

Ermittlung der Güte des automatischen Telephondienstes = Évaluation de la qualité du service téléphonique automatique

Autor(en): **Naef, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **43 (1965)**

Heft 11

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875007>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

BULLETIN TECHNIQUE

PTT

BOLLETTINO TECNICO

Herausgegeben von den Schweizerischen Post-, Telephon- und Telegraphen-Betrieben - Publié par l'entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses - Pubblicato dall'azienda delle poste, dei telefoni et dei telegrafi svizzeri

A. Naef, Bern

621.395.31:658.562

Ermittlung der Güte des automatischen Telephondienstes Évaluation de la qualité du service téléphonique automatique

Zusammenfassung. Für die statistische Ermittlung der Dienstgüte im automatischen Telephonbetrieb ist die Theorie und die Technik des Stichprobeverfahrens massgebend. Von diesem Gesichtspunkt aus werden die Voraussetzungen besprochen, die solchen Erhebungen einen Aussagewert zu geben vermögen. Kurvenbilder über den Zusammenhang zwischen Stichprobenumfang und Vertrauensbereich erleichtern es, den nötigen Umfang der Stichprobe zu bestimmen und die Genauigkeit des Ergebnisses zu beurteilen.

Résumé. Pour déterminer statistiquement la qualité du service téléphonique automatique, on applique la théorie et la technique des échantillonnages. On expose ici les conditions que doivent remplir ces relevés pour avoir une valeur représentative. Des courbes montrant les rapports qui existent entre l'étendue des échantillonnages et l'intervalle de confiance permettent de déterminer plus facilement la grandeur nécessaire de l'échantillonnage et de mieux évaluer l'exactitude du résultat.

Riassunto. Rilevamento della qualità del servizio telefonico automatico. La teoria e la tecnica del procedimento per sondaggi sono applicabili nel rilevamento statistico della qualità del servizio telefonico automatico. Partendo da questo punto di vista, vengono discusse le condizioni alle quali tali rilevamenti possono assumere un valore indicativo. Le curve rappresentanti la relazione tra l'estensione dei sondaggi e il campo di fiducia facilitano la determinazione dell'estensione dei sondaggi richiesta e ci permettono di giudicare la precisione dei risultati ottenuti.

Ob es sich um eine Maschine handelt, die Schrauben fertigt, oder um eine Telephonzentrale, die Verbindungen herstellt, in beiden Fällen hält man es für unumgänglich, die Güte des «Produktes» zu überwachen. In der Regel genügt es, von Zeit zu Zeit durch eine Stichprobe die Grösse der Ausschussquote oder, im vorliegenden Fall, den Anteil der fehlerhaften Verbindungen zu ermitteln. Es stehen dazu zwei Wege offen: entweder stellt man den Versuchsverkehr, sogenannte Prüfverbindungen, selber her, oder man beobachtet einen Teil der echten Verbindungen und beurteilt ihn nach seiner Qualität. Beide Methoden sollen hier auf ihre Brauchbarkeit und auf den Aussagewert ihrer Ergebnisse hin untersucht

Qu'il s'agisse d'une machine-outil qui fabrique des vis ou d'un central téléphonique qui établit des communications, dans chacun de ces deux cas on estime qu'il est indispensable de surveiller la qualité du produit. En règle générale, il suffit d'évaluer de temps en temps la grandeur du rebut ou, dans le cas qui fait l'objet de notre étude, la proportion des communications perturbées par une défaillance de l'équipement technique. Deux possibilités sont offertes pour parvenir à ce résultat: créer soi-même un trafic artificiel en établissant des communications d'essai ou observer une partie du trafic naturel et en apprécier la qualité. L'opportunité d'utiliser l'une ou l'autre de ces deux méthodes ainsi que la valeur du résultat que

werden. Vorerst gilt es, die Definition einiger Begriffe zu vereinbaren.

1. Begriffe

Der vom Teilnehmer und der vom Betriebstechniker «empfundene» Betriebsgüte liegen nicht dieselben Güteerkmale zugrunde. Jener urteilt zum Beispiel nach der Zahl der gestörten Verbindungen und der Besetzungsfälle, dieser fragt nach den Fehlern, dem Unterhaltsaufwand zur Erreichung einer bestimmten Betriebsgüte usw. Die Betriebsgüte hat also eine doppelte Bedeutung. Zur Unterscheidung wurde für den vom Teilnehmer angelegten Massstab die Bezeichnung *Dienstgüte* gewählt; auf diese beziehen sich die folgenden Betrachtungen.

Die Güte des Telephondienstes kann man im weitesten Sinne auffassen und darunter nicht nur die Güte der Telephonverbindungen, sondern auch die Promptheit der Störungsbehebung, die korrekte Beantwortung einer Beschwerde, das Sich-hineindenken-Können in die Bedürfnisse des Teilnehmers, kurz den Dienst am Kunden, verstehen. Trotz der Wichtigkeit dieser weiteren Kriterien bezieht man im automatischen Telephonbetrieb den Begriff Dienstgüte meist nur auf die Güte des Selbstwähldienstes, schliesst aber alle Einflüsse mit ein, wie

- Teilnehmer besetzt,
- Verbindungswege besetzt,
- Fehler an den Telephonanlagen in den Ämtern und beim Teilnehmer sowie Fehler im Leitungsnetz,
- Verhalten der Telephonbenützer (zum Beispiel Manipulationsfehler).

Die Güte des Selbstwähldienstes bezieht sich somit auf alle Komponenten dieses Dienstes. Es gibt daher nur *ein* richtiges Bild der Dienstgüte, und diesem gilt es bei derartigen Erhebungen möglichst nahe zu kommen.

Bei den Prüfverbindungen wird das Einwirken der «Teilnehmer-Besetzungsfälle», der Fehler an den Teilnehmereinrichtungen und die Manipulationsfehler der Teilnehmer auf das Ergebnis von vornherein ausgeschlossen. Man ermittelt dabei folglich nicht die Dienstgüte, sondern lediglich einzelne *Güteerkmale*, wie die Zahl der durch Fehler an der Amtsausrüstung gestörten Verbindungen.

2. Die Stichprobe

Es gibt die etwas zweifelhafte Statistik, deren Ergebnisse man für beweiskräftig hält oder in Zweifel zieht, je nachdem, ob sie einem dienlich sind oder nicht. Hier sei von einer andern, der mathematischen Statistik die Rede, sowie von der Stichprobentechnik, deren sie sich bedient. Sie hat vor allem in der Biologie, in der Medizin und in der Technik eine ausserordentlich grosse Bedeutung erlangt.

Die Häufigkeit eines in Betracht gezogenen Ereignisses, der Umfang der Stichprobe zum Ermitteln dieser Grösse sowie die Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Stichprobenergebnisses stehen in einem

chacune permet de dégager doivent encore être examinées ici. Tout d'abord, il est utile de s'accorder sur la définition des notions employées.

1. Définitions

L'abonné et le technicien d'exploitation n'apprécient pas la qualité de l'exploitation en se basant sur les mêmes considérations. L'un juge par exemple d'après le nombre de communications dérangées et de cas d'occupation, l'autre s'inquiète des fautes, des dépenses d'entretien pour atteindre une qualité d'exploitation déterminée, etc.

La qualité d'exploitation peut avoir de ce fait un double sens. Afin de différencier les deux significations, on a choisi l'expression *qualité de service* pour désigner la notion qui correspond au point de vue de l'abonné. Les considérations énoncées ci-après se rapportent à cette notion.

La notion de qualité du service téléphonique peut avoir un sens plus étendu et comprendre non seulement la qualité des communications téléphoniques, mais aussi englober la rapidité de la relève des dérangements, la réponse correcte à une réclamation, la faculté de pouvoir devancer les besoins de l'abonné, en résumé le service à la clientèle. Quelle que soit l'importance des critères supplémentaires évoqués, en exploitation téléphonique automatique la notion de qualité de service se rapporte le plus souvent seulement à la qualité du service que l'abonné reçoit en établissant lui-même ses communications à l'aide du disque d'appel. On inclut alors tous les paramètres qui influencent cette qualité de service, tels que:

- abonnés occupés;
- voies d'acheminement occupées;
- défaillances techniques des installations téléphoniques dans les centraux, chez l'abonné, de même que sur le réseau de transmission;
- comportement de l'utilisateur du téléphone (par exemple fautes de manipulation).

La qualité du service automatique comprend par conséquent toutes les composantes de ce service. On obtient alors seulement *une* image exacte de la qualité du service.

Dans le cas de communications d'essai, l'influence des cas d'occupation du raccordement d'abonné, les dérangements aux installations d'abonnés et les fautes de manipulation sont exclus a priori du résultat. On évalue, de ce fait, non pas la qualité du service, mais uniquement certaines des composantes qui la caractérisent, telles que le nombre de communications dérangées par suite de défaillance des équipements du central.

2. L'échantillonnage

Il existe la statistique quelque peu douteuse dont on considère les résultats soit comme démonstratifs, soit comme non représentatifs suivant le service qu'ils rendent à celui qui veut les utiliser. Ici, il est

mathematischen Zusammenhänge zueinander. Entscheidend ist, dass von der Theorie und der Technik des Stichprobeverfahrens richtig Gebrauch gemacht wird.

Aus einem laufenden Produktionsprozess soll eine Stichprobe von einem bestimmten Umfang entnommen werden, um daraus den Ausschussanteil zu ermitteln. Bei jeder herausgegriffenen Schraube – um bei dem eingangs benutzten Beispiel der Schraubenfertigung zu bleiben – sind zwei Möglichkeiten gegeben: entweder ist sie *defekt* und wird als Ausschuss betrachtet oder sie ist *nicht defekt*, das heisst ihre Abmessungen liegen innerhalb der zugelassenen Toleranzen. Die Wahrscheinlichkeit, dass aus dem laufenden Fabrikationsvorgang eine defekte Schraube herausgegriffen wird, ist immer gleich gross, sofern der Ausschuss nicht serienweise auftritt. Es braucht in diesem Beispiel auch nicht betont zu werden, dass während der Stichprobe die Einstellung der Maschine nicht verändert werden darf.

Anstelle dieses Beispiels lässt sich eine Telefonzentrale setzen, die Verbindungen «produziert». Die bei einer Stichprobe kontrollierten Verbindungen müssen zufällig und unabhängig voneinander herausgegriffen werden. Es ist einleuchtend, dass auch hier die Stichprobe den «Produktionsprozess» nicht beeinflussen darf. Die Ursachen der festgestellten Störungen dürfen weder beseitigt noch auf andere Weise unwirksam gemacht werden, solange die Stichprobe anhält. Jede der kontrollierten Verbindungen weist ein bestimmtes Merkmal (z. B. technisch bedingte Störung) auf oder sie weist es nicht auf. Angenommen, der Anteil p der gestörten Verbindungen sei in Wirklichkeit 1% des gesamten Verkehrs, dann ist die Wahrscheinlichkeit P , mit der eine gestörte Verbindung «produziert» wird 0,01, wenn für die Gesamtheit Igesetz wird. Wird die Wahrscheinlichkeit $P_{(k)}$, dass in einer Stichprobe vom Umfang n k gestörte Verbindungen auftreten, für die Werte $k = 0 \dots n$ auf der Ordinate aufgetragen, so folgen die Werte $P_{(k)}$ einer Binomialverteilung nach

$$P_{(k)} = \binom{n}{k} \cdot p^k (1-p)^{n-k} \text{ wobei } \sum_{k=0}^{k=n} P_{(k)} = 1$$

Figur 1 zeigt die binomialverteilte Wahrscheinlichkeit $P_{(k)}$, mit der in einer Stichprobe vom Umfang $n = 300$ bei einem wirklichen Anteil der gestörten Verbindungen von $p = 0,01$ (1%) k gestörte Verbindungen auftreten. Die abgekürzte Bezeichnung für eine solche Verteilung sei $B_{n(p)}$ oder in diesem Fall $B_{300(0,01)}$. Die einschliessende Kurve kann nicht symmetrisch sein wie bei einer Normalverteilung, weil der Durchschnittswert aller möglichen Stichproben verhältnismässig nahe bei 0 liegt und eine Stichprobe nicht weniger als 0 gestörte Verbindungen aufweisen kann. Die von der Verteilungskurve und der Abszissenachse eingeschlossene Fläche ist identisch mit der Summe der Wahrscheinlichkeiten, mit denen bei allen möglichen Stichproben im Umfang n 0, 1, 2... oder n gestörte Verbindungen auftreten.

question d'une autre statistique, d'origine mathématique, ainsi que de la technique de l'échantillonnage dont elle fait usage. Elle a acquis avant tout une extraordinairement grande signification en biologie, en médecine et en technique.

La fréquence d'apparition de l'événement entrant en considération, l'étendue de l'échantillonnage nécessaire à l'évaluation de cette grandeur ainsi que l'exactitude et la sécurité statistique du résultat obtenu sont en relation mathématique entre eux. Il est déterminant qu'il soit fait un usage exact de la théorie et de la technique de l'échantillonnage.

Afin d'évaluer la part de rebut provenant d'un processus de fabrication, l'échantillon doit être prélevé sur un volume déterminé. Pour en rester à l'exemple de la fabrication des vis évoquée au début de cet article, pour chaque vis deux possibilités sont données: elle est soit défectueuse et doit être mise au rebut, ou elle n'est pas défectueuse, c'est-à-dire que ses dimensions sont comprises dans les limites de tolérance admises. La probabilité qu'une vis défectueuse soit trouvée au cours du processus de fabrication est toujours la même, aussi longtemps que le défaut n'apparaît pas en série. Dans cet exemple, il n'est pas nécessaire de rappeler que le réglage de la machine-outil ne doit pas être modifié pendant la durée de l'échantillonnage.

A la place de cet exemple, on peut considérer un central téléphonique qui «produit» des communications. Les communications contrôlées lors de l'échantillonnage doivent être prélevées au hasard et de façon indépendante les unes des autres. Il est clair qu'ici aussi le «processus de fabrication» ne doit pas être influencé par l'échantillonnage. Les causes des dérangements constatés ne doivent pas être écartées ni rendues inopérantes d'une autre façon, aussi longtemps que l'échantillonnage n'est pas entièrement prélevé. Chaque communication contrôlée révèle un indice (par exemple dérangement d'origine technique) ou n'en révèle pas. Si nous admettons que la proportion p des communications dérangées représente en réalité 1% du trafic global, la probabilité P qu'une communication dérangée soit «produite» est alors de 0,01 si le volume de base est égal à 1. Lors d'un échantillonnage de grandeur n , la probabilité que k communications dérangées se présentent est donnée par $P_{(k)}$. Pour les valeurs de k comprises entre 0 et n , la probabilité $P_{(k)}$ portée en ordonnées est donnée par la distribution binomiale

$$P_{(k)} = \binom{n}{k} \cdot p^k (1-p)^{n-k}, \text{ d'où } \sum_{k=0}^{k=n} P_{(k)} = 1$$

La figure 1 montre la distribution de la probabilité $P_{(k)}$ que k communications dérangées apparaissent pour un volume d'échantillonnage de $n = 300$ et une proportion réelle des communications dérangées $p = 0,01$ (1%). La désignation abrégée d'une telle distribution est $B_{n(p)}$ ou dans ce cas $B_{300(0,01)}$. La courbe enveloppe ne peut pas être symétrique comme pour

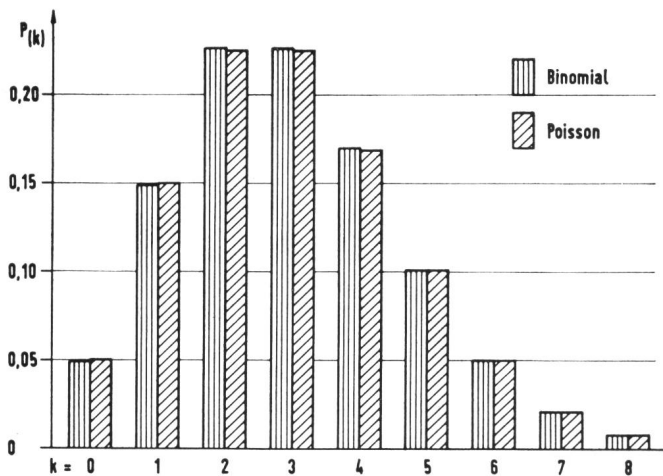


Fig. 1

Die Verteilung $B_{300}(0,01)$ und deren Approximation durch die Poissonverteilung $P_{300}(0,01)$

La distribution $B_{300}(0,01)$ et son approximation par la distribution de Poisson $P_{300}(0,01)$

In der mathematischen Statistik verzichtet man darauf, die extremsten möglichen Stichprobenwerte mitzubetrachten. Man lässt, je nach den Konsequenzen, zum Beispiel 1‰, 1% oder bei Erhebungen vorliegender Art 5% aller möglichen Stichprobenwerte (die extremsten) ausser acht und spricht dann im letzteren Fall von einer statistischen Sicherheit von 95%. Mit anderen Worten: 95% aller überhaupt möglichen Stichproben vom Umfange n ergäben Werte, die innerhalb einer gewissen Toleranz vom exakten Wert, das heisst in einem gewissen Vertrauensbereich, liegen. Schneidet man, wie in der *Figur 2* dargestellt, beidseitig je 2,5% = $\alpha/2$ der eingeschlossenen Fläche weg, so erhält man die Grenzen p_0 und p_1 des Vertrauensbereiches für die

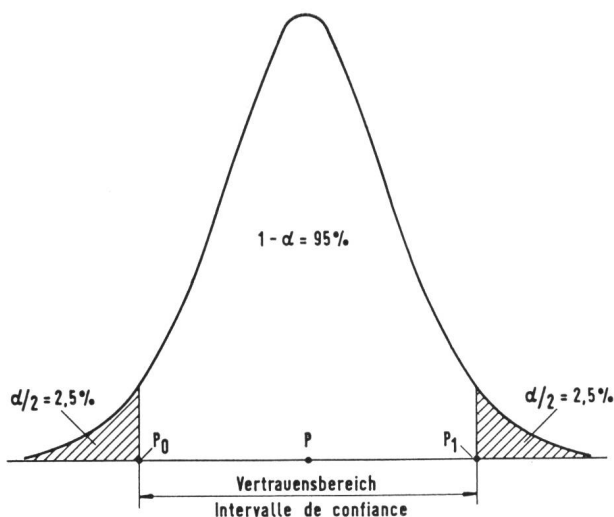


Fig. 2

Illustration der Beziehungen zwischen statistischer Sicherheit und Vertrauensbereich

Illustration des relations entre la sécurité statistique et l'intervalle de confiance

une distribution normale parce que la valeur moyenne de tous les échantillonnages possibles se trouve relativement près de 0 et un échantillonnage ne peut pas révéler moins que 0 communications dérangées. L'aire comprise entre l'abscisse et la courbe de distribution est identique à la somme des probabilités avec lesquelles, lors de tous les échantillonnages possibles de volume n 0, 1, 2... ou n communications dérangées apparaissent. Dans le calcul des probabilités, on renonce à considérer parmi tous les cas possibles les valeurs d'échantillonnage les plus extrêmes. On ne prête pas attention, suivant les cas, par exemple au 1‰, 1% ou lors de relevés du genre précité, au 5% de toutes les valeurs d'échantillonnage possibles et l'on parle alors dans le dernier cas d'une sécurité statistique de 95%. En d'autres termes, 95% de tous les échantillonnages possibles donneraient des valeurs comprises entre certaines limites de tolérance, c'est-à-dire situées à l'intérieur d'un certain intervalle de confiance. Si l'on coupe, comme le représente la *figure 2*, 2,5% = $\alpha/2$ de chaque côté de la surface située entre la courbe et l'abscisse, on obtient les limites p_0 et p_1 de l'intervalle de confiance, pour une sécurité statistique de 95%. Plus la sécurité statistique exigée est grande et plus le volume de l'échantillonnage et la valeur p sont petits, plus l'intervalle de confiance par rapport à la valeur réelle est grand. Pour de petites valeurs de p , la distribution binomiale peut être avantageusement remplacée par la distribution de Poisson.

Pour $n = \infty$, la distribution binomiale et la distribution de Poisson tendent vers une distribution normale. Comme règle empirique, on peut admettre une distribution normale avec une précision suffisante lorsque

$$n > \frac{9}{p(1-p)}$$

Cette approximation est illustrée par les *figures 1 et 3*. Si la valeur p et l'échantillonnage ne sont pas trop petits, la grandeur à évaluer peut être déterminée avec une erreur

$$e = \pm t \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Pour une sécurité statistique de

$$95\% \quad t = 1,96$$

$$99\% \quad t = 2,58$$

$$99,9\% \quad t = 3,29$$

l'erreur relative $e_r = \frac{e}{p}$ devient

$$e_r = \pm t \sqrt{\frac{(1-p)}{np}}$$

ce qui permet de tirer la grandeur de l'échantillonnage n

$$n = \frac{t^2 (1-p)}{e_r^2 p}$$

95%ige statistische Sicherheit. Je grösser die geforderte statistische Sicherheit und je kleiner der Stichprobenumfang und der Wert p , desto grösser ist die Abweichtoleranz vom wirklichen Wert. Bei kleinen p -Werten kann die Binomialverteilung mit Vorteil durch eine Poissonverteilung approximiert werden.

Für $n = \infty$ streben Binomial- und Poissonverteilung gegen eine Normalverteilung. Als Faustregel gilt, dass bei

$$n > \frac{9}{p(1-p)}$$

mit hinreichender Genauigkeit eine Normalverteilung angenommen werden kann. Diese Annäherungen sind aus den Figuren 1 und 3 ersichtlich. Für nicht

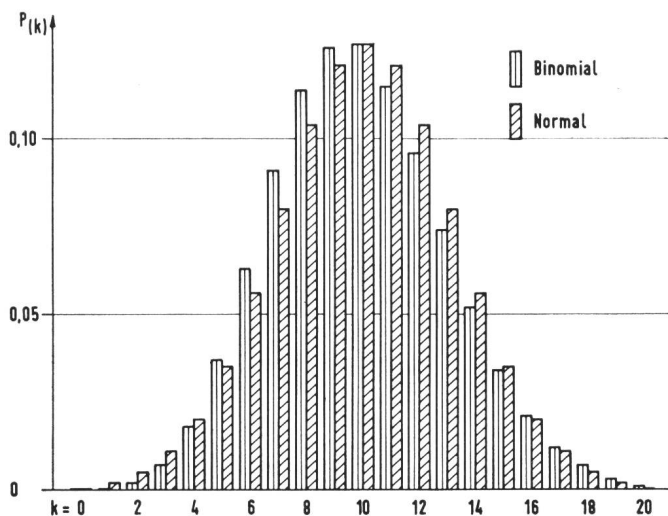


Fig. 3

Die Verteilung $B_{1000}(0,01)$ und deren Approximation durch die Normalverteilung $N_{1000}(0,01)$

La distribution $B_{1000}(0,01)$ et son approximation par la distribution normale $N_{1000}(0,01)$

ausgesprochen kleine Anteilwerte p und Stichproben lässt sich die dem ermittelten Wert eigene Fehler-toleranz e bestimmen aus

$$e = \pm t \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

t beträgt für eine statistische Sicherheit von

95%	1,96
99%	2,58
99,9%	3,29

Die relative Fehlertoleranz $e_r = \frac{e}{p}$ wird

$$e_r = \pm t \sqrt{\frac{(1-p)}{n p}}$$

Daraus folgt für den nötigen Stichprobenumfang n

$$n = \frac{t^2 (1-p)}{e_r^2 p}$$

L'erreur relative e_r en fonction de $k (= np)$ peut être lue sur la courbe de la figure 4. Mais on peut en tirer aussi la grandeur de l'échantillonnage nécessaire pour une valeur de p attendue et une tolérance d'écart donnée.

1^{er} exemple

Lors d'un échantillonnage de $n = 200$ communications observées, on a relevé $k = 40$ cas d'occupation. La proportion p des cas d'occupation est donc 0,2. Entre quelles limites se trouve la véritable proportion p ?

Pour une valeur de $k = 40$, on tire des courbes de la figure 4 une erreur relative inférieure de -28% et supérieure de $+36\%$. La véritable proportion p se trouve entre les limites

$$0,2 - \frac{0,2 \cdot 28}{100} = 0,144 \text{ et } 0,2 + \frac{0,2 \cdot 36}{100} = 0,272$$

ou, exprimée différemment, la proportion réelle des cas d'occupation est comprise entre $14,4\%$ et $27,2\%$.

2^e exemple

On doit évaluer par échantillonnage la proportion de communications dérangées avec une exactitude de $\pm 10\%$ par rapport à la valeur réelle. D'après les relevés précédents, on peut s'attendre à environ 1% de cas de dérangements. Quelle doit être la grandeur de l'échantillonnage?

On peut lire sur les courbes que pour une exactitude de $\pm 10\%$ $k = 350$ cas de dérangement doivent apparaître. De la formule $k = n p$, on obtient pour la proportion supposée $p = 0,01$ une grandeur d'échantillonnage minimale de

$$n = \frac{k}{p} = \frac{350}{0,01} = 35\,000 \text{ communications}$$

3. Observation du trafic réel

Dans les grands centraux locaux, des équipements appropriés permettent d'observer le trafic sur le premier étage de sélection. Il est possible de prendre sous contrôle des groupes de 6000 à 10 000 raccordements. Le dispositif d'observation permet d'accéder au moins à 40 l. GW (1. GS) de chaque groupe. Il ne peut se connecter sur une communication qu'à l'instant où elle provoque la prise d'un l. GW, avant que l'établissement ait commencé.

Le contrôle s'étend sur l'établissement de la communication et les 20 premières secondes qui suivent la réponse de l'abonné appelé. L'opératrice de contrôle reste en position d'écoute silencieuse pendant ce temps, juge de la qualité de la transmission et observe la taxation. Le numéro de l'abonné appelé apparaît sur un indicateur, le numéro de l'appelant par contre lui reste inconnu.

La qualité de service apparaît à l'opératrice de contrôle de la même façon qu'à l'abonné, toutefois avec la restriction que l'établissement n'est observé qu'après la prise du l. GW et que le contrôle est définitivement interrompu 20 secondes après la réponse de l'appelé. Une de ces concessions peut être facilement compensée par des relevés complémentaires, par exemple en mesurant le temps nécessaire à la prise du son musical. L'autre n'a pas d'influence prépondérante sur le résultat, vu que la plupart des défauts de transmission se manifestent déjà pendant

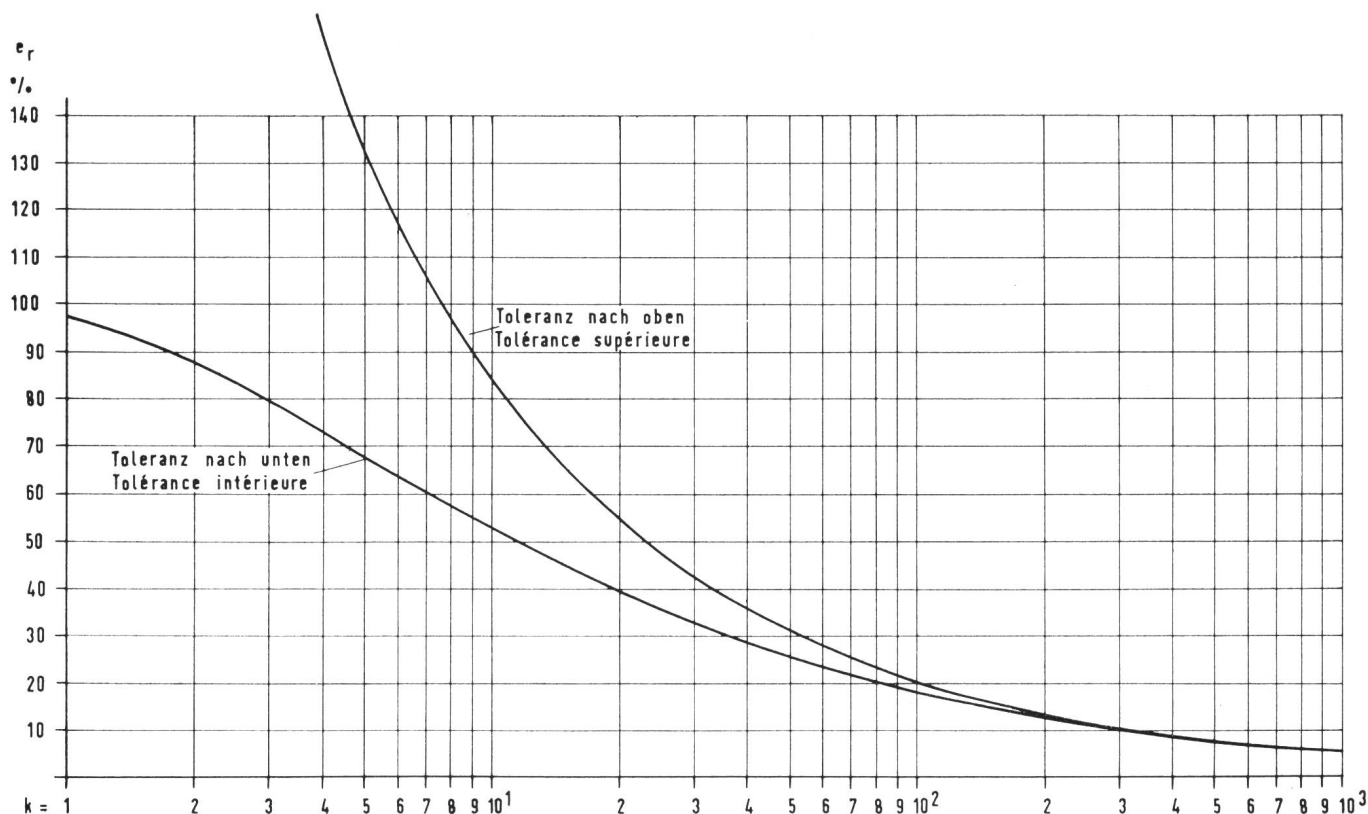


Fig. 4

Fehlertoleranz e_r nach unten und nach oben in Prozenten des ermittelten Anteilwertes p bei einer statistischen Sicherheit von 95%
 Erreur e_r inférieure et supérieure en % de la proportion p évaluée pour une sécurité statistique de 95%

Aus *Figur 4* kann die relative Fehlertoleranz e_r in Funktion von k ($= np$) abgelesen werden. Es ergibt sich daraus aber auch der nötige Stichprobenumfang für einen erwarteten Anteilwert und eine gegebene Abweichtoleranz.

1. Beispiel

Bei einer Stichprobe von $n = 200$ beobachteten Verbindungen traten $k = 40$ Besetztfälle auf. Der ermittelte Anteilwert p der Besetztfälle ist also 0,2 (20%). In welchen Grenzen liegt der wahre Anteilwert p ?

Aus den Kurven von *Figur 4* entnimmt man für $k = 40$ eine Toleranz e_r nach unten von -28% und eine solche nach oben von +36%. Der wahre Anteilwert p liegt somit zwischen

$$0,2 - \frac{0,2 \cdot 28}{100} = 0,144 \text{ und } 0,2 + \frac{0,2 \cdot 36}{100} = 0,272$$

oder anders ausgedrückt, es traten in Wirklichkeit zwischen 14,4% und 27,2% Besetztfälle auf.

2. Beispiel

Es soll mit einer Stichprobe der Anteilwert der gestörten Verbindungen mit einer Genauigkeit von mindestens $\pm 10\%$ des ermittelten Wertes gesucht werden. Nach früheren Erhebungen sind rund 1% Störungsfälle zu erwarten. Wie gross muss der Stichprobenumfang mindestens gewählt werden?

Aus den Kurven ist zu entnehmen, dass für eine Genauigkeit von $\pm 10\%$ $k = 350$ Störungsfälle eintreten müssen. Aus $k = np$ ergibt sich für den erwarteten Wert $p = 0,01$ ein minimaler Stichprobenumfang von

$$n = \frac{k}{p} = \frac{350}{0,01} = 35\,000 \text{ Verbindungen}$$

les 20 premières secondes de conversation. Quelques autres incertitudes doivent être admises lors de l'observation du trafic réel. Par exemple, on constate que l'appelant reçoit un faux numéro. Si l'abonné appelé n'annonce pas son numéro, il n'est pas possible de déterminer si l'appelant a composé un faux numéro ou si le central a mal interprété les impulsions de sélection.

L'opératrice de contrôle doit être très attentive, avoir la faculté d'interpréter rapidement les faits pour être en mesure de porter un jugement valable dans les cas douteux.

Jusqu'à voici 2 ans, les observations étaient réparties sur toutes les heures d'exploitation et sur toute l'année. La valeur moyenne d'un résultat annuel ne permettait alors pas de connaître les conditions existant pendant les heures chargées ou lors des fluctuations de trafic saisonnières. Depuis lors, l'entreprise des PTT a introduit la méthode des observations dirigées. Le contrôle se concentre sur une période de deux mois pendant laquelle on sépare le résultat des observations du trafic de la matinée de celui de la soirée. Par ce moyen, on a pu considérablement réduire le nombre des communications contrôlées et tout de même atteindre des résultats représentatifs.

Le résultat exprimé n'est pas de même valeur si la proportion des cas d'occupation, de non-réponse ou de n'importe quel dérangement est établie par rapport au nombre de communications ayant abouti sans

3. Beobachtungen des echten Verkehrs

In den grösseren Ortsämtern erlauben besondere Einrichtungen den Verkehr auf der ersten Wahlstufe zu beobachten. Es können Gruppen von 6000 oder 10 000 Anschlüssen zur Kontrolle angesteuert werden. Von jeder Gruppe werden mindestens 40 I. GW (I. GS) erfasst. Die Einrichtung kann sich nur auf Verbindungen aufschalten, die gerade einen dieser I. GW belegt, ihren weiteren Aufbau aber noch nicht begonnen haben.

Die Kontrolle erstreckt sich auf den Verbindungsaufbau und die ersten 20 Sekunden nach erfolgter Antwort. Während dieser Zeit hört die Kontrollbeamtin mit, beurteilt die Übertragungsqualität und beobachtet die Taxierung. Die angerufene Nummer wird ihr angezeigt, die Nummer des Anrufenden dagegen bleibt ihr unbekannt.

Die Dienstgüte zeigt sich der Kontrollbeamtin in gleicher Weise wie dem Teilnehmer, mit der Einschränkung allerdings, dass der Verbindungsaufbau erst von der Belegung der 1. Wahlstufe an erfasst wird und dass die Kontrolle 20 Sekunden nach Beantwortung zwangsläufig abbricht. Die eine Konzession kann leicht durch zusätzliche Erhebungen, beispielsweise über die Zeit bis zur Anschaltung des Summtones, wettgemacht werden; die andere hat auf das Ergebnis keinen wesentlichen Einfluss, denn die meisten Übertragungsfehler zeigen sich schon während der ersten 20 Sekunden des Gesprächs. Einige weitere Unsicherheiten müssen beim Beobachten des echten Verkehrs in Kauf genommen werden. Erhält zum Beispiel der Anrufende eine falsche Verbindung, so ist, wenn der Angerufene seine Nummer nicht nennt, nicht feststellbar, ob der Teilnehmer falsch gewählt oder das Vermittleramt die Wahlimpulse falsch verarbeitet hat. Die Kontrollbeamtin braucht ihre volle Aufmerksamkeit, eine rasche Auffassungsgabe und eine gute Kombinationsfähigkeit, um solche Zweifelsfälle richtig zu beurteilen.

Bis vor zwei Jahren sind die Beobachtungen auf alle Betriebsstunden und auf das ganze Jahr verteilt worden. Die Durchschnittswerte eines Jahresergebnisses liessen jedoch die Verhältnisse während der Hauptverkehrsstunden oder bei saisonbedingten Verkehrsschwankungen zu wenig erkennen. Die PTT sind daher zu gezielten, nach Vormittags- und Abendverkehr getrennten und auf zwei Monate konzentrierten Beobachtungen übergegangen. Dadurch konnte die Zahl der kontrollierten Verbindungen auf einen Bruchteil herabgesetzt und trotzdem aussagefähigere Resultate erreicht werden.

Es ist nicht gleichgültig, ob die Zahl der Besetztfälle, der «Keine-Antwort-Verbindungen» und irgendwelcher Störungsfälle auf die zustande gekommenen, fehlerfreien Verbindungen (nachfolgend kurz effektive Verbindungen genannt), oder auf die Gesamtheit der in die Statistik einbezogenen Belegungen bezogen wird. Bei den schweizerischen PTT-Betrieben ist es üblich, die Zahl der erfassten Belegungen als 100%

faute (nommées par la suite tentatives efficaces) ou par rapport au total des tentatives efficaces et inefficaces de la statistique. Il est d'usage, dans l'entreprise des PTT suisses, de poser 100% pour le nombre total des tentatives observées. Pour être rigoureux, cette méthode conduit à une plus ou moins grande erreur. Ainsi, par exemple, le pourcentage des cas d'occupation des lignes d'abonnés apparaît de cette façon beaucoup plus petit dans un central fortement chargé que dans un central non chargé et devient une grandeur difficilement comparable. En outre, les fautes de transmission et de taxation se manifestent en règle générale seulement sur des communications ayant abouti. Plus le nombre de tentatives qui échouent déjà lors de l'établissement est grand, c'est-à-dire plus le trafic s'écoule mal, plus le pourcentage de fautes établi est petit. Les valeurs moyennes du pays pour l'année 1964 données par la *figure 5* se rapportent de ce fait au nombre de tentatives efficaces.

Pour le trafic interurbain national, les cas d'occupation sont beaucoup plus fréquents le soir que le matin, du fait que, pour des raisons tarifaires, la pointe du trafic se concentre en règle générale dans la soirée. Lors de l'observation du trafic des centraux des systèmes construits jusqu'à ce jour, on ne peut pas suffisamment différencier les cas d'occupation des raccordements d'abonnés de ceux des voies d'acheminement. Cependant, on peut compter approximativement avec 15 cas d'occupation d'abonné sur 100 tentatives efficaces.

Le groupe D «tentatives inefficaces» par suite de dérangement technique n'est pas complet. D'autres tentatives inefficaces par suite de dérangement technique sont contenues sous la rubrique B3, d'où elles ne peuvent être différenciées des appels bloqués par suite de surcharge. Si l'abonné ne reçoit ni la tonalité de retour d'appel, ni la tonalité d'occupation, il lui est indifférent que son appel soit bloqué par un mauvais contact ou à cause d'un groupe de circuits sous-dimensionné et par conséquent surchargé. Dans chacun des deux cas, il s'agit pour lui d'une tentative d'établissement inefficace pour laquelle, par suite d'une défaillance technique, la tonalité d'occupation ne lui a pas été transmise en temps utile.

Si l'évaluation de la qualité de service est effectuée de façon conséquente en tenant compte de la manière de voir de l'abonné, le résultat de l'observation du trafic naturel présente une image réelle de la qualité du service téléphonique automatique.

Cependant, deux conditions importantes doivent être remplies:

- a) L'opératrice de contrôle doit être choisie avec soin et être correctement instruite. Elle doit aussi pouvoir rester attentive et garder son esprit critique lors de l'exécution d'un travail long et uniforme; elle doit avoir le don de l'observation bien développé et une compréhension rapide.
- b) Du point de vue statistique, le contrôle doit être exécuté de façon irréprochable comme indiqué au chapitre 2.

zu setzen. Streng genommen führt diese Methode zu einem mehr oder weniger grossen Fehler. So fällt zum Beispiel der prozentuale Anteil der Teilnehmer-Besetztfälle in einem stark überlasteten Amt auf diese Weise kleiner aus als in einer unausgelasteten Zentrale und wird zu einer schwer vergleichbaren Grösse. Oder: Übertragungs- und Taxierungsfehler stellen sich in der Regel nur bei effektiven Verbindungen ein. Je mehr Verbindungen schon in ihrem Aufbau ausscheiden, also je schlechter der Verkehr sich abwickelt, desto kleiner wird die Fehlerquote, was jedoch irreführend ist. In *Figur 5* sind die Landesmittelwerte des Jahres 1964 deshalb auf die effektiven Verbindungen bezogen worden.

Im inländischen Fernverkehr sind die Besetztfälle abends häufiger als am Vormittag, weil aus tariflichen Gründen die Spitze des Fernverkehrs in der Regel auf den Abend fällt. Beim Beobachten des Verkehrs von Zentralen der bisherigen Bauarten kann zwischen «Teilnehmer-besetzt» und «Verbindungswege-besetzt» nicht genügend unterschieden werden. Immerhin kann mit ungefähr 15 Teilnehmerbesetzt-Fällen auf 100 effektive Verbindungen gerechnet werden.

Die Gruppe D «Fehlerhafte Verbindungen wegen technischer Störungen» ist nicht vollständig. Weitere wegen technischer Störungen nicht zustande gekommene Verbindungen sind in der Rubrik B3 enthalten, wo sie von den zufolge Überlastungen blockierten Verbindungen nicht ausgeschieden werden können. Dem Teilnehmer ist es natürlich gleichgültig, ob er weder Ruf- noch Besetztzeichen erhält, weil seine Verbindung durch einen Kontaktfehler oder weil sie wegen einer zu klein bemessenen und daher überlasteten Stromkreisgruppe blockiert ist. In beiden Fällen handelt es sich für ihn um eine erfolglose Verbindung, bei der ihm zudem wegen eines technischen Mangels das Besetztzeichen nicht innert nützlicher Zeit übermittelt wird.

Wenn die Ermittlung der Dienstgüte sich konsequent an die Betrachtungsweise des Teilnehmers hält, so vermag das Ergebnis aus dem Beobachten des echten Verkehrs ein wirkliches Bild der Güte des automatischen Telephondienstes zu geben. Zwei wichtige Bedingungen müssen aber dabei erfüllt sein:

- Die Kontrollbeamtin muss sorgfältig ausgewählt und instruiert sein. Sie muss auch bei längerer, gleichförmiger Arbeit aufmerksam und kritisch bleiben sowie eine gute Beobachtungs- und rasche Auffassungsgabe besitzen.
- Die Kontrolle muss, wie im 2. Kapitel gezeigt wurde, statistisch einwandfrei durchgeführt werden.

4. Prüfverbindungen für statistische Erhebungen

Die Prüfverbindungen müssen nach ihrem Zweck grundsätzlich in folgende zwei Gruppen unterteilt werden.

- Prüfverbindungen zum Auffinden von Fehlern und anschliessender Fehlerbeseitigung. Dieses

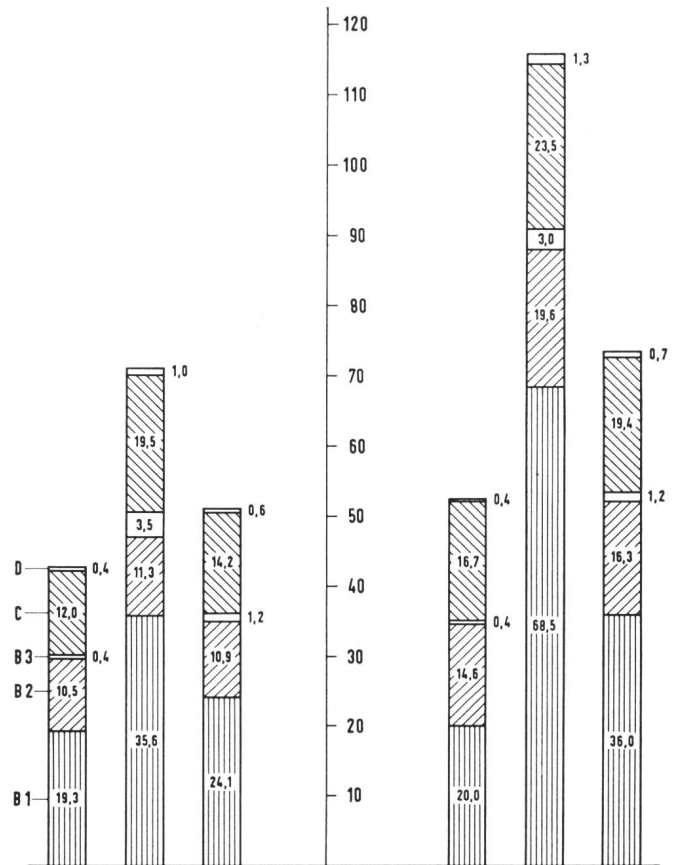


Fig. 5

Ergebnisse der Beobachtungen des echten Verkehrs am Vormittag und am Abend (18.00–21.00) im Landesmittel 1964. Auf je 100 zustandegekommene, fehlerfreie Verbindungen A treten in der angegebenen Zahl auf:

- B1 Teilnehmer oder Verbindungswege besetzt
- B2 Keine Antwort (nach mindestens 30 s Rufdauer)
- B3 Kein Ruf- und kein Besetztzeichen innert 15 s nach beendeter Nummerneinstellung
- C Fehlerhafte Verbindungen wegen Manipulationsfehlern
- D Fehlerhafte Verbindungen wegen technischer Störungen

Résultat des observations du trafic réel pendant la matinée et la soirée (18.00–21.00 h.), valeur moyenne du pays en 1964. Sur 100 communications A ayant abouti sans fautes, les nombres de cas suivants apparaissent:

- B1 Abonnés ou voies occupés
- B2 Pas de réponse (après une durée d'appel de 30 s au minimum)
- B3 Pas de tonalité de retour d'appel ou d'occupation 15 s après la fin de la numérotation
- C Tentatives inefficaces par suite de fautes de manipulation
- D Communications dérangées par suite de défaillance technique

4. Communications d'essai pour relevés statistiques

Les communications d'essai doivent être divisées en deux groupes suivant l'usage que l'on veut en faire.

- Communications d'essai pour la détection des fautes et leur élimination consécutive. Ce procédé n'obéit pas aux lois du calcul des probabilités et ne conduit à aucun résultat de valeur statistique. Il est exclusivement une mesure d'entretien.
- Communications pour relevés statistiques. Elles servent dans une certaine mesure d'instrument pour l'évaluation de variables déterminées caractérisant l'état de l'exploitation, mais non d'outil pour l'amélioration de cet état.

L'importance de cette différence a été confirmée lors d'un essai effectué dans un nouveau central local

Vorgehen richtet sich nicht nach den Gesetzen der mathematischen Statistik und führt zu keinem Ergebnis mit einem statistischen Aussagewert. Es ist ausschliesslich als Unterhalt aufzufassen.

- b) Prüfverbindungen für statistische Erhebungen. Sie dienen gewissermassen als Instrument zur Ermittlung bestimmter, den Betriebszustand kennzeichnender Gütemerkmale, nicht aber als «Werkzeug» zum unmittelbaren Verbessern dieses Zustandes.

Wie wichtig diese Unterscheidung ist, hat ein Versuch in einem neuen, zur Abnahme bereiten Ortsamt bestätigt, indem der Anteil der gestörten Probeverbindungen beim Test ohne Fehlerbeseitigung um ein Vielfaches höher lag als jener bei der Prüfung mit Fehlerbehebung. Diese Erfahrung drängt einen Entscheider darüber auf, ob ein Abnahmetest durch die PTT künftig der Entstörung des abzunehmenden Amtes vor dessen Inbetriebnahme oder der Prüfung auf dessen Betriebszustand zu dienen hat.

Prüfverbindungen, von denen ein statistisch auswertbares Ergebnis erwartet wird, müssen nach einem möglichst einwandfreien Stichprobeverfahren durchgeführt werden. Grundlegende Voraussetzungen hiefür sind:

- Die Stichproben müssen der gesamten «Produktion» entnommen werden, das heisst es sind, unter häufigem Wechsel, Anrufnummern aus möglichst allen AS- und LW(LS)-Gruppen zu benützen.
- Die Prüfverbindungen sind bei starkem Teilnehmerverkehr vorzunehmen, damit sie möglichst verschiedene Verbindungswege einschlagen.
- Besetztfälle, die durch eine technische Störung bedingt sind, müssen von den überlastungsbedingten Besetztfällen unterschieden und als Störungsfälle gewertet werden.
- Die Ursachen der festgestellten Störungen dürfen bis zum Abschluss der Stichprobe nicht beseitigt werden.
- Der Umfang der Stichprobe ist der geforderten Genauigkeit des Resultates anzumessen.

Werden beispielsweise etwa 1% gestörte Verbindungen erwartet und eine relative Ungenauigkeit von $\pm 20\%$ in Kauf genommen, so ist eine Stichprobe erforderlich vom Umfange

$$n = \frac{t^2 (1-p)}{e_r^2 p} = \frac{1,96^2 \cdot (1-0,01)}{0,20^2 \cdot 0,01} = 9700$$

Da eine Telephonistin in der Stunde ungefähr 50 Prüfverbindungen herzustellen vermag, wären für diese Stichprobe mindestens rund 20 Arbeitstage nötig.

Es ist naheliegend, dass ein solcher Arbeitsaufwand, der natürlich für jede einzelne Verkehrsart (Orts-, Netzgruppen- und Fernverkehr) zu erbringen wäre, nur in Ausnahmefällen verantwortet werden kann. Man wird also eine wesentlich grössere Ungenauigkeit des Resultates, etwa $\pm 50\%$, hinnehmen

prêt pour la reprise; la part des communications dérangées constatée lors du test sans élimination des défauts était beaucoup plus élevée que celle constatée lors d'essais avec levée des dérangements. Le résultat de cette expérience nous impose de prendre une décision sur la question de savoir si un test de reprise effectué par les PTT doit, dans l'avenir, servir à l'élimination des fautes du central avant sa mise en service ou plutôt servir à la vérification de son état d'exploitation.

Les communications d'essai dont un résultat statistique est attendu doivent être exécutées selon un procédé d'échantillonnage irréprochable.

Les conditions fondamentales sont:

- les échantillonnages doivent être prélevés sur l'ensemble de la production; c'est-à-dire que l'on utilisera, par un changement fréquent, des numéros d'appel issus de tous les groupes AS et LW (LS);
- les communications d'essai doivent être établies pendant la période de fort trafic des abonnés, afin qu'elles empruntent si possible différents organes du central;
- les cas d'occupation provoqués par un dérangement technique doivent être différenciés de ceux provenant de la surcharge et valorisés dans la statistique en tant que dérangements;
- les causes des dérangements constatés ne doivent pas être éliminées avant la fin de l'échantillonnage;
- le volume de l'échantillonnage doit être calculé en fonction de l'exactitude du résultat désirée.

Si, par exemple, on s'attend à 1% de communications dérangées et que l'on admet une inexactitude relative de $\pm 20\%$, la grandeur requise pour l'échantillonnage sera:

$$n = \frac{t^2 (1-p)}{e_r^2 p} = \frac{1,96^2 \cdot (1-0,01)}{0,20^2 \cdot 0,01} = 9700$$

Comme une téléphoniste peut établir environ 50 communications d'essai à l'heure, 20 jours de travail seraient au moins nécessaires pour prélever cet échantillonnage.

Il est évident qu'une telle dépense de travail, qui naturellement serait à répéter pour chaque genre de trafic (local, rural, interurbain), peut seulement se justifier dans des cas exceptionnels.

On devra donc accepter une bien plus grande inexactitude du résultat, par exemple $\pm 50\%$. Une autre possibilité est offerte par l'utilisation de robots (abonnés automatiques). En Suisse, ces derniers ont encore été peu utilisés pour des relevés statistiques.

Le procédé dit du «test progressif» peut être recommandé lorsqu'on se limite à déterminer si la proportion des communications dérangées est plus grande ou plus petite qu'une valeur maximale ou respectivement minimale. L'avantage de cette méthode réside dans le fait que pour de très bons ou de très mauvais résultats de test, l'échantillonnage peut être interrompu prématurément. Cela permet en

müssen. Eine andere Möglichkeit besteht im Einsatz automatischer Prüfverbindungseinrichtungen. In der Schweiz ist für eigentliche statistische Erhebungen davon noch kaum Gebrauch gemacht worden.

Beschränkt man sich darauf, festzustellen, ob der Anteil der gestörten Verbindungen grösser oder kleiner als ein bestimmter Maximal- beziehungsweise Minimalwert ist, so empfiehlt sich das sogenannte Folgetestverfahren. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass für sehr gute und sehr schlechte Prüfergebnisse die Stichprobe frühzeitig abgebrochen werden kann. Im Durchschnitt lässt sich dadurch mit ungefähr 50% des Umfanges einfacher Stichproben auskommen.

5. Schlussbemerkung

Aus begreiflichen Gründen wird oft versucht, den Grad der Dienstgüte gleichzeitig zu ermitteln und zu verbessern. Dabei ergibt sich meist ein falsches, und zwar ein viel zu gutes Bild. Die beiden Ziele miteinander zu verkoppeln widerspricht sich grundsätzlich. Man muss sich für das eine oder für das andere entscheiden.

Die Beobachtungen und die Prüfverbindungen sind wichtige Hilfsmittel im automatischen Telefonbetrieb. Dienen sie einer statistischen Erhebung, so gelten für deren Durchführung die grundlegenden Voraussetzungen des Stichprobeverfahrens.

moyenne de réduire le volume du simple échantillonnage d'environ 50%.

5. Conclusion

Souvent, pour des raisons compréhensibles, on essaie de déterminer et d'améliorer simultanément le degré de la qualité du service. Cela donne le plus souvent une image fautive et bien trop favorable. On se contredit par principe en voulant atteindre parallèlement les deux buts. Il faut se décider pour l'un ou pour l'autre.

Les observations et les communications d'essai sont un auxiliaire important de l'exploitation téléphonique automatique. Les conditions fondamentales de la méthode de l'échantillonnage sont valables pour leur exécution lorsqu'elles servent à un relevé statistique.

Literatur

- Kellerer H.*: Theorie und Technik des Stichprobenverfahrens. Einzelschriften der Deutschen Statistischen Gesellschaft, München, 1953.
- Pfanzagl J.*: Allgemeine Methodenlehre der Statistik, Band 747/747a. Götschen-Sammlung.
- Weber E.*: Grundriss der Biologischen Statistik. VEB Gustav Fischer, Jena, 1957.
- Stange K.*: Die Verwendung statistischer Verfahren bei der Qualitätskontrolle, insbesondere Folgeteste bei Abnahmeversuchen. Technische Mitteilungen, April 1953. Vulkan-Verlag, Essen.

Hinweise auf eingegangene Bücher

Preiswerk E. Zwanzig Jahre Araldit-Funktionserfindung/The Invention of Araldite - 1944-1964. = technica-Reihe, Nr. 9, Basel, Birkhäuser Verlag, 1965. 36 S., 19 Abb. Preis Fr. 6.—.

Gehärtete Kunstharze vom Typus der Äthoxylin-(Epoxy-) Harze sind bereits 1938 von einer schweizerischen Firma entwickelt und zum Patent angemeldet worden. Ende 1942 begann sich die CIBA AG Basel mit deren Verwendung in der Technik zu befassen. Seit im November 1944 diese Harzklasse unter der Bezeichnung Araldit erhältlich ist, hat sie dank ihrer mechanischen, elektrischen und chemischen Eigenschaften sowie dem fast unbegrenzten Verbindungsvermögen der verschiedensten Stoffe in allen Sparten der Technik weltweite und hervorragende Verwendungsmöglichkeiten gefunden. Es wurde damit eine Entwicklung eingeleitet und entscheidend gefördert, die heute als «Technik der Verbundkörper» (composites) von andauernd wachsender Bedeutung ist. Aus Anlass des 20jährigen Bestehens der sog. Araldit-Funktionserfindung erschien in der «technica» zu Beginn dieses Jahres ein Bericht über die wesentlichen Tatsachen der Geschichte und der Anwendungen dieser bedeutenden schweizerischen Erfindung. In einer um eine englische Übersetzung erweiterten Fassung liegt diese Arbeit nun als Heft 9 der technica-Reihe vor.

Ko.

Lindorff D. P. Theory of Sampled-Data Control Systems. London, John Wiley & Sons Ltd, 1965. XIV+305 S., zahlreiche Abb. Preis Fr. 52.65.

Cet ouvrage présente un développement logique des systèmes de contrôle par données échantillonnées. Il traite les systèmes linéaires et non linéaires. Ne retenant que les meilleurs procédés utiles à la compréhension du sujet, l'auteur donne une même importance à la théorie classique et à la théorie moderne de contrôle. Ce livre représentera une bonne base dans ce domaine pour tout ingénieur ou étudiant qui a des notions de contrôle automatique et de théorie des fonctions complexes. Il n'est pas nécessaire de connaître les «équations-différences». Les premiers chapitres traitent les équations de transfert classiques, avec application aux dispositifs linéaires. Les derniers chapitres décrivent les équations d'états variables et de différences de vecteurs, les théorèmes de stabilité de Lyapunov et les systèmes de données échantillonnées non linéaires et optimaux dans le temps. A la fin de chaque chapitre, on trouve des problèmes, accompagnés de discussions. Certains contribuent à étendre le contenu du texte, d'autres montrent des applications pratiques.

Hm