

BEWILLIGUNGSEMPFÄNGER



Abschlussbericht zu:

**„Entwicklung neuartiger Simulationenmethoden zur energie-
optimierten Planung von Fertigungsprozessen in KMU am
Beispiel der Elektronikbranche“**

Art des Berichtes:

Abschlussbericht zum Vorhaben mit dem Aktenzeichen 31657/01,
gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Verfasser: Hans Kozó

Asperg im Januar 2018

06/02		Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt			
Az	31657/01	Referat	24/0	Fördersumme	110.000,- €
Antragstitel		Entwicklung neuartiger Simulationsmethoden zur energieoptimierten Planung von Fertigungsprozessen in KMU am Beispiel der Elektronikbranche			
Stichworte		Energie, Energieeffizienz			
Laufzeit		Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)	
24 Monate		12.12.2014	11.12.2016		
Zwischenberichte					
Bewilligungsempfänger		Syslog GmbH Alleenstr. 2 71679 Asperg		Tel 07141 9470-610 Fax 07141 9470-700	
				Projektleitung Hans Kozó	
				Bearbeiter	
Kooperationspartner		Keine			
Zielsetzung und Anlass des Vorhabens					
<p>Als Ziel sollten zur energieoptimierten Planung von Fertigungsprozessen in KMU der Elektronikbranche neuartige Simulationen bzw. Verbrauchsmodelle der Produktionsprozesse unter Berücksichtigung des Energiebedarfs entwickelt werden. Bereits bestehende Systeme sind für KMUs nicht rentabel. Bei Projektabschluss sollte den KMU der Elektronikbranche ein in ein ERP-System integriertes, einfach handhabbares und funktionelles Energieerfassungssystem an die Hand gegeben werden, um die Energieverbraucher zu identifizieren und zu überwachen. Somit können Energieeinsparmaßnahmen umgesetzt, bewertet, Ressourcen eingespart und die CO₂-Emission drastisch reduziert werden. In der Wissenschaft diskutierte und geförderte Projekte beziehen sich jedoch nur auf spezifische Technologien, wie z. B. Energiefresser oder teure bzw. seltene Materialien.</p>					
Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden					
<p>Die Zuordnung der Energieverbräuche zu den Prozessschritten erforderte die Entwicklung von Simulationen bzw. Verbrauchsmodellen, die je nach Anwendung entweder für komplette Anlagen oder einzelne Maschinen entwickelt werden mussten. In diesen Modellen wurden die anlagenspezifischen Besonderheiten hinterlegt und über Algorithmen abgebildet. Dazu war es notwendig, Algorithmen zu entwickeln, um gängige Produktionsanlagen durch Zusammenführen der jeweiligen Verbrauchsmodelle funktionell eindeutig zu beschreiben. Mit diesen Modellen kann über gemessene Stoffströme auf Ebene von einzelnen Prozessschritten ein auf Produkte und somit auf Aufträge übertragbares Planlastprofil erstellt werden.</p> <p>Die Messinfrastruktur lieferte entsprechend der Vorüberlegungen riesige Datenmengen, die in Echtzeit auf zu definierende Datenmodelle gespeichert werden mussten, um daraus Echtzeitlastprofile zu generieren. Diese erlauben dann eine spontane Umplanung von Fertigungsprozessen. Die dadurch gewonnenen Daten können zur Ermittlung des Carbon Footprint eines jeden Produktes genutzt werden.</p> <p>Ein weiterer Schwerpunkt lag in der Entwicklung neuartiger Algorithmen, um die gemessenen Verbrauchsdaten in einer Form zu konsolidieren und zusammenzuführen. So liefern diese für die spätere Auswertung und Planungsberechnungen eine sinnvolle Basis. Hierbei waren Methoden zu entwickeln, um stark variierende Energieverbrauchsdaten durch Funktionen stückweise darzustellen und somit auch das Speichervolumen für die Daten zu reduzieren. Das zu entwickelnde System wurde bei Anwendungspartnern unter realen Bedingungen getestet.</p>					
<p>Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de</p>					

Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen des vorliegenden FuE-Projektes ist es gelungen, neuartige Simulationen bzw. Verbrauchsmodelle der Produktionsprozesse unter Berücksichtigung des Energiebedarfs zu entwickeln. Diese können zur energieoptimierten Planung von Fertigungsprozessen in KMU der Elektronikbranche eingesetzt werden. Es können Verbrauchsmodelle für Anlagen oder Maschinen erstellt werden, die es ermöglichen, für einzelne Produkte und Aufträge Planlastprofile zu erstellen. Die Modelle basieren auf Messdaten, die bei der Fertigung bereits erfasst werden konnten. Bei Produkten, deren Verbrauchswerte aber noch nicht erfasst werden konnten, werden diese mithilfe von Algorithmen berechnet.

Auf der Grundlage von Energieverbrauchsdaten einzelner Produkte und Aufträge kann der Planenergiebedarf der Firma auf der Basis von geplanten Fertigungsaufträgen generiert und visualisiert werden.

Im Anschluss daran ist es unter anderem möglich, den Energiebedarf einer Firma über den Tag hinweg zu glätten, um Stromtarifüberschreitungen zu vermeiden. Außerdem kann auf tageszeitabhängige Stromtarife entsprechend reagiert werden.

Neben der Einzelbetrachtung von Maschinen oder Anlagen kann in einer Gesamtbetrachtung auch der Energieverbrauch der ganzen Firma dargestellt werden. Dadurch ist es möglich, den Gesamtenergiebedarf der Firma durch eine entsprechende Taktung einzelner Maschinen zu steuern und zu glätten.

Zudem wurde im FuE-Projekt die gesamte Auswertesoftware entwickelt, um die Daten der einzelnen Messstellen oder Verbraucher geeignet aufzubereiten. Bei Bedarf können diese mit Daten aus vorhandenen ERP-Systemen abgeglichen werden. So können prozess- oder produktbezogene Energieverbräuche berechnet werden.

Mit dem erfolgreichen Projektabschluss steht erstmals ein einfach handhabbares und funktionelles Energieerfassungssystem zur Verfügung, um die Energieverbraucher zu identifizieren und zu überwachen.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Nach erfolgreichem Projektabschluss wird die Vermarktung im Wesentlichen über zwei Maßnahmen aktiv betrieben. Zum einen sollen Energieberater und entsprechende Einrichtungen direkt angesprochen werden, zum anderen wird die Firma Syslog auf den einschlägigen Messen, ggf. auch auf neuen Messen, die auf regenerative Energien spezialisiert sind (z. B. Messe Intersolar), die Ergebnisse vorstellen und das Energiemanagementsystem so einem breiteren Markt international zugänglich machen.

Zusätzlich kann das neue System bei Bestandskunden der Firma Syslog aktiv vermarktet werden. Mittelfristig soll die Verbreitung der Projektergebnisse und die Markteindringung durch ein Joint Venture geschehen.

Fazit

Ohne die Förderung durch die DBU hätte die Entwicklung nicht durchgeführt werden können.

Der große Nutzen für die anwendenden Firmen liegt darin, dass diese nicht nur ein sehr detailliertes Verständnis für Energie- und Hilfsstoffverbräuche in ihrer Produktion gewinnen, sondern, dass sie - insbesondere durch die neuen Simulationsmethoden - Ansatzpunkte für Verbesserungen, Optimierungen oder Energieeinsparungsmöglichkeiten identifizieren können.

Darüber hinaus kann durch die Ermittlung der spezifischen Energieverbräuche sowie deren Zuordnung zu den einzelnen Prozessschritten eine detaillierte Erfassung der hieraus resultierenden CO₂-Emissionen ermöglicht werden.

So können durch das neue Energiemanagement Energie und Ressourcen eingespart und die CO₂-Emission von KMUs drastisch reduziert werden. Langfristig strebt die Firma Syslog an, durch die kontinuierliche Verbesserung der neuen Analysesoftware weitere 10 % Energie, zusätzlich zu den Energieeinsparungen durch das Vorgängerprojekt EnHiPro, einsparen zu können.

Inhaltsverzeichnis

Projektkennblatt	1
Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen.....	4
1. Zusammenfassung.....	5
2. Einleitung.....	6
3. Entwicklungsarbeiten und erreichte Ergebnisse	7
Fazit.....	22

Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Infrastrukturübersicht	10
Abbildung 2: Sensorik.....	11
Abbildung 3: Verbrauchsarten	12
Abbildung 4: Zähler	12
Abbildung 5: Zählerverknüpfung	13
Abbildung 6: gemessene Istverbräuche.....	13
Abbildung 7: Sollverbräuche.....	14
Abbildung 8: Kapazitätsauslastung.....	15
Abbildung 9: Kapazitätsglättung	16
Abbildung 10: Fertigungsplanung MA10.....	16
Abbildung 11: Energiebedarf MA10	17
Abbildung 12: Arbeitsvorrat MA10	18
Abbildung 13: Arbeitsvorrat MA10- Energiebedarf.....	18
Abbildung 14: Arbeitsvorrat MA10 (2).....	19
Abbildung 15: Arbeitsvorrat MA10 (2) – Energiebedarf.....	19
Abbildung 16: Arbeitsvorrat MA15 (Lötwellen).....	20
Abbildung 17: Arbeitsvorrat MA20 (Bestückungsautomat).....	20
Abbildung 18: Gesamtenergiebedarf	20
Abbildung 19: Gesamtenergiebedarf (optimiert)	21

1. Zusammenfassung

„Neuartige Simulationsmethoden zur energieoptimierten Planung von Fertigungsprozessen in KMU“

Die Firma Syslog als typischer Hersteller von ERP-Systemen hat sich bereits seit vielen Jahren mit technischen Innovationen und Funktionserweiterungen für ERP-Systeme befasst.

Durch die Teilnahme an dem BMBF-Verbundprojekt EnHiPro konnte insbesondere gezeigt werden, dass eine energie- und hilfsstoffoptimierte Produktion bei vielen Unternehmen möglich ist und zu deutlichen Einsparungen im Energieverbrauch führen kann. Dies wurde konkret bei vier Umsetzungspartnern anhand von Testsystemen erfolgreich demonstriert. Hierbei wurde gezeigt, dass es prinzipiell möglich ist, die gemessenen oder berechneten Stromverbräuche den einzelnen Produktionsprozessen zuzuordnen (z. B. wie viel Strom wurde am Arbeitsgang „Drehen“ für das Produkt „Achse xyz“ verbraucht). Des Weiteren erfolgte eine Analyse der Stoffstromverbräuche nach produktiver und unproduktiver Verbrauchsart. Diese Arbeiten bilden die Grundlage für die Durchführung des angestrebten Vorhabens.

Als wichtiges erreichtes Ziel im vorliegenden FuE-Projekt zur energieoptimierten Planung von Fertigungsprozessen in KMU wurden neuartige Simulationen bzw. Verbrauchsmodelle der verschiedenen Produktionsprozesse unter Berücksichtigung des Energiebedarfs entwickelt. Mithilfe dieser Simulationen kann erstmals ein auf Prozessschritte, Produkte und somit auf konkrete Aufträge übertragbares Planlastprofil erstellt werden. Somit lassen sich Lastspitzen und Gesamtbedarfe über beliebige Zeitfenster in der kompletten Produktionslandschaft im Voraus erkennen und durch geeignete Planungsmaßnahmen glätten.

Zudem wurde im FuE-Projekt die gesamte Auswertesoftware entwickelt, um die Daten der einzelnen Messstellen oder Verbraucher geeignet aufzubereiten, bei Bedarf mit Daten aus vorhandenen ERP-Systemen abzugleichen und somit prozess- oder produktbezogene Energieverbräuche berechnen zu können.

Mit dem erfolgreichen Projektabschluss wird den mittelständischen Unternehmen erstmals ein einfach handhabbares und funktionelles Energieerfassungssystem, das in ein ERP-System integriert ist, an die Hand gegeben. Zum einen können die relevanten Energieverbraucher identifiziert und kontinuierlich überwacht und zum anderen ein auf konkrete Aufträge übertragbares Planlastprofil erstellt werden. Somit können langfristig gezielt Energieeinsparmaßnahmen umgesetzt und bewertet werden.

Der große Nutzen für die anwendenden Firmen liegt darin, dass diese nicht nur ein sehr detailliertes Verständnis für Energie- und Hilfsstoffverbräuche in ihrer Produktion gewinnen, sondern, dass sie - insbesondere durch die neuen Simulationsmethoden - Ansatzpunkte für Verbesserungen, Optimierungen oder Energieeinsparungsmöglichkeiten identifizieren können. Darüber hinaus kann durch die Ermittlung der spezifischen Energieverbräuche sowie deren Zuordnung zu den einzelnen Prozessschritten eine detaillierte Erfassung der hieraus resultierenden CO₂-Emissionen ermöglicht werden.

So können durch das neue Energiemanagement Energie und Ressourcen eingespart und die CO₂-Emission von KMUs drastisch reduziert werden.

2. Einleitung

Industrielle Produktionsprozesse erfordern ca. 47 % des gesamten Nettostromverbrauchs in Deutschland. Hierbei sind mittelständische Unternehmen für ca. die Hälfte des industriellen Stromverbrauchs verantwortlich (dies entspricht einer mittleren Emission von knapp 70 Mio. t CO₂ jährlich).

Vor diesem Hintergrund und den kontinuierlich steigenden Energie- und Rohstoffkosten sowie dem Bedarf nach einem nachhaltigen Konzept der industriellen Produktion stellt sich für die KMU die Erschließung von Effizienzpotenzialen in der Produktion als ein wesentliches Handlungsfeld dar.

In der praktischen Umsetzung ergeben sich aber derzeit große Probleme. Es gibt kein einfaches, handhabbares System, um selektiv Energieverbräuche zu messen, diese Energieverbräuche einem Bearbeitungsprozess oder einem Produkt individuell zuzuordnen, dazu die Erträge der auf dem Firmendach montierten Photovoltaikanlage oder eines Wasserkraftwerks zu berücksichtigen und das Ganze als einfaches Plug- und Play-System installieren und sofort nutzen zu können.

Konkret existierten vor Projektbeginn keine geeigneten Simulationen bzw. Verbrauchsmodelle der verschiedenen Produktionsprozesse, die es ermöglichen, Planlastprofile für die unterschiedlichen Prozesse unter Berücksichtigung des Energiebedarfs zu erstellen. Dadurch besteht derzeit nicht die Möglichkeit ein auf Prozessschritte, Produkte und bzw. auf konkrete Aufträge übertragbares Planlastprofil zu erstellen. Auch vorhandene Energieerzeugungsmodule (Solar Panels, Windrad etc.) können derzeit nicht in die Produktionsplanung einbezogen werden.

Zudem werden die Energiekosten im Allgemeinen als Gemeinkosten nach einem vorgegebenen Schlüssel auf die einzelnen Produkte umgelegt. Um durch die Analyse einzelner Prozessschritte die Energieverbräuche in der Produktion im Detail planen zu können, fehlt eine ganz grundlegende Zugriffsmöglichkeit, sowie entsprechende Daten. Eine Optimierung der Produktion unter energetischen Gesichtspunkten ist folglich derzeit nur durch die integrale Betrachtung des gesamten Produktionsprozesses möglich. Die Berücksichtigung anlagenspezifischer Besonderheiten wie Aufheizzeiten oder Stillstands-Energieverbräuche werden bei solchen Betrachtungen nicht berücksichtigt.

Hier setzte das vorliegende Innovationsvorhaben an, das genau diese Lücken schließen sollte. Mittelständischen Unternehmen sollte erstmals eine in sich geschlossene Systemstruktur angeboten werden, um Energieverbräuche kontinuierlich zu erfassen, nach vorgegebenen Kriterien auszuwerten, Simulationen bzw. Verbrauchsmodelle der verschiedenen Produktionsprozesse unter Berücksichtigung des Energiebedarfs zu erstellen und um hieraus Energieeinsparpotenziale ableiten zu können.

Auf Basis ihrer Erfahrungswerte geht die Firma Syslog davon aus, dass durch die Neuentwicklung dauerhaft mindestens 10 % Energie in einem produzierenden KMU eingespart werden kann.

3. Entwicklungsarbeiten und erreichte Ergebnisse

Zu Projektbeginn wurden die grundlegenden Konzepte für das intelligente Energiemanagementsystem entwickelt. Hierbei erfolgte die Auslegung der Hard- und Software sowie der Schnittstellen:

- Definition der mit Messsensorik zu versorgenden Verbraucher nach den Kriterien
 - a. produktiver Verbraucher
 - b. Gemeinkostenverbraucher
- Selektion und Definition der produktiven Anlagen, die im Wertschöpfungsprozess gezielt auf bestimmte Zeitfenster zusammengefasst werden können, z. B. Lötbadern und Reflowöfen, aber auch Gemeinkostenverbraucher wie Klimaanlage
- Hardwareauslegung und Definition von Schnittstellen zur erweiterten Ist-Datenverarbeitung der angeschlossenen Sensorik für sehr kurze Meldetakte von 1 bis 5 Sekunden
- Die Entwicklungen eines Konzeptes zur Fortschreibung der Gemeinkosten-Ist-Verbräuche auf Planverbräuche unter Berücksichtigung der Plankapazitäten. Dabei werden sowohl Anlagen- als auch Personenanwesenheitsdaten getrennt berücksichtigt, beispielsweise werden an Feiertagen oder in Urlaubszeiten entsprechende Gemeinkosten reduziert.

Die Konzeption erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den Testanwendern der Elektronikbranche (intrObest GmbH & Co KG, Bestückungen, elektronische Baugruppen und Systeme und UNITRO Fleischmann Störmeldesysteme), wobei die unternehmensinternen Fertigungsprozesse zur Herstellung der elektrotechnischen Baugruppen und Geräte charakterisiert wurden.

Des Weiteren wurde ein Anforderungsprofil des neuen Systems in Abstimmung mit den Testanwendern erstellt.

Eine besondere Herausforderung stellte die Planung der rüstintensiven und damit zur Zeitfensterplanung geeigneten Anlagen dar. Der bereits vorhandene Flexibilitätsanspruch der Fertigungsplanung und die sichtbare Anforderung einer weiteren Steigerung (Industrie 4.0) stößt an dieser Stelle an Effizienzgrenzen.

Weiterhin wurde die Entwicklung einer geeigneten Datenstruktur vollumfänglich abgeschlossen. Die vorverdichteten Messdaten wurden aufgegriffen und in eine geeignete Datenstruktur abgelegt, die sowohl die Erfassung der technischen Meldedaten als auch deren Zuordnung zu internen Prozessen, den Maschinen oder Aufträgen ermöglicht. Hierzu entwickelte die Firma Syslog eine Grundstruktur für die Datenbank, die das sogenannte Kernel darstellt.

Die Datenbankstruktur gliedert sich in:

- a) Stammdaten
 - Zähler (Sensorik)
 - virtuelle Zähler (Verbraucher ohne Sensoranschluss, die den Verbrauch nach Fertigmeldung des Arbeitsganges auf Basis mathematischer Algorithmen errechnen)
 - Anlagen-Zählerverbindungen
 - Algorithmenverwaltung
 - Verbrauchsplandaten auf Arbeitsgangebene
- b) Bewegungsdaten Ist-Verbrauch
 - Zählerstände der angeschlossenen Sensorik im Meldetakt
 - Zählerstände/Verbrauchswerte der virtuellen Zähler

- Verbrauchsverdichtungen (Datenreduktion aus Taktmeldungen zu auswertbaren Analysegrunddaten auf Stunden-, Tages- und Monatsfilter)
- c) Planbewegungsdaten
- auf Basis des Zähler-Ident (externe Zähler, wie auch virtuelle Zähler) in Planzeitfenstern
 - je Arbeitsgang der vorhandenen Fertigungsbestände in Planzeitfenstern
 - auf Basis von Gemeinkostenverbrauchern in Planzeitfenstern

Basierend auf den Ergebnissen des abgeschlossenen EnHiPro-Projektes wurden die Messsensoren über Datensammler direkt über Plug- und Play-Funktionen in das ERP-System integriert.

Zur Realisierung der Plug- und Play-Funktionen entwickelte Syslog eine Konfigurationssoftware zum Auslesen sowie Konfigurieren der Datensammler und damit der Kontrolle der Messsensorik via NFC-Technologie über Smartphones. Gerade bei der Einbindung von neuen Sensoren über einen automatischen Netzwerkscan per Tastendruck kommen die Plug- und Play-Funktionen der Sensorik zum Tragen. Die Installation und Konfiguration in die bestehende App-Umgebung erfolgt vollautomatisch.

Bei der Firma UNITRO Fleischmann konnten erste Erfahrungen gesammelt werden. Die von Syslog entwickelte App kommuniziert mit den von UNITRO Fleischmann hergestellten Störmeldern. Syslog führte gemeinsam mit dem Anwendungspartner UNITRO Fleischmann intensive Testreihen durch, da hier die entsprechende Infrastruktur im Projektzeitraum dargestellt werden konnte. Die dort gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen den Einsatz der App auch zur Anwendung im Bereich der Energiedatenabfrage.

Darauf aufbauend wurden mathematische Berechnungsalgorithmen entwickelt, um auf Basis von gemessenen Verbräuchen Planlastprofile erarbeiten zu können.

Zusätzlich wurden Simulationsmethoden bzw. Verbrauchsmodelle zur energieoptimierten Planung bei der Firma Syslog entwickelt.

Hierbei musste eine Vielzahl von grundlegenden Algorithmen entwickelt werden, um gängige Produktionsanlagen durch einfaches Zusammenführen der jeweiligen Verbrauchsmodelle funktionell eindeutig zu beschreiben.

Hierbei wurden Algorithmen zur Planung von bekannten (bereits gefertigten) Teilen und Baugruppen wurden realisiert.

Die Planung von neuen (noch niemals produzierten) Teilen erfolgte auf Basis der durchschnittlichen Verbrauchslast je Anlage bzw. Arbeitsplatz aus der Fortschreibung der Istwerte.

Dabei traten organisatorische Probleme zu Tage, die aufgrund schlechter Datenqualität (Vorgabezeiten im Arbeitsplan) zu sichtbaren Fehlplanungen führen mussten.

Es wurde mit dem vom DBU vermittelten Kontakt zu Prof. Dr. Claus Kahlerteboek, Institut für angewandte Effizienzforschung GmbH, zusammengearbeitet, was eine sehr effiziente und realistische Auslegung der Plandaten für eine weitere Nutzung bei EVUs ermöglichte.

Ferner entwickelte Syslog in enger Zusammenarbeit mit dem INEC (Institute for Industrial Ecology) in Pforzheim, Prof. Dr. Viere, ein Konzept der Verbrauchsmodelle und der darauf basierenden Simulationsmethoden.

Schließlich wurde ein Kompressionsverfahren auf einer zeitlich und inhaltlich gestuften Methodik entwickelt. Produktive Verbrauchsdaten werden dabei in einem 3-stufigen Zeitfenster komprimiert. Hierbei wird auf konfigurierbaren Zeitfenstern (max. 3) auf Stunden, dann auf Tage und danach auf Monate je Messsensor verdichtet. Die unproduktiven Verbräuche werden über eine eigene, konfigurierbare Zeitfensterdefinition ebenfalls auf die o. g. Summenkriterien komprimiert.

Diese unterschiedlichen Methoden sind deshalb sinnvoll, weil unproduktive Verbräuche bei gleicher Taktung und Einschichtproduktion zu einer unsinnigen Datenexplosion ohne analytischen Gegenwert führen.

Als weiteres wichtiges Ergebnis erfolgte der Aufbau eines ersten Testsystems beim Testanwender intrObest. Darauf aufbauend wurden intensive Funktionstests am System vollzogen, um Weiterentwicklungsansätze ableiten zu können. Das bei intrObest installierte Testsystem arbeitet bereits zuverlässig im Alltagsbetrieb.

Die aktuellen Verbrauchswerte werden zuverlässig in der Messdaten-Datenbank dargestellt und über eine Visualisierungsapp ausgelesen. Die Fortschreibung auf die gebuchten Arbeitsgänge arbeitet ebenfalls zuverlässig.

Nach Messung aller Verbraucher beim Testkunden intrObest wurde eine Planungsroutine zur Bestimmung des „nicht produktiven“ Strombedarfs erstellt.

Auf Basis der dokumentierten Istwerte konnte ein Algorithmus auf Basis von Kalendermonat (Jahreszeit) und Verbrauch der letzten 14 Tage bis zum Planverbrauch für die Zukunft aufgebaut werden.

Eine besondere Herausforderung stellte die Parametrisierung der Prozessdaten für die Verbrauchsmodellierung dar. Der Anspruch, die Verbrauchsmodelle auch auf andere, der elektronischen Fertigung fernen Branchen zu übertragen, ließ sich nur theoretisch erarbeiten, da es beim Anwendungspartner (intrObest) keine Anforderungsprofile dieser Methoden gibt.

Hier bleibt festzuhalten, dass die kurzfristigen Auftragsänderungen in der Elektrobranche eine längerfristige Planung in der Praxis als nicht sinnvoll erscheinen lässt. Sobald der Planungshorizont über 2 bis 3 Tage hinaus geht ist nach den Erfahrungen beim Anwendungspartner intrObest die Planung nicht mehr aussagefähig. Bei der Übertragung auf andere Branchen mit längerfristigen Produktionszeiten sollten sich hier deutlich stabilere und längerfristige Ergebnisse erzielen lassen.

Die Entwicklungsumgebung wurde bereits in das Prototypensystem übernommen und erfolgreich getestet. Nachfolgend sind die wesentlichen erzielten Ergebnisse dargestellt.

Infrastruktur

Aufbauend auf die im Projekt EnHiPro entwickelten Strukturen und Prozessabläufen wurde eine Energiebedarfsplanung in die Standardprozesse des ERP-Systems eingezogen.

Dabei war es Syslog besonders wichtig, dass die am Planungs- und Steuerungsprozess beteiligten Mitarbeiter keine zusätzlichen Aufwendungen für die Energieplanung zu erbringen haben, sondern dass die im Planungs- und Fertigungsprozess gewonnenen Verbrauchserkenntnisse als Planungsbasis aufbereitet werden. Ferner soll auch im Produktionsprozess kein Zusatzaufwand bei der BDE-Meldung oder anderen Ressourcenbuchungen entstehen (Abbildung 1).

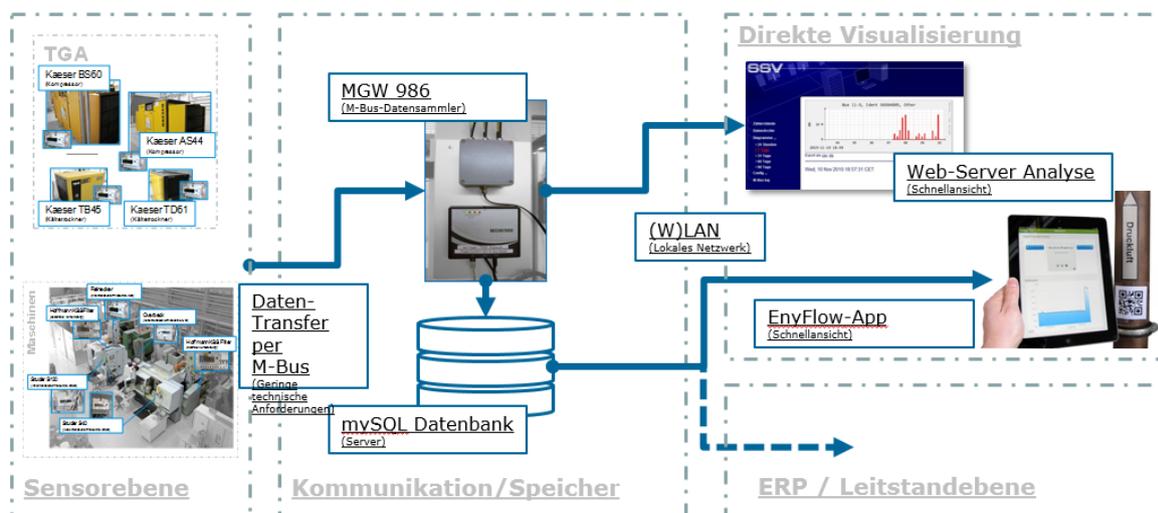


Abbildung 1: Infrastrukturübersicht

Basis dieser Energiestoffstromrechnungen sind die im Produktionsprozess installierten Messsensoren. Diese Sensoren (Z1-n= Hardware Sensoren; VZ1-n= Virtuelle Zähler, das sind Zähler ohne Sensoranschluss, die den Verbrauch nach Fertigstellung eines Arbeitsgangs auf Basis mathematischer Algorithmen berechnen) werden über BUS-Systeme, WLAN, LAN etc. auf Datensammler konzentriert, die die Impulse in die Feld-Datenbank (MySQL) eintragen (Abbildung 2).

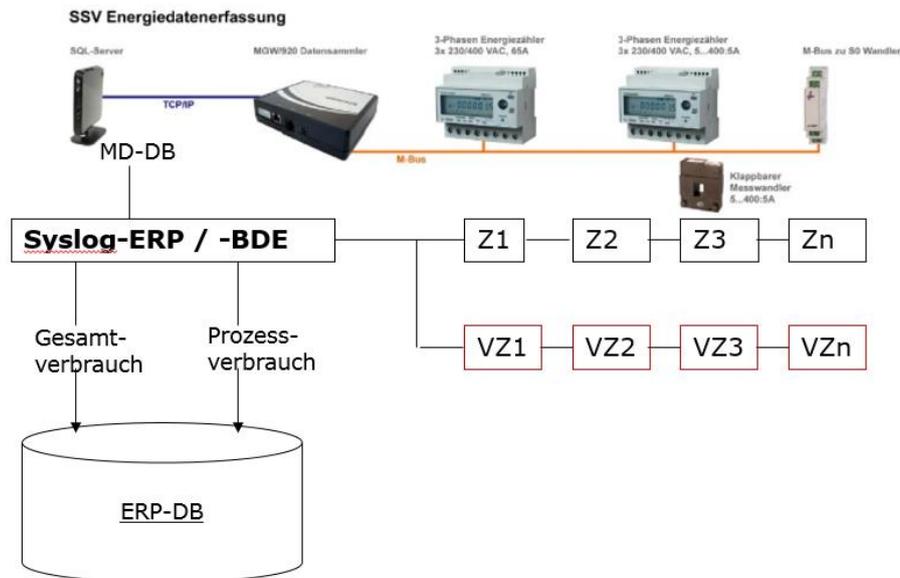


Abbildung 2: Sensorik

Hier werden alle relevanten Verbräuche gesammelt und in der Energieverbrauchsdatenbank in der gemeldeten Taktfrequenz gespeichert. Die Meldefrequenz wird direkt an den Datensammler konfiguriert. Die Anmeldung und Konfiguration erfolgt im Plug- und Play-Verfahren. Die beim Testanwender intrObest bereits vorhandenen Sensoren und Datensammler wurden beibehalten und um einen neuen Sammler IZ40 der Firma UNITRO Fleischmann erweitert. Dieser Datensammler lässt sich im Feld via APP auf Basis NFC-Technik konfigurieren und in das Netz integrieren.

Diese Datenbank wird in Realtime mit der BDE-Buchung auf an die Sensoren angeschlossene Planungseinheiten (Maschinen und Arbeitsplätze) auf den Zählerstand abgefragt und die verbrauchte Energie dem entsprechenden Arbeitsgang zugebucht. Periodisch (in einstellbaren Zeitfenstern) werden die Sensordaten analysiert, und die ermittelten Verbrauchsdaten, getrennt nach produktiven und unproduktiven Verbräuchen, auf die produzierten Produkte und Zuschlagsparameter verrechnet.

Diese bilden die Basis für die Planung der Bedarfe im Falle einer Wiederholproduktion, aber auch die Hochrechnung des Bedarfes bei neuen, noch unbekanntem Produkten. Aus der Messung an den Bestückungsautomaten lässt sich der Bedarf an elektrischer Energie über die Laufzeit und die Anzahl der Bestückungsbausteine (Rüstzeit) sauber berechnen.

Stammdaten

Verbrauchsarten

Hier werden die Stoffstromarten, die mit den Zählsensoren verknüpft werden, verwaltet und die Art der Energieverbräuche bestimmt. Die Liste kann individuell gepflegt und erweitert werden, möglich sind z. B. die Verbrauchsarten „elektrische Energie“, „Druckluft“ oder „Kühlfähigkeit“ (siehe Abbildung 3). Auch Verbrauchsformeln, die eine Simulation der Verbrauchsarten erst möglich machen, können hier hinterlegt werden.

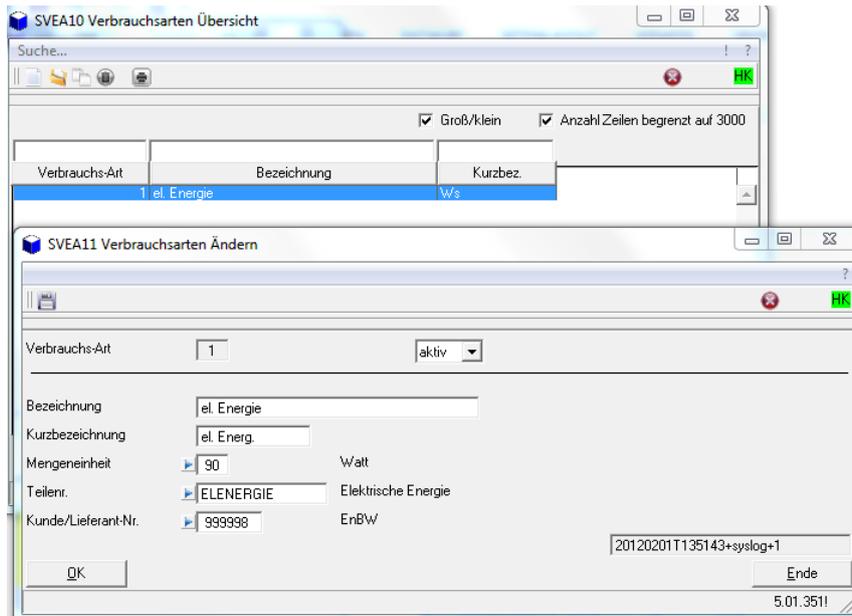


Abbildung 3: Verbrauchsarten

Zählerverwaltung

Zähler werden Messstellen, bzw. Planungseinheiten (PLE; Maschinen und Arbeitsplätzen) zugewiesen. Diese werden benutzt, um im Rahmen der BDE-Buchung auf den an der Maschine zugewiesenen Sensor die Verbrauchsdaten abzugreifen (siehe Abbildung 4).

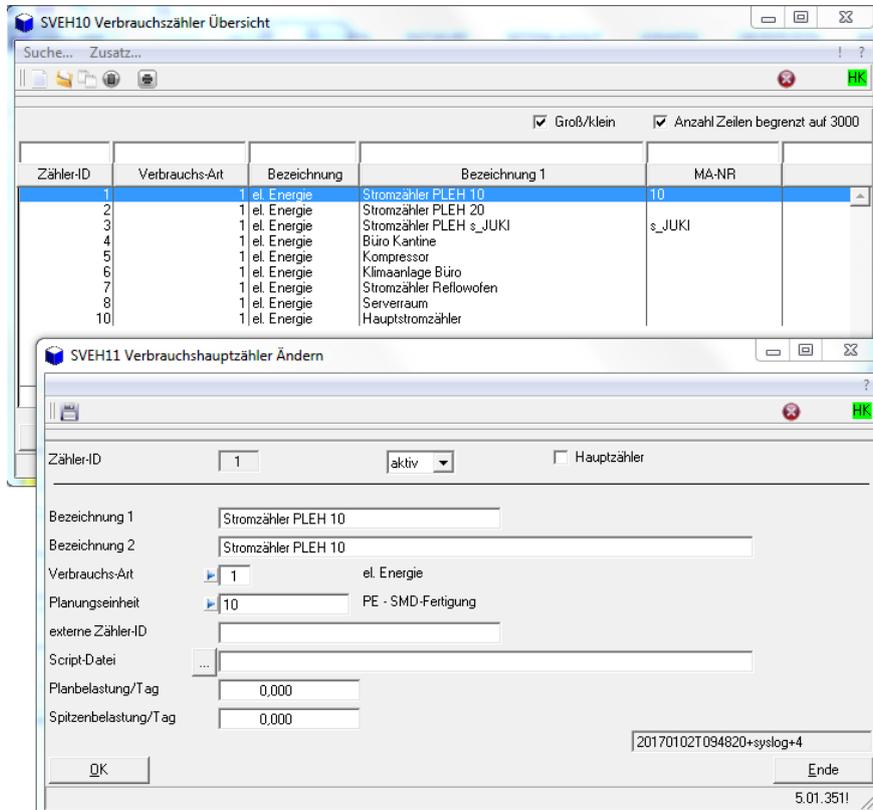


Abbildung 4: Zähler

Zählerverknüpfung zu Hauptzählern

Maschinenorientierte Sensoren können mit übergeordneten Hauptzählern verknüpft werden, was eine Konsolidierung der Verbräuche über alle Prozesse erheblich erleichtert (siehe Abbildung 5).

finr	hzaehlerid	zaehlerid	sbaen
1	10	1	20110914T180718+syslog+0
1	10	2	20110914T180720+syslog+0
1	10	3	20110914T180721+syslog+0
1	10	4	20120508T113939+syslog+0
1	10	5	20120508T113949+syslog+0
1	10	6	20120508T113956+syslog+0
1	10	7	20120508T154400+syslog+0
*			

Abbildung 5: Zählerverknüpfung

Verbraucherübersicht

Die ermittelten Verbrauchsdaten werden je Arbeitsgang und in der konfigurierten Verdichtung je Zählernummer und Zeitfenster gespeichert. Diese sind Basis für die Darstellung der tatsächlichen Verbräuche (siehe Abbildung 6).

Lfd.Nr.	Dispo-Nr.	Afo-Nr.	Zähler-Typ	Zähler-ID	Bezeichnung 1	Verbrauch	Kurzbez.	Monat/Jahr	Bemerkung	Berechnung durchgeführt
19669		0	MZ	6	Klimaanlage Büro	3.169.600,000	Ws	05.01.2016	autom. Zählermeldung	1
19670		0	MZ	4	Büro Kantine	34.700,000	Ws	05.01.2016	autom. Zählermeldung	1
19671		0	MZ	5	Kompressor	200,000	Ws	05.01.2016	autom. Zählermeldung	1
19672		0	HZ	10	Hauptstromzähler	117.100,000	Ws	05.01.2016	autom. Zählermeldung	1
19673		0	MZ	7	Stromzähler Rellowofen	2.400,000	Ws	06.01.2016	autom. Zählermeldung	1
19674		0	MZ	6	Klimaanlage Büro	0,000	Ws	06.01.2016	autom. Zählermeldung	1
19675		0	MZ	4	Büro Kantine	7.500,000	Ws	06.01.2016	autom. Zählermeldung	1
19676		0	MZ	5	Kompressor	200,000	Ws	06.01.2016	autom. Zählermeldung	1
19677		0	HZ	10	Hauptstromzähler	25.900,000	Ws	06.01.2016	autom. Zählermeldung	1
19678	1079231	10	MZ	3	Stromzähler PLEH s_JUKI	11.000,000	Ws	07.01.2016	AG-Meldung	1
19679	1079231	15	MZ	3	Stromzähler PLEH s_JUKI	29.500,000	Ws	07.01.2016	AG-Meldung	1
19680	1079231	5	MZ	3	Stromzähler PLEH s_JUKI	11.200,000	Ws	07.01.2016	AG-Meldung	1
19681	1079231	15	MZ	3	Stromzähler PLEH s_JUKI	29.400,000	Ws	07.01.2016	AG-Meldung	1
19682	1104467	5	MZ	1	Stromzähler PLEH 10	700,000	Ws	07.01.2016	AG-Meldung	1
19683	1079231	15	MZ	3	Stromzähler PLEH s_JUKI	200,000	Ws	07.01.2016	AG-Meldung	1
19684	1079231	5	MZ	3	Stromzähler PLEH s_JUKI	200,000	Ws	07.01.2016	AG-Meldung	1
19685	1104467	5	MZ	1	Stromzähler PLEH 10	0,000	Ws	07.01.2016	AG-Meldung	1
19686	1104468	5	MZ	3	Stromzähler PLEH s_JUKI	0,000	Ws	07.01.2016	AG-Meldung	1
19687	1104468	10	MZ	3	Stromzähler PLEH s_JUKI	0,000	Ws	07.01.2016	AG-Meldung	1
19688	1104468	15	MZ	3	Stromzähler PLEH s_JUKI	0,000	Ws	07.01.2016	AG-Meldung	1
19689	1104468	15	MZ	3	Stromzähler PLEH s_JUKI	0,000	Ws	07.01.2016	AG-Meldung	1
19690		0	MZ	7	Stromzähler Rellowofen	66.000,000	Ws	07.01.2016	autom. Zählermeldung	1
19691		0	MZ	6	Klimaanlage Büro	0,000	Ws	07.01.2016	autom. Zählermeldung	1
19692		0	MZ	4	Büro Kantine	42.200,000	Ws	07.01.2016	autom. Zählermeldung	1
19693		0	MZ	5	Kompressor	15.300,000	Ws	07.01.2016	autom. Zählermeldung	1
19694		0	HZ	10	Hauptstromzähler	336.300,000	Ws	07.01.2016	autom. Zählermeldung	1
19695	1105431	5	MZ	3	Stromzähler PLEH s_JUKI	2.800,000	Ws	08.01.2016	AG-Meldung	1

Abbildung 6: gemessene Istverbräuche

Errechnete Sollverbrauchsdaten

Die Ergebnisse der Realverbräuche werden über Algorithmen auf die produzierten Aufträge, Produkte und Arbeitsgänge übernommen und daraus ein Planbedarf für eine Wiederherfertigung errechnet.

Werden neue Produkte in die Fertigungsprozesse übernommen, erfolgt eine automatische Berechnung der Energiebedarfe über die aus der Verbrauchsberechnung bekannten Parameter. Hierzu wurde ein Algorithmus auf Basis des Kalendermonats und des Verbrauchs der letzten 14 Tage entwickelt.

In

Abbildung 7 sind die Sollverbrauchsdaten für die Fertigung einzelner Bauteile aufgelistet.

The screenshot shows a software window titled 'SVES10 Sollverbräuche Übersicht'. It contains a table with the following columns: Teilnr., VAR, AP-Pos, Zähler-ID, Bezeichnung 1, AG, Bez. 1, and Soll-Verbrauch. The table lists various components and their associated energy consumption values. Below the table, there are buttons for 'Anzeigen', 'Ändern', 'Neuanlegen', 'Kopieren', 'Löschen', 'Drucken', and 'Ende'. The status bar at the bottom indicates '000001 Anzahl Datensätze 92' and the version '5.01.351!'.

Teilnr.	VAR	AP-Pos	Zähler-ID	Bezeichnung 1	AG	Bez. 1	Soll-Verbrauch
BG20332042B	0	10	1	EY/42b-2b	10	SMD Fertigung	39,000
BG20332068A	0	10	1	ES/43a-2	10	SMD Fertigung	82,000
BG20332070B	0	10	1	EY/44a-2a	10	SMD Fertigung	178,000
BG20332190B	0	10	1	ES/15c-12e	10	SMD Fertigung	142,000
BG20332262E	0	10	1	ER/19c-18d	10	SMD Fertigung	62,745
BG20332266C	0	10	1	ER/16c-2f	10	SMD Fertigung	50,000
BG20332303A	0	10	1	ES/43a-12	10	SMD Fertigung	74,000
BG20332379C	0	2	3	EB/59b-2	105	SMD-Mensch-JUKI-Rüsten	32,333
BG20332379C	0	5	3	EB/59b-2	110	Rakeln TOP	54,000
BG20332379C	0	10	3	EB/59b-2	11	SMD-Maschine - JUKI - TOP	46,000
BG20754055	0	5	3	PB80.21_PSM	105	SMD-Mensch-JUKI-Rüsten	390,526
BG20754055	0	10	3	PB80.21_PSM	11	SMD-Maschine - JUKI - TOP	7,895
BG20754055	0	11	3	PB80.21_PSM	111	Rakeln BOT	7,895
BG20754055	0	12	3	PB80.21_PSM	12	SMD-Maschine - JUKI - BOT	255,789
BG20754056	0	5	3	PB83_INT_LAU_11	105	SMD-Mensch-JUKI-Rüsten	75,000
BG20754056	0	7	3	PB83_INT_LAU_11	110	Rakeln TOP	75,000
BG20754056	0	10	3	PB83_INT_LAU_11	11	SMD-Maschine - JUKI - TOP	258,000
BG22511022	0	5	3	x40.104-350 Indication-light	110	Rakeln TOP	6,200
BG22511022	0	10	3	x40.104-350 Indication-light	11	SMD-Maschine - JUKI - TOP	13,400
BG22511033	0	5	3	Multimeter - Hauptplatine	105	SMD-Mensch-JUKI-Rüsten	438,000

Abbildung 7: Sollverbräuche

Produktionsplanung

Die Produktionsplanung erfolgt im Rahmen der Strukturauflösung der Fertigungsaufträge. Durch eine Rückwärtskalkulation wird der Arbeitsplan entsprechend der geplanten Durchlaufs, Liege- und Transportzeiten sowie den geplanten Prozesszeiten terminiert und auf die entsprechenden Planungseinheiten (PLE) reserviert. Die Arbeitsgänge beginnen also optimal im Hinblick auf den Liefertermin. Parallel dazu werden die Stücklistenpositionen mit den entsprechenden Arbeitsgängen verknüpft und auf das Beginn-Datum des Arbeitsganges reserviert.

Die nachfolgenden Darstellungen dienen der Verdeutlichung der einzelnen Planungs- und Optimierungsschritte einer PLE (MA-NR 10; Bestückungsautomat). Die Betrachtung der gesamten Firma erfolgt zum Schluss.

In Abbildung 8 ist die Kapazitätsauslastung dargestellt. Je PLE und Tag wird ein Kapazitätsangebot (grün) gepflegt und darauf die Auslastung (orange) der Planungseinheit je Woche dargestellt.

Außerdem wird jede PLE mit einem Kalender- und Schichtmodell versehen, was eine sehr detaillierte Planung im mittel- und langfristigen Zeitfenster erlaubt. Eine energetische Planung in diesem Zeitfenster ist zwar möglich, erscheint uns aber wegen der Durchlaufterminierung, die ja noch nicht die tatsächliche Produktionsreihenfolge auf der jeweiligen PLE darstellt, nicht sinnvoll.

Eine Kapazitätsüberlastung wird von Syslog rot markiert und in der darauffolgenden Kapazitätsglättung ausgeglichen.

Dispo-Nr.	Alo-Nr.	MA-NR	Pl.-Beg	Artikel-Nr.	Bezeichnung 1	Bezeichnung 2	Kurzbez.	Rest Mg	P	Kostenträger	17/01	17/02	17/03	17/04	17/05	17/06	17/07
702433	5	10	10.01.2017	BG20000025	EKW2xSMD-Hauptleiste			1.000.000	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
702483	5	10	18.01.2017	BG20332262E	ER/19c-18d	ER/19c-18d Bl. 1-3	ER/19c-18d	60.000	0	0	0,00	0,00	8,75	0,00	0,00	0,00	0,00
702487	5	10	19.01.2017	BG20332303A	ES/43a-12	Stückliste ES/43a-12 Blatt 1-5	ES/43a-12	100.000	0	0	0,00	0,00	15,73	0,00	0,00	0,00	0,00
702481	5	10	20.01.2017	BG20332190B	ES/15c-12e	Stückliste ES/15c-12e Bl. 1-5	ES/15c-12e	20.000	0	0	0,00	0,00	6,98	0,00	0,00	0,00	0,00
702485	5	10	20.01.2017	BG20332266C	ER/16c-2f	ER/16c-2f	ER/16c-2f	30.000	0	0	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00
702489	5	10	20.01.2017	BG20000066B	EKW27 Bedienteil			50.000	0	0	0,00	0,00	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00
702491	5	10	20.01.2017	BG20000024A	EKW 2.2.1S Bedienteil			50.000	0	0	0,00	0,00	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00
702475	5	10	24.01.2017	BG20332042B	EY/42b-2b	Stückliste EY/42b-2b Bl. 1-3	EY/42b-2b	100.000	0	0	0,00	0,00	0,00	8,72	0,00	0,00	0,00
702477	5	10	25.01.2017	BG20332089A	ES/43a-2	Stückliste ES/43a-2	ES/43a-2	50.000	0	0	0,00	0,00	0,00	9,07	0,00	0,00	0,00
702479	5	10	25.01.2017	BG20332070B	EY/44a-2a	Stückliste EY/44a-2a Bl.1	EY/44a-2a	50.000	0	0	0,00	0,00	0,00	3,08	0,00	0,00	0,00

Abbildung 8: Kapazitätsauslastung

Kapazitätsglättung

Im Rahmen der Kapazitätsglättung werden die Aufträge so umterminiert, dass die Ressourcen entsprechend dem Kapazitätsangebot nicht überlastet werden (siehe Abbildung 9).

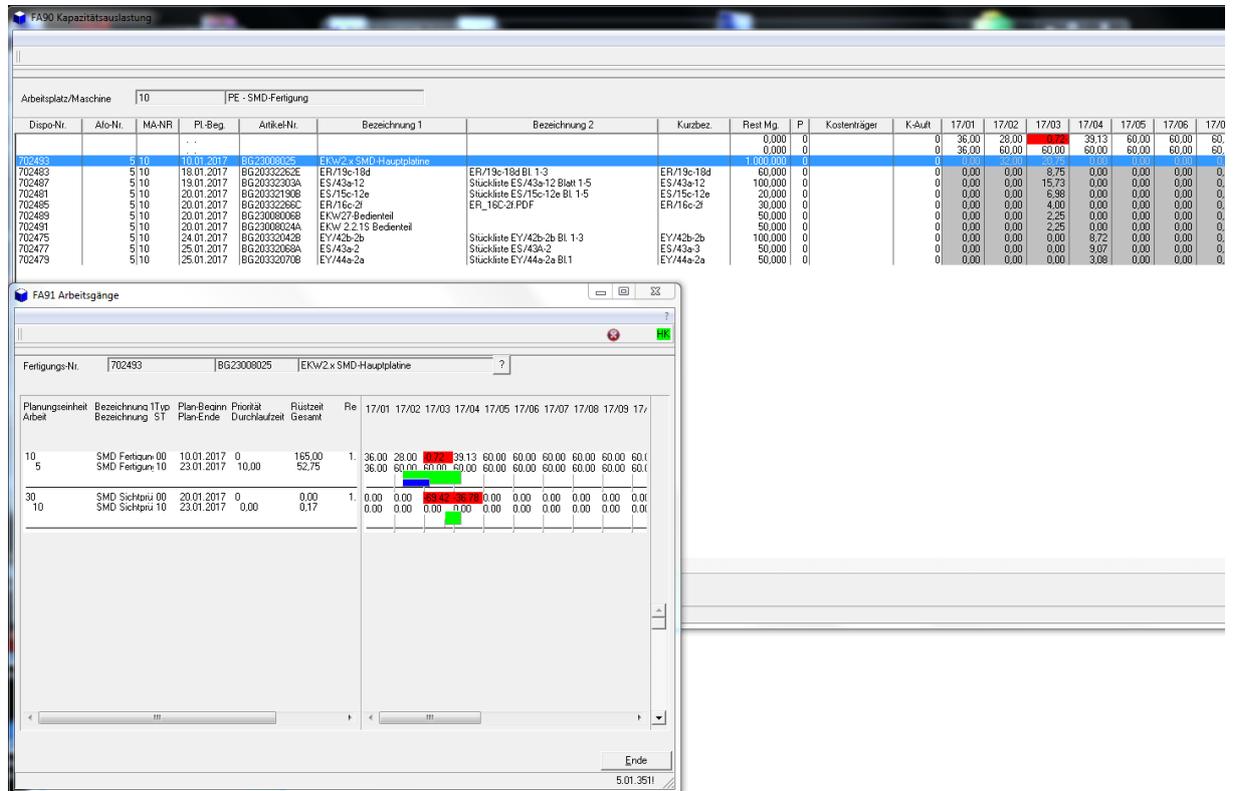


Abbildung 9: Kapazitätsglättung

Die Fertigungsaufträge des terminlich nächsten Planungszeitraums werden in den Arbeitsvorrat (in Abbildungen „Afo“) geschrieben.

Die Abbildung 10 stellt den Arbeitsvorrat nach der Kapazitätsglättung dar. Eine Priorisierung, d. h. eine genaue Planung des zeitlichen Ablaufs der Arbeitsgänge, ist jedoch noch nicht erfolgt.

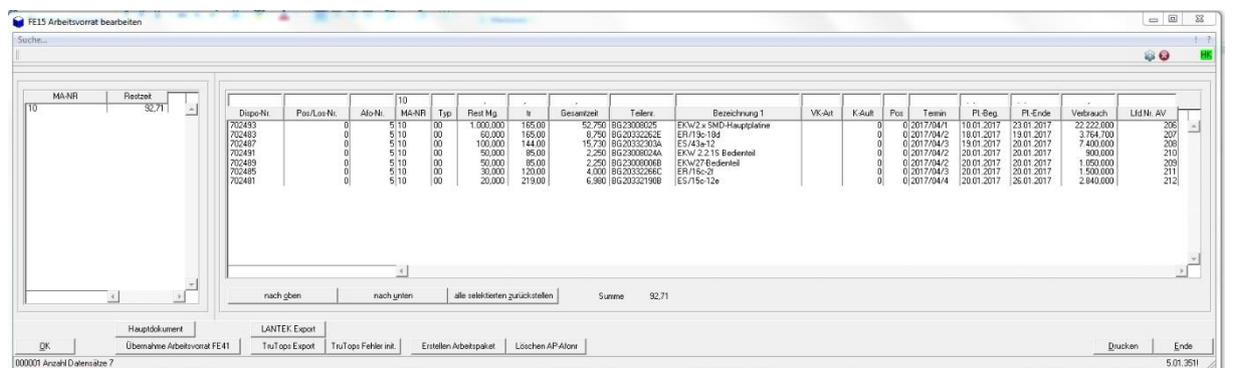


Abbildung 10: Fertigungsplanung MA10

Wenn die Fertigung, wie in Abbildung 10 terminiert, durchgeführt werden würde, ergäbe sich der in Abbildung 11 dargestellte Verlauf des Energiebedarfs pro Stunde. Zwischen den Aufträgen steht die Maschine immer wieder still.

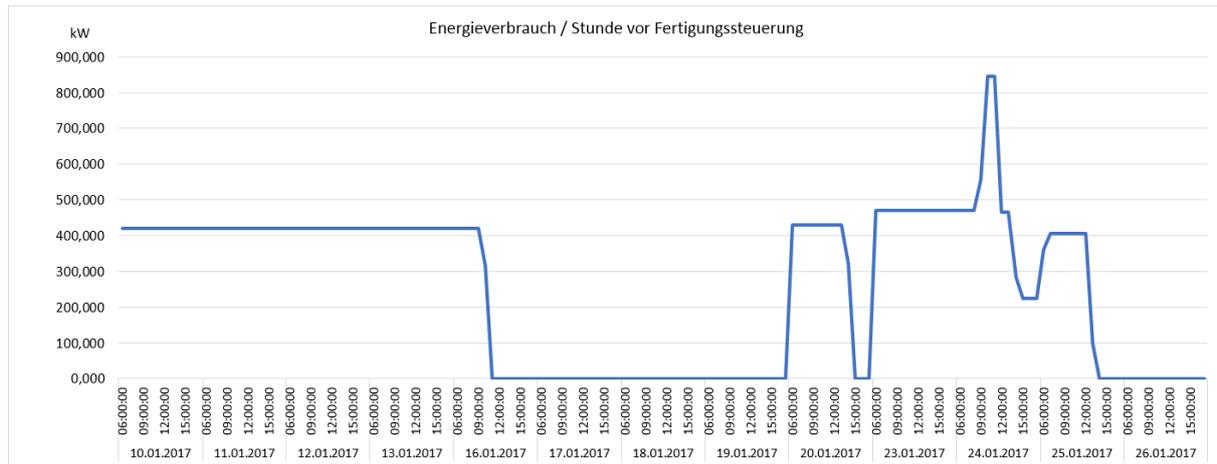


Abbildung 11: Energiebedarf MA10

Fertigungssteuerung

Einzelmaschinenbetrachtung

Im kurzfristigen Zeitfenster, im Regelfall 2 bis 5 Arbeitstage, werden die anstehenden Arbeitsgänge je PLE manuell mithilfe der Buttons „nach oben“, „nach unten“ und „alle selektierten zurückstellen“ im Syslog-Dialog (siehe Abbildung 10) priorisiert, also in die gewünschte Reihenfolge gebracht.

Durch den Aktionsbutton „Festschreiben“ im Syslog-Dialog, wird dann die tatsächliche Fertigungsfolge und damit auch die energetische Planung festgelegt. Im Zuge dessen werden für die einzelnen Fertigungsaufträge ab dem aktuellen Zeitpunkt genaue Beginn- und Ende-Daten und -Uhrzeiten gesetzt, nach der die Fertigung dann tatsächlich erfolgt. Die lückenlose Terminierung entspricht sowohl dem Pausen-, als auch dem Schichtmodell der Firma.

Alle Fertigungsaufträge werden auf einen Zeitraum konzentriert, damit die Maschinenarbeitstage optimal gefüllt sind. Zum einen wird so die Kapazität der Maschine vollends ausgenutzt, zum anderen werden Stillstandzeiten zwischen einzelnen Aufträgen vermieden.

Diese genaue Planung der Fertigungsfolge innerhalb der PLE ist auch Grundlage für die Steuerung der anschließenden Prozessschritte.

Wie in der Abbildung 12 und Abbildung 13 zu sehen ist, sind am 10.01.2017 und 11.01.2017, sowie vom 24.01.2017 bis zum 26.01.2017 keine Fertigungsaufträge für diese PLE eingeplant. Der Strombedarf von durchschnittlich circa 5.160 kWh pro Tag könnte, wenn in der Firma nicht anderweitig benötigt, an den Energieversorger freigemeldet werden. So wird es diesem ermöglicht, die Energie anderweitig zu verplanen und der Firma unter Umständen Energiebereitstellungskosten zurück zu erstatten. Auf diese Weise können Stromkosten minimiert werden.

Abbildung 12: Arbeitsvorrat MA10

Es ergibt sich folgender Verlauf des Energiebedarfs pro Stunde:

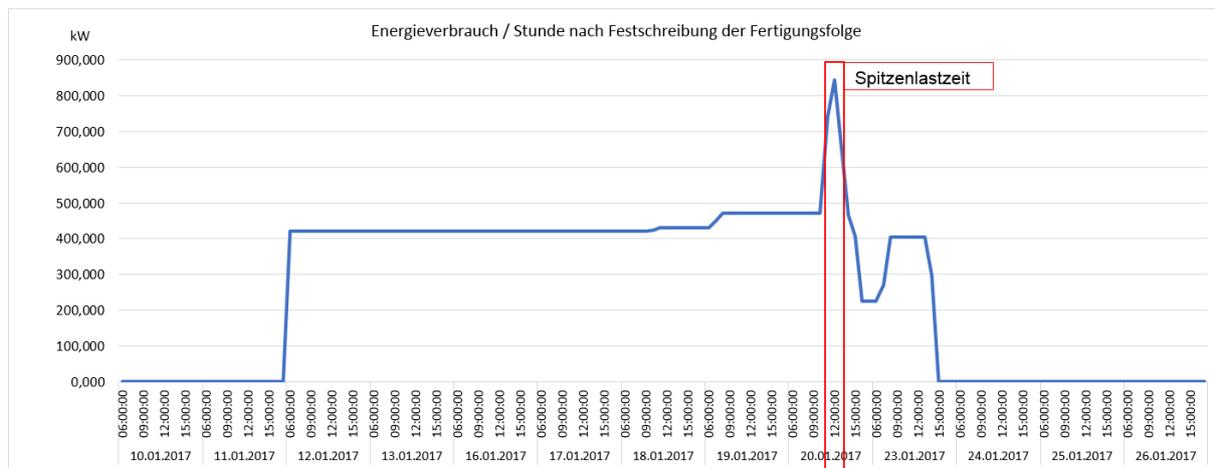


Abbildung 13: Arbeitsvorrat MA10- Energiebedarf

Generell muss darauf geachtet werden, dass der Energiebedarf der Firma über den Tag einigermaßen geglättet ist, denn Tarifüberschreitungen beim Stromverbrauch sind äußerst kostspielig. Eine Spitzenauslastung, wie in Abbildung 13 beim 20.01.2017 zu sehen ist, ist somit zu vermeiden. Wenn dies nicht möglich ist, gilt es die Tageszeit, an denen besonders energieintensive Fertigungsaufträge erledigt werden, zu beachten, denn seit Ende 2010 sind Stromanbieter rechtlich dazu verpflichtet, tageszeitabhängige Stromtarife anzubieten. Durch den zukünftig flächendeckenden Einsatz von sogenannten „Smart Metern“ (intelligente Stromzähler, die Verbrauchsdaten in schnellerem Rhythmus an die Energieversorgungsunternehmen liefern können) wird dies immer öfter realisiert. Die Preise dieser Art von Stromtarifen richten sich nach der tageszeitabhängigen Nachfrage. D. h. in der Spitzenlastzeit, die in Deutschland ca. zwischen 11:00 Uhr und 14:00 Uhr ist, ist der Strom besonders teuer, wohingegen er an einer Tageszeit, an der das Stromnetz weniger stark ausgelastet ist (in Deutschland i.d.R. zwischen ca. 15:00 Uhr und 17:00 Uhr), billiger ist.

Ein energieintensiver Auftrag sollte folglich nicht mittags, sondern nachmittags gefertigt werden. Im folgenden Beispiel, das in Abbildung 14 und Abbildung 15 dargestellt ist, wurden die Fertigungsaufträge so vertauscht, dass der Auftrag, der in Abbildung 13 die Energieverbrauchsspitze darstellt, nicht mehr in der Spitzenlastzeit gefertigt wird. In Syslog erreicht man dies, indem man die betroffenen Fertigungsaufträge im Syslog-Dialog FE15 „Arbeitsvorrat bearbeiten“ entsprechend priorisiert. Nach der Festschreibung ergibt sich folgende Fertigungsfolge:

Abbildung 14: Arbeitsvorrat MA10 (2)

Der resultierende Energiebedarf pro Stunde wird so verändert, dass der energieintensive Auftrag am Nachmittag gefertigt wird:

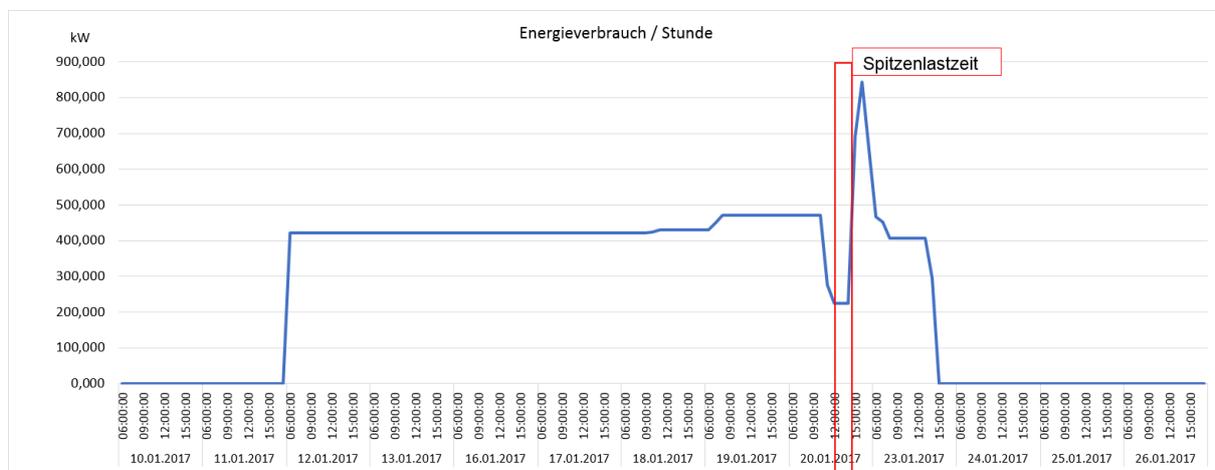


Abbildung 15: Arbeitsvorrat MA10 (2) – Energiebedarf

Gesamtbetrachtung

Da eine Firma in der Regel mehr als nur eine Maschine betreibt, ist es sinnvoll, bei der Energieplanung anstelle einzelner Maschinen die gesamte Firma zu betrachten.

Beispielhaft werden hier ein weiterer Bestückungsautomat (MANR 20) und eine Lötwellen (MANR 15) hinzugezogen. Ziel ist es, den Energiebedarf der Firma möglichst konstant zu halten, um kostenintensive Energieverbrauchsspitzen, die über den Stromtarif hinausgehen, zu vermeiden.

Der Energieverbrauch einer Lötwellen unterscheidet sich von dem eines Bestückungsautomaten. Sobald die Lötwellen in Betrieb genommen wird, ist der Energiebedarf konstant, also nicht von der Auftragsbelastung abhängig. Somit ist sinnvoll, die Maschinenarbeitstage einer Lötwellen zu füllen und sie dafür an anderen Tagen nicht in Betrieb zu nehmen. Die abzuarbeitenden Auftragsbestände sind durch Pseudo-Aufträge zu steuern, in denen bestimmt wird, in welchem Zeitraum die Lötwellen in Betrieb genommen wird. Im folgenden Beispiel soll die Lötwellen immer montags und dienstags betrieben werden, von Mittwoch bis Freitag wird sie abgeschaltet.

An Tagen, an denen die Lötwellen betrieben wird, wird ihr Energieverbrauch als Grundlast interpretiert und die Verbrauchsspitzen über die auftragsbezogenen Energiebedarfe der Bestückungsautomaten reguliert. In der restlichen Arbeitswoche ist der Energiebedarf durch den Ausfall der Lötwellen deutlich geringer. Möglich wäre hier die Freimeldung des Energiebedarfs

an den Energieversorger. Diesem wird es, wie oben beschrieben, ermöglicht, die Energie anderweitig zu verplanen und der Firma die Energiebereitstellungskosten teilweise zurück zu erstatten, Stromkosten können so minimiert werden. Sollte es möglich sein, den Maschinenbetrieb längerfristig zu planen, wenn die Lötwellen beispielsweise ausschließlich montags und dienstags betrieben wird, wäre es auch denkbar, dass entsprechende Verträge mit Energieversorgungsunternehmen ausgehandelt werden.

In den Abbildungen 16 und 17 sind die bereits festgeschriebenen Arbeitsvorräte der Lötwellen (MA15) und des zweiten Bestückungsautomaten (MA20) dargestellt.

Abbildung 16: Arbeitsvorrat MA15 (Lötwellen)

Abbildung 17: Arbeitsvorrat MA20 (Bestückungsautomat)

Würde man die Fertigungsaufträge nach den Arbeitsvorräten aus Abbildungen 13, 16 und 17 abarbeiten, so käme es zu folgendem Energiebedarf:

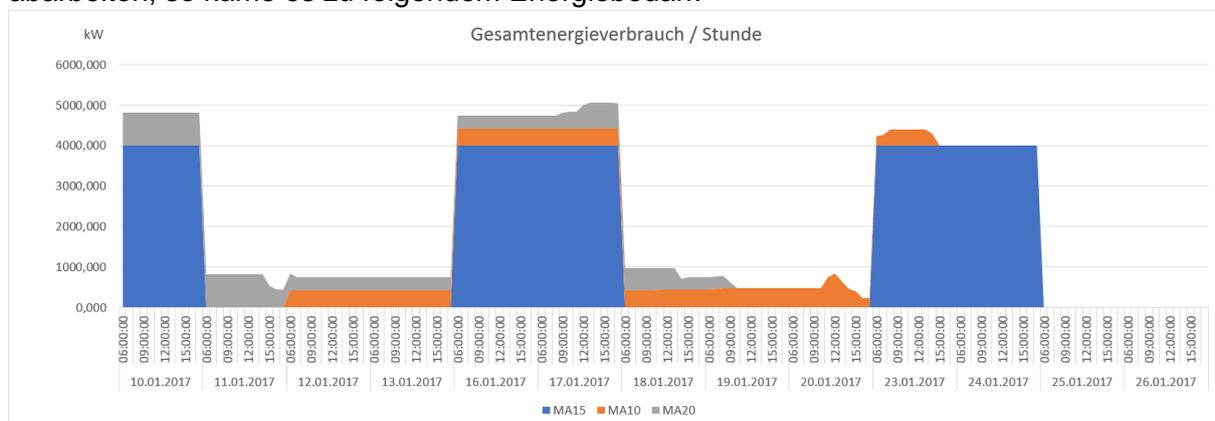


Abbildung 18: Gesamtenergiebedarf

Um den Energiebedarf an Tagen, an denen die Lötwellen betrieben wird, nicht zusätzlich zu erhöhen, empfiehlt es sich, dass Aufträge von Bestückungsautomaten möglichst in die Zeiträume gelegt werden, in denen die Lötwellen abgeschaltet ist.

Da Syslog innerhalb eines Arbeitsvorrats aber keine Pausenzeiten zulässt, müssen die Aufträge, die zeitlich zurück terminiert werden sollen, in einen neuen Arbeitsvorrat verschoben werden, der dann am gewünschten Datum beginnt. Durch die Verschiebung von (Teil-)Fertigungsaufträgen ergibt sich folgender Verlauf des Gesamtenergieverbrauchs pro Stunde:

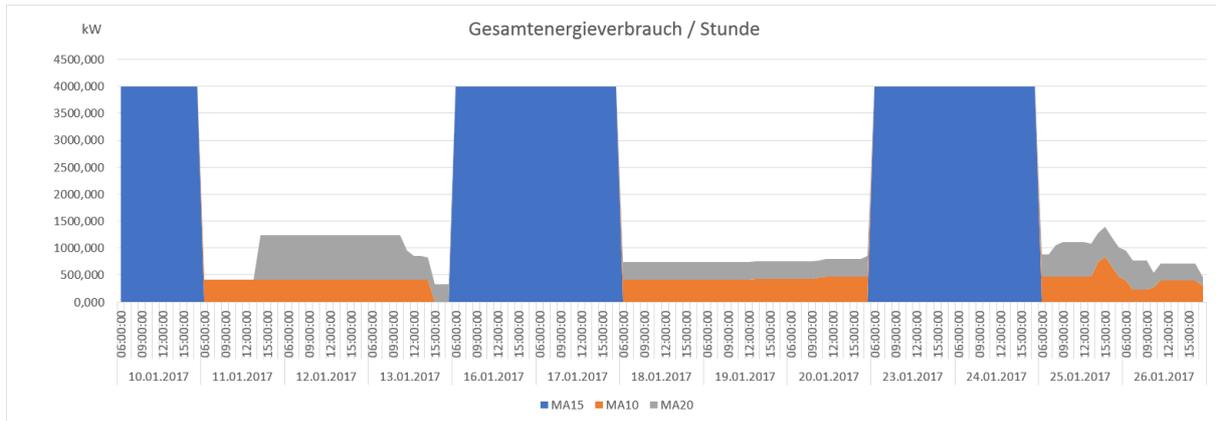


Abbildung 19: Gesamtenergiebedarf (optimiert)

Fazit

Nach erfolgreichem Projektabschluss wird die Vermarktung im Wesentlichen über zwei Maßnahmen aktiv betrieben. Zum einen sollen Energieberater und entsprechende Einrichtungen direkt angesprochen werden.

Zum anderen wird die Firma Syslog auf den einschlägigen Messen, ggf. auch auf neuen Messen, die auf regenerative Energien spezialisiert sind (z. B. Messe Intersolar), das neue System vorstellen und so einem breiteren Markt international zugänglich machen.

Zusätzlich kann bei unseren Bestandskunden das neue System aktiv vermarktet werden.

Der große Nutzen für die anwendenden Firmen liegt darin, dass diese nicht nur ein sehr detailliertes Verständnis für Energie- und Hilfsstoffverbräuche in ihrer Produktion gewinnen, sondern, dass sie - insbesondere durch die neuen Simulationsmethoden - Ansatzpunkte für Verbesserungen, Optimierungen oder Energieeinsparungsmöglichkeiten identifizieren können.

Darüber hinaus kann durch die Ermittlung der spezifischen Energieverbräuche sowie deren Zuordnung zu den einzelnen Prozessschritten eine detaillierte Erfassung der hieraus resultierenden CO₂-Emissionen ermöglicht werden.

So können durch das neue Energiemanagement Energie und Ressourcen eingespart und die CO₂-Emission von KMUs drastisch reduziert werden. Langfristig strebt die Firma Syslog an, durch die kontinuierliche Verbesserung der neuen Analysesoftware weitere 10 % Energie einsparen zu können.

Ohne die Förderung durch die DBU hätte die Entwicklung nicht durchgeführt werden können.

Langfristig sollen durch das ganzheitliche Energiemanagement auch die Erträge von z. B. Photovoltaikanlagen in die gesamtenergetische Betrachtung mitberücksichtigt werden, was bislang noch nicht realisiert werden konnte. So sollen beispielsweise bestimmte Prozesse, die einen hohen Energiebedarf aufweisen, vorzugsweise mittags durchgeführt werden, um den durch die PV-Anlage produzierten Strom optimal nutzen zu können.

Durch die kurzfristigen Auftragsänderungen in der Elektrobranche erschien eine längerfristige Planung in der Praxis nicht sinnvoll. Sobald der Planungshorizont über 2 bis 3 Tage hinausgeht, ist nach den Erfahrungen beim Anwendungspartner intrObest die Planung nicht mehr aussagefähig. Bei der Übertragung auf andere Branchen mit längerfristigen Produktionszeiten sollten sich hier deutlich stabilere und längerfristige Ergebnisse erzielen lassen. Dies konnte jedoch im Rahmen des Projekts nicht erforscht werden und sollte bei einer Anschlussförderung angestrebt werden. Die Potenziale scheinen hier deutlich höher zu sein.