



Energiemonitoring

leicht gemacht – **die besten**

Tipps

und größten

Stolperfallen



Inhalt

Grundlagen	3
Die Erfolgsfaktoren	3
Organisation & Technik	4
Normen	4
Fazit	4
Methodik	5
Vorgehensmodell	5
Kennzahlen	6
Einsparpotenziale	7
Werkzeuge	8
Systemdimensionierung	8
Software – Erkenntnisse in drei Klicks	9
Managementberichte	15

Grundlagen

Erfolgsfaktoren	Organisation & Technik	Normen
<ul style="list-style-type: none">Die Daumen-3 %-Regel für die Auslegung von SystemenEinflusspotenzial vs. Messaufwand	<ul style="list-style-type: none">VerantwortlichkeitenBestehende und benötigte Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none">Vorgaben aus der ISO 50001 sowie DIN EN 16247

Grundlagen

Die Erfolgsfaktoren

- Bei der Dimensionierung eines Energiemonitoring-Systems stellt sich regelmäßig die Frage, wie hoch der Investitionsaufwand sein kann. Die Rahmenbedingungen sowie vorhandene Infrastrukturen sind maßgeblich für das Investitionsvolumen. Es hat sich jedoch in einer Vielzahl von Projekten seit 2010 gezeigt, dass mit der nachfolgenden Rechenregel ein realistischer Einstieg – insbesondere vor dem Hintergrund angestrebter Amortisationszeiten – gewährleistet werden kann.
- Die 3 %-Regel**
Für ein Investitionsvolumen von bis zu maximal 3 % der jährlichen Energiekosten (über alle Medien und Energieträger) ist ein schlagkräftiges System zur Datenerfassung darstellbar. Bei bereits bestehenden Messinfrastrukturen reduziert sich dieser Wert, da sowohl Investitionen in Messgeräte als auch deren Installationsaufwände nicht anfallen.
- Die Identifikation und Festlegung von Messpunkten sollte stets eine Abwägung zwischen Messaufwand und Einflusspotenzial beinhalten. Die Messung des Wasserverbrauchs von sanitären Einrichtungen verspricht in der Regel kaum Einsparmöglichkeiten, kann jedoch aufgrund der Messung eines rohrgelassenen Mediums vergleichsweise hohe Kosten für die notwendige Messtechnik verursachen. Im Gegensatz dazu ist eine Stromverbrauchsmessung des Druckluft-Kompressors in der Regel relativ schnell zu installieren mit oftmals sehr aufschlussreichen Erkenntnissen zum Betriebsverhalten und entsprechendem Einflusspotenzial.

Grundlagen

Organisation und Technik

o Organisatorisch

Die Verantwortung für die Energiedatenerfassung sollte in der Hand einer Person oder einer Abteilung liegen (beim Energiemanagementbeauftragten und/oder Energie-Team). Der Zugriff auf die Daten wiederum kann verantwortungsbezogen ausgestaltet werden. Schließlich besteht die Notwendigkeit, dass ein Produktionsleiter die Messdaten aus einer anderen Perspektive betrachten will als das Controlling oder die Buchhaltung.

o Technisch

Bestehende Infrastrukturen sind in jedem Fall zu erfassen und zu berücksichtigen. Schließlich wurden hierfür vorab bereits Investitionen getätigt. Außerdem verspricht die Nutzung dieser Messgeräte einen schnellen Einstieg ohne umfangreichen Installationsaufwand. Dabei stellen Messgeräte mit offenen, dokumentierten Schnittstellen die zu bevorzugende Technologie dar. Proprietäre Geräte lassen leider keine herstellerunabhängige (Aus)Wahl zu.

Grundlagen

Normen

- o Die ISO 50001 liefert den Rahmen für die Zertifizierung eines Energiemanagement-Systems. Die Zertifizierung, selbst durch ein entsprechend akkreditiertes Unternehmen, stellt die Bestätigung der Existenz eines solchen Management-Systems dar.
- o Ob eine Zertifizierung angestrebt wird, kann von entsprechenden gesetzlichen Rahmenbedingungen abhängig gemacht werden, z. B. bei der EEG-Umlage oder Strom-/Energiesteuer. Ein Energiemanagement-System kann aber auch ohne Zertifizierung bestehen und die Norm als Gestaltungsgrundlage haben.
- o Die Norm ISO 50001 verlangt ein Energieerfassungssystem. Dabei werden jedoch keine Angaben in Bezug auf die Ausführung des Systems (manuell, teilautomatisiert, vollautomatisiert) gemacht. Im Rahmen der kontinuierlichen Verbesserung des Management-Systems fällt jedoch auch das Messsystem in diesen Verbesserungsprozess, so dass der Ersatz einer manuellen Ablesung durch automatisierte Erfassung eine solche Verbesserung darstellt.
- o Die 50000er Normenfamilie liefert weitergehende Leitlinien für den Aufbau, die Ausgestaltung und Bewertung von Energiemanagement-Systemen. Eine zunehmende Konkretisierung hat in den vergangenen Jahren stattgefunden.

Fazit

Der Aufbau eines Energiemonitoring-System erfordert die Prüfung der Rahmenbedingungen sowie die klare Definition von Verantwortlichkeiten. Zudem ist das Ziel der Erfassung zu definieren, z. B. zum Transparenzgewinn oder als Teil eines Energiemanagement-Systems nach ISO 50001.

Methodik

Erfolgsfaktoren	Kennzahlen	Einsparpotenziale
<ul style="list-style-type: none">○ Top-Down-Ansatz entlang der Energieverteilung○ Identifikation von notwendigen und sinnvollen Messpunkten	<ul style="list-style-type: none">○ Definition und Bildung von aussagefähigen Energiekennzahlen○ Identifikation von Einsparpotenzialen	<ul style="list-style-type: none">○ Bewertung von Optimierungspotenzialen○ Priorisierung von Maßnahmen

Methodik

Vorgehensmodell

- Für ein strukturiertes Vorgehen zur Identifikation von sinnvollen Messpunkten bietet sich ein Top-Down-Ansatz an. Dabei wird dem Energiefluss im Unternehmen von der Einspeisung bis zur letzten Verwendung gefolgt.
- Die Identifikation von sinnvollen Messpunkten sollte maßgeblich vom vorhandenen Energiebedarf von bestimmten Bereichen, Anlagen oder Maschinen abhängig gemacht werden.
- Besteht kein Wissen über die Energieverteilung auf einzelne Verbraucher, so bietet sich insbesondere im Strombereich als erste Messpunktebene die Hauptverteilung nach der Einspeisung an. Eine weitere Detaillierung kann dann basierend auf den identifizierten Großverbrauchern und den großen Abgängen erfolgen.



Methodik

Vorgehensmodell

- Wenig Platz zum Einbau von Messgeräten und begrenzte Personal-Ressourcen für die Installation stellen eine Herausforderung dar. Im Elektrobereich sind mit Energie- und Leistungsmessgeräten, die über flexible Stromwandler (sogenannte Rogowski-Spulen) verfügen, zeit- und platzsparende Installationen ohne Probleme realisierbar. Die Einbauzeiten entsprechender Geräte liegen durchschnittlich zwischen 15 und 20 Minuten, teilweise auch ohne die Notwendigkeit einer Abschaltung.
- Auch mangelndem Wissen über den Leistungs- und/ oder Energiebedarf einzelner Zuleitungen zu Anlagen, Bereichen und Maschinen kann durch temporäre Messungen entgegengewirkt werden. Dabei wird ein Messzeitraum von mindestens 10 Tagen empfohlen, in dem zwei Wochenenden enthalten sein sollten. So können Tagesspezifika und Unterschiede zwischen Wochentag und Wochenende belastbar erfasst und anschließend ausgewertet werden. Entsprechende Messkofferlösungen liefern hierfür das technische Equipment.



Abbildung 1 – Energie- und Leistungsmessgerät mit Rogowski-Stromwandlern (econ sens3)



Abbildung 2 – Messkoffer zur Energie- und Leistungsmessung (econ case)

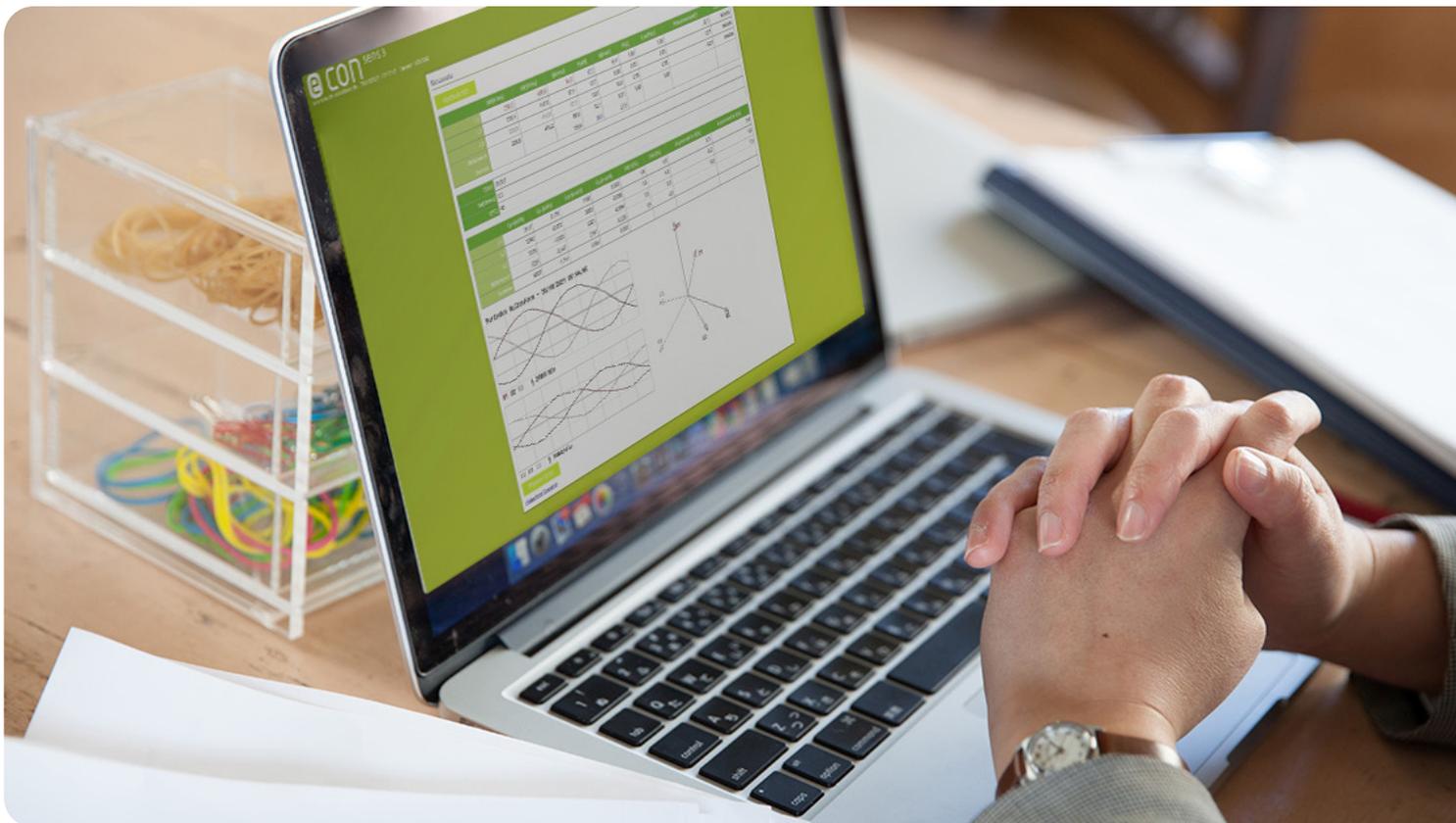
Methodik

Kennzahlen

- Die Identifikation von Messpunkten sollte auch die Bestandteile von angestrebten Kennzahlen berücksichtigen. Dabei gibt es unterschiedliche Ausprägungen für die Bestandteile:
 - Statische Größen, z. B. Flächen, Verrechnungspreise
 - Zeitabhängige Größen, z. B. Stückzahlen
 - Manuell abgelesene Zählerstände
- Eine Kennzahl stellt in der Regel eine mathematische Formel dar. Die Aussagekraft und der damit verbundene Erkenntnisgewinn aus der Kennzahl sollten stets im Auge behalten bleiben. Gerade bei der Kommunikation von Kennzahlen, z. B. zur Performance-Messung, sollte deren Nachvollziehbarkeit gewährleistet sein.

Einsparpotenziale

- Einsparpotenziale können aus unterschiedlichen Perspektiven bewertet werden. Im Strombereich kann nach Leistung (in Bezug auf die Spitzenleistung) oder nach der elektrischen Arbeit (in Bezug auf den Verbrauch, insbesondere den Grundlastverbrauch) untersucht werden (siehe auch Software).
- Bevor Investitionen getätigt werden, können manuelle Änderungen ausprobiert und mit den Messdaten bewertet werden. So kann ein zukünftiges Anlagen- oder Maschinenszenario vorab gemessen und auf die rechnerisch ermittelten Potenziale untersucht werden.
- Typische Analysemuster sind:
 - ABC-Analysen zur Priorisierung von relevanten Untersuchungsobjekten
 - Stunden- und Tagesverbrauchsberichte zur Differenzierung des Verbrauchs nach Produktions- und Nicht-Produktionszeiten
 - Betriebszustandsanalysen zur Identifikation von Lastspitzen und Auslastungszuständen (Volllast vs. Teillast)
 - Leistungsverlaufsberichte zur Bewertung des Anfahrverhaltens in Hinblick auf Leistungsspitzen



Werkzeuge

Systemdimensionierung	Software	Managementberichte
<ul style="list-style-type: none">○ Messkonzept-Erstellung○ Strukturierte Aufnahme und Erfassung der Messpunkte	<ul style="list-style-type: none">○ Messkonzept-Erstellung○ Strukturierte Aufnahme und Erfassung der Messpunkte	<ul style="list-style-type: none">○ Messkonzept-Erstellung○ Strukturierte Aufnahme und Erfassung der Messpunkte

Werkzeuge

Systemdimensionierung

Auf Basis der identifizierten und festgelegten Messpunkte gilt es ein Messkonzept zu erstellen. Hier kann der Unterscheidung in 4 Ebenen gefolgt werden:

- **Ebene 1: Feldebene**

Bestehende Zähler, Fühler und Sensoren werden auf Kommunikationsschnittstellen (z. B. Impulse, analoge Signale, Modbus, M-Bus) untersucht. Geplante oder vorgesehene Zähler, Fühler und Sensoren werden ausgelegt und dimensioniert, ggf. mit Unterstützung der jeweiligen Wartungs- und Installationspartner des eigenen Betriebs. Die Erfassung der Installationsorte dieser Messgeräte (bestehende und geplante) ist Ausgangspunkt für die Ebene 2.

- **Ebene 2a: Datenlogger für Einzelzähler**

Die Positionierung der Datenlogger ist abhängig von der Verteilung der Messpunkte. Dabei sind insbesondere auch die technisch realisierbaren Übertragungsstrecken sowie potenzielle Störeinflüsse (starke elektrische Felder können die Signalübertragung beeinflussen) zu berücksichtigen.

Die Übertragungslängen sind abhängig von der verwendeten Schnittstelle. Protokolle auf Basis von z. B. RS485 Schnittstellen können auf bis zu 1 km übertragen werden, Impulse sind auf Strecken bis 50 m übertragbar (Kunden und Partner berichten von längeren, bereits überbrückten Strecken von bis zu 200 m), analoge Signale können bis 20 m abgebildet werden. Teilweise sind Module zur Signalverstärkung für Schnittstellenformate verfügbar, die bei längeren Strecken eingesetzt werden können.

- **Ebene 2b: Software-Schnittstellen zu bestehenden Systemen**

Bestehende Unternehmenssysteme (GLT, Prozesssteuerungen, Betriebsdatenerfassung usw.) lassen sich oftmals über Schnittstellen zu OPC-Servern anbinden. Hierfür ist lediglich eine IT-seitige Vernetzung der Systeme notwendig. Die Beschreibung der vorhandenen Datenstrukturen ist hierfür ein guter Ausgangspunkt zur Identifikation der notwendigen Schnittstellen.

- **Ebene 3: zentrale Datenhaltung**

Für die Datenhaltung bietet sich eine zentrale Datenbank an, die Konfiguration, Analysen und Auswertung über einen Webserver auf allen Arbeitsplatzrechnern zur Verfügung stellt. Dies bietet den Vorteil, dass auf den Rechnern keine eigene Software installiert werden muss, sondern alles sofort einsatzbereit ist. Updates stehen auch unmittelbar allen Nutzern zur Verfügung.

- **Ebene 4: Konfigurations-, Analyse- und Auswertungs-Software**

Durch die Nutzung einer Web-Applikation, auf die über die handelsüblichen Browser (Edge, Firefox usw.) zugegriffen werden kann, ist ein Rechnerungebundener Zugriff möglich. Die bekannten Nutzungs- und Anwendungsschemata aus dem Internet finden auch hier Anwendung, so dass sich schnell Lerneffekte und Nutzungserfolge einstellen.

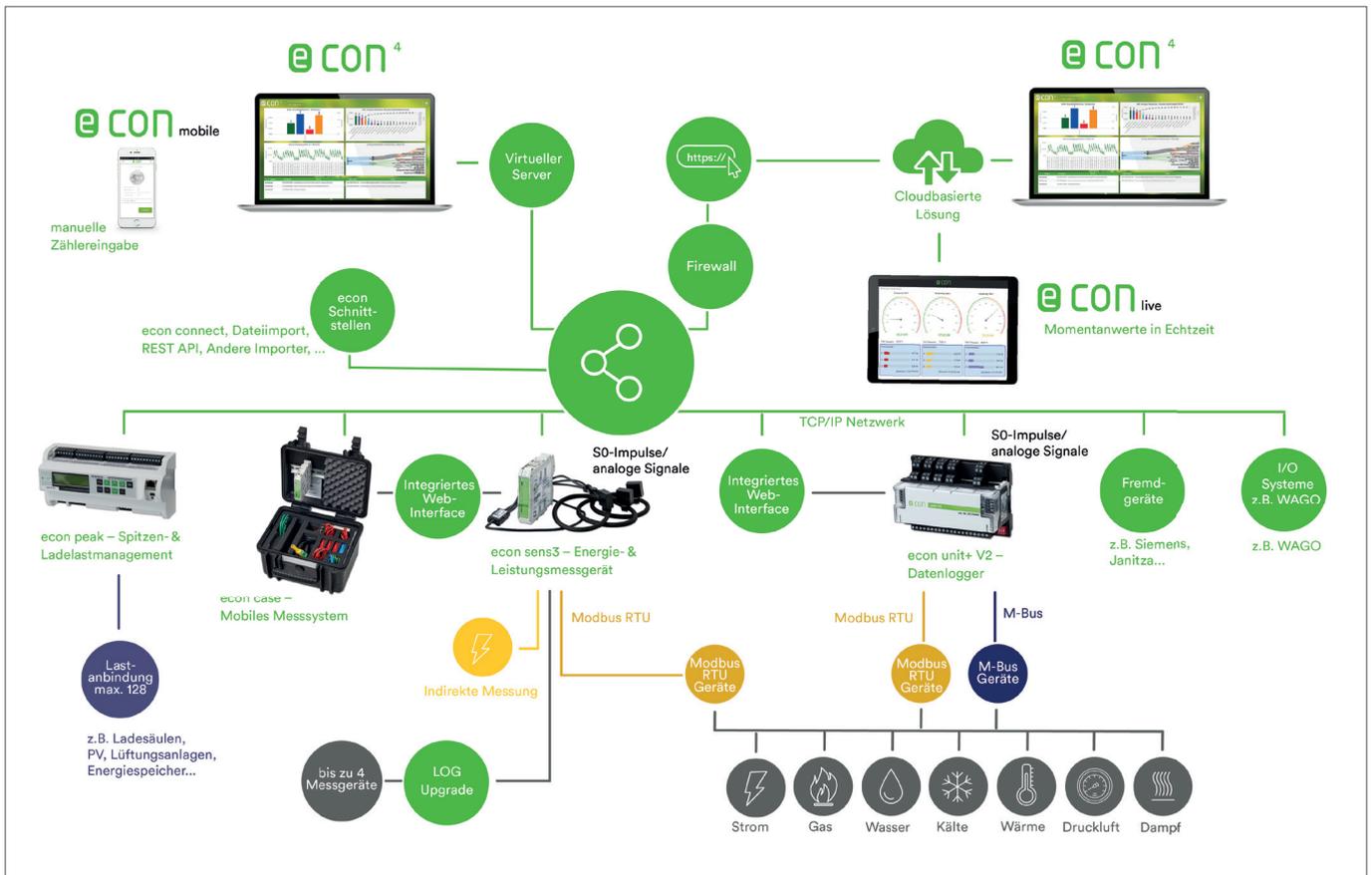


Abbildung 3 – Systemarchitektur von econ solutions

Werkzeuge

Software – Erkenntnisse in drei Klicks

- Eine zentrale Anforderung an eine Software für Energiemonitoring sollte eine intuitive Bedienung sein, die einen unmittelbaren Einstieg und frühe, erste Erfolge sicherstellt. Dies lässt sich durch folgende Aspekte begründen:
 - Die Themen Energiemanagement und Energiemonitoring sind für viele Unternehmen (immer noch) neu oder wurden bislang noch nicht in einer entsprechenden Tiefe behandelt.
 - Die Verantwortung hierfür wurde kürzlich übertragen, die organisatorischen Rahmenbedingungen sind geschaffen, jedoch fehlen durchgängige Werkzeuge (im Wesentlichen Mess- und Erfassungssysteme). Zudem sollen zeitnah Erfolge vorgezeigt werden können, was nicht zuletzt auch an dem aktuell stark steigenden Druck aus Richtung der Gesetzgebung erfolgt.
 - Durch die unterschiedlichen Verantwortlichkeiten im Unternehmen für das Feld „Energie“

betrifft die Auswertung auch Mitarbeiter und Führungskräfte, die ihre Energieanalysen nur zu einem geringen Zeitanteil ihrer Arbeitszeit durchführen (sollen). Hierzu zählen beispielsweise Produktionsleiter, deren Hauptaugenmerk auf der Produktion liegt, jedoch durch den Faktor Energie mit einer neuen Zieldimension betraut werden.

- Bei der Auswertung der eingesammelten Messdaten sind grafische Aufbereitungen der Kernbestandteil einer Energiemanagement-Software. Ein Bild sagt mehr als 1.000 Zeilen. Je nach Analysefokus sind unterschiedliche Auswertungs- und Darstellungsvarianten zu empfehlen. Nachfolgende Beispiele zeigen die Vorgehensweisen zur jeweiligen Analyse anhand von realen Messdaten eines produzierenden Unternehmens.

Werkzeuge

Software – Erkenntnisse in drei Klicks

Großverbraucheranalyse mittels ABC-Analyse und Sankey-Diagramm

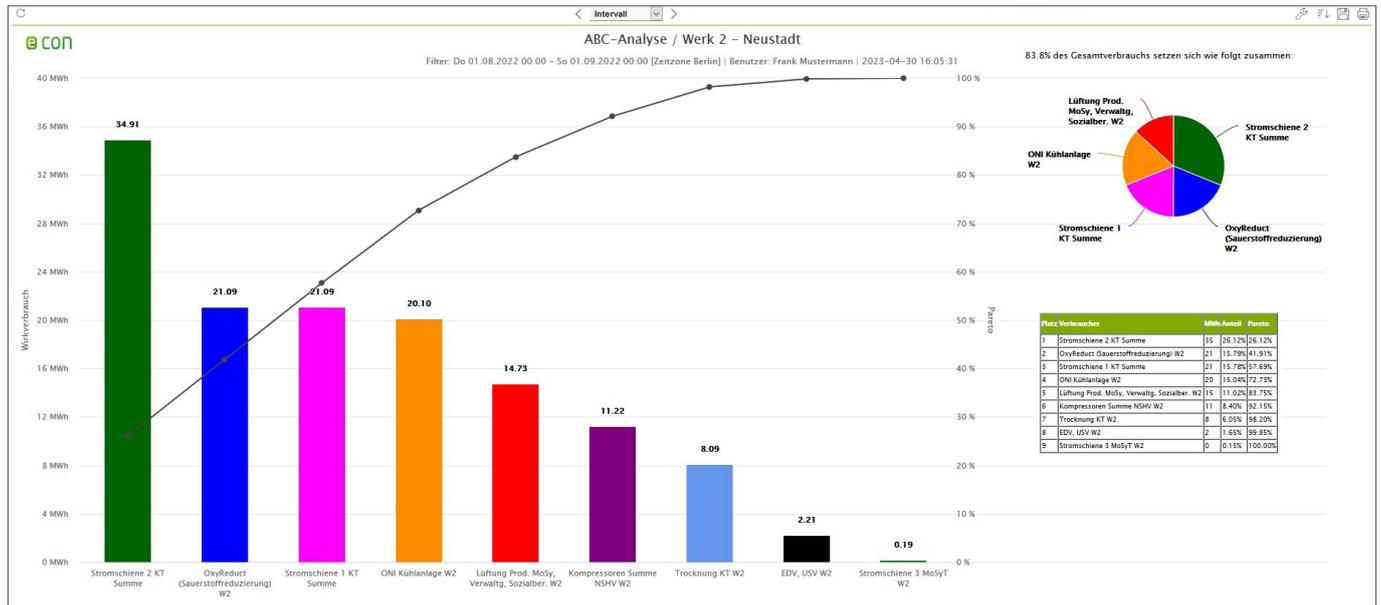


Abbildung 4 – ABC-Analyse mit absteigender Sortierung nach Energieverbrauch

- Mittels ABC-Analyse erfolgt die Identifikation der Hauptverbraucher, um für die Maßnahmenentwicklung entsprechende Personal-Ressourcen bereitzustellen.
- Der Hebel bei Maschinen, Anlagen und Bereichen im linken Bereich können auch im einstelligen Prozentbereich ganze Verbraucher auf der rechten Seite überkompensieren.

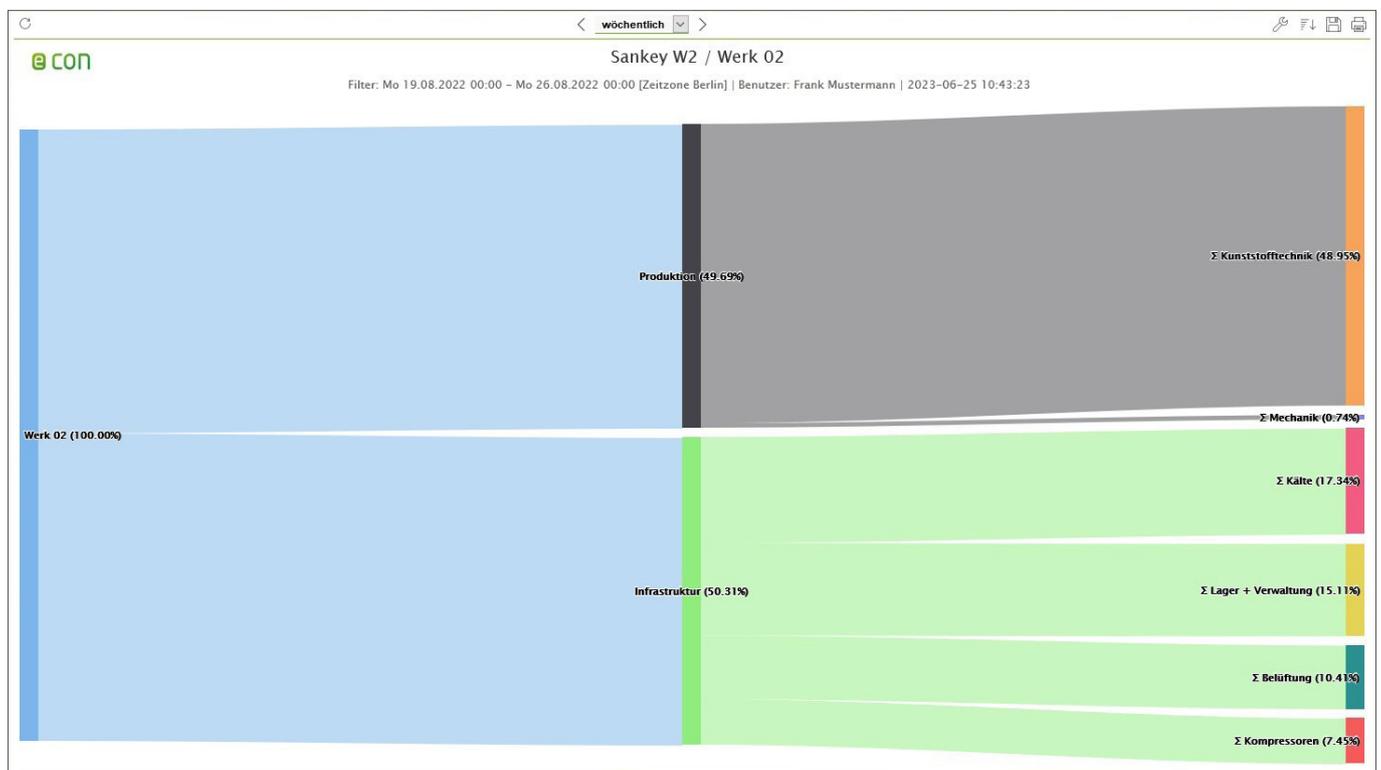


Abbildung 5 – Sankey-Diagramm zur Darstellung des Energieflusses und dessen Verteilung

- Mittels hierarchiebasierter Strukturierung der Messpunkte können entlang der Hierarchien Energieflüsse schnell und einfach visualisiert werden.
- So werden die Anteilsverhältnisse, z. B. zwischen Infrastruktur und Produktion im vorliegenden Fall auf einen Blick ersichtlich.

Werkzeuge

Software – Erkenntnisse in drei Klicks

Lastganganalyse über Dauerkennlinie und Spektralanalyse

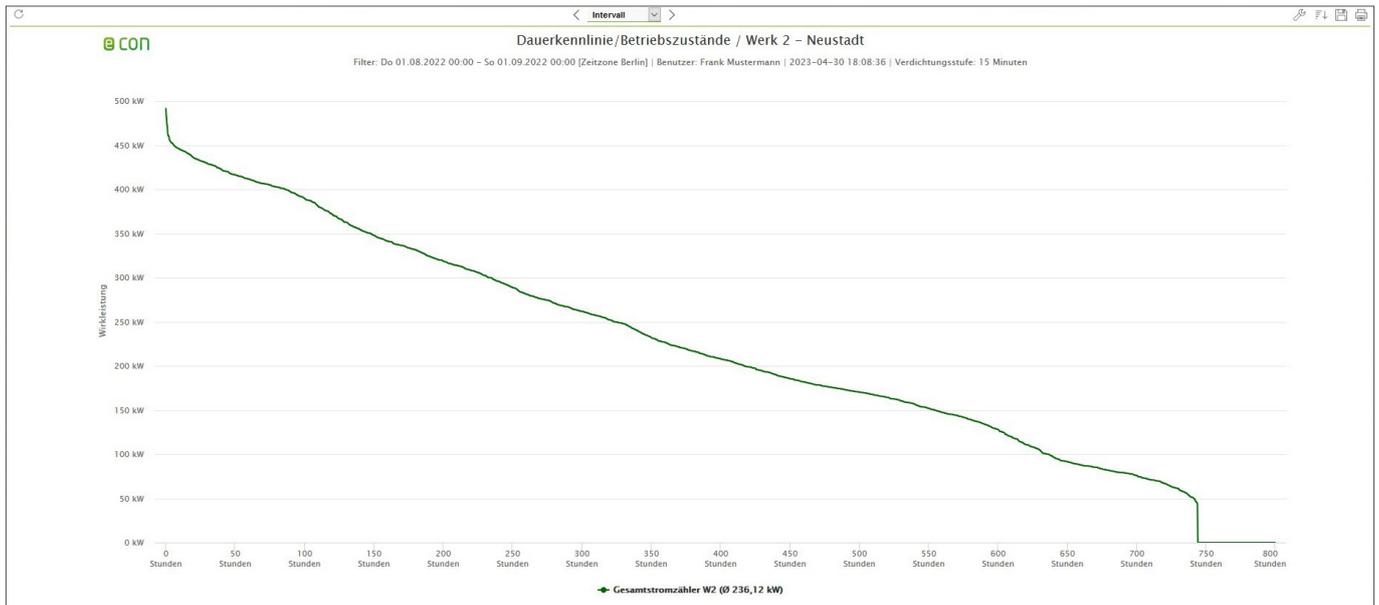


Abbildung 6 – Dauerkennlinie

- Je steiler der Verlauf oben links, desto höher oder wahrscheinlicher ist das Potenzial zur Kostenreduzierung mittels Spitzenlastmanagement.

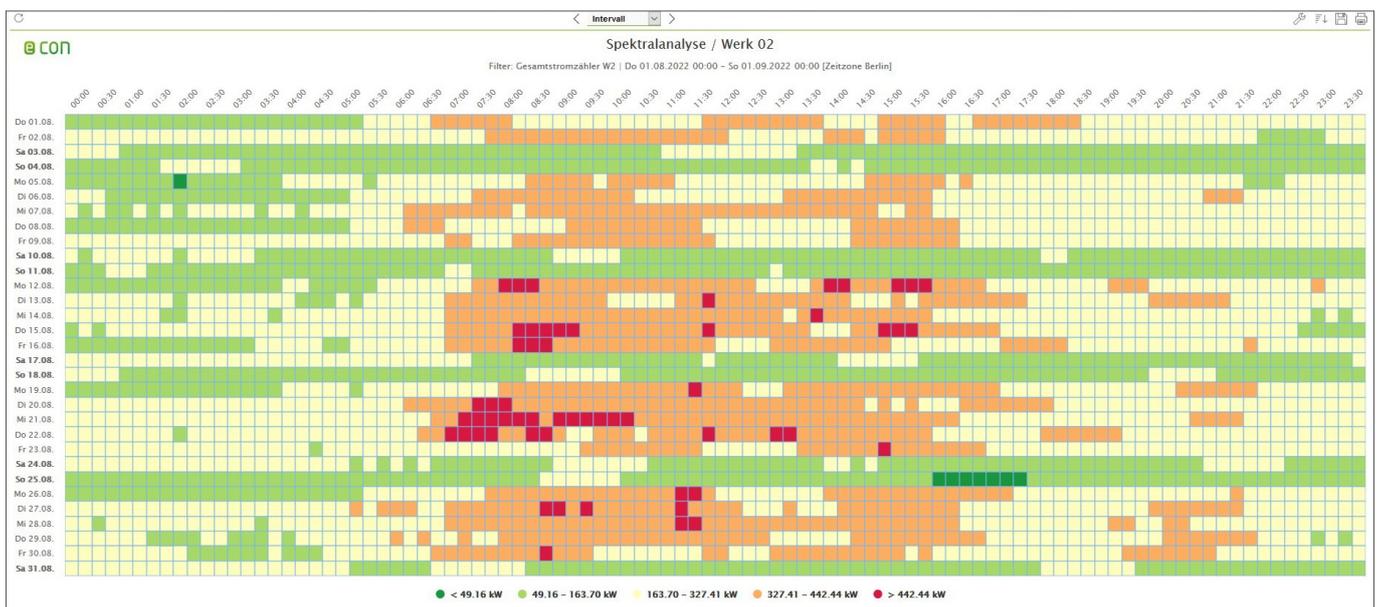


Abbildung 7 – Spektralanalyse (auch Heatmap genannt) zur Hervorhebung von Leistungsspitzen im Zeitvergleich

- Rote Felder markieren Leistungswerte im Bereich von $\geq 90\%$ der maximalen Leistung.
- Eine entsprechende rote Feldfolge macht den Einsatz einer Spitzenlastoptimierung schwieriger, da über einen längeren Zeitraum Lasten abgeschaltet oder reduziert werden müssten.
- Die maßgeschneiderte, technische Planung und Auslegung entsprechender Systeme kann jedoch auch solche Szenarien in den Griff bekommen.

Werkzeuge

Software – Erkenntnisse in drei Klicks

Grundlast-Bewertung mit der Dauerkennlinie und Tagesverbrauchsberichten

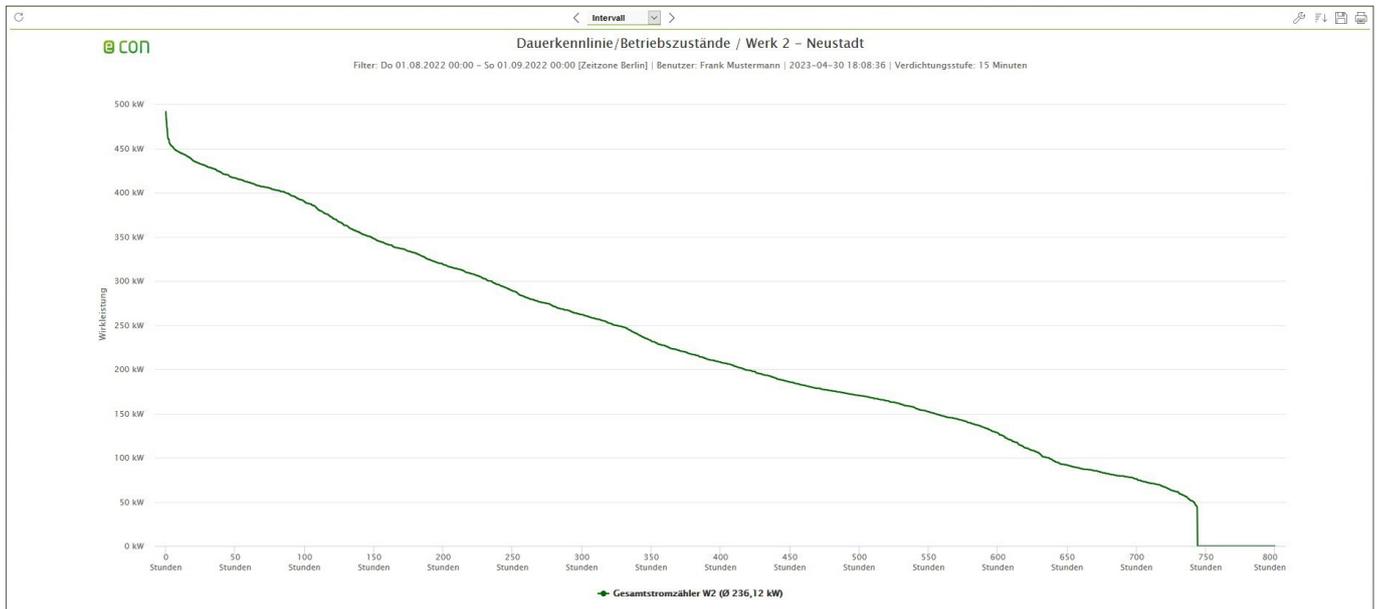


Abbildung 8 – Dauerkennlinie zur Fokussierung auf die Grundlast (Bereich rechts, ca. 20 %)

- Der rechte Bereich, etwa ab Stunde 600, zeigt den Grundlastbereich sowie das dort herrschende Leistungsniveau.
- Reduzierungen hier sind durch Komplettabschaltungen bei Leerlaufbetrieb sowie Reduzierung von Dauerläufern auf minimale Leistungsniveaus zu erreichen.

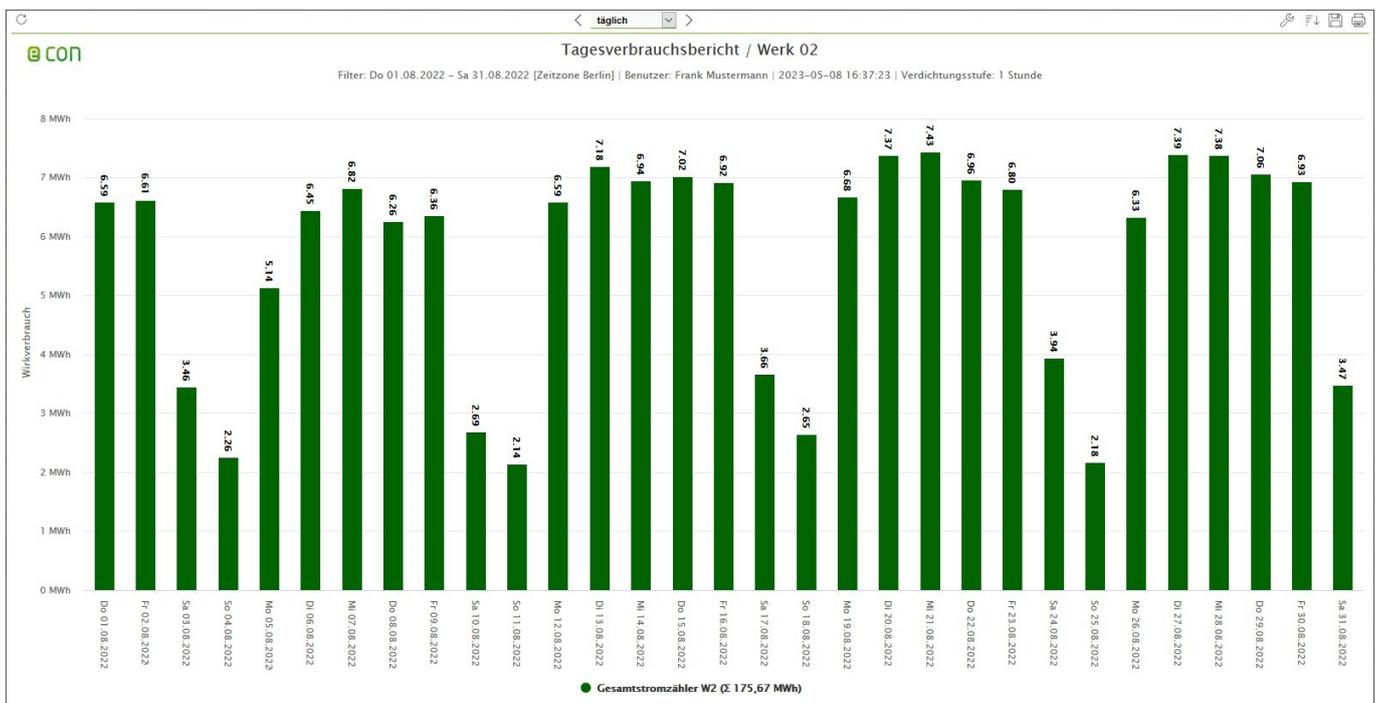


Abbildung 9 – Tagesverbrauch zum Vergleich einzelner Tage und entsprechender Muster

- Typische Wochentag- und Wochenend-Profile lassen sich im vorliegenden Fall erkennen.
- Ein Wochenmuster bildet sich regelmäßig aus.
- Maßnahmen liegen hier in der Analyse unterschiedlicher Verbrauchswerte an Samstagen und Sonntagen.

Werkzeuge

Software – Erkenntnisse in drei Klicks

Korrelationsanalyse mittels Verlaufskurve und X-Y-Diagramm

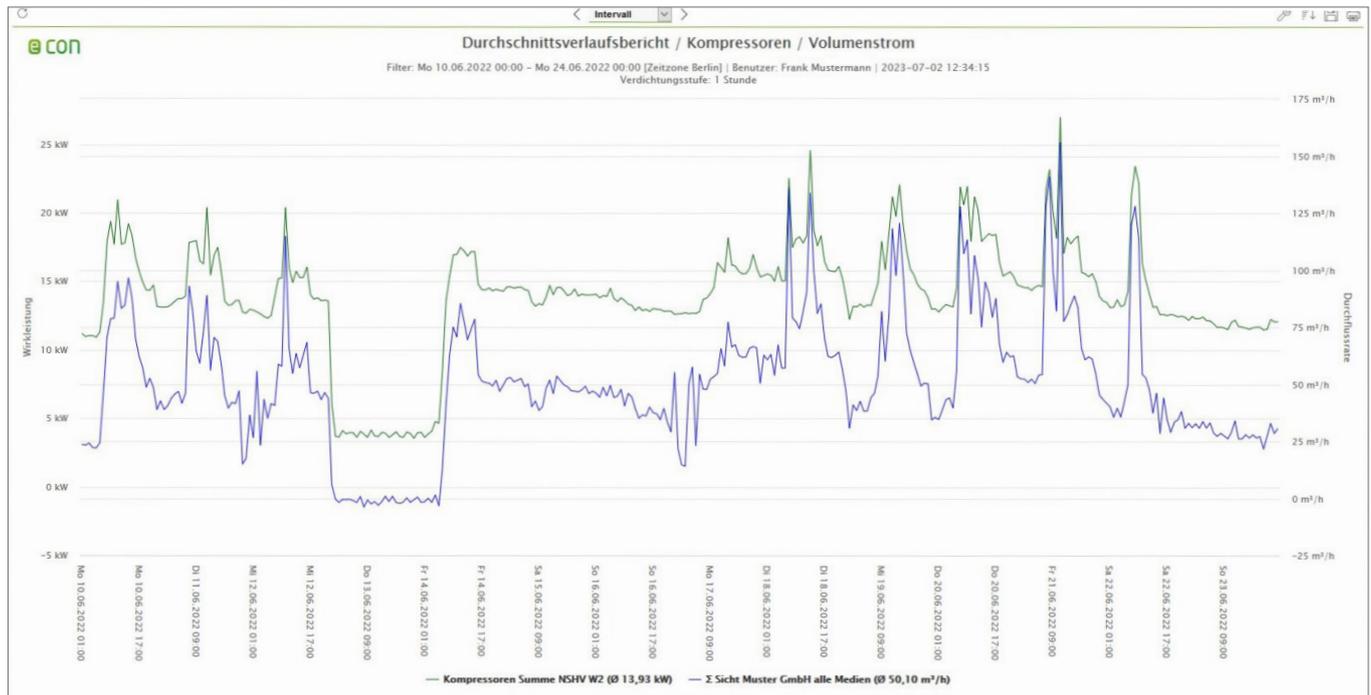


Abbildung 10 – Lastgangvergleich zweier unterschiedlicher Messgeräte (hier: elektrische Leistung vs. Durchflussrate)

- Der zeitliche Vergleich von voneinander abhängigen Messgrößen liefert erste Erkenntnisse zu den Abhängigkeiten.
- Auffälligkeiten stechen sofort ins Auge (siehe Bereich Mitte), die für Detailanalysen oder unmittelbare Maßnahmen dann ausgemacht werden können oder sollten.

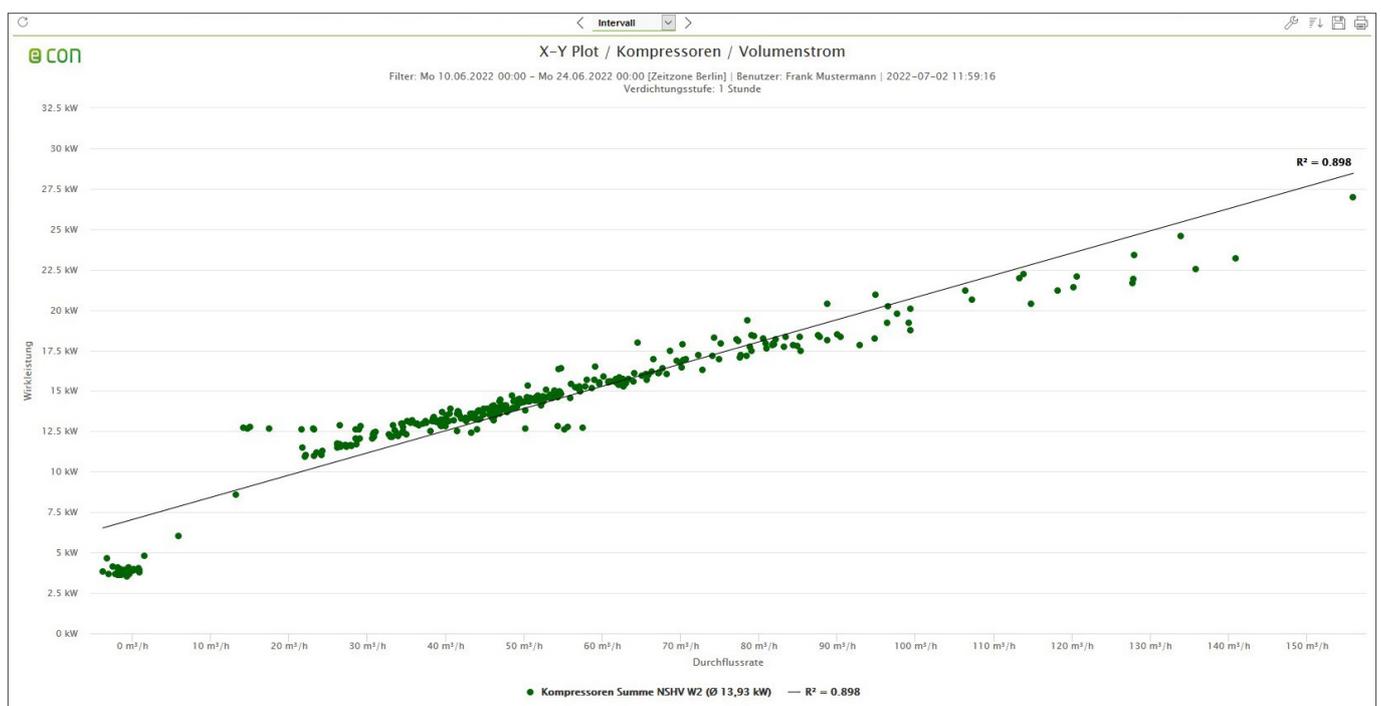
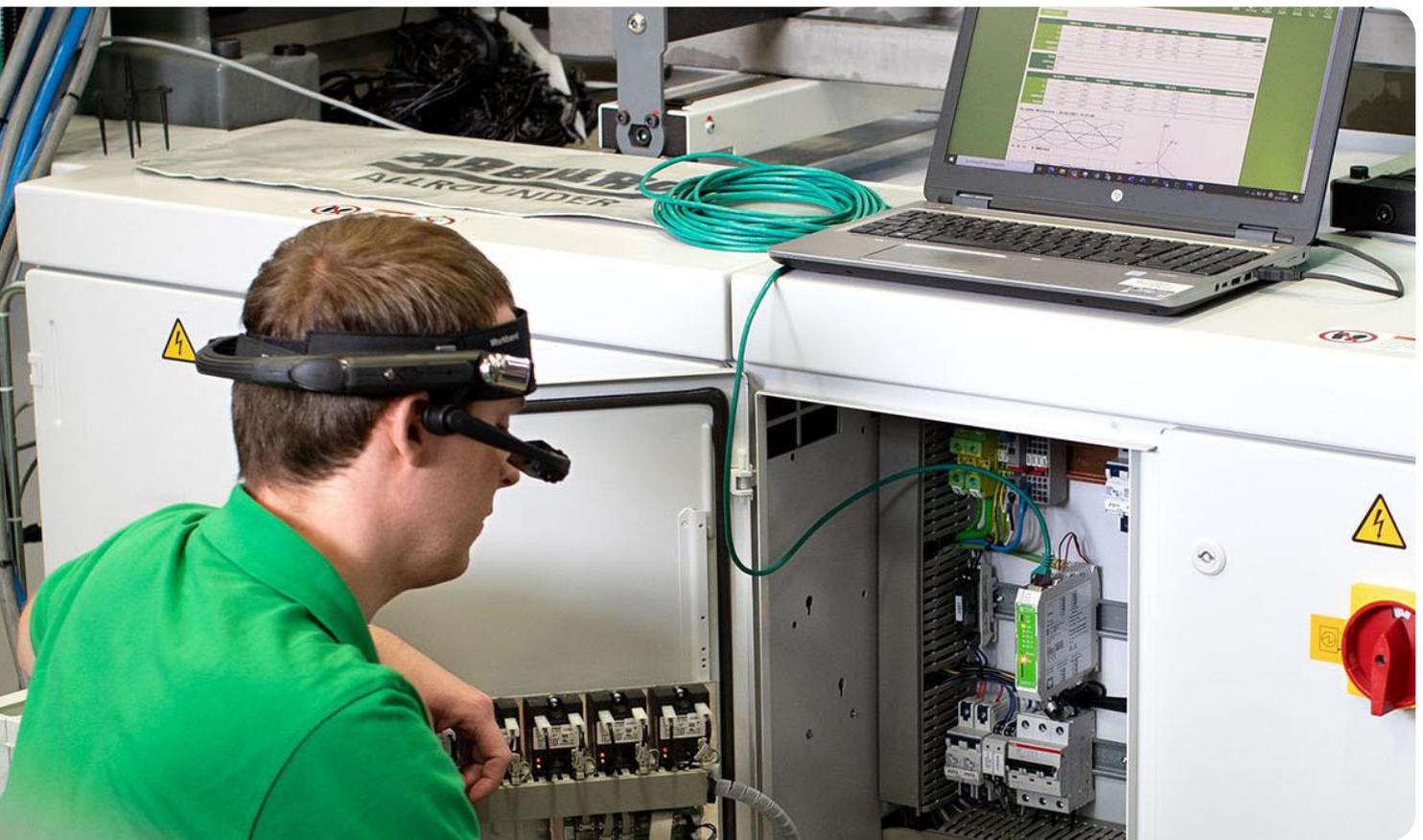


Abbildung 11 – Korrelationsanalyse mit Bestimmtheitsmaß zwischen zwei Datenpunkten (hier: elektrische Leistung vs. Durchflussrate)

- Das Bestimmtheitsmaß R^2 liefert den mathematischen Zusammenhang zwischen zwei Messgrößen.
- So können abhängige und unabhängige Größen identifiziert werden, um die Maßnahmen an der jeweils richtigen Stelle ansetzen zu können.



Werkzeuge

Software – Erkenntnisse in drei Klicks

- Weitere zentrale Funktionen für eine ISO 50001 konforme Energiemanagement-Software wurden vom BAFA (Bundesamt für Ausfuhrkontrolle) festgelegt. Entsprechende Produkte, die diese Standards erfüllen, sind für entsprechende Förderprogramme förderberechtigt und freigeschaltet (z. B. econ4).

Anforderungen des BAFA sind u. a.

- Umfangreiches Reporting mit dem Fokus der kontinuierlichen Verbesserung
- Erfassung von Maßnahmen und Notizen und deren Anzeige im Berichtswesen
- Schwellwertüberwachung und automatisierte Benachrichtigung
- Auswertung von Abweichungen (Vorher-Nachher-Betrachtungen)
- Automatischer Versand von Berichten und Auswertungen

Werkzeuge

Managementberichte

- Managementberichte dienen der regelmäßigen, bedarfsgerechten und zielgruppen- bzw. empfangenorientierten Aufbereitung der Energiedaten. Das relevante Zeitintervall (Tag, Woche oder Monat) ist vom Zyklus der relevanten Änderungen sowie den Entscheidungsebenen individuell festzulegen.
- Monatsberichte sollten in der Regel aggregierte Daten und lediglich einen Überblick über Kennzahlen oder Verbrauchswerte enthalten. Entscheidungen auf dieser Basis haben mittel- bis langfristigen Charakter.
- Wochenberichte sind im Produktionsbereich interessant, insbesondere im Vergleich zur Vorwoche. Performance-Kennzahlen in Bezug auf Einzelmaschinen oder Bereiche geben Aufschluss über die Energieproduktivität und ermöglichen kurz bis mittelfristige Maßnahmen.
- Tagesberichte sind für Detailanalysen geeignet. Die Erstellung sollte nicht regelmäßig sondern bedarfsbezogen erfolgen, z. B. zur Entscheidungsunterstützung bei Investitionen oder als Nachweis für den Erfolg von Energieeffizienz-Maßnahmen.

