

Zum Einfluß der Spezialisierung und Kooperation auf die Effektivität der Instandsetzung von Einzelteilen¹⁾

Prof. Dr. sc. techn. C. Eichler, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

1. Meßgrößen für die Effektivität der Instandsetzung von Einzelteilen

Meßgrößen für die Effektivität der Instandsetzung geschädigter Einzelteile sind der Aufwand (Kosten/Preis, lebendige Arbeit, Energie) für die Instandsetzung sowie die Instandsetzungsqualität (Funktionsfähigkeit, Langlebigkeit) im Vergleich zu den entsprechenden Kennzahlen für das analoge Neuteil. Voraussetzung für eine nutzbare Aussage sind vergleichbare technisch-ökonomische Bedingungen (z. B. analoge Aufwandsberechnung) und vergleichbare Schädigungsbedingungen für instand gesetzte bzw. neue Einzelteile. Aus der Kasarzewschens Beziehung [1]

$$\frac{A_1}{\bar{T}_1} \leq \frac{A_N}{\bar{T}_N} \quad (1)$$

A_1, A_N Aufwand für die Instandsetzung des geschädigten Einzelteils (1) bzw. für die Herstellung des analogen Neuteils (N)

\bar{T}_1, \bar{T}_N mittlere effektive Lebensdauer des instand gesetzten bzw. des analogen neuen Einzelteils bei gleichen inneren und äußeren Schädigungsbedingungen; es kann auch jede γ -Wahrscheinlichkeits-Lebensdauer (z. B. $\gamma = 0,9$) eingesetzt werden, wenn die Varianzen der effektiven Lebensdauer annähernd gleich sind, um den Zeitaufwand für die Bestimmung der Kennziffern auf ein praktikables Maß zu verringern,

die eine notwendige Bedingung für effektive Einzelteilinstandsetzung wiedergibt, kann ein Effektivitätsfaktor E für die Instandsetzung von Einzelteilen gebildet werden:

$$E = \frac{A_N \bar{T}_1}{\bar{T}_N A_1} \quad (2)$$

Die Kasarzewsche Beziehung legt den Betrachtungen zur Effektivität der Instandsetzung von Einzelteilen richtigerweise das Wertgesetz zugrunde. Sie stellt das Problem vereinfacht dar. Bei exakten Betrachtungen müssen für den Fall $\bar{T}_1 \neq \bar{T}_N$ zusätzlich auftretende oder eingesparte Demontage- und Remontageaufwendungen sowie Verluste bzw. Vorteile infolge zusätzlicher oder eingesparter instandsetzungsbedingter Stillstandszeiten berücksichtigt werden [2]. Diese zusätzlichen bzw. eingesparten Aufwendungen müssen für die Demontage- und Remontagekosten mit bis zu 20% von A_1 und die Ausfallverluste mit bis zu 40% von A_1 angesetzt werden. Wegen der großen Streuungen dieser Werte ist eine Kalkulation im Einzelfall zweckmäßig. Die angegebenen Größenordnungen zeigen die Bedeutung der Berücksichtigung dieser Einflüsse. Ebenso müssen bei exakten Betrachtungen auch die sich aus unterschiedlichen Varianzen der effektiven

Lebensdauer neuer bzw. instand gesetzter Einzelteile im Instandhaltungsprozeß ergebenden Folgen beachtet werden. Beispielsweise können sich daraus verschiedene optimale Instandhaltungsmethoden und in deren Folge verschiedene Gesamtinstandhaltungskosten ergeben. Die folgenden Darlegungen beschränken sich auf die in Gl. (1) dargestellte einfache Kasarzewsche Beziehung.

Die Anwendung des Wertgesetzes über die Kasarzewsche Beziehung auf die Einzelteilinstandsetzung zeigt, daß zwei Meßgrößen in dialektischer Verknüpfung für die Bewertung der Effektivität der Instandsetzung von Einzelteilen notwendig sind. Das sind die Aufwendungen für Herstellung bzw. Instandsetzung und die Langlebigkeit der Neuteile bzw. der instand gesetzten Einzelteile. Dabei wird für die Langlebigkeit vereinfachend die mittlere effektive Lebensdauer benutzt.

Bild 1 zeigt den Effektivitätsfaktor E in Abhängigkeit vom allgemein gebräuchlichen Kosten-Preis-Verhältnis für instand gesetzte und neue Einzelteile unter dem Einfluß der Qualität, dargestellt durch das Verhältnis der effektiven Lebensdauer instand gesetzter bzw. neuer Einzelteile. Es ist ersichtlich, daß vor allem bei schlechterer Qualität instand gesetzter Einzelteile gegenüber der Qualität entsprechender Neuteile der Effektivitätsfaktor

schon schnell kleiner als 1 wird. Deutlich wird, daß die Effektivität von Instandsetzungen an Einzelteilen mindestens über die Kasarzewsche Beziehung bestimmt werden muß, wenn nicht für genauere Betrachtungen die erweiterte Kasarzewsche Beziehung nach [2] angewendet werden soll.

Die Kenngrößen A_1 und A_N können im Normalfall einfach bestimmt werden. Die Ermittlung von \bar{T}_1 und \bar{T}_N bereitet in der Praxis oft größere Schwierigkeiten und höheren Aufwand, da statistische Analysen aus längeren Untersuchungsperioden oder Prüflaboruntersuchungen erforderlich sind.

Im Bild 2 ist die empirische Häufigkeitsverteilung von K_1/K_N (K Preis neuer bzw. instand gesetzter Einzelteile) für die Instandsetzung von Einzelteilen in einem darauf spezialisierten Instandsetzungsbetrieb dargestellt. K_1/K_N ist mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,98 kleiner als 0,75. Der Erwartungswert beträgt 0,31. Im Bild 3, wo die analogen Angaben aus der geringer spezialisierten Instandsetzung von Einzelteilen in einem VEB KfL aufgezeichnet sind, ist die gleiche Tendenz erkennbar.

Für das Verhältnis \bar{T}_1/\bar{T}_N sind nur wenige statistisch hinreichend gesicherte Angaben bekannt. Geht man auf Opitz [3] zurück, so

Bild 1. Einfluß der Qualität instand gesetzter Einzelteile auf die Effektivität der Instandsetzung in Abhängigkeit vom Instandsetzungsaufwand

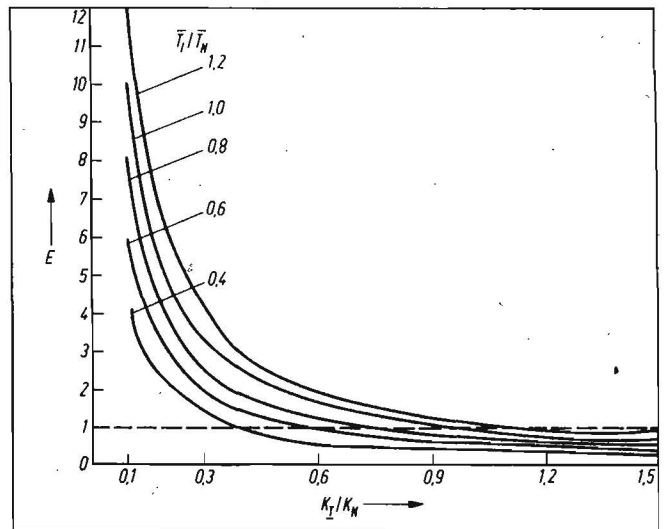


Bild 2. Empirische Häufigkeitsverteilung der Kosten für die Instandsetzung von Einzelteilen im Vergleich zum Neupreis für 105 Positionen in einem spezialisierten Instandsetzungsbetrieb für Einzelteile

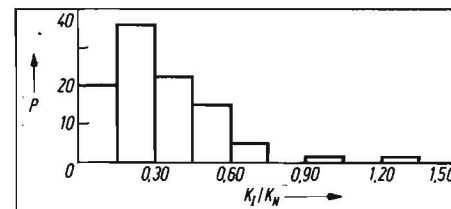
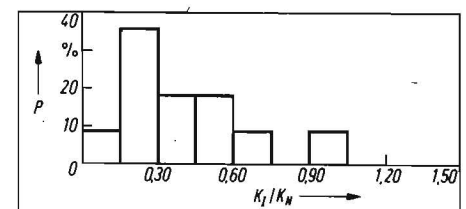


Bild 3. Empirische Häufigkeitsverteilung der Kosten für die Instandsetzung von Einzelteilen im Vergleich zum Neupreis für 46 Positionen in einem VEB KfL in vorwiegend territorialer Spezialisierung ($\bar{x} = 0,40$)



1) Überarbeitetes Referat zum RGW-Symposium „Remdetal-88“, das vom 16. bis 22. Oktober 1988 in Pjatigorsk (UdSSR) stattfand

Tafel 1. Bereiche des Effektivitätsfaktors für die Instandsetzung von Einzelteilen im landtechnischen Instandhaltungswesen der DDR

Berechnungsbasis	Effektivitätsfaktor E. rotationssymmetrische Einzelteile	figurale Einzelteile	Preisvergleich K_i/K_N rotationssymmetrische Einzelteile
Preis (Industrieabgabepreis)	10,0...0,8	2,5...0,9	10,0...1,3
lebendige Arbeit	1,6...0,5	1,2...0,5	
Energie	10,0...4,0	6,7...1,5	

Tafel 2. Einflußfaktoren auf die Effektivität der Instandsetzung von Einzelteilen über die Spezialisierung und Kooperation

Wirkung auf die Effektivität der Instandsetzung von Einzelteilen	Instandsetzungseinrichtung für Maschinen und Baugruppen	Einzelteile
Umfang, Seriengröße, Produktionsvolumen	Größe des Instandsetzungsobjekts Stückzahl der Instandsetzungsobjekte je Zeiteinheit Instandsetzbarkeit der Einzelteile Materialwirtschaft	Bedarfskennzahl für betrachtete Position Einzugsbereich Maschinendichte
Ökonomie der Einzelteilinstandsetzung	Stückzahl der instand zu setzenden Einzelteile je Zeiteinheit Instandsetzungstechnologie	Stückzahl der instand zu setzenden Einzelteile je Zeiteinheit Instandsetzungstechnologie
Qualität der Einzelteilinstandsetzung	Instandsetzungstechnologie Instandsetzungsorganisation	Instandsetzungstechnologie
Seriengröße je Jahr und Position instand zu setzender Einzelteile	bis rd. 500 in LPG, VEG, KfL bis rd. 3 000 in KfL und LIW	bis 10 000 je nach Spezialisierungsgrad

kann mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,9 folgender Bereich angegeben werden:

$$0,60 < \bar{T}_i / \bar{T}_N < 1,00.$$

Werden die vorstehenden Grenzdaten zum Effektivitätsfaktor E verrechnet, so ergeben sich in der Praxis die in Tafel 1 dargestellten Bereiche. Dabei erfolgte der Vergleich von instand gesetzten und neuen Einzelteilen auf der Basis der Kosten, des Verbrauchs an lebendiger Arbeit und des Verbrauchs an Energie.

Die Effektivität der Instandsetzung von Einzelteilen ist, gemessen an den verschiedenen Effektivitätsmaßstäben, sehr differenziert.

Nach Kosten bzw. Preis und nach Energieaufwand betrachtet, ist sie wesentlich größer als bei Betrachtung hinsichtlich des Aufwands an lebendiger Arbeit. Die in Tafel 1 dargestellten Bereiche sind analog Bild 2 linkschiefe Verteilungen. Fälle mit $E < 1$ sind in der Praxis relativ selten.

Die Instandsetzung von Einzelteilen hat im Instandhaltungswesen eine sehr komplexe Wirkung. Neben der Effektivität der Instandsetzung einer definierten Einzelteilposition müssen auch andere Effektivitätsbereiche berücksichtigt werden. Eine wichtige Funktion der Instandsetzung von Einzelteilen ist ihre Wirkung auf die Gesamteffektivität der Instandhaltung. Diese wird als Anteil der Verwendung instand gesetzter Einzelteile am gesamten Materialeinsatz in der Instandsetzung und als Reduzierung der Instandsetzungskosten durch den Einsatz instand gesetzter Einzelteile für definierte Instandsetzungsmaßnahmen ausgedrückt. Damit können für die indirekte Wirkung der Effektivität der Instandsetzung von Einzelteilen folgende Größen dargestellt werden:

– Anteil der instand gesetzten Einzelteile (gemessen am Neuwert der analogen Neuteile) am Gesamtmaterialeinsatz in der Instandsetzung in Prozent

– relative Senkung der Instandsetzungskosten für definierte Instandsetzungsleistungen gegenüber der ausschließlichen Verwendung von Neuersatzteilen in Prozent.

Diese Kennzahlen werden als „Intensität der Instandsetzung von Einzelteilen“ bezeichnet.

2. Formen der Spezialisierung und Kooperation bei der Instandsetzung von Einzelteilen

Die Spezialisierung und Kooperation bei der Instandsetzung von Einzelteilen hat in der Praxis zwei Formen:

– In jeder Instandsetzungseinrichtung der Landwirtschaft der DDR (Werkstätten der LPG, VEG und ihrer kooperativen Einrichtungen, Werkstätten für operative Instandsetzungen der VEB KfL und spezialisierte Instandsetzungsabteilungen für komplette Maschinen und Baugruppen der VEB KfL und der VEB LIW) werden geschädigte Einzelteile instand gesetzt und/oder instand gesetzte Einzelteile verwendet. Die Einzelteile werden dabei unmittelbar im Instandsetzungsprozeß der Anlage, Maschine oder Baugruppe oder in spezialisierten Bereichen dieser Instandsetzungseinrichtung instand gesetzt.

– Mit der Arbeitsteilung im Instandhaltungswesen sind Instandsetzungseinrichtungen ausschließlich oder vorwiegend für die Instandsetzung von Einzelteilen entstanden (Bereich eines Instandsetzungs- oder Herstellerbetriebs oder Spezialbetrieb).

Obwohl bei der ersten Form die Spezialisierung und Kooperation der Instandsetzung kompletter Maschinen primär ist, beeinflusst sie die Effektivität der Instandsetzung von Einzelteilen.

3. Einflußfaktoren auf die Effektivität der Instandsetzung von Einzelteilen über die Spezialisierung und Kooperation

In Tafel 2 sind einige Einflußfaktoren auf die Effektivität der Instandsetzung von Einzelteilen zusammengestellt, die ihren Ursprung in der Spezialisierung und Kooperation haben. Für die detaillierte Betrachtung müßten sie weiter untergliedert werden. So wäre beispielsweise die Instandsetzungstechnologie nach dem möglichen Niveau der technisch-technologischen Vorbereitung der Instandsetzung, nach dem Instandsetzungsverfahren, nach der Qualität der Arbeitsmittel für die Instandsetzung sowie nach der Qualitätssicherung u. a. m. zu analysieren.

4. Einfluß des betrieblichen Produktionsprogramms auf die Effektivität der Instandsetzung von Einzelteilen (Intensität der Instandsetzung von Einzelteilen)

Im landtechnischen Instandhaltungswesen der DDR haben die spezialisierten Instandsetzungsbetriebe für die Grundüberholung von Baugruppen die höchste Intensität der Einzelteilinstandsetzung erreicht. Sie decken 20% bis 90% ihres Gesamtmaterialbedarfs über die Instandsetzung von Einzelteilen (Bild 4). Die Ursache für die größere Intensität der Instandsetzung von Einzelteilen in hochspezialisierten Instandsetzungseinrichtungen gegenüber den planmäßig geringer spezialisierten Instandsetzungseinrichtungen liegt im wesentlichen in den größeren Serien, der besseren Instandsetzungsleistung vieler Einzelteile der hochspezialisierten instand gesetzten Objekte (z. B. Getriebeteile im Vergleich zu Einzelteilen von Pflügen) und in der längeren Erfahrung auf diesem Gebiet.

Die unterschiedliche Intensität der Instandsetzung von Einzelteilen in verschiedenen spezialisierten Instandsetzungseinrichtungen führt auch zu folgender Erscheinung: Die spezialisierten Instandsetzungseinrichtungen, die rd. 30% des gesamten Instandsetzungsumfanges für die Landtechnik in der DDR bewältigen, setzen rd. 60% aller im landtechnischen Instandhaltungswesen der DDR instand gesetzten Einzelteile ein. Die operativ-handwerklichen Instandsetzungseinrichtungen verwenden bei 70% des Gesamtinstandsetzungsumfanges für die Landtechnik in der DDR nur 40% aller instand gesetzten Einzelteile. Damit ist nachgewiesen, daß spezialisierte Instandsetzungseinrichtungen bessere Möglichkeiten für die Einzelteilinstandsetzung haben und diese auch nutzen.

5. Einfluß der Seriengröße auf die Effektivität der Instandsetzung von Einzelteilen

5.1. Einflußsphäre „Aufwand“

Theoretisch müßte der Aufwand für die Instandsetzung eines Einzelteils mit zunehmender Seriengröße je Instandsetzungseinrichtung und Jahr bei kontinuierlicher Anpassung des technologischen Verfahrens an die jeweilige Seriengröße nach einer Hyperbelfunktion abnehmen. Dieser Effekt konnte in statistischen Untersuchungen auf dem Gebiet der Einzelteilinstandsetzung in der DDR in der Praxis jedoch nicht nachgewiesen werden. Die Ursache besteht darin, daß verschiedene Instandsetzungseinrichtungen mit kleinen und großen Serien gleicher Positionen im Produktionsprogramm nicht existieren.

ren. Kalkulationsrechnungen wären denkbar, hätten aber nur bedingte Praxisrelevanz. Bei spezialisierten Instandsetzungsbetrieben tritt Massenfertigung mit Auslastung einer Fertigungseinheit mit der Instandsetzung einer Position über das ganze Jahr nur in Einzelfällen auf. Spezialisierte Instandsetzungsbetriebe für Einzelteile nutzen ihre Fertigungsmittel meist in losweiser Wechselfertigung. Aus dem Verhältnis der Instandsetzungsaufwendungen zu den Aufwendungen für die Neuherstellung und im Effektivitätsfaktor E konnte auf statistischem Weg kein Einfluß der Seriengröße festgestellt werden.

Eine Senkung des Aufwands für die Instandsetzung von Einzelteilen entsteht praktisch über die höhere Produktivität der bei der hochspezialisierten Instandsetzung von Einzelteilen besser auslastbaren mechanisierten bzw. teilautomatisierten Fertigungsmittel. Eine weitere Quelle für die Senkung des Aufwands ist der kleinere Anteil an Vorbereitungs- und Abschlußzeit je Einzelteil, der bei den relativ großen Losgrößen hochspezialisierte Instandsetzungsbetriebe vorhanden ist.

Die Aufwandsenkung bei höherer Spezialisierung und Kooperation in der Instandsetzung von Einzelteilen muß immer größer als der im Fall der Spezialisierung auftretende zusätzliche Aufwand für die Zirkulation der Instandsetzungsobjekte sein. In den Bildern 5 und 6 sind in der Praxis auftretende Seriengrößen dargestellt.

5.2. Einflußsphäre „Qualität“

Betrachtet man die Qualität instand gesetzter Einzelteile mit dem Erwartungswert der effektiven Lebensdauer und ihrer Streuung, die von der Konstanz der Instandsetzungstechnologie abhängt, so haben spezialisierte Instandsetzungsbetriebe für Einzelteile grundsätzlich bessere Bedingungen und Möglichkeiten gegenüber der individuell-handwerklichen Einzelteil- oder Kleinstserieninstandsetzung in nicht spezialisierten Instandsetzungseinrichtungen, um eine hohe Instandsetzungsqualität zu erreichen. Diese besseren Bedingungen resultieren aus folgenden Ursachen:

- technisch-technologisch-organisatorische Vorbereitung der Instandsetzung von Einzelteilen insgesamt und jeder einzelnen Position des Instandsetzungsortiments. Dazu gehören die relativ größere ingenieurtechnische Kapazität, die Möglichkeiten der rechnergestützten Optimierung der technologischen Vorschriften für die Instandsetzung sowie der experimentellen und theoretischen Untersuchung der Instandsetzbarkeit (z. B. Vorschädigung durch Ermüdung) und die mit der Instandsetzung reinstallierte Langlebigkeit.
- Möglichkeit des Einsatzes leistungsfähiger Fertigungs- und Prüfmittel für die Instandsetzung von Einzelteilen (automatisierte Fertigungsmittel, flexible Instandsetzungslinien und -nester), vor allem hinsichtlich der ökonomischen Auslastung dieser meist sehr investitionsintensiven Fertigungsmittel
- Möglichkeiten einer technisch-wissenschaftlichen Produktionsorganisation mit

einer in engen Toleranzen streuenden hohen und konstanten Qualitätsarbeit, die u. a. durch geeignete Formen des sozialistischen Wettbewerbs, Qualifikation und entsprechenden Einsatz der Arbeitskräfte erzielt wird.

Die richtige Nutzung dieser Voraussetzungen spezialisierte Instandsetzungsbetriebe für Einzelteile ermöglicht die Anwendung neuer, moderner Verfahren, auch der Hochtechnologien, und zeigt Effekte vorrangig über die hohe und sichere Qualität spezialisiert instand gesetzter Einzelteile.

6. Entwicklungsstand in der Praxis und Probleme

Die bei richtiger Gestaltung der Prozesse erreichbaren positiven Effekte in der Instandsetzung von Einzelteilen durch die Spezialisierung und Kooperation wurden im landtechnischen Instandhaltungswesen der DDR planmäßig genutzt. Als Bestandteile des umfassenden Systems der Instandsetzung von Einzelteilen wurden spezialisierte Kapazitäten eingerichtet. Beispiele sind die Instandsetzung von Keilwellen und anderen rotationssymmetrischen Einzelteilen im VEB LIW Gardelegen, die Instandsetzung von Einzelteilen mit galvanischen Verfahren in den VEB LIW Dresden und Parchim oder die Instandsetzung von Kugeldrehkränzen für Anhänger im VEB KfL Wolgast. Viele VEB KfL setzen in Klein- und Mittelserien Einzelteile für ihr Territorium instand. In der DDR existiert ein System der Erfassung und Zirkulation instand setzbarer und instand gesetzter Einzelteile in Verbindung mit der Ersatzteilversorgung. Reserven bestehen im vollständigen Erfassen instand setzbarer Einzelteile, vor allem auf dem Gebiet einfacher landtechnischer Arbeitsmittel. Einem technisch-ökonomisch wirkungsvollen System geeigneter Stimuli für das Verwenden instand gesetzter Einzelteile kommt wachsende Bedeutung zu. Beim Aufbau dieses Systems spezialisierte Instandsetzungseinrichtungen für Einzelteile wurde in der DDR von den vorhandenen räumlichen und personellen Kapazitäten ausgegangen. Die notwendige intensivere technisch-wissenschaftliche Fundierung der Einzelteilinstandsetzung, die Anwendung von Hoch- und Spitzentechnologien sowie die erforderliche hohe und konstante Instandsetzungsqualität und -produktivität werden in der Zukunft die Bedeutung der spezialisierten Instandsetzungsbetriebe für Einzelteile, vor allem bei technisch komplizierten Teilen und größeren Serien (bei Beachtung der technologischen Ähnlichkeit), anwachsen lassen.

Literatur

- [1] Kazarcev, V. I.: Remont mašin (Maschineninstandsetzung). Leningrad: Mašgiz 1961.
- [2] Eichler, C.: Instandhaltungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1983.
- [3] Opitz, B.: Untersuchungen des volkswirtschaftlichen Effektes der Verwendung von instand gesetzten Einzelteilen am Beispiel kampagneweise eingesetzter landtechnischer Arbeitsmittel. Technische Universität Dresden, Dissertation A 1981 (unveröffentlicht).

A 5549

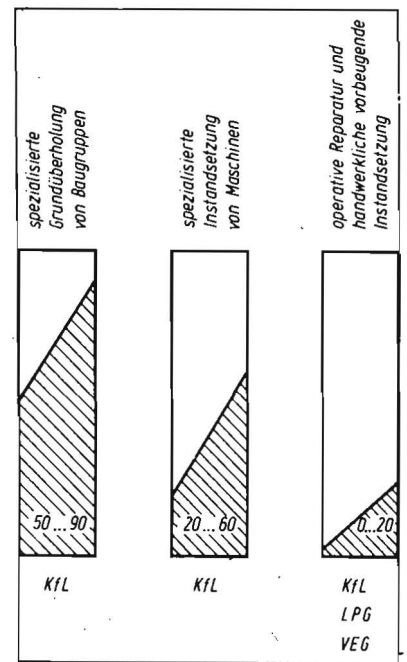


Bild 4. Anteile der Instandsetzung von Einzelteilen am Materialeinsatz in verschiedenen Instandsetzungseinrichtungen

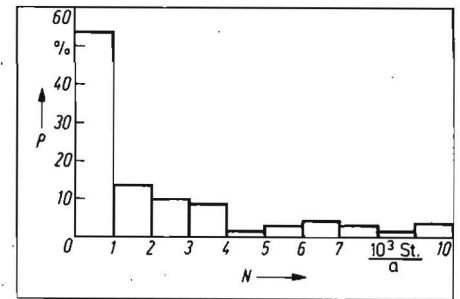


Bild 5. Empirische Häufigkeitsverteilung der Seriengrößen in St./Jahr von 105 Positionen instand gesetzter Einzelteile in einem spezialisierten Instandsetzungsbetrieb für Einzelteile ($\bar{x} = 1980$ St./Pos. · Jahr)

Bild 6. Empirische Häufigkeitsverteilung der Seriengrößen in St./Jahr von 46 Positionen instand gesetzter Einzelteile im VEB KfL in vorwiegend territorialer Spezialisierung ($\bar{x} = 123$ St./Pos. · Jahr)

