

Vollelektrisch ist häufig nicht effizienter!

Spritzgießmaschinen gibt es mit unterschiedlichen Antriebskonzepten. Nach wie vor sind preisgünstige Baureihen zum Teil immer noch mit elektrohydraulischer Druck- und Förderstromregelung ausgestattet. Deutlich sparsamer sind hingegen servohydraulische Pumpenantriebe, vollelektrische Maschinen oder Kombinationen aus beiden, sogenannte Hybridmaschinen.

Hierbei wird oftmals angenommen, dass vollelektrische Maschinen die effizientesten unter den vorgenannten sind. Dies kann aber seitens BOY nicht pauschal bestätigt werden, denn insbesondere im unteren Schließkraftbereich bieten servohydraulische Pumpenantriebe, auch energetisch, deutliche Vorteile gegenüber vollelektrischen Maschinen. Mit diesem Beitrag wollen wir schwerpunktmäßig auf die energetischen Unterschiede zwischen servohydraulischen und elektromechanischen Antriebskonzepten eingehen, um damit ein differenziertes Bewusstsein für die jeweiligen Vorteile zu schaffen.

Für die Firma BOY spielt die energieeffiziente Fertigung schon seit langer Zeit eine wichtige Rolle. Servohydraulische Pumpenantriebe wurden hier bereits im Jahr 2008 für alle Maschinen der E-Baureihe eingeführt, gefolgt von weiteren energieeinsparenden Optionen wie EconPlast® und EconFluid.

Darüber hinaus sind alle Maschinen der E-Baureihe mit einem Energiemonitor ausgestattet welcher, einhergehend mit dem Energieanalyse-Tool (Bild 1), den Anwender dabei unterstützt, seine Maschine auch hinsichtlich der Energieeffizienz bestmöglich einzustellen. Denn ohne zu wissen, wie der aktuelle Verbrauch ist und zu wissen, welche Prozessschritte den größten Einfluss haben, fällt es folglich auch schwer den Prozess dahingehend zu optimieren.

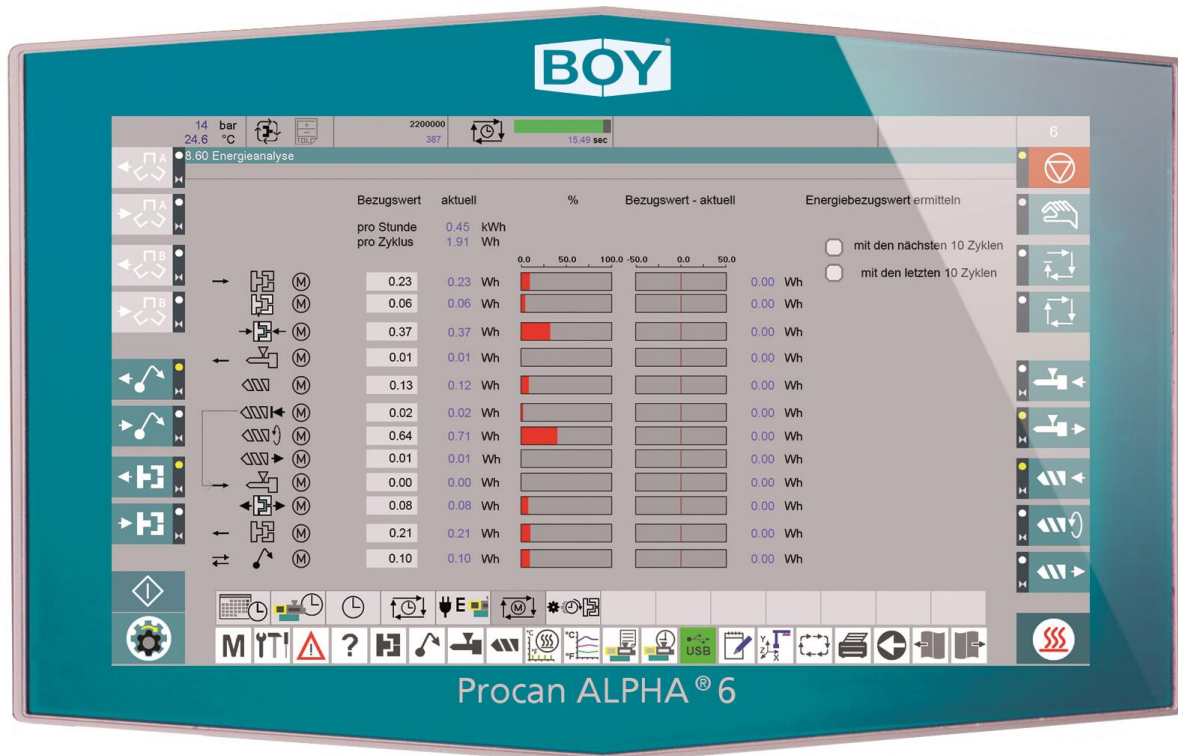


Bild 1: Energieanalyse-Tool bei allen BOY-Maschinen der E-Baureihe.

Bevor wir uns allerdings mit einem konkreten Anwendungsbeispiel beschäftigen ist es zunächst einmal erforderlich sich damit auseinander zu setzen, wie sich der Gesamtenergieverbrauch einer Spritzgießmaschine sowohl bei einer servohydraulischen, als auch bei einer vollelektrischen Maschine zusammensetzt:

Vorrangig zeitabhängige Einflussgrößen:

- Standbyverbrauch der Umrichter
- Maschinensteuerung

Vorrangig prozessabhängige Einflussgrößen

Energiebedarf für

- Fahrbewegungen
- Heizelemente
- Dosiervorgang
- Schließkraftaufbau
- Einspritzarbeit
- Nachdruck

Zeitabhängige Einflussgrößen:

Hinsichtlich der zeitabhängigen Einflussgrößen ist bei einer 1K-Anwendung in beiden Fällen (servohydraulisch oder vollelektrisch) jeweils davon auszugehen, dass beide Maschinentypen mit einer Steuerung auskommen. Erste Unterschiede werden bei der Anzahl der erforderlichen Umrichter ersichtlich, denn für jeden Servoantrieb ist ein eigener erforderlich. Dies wird in Bild 2 verdeutlicht.

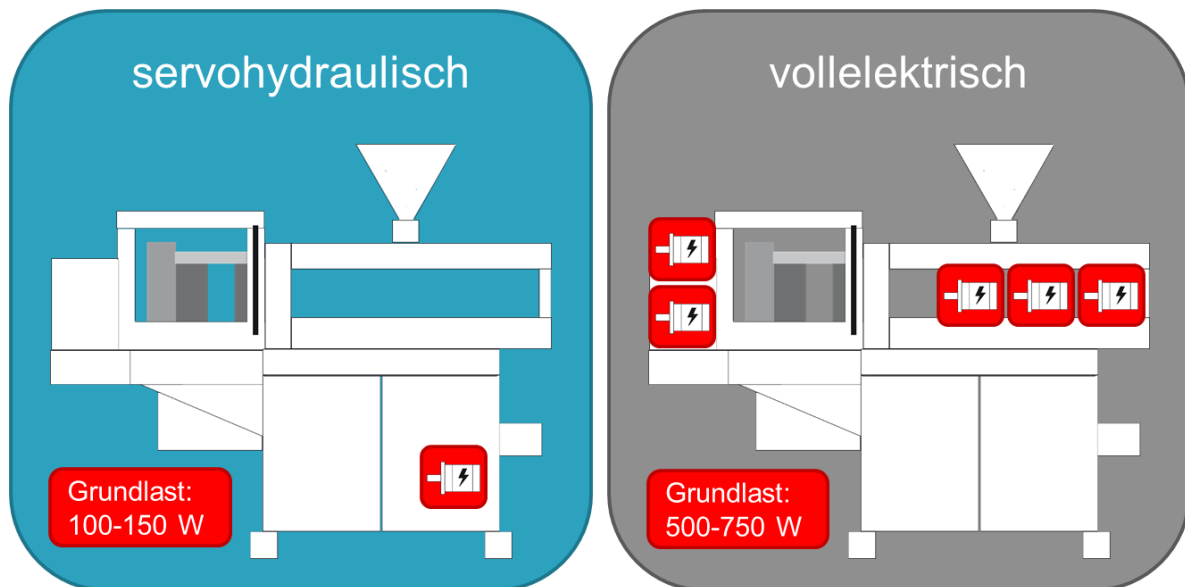


Bild 2: Mindestens erforderliche Anzahl an Umrichtern bei servohydraulischen (links) bzw. vollelektrischen (rechts) Spritzgießmaschinen.

Folglich wird bei einer servohydraulischen Maschine mit typischerweise einem Antrieb auch lediglich ein Umrichter benötigt, da mit diesem alle Fahrbewegungen (axiale Schneckenbewegung, rotatorische Schneckenbewegung, Bewegung der Spritzeinheit, Bewegung der Schließplatte, Auswerferhub und ggf. Kernzüge) realisiert werden. Messungen haben ergeben, dass solch ein Umrichter eine Grundlast von etwa 100-150 W hat.

Bei vollelektrischen Maschinen ist hingegen für jede Bewegungsachse ein eigener Antrieb und folglich auch ein eigener Umrichter erforderlich. Dies bedeutet, dass bei einer Standardmaschine (ohne Optionen wie Kernzüge) bereits fünf Umrichter für die o.g. Grundfunktionen erforderlich sind, welche mit einer Grundlast von 500-750 W einhergehen. Falls die Maschine darüber hinaus mit Kernzügen ausgestattet ist, kommen hierfür weitere Umrichter hinzu.

Prozessabhängige Einflussgrößen:

Darüber hinaus haben natürlich auch die prozessabhängigen Einflussgrößen einen erheblichen Einfluss auf den Gesamtverbrauch. In beiden Fällen wird Energie über Heizelemente (Zylinderheizbänder) und Friktion in den Kunststoff eingebracht. Dies ist grundsätzlich erst einmal vom Antriebskonzept unabhängig, BOY bietet aber hier die Möglichkeit mittels EconPlast® den Energiebedarf gegenüber konventionellen Zylindern auf ein Minimum zu reduzieren.

Für den Schließkraftaufbau wird in beiden Fällen Energie benötigt. Wird ein Kniehebelsystem einer vollelektrischen Spritzgießmaschine mit dem Schließsystem von BOY verglichen, gibt es auch beim Halten der Schließkraft energetisch keinen nennenswerten Unterschied, da beide Systeme ohne aktive Energiezufuhr die Schließkraft halten und somit passiv sind.

Bei den Fahrbewegungen der Maschine (linear und rotatorisch) gibt es zwischen den beiden Antriebskonzepten energetische Unterschiede. Bild 3 zeigt den Energiefluss ausgehend von der elektrischen Energie hin zu rotatorischen bzw. linearen Bewegungen gegenüberstellend für vollelektrische und servohydraulische Antriebskonzepte. Aufgrund der höheren Umwandlungsverluste bei servohydraulischen Maschinen ist hier ein elektromechanischer Antrieb im Vorteil.

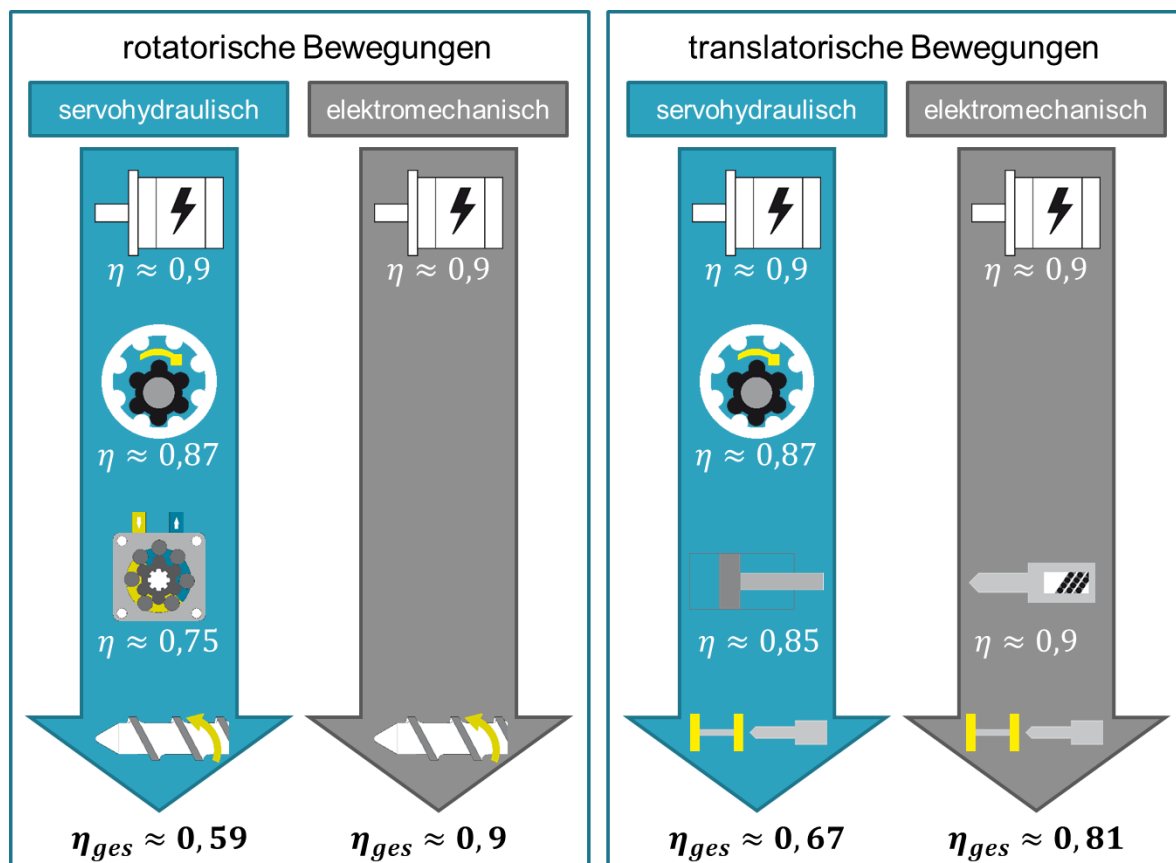


Bild 3: Gegenüberstellung des Energieflusses und der Wirkungsgrade (η) von servohydraulischen und vollelektrischen Maschinen.

Zwischenfazit:

Servohydraulische Maschine verursachen im Vergleich zu vollelektrischen Maschinen eine geringere Grundlast. Vollelektrische Maschinen haben hingegen einen besseren Wirkungsgrad (η) bei der Umwandlung von elektrischer hin zu kinetischer Energie. Welcher dieser beiden Einflüsse überwiegt, hängt somit maßgeblich von dem Prozess bzw. dem herzustellenden Artikel ab.

Anwendungsbeispiel:

Um dies nun auf ein konkretes Anwendungsbeispiel zu übertragen kann das eingangs benannte Energieanalyse-Tool (Bild 1) herangezogen werden. Mit dem Energieanalyse-Tool wird der prozessbedingte Energiebedarf des Servoantriebes auf die einzelnen Prozessschritte eines Zyklusses heruntergebrochen. Das Tool bietet die Möglichkeit im eingeschwungenen Prozess über zehn Zyklen eine Referenz zu ermitteln, um basierend hierauf den Prozess energetisch zu optimieren. Bild 1 ist beispielsweise zu entnehmen, dass in diesem Anwendungsbeispiel (Schussgewicht 12,5 g) ein Gesamtenergiebedarf von 1,91 Wh/Zyklus vorhanden ist. Dieser setzt sich aus 0,71 Wh (Dosieren) und 1,2 Wh (Summe der Linearbewegungen) zusammen.

Einsparpotenzial durch bessere Wirkungsgrade:

$$\text{Dosieren: } 0,71 \text{ Wh} * \left(1 - \frac{0,59}{0,9}\right) = 0,24 \text{ Wh}$$

$$\text{Linearbewegungen: } 1,2 \text{ Wh} * \left(1 - \frac{0,67}{0,81}\right) = 0,21 \text{ Wh}$$

Gemäß der Wirkungsgrade aus Bild 3 wäre somit durch die Umstellung auf eine vollelektrische Maschine ein Einsparpotenzial von 0,45 Wh pro Zyklus (23,6%) möglich. Bei einer Leistungsaufnahme (s. Bild 1) von 0,45 kW entspricht dies einer möglichen Energieeinsparung von 0,106 kW. Wird nun der Gesamtenergiebedarf der beiden Maschinentypen gegenübergestellt, ergibt sich nachfolgende Aufstellung.

	servohydraulisch	vollelektrisch
Grundlast (Steuerung+Umrichter)	ca. 250 W	ca. 625-875 W
Heizleistung	ca. 400 W	ca. 400 W
Antrieb	ca. 450 W	ca. 350 W
gesamt	ca. 1100 W	ca. 1375-1625 W

Bei geringen bis mittleren Materialdurchsätzen sind servohydraulische effizienter:

Zahlreiche Messungen haben gezeigt, dass Gesamtenergieverbräuche von 1000-1200 W bei den Maschinentypen BOY 25 E/BOY 35E nicht selten sind. Daher sind die getroffenen Annahmen auch als realistisch zu betrachten. Bei Prozessen mit geringem bis mittlerem Materialdurchsatz überwiegt bei vollelektrischen Maschine somit die prozessunabhängige Grundlast, sodass bei Betrachtung der Gesamtbilanz servohydraulische Maschinen klar im Vorteil sind. Dies kann durch den Einsatz von EconFluid Hydrauliköl und EconPlast® Plastifizierzylinder abermals verbessert werden.

Vorteil von elektrischen Plastifiziermotoren bei hohen Materialdurchsätzen:

Werden allerdings Prozesse mit sehr hohen Materialdurchsätzen betrachtet, rückt der Einfluss der Grundlast zunehmend in Hintergrund und insbesondere der Energieeinsatz für

den Plastifizierungsvorgang steigt zunehmend. Aufgrund des besseren Wirkungsgrades sind für diesen Prozessschritt elektrische Plastifiziermotoren im Vorteil

Um hier Abhilfe zu schaffen bietet BOY auch elektrische Plastifiziermotoren an, sodass in sog. Hybridmaschinen die Vorteile von beiden Antriebskonzepten vereint werden können. Dies ist insbesondere auch dann sinnvoll, wenn der Plastifizierungsvorgang zykluszeitbestimmend ist, da dieser dann parallel zu allen anderen Fahrbewegungen erfolgen kann.

Fazit:

Wann welches Antriebskonzept energetisch sinnvoller ist, hängt immer von dem Prozess ab. Eine pauschalisierte Aussage, dass eines der beiden Antriebskonzepte grundsätzlich besser ist, kann klar widerlegt werden.

Servohydraulische Maschinen bieten daher bei geringen bis mittleren Materialdurchsätzen sehr deutliche energetische Vorteile gegenüber vollelektrischen Maschinen. Dies ist gerade im Schließkraftbereich bis 1250 kN oftmals der Fall. Bei hohen Materialdurchsätzen hingegen ist der Einsatz von Hybridmaschinen (servohydraulische Grundmaschine in Kombination mit einem elektrischen Plastifiziermotor) eine ausgesprochen kosten- und energieeffiziente Maschinenkonfiguration.

Autor:

Dr.-Ing. Patrick Messer

Leiter Anwendungstechnik/Manager Process Engineering