

# Seriengröße und Wirtschaftlichkeit

von Dr. rer. pol. Dipl.-Ing. Rütger Berchem, Gelsenkirchen

Wirtschaftlichkeit ist kein absoluter Wert an sich, er gewinnt seine Kontur im Vergleich. Verglichen wird Alternativnutzen, verglichen werden die Alternativkosten. Der erfahrene Anwender von Gesenkschmiedestücken vergleicht die Kosten der einbaufertigen Verfahrensalternativen. Er versucht unterschiedliches Ausfallrisiko, unterschiedlichen Instandhaltungsaufwand, unterschiedliches Reklamationsrisiko zu berücksichtigen. Diese Optimierung kann mit den Verfahren der Wertanalyse erfolgen. Es zeigt sich bei derartigen Analysen, daß der optimale Rohling in verschiedenen Fertigungslosgrößen jeweils anders aussieht — wegen der Zusammenhänge von Seriengröße und Wirtschaftlichkeit und der unterschiedlichen Kostenelastizität verschiedener Verfahren bei geänderten Losgrößen.

Das Gesenkschmieden ist ein Verfahren der Serienerzeugung. Jede Entscheidung für ein Verfahren und ihre Überprüfung werden erleichtert durch die Kenntnis der Faktoren, die im Kostengefüge starr sind und/oder der Faktoren, die auf eine Kostendegression mit wachsender Serie besonders ansprechen. Grundannahme ist Vollkostenkalkulation, nicht also ein unternehmerischer Entscheid, auf einen Teil der Fixkosten zu verzichten, um temporäre Belegungslücken von Fertigungskapazitäten im Markt zu füllen.

Im folgenden sollen die Hauptpositionen eines Kalkulationsaufbaues zur Kalkulation eines Schmiedestückes erläutert werden.

## Vormaterial

Die typische Mindestmenge des Bezuges beim Hüttenwerk entspricht der Größe eines Blockes im Walzwerk. Je nach Stahlsorte sind das 2—5 t Vormaterial. Kleinere Mengen werden sehr deutlich teurer, wenn sie nicht von einer Charge abgezweigt werden können. Gängige, genormte Stähle ergeben eher eine Abzweigungsmöglichkeit. Im Stahleinkauf ergibt sich eine Kostendegression bis zu geschlossenen Bezügen einer Charge, verfahrensbedingt also von 40—80 t. Qualitative Sonderwünsche an den Stahl erfordern oft die Abnahme geschlossener Schmelzen, somit heute Mengen von 10—30 t bei

hochlegierten Sorten und von bis zu 80 t bei modifizierten Standardgütern. Die bereits erwähnten Abzweigungsmöglichkeiten mögen in Einzelfällen die Erfüllung einiger Sonderwünsche erleichtern. Die üblichen und typischen Kostenzusammenhänge zeigt *Tafel 1*.

Stahl in kleinen Mengen aus einfachen Sorten muß also offensichtlich aus anderen Aufträgen abgezweigt werden. Besonders hier verbieten sich Sonderwünsche. Bei legierten Werkstoffen kann es technisch optimal sein, von der verbreiteten Standardlösung abzuweichen. Die Abweichung kann aber Geld kosten, offensichtlich 3 bis 5 Prozent vom Stückpreis.

## Fertigung

Die wesentlichen Fertigungsgänge sind:

- Materialtrennen
- Vorformen
- Schmieden
- Adjustage
- Wärmebehandlung
- Kontrolle.

Beim *Trennen* des Materials ergeben sich mit geänderter Serie verhältnismäßig geringe Änderungen der Trennkosten.

Im Verfahrensablauf ist die Gestaltung der *Vorform* die typische Position für Änderungen bei geänderter Serie. Zu entscheiden ist ebenso über mit der Seriengröße geänderte Vorformverfahren wie auch über eine verstärkte Anpassung der Vorform an die Fertigform, eventuell durch zusätzliche Arbeitsfolgen. So beeinflussen diese Änderungen den Fertigungstakt innerhalb der Schmiede, die Standmengen der Werkzeuge und mit Änderungen der Fertigform und ihrer Feingliedrigkeit auch den Bearbeitungsaufwand beim Kunden.

Beim *Schmieden der Fertigform* sind die Kostenunterschiede zunächst weniger drastisch. Hier bestimmt allerdings die Seriengröße die Aggregatwahl, es wird z. B. also nur in Ausnahmefällen eine mechanische Schmiedepresse für kleine Serien herangezogen werden. Diese Unterschiede liegen aber weniger am Fertigungstakt als in den aggregatespezifischen Rüstkosten und den im Einbauzyklus erreichbaren Standmengen der Werkzeuge.

Beim *Abgraten* ergeben sich keine wesentlichen Kostenunterschiede bei Änderungen der Seriengröße. Selbstver-

Bezugs- menge	Werkstoff 42 CrMo 4 50 mm $\varnothing$	Werkstoff C 45 50 mm $\varnothing$
Mindest- bezug		
.2 t	100%	ohne Sonder- vereinbarung nicht möglich
3 t	95%	
5 t	94%	100%
10 t	91%	99%
30 t	90%	98%
40 t	89%	

**Tafel 1:** Beispiele für die Degression der Schmiedestahl-Einkaufspreise mit wachsendem Einkaufsvolumen

ständig lassen sich andererseits auch Abgratvorgänge so gestalten, daß einerseits der Werkzeugaufwand minimiert und andererseits die erzielbare Taktzeit der gesamten Fertigungsgruppen optimiert wird.

Bei der *Adjustage* sind Warm- und/oder Kalt-Kalibrierarbeiten sowie Richtarbeiten üblich. Ab einer Mindestserie gibt es hier nur noch geringe Kostendegressionen. Unterhalb dieser Mindestserie sind die Kosten stark progressiv, so daß bei kleinen Serien oft eine zusätzliche Zerspanung wirtschaftlicher wird.

## Energiekosten

Die Kosten der Umformenergie sind weitgehend unabhängig von der Seriengröße. Kostendegressionen mit wachsender Serie gibt es beim Erwärmen der Butzen zum Schmieden. Sie betreffen Rohlinge, die mit Gas oder Öl erwärmt werden müssen, noch stärker als Schmiedeverfahren mit elektrischer Erwärmung. Andererseits setzen Schmiedeverfahren mit elektrischer Erwärmung eine beträchtliche Konstanz der zur Verarbeitung vorgesehenen Vormaterialabmessungen voraus.

Unterhalb einer Mindestmenge von 5 t gibt es starke Kostenprogressionen bei den Verfahren der Wärmebehandlung. Es verschlechtert sich bei diesen kleinen Mengen drastisch die Ofenausnutzung. Auch wenn Wärmebehandlungen bisher noch häufig pauschal nach Gewicht abgerechnet werden, sollten diese Zusammenhänge bekannt sein. Außerdem vermindern kleine Serien selbstverständlich die Möglichkeiten der Schmiede, durch die Schaffung

spezieller Fertigungseinrichtungen die Wärme des geschmiedeten Gutes gezielt für Wärmebehandlungsaufgaben zu nutzen.

### Kosten des Anlaufs

Vor dem Beginn der Serienfertigung müssen die auftragsspezifischen Vorbereitungen abgelaufen, die Werkzeuge und Vorrichtungen in den Maschinen eingebaut und die Freigabe der ersten Ausfallmuster muß erfolgt sein. Diese Kosten entstehen jeweils in ungefähr gleichem Umfang je Fertigungslos. Sie werden deshalb oft in den Kalkulationen pauschal abgerechnet. Selbstverständlich richten sich die Anlaufkosten nach dem Schwierigkeitsgrad der Fertigung.

Vom Anteil kleinerer Serien am Gesamtprogramm und damit vom Anteil der Anlaufkosten an den Gesamtkosten eines Unternehmens wird es abhängen, inwieweit über die Belastung der jeweiligen Anlaufzeiten mit Deckungsbeiträgen entschieden wird. Bei reiner Großserienfertigung lassen sich die fehlenden Deckungsbeiträge für verhältnismäßig geringe Anlaufzeiten oft vernachlässigen. Je häufiger kleinere Serien im Produktionsprogramm werden, desto wichtiger ist auch ein Entscheid über die korrekte Belastung von Deckungsbeiträgen auf Einrichte- und auf Fertigungsstunden.

Die Größenordnung von Anlaufkosten schwankt bei einem namhaften Unternehmen zwischen DM 300 und DM 2400 je Fertigung. Einzweckeinrichtungen mit besonders hohen Investitionskosten und Fertigungen mit langen Werkzeugwechselzeiten werden höhere Beträge erfordern.

### Prüfkosten und Kosten für Ausschuß

Die tolerierbare und kalkulierbare Ausschußmenge ist abhängig vom Schwierigkeitsgrad und von der Seriengröße. Immerhin sind 1 Stück Ausschuß bei einem Los von 10 Stück 10%. 50 Stück Ausschuß bei einem Los von 5000 Stück sind hingegen 1%. Im eigenen Interesse empfiehlt sich für den Lieferanten eine gute Ausschußstatistik, die teilbezogen und fehlerquellenbezogen ist. Ausschußteile sind Störquellen beim Kunden, aber auch beim Lieferanten. Die Störquellenanalyse ist der erste Schritt zur Fehlerbeseitigung.

Prüfkosten werden sehr häufig pauschal abgerechnet. Bei dieser Pauschalabrechnung fehlt oft eine Berücksichtigung der Kostenentwicklung in Abhängigkeit von der Seriengröße. Tatsächlich ist diese Kostenentwicklung sehr deutlich gegeben. Schließlich muß jedem Prüfbeginn eine Einweisung vor-

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Jahresbedarf an Schmiedestücken	6 000	3 000	1 000	500
Gesenkkosten der Werkzeuggrundausstattung	10 000	10 000	10 000	10 000
Erlös durch WZKA des Kunden	5 000	5 000	5 000	5 000
mit der Herstellung von Schmiedestücken zu verrechnender Restbetrag	5 000	5 000	5 000	5 000
Kosten der Nachgravur	3 000	3 000	3 000	3 000
Standzeit der Gravuren	3 000	3 000	3 000	2 000
Schmiedelos	3 000	1 500	1 000	500
in 3 Jahren zu schmiedende Stückzahl	18 000	9 000	3 000	1 500
Gesamtwerkzeugaufwand	20 000	11 000	5 000	5 000
Werkzeugrate je Stück	1,11	1,22	1,66	3,33
Werkzeugrate je Stück einschl. Nacharbeit an Gravuren	—	1,27	1,87	3,73
die Losgröße wird verringert auf	—	750	500	250
Kostenplus in 3 Jahren durch vermehrte Nacharbeit an Gravuren	—	600	1 000	1 000
Werkzeugrate bei verringertem Schmiedelos	—	1,33	2,20	4,40

**Tafel 2:** Errechnung der Werkzeugrate und Entwicklung des Werkzeugkontos

ausgehen. Die Seriengröße bestimmt auch die Wirtschaftlichkeit in der Anfertigung von Sonderprüfvorrichtungen, z. B. in der Reißprüfung und der Maßprüfung.

Die vermehrte Nachfrage nach Dokumentationsleistungen führt bei Herstellern von Gesenkschmiedestücken zunehmend zur Aufgliederung der Prüfteilungen nach Kostenstellen. Gleichzeitig werden die Ablaufpläne der Prüfung methodischer. Es sind also bei den Herstellern von Gesenkschmiedestücken zunehmend die Möglichkeiten gegeben, vom Kunden gewünschte Prüfhandlungen kostenorientiert darzulegen und mit dem Kunden eine optimale Abstimmung der Prüfsysteme beider Seiten nach Prüfverfahren und Prüfumfang vorzunehmen.

Als Richtwert für Teile mit erhöhten Sicherheitsanforderungen kann von einer Kostenbelastung durch Prüfhandlungen zwischen 5 und 10% des Rohlingspreises ausgegangen werden. Selbstverständlich sind wesentlich niedrigere, selbstverständlich sind auch wesentlich höhere Anteile, z. B. bei Zulieferungen für die Kerntechnik denkbar.

### Werkzeugkosten

Zunächst fallen die Kosten der Werkzeugerausstattung an. Der geschätzte Jahresbedarf des zu schmiedenden Rohlings ist bekannt. Daraufhin wurde die Feingliedrigkeit des geschmiedeten Erzeugnisses in Anpassung an die

Endform unter Berücksichtigung dieses Jahresbedarfes festgelegt.

In die Werkzeugausstattung investieren beide, der Lieferant und der Kunde, indem jeder einen Werkzeugkostenanteil bezahlt. Der vom Lieferanten vorauslagte Betrag wird amortisiert durch die laufenden Schmiedungen. Besonders bei Lieferungen an den Maschinenbau kann diese Amortisation mehrere Jahre erfordern.

Tafel 2 enthält ein Rechenbeispiel.

Im Beispiel wird angenommen, der vom Lieferanten vorauslagte Betrag soll innerhalb von 3 Jahren amortisiert werden. Die im Stückpreis zu verrechnende Werkzeugrate schwankt dann zwischen DM 1,11 bei jährlich 6000 Rohlingen und DM 3,73 bei jährlich 500 Stück.

Die Standzeit eines Gesenkes erreicht ihr Optimum, wenn die Schmiedelosgröße gleich der Standmenge des Gesenkes ist. Ein häufiger Temperaturwechsel, wie er sich mit der Fertigung kleiner Lose notgedrungen ergibt, reduziert die erreichbare Standzeit (in unserem Beispiel von 3000 auf 2000 Rohlinge bei Losen von 500 Stück und auf 1500 Rohlinge bei Losen von 250 Stück). Die Berücksichtigung dieser Zusammenhänge ergibt Unterschiede in der Werkzeugrate zwischen DM 1,11 zu DM 4,40. Die Unterschiede sind deutlich, sie geben aber natürlich keine Antwort, wo für den Kunden der Schmiedeindustrie das Optimum liegt. Dieses Optimum zeigt sich im Vergleich von

Kostenalternativen. Beträchtlich höhere Werkzeugraten als in unserem Beispiel können für den Kunden wirtschaftlich sein, wenn gegebene Alternativen noch aufwendiger sind.

Im Regelfall liegt die Werkzeugrate zwischen 5% und 12% des Stückpreises. Es ist also ein beträchtlicher Kostenblock, dessen Gestaltung der Kunde mit seinem Entscheid über Serie und Fertigungslos beeinflusst. Um so wichtiger für optimale Entscheidungen sind realistische Informationen über die erwartete Serie.

Bei Möglichkeiten der Wiederholung der Werkzeugherstellung liegt auch diese im Bereich von Kostendegressionen. Auch wird die zehnte Nachgravur kostengünstiger sein können als die erste Nachgravur. Um auch hier einen Anhaltspunkt zu geben:

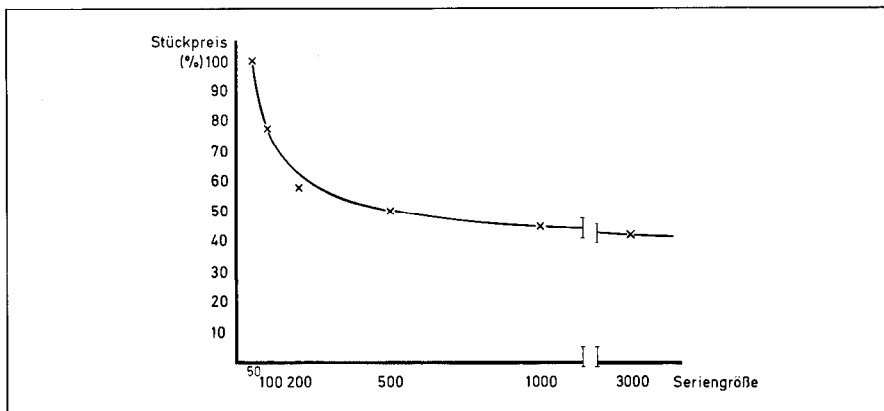
Mit der Verdoppelung der Anzahl sinken jeweils bezogen auf die Ausgangsgröße die Nachgravurkosten um rd. 10% — ohne Berücksichtigung der Materialbeistellung. Hier wirken sich in erster Linie die mit erhöhter Anzahl an Gravuren möglich werdenden Fertigungsalternativen im Gesenkbau aus.

### Zuordnung von Kosten, die mit innerbetrieblich vereinbarten Schlüsseln umgelegt werden

Die Kostenrechnung ist konsequent, sie ist aber nicht entscheidungsfrei. Das Verursachungsprinzip ist klar und anerkannt. Schwieriger wird es, Umlagen zuzuordnen. Was ist von diesen Umlagen vom Einzelprojekt verursacht? Z. B. wird konstruktiver Aufwand bis zum Anlauf der Fertigung eines Schmiedestückes selten einzeln abgerechnet, typisch ist dies ein Teil der Gemeinkosten.

Pauschal wird häufig auch über die Zuordnung der Verwaltungskosten entschieden. Hierbei ist der reine Umsatzschlüssel konsequent bei gleichbleibender Seriengröße eines Programmes. Diese Abrechnung ist einfach. Aber so tragen bei wechselnden Serien die Kleinserien zuwenig und die größeren zuviel von den Gemeinkosten. Dieser Zusammenhang kann verdeutlicht werden über die spezifischen Investitionskosten je Fertigungsschritt. Sie sind bei modernen Schmiedeaggregaten gegenüber anderen Betriebsabläufen bei weitem am höchsten. Zur optimalen Nutzung der vorhandenen Ressourcen ist also hier der „geplante Engpaß“ in allen Abläufen anzusetzen und der übrige Betrieb auf die optimale Ausnutzung der Kapazitäten dieser Abteilung auszurichten.

Einbau- und Anlaufzeiten bleiben ohne Produktion, sie bleiben also ohne Deckungsbeiträge, wenn diese innerhalb des Betriebes mengenbezogen ver-



**Bild 1:** Abhängigkeit der Stückkosten von der gefertigten und gelieferten Seriengröße (schematisch)

rechnet werden. Für die Einbau- und Anlaufzeiten kann das nur bedeuten, daß auch diese mit einem Kostendeckungsbeitrag für Verwaltungsgemeinkosten belastet werden, wenn im Programm der Schmiede die Seriengrößen häufiger wechseln und somit gleichzeitig der Anteil der Anlaufzeit zum Zeitpunkt der tatsächlichen Fertigung wechselt. Diese auf die Engpaßkapazität bezogene Kostenrechnung steuert gegen eine oft naheliegende Tonnenideologie und sichert den kleineren Losen ihren Platz im Programm. Sie werden sonst herausgedrückt auf Kosten größerer Lose, mit ja oft auch vergleichsweise einfacherem Ablauf.

### Wo ist das Optimum?

Für die Erzeugung von Schmiedestücken ist die Antwort klar: beim Erreichen der Standmenge des Gesenkes. Fertigungsstunden sind überall wirtschaftlicher als Rüst- und Anlaufzeiten. Auch nutzen in der Standmenge voll beanspruchte Gesenke optimal die Facharbeiterkapazitäten des Werkzeugbaues, die für so viele Betriebe der Engpaß ihrer Möglichkeiten sind.

Die Festlegung des wirtschaftlichen Optimums ist für den Kunden weniger klar. Erforderlich ist auch hier der Kostenvergleich, aus Kundensicht zweckmäßigerweise einschließlich der Beschaffungs- und Lagerkosten. Bei einem Schweizer Konzern des Maschinenbaues wird der einzelne Beschaffungsvorgang zu rd. DM 350,— angerechnet. Materialbestände kosten Zinsen. Kapitalkosten von 12% p. a. gelten oft als angemessen, Zinsen plus Lagerung mit insgesamt 15% können ein angemessener Wert für Schmiedestücke sein.

Die typischen Zusammenhänge der Kosten-Mengen-Beziehung zeigt *Bild 1*. Eine naheliegende Entscheidung des Maschinenbaues wäre es, dem Drang der Zulieferindustrie zum Ausnutzen der Standmenge der Gravur möglichst zu

folgen und einkaufsseitig die entsprechenden Vorteile wahrzunehmen. Zusätzlich ist festzustellen, daß sich um diesen Marktbereich nahezu alle Gesenkschmieden bewerben, daß aber kleine Serien schwieriger einzukaufen sind.

Falls es nicht geht, wäre möglichst die halbe Standzeit der Gravur anzusteuern. Auch das sind noch überschaubare Verhältnisse. Allerdings: Der Bedarf noch kleinerer Serien muß auch gedeckt werden, denn:

- Viele Beanspruchungsfälle erfordern das Schmiedestück, auch wenn kleine Serien beschafft werden müssen und diese Beschaffung mühsam werden kann.
- Oft rechnen sich Gesenkschmiedestücke auch in verhältnismäßig kleinen Losen als günstige Kostenalternative.

Zusammengefaßt die typische Folge- rung vieler Kunden des Maschinenbaues:

Bei sicherer Programmfortführung ein Jahresbedarf an Rohteilen zum geschlossenen Bezug, bei auffällig kleinen Losen und entsprechend ungünstigem Verhältnis von Beschaffungsvolumen zu Beschaffungskosten auch etwas mehr. Sonst, außerhalb der starken Kostenprogression mit verminderter Serie wird der Bedarf eines Halbjahres aufgegeben. Bei sehr drastischer Konjunkturänderung ist diese Ware dann immer noch innerhalb von 12 Monaten abgeflossen.

Innerhalb aller Alternativüberlegungen legt der Kunde der Schmiedeindustrie *sein* Kostenoptimum fest. Das zählt. Nützlich für dauerhafte Beziehungen ist es, wenn beide Seiten ihre Daten kennen und sich kostenorientiert verhalten. Kleine Serien als Lückenfüller zu nicht klar kalkulierten Kosten sind gefährlich.