

Bei der Energiekostenoptimierung geht es nicht nur darum, den Energiebedarf einzelner Abnehmer zu minimieren. Das Kappen von Energiespitzen und das Verteilen generatorischer Energie rücken in der Spritzgießindustrie zunehmend in den Fokus (© Engel)



Leistungsspitzen zuverlässig vermeiden

Industrie 4.0 ebnet den Weg zu einem intelligenten Energiemanagement

In der Vergangenheit haben zahlreiche Entwicklungen aufseiten der Antriebstechnik dazu beigetragen, den Energieverbrauch von Spritzgießmaschinen zu reduzieren. Heute geht es nicht mehr allein um den Energieverbrauch einzelner Abnehmer. Vielmehr rücken das Kappen von Energiespitzen und das Verteilen generatorischer Energie zunehmend in den Fokus. Die im Rahmen von Industrie 4.0 voranschreitende Vernetzung der Maschinenparks eröffnet einem intelligenten Energiemanagement zukünftig neue Horizonte.

Die Energieeffizienz liegt seit mehr als drei Jahrzehnten im Fokus des Spritzgießmaschinenbaus. So entwickelte die Engel Austria GmbH, Schwertberg/Österreich, bereits in den 1980er-Jahren ein Energiesparkonzept für ihre hydraulischen Spritzgießmaschinen, das auf der Vermeidung von Verlustenergie basiert. Allerdings stieß dieses damals nur bei wenigen Kunden auf Interesse. Erst mit dem Ansteigen der Energiepreise und dem einsetzenden Nachhaltigkeitstrend rückte die

Energieeffizienz auch in den Blickwinkel der Verarbeiter.

Servohydraulik zunehmend im Standard

2008 brachte Engel die Servohydraulik „Ecodrive“ auf den Markt. Je nach Maschinentyp und Anwendung reduziert diese Antriebslösung den Energieverbrauch hydraulischer Spritzgießmaschinen um 30 bis 70%. Ecodrive repräsentiert den

Stand der Technik energieoptimierter hydraulischer Antriebstechnik, unterscheidet sich in seinem Grundprinzip aber nicht von der in den 1980ern entwickelten Lösung. Die Drehzahl des Antriebs ergibt sich aus der aktuell benötigten Geschwindigkeit der Spritzgießmaschinenachsen. Bei Bewegungsstillstand – z.B. während des Kühlens – ruht der Antrieb und verbraucht keine Energie.

Mit Ecodrive ist es Engel gelungen, auch hydraulische Spritzgießmaschinen

fit für die Anforderungen der Zukunft zu machen. Benötigen die Werkzeuge – beispielsweise für die Betätigung von Kernzügen – ohnehin ein Hydraulikaggregat, verbraucht eine hydraulische Spritzgießmaschine mit Ecodrive unter Umständen weniger Energie als eine vollelektrische mit hydraulischem Beistellaggregat. Was zählt ist die Gesamteffizienz. Die ursprünglich als Option angebotene Servohydraulik ist inzwischen immer öfter ein Standard-Merkmal hydraulischer und hybrider Spritzgießmaschinen. Weltweit verkauft Engel mehr als 80 % seiner hydraulischen Spritzgießmaschinen mit Ecodrive. Wurden lange Zeit vor allem die Hauptantriebe zum Öffnen und Schließen des Werkzeugs sowie das Dosieren und Einspritzen umgestellt, nimmt Engel zunehmend die Nebenbewegungen wie die Kernzüge ins Visier und stattet hydraulische Beistellaggregate mit Ecodrive aus.

Vollelektrische Maschinen erfüllen individuelle Branchenanforderungen

Mit der vollelektrischen Maschinenbaureihe e-motion entwickelte Engel sehr früh ein Modell für Hochleistungsanwendungen, die bis heute kontinuierlich weiterentwickelt und für die spezifischen Branchenanforderungen optimiert wird.



Bild 1. 16 Kartuschen auf einmal produziert die Spritzgießmaschine Engel e-speed 500/90. Auf der K2016 kombiniert Engel seinen großen Schnellläufer erstmals mit einer IML-Automation (© Engel)

Für Schnelllaufanwendungen zur Herstellung von Flaschenverschlüssen (Caps and Closures) ist daraus die Engel e-cap entstanden, die Höchstleistung und Energieeffizienz miteinander vereint. In der 4200 kN-Ausführung produziert die Engel e-cap mit einem 96-fach-Werkzeug im 2s-Zyklus mehr als 170 000 Getränkeverschlüsse pro Stunde und benötigt dafür nur rund 45 % der Energie, die für die bisher eingesetzten hydraulischen Maschinen veranschlagt werden.

Dabei sind elektrische Antriebe bei Engel nicht Klein- und Mittelmaschinen vorbehalten. Seine Großmaschinen stattet der Maschinenbauer optional fast komplett mit elektrischen Antrieben aus. Eine Ausnahme bildet lediglich das Antriebskonzept für den Schließkraftaufbau.

Die Engel e-duo ist die erste elektrische Zwei-Platten-Großmaschine am Markt.

Energiespeicher für konstante Anschlussleistung

Gezielt für Schnelllaufanwendungen mit hohen Schussgewichten im Bereich großer Schließkräfte hat Engel die Spritzgießmaschine e-speed entwickelt. Sie kombiniert eine rein servohydraulische Einspritzlösung mit elektrischem Dosieren und einer elektrischen Schließeinheit (**Bild 1**), weil diese Leistungsanforderungen heute noch nicht mit einer servoelektrischen Einspritzbewegung wirtschaftlich umgesetzt werden können.

Eine typische Anwendung ist die Herstellung von Kartuschen für den Bau- und Heimwerkerbedarf. Das Ausformen der langen Hohlkörper mit einer Wanddicke von nur 1,2 mm erfordert eine sehr hohe Dynamik und Einspritzleistung. Von der K2016 an wird die gesamte Baureihe Engel e-speed auf der Schließseite im Standard mit der Servohydraulik Ecodrive angeboten. Die hohe Energieeffizienz leistet einen wesentlichen Beitrag zum großen Erfolg dieser Maschinenserie auf den internationalen Verpackungsmärkten. Erst das neuartige elektrische Schließkonzept ermöglicht es, in dieser hohen Schließkraftklasse mit elektrischen Antrieben die für Dauer-Schnellläufer benötigte Leistung zu erreichen.

Um bis zu 6500 kN elektrisch arbeiten zu können, entwickelte Engel ein Energiespeicherkonzept auf Basis des Schwungradprinzips. Der Speicher nimmt die Bremsenergie der Werkzeugaufspanplatten, die herkömmlich in Wärme umgewandelt und an die Umgebung abgegeben wird, auf und stellt sie bei Bedarf – z. B. zum erneuten Beschleunigen – wieder zur Verfügung. Auf diese Weise »

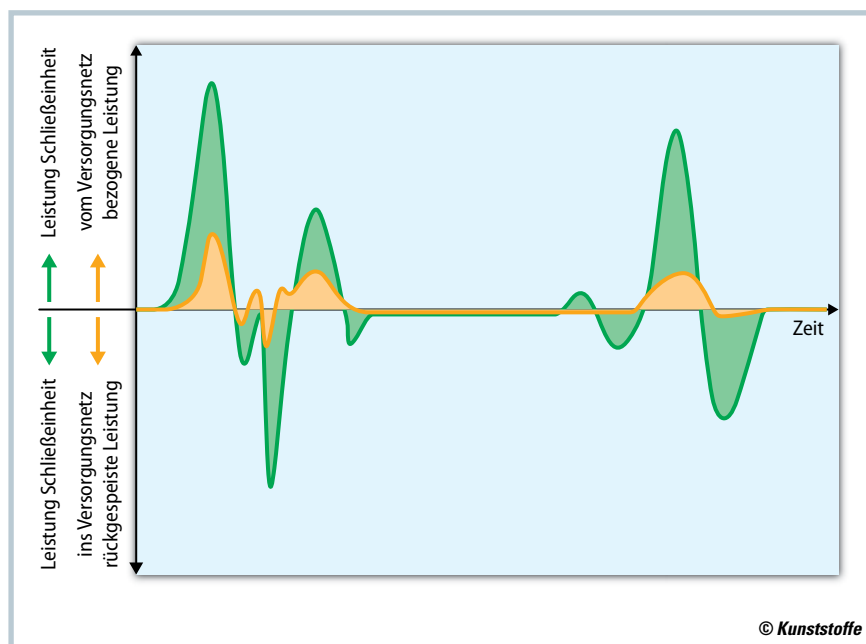


Bild 2. Leistungsbedarf über einen Produktionszyklus: Die grün gefüllte Kurve stellt in Richtung der positiven y-Achse die benötigte elektrische Leistung dar. Dem steht die dafür aus dem Netz gezogene und wieder reperierte Leistung (gelb) gegenüber. So kommt die e-speed auch im Dauer-Schnelllauf mit einer konstanten Anschlussleistung aus (Quelle: Engel)

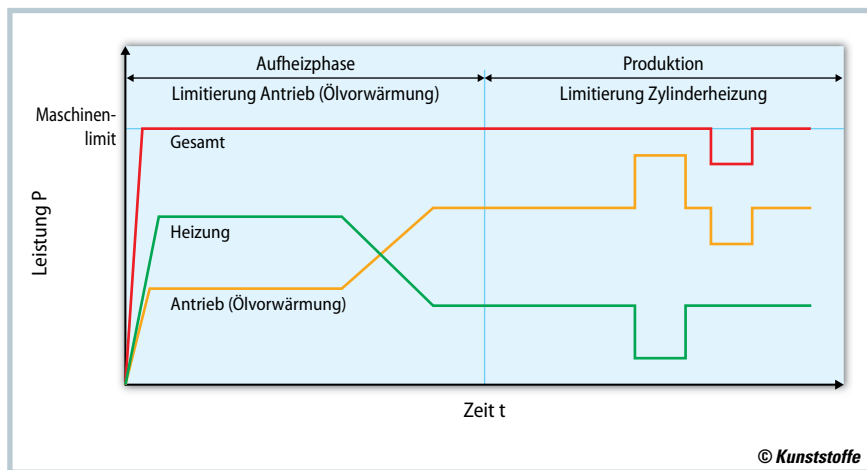


Bild 3. Um die Energiespitzen zu kappen, ordnet Ecobalance den einzelnen Energieverbrauchern innerhalb einer Maschine oder Fertigungszelle eine bestimmte Priorität zu. Während der Anfahrphase wird die Leistungsgrenze der Heizungen vollständig ausgenutzt, danach haben die Antriebe die höchste Priorität (Quelle: Engel)

deckt die Maschine einen Großteil des Leistungsbedarfs der Antriebsmotoren ab. Zusätzlich wird die nicht benötigte Energie wieder ins Netz zurückgespeist und nicht, wie herkömmlich üblich, über den Bremswiderstand in Wärme umgewandelt. In Summe kommt die Engel e-speed auf diese Weise mit einer vergleichsweise niedrigen und vor allem konstanten Anschlussleistung aus.

Leistungsspitzen, wie sie beim Einsatz großer elektrischer Spritzgießmaschinen bei einer hohen Dynamik üblicherweise auftreten, werden zuverlässig vermieden. Die grafische Darstellung des Leistungsbedarfs über einen Produktionszyklus macht deutlich, dass die bezogene elektrische Leistung nur 30% der Spitzenleistung beträgt, während die Differenz durch den integrierten Energiespeicher ausgeglichen wird (**Bild 2**). Nicht nur in Ländern mit einem schwachen Stromnetz werden Lösungen, die die Energiespitzen kappen, verstärkt nachgefragt.

Energiemanagement an der Maschine durch intelligente Verteilung

Energiespitzen sind teuer. Auch wenn der maximale Strombedarf nur selten erreicht wird, muss der Stromversorger diesen konstant bereitstellen. Hinzu kommt ein erhöhter Aufwand bei der Installation der elektrischen Anschlüsse, weil auch alle Leitungen für die hohen Spitzenleistungen ausgelegt werden müssen. Wird der maximale Anschlusswert überschritten, sind Strafzahlungen fällig. Bei einem mit-

telständischen Kunststoffverarbeiter in Deutschland beliefen sich die Zusatzkosten auf monatlich 10 000 EUR.

Ziel des Energiemanagementsystems Ecobalance von Engel ist es, auf andere Weise als beim Maschinentyp e-speed Energiespitzen zu vermeiden, den Energieverbrauch zu limitieren und damit die Stromkosten zu senken. Ecobalance berücksichtigt, dass der Strombedarf beim Anfahren einer Spritzgießmaschine bzw. Fertigungszelle ein anderer ist als im laufenden Betrieb, und auch während des Spritzgießzyklus haben die einzelnen Verbraucher keinen konstanten Bedarf. Beim Anfahren benötigt die Maschine vor allem für das Aufheizen besonders viel Energie. Während der Produktion dagegen wird zum Öffnen und Schließen des Werkzeugs sowie für das Einspritzen die meiste Energie benötigt.

Um die Energiespitzen zu kappen, ordnet Ecobalance den einzelnen Energieverbrauchern innerhalb einer Maschine oder Fertigungszelle einen bestimmten Teilverbrauchswert und jedem Teilverbrauchswert eine bestimmte Priorität zu. Nach jedem Zyklus wird nun die Priorität jener Verbraucher, die im vorausgehenden Zyklus viel Strom bekommen haben, verringert und die Priorität jener Verbraucher, die keinen oder nur wenig Strom erhalten haben, erhöht. Ein Zyklus umfasst im Groben vier Schritte:

- Leistungsdaten abfragen,
- Leistungsgrenzen berechnen,
- Leistungsgrenzen übermitteln und
- Leistungsgrenzen einhalten.

Dieser Zyklus erfolgt innerhalb weniger Sekunden.

In der Praxis läuft also Folgendes ab: Während der Anfahrphase wird die Leistungsgrenze der Heizungen vollständig ausgenutzt. Die Heizungen bekommen die berechnete notwendige Leistung, sofern diese die Gesamtleistung nicht überschreitet. Für die Maschinenantriebe bleibt während dieser Zeit nur die verbleibende Restenergie. Erst wenn die Solltemperatur erreicht ist, werden die Antriebe für die Maschinenbewegungen mit der für sie berechneten notwendigen Leistung versorgt. Im Produktionsbetrieb kehrt sich diese Reihenfolge um. Dann haben die Antriebe die höchste Priorität und die Heizungen erhalten die Leistung, die nach der Versorgung der Antriebe übrig bleibt. So wird z. B. während der Kühlphase, wenn keine Maschi-

Die Autoren

Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Dimmler ist Leiter Forschung und Entwicklung Produkte der Engel Austria GmbH, Schwertberg/Österreich; gerhard.dimmler@engel.at

Dipl.-Ing. Harald Frauneder ist Entwicklungsleiter Elektro- und Antriebstechnik bei Engel; harald.frauneder@engel.at

Dipl.-Ing. (BA) Hannes Fritz ist Entwicklungsleiter Steuerungstechnik/Software bei Engel; hannes.fritz@engel.at

Engelbert Kastner, B.Sc., ist Leiter Software Services bei Engel; engelbert.kastner@engel.at

Service

Digitalversion

- Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/1411981

English Version

- Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

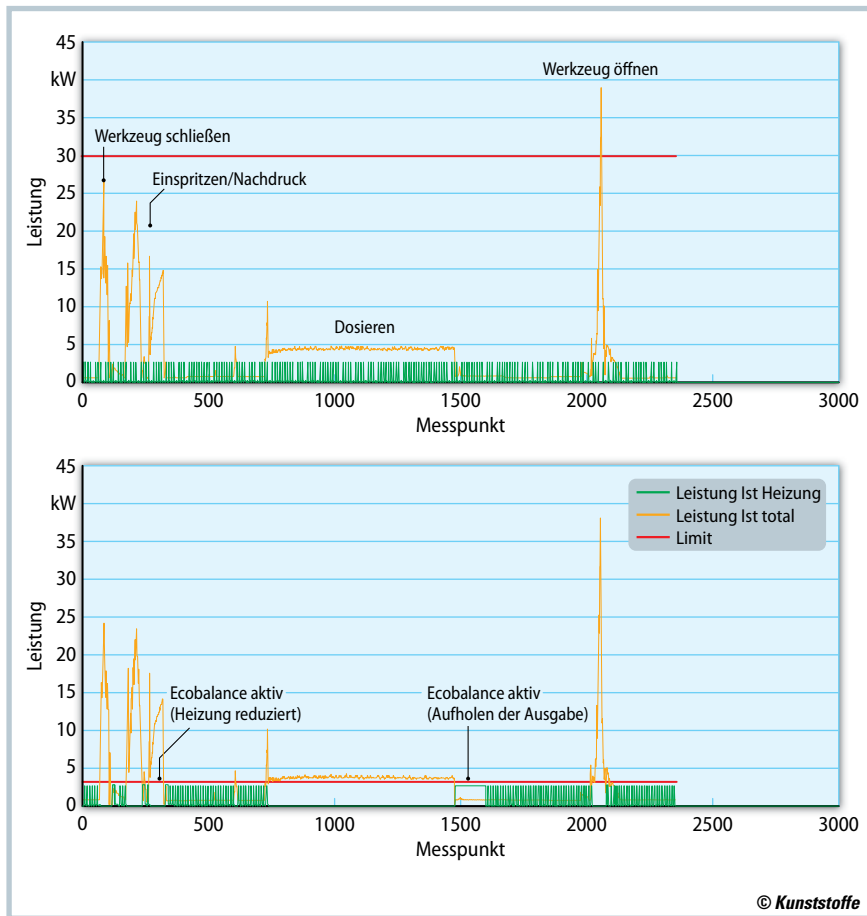


Bild 4. Das Beispiel einer Spritzgießmaschine Engel e-victory 440/120 verdeutlicht, wie sich mithilfe von Ecobalance das Energielimit von 30 kW (oben) auf 3 kW (unten) reduzieren lässt (Quelle: Engel)

nenbewegungen erforderlich sind, geheizt. Ist die Summe aller momentanen Maschinenverbräuche kleiner als der maximal erlaubte Wert, wird der Maschine bzw. Fertigungszelle kein Limit zugeteilt. Wichtig ist, dass die Gesamtleistung so gewählt wird, dass in Summe für alle wechselweise mehr und weniger Leistung beziehenden Abnehmer ausreichend Energie zur Verfügung steht und die Temperatur zu keiner Zeit unter den Sollwert fällt (**Bild 3**).

Ecobalance greift direkt auf die in der Engel-Maschinensteuerung CC300 über das Tool Ecograph zusammengeführten Energieverbrauchsdaten zu. Auf diese Weise lässt sich der Verbrauch einzelner Maschinenkomponenten ermitteln und visualisieren. Die Analyse umfasst die Bewegungen der Werkzeugaufspannplatte und der Düsen, das Einspritzen und den Nachdruck, das Dosieren und Kühlen, die Auswerferbewegungen, das Entformen und die Trockenlaufzeiten. Auf dieser Basis verteilt Ecobalance die für die jeweilige

Maschine bzw. Fertigungszelle definierte Gesamtleistung bedarfsgerecht über den gesamten Spritzgießzyklus und stellt sicher, dass der Gesamtenergiebedarf zu keiner Zeit das Limit übersteigt (**Bild 4**).

Energiemanagement über den gesamten Maschinenpark

Die im Rahmen von Industrie 4.0 rasant voranschreitende Vernetzung der Spritzgießmaschinen und Fertigungszellen bringt auch für das Energiemanagement Vorteile mit sich. So wird Ecobalance in Zukunft nicht mehr nur innerhalb einer Spritzgießmaschine oder Fertigungszelle die Energieverbrauchswerte aufeinander abstimmen, sondern über den gesamten Maschinenpark. Gewinnbringend ist dies vor allem, wenn z.B. nach dem Wochenende oder einer Betriebsruhe der gesamte Maschinenpark auf einmal hochgefahren wird. Durch die dynamische Vergabe maschinenindividueller Verbrauchsgrenzen stellt das Hallenmanagement si- »

Auf dem Weg zur smarten Fabrik

Mit e-factory hat Engel ein eigenes MES (Manufacturing Execution System) im Programm, das speziell auf die Anforderungen der kunststoffverarbeitenden Industrie zugeschnitten ist und eine tiefe vertikale Datenintegration bis auf die Ebene einzelner Kavitäten erreicht. Um die Lösung an individuelle Anforderungen anpassen zu können, ist e-factory modular aufgebaut. Neu zur K2016 ist das Modul „Energy“, das die detaillierte Darstellung, Auswertung und Optimierung des Energieverbrauchs einzelner Verbraucher erlaubt. Mit Energy ist Engel e-factory in der Lage, das Anfahren der Maschinen und Fertigungszellen automatisch zu steuern und Energiespitzen zuverlässig zu vermeiden. Die Stromkosten für den Maschinenpark lassen sich damit reduzieren. MES sind ein wichtiger Baustein der smarten Fabrik, die im Zentrum von Industrie 4.0 steht. Für alle drei Bereiche – smart production, smart machine und smart service – hat Engel bereits Produkte und Lösungen im Programm („inject 4.0“). Durch die Vernetzung und Integration von Produktionssystemen, die systematische Nutzung von Maschinen, Prozess- und Produktionsdaten und den Einsatz dezentraler, intelligenter Assistenzsysteme optimieren sich die Fertigungsprozesse in einer smarten Fabrik kontinuierlich selbst und erlauben es, flexibel auf die sich immer schneller verändernden Anforderungen zu reagieren. Die Folge sind eine höhere Effizienz, Produktivität, Verfügbarkeit und Qualität.

» www.engelglobal.com/inject-4-0



Bild 5. Die Vernetzung der Maschinen bringt auch für das Energiemanagement Vorteile mit sich. Das neue „Energy“-Modul der MES-Lösung e-factory macht den aktuellen Energiebedarf der einzelnen Verbraucher transparent (© Engel)

cher, dass auch in diesen Fällen Energie-spitzen vermieden werden (**Titelbild**).

Nach dem Aufheizen wird das Verbrauchslimit-Management im Produktionsbetrieb fortgesetzt. Dabei können Maschinen beliebig gruppiert werden, um für unterschiedliche Hallen oder Hallenbereiche die jeweils optimalen Verbrauchsgrenzen vorzugeben. Das Hallenmanagement ist Teil des neuen Moduls „Energy“ (**Bild 5**), das den Funktionsumfang des MES (Manufacturing Execution Systems) Engel e-factory erweitert. Zur K2016 wird Energy erstmalig vorgestellt.

Je mehr Verbraucher und Energiequellen dem Energiemanagement zur Verfügung stehen, desto effektiver lässt sich die Verteilung gestalten. Die Kommunikation der Produktionszellen untereinander wird im Zeitalter von Industrie 4.0 schon bald als Stand der Technik gelten.

Auch für die Energierückgewinnung im Betrieb eröffnet die Vernetzung der Maschinen neue Perspektiven. Die Engel-Ingenieure denken daran, die von einer

Maschine zurückgewonnene und gespeicherte Bremsenergie auch anderen Maschinen zur Verfügung zu stellen und zum Abdecken von Leistungsspitzen nutzen zu können. Im Idealfall muss der Energieversorger zukünftig nur noch die Verluste der einzelnen Energieverbraucher ausgleichen.

Ausblick: Gespeicherte Energie auf andere Maschinen übertragen

Welche Speichertechnik dafür zum Einsatz kommt, hängt von der Maschinengröße und der Anwendung ab. Direkt angebundene elektrische Speicher sind einfach zu installieren und erreichen einen hohen Wirkungsgrad, sie benötigen aber vergleichsweise viel Platz. Um die Speicher kompakt zu halten, muss deren Größe an den Bedarf möglichst genau angepasst werden. Werden die Speicher überdimensioniert, geht dies zu Lasten der Kosteneffizienz. Somit muss auch die Abführung überschüssiger, das heißt nicht mehr speicherbarer Energie vorgesehen werden. Eine Möglichkeit ist, die überschüssige Energie wieder in das Netz zurückzuspeisen.

Für größere Leistungen lohnt sich der Umweg, die Energie auf kinetische Speicher zu überführen. Engel ist deshalb dabei, das für die Baureihe e-speed entwickelte Energiespeicherkonzept auch auf andere Baureihen zu übertragen. ■