

Wechselbeziehungen zwischen Fertigung, Verfahren und Materialökonomie

Dipl.-Ing. U. Darge, KDT, VEB Weimar-Werk, Stammbetrieb des VEB Weimar-Kombinat — Landmaschinen

1. Einleitung

Eine entscheidende Rolle bei der Beschleunigung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts zur Erhöhung der Materialökonomie haben die produktionsvorbereitenden Abteilungen.

In der metallverarbeitenden Industrie der DDR wird in den produktionsvorbereitenden Abteilungen (Konstruktion, Technologie) bis zu 80% über die Erhöhung der Materialökonomie entschieden. Dies ist ebensowenig ein Geheimnis, wie die Tatsache, daß größtenteils bis zu 60 bis 70% der Entstehungskosten eines Erzeugnisses für Werkstoffe aufgewendet werden.

Die bekannten Zahlen über die Anteile der Beeinflussung der Materialeinsparung durch Konstruktion, Technologie und Produktion (80% in der Forschung und Entwicklung, 15% in der technologischen Vorbereitung, 5% in der unmittelbaren Fertigung) sind mit Sicherheit in den Industriezweigen und Betrieben unterschiedlich. Sie sind auch inhaltlich nicht völlig richtig, da der gesamte Bereich der Materialwirtschaft vernachlässigt wurde und der Anteil der technologischen Beeinflussung bereits in der Phase der Forschung und Entwicklung beginnt.

2. Einfluß der Technologie in der Phase der Forschung und Entwicklung neuer Erzeugnisse

Während bei der konstruktiven Vorbereitung neuer Erzeugnisse die Form, die Abmessungen, die Werkstoffgüte und die Oberflächenqualität der Einzelteile und Baugruppen festgelegt werden, ist von den technologischen Abteilungen zu sichern, daß die Fertigung dieser Teile und Baugruppen mit dem geringsten Aufwand an Grund- und Hilfsmaterial und mit minimalem Fertigungszeitaufwand durchgeführt werden kann.

Diese Aufgaben beider Bereiche können nur noch dann erfolgreich gelöst werden, wenn Konstrukteure und Technologen bei der Forschung und Entwicklung neuer Erzeugnisse, aber auch bei der Verfahrensentwicklung und Findung neuer Technologien eng zusammenarbeiten.

Die technologischen Verfahren sind infolge des technischen Fortschritts in den vergangenen 15 Jahren derart weit entwickelt worden, daß ein Konstrukteur die fertigungstechnische Umsetzung seiner Konstruktion nicht mehr beherrscht. Andererseits hat sich aus demselben Grund auch der Technologe auf bestimmte Arbeitsgebiete spezialisieren müssen. Damit verbunden ist ein weiteres Eindringen des Technologen in sein Spezialgebiet und seine wesentlich höhere Qualifizierung. Er ist zum Spezialisten des Betriebs in seiner Arbeitstechnik geworden, ist aber weiterhin Mittler zwischen Produktion und Konstruktion.

Er setzt theoretische Erkenntnisse in die Produktion um bzw. läßt rückwirkend Erkenntnisse aus dem Produktionsprozeß in die Technologie und Konstruktion einfließen. Somit werden über die Technologie erschlossene materialökonomische Reserven produktionswirksam.

Die technologische Betreuung bzw. Beratung der Konstrukteure bezieht sich auf folgende Schwerpunkte:

- Gestaltung und Abmessung von Rohteilen bezüglich Aufmaße, Aushebeschrägen und -radien
- fertigungsgerechte Gestaltung von Einzelteilen
- fertigungsgerechte Bemessung von Einzelteilen und Baugruppen hinsichtlich der Zuschnittoptimierung, Verwendung von Reststücken, erreichbare Qualitätsforderungen bezüglich Passungen und Lageneuigkeiten sowie Bearbeitbarkeit auf bestimmten Werkzeugmaschinen, Ausrüstungen und Anlagen
- konstruktive Gestaltung der Werkstücke für das vorgesehene Füge- oder Verbindungsverfahren
- Wahl der Oberflächenvergütungsverfahren unter Berücksichtigung der betrieblichen Bedingungen.

Dazu folgen einige Beispiele aus dem VEB Weimar-Werk.

Aufgrund der engen Zusammenarbeit zwischen Konstrukteuren und Technologen entstanden in der konstruktiven Entwicklungsphase solche

Konstruktionen, die nicht nur fertigungstechnologisch günstige Effekte der Fertigungszeit-senkung und Arbeitserleichterungen mit sich brachten, sondern auch wesentliche Materialeinsparungen zur Folge hatten:

Schalbauweise des Unterarms des Mobilkrans T 174-2 (Bild 1)

Der Unterarm für den Ausleger des Mobilkrans T 174-2 war in der alten Ausführung sehr materialintensiv, vor allem war die Ausschußquote durch Ribbildung nach dem Kanten der Blechteile sehr hoch. Durch die neue Ausführung werden diese Nachteile beseitigt. Der Träger wird nicht mehr aus zwei abgekanteten Teilen geschweißt, sondern in Schalbauweise aus vier Teilen gefertigt. Der Zuschnitt konnte so optimiert werden, daß aus einer Blechtafel 2500 mm × 1250 mm ein kompletter Ausleger geschert werden kann. In der alten Ausführung wurden zwei Tafeln benötigt.

Schlauchlose Klutenpneumalze der Kartoffelsammelroder (Bild 2)

In der alten Ausführung bestanden die Pneumalzen zum Zerdrücken der Kluten zwischen erster und zweiter Siebkette im Kartoffelsammelroder aus Mantel und Schlauch. Durch eine neue Konstruktion und Technologie wurde erreicht, daß die Walze ohne Schlauch luftdicht gefertigt werden kann.

Schneidringverbindungen bei Hydraulikrohren des Mobilkrans T 174-2 und des Kartoffelrodelaers E 684 (Bild 3)

Die mit Hilfe eines Schneidrings erzielte Rohrbefestigung ist den höchsten Anforderungen in bezug auf Druckbelastung und Dichtheit gewachsen. Der wesentliche Vorteil liegt in der saubereren Ausführung gegenüber geschweißten Rohrverbindungen. Die Zunderbildung beim Lötten bzw. beim Schweißen war ein wesentlicher Qualitätsmangel und Störfaktor im Hydrauliksystem einer Anlage.

3. Materialsparende Fertigungsverfahren

Als materialsparende Fertigungsverfahren werden in erster Linie die Verfahren der Ur- und Umformtechnik bezeichnet. Bei der spanlosen Formgebung wird der Werkstoff in kürzester Zeit und bei einem Minimum an Arbeitsgängen aus der Ausgangsform überführt, wobei nur ein geringer Werkstoffverlust eintritt (Volumenkonstanz). Die spanlose Formgebung ist aber meist nur dann wirtschaftlich, wenn mehr als eine bestimmte Mindeststückzahl gefertigt wird. Ihre Nutzung im Interesse eines niedrigen spezifischen Materialverbrauchs setzt daher vielfach die Erhöhung der Fertigungsstückzahl auf dem Weg der Standardisierung, der Konzentration der Produktion und Spezialisierung der Betriebe und Produktionsstätten und der zentralen Fertigung erzeugnisgruppentypischer Teile voraus.

Die Anwendung materialsparender Technologien erfolgt in nachstehenden Richtungen:

- Anwendung rationeller Verfahren der Umformtechnik, insbesondere des Einsatzes von Gußeisen mit Kugelgraphit, von Temperguß und des Genauigießens

Bild 1. Unterarm des Mobilkrans T 174-2 in neuer Schalbauweise

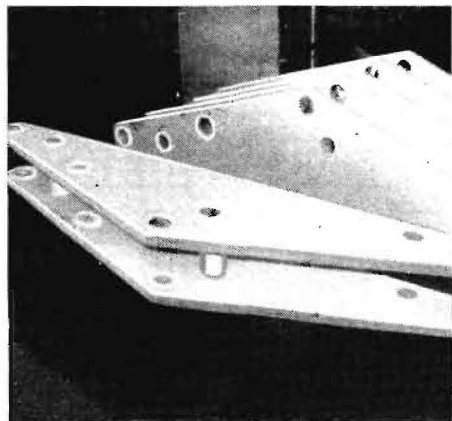
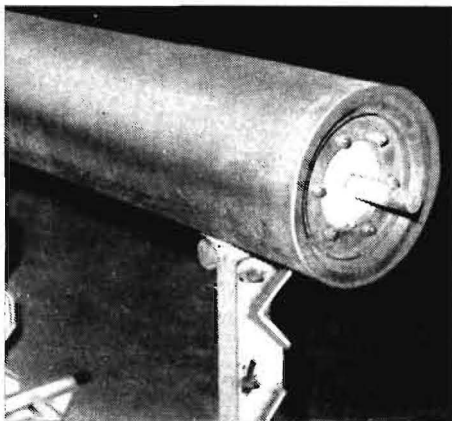


Bild 2. Schlauchlose Klutenpneumalze des Kartoffelsammelrodelaers E 665



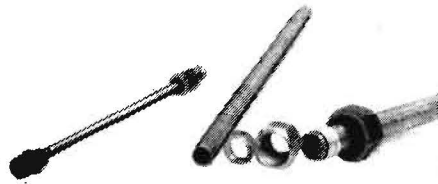


Bild 3. Rohranschlüsse bei Hydraulikrohren; links alte Schweiß- bzw. Lötzuführen, rechts Schneidringmontage

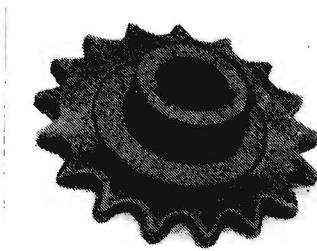


Bild 4. Feingschmiedetes Kettenrad (bis auf Bohrung)

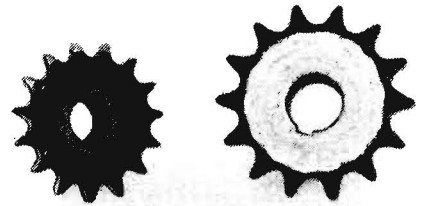


Bild 5. Kettenradscheibe; links gefräste Verzahnung, rechts warmgewalzte Verzahnung

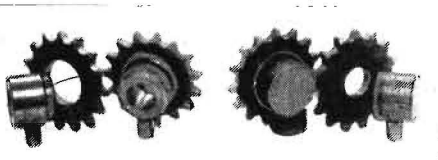


Bild 6. Kettenrad; links mit durchgesteckter Nabe CO₂-geschweißt, rechts stumpf-reibgeschweißt



Bild 7. Rohlinge einer Kettenlasche von der Profilstange abgesichert

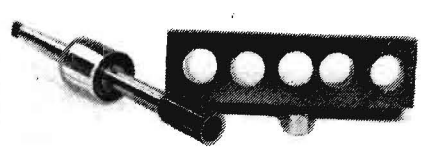
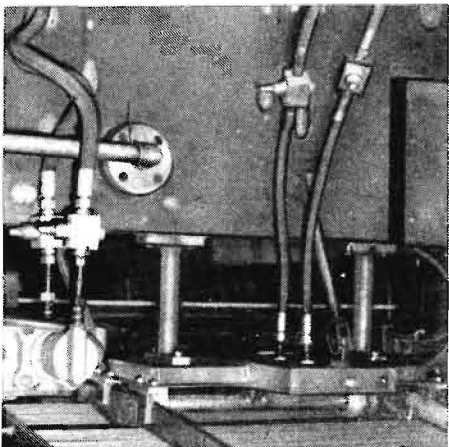


Bild 9. Werkzeug zum Innenglattwalzen

- Anwendung rationeller Verfahren der Umformtechnik, insbesondere der Verfahren der Massiv- und Kaltumformung, wie Gesenkschmieden, Präzisionsschmieden, Reck- und Querwalzen, Rundkneten (kalt und warm), Strang- und Fließpressen (warm, halbwarm und kalt), Profilwalzen, Fließdrücken und Explosivumformen
- Anwendung rationeller Zuschnittverfahren (Scherenschneiden, translatorisches Schneiden, Ausschneiden, Lochen und Schmelzbandsägen), wobei besonders auf eine hohe Qualität der Schnittflächen zu achten ist.

Die spanende Formgebung verursacht dagegen relativ hohen Materialverlust und zugleich einen vergleichsweise großen Fertigungszeitaufwand. Ihr Anteil ist aber noch nach wie vor dominierend im Bereich der metallverarbeitenden Industrie. Hier muß vor allem im Hinblick auf die Materialökonomie die umformende Vorbearbeitung wirksamer werden. Eine weitgehende Verformung der jeweiligen Rohlinge oder der Einsatz formgünstiger Halbzeuge kann allerdings auch zu geringen Werkstoffverlusten führen.

Bild 8. Teilansicht der Versuchsanlage zum induktiven Vergüten von Siebstäben

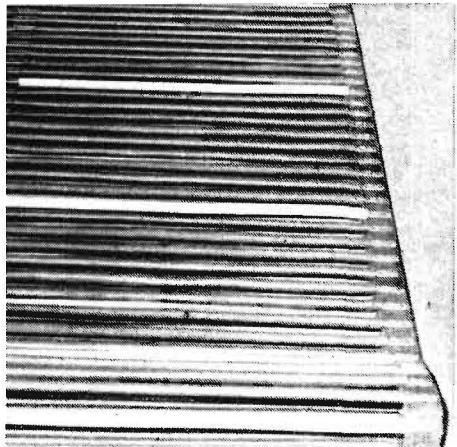


Eine sehr wichtige, oft unterschätzte Rolle bezüglich der Materialökonomie spielt die Oberflächenbehandlung. Die richtige Oberflächenbehandlung bringt nicht nur eine Qualitätserhöhung, sondern auch wichtige materialökonomische Aspekte mit sich. Dabei muß die Verbesserung der Werkstoffeigenschaften und des Korrosionsschutzes im Vordergrund stehen. Die materialökonomisch günstigste Lösung bringen meist jene Verfahren, die mehrere Anliegen zugleich erfüllen. Auch zu diesem gesamten Komplex seien einige Beispiele aus dem VEB Weimar-Werk aufgeführt:

Feinschmieden von Kettenrädern (Bild 4)

Das gesamte Kettenrad (Scheibe mit Nabe) wird einschließlich der Verzahnung geschmiedet. Die ökonomischen Auswirkungen sind trotz hoher Stückzahlen der Kettenräder noch nicht befriedigend. Das wird mit der geringen Fertigungszeit bei der Verzahnung der Kettenradscheiben in bis zu 9-Maschinen-Bedienung und mit rationellen automatischen Schweißverfahren begründet. Demgegenüber stehen noch die hohen Preise der Feinschmiedeteile.

Bild 10. Zweite Siebkette des Kartoffelrodeladers E 684 in Krampenausführung



Die Mindeststückzahl für ein einmaliges Schmieden liegt zwischen 5000 bis 8000 Stück.

Warmwalzen von Kettenradscheiben (Bild 5)

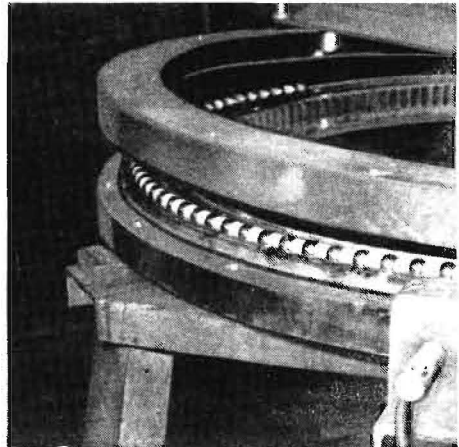
Das Verfahren in sowjetischer Lizenz wird im Jahr 1978 erstmalig in der DDR produktionswirksam. Die Verzahnung der Kettenradscheiben wird warmgewalzt. Durch die Verwendung von 3 bis 4 mm dünneren Ronden gegenüber dem herkömmlichen Verfahren entsteht eine hohe Materialeinsparung.

Die Ronde wird induktiv erwärmt. Mit Hilfe von zwei gegenüberliegenden Formwalzen, die in radialer Richtung zugestellt werden, wird die Verzahnung gewalzt. Durch den Walzvorgang wird die Zahnbreite um die genannten 3 bis 4 mm vergrößert. Die Steigerung der Arbeitsproduktivität liegt bei 700%.

Reibschweißen von Kettenrädern (Bild 6)

Kettenradscheibe und Nabe werden durch Reibschweißen stumpf verbunden. Das alte Verfahren war zeitaufwendiger und materialintensiver aufgrund des Durchsteckens der Nabe in die Scheibe. Die Nabe wird um die Breite der Kettenradscheibe kürzer.

Bild 11. Demontierte Kugeldrehkranzverbindung des Mobilkrans T 174-2



Kettenlasche aus Profilmaterial (Bild 7)

In der alten Ausführung wurde die Kettenlasche als Einzelteil geschmiedet. Jetzt wird die Lasche von einer 6 m langen Profilstange abgeschert.

Plastummantelung von Siebstäben

Der bis jetzt verwendete Siebstab der Siebketten von Kartoffelsammelrodern wurde mit einem PVC-Schlauch überzogen. Dazu war der Schlauch herzustellen und auf Länge zu schneiden. Bei der neuen Technologie wird in einer Taktzeit von 10 Sekunden je Siebstab auf einer Plastspritzmaschine das PVC-Material aufgespritzt.

Induktives Vergüten von Siebstäben (Bild 8)

Die Siebstäbe für die Siebketten der Kartoffelsammelroder unterliegen bei ihrer Funktion einem hohen Verschleiß. Als Werkstoff für die Siebstäbe wird Rundmaterial (\varnothing 10 mm) der Güte 15 Mn Si 7 in einer Länge von 1060 mm bzw. 1510 mm verwendet. Ein Vergüten war bisher nicht möglich, da sich der Stab aufgrund seiner für dieses Verfahren ungünstigen geometrischen Abmessungen so verzog, daß anschließend ein sehr aufwendiges manuelles Richten erforderlich war. Nunmehr wird der Stab bei axialer Zugkraft von 9000 N auf 780°C induktiv erwärmt und bei gleicher Zugkraft abgeschreckt. Danach wird der Stab nach gleichem System angelassen. Der Stabdurchmesser konnte bei wesentlicher Erhöhung der Standzeit von 12 mm auf 10 mm reduziert werden.

4. Materialsparende Technologien

Die dem Technologen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten für die Herstellung eines Werkstücks oder Erzeugnisses erfordern stets die Ausarbeitung und Prüfung mehrerer technologischer Varianten, um daraus die Variante mit der höchsten Wirtschaftlichkeit auszuwählen. Dabei müssen für die alternativ möglichen Varianten exakte Kennziffern, wie Arbeitsproduktivität, Ausnutzung der Ausrüstungen und Produktionsflächen, Energie- und Materialbedarf, Selbstkosten oder Bearbeitungskosten, jeweils bezogen auf eine Mengeneinheit des Erzeugnisses, ermittelt und verglichen werden.

Der Technologie muß alle Faktoren, die Kosten verursachen, bei den technologischen Varianten berücksichtigen. Aus materialökonomischer Sicht sind das besonders der Materialausnutzungskoeffizient, die durch die Nutzung der Arbeitsmittel verursachten Kosten, die Betriebsmittelkosten sowie die Kosten für Energie und Hilfsmaterial. Wegen des hohen Anteils der Materialkosten an den Selbstkosten ist die materialökonomisch günstigste Variante zu bevorzugen. Dazu folgen einige Beispiele:

Glattwalzen von Bohrungen (Bild 9)

Dieses Verfahren wird bei der Herstellung von Bohrungen mit hohen Oberflächengüten angewendet. Gegenüber dem herkömmlichen Verfahren (Honen bzw. Läppen) ist nicht nur eine wesentliche Fertigungszeitsparung möglich. Vor allem durch die noch besseren Oberflächengüten und durch die Verfestigung

der Oberfläche kann eine Qualitätsverbesserung ($R_t = 0,1 \dots 1,0 \mu\text{m}$) und damit eine Minderung der Ersatzteilbereitstellung erreicht werden.

Durch Glatt- bzw. Festwalzen werden dynamisch hochbeanspruchte Werkstücke je nach Werkstoff in ihrer Dauerfestigkeit bis zu 80% erhöht.

Siebketten in Krampenverbindung statt in Nietverbindung (Bild 10)

Die Verbindung zwischen Siebstab und Flachriemen der Siebketten der Kartoffelsammelroder wird gegenwärtig noch durch Niet und Platte hergestellt. Fertigungstechnologisch ist diese zeitaufwendige Konstruktion ungünstig. Die neue Verbindung mit Hilfe einer Krampe ermöglicht eine hohe Fertigungszeit- und Materialeinsparung.

Regenerierung der Kugeldrehkranzverbindung des Mobilkrans T 174-2 (Bild 11)

Die Wiederverwendung von Teilen hat für die Erhöhung der Materialökonomie große Bedeutung. Als hervorragendes Beispiel hierfür gilt die Regenerierung der Kugeldrehkranzverbindung des T 174-2. Die Kugellaufbahn dieser Verbindung unterliegt aufgrund der stark einseitigen und dynamischen Belastung einem hohen Verschleiß. Mit der neuen Technologie konnte die Kugellaufbahn so nachgearbeitet werden, daß rd. 3 mm dickere Kugeln eingebaut werden.

Damit wird der Volkswirtschaft ein Ersatzteil im Wert von 3 000 M mit geringem Aufwand neu zugeführt.

A 1589

Materialökonomie und Standardisierung bei Standausrüstungen für die Rinderhaltung

Dr. agr. H. Wutzig, KDT/Dipl.-Landw. S. Scharmentke, KDT/Dipl.-Ing. R. Wobst, KDT VEB Ausrüstungskombinat für Rinderanlagen Nauen

Der schrittweise Übergang zu industriemäßigen Produktionsverfahren in der Rinderhaltung hat gegenüber alten Verfahren der Haltung der Tiere auf Einstreu einen zunehmenden Einsatz von vergegenständlichter Arbeit zur Folge.

Darin unterscheidet sich die industriemäßige Rinderproduktion in keiner Weise von anderen Produktionszweigen der Landwirtschaft. Dieses Merkmal der technischen Revolution wird ganz deutlich bei einem einfachen Vergleich der Gestaltung des Tierstands bei der Aufstallungsform Anbindehaltung für Milchkühe auf Einstreu mit der heute in industriemäßigen Anlagen angewendeten einstreulosen Aufstallung mit Teilspaltenboden.

Früher war in der einfachsten Form hinter der Futterkrippe eine gepflasterte Stand- und Liegefläche mit einer Rinne für den Jaucheabfluß vorhanden, und der Stahlaufwand im Stall betraf lediglich die Halskette mit ihrer Verankerung als Funktionselement der Ausrüstung. Dieses Aufstallungsprinzip ist auch heute noch bei einer sehr erheblichen Anzahl von Tierplätzen vorhanden und nur in bestimmten Varianten der Fütterung und Milchgewinnung abgewandelt.

In den modernen Formen der einstreulosen Aufstallung bestehen enorme Veränderungen im Aufwand an vergegenständlichter Arbeit.

Sie betreffen vor allem die Anwendung von Stahlbetonelementen für die Güllekanäle und von Spaltenbodenelementen für die Bewegungsflächen der Tiere sowie den Einsatz von Gummimatten für die Liegeflächen. Bei der gegenwärtigen Standausrüstung der Milchkuhhaltung werden für jedes Tier ein Liegeboxentrennbügel, ein Nackenriegel, ein Trennriegel und Befestigungselemente benötigt. Ein bestimmter Mehraufwand für den Anteil

Tafel 1. Stahlaufwand für Standausrüstungen bei industriemäßigen Rinderproduktionsanlagen (Stand 1974)

| | Anzahl der Tierplätze | Stahlaufwand t | Stahlaufwand je Kapazitätseinheit kg |
|--------------------------|-----------------------|----------------|--------------------------------------|
| Kälberaufzuchtanlage | 3 200 | 133,38 | 38 |
| Jungrinderaufzuchtanlage | 4 480 | 188,84 | 42 |
| Milchproduktionsanlage | 1 930 | 116,24 | 60 |
| Milchproduktionsanlage | 2 020 | 160,00 | 79 |
| Rindermastanlage | 16 000 | 703,74 | 44 |

der Anbindehaltung im Abkalbbereich ist ebenfalls in den Gesamtaufwand einzubeziehen.

Diese Prinzipien treffen grundsätzlich bei allen Produktionsstufen der Rinderhaltung zu und ergeben bezüglich des Stahlaufwands allein für die Standausrüstung bei den industriemäßigen Rinderproduktionsanlagen nach Angebotsprojekten bzw. bei Beispielanlagen nach dem Stand von 1974 die in Tafel 1 zusammengestellten Werte. Dieser Stahleinsatz erscheint im Vergleich zum Aufwand bei bisherigen Verfahren äußerst hoch, wenn man berücksichtigt, daß er nur dazu dient, Tiergruppen einen bestimmten Bewegungsraum zuzumessen, durch die Freßplatzabtrennung die Futteraufnahme zu ermöglichen und das Bewegen von Tiergruppen nach technologischen Prinzipien sowie in bestimmten Fällen die Sauberkeit und das Ruhen der Tiere zu sichern.

Die konkrete Höhe des Materialeinsatzes je Kapazitätseinheit jedoch mußte und muß untersucht werden. Der in Tafel 1 ausgewiesene Zustand ist das Ergebnis der Erfahrungen der landwirtschaftlichen Technologen und Konstrukteure und resultiert auch aus den traditionellen Produktionsbedingungen des landtechnischen Anlagenbaus.

Zur Zeit der Erarbeitung der Projekte waren