

Energieeffiziente Produktionsmaschinen Planungshilfen für die MEM-Industrie

Energiemonitoring

Energiemonitoring

1. Einleitung

Betriebe investieren in Massnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz, wenn sie auf dem Hintergrund langfristig steigender Energiepreise davon einen wirtschaftlichen Nutzen erwarten. Eine grundlegende Schwierigkeit bei der Planung und Umsetzung von Massnahmen besteht darin, dass es in vielen Betrieben nicht möglich ist, mit einer Einzelmassnahme den Grossteil des Verbesserungspotenzials zu realisieren. Vielmehr führen viele kleinere Massnahmen in der Summe zum Ziel. Insbesondere Standardmassnahmen sind jedoch oft nicht wirtschaftlich. Eine detaillierte Kenntnis der verschiedenen Verbraucher und ihres Verhaltens ist daher notwendig, um sinnvolle und wirtschaftliche Massnahmen zu erkennen und umzusetzen. Dabei hilft ein **kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP)**.

Das Monitoring ist die Beobachtungsfunktion für den KVP. Die Person oder Instanz, welche Einblick in das Monitoring hat, muss aufgrund der gelieferten Daten handeln können, um den gewünschten Systemzustand herzustellen oder um ihn zu erhalten. Eine verbreitete Darstellung des KVP ist der Deming-Kreis (Bild 1). Die meisten Unternehmen leben einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess in dieser oder einer ähnlichen Form. Die nachfolgenden Überlegungen lassen sich auf jeden analogen KVP übertragen. Wesentlich ist, dass das Monitoring als Teil dieses Prozesses verstanden wird.

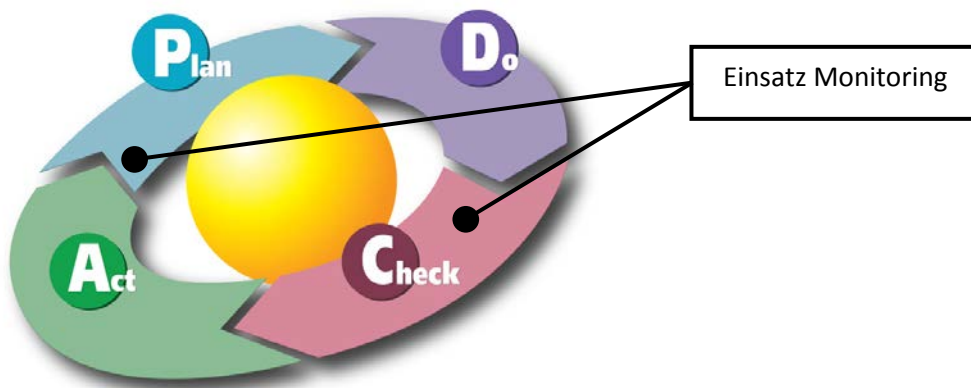


Bild 1: Einsatz des Monitoring im Deming-Kreis

Bild 1 zeigt, welche Planungsschritte durch ein Monitoring unterstützt werden. Zum einen geht es darum, die Situation zu erfassen und zu beurteilen. Je nach Kontext und Relevanz der einzelnen Verbräuche können dann Massnahmen abgeleitet werden («plan»). Nach der Umsetzung («do») müssen die Wirksamkeit der Massnahmen überprüft («check») und allenfalls Korrekturmassnahmen ergriffen werden («act»). Das Monitoring kommt vor allem in den Phasen «plan» und «check» zum Einsatz und hilft sicherzustellen, dass die richtigen Massnahmen umgesetzt und die gesetzten Ziele auch wirklich erreicht werden.

2. Begriffe und Normen

Effizienz ist nach ISO 9'000:2005 (3.2.15) das «Verhältnis zwischen dem erreichten Ergebnis und den eingesetzten Ressourcen». Eine Effizienzberechnung bedingt deshalb, dass sowohl das Ergebnis als auch die eingesetzten Ressourcen quantifiziert – also gemessen, berechnet oder geschätzt werden.

Einen geeigneten **Bezugsrahmen** liefert die Norm ISO 50'001:2011 «Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung». Aufbauend auf der Philosophie der ISO 9'000- und ISO 14'000-Familie und unter direktem Bezug auf den erwähnten Deming-Kreis gibt sie eine Handlungsanleitung für die Ausgestaltung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP), um Energieeffizienzziele in einem Unternehmen zu verfolgen:

- **Plan** (Planung): Durchführung einer energetischen Bewertung und Festlegung der energetischen Ausgangsbasis, der Energieleistungskennzahlen (EnPIs), der strategischen und operativen Energieziele und der Aktionspläne, die erforderlich sind um die energiebezogene Leistung in Übereinstimmung mit den Regeln der Organisation zu verbessern;
- **Do** (Einführung/Umsetzung): Einführung der Aktionspläne des Energiemanagements;
- **Check** (Überprüfung): Überwachung und Messung der Prozesse und wesentlichen Merkmale der Tätigkeiten, die die energiebezogene Leistung bestimmen, mit Blick auf Energiepolitik und strategische Ziele sowie Dokumentation der Ergebnisse;
- **Act** (Verbesserung): Ergreifung von Maßnahmen zur kontinuierlichen Verbesserung der energiebezogenen Leistung und des Energiemanagementsystems (EnMS).

Die dabei verwendeten Schlüsselbegriffe sind:

- **EnMS**: Energiemanagementsystem
Gesamtheit miteinander zusammenhängender oder interagierender Elemente zur Einführung einer Energiepolitik und strategischer Energieziele, sowie Prozesse und Verfahren zur Erreichung dieser strategischen Ziele
- **EnPI**: Energieleistungskennzahl (engl.: energy performance indicator)
Quantitativer Wert oder Messgröße für die energiebezogene Leistung, wie von der Organisation definiert

Bild 2 zeigt das Energiemanagementsystem als Diagramm.

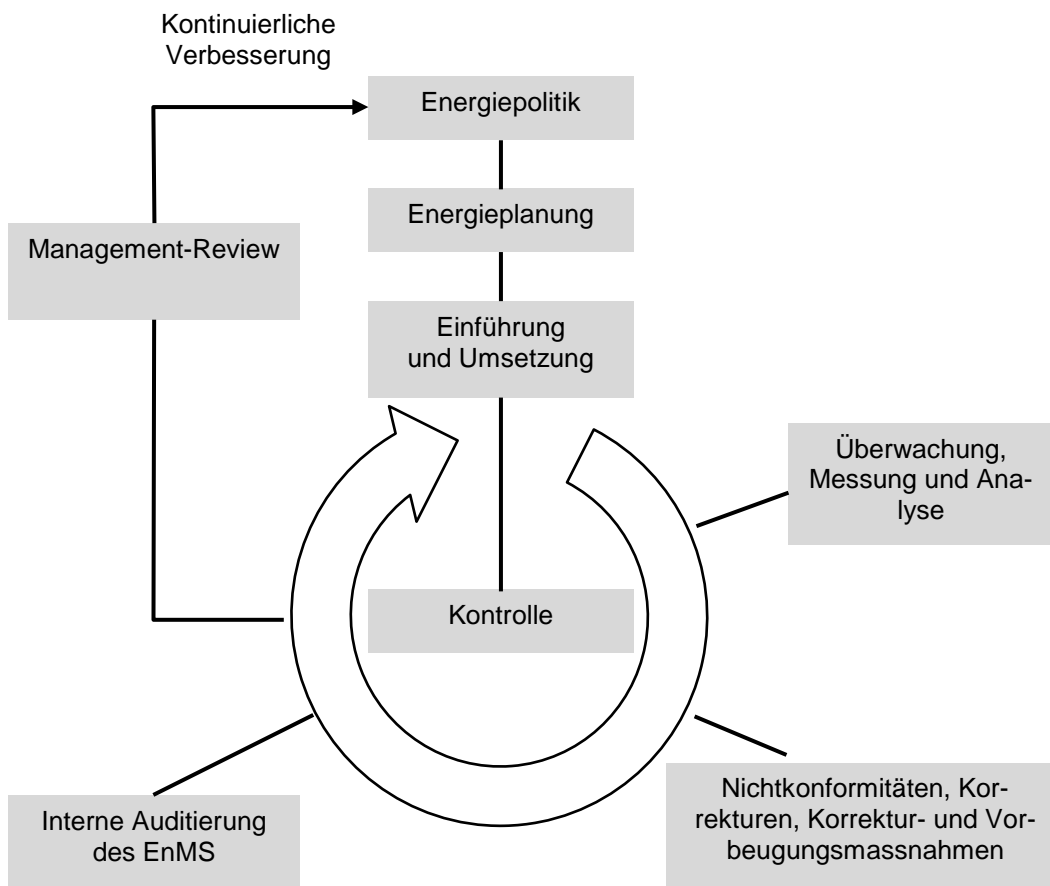


Bild 2: Energiemanagementsystem nach ISO 50'001:2011

Die Norm ISO 50'001:2011 legt keine Energieleistungskennzahlen fest. Sie sagt dazu unter anderem: «EnPIs können einfache Parameter, einfache Verhältniszahlen oder komplexe Modelle sein. EnPIs können beispielsweise den Energieverbrauch je Zeit, Energieverbrauch je Produktionseinheit und multivariable Modelle

umfassen. Die Organisation kann die EnPIs so wählen, dass sie bezüglich der energiebezogenen Leistung ihres betrieblichen Ablaufs aussagefähig sind (...)». Es ist zu erwarten, dass in den kommenden Jahren die Vorstellungen über Energieleistungskennzahlen konkretisiert und zumindest einzelne EnPIs normiert werden. Bis dahin ist es jedem selbst überlassen, geeignete EnPIs festzulegen.

3. Aufbau eines Monitoring

In jedem Unternehmen bestehen Instrumente, welche einem Energiemonitoring dienen können. Im einfachsten Fall ist dies beispielsweise der Stromzähler, welcher als Basis zur Verrechnung der Stromkosten dient. Betriebe mit hohen Energiekosten (10% der Betriebskosten oder mehr) werden allein durch die Kosten sensibilisiert, gehen den Ursachen mittels detaillierter Datenerhebung nach und ergreifen entsprechende Massnahmen. Bei den meisten Betrieben liegen die Energiekosten hingegen im kleinen einstelligen Prozentbereich. Dort sind bestehende Monitoringsysteme eher auf Zwecke wie Verfügbarkeit oder Sicherheit ausgerichtet.

Unternehmen, die ihr Energiemanagement auf der Basis eines bestehenden Systems auf- oder ausbauen wollen, stossen auf zwei Schwierigkeiten:

1) Die **Struktur der Daten** entspricht nicht den Anforderungen der Regelkreise

Üblicherweise werden die Daten nach einer **territorialen Sicht** erhoben, beispielsweise für einen Standort, ein Gebäude, einen Gebäudeteil oder eine Versorgungsanlage. In aller Regel entspricht die dadurch erfasste Einheit nicht jener im angestrebten Regelkreis. Deshalb muss diese territoriale Sicht überwunden werden. Notwendig ist vielmehr eine produkt- oder bereichsbezogene Sicht:

- Eine **produktbezogene Sicht** ist sinnvoll in Unternehmen, deren Produkte einen gleichbleibenden Herstellungsprozess durchlaufen. In diesem Fall kann der Regelkreis und das Monitoring entlang der Wertschöpfungskette aufgebaut werden. Oft sind nur einzelne Schritte im Herstellprozess energieintensiv, so dass das Monitoring auf diese Schritte beschränkt werden kann.
- Eine **bereichsbezogene Sicht** ist sinnvoll in Unternehmen, die Produkte mittels sehr unterschiedlicher Prozesse und -abfolgen herstellen. Hier ist es sinnvoll, in den energieintensiven Bereichen Monitoring zu betreiben. Bereiche in einem mechanischen Fertigungsbetrieb können beispielsweise die Teilefertigung, die Härterei, die Montage, das Versuchsfeld oder die Administration sein. In aller Regel wird die Energieintensität dieser Bereiche sehr unterschiedlich ausfallen: Bei einigen machen die Energiekosten einen hohen Anteil aus, bei anderen sind sie gering. Werden die Unternehmensziele auf die einzelnen Bereiche heruntergebrochen, zeigt sich deshalb ein unterschiedlicher Handlungsbedarf in Energiefragen.

2) Es bestehen technische Barrieren zur **Integration der Daten in eine Unternehmensdatenbank**

Ein Energiemonitoring ist kein isoliertes System, sondern muss Teil der Unternehmensdaten sein. Betriebsdaten werden in allen Unternehmen erhoben. In diese Betriebsdaten müssen die Energiedaten integriert werden. Dabei gilt es insbesondere **die Qualität und die Frequenz der Daten** zu beachten. In der Praxis werden Energiedaten in Intervallen zwischen einer Minute und einer Stunde erhoben. Ein typischer Wert liegt bei 15 Minuten. Aus Gründen der Datensicherheit ist es besser, Energiewerte - d. h. den aktuellen Zählerstand - zu übertragen als Leistungswerte. Bei einem Datenausfall entsteht dann nur eine Unsicherheit bezüglich des Verlaufs, und nicht in Bezug auf die Summe (d. h. die Energie). Eventuell werden pro Messintervall weitere Kenngrößen, beispielsweise Spitzenwerte oder Aussagen zur Netzqualität (Blindleistung bei Elektrizität, Druckniveau bei Druckluft) aufgezeichnet. Diese Daten müssen über geeignete Schnittstellen in die Betriebsdaten eingespeist werden.

Weiter stellt sich die Frage, ob eine **punktueller Messung oder eine dauerhaften Installation** eingerichtet werden soll. Um erste Handlungsschwerpunkte zu definieren, können punktueller Messungen des elektrischen Stromverbrauchs relativ einfach und genau mit mobilen Geräten vorgenommen werden. Bei Messun-

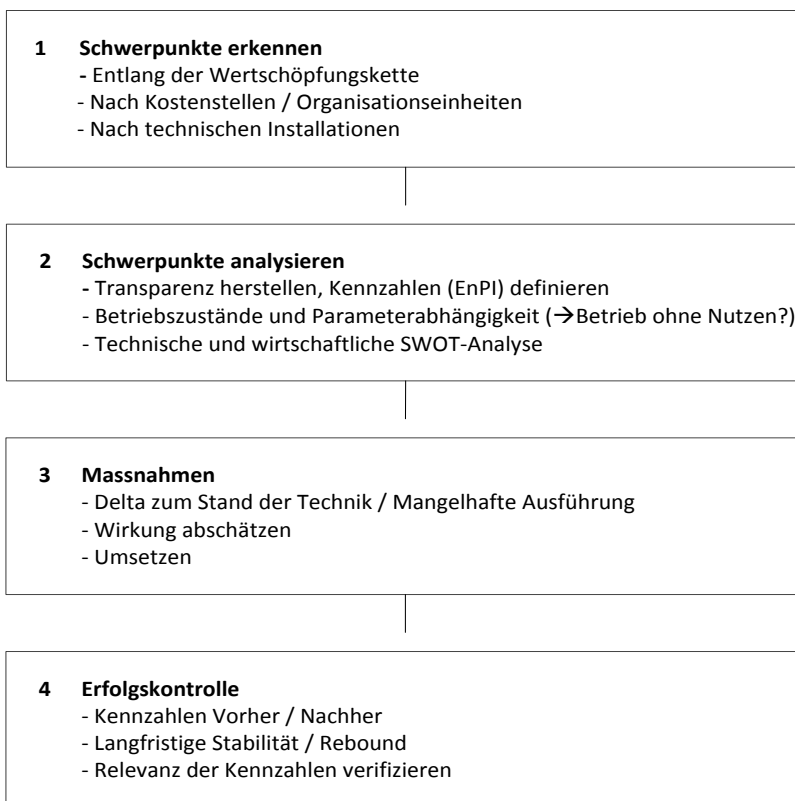
gen über längere Zeit, zur Evaluation der Abhängigkeit von Betriebszuständen, Auslastung, Art der Beanspruchung etc., kommen mobile Lösungen an ihre Grenzen, Hier sollten feste Installationen eingesetzt werden. Für die elektrische Leistungsmessung gibt es zuverlässige Lösungen in der Preisklasse unter 1'000 CHF. Durchflussmessungen für Gase und Flüssigkeiten sind aufwändiger, besonders bei festen Installationen und hohen Durchflüssen, da die Leitungen für die Messung aufgetrennt werden müssen. In diesen Fällen kann es sinnvoller sein, zunächst mit Schätzungen zu arbeiten, und nach Identifikation der Schwerpunkte die entsprechenden Messpunkte fest einzubauen. Die Messgeräte sind teurer als jene für elektrische Leistung, und die Installationskosten liegen höher. Bei einer Neuanlage besteht die Möglichkeit, Messpunkte vorzusehen, aber noch nicht zu verbauen, so dass sie später bei Bedarf einfacher nachgerüstet werden können.

4. Generelles Vorgehen

Grundsätzlich ist es am sinnvollsten, wenn ein Monitoring im Rahmen eines formalisierten kontinuierlichen Verbesserungsprozesses geplant und umgesetzt wird. Besteht diese Gelegenheit oder die Bereitschaft hierfür nicht, kann das nachstehende Vorgehen gewählt werden. Ein Energiemonitoring, das nach diesem Vorgehen aufgebaut ist, kann später gut in einen Verbesserungsprozess integriert werden.

Die einzelnen Planungs- und Umsetzungsschritte werden im Folgenden näher beschrieben.

Monitoring – Generelles Vorgehen



4.1 Schwerpunkte erkennen

Nur für bedeutende Energieverbraucher lohnt sich ein Monitoring zur Begleitung von Optimierungsmassnahmen. Die relevanten Verbraucher können entlang der Wertschöpfungskette oder bereichsbezogen ermittelt werden. Insbesondere bei Neuinvestitionen kann auch die einzelne Anlage die Einheit darstellen, deren Energiekennwerte ermittelt werden.

4.2 Schwerpunkte analysieren

Die identifizierten Schwerpunkte sind zu analysieren. Idealerweise kann eine Kennzahl festgelegt werden, welche den Energieverbrauch oder die Energieeffizienz direkt charakterisiert. Besonderes Augenmerk gilt dem Anteil der verschiedenen Betriebszustände und der Abhängigkeit von weiteren Betriebsparametern, beispielsweise von den produzierten Waren, dem gewählten Programm, oder auch Umgebungseinflüssen wie der Temperatur. Haben Betriebszustände ohne Wertschöpfung einen relevanten Anteil an der Gesamtzeit, so besteht ein Potenzial zur Reduktion des Betriebs ohne Nutzen (kurz BON) (**Anmerkung:** weitere Informationen zur «Vermeidung von BON» sind in einer weiteren Planungshilfe beschrieben).

In diesem Fall kann Monitoring für die Verantwortlichen vor Ort zu einem zentralen Instrument werden. Hängt der Energieverbrauch nur geringfügig von den verarbeiteten Fertigungsgütern und -losen ab, so kann mit einer Verbrauchsmessung eine verlässliche Kennzahl ermittelt werden. Besteht hingegen eine deutliche Abhängigkeit von den hergestellten Waren, so müssen die Waren ebenfalls charakterisiert und die dazugehörigen Kennzahlen zu Rohmaterial, Losgrösse etc. gleichzeitig erhoben werden, um Aussagekraft zu erlangen.

Schliesslich können die Eigenschaften und das Entwicklungspotenzial der betrachteten Einheit technisch und wirtschaftlich charakterisiert werden, beispielsweise mit einer SWOT-Analyse. Die SWOT-Analyse stammt aus der Strategielehre, kann aber gut auf Entscheide über technische Einheiten angewandt werden. Dabei werden die zwei internen Faktoren «Stärken» (Strengths) und «Schwächen» (Weaknesses), sowie die externen Einflüsse, welche sowohl «Chancen» (Opportunities) wie «Bedrohungen» (Threats) darstellen können, getrennt aufgelistet, um zu einer umfassenden Beurteilung zu kommen. Die so gewonnenen Informationen helfen, das Potenzial besser zu nutzen und allfällige Risiken einer Modifikation rechtzeitig zu erkennen.

4.3 Massnahmen

Ein nicht optimaler Energieverbrauch kann unterschiedliche Ursachen haben: Beispielsweise eine mangelhafte Betriebsweise oder Nutzung, eine Fehlanpassung oder mangelhafte Ausführung oder ein Rückstand gegenüber dem Stand der Technik. Dementsprechend können Verbesserungsmaßnahmen in einem weiten Bereich angesiedelt sein, von rein betrieblichen, d. h. der Optimierung der Betriebsweise oder Nutzung, über Modifikationen der hergestellten Waren bis hin zu Investitionen in die Produktionsmittel. Je nach Bereich und Art der Optimierung wird das Monitoring einer anderen Instanz dienen. Betriebliche Optimierungen müssen auf der operativen Ebene, unter Umständen direkt an der Anlage, nachvollzogen werden können. Im Fall einer Investition in eine energieeffizientere Anlage ist es hingegen die Unternehmensleitung, welche die Effektivität messen und sehen will, ob die Erwartungen erfüllt werden.

4.4 Erfolgskontrolle

Sind Massnahmen umgesetzt, so muss nach einer gewissen Zeit eine Erfolgskontrolle vorgenommen werden. Dabei wird die erzielte Verbesserung anhand der Kennzahlen Vorher/Nachher beurteilt. Um einen nachhaltigen Erfolg zu sichern, muss das Ergebnis langfristig kontrolliert werden. Es kann nämlich sein, dass nach einiger Zeit die Kennzahlen wieder schlechter werden. Dies kann an Verschleiss und mangelhafter Wartung liegen, oder auch an einer veränderten Nutzung, welche erneut zu einem Betrieb unter ungünstigen Bedingungen führt. Eine Volumensteigerung kann zudem bewirken, dass der Energieverbrauch zunimmt, obschon die Effizienz verbessert wurde. Dieser Effekt wird als Rebound bezeichnet. Schliesslich sollte längerfristig auch die Aussagekraft der Kennzahlen periodisch beurteilt werden, um die Kennzahlen falls nötig anzupassen.

5. Ansätze zur Implementierung

5.1 Instanzen im Fertigungsbetrieb

In einem **typischen industriellen Fertigungsbetrieb** können folgende Instanzen unterschieden werden:

- **AVOR / Prozessauslegung:** In der Arbeitsvorbereitung werden die Operationspläne und die NC-Programme zur automatisierten Fertigung der Werkstücke bereitgestellt. Der Prozess ist dadurch weitgehend definiert.

- **PPS / Produktionsplanung:** Die Produktionsplanung entscheidet über die Losgrößen, die Zuordnung der Werkstücke zur den Maschinen und andere Fragen des betrieblichen Ablaufs.
- **Produktionsleitung:** Sie bestimmt den Betrieb, die Nachrüstung oder den Ersatz von Maschinen, entscheidet über Investitionen oder bereitet sie vor. Ebenso ist sie verantwortlich für die Halle und deren Infrastruktur und hat demzufolge Einblick in die entsprechenden Daten.
- **Maschinenbediener und –Einrichter:** Die Personen an der Maschine haben einen direkten Einblick in das, was physisch auf der Maschine geschieht.
- **Maschinenunterhalt:** Das Unterhaltspersonal wartet Maschinen, repariert sie nach ungeplanten Stillständen und ist unter Umständen in der Lage, Nachrüstungen vorzunehmen. Es hat direkten Einblick in den Zustand einer Maschine.

Offensichtlich sieht ein möglicher Regelkreis für jede dieser Instanzen völlig unterschiedlich aus. Ein universeller Kennzahlensatz lässt sich kaum festlegen. In den vorgelagerten Funktionen AVOR/Prozessauslegung dominieren technische, und in der PPS/Prozessplanung logistische Kriterien. Hier werden die Weichen für die spätere Fertigung gestellt, jedoch mit wenig Kenntnis der Konsequenzen für die Energieeffizienz. Besser ersichtlich ist diese in der nachfolgenden Produktion, auf der Leitungsebene oder direkt an der Maschine. Die Schwierigkeit für diese Akteure besteht darin, dass sie die vorgelagerten Entscheide von AVOR und PPS kaum verändern können, sondern die Prozesse innerhalb der Vorgaben durchführen müssen. Um die Informationen für den nächsten Verbesserungszyklus einzubringen, muss demnach ein bereichsübergreifender Regelkreis eingeführt werden. Dieser kann produktbezogen oder auf der den Bereichen übergeordneten Organisationsstufe angesiedelt sein. Im Vergleich zu den oben erwähnten Instanzen ist der Maschinenunterhalt weniger abhängig: Er kann die Interventionen selbst festlegen und muss dabei nur die Vorgaben der Produktionsplanung berücksichtigen, um Konflikte mit Produktionszielen zu vermeiden.

Tabelle 1 listet die Aufgaben und die Einflussmöglichkeiten der verschiedenen Akteure am Beispiel einer mechanischen Fertigung auf.

Tabelle 1: Grundaufgaben und Einflussmöglichkeiten der Akteure in einer mechanischen Fertigung

	Grundaufgabe	Energierrelevante Einflussmöglichkeit	Beispiele für energierelevante Kennzahlen
AVOR / Prozessauslegung	Fertigungsablauf auf Maschinen festlegen	Wahl des Maschinentyps für das Werkstück; Auslegung des Prozesses	- Spezifische Fertigungsenergie - Verhältnis Haupt- zu Nebenzeiten
PPS / Produktionsplanung	Werkstücke optimal auf Maschinen verteilen	Festlegung von Losgrößen; Prioritäten in der Abfolge	- Geplante Nebenzeiten - Verhältnis Haupt- zu Nebenzeit - Aufwärmzeiten
Produktionsleitung	Aufsicht und Weiterentwicklung der Produktion	Ersatz und Nachrüstung von Maschinen, Kapazitätserweiterungen, Abstimmung von Maschinen auf die Halle und deren Infrastruktur (und umgekehrt); Erstellung von Regeln für die anderen Beteiligten	- Energiekostenanteil - Auslastung - Verhältnis Kühlleistung zu Gesamtleistung - Leistungsaufnahme bei Produktionsunterbrüchen
Maschinenbediener /-Einrichter	Operative Umsetzung des Fertigungsablaufs	Steuerung des Maschinenzustandes in nichtproduktiven Zeiten; Anregung von Veränderungen der Prozessauslegung	- Energieverbrauch in Nebenzeit
Maschinenunterhalt	Sicherstellung der Verfügbarkeit der Maschinen	Erkennung und Behebung von Fehlzuständen; Anregung von Nachrüstungen oder Ersatz	- Energieverbrauch für standardisierte Aufgaben - Leistungsaufnahme bei Produktionsunterbrüchen

5.2 Feststellen von Betrieb ohne Nutzen (BON)

In nichtproduktiven Zuständen wie «Betriebsbereit» oder «Aus» erzielt eine Produktionsmaschine kein Resultat, und folglich ist die Effizienz in jedem Fall gleich Null. Technische Gründe, beispielsweise Anlaufprozeduren bei komplexen Anlagen oder die thermische Stabilisierung führen in der Praxis zu unproduktiven, jedoch notwendigen Betriebszuständen. Der Ressourcenverbrauch sollte in diesen Betriebszuständen so gering wie möglich gehalten werden. Dies kann durch organisatorische oder technische Massnahmen ge-

schehen. Ein Monitoring sollte in jedem Fall den Erfolg ausweisen und absichern. Bei organisatorischen Massnahmen dient das Monitoring zugleich zur Steuerung des Nutzerverhaltens: Die Anzeige der aktuellen Leistungsaufnahme oder der Energie für überschaubare Zeiträume kann die beteiligten Akteure für den Energieverbrauch sensibilisieren und entsprechendes Handeln auslösen.

Die Leistungsaufnahme in den Betriebszuständen «Betriebsbereit» oder «Aus» sollte einen Sockelwert nicht überschreiten respektive im Idealfall gleich Null sein. Da die Betriebszustände von Betriebsdatenerfassungssystemen erhoben werden, lässt sich relativ einfach überprüfen, ob die Leistungsaufnahme tatsächlich dem Sollwert entspricht. Die Vermeidung von Betrieb ohne Nutzen kann in der Praxis allerdings schwieriger sein, als es hier scheint. Viele Anlagen nehmen auch im ausgeschalteten Zustand Leistung auf, z. B. durch hinzugefügte, nicht bedarfsgerecht gesteuerte Aggregate, oder etwa für Sperrluft zum Schutz gegen Verschmutzung und Feuchtigkeit. Oft sind sich die Anwender dieser heimlichen Verbraucher nicht bewusst. Ein Energiemonitoring kann solche Verbraucher aufdecken und so die Effizienz verbessern.

Tabelle 2: Leistungsaufnahme resp. Komponenteneigenschaften in einer BON-optimierten Produktionsmaschine

	Beispiel	Zustand: Produktion	Zustand: Betriebsbereit	Zustand: Aus
Prozess	Bearbeitungs- spindel	Maximale Effizienz	Ausgeschaltet	Ausgeschaltet
Prozessabhängige Funktion	Kühlschmier- mittelpumpe	Bedarfsgerechte Regelung	Ausgeschaltet	Ausgeschaltet
Versorgungsfunktion	24V- Versorgung; Hydraulikdruck	Minimale Lei- stungsaufnahme	Minimale Leistungs- aufnahme	Ausgeschaltet
Monitoring Zielgrösse	Elektrische Energie	Keine Zielgrösse	Festgelegter Sockelwert	Null

Ein Monitoring schärft in der ersten Phase also das Bewusstsein für den Energieverbrauch und hilft, die richtigen betrieblichen Massnahmen für eine erste Verbesserung zu treffen. Bei Investitionen für Nachrüstung oder Ersatz können diese Erkenntnisse dann in die Spezifikation einfließen, da technisch implementierte Lösungen längerfristig den rein betrieblichen Massnahmen überlegen sind.

5.3 Kombinierte Zielsetzung von Monitoring

Ein Monitoring, das alleine der Verbesserung der Energieeffizienz dient, ist vor allem in energieintensiven Betrieben zu beobachten. Als energieintensiv gelten Betriebe, die einen Energiekostenanteil von über 5-10% der Betriebskosten aufweisen. Bei den meisten Unternehmen mit einem geringeren Energiekostenanteil sollte ein Monitoring verschiedene Ziele verfolgen, um den Aufwand insgesamt zu rechtfertigen. Bereits erwähnt wurde etwa die Anreicherung der Betriebsdaten mit Energiedaten.

Ein anderes Beispiel ist die Verbindung von Systemen zur Prozessoptimierung und –überwachung mit der Erhebung von Energiedaten bei Werkzeugmaschinen, welche heute meist über einen leistungsfähigen Steuerungsrechner mit einem integrierten PC verfügen. Dieser wird zur Prozessüberwachung bereits vielfältig eingesetzt und kann für ein Energiemonitoring genutzt werden. Besonders interessant ist dabei, dass in der Steuerung gewisse energierelevante Daten bereits vorhanden sind, und weitere mit zusätzlichen externen Sensoren erhoben oder unter Auswertung von Zustandsmeldungen und hinterlegten Modellen simuliert werden können.

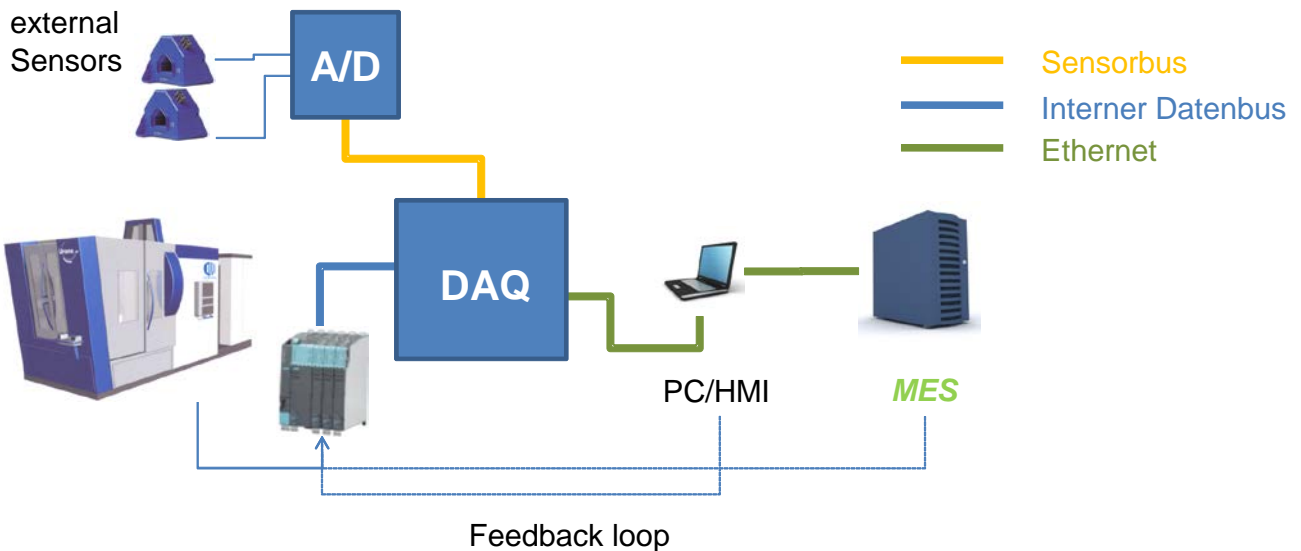


Bild 3: Aufbau eines Monitoringsystems auf der Basis einer Maschinensteuerung (Darstellung: IWF ETHZ)

Bei der Messung des Stromverbrauchs wird auch die **Qualität des Strombezugs**, insbesondere der Anteil des Blindstroms, ersichtlich. Dies illustriert ein **Beispiel aus dem Werk von Johnson Electric** (Murten, Schweiz). Hier wurden Energiezähler zur Überwachung von sechs Druckluftkompressoren installiert, bei denen aufgrund ihrer hohen Anschlussleistung ein entsprechendes Verbesserungspotenzial vermutet wurde. Kurz nach Inbetriebnahme der Energiezähler entdeckte der Energie-Manager einen Defekt in der Phase 3 von Kompressor N°6, siehe Bild 4. Nach Aussagen des Betriebselektrikers hat dieser Kompressor eine geringe Leistung und wird deshalb nur als Reserve genutzt. Ausserdem ist es der älteste der sechs Kompressoren. Das Resultat einer defekten Phase ist eine starke Reduktion des Wirkungsgrades und ein hoher Blindstromanteil, der das Netz belastet. Nachdem eine mechanische Revision keine Abhilfe brachte, konnte schliesslich in der Ansterelektronik eine defekte Karte als Ursache identifiziert und ersetzt werden.

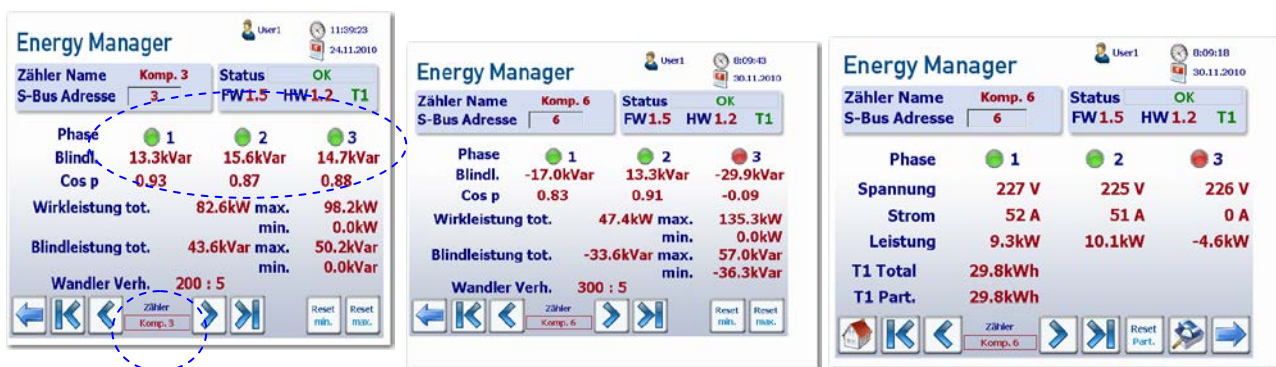


Bild 4: Korrekter Betriebszustand bei Kompressor 3 (Bild links) und Anlagendefekt bei Kompressor 6 (Bilder Mitte, rechts) erkannt dank Energiemonitoring

5.4 Rolle des Monitorings in einem umfassenden Programm

Es gibt verschiedene Erfolgsmessungen von Energieeffizienzverbesserungen, in denen dem Monitoring eine Schlüsselrolle zukommt.

Das erste Beispiel eines erfolgreichen Programms ist die **Produktion der Fahrwerks- und Antriebskomponenten der BMW Group** (vorgestellt von A. SEXTL, Symposium METAV Düsseldorf, 2010). Bild 5 zeigt links die Reduktion der Grundlast.

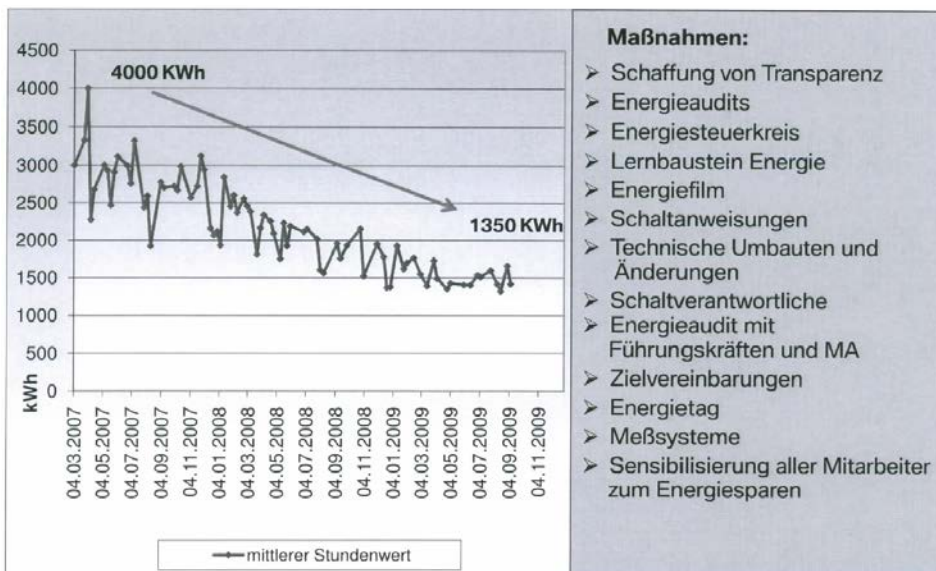


Bild 5: Reduktion der Grundlast in der Produktion Fahrwerks- und Antriebskomponenten BMW Group

Die Zeitachse über zwei Jahre illustriert, dass für die Entwicklung und Durchführung eines solchen Programms mittel- und langfristig gedacht werden muss. Der Verlauf der Grundlastentwicklung macht auch deutlich, dass nicht einzelne grosse Massnahmen umgesetzt wurden, sondern eine Summe von kleinen Schritten. Die Verbrauchsentwicklung ist überlagert von den üblichen konjunkturellen und logistischen Schwankungen, der Trend ist jedoch eindeutig.

Rechts im Bild sind die Massnahmen aufgelistet, welche in ihrer Gesamtheit zum Ziel führten. Der Einbau von Messsystemen war eine Schlüsselmassnahme, um Transparenz zu schaffen und die Wirksamkeit der verschiedenen kontinuierlichen Verbesserungsprozesse, die angestossen wurden, zu prüfen. Betriebliche Massnahmen zur Verhaltensänderung wurden mit technischen Umbauten kombiniert.

Das zweite Beispiel stammt von der **Firma Johnson Electric** (Murten, Schweiz), welche mit **40 Spritzgiessmaschinen Kunststoffteile für die Automobilindustrie** fertigt. Bedingt durch die fortlaufende Expansion gelangte der Haupt-Transformator an seine Belastungsgrenze. Um eine teure Investition zu verhindern, wurde eine Senkung des Stromverbrauchs angestrebt. Mit einem einfachen Energiemonitoring gelang es, die Möglichkeiten zur Effizienzverbesserung zu identifizieren. Der Stromverbrauch der unterschiedlichen Produktionsmaschinen wurde erfasst und verglichen. Dabei wurde erkannt, dass die bestehenden hydraulischen Spritzgiessmaschinen für eine vergleichbare Aufgabe doppelt so viel Strom verbrauchen wie Maschinen mit einem elektromechanischen Antrieb. Deshalb wurde die Entscheidung getroffen, den Maschinenpark durch energieeffizientere Maschinen zu ersetzen. Die durchschnittliche Einsparung betrug 250kWh pro Maschine und Tag, auf den Park von 40 Maschinen hochgerechnet im Jahr rund 2 Mio. kWh, siehe Bild 6.

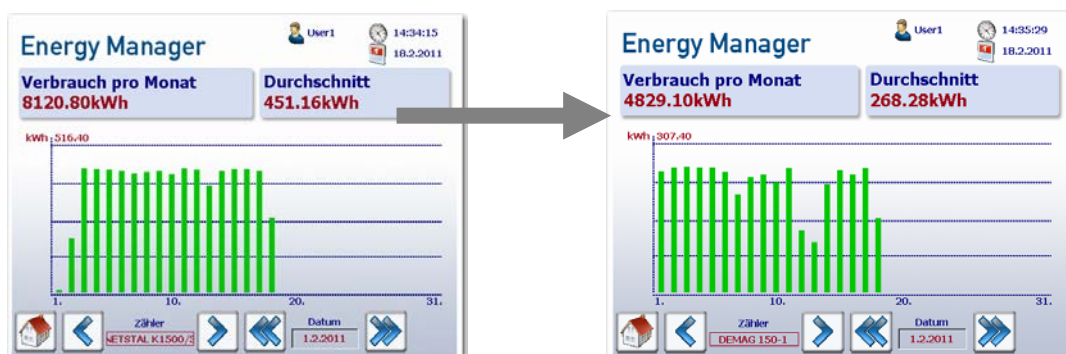


Bild 6: Energieverbrauchsreduktion durch effizientere Maschinen bei Johnson Electric

6. Weitere Informationen

- EnergieSchweiz, www.energie-schweiz.ch (Unternehmen)
- Bundesamt für Energie BFE, www.bfe.admin.ch
(Themen/Energieeffizienz/Prozessoptimierung Industrie und Dienstleistungen)
- Swissmem, www.swissmem.ch (Themen/Energie & Umwelt)
- Energie-Agentur der Wirtschaft EnAW, www.enaw.ch

7. Beteiligte Organisationen und Unternehmen

Projektteam:

Dr. Sonja Studer, Swissmem (Gesamtprojektverantwortung)

Dr. Rainer Züst, Züst Engineering AG (Projektleiter)

Lukas Weiss, inspire AG, ETH Zürich

Dr. Daniel Felix, ergonomie & technologie (e&t) GmbH

ABB Turbo Systems AG (Christian Zott), Bühler AG (Fritz Langenegger, Roland Zwingli), Bystronic (Adolf Lauper), ESCO SA (Pierre-Louis. Piguët), Grundfos Pumpen AG (Peter Egger), Helbling Technik AG (Guido Brunecker), Rollomatic SA (Pierre Pahud), Saia-Burgess (Patrick Marti), Sulzer Pumpen (Sabine Sulzer), TRUMPF Maschinen AG (Thomas Bewer)

Dieses Projekt wurde vom Bundesamt für Energie BFE finanziell unterstützt.