

# Bestimmung des optimalen Ersatzzeitpunktes für Motorfahrzeuge = Détermination de l'instant de remplacement optimal des véhicules à moteur

Autor(en): **Steiner, Walter / Zobrist, Hansruedi**

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): **61 (1983)**

Heft 2

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875693>

## **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.

# Bestimmung des optimalen Ersatzzeitpunktes für Motorfahrzeuge

## Détermination de l'instant de remplacement optimal des véhicules à moteur

Walter STEINER und Hansruedi ZOBRIST, Bern

Zusammenfassung. Die vielen den optimalen Ersatzzeitpunkt von Motorfahrzeugen beeinflussenden Faktoren können in zwei Gruppen unterteilt werden: zahlenmässig erfassbare (quantifizierbare) und nicht quantifizierbare. Mit der dynamischen Optimierung oder Programmierung, einer typischen Operations-Research-Methode, können alle quantifizierbaren Bestimmungsgrößen ihrer Wirkungsweise entsprechend berücksichtigt werden. So ist es möglich, den kostenoptimalen Ersatzzeitpunkt einwandfrei zu berechnen. Nach der Beschreibung dieser Methode werden auch die nicht quantifizierbaren Einflüsse erwähnt. Gezeigt wird ebenfalls, wie stark die Kosten ansteigen können, wenn diese Einflüsse zu einer Verschiebung des wirtschaftlich optimalen Ersatzzeitpunktes führen.

Résumé. Les nombreux facteurs qui influent sur l'instant de remplacement optimal des véhicules à moteur se répartissent en deux groupes: les facteurs qui sont exprimables en chiffres (quantifiables) et ceux qui ne le sont pas (non quantifiables). Au moyen de l'optimisation ou de la programmation dynamique — une méthode de recherche opérationnelle typique — il est possible de tenir compte de toutes les grandeurs quantifiables déterminantes en fonction de leur effet. On peut ainsi calculer avec précision l'instant de remplacement optimal du point de vue des coûts. La description de cette méthode est suivie d'un aperçu des influences non quantifiables. On montre également à quel point les coûts peuvent s'accroître, lorsqu'il est nécessaire de décaler l'instant de remplacement reconnu optimal du point de vue économique.

### Determinazione del momento ottimale per la sostituzione di veicoli a motore

Riassunto. I diversi fattori che influenzano sul momento ottimale per la sostituzione di veicoli a motore possono essere suddivisi in due gruppi: fattori rilevabili in cifre (quantificabili) e fattori non quantificabili. Con l'ottimizzazione o la programmazione dinamica, un tipico metodo di ricerca operativa, tutti i valori di determinazione quantificabili possono essere presi in considerazione nel modo corrispondente al loro effetto. Così è possibile stabilire, per la sostituzione, il momento ottimale dal punto di vista dei costi. Alla fine della descrizione di questo metodo si citano anche gli influssi che non possono essere quantificati. Viene anche mostrato fino a che punto possono salire i costi se questi influssi portano ad uno spostamento del momento economicamente ottimale per la sostituzione.

## 1 Einleitung

Die Frage, wann er sein Fahrzeug am günstigsten ersetzt, beschäftigt nicht nur den Eigentümer eines Privatwagens. Auch die einen Wagenpark besitzende Unternehmung hat sich dauernd mit diesem Problem zu befassen. Während jedoch der Private mangels genügender Informationen (beispielsweise über die künftigen Reparaturkosten seines Fahrzeugs oder über die Entwicklung der Wiederverkaufspreise) weitgehend auf Mutmassungen und überschlagsmässige Berechnungen angewiesen ist, stehen einer Unternehmung exaktere Berechnungsunterlagen und -möglichkeiten zur Verfügung. Je grösser ihr Wagenpark ist, desto wichtiger und leichter ist es für sie, diese Möglichkeiten zu benützen.

Es gibt mehrere mathematische Verfahren, um den optimalen Ersatzzeitpunkt zu berechnen. Dabei sind die einfachsten auch die grössten: Wichtige Einflussfaktoren werden zuwenig oder gar nicht berücksichtigt, so etwa der kalkulatorische Zins oder die Teuerung. Die Ergebnisse sind entsprechend unzuverlässig und mit Vorbehalten belastet. Exaktere, aber aufwendigere Methoden dagegen berücksichtigen sogar gesonderte und veränderliche Teuerungsfaktoren für Anschaffungs- und Wiederverkaufspreise einerseits und Unterhalts- und Reparaturkosten andererseits. Eine Unternehmung, die einen eigenen Computer besitzt, sollte deshalb solche rechenintensiven Methoden benützen, um möglichst viele Einflussfaktoren mathematisch zu erfassen. Bei der endgültigen Bestimmung des Ersatzzeitpunktes spielen nämlich noch genügend nicht quantifizierbare Faktoren eine wichtige Rolle, wie dies in Abschnitt 5 gezeigt wird.

## 1 Introduction

La question de savoir à quel instant il est le plus favorable de remplacer un véhicule ne préoccupe pas seulement le propriétaire d'une voiture privée. En effet, toute entreprise possédant un parc de véhicules doit aussi se soucier continuellement de ce problème. Or, si le particulier en est largement réduit à des suppositions et à des calculs empiriques, faute d'informations suffisantes (par exemple sur les futurs frais de réparation à son véhicule ou sur l'évolution des prix de revente), une entreprise dispose de bases et de possibilités de calcul plus précises. Plus son parc de véhicules est grand, plus il devient important et facile pour elle de recourir à ces possibilités.

Il existe plusieurs procédés mathématiques permettant de calculer l'instant de remplacement optimal du point de vue des coûts. A cet égard, les plus simples sont aussi les moins précis: des facteurs d'influence importants sont trop peu pris en considération ou même ignorés, à savoir l'intérêt calculé ou le renchérissement. C'est pourquoi les résultats sont peu fiables et sujets à caution. Les méthodes plus précises et plus complexes tiennent en revanche compte de facteurs de renchérissement variables particuliers, d'une part, pour les prix d'achat et les prix de revente et, d'autre part, pour les frais d'entretien et de réparation. Une entreprise possédant son propre ordinateur devrait dès lors utiliser de telles méthodes, même si cela exige de nombreux calculs, car elles permettent de saisir mathématiquement un nombre aussi élevé que possible de facteurs d'influence. Comme nous le verrons au paragraphe 5, un

## 2 Dynamische Optimierung

Unter den bisher entwickelten Methoden gibt es nur eine, die alle quantifizierbaren Einflussfaktoren berücksichtigen kann und zugleich innerhalb eines bestimmten Zeitraums alle möglichen Ersatzstrategien überprüft: die *dynamische Optimierung* oder Programmierung. Sie wird nicht nur im Fahrzeuersatz angewendet, sondern bei analoger Problemstellung auch auf andern Gebieten, wie in der Lagerhaltung (für welche Zeitspanne soll Material eingekauft werden?) oder bei der stufenweisen Erweiterung bestehender Anlagen (für welche Zeitspanne soll beispielsweise eine Telefonzentrale jeweils ausgebaut werden?). Dank der dynamischen Optimierung können innerhalb eines bestimmten *Planungszeitraumes* die Gesamtkosten sämtlicher möglichen Kombinationen von Gebrauchsdauern und entsprechenden Ersatzzeitpunkten miteinander verglichen werden, ohne dass die Gesamtkosten jeder einzelnen Kombination (Strategie, Möglichkeit) berechnet werden müssen.

### Definition der Gesamtkosten

Unter *Gesamtkosten* sind alle Anschaffungs-, Unterhalts- und Reparaturkosten (im folgenden kurz Unterhaltskosten genannt), abzüglich der jeweiligen Wiederverkaufspreise, zu verstehen. Dabei sind sowohl Teuerungsfaktoren als auch der kalkulatorische Zins zu berücksichtigen. Betrachten wir beispielsweise bei einem Planungszeitraum von zehn Jahren den Fall, dass der erste Wagen sechs Jahre und der zweite vier Jahre behalten wird, so setzen sich die Gesamtkosten dieser *Ersatzstrategie* — sie sei (6 4) genannt — wie folgt zusammen:

- Anschaffungspreis des ersten Fahrzeugs zu Beginn der Planungsperiode von zehn Jahren
- Unterhaltskosten dieses Fahrzeugs während sechs Jahren
- Anschaffungspreis des zweiten Fahrzeugs nach sechs Jahren
- Unterhaltskosten dieses Fahrzeugs während vier Jahren

Von der Summe dieser Kosten sind noch die *Wiederverkaufspreise* beider Fahrzeuge im Alter von sechs bzw. vier Jahren *abzuziehen*, um die Gesamtkosten zu erhalten.

Bei einem Planungszeitraum von 15 Jahren ( $n = 15$ ) gibt es nach der Theorie der kombinatorischen Folgen  $2^{n-1}$ , also 16 384 verschiedene Ersatzstrategien. Diese Zahl wäre noch viel höher, wenn alte Wagen nicht nur durch neue, sondern auch durch Occasionen ersetzt werden könnten, was bei PTT-Fahrzeugen jedoch nicht zutrifft. Das Wesentliche der dynamischen Optimierung besteht nun darin, dass anstelle von 16 384 Gesamtkostenberechnungen nur deren  $n(n+1)/2$ , also 120, notwendig sind, um jene optimale Ersatzstrategie zu ermitteln, welche die niedrigsten Gesamtkosten verursacht. Diese Reduktion ist unerlässlich, weil die Berechnung aller Möglichkeiten auch den Computer zeitlich zu stark belasten würde.

Wie die Verminderung der zu berechnenden Ersatzstrategien und damit des Rechenaufwandes möglich wird, lässt sich am besten an folgenden zwei Beispielen zeigen:

nombre important de facteurs non quantifiables jouent encore un rôle prépondérant lors de la détermination définitive de l'instant de remplacement.

## 2 Méthode dynamique d'optimisation

Parmi les méthodes développées jusqu'ici, une seule permet de tenir compte de tous les facteurs d'influence quantifiables et de vérifier parallèlement toutes les stratégies de remplacement possibles à l'intérieur d'un intervalle de temps donné: la méthode d'*optimisation* ou de programmation *dynamique*. On ne l'utilise pas seulement lors du remplacement des véhicules, mais aussi pour des problèmes analogues survenant dans d'autres domaines, notamment la tenue des stocks (pour quelle durée convient-il d'acheter du matériel?) ou lors de l'extension graduelle d'installations existantes (pour quelle durée un central téléphonique doit-il être agrandi?). Grâce à la méthode dynamique d'optimisation, on peut comparer les frais globaux de toutes les combinaisons possibles de durées d'utilisation et d'instant de remplacement spécifiques à l'intérieur d'un *horizon de planification* déterminé. Cette procédure est possible sans qu'il soit nécessaire de calculer séparément chaque combinaison (stratégie, possibilités).

### Définition des frais globaux

*Par frais globaux*, on entend tous les frais d'achat, d'entretien et de réparation (appelés en bref ci-après frais de maintenance), déduction faite des prix de revente des véhicules en question. A cet égard, il importe de tenir compte aussi bien des facteurs de renchérissement que de l'intérêt calculé. Si l'on considère, par exemple pour un horizon de planification de dix ans, le cas d'une première voiture gardée pendant six ans et d'une deuxième conservée pendant quatre ans, les frais globaux de cette *stratégie de remplacement* — que nous appellerons (6 4) — se composeront ainsi qu'il suit:

- Prix d'achat du premier véhicule au début de la période de planification de dix ans
- Frais de maintenance de ce véhicule pendant six ans
- Prix d'achat du deuxième véhicule après six ans
- Frais de maintenance de ce véhicule pendant quatre ans

Il convient encore de *déduire* de la somme de ces frais les *prix de revente* des deux véhicules âgés de six et de quatre ans respectivement pour obtenir les frais globaux.

Pour un horizon de planification de 15 ans ( $n=15$ ), on obtient d'après la théorie des séries combinatoires  $2^{n-1}$ , c'est-à-dire 16 384 stratégies de remplacement différentes. Ce nombre serait encore plus élevé si les anciennes voitures n'étaient pas remplacées par des nouvelles, mais par des véhicules d'occasion, ce qui n'est pas le cas pour les voitures des PTT. L'intérêt essentiel de la méthode dynamique d'optimisation réside dans le fait qu'il n'est pas nécessaire de procéder à 16 384 calculs des frais globaux mais seulement à  $n(n+1)/2$  calculs, c'est-à-dire à 120, pour déterminer la stratégie de remplacement optimale, soit celle qui entraîne les frais globaux les moins importants. Cette réduction est indispensable, étant donné que le calcul de toutes les possibili-

Im ersten Beispiel soll vorerst für einen Planungszeitraum von vier Jahren ( $n = 4$ ) veranschaulicht werden, dass es tatsächlich  $2^3$  Ersatzstrategien gibt. Sie können auf folgende zwei Arten dargestellt werden:

1. Art	2. Art
1 0 0 0	4
1 1 0 0	1 3
1 0 1 0	2 2
1 0 0 1	3 1
1 1 1 0	1 1 2
1 1 0 1	1 2 1
1 0 1 1	2 1 1
1 1 1 1	1 1 1 1

In der ersten Art bedeutet 1 «ersetzen» (bzw. in der 1. Spalte: «Erstes Fahrzeug anschaffen») und 0 «behalten». Die vier Spalten entsprechen den vier Planungsjahren.

In der zweiten Art werden die entsprechenden Gebrauchsdauern der einzelnen Fahrzeuge angegeben. Die Summe dieser Zahlen muss immer vier ergeben.

Anhand eines zweiten Beispiels soll nun gezeigt werden, wie die Reduktion von  $2^{n-1}$  auf  $n(n+1)/2$  Berechnungen möglich ist.

Wir nehmen an, dass für die Planungszeiträume bis zu drei Jahren die optimalen Ersatzzeitpunkte bereits berechnet wurden und wie folgt lauten:

- Planungszeitraum 1 Jahr: 1
  - Planungszeitraum 2 Jahre: 1 0
  - Planungszeitraum 3 Jahre: 1 0 1
- } (A)

Um nun für einen Planungszeitraum von vier Jahren die optimalen Ersatzzeitpunkte zu ermitteln, sollen vorerst nur vier weitere Gesamtkostenberechnungen durchgeführt werden, und zwar für folgende Ersatzstrategien:

1	0	0	0	(B)
1	1	0	0	
1	0	1	0	
1	0	1	1	

Das eingerahmte Dreieck enthält die bekannten Optima (A) bis zu einem Planungszeitraum von drei Jahren.

**Behauptung:** Bei einem Planungszeitraum von vier Jahren befindet sich das Optimum bereits unter den vier Kombinationen (B), so dass keine weiteren Berechnungen mehr notwendig sind.

**Beweisidee:** Die Kombination (1 1 1 0) beispielsweise kann nicht optimal sein, denn sonst müsste bei einem Planungszeitraum von zwei Jahren die Kombination (1 1) optimal sein, was jedoch der ursprünglichen Annahme (A) widerspricht. Derart können auch alle übrigen, hier nicht aufgeführten Viererkombinationen auf einen Widerspruch geführt werden.

Um den Planungszeitraum von drei auf vier Jahre zu erhöhen, mussten also nur vier zusätzliche Berechnungen durchgeführt werden. Analog müssen bei einer weiteren Erhöhung des Planungszeitraums um ein Jahr auf fünf Jahre auch nur für fünf weitere Kombinationen die Gesamtkostenberechnungen durchgeführt werden. Die

tés exigerait un temps d'utilisation d'ordinateur trop élevé.

Les deux exemples suivants illustrent de manière éloquente comment il est possible de diminuer le nombre des stratégies de remplacement à calculer et, par conséquent, le temps de calcul:

Dans le premier exemple, on montre tout d'abord qu'il existe effectivement  $2^3$  stratégies de remplacement pour un horizon de planification de quatre ans ( $n=4$ ). Ces stratégies peuvent être représentées de deux manières, à savoir:

1 <sup>er</sup> mode de représentation	2 <sup>e</sup> mode de représentation
1 0 0 0	4
1 1 0 0	1 3
1 0 1 0	2 2
1 0 0 1	3 1
1 1 1 0	1 1 2
1 1 0 1	1 2 1
1 0 1 1	2 1 1
1 1 1 1	1 1 1 1

Dans le premier mode de représentation, 1 signifie «remplacer» (ou dans la 1<sup>re</sup> colonne: «acheter le premier véhicule») et 0 «garder». Les quatre colonnes correspondent aux quatre années de planification.

Dans le 2<sup>e</sup> mode de représentation, on indique les durées d'utilisation des divers véhicules. La somme de ces chiffres doit toujours être égale à quatre.

En nous fondant sur un deuxième exemple, nous allons montrer qu'il est possible de réduire le nombre de calculs  $2^{n-1}$  à  $n(n+1)/2$ .

Admettons que pour des horizons de planification de trois ans au plus les instants de remplacement optimaux aient déjà été calculés et qu'ils soient les suivants:

- Horizon de planification 1 année: 1
  - Horizon de planification 2 ans: 1 0
  - Horizon de planification 3 ans: 1 0 1
- } (A)

En vue de déterminer les instants de remplacement optimaux pour un horizon de planification de quatre ans, nous voulons tout d'abord effectuer quatre calculs des frais globaux seulement, et cela pour les stratégies de remplacement suivantes:

1	0	0	0	(B)
1	1	0	0	
1	0	1	0	
1	0	1	1	

Le triangle cerné en pointillé contient les optimums connus (A) jusqu'à un horizon de planification de 3 ans.

**Affirmation:** Pour un horizon de planification de quatre ans, l'optimum se trouve déjà parmi les quatre combinaisons (B), de sorte que d'autres calculs deviennent inutiles.

**Preuve:** La combinaison (1 1 1 0), par exemple, ne peut pas être optimale, sinon la combinaison (1 1) devrait être optimale pour un horizon de planification de deux ans, ce qui serait cependant en contradiction avec l'hypothèse initiale (A). C'est ainsi que l'on peut prouver que

Verallgemeinerung dieser Feststellung führt zur Überlegung, dass für einen Planungszeitraum von  $n$  Jahren insgesamt nur  $1 + 2 + \dots + n$ , also  $n(n+1)/2$  Kombinationen berechnet werden müssen, womit bereits alle  $2^{n-1}$  möglichen Ersatzstrategien überprüft sind. Da man bei der Ermittlung der optimalen Strategie für einen bestimmten Planungszeitraum auf die Optima aller kürzeren Planungszeiträume *zurückgreifen* muss, kann das im vorigen Beispiel gezeigte Vorgehen durch eine sogenannte *Rekursionsformel* dargestellt werden:

$$K_n = \text{Minimum} (K_i + E_{i,n}) \quad (1)$$

$$i = 0, \dots, n-1$$

$$K_0 = 0$$

Es bedeuten:

- $K_0$  Rekursionsanfang
- $n$  Planungszeitraum
- $K_i$  Barwert der Gesamtkosten für die optimale Ersatzstrategie während  $i$  Jahren
- $E_{i,n}$  Barwert der Gesamtkosten für einen Wagen, der  $i$  Jahre nach Beginn eines Planungszeitraums von  $n$  Jahren angeschafft wird und bis zum Ende des Planungszeitraums, also  $n-i$  Jahre lang, gefahren wird.

Die Rekursionsformel (1) zeigt, dass  $K_n$  und damit die *zugehörige optimale Ersatzstrategie* nur ermittelt werden kann, wenn diese Angaben für alle kürzeren Planungszeiträume ( $i=1, \dots, n-1$ ) bekannt sind. Wünscht man also beispielsweise  $K_{15}$  zu ermitteln, so muss man mit der Berechnung bei  $n=1$  beginnen und dann fortlaufend  $n$  um eins erhöhen.

### 3 Berücksichtigung der Einflussfaktoren

#### 31 Allgemeine Berechnungsformel

Aus der Rekursionsformel (1) geht hervor, dass alle die Gesamtkosten beeinflussenden Faktoren bei der Berechnung der Barwerte  $E_{i,n}$  berücksichtigt werden müssen. Wie dies geschieht, zeigt folgende Formel:

$$E_{i,n} = a(bd)^i + (cd)^i \sum_{j=1}^{n-i} u_j (cd)^j - w_{n-i} (bd)^n \quad (2)$$

$$i = 0, \dots, n-1$$

Es bedeuten:

- $n$  Planungszeitraum
- $a$  Anschaffungspreis
- $w_k$  Wiederverkaufspreis eines  $k$ -jährigen Fahrzeugs
- $d$  Durchschnittlicher jährlicher Diskontierungsfaktor während des Planungszeitraums; beträgt der kalkulatorische Zinsfuß beispielsweise durchschnittlich 5,5 %, so ist  $d = 1/1,055$
- $b$  Durchschnittlicher jährlicher Teuerungsfaktor während des Planungszeitraums für Anschaffungspreis und Wiederverkaufswerte; beträgt die Teuerung beispielsweise 3 %, so ist  $b = 1,03$
- $c$  Durchschnittlicher jährlicher Teuerungsfaktor während des Planungszeitraums für die jährlichen Unterhaltskosten
- $u_j$  Unterhalts-, Reparatur- und Revisionskosten während des  $j$ -ten Betriebsjahres

toutes les autres combinaisons de quatre chiffres non mentionnées aboutissent aussi à une contradiction.

Pour porter l'horizon de planification de 3 à 4 ans, il a donc suffi d'exécuter quatre calculs supplémentaires seulement. Par analogie, il suffira également d'exécuter les calculs des frais globaux pour cinq autres combinaisons seulement, à l'effet d'augmenter d'une année l'horizon de planification, c'est-à-dire de le porter à cinq ans. En généralisant cette constatation, on est amené à se dire qu'il suffit de calculer seulement  $1 + 2 + \dots + n$ , c'est-à-dire  $n(n+1)/2$  combinaisons pour un horizon de planification de  $n$  ans, après quoi toutes les  $2^{n-1}$  stratégies de remplacement possibles seraient déjà vérifiées. Etant donné qu'il est nécessaire de faire une *réursion* sur les optimums de tous les horizons de planification plus brefs pour déterminer la stratégie optimale applicable à un horizon de planification donné, on peut illustrer la procédure montrée à l'exemple précédent par une *formule dite réursive*:

$$K_n = \text{Minimum} (K_i + E_{i,n}) \quad (1)$$

$$i = 0, \dots, n-1$$

$$K_0 = 0$$

Signification des paramètres:

- $K_0$  Réursion initiale
- $n$  Horizon ou période de planification
- $K_i$  Valeur actuelle (au comptant) des frais globaux pour la stratégie de remplacement optimale pendant  $i$  ans
- $E_{i,n}$  Valeur actuelle (au comptant) des frais globaux pour une voiture achetée  $i$  années après le début d'une période de planification de  $n$  ans et qui sera utilisée jusqu'à la fin de l'horizon de planification, c'est-à-dire pendant  $n-i$  ans.

La formule réursive (1) montre que  $K_n$  et par conséquent la *stratégie de remplacement optimale spécifique* ne peut être déterminée que si ces indications sont connues pour toutes les périodes de planification plus brèves ( $i=1, \dots, n-1$ ). Si l'on désire déterminer, par exemple  $K_{15}$ , on doit commencer à calculer avec  $n=1$ , puis continuer en augmentant chaque fois  $n$  de un.

### 3 Prise en considération des facteurs d'influence

#### 31 Formule de calcul générale

En partant de la formule réursive (1), on s'aperçoit que tous les facteurs exerçant une influence sur les frais globaux doivent être pris en considération lors du calcul des valeurs actuelles (au comptant)  $E_{i,n}$ . La formule suivante illustre cette procédure:

$$E_{i,n} = a(bd)^i + (cd)^i \sum_{j=1}^{n-i} u_j (cd)^j - w_{n-i} (bd)^n \quad (2)$$

$$i = 0, \dots, n-1$$

Signification des facteurs:

- $n$  Période de planification
- $a$  Prix d'achat
- $w_k$  Prix de revente d'un véhicule âgé de  $k$  années
- $d$  Facteur d'actualisation annuel moyen pendant la période de planification; si le taux d'intérêt calculé est

Die einzelnen Summanden stellen folgende Grössen dar:

$a(bd)^i$  Barwert des Preises für ein  $i$  Jahre nach Beginn des Planungszeitraums angeschafftes Fahrzeug

$(cd)^i \sum_{j=1}^{n-i} u_j (cd)^j$  Barwert der kumulierten Unterhaltskosten dieses Fahrzeugs bis zum Ende des Planungszeitraums

$w_{n-i}(bd)^n$  Barwert des Wiederverkaufspreises dieses am Ende des Planungszeitraums  $n-i$  Jahre alten Fahrzeugs

Mathematisch wäre es übrigens durchaus möglich, anstatt mit durchschnittlichen mit jährlich verschiedenen Zinsfaktoren zu rechnen. Dies würde jedoch zu einem unrealistischen Perfektionismus führen. Trotzdem sei hier noch die der Formel (2) entsprechende Berechnungsvorschrift mit *variablen* Zinsfaktoren angeführt:

$$E_{i,n} = a \prod_{j=1}^i (b_j d_j) + \sum_{j=1}^{n-i} u_j \prod_{k=1}^{j+1} (c_k d_k) - w_{n-i} \prod_{j=1}^n (b_j d_j) \quad (2')$$

$i = 0, \dots, n-1$

Es bedeuten:

- $b_j$  Teuerungsfaktor für Anschaffungs- und Wiederverkaufspreise im Jahre  $j$
- $c_j, c_k$  Teuerungsfaktoren für Unterhaltskosten im Jahre  $j$  bzw.  $k$
- $d_j, d_k$  Diskontierungsfaktoren gemäss kalkulatorischem Zinsfuss im Jahre  $j$  bzw.  $k$

Setzt man in der Formel (2') konstante Faktoren ein, also

$$\begin{aligned} b &= b_j \text{ für alle } j \\ c &= c_j = c_k \text{ für alle } j \text{ und } k \\ d &= d_j = d_k \text{ für alle } j \text{ und } k \end{aligned}$$

so geht daraus die Formel (2) hervor.

Sollten sich unter den Unterhalts-, Reparatur- und Revisionskosten  $u_j$  (Codes 6, 11 und 15 der Fahrzeugdatei) auch feste wiederkehrende Kosten befinden, so ändern sich dabei wohl die Gesamtkosten  $K_i + E_{i,n}$  in Formel (1). Weil sie sich jedoch für alle  $i$ , das heisst für alle untersuchten Strategien, um denselben Betrag erhöhen, erzeugt nach wie vor die gleiche Ersatzstrategie — eben die optimale — die niedrigsten Gesamtkosten. Dies muss so sein, denn schliesslich würde es auch dem Besitzer eines Privatwagens nicht einfallen, den Ersatzzeitpunkt nach der Höhe der Garagenmiete zu richten.

### 32 Ermittlung der jährlichen Unterhaltskosten

Von den in Formel (2) vorkommenden Einflussfaktoren sind die jährlichen Unterhalts-, Reparatur- und Revisionskosten  $u_j$ , im folgenden weiterhin kurz Unterhaltskosten genannt, am schwierigsten zu ermitteln. Während es für den Besitzer eines privaten Wagens unmöglich ist, einigermaßen zuverlässige Schätzwerte der künftigen Unterhaltskosten zu ermitteln, kann die einen Wagenpark besitzende Unternehmung immerhin wesentlich günstigere Verhältnisse schaffen, indem sie in einer Datenbank für jeden einzelnen Wagen die bisher-

par exemple en moyenne de 5,5 %, ce facteur  $d = 1/1,055$

- $b$  Facteur de renchérissement annuel moyen pendant la période de planification pour les prix d'achat et de revente; si le renchérissement est par exemple de 3 %, ce facteur  $b = 1,03$
- $c$  Facteur de renchérissement annuel moyen pendant la période de planification pour les frais de maintenance annuels
- $u_j$  Frais d'entretien, de réparation et de révision pendant la  $j^e$  année d'utilisation

Les trois composantes de  $E_{i,n}$  représentent les grandeurs suivantes:

$a(bd)^i$  Valeur actuelle (au comptant) du prix d'un véhicule acquis  $i$  années après le début d'une période de planification

$(cd)^i \sum_{j=1}^{n-i} u_j (cd)^j$  Valeur actuelle (au comptant) des frais de maintenance cumulés pour le véhicule en question jusqu'à la fin de la période de planification

$w_{n-i}(bd)^n$  Valeur actuelle (au comptant) du prix de revente du véhicule en question âgé de  $n-i$  années à la fin de la période de planification

Du point de vue mathématique, il serait d'ailleurs absolument possible de calculer avec des taux d'intérêt différents pour chaque année au lieu d'admettre une moyenne. Ce serait cependant faire preuve d'un perfectionnisme peu réaliste. Malgré cela, nous rappelons ci-après l'expression contenant des taux d'intérêt *variables*, qui correspond à la formule (2):

$$E_{i,n} = a \prod_{j=1}^i (b_j d_j) + \sum_{j=1}^{n-i} u_j \prod_{k=1}^{j+1} (c_k d_k) - w_{n-i} \prod_{j=1}^n (b_j d_j) \quad (2')$$

$i = 0, \dots, n-1$

Avec:

- $b_j$  Facteur de renchérissement des prix d'achat et de revente en l'an  $j$
- $c_j, c_k$  Facteurs de renchérissement des frais de maintenance en l'an  $j$  et  $k$ , respectivement
- $d_j, d_k$  Facteurs d'actualisation selon le taux d'intérêt calculé en l'an  $j$  et  $k$ , respectivement

Si l'on introduit des facteurs constants dans la formule (2'), à savoir

$$\begin{aligned} b &= b_j \text{ pour tous les } j \\ c &= c_j = c_k \text{ pour tous les } j \text{ et } k \\ d &= d_j = d_k \text{ pour tous les } j \text{ et } k \end{aligned}$$

cela nous ramène à la formule (2).

Si des frais fixes périodiques se trouvaient également parmi les frais d'entretien, de réparation et de révision  $u_j$  (codes 6, 11 et 15 du fichier des véhicules), les frais globaux  $K_i + E_{i,n}$  de la formule (1) seraient modifiés. Etant donné que ces frais globaux s'élèveraient du même montant pour toutes les variantes de  $i$ , c'est-à-dire pour toutes les stratégies analysées, la même stratégie de remplacement — précisément l'optimale — continue d'entraîner les frais globaux les plus bas. Tel est en effet

gen Unterhaltskosten zusammen mit dem jeweiligen Alter und Kilometerstand speichert. So steht nach wenigen Jahren für jeden Wagentyp eine grosse Datenmenge zur Verfügung, die eine zuverlässige Grundlage für eine *Regressionsrechnung* bilden kann. Die Schwierigkeit besteht dann nur noch darin, einen geeigneten Regressionsansatz zu finden, damit für jedes Alter und jeden beliebigen Kilometerstand die zu erwartenden Unterhaltskosten möglichst wirklichkeitsgetreu geschätzt werden können.

Anlässlich einer Studie des Eidgenössischen Militärdepartementes zur Bestimmung des günstigsten Ersatzzeitpunktes für Jeeps hat Dr. *Erwin Nievergelt*, heute ordentlicher Professor für Informatik an der Hochschule St. Gallen, einen Regressionsansatz entwickelt, der sich bisher auch für die PTT-Fahrzeuge vorzüglich eignete, indem die erzielten Korrelationskoeffizienten bei allen untersuchten Fahrzeugtypen sehr hoch waren (meistens über 90 %). Dies bedeutet, dass die mit dem Regressionsansatz berechneten Schätzwerte sehr nahe bei den wirklichen Unterhaltskosten liegen. Der Ansatz von Prof. Dr. Nievergelt lautet folgendermassen:

$$U(x,z) = A + Bx + Cxz + Dx\sqrt{xz} \quad (3)$$

Es bedeuten:

- x Alter (Betriebsjahre) des Fahrzeugs
- z Durchschnittliche jährliche Kilometerleistung aller Fahrzeuge des betreffenden Typs
- xz Durchschnittlicher Kilometerstand aller Fahrzeuge dieses Typs nach x Betriebsjahren
- U(x,z) Kumulierte Unterhaltskosten nach x Betriebsjahren bei einer Jahresleistung von z Kilometern

Die Regressionskoeffizienten A, B, C und D werden nach der Theorie der Regressionsrechnung für jeden Fahrzeugtyp jährlich einmal aufgrund der neusten Daten ermittelt.

Nach Umrechnung der gemäss Formel (3) erhaltenen kumulierten Unterhaltskosten auf die jährlichen müssen diese noch von der in der Fahrzeugdatei enthaltenen Teuerung befreit werden. Erst dann können sie als jährliche Unterhaltskosten  $u_j$  in die Formel (2) eingesetzt werden.

Wie die Ermittlung der Regressionswerte für die kumulierten Unterhaltskosten  $U(x,z)$  aus der Fahrzeugdatei zeigt, sind diese Kosten nicht nur vom Alter  $x$ , sondern auch von der Kilometerleistung  $z$  abhängig. Nebst der

Berechnung der jährlichen Unterhaltskosten  $u_j$  können mit dem Regressionsansatz (3) somit auch von Alter und Kilometerleistung abhängige Tabellen für Unterhaltskosten erstellt werden. *Tabelle I* zeigt eine solche Übersicht für Fahrzeuge der Kategorie 194.

### 33 Ermittlung der Wiederverkaufspreise

Der zur Berechnung der Formel (2) benötigte Wiederverkaufspreis  $w_k$  wird nach folgender in der Praxis allgemein angewendeten Formel berechnet, die zu einer *degressiven* Abschreibung führt:

$$w_k = p^{k/m} a \quad (4)$$

le cas dans la pratique, car aucun propriétaire d'une voiture privée n'aurait l'idée de déterminer l'instant de remplacement de son véhicule en fonction du coût de location d'un garage.

### 32 Détermination des frais de maintenance annuels

Parmi les facteurs d'influence survenant dans la formule (2), les frais d'entretien, de réparation et de révision annuels  $u_j$ , que nous continuons d'appeler brièvement frais de maintenance, sont les plus difficiles à déterminer. Alors que le propriétaire d'une voiture privée ne peut en aucun cas établir de manière fiable une approximation des futurs frais de maintenance, l'exploitant d'un parc de voitures se trouve en meilleure situation, étant donné qu'il peut mémoriser dans une banque de données les frais de maintenance de ses véhicules en fonction de leur âge et de leur kilométrage. C'est ainsi qu'il disposera après peu d'années déjà de nombreuses informations au sujet de chaque type de véhicule, qui seront une base sérieuse pour un *calcul de régression*. La difficulté ne consistera cependant plus qu'à trouver une *fonction* de régression appropriée, qui permette d'évaluer les frais de maintenance probables de manière aussi réaliste que possible, en fonction de l'âge et d'un kilométrage quelconque des véhicules.

Au cours d'une étude entreprise par le Département militaire fédéral en vue de déterminer l'instant de remplacement le plus favorable pour les «jeeps», *M. Erwin Nievergelt*, aujourd'hui professeur ordinaire d'informatique à l'université de St-Gall, a mis au point une fonction de régression qui peut aussi être parfaitement appliquée aux véhicules des PTT. Il s'est en effet révélé que les coefficients de corrélation pour tous les types de véhicules examinés étaient très élevés (en général supérieurs à 90 %). Cela signifie que les valeurs d'estimation calculées à l'aide de la fonction de régression sont très proches des frais d'entretien réels. La fonction du professeur Nievergelt s'exprime ainsi qu'il suit:

$$U(x,z) = A + Bx + Cxz + Dx\sqrt{xz} \quad (3)$$

Avec:

- x Age (années d'utilisation) du véhicule
- z Moyenne annuelle des kilomètres parcourus de tous les véhicules du type en question
- xz Kilométrage moyen de tous les véhicules de ce type après x années d'utilisation
- U(x,z) Frais de maintenance cumulés après x années d'utilisation, compte tenu d'un kilométrage annuel de z

Les coefficients de régression A, B, C et D sont calculés une fois par année pour chaque type de véhicule selon les données les plus récentes, conformément à la théorie du calcul de régression.

Après avoir converti en frais annuels les frais de maintenance cumulés obtenus selon la formule (3), il y a lieu d'en éliminer encore le renchérissement contenu dans le fichier des véhicules. Après cette opération seulement, ils peuvent être introduits dans la formule (2) en tant que frais de maintenance annuels  $u_j$ .

Tabelle I. Kategorie 194: Regressionswerte der kumulierten Unterhaltskosten, basierend auf Lohnindex 1981

Tableau I. Catégorie 194: Valeur de régression des frais de maintenance cumulés, fondée sur l'indice des salaires de 1981

Alter Age	Jährliche Kilometerleistung Kilomètres parcourus par an			
	10 000	15 000	20 000	25 000
1	2 588	2 918	3 102	3 193
2	7 056	8 438	9 419	10 144
3	13 368	16 215	18 344	20 016
4	20 979	25 581	29 108	31 948
5	29 558	36 130	41 239	45 413
6	38 871	47 577	54 409	60 044
7	48 744	59 707	68 371	75 565
8	59 041	72 355	82 931	91 758
9	69 651	85 385	97 936	108 452
10	80 486	98 688	113 257	125 505
11	91 471	112 174	128 792	142 798
12	102 544	125 766	144 450	160 234
13	113 705	139 465	160 233	177 812
14	124 953	153 270	176 141	195 532
15	136 290	167 181	192 173	213 395
16	147 715	181 199	208 329	231 401
17	159 228	195 323	224 610	249 548
18	170 829	209 553	241 016	267 839
19	182 518	223 890	257 546	286 272
20	194 294	238 333	274 200	304 847

(Durchschnitt der jährlichen Kilometerleistung aller Fahrzeuge der Kat.: 17 326 km/Jahr) — (Moyenne annuelle des kilomètres parcourus pour tous les véhicules de la catégorie: 17 326 km par an)

Es bedeuten:

- k Alter des Fahrzeugs
- $w_k$  Wiederverkaufspreis eines k-jährigen Fahrzeugs
- a Anschaffungspreis
- p p wird so gewählt, dass  $p_a$  dem Restwert eines ausgefahrenen Fahrzeugs entspricht
- m Alter, in dem das Fahrzeug voraussichtlich seinen Restwert  $p_a$  erreicht

Figur 1 zeigt den Verlauf des Wiederverkaufspreises in Prozenten des Anschaffungspreises ( $a = 100$ ) für den Fall, dass der Wiederverkaufspreis nach 10 bzw. 20 Jahren ( $m = 10$  bzw. 20) noch 8 % ( $p = 0,08$ ) beträgt.

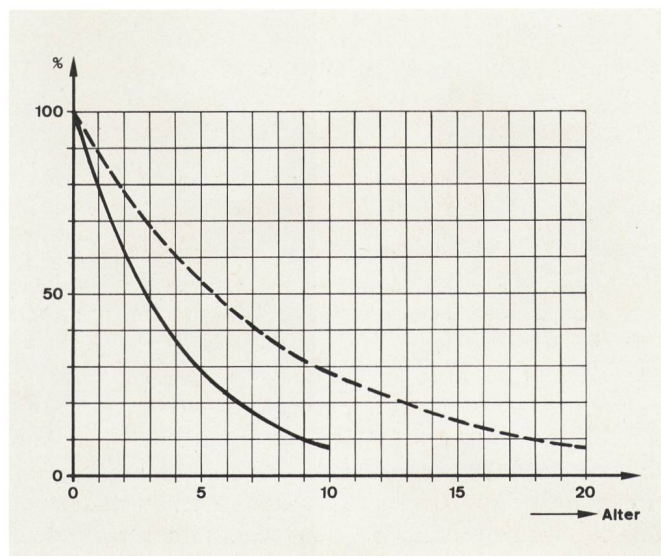


Fig. 1  
Wiederverkaufspreis in Prozenten des Anschaffungspreises — Prix de revente en pour cent du prix d'achat  
Alter — Age

Comme on le voit en tirant les valeurs de régression pour les frais de maintenance cumulés  $U(x, z)$  du fichier des véhicules, ces frais ne dépendent pas seulement de l'âge  $x$  du véhicule mais aussi de la moyenne annuelle des kilomètres parcourus  $z$ . Il est donc également possible de recourir à la fonction de régression (3) pour établir des tableaux de frais de maintenance dépendant de l'âge et des kilomètres parcourus, et non seulement pour calculer les frais de maintenance annuels  $u_j$ . Le tableau I montre un tel aperçu général pour les véhicules de la catégorie 194.

### 33 Détermination des prix de revente

Le prix de revente  $w_k$  nécessaire pour le calcul de la formule (2) s'obtient d'après une formule généralement utilisée dans la pratique, qui conduit à un amortissement dégressif:

$$w_k = p^{k/m} a \quad (4)$$

Avec:

- k Age du véhicule
- $w_k$  Prix de revente d'un véhicule ayant k années
- a Prix d'achat
- p p est choisi de manière que  $p_a$  corresponde à la valeur résiduelle d'un véhicule à la fin de sa durée d'utilisation
- m Nombre d'années après lequel le véhicule atteindra vraisemblablement sa valeur résiduelle  $p_a$

La figure 1 montre deux courbes de variation de prix de revente en pour-cent du prix d'achat ( $a = 100$ ), ce prix de revente étant encore de 8 % ( $p = 0,08$ ), dans l'un des cas après dix ans ( $m = 10$ ) et dans l'autre après 20 ans ( $m = 20$ ).

## 4 Programme d'ordinateur

### 41 Données d'entrée

Afin qu'il soit possible de déterminer simplement la stratégie de remplacement optimale pour chaque type de véhicule souhaité, on a élaboré un programme conversationnel en langage APL (A Programming Language), qui opère avec les formules (1)...(4). La tableau II montre le protocole et le déroulement de ce programme et la figure 2 en illustre un extrait. Les données d'entrée nécessaires sont désignées sur la marge de gauche par des traits verticaux.

L'instruction «Wagen 155» (voiture 155) signifie que la catégorie de véhicules 155 doit être examinée. L'évaluation des facteurs de renchérissement moyens est facilitée du fait que le programme annonce spontanément comment le renchérissement a évolué jusqu'ici. Lors de l'indication du nombre des années d'utilisation, après lesquelles la valeur résiduelle atteint 8 % du prix d'achat, il importe de veiller à ce que les prix de revente résultant de la formule (4) correspondent au prix de vente effectivement réalisable et non à la valeur que le véhicule représente encore pour l'entreprise.

Alors que le prix d'achat et les indications sur les prix de revente doivent être introduits, il suffit que l'utilisateur se soucie du renchérissement probable des frais de maintenance. Le programme prélève directement les coûts du fichier des véhicules (codes 6, 11 et 15: frais de



Tabelle II. Anwendung und Ablauf des Dialogprogramms.

<p><i>Wagen 155</i>                  1. Inverkehrsetzung (Jahr):                  1978                  Stand der Datei (Jahr):                  1981                  Planungszeitraum ab Anfang 1978 (mindestens 4 Jahre):                  10                  Mittlere jährliche Teuerung von 1978 bis 1981: 4,7 %                  (gemäss Landesindex der Konsumentenpreise)                  Mittlere jährliche Teuerung auf Unterhalt von 1978 bis 1987 (%):                  4,5                  Anschaffungspreis (Fr.) im Jahre 1978:                  11 400                  Mittlere jährliche Teuerung auf Anschaffungspreis von 1978 bis 1987 (%):                  3                  Mittlerer jährlicher kalkulatorischer Zins von 1978 bis 1981: 5,5 %                  Mittlerer jährlicher kalkulatorischer Zins von 1978 bis 1987 (%):                  5,5                  Wiederverkaufspreise:                  Nach wie vielen Betriebsjahren ist der Restwert auf 8 % des Anschaffungspreises gesunken?                  8                  Jährliche Kilometerleistung: 11 487                  Andere Kilometerleistung zur Berechnung gewünscht (ja/nein)?                  Nein</p> <p><b>Verarbeitete Input-Daten</b>                  Jahr:                  1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987                  Wiederverkaufspreise (ohne Teuerung, nicht abgezinst), Ende Jahr:                  8314 6063 4421 3224 2351 1715 1251 912 665 485                  Anschaffungspreise (mit Teuerung von 3 %, abgezinst mit 5,5 % auf Anfang 1978), Anfang Jahr:                  11400 11130 10866 10609 10357 10112 9872 9638 9410 9187                  Regressionswerte der jährlichen Unterhaltskosten (auf Indexstand 1978 normiert, nicht abgezinst), während Jahr:                  805 1737 2307 2704 2995 3213 3375 3495 3580 3637                  Jährliche Unterhaltskosten (mit Teuerung von 4,5 %, abgezinst mit 5,5 % auf Anfang 1978), während Jahr:                  798 1704 2242 2603 2856 3034 3158 3239 3286 3307</p> <p><b>Resultat</b>                  Minimalvariante:                  Bei Ersatz nach                  7, 1, 1, 1 Jahren                  resultiert für einen Planungszeitraum von 10 Jahren auf Anfang 1982 folgender Barwert der Gesamtkosten (Wiederverkaufspreis des am Ende des Planungszeitraumes vorhandenen Fahrzeugs berücksichtigt):                  Fr. 44 228.— je Fahrzeug.</p> <p>Maximalvariante:                  Bei Ersatz nach                  2, 2, 2, 4 Jahren                  resultiert für einen Planungszeitraum von 10 Jahren auf Anfang 1982 folgender Barwert der Gesamtkosten (Wiederverkaufspreis des am Ende des Planungszeitraumes vorhandenen Fahrzeugs berücksichtigt):                  Fr. 44 988.— je Fahrzeug.</p> <p><b>Barwert der Mehrkosten:</b>                  Fr. 760.— je Fahrzeug oder 2 %</p>	<p>Werden weitere Varianten gewünscht (ja/nein)?                  Ja                  Änderungsmöglichkeiten:                  (1) Planungszeitraum                  (2) Teuerung auf Unterhalt                  (3) Anschaffungspreis                  (4) Teuerung auf Anschaffungspreis                  (5) Kalkulatorischer Zins                  (6) Wiederverkaufspreise                  (7) Kilometerleistung                  Welche Position(en) soll(en) geändert werden?                  6                  Wiederverkaufspreise:                  Nach wie vielen Betriebsjahren ist der Restwert auf 8 % des Anschaffungspreises gesunken?                  10                  Jährliche Kilometerleistung: 11 487                  Andere Kilometerleistung zur Berechnung gewünscht (ja/nein)?                  Nein</p> <p><b>Verarbeitete Input-Daten</b>                  Jahr:                  1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987                  Wiederverkaufspreise (ohne Teuerung, nicht abgezinst), Ende Jahr:                  8856 6879 5344 4151 3224 2505 1946 1511 1174 912                  Anschaffungspreise (mit Teuerung 3 %, abgezinst mit 5,5 % auf Anfang 1978), Anfang Jahr:                  11400 11130 10866 10609 10357 10112 9872 9638 9410 9187                  Regressionswerte der jährlichen Unterhaltskosten (auf Indexstand 1978 normiert, nicht abgezinst), während Jahr:                  805 1737 2307 2704 2995 3213 3375 3495 3580 3637                  Jährliche Unterhaltskosten (mit Teuerung von 4,5 %, abgezinst mit 5,5 % auf Anfang 1978), während Jahr:                  798 1704 2242 2603 2856 3034 3158 3239 3286 3307</p> <p><b>Resultat</b>                  Minimalvariante:                  Bei Ersatz nach                  1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1 Jahren                  resultiert für einen Planungszeitraum von 10 Jahren auf Anfang 1982 folgender Barwert der Gesamtkosten (Wiederverkaufspreis des am Ende des Planungszeitraumes vorhandenen Fahrzeugs berücksichtigt):                  Fr. 38 672.— je Fahrzeug.</p> <p>Maximalvariante:                  Bei Ersatz nach                  &gt; 10 Jahren                  resultiert für einen Planungszeitraum von 10 Jahren auf Anfang 1982 folgender Barwert der Gesamtkosten (Wiederverkaufspreis des am Ende des Planungszeitraumes vorhandenen Fahrzeugs berücksichtigt):                  Fr. 44 015.— je Fahrzeug.</p> <p><b>Barwert der Mehrkosten:</b>                  Fr. 5343.— je Fahrzeug oder 14 %</p> <p>Werden weitere Varianten gewünscht (ja/nein)?                  Nein</p>
---	--

*Kursiv: Input-Daten*

## 4 Computerprogramm

### 41 Eingaben

Damit für jeden beliebigen Fahrzeugtyp die optimale Ersatzstrategie möglichst einfach ermittelt werden kann, wurde ein Dialogprogramm in APL (*A Programming Language*) geschrieben, das mit den Formeln (1)...(4) arbeitet. *Tabelle II* zeigt Bedienung und Ablauf dieses Programms und *Figur 2* einen Originalausschnitt davon. Die erforderlichen Eingaben sind kursiv gedruckt.

Der Programmaufruf «Wagen 155» bedeutet, dass die Fahrzeugkategorie 155 untersucht werden soll. Die Schätzung der mittleren Teuerungsfaktoren wird inso-

réparation, de révision et d'entretien) et les conditionne enfin comme cela est décrit au paragraphe 32. L'utilisateur a cependant la possibilité d'exercer une influence sur ces coûts, s'il décide de choisir un autre nombre que celui qui est imprimé, et qui correspond au nombre de kilomètres parcourus par année en moyenne pour toute la catégorie considérée. Il le fera en particulier lorsque l'instant de remplacement d'un véhicule déterminé l'intéresse et non celui d'une catégorie de véhicules tout entière. Par l'introduction d'un kilométrage individuel pour un véhicule, la variable *z* de la formule (3) est remplacée par la valeur introduite.

Comme le tableau II le montre, il est possible de calculer un nombre quelconque de variantes à la suite les unes

Tableau II. Utilisation et déroulement du programme de dialogue.

<p><i>Voiture 155</i> 1<sup>re</sup> mise en circulation (année): <i>1978</i> Etat du fichier (année): <i>1981</i> Période de planification débutant en 1978 (au moins 4 ans): <i>10</i> Renchérissment annuel moyen de 1978 à 1981: 4,7 % (Selon l'indice des prix à la consommation) Renchérissment annuel moyen sur l'entretien de 1978 à 1987 (%): <i>4,5</i> Prix d'achat (fr.) en 1978: <i>11 400</i> Renchérissment annuel moyen sur le prix d'achat de 1978 à 1987 (%): <i>3</i> Intérêt calculé annuel moyen de 1978 à 1981: 5,5 % Intérêt calculé annuel moyen de 1978 à 1987 (%): <i>5,5</i> Prix de revente: après combien d'années de circulation la valeur résiduelle est-elle tombée à 8 % du prix d'achat? <i>8</i> Kilomètres parcourus par an: 11 487 Autres kilométrages désirés pour le calcul? (oui/non) <i>Non</i></p> <p><b>Données d'entrée traitées</b> «Année»: 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 Prix de revente (sans renchérissement), sans intérêt calculé, pour la fin de «l'année»: 8314 6063 4421 3224 2351 1715 1251 912 665 485 Prix d'achat (avec renchérissement 3 %, intérêt calculé 5,5 % au début de 1978), début de «l'année»: 11400 11130 10866 10609 10357 10112 9872 9638 9410 9187 Valeurs de régression des frais de maintenance annuels (normalisées selon l'indice de 1978, sans intérêt calculé), pendant «l'année»: 805 1737 2307 2704 2995 3213 3375 3495 3580 3637 Frais de maintenance annuels (avec renchérissement 4,5 %, avec intérêt calculé 5,5 % au début de 1978), pendant «l'année»: 798 1704 2242 2603 2856 3034 3158 3239 3286 3307</p> <p><b>Résultat</b> Variante «minimum»: En cas de remplacement après 7, 1, 1, 1 années il en résulte, pour une période de planification de 10 ans pour le début de 1982, la valeur actualisée des frais globaux suivante: (Compte tenu du prix de revente du véhicule existant à la fin de la période de planification) Fr. 44 228. — par véhicule. Variante «maximum»: En cas de remplacement après 2, 2, 2, 4 années il en résulte, pour une période de planification de 10 ans pour le début de 1982, la valeur actualisée des frais globaux suivante: (Compte tenu du prix de revente du véhicule existant à la fin de la période de planification) Fr. 44 988. — par véhicule. <b>Valeur actualisée des frais supplémentaires:</b> Fr. 760. — par véhicule ou 2 %</p>	<p>D'autres variantes sont-elles désirées? (oui/non) <i>Oui</i> Possibilités de modifications: (1) Horizon de planification (2) Renchérissement de l'entretien (3) Prix d'achat (4) Renchérissement du prix d'achat (5) Intérêt calculé (6) Prix de revente (7) Kilomètres parcourus par an Quelle(s) position(s) désirez-vous modifier? <i>6</i> Prix de revente: Après combien d'années de circulation la valeur résiduelle est-elle tombée à 8 % du prix d'achat? <i>10</i> Kilomètres parcourus par an: 11 487 Un autre kilométrage est-il désiré pour le calcul? (oui/non) <i>Non</i></p> <p><b>Données d'entrée traitées</b> «Année»: 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 Prix de revente (sans renchérissement, sans intérêt calculé), pour la fin de «l'année»: 8856 6879 5344 4151 3224 2505 1946 1511 1174 912 Prix d'achat (avec renchérissement 3 %, intérêt calculé 5 % au début de 1978), au début de «l'année»: 11400 11130 10866 10609 10357 10112 9872 9638 9410 9187 Valeurs de régression des frais de maintenance annuels (normalisées selon l'indice de 1978, sans intérêt calculé), pendant «l'année»: 805 1737 2307 2704 2995 3213 3375 3495 3580 3637 Frais de maintenance annuels (avec renchérissement 4,5 %, avec intérêt calculé 5,5 % au début de 1978), pendant «l'année»: 798 1704 2242 2603 2856 3034 3158 3239 3286 3307</p> <p><b>Résultat</b> Variante «minimum»: En cas de remplacement après 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1 années il en résulte, pour une période de planification de 10 ans, pour le début de 1982, la valeur actualisée des frais globaux suivante: (Compte tenu du prix de revente du véhicule existant à la fin de la période de planification) Fr. 38 672. — par véhicule. Variante «maximum»: En cas de remplacement après &gt; 10 ans il en résulte, pour une période de planification de 10 ans, pour le début de 1982, la valeur actualisée des frais globaux suivante: (Compte tenu du prix de revente du véhicule existant à la fin de la période de planification) Fr. 44 015. — par véhicule. <b>Valeur actualisée des coûts supplémentaires:</b> Fr. 5343. — par véhicule ou 14 % D'autres variantes sont-elles désirées? (oui/non) <i>Non</i></p>
--	---

En italique: Données d'entrée

fern erleichtert, als das Programm zuvor meldet, wie die bisherige Teuerung verlaufen ist. Bei der Angabe der Anzahl Betriebsjahre, nach denen der Restwert 8 % des Anschaffungspreises beträgt, ist darauf zu achten, dass die nach Formel (4) resultierenden Wiederverkaufspreise dem tatsächlich erzielbaren Verkaufserlös entsprechen und nicht etwa dem, was das Fahrzeug der Unternehmung jeweils noch wert ist.

Während Anschaffungspreis und Angaben über die Wiederverkaufspreise eingegeben werden müssen, hat sich der Benutzer bei den Unterhaltskosten nur um deren mutmassliche Teuerung zu kümmern. Die Kosten selber werden vom Programm direkt der Fahrzeugdatei

des autres. Il suffit pour cela que l'utilisateur ne réintroduise que les données qu'il veut modifier.

## 42 Résultats imprimés par l'ordinateur

Avant la publication des résultats finaux, des résultats intermédiaires importants apparaissent sous la rubrique «Verarbeitete Inputdaten» (données d'entrée traitées). Ils donnent à l'utilisateur un aperçu approfondi de l'état des frais et lui permettent d'exécuter ses propres calculs ou encore de réaliser après coup des calculs en se fondant sur les formules (1), (2) et (4). Les diverses lignes contiennent les grandeurs suivantes de la formule (2):

```

WAGEN 155

1. INVERKEHRSSSETZUNG (JAHR):
□: 1978

STAND DER DATEI (JAHR):
□: 1981

PLANUNGSZEITRAUM AB ANFANG 1978 (MINDESTENS 4 JAHRE):
□: 10

MITTLERE JAEHRLICHE TEUERUNG VON 1978 BIS 1981: 4.7 0/0
(GEMAESS LANDESIINDEX DER KONSUMENTENPREISE)

MITTLERE JAEHRLICHE TEUERUNG AUF UNTERHALT VON 1978 BIS 1987 (0/0):
□: 4.5

ANSCHAFFUNGSPREIS (FR.) IM JAHRE 1978:
□: 11400

MITTLERE JAEHRLICHE TEUERUNG AUF ANSCHAFFUNGSPREIS VON 1978 BIS 1987 (0/0):
□: 3

MITTLERER JAEHRLICHER KALKULATORISCHER ZINS VON 1978 BIS 1981: 5.5 0/0

MITTLERER JAEHRLICHER KALKULATORISCHER ZINS VON 1978 BIS 1987 (0/0):
□: 5.5

WIEDERVERKAUFSPREISE:
NACH WIEVIELEN BETRIEBSJAHREN IST DER RESTWERT AUF 8 0/0 DES ANSCHAFFUNGSPREISES GESUNKEN ?
□: 8

JAEHRLICHE KM-LEISTUNG: 11487
ANDERE KM-LEISTUNG ZUR BERECHNUNG GEWUENSCHT ? (JA/NEIN)
NEIN

```

Fig. 2  
Originalausschnitt aus dem Dialogprogramm — Extrait du programme de dialogue original

entnommen (Codes 6, 11 und 15: Reparatur-, Revisions- und Unterhaltskosten) und anschliessend, wie im Abschnitt 32 beschrieben, aufbereitet. Sie können vom Benutzer allerdings noch beeinflusst werden, wenn er beschliesst, eine andere als die ausgedruckte jährliche Kilometerleistung, die dem Durchschnitt der ganzen Kategorie entspricht, zu wählen. Er wird dies besonders dann tun, wenn ihn der Ersatzzeitpunkt eines einzelnen Fahrzeugs interessiert und nicht jener der ganzen Kategorie. Durch die Eingabe der individuellen Kilometerleistung eines Fahrzeugs wird in Formel (3) die Variable  $z$  durch den eingegebenen Wert ersetzt.

Wie Tabelle 2 zeigt, können beliebig viele Varianten hintereinander berechnet werden. Der Benutzer hat jeweils nur jene Eingabedaten neu einzugeben, die er verändern will.

## 42 Ausgaben

Bevor das Endresultat erscheint, werden unter dem Titel «Verarbeitete Inputdaten» wichtige Zwischenergebnisse ausgedruckt, die dem Benutzer einen tieferen Einblick in

- Prix de revente:  $w_k$  selon la formule (4) avec  $k=1\dots 15$ ,  $a=11\,400$ ,  $p=0,08$ ,  $m=8$  ou  $10$  (variantes de calcul)
- Prix d'achat:  $a(bd^k)$  avec  $k=0\dots 9$ ,  $b=1,03$ ,  $d=1/1,055$
- Première ligne des frais de maintenance:  $u_j$  avec  $j=1\dots 10$
- Deuxième ligne des frais de maintenance:  $u_j(cd)^j$  avec  $j=1\dots 10$ ,  $c=1,045$ ,  $d=1/1,055$

Le programme fait en sorte que le «résultat» imprimé corresponde aux durées d'utilisation optimales entraînant les frais globaux minimaux. *Afin qu'apparaisse clairement à quel point on peut s'écarter de l'optimum, s'il n'est pas tenu compte de la stratégie de remplacement optimale du point de vue des coûts, l'imprimante édite aussi la possibilité la plus coûteuse correspondant aux instants de remplacement les plus défavorables.* A cet effet, il suffit d'extraire de la formule (1) le maximum au lieu du minimum. Toutes les autres formules restent inchangées. Les facteurs d'influence agissent exactement comme prévu. On s'aperçoit, par exemple, que des prix de revente plus élevés peuvent conduire à des durées d'utilisation optimales beaucoup plus brèves, comme le montre la comparaison des deux variantes de du tableau II. Dans la deuxième variante, les frais glo-

die Kostenverhältnisse gestatten und es ihm ermöglichen, eigene Berechnungen anzustellen oder gar einzelne Berechnungen gemäss den Formeln (1), (2) und (4) nachzuvollziehen. Die einzelnen Zeilen enthalten folgende Grössen von Formel (2):

- Wiederverkaufspreise:  $w_k$  gemäss Formel (4) mit  $k = 1 \dots 15$ ,  $a = 11\,400$ ,  $p = 0,08$ ,  $m = 8$  bzw.  $10$  in der Variantenrechnung
- Anschaffungspreise:  $a(bd)^k$  mit  $k = 0 \dots 9$ ,  $b = 1,03$ ,  $d = 1/1,055$
- erste Zeile der Unterhaltskosten:  $u_j$  mit  $j = 1 \dots 10$ ,
- zweite Zeile der Unterhaltskosten:  $u_j(cd)^j$  mit  $j = 1 \dots 10$ ,  $c = 1,045$ ,  $d = 1/1,055$

Als «Resultat» druckt das Programm die zu den minimalen Gesamtkosten gehörenden optimalen Gebrauchsdauern aus. *Damit ersichtlich ist, wie weit man sich vom Optimum entfernen kann, wenn die rein kostenoptimale Ersatzstrategie nicht eingehalten wird, erscheint auch die teuerste Möglichkeit, die den ungünstigsten Ersatzzeitpunkten entspricht.* Um diese zu ermitteln, muss lediglich in Formel (1) nach dem Maximum statt dem Minimum gefragt werden. Alle übrigen Formeln bleiben gleich. Die Einflussfaktoren wirken genau wie erwartet. Beispielsweise können höhere Wiederverkaufspreise wesentlich kürzere optimale Gebrauchsdauern zur Folge haben, wie der Vergleich beider Varianten in Tabelle 2 zeigt. Ausserdem unterscheiden sich bei der zweiten Variante die minimalen und maximalen Gesamtkosten viel stärker voneinander. Hier kommt es also sehr darauf an, welche Ersatzstrategie gewählt wird.

Ausgedehnte Versuche haben gezeigt, dass die optimale Ersatzstrategie wesentlich vom Verhältnis zwischen den Kostensteigerungen von Unterhaltskosten und Anschaffungspreisen abhängig ist: Steigen die Unterhaltskosten stärker als die Anschaffungspreise ( $c > b$  in Formel 2), so werden die Gebrauchsdauern immer kürzer und umgekehrt. Demnach führt der Fall  $b = c$  zu konstanten Gebrauchsdauern.

### 43 Ermittlung des kostenoptimalen Ersatzzeitpunktes

Im allgemeinen sollte bei den Berechnungen mit einem Planungszeitraum begonnen werden, der etwa dem anderthalbfachen Alter der ältesten in der Datei vorhandenen Fahrzeuge des zu untersuchenden Typs entspricht. Ergibt sich dabei eine optimale Gebrauchsdauer, die den Planungszeitraum übersteigt, so ist dieses Resultat eindeutig, und es brauchen keine weiteren Varianten mehr untersucht zu werden. Liegt jedoch der *erste Ersatzzeitpunkt* — und um den handelt es sich ja in der Praxis in erster Linie — noch innerhalb des Planungszeitraums, so sollte dieser sprunghaft so lange erhöht werden, bis sich keine wesentliche Änderung (höchstens  $\pm 1$ ) des ersten Ersatzzeitpunktes mehr ergibt. Warum dieses Vorgehen empfohlen wird, kann am einleuchtendsten durch ein Beispiel erläutert werden: Beträgt der Planungszeitraum zehn Jahre, so kann das Programm als optimale Gebrauchsdauern sechs und vier Jahre, also die Strategie (6 4) angeben, obschon auf längere Sicht der erste Ersatzzeitpunkt erst nach acht Jahren optimal wäre. Diese falsche Auskunft ist darauf zurückzuführen,

baux minimaux et maximaux différent en outre beaucoup plus fortement. Le genre de stratégie de remplacement choisie joue donc en l'occurrence un rôle essentiel.

Des essais approfondis ont montré que la stratégie de remplacement optimale dépendait surtout du rapport entre la croissance des frais de maintenance et celle des prix d'achat: si les frais de maintenance s'accroissent plus fortement que les prix d'achat ( $c > b$  dans la formule 2), la durée d'utilisation devient toujours plus brève et vice versa. Il en résulte que le cas  $b = c$  conduit à des durées d'utilisation constantes.

### 43 Détermination de l'instant de remplacement optimal du point de vue des frais

En règle générale, les calculs devraient débiter avec un horizon de planification correspondant environ à une fois et demie l'âge du véhicule le plus ancien du type considéré. S'il en résulte une durée d'utilisation optimale, qui dépasse l'horizon de planification, le résultat est parfaitement clair, et il n'est plus nécessaire d'examiner d'autres variantes. Si toutefois le *premier instant de remplacement* — et c'est surtout de lui qu'il s'agit en pratique — se situe à l'intérieur de l'horizon de planification, on devrait l'augmenter progressivement par sauts jusqu'à ce qu'il n'en résulte plus aucune modification sensible du premier instant de remplacement (au maximum  $\pm 1$ ). Un exemple montrera le mieux pourquoi il est recommandable de procéder ainsi: si l'horizon de planification est de dix ans, le programme indiquera 6 et 4 ans en tant que durées d'utilisation optimales, c'est-à-dire la stratégie (6 4), bien que le premier instant de remplacement, vu à longue échéance, ne serait optimal qu'après huit ans. Ce renseignement erroné provient du fait que la stratégie (6 4), vue sur un horizon de dix ans seulement, est effectivement moins coûteuse que la stratégie (8 2). Vu que le prix de revente évolue dégressivement, le rapport entre le prix de revente et le prix d'achat est, par rapport à l'âge du véhicule, beaucoup plus favorable après quatre ans qu'après deux ans. Le même rapport varie beaucoup moins si l'on compare une voiture de six ans et une voiture de huit ans. Etant donné que le programme admet que la voiture sera vendue sans remplacement après dix ans, le calcul des durées d'utilisation optimales fondé sur cette fausse hypothèse est parfaitement correct. Toutefois, dès que l'on prolonge par étapes l'horizon de planification lors du calcul subséquent de variantes (par exemple en le portant à 20 ans), on voit bientôt apparaître le chiffre huit en tant que première durée d'utilisation optimale, valeur qui va rester inchangée, même si l'on prolonge encore plus l'horizon de planification.

Si le premier instant de remplacement n'est pas éloigné (au cours des trois prochaines années suivantes environ) ou si la voiture avait déjà dû être remplacée, il convient de vérifier soigneusement les données introduites (renchérissement, taux d'intérêt calculé, prix d'achat et prix de revente) ou encore de calculer d'autres variantes.

### 5 Détermination définitive de l'instant de remplacement

On a montré jusqu'ici qu'il était possible de déterminer l'instant de remplacement optimal, à l'unique point de

dass für einen Betrachtungszeitraum von zehn Jahren die Strategie (6 4) tatsächlich billiger ist als die Strategie (8 2). Da der Wiederverkaufspreis degressiv fällt, ist bezüglich des Fahrzeugalters das Verhältnis Wiederverkaufspreis zu Anschaffungspreis nach vier Jahren viel günstiger als nach zwei Jahren. Dasselbe Verhältnis ändert zwischen einem sechs- und einem achtjährigen Wagen viel weniger. Da nun das Programm annimmt, nach zehn Jahren werde der Wagen ohne Ersatz verkauft, berechnet es die dieser falschen Annahme entsprechenden optimalen Gebrauchsdauern durchaus richtig. Sobald dann aber in einer anschliessenden Variantenrechnung der Planungszeitraum stufenweise erhöht wird (z. B. auf 20 Jahre), erscheint als optimale erste Gebrauchsdauer bald einmal die Acht, die sich auch bei weiterer Erhöhung des Planungszeitraums nicht mehr ändern wird.

Liegt der erste Ersatzzeitpunkt nicht fern (etwa in den nächsten drei Jahren) oder hätte der Wagen bereits ersetzt werden sollen, so sind die Eingabedaten (Teuerungen, kalkulatorischer Zins, Anschaffungs- und Wiederverkaufspreise) sorgfältig zu überprüfen und allenfalls weitere Varianten zu rechnen.

## 5 Endgültige Bestimmung des Ersatzzeitpunktes

Bisher wurde gezeigt, wie unter Berücksichtigung sämtlicher *quantifizierbarer* Einflussfaktoren der rein *kostenoptimale* Ersatzzeitpunkt ermittelt werden kann. Dieser ist aber notwendigerweise nicht auch der wirklich optimale Zeitpunkt. Es gibt nämlich noch andere Aspekte, die bei der Festsetzung des Ersatzzeitpunktes eine wichtige Rolle spielen.

Ihr Stellenwert ist um so grösser, je weniger sich die Gesamtkosten der günstigsten und ungünstigsten Ersatzstrategie voneinander unterscheiden (siehe Tabelle 2, Minimal- und Maximal-Variante).

### 51 Ersatzteilbeschaffung

Wird ein Fahrzeugtyp nicht mehr hergestellt, so sind Fahrzeugteile noch ungefähr 5...25 Jahre erhältlich. Fahrzeuge sollen ersetzt werden, bevor Ersatzteile mit einer teuren Sonderanfertigung beschafft werden müssen.

### 52 Aussergewöhnliche Reparaturkosten

Bei der Berechnung des kostenoptimalen Ersatzzeitpunktes wird die normale Reparaturanfälligkeit eines Fahrzeugtyps durch die vorhandenen Daten über bereits ausgeführte Reparaturen berücksichtigt. Nicht berücksichtigt werden indes bevorstehende *anormale* Reparaturen, die sich eindeutig nicht mehr lohnen (z. B. teure und kaum reparierbare Rostschäden).

### 53 Betriebliche Interessen

Nicht selten stellt sich das Problem, über den Ersatzzeitpunkt eines Fahrzeugtyps zu befinden, der aus Kostengründen ersetzt werden sollte, jedoch wegen seiner besonderen Eigenschaften sehr beliebt ist. Wenn zum kostenoptimalen Ersatzzeitpunkt auf dem Markt noch

*vue des frais*, en se fondant sur tous les facteurs d'influence *quantifiables*. Il n'est cependant pas certain qu'il soit forcément l'instant véritablement optimal. Il ne faut en effet pas oublier qu'il existe encore d'autres aspects jouant un rôle important lors du choix de cette date.

Leur importance est d'autant plus grande que les frais globaux de la stratégie de remplacement la plus favorable et la plus défavorable diffèrent peu (voir variantes minimales et maximales du tableau II).

## 51 Acquisition des pièces de rechange

Lorsqu'un type de véhicule n'est plus fabriqué, on peut encore obtenir des pièces de rechange pendant environ 5...25 ans. Il est donc important de remplacer les véhicules avant que les pièces de rechange ne doivent être acquises aux prix élevés qu'implique une exécution spéciale.

## 52 Frais de réparation extraordinaires

Lors du calcul de l'instant de remplacement optimal du point de vue des frais, on tient compte, en se fondant sur les réparations déjà exécutées, de leur fréquence normale. On ne tient toutefois pas compte dans ces considérations des réparations *anormales* imminentes, qu'il ne vaut manifestement plus la peine d'exécuter (par exemple les dégâts coûteux et presque irréparables dus à la rouille).

## 53 Intérêts particuliers de l'entreprise

Il n'est pas rare qu'il faille décider à quel instant il convient de remplacer, pour des raisons de coûts, un type de véhicule par ailleurs très apprécié pour ses caractéristiques particulières. Si, à l'instant de remplacement optimal du point de vue des coûts, il n'existe pas encore sur le marché un nouveau véhicule offrant les mêmes avantages, le type en question n'est pas encore remplacé.

## 54 Occupation dans le secteur automobile dans l'industrie suisse

Suivant les cas, il importe d'attribuer un certain rôle à ce critère. Dans les cas limites, où une durée d'utilisation légèrement plus brève ou plus longue n'aurait pratiquement pas de conséquences financières, ce critère pourrait influencer sur la décision.

## 6 Conclusions

La Division des automobiles de l'Entreprise des PTT prévoit d'introduire une planification continue tenant compte de la nouvelle méthode de calcul, en ce sens qu'elle procédera, à temps déjà, à des analyses annuelles portant sur les diverses séries de véhicules. Cela permettra de faire d'une pierre deux coups: déterminer chaque année, d'une part, les valeurs d'expérience pour les frais de réparation et d'entretien ainsi que le renchérissement correspondant aux plus récentes données et, d'autre part, mettre en évidence par comparaison avec d'anciens résultats la tendance à remplacer ou à ne pas remplacer un certain type de véhicule.

kein neues Fahrzeug mit den gleichen Vorzügen erhältlich ist, wird der Fahrzeugtyp noch nicht ersetzt.

#### **54 Beschäftigungslage der schweizerischen Fahrzeugindustrie**

Diesem Kriterium kommt von Fall zu Fall eine gewisse Bedeutung zu. In Grenzbereichen, wo sich eine leicht kürzere oder längere Gebrauchsdauer kostenmässig kaum auszuwirken vermag, ist eine Beeinflussung des Entscheides denkbar.

#### **6 Schlussfolgerungen**

Die Automobilabteilung der PTT-Betriebe hat die Absicht, mit dem neuen Berechnungsverfahren eine rollende Planung einzuführen, indem sie über die verschiedenen Fahrzeugserien schon frühzeitig jährliche Berechnungen durchführt. So erreicht man zwei Ziele: erstens werden jedes Jahr die neusten Erfahrungswerte über Teuerung, Reparatur- und Unterhaltskosten erfasst, und zweitens zeichnet sich beim Vergleich mit früheren Ergebnissen der Trend in Richtung Ersatz oder Nichtersatz ab.

---

**Die nächste Nummer bringt unter anderem**

**Vous pourrez lire dans le prochain numéro**

**3/83**

Kündig A.	Entwicklung des Integrierten Fernmeldesystems IFS: Zielsetzungen und Organisation Développement du système de télécommunication intégré IFS: objectifs et organisation
Vogel E. W.	Spezifikationsmethoden für logische Abläufe in Echtzeit-Systemen
Cupelin D.	Décentralisation à Genève du téléjournal romand

---