

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

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 54 (1976)

Heft: 9

Artikel: Kurz- und mittelfristige Prognose für Telefonanschlüsse = Pronostics à court et moyen terme concernant les raccordements téléphoniques

Autor: Zobrist, Hansruedi

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875847>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Kurz- und mittelfristige Prognose für Telefonanschlüsse

Pronostics à court et à moyen terme concernant les raccordements téléphoniques

Hansruedi ZOBRIST, Bern

165.03:519.283:65.012.23:654.15.001.1

Zusammenfassung. Die Erkenntnis, dass für den kurz- bis mittelfristigen Planungsbereich andere Prognoseverfahren benützt werden sollten als für den langfristigen, ist nicht neu. Sie wird überall, wo systematisch geplant wird, berücksichtigt. Da bei Telefonzentralen die optimalen Ausbaubereiche verhältnismässig kurz sind (höchstens 5 Jahre), ist für die Planung von Zentralenerweiterungen eine gute kurz- bis mittelfristige Prognosekurve erforderlich. Im vorliegenden Artikel wird gezeigt, dass sich dazu die für die langfristige Planung von Ortsnetzen verwendete logistische Funktion weniger gut eignet als die hier beschriebene flexiblere Potenzfunktion.

Résumé. Comme on le sait déjà, il conviendrait d'utiliser d'autres méthodes de pronostic pour la planification à court et à moyen terme que celles qui s'appliquent à la planification à long terme. Tous ceux qui planifient de manière systématique tiennent compte de ce fait. Vu que les phases d'extension optimales pour centraux téléphoniques sont relativement courtes (5 ans au maximum), il est nécessaire de recourir à une courbe de pronostic adéquate à court et à moyen terme pour la planification de l'agrandissement des centraux. Cet article montre que la fonction logistique que l'on utilise pour planifier à long terme les réseaux locaux se prête moins bien à cet effet que la fonction affectée d'un exposant, d'un emploi beaucoup plus souple.

Pronostici a breve e a media scadenza concernenti l'evoluzione nel campo dei collegamenti telefonici

Riassunto. Il fatto che per la pianificazione a breve e a media scadenza devono essere impiegati altri procedimenti non è nuovo. Di ciò si tiene conto da per tutto laddove la pianificazione viene eseguita in modo sistematico. Siccome per le centrali telefoniche le scadenze d'estensione ottimale sono relativamente brevi (al massimo 5 anni), è necessaria, per la pianificazione degli ampliamenti di centrali, un'adeguata pronosticazione a breve e a media scadenza. Si è rilevato che, per la pianificazione dell'evoluzione a lunga scadenza delle reti locali, la funzione logistica applicata s'addice meno bene della funzione esponenziale più flessibile.

1 Einleitung

In einem in den Technischen Mitteilungen PTT 8/1974 erschienenen Beitrag [1] wurde gezeigt, dass die potenzierte logistische Funktion, die eine S-förmige Kurve beschreibt (Fig. 1), sich gut für langfristige Prognosen (über 5 Jahre) eignet.

Für kurz- (1 Jahr) und mittelfristige (bis 5 Jahre) Prognosen ist diese Kurve jedoch weniger günstig. Da sie, nach Vorgabe der Schranke k , aus den Vergangenheitswerten durch die Regressionsrechnung bestimmt wird, weicht sie bei grösseren Unregelmässigkeiten in der jüngsten Entwicklung verhältnismässig stark vom letzten Beobachtungswert ab, wie dies die Abweichung d in Fig. 2 zeigt.

Wenn wir uns beim Betrachten der Fig. 2 überlegen, wie die Entwicklung in den nächsten Jahren (Zeitraum von t_0 bis t_m) etwa verlaufen wird, so rücken nebst vielen andern Möglichkeiten sicher die zwei folgenden gegensätzlichen Annahmen in den Vordergrund: Entweder stimmt die langfristige

1 Introduction

Dans le numéro 8/1974 du Bulletin Technique PTT, il avait été démontré dans un exposé [1] que la fonction logistique affectée d'un exposant, une courbe en forme de «S» illustrée par la figure 1, se prêtait bien à l'élaboration de pronostics à long terme (plus de 5 ans).

En revanche, cette courbe est moins favorable pour l'établissement de pronostics à court terme (1 année) et à moyen terme (jusqu'à 5 ans). Vu qu'elle est déterminée, la limite k étant donnée, au moyen du calcul régressif fondé sur des valeurs antérieures, elle diffère considérablement des dernières valeurs observées en cas de grandes irrégularités dans le développement le plus récent, comme le montre l'écart d de la figure 2.

Lorsque nous nous demandons, en regardant la figure 2, comment pourrait évoluer le développement dans les années à venir (intervalle t_0 à t_m), parmi plusieurs autres possibilités les deux hypothèses contradictoires suivantes viennent à

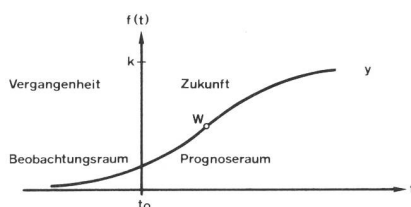


Fig. 1
Logistische Kurve – Courbe logistique

Vergangenheit – Passé

Zukunft – Avenir

Beobachtungsraum – Espace d'observation

Prognoseraum – Espace prévisionnel

t – Zeit – Temps

$f(t)$ – Von t abhängige Variable – Variable dépendant de t

t_0 – Gegenwärtiger Zeitpunkt – Instant actuel

y – Logistische Prognosekurve irgendeiner Entwicklungsgrösse – Courbe prévisionnelle logistique d'une grandeur de développement quelconque

W – Wendepunkt – Point d'inflexion

k – Obere Schranke, Sättigungswert – Limite supérieure, valeur de saturation

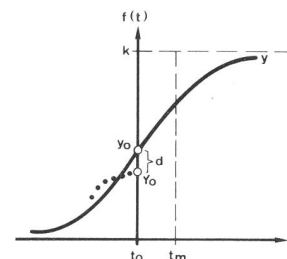


Fig. 2
Logistische Kurve als Regressionskurve an die Beobachtungswerte – Courbe logistique en tant que courbe de régression aux valeurs observées

••••• Beobachtungswerte (Vergangenheitswerte) der Entwicklungsgrösse – Valeurs observées (valeurs antérieures) de la grandeur de développement

y_0 – Gegenwartwert der Entwicklungsgrösse – Valeur actuelle de la grandeur de développement

y_0' – Gegenwartiger Regressionswert – Valeur de régression actuelle

d – Abweichung des Gegenwartwertes vom Regressionswert – Ecart entre la valeur actuelle et la valeur de régression

t_m – Grenze zwischen mittel- und langfristiger Prognose – Limite entre le pronostic à moyen terme et le pronostic à long terme

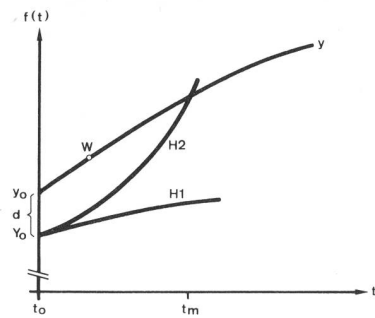


Fig. 3
Zukunftsperspektiven – Perspectives d'avenir

Prognosekurve y nicht mehr, und das Wachstum wird sich, wie in der jüngsten Vergangenheit angedeutet, weiterhin verlangsamten (Hypothese H1), oder die Kurve y stimmt, und somit muss der gegenwärtige Entwicklungsrückstand bald wieder aufgeholt werden (Hypothese H2). Diese beiden Hypothesen sind in *Figur 3* dargestellt.

Bei grossen Abweichungen d sollten sich demnach für die kurz- und mittelfristige Prognose Kurven der Form H1 oder H2 besser eignen als die logistische Kurve y . Die Lage des Wendepunkts spielt somit im Zeitraum t_0 bis t_m nur eine unbedeutende Rolle; die Prognosekurve muss in diesem Abschnitt einzig die Eigenschaft besitzen, entweder nach links oder nach rechts gebogen, das heisst, mathematisch ausgedrückt, konvex oder konkav zu sein; solche Kurven liefert die sogenannte *Potenzfunktion*.

2 Die Potenzfunktion

Die Potenzfunktion lautet:

$$y = ax^b \quad (1)$$

wobei für Kurven der Form H1 oder H2 a und b positiv sein müssen (*Fig. 4*). Eine Veränderung von a bewirkt lediglich eine entsprechende Massstabänderung auf der Ordinate.

Wichtig ist, ob sich die Potenzfunktion gleich wie beispielsweise die logistische Funktion in eine Geradengleichung umformen lässt, damit sie dann nach den üblichen Formeln der linearen Regression als Annäherungskurve an die Beobachtungswerte berechnet werden kann. Dies ist glücklicherweise möglich: Die Funktionsdefinition (1) kann durch die Logarithmierung

$$\ln y = \ln a + b \ln x$$

und die anschliessenden Transformationen

$$\left. \begin{aligned} Y &= \ln y \\ X &= \ln x \\ c &= \ln a \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

in die allgemeine Form der Geradengleichung, $Y = c + bX$, übergeführt werden. Damit können b und c aus den gemäss (2) logarithmierten Beobachtungspaaren nach den bekannten Formeln der einfachen linearen Regression berechnet werden:

$$c = \bar{Y} - b\bar{X}$$

$$b = [\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})] / \sum(X_i - \bar{X})^2$$

wobei $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum X_i$ = Mittelwert der n ($n \geq 2$) logarithmierten Beobachtungswerte x_i ($X_i = \ln x_i$, $i = 1, \dots, n$)

\bar{Y} analog.

l'esprit: Soit la courbe de pronostic à long terme y ne peut plus s'appliquer et, l'accroissement continuant à se ralentir – comme le montre l'évolution antérieure la plus récente (hypothèse H1) –, soit la courbe y peut s'appliquer, le retard actuel de développement devant bientôt être rattrapé (hypothèse H2). La *figure 3* illustre ces deux hypothèses.

Dès lors, il apparaît que, dans le cas de grands écarts d , des courbes de la forme H1 ou H2 conviennent mieux à des pronostics à court et à moyen terme que la courbe logistique y . De ce fait, la position du point d'inflexion ne joue qu'un rôle secondaire dans l'intervalle t_0 à t_m ; la seule propriété que l'on exige de cette courbe dans ce secteur est d'être incurvée soit vers la gauche, soit vers la droite, à savoir d'être convexe ou concave, comme on le dit en mathématiques. La *fonction affectée d'un exposant* fournit de telles courbes.

2 La fonction affectée d'un exposant

La fonction affectée d'un exposant s'exprime par l'équation:

$$y = ax^b \quad (1)$$

étant entendu que pour les courbes de la forme H1 ou H2, a et b doivent être positifs (*fig. 4*). Une modification de a conduit simplement à un changement d'échelle correspondant sur l'axe des ordonnées. Il importe surtout de savoir si la fonction affectée d'un exposant peut être ramenée à l'équation d'une droite, comme c'est le cas pour la fonction logistique par exemple, afin que l'on puisse la calculer au moyen des formules usuelles de la régression linéaire en tant que courbe d'approximation des valeurs observées. Tel est heureusement le cas: La fonction définie sous (1) peut, après qu'elle a été exprimée sous forme logarithmique

$$\ln y = \ln a + b \ln x,$$

puis transformée,

$$\left. \begin{aligned} Y &= \ln y \\ X &= \ln x \\ c &= \ln a \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

être ramenée à l'équation générale d'une droite $Y = c + bX$. Cela étant, b et c peuvent être calculés selon les formules connues de la régression linéaire simple, au vu des couples des valeurs observées mises en logarithmes (2). Il en résulte:

$$c = \bar{Y} - b\bar{X}$$

$$b = [\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})] / \sum(X_i - \bar{X})^2$$

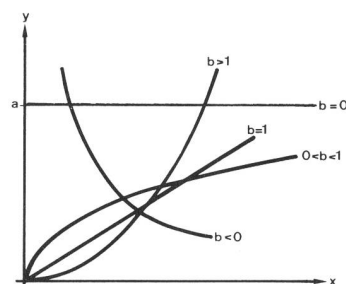


Fig. 4
Potenzfunktion $y = ax^b$ für alle möglichen Werte von b – Fonction affectée d'un exposant $y = ax^b$ pour toutes les valeurs possibles de b

Die Berechnungsvorschrift für den Parameter a erhält man durch Auflösung der dritten Transformationsgleichung nach a :

$$a = e^c$$

Fazit: Die Parameter a und b der Funktionsgleichung (1) sind aus den Vergangenheitswerten eindeutig berechenbar, und zwar so, dass die resultierende Kurve für die n Vergangenheitswerte gerade die *bestapproximierende*, nämlich eben die sogenannte *Regressionskurve* ist. [Im Spezialfalle $n = 2$ ist es die durch die zwei Beobachtungspunkte (x_1, y_1) und (x_2, y_2) führende Kurve.]

3 Prognose für Telefonanschlüsse

31 Zweck

Das häufige Auftreten von Situationen, wie sie in Figur 2 dargestellt sind, hat die für den Bau von *Fernmelde-Ortszentralen* verantwortliche Sektion Ortszentralen und Fernämter (BZ1) der Generaldirektion PTT bewogen, die Dienstgruppe Operations Research (ZB3) zu beauftragen, ein geeignetes Verfahren zur raschen und möglichst zuverlässigen Ermittlung von *Ausbaupunkt und -grösse* zu entwickeln. *Grundlage* für die gewünschten Berechnungen bildet natürlich die künftige Entwicklung der Nachfrage für Hauptanschlüsse in den einzelnen Ortsnetzen, also eine entsprechende *Prognose*. Wir beschränken uns deshalb in dieser Veröffentlichung darauf, das entwickelte Prognoseverfahren zu beschreiben. Wie aus der Prognosekurve schliesslich die Ausbaupunkte und -grössen berechnet werden, ist im Artikel [1] – im Text zu Figur 6 – prinzipiell erklärt. Siehe dazu auch *Figur 5* dieses Beitrages.

32 Überlegungen zur einheitlichen Planung

Bekanntlich lässt die für den Bau von Ortsnetzen zuständige Unterabteilung (BO) für jedes Netz periodisch die in [1] beschriebene potenziert logistische Funktion durch ein Computerprogramm berechnen. Aus den dabei resultierenden Dichtewerten (Hauptanschlüsse je Einwohner) erhält man nach Multiplikation mit den Bevölkerungsprognosen die gewünschte *Entwicklungskurve für Hauptanschlüsse*. Naheliegender und wünschenswert im Blick auf eine einheitliche Planung wäre es sicher, diese Prognosekurve für *alle* Zwecke zu gebrauchen, zum Beispiel auch zur Berechnung von Ausbaupunkten und -grössen von Zentralen. Dies bedingt aber, dass die Kurve kurz-, mittel- und langfristig gleich zuverlässige Werte liefert. Sorgfältige und wiederholte Studien

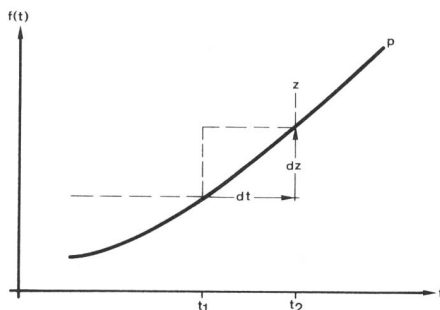


Fig. 5 Ausbaubeschnitte und -grössen – Phasen d'extension et grandeurs d'extension

p	Prognose für Hauptanschlüsse (inkl. Manövrierreserve) – Pronostic pour raccordements principaux (marge de manœuvre comprise)
dt	Gewünschter zeitlicher Ausbaubeschnitt – Période d'extension désirée
dz	Von dt abhängige Grösse des Ausbaus – Ampleur de l'extension dépendant de dt
z	Ausrüstung der Zentrale – Equipement du central
t_1, t_2	Ausbaupunkte – Dates relatives à l'extension

$$\text{où } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum X_i = \text{Valeur moyenne des } n (n \geq 2) \text{ valeurs}$$

observées x_i mises en logarithmes
($X_i = \ln x_i, i = 1, \dots, n$)

Pour \bar{Y} procéder par analogie.

Le mode de calcul pour le paramètre a s'obtient par résolution d'après a de la troisième équation de transformation:

$$a = e^c$$

Bilan: Il est possible de calculer de manière précise les paramètres a et b de la fonction affectée d'un exposant (1) à partir des valeurs antérieures, de façon que la courbe résultante pour les n valeurs antérieures soit justement celle qui donne la *meilleure approximation possible*, soit la *courbe de régression* proprement dite. [Dans le cas particulier de $n = 2$, il s'agit de la courbe passant par les deux points observés (x_1, y_1) et (x_2, y_2) .]

3 Pronostics concernant les raccordements téléphoniques

31 But

Vu que la situation représentée à la figure 2 se produit souvent, la section des centraux locaux et des centres interurbains de la Direction générale des PTT (BZ 1), responsable de la construction des *centres de télécommunications locaux*, a chargé le groupe de la recherche opérationnelle (ZB 3) de développer une méthode propre à déterminer de manière rapide et fiable la *date et l'ampleur optimales des extensions*. La *base* sur laquelle les calculs souhaités se fondent est évidemment l'évolution future de la demande de raccordements principaux dans les divers réseaux locaux, soit sur un *pronostic* correspondant. Cet article se limite donc à décrire la méthode de pronostic développée. L'article cité en bibliographie dans [1], tant dans le texte que sur la figure 6, décrit en principe comment la courbe de pronostic permet finalement de calculer la date et l'ampleur de l'extension. Voir aussi à ce sujet la *figure 5* du présent article.

32 Considérations portant sur une méthode de planification uniforme

Comme on le sait, la subdivision responsable de l'équipement des réseaux locaux (BO) calcule périodiquement pour chaque réseau, à l'aide d'un programme d'ordinateur, la fonction logistique affectée d'un exposant décrite dans [1]. Les valeurs de densité qui en résultent (nombre de raccordements par habitant) permettent d'obtenir, après multiplication avec les valeurs découlant des pronostics démographiques, la *courbe de développement des raccordements principaux* désirée.

On conçoit aisément qu'il est souhaitable, au vu d'une planification uniforme, d'utiliser cette courbe de pronostic pour *tous* les usages, soit également pour le calcul de la date et de l'ampleur de l'extension des centraux. A cet effet, il est nécessaire que la courbe fournisse des valeurs également fiables à court, à moyen et à long terme. A la suite d'études approfondies et répétées des subdivisions BO et BZ, il s'est de ce fait révélé que les *brèves* étapes d'extension étaient, à longue échéance, les moins coûteuses dans l'agrandissement des centraux, tandis que les *longues* étapes d'extension étaient considérées comme optimales dans le domaine de la pose des câbles. Les faits et les considérations sur lesquels se fondent les figures 2 et 3 ont démontré que la fonction affectée

der Unterabteilungen BO und BZ haben nämlich ergeben, dass bei Zentralenausbauten *kurze*, im Kabelbau jedoch *lange Ausbaubabschnitte* optimal, das heisst auf lange Sicht am kostengünstigsten sind. Die den Figuren 2 und 3 zugrundeliegenden Tatbestände und Überlegungen haben indes gezeigt, dass sich die Potenzfunktion für die kurz- bis mittelfristige Prognose wesentlich besser eignet als die logistische Funktion, die wegen Berücksichtigung des Sättigungswertes k besonders langfristig gute Prognosewerte liefert. Um trotzdem eine *möglichst weitgehende Übereinstimmung* zwischen den beiden Planungskurven zu erreichen, wurde das im folgenden beschriebene Verfahren entwickelt.

33 Angewendetes Verfahren

331 Die 3-Punkte-Methode

Für die kurz- und mittelfristige Prognose werden je Zentrale folgende Daten benötigt:

- Die Vergangenheitswerte etwa der letzten sechs Jahre
- Ein Zukunftswert, etwa die in rund 25 Jahren vermutete Anzahl Hauptanschlüsse. *Dieser Wert wird der langfristigen Entwicklungskurve der Fachabteilung (BO) entnommen.*

Da die Potenzfunktion zwei Parameter (a, b) besitzt, ist die Kurve durch die Angabe von zwei Punkten, die sie durchlaufen muss, bereits vollständig bestimmt. Verschiebt man jedoch das Koordinatensystem so, dass sein Ursprung mit dem niedrigsten Vergangenheitswert (der normalerweise zugleich der älteste ist) übereinstimmt, so können wir durch diesen Kunstgriff die Kurve durch drei vorgegebene Punkte laufen lassen, nämlich durch

- den niedrigsten Vergangenheitswert N ,
- den jüngsten Vergangenheitswert J und
- den Zukunftswert Z .

Siehe dazu das Beispiel in *Figur 6*.

332 Der Vorzeichentest

Bevor endgültig entschieden wird, wie die Prognosekurve berechnet werden soll, kann ein Vorzeichentest folgender Art wichtige Hinweise geben: Sind die Differenzen von allen zwischen N und J liegenden Beobachtungswerten einerseits und den entsprechenden Punkten auf der 3-Punkte-Kurve andererseits *immer* positiv, liegen also diese Beobachtungswerte durchwegs *oberhalb* der Kurve, so wird dieses Testresultat als $T1$ bezeichnet. Sind jedoch diese Differenzen alle ne-

tée d'un exposant se prêtait nettement mieux aux pronostics à court et à moyen terme que la fonction logistique, qui fournit cependant des pronostics à long terme particulièrement bons, vu qu'elle tient compte de la valeur de saturation k . Dans le dessein de faire *coïncider aussi bien que possible* les deux courbes de planification, on a développé la méthode décrite ci-après.

33 Méthode utilisée

331 Méthode des trois points

En vue d'élaborer des pronostics à court et à moyen terme, il faut connaître les données suivantes pour chaque central:

- Les valeurs antérieures des quelque six dernières années
- Une valeur future représentant le nombre de raccordements principaux escomptés dans quelque 25 ans. *Cette valeur est reprise de la courbe de développement à long terme qu'élabore la division spécialisée (BO).*

Vu que la fonction affectée d'un exposant possède deux paramètres (a, b) , la courbe est entièrement définie par l'indication de deux points par lesquels elle doit passer. Si l'on décale toutefois le système de coordonnées de manière à faire coïncider son origine avec la valeur antérieure la plus basse (qui est normalement en même temps la plus ancienne), on peut, grâce à cet artifice, faire passer la courbe par trois points donnés, à savoir

- par la valeur antérieure la plus basse N ,
- par la valeur antérieure la plus récente J et
- par la valeur future Z .

Voir à ce sujet l'exemple de la *figure 6*.

332 Le test du signe

Avant qu'on ne décide de manière définitive comment calculer la courbe de pronostic, il est possible d'obtenir des renseignements précieux par un test du signe décrit ci-après: Si les différences entre toutes les valeurs observées situées entre N et J , d'une part, et les points correspondants de la courbe à trois points, d'autre part, sont *toujours* positives, à savoir si ces valeurs observées sont toutes *au-dessus* de la courbe, on appellera $T1$ le résultat du test. En revanche, si les différences sont toutes négatives, le résultat du test sera désigné par $T2$. Ces deux cas extrêmes sont illustrés sur la *figure 7*, tandis que la *figure 6* représente un exemple pour tous les autres cas: Résultat de test T .

333 Analyse du test

Le test du signe fournit des renseignements importants sur la probabilité d'exactitude de la valeur future Z . En effet, plus le point Z de la *figure 6* sera situé au-dessus (ou au-dessous) de la droite NJ passant par N et J , plus il est probable que le résultat du test soit $T1$ (ou $T2$).

Dans le cas $T1$, Z est probablement situé trop haut, et une courbe de la forme $H1$ fournira vraisemblablement un meilleur pronostic. Nous obtenons une telle courbe en faisant débiter une courbe affectée d'un exposant au point N et en calculant ses paramètres par calcul régressif à partir des valeurs antérieures de N à J . Si, d'autre part, on désire tenir compte de la tendance la plus récente, on peut pondérer plusieurs fois les deux dernières valeurs observées I et J . De nombreux essais ont montré qu'il était indiqué en pratique de décupler la pondération de ces points. Cela signifie que, pour déterminer la courbe de régression, on introduit dans le calcul une fois chaque point situé à gauche de I et dix fois les points I et J . Ce faisant, on ne prend pas en considération le

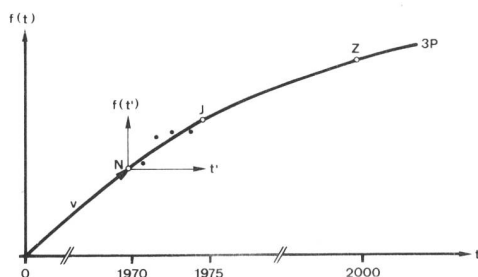


Fig. 6
Potenzfunktion mit Ursprung im niedrigsten Beobachtungspunkt – Fonction affectée d'un exposant ayant pour origine le point d'observation le plus bas

$$t' = t - 1970$$

$$f(t') = f(t) - (\text{Ordonnée de } N: \text{ niedrigster Vergangenheitswert})$$

$$= f(t) - (\text{Ordonnée de } N: \text{ Valeur antérieure la plus basse})$$

v Verschiebungsvektor – Vecteur de décalage

$3P$ Potenzfunktion durch die 3 Punkte N, J, Z (3-Punkte-Kurve) – Fonction affectée d'un exposant passant par les trois points N, J, Z (courbe à trois points)

1975 = Gegenwärtiger Zeitpunkt – Instant actuel

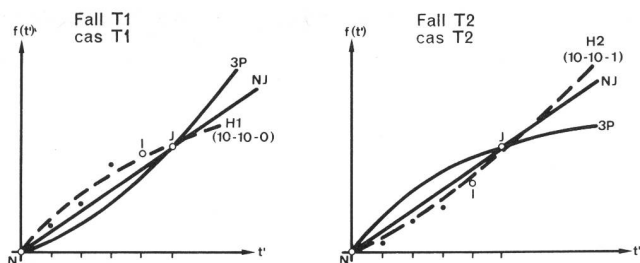


Fig. 7
Vorzeichentest – Test du signe

$t' = t - 1970$

$f(t') = f(t)$ – (Ordonnée von N: niedrigster Vergangenheitswert)
= $f(t)$ – (Ordonnée de N: Valeur antérieure la plus basse)

N Niedrigster Vergangenheitswert – Valeur antérieure la plus basse
I Vorletzter Vergangenheitswert – Valeur antérieure pénultième
J Jüngster Vergangenheitswert – Valeur antérieure la plus récente
3P Potenzfunktion durch die 3 Punkte N, J, Z – Fonction affectée d'un exposant passant par les trois points N, J, Z

NJ Bezugsgerade – Droite de référence

H1, H2 } Prognosekurven – Courbes de pronostic
(10-10-0)
(10-10-1)

gativ, soll das Testresultat T2 heissen. Diese beiden Extremfälle sind in Figur 7 dargestellt, während Figur 6 ein Beispiel für alle übrigen Fälle darstellt (Testresultat T).

333 Auswertung des Testes

Der Vorzeichentest gibt wichtige Hinweise über die mögliche Richtigkeit des Zukunftswertes Z. Je weiter nämlich in den Figuren 6 und 7 Z oberhalb (beziehungsweise unterhalb) der durch N und J führenden Gerade NJ liegt, desto eher wird das Testresultat T1 (beziehungsweise T2) lauten.

Im Falle T1 liegt Z vermutlich zu hoch, und eine Kurve der Form H1 wird voraussichtlich eine bessere Prognose liefern. Ein solches Kurvenbild erhalten wir, wenn wir eine Potenzkurve in N beginnen lassen und ihre Parameter durch die Regressionsrechnung aus den Vergangenheitswerten von N bis J berechnen. Dabei können zur Berücksichtigung des Trends die beiden letzten Beobachtungswerte I und J mehrfach gewichtet werden. Zahlreiche Versuche haben ergeben, dass sich für die Praxis eine zehnfache Gewichtung dieser Punkte gut eignet. Dies bedeutet, dass zur Bestimmung der Regressionskurve die Punkte links von I je einmal, die Punkte I und J dagegen je zehnmal in die Rechnung eingehen. Da bei dieser Variante der Punkt Z unbeachtet bleibt (und somit «null» Mal in die Rechnung eingeht), kann die so berechnete Kurve als (10-10-0)-Kurve bezeichnet werden. Sie entspricht einigermaßen der Kurve H1 von Figur 7.

Im Falle T2 gilt das Gegenteil: Z liegt offensichtlich zu tief, und eine Kurve der Form H2 (Fig. 7) scheint die realistischere Fortsetzung der bisherigen Entwicklung in die Zukunft zu sein als die 3-Punkte-Kurve. Künstlich in die Vergangenheit zurückversetzte Versuche haben ergeben, dass hier die sogenannte (10-10-1)-Kurve gute Werte liefert. Diese wird gleich wie die (10-10-0)-Kurve berechnet, mit dem einzigen Unterschied, dass auch der Punkt Z ("1"-mal) berücksichtigt wird.

In beiden Fällen (T1, T2) muss zusammen mit der für die Festsetzung von Zuständigen Stelle (BO) geprüft werden, ob dieser Punkt noch wirklichkeitsnah ist. Wenn nötig und möglich sollte bei dieser Gelegenheit die langfristige Prognosekurve den neuen Verhältnissen angepasst werden: entweder durch Festsetzung eines neuen Sättigungswertes für die logistische Dichtekurve oder durch Korrektur der Bevölkerungsprognose, allfällig durch beides.

point Z (on lui affecte la pondération «zéro») et la courbe ainsi calculée est appelée en conséquence *courbe (10-10-0)*. Elle correspond à peu près à la courbe H1 de la figure 7.

Dans le cas T2, on observe le contraire: Z est situé manifestement trop bas et une courbe de la forme H2 (fig. 7) semble représenter de manière plus réaliste que la courbe à trois points la continuation de l'évolution observée jusqu'ici. En reportant artificiellement dans le passé la période de certains essais, il est apparu que la *courbe (10-10-1)* donnait de bons résultats. Elle se calcule de la même manière que la courbe (10-10-0), à la différence près que le point Z est également pris en considération, à savoir "1" fois.

Dans les deux cas (T1, T2), il est nécessaire d'examiner avec le concours de l'organe responsable de la détermination de Z (BO) si ce point répond encore aux exigences réelles. Au besoin, et si possible, il faudrait saisir cette occasion pour adapter la courbe de pronostic à longue échéance aux nouvelles conditions, soit en fixant une nouvelle valeur de saturation de la courbe logistique de densité, soit en corrigeant le pronostic démographique ou, le cas échéant, les deux.

Le résultat de test T, qui constitue le cas normal, ne présente pas de problèmes, comme on le voit en consultant la figure 6: La courbe de développement des raccordements principaux calculée par la subdivision des réseaux locaux en fonction de la courbe logistique de densité et du pronostic démographique coïncide presque en l'occurrence avec la courbe affectée d'un exposant obtenue selon la méthode des trois points: Par définition, elle correspond de toute façon parfaitement au point Z et, de 1970...1975, la différence ne peut être que minime en pratique, puisque la courbe de densité est précisément la courbe de régression de la fonction logistique pour les valeurs antérieures. Ainsi, les deux courbes diffèrent aussi à peine dans l'espace prévisionnel. De très nombreux calculs pratiques ont déjà confirmé ces considérations. A brève échéance, la courbe à trois points risque bien d'être la meilleure, puisqu'elle passe précisément par la valeur observée J la plus récente.

Dans tous les cas, le calcul du paramètre b de la fonction affectée d'un exposant (1) détermine à lui seul si la courbe de pronostic s'infléchit vers la droite ou vers la gauche. Il n'est donc pas nécessaire de prendre une décision arbitraire.

4 Programme d'ordinateur servant à déterminer la date et l'ampleur des extensions de centraux

41 Description du programme

Sur ordre de la section de la construction des centraux (BZ 1), le groupe de service de la recherche opérationnelle (ZB 3) a élaboré un programme conversationnel en langage APL (A Programming Language), qui a déjà été utilisé plus de mille fois. En vue des calculs des dates et des ampleurs d'extensions qui se répètent chaque année, ce programme est actuellement traduit en langage FORTRAN au Centre de calcul électronique de la Direction générale de PTT.

Le programme exige l'introduction des données suivantes:

- Nom du central
- Equipement actuel du central
- Capacité du bâtiment
- Marge de manœuvre
- Phase d'extension désirée
- Données observées concernant les abonnés: Un nombre pratiquement illimité de couples de valeurs composés de l'année et du nombre des raccordements principaux

Das Testresultat T , das den Normalfall darstellt, ist problemlos, wie aus Figur 6 gefolgert werden kann: Die von der Unterabteilung Ortsnetze aufgrund der logistischen Dichtekurve und der Bevölkerungsprognosen berechnete Entwicklungskurve der Hauptanschlüsse fällt nämlich hier mit der nach der beschriebenen 3-Punkte-Methode bestimmten Potenzkurve fast zusammen: Im Punkt Z definitionsgemäss ohnehin vollständig, und von 1970...1975 kann der Unterschied für die Praxis nur unerheblich sein, weil die Dichtekurve ja die Regressionskurve der logistischen Funktion für Vergangenheitswerte ist. Damit weichen die beiden Kurven auch im Prognoseaum kaum voneinander ab. Diese Überlegungen wurden bereits durch sehr viele praktische Berechnungen bestätigt. Immerhin hat im kurzfristigen Zukunftsbebereich die 3-Punkte-Kurve eine etwas grössere Aussicht, die bessere zu sein, weil sie gerade durch den neusten Beobachtungswert J läuft.

In allen Fällen hängt es allein von der Berechnung des Parameters b der Potenzfunktion (1) ab, ob die Prognosekurve nach rechts oder nach links gebogen ist. Es muss also kein willkürlicher Entscheid gefällt werden.

4 Computerprogramm für Zeitpunkt und Umfang von Zentralenausbauten

41 Programmbeschreibung

In Ausführung des Auftrags der Sektion BZ1 erstellte die Dienstgruppe Operation Research ein Dialogprogramm in APL-Sprache (A Programming Language), das bereits über tausendmal gebraucht wurde. Für die jährlich wiederkehrenden Berechnungen von Ausbaupunktszeiten und -größen wird es gegenwärtig im Elektronischen Rechenzentrum der Generaldirektion PTT in die FORTRAN-Sprache übertragen.

Das Programm verlangt folgende Eingabedaten:

- Zentralenname
- Gegenwärtige Ausrüstung der Zentrale
- Fassungsvermögen des Gebäudes
- Manövrierrreserve
- Gewünschter Ausbauabschnitt
- Beobachtete Teilnehmerzahlen: praktisch unbeschränkt viele Zahlenpaare, bestehend aus Jahr und Zahl der Hauptanschlüsse
- Zukunftswert Z (siehe 331)
- Allfällige Umschaltungen: in der Vergangenheit praktisch unbeschränkt viele, in der Zukunft nur eine.

Je nach Ergebnis des Vorzeichentests (siehe 332 und 333) werden folgende Ausgabedaten geliefert:

Testresultat T

- Prognosewerte der 3-Punkte-Kurve, auf der die Berechnung für die folgenden Ausgabedaten basieren
- Zeitpunkt, in dem der Ausbau fällig ist, das heisst in dem die Zentrale nur noch über die Manövrierrreserve verfügt
- Die dem gewünschten Ausbauabschnitt entsprechende Ausbaugrösse (Anzahl Hauptanschlüsse)
- Zeitpunkt, in dem die vollständig ausgebaute Zentrale nur noch über die Manövrierrreserve verfügen wird.

Testresultat $T1$ beziehungsweise $T2$

Gleiche Ausgabe wie bei Testresultat T ; dazu nochmals dieselben Ausgaben für die (10-10-0)- beziehungsweise (10-10-1)-Kurve. Es werden also zwei Varianten berechnet.

- Valeur future Z (voir 331)
- Commutations éventuelles: Un nombre pratiquement illimité dans le passé, mais un seul pour l'avenir.

Suivant le résultat du test du signe (voir 332 et 333) on obtient les données sorties d'ordinateur suivantes:

Résultat de test T

- Valeurs prévisionnelles (pronostic) de la courbe à 3 points sur laquelle se fonde le calcul des données sorties d'ordinateur suivantes
- Date à laquelle l'extension devrait être réalisée, c'est-à-dire date à laquelle le central ne dispose plus que de la marge de manœuvre
- Ampleur d'extension correspondant à la phase d'extension désirée (nombre de raccordements principaux)
- Date à laquelle le central entièrement agrandi ne disposera plus que de la marge de manœuvre.

Résultat de test $T1$ ou $T2$

Mêmes indications en sortie que pour le résultat de test T ; en plus de cela impression de toutes les données précitées concernant cette fois-ci les courbes (10-10-0) ou (10-10-1). On calcule donc deux variantes.

42 Analyse des résultats

Le cas T ne présente à nouveau aucun problème, vu qu'une seule variante est calculée et que la courbe à 3 points coïncide pratiquement avec la courbe prévisionnelle à long terme calculée par la subdivision spécialisée (BO).

Dans les cas $T1$ ou $T2$, le planificateur doit choisir l'une des deux variantes ou une autre possibilité située entre ces deux limites. On peut aussi concevoir que la valeur future Z soit modifiée par BO, au vu du résultat des tests, si bien que le cas favorable T s'établira lors d'une nouvelle exécution du programme.

43 Cas particuliers

Cela conduirait trop loin, tout en risquant d'ennuyer le lecteur, d'expliquer encore ici comment on tient compte d'éventuelles commutations de centraux.

En revanche, le cas particulier suivant mérite d'être évoqué: Si, compte non tenu de commutations de centraux, où le cas décrit est fréquent, le dernier nombre des abonnés J est sensiblement plus faible que l'avant-dernier I (I et J selon la figure 7), il peut arriver lors du calcul de la courbe de régression (10-10-0) que le paramètre b de la formule (1) devienne négatif. Cela signifie qu'une courbe descendante est celle qui fournit la meilleure approximation possible (fig. 4, cas $b < 0$). En pareil cas, il vaudrait mieux prévoir une diminution de l'équipement du central qu'une extension.

44 Exemple

L'exemple du tableau 1 et de la figure 8 illustre toute une série de calculs partant d'une situation initiale semblable et conduisant à des résultats analogues. Dans le cas concret présent, il se révèle que l'extension prévue pour le début de 1980, au vu de la courbe de développement à long terme, peut être renvoyée de plusieurs années, voire même considérablement réduite (700 raccordements seulement au lieu de 2900).

Les paramètres a et b de la formule (1) ont été calculés selon le paragraphe 2 après avoir déplacé les coordonnées

42 Auswertung der Resultate

Der Fall T ist wiederum problemlos, weil nur *eine* Variante berechnet wird und die 3-Punkte-Kurve mit der von der Fachabteilung (BO) errechneten langfristigen Prognosekurve praktisch zusammenfällt.

In den Fällen T1 und T2 hat sich der Planer für eine der beiden Varianten oder eine dazwischenliegende Möglichkeit zu entscheiden. Es ist auch denkbar, dass als Folge des Testresultats der Zukunftswert Z von BO geändert wird, so dass bei einem neuerlichen Programmlauf der günstige Fall T eintreten wird.

43 Spezialfälle

Es würde zu weit führen und wäre für den Leser nicht besonders interessant, wenn hier auch noch erklärt würde, wie allfällige *Zentralenumschaltungen* berücksichtigt werden.

Dagegen ist der folgende Sonderfall erwähnenswert: Ist abgesehen von Zentralenumschaltungen, wo dies ohne weiteres vorkommen kann, die letzte Teilnehmerzahl J wesentlich niedriger als die vorletzte I (I und J gemäss Fig. 7), so kann es bei der Berechnung der Regressionskurve (10-10-0) vorkommen, dass der Parameter b von Formel (1) *negativ* wird. Dies bedeutet, dass eine *sinkende* Kurve die bestapproximierende ist (Fig. 4, Fall b < 0). Anstelle eines Ausbaus müsste dann eher eine Verminderung der Zentralenausrüstungen ins Auge gefasst werden.

44 Beispiel

Das Beispiel von *Figur 8* und *Tabelle I* vertritt eine ganze Reihe von Berechnungen mit ähnlicher Ausgangslage und analogen Ergebnissen. Im vorliegenden konkreten Fall zeigt es sich, dass der gemäss der langfristigen Entwicklungskurve ursprünglich für Anfang 1980 vorgesehene Ausbau um meh-

conformément à 331. Pour la courbe à 3 points, ces paramètres sont:

$$a = 121,445$$

$$b = 1,447108$$

pour la courbe (10-10-0):

$$a = 424,525$$

$$b = 0,702082$$

Après décalage de l'origine du système de coordonnées au point N = (1970; 6080) – voir paragraphe 331 – la valeur f(t) de la courbe prévisionnelle à l'année t se calcule comme il suit:

$$f(t) = 6080 + a(t-1970)^b$$

Tabelle I. Computerberechnung
Tableau I. Calcul de l'ordinateur

```

INPUT (Dialog)
ZENTRALE:
BERN-OSTERMUNDIGEN A52/1965
AUSGERUESTET (TA):
[]:
10000
FASSUNGSVERMOEGEN DES GEBRAUCHES (TA):
[]:
20000
MANOEVRIRRESERVE IN O/O:
[]:
10
AUSBAUABSCHNITT (JAHR):
[]:
5
BEOBACHTETE TN-ZAHLEN (JAHR, TN): (TN = Teilnehmer)
[]:
1970 6080 1971 6443 1972 6852 1973 7074 1974 7260 1975 7327
ZUKUNFTSWERT (JAHR, TN):
[]:
2000 22750
UMSCHALTUNGEN (JAHR, +-TN):
[]:
0
    
```

OUTPUT

BERN-OSTERMUNDIGEN A52/1965

RESERVE: 27 0/0

DREIPUNKTE-METHODE

AUSBAU FAELLIG: 1/1980 UM 2904 TA
VOLLBESETZT: 10/1994

PROGNOSEKURVE:

JAHR	TN	JAEHRLICHER ZUWACHS EFF. IN O/O	
1970	6080		
1975	7327	249	3,8
1976	7703	376	5,1
1977	8109	406	5,3
1978	8542	433	5,3
1979	8999	457	5,4
1980	9480	481	5,3
1981	9983	503	5,3
1982	10507	524	5,2
1983	11050	543	5,2
1984	11613	563	5,1
1985	12194	581	5,0
1990	15351	631	4,7
1995	18884	707	4,2
2000	22750	773	3,8

BEOBACHTUNGSWERTE

JAHR	TN	JAEHRLICHER ZUWACHS EFF. IN O/O	
1970	6080		
1971	6443	363	6,0
1972	6852	409	6,3
1973	7074	222	3,2
1974	7260	186	2,6
1975	7327	67	0,9

REGRESSION (GEWICHTUNG 10-10-0)
AUSBAU FAELLIG: 8/1986 UM 700 TA
VOLLBESETZT: 8/2086

PROGNOSEKURVE:

JAHR	TN	JAEHRLICHER ZUWACHS EFF. IN O/O	
1970	6080		
1975	7394	263	4,0
1976	7574	180	2,4
1977	7744	170	2,2
1978	7908	164	2,1
1979	8065	157	2,0
1980	8218	153	1,9
1981	8366	148	1,8
1982	8510	144	1,7
1983	8650	140	1,6
1984	8788	138	1,6
1985	8922	134	1,5
1990	9558	127	1,4
1995	10148	118	1,2
2000	10703	111	1,1

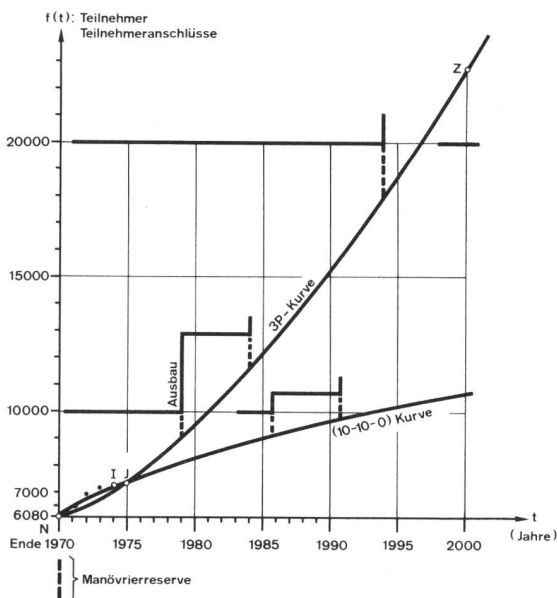


Fig. 8
Illustration des Computerbeispiels – Illustration de l'exemple d'un calcul fait par ordinateur

- Teilnehmer – Abonnés
- Teilnehmeranschlüsse – Raccordements d'abonnés
- Ausbau – Extension
- Ende – Fin
- Manövrierreserve – Marge de manœuvre
- Jahre – Années
- 3P-Kurve – Courbe à 3 points
- (10-10-0)-Kurve – Courbe (10-10-0)

rere Jahre verschoben werden kann und vermutlich erst noch viel kleiner ausfallen wird (nur 700 statt 2900 Anschlüsse).

Die Parameter a und b von Formel (1) wurden nach der in 331 beschriebenen Verschiebung des Koordinatensystems gemäss Abschnitt 2 berechnet. Sie lauten für die 3-Punkte-Kurve:

$$\begin{aligned} a &= 121,445 \\ b &= 1,447108 \end{aligned}$$

für die (10-10-0)-Kurve:

$$\begin{aligned} a &= 424,525 \\ b &= 0,702082 \end{aligned}$$

Nach der in Abschnitt 331 beschriebenen Verschiebung des Ursprungs des Koordinatensystems in den Punkt $N = (1970; 6080)$ wird der Wert $f(t)$ der Prognosekurve im Jahr t wie folgt ermittelt:

$$f(t) = 6080 + a(t-1970)^b$$

Übereinstimmend mit Figur 4 zeigt es sich, dass für die linksgebogene Kurve b grösser als 1 ist, für die rechtsgebogene dagegen kleiner.

5 Schlussfolgerung

Die vielen bisher durchgeführten Berechnungen belegen, dass es bei der Prognose der Telefonanschlüsse sinnvoll ist, mit *zwei* Prognosekurven zu arbeiten: mit der logistischen im langfristigen und mit der Potenzkurve im kurz- bis mittelfristigen Prognosebereich. Wichtig ist, dass beide Kurven aufeinander abgestimmt und im Sinne einer rollenden Prognose ständig neuen Verhältnissen und Erkenntnissen angepasst werden. Der die beiden Kurven vergleichende Vorzeichentest ermöglicht es, signifikante Trendänderungen rasch zu erkennen, damit sie für die im kurz- und mittelfristigen Prognosebereich fälligen Zentralenausbauten sofort berücksichtigt werden können.

Conformément à ce que l'on voit à la figure 4, il appert que b est plus grand que 1 pour la courbe s'infléchissant vers la gauche et plus petit que 1 pour celle qui s'oriente vers la droite.

5 Conclusion

Les nombreux calculs effectués jusqu'ici prouvent qu'il est opportun d'opérer avec *deux* courbes prévisionnelles pour les pronostics se rapportant aux raccordements téléphoniques: La courbe logistique pour pronostics à longue échéance et la courbe affectée d'un exposant pour pronostics à courte et moyenne échéance.

Il importe surtout que les deux courbes soient bien adaptées l'une à l'autre et qu'elles soient continuellement ajustées aux nouvelles conditions et connaissances, à l'effet d'obtenir un pronostic à la fois continu et souple.

Le test du signe comparant les deux courbes permet de reconnaître rapidement les modifications significatives de tendances, si bien qu'il est possible d'en tenir compte sans délai lors de l'extension nécessaire de centraux du domaine des pronostics à court et à moyen terme.

Bibliographie

- [1] *Zobrist H.R.* Die Bedeutung der potenzierten logistischen Funktion für Prognosen — Signification de la fonction logistique affectée d'un exposant dans l'élaboration de pronostics. Bern, Techn. Mitt. PTT 52 (1974) Nr. 8, S. 290...298.