

Die Montage landtechnischer Ausrüstungen war das Thema einer Fachtagung, die die Wissenschaftliche Sektion Technologie und Mechanisierung in Tierproduktionsanlagen des Fachverbands Land-, Forst- und Nahrungsgütertechnik der KDT und die Erzeugnisgruppe Anlagenmontage im Bereich des Ministeriums für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft am 25. und 26. November 1976 in Karl-Marx-Stadt veranstalteten. Die nachfolgenden vier Beiträge sind überarbeitete Fassungen von ausgewählten Referaten dieser Fachtagung. Weitere Veröffentlichungen in unserer Zeitschrift und in der Zeitschrift „Melioration und Landwirtschaftsbau“ sind vorgesehen.

AK 1559

Die Redaktion

Technologische Grundsätze in der Anlagenmontage

Prof. Dr. sc. techn. H. Zachau, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen

Gegenwärtig werden im Produktionsprozeß auf Baustellen von Industrieanlagen die nachfolgenden für die industrielle Fertigung gegebenen Kriterien nicht in vollem Umfang erfüllt:

Kontinuität, Komplexität, Parallelität, Proportionalität, Rhythmik

Vor allem betrifft das die Kontinuität, die Proportionalität und die Rhythmik. Die in Industriebetrieben sonst vorhandene relativ hohe Stabilität des Produktionsprozesses wird nicht erreicht.

Folgende Gründe sind dafür erkennbar:

- Die Struktur des „Produktionsbetriebs“ Baustelle weicht von der eines großen Industriebetriebs beträchtlich ab.
- Die Leitungsbeziehungen bestehen nicht durchgängig (Bild 1).
- Die Funktion und die Struktur des Produktionssystems Baustelle sind in hohem Maß einer dynamischen Entwicklung unterworfen.
- Störungen treten gehäuft bei bestimmten Teilsystemen bzw. Elementen des Produktionssystems auf.

Daraus ergibt sich folgende generelle Schlußfolgerung:

Die Kriterien der industriellen Produktion können auf der Industrieanlagenbaustelle nur erfüllt werden, wenn die Produktionsbedingungen entsprechend eingerichtet werden. Ansatzpunkte dazu liegen auf technischem, vor allem aber auf dem Gebiet der Organisation der Produktion einschließlich der Informations- und Leitungsbeziehungen. Im vorliegenden Beitrag soll eine Bestandsaufnahme vorliegender Rationalisierungslösungen und Erkenntnisse vorgenommen und auf Entwicklungsorderungen aufmerksam gemacht werden.

1. Besonderheiten des Montageprozesses im Anlagenbau

Der Montageprozeß als wesentlicher und abschließender Teil des Fertigungsprozesses zeichnet sich durch Besonderheiten aus, die vor allem im Stadium der Prozeßvorbereitung von Bedeutung sind:

- Der Montageprozeß ist der Teil des Fertigungsprozesses, der während der Nutzungszeit des Erzeugnisses mehrfach durchlaufen wird, zumindest teilweise im Rahmen der unterschiedlichen Kategorien von Instandhaltungsmaßnahmen. Damit ist die technische Vorbereitung von besonderer Wichtigkeit.
- An einer Montageeinheit (Erzeugnis, Anlage) können meist gleichzeitig unterschiedliche Montageaufgaben erfüllt werden. Diese Parallelität erfordert eine präzise Organisation.
- In der Anlagenmontage existiert kein Produktionssystem, dessen Elemente nur durch Leitungsbeziehungen miteinander verknüpft sind. Daraus ergeben sich für die Vorbereitung und Durchführung des Prozesses komplizierte Bedingungen.
- Die Kopplung der von, unterschiedlichen Partnern bereitgestellten Anlagenteile (einschließlich der Bauleistung) erfordert z. B. durch unterschiedliche Toleranzsysteme eine spezielle Behandlung.
- Die Produktionsbedingungen sind trotz des Anwendens von Typenprojekten durch die speziellen territorialen Bedingungen unterschiedlich und erfordern eine Anpassung der technologischen Fertigungsunterlagen und auch der Ablaufplanung im Sinne der Organisation.
- Die stochastischen Einflüsse, die bereits bei der Montage im Fertigungsbetrieb aus-

geprägt wirken, nehmen z. B. durch die Witterungseinflüsse stark zu.

Ausgehend von diesen Besonderheiten folgen einige Betrachtungen zur Rationalisierung des Prozesses und seiner Vorbereitung.

2. Aspekte der technologischen Vorbereitung des Montageprozesses im Anlagenbau

Die technologische Vorbereitung ist ein wesentlicher Bestandteil der technischen Vorbereitung, die außerdem noch die Erzeugnisentwicklung im Sinne der Projektierung und der konstruktiven Arbeit enthält. Bekanntlich werden etwa 90% der Selbstkosten eines Produktes in der technischen Vorbereitung im Ursprung verursacht. Dies gilt nicht zuletzt für die Aufwendungen im Rahmen der Montage.

Damit sind dem Montagetechnologen zwei Aufgaben gestellt. Einmal muß er die Wechselbeziehungen zwischen der durch den Projektanten bzw. Konstrukteur gestellten Montageaufgabe und ihrer Ausführung regeln und zum zweiten soll er seine eigene Arbeitsweise rationalisieren. Wichtige Teilgebiete sind dabei:

- Sichern einer montagegerechten Konstruktion durch Anwenden des Standards TGL 13394 (montagegerechtes Konstruieren) sowie weiterer anlagenspezifischer Erkenntnisse insbesondere unter Beachtung der Möglichkeiten der Vorfertigung und der Blockmontage
- Vermeiden montagefremder Verrichtungen im Montageprozeß, d. h. Sichern des qualitätsgerechten Anliefern der Bauelemente (Verhindern von Nacharbeiten auf der Baustelle) und Einflußnahme auf die Konstruktion (zweckmäßige Gestaltung der Fügeflächenpaarungen)
- Rationalisierung der eigenen Arbeit durch verstärkte Anwendung von Algorithmen zur Lösung formalisierbarer Aufgaben, um dadurch Zeit für die schöpferische Weiterentwicklung des Montageprozesses zu gewinnen.

Ausgangspunkt für die technologische Vorbereitung ist ein vollständiges und technologisch akzeptables Projekt, d. h., in der Projektierung muß ein ausreichender Vorlauf vorhanden sein.

Der Prozeß der technologischen Vorbereitung ist konsequent dem arbeitsteiligen Prozeß in der Anlagenmontage unterzuordnen und damit die Aufgaben entsprechend den Verantwortungsbereichen des Generalauftragnehmers, der

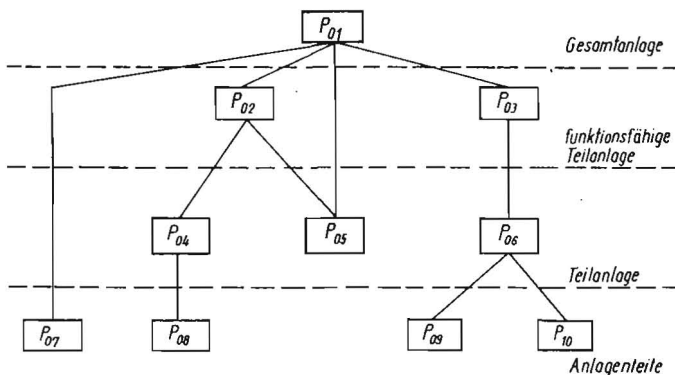


Bild 1
Produktionssystem einer Industrieanlagenbaustelle — Istzustand (stark schematisiert); P_i Teilsystem (juristisch selbständiger Partner, der Teilleistungen erbringt) — Vertrags- oder Leitungsbeziehungen

Hauptauftragnehmer und der Nachauftragnehmer zu verteilen. Dabei sind die technisch-ökonomischen Ziele klar zu formulieren und vertraglich zu vereinbaren. Solche Ziele sind z. B.

- Minimierung des Aufwands an lebendiger Arbeit auf der Baustelle
- kürzestmögliche Montagezeiten
- Sicherung der projektierten Leistung der Anlage.

Die Optimierung ist jeweils nur nach einem Kriterium möglich, d. h. nach der Zeit oder nach den Kosten. Bei Industrieanlagen hat sich wegen der erheblichen Umlaufmittelbindung und der zu erwartenden Produktionsleistung auch aus technologischer Sicht oft die Optimierung nach der Zeit als volkswirtschaftlich zweckmäßig erwiesen.

3. Spezielle Möglichkeiten der Rationalisierung der technologischen Vorbereitung und der Durchführung von Montageprozessen im Anlagenbau

Auf dem Gebiet der Werkmontage sind in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte erzielt worden, die sich z. B. als Vollautomatisierung von Montageprozessen in bestimmten Bereichen ausdrücken. Auch die technologische Vorbereitung, die sowohl in der Forschung und Entwicklung als auch in der praktischen Durchführung erheblich hinter der der Teilefertigung zurückgeblieben war, wurde beachtlich weiterentwickelt.

Daraus sollten Konsequenzen für die technologische Vorbereitung der Anlagenmontage abgeleitet werden.

Aus dem Bereich der technologischen Vorbereitung bieten sich die Methoden zur objektivierten Reihenfolgebestimmung der Bauelemente und zur Verrichtungsfolgebestimmung an, die für die Anlagenmontage bis zur direkten Verknüpfung mit der bekannten und eingeführten Netzplantechnik geführt wurden.

Besonders wichtig ist bei diesen und weiteren Lösungen die weitgehende Rechnernutzung zur Entlastung des Technologen.

Die Netzplantechnik ist als bewährtes Planungs- und Leitungshilfsmittel konsequent zu nutzen.

Besonders bei komplizierten Anlagen, aber auch bei häufig wiederverwendeten Typenprojekten sollte in der technologischen Vorbereitung nicht auf die Modellprojektierung verzichtet werden. Mit Modellen im geeigneten Maßstab mit exakter Nachbildung der auf der Baustelle zu findenden Flächenpaarungen und Anschlagpunkte der Bauelemente (Baugruppen, Einzelteile, Blöcke) können unter Verwendung ebenfalls maßstabgerechter Modellhebezeuge der Montageprozeß simuliert und fotografisch gestützte technologische Fertigungsunterlagen aufgestellt werden, die einen hohen Informationsgehalt besitzen. Auch auf der Baustelle sind die Modelle für das Training der Monteure bewährt.

Zu berücksichtigen sind die erheblichen Aufwendungen für die Transport- und Lagerungsprozesse auf der Baustelle. Beginnend bei einer geeigneten Blockbildung in der Konstruktion können diese Aufwendungen über technologische und organisatorische Maßnahmen reduziert werden. Solche Maßnahmen sind z. B. die Montage der im Fahrplantransport angelieferten Bauelemente direkt vom Transportfahrzeug oder aber zumindest die Reduzierung des Lagers durch Erhöhen der Umschlaggeschwindigkeit. Grundvoraussetzung dafür ist die Zuverlässigkeit der Partner einschließlich

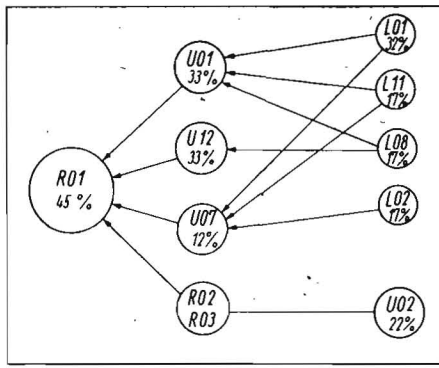


Bild 2
Kopplungsbeziehungen zur Störung R01 (Mangel an Bauelementen)

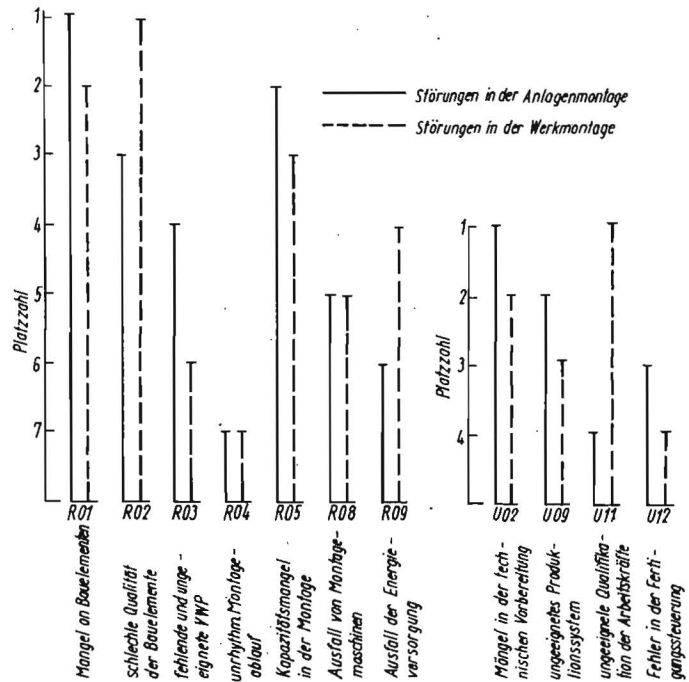


Bild 3
Vergleich von Störungen und Ursachen in der Anlagen- und Werkmontage in der Häufigkeit des Auftretens (qualitative Wertung)

des Transports. Realisierte Beispiele sind bekannt.

Ebenfalls beginnend bei der konstruktiven Auslegung können Möglichkeiten zumindest einer angemessenen Mechanisierung der Montagearbeiten erschlossen werden. Sie beziehen sich sowohl auf die mechanischen als auch auf die thermischen Fügeverfahren einschließlich der Vor- und Nachbereitung. Erinnert sei an die durch mobile Hebezeuge erreichten Rationalisierungseffekte.

4. Stabilität von Montageprozessen im Anlagenbau

Wirksame Stabilisierungsmaßnahmen müssen bereits im Stadium der technologischen Vorbereitung ergriffen werden. Dazu sind die stochastisch wirkenden Störgrößen einer Systematisierung mit den Methoden der mathematischen Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung zu unterziehen.

Mit inzwischen im industriellen Test bestätigten Erfassungsmethoden können die Störungen, ihre Ursachen und Quellen erfaßt werden. Von besonderer Bedeutung sind dabei ihre erkennbar werdenden potentiellen Kopplungen (Bild 2).

Die Untersuchungen im Industrieanlagenbau zeigten die folgenden häufig auftretenden Störungen bzw. Ursachen:

- Lieferverzögerung bei Bauelementen
- Planungs- und Projektierungsfehler
- ungeeignete Organisationsformen des Produktionssystems.

Gleiche Untersuchungen in der Werkmontage in Betrieben der metallverarbeitenden Industrie ergaben als Schwerpunktstörungen:

- Fehlende Bauelemente
- nicht qualitätsgerechte Bauelemente.

Hauptursache ist die mangelhafte technische und ökonomische Vorbereitung. Aus der im Bild 3 verdeutlichten Gegenüberstellung kann abgeleitet werden, daß gleiche Gesetzmäßigkeiten für den Montageprozeß gelten, unabhängig von seiner spezifischen Aufgabe.

Aus weiteren und vor allem permanenten Stördatenerfassungen bei gleichzeitiger Klassifizierung der untersuchten Produktions-

systeme lassen sich weitgehend allgemeingültige Schlußfolgerungen für die prophylaktische Stabilisierung ableiten.

Eine wesentliche Stabilisierungsmaßnahme für die Anlagenmontage ist das Sichern der Übereinstimmung der technologisch bedingten Kopplungen im materiellen Prozeß mit reinen Leitungsbeziehungen zwischen den Elementen des Produktionssystems. Werden die materiellen Kopplungen nur mit Vertragsbeziehungen überlagert oder gar nicht in die direkte Kommunikation einbezogen, ist eine potentielle Instabilität gegeben.

Weitere bewährte bzw. aus der Stabilitätsanalyse abzuleitende Maßnahmen sind:

- Aufbau von Regelreserven (Zeit-, Arbeitskräfte-, Materialreserven)
- Stabilisierung der unzuverlässigen Partner bzw. Wahl anderer Partner (soweit möglich)
- technisch-technologische Veränderungen (z. B. Verlagerung technisch schwierig beherrschbarer Montageoperationen in die Werkmontage, Verbesserung der technologischen Montagevorschriften).

Im Rahmen der Stabilisierung der Baustellenprozesse ist dem dynamischen Verhalten des Produktionssystems besondere Beachtung zu schenken. Vor allem bei umfangreichen Bauvorhaben ist zumindest die quasidynamische Modellierung der Systementwicklung über die statische Betrachtung kürzerer Zeiträume und die Annahme sprunghafter Veränderungen des Systems vorzunehmen. Auch bei der tech-

Fortsetzung auf Seite 73

Rationalisiertes Erarbeiten und Aktualisieren von Montageablaufplänen

Dr.-Ing. B. Sickert, KDT, VEB Landtechnischer Anlagenbau Dresden, Sitz Radeberg

1. Aufgabenstellung

Mit den wachsenden Anforderungen der Landwirtschaft der DDR an industriemäßig produzierende Anlagen der Tierhaltung, der Aufbereitung und Lagerung pflanzlicher Produkte, Gewächshaus- und Beregnungsanlagen entwickelt sich eine Montagekapazität in den Betrieben des landtechnischen Anlagenbaus, die mit einer hohen Arbeitsproduktivität eingesetzt werden muß.

Nach der Festigung des produktiven Bereichs und der relativ wahllosen Zuordnung von einzelnen Produktionskollektiven (Brigaden) und Baustellen nach dem Territorialprinzip muß jetzt schrittweise die wissenschaftliche Arbeitsorganisation durchgesetzt werden.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf Untersuchungen zum Einsatz von Organisationshilfsmitteln zur Erarbeitung von Montagekapazitätsbilanzen und Montageablaufplänen.

Diese Organisationshilfsmittel sind ein Instrument der Leitung und Planung im Interesse einer kontinuierlichen Auslastung der Montagekapazität und eines effektiven Einsatzes von Spezialmontagekapazitäten.

Bereits vor Beginn eines Planjahrs ist eine relative Sicherheit über dessen Ablauf notwendig.

Eine Kapazitätsbilanz auf der Grundlage eines Grobablaufplans stellt die Anzahl der Objekte, den Umfang der Objekte und deren zeitliche Einordnung entsprechend einer beim Rat des Bezirks abgestimmten Objektliste der Anzahl und der Größe der Montagebrigaden, der Spezialmontagegruppen und den Planaufgaben gegenüber. Die Bearbeitung erfolgt in den Monaten Oktober und November. Der Grobablaufplan bildet die Grundlage für die Erarbeitung des Leistungsplans, da er Aussagen zu Terminen und Wertumfang der Anlagen enthält, die den einzelnen Kostenstellenbereichen bereits zugeordnet sind. Darauf aufbauend ist in den Monaten Dezember und Januar der Feinmontageplan zu erarbeiten, aus dem eine

exakte terminliche Zuordnung der Brigaden und der Baustellen ersichtlich ist.

Alle für die Planung notwendigen Vorarbeiten leistet die Abteilung Objektvorbereitung im Direktionsbereich Technik des VEB Landtechnischer Anlagenbau (LTA). Im Bild 1 ist die wertmäßige Zusammensetzung von rd. 90 einzuordnenden Objekten der Ausrüstungsmontage am Beispiel des VEB LTA Dresden dargestellt.

2. Gegenwärtige Arbeit mit Formularen

Die Grobplanung als erste Stufe der Montageplanung erfolgte bisher nur auf der Grundlage rechnerisch ermittelter Werte für die Montagedauer, ausgehend von den Montagekosten.

Der zur Verfügung stehende Arbeitskraftstundenfonds wurde dem erforderlichen Arbeitskraftstundenfonds gegenübergestellt. Bei dieser Verfahrensweise werden folgende Fehler akzeptiert:

— Die Umrechnung der Montagekosten in Arbeitskraftstunden über einen festen Faktor ist nicht exakt, da nicht die kalkulierten Lohngruppen angewendet werden.

— Die Kapazität der Spezialmontagekollektive bleibt unberücksichtigt. Einzelne Meisterbereiche können dadurch überbilanziert werden.

Die aus o. g. Verfahren ermittelten Arbeitskraftstunden werden traditionell entweder in schriftlicher Form mit Angaben des Montagezeitraums oder als handgezeichnete Balkendiagramme mit Zuordnung von Montagezeitraum und Montagebrigade ausgefertigt. Im Verlauf der Vorplanung stehen oftmals mehrere Varianten der Zuordnung von Brigaden, Baustellen und Terminen zur Diskussion. Die Darstellung dieser Varianten in schriftlichen oder gezeichneten Ablaufplänen erfordert einen großen schreibtechnischen bzw. zeichnerischen Aufwand, der den Bearbeiter oftmals zwingt, von den notwendigen Variantenuntersuchungen abzusehen. Das Ergebnis ist

ein nicht den Qualitätsanforderungen entsprechender Grobablaufplan.

Feinablaufpläne, die über einen Planungszeitraum von einem halben Jahr ausgefertigt sind, unterliegen oft Änderungen bzw. Aktualisierungen infolge falsch ermittelter Montagezeiträume, nicht gewährter Montagefreiheiten oder nicht termingerechter Lieferung technischer Ausrüstungen.

Diese notwendigen Aktualisierungen sind für die Montageleiter aufwendig und wurden nur in großen Abständen vorgenommen.

Die Montagepläne können damit nicht Grundlage kurzfristig zu treffender Entscheidungen sein. Der Aufwand für ihre Erarbeitung und der mögliche Nutzen stehen in einem ungünstigen Verhältnis.

3. Anforderungen an ein modernes Planungshilfsmittel und Angebote der Industrie

Bei der Auswahl von Planungshilfsmitteln sind folgende Schwerpunkte zu beachten:

- Aussagekraft bezüglich
 - Zuordnung von Brigaden und Baustellen
 - Anzahl der Arbeitskräfte je Brigade
 - Wertumfang des Objekts
 - Montagebeginn und -ende
- geringer Arbeitszeitaufwand für die Bearbeitung
- gute Übersichtlichkeit
- Möglichkeit der Vervielfältigung
- geringe Kosten für Anschaffung und Nutzung.

Zur Realisierung dieser Anforderungen bietet der VEB Kombinat Robotron die Organisationshilfsmittel Leuchtmarkierungsgerät und Magnet-Dispo-Gerät an.

Leuchtmarkierungsgeräte sind zur optischen, flexiblen Planung, Disposition und Kontrolle auf drei übereinanderliegenden, durchsichtigen Ebenen auf der Grundlage (als unterste Ebene) von beliebigen Landkarten, Grundrissen, Zeichnungen, Diagrammen o. a. geeignet.

Magnet-Dispo-Geräte sind Wandgeräte, die über eine ferromagnetische Haftfläche verfügen, über die ein frei wählbarer Flächenraster gespannt ist. Die Fläche des Geräts läßt sich entsprechend den im Betrieb zu verarbeitenden Informationen anpassen. Zur Realisierung der geforderten Aussagekraft stehen Symbole und Schrifttafeln aus magnetisiertem Plastmaterial — auch als Diagrammaterial bezeichnet — zur Verfügung.

Eine Gegenüberstellung beider Geräte ergab, daß das Leuchtmarkierungsgerät den gestellten Anforderungen nicht gerecht wird. Alle Informationen sind mit Spezialstiften zu zeichnen, wodurch eine Einsparung an Arbeitszeit gegenüber dem traditionellen Verfahren nicht möglich ist. Außerdem besitzt das Leuchtmarkierungsgerät feststehende Abmessungen, die eine übersichtliche Darstellung des Ablaufplans nicht erlauben. Empfehlenswert erscheint das Gerät zur Planung und Koordinierung von sich kurzfristig ändernden Produktionsprozessen auf feststehenden Produktionsflächen, wo vor allem der Plan-Ist-Vergleich ständig sichtbar sein muß, z. B. beim Einsatz landtech-

Fortsetzung von Seite 72

nologischen Vorbereitung sind diese Veränderungen zu berücksichtigen.

5. Schlußbemerkung

Zu den angedeuteten Möglichkeiten der technologischen Beeinflussung der Anlagenmontage liegen bereits Handlungsvorschriften vor. Sie sind über den Verfasser zugänglich.

A 1552

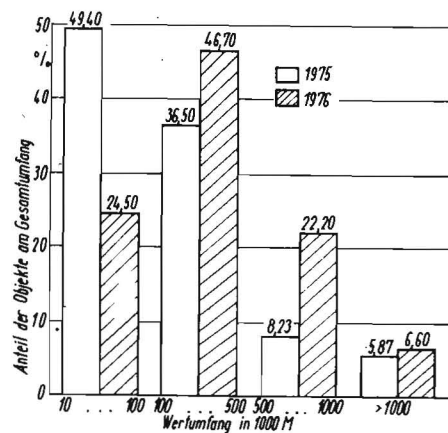


Bild 1. Wertmäßige Zusammensetzung der zu realisierenden Objekte