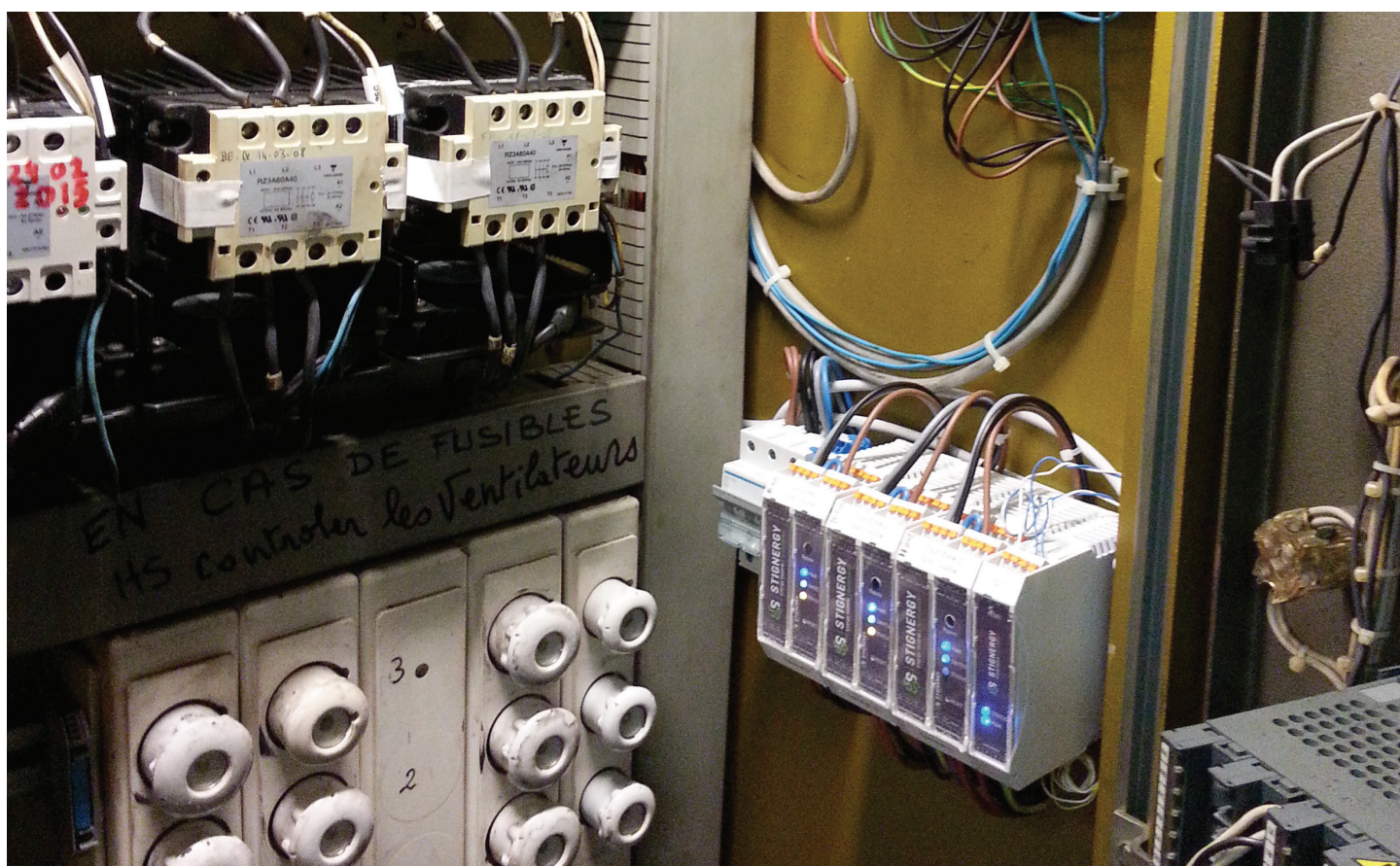


INDUSTRIEBETRIEB BRICHT STROMVERBRAUCHSSPITZEN

Ein «intelligentes» Energiemanagementsystem ermöglicht Industriebetrieben, Bezugsspitzen beim Strom zu brechen und den Elektrizitätsverbrauch ihres Maschinenparks zu senken. Ein Metallverarbeitungsbetrieb in Vallorbe (VD) mit 250 Beschäftigten erzielte im Rahmen eines Pilot- und Demonstrationsprojekts Einsparungen bei den Stromkosten von jährlich gut 20'000 Fr., und mit weiteren Optimierungen dürften sogar Einsparungen von 50'000 Fr. erreicht werden. Das Energiemanagementsystem unterstützt in mittleren und grossen Unternehmen den Kulturwandel in Richtung Energieeffizienz.



Der SEMS-Terminal der Stignergy SA (das weisse Kästchen auf der gelben Rückwand) wird im Schaltschrank eines industriellen Verbrauchers eingebaut. Foto: UMV

Die Gemeinde Vallorbe im Waadtländer Jura kann auf eine lange Tradition der Eisenverarbeitung zurückblicken. Bereits im Jahr 1285 ist der erste Eisenschmelzofen im Tal der Orbe belegt. Im 19. Jahrhundert arbeitet hier dann eine grosse Zahl von Industriebetrieben. Ein Zeuge dieser Tradition ist die *Usines Métallurgiques de Vallorbe SA*, kurz UMV. Der 1899 gegründete Metallverarbeitungsbetrieb produziert unter dem Markennamen *vallorbe swiss* Präzisionstools für Schmuck- und Uhrenhersteller, aber auch Werkzeuge für die Holz- und Metallverarbeitung. Die 250 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der UMV erwirtschaften einen Umsatz von 37 Mio. Fr. (2016). Das Traditionsunternehmen steht mit seiner Produktpalette aktuell unter einem hohen Margendruck. Der nach wie vor starke Schweizer Franken setzt die weltweit exportierende Firma zusätzlich unter Druck.

Ein gewichtiger Kostenfaktor der UMV sind die Stromkosten, rund 950'000 Fr. im Jahr (2016). Auf dem Fabrikgelände in Vallorbe sind rund 500 elektrische Geräte am Netz. Dazu gehören Öfen zur Aushärtung des Stahls und Kompressoren zur Erzeugung von Druckluft, aber auch Ventilatoren, Pumpen oder das IT-System der Verwaltung. Im September 2015 haben die UMV ein Smart Energy Management System (SEMS) in Betrieb genommen mit dem Ziel, die Stromkosten auf zwei Wegen zu reduzieren: In erster Linie reduziert das



Auf dem Fabrikareal der *Usines Métallurgiques de Vallorbe SA* in Vallorbe wurde das Energiemanagementsystem von Stignergy im Rahmen eines Pilot- und Demonstrationsprojekts getestet. Foto: UMV

SEMS durch gezieltes Lastmanagement von energieintensiven Öfen, Kompressoren und Ventilatoren die Bezugsspitzen des Unternehmens. Das senkt die Stromrechnung, weil die monatliche Bezugsspitze die Höhe der Stromkosten massgeblich beeinflusst, und zwar unabhängig von der Menge des verbrauchten Stroms (vgl. Textbox unten). Zudem erlaubt das SEMS, die angeschlossenen Verbraucher bedarfsorientiert zu betreiben, was deren Stromverbrauch mindert.

SPITZENLEISTUNG KOSTET GELD

Anders als Privathaushalte entschädigen energieintensive Gewerbe- und Industriebetriebe ihren Stromversorger nicht nur für die Anzahl der bezogenen Kilowattstunden. Sie bezahlen zusätzlich ein Entgelt für die bezogene Spitzenleistung. Gemeint ist damit der Zeitpunkt des maximalen Strombezugs während eines definierten Zeitraums. Dieses Entgelt erheben die Netzbetreiber, weil solche Spitzenleistungen unregelmässig abgerufen werden – und das möglicherweise auch zu Zeitpunkten, zu denen das Netz schon stark belastet ist. Das Netz muss daher auf die auftretenden Spitzenbelastungen dimensioniert werden und nicht auf den Elektrizitätsverbrauch.

Üblicherweise wird für die Abrechnung der Spitzenleistung die sogenannte «viertelstündliche Spitzenleistung» herangezogen: Um diese zu bestimmen, wird jene 15-Minuten-Periode während eines Monats herangezogen, in der der Industriebetrieb seinen höchsten Stromverbrauch hatte. Daraus wird dann die Spitzenleistung abgeleitet, die der Abrechnung der Stromkosten für diesen Monat zugrunde gelegt wird.

Die UMV in Vallorbe hatte im Jahr 2014 – also vor Inbetriebnahme des Energiemanagementsystems SEMS – je nach Monat eine viertelstündliche Spitzenleistung zwischen 2'286 (Juni) und 2'538 kW (Oktober). Für diese Spitzenleistung musste die UMV den lokalen Energieversorger VO Energies mit 23'300 Fr. (Juni) und knapp 26'000 Fr. (Oktober) entschädigen. Diese Zahlen zeigen: Wenn ein Unternehmen die viertelstündliche Spitzenleistung reduzieren kann, spart es bares Geld und entlastet das Netz. BV

Innerhalb von drei Jahren amortisiert

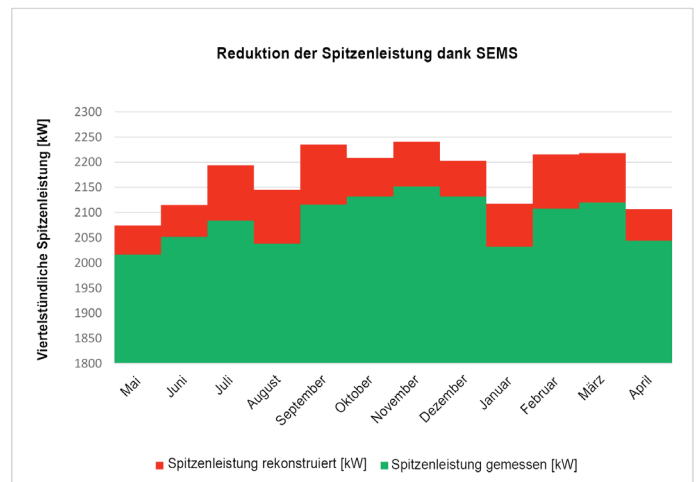
Eine Auswertung für den Jahreszeitraum Mai 2016 bis April 2017 zeigt nun: Dank des SEMS konnte die UMV in den zwölf Monaten Stromkosten im Umfang von 20'000 Fr. sparen. Rund die Hälfte der Einsparung entfällt auf die Reduktion der monatlichen Spitzenleistung, die in den einzelnen Monaten um 3 bis 5% gesenkt werden konnte (vgl. Tabelle/ Grafik rechts). Die andere Hälfte der Kostensenkung entfällt auf die Verminderung des Stromverbrauchs (um 1.6 % des Jahresverbrauchs von 7.5 GWh). Bezogen auf die Gesamtaufwendungen der UMV für Elektrizität von 950'000 Fr. entspricht die Einsparung von 20'000 Fr. einem finanziellen Bonus von gut 2%.

«Wir sind mit dem SEMS sehr zufrieden, es läuft zuverlässig und hat unsere Erwartungen im Rahmen des Pilot- und Demonstrationsprojekts erfüllt», sagt Richard Fayolle, der das Projekt bei der UMV betreut hat. Bei Investitionskosten von 60'000 Fr. werde sich das Energiemanagementsystem innerhalb von rund drei Jahren durch die erzielten Einsparungen amortisieren lassen. Ein willkommener Nebeneffekt ist, dass der Einbau des SEMS die Belegschaft für Fragen der Energieeffizienz sensibilisiert hat, sagt der UMV-Qualitätsmanager: «Das SEMS führt den Beschäftigten den Stromverbrauch und die Auswirkungen der Effizienzmassnahmen anschaulich vor Augen. Das hat bei unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zu einem eigentlichen Kulturwandel geführt.»

SEMS-Terminals an 16 grossen Verbrauchern

Das in Vallorbe eingesetzte Energiemanagementsystem erstreckt sich nur auf eine relativ kleine Zahl der elektrischen Verbraucher, die auf dem Fabrikareal der UMV in Betrieb sind: Von den 500 elektrischen Geräten wurden 16 ausgewählt, die über einen hohen Verbrauch verfügen. Dabei handelt es sich um Öfen, Kompressoren und Ventilatoren, die zusammengenommen 70% der Leistungsspitze repräsentieren (ca. 1'600 von 2'300 kW). In Frage kamen dabei nur Geräte, die während des Betriebs über eine zeitliche Flexibilität verfügen, die also nicht durchgehend laufen müssen. Der Server des IT-Systems zum Beispiel konnte nicht einbezogen werden, weil er ohne Unterbruch mit Strom versorgt werden muss. Auch die 16 ausgewählten Geräte stehen nicht mit ihrer vollen Leistung von 1'600 kW für Lastverschiebung zur Verfügung. Dafür können lediglich 1'214 kW genutzt werden. Das entspricht gut der Hälfte der Spitzenleistung von rund 2'300 kW.

	Spitzenleistung gemessen [kW]	Spitzenleistung rekonstruiert [kW]	Reduktion der Spitzenleistung [kW]	Reduktion im Vergleich zur Spitzenleistung	Maximal beeinflussbare Leistung zZ der Spitzenleistung [kW]	Reduktion im Vergleich zur beeinflussbaren Leistung	Finanzielle Einsparung [CHF]
Mai 2016	2'016	2'074	58	2.88%	773	7.50%	548
Juni 2016	2'052	2'115	63	3.07%	748	8.42%	595
Juli 2016	2'084	2'194	110	5.28%	748	14.71%	1'040
August 2016	2'038	2'145	107	5.24%	617	17.34%	1'010
September 2016	2'116	2'235	119	5.62%	629	18.92%	1'124
Oktober 2016	2'132	2'208	76	3.59%	489	15.64%	723
November 2016	2'152	2'241	89	4.13%	464	19.17%	840
Dezember 2016	2'132	2'203	71	3.32%	464	15.24%	668
Januar 2017	2'032	2'118	86	4.22%	424	20.20%	810
Februar 2017	2'108	2'215	107	5.09%	424	25.30%	1'014
März 2017	2'120	2'218	98	4.63%	464	21.14%	927
April 2017	2'044	2'107	63	3.07%	464	13.52%	593
Total							9'892



Dank Einsatz des SEMS konnte die viertelstündliche Spitzenleistung je nach Monat um knapp 3% bis gut 5% reduziert werden. Die Grafik zeigt die Spitzenleistung, die bei Einsatz des SEMS gemessen wurde (grün), sowie die dank SEMS erzielte Reduktion der Spitzenleistung (rot). Ohne Einsatz von SEMS hätte die Spitzenleistung jeweils höher gelegen («Spitzenleistung rekonstruiert»). Bei der rekonstruierten Spitzenleistung handelt es sich nicht um einen Mess-, sondern um einen Schätzwert. Tabelle und Grafik: Schlussbericht P+D-Projekt

Beim Einbau des Energiemanagementsystems wurde im Schaltschrank der 16 Geräte jeweils ein SEMS-Terminal installiert, anschliessend wurde definiert, mit welcher zeitlichen Flexibilität jedes Gerät ein- und ausgeschaltet bzw. in seiner Leistung reduziert werden kann. Jeder SEMS-Terminal misst verschiedene Parameter. Diese Messwerte werden im Minutentakt mit den SEMS-Terminals der anderen 15 Geräte ausgetauscht. Auf der Grundlage dieser Daten trifft jeder SEMS-Terminal – ebenfalls im Minutenrhythmus – eine autonome Entscheidung, mit welcher Leistung das vorliegende Gerät weiterbetrieben wird. Der Datenaustausch zwischen den SEMS-Terminals erfolgt innerhalb einer Fabrikhalle über Kabel, zwischen den Hallen über eine Funkverbindung. Die

Gesamtheit der Mess- und Steuerungsdaten wird per Gateway auf einen zentralen Server übertragen. Sie können auf einer Instrumententafel (Dashboard) visualisiert, zu statistischen Zwecken ausgewertet und für betriebliche und energetische Optimierungen genutzt werden. So lässt sich beispielsweise aus den Betriebsdaten eines Kompressors ablesen, wann der nächste Filterwechsel fällig ist.

Sechs Jahre von der Idee bis zur Anwendung

Entwickelt hat das Smart Energy Management System die Firma Stignergy SA in Yverdon, ein Ende 2012 gegründetes Start-up der *Haute école d'ingénierie et de gestion du canton de Vaud* (HEIG-VD). Der Kopf hinter Stignergy ist der ausgebildete Elektronikingenieur Sami Najjar. Der tunesienstämmige Schweizer hatte bei dem britischen Telekom-Konzern Cable&Wireless gearbeitet und machte sich später mit Stignergy selbständig. Nach zwei Jahren Forschung und Entwicklung an der HEIG-VD stellte er 2012 den Prototypen des SEMS vor, und nach zwei weiteren Jahren der Industrialisierung war das System bereit für die kommerzielle Anwendung. Ein Pilot- und Demonstrationsprojekt des Bundesamts für Energie schuf die Gelegenheit, die Leistungsfähigkeit des SEMS von 2015 bis 2017 bei der UMV in Vallorbe im Praxiseinsatz zu testen. Unterdessen ist das Energiemanagementsystem bei sieben weiteren Unternehmen im Einsatz: in vier Fabriken der metallurgischen und mechanischen Industrie, einem Vier-Sterne-Hotel mit Küche und Waschküche, einem Restaurant und einem Kieswerk, das aus dem Neuenburgersee Kies für die Betonproduktion entnimmt.

Nach Auskunft von Sami Najjar ist das SEMS sinnvoll einsetzbar bei Industriebetrieben mit einem elektrischen Spitzenbedarf von mehr als 700 kW. Allein in der Schweiz veranschlagt er das Marktpotenzial auf rund 15'000 Unternehmen. «Das P+D-Projekt war für uns sehr wichtig, weil es gezeigt hat, dass es unserem System tatsächlich gelingt, die Leistungsspitze bei Industriebetrieben zu brechen.» Zu einer positiven Beurteilung kommt auch das Westschweizer Energieversorgungsunternehmen Romande Energie SA (Morges). «Das System von Stignergy stellt ein robustes und innovatives Instrument zum Energiemonitoring und -management bereit, das wir unseren Kunden anbieten können, die ihre Energieeffizienz steigern und die Vorteile von intelligentem Energiemanagement nutzen wollen», sagt Cynthia Cavin von Romande Energie. Romande Energie ist nicht Stromversorger der UMV, hat sich an dem P+D-Projekt aber als Partner beteiligt, weil es interessiert ist, im Energiebereich neue Geschäftsaktivitäten aufzubauen.

WIE DAS SEMS FUNKTIONIERT

Das Smart Energy Management System (SEMS) der Firma Stignergy SA besteht zur Hauptsache aus Mess- und Steuerungseinheiten, die bei jedem grösseren Stromverbraucher eines Industriebetriebs installiert werden. Die SEMS-Terminals messen für jeden Verbraucher – in der Regel eine Maschine (Foto: Kompressor) oder ein Prozessschritt – kontinuierlich Strom, Spannung, Phasenwinkel, Frequenz, Verbrauch, Leistung und Oberwellen. Die Terminals tauschen diese Daten im Minutenrhythmus untereinander aus. Aufgrund dieser Daten berechnet dann jeder Terminal mit einem Algorithmus ein Steuerungssignal für den angeschlossenen Verbraucher.

Der Zweck der Übung: Die elektrischen Verbraucher werden so gesteuert, dass für den Gesamtbetrieb Lastspitzen möglichst vermieden werden. Dies gelingt, indem die Verbraucher so gesteuert werden, dass sie möglichst nicht gleichzeitig in Betrieb sind («Lastverschiebung»). Voraussetzung dafür ist, dass die angeschlossenen Verbraucher nicht zwingend dauerhaft in Betrieb sein müssen, dass sie also über eine gewisse zeitliche Flexibilität verfügen.



Das Schöne am SEMS: Das System muss für diese Aufgabe nicht eigens programmiert werden. Vielmehr lernt es während einer einmonatigen «Lernphase», welche Verbraucher wann in Betrieb sein müssen. Erst nach Abschluss der Lernphase kann das System zur Lastverschiebung eingesetzt werden. Ab diesem Zeitpunkt läuft das System autonom. Bei der UMV in Vallorbe wird zum Beispiel im Zwei- oder im Dreischicht-Betrieb gearbeitet, abhängig vom aktuellen Bestelleingang. Das SEMS erkennt selbständig, in wie vielen Schichten aktuell gearbeitet wird und muss dafür nicht immer neu programmiert werden. BV

Stärken eines dezentralen Systems

Die SEMS-Technologie ist noch jung. So geben die Erfahrungen mit dem P+D-Projekt auch wichtige Anstösse für deren Weiterentwicklung. Eine Erfahrung besteht darin, dass nicht unbedingt jeder elektrische Verbraucher in einer Fabrik mit einem eigenen SEMS-Terminal ausgestattet werden muss. Als in Vallorbe die drei Heizzonen eines Härteofens mit je einem Terminal ausgerüstet wurden, brachte das keinen Vorteil im Vergleich zu einem benachbarten Ofen, bei dem mehrere Heizzonen mit einem einzigen Terminal gesteuert wurden. Klar wurde bei der Anwendung bei der UMV auch, dass das System seine volle Wirkung nur entfalten kann, wenn die angeschlossenen Verbraucher wirklich in Betrieb sind: In der zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraums mussten vier Öfen wegen Wartungs- und Erneuerungsarbeiten ausser Betrieb genommen werden; dadurch verschwand rund ein Drittel des Lastverschiebungspotenzials (und damit auch der Spitzenleistung und des Verbrauchs). Das trübte den Effekt des SEMS in der Jahresbilanz, führte aber auch einen seiner Vorzüge vor Augen: dass das SEMS problemlos weiter funktioniert, wenn ein Teil der Geräte/Terminals ausser Betrieb geht.

Ohne Abschaltung der vier Öfen hätten im Untersuchungszeitraum schätzungsweise 29'000 Fr. (anstelle der oben genannten 20'000 Fr.) eingespart werden können. Stignergy-CEO Sami Najjar ist überzeugt, durch den Einbau neuer Öfen mit mehr Flexibilität bei der Lastverschiebung und weiteren Optimierungen wie beispielsweise variable Betriebsfrequenz der Ventilatoren lasse sich der Spareffekt auf jährlich 50'000 Fr. erhöhen. Das wären dann gut 5% der gesamten Stromkosten des Unternehmens, die dank des Energiemanagementsystems ohne Beeinträchtigung des Betriebs eingespart werden könnten.

- Den **Schlussbericht** zum Projekt finden Sie unter:
<https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=36858>
- **Auskünfte** zu dem Projekt erteilt Dr. Michael Moser (michael.moser[at]bfe.admin.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Netze.
- Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Netze finden Sie unter www.bfe.admin.ch/CT/strom.

PILOT-, DEMONSTRATIONS- UND LEUCHTTURMPROJEKTE DES BFE

Der Praxistest des Energiemanagementsystems der Stignergy SA bei der UMV gehört zu den Pilot- und Demonstrationsprojekten, mit denen das Bundesamt für Energie (BFE) die Entwicklung von sparsamen und rationellen Energietechnologien fördert und die Nutzung erneuerbarer Energien vorantreibt. Das BFE fördert Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte mit 40% der anrechenbaren Kosten. Gesuche können jederzeit eingereicht werden.

www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration
www.bfe.admin.ch/leuchtturmprogramm