

Flexible Production Units in Forging

Flexible production units in forging (FFE) are serially concatenated one-point presses or tool systems that are put together product-specifically. A study of the Industrieverband Massivumformung e. V. (German Forging Industry Association) examined the economic feasibility of FFE and its terms. The study made it clear that economic potential cannot be expected from FFE in every case. Notable however are the „soft“ factors of influence. Especially increased tilting rigidity, decoupling of forming levels and different combinations of various press types can have a positive influence on the decision for FFE.

Flexible Fertigungseinheiten in der Massivumformung

Dipl.-Ing. Norbert Gober,
Dr.-Ing. Rainer Herbertz,
Dipl.-Ing. Harald Hermanns,
Dr.-Ing. Marco Laufer und
Dr.-Ing. Stephan Weidel,
Iserlohn

Unter flexiblen Fertigungseinheiten in der Massivumformung (FFE) versteht man seriell verkettete Einpunktpressen- oder Werkzeugsysteme, die produktspezifisch zusammengestellt werden. Im Rahmen einer Studie des Industrieverbandes Massivumformung e. V. wurde untersucht, ob und unter welchen Bedingungen FFE vor allem aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll sein können.

Die Studie hat deutlich gemacht, dass nicht in jedem Fall ein wirtschaftliches Potenzial durch FFE erwartet werden kann. Beachtenswert sind jedoch die „weichen“ Einflussfaktoren. Insbesondere die erhöhte Kippsteifigkeit, die Entkopplung der Umformstufen und die Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Pressenarten könnte die Entscheidung für eine FFE positiv beeinflussen.

Ausgangssituation

Gesenkschmieden ist ein meist mehrstufiges Fertigungsverfahren, bei dem vielfach Mehrstufenpressen mit bis zu 6 Umformstufen zum Einsatz kommen. Der Vorteil dieser Pressensysteme liegt in der kurzen Taktzeit, weshalb sie sich für die Großserienfertigung besonders bewährt haben.

Nachteile der Mehrstufenpressen:

- Hohe Investitions- und Kapitalbindungskosten.

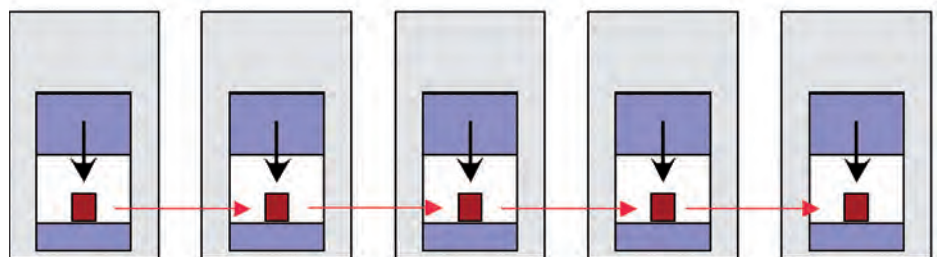


Bild 1: Verkettete Einpunktpressen.

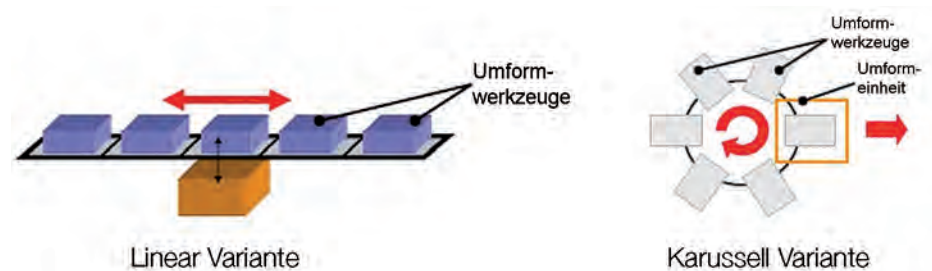


Bild 2: Einpunktpresse mit versetzbaren Werkzeugen.

- Schlechter Investitionsauslastungsfaktor, wenn die Anzahl belegter Stufen und/oder die tatsächlich benötigte Presskraft nicht dem Maximum der Presse entsprechen.
- Aufwändige Werkzeugsysteme.
- Aufwändige Werkzeughaltersysteme.
- Gegenseitige Beeinflussung der Einzelstufen.
- Beladungsabhängige Teilegenauigkeit.
- Hohe Anforderung an die Presse bezüglich Präzision und Steifigkeit.
- In Summe hohe Rüst- und Einfahrzeiten.

Eine mögliche Alternative zu den Mehrstufenpressen sind „Flexible Fertigungseinheiten“ (FFE), wenn sie den folgenden Anforderungen genügen:

- Begrenztes Anfangsinvestment.
- Anpassbar an zukünftig zu erwartende Anforderungen (Erweiterbarkeit).
- Hohe Flexibilität bezüglich der möglichen Produkte.
- Geringe Rüstzeiten oder Werkzeugwechselzeiten.
- Minimierte Einrichtezeit, das heißt Verkürzung des Anfahrprozesses.
- Tolerant gegenüber Maschinenzustandsänderungen.

Im Rahmen der Studie sollten mögliche Flexibilisierungskonzepte bewertet werden, wobei der wirtschaftliche Aspekt im Vordergrund stand.

Vorgehensweise

Es wurden unterschiedliche Mehrstufenpressen von zwei Produktionsbetrieben mit jeweils unterschiedlichen Artikeln den FFE gegenübergestellt und auf Stückkostenbasis bewertet.

Bewertungsbasis

- Zwei repräsentative Mehrstufenpressen gegen „Flexible Fertigungseinheiten“.
- Für die Bewertung wurden von jeder Mehrstufenpresse die 5 Artikel mit dem größten Produktionsvolumen verwendet.

Nachfolgende Konzepte für die „Flexiblen Fertigungseinheiten“ wurden betrachtet: Verkettete Einpunktpressen (Bild 1) mit den Eigenschaften:

- Mehrere Pressen mit jeweils angepasster Stufenkraft.
- Einheitliche Werkzeugaufnahmen.
- Standardisierte Einfachpressen.
- Ausschließlich zentrische Maschinenbelastung.
- Keine Wechselwirkung durch unterschiedliche Stufenkräfte.
- Geringe Anforderung an Kippsteifigkeit.
- Roboterverkettung möglich.

Einpunktpresse mit versetzbaren Werkzeugen (Bild 2) mit den Eigenschaften:

- Eine Presse mit maximaler Stufenkraft.
- Unabhängige Umformstufen.
- Einheitliche Werkzeugaufnahmen.
- Ausschließlich zentrische Maschinenbelastung.
- Keine Wechselwirkung durch unterschiedliche Prozesskräfte.
- Geringe Anforderung an Kippsteifigkeit.
- Gestaltung von „Einheitspressen“ möglich.

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgte auf Grundlage der kalkulatorischen Stückkostenunterschiede zwischen Mehrstufenpresse und „Flexibler Fertigungseinheit“ unter folgenden Voraussetzungen (Bild 3):

- Es wurden keine absoluten Stückkosten betrachtet, sondern Stückkostenunterschiede.
- Damit bei der Gegenüberstellung der Pressensysteme keine Verzerrungen bei den Investitionskosten durch unterschiedliche Pressenanbieter auftraten, wurden die Investitionskosten für alle Pressen (Mehrstufenpressen und FFE) neutralisiert.
- Die innerbetriebliche Leistungsverrechnung wurde konstant angenommen.
- Gleicher Produktmix auf den Referenzanlagen und den FFE-Anlagen.
- Bei Produktivitätssteigerung wurde weiterhin Vollausslastung der Anlage vorausgesetzt.

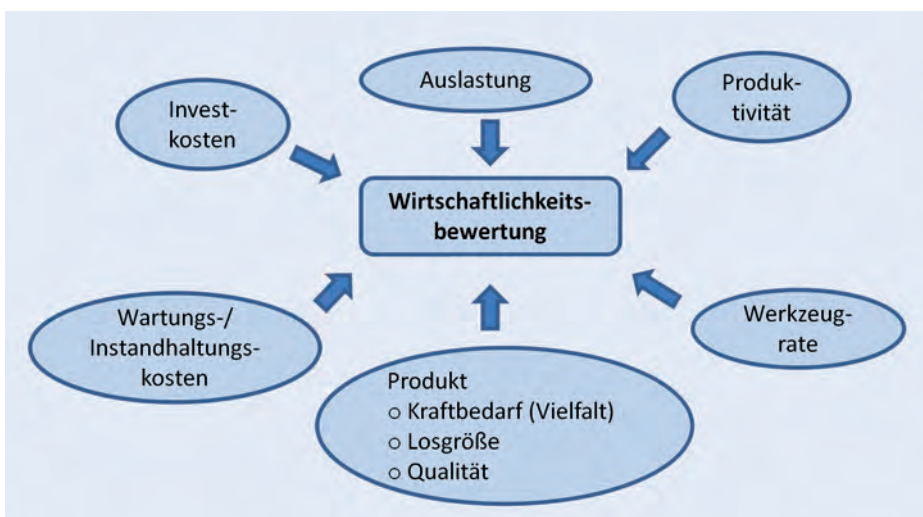


Bild 3: Berücksichtigte Einflussgrößen für die Wirtschaftlichkeitsbewertung.

- Die Anzahl der Mitarbeiter und die Anzahl der Schichten pro Jahr wurden konstant gehalten.

Ergebnis für verkettete Einpunktpressen

Die Betrachtung der verketteten Einpunktpressen erfolgte unter der Berücksichtigung folgender Plandaten:

- Für die verketteten Einpunktpressen wird ein Baukastensystem mit folgenden Presskräften entworfen: 2.000 kN + 4.000 kN + 10.000 kN + 16.000 kN.
- Die Pressen werden durch ein normiertes Handhabungssystem mit einfachen Greifern miteinander verbunden.
- Die minimale Taktzeit beträgt 3,0 s bei Teilgewichten bis 5 kg.

- Kalkulierte Rüstzeit:
 - Bei Produktwechsel: Rüstzeitvorgabe Mehrstufenpresse + 15 min.
 - Bei Gesenkverschleißwechsel: 25 min für die Mehrstufenpresse, 10 min für die FFE.
- Der Raumbedarf ist zirka doppelt so groß wie bei einer Mehrstufenpresse.
- Die Wartungs- und Instandhaltungskosten der FFE betragen 115 Prozent der Kosten der Mehrstufenpresse.
- Die Energiekosten (Strom, Druckluft) einer FFE und Mehrstufenpresse sind vergleichbar groß.

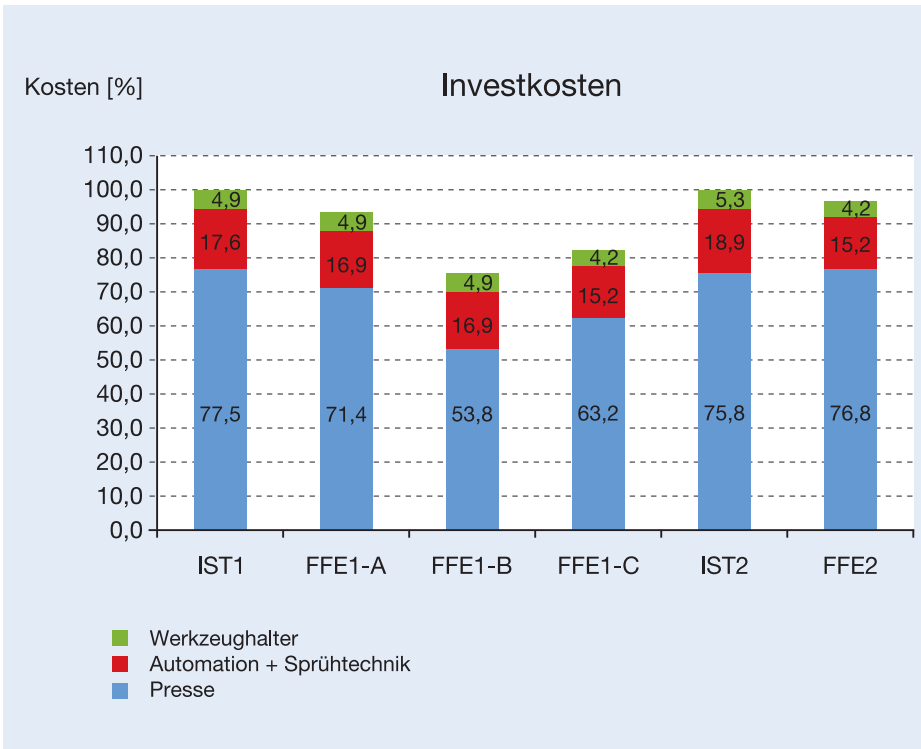


Bild 4: Investitionskosten der IST-Anlagen (IST1 und IST2) und der Varianten der Flexiblen-Fertigungseinheiten (FFE).

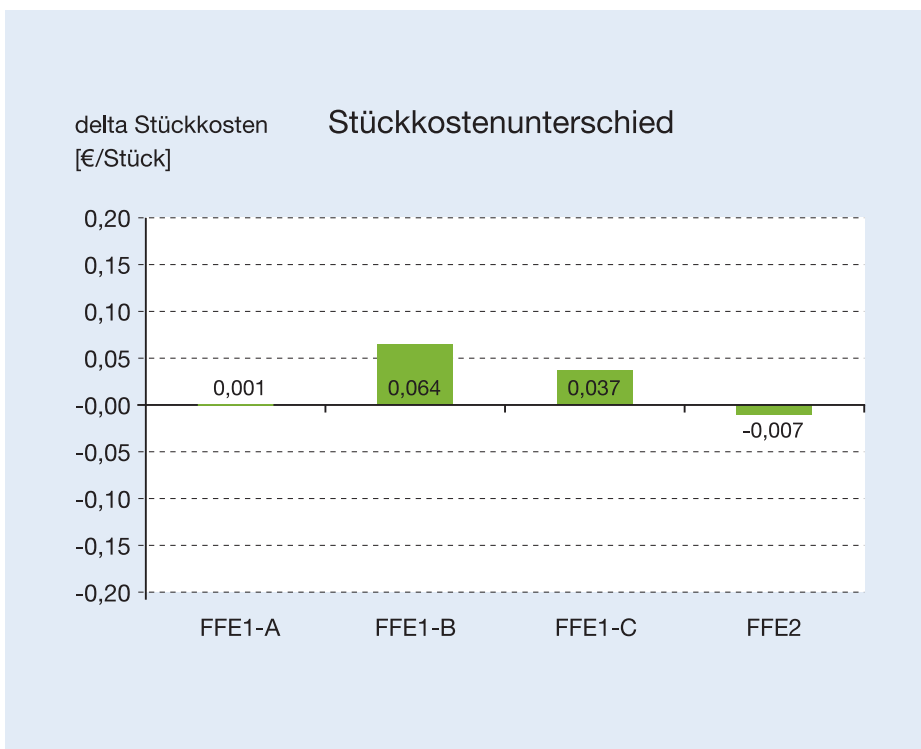


Bild 5: Positive Säule/Wert: Stückkosten FFE günstiger als Mehrstufenpresse. Negative Säule/Wert: Stückkosten FFE ungünstiger als Mehrstufenpresse.

In den Bildern 4 und 5 sind die Investitionskosten und die Stückkostenunterschiede der IST-Anlagen (IST1 und IST2) und der Flexiblen-Fertigungseinheiten (FFE) gegenübergestellt.

Mit der Variante FFE1-A wird das gesamte Artikelspektrum der Mehrstufenpresse IST1 abgedeckt. Die Varianten FFE1-B und FFE1-C sind jeweils für eine Teilmenge des Artikelspektrums optimiert. Man erkennt, dass je nach Ausgestaltung der FFE im günstigsten Fall ein Stückkostenunterschied von bis zu 6 Cent/Stück zugunsten der FFE zu erwarten ist.

Nicht zu unterschätzen sind jedoch auch die „weichen“ Einflussfaktoren, die im Rahmen der Studie quantitativ nicht erfasst werden konnten:

Als positive Einflussfaktoren sind zu nennen:

- Die Abstimmung der Umformstufen untereinander ist einfacher, weil entkoppelt.
- Die Problematik aus Pressensteifigkeit und Stößelkippen ist minimiert.
- Keine Wechselwirkung durch unterschiedliche Prozesskräfte der einzelnen Stufen.
- Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Pressenarten.
- Flexibilisierung der Produktionsabläufe.
- Verwendung standardisierter Einfachpressen.
- Verkettete Einpunktpressen können mit variabler Stufenanzahl betrieben werden.
- Roboterverkettung der Stufen (die Verfügbarkeit und Robustheit der Roboter ist im Vergleich zu einem Hubbalkensystem höher).

Dem gegenüber stehen als negative Einflussfaktoren:

- Beim Rüsten auf neue Produkte müssen eventuell die Pressen neu angeordnet werden (Anpassung an benötigte Umformkraft) beziehungsweise die Anzahl der Pressen den Umformstufen angepasst werden.
- Tendenziell könnte der Störanteil bei 5 Einzelpressen höher sein als bei einer Mehrstufenpresse.

Ergebnis für Einpunktpressen mit versetzbaren Werkzeugen

Die zu erwartenden Taktzeiten wurden wie folgt abgeschätzt (Tabelle 1). Die Kosten für die aufwendige Automation des Werkzeugtransportes wurden grob abgeschätzt.

In den Bildern 6 und 7 sind die Investitionskosten und der Stückkostenunterschied der IST-Anlage und der flexiblen Fertigungseinheiten (FFE) gegenübergestellt. Man erkennt, dass dieses Konzept der FFE in keinem Fall zu einer wirtschaftlichen Lösung führen wird. Der Grund hierfür ist die geringe Produktivität.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der Studie wurde deutlich, dass nicht in jedem Fall ein wirtschaftliches Potenzial durch verkettete Einstufenpressen erwartet werden kann. Beachtenswert sind jedoch die „weichen“ Einflussfaktoren. Insbesondere die erhöhte Kippsteifigkeit, die Entkopplung der Umformstufen und die Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Pressen-

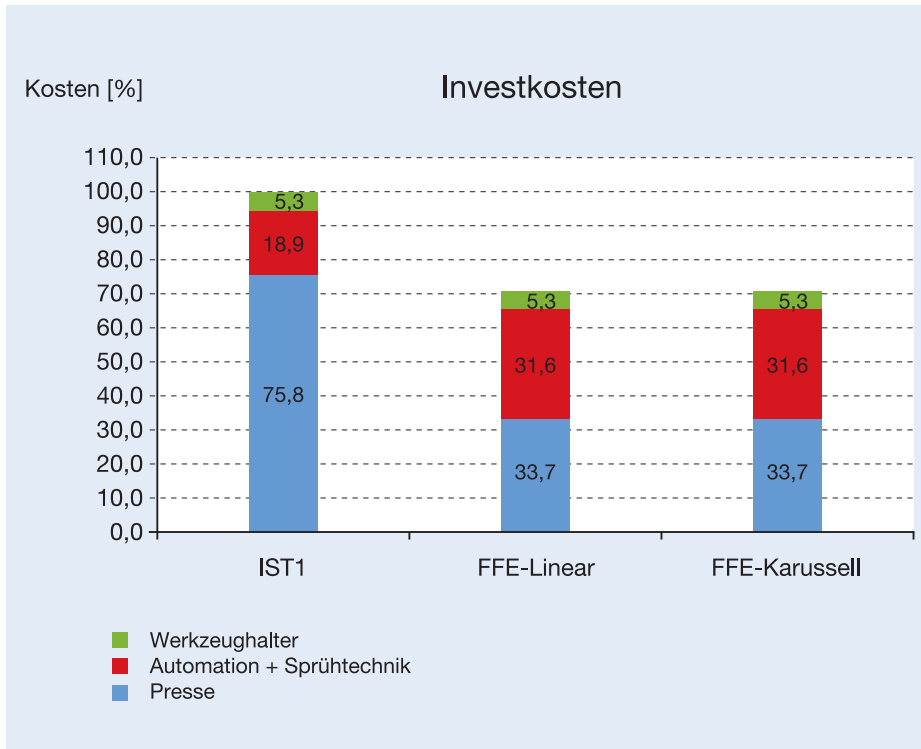


Bild 6: Investitionskosten der IST-Anlage und der Varianten der Einpunktpressen.

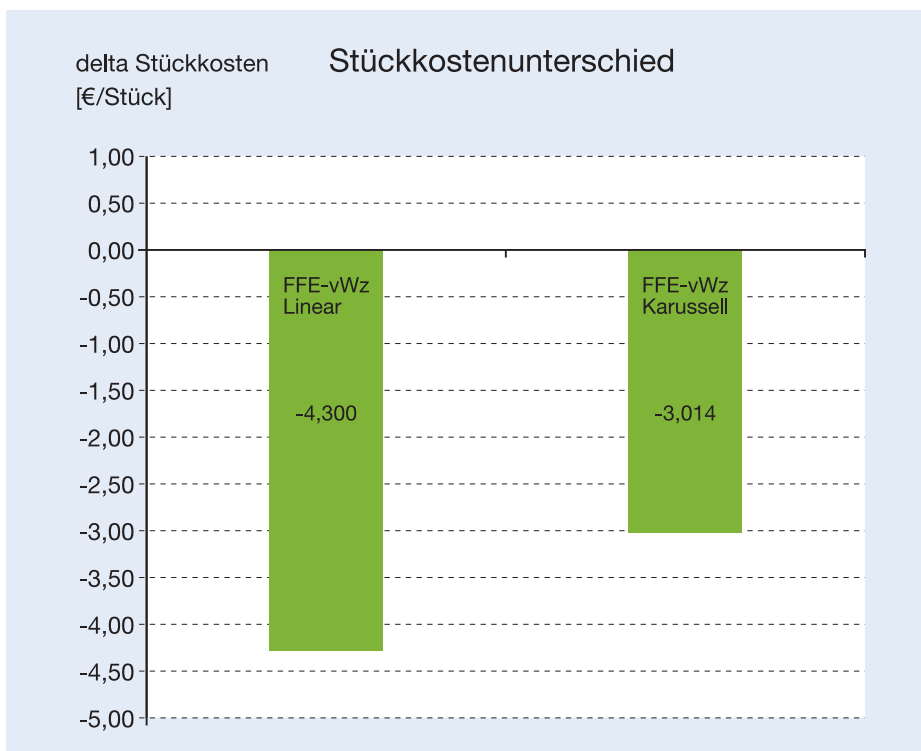


Bild 7: Positive Säule/Wert: Stückkosten FFE günstiger als Mehrstufenpresse. Negative Säule/Wert: Stückkosten FFE ungünstiger als Mehrstufenpresse. Bilder: Autoren

	Linear Variante	Karussell Variante
Anzahl Stufen [-]	5	5
Zeit für eine Werkzeugbewegung [s]	3	3
Zeit für Rückhub [s]	5	0
Zeit Be-/Entladen [s]	3	3
Gesamt-Taktzeit [s]	20	15

Tabelle 1: Abgeschätzte Taktzeiten der Einstufenpressen.

arten kann bei komplexen und hochpräzisen Schmiedeteilen die Entscheidung für eine FFE positiv beeinflussen. Die Konzeptvariante der flexiblen Fertigungseinheiten mit versetzbaren Werkzeugen wurde aufgrund der enormen Stückkostenunterschiede (bedingt durch die geringe Produktivität) und ungeklärter technischer Realisierbarkeit nicht weiter verfolgt.



Dipl.-Ing. Norbert Gober



Dr.-Ing. Rainer Herbertz



Dipl.-Ing. Harald Hermanns



Dr.-Ing. Marco Laufer



Dr.-Ing. Stephan Weidel