

25 ans d'études sur le développement du téléphone en Suisse = 25 Jahre Studien über die Entwicklung des Telefons in der Schweiz

Autor(en): **Lancoud, Charles / Ducommun, Maurice / Gross, Jean-François**

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): **60 (1982)**

Heft 11

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-876180>

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.

Zusammenfassung. 1956 hat ein erster Beitrag zum Studium der wahrscheinlichen Entwicklung des Telefons in der Schweiz die theoretischen Grundlagen geliefert, die für die Planung der Ausrüstungen nötig waren. Die Vervollkommnung des mathematischen Modells im Laufe eines Vierteljahrhunderts wird beschrieben. Die ausgezeichnete Übereinstimmung der theoretischen Entwicklungskurven mit jenen der wirklichen Evolution wird hervorgehoben.

Résumé. En 1956, une première contribution à l'étude du développement probable du téléphone en Suisse a fourni la base théorique nécessaire à la planification des équipements. Le perfectionnement du modèle mathématique au cours d'un quart de siècle est décrit. L'excellente concordance des courbes de développement théoriques avec celles de l'évolution réelle est mise en évidence.

25 anni di studio sullo sviluppo del telefono in Svizzera

Riassunto. Nel 1956, un primo contributo allo studio del probabile sviluppo del telefono in Svizzera dette la base teorica, necessaria alla pianificazione degli equipaggiamenti. Nell'articolo vien descritto il perfezionamento del modello matematico nel corso d'un quarto di secolo. È resa evidente l'eccellente concordanza esistente tra le curve teoriche di sviluppo e quelle che rappresentano l'evoluzione reale.

1 Historique

Prédire l'avenir, savoir ce qui va arriver, essayer de pénétrer cet impénétrable qu'est le futur a préoccupé, préoccupe encore et préoccupera toujours l'homme. L'avenir dans la «boule de cristal»? C'est bien aléatoire pour l'homme de science. En revanche, certains développements semblent effectivement suivre une loi déterminée. Le téléphone évolue-t-il selon une de ces lois?

C'est la question que se posaient certaines personnes soucieuses de l'avenir des télécommunications, il y a environ un quart de siècle. Si oui alors, selon quelle loi? Les modèles mathématiques qui avaient été proposés n'étaient pas convaincants. Il faut ajouter que la planification n'était pas encore entrée dans les mœurs comme elle l'est aujourd'hui. Nombreux étaient ceux qui se contentaient de vivre au jour le jour, le développement étant alors beaucoup moins rapide qu'aujourd'hui et la situation générale, et économique en particulier, étant notablement plus stable. Ce fut pourtant le mérite de la première contribution sur le développement probable du téléphone en Suisse publiée en 1956 [1] d'avoir attiré l'attention sur la nécessité de voir loin pour être en mesure de réaliser aussi bien que possible à court terme.

Cette première étude était avant toute chose consacrée à l'exposé d'une méthode de prévision de développement du téléphone à long terme. Alors que certains pensaient que le nombre de raccordements téléphoniques croîtrait selon une loi exponentielle, les auteurs de cette étude étaient conscients que si tel semblait bien être le cas pour le passé et le futur immédiat, cela ne pouvait convenir pour une prévision à long terme. Le nombre de raccordements téléphoniques ne saurait évidemment croître indéfiniment. La méthode exposée alors avait pour originalité d'être fondée sur ce que le téléphone lui-même permet d'établir: les contacts humains. Un téléphone demande un autre téléphone et ainsi de suite. Une *loi naturelle* du développement était ainsi définie. Le résultat était une fonction de la forme d'une tangente hyperbolique, fonction que les mathématiciens connaissent aujourd'hui sous le nom de fonction logistique. La loi naturelle introduisait la notion de *saturation*, ce qui démontrait bien le développement for-

1 Geschichtliches

Die Zukunft voraussagen, wissen, was geschehen wird, hat den Menschen schon immer beschäftigt und beschäftigt ihn immer noch. Liegt die Zukunft in einer «Kristallkugel»? Für den Wissenschaftler ist das wirklich allzu ungewiss. Dabei scheinen gewisse Entwicklungen tatsächlich einem bestimmten Gesetz zu folgen. Entwickelt sich das Telefon nach einem dieser Gesetze? Dies ist die Frage, die sich Leute vor etwa einem Vierteljahrhundert gestellt haben, Leute, die sich um die Zukunft der Fernmeldedienste Gedanken gemacht hatten. Wenn ja, nach welchem Gesetz? Die damals vorgeschlagenen mathematischen Modelle waren nicht überzeugend. Zudem muss man hinzufügen, dass die Planung noch nicht überall so Eingang gefunden hatte, wie dies heute der Fall ist. Es gab viele Leute, die sich damit begnügten, von einem Tag zum anderen zu leben. Die Entwicklung war langsamer als heute und die allgemeine Lage, vor allem die wirtschaftliche, bedeutend stabiler. Es war das Verdienst des ersten Beitrags zur Entwicklung des Telefons in der Schweiz, 1956 herausgegeben [1], die Aufmerksamkeit auf die Notwendigkeit gelenkt zu haben, in die Zukunft zu blicken, um das Nötige so gut als möglich kurzfristig zu verwirklichen.

Diese erste Studie war vor allem der Darstellung einer Voraussagemethode der langfristigen Entwicklung des Telefons gewidmet. Als einige dachten, die Zahl der Telefonanschlüsse wachse nach einem exponentiellen Gesetz, waren sich die Autoren dieser Studie bewusst, dass dies für die Vergangenheit und die unmittelbare Zukunft wohl der Fall zu sein schien, jedoch nicht für eine langfristige Prognose gelten könne. Die Zahl der Telefonanschlüsse kann nicht unendlich zunehmen. Die damals dargestellte Methode wies die Originalität auf, dass sie auf dem basierte, was das Telefon selbst herzustellen vermag, nämlich menschliche Kontakte. Ein Telefonapparat erfordert einen anderen Telefonapparat und so weiter. Somit war ein *natürliches Gesetz* der Entwicklung definiert. Das Ergebnis war eine Funktion der Form einer Hyperbeltangens, die heute als logistische Funktion unter den Mathematikern bekannt ist. Das natürliche Gesetz leitete den Begriff der Sättigung ein, was die

cément limité du téléphone. En outre, cette loi s'appliquait à l'évolution probable de la *densité téléphonique*, notion valable aussi bien pour un petit pays comme la Suisse que pour les Etats-Unis d'Amérique, par exemple. Il était ainsi possible, dans le modèle mathématique, de s'affranchir des incertitudes du développement démographique. Le calcul de la population future basé sur des méthodes statistiques, entre autres l'excédent des naissances, l'espérance de vie, etc., avait toutefois déjà été l'objet de travaux approfondis.

Une deuxième étude entreprise en 1963 [2], soit sept ans après, avait pour but de vérifier les résultats de la première. Elle conclut que la méthode développée était parfaitement applicable. En outre, elle montrait comment, en se basant sur trois points connus de la courbe de développement, il était possible de calculer la courbe théorique du développement probable. Un pas en avant important était ainsi fait, mais surtout on savait être sur la bonne voie.

Depuis, l'outil mathématique s'est développé et les méthodes de régression ont permis d'affiner l'ajustement de la courbe de développement. Parallèlement, le modèle initial, défini par une fonction de la forme d'une tangente hyperbolique d'allure symétrique, va faire place à une «fonction logistique affectée d'un exposant», telle qu'elle a été décrite en 1974 dans [3].

Les auteurs de 1956, auxquels s'est joint le chef du service de planification du Département des télécommunications, ont jugé intéressant de faire le point, après un quart de siècle d'établissement de prévisions sur le développement du téléphone en Suisse, et de montrer le chemin parcouru par leur modèle initial.

2 Description des modèles de développement

21 Modèle initial

L'intérêt de la méthode introduite en 1956 était de traduire par une expression mathématique rigoureuse l'idée intuitive que l'on pouvait se faire d'une loi naturelle de développement.

Par *loi naturelle de développement* on entend l'évolution théorique du nombre de raccordements téléphoniques dans un réseau qui serait soustrait à toute influence extérieure et connaîtrait une situation économique et démographique stable. Le téléphone se développant librement, son taux de pénétration dans la population suit trois phases d'évolution: une phase de démarrage, une phase de croissance maximale et une phase de ralentissement, s'achevant par un palier de saturation. Cette forme de développement en «S» s'interprète en terme de comportement: l'intérêt manifesté par l'acquisition d'un raccordement téléphonique au début de l'ère du téléphone est faible, car les abonnés d'alors ne peuvent atteindre qu'un nombre restreint d'autres abonnés; dans la phase suivante, l'intérêt pour de nouveaux raccordements est d'autant plus grand que les raccordements sont nombreux. Si l'on en restait là, on obtiendrait un développement de forme exponentielle. Or l'intérêt pour de nouveaux raccordements concerne la partie de la population non abonnée au téléphone qui va en s'amenuisant: d'où la phase finale de saturation qui s'achève lorsque tous les besoins sont satisfaits.

gezwungenermassen begrenzte Entwicklung des Telefons bewies. Zudem konnte dieses Gesetz ebenfalls angewendet werden, um die Entwicklung der *Telefondichte* aufzuzeigen, ein Begriff, der sowohl für ein kleines Land wie die Schweiz als auch zum Beispiel für die Vereinigten Staaten von Amerika gültig ist. Mit diesem mathematischen Modell war es somit möglich, sich von der Ungewissheit der demografischen Entwicklung zu befreien. Die Berechnung der künftigen Bevölkerung aufgrund statistischer Methoden, wie etwa Geburtenüberschuss, Lebenserwartung usw., war zuvor immer Gegenstand gründlicher Arbeiten gewesen.

Eine zweite, sieben Jahre später herausgegebene Studie [2] bezweckte, die Ergebnisse der ersten zu überprüfen. Sie zeigte, dass die entwickelte Methode absolut anwendbar war. Zudem bewies sie, wie es möglich war, die theoretische Kurve der wahrscheinlichen Entwicklung, gestützt auf drei bekannte Punkte der Entwicklungskurve, zu berechnen. Ein wichtiger Schritt vorwärts war somit getan, und man wusste vor allem, dass man sich auf dem richtigen Weg befand.

Seither hat sich auch das mathematische Werkzeug entwickelt, und die Regressionsmethoden erlaubten es, die Anpassung der Entwicklungskurve zu verfeinern. Gleichzeitig wurde das ursprüngliche Modell, durch eine Funktion der Form einer Hyperbeltangens mit symmetrischem Verlauf definiert, durch eine logistische Potenzfunktion ersetzt, wie sie 1974 in [3] beschrieben worden ist.

Die Autoren des 1956 veröffentlichten Beitrags, zu denen sich der Chef des Dienstes für Planung und Studien des Fernmeldedepartementes gesellte, fanden es interessant, nach 25 Jahren Voraussage über die Entwicklung des Telefons in der Schweiz, die jetzige Lage festzuhalten und den begangenen Weg ihres ursprünglichen Modells zu zeigen.

2 Beschreibung der Entwicklungsmodelle

21 Ursprüngliches Modell

Der Sinn der 1956 eingeführten Methode bestand darin, den intuitiven Gedanken, den man sich von einem natürlichen Entwicklungsgesetz machen konnte, in einen genauen mathematischen Ausdruck zu übertragen.

Unter einem *natürlichen Entwicklungsgesetz* versteht man die theoretische Zunahme der Zahl der Telefonanschlüsse in einem Netz, das allen äusseren Einflüssen entzogen wäre und eine wirtschaftlich sowie demografisch stabile Lage hätte. Entwickelt sich das Telefon frei, so erfolgt seine Verbreitungsquote in der Bevölkerung in drei verschiedenen Phasen: einer Start-, einer maximalen Wachstums- und einer Nachlassphase, die mit einer Sättigungsschwelle endet. Diese S-förmige Entwicklung kann auf die Verhaltensweise der Benutzer zurückgeführt werden: Am Anfang der Telefonära ist das Interesse für den Erwerb eines Telefonanschlusses klein, weil zu dieser Zeit die Abonnenten nur eine geringe Zahl Gesprächspartner erreichen können; in der folgenden Phase ist das Interesse für neue Anschlüsse um so grösser, je zahlreicher die Abonnenten sind. Wenn es so bleiben würde, hätte man eine exponentielle Entwicklung. Das Interesse für neue Anschlüsse betrifft jedoch

Afin de s'affranchir du nombre d'habitants, qui est également fonction du temps, le modèle proposé s'applique à la *densité de raccordements principaux* D

$$D = \frac{E_T}{E}$$

avec E_T = Nombre d'habitants raccordés au réseau téléphonique

E = Nombre d'habitants de la région considérée

La fonction mathématique cherchée devra exprimer que l'accroissement de la densité est soumis à deux facteurs antagonistes: un facteur expansionniste proportionnel à la densité; un facteur limitatif qui doit tendre vers l'unité pour des valeurs de D très inférieures à la densité à saturation D_s et vers zéro lorsque D tend vers D_s .

L'équation générale aura donc la forme

$$\frac{dD}{dt} = k \cdot F(D) \cdot G(D, D_s) \quad (1)$$

Avec $F(D)$ = Fonction expansionniste, de la forme $F = \alpha D$

$G(D, D_s)$ = Fonction limitative, dont la forme

$G = 1 - \frac{D}{D_s}$ répond aux conditions posées

D'où l'équation différentielle

$$\frac{dD}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot D \cdot \left(1 - \frac{D}{D_s}\right) \quad (2)$$

avec $\tau = \frac{1}{k\alpha}$

La solution générale de l'équation (2) s'obtient par séparation des variables et décomposition en éléments simples intégrables:

$$D = \frac{D_s}{1 + e^{-\frac{t-t_w}{\tau}}} \quad (3)$$

où t_w apparaît comme constante d'intégration.

On détermine facilement le point d'inflexion de l'équation (3), centre de symétrie de la courbe, dont l'abscisse est t_w (dépendant de l'origine des temps) et l'ordonnée $D_s/2$. La pente en ce point a pour valeur $D_s/4\tau$, τ apparaissant comme une constante de temps exprimant la rapidité avec laquelle la densité s'accroît (fig. 1).

Il faut relever que, sous la forme de l'équation (3), les différents paramètres de la fonction logistique sont particulièrement bien explicités. On peut montrer que cette fonction a bien la forme de tangente hyperbolique obtenue dans les publications de 1956 [1] et 1963 [2].

Il vient en effet:

$$\frac{D}{D_s} = \frac{e^{\frac{t-t_w}{\tau}}}{e^{\frac{t-t_w}{\tau}} + 1} = \frac{1}{2} \frac{e^{\frac{t-t_w}{\tau}} + 1 + e^{\frac{t-t_w}{\tau}} - 1}{e^{\frac{t-t_w}{\tau}} + 1}$$

den Teil der Bevölkerung, der noch nicht abonniert ist und der mit der Zeit immer kleiner wird. Hier setzt die Sättigungsendphase ein. Sie endet, wenn alle Bedürfnisse gedeckt sind.

Damit man sich von der Einwohnerzahl loslösen kann, die ebenfalls eine Funktion der Zeit ist, wird ein Modell vorgeschlagen, das sich auf die *Dichte* D der Hauptanschlüsse bezieht

$$D = \frac{E_T}{E}$$

mit E_T = Zahl der Einwohner mit Telefonanschluss

E = Zahl der Einwohner in der betrachteten Region

Die gesuchte mathematische Funktion wird ausdrücken müssen, dass die Zunahme der Dichte dem Einfluss zweier entgegengesetzter Faktoren unterworfen ist: einem ausdehnenden Faktor, der sich zur Dichte proportional verändert, einem begrenzenden Faktor, der für Werte von D, die viel kleiner sind als die Sättigungsdichte D_s , gegen Eins tendieren muss und gegen Null tendiert, wenn D gegen D_s verläuft.

Die allgemeine Gleichung wird dann folgende Form haben:

$$\frac{dD}{dt} = k \cdot F(D) \cdot G(D, D_s) \quad (1)$$

mit $F(D)$ = Ausdehnende Funktion der Form $F = \alpha D$

$G(D, D_s)$ = Begrenzende Funktion, deren Form

$G = 1 - \frac{D}{D_s}$ den gestellten Bedingungen entspricht

Daraus ergibt sich der differenzierte Ausdruck

$$\frac{dD}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot D \cdot \left(1 - \frac{D}{D_s}\right) \quad (2)$$

mit $\tau = \frac{1}{k\alpha}$

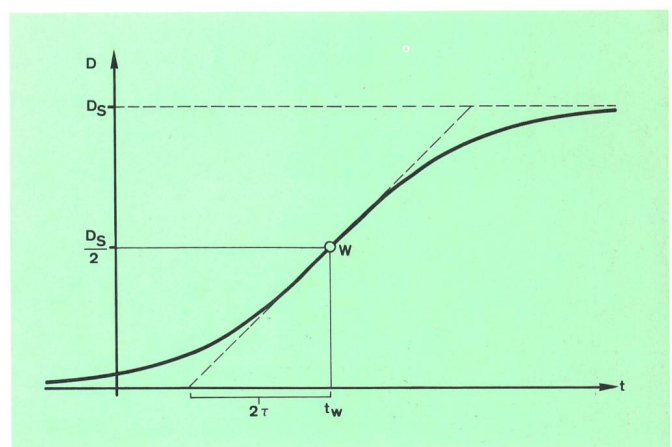


Fig. 1
Paramètres de la courbe de la forme d'une tangente hyperbolique — Parameter der Kurve in der Form einer Hyperbeltangens
D Densité — Dichte
 D_s Densité à saturation — Sättigungsdichte
W Point d'inflexion — Wendepunkt
 t_w Abscisse du point d'inflexion — Abszisse des Wendepunktes
 τ Constante de temps déterminant la pente au point d'inflexion — Zeitkonstante, die die Steigung im Wendepunkt bestimmt

S'appuyant sur la définition de la tangente hyperbolique

$$\operatorname{tgh}(x) = \frac{e^{2x} - 1}{e^{2x} + 1}$$

il vient

$$\frac{D}{D_s} = \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{tgh} \frac{t - t_w}{2\tau} \right)$$

22 Fonction logistique affectée d'un exposant

Jusqu'au début des années de 1970, le modèle initial a été utilisé dans la planification des réseaux locaux avec succès.

Cependant, peu à peu, des difficultés d'application se manifestèrent dans un certain nombre de réseaux. Là où la densité dépassait déjà la moitié de la densité à saturation, il n'apparaissait aucun signe d'inflexion de la courbe, contrairement à la théorie. Tout se passait comme si l'équilibre entre les facteurs expansionniste et limitatif de la loi naturelle — équilibre exprimé par la symétrie de la fonction tangente hyperbolique — était rompu. D'où l'idée de garder l'allure de la courbe en «S», tout en ajoutant un élément qui renforce ou qui affaiblit l'effet de la fonction limitative.

Cet élément a été trouvé par l'introduction d'un exposant m dans la fonction $G(D, D_s)$ tel que

$$G = 1 - \left(\frac{D}{D_s} \right)^m$$

Pour $m = 1$, on reste dans le cas de la courbe symétrique.

Pour $m < 1$, l'exposant renforce l'effet de la fonction limitative, de sorte que le point d'inflexion est atteint pour de plus petites valeurs de D .

Pour $m > 1$, l'effet de la fonction limitative se trouve affaibli et le point d'inflexion se situe au-dessus de la valeur $D_s/2$ (fig. 2).

L'équation (2) devient

$$\frac{dD}{dt} = \frac{1}{m\tau} \cdot D \cdot \left[1 - \left(\frac{D}{D_s} \right)^m \right] \quad (4)$$

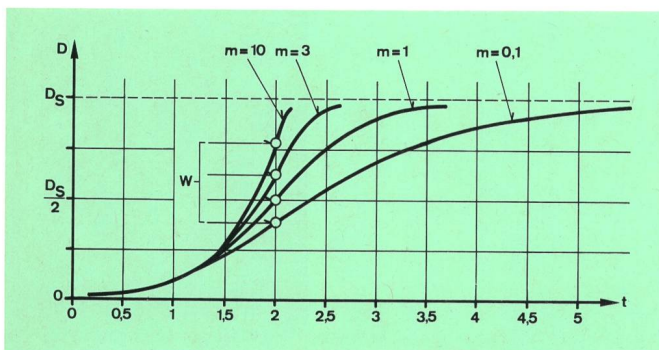


Fig. 2
Influence de l'exposant m sur l'allure de la courbe de développement — Einfluss des Exponenten m auf den Gang der Entwicklungskurve
 D Densité — Dichte
 W Point d'inflexion — Wendepunkt
 D_s Densité à saturation — Sättigungsdichte

Die allgemeine Lösung der Gleichung (2) erhält man durch Trennung der Variablen und Zerlegung in einfach integrierbare Elemente

$$D = \frac{D_s}{1 + e^{-\frac{t-t_w}{\tau}}} \quad (3)$$

wo t_w als Integrationskonstante erscheint.

Der Wendepunkt der Gleichung (3), das Symmetriezentrum der Kurve, lässt sich leicht bestimmen. Seine Abszisse ist t_w (vom Ursprung der Zeitkoordinaten abhängig) und die Ordinate $D_s/2$. Die Steilheit in diesem Punkt beträgt $D_s/4\tau$, wobei τ als Zeitkonstante die Geschwindigkeit ausdrückt, mit der die Dichte zunimmt (Fig. 1).

Es ist zu beachten, dass die verschiedenen Parameter der logistischen Funktion in der Gleichung (3) besonders gut erläutert sind. Man kann auch zeigen, dass diese Funktion tatsächlich die in den Veröffentlichungen von 1956 [1] und 1963 [2] erhaltene Form einer Hyperbeltangens aufweist.

Es ergibt sich nämlich

$$\frac{D}{D_s} = \frac{e^{\frac{t-t_w}{\tau}}}{e^{\frac{t-t_w}{\tau}} + 1} = \frac{1}{2} \frac{e^{\frac{t-t_w}{\tau}} + 1 + e^{\frac{t-t_w}{\tau}} - 1}{e^{\frac{t-t_w}{\tau}} + 1}$$

Stützt man sich auf die Definition der Hyperbeltangens

$$\operatorname{tgh}(x) = \frac{e^{2x} - 1}{e^{2x} + 1}$$

folgt

$$\frac{D}{D_s} = \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{tgh} \frac{t-t_w}{2\tau} \right)$$

22 Logistische Funktion mit Exponenten

Bis Anfang der siebziger Jahre wurde das ursprüngliche Modell mit Erfolg in der Planung der Ortsnetze eingesetzt. Doch traten nach und nach in gewissen Netzen Anwendungsschwierigkeiten auf. Dort nämlich, wo die Dichte die Hälfte des Sättigungswertes schon überschritten hatte, zeigte sich, im Gegensatz zur Theorie, kein Anzeichen einer Wende der Kurve. Es sah so aus, als ob das Gleichgewicht — ausgedrückt durch die Symmetrie der Hyperbeltangens — zwischen den ausdehnenden und begrenzenden Faktoren des natürlichen Gesetzes gestört wäre. Deshalb entstand der Gedanke, man könnte die Form der «S»-Kurve beibehalten und noch ein Element hinzufügen, das die Wirkung der begrenzenden Funktion verstärkt oder abschwächt.

Dieses Element wurde mit der Einführung eines Exponenten m in die Funktion $G(D, D_s)$ gefunden, so dass

$$G = 1 - \left(\frac{D}{D_s} \right)^m$$

Für $m = 1$ bleibt die Kurve symmetrisch.

dont la solution générale est donnée dans l'annexe 1

$$D = \frac{D_s}{\left(1 + e^{-\frac{t-t_w}{\tau}}\right)^{\frac{1}{m}}} \quad (5)$$

Le point d'inflexion W dépend maintenant du paramètre m et il a pour abscisse

$$t = t_w - \tau \ln m$$

et pour ordonnée

$$D_W = \frac{D_s}{(1+m)^{\frac{1}{m}}}$$

On constate, en particulier, que si $m \rightarrow 0$

$$D_W = \frac{D_s}{(1+m)^{\frac{1}{m}}} \rightarrow \frac{D_s}{e}$$

c'est-à-dire que la position la plus basse du point d'inflexion se situe à la hauteur $0,37 \times D_s$

$$\left(\frac{1}{e} = \frac{1}{2,718} = 0,37\right)$$

On vérifie facilement que, pour $m \rightarrow 1$, le point d'inflexion W tend vers $D_s/2$ et qu'il tend vers D_s pour $m \rightarrow \infty$ (fig. 2).

3 Méthodes de prévision et développement réel

31 Application de la fonction logistique

Depuis la publication de 1956, la fonction logistique est systématiquement utilisée pour déterminer le développement du téléphone en Suisse. Pour chaque réseau local, les services de planification établissent un graphique de développement en procédant de la manière suivante (fig. 3):

a) Développement de la population

L'évolution de la population dans le passé et dans le futur constitue un élément fondamental pour déterminer les autres courbes. En ce qui concerne le passé, cette évolution est bien connue par les statistiques des communes et des cantons. Pour le futur, la détermination prospective est si possible fondée sur les plans de développement établis par les autorités, mais l'influence de facteurs extérieurs peut prendre une grande importance et rendre difficile cette détermination.

b) Développement passé du téléphone

Pour chaque réseau local, l'état passé du développement des raccordements téléphoniques est donné de manière précise par les statistiques des PTT. A partir de ces valeurs et des chiffres de la population, il est possible de calculer les valeurs passées de la densité.

c) Développement futur du téléphone

Les valeurs passées de la densité ainsi obtenues sont caractéristiques de l'allure générale du développement du réseau considéré. En admettant que le développement suive une fonction logistique, cette dernière permettra de déterminer l'évolution future de la densité. Pour ce faire, il faut toutefois encore fixer la

Für $m < 1$ verstärkt der Exponent die Wirkung der begrenzenden Funktion, so dass der Wendepunkt mit kleineren Werten von D erreicht wird. Für $m > 1$ wird die Wirkung der begrenzenden Funktion verkleinert, und der Wendepunkt verlagert sich oberhalb des Wertes $D_s/2$ (Fig. 2).

Die Gleichung (2) wird

$$\frac{dD}{dt} = \frac{1}{m \tau} \cdot D \cdot \left[1 - \left(\frac{D}{D_s}\right)^m\right] \quad (4)$$

deren allgemeine Lösung im Anhang gegeben ist.

$$D = \frac{D_s}{\left(1 + e^{-\frac{t-t_w}{\tau}}\right)^{\frac{1}{m}}} \quad (5)$$

Der Wendepunkt hängt jetzt vom Parameter m ab und hat als Abszisse

$$t = t_w - \tau \ln m$$

und als Ordinate

$$D_W = \frac{D_s}{(1+m)^{\frac{1}{m}}}$$

Man stellt im besonderen fest, dass, wenn $m \rightarrow 0$

$$D_W = \frac{D_s}{(1+m)^{\frac{1}{m}}} \rightarrow \frac{D_s}{e}$$

das heisst, dass sich die niedrigste Stelle des Wendepunktes auf der Höhe von $0,37 \times D_s$ befindet

$$\left(\frac{1}{e} = \frac{1}{2,718} = 0,37\right)$$

Damit kann leicht überprüft werden, dass für $m \rightarrow 1$ der Wendepunkt W gegen $D_s/2$ und für $m \rightarrow \infty$ gegen D_s tendiert (Fig. 2).

3 Voraussagemethoden und wirkliche Entwicklung

31 Anwendung der logistischen Funktion

Seit der ersten Veröffentlichung im Jahre 1956 wurde die logistische Funktion systematisch für die Bestimmung der Telefonentwicklung in der Schweiz eingesetzt. Für jedes Ortsnetz stellen die Planungsdienste eine Entwicklungskurve her, indem sie folgendermassen vorgehen (Fig. 3):

a) Bevölkerungsentwicklung

Die Entwicklung der Bevölkerung in der Vergangenheit und in der Zukunft bildet ein grundsätzliches Element, um die anderen Kurven zu bestimmen. Bezüglich der Vergangenheit ist diese Entwicklung anhand der Gemeinde- und Kantonsstatistiken bekannt. Für die Zukunft wird die Prognose wenn möglich auf-

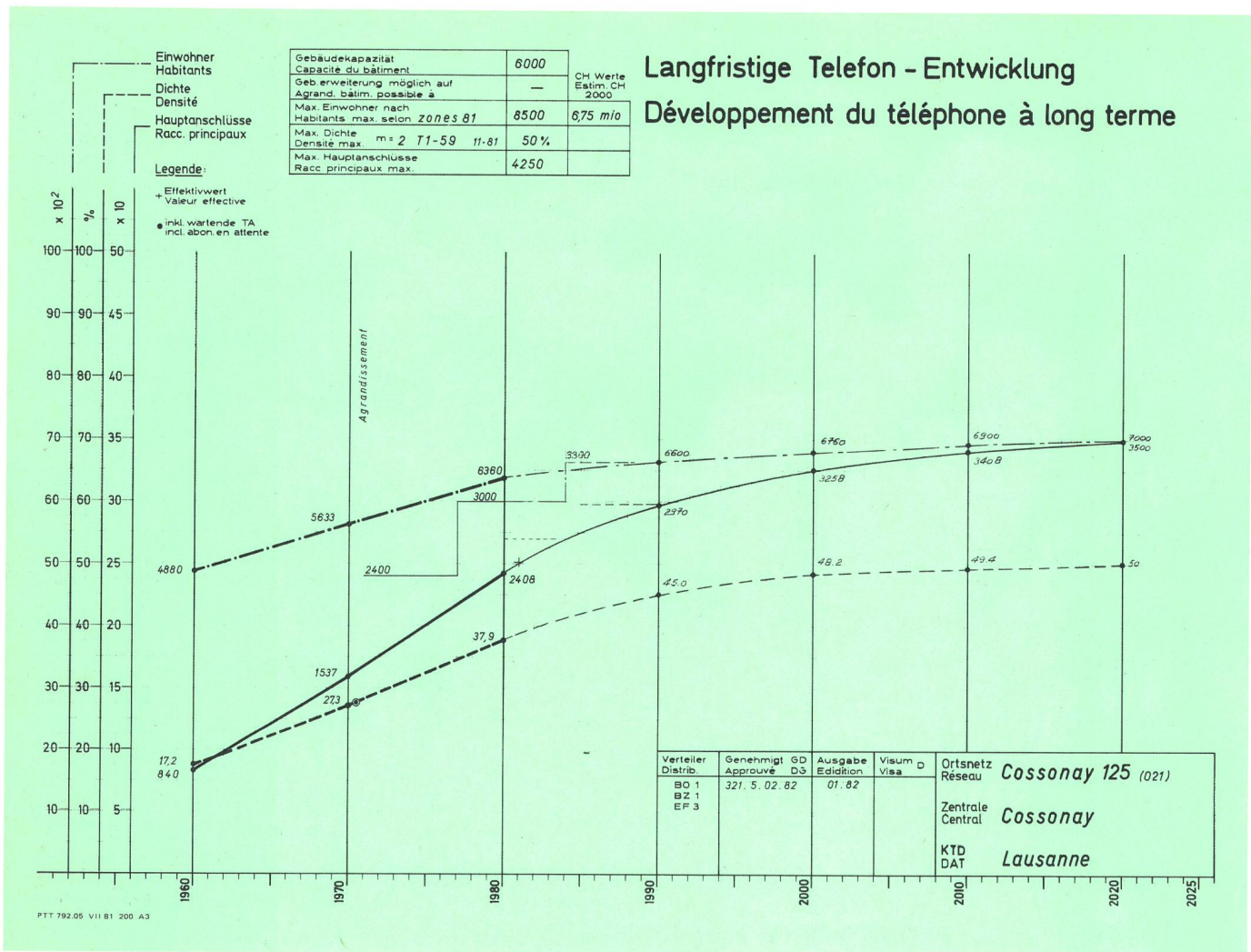


Fig. 3
Graphique de développement d'un réseau local — Entwicklungskurven eines Ortsnetzes

densité à saturation. Les autres paramètres de la fonction logistique, soit τ , t_w et m , sont alors donnés et peuvent être calculés par une méthode mathématique de régression. Le nombre de raccordements futurs est le produit du chiffre de la population par la densité correspondante.

On voit que dans ce procédé différents paramètres, laissés à l'appréciation du planificateur, influencent de façon prépondérante les résultats obtenus. Si l'on veut comparer les pronostics de 1956 et de 1963 avec la réalité, on est conduit à examiner l'effet des trois facteurs suivants:

- choix de la densité à saturation
- introduction d'un exposant dans la fonction logistique
- estimation de la population future

32 Choix de la densité à saturation

On sait que la valeur de la densité maximale, c'est-à-dire celle qui sera atteinte à la saturation, influence de manière prépondérante l'allure de la courbe théorique dans sa deuxième partie, soit après le point d'inflexion. Cette valeur n'a que peu d'influence sur la période antérieure (fig. 4). Ainsi, dans l'étude de 1956, cette densité maximale avait été estimée à 32 %. Mais en prenant pour référence l'année 1963, date de parution de la deuxième étude, la courbe indique à cette date une den-

grund der Planungsunterlagen der Gemeinden gemacht, wobei äussere Einflüsse eine grosse Rolle spielen und jede Berechnung erschweren können.

b) Frühere Entwicklung des Telefons

Für jedes Ortsnetz sind die Angaben über die Entwicklung der Telefonanschlüsse in der Vergangenheit aufgrund der PTT-Statistiken genau bekannt. Mit Hilfe dieser Werte und der Bevölkerungszahlen ist es dann möglich, die frühere Telefondichte zu berechnen.

c) Künftige Entwicklung des Telefons

Die so erhaltenen früheren Werte der Dichte sind für das allgemeine Verhalten der Entwicklung des betrachteten Netzes charakteristisch. Nimmt man an, dass die Entwicklung einer logistischen Funktion folgt, kann diese zur Bestimmung des Verlaufes der künftigen Dichte verwendet werden. Um dies zu erreichen, muss man gleichwohl noch die Sättigungsdichte festlegen. Die anderen Parameter der logistischen Funktion (τ , t_w und m) sind dann gegeben und können mit Hilfe einer mathematischen Regressionsmethode berechnet werden. Die Zahl der künftigen Anschlüsse ergibt sich aus dem Produkt der Bevölkerungszahl und der zugehörigen Dichte.

Man sieht, dass bei diesem Vorgehen verschiedene Parameter, deren Schätzung den Planern überlassen wird, die erhaltenen Ergebnisse massgebend beeinflus-

sité entre 20 % et 23 %. En réalité elle était de 22 %. Il s'agit là d'un résultat tout de même remarquable (fig. 5)!

En 1956, les auteurs avaient donc estimé que la densité à la saturation atteindrait 32 %, alors qu'elle atteignait cette valeur en 1971 déjà, soit après 15 ans au lieu de 44 ans. Pourtant le seuil de 32 % avait été admis après mûre réflexion et découlait de ce que l'on pouvait alors considérer comme étant le plus vraisemblable. Dans l'étude de 1963, on trouva pour la moyenne de la densité maximale probable 60 %. Aujourd'hui on admet la valeur de 65 %. La question cruciale est de savoir si la densité maximale peut être considérée comme une constante. Dans l'affirmative, elle constituerait une asymptote à la courbe de développement. Ou alors cette densité n'est-elle pas plutôt une fonction du temps et n'évolue-t-elle pas au fur et à mesure de la pénétration du téléphone ou plus généralement des moyens de télécommunication dans notre société? Les raisonnements qui suivent viennent à l'appui de cette dernière hypothèse.

On constate d'abord que le taux de pénétration du téléphone croît en fonction de l'augmentation du pouvoir d'achat des ménages, d'une part, et de l'augmentation réelle du produit national brut, d'autre part. Une deuxième raison de considérer ce maximum comme variable est le passage de notre société de l'âge industriel à celui des services. Que l'on songe, par exemple, à l'avènement de la «bureautique». Cette évolution crée indubitablement de nouveaux besoins, en particulier de raccordements supplémentaires (téléphoniques et autres). Le troisième point à considérer est celui des résidences secondaires. Les maisons de vacances poussent comme des champignons et les appartements en copropriété ne se comptent plus dans les stations touristiques. A ce sujet, on constate que le pouvoir d'achat des étrangers joue un rôle des plus importants.

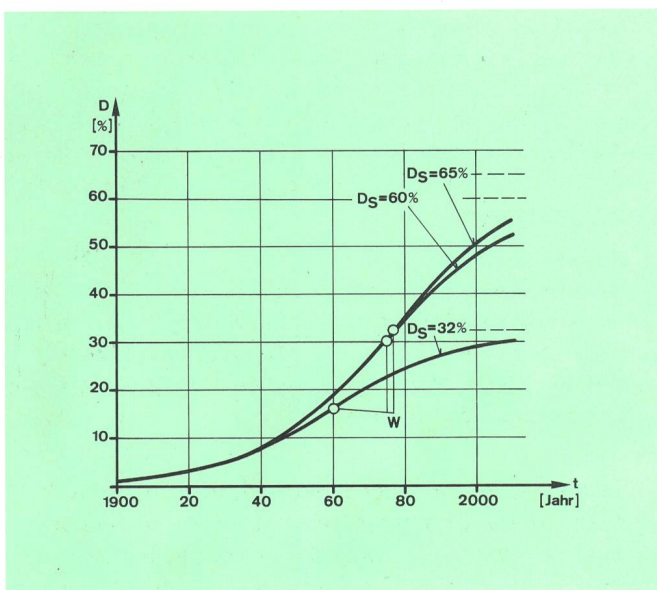


Fig. 4
Courbes de développement de la densité téléphonique montrant l'influence de l'estimation de la densité à saturation — Entwicklungskurven der Telefondichte zur Veranschaulichung des Einflusses der geschätzten Sättigungsdichte
D Densité — Dichte
D_S Densité à saturation — Sättigungsdichte
W Point d'inflexion — Wendepunkt
Année — Jahr

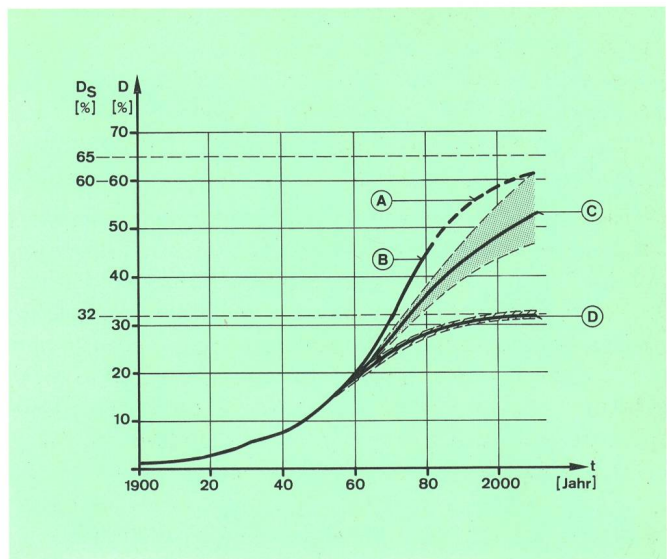


Fig. 5
Pronostics de développement de la densité téléphonique — Entwicklungsprognosen der Telefondichte
A Bases actuelles — Heutige Grundlagen
B Réel — Effektiv
C Etude 1963 — Studie 1963
D Etude 1956 — Studie 1956
D Densité — Dichte
D_S Densité à saturation — Sättigungsdichte
Année — Jahr

sen. Will man die Prognosen von 1956 und 1963 mit der Wirklichkeit vergleichen, ist man dazu gezwungen, die Wirkung der drei folgenden Faktoren zu untersuchen:

- Wahl der Dichte bei der Sättigung
- Einführung eines Exponenten in die logistische Funktion
- Schätzung der künftigen Bevölkerung

32 Wahl der Dichte bei der Sättigung

Man weiss, dass der Wert der maximalen Dichte, das heisst die Dichte, die bei Sättigung erreicht wird, einen überwiegenden Einfluss auf den Verlauf der theoretischen Kurve in ihrem zweiten Teil, also nach dem Wendepunkt, hat. Dieser Wert hat jedoch nur einen kleinen Einfluss auf die vorhergehende Zeitspanne (Fig. 4). So wurde die maximale Dichte in der Studie von 1956 auf 32 % geschätzt. Wenn man aber das Jahr 1963, in dem die zweite Studie erschien, als Referenz betrachtet, gibt die Kurve bei diesem Datum eine Dichte zwischen 20 und 23 % an. In Wirklichkeit betrug sie 22 %. Es handelt sich hier wirklich um ein beachtliches Ergebnis (Fig. 5).

1956 hatten die Autoren also geschätzt, dass die Dichte bei der Sättigung 32 % im Jahr 2000 erreichen würde. Dieser Wert wurde jedoch schon 1971, also nach 15 statt nach 44 Jahren, erreicht. Dennoch war der Wert von 32 % nach reiflichen Überlegungen angenommen und als am wahrscheinlichsten betrachtet worden. In der Studie von 1963 fand man 60 % für den Mittelwert der maximalen Dichte. Heute wird der Wert von 65 % angenommen. So muss man sich wirklich fragen, ob die maximale Dichte als Konstante betrachtet werden darf oder nicht. Wenn ja, würde sie eine Asymptote zur Entwicklungskurve bilden. Oder ist diese Dichte nicht eher eine Funktion der Zeit? Entwickelt sie sich nicht nach der Verbreitung des Telefons oder allgemein der Kommuni-

A l'avenir, il y aura lieu de tenir compte de la pénétration de la télématique non seulement au bureau, mais aussi à domicile. Petit à petit on s'achemine vers un deuxième, voire même un troisième raccordement dans les ménages (il ne faut pas oublier le raccordement téléphonique pour les enfants!) et à la place de travail.

Suivant cette hypothèse, aujourd'hui généralement admise, les écarts découlant de l'application de la fonction logistique sont dus au fait que la densité maximale (D_s) n'est pas une asymptote, soit une valeur constante, mais une variable, entre autres du temps. Mais comme le montre la figure 4, la valeur de cette densité maximale affecte l'allure de la courbe dans sa deuxième partie seulement, c'est-à-dire après le point d'inflexion. Ainsi, plus on s'approche de la saturation, ce qui devient peu à peu le cas dans les pays bien équipés en moyens de télécommunication, plus on est amené à abandonner la notion de pénétration relative, c'est-à-dire de la densité par rapport à la population, pour étudier le marché potentiel à conquérir en valeur absolue. On parvient ainsi aux méthodes dites causales ou analytiques qui ont fait récemment l'objet de plusieurs publications [4, 5, 6, 7, 8]. Pour rechercher la densité maximale probable, une analyse de ce type avait déjà été faite en 1963 en considérant trois catégories d'abonnés:

- a) Ménages
- b) Commerce, industrie, tourisme, hôtellerie, artisanat, transport, alimentation, etc.
- c) Autorités, professions libérales, services publics, congrégations, associations, établissements d'instruction, institutions privées et divers.

Pour la catégorie a), on avait estimé qu'en l'an 2000 90 % des ménages auraient un raccordement, 5 % en posséderaient deux et 5 % ne seraient pas raccordés au réseau téléphonique, ce qui donne la moyenne d'un raccordement par ménage. On avait admis par ailleurs qu'il y aurait 36 ménages pour 100 habitants. Pour les catégories b) et c), dont l'évolution paraissait très régulière, on avait estimé, toujours en l'an 2000, des densités de 8 % et 2,4 % respectivement. Ainsi, la densité totale était évaluée à 46...47 %. La méthode mathématique avait donné une valeur de 48 %, ce qui confirme les chiffres estimés ci-dessus.

Qu'en est-il selon le point de vue actuel? Dans les évaluations, on prend d'abord en considération le nombre de logements et non plus celui des ménages pour déterminer l'évolution des raccordements privés. La statistique indique qu'il y a une légère différence, le nombre de logements étant quelque peu supérieur à celui des ménages. L'étude a montré que l'évolution suivait très exactement une fonction logistique et qu'à la saturation 100 % des logements auraient un raccordement téléphonique. En cela, le raisonnement actuel ne diffère pas de celui d'il y a 25 ans.

En ce qui concerne les catégories de raccordements b) et c), les statistiques n'étant pas toujours précises, d'une part, et l'évolution dans les deux classes de raccordements dépendant en premier lieu de la situation économique, d'autre part, on a préféré chercher une relation entre le nombre de raccordements professionnels et celui des personnes actives. On a constaté que l'augmentation était régulière et avait passé d'un raccorde-

kationsmittel unserer Gesellschaft? Folgende Überlegungen unterstützen diese Hypothese.

Zuerst stellt man fest, dass die Verbreitungsquote des Telefons einerseits in Funktion der Kaufkraftsteigerung der Haushaltungen und andererseits mit der realen Zunahme des Bruttosozialproduktes wächst. Ein zweiter Grund, dieses Maximum als Variable zu betrachten, besteht im Übergang unserer Gesellschaft vom Industriezeitalter zu jenem der Dienstleistungen. Man denke zum Beispiel an die Entstehung des «elektronischen Büros». Diese Weiterentwicklung schafft ohne Zweifel neue Anforderungen, besonders an zusätzliche Telefon- und andere Anschlüsse. Der dritte zu beachtende Punkt ist jener der Zweitwohnungen. Die Ferienhäuser schießen wie Pilze aus dem Boden, und die Eigentumswohnungen sind in den touristischen Orten nicht mehr zu zählen. Bei dieser Gelegenheit stellt man auch fest, dass die Kaufkraft der Ausländer eine wichtige Rolle spielt.

In Zukunft wird man auch die Verbreitung der Telematik nicht nur im Büro, sondern auch zu Hause in Betracht ziehen müssen. Nach und nach gibt es einen zweiten, sogar einen dritten Anschluss in den Haushaltungen (man darf den Telefonanschluss für die Kinder nicht vergessen) und am Arbeitsplatz.

Nach dieser heute allgemein anerkannten Hypothese entstehen Abweichungen von der logistischen Funktion, weil die maximale Dichte D_s nicht eine Asymptote, also ein konstanter Wert, sondern eine Variable ist, die unter anderem von der Zeit abhängt. Aber wie dies Figur 4 veranschaulicht, bestimmt der Wert dieser maximalen Dichte den Verlauf der Kurve erst in ihrem zweiten Teil, das heisst nach dem Wendepunkt. Je näher man also der Sättigung kommt, was nach und nach in den mit Telekommunikationsmitteln gut ausgerüsteten Ländern der Fall wird, desto mehr ist man geneigt, den Begriff der relativen Verbreitung, das heisst die Dichte in bezug auf die Bevölkerung, zu verlassen, um den zu erschliessenden potentiellen Markt als absoluten Wert zu untersuchen. Man gelangt dadurch zu den sogenannten kausalen oder analytischen Methoden, die kürzlich das Thema von verschiedenen Veröffentlichungen waren [4, 5, 6, 7, 8]. Um der wahrscheinlichen maximalen Dichte nachzuforschen, wurde schon 1963 eine solche Analyse gemacht, indem drei Kategorien von Abonnenten in Betracht gezogen wurden:

- a) Haushaltungen
- b) Handel, Industrie, Tourismus, Gastgewerbe, Handwerk, Transport, Lebensmittel usw.
- c) Behörden, freie Berufe, öffentliche Dienste, weltliche und kirchliche Vereinigungen, Lehranstalten, private Institutionen und andere

Für die Kategorie a) schätzte man, dass im Jahre 2000 90 % der Haushaltungen einen Anschluss, 5 % zwei Anschlüsse besitzen würden und 5 % am Telefonnetz nicht angeschlossen wären. Dies ergibt durchschnittlich einen Anschluss je Haushaltung. Man hatte auch angenommen, dass es 36 Haushaltungen je 100 Einwohner geben würde. Für die Kategorien b) und c), deren Weiterentwicklung sehr regelmässig erschien, hatte man, immer noch für das Jahr 2000, Dichten von 8 beziehungsweise 2,4 % erwartet. Die Gesamtdichte wurde somit auf 46...47 % geschätzt. Die mathematische Methode ergab

ment pour sept places de travail en 1961 à un raccordement pour cinq places de travail en 1975. La saturation à long terme a été admise à un raccordement pour trois places de travail.

La figure 5 montre les différents pronostics de développement de la densité téléphonique obtenus dans les études successives.

33 Introduction d'un exposant dans la fonction logistique

Le raisonnement de 1956 qui avait conduit à une courbe de développement symétrique par rapport à son point d'inflexion (courbe de la forme d'une tangente hyperbolique) admettait implicitement que les causes ou le comportement qui poussent au développement du téléphone sont les mêmes ou de même nature que les raisons qui conduisent à la saturation. Or cela ne semble pas être le cas, à priori. La correction apportée au début des années de 1970 par l'introduction de la fonction logistique affectée d'un exposant [3] permettait de tenir compte d'une différence entre les facteurs expansionniste et limitatif du développement. Depuis lors, avec l'aide des calculatrices électroniques, il a été possible d'apprécier l'amélioration des pronostics ainsi réalisée.

A cet effet, on a introduit dans un ordinateur les données dont on disposait en 1963, soit les densités téléphoniques de 1902 à 1962. Deux courbes ont été calculées en adoptant la même densité maximale $D_s = 65\%$ et en choisissant, d'une part, $m=1$, correspondant à la courbe symétrique de la forme d'une tangente hyperbolique, et, d'autre part, en laissant à l'ordinateur le soin d'optimiser l'exposant m . Le résultat ainsi obtenu de $m_{opt} = 2,2725$ signifie que le point d'inflexion se trouve déplacé vers une valeur supérieure à la moitié de la densité maximale, soit à $38,6\%$ (fig. 6). Les différences en-

einen Wert von 48 %, was die vorerwähnten Schätzungen bestätigt.

Wie sieht es nach dem heutigen Standpunkt aus? Zuerst wird bei den Schätzungen nicht mehr die Zahl der Haushaltungen, sondern jene der Wohnungen in Betracht gezogen, um die Entwicklung der privaten Anschlüsse zu bestimmen. Die Statistik weist leicht mehr Wohnungen als Haushaltungen auf. Die Studie hat gezeigt, dass die Entwicklung sehr genau einer logistischen Funktion folgt und dass bei der Sättigung 100 % der Wohnungen einen Telefonanschluss hätten. Diesbezüglich weicht diese Überlegung nicht von der vor 25 Jahren gemachten ab.

Was die Kategorien b) und c) betrifft, bei denen einerseits die Statistiken nicht immer präzise waren und andererseits die Entwicklung in erster Linie von der wirtschaftlichen Lage abhängig ist, hat man es vorgezogen, eine Beziehung zwischen der Zahl der Anschlüsse für berufliche Zwecke und jener der tätigen Personen zu suchen. Man hat festgestellt, dass die Zunahme regelmäßig verlief und von einem Anschluss je sieben Arbeitsplätze im Jahre 1961 zu einem Anschluss auf fünf Arbeitsplätze im Jahre 1975 überging. Für die Sättigung auf lange Sicht wurde ein Anschluss je drei Arbeitsplätze angenommen. Figur 5 zeigt die aus den sich folgenden Studien erhaltenen verschiedenen Entwicklungsprognosen der Telefondichte.

33 Einführung eines Exponenten in die logistische Funktion

Aus der Überlegung von 1956, die zu einer um ihren Wendepunkt symmetrischen Entwicklungskurve in der Form einer Hyperbeltangens geführt hatte, folgerte man, dass die Ursachen oder das Verhalten, die die Entwicklung des Telefons fördern, gleich oder ähnlich sind wie die Gründe, die zur Sättigung führen. Nun scheint dies von vornherein nicht der Fall zu sein. Die Anfang 1970 erfolgte Berichtigung mit der Einführung der logistischen potenzierten Kurve [3] erlaubte, eine Abweichung zwischen den ausdehnenden und den begrenzenden Faktoren der Entwicklung zu berücksichtigen. Seither haben es die modernen Rechner gestattet, die Verbesserung der Prognose zu beurteilen.

Zu diesem Zweck hat man die Angaben, über die man 1963 verfügte, das heisst die Telefondichten von 1902 bis 1962, in einen Computer eingegeben. Zwei Kurven wurden berechnet, indem dieselbe maximale Dichte $D_s = 65\%$ verwendet und einerseits $m=1$ eingesetzt wurden, was der symmetrischen Kurve der Form einer Hyperbeltangens entspricht, und andererseits dem Computer die Aufgabe gestellt wurde, den Exponenten m zu optimieren. Das Ergebnis von $m_{opt} = 2,2725$ besagt, dass der Wendepunkt um einen der Hälfte der maximalen Dichte höheren Wert verschoben wird, das heisst auf $38,6\%$ (Fig. 6). Die Unterschiede zwischen den durch die Kurve mit den Parametern $D_s = 65\%$ und $m_{opt} = 2,2725$ gelieferten Angaben und den bis 1981 registrierten wirklichen Werten sind so klein, dass man darauf verzichtet hat, sie graphisch darzustellen. Die wirkliche Kurve deckt sich praktisch ganz mit der theoretischen und schwankt nur sehr schwach um diese. Der Beweis ist somit erbracht, dass die vor 25 Jahren ent-

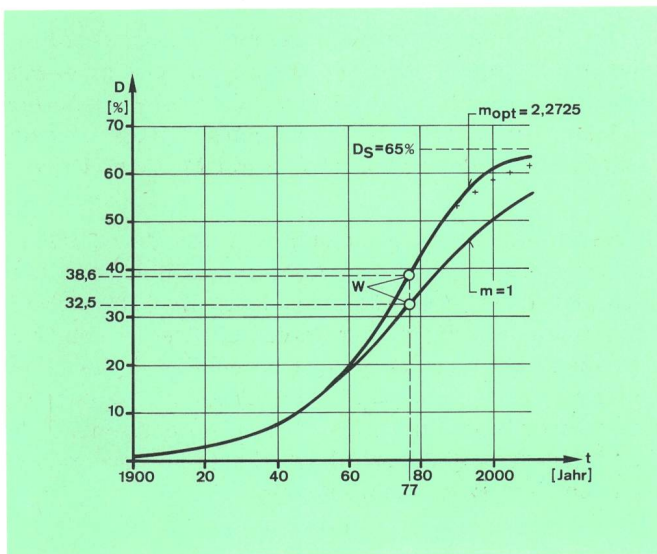


Fig. 6
 Courbes de développement de la densité téléphonique montrant l'influence de l'exposant m — Entwicklungskurven der Telefondichte zur Veranschaulichung des Einflusses des Exponenten m
 D Densité — Dichte
 D_s Densité à saturation — Sättigungsdichte
 W Point d'inflexion — Wendepunkt
 +++ Bases de planification actuelles — Heutige Planungsgrundlagen
 Année — Jahr

tre les indications fournies par la courbe ayant pour paramètres $D_s = 65\%$ et $m_{opt} = 2,2725$ et les valeurs réelles enregistrées jusqu'en 1981 sont si faibles qu'on a renoncé à les représenter graphiquement. La courbe réelle se confond pratiquement avec la courbe théorique et oscille très faiblement autour de cette dernière. La preuve est ainsi faite que la méthode développée il y a 25 ans est en principe encore valable aujourd'hui. Avec les perfectionnements apportés à l'outil mathématique, la correspondance entre la réalité et la théorie devient tout à fait remarquable.

34 L'estimation de la population future

Tout ce qui a été dit précédemment se rapporte à la densité téléphonique, c'est-à-dire au nombre de raccordements par 100 habitants. Le planificateur est toutefois intéressé par le nombre de raccordements téléphoniques lui-même, obtenu en multipliant cette densité par la population résidente. Cette dernière constitue cependant une autre inconnue des années à venir.

Il n'a jamais été question que l'Entreprise des PTT établisse elle-même des pronostics sur le mouvement de la population. De telles études ont été entreprises par l'Office fédéral de la statistique et par la Haute Ecole pour les sciences économiques et sociales de St-Gall, sous la direction du professeur Kneschaurek. C'est donc sur le résultat de ces études que l'on s'est basé pour établir des prévisions.

Au début des années de 1950, l'Office fédéral de la statistique avait fait une étude pour l'OECE¹ et établi des pronostics pour la période 1951...1971. Dans la première contribution sur le développement du téléphone, on s'était fondé sur ces résultats et on avait admis que le développement moyen serait linéaire jusqu'en l'an 2000. La population résidente en l'an 2000 avait donc été estimée à 6 millions d'âmes.

Entre 1956 et 1962, la population en Suisse a augmenté de façon assez importante pour atteindre, en 1962, le chiffre de 5,7 millions d'habitants. Les pronostics établis sept ans auparavant se révélèrent nettement pessimistes. En partant de cette valeur dans la deuxième étude et en admettant toujours une variation linéaire, on avait pronostiqué 7,623 millions d'habitants en l'an 2000.

La récession survenue en 1974 devait changer complètement cette image. Avec la réduction de la population étrangère, c'est aussi à une forte diminution de la natalité qu'il faut s'attendre. Pour l'an 2000, les prévisions se situent actuellement entre 6,5 et 6,8 millions d'habitants.

Lorsqu'on considère ces fluctuations dans les prévisions de la population sur le plan national, on peut s'imaginer à quel point il est difficile de disposer de pronostics fiables à l'échelon de la région et du réseau téléphonique local. Or c'est à ce niveau que le planificateur doit commencer à dimensionner les équipements du réseau téléphonique. On comprendra dès lors que la détermination prospective de l'évolution démographique soit pour lui un problème fort difficile à résoudre.

wickelte Methode im Prinzip heute noch gültig ist. Mit der Verbesserung der mathematischen Werkzeuge wird die Übereinstimmung zwischen Wirklichkeit und Theorie beachtlich.

34 Schätzung der künftigen Bevölkerung

Alles, was bisher gesagt wurde, bezieht sich auf die Telefondichte, das heisst auf die Zahl der Anschlüsse je 100 Einwohner. Der Planer ist jedoch an der Zahl der eigentlichen Telefonanschlüsse interessiert, die er durch Multiplikation dieser Dichte mit der Zahl der Wohnbevölkerung erhält. Letztere bildet jedoch eine neue Unbekannte der kommenden Jahre.

Es war nie die Rede davon, dass die PTT-Betriebe selbst Prognosen über die Bevölkerungsbewegungen machten. Solche Studien wurden durch das *Bundesamt für Statistik* und die *Hochschule für wirtschaftliche und soziale Wissenschaften* in St. Gallen, unter der Leitung von Prof. *Kneschaurek*, durchgeführt. Deshalb hat man sich für Prognosen auf das Ergebnis dieser Studien bezogen.

Anfang der fünfziger Jahre hatte das Bundesamt für Statistik eine Studie für die OECD¹ und Prognosen für die Periode von 1951 bis 1971 aufgestellt. Beim ersten Beitrag zur Entwicklung des Telefons hatte man sich auf diese Ergebnisse gestützt und angenommen, dass die mittlere Entwicklung bis ins Jahr 2000 linear sein würde. Die Wohnbevölkerung im Jahre 2000 wurde dementsprechend auf 6 Millionen geschätzt.

Zwischen 1956 und 1962 ist die schweizerische Bevölkerung beträchtlich gestiegen und erreichte 1962 die Zahl von 5,7 Millionen Einwohnern. Die sieben Jahre vorher aufgestellten Voraussagen entpuppten sich als recht pessimistisch. Von diesem Wert in der zweiten Studie ausgehend, und immer in der Annahme einer noch linearen Veränderung, hatte man für das Jahr 2000 7,623 Millionen Einwohner prognostiziert.

Die 1974 unerwartet eingetretene Rezession änderte dieses Bild grundlegend. Mit der Verminderung der ausländischen Bevölkerung ist auch ein starker Geburtenrückgang zu erwarten. Die heutigen Prognosen für das Jahr 2000 belaufen sich auf 6,5 bis 6,8 Millionen Einwohner.

Wenn man die Schwankungen in den Bevölkerungsprognosen auf nationaler Ebene betrachtet, kann man sich vorstellen, wie schwer es fällt, über zuverlässige Voraussagen bezüglich der Region und der Ortsnetze zu verfügen. Nun muss der Planer bereits auf dieser Ebene anfangen, die Ausrüstungen der Telefonnetze zu bemessen. Deshalb versteht man, dass die Bestimmung der künftigen demografischen Entwicklung ein für ihn wirklich schwieriges Problem darstellt.

4 Schlussfolgerungen

Es war interessant, nach 25 Jahren diesen Vergleich zu ziehen. Er bestätigt, dass das 1956 aufgestellte «na-

¹ Organisation Européenne de Coopération Economique

¹ Europäische Organisation für wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit

4 Conclusions

Il était intéressant, après 25 ans, de faire cette comparaison. Elle confirme que la «loi naturelle» du développement établie en 1956 est, en principe, toujours valable. Cette loi n'est en fait qu'une forme particulière de la fonction logistique affectée d'un exposant, plus générale, permettant une meilleure adaptation à l'évolution réelle. Il a été montré que la valeur de la densité à la saturation avait sur le cours probable de l'évolution après le point d'inflexion une influence plus importante que le choix des autres paramètres de la fonction logistique. Toutefois, selon les connaissances actuelles, la densité à saturation ne peut plus être considérée comme constante. Cela conduit à utiliser les méthodes dites causales ou analytiques. Le planificateur devra donc vouer toute son attention à rechercher les moyens les mieux appropriés pour déterminer le développement futur. Une approche a été tentée dans l'établissement des bases actuelles de planification, en analysant séparément les raccordements privés et les raccordements professionnels.

Pour déterminer l'évolution des raccordements privés, on dispose avec la fonction logistique d'un excellent moyen, d'autant plus qu'on ne saurait se tromper beaucoup — dans la situation actuelle — en admettant que chaque logement aura un jour son raccordement téléphonique. L'évolution des raccordements professionnels est, en revanche, plus difficile à cerner. Peut-être sera-t-il possible de trouver un jour certains critères permettant de mieux la concrétiser. Il ne faut cependant pas oublier que les raccordements professionnels constituent 20...25 % des raccordements principaux et que, de ce fait, leur importance est plus faible que celle des raccordements privés. Mais en sera-t-il encore longtemps ainsi?

Un facteur difficile à déterminer reste l'évolution de la population. Les offices et institutions spécialisés possèdent pour la déterminer de puissants moyens et des données statistiques importantes. Cette évolution dépend cependant d'un grand nombre de facteurs, souvent impondérables et dont l'influence à long terme peut être significative. De plus, l'estimation du mouvement démographique est d'autant plus difficile que le territoire considéré est plus petit.

L'étude de 1956 a eu le mérite de montrer une possibilité valable d'établir des pronostics de développement du téléphone. Bien qu'encore imparfaite, elle fut néanmoins un outil précieux entre les mains du planificateur. Par la suite, la méthode a été affinée; l'ordinateur est devenu un auxiliaire indispensable. Les améliorations apportées à cette méthode sont dues aux réflexions de ceux qui, comme les auteurs de la première étude, se préoccupent du futur et ne veulent pas l'engager à la légère. Cette préoccupation est heureusement toujours vivante et le restera tant qu'il y aura des personnes qui refuseront «d'entrer à reculons dans l'avenir».

türliche Gesetz» der Entwicklung im Prinzip immer noch gültig ist. Dieses Gesetz stellt eigentlich nur eine besondere, einfachere Form der logistischen potenzierten Funktion dar, die eine bessere Anpassung an die wirkliche Evolution erlaubt. Es wurde gezeigt, dass der Wert der Dichte bei der Sättigung einen grösseren Einfluss auf den wahrscheinlichen Verlauf der Evolution hat, als die Wahl der anderen Parameter der logistischen Funktion. Jedoch kann die Dichte bei der Sättigung nach den neuesten Kenntnissen nicht mehr als konstant betrachtet werden. Dies führt zum Gebrauch sogenannt kausaler oder analytischer Methoden. Der Planer wird also seine ganze Aufmerksamkeit dem Suchen der geeignetsten Mittel widmen, um die künftige Entwicklung zu bestimmen. Ein entsprechender Versuch wurde in der Aufstellung der aktuellen Planungsgrundlagen gemacht, indem die privaten und die beruflichen Telefonanschlüsse getrennt analysiert wurden.

Um die Weiterentwicklung der privaten Anschlüsse zu bestimmen, verfügt man mit der logistischen Funktion über ein ausgezeichnetes Mittel, um so mehr, als man mit einiger Sicherheit annehmen kann, dass eines Tages jede Wohnung über einen Telefonanschluss verfügen wird. Die Weiterentwicklung der Anschlüsse für berufliche Zwecke dagegen ist schwieriger zu erfassen. Vielleicht wird es einmal möglich sein, gewisse Kriterien zu finden, die gestatten, diese Entwicklung konkreter zu erfassen. Man darf jedoch nicht vergessen, dass die Anschlüsse für berufliche Zwecke 20...25 % der Hauptanschlüsse darstellen, weshalb ihre Bedeutung kleiner ist als jene der privaten Anschlüsse. Wird es aber noch lange so sein?

Die Bevölkerungsentwicklung bleibt ein schwierig zu bestimmender Faktor. Die spezialisierten Ämter und Institutionen verfügen über leistungsfähige Mittel und wichtige statistische Angaben, um die Entwicklung der Bevölkerung zu bestimmen. Diese Evolution hängt jedoch von einer Vielzahl von Faktoren ab, die oft unabschätzbar sind und deren langfristiger Einfluss bedeutungsvoll sein kann. Zudem ist die Schätzung der demografischen Veränderung um so schwieriger, je kleiner das betrachtete Gebiet ist.

Mit der Studie von 1956 kam den Autoren das Verdienst zu, aufgezeigt zu haben, wie man die Prognosen der Telefonentwicklung aufstellen könnte. Trotz ihrer Unvollständigkeit war sie ein wertvolles Werkzeug für den Planer. Später wurde die Methode verfeinert; der Computer wurde ein unentbehrliches Hilfsmittel. Die angebrachten Verbesserungen sind auf die Überlegungen von denen zurückzuführen, die, wie die Autoren der ersten Studie, um die Zukunft besorgt sind und sie nicht auf die leichte Schulter nehmen wollen. Diese Sorge besteht zum Glück immer noch und wird auch bleiben, solange es Leute gibt, die sich weigern, «rückwärts in die Zukunft einzutreten».

Annexe

Soit à intégrer la fonction logistique avec exposant

$$\frac{dD}{dt} = \frac{1}{m\tau} D \left[1 - \left(\frac{D}{D_s} \right)^m \right] \quad (4)$$

En séparant les variables

$$\frac{dD}{D (D_s^m - D^m)} = \frac{dt}{m\tau D_s^m}$$

En décomposant en éléments simples le premier membre

$$\frac{1}{D (D_s^m - D^m)} = \frac{A}{D} + \frac{BD^{m-1}}{D_s^m - D^m} =$$

$$\frac{A (D_s^m - D^m) + BD^m}{D (D_s^m - D^m)} = \frac{(B-A) D^m + AD_s^m}{D (D_s^m - D^m)}$$

En identifiant les numérateurs

$$\left. \begin{array}{l} B-A=0 \\ AD_s^m=1 \end{array} \right\} \rightarrow A=B=D_s^{-m}$$

l'équation devient

$$\frac{D_s^{-m}}{D} dD + \frac{D_s^{-m} D_s^{m-1}}{D_s^m - D^m} dD = \frac{D_s^{-m}}{m\tau} dt$$

Intégrons terme à terme après simplification par D_s^{-m}

$$\ln D - \frac{1}{m} \ln (D_s^m - D^m) = \frac{t}{m\tau} + c$$

d'où

$$\frac{D}{(D_s^m - D^m)^{\frac{1}{m}}} = e^{\frac{t}{m\tau} + c}$$

Elevons à la puissance m et résolvons par rapport à D^m

$$D^m = \frac{D_s^m}{1 + e^{-m \left(\frac{t}{m\tau} + c \right)}}$$

posons pour nouvelle constante d'intégration $t_w = -m\tau \cdot c$, d'où la solution générale

$$D = \frac{D_s}{\left(1 + e^{-\frac{t-t_w}{\tau}} \right)^{\frac{1}{m}}}$$

Bibliographie

- [1] *Lancoud C. et Ducommun M.* Contribution à l'étude du développement probable du téléphone en Suisse. Berne, Bull. techn. PTT 34 (1956) 12, p. 482.
- [2] *Lancoud C. et Trachsel R.* Nouvelle étude du développement probable du téléphone en Suisse. Berne, Bull. techn. PTT 41 (1963) 12, p. 425.
- [3] *Zobrist H.* Signification de la fonction logistique affectée d'un exposant dans l'élaboration de pronostics. Berne, Bull. techn. PTT 52 (1974) 8, p. 290.
- [4] *Burtschy B. et Arnal N.* Les méthodes de prévision, un outil au service des télécommunications. Issy-les-Moulineaux, Echo des recherches (1979) 97, p. 4.

Anhang

Die logistische Funktion mit Exponent

$$\frac{dD}{dt} = \frac{1}{m\tau} D \left[1 - \left(\frac{D}{D_s} \right)^m \right] \quad (4)$$

sei zu integrieren, indem man die Variablen trennt

$$\frac{dD}{D (D_s^m - D^m)} = \frac{dt}{m\tau D_s^m}$$

das erste Glied in einfache Elemente zerlegt

$$\frac{1}{D (D_s^m - D^m)} = \frac{A}{D} + \frac{BD^{m-1}}{D_s^m - D^m} =$$

$$\frac{A (D_s^m - D^m) + BD^m}{D (D_s^m - D^m)} = \frac{(B-A) D^m + AD_s^m}{D (D_s^m - D^m)}$$

und die Zähler gleichgesetzt

$$\left. \begin{array}{l} B-A=0 \\ AD_s^m=1 \end{array} \right\} \rightarrow A=B=D_s^{-m}$$

so wird die Gleichung zu

$$\frac{D_s^{-m}}{D} dD + \frac{D_s^{-m} D_s^{m-1}}{D_s^m - D^m} dD = \frac{D_s^{-m}}{m\tau} dt$$

Integrieren wir von Ausdruck zu Ausdruck nach der Vereinfachung durch D_s^{-m}

$$\ln D - \frac{1}{m} \ln (D_s^m - D^m) = \frac{t}{m\tau} + c$$

wonach

$$\frac{D}{(D_s^m - D^m)^{\frac{1}{m}}} = e^{\frac{t}{m\tau} + c}$$

Potenzieren wir auf m und lösen in bezug auf D^m

$$D^m = \frac{D_s^m}{1 + e^{-m \left(\frac{t}{m\tau} + c \right)}}$$

nachdem $t_w = -m\tau \cdot c$ als neue Integrationskonstante geschrieben wird, ergibt sich folgende allgemeine Lösung

$$D = \frac{D_s}{\left(1 + e^{-\frac{t-t_w}{\tau}} \right)^{\frac{1}{m}}}$$