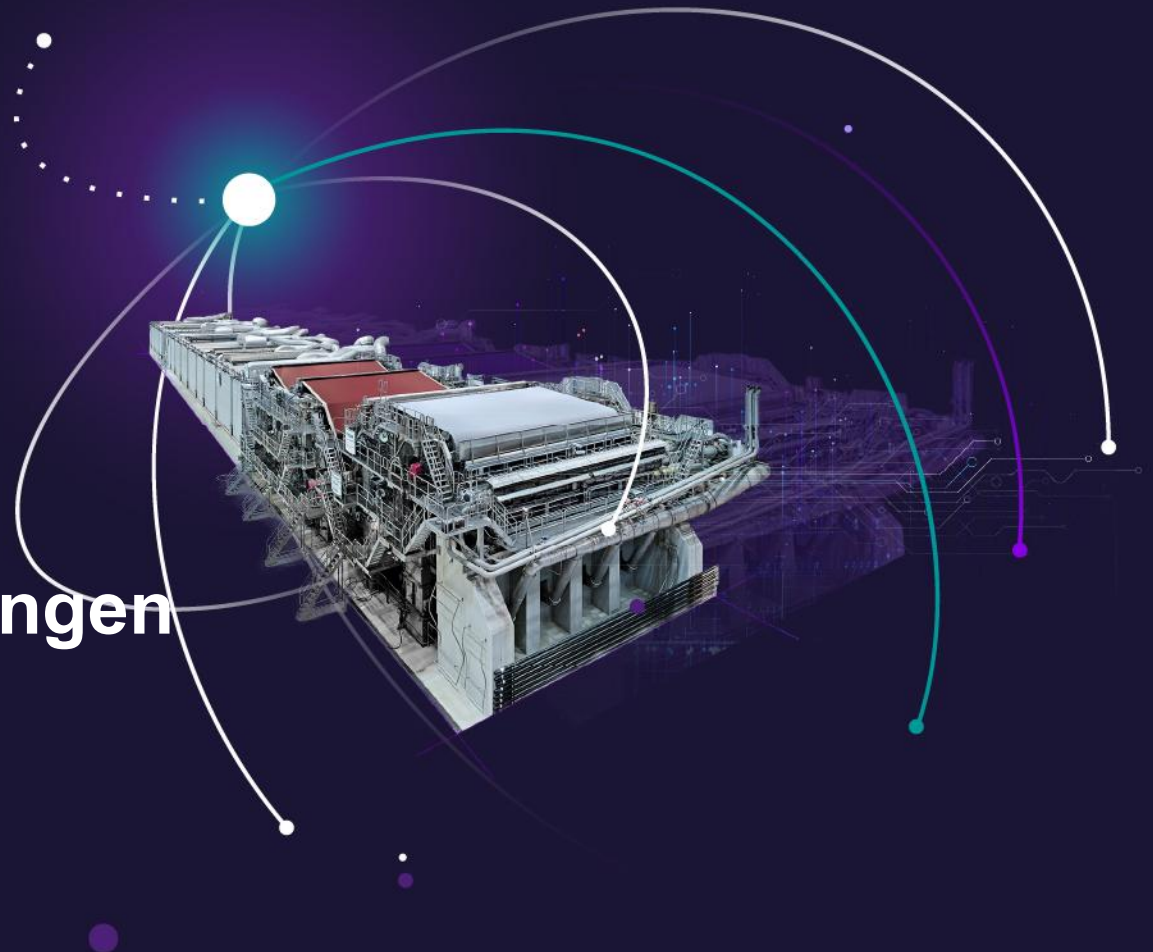




Wie können energieintensive Branchen wie die Zellstoff- und Papierindustrie mit volatilen Energiemärkten umgehen?

Beispiele für KI-basierte Steuerungen zur Optimierung des Energieverbrauchs

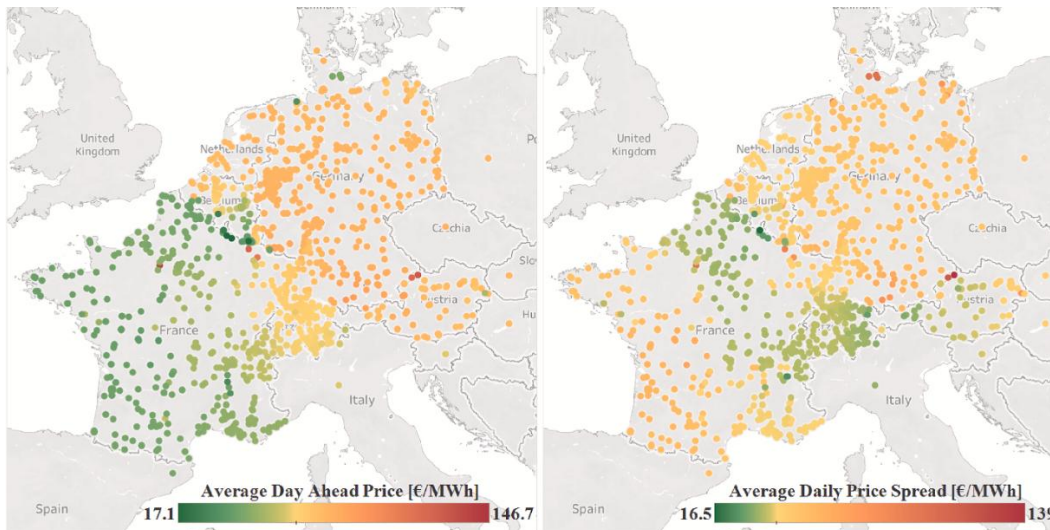
M-Consult - On-line Webinar 16. Oktober 2025



Die künftigen Wertschöpfungspotentiale

energieintensiver Industrien:

Energie optimieren – Energiekosten senken – Produktion und Energie-Märkte stabilisieren



Der deutsche Industriestandort

hat hohe durchschnittliche Day-Ahead Preise **ABER** auch eine relativ **hohe Varianz**, die **enormes Potential** für die **Flexibilisierung** der Produktion bietet

Boehnke et al., 2024, S. 8, „The value of decentral flexibility in nodal market design – A case study for Europe 2030 ☆” (ScienceDirect, 14. November 2024)

Fazit: Neben Papier & Zellstoff werden auch Energieträger in der Produktion zum marktfähigen Produkt

Die deutsche Papierindustrie als energieintensive Industrie hat ein hohes Potential für Flexibilisierung

Flexibilitätsmaßnahme	Flexibilitätspotenzial Deutschland
Lastreduktion durch Abschaltung	Flexibilisierbare Leistung in Höhe von 89,2 MW, die jährlich 20-mal für jeweils 10 Stunden abgerufen werden kann (flexibilisierbare Energie: 17.840 MWh/Jahr)
Lastverschiebung	Flexibilisierbare Leistung in Höhe von 89,2 MW, die jährlich 52-mal für jeweils 15 Minuten abgerufen werden kann (flexibilisierbare Energie: 1.160 MWh/Jahr)

SynErgie Kopernikus-Projekt: Energieflexibilität in der deutschen Industrie (2022)

Studie – AGORA INDUSTRIE: Industrielle Energieflexibilität ermöglichen (20. Dezember 2024)

→ Flexibilitäten wirken kostensenkend und können über Netzentgelte, die auf Systemkostensenkung ausgerichtet sind, effektiv gehebelt werden – gerade wenn die Anreize zum Investitionszeitpunkt richtig gesetzt sind.

Dafür liefern wir:

Energy Management vom Pulper bis zur Flotte, von der Produktion bis zur Energieerzeugung und -verteilung

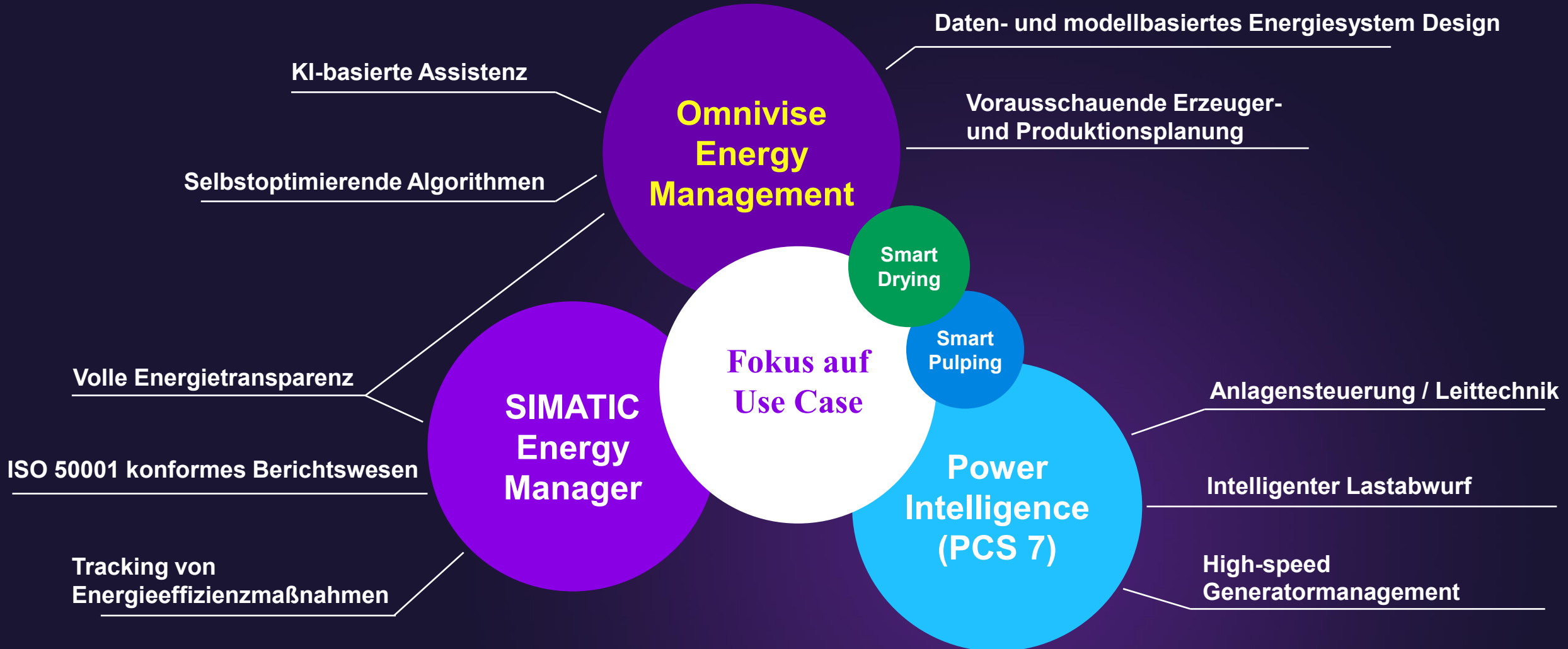
digitalisiert

automatisiert

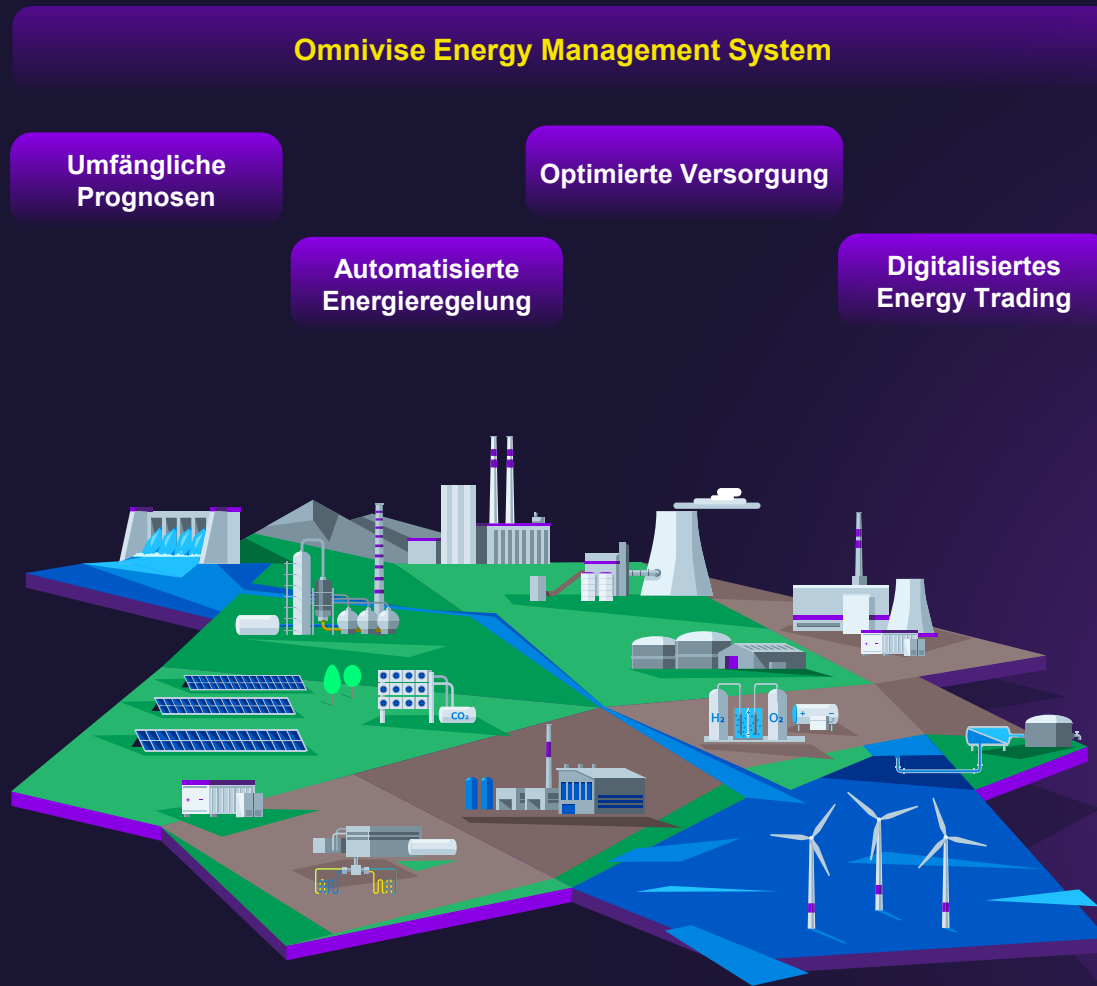
KI-basiert

ISO 50001 konform

Energy Management erfordert einen umfassenden **Werkzeugkasten** mit Fokus auf der spezifischen Anwendung



Kontinuierlich optimierte Balance zwischen Energieversorgung und Energieverbrauch mit Omnivise EMS



Omnivise EMS ist ein fortschrittliches Tool zur Einsatzplanung und Prognose für gesamte / komplexe Energiesysteme.

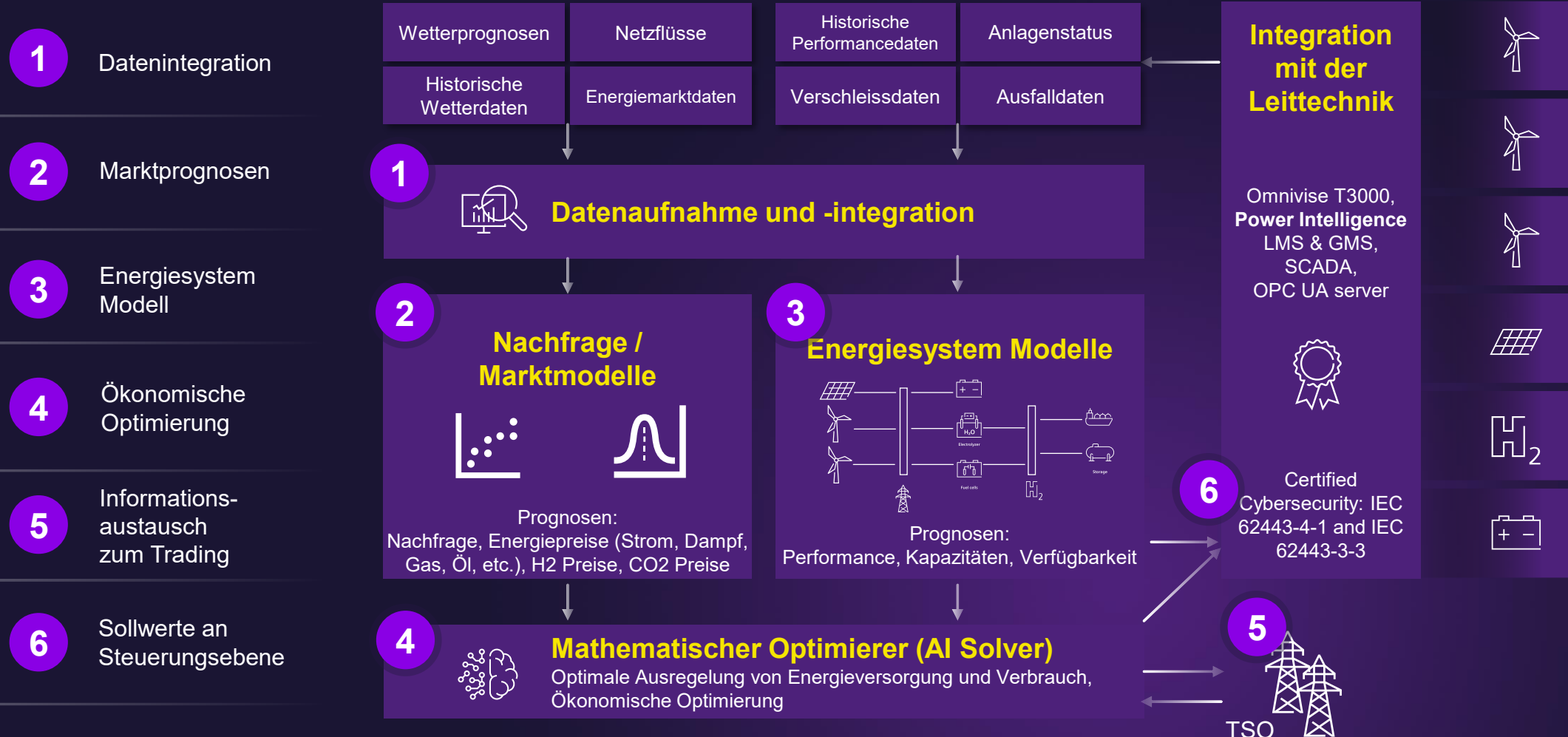
Prognostiziert Nachfrage und Kapazität und berechnet dann kontinuierlich den effizientesten Betriebsplan auf Flotten- und Anlagenebene, um diese zu erfüllen.

Integriert Planung und Anlagensteuerung nahtlos miteinander und ermöglicht so komplexere Betriebsabläufe.

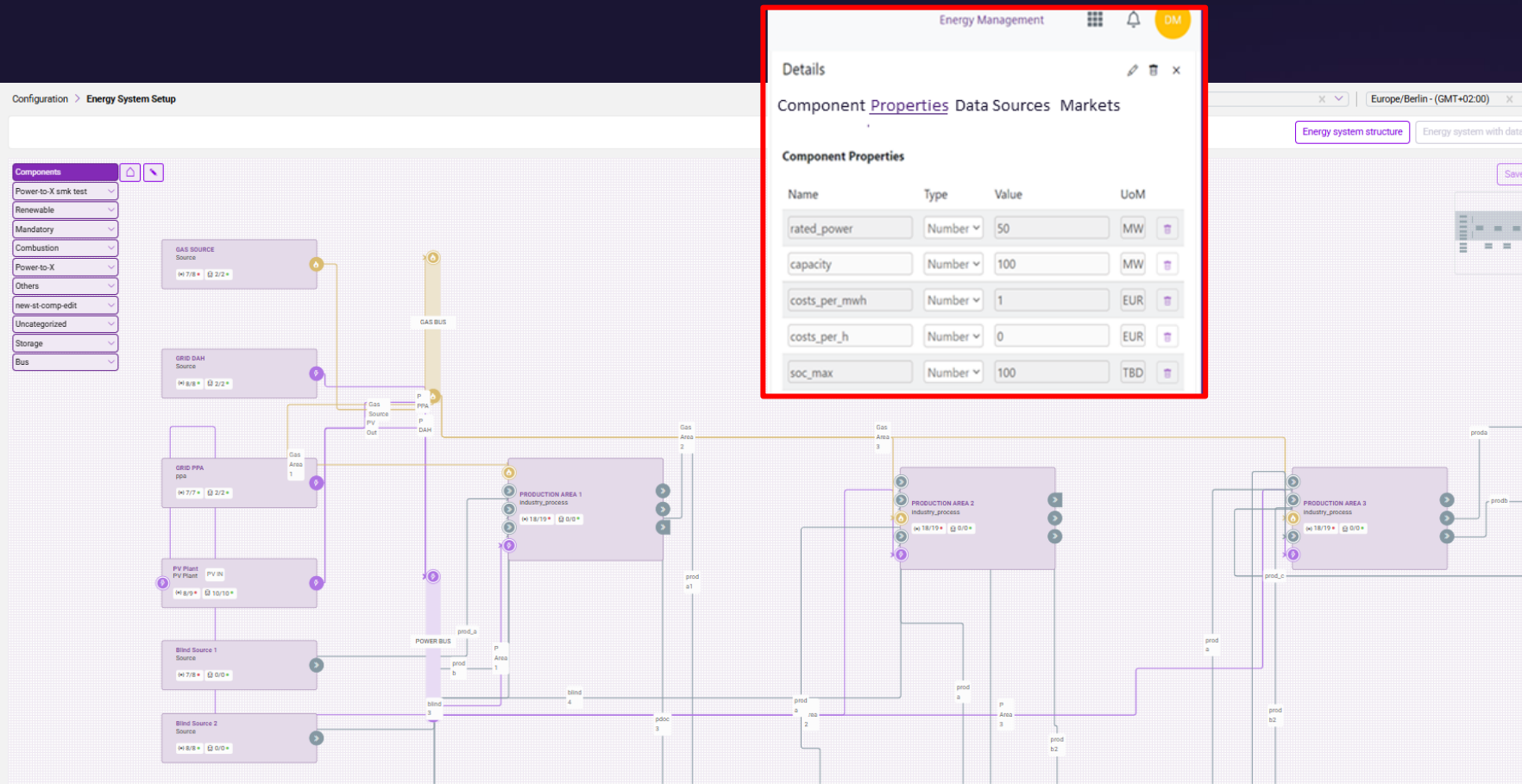
Vorteile:

- Minimierte Betriebskosten
- Maximierte Effizienz
- Verbesserte Vergütung
- Erhöhter Automatisierungsgrad

Omnivise EMS – Systemarchitektur

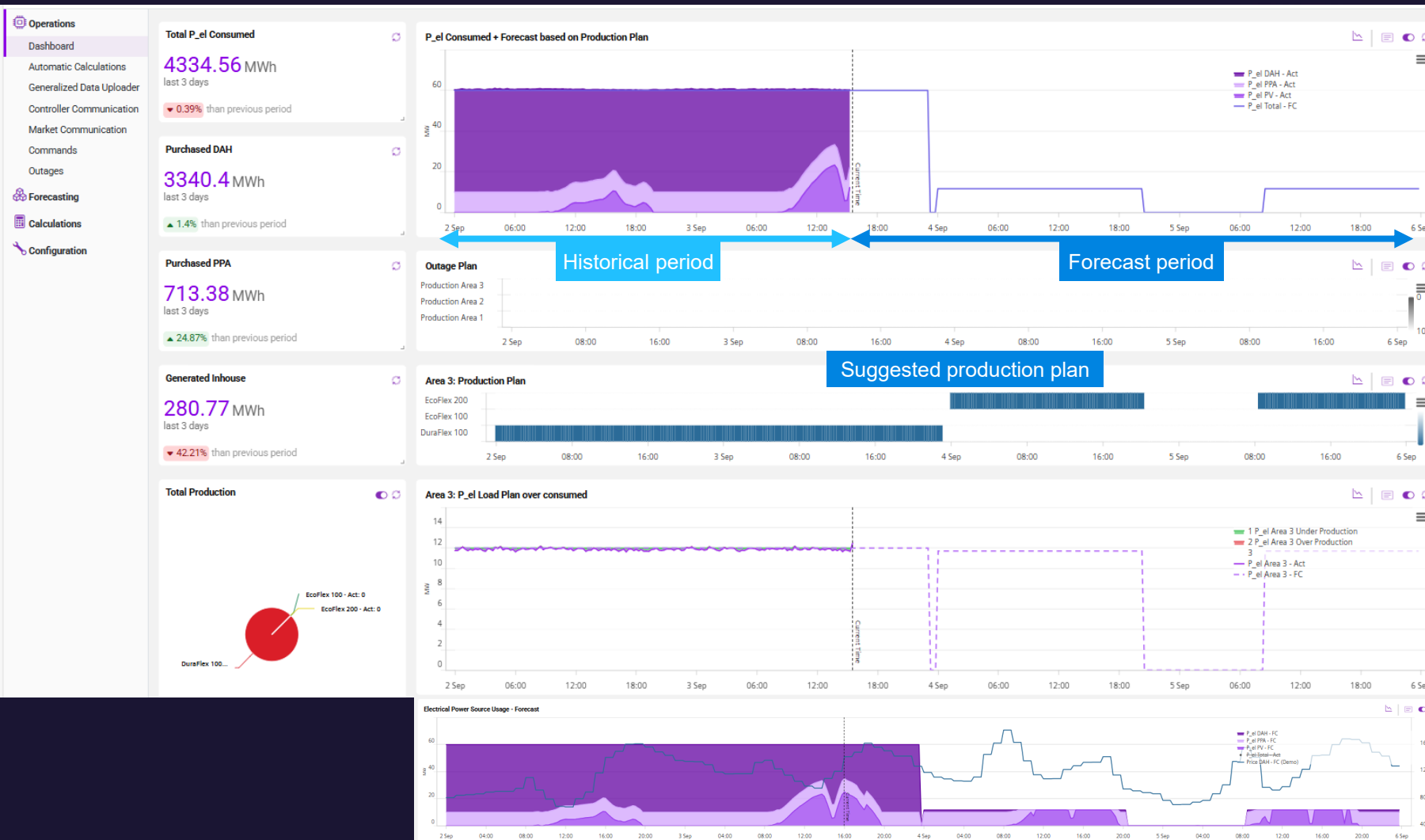


Das Energiesystem Modell als Herzstück für die Lösung komplexer Optimierungsaufgaben



- Modelliert physikalische Anlagenverbindungen
- Identifiziert die physikalischen Anlagenmodelle
- Bestimmt Kapazität und Verfügbarkeit
- Verbindet simulierte oder Echtzeit-Sensordaten mit dem Optimierungsmodell
- Definiert die „Zielfunktion“
- Wendet Einschränkungen für Verbindungskapazität, Hilfsenergie und Stabilität an

Das Ergebnis: umfassende **Live-Fahrweisenassistenz** zur Erreichung mehrdimensionaler Zielsetzungen



Features

- Webbrowser-basiertes Dashboarding (anpassbar)
- Visualisierung von Prognoseelementen wie Kapazität, Strompreisen, Wetterbedingungen und zukünftigen Sollwertplänen zur Unterstützung der Betriebsplanung
- Live-Vergleiche zwischen Ist- und Prognosewerten zur schnellen Bewertung der Modelleistung

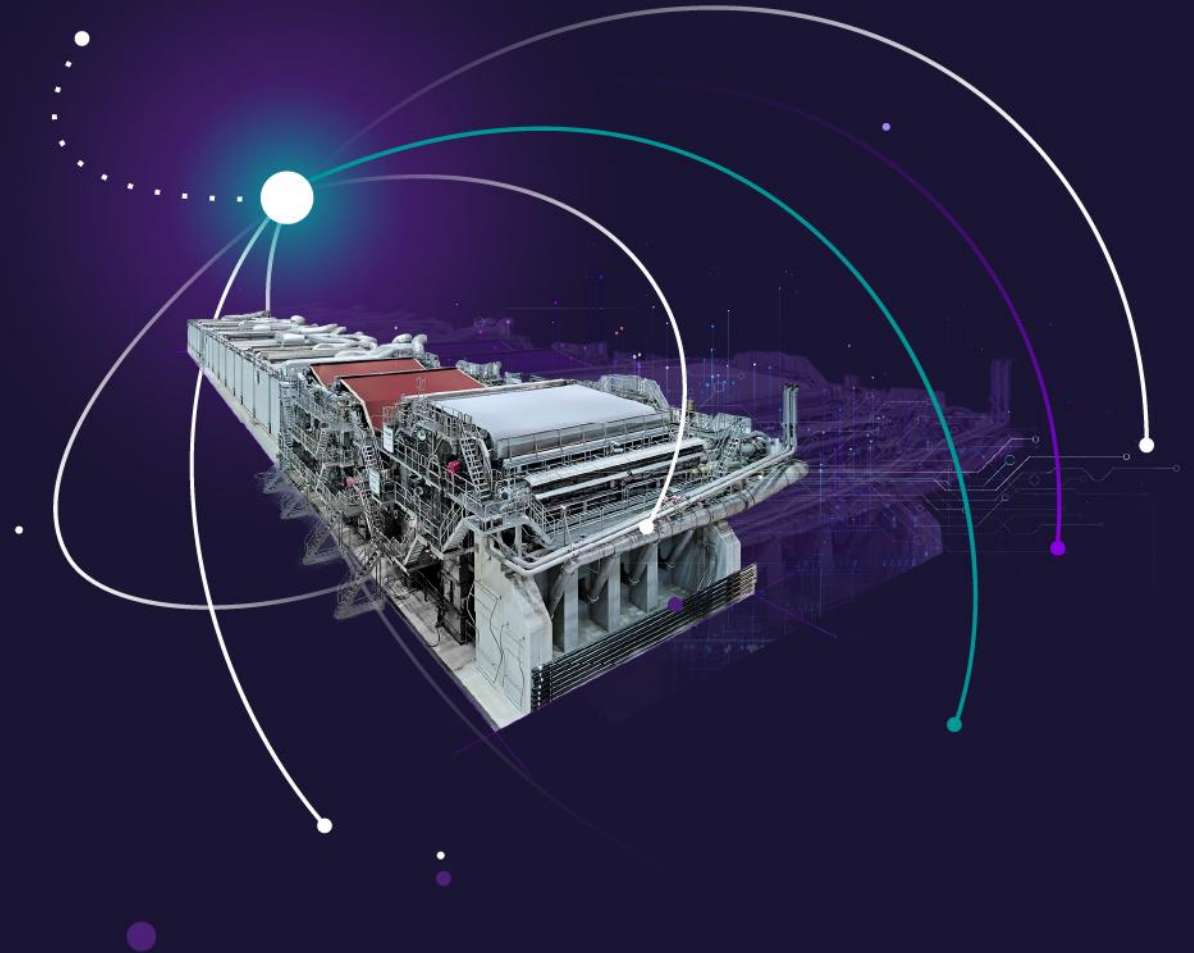
Wir haben umfangreiche Erfahrungen in der Papierindustrie und darüber hinaus – einige Beispiele:



Ort	Industrie	Energiemanagement Use Case	Installierte Systeme	Ergebnisse
Deutschland	Spezialpapier	ISO 50001 Berichtswesen & Dashboarding	SIMATIC Energy Manager	Erhöhte Energietransparenz, Tracking von Effizienzmaßnahmen
Deutschland	Filterpapier	ISO 50001 Berichtswesen & Dashboarding	SIMATIC Energy Manager / PCS 7 Prozessleittechnik	Erhöhte Energietransparenz, Tracking von Effizienzmaßnahmen
Deutschland	Verpackungspapier	ISO 50001 Berichtswesen & Dashboarding	SIMATIC Energy Manager	Erhöhte Energietransparenz
Deutschland	Stadtwerke	KI-basierte Energieoptimierung	Omnivise Energy Management	Erhöhte Erlöse im täglichen Energieverkauf (1,5 - 2%)
Brasilien	Zellstofffabrik	Bedienung & Beobachtung, Lastmanagement, ISO 50001 Berichtswesen & Dashboarding	Power Intelligence (PCS 7), SIMATIC Energy Manager	Erhöhte Energietransparenz, High-speed Blackout-Prävention
Abu Dhabi	LNG / LPG Anlage (Öl und Gas)	Bedienung & Beobachtung, Lastmanagement, Generator-Energiemanagement	Power Intelligence (PCS 7)	Effizienzsteigerung der Energieerzeugung um 21,2%, High-speed Blackout-Prävention

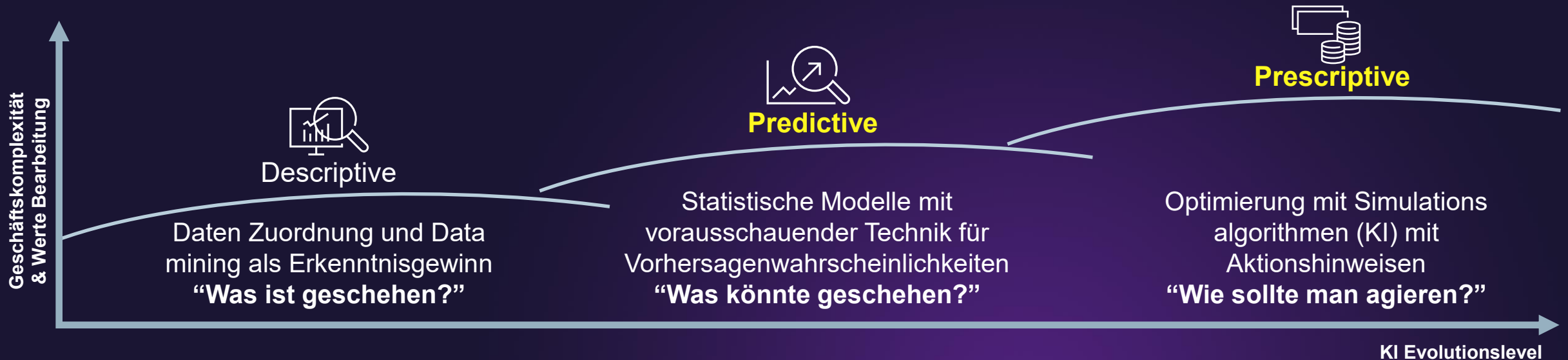
Beispiele – Smart Controls

- Intelligenter Pulperprozess
- Intelligente Trocknung (DrySec)



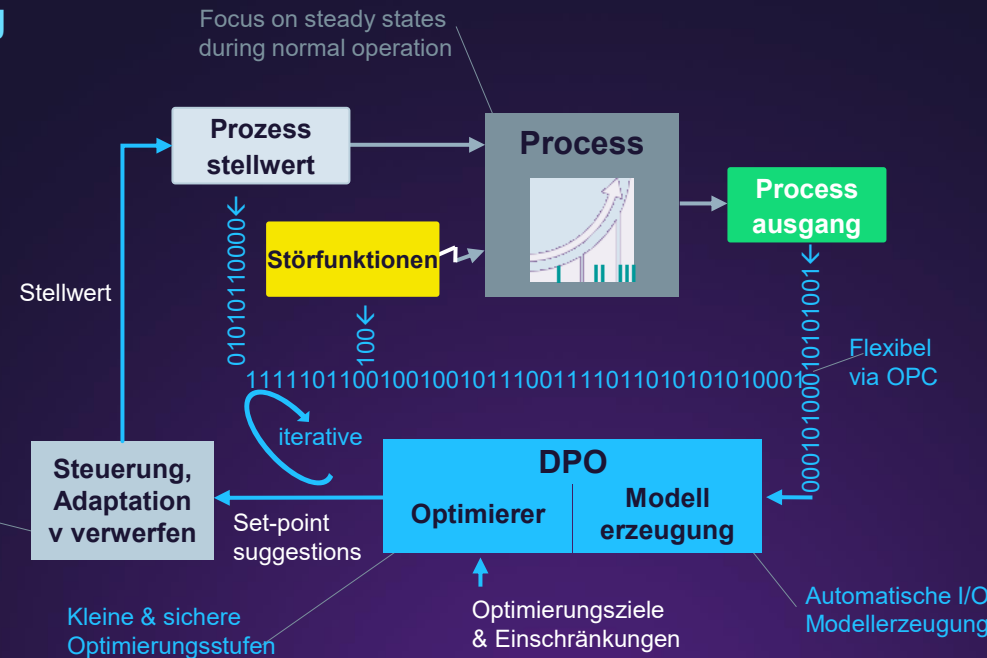
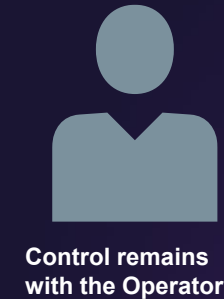
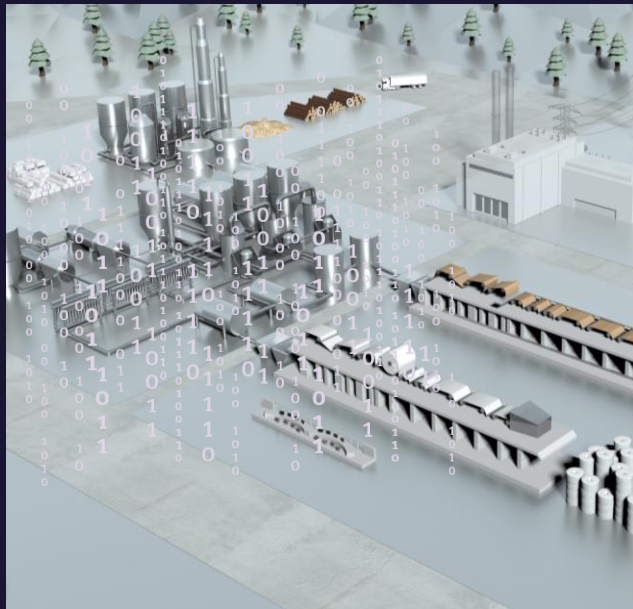
Smart Controls **Werkzeugkasten**

Kategorien intelligenter Regelungen mit daten- und modellbasierten Anteilen



Smart Assistance System Dynamic Process Optimization

Daten getriebene ökonomische Produktionsprozessoptimierung



Ansatz

- Sichtung der relevanten Daten
- Modellerzeugung im stationären Zustand
- Optimierung in Bezug auf die Optimierungsziele unter Berücksichtigung der Prozesseinschränkungen und Plausibilitätsbetrachtung
- Erzeugung neuer Stellwerte
- Adoption oder Annahme der Stellwerte
- Fortsetzung der Prozedur bis man die optimalen Stellwerte erreicht hat

Herausforderung

- Identifizierung des besten ökonomischen Prozessmodus
- Geringe Produktionskosten bei maximaler Effizienz
- Anpassung des Prozesses mit optimaler spezifizierter Parameteranpassung unter Berücksichtigung aller Freiheitsgrade
- Identifizierung der optimalen Stellwerte (Set points)

Inkrementale Optimierung in kleinen & überschaubaren Stufen

Kundennutzen

Produktion –

Optimaler Prozess mit hohem Wirkungsgrad mit geringen Kosten

Auswahl Intelligenter Steuerungen in der Zellstoff- und Papierindustrie



- Deinking Linienoptimierung über die einzelnen Stufen: Suspendieren-Deinking-Bleichen-Postdeinking-Bleichen mit übergeordneter Koordinierung



- Optimale Additivdosierung für Altpapier- und Zellstoff basierte Produktionen



- Optimale rohstoffabhängige Zellstoffkochung; flexible Dampfversorgung von einem Kraftwerk zu den verschiedenen Verbrauchern



- Optimale flexible Altpapier- und Frischfasersuspension



- Optimale Steuerung der Trockenpartie



- Optimales Calcinieren bei geringeren GHG Emissionen und Energieverbräuchen

Potential Optimization Goals?

- Optimale Ressourcennutzung
- Qualitätssicherung
- Optimale Energienutzung
- Hohe Ausbeute
- Kurze Amortisationszeit



The Pulper

Pulping: Erste Stufe in der Papierprozess mit Zellstoff- oder Altpapier basierter Erzeugung, Vereinzelung der Fasern vom Blattgefüge

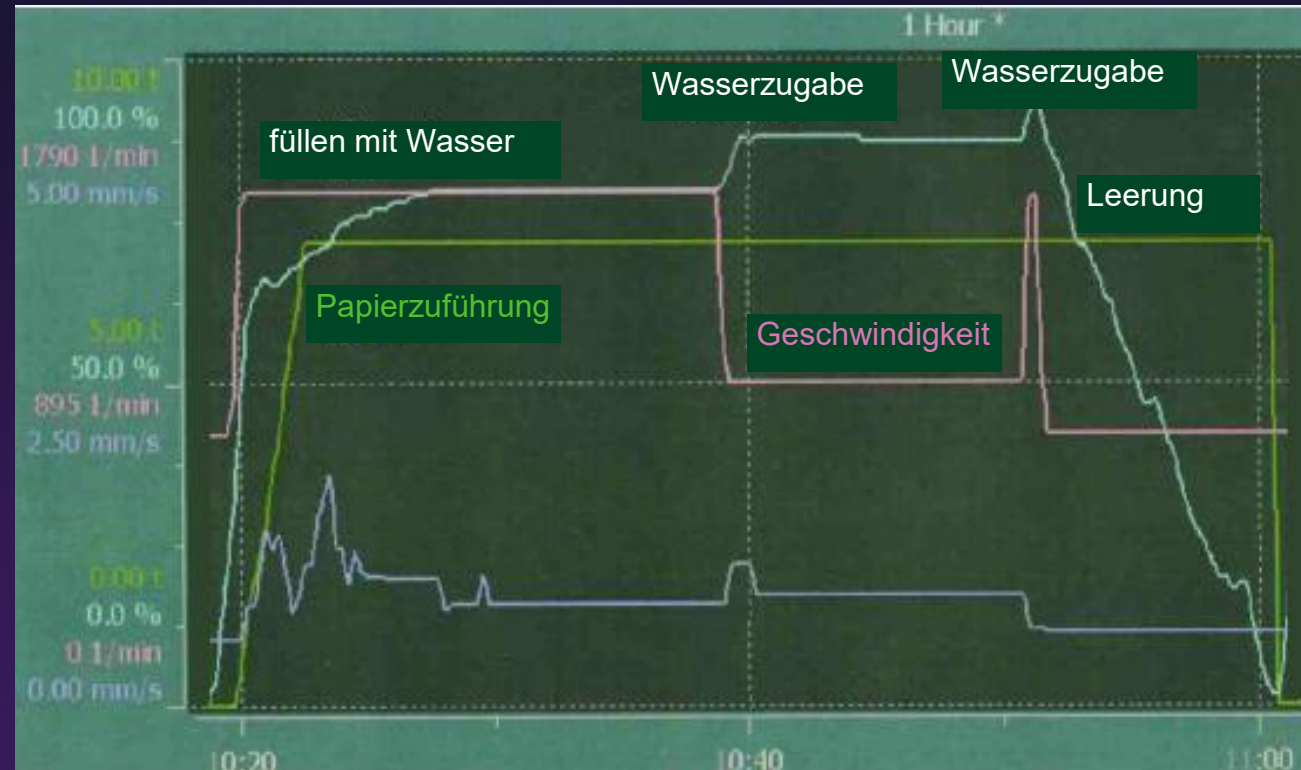
Prinzip: Variation der Konsistenz mit Wasser

Festgelegte Logik und zeitlicher Ablauf

Um bei den Qualitätsschwankungen des Rohstoffs sicher zu sein, arbeitet man mit einem Puffer...



<https://cellwood.se/pulpers/>



Vorgang beendet?

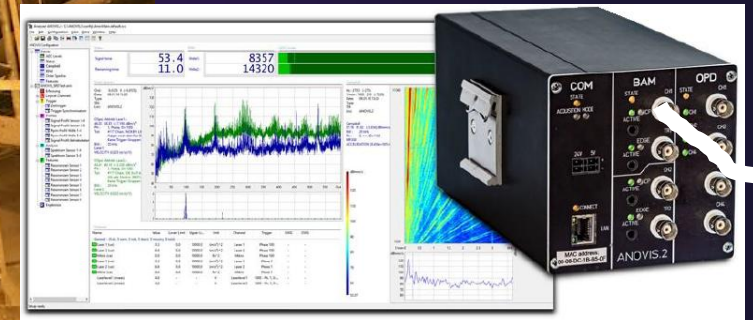
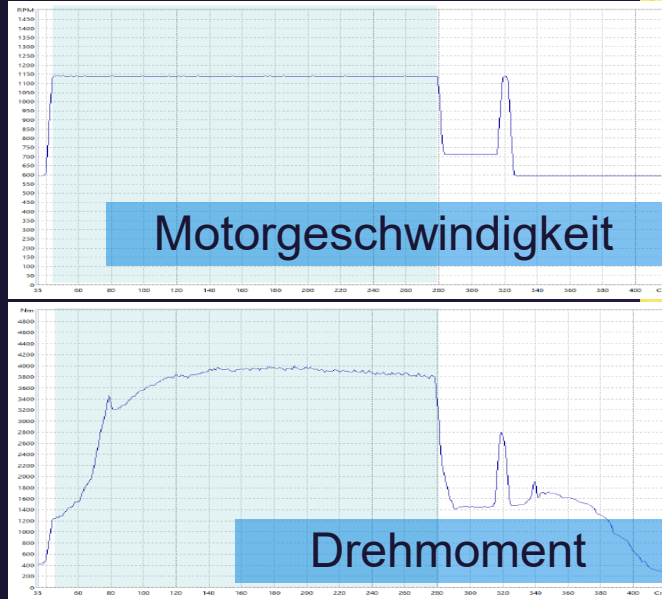
Müßte beendet sein...

The Algorithmus

Installation am Pulper:
installation der Messung und Datenaufnahme

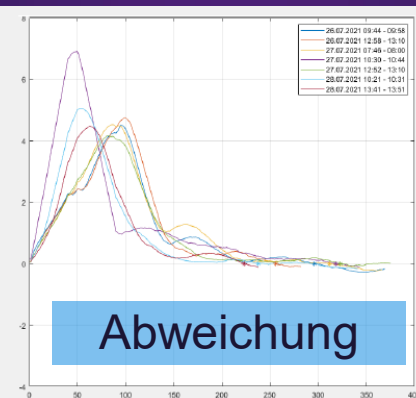
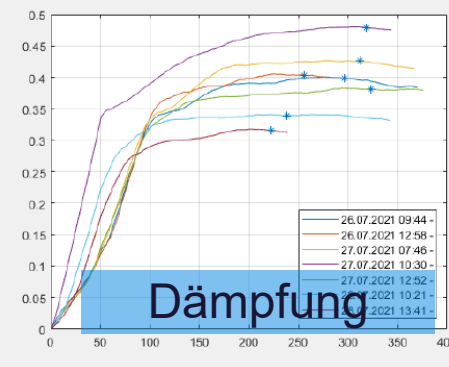
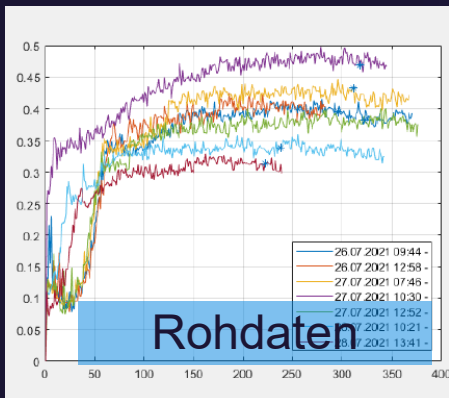


Simcenter Anovis SRD



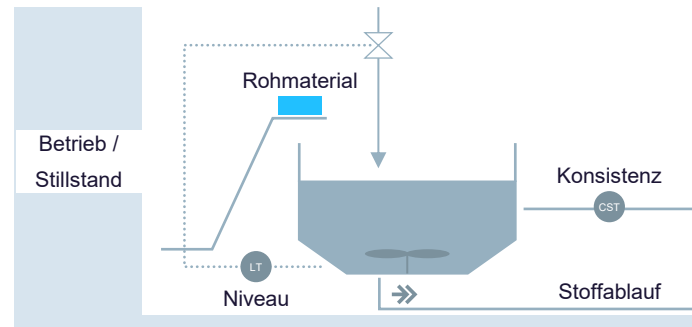
Siemens AG, Olaf Strama

Datenanalyse:
Auswahl der Kriterien

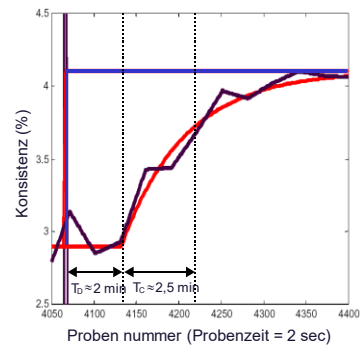


Steuerungsprinzip des Pulpingsystems

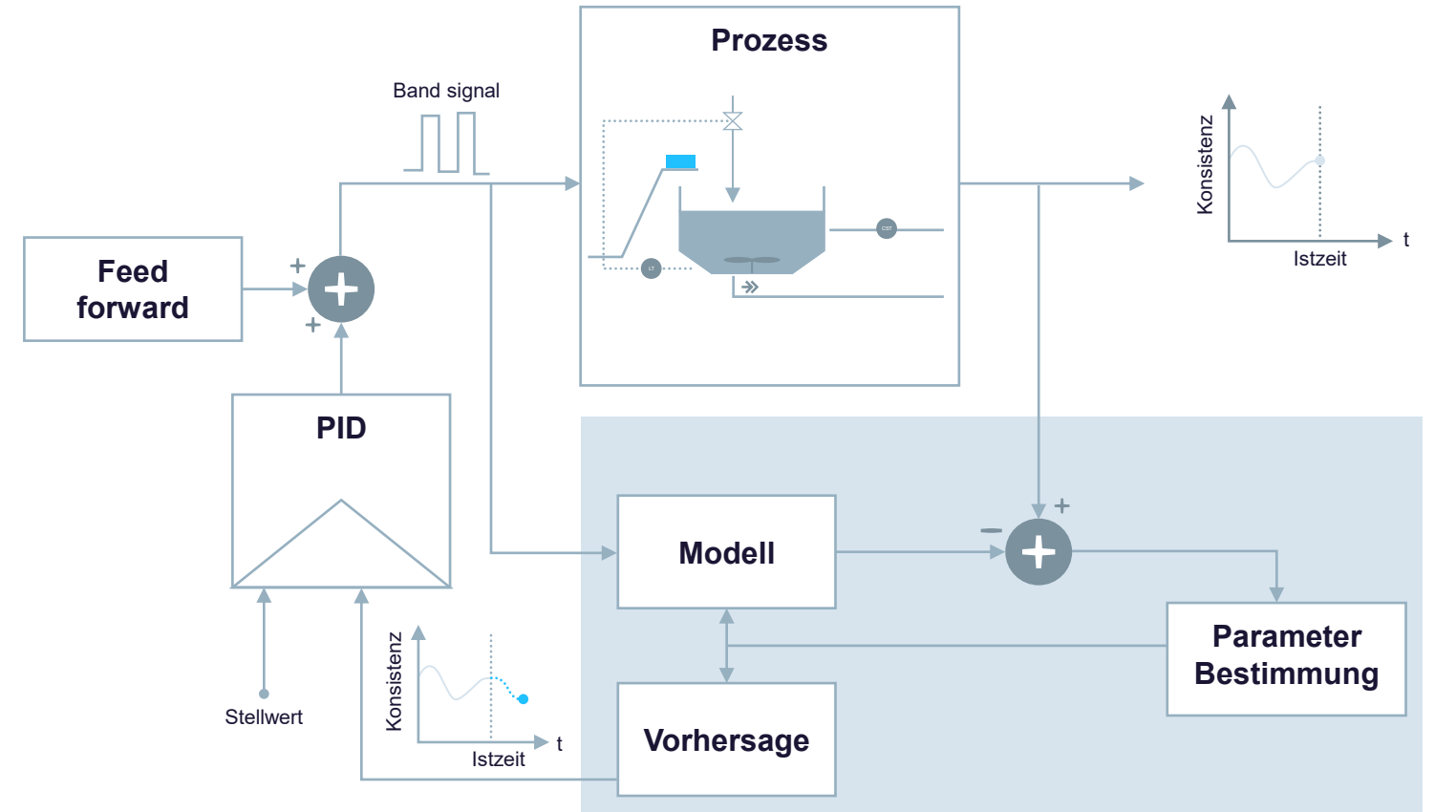
Typische Pulperbeschickung mittels Transportband



Typische Charakteristik einer Pulpingsequenz



Typische Struktur einer smart control basierten Lösung



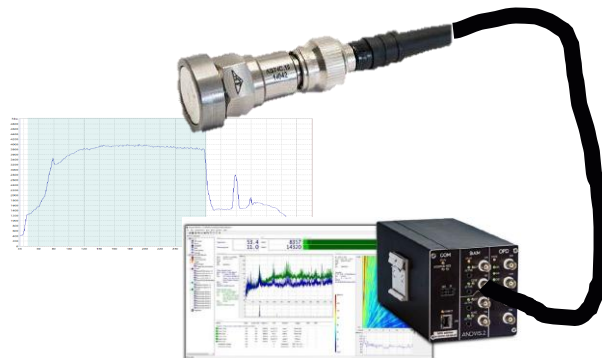
Kompakt

• Status

- Pulpingprozess mit festgelegtem Ablauf
- Zeitlicher Ablauf hat keinen Bezug auf die Rohstoffqualität
- Pulpzustand während des Prozesses lässt sich nicht online messen
- Es wird ein Puffer zur Prozessablaufsicherung berücksichtigt
- Höherer Energieverbrauch

• Zweistufiger Ansatz

- Online kann der Pulpzustand mittel Akustischer Sensorik während des Pulpingvorganges bestimmt werden, kontinuierliche Anwendung gegeben
- Kombination aus akustischer Sensor Messung mit Modell prediktiver Steuerung (mpc) steigert die Leistungsfähigkeit des Pulpers, verringert den Energieeintrag bei gleichzeitiger Qualitätssicherung
- Patent eingereicht



Benefit

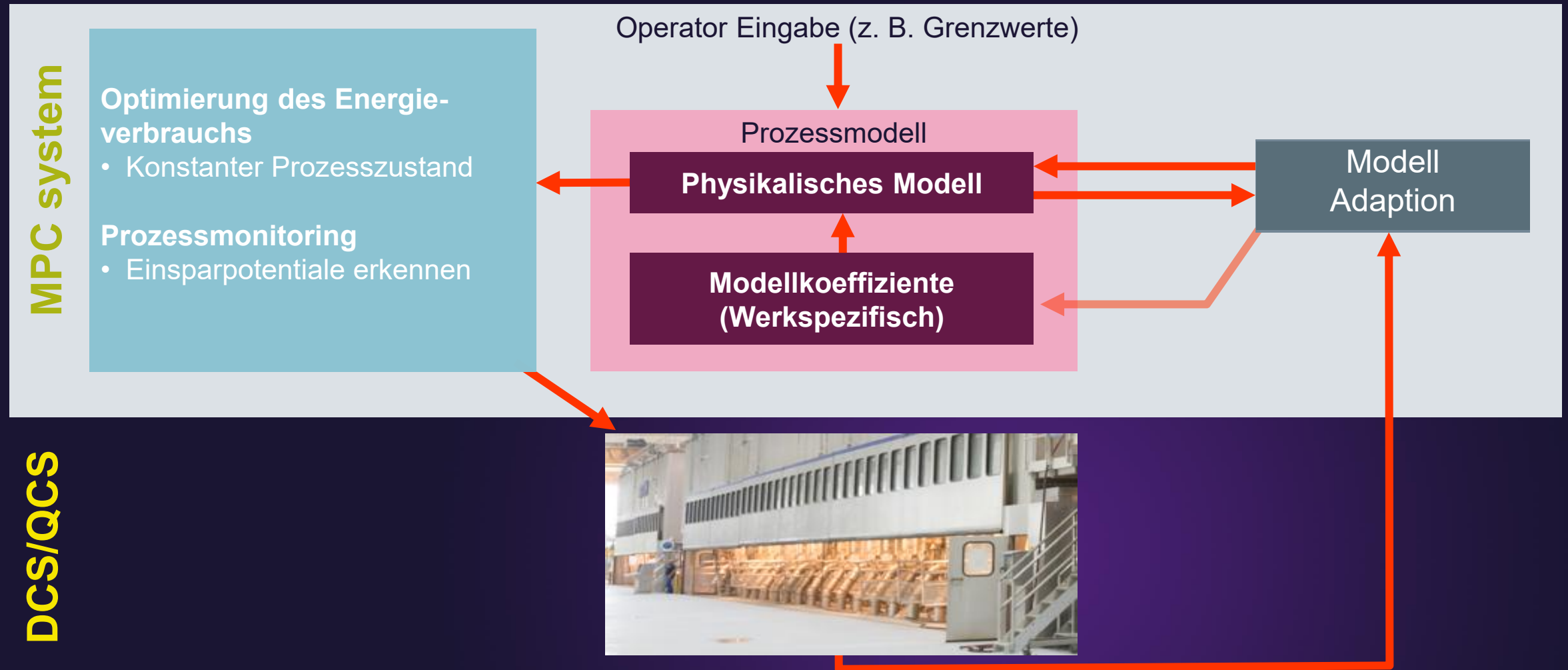
Betrachtet man ausschließlich den elektrischen Eintrag erhält man eine Amortisation je nach Anlagengröße zwischen einem halben und anderthalb Jahren in den USA

Pulper Drives [mode]	Power [kW]	Operation time [h]	Price [ct/kWh]	Annual cost [\$]	Savings [%]	Annual savings [\$]	ROI [a]
batch	300	7800	7	163800	10%	16380	1,5
batch	500	7800	7	273000	10%	27300	0,9
batch	700	7800	7	382200	10%	38220	0,7

- Geringer Energieverbrauch
- Kürzerer Produktwechsel
- Höhere Kapazität
- Leistungssteigerung liegt gesichert bei über 10% allein mit der akustischen Zustandserkennung!



Smart Drying der Trockenpartie – Prinzip



Smart Drying – Typische optimierte Stellwertparameter

Abluft

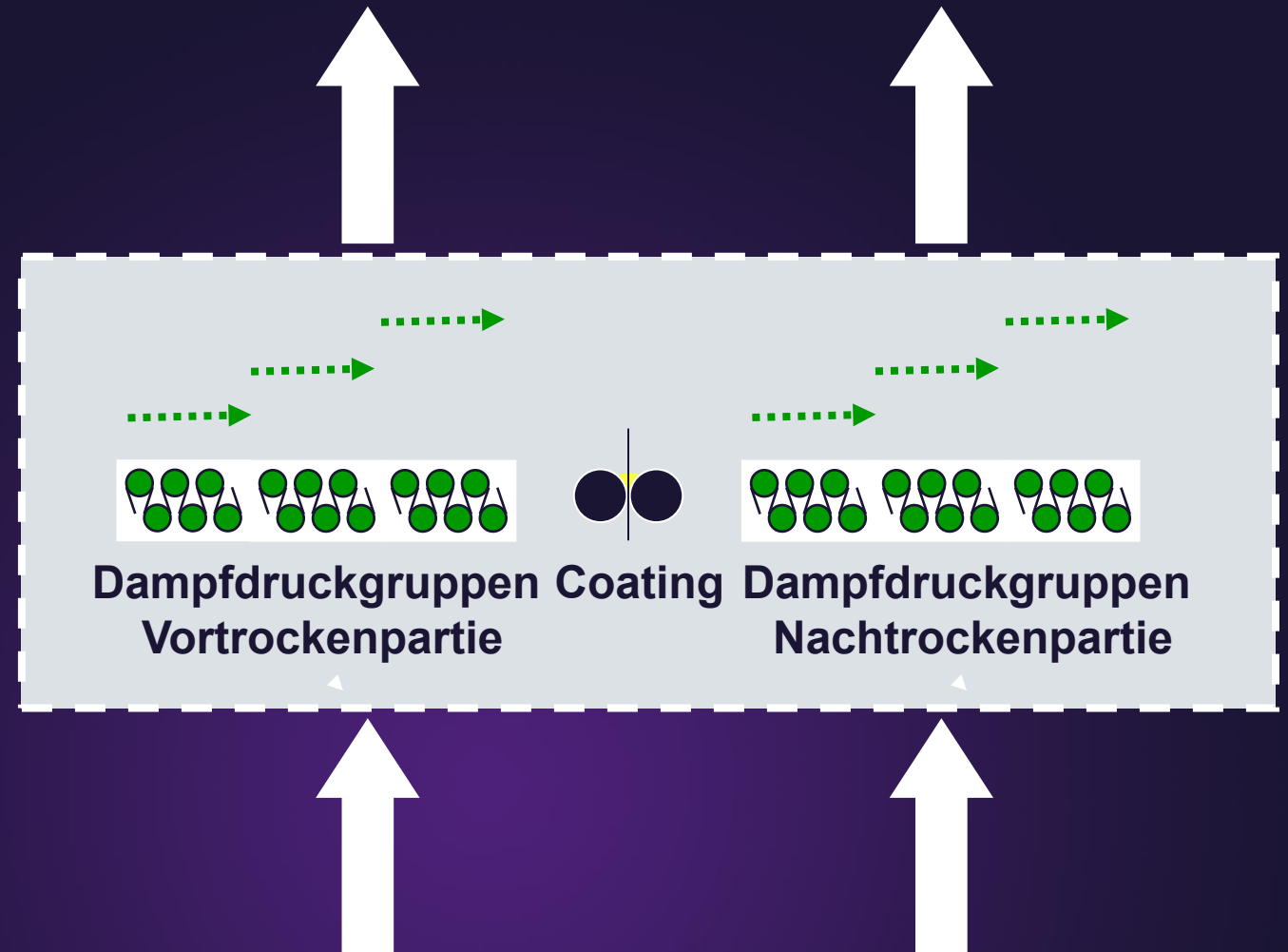
- Abluftrate

Dampf und Kondensat:

- Dampfdruck in allen Trockengruppen bis auf die Hauptdampfgruppe (Dampfdruckgruppe wird durch QCS geregelt)

Haubenluftzufuhr

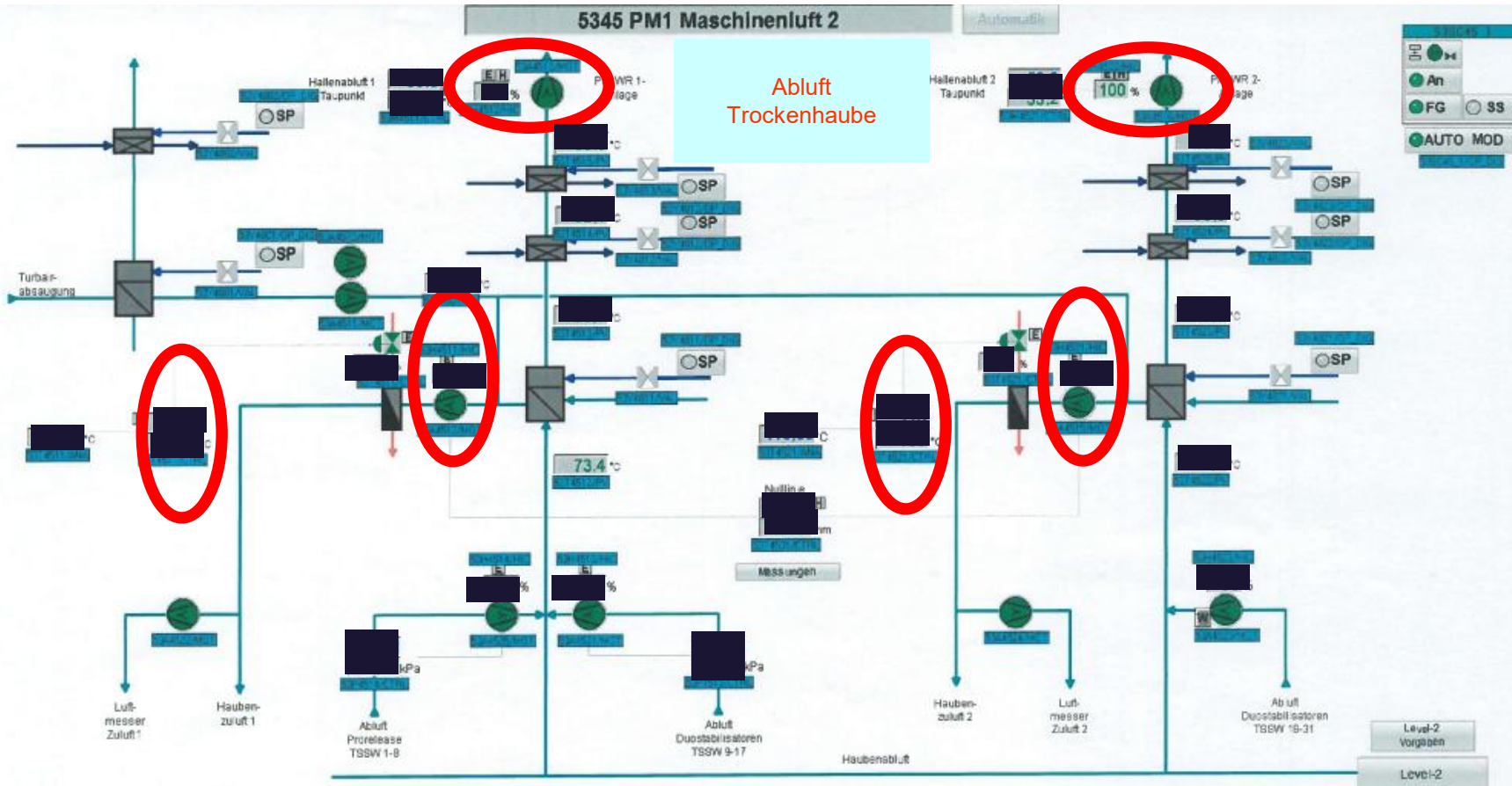
- Zulufrate
- Temperatur



Smart Drying – Stellwert 1 für Trockenhauben



Air Conditioning
Trockenhauben-
optimierung

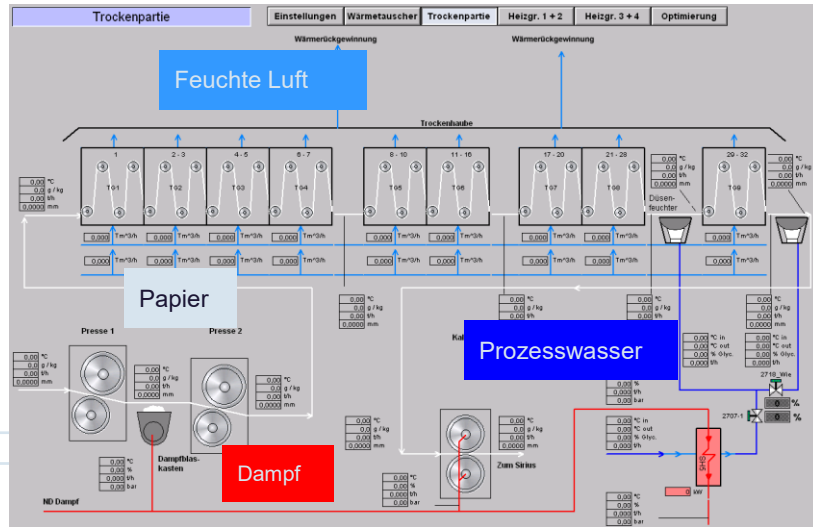


Zuluft
Trockenhaube

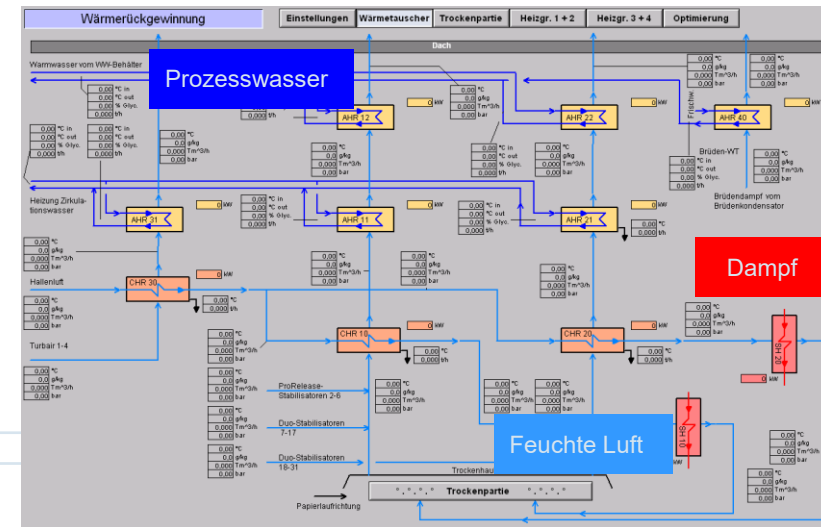


Smart Drying Section – Bedienoberflächen

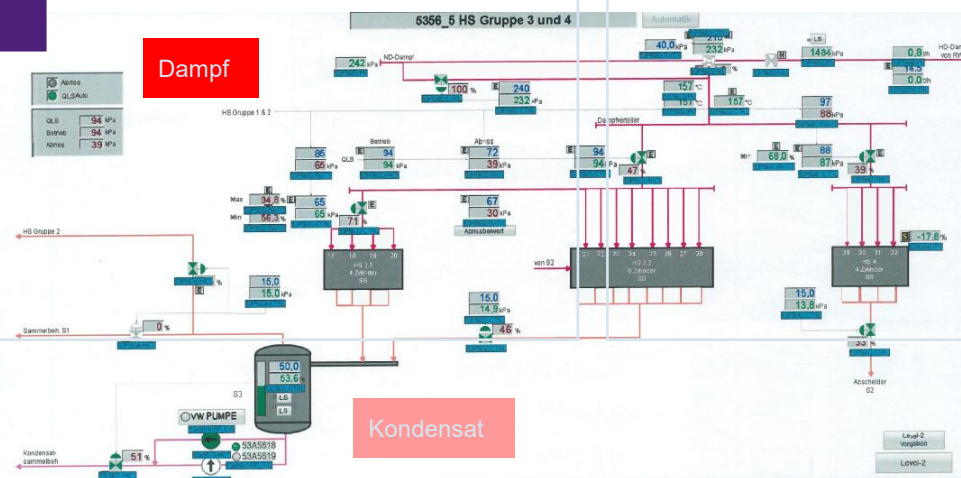
Trockenpartie



Heat Recovery



Dampf- und Kondensatsystem



Kompakt

• Status

- Geringe Trockenpartieregelungstiefe in Haubenluft und Trockengruppen
- Hoher Pufferbereich zwischen Taupunkt zur Kondensationsvermeidung
- Mögliche Regelung der Peripherie (Wärmetauscher, Lüfter,..) nicht gegeben
- Anpassung veränderter Produktionskapazität mit Trockpartieeinstellung erfolgt häufig zeitversetzt



• Umfassender Ansatz

- Optimale Dampf- Wärme- und Strombetrachtung mit smarterer Trockenpartiesteuerung
- Prädiktive flexible Regelung
- Angepasste Trocknung an Kapazität und Sorte
- Kurzer Amortisationszeitraum

Benefit

Betrachtet man ausschließlich die energetische Einsparung, so erhält man eine Amortisation je nach Anlagengröße zwischen einem halben und einem Jahr



- Geringer Energieverbrauch
- Kürzerer Produktwechsel
- Übliche oft erheblich erreichte Einsparungen während Systemevaluierung, -Bilanzierung und Integration ist nicht berücksichtigt



Fragen und Anregungen?



Kontaktseite



Andreas Beck

Dr. Hermann Schwarz

Siemens Energy GmbH & Co KG

Paul-Gossen-Straße 100

91058 Erlangen, Germany

mailto: beckandreas@siemens-energy.com

hermann.hs.schwarz@siemens-energy.com

siemens-energy.com/sipaper

sipaper@siemens-energy.com