digitales Zwillings-Konzepte von Grieves und Vickers

Wobei beim „Digitalen Zwillings-Konzept“ der Prozess mitbetrachtet bzw. simuliert wird und die Erkenntnisse aus der Simulation für den „realen Zwilling“ genutzt werden.

Der „Digitale (Informations-)Zwilling“ ist jedoch Voraussetzung für das Zwillings-Konzept von Grieves und Vickers.

2.2 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), be-

reit und dient somit als Abstraktionsebene (Bild 3).

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

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

Der Weg zum „Digitalen Zwilling“ muss manchmal zum Sprint werden, um den Herausforderungen des Projektes gerecht zu werden.

Einer der größten Vorteile, den die Energiebranche gegenüber anderen Branchen hat, ist das Kraftwerkskennzeichensystem –

KKS/AKZ.

Hier nochmals vereinfacht, die Definition des „Digitalen Informationszwillings“:

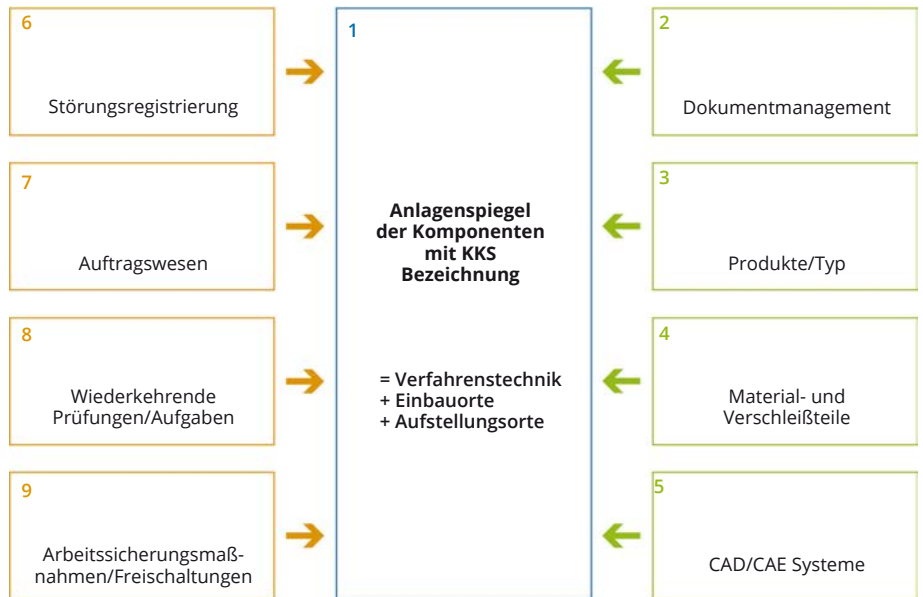
- Ein digitaler Informationszwilling ist eine digitale Repräsentanz der Informationen über ein Objekt oder eines Prozesses aus der realen Welt in der digitalen Welt.
- Er wird im Lebenszyklus der Objekte für das effiziente und kostenbewusste Betreiben von Produkten, Anlagen und Dienstleistungen genutzt.

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:

- Maschinentechnik
- Verfahrenstechnik
- Elektrotechnik
- Leittechnik
- Bautechnik.

Es ist ein weltweiter Standard und eignet sich hervorragend als Ordnungssystem für den „Digitalen (Informations-)Zwilling“.



1. **Anlagenspiegel:** Alle Anlagenkomponenten der Maschinen-, Elektro-, Leit- und Bautechnik.
2. **Dokumentenmanagement:** Alle Dokumente der technischen Dokumentation die für Planung, Bau, Betrieb und Rückbau der Anlagen notwendig sind.
3. **Produkte/Typ:** Alle Produkte, die als Anlagenkomponenten in die Anlage eingebaut werden.
4. **Material- und Verschleißteile:** Alle Materialien und Verschleißteile die für den Betrieb der Anlage notwendig sind.
5. **CAD- und CAE-Systeme** wie AutoCAD oder E-Plan: CAD / CAE Systemschaltpläne
6. **Störungsregistrierung:** Alle Störmeldungen die beim Betrieb der Anlage erzeugt werden.
7. **Auftragswesen Instandhaltungsplanung:** Alle Arbeitsaufträge die für den Betrieb, die Wartung und Instandhaltung notwendig sind.
8. **WKP / WKM:** Alle wiederkehrenden Prüfungen die nach den technischen Regeln des Gesetzgebers oder des Herstellers notwendig sind.
9. **Arbeitssicherheit / Freischaltung:** Alle Arbeitssicherungsmaßnahmen die bei Außer- oder Inbetriebnahmen von Komponenten, Systemen oder Teilsystemen notwendig sind.

Bild 3. Vorgänge im Zusammenhang mit dem Anlagenspiegel.

2.4 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 ein-eindeutige

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

Auch können hier zusammengehörige Objekte miteinander referenziert und unterschieden werden.

Tab. 1. Ebenenstruktur für einen digitalen Informationszwilling.

• Verfahrenstechnische- Objekte der Maschinentechnik

Ebene	KKS	Bezeichnung
Ebene 1	=0	Übergeordnete Anlagen
Ebene 2	=0P	Kühlwasseranlage
Ebene 3	=0PA	Hauptkühlwassersystem
Ebene 4	=0PAC	Hauptkühlwasserpumpenanlage
Ebene 5	=0PAC10	Hauptkühlwasserpumpenanlage Strang 1
Ebene 6	=0PAC10 AP001	Hauptkühlwasserpumpe Strang 1
Ebene 7	=0PAC10 AP001 -Q01	Schalter der Hauptkühlwasserpumpe Strang 1
Ebene 7	=0PAC10 AP001 -M01	Motor der Hauptkühlwasserpumpe Strang 1
Ebene 7	=0PAC10 AP001 KP01	Pumpenaggregat Hauptkühlwasserpumpe Strang 1

• 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

• Aufstellungsort- Objekte der Maschinentechnik

Ebene	KKS	Bezeichnung
Ebene 1	++0	Übergeordnete Anlagen
Ebene 2	++0U	Bauwerk für Übergeordnete Anlagen
Ebene 3	++0UQ	Bauwerk für Kühlwasseranlage
Ebene 4	++0UQA	Kühlwasserpumpenbauwerk
Ebene 5	++0UQA10	Ebene 0m des Kühlwasserpumpenbauwerkes
Ebene 6	++0UQA10 R 002	Raum 2 der Ebene 0m des Kühlwasserpumpenbauwerkes

Es werden dabei drei verschiedene Objekttypen für die Identifikation der Systeme, Teilsysteme und Komponenten unterschieden:

- **Verfahrenstechnische Objekte** – Vorzeichen „=“.
- **Einbauort- Objekte der Elektro- und Leittechnik** – Vorzeichen „+“.
- **Aufstellungsortobjekte der Bautechnik** – Vorzeichen „++“.

Die Ebenenstruktur für diese Anlage sollte sich wie in Tabelle 1 dargestellt:

Bild 4 zeigt ein Beispiel für eine Referenzierung der verschiedenen Objektarten der Anlagenkennzeichnung.

Durch die Referenzierung unterschiedlicher Objektarten aggregiert sich Informationsgehalt zu einem Objekt.

Beispiel:
Das Objekt =0PAC10 AP001 ist aufgestellt im + +0UQA10 R002 der Schaltanlagenabzweig =0PAC10 AP001 -Q01 ist im 10 kV Feld 1 +1BBA01.A001 eingebaut.

Diese Referenzierungen sind für den Aufbau und die Nutzung des „Digitalen Zwillings“ unerlässlich (Bild 5).

3 Praktische Umsetzung ohne aufwendigen Implementierungsprozess in starre Betriebsführungssysteme

Nur valide Daten sind nutzbare Daten. Um einen Überblick der derzeit aktiven Funktionen der Verfahrenstechnik zu erhalten, wird im ersten Schritt, eine Aufnahme des aktuellen Anlagenbestandes anhand der Rohrleitungs- und Instrumentenfließschemas realisiert.

Die Ergebnisse des Digitalisates (vgl. Bild 6) anschließend nochmals validiert.

Zur effizienten Abarbeitung dieses Schrittes waren verschiedene Verfahren notwendig:

- Digitalisierung analoger R&Is durch scann mit Großformatscanner
- Vektorisierung für die spätere Bearbeitung in CAD
- Einbringung von Intelligenz (Kennzeichen und Zeichnungsköpfe) in die Zeichnungen für die Prüfung der Inhalte und zur Qualitätssicherung
- Prüfung der KKS:
 - auf Dopplungen über alle R&I Schemata
 - auf Stellenrichtigkeit
 - gegen den VGB Katalog bzw. AVA Vel-sen spezifischen Katalog
 - hinsichtlich Unterschiede in den Verwendungskennzeichen
- Auswertung der Ergebnisse und Rückschlüsse für die weitere Bearbeitung des Projektes

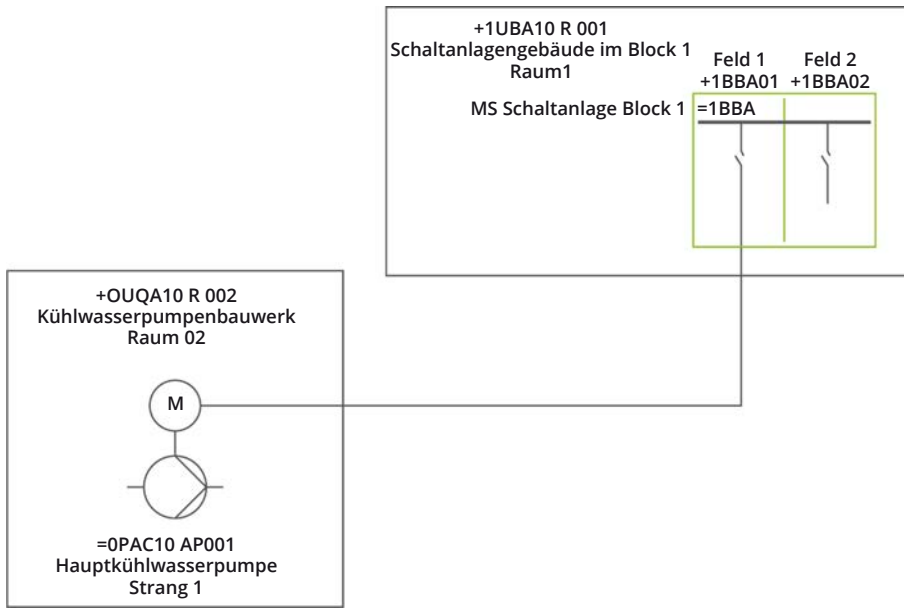


Bild 4. Referenzierung der verschiedenen Objektarten der Anlagenkennzeichnung.

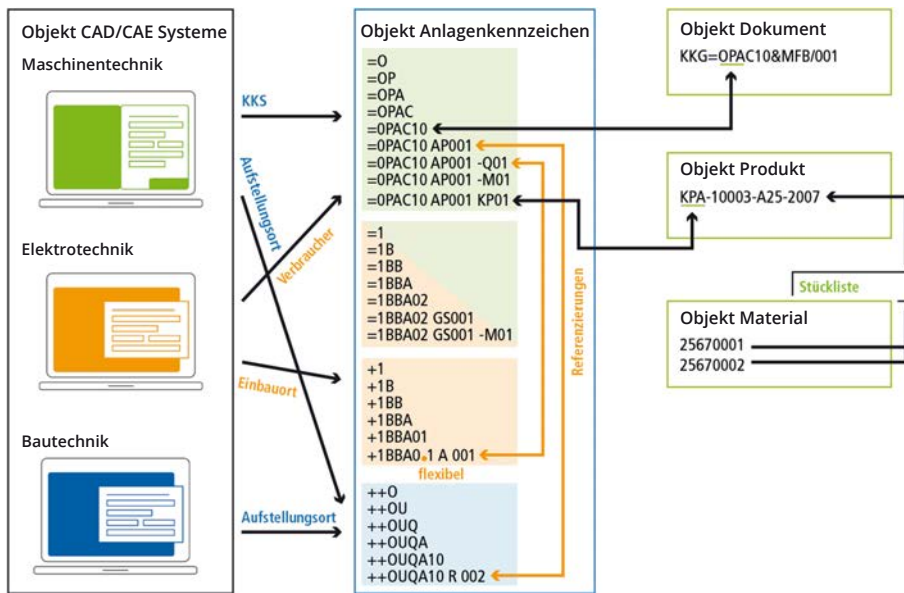


Bild 5. Darstellung der Zusammenhänge von Kennzeichen und Einbau- bzw. Aufstellungsort inkl. Produkt und Material (nicht Teil des Artikels).

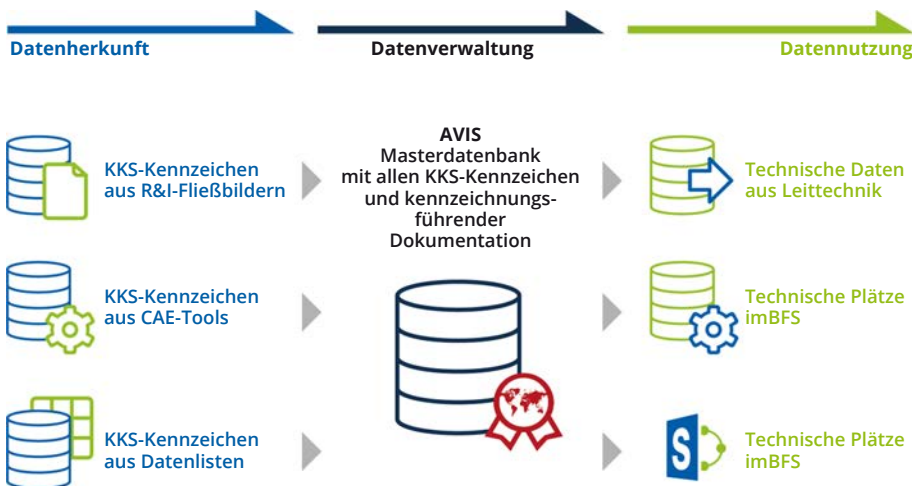


Fig. Bild 6. Zusammenführung und Validierung verschiedener Quellen.

Die in oben beschriebenen Verfahren ermöglichen einen schnellen und wirtschaftlichen ersten Eindruck über Zustand der Anlagendokumentation und weitere notwendige Schritte für die Erstellung eines „Digitalen Zwillings“.

Das hierzu speziell entwickelte Verfahren der Vektorisierung generiert in mehreren Stufen aus einer Papierzeichnung ein CAD-Modell mit intelligenten Attributen.

Kennzeichnungs- (primär-) und Sekundärdaten werden hierbei aus den Zeichnungen automatisiert extrahiert (siehe Bild 7).

Die Erstellung des „Digitalen Zwillings“ wird mit folgenden Teilschritten realisiert:

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

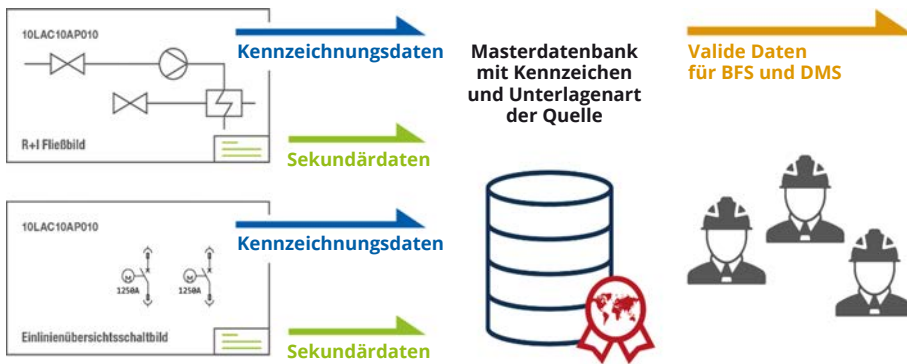


Bild 7. Extraktion von Kennzeichen- und Sekundärdaten aus dem R&I und SIL (Einlinienschaltbild).

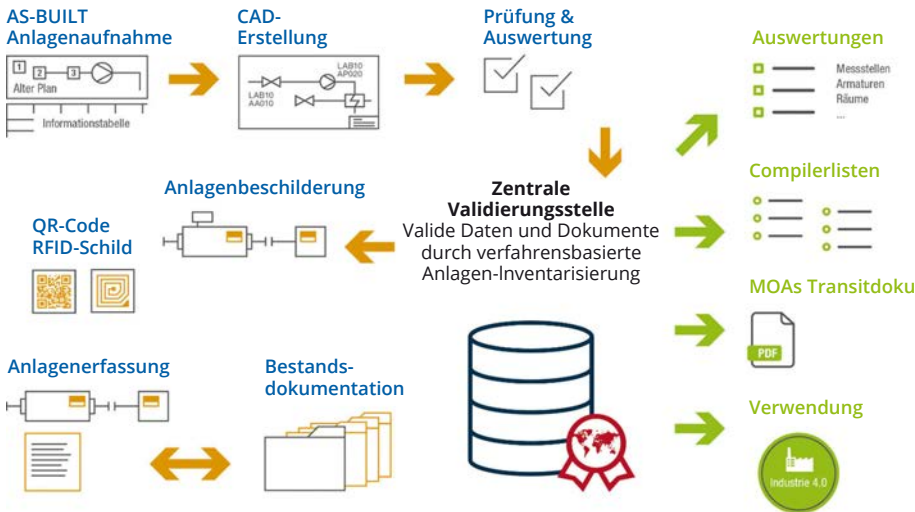


Bild 8. Optimierte AS-BUILT Erfassung, Prozess.



Bild 9. QR-Code mit ID-Schild an Typ und Hersteller für AS BUILT Aufnahme.

Bei der Begehung und dem AS-BUILT-Abgleich der Anlage (vgl. Bild 8) wurden viele Stellen gefunden, an denen die Anlagenbeschilderung verloren, falsch oder nie vorhanden war. Dies kann zum Anlas genommen werden, die Schilder QR-Code-Norm (Bild 9) umzustellen und die Nutzbarkeit und Qualität der Mängelmeldungen verbessert.

3.2 Nutzen: Gründe für den digitalen Zwilling

Die Gründe für die Erhebung eines „Digitalen Zwillings“ sind vielfältig in diesem Szenario stehen die wissensbezogenen Anforderungen im Vordergrund:

- Neue Mitarbeiter erwarten zeitgemäßes Informationsmanagement.
- Neue Mitarbeiter benötigen mit Beginn der Tätigkeit valide Informationen, um ihre Arbeit zu erledigen
- Prozesse werden dadurch vereinfacht, nachvollziehbar und personenunabhängig.
- Routineaufgaben können automatisiert werden.
- Der Informationsfluss wird beschleunigt, die Arbeit vereinfacht.
- Alle vorangegangenen Schritte sind die Basis für das Digitale-Zwillings-Konzept, eine Simulation des Kraftwerks, die zu folgenden weiteren Zwecken eingesetzt werden kann:
 - 1:1-Simulator als Validierungswerkzeug
 - 1:1-Simulator als Engineering - Werkzeug
 - 1:1-Simulator als Trainingswerkzeug

3.3 Software und Services für stetig aktuelle Digitale (Informations-)Zwillinge in der kritischen Infrastruktur.

Die Erstellung eines „Digitalen (Informations-)Zwillings“ ist ein ebenso aufwändiger wie lohnender und manchmal unumgänglicher Vorgang. Doch wie die Nachrichten verlieren auch Informationen, mit der Zeit an Wert, wenn diese nicht aktualisiert werden.

Um den „Digitalen Zwilling“ auf Stand zu halten ist es wichtig in mit aktuellen Daten zu versorgen, Dokumente zu aktualisieren, Dokumente zu tauschen, wenn Umbauten stattfinden oder Systeme, Bauteile Nebenanlagen welche inaktiv sind zurückgebaut werden.

Diese Anforderung besteht gesetzlich für jedes Dokumentationskonzept einer verfahrenstechnischen Anlage, unabhängig ob dieses traditionell analog oder eben in Form eines digitalen Zwillings vorliegt. Allerdings bietet der digitale Zwilling hier riesige Vorteile, was die Ausführung, Implementierung und Verfügbarkeit der aktualisierten Information anbelangt.

Die damit verbundene Arbeit kann durch ein eigenes technisches Büro oder über ein virtuelles technisches Büro erfolgen.

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

Eine andere Möglichkeit ist die externe Vergabe der Informationsaktualisierung an einen Dienstleister, der durch einen virtuellen Mitarbeiter des technischen Büros unterstützt wird.

Definition eines durch den virtuellen Mitarbeiter gestütztes technisches Büro:

- 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

4 Den „Digitalen Informationszwillings“ nutzen

Die Nutzungsmöglichkeiten eines „Digitalen Zwillings“ sind vielschichtig. Folgend werden einige dieser Möglichkeiten aufgezeigt.

Zusammengefasst beinhaltet der „Digitale Zwilling“ im Nebenprodukt ein zentrales Informationssystem für Anlagen Information und Instandhaltungsplanung.

Durch die Software- und Plattformunabhängigkeit können hier alle Informationen zusammenfließen.

Diese Merkmale beschreiben den softwarebasierten Digitalen Zwilling für 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 Betriebsführungssystem, Leittechnik, Planzahlen, Auslegungsparametern, zentral nutz- und weiterverwendbar
- Aufgaben und Eskalationssystem für kritische Anwendungen
- Schichtbuch, Arbeitsfreigaben, etc.
- Mängelmeldungen
- Verwaltung wiederkehrender Aufgaben
- Webbasierte Bereitstellung ohne Softwareinstallation

4.1 Digitaler (Informations-)Zwilling für Schulung durch den Einsatz eines Simulators

Der Einsatz des Simulators in der Ausbildung des Bedienpersonals ist heute noch aktueller als vor 40 Jahren. Dünne Personaldecken, hoher Automatisierungsgrad und die durch Netzschwankungen bedingte, oft dynamische Fahrweise moderner Anlagen sind heute eher die Regel als die Ausnahme. Die Mitarbeiter, die mehrere Jahre die Anlage betrieben haben, sind jetzt nicht mehr verfügbar.

Hier bietet die 1:1-Simulation eine Abkürzung für den Bediener. Die in der Fachtheorie erlernten Zusammenhänge werden an der eigenen Anlage mit den gewohnten Bedienbildern erlebt. Mitarbeiter können mit Betriebssituationen konfrontiert werden, die nur selten im Normalbetrieb vorkommen. Sie können die Störungsbeherrschung trainieren und gemeinsam mit den Fachabteilungen das bestmögliche Verhalten für jeden Betriebspunkt der eigenen Anlage durchdenken.

(Quelle Einsatzmöglichkeiten von anlagen-spezifischen 1:1-Simulatoren für rostgefeuerte Kraftwerke – Peter Lasch EcuSim)

4.2 Nutzung des digitalen (Informations-)Zwillings in der Instandhaltungsplanung

Der wohl offensichtlichste Zweck des digitalen Zwillings ist die Nutzung aller vorhandenen Informationen zur Instandhaltungsoptimierung. Ein auf diesen Informationen basierendes digitales Abbild ermöglicht echte Instandhaltung 4.0 und anwendbare „predictive maintenance“. Der Digitale Zwilling ist Basis einer Instandhaltungsplanung und aller weiteren Vorgänge in Bezug auf die An-

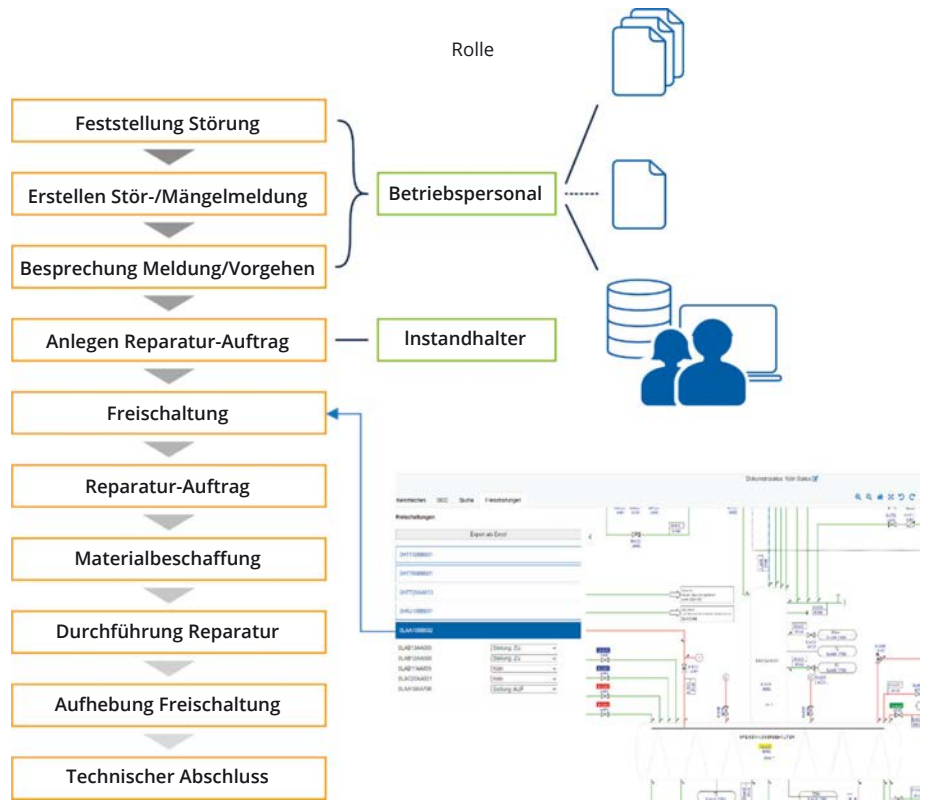


Bild 10. Zusammenhänge in der Instandhaltung – Visualisierung der Freischaltungsplanung im R&I.

lage und die Aufgaben, die für deren Betrieb notwendig sind.

4.3 Digitaler (Informations-)Zwilling für Stör- und Mängelmeldung, Arbeitserlaubnis, Behälterbefahrtschein, Sicherungsschein und Freischaltung

Die Stör- und Mängel-Meldung bzw. deren Beseitigung erfolgte und erfolgt, in manchen Anlagen, teilweise immer noch verbal oder nur teildokumentiert.

Über lange Zeit wurde Wissen um diese Vorgänge von einem Mitarbeiter zum anderen weitergegeben oder bei der Inbetriebnahme vermittelt.

Bei der Erstellung eines digitalen (Informations-)Zwillings steht der Zweck der Anwendung nach Fertigstellung im Fokus. Somit ist es unerlässlich sich mit der Identifizierung des benötigten Wissens in den Prozessen des täglichen Betriebes, bzw. für die Wiederinbetriebnahme zu befassen.

Zusätzlich dazu werden die erforderlichen Rollen der Mitarbeiter, die die gestellten Aufgaben später erfüllen können müssen, benötigt.

Die untere Abbildung zeigt die Prozesse und Rollen und die dafür benötigten Daten und Dokumente, sowie die Visualisierung eines R&Is zur Freischaltungsplanung (Bild 10).

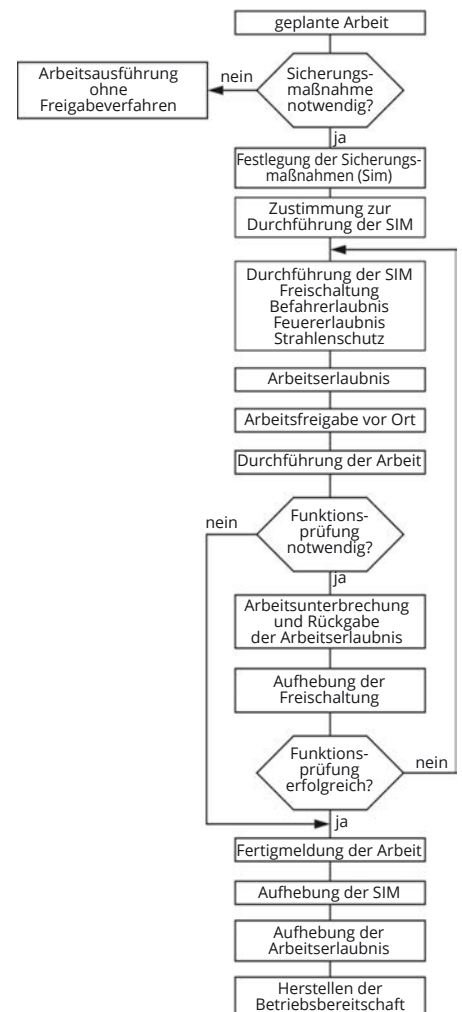


Bild 11. Workflow für eine Freischaltung, Beispiel.

4.3.1.1 Störungsmeldung

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 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.

4.3.1.2 Freischaltung (elektrisch)

Um z.B. einen Motor zu wechseln, muss dieser Freigeschaltet werden. Das bedeutet, der Gruppenleiter E-Technik muss in der Planung „Freischaltung/Schaltauftrag“ erforderlich wählen. Das intelligente System kann die Freischaltung/Schaltauftrag direkt bei der Arbeitserlaubnis in den Workflow anhängen (Bild 11).

4.3.2 Variable Datenstrukturen für digitales Formularwesen

Ein Großteil dieses Artikels beschäftigt sich mit der Überführung analoger statischer Daten in den digitalen Zwilling. Das prozessbezogene Formularwesen stellt die digitale Entsprechung vormals analoger Arbeitscheine dar. Auch hier werden etablierte Prozesse inklusiver deren analoger Entsprechungen in die digitale Welt überführt.

Beispiele hierfür sind:

- Mängel und Störungen werden nicht nur aufgenommen, sondern digital 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 Workflow. Mangelbeschreibungen können (auch) als PDF abgerufen und an Externe zu Bearbeitung weitergegeben werden.

4.3.2.1 Mängelmeldung

Die Mängelmeldung beschreibt einen Mangel an einem Bauteil oder System. Die Definition und der Einsatz sind, von Anlage zu Anlage, unterschiedlich aber in großen Teilen inhaltlich ähnlich.

Deshalb ist bei der Wahl des Werkzeugs auf Flexibilität zu achten. Es muss jederzeit mehrdimensional angepasst, um auf die Anforderungen der jeweiligen Anlage optimiert werden zu können.

Beispielhafter Ablauf:

Mängelmeldung (MM) fortlaufend (Nummerierung automatisiert vom System generiert und verwaltet)

- Schichtleiter meldet einen Mangel anhand:
 - einer KKS (Katalog),
 - einem Freitextfeld,
 - Linie,
 - Priorität,
 - Zustand,
 - Betriebseinschränkung und wählt die betroffene Disposition z.B. E-Technik oder M-Technik aus. (alle Felder frei konfigurierbar)
- Der Schichtleiter speichert die MM.
- Die MM wird in der Systemdatenbank angezeigt, sodass nach E-Technik/M-Technik gefiltert und der entsprechende Gruppenleiter darauf eine Arbeitserlaubnis planen kann.
- Systembenachrichtigung an den entsprechenden Gruppenleiter

4.3.2.2 Erstellung Arbeitserlaubnis

Arbeitserlaubnis (AE) fortlaufend (Nummerierung automatisiert vom System generiert und verwaltet)

- Arbeitserlaubnis in Planung (1.Step = *Status: In Planung*)
Wird durch z. B. Gruppenleiter E-Technik oder M-Technik erstellt
Der Gruppenleiter E-Technik filtert nach seiner Disposition und ihm werden alle vorhandenen MM angezeigt oder hat diesen Filter als „Default“ eingestellt.
- Er ruft die MM auf und kann direkt über einen Button „Arbeitserlaubnis erstellen“ zum nächsten Punkt springen.
Hier zeigt das System direkt die MM-Nr., KKS, KKS-Bezeichnung sowie Linie und Ort der vorherigen MM an.
- Das System erstellt eine Arbeitserlaubnisnummer (AE)
- Als nächstes wird vom Gruppenleiter E-Technik festgelegt welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, um den Mangel zu beseitigen.
 - Z.B. „Motor wechseln“.
 - Er kann sich direkt die Dokumentation (über einen Button) aufrufen, um ggfs. ein R&I oder Betriebsanleitung zu lesen.
- Darüber hinaus muss er festlegen, welche Gefahren bei den Arbeiten herrschen. Aktuelle Gefährdungsbeurteilungen und Betriebsanweisungen kann er zur Arbeitserlaubnis hinzufügen. Das kann jeweils eine, oder mehrere sein.
- Um den o.g. Motor zu wechseln, muss dieser Freigeschaltet werden.
- Das bedeutet, der Gruppenleiter E-Technik muss in der Planung „Freischaltung/Schaltauftrag“ erforderlich wählen.
- Das System hängt die Freischaltung/Schaltauftrag direkt bei der Arbeitserlaubnis in den Workflow.

– Der Gruppenleiter E-Technik informiert den Pförtner über einen möglichen Dienstleister und die Schichtleiter per Mail über die auszuführenden Arbeiten anhand der AE-NR.

– Erteilung Arbeitserlaubnis (2. Stepp = *Status: In Bearbeitung*)

Wird durch Schichtleiter erstellt

- Der Schichtleiter ruft beim Eintreffen des Dienstleisters die AE in der Datenbank auf kontrolliert die geplanten Arbeiten und ergänzt diese ggfs. da er den aktuellen Anlagenzustand beurteilen kann.
- Ist der Schichtleiter mit den geplanten Maßnahmen einverstanden, wird er die geplante Freischaltung des Motors veranlassen. Hierbei muss das Protokoll „Freischaltung“ mit Vermerk zur MM und AE genutzt werden. Erst wenn die Freischaltung durchgeführt, dokumentiert und in der Arbeitserlaubnis vermerkt wurde, kann er die Arbeiten für den Dienstleister ausdrucken und freigeben.

Die PDF beinhaltet die Arbeitserlaubnis, alle Betriebsanweisungen, Gefährdungsbeurteilungen und mitgeltende Freigaben. Die technische Dokumentation nicht.

Dieses komplette PDF kann zur KKS als Reiter „Arbeitsfreigaben“ in der Datenbank gespeichert werden.

– Freigabe Arbeitserlaubnis (3. Stepp = *Status: Freigabe*)

Wird durch die Schichtleiter veranlasst:

- Alle geplanten Maßnahmen werden umgesetzt. Der Motor wurde getauscht.
- Der Dienstleister meldet die Arbeiten als abgeschlossen.
- Als nächster Schritt erfolgt die Zuschaltung des Motors. Dies veranlasst wieder der Schichtleiter.
- Daraufhin erfolgt ein Probelauf. Verläuft dieser positiv, kann der Dienstleister sich abmelden
- Der Schichtleiter erklärt die Anlage wieder für betriebsbereit.
- Abschluss Arbeitserlaubnis (4. Stepp = *Status: Abgeschlossen*)
Der Schichtleiter meldet die Arbeitserlaubnis als „abgeschlossen“. Die MM wird als „abgeschlossen“ automatisch vom System übernommen.

4.3.2.3 Behälterbefahrschein - Befahrerlaubnisschein

Der Behälterbefahrschein ist notwendig um in Behältern und engen Räumen (sind allseits oder überwiegend von festen Wandungen umgebene Bereiche, in denen aufgrund ihrer räumlichen Enge, von zu geringem Luftaustausch oder der in ihnen befindlichen bzw. eingebrachten Stoffe, Gemische, Verunreinigungen oder Einrichtungen besondere Gefährdungen bestehen oder entstehen können, die über das üblicherweise an Arbeitsplätzen herrschende Gefahrenpo-

tenzial deutlich hinausgehen) arbeiten zu können. Auch Bereiche, die nur teilweise von festen Wandungen umgeben sind, in denen sich aber aufgrund der örtlichen Gegebenheiten oder der Konstruktion Gefahrstoffe ansammeln können bzw. Sauerstoffmangel entstehen kann, sind enge Räume im Sinne dieser Regel.

Zur Einhaltung und Kontrolle der dafür geltenden Bestimmungen dient der Behälterbefahrungsschein.

4.3.2.4 Sicherungsschein

Instandhaltungsarbeiten dürfen grundsätzlich erst dann beginnen, wenn man Gefährdungen durch gefährbringende Bewegungen ausschließen kann.

Ein unbefugtes, irrtümliches und unerwartetes Ingangsetzen gefahrbringender Bewegung kann nur durch Ausschalten und Abschließen des Hauptschalters ausgeschlossen werden.

Dies bedeutet: Alle Beschäftigten müssen ein eigenes Schloss haben. Für dieses Schloss darf es nur einen passenden Schlüssel geben. Ein Ersatzschlüssel kann vorhanden sein, muss jedoch für andere Beschäftigte unzugänglich aufbewahrt werden (z.B. bei der zuständigen Produktionsleitung oder beim zuständigen Meister oder bei der Meisterin). Wenn das nicht gewährleistet ist, besteht die Möglichkeit, dass eine Person die Schlösser der Kollegen und Kolleginnen öffnet, die dann wiederum gefährdet sein können.

4.3.3 Digitaler Informationszwilling bei der Revisionsplanung

Zur Steigerung der Effizienz in der Revisionsplanung soll das Anlegen von Arbeitsaufträgen vereinfacht werden. Hierzu kann auf die Inhalte und Erfahrungswerte der letzten Revisionen zugegriffen werden.

Zum Beispiel können hier auf Mustervorlagen, Arbeitserlaubnisse repliziert und Vorgänge digital erstellt, die dann real abgearbeitet werden.

In der Revisionsübersicht sind alle abzuarbeiten Tätigkeiten inkl. Arbeitserlaubnis, Sicherungsschein usw. hinterlegt. Diese werden behandelt wie eine AE.

5 Resümee

Die Einsatzmöglichkeiten von digitalen Zwillingen sind vielseitig, die von digitalen Zwillingskonzepten schier unbegrenzt, so dass ich die Frage kaum mehr stelle, ob ein digitaler Zwilling realisiert werden sollte sondern eher wann.

Der Zeitpunkt der Realisierung sollte so gewählt sein, dass sich im besten Falle die Knowhow Träger noch aktiv im Unternehmen befinden.

Das es möglich ist in einem guten Kostenutzen Verhältnis einen digitalen Zwilling für eine Bestandsanlage zu erstellen hat dieses Beispiel gezeigt.

Diese Dinge haben sich durch die Erstellung des „Digitalen Zwilling“ verändert:

Remote-Zugriff auf einen langjährig erfahrenen Fachkräfte-Pool

- Aktuelle und schnelle Informationsverfügbarkeit durch AVIS.WEB
- Risikominimierung der Betriebsführung:
- Revisionshistorie, Sicherstellung der Aktualität der Dokumentation
- Verbesserung der Datenqualität, Reduzierung von Fehlerquellen, Vermeidung von Mehrfachbearbeitung und Redundanzen
- Höhere Anlagenverfügbarkeit durch schnelle Lokalisierung aller für die Anlage relevanten Informationen

Durch immer schwierigere, kalkulierbare Einflüsse auf unser tägliches Leben ist vorausschauendes Handeln ein Faktor des Erfolgs und der Planbarkeit.

VGB-Standard

Lieferung der Technischen Dokumentation (Technische Anlagendaten, Dokumente) für Anlagen der Energieversorgung

Ausgabe/edition 2015 – VGB-S-831-00-2015-05-DE VGB-S-831-00-2015-05-EN)

DIN A4, 114 Seiten, Preis für Mitglieder des vgabe € 420,-, für Nichtmitglieder € 630,-, + Versandkosten und MwSt. Mit der Lieferung von Anlagen der Energieversorgung, deren Teilanlagen und deren einzelnen Ausrüstungen (Bauteile) im Rahmen von Projekten und bei Einzelaufträgen ist auch die Lieferung der für die Betriebsführung und Instandhaltung erforderlichen Dokumentation verknüpft. Diese ist erforderlich, um einen sicheren und wirtschaftlichen Betrieb der Energieversorgungsanlagen zu gewährleisten.

Zweck dieses VGB-Standards ist die Festlegung eines Rahmens für:

Dokumentationsinhalte (Bedarf an Dokumenten und Daten), Dokumentationsstruktur und -form, Kennzeichnung von Dokumenten, Zuordnung von Dokumenten zu Referenzkennzeichen (KKS, RDS-PP®), Lieferfristen, Übergabe- und Übernahmeprozedur, Anlagenbeschilderung.

Mit der überarbeiteten Fassung des VGB-Standards VGB-S-831-00 (vormals VGB-R 171) aus dem Jahre 2010 wurde den oben genannten Forderungen entsprochen. Die Erfahrungen bei der Anwendung verlangten jedoch eine weitere Präzisierung der Vorgaben und die explizite Integration des Themas der Lieferung von Technischen Anlagendaten als zunehmend bevorzugten Gegenstand der Dokumentation. Die speziellen Anforderungen der Windenergie für ihre Energieversorgungsanlagen sind in die vorliegende Fassung eingeflossen.

