

PILOTPROJEKT ZUR BLINDLEISTUNGSKOMPENSATION IN INDUSTRIEBETRIEBEN

Photovoltaikanlagen leisten bei der Stromversorgung von Unternehmen gute Dienste. Noch wenig bekannt ist ein Zusatznutzen, den die Solarstromerzeugung für Industriebetriebe bereithält: Wechselrichter von PV-Anlagen können zur Kompensation der unerwünschten Blindleistung herangezogen werden, wie sie in der industriellen Produktion zum Beispiel durch Motoren auftritt. Ein Pilotprojekt des Bundesamts für Energie hat die innovative Technologie in der Schokoladenfabrik Camille Bloch in Courtelary (Berner Jura) praxisnah erprobt.

DER VERSTECKTE NUTZEN VON PV-ANLAGEN

TEXT: BENEDIKT VOGEL

Wer in Courtelary aus dem Zug steigt und in Richtung der Chocolats Camille Bloch SA geht, nimmt bald einen unverwechselbaren Schoggiduft wahr. Seit den 1930er-Jahren werden hier im Berner Jura feine Schokoladen hergestellt. Camille Bloch steht für Traditionsprodukte wie Ragusa und Torino. Mit Blick auf die Zukunft hat das Unternehmen in den letzten Jahren in eine nachhaltige Energieversorgung und in Effizienzmassnahmen investiert. Seit Juli 2016 deckt der Produktionsbetrieb einen grossen Teil des Wärmebedarfs mit einer Holzschnitzelfeuerung, womit der Heizölverbrauch um 75% gesunken ist. Weitere Einsparungen brachten Prozessoptimierungen mit Unterstützung der Energieagentur für Wirtschaft (EnAW).

Schliesslich liefert eine im Jahr 2017 erstellte 309-kWp-Photovoltaikanlage jährlich 300 000 kWh Solarstrom. Dieser trägt rund 10% zum Jahresstrombedarf des Unternehmens bei.

Solaranlagen sollen in erster Linie Strom aus erneuerbarer Quelle liefern. Sind diese bei Industriebetrieben wie der Chocolats Camille Bloch SA installiert, bieten sie einen weiteren, heute noch wenig bekannten Nutzen: Die PV-Anlagen können zur Kompensation von Blindleistung eingesetzt werden, wie sie in den meisten Industriebetrieben auftritt, bei Camille Bloch zum Beispiel durch die Motoren der Rührwerke und der Zerkleinerungsmaschinen sowie bei weiteren elektrischen Verbrauchern. In der Schokoladenfabrik beträgt die Menge an Blindleistung typischerweise 20% bis 25% der konsumierten

Wirkleistung. Da Blindstrom in Stromnetzen unwillkommen ist, dürfen Industriebetriebe ihn nur in beschränktem Mass bzw. nur gegen Entgelt ins lokale Stromnetz einspeisen. Aus diesem Grund wird Blindleistung in der Regel direkt auf dem Fabrikareal kompensiert (vgl. Textbox 1). Dafür setzen Industriebetriebe herkömmlicherweise eine Kondensatorbank ein.

ZUSATZFUNKTION MODERNER SOLARWECHSELRICHTER

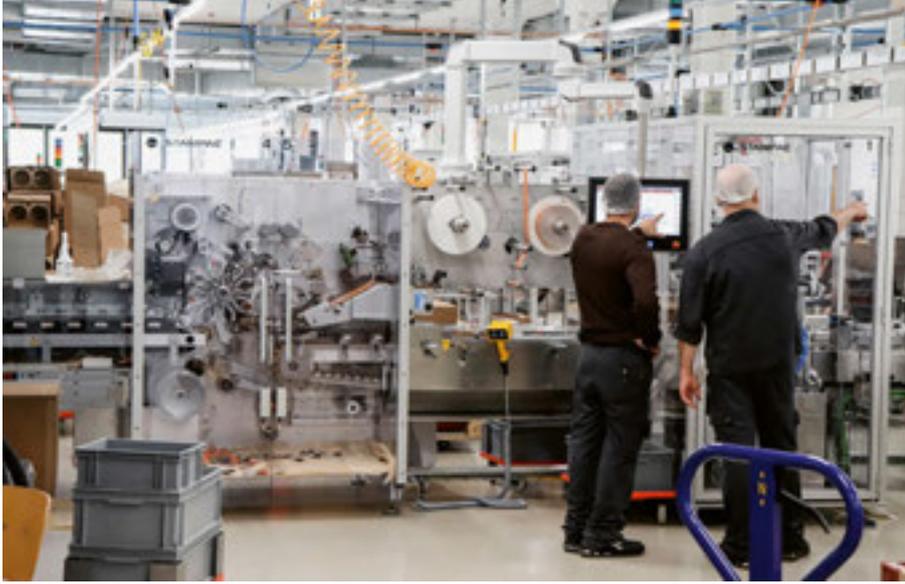
Doch es geht auch anders: Für die Kompensation der Blindleistung können nämlich die Wechselrichter von PV-Anlagen genutzt werden, sofern sie neuerer Bauart sind. Jean-Philippe Simon, Leiter Infrastruktur bei Camille Bloch, führt den Besucher auf das Dach des Produktionsgebäudes, bahnt sich den Weg durch die aufgeständerten Solarmodule und öffnet die Metalltür eines Betriebsraums. Die Tür gibt den Blick frei auf fünf Metallgehäuse. «Das sind die Wechselrichter der PV-Anlage auf diesem Haus. Sie bieten die Möglichkeit, einen Teil der in der Fabrik verursachten Blindleistung zu kompensieren, wie die Tests im Rahmen eines Pilotprojekts gezeigt haben», sagt Simon.

Das Pilotprojekt, von dem der Camille-Bloch-Mitarbeiter spricht, ist vom BFE und vom Kanton Bern unterstützt worden. Unter der Leitung des Ingenieurunternehmens Planair SA wurde eine Testreihe durchgeführt, die alle zehn Wechselrichter

Auf den Dächern der Schokoladenfabrik Camille Bloch in Courtelary (BE) ist eine Solarstromanlage mit einer Leistung von 309 kWp installiert. Links: Jean-Philippe Simon, Leiter Infrastruktur (vorn), zusammen mit seinem Mitarbeiter Nicolas Gentile.



Foto: B. Vogel



Blick in die Schokoladenfabrik Camille Bloch. Alle elektrisch angetriebenen Maschinen erzeugen zwangsläufig Blindleistung. Diese wird traditionellerweise in einer Kondensatorbank kompensiert.

Projektleiter Carlo Marrella. Um bei den Wechselrichtern die jeweils benötigte Blindleistung abzurufen, muss der Regler die in der Fabrik aktuell verursachte Blindleistung kennen. Die entsprechenden Daten werden werkseitig am Transformator erfasst, der das Niederspannungsnetz der Schokoladenfabrik an das Mittelspannungsnetz anschliesst und von dort zum Regler übermittelt.

Planair-Projektleiter Florent Jacqmin zieht eine positive Bilanz des Pilotprojekts: «Die Tests haben gezeigt, dass die Kompensation von Blindleistung durch Wechselrichter zuverlässig funktioniert. Die Technologie ist reif für die Anwendung in Industriebetrieben, die Blindleistungskompensation brauchen und gleichzeitig über eine PV-Anlage verfügen.» Die Reaktionszeit zur Bereitstellung der Kompensationsleistung beträgt rund 20 Sekunden; das ist vergleichbar mit der Reak-

tion der PV-Anlage umfasste (fünf für die PV-Module des Produktionsgebäudes und fünf für jene des Verwaltungsgebäudes). Die Wechselrichter können bei maximaler PV-Produktion 260 kW Wechselstrom bereitstellen. Werden sie zur Kompensation von Blindleistung genutzt, können sie Blindleistung im Umfang von 80% der Wirkleistung bereitstellen, also insgesamt 200 kvar (Blindleistung wird in der Einheit Kilovoltampere reaktiv [kvar] gemessen). Zum Vergleich: Die bestehende Blindleistungskompensations-Anlage (Kondensatorbank) bei Camille Bloch hat eine Kapazität von 720 kvar. Die Wechselrichter könnten somit nicht die gesamte Blindleistung kompensieren, aber zumindest einen Teil.

ERFOLGREICHE TECHNISCHE UMSETZUNG

Sollen Wechselrichter Blindleistung kompensieren, muss der Arbeitspunkt jedes Wechselrichters geregelt werden, um die erforderliche Blindleistung zu produzieren. ABB Schweiz hat den Regler für das Pilotprojekt entwickelt und programmiert. «Wir hatten die Wechselrichter für die PV-Anlage geliefert, und so lag es nah, dass wir im Rahmen des BFE-Projekts auch den Regler zur Verfügung stellten», sagt ABB-

WIE WECHSELRICHTER BLINDLEISTUNG KOMPENSIEREN

Elektrische Anlagen, die eine Spule enthalten, verursachen eine Phasenverschiebung, bei der der Strom der Spannung hinterherhinkt – sie erzeugen induktive Blindleistung. Industrieunternehmen, die Motoren in grösserem Stil einsetzen, erzeugen erhebliche Mengen davon. Da Blindströme im Stromnetz unerwünscht sind, beschränken Netzbetreiber über die Tarifierung die Menge an Blindleistung, die ans Netz abgegeben werden darf. Die Camille Bloch SA müsste 4,1 Rp./kvarh an das lokale Elektrizitätswerk, die Forces Electriques de La Goule SA, abführen, würde sie mehr als 50% der bezogenen Wirkleistung als induktive Blindleistung ins Netz einspeisen. Um solche Kosten zu vermeiden, ist es üblich, dass Industriebetriebe induktive Blindleistung aus Motoren und anderen Elektrogeräten auf dem Werkgelände kompensieren.

Diese Kompensation gelingt über die Erzeugung kapazitiver Blindleistung, die das Gegenstück zu induktiver Blindleistung darstellt (Phasenverschiebung, bei der die Spannung dem Strom hinterherhinkt). Wird einer induktiven Blindleistung dieselbe Menge an kapazitiver Blindleistung entgegengestellt, wird die Blindleistung kompensiert. Diese Kom-

pensation wird herkömmlicherweise durch Kondensatoren in einer Kondensatorbank erreicht. Dieselbe Aufgabe können nun aber auch moderne Solarwechselrichter erfüllen.

Diese Wechselrichter können entweder nur Wirkleistung oder nur Blindleistung bereitstellen – oder aber eine Mischung von beidem. Der gewünschte Betriebsmodus wird durch einen Regler gesteuert, der für das Pilotprojekt in Courtelary eigens von ABB Schweiz entwickelt wurde. Dieser sorgt dafür, dass zu jedem Zeitpunkt genau die Menge an kapazitiver Blindleistung erzeugt wird, die nötig ist, um die aktuell vorhandene induktive Blindleistung auszugleichen. Die Kompensation von Blindleistung schmälert allerdings die Wirkleistung: Werden die zehn Wechselrichter der Schokoladenfabrik maximal zur Kompensation von Blindleistung herangezogen, sinkt ihre Wirkleistung von 261 auf 158 kW.

Der Arbeitspunkt der Wechselrichter kann zu jeder Zeit frei gewählt werden. Daher können Wechselrichter Blindleistung bereitstellen unabhängig davon, ob die PV-Anlage Solarstrom erzeugt oder nicht. Somit können sie auch in den Nachtstunden zur Blindleistungskompensation herangezogen werden.

BV



Die Wechselrichter bei Camille Bloch in Courtelary erzeugen Wechselstrom. Jeder Wechselrichter hat eine Leistung von 27,6 kW bzw. von 20 kW. Die Gesamtleistung der insgesamt zehn Wechselrichter liegt bei 260 kW. Die Umrichter können zur Kompensation von Blindleistung herangezogen werden.

tionszeit einer Kondensatorbank und deutlich kürzer als die fünf Minuten, die in der praktischen Anwendung angestrebt werden. Bei den Tests hatte die Blindleistungskompensation nur geringen Einfluss auf den Solarenergieertrag. Die Autoren machen aber deutlich, dass PV-Wechselrichter, die zur Blindleistungskompensation eingesetzt werden, um rund 10% gegenüber einer Standardinstallation überdimensioniert werden sollten, damit die

Stromproduktion der Solaranlage nicht eingeschränkt wird.

FINANZIELLER VORTEIL, PRAKTISCHE HÜRDEN

Blindleistungskompensation mittels PV-Wechselrichtern ist grundsätzlich finanziell interessant, wie eine im Rahmen des Pilotprojekts erstellte Modellrechnung zeigt. Berücksichtigt man die Investitionskosten und die Betriebskosten über

15 Jahre, resultiert bei Verwendung der PV-Wechselrichter gegenüber der Kondensatorbank ein Kostenvorteil von 8500 Franken pro 100 kvar Blindleistung (in der Modellrechnung ist die oben erwähnte Überdimensionierung der Wechselrichter um 10% mitberücksichtigt). Bei einem grossen Industriebetrieb resultiert somit schnell ein Kostenvorteil im fünf- oder sogar sechsstelligen Frankenbereich.

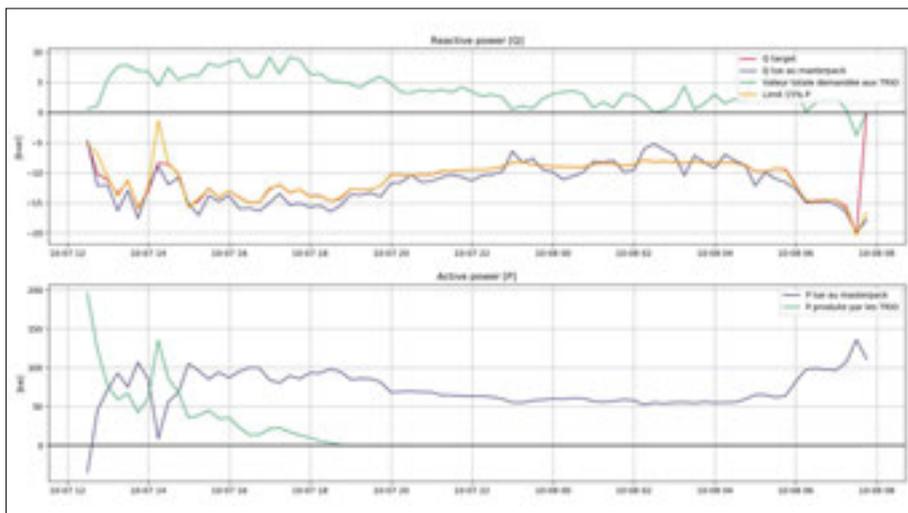
Das Pilotprojekt in Courtelary zeigt allerdings auch die praktischen Hürden bei der Umsetzung des neuen Ansatzes. Denn erstens braucht ein Industriebetrieb eine PV-Anlage, die hinreichend gross ist, dass die Wechselrichter die gewünschte Menge Blindleistung kompensieren können. Und zweitens resultiert der finanzielle Vorteil nur dann, wenn bisher keine Kondensatorbank vorhanden ist oder die bestehende altershalber ersetzt werden muss. «In der Praxis dürften Wechselrichter hauptsächlich bei Werkserweiterungen zur Anwendung kommen. Hier kann der zusätzliche Kompensationsbedarf mit Wechselrichtern abgedeckt werden», sagt Florent Jacqmin und betont: «Wir sehen in der Schweiz ein grosses Potenzial.» Um dieses Potenzial abzurufen, wäre es laut Jacqmin wünschenswert, dass Wechselrichter mit integriertem Regler auf dem Markt verfügbar wären.

ÜBER- UND UNTERSCHWÄNIGEN AUSGLEICHEN

Die Autoren der Pilotstudie verweisen in ihrem Abschlussbericht auf ein weiteres, bislang weitgehend ungenutztes Potenzial von Solarwechselrichtern hin: Sie könnten einen Beitrag zur Spannungshaltung im Netz liefern. Anders formuliert: Netzbetreiber könnten die Wechselrichter grösserer Solaranlagen nutzen, um vorübergehende Über- und Unterspannungen im Mittelspannungsnetz auszugleichen. Zwar wurde dieser Aspekt in der Pilotstudie nicht vertieft untersucht, die Autoren deuten aber an, dass Industriebetriebe zusätzliche Einnahmen generieren könnten, indem sie ihre Wechselrichter dem Netzbetreiber gegen Entgelt zur Spannungshaltung zur Verfügung stellen.

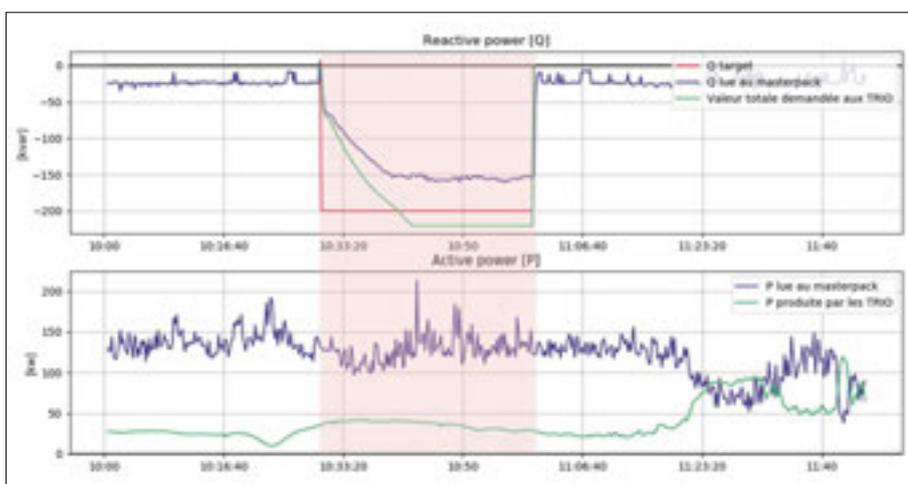
Der Schlussbericht zum Projekt «Compensation d'énergie réactive de l'usine Camille Bloch avec des onduleurs PV» ist abrufbar unter <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=40227>. Auskünfte zum Projekt erteilt Dr. Michael Moser (michael.moser@bfe.admin.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Netze.

Grafik: BFE-Schlussbericht



Die Grafik deckt den Zeitraum vom 7. Oktober (12.00 Uhr) bis zum 8. Oktober (8.00 Uhr) ab. Die untere Grafik zeigt die aus dem Netz bezogene Leistung (blau) und die von der Solaranlage bereitgestellte Leistung (grün). In der oberen Grafik zeigt die grüne Kurve, wie viel (kapazitive) Blindleistung von den Wechselrichtern (TRIO) abgerufen wird. Die orangefarbene Kurve stellt den Hauptsollwert dar: Die Wechselrichter werden aufgefordert, dafür zu sorgen, dass die Blindleistung im Werk 15% der Wirkleistung nicht überschreitet (so die Vorgabe im abgebildeten Test). Die violette Kurve steht für das tatsächliche Verhalten des Systems: Dieses folgt dem Sollwert sehr gut. Die Ergebnisse dieses und weiterer Tests zeigen: Es ist möglich, mit der vorliegenden Steuerung die Blindleistung auf maximal 50% der Wirkleistung zu begrenzen und so sicherzustellen, dass der Netzbetreiber keine Blindenergie in Rechnung stellt.

Grafik: BFE-Schlussbericht



Die Grafik repräsentiert einen Zeitraum von fast zwei Stunden. Für eine halbe Stunde (10.30 bis 11.00 Uhr) müssen die Wechselrichter zur Erzeugung von Blindleistung genutzt werden: Die Wechselrichter reagieren schnell auf den Sollwert, aber wir sehen, dass die blaue Kurve (die eigentliche Messung) die rote Kurve (den Zielwert) nicht erreicht. Sie stabilisiert sich bei 150 kvar anstelle von 200 kvar. Aus der unten stehenden Grafik ist ersichtlich, dass die Wirkleistung der Wechselrichter durch die Erzeugung von Blindleistung nicht beeinflusst wird (da die grüne Kurve während des Testzeitraums keinen signifikanten Abfall erfährt). Das liegt daran, dass die Sonneneinstrahlung relativ gering ist. Bei voller Produktion hätte diese Wirkleistung leicht abnehmen können.