

# Untersuchungen über das Startvermögen und die Lebensdauer von Automobil-Akkumulatoren = Essais sur la puissance de démarrage et la longévité d'accumulateurs d'automobiles

Autor(en): **Gerber, T.**

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): **35 (1957)**

Heft 10

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875093>

## **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.

## Bibliographie

1. *W. Gerber* und *F. Tank*. Über die Ausbreitung der Ultrakurzwellen in der Schweiz. In: Probleme des Fernsehens. Vorträge und Diskussionsberichte. I. Internationale Fernseh-Tagung in Zürich, 19. bis 21. September 1938, veranstaltet von der Physikalischen Gesellschaft Zürich. Sonderheft Schweiz. Arch. f. angew. Wissensch. u. Techn. Solothurn 1938.
2. *W. Klein* und *J. Dufour*. Rundspruchversuche mit frequenzmodulierten Ultrakurzwellen. Techn. Mitt. PTT 1948, Nr. 1, S. 1...21; Nr. 2, S. 61...83.
3. *S. Goldman*. Frequency Analysis, Modulation and Noise. New York 1948.
4. *A. B. Crawford* and *W. C. Jakes, Jr.* Selective Fading of Microwaves. Bell Syst. Techn. J. **31** (1952), 68.
5. *V. K. Zworykin* and *G. A. Morton*. Television. 2nd Edition. New York 1954.
6. *H. Meinke* und *F. W. Gundlach*. Taschenbuch der Hochfrequenztechnik. Berlin 1956.

## Untersuchungen über das Startvermögen und die Lebensdauer von Automobil-Akkumulatoren

Von *Th. Gerber*, Bern

621.355

**Zusammenfassung.** Einleitend werden kurz die Massnahmen besprochen, durch die es den Akkumulatorenherstellern in den letzten Jahren gelang, die Qualität der sogenannten Starterbatterien wesentlich zu verbessern. Anschliessend folgt die Beschreibung mehrerer Laboratoriumsversuche, deren Ergebnisse zeigen, dass dank diesen Fortschritten die Startleistungen bei normalen, ganz besonders aber bei tiefen Temperaturen wesentlich erhöht und die Lebensdauer der Batterien selbst bei ungünstigen Betriebsverhältnissen verlängert worden sind. Für verschiedene, sich im Aufbau unterscheidende Batterietypen werden für die drei Kriterien Warmstartvermögen, Kaltstartvermögen und Lebensdauer Zahlenwerte angegeben, die die vergleichende quantitative Beurteilung der einzelnen Typen ermöglichen.

### EINLEITUNG

In der Fabrikation von Automobilakkumulatoren, auch Starterbatterien genannt, sind seit Beginn dieses Jahrzehnts wesentliche Fortschritte erzielt worden. Wohl sind die erreichten Verbesserungen zum Teil in Firmenschriften usw. beschrieben, da aber eine eigentliche Fachliteratur auf diesem Gebiet des Akkumulatorenbaus fehlt, ist es für den Aussenstehenden schwierig, sich ein konkretes Bild über das Erreichte zu machen. Aus dieser Erwägung heraus ist die vorliegende Veröffentlichung entstanden; sie bezweckt, die Fortschritte bekanntzugeben und auf Grund von Laboratoriumsuntersuchungen die quantitativen Auswirkungen der von den Akkumulatorenfabriken erreichten Verbesserungen aufzuzeigen. In die letzten Fabrikationsgeheimnisse kann dabei natürlich nicht eingedrungen werden.

Die ersten hier durchgeführten Untersuchungen reichen etwa in das Jahr 1950 zurück. Dies war der Zeitpunkt, in dem sowohl Batterien alter als auch neuer Konstruktion zur Verfügung standen, was den Vergleich verschiedener Batterietypen wesentlich erleichterte.

Wenn bis jetzt und auch weiterhin stets nur von Batterie-Typen die Rede ist, so soll damit festgehalten werden, dass es dabei nicht etwa um den Vergleich oder sogar um die Beurteilung von Batterie-Fabrikaten geht. Es handelt sich hier einzig und allein darum, Einflüsse des Materials, des Aufbaus, der

## Essais sur la puissance de démarrage et la longévité d'accumulateurs d'automobiles

Par *Th. Gerber*, Berne

**Résumé.** L'auteur décrit brièvement, pour commencer, les moyens grâce auxquels les fabricants d'accumulateurs sont parvenus, ces dernières années, à améliorer considérablement les batteries de démarrage. Il décrit ensuite des essais faits en laboratoire, dont les résultats montrent l'augmentation des puissances de démarrage, particulièrement aux basses températures, et la prolongation de la vie des batteries même dans les conditions d'exploitation les plus défavorables. Pour divers types de batteries sont indiquées, d'après les trois critères puissance de démarrage à chaud, puissance de démarrage à froid et longévité, des valeurs permettant de comparer quantitativement entre eux les différents types d'accumulateurs.

### INTRODUCTION

Au cours de cette dernière décennie, des progrès considérables ont été réalisés dans la fabrication des accumulateurs d'automobiles, dits batteries de démarrage. Une partie de ces améliorations sont décrites dans les revues publiées par les fabricants, mais comme il n'existe pas de littérature spécialisée dans le domaine de la construction des accumulateurs, le profane a quelque peine à se faire une idée des résultats obtenus. C'est pourquoi cet article a été écrit; son but est de faire connaître les progrès auxquels on est arrivé et, d'après des essais faits en laboratoire, les résultats quantitatifs des améliorations apportées par les fabricants. Il n'est évidemment pas possible de pénétrer dans les derniers secrets de fabrication.

Les premiers essais remontent à 1950. On disposait alors de batteries d'ancienne et de nouvelle construction, ce qui facilita la comparaison entre les divers types.

S'il n'est question dans le présent article que de types de batteries, il convient de préciser qu'il ne s'agit pas de comparer entre elles des batteries de différentes marques, ni d'émettre une appréciation quelconque à leur sujet. Il s'agit simplement de montrer l'influence exercée par le matériel employé, la construction, etc., c'est-à-dire les différences entre les types. Pour apprécier correctement les essais et leurs résultats, quelques renseignements sur la cons-



Fig. 1. 6-Volt-Starterbatterie  
Batterie d'automobile 6 volts

Konstruktion usw. zu zeigen, das heisst eben Typenunterschiede herauszuschälen. Damit nun aber die durchgeführten Prüfungen und Auswertungen richtig beurteilt werden können, ist es notwendig, vorerst einige Hinweise über den Aufbau von Starterbatterien zu geben.

#### Aufbau der Starterbatterien

Für Automobilakkumulatoren (Fig. 1) werden im allgemeinen die sogenannten *Gitterplatten-Batterien* verwendet, das heisst Batterien, bei denen sowohl die positiven als auch die negativen Platten ein antimonhaltiges Bleigitter enthalten (Fig. 2). Dieses Plattengerüst dient zur Aufnahme der aktiven Masse. Zugleich vermittelt es die Stromleitung zwischen der Masse und dem Gitterrahmen, der seinerseits mit dem

truction des batteries de démarrage sont cependant nécessaires.

#### Construction des batteries de démarrage

Pour les accumulateurs d'automobiles (fig. 1), on emploie en général des *batteries avec plaques à grille*, c'est-à-dire des batteries dont les plaques positives et négatives sont formées de grilles de plomb avec adjonction d'antimoine (fig. 2). Cette carcasse reçoit la masse active. Elle sert en même temps à conduire le courant entre la masse et le cadre de la grille, lequel est relié à l'un des pôles de la batterie. La grille subit une formation complète en cours de travail. Elle s'agrandit, perd sa résistance mécanique et, dans certains cas, peut se fissurer, ce qui interrompt le passage du courant.

Pour que les plaques positives et négatives ne se touchent pas dans l'élément, elles sont maintenues éloignées les unes des autres par des *séparateurs* isolants. Ces séparateurs doivent répondre à de nombreuses exigences, dont certaines sont contradictoires, par exemple présenter une faible résistance intérieure, c'est-à-dire être très poreux, et avoir une résistance mécanique suffisante. Ils doivent en outre résister à la chaleur, à l'acide et ne pas s'oxyder. Mais ils doivent avant tout retenir la masse positive qui devient spongieuse avec le temps, car il s'agit d'empêcher à tout prix que des parcelles de cette masse se glissent entre deux plaques voisines et causent des courts-circuits. Des nombreux genres de séparateurs existants, nous ne décrivons que ceux qui sont employés dans les accumulateurs que nous avons examinés.

Le type le plus employé est la combinaison d'un *séparateur ondulé* en caoutchouc durci ou en matière synthétique avec un séparateur en bois lisse, généralement en bois de cèdre (fig. 3). Ces deux constituants

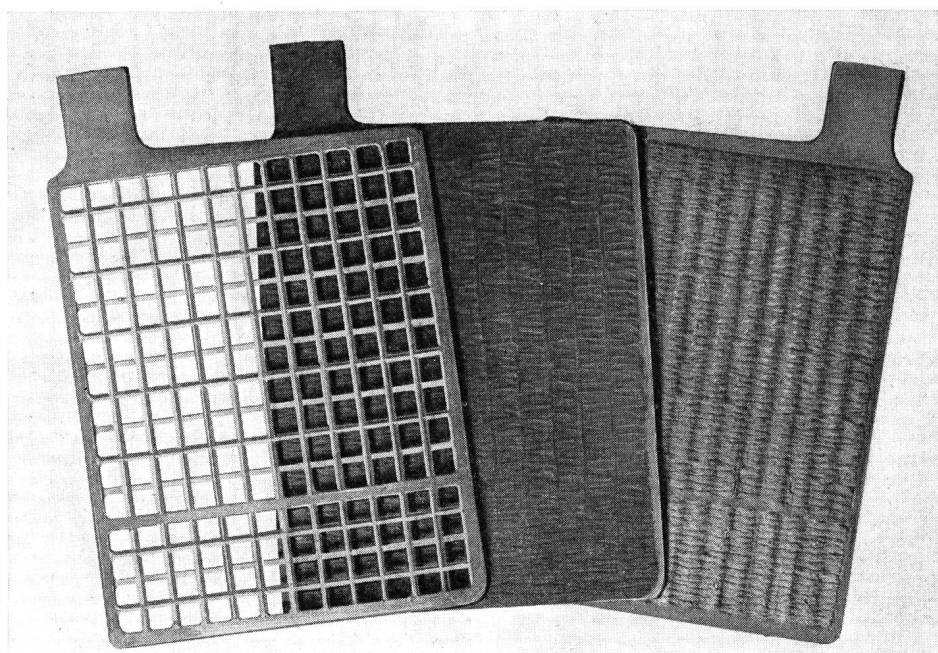


Fig. 2.  
Gitter, negative und positive Platte  
einer Starterbatterie  
Grille, plaque négative et plaque positive  
d'une batterie d'automobile

entsprechenden Batteriepol verbunden ist. Das Gitter wird im Laufe der Betriebszeit durchformiert. Es wächst, verliert seine mechanische Festigkeit und bekommt unter Umständen Risse, was zu Unterbrüchen der Stromleitung führt.

Damit sich die positiven und negativen Platten in den Zellen nicht berühren, werden isolierende und distanzierende Bestandteile, die sogenannten *Separatoren*, zwischen die einzelnen Platten geschoben. Diese Separatoren müssen sehr viele, zum Teil sogar einander widersprechende Forderungen erfüllen, wie zum Beispiel kleiner innerer Widerstand, das heisst grosse Porosität, und ausreichende mechanische Festigkeit. Ferner sollen sie wärmebeständig, säurebeständig und auch oxydationsfest sein. Vor allem aber sollen die Separatoren die mit der Zeit locker werdende positive Masse zurückhalten, da unbedingt verhindert werden muss, dass Masseteilchen zwischen benachbarte Platten treten und Kurzschlüsse auslösen. Von den vielen Separatorarten seien nun diejenigen etwas näher beschrieben, die bei den hier geprüften Akkumulatoren vorkommen.

Am gebräuchlichsten ist die Kombination eines *Wellenseparators*, aus Hartgummi oder Kunststoff hergestellt, mit einem glatten, am besten aus Zedernholz bestehenden *Holzbrettchen* (Fig. 3). Diese beiden Bestandteile werden stets zusammen verwendet, wobei der Wellenseparator der positiven, das Holzbrettchen der negativen Platte aufliegt. Das schwache Glied in dieser Kombination ist das nur 0,4 bis 0,8 mm dicke Holzbrettchen; es kann Risse bekommen (besonders in ungefüllten Batterien als Folge des Austrocknens), verkohlen (falls die Batterien zu heiss werden, z. B. bei dauernder Überladung), und es kann auch vom Wellenseparator durchgescheuert werden. In allen diesen Fällen entstehen früher oder später Kurzschlüsse zwischen den Platten. Wird zu-

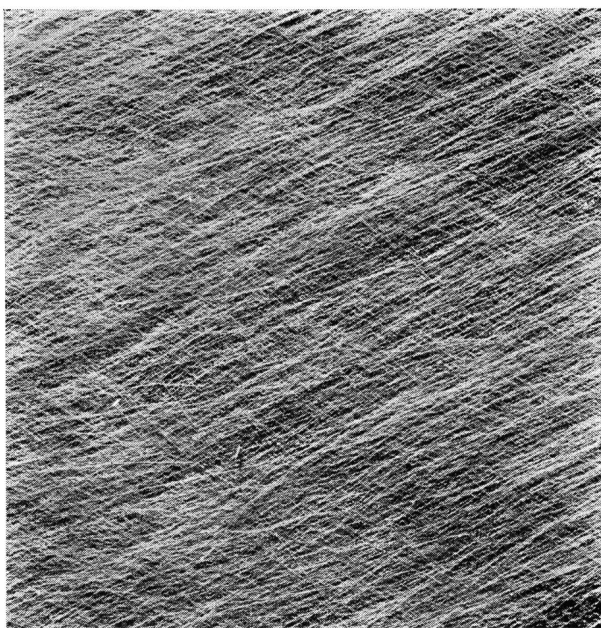


Fig. 4. Glasseide-Rückhaltmatten  
Couche de laine de verre

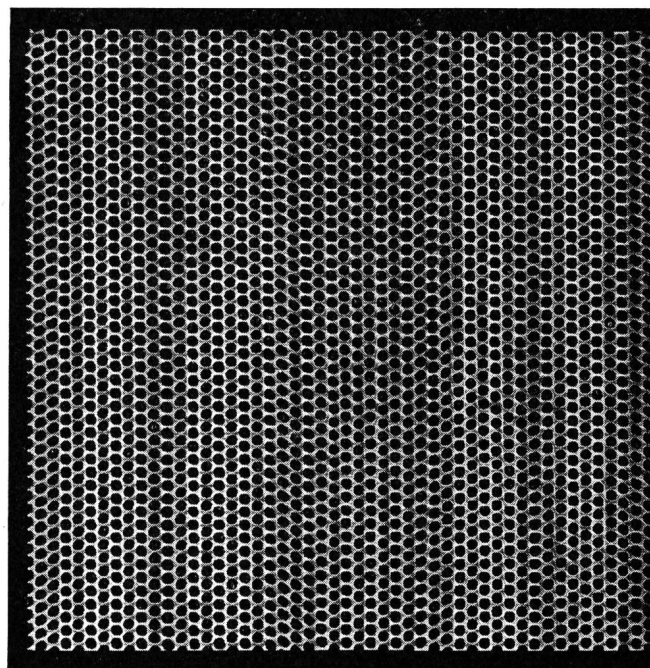
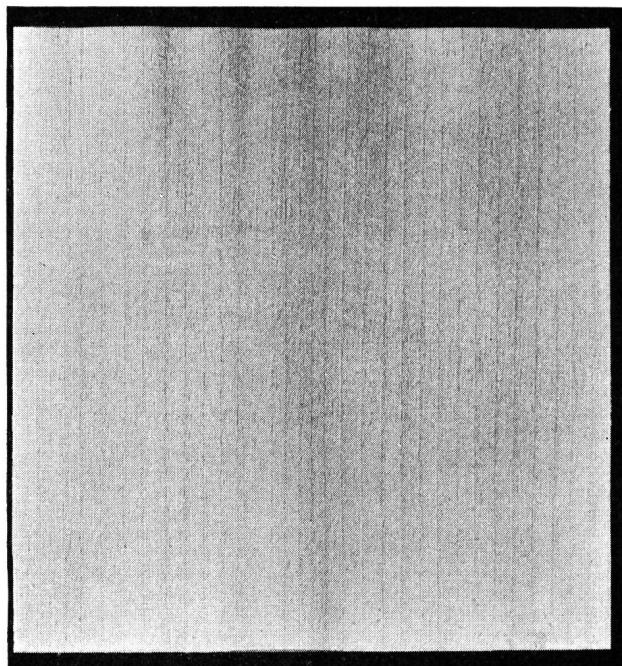


Fig. 3. Holzbrettchen (oben) und Wellenseparator (unten)  
Séparateur en bois (en haut) et séparateur ondulé (en bas)

sont toujours utilisés ensemble, le séparateur ondulé se trouvant au contact de la plaque positive et le bois contre la plaque négative. L'élément faible de cette combinaison est le bois, épais de 0,4 à 0,8 mm; il peut se fissurer (en particulier dans les batteries vidées de leur électrolyte, en raison de la dessiccation), se carboniser (lorsque les batteries s'échauffent trop, par exemple pendant une surcharge constante) ou être troué par le séparateur ondulé. Dans tous ces cas, des courts-circuits se produisent tôt ou tard entre les plaques. Lorsqu'une *couche de laine de verre* est encore appliquée contre la plaque positive, on parle de *triple isolation* (fig. 4). Cette laine de verre em-

sätzlich noch eine *Glasseide-Rückhaltematte* (Fig. 4) auf die positive Platte gelegt, so spricht man von der *Dreifach-Isolation*. Diese Glasseidematte verhindert nahezu vollständig, dass die im Laufe der Zeit locker werdende positive Masse herausfällt. Figur 5 zeigt in 40facher Vergrößerung den Aufbau dieser Glasseidematte. Bemerkenswert sind die vielen freien Zwischenräume, die den Elektrolyten fast ungehindert zirkulieren lassen.

Die sogenannten *Mipor-Separatoren* (mikroporös), in Figur 6 dargestellt, können gewissermassen als Ersatz für die Holzbretchen betrachtet werden. Sie werden aber auch für sich allein, das heisst ohne Wellenseparator, verwendet. Sie bestehen aus Kautschuk oder Polyvinylchlorid, sind säurebeständig und besitzen gute mechanische Eigenschaften. Bei Kautschuk ist einzig der hohe elektrische Innenwiderstand nachteilig, der im Laufe der Zeit durch die Verstopfung der Poren noch zunimmt.

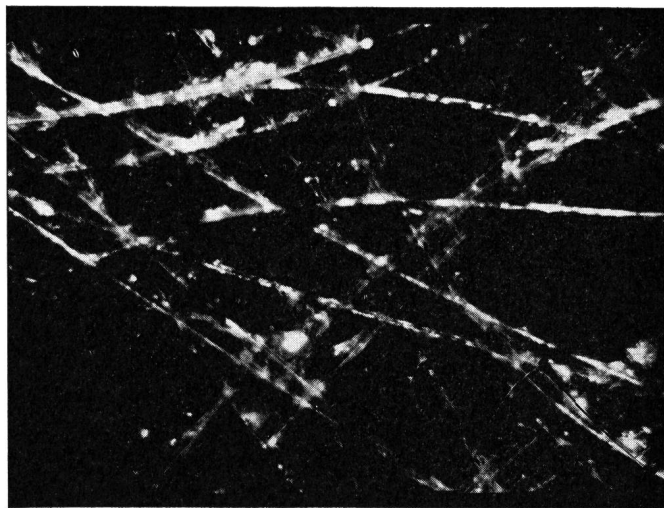


Fig. 5. Glasseide-Rückhaltematte, 40fach vergrössert  
Couche de laine de verre, grossie 40 fois

pêche pour ainsi dire complètement la masse positive spongieuse de tomber. La figure 5 montre, grossie 40 fois, la constitution de la couche de laine de verre. On y remarque en particulier les nombreux interstices par lesquels l'électrolyte peut passer librement.

Les *séparateurs Mipor* (microporeux), représentés à la figure 6, peuvent être considérés en quelque sorte comme un substitut du séparateur en bois. Ils peuvent aussi être employés seuls, c'est-à-dire sans séparateurs ondulés. Ils sont en caoutchouc ou en chlorure de polyvinyle, résistent aux acides et possèdent de bonnes propriétés mécaniques. Le caoutchouc présente cependant l'inconvénient d'avoir une forte résistance électrique intérieure, qui augmente encore à la longue avec l'obturation des pores.

Dans le *séparateur combiné Mipor - laine de verre* (fig. 7), une feuille de laine de verre est collée sur une couche poreuse en matière synthétique résistant aux acides, en Kieselguhr (terre d'infusoires) ou en autre matière. Comme dans le séparateur à triple isolation, la laine de verre empêche dans une large mesure la masse positive de se détacher; les pores de la couche microporeuse ne peuvent ainsi s'obturer. Lorsque ces

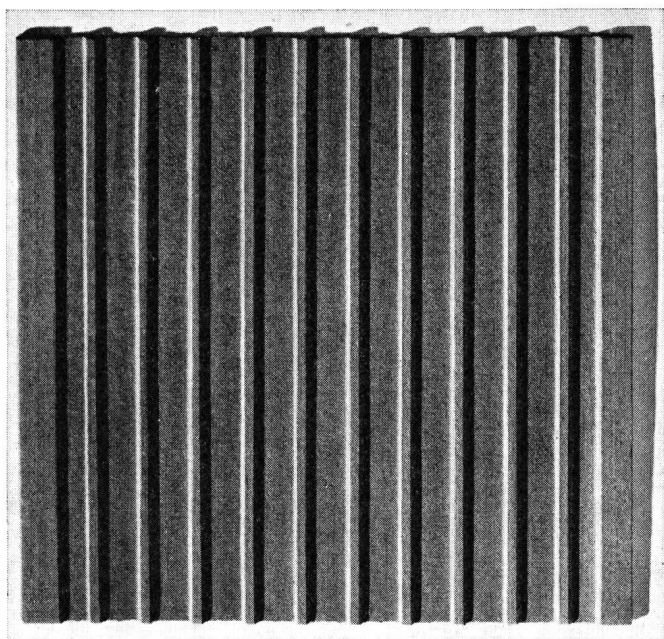


Fig. 6. Mipor-Separator  
Séparateur Mipor

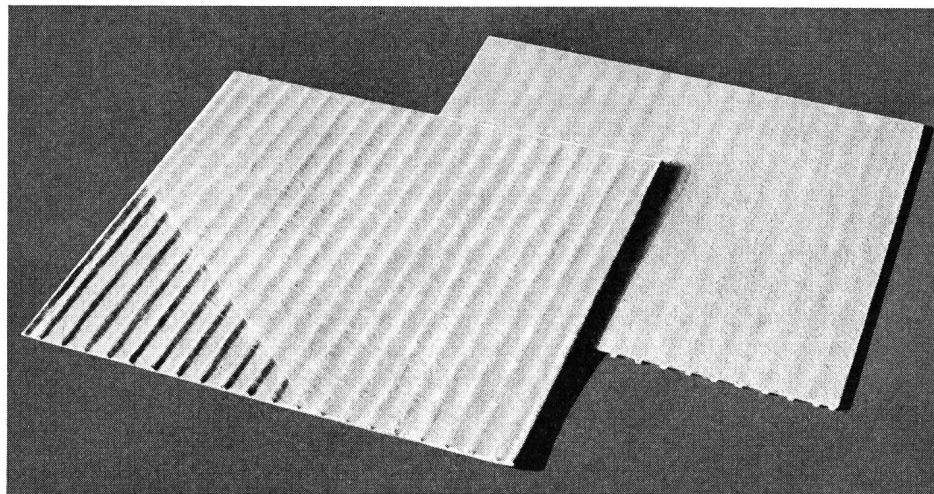


Fig. 7.  
Kombinierter Mipor-Glasseide-Separator  
Séparateur combiné Mipor/laine de verre

Beim *kombinierten Mipor-Glasseide-Separator* (Fig. 7) ist eine Glasseidefolie auf eine poröse Schicht, die aus säurebeständigem Kunststoff, Kieselgur oder anderem Material besteht, geklebt. Die Glasseide verhindert wie beim Dreifach-Separator weitgehend das Ausfallen der positiven Masse; die Poren der mikroporösen Schicht können dadurch nicht verstopft werden. Trockenes Lagern der Batterien schadet diesem Separator nicht – eine wichtige Errungenschaft im Hinblick auf die seit einiger Zeit im Handel erhältlichen Batterien, die trocken und zugleich geladen an Lager gehalten werden können.

Art und Aufbau der verwendeten *Separatoren* bilden ein wichtiges Merkmal für die Einteilung der Akkumulatoren nach Typen. Ein anderes, ebenso wichtiges Merkmal ist die Zahl der je Zelle vorhandenen *positiven Platten*. In Akkumulatoren mit erhöhter Plattenzahl müssen, da die Batteriekästen in ihren Abmessungen genormt sind, entweder die Platten dünner gemacht oder dünnere Separatoren verwendet werden. Bei verminderter Plattendicke werden naturgemäß ebenfalls die Gitter samt den Rahmen entsprechend dünner. Die Fabrikation nimmt durch die Herstellung von fehlerfreien und korrosionsbeständigeren Gittern darauf Rücksicht. Unter «Korrosion» ist dabei das unerwünschte Durchformieren des Gitterbleis zu verstehen. Durch geringe Zusätze von Silber, Zinn, Arsen, Kupfer und anderen Metallen sind in Richtung der Korrosionsbeständigkeit gewisse Fortschritte erreicht worden. Es war bei den durchgeführten Versuchen eine wichtige Frage, ob die Plattendicke und die Plattenzahl die Lebensdauer von Starterbatterien wesentlich zu beeinflussen vermögen.

Ein drittes wichtiges Merkmal ist die Zusammensetzung der *aktiven Masse*. Gerade auf diesem Gebiet wurden in der Fabrikation der Starterbatterien bedeutende Fortschritte erzielt, indem gewisse Zusätze, sogenannte *Expander* gefunden wurden. Es sind dies Lignin-Verbindungen, die der negativen Masse entweder in fester oder flüssiger Form zugesetzt werden. Sie bewirken vor allem eine beträchtliche Steigerung der Leistung bei tiefen Temperaturen und bei grossen Strömen; parallel dazu resultieren eine grössere Kapazität und eine bessere Spannungshaltung. Es ist zumindest interessant, dass dieses in den früher verwendeten Holzbrettchen «zufällig» enthaltene Lignin bei der Verwendung von Separatoren aus synthetischem Material in nun allerdings wirkungsvollere Form wieder zugesetzt werden muss.

### Typeneinteilung der geprüften Starterbatterien

Zur einfachen und möglichst prägnanten Bezeichnung der verschiedenen hier geprüften Batterietypen seien die folgenden, später stets wieder gebrauchten Symbole eingeführt.

*Type N*: Damit wird die «klassische», immer wieder zum Vergleich herangezogene *Normalbatterie* bezeichnet. Sie entspricht einer Batterie in der Aus-

batteries sont conservées à sec, le séparateur n'est pas endommagé – qualité importante des batteries mises depuis peu sur le marché, qui peuvent être conservées à sec tout en étant chargées.

Le genre et la construction des *séparateurs* sont l'une des caractéristiques principales pour le classement des accumulateurs d'après leur type. Une autre caractéristique tout aussi importante est le nombre des *plaques positives* par élément. Dans les accumulateurs avec grand nombre de plaques, on doit avoir des plaques ou des séparateurs plus minces, car les dimensions des bacs sont normalisées. Si l'épaisseur des plaques est moindre, la grille et le cadre doivent naturellement être aussi plus minces. Les fournisseurs tiennent compte de cette particularité en fabriquant des grilles n'accusant aucun défaut et résistant à la corrosion. Il faut entendre ici par «corrosion» la déformation du plomb des grilles. Dans le domaine de la résistance à la corrosion, on a obtenu de bons résultats en ajoutant au plomb de l'argent, de l'étain, de l'arsenic, du cuivre, ou d'autres métaux. Dans les essais que nous avons faits, une question importante était de savoir si l'épaisseur et le nombre des plaques exercent une influence notable sur la longévité des batteries d'automobiles.

Une troisième caractéristique importante est la composition de la *masse active*. La fabrication des batteries d'automobiles a, précisément dans ce domaine, bénéficié de progrès marquants, par la découverte de certains produits d'adjonction, dits *expanders*. Il s'agit de combinaisons de lignine, qui sont ajoutées à la masse négative sous forme solide ou liquide. Ils ont pour effet d'augmenter considérablement la puissance aux basses températures et aux intensités élevées; parallèlement, la capacité augmente et la tension se maintient plus stable. Il est pour le moins intéressant de constater que la lignine contenue autrefois «par hasard» dans les séparateurs en bois doit, lorsqu'on emploie des séparateurs en matière synthétique, être de nouveau ajoutée, mais sous une forme plus active.

### Répartition des types des batteries examinées

Pour désigner de manière simple et aussi significative que possible les différents types de batteries examinés, nous utilisons les symboles suivants.

*Type N*: Ce symbole désigne la *batterie normale* «classique», toujours prise comme base de comparaison. Il s'agit de la batterie telle qu'on la connaissait peu avant 1950, avec séparateurs en bois et séparateurs ondulés, dont la masse active ne contenait pas d'«expander», et qui comptait cinq ou au plus six plaques positives relativement épaisses par élément.

*Type M*: Batterie avec *masse active améliorée*, soit avec adjonction d'«expander». Cette masse est désignée par la suite sous le nom de *masse pour démarrage à froid*. Le nombre des plaques et la nature des séparateurs sont les mêmes que pour le type normal *N*.

führung etwa vor dem Jahr 1950, bei der als Separatoren Holzbrettchen und Wellenseparatoren verwendet werden, deren aktive Masse keinen Expanderzusatz enthält und die pro Zelle fünf oder höchstens sechs verhältnismässig dicke positive Platten besitzt.

*Typ M:* Batterie mit *verbesselter Masse*, das heisst also mit Expanderzusatz. Diese Masse sei im folgenden als *Kaltstartmasse* bezeichnet. Die Zahl der Platten und die Art der Separatoren entsprechen im übrigen dem Normaltyp *N*.

*Typ P:* *Vielplattenbatterie*, die an Stelle von fünf oder sechs positiven Platten bei gleichen Kastenabmessungen deren sieben besitzt. Die aktive Masse und die Separatoren entsprechen wiederum dem Typ *N*.

*Typ S:* Batterie mit verbesserten *Separatoren*, worunter die bereits beschriebene Dreifach-Isolation (Holzbrettchen, Wellenseparator, Glasseide-Rückhaltmatte) und der kombinierte Mipor-Separator fallen.

*Mischtypen:* Zur Kennzeichnung der Mischtypen werden die einzelnen Symbole einfach aneinandergereiht, wobei jedoch das Symbol *N* der Einfachheit halber weggelassen wird. So besitzt zum Beispiel eine mit *PS* bezeichnete Batterie, verglichen mit dem Normaltyp *N*, sowohl eine vergrösserte Plattenzahl als auch verbesserte Separatoren.

Die vier Reintypen *N*, *M*, *P* und *S* unterscheiden sich nur durch je einen Parameter. Sie stellen deshalb ideale Prüfobjekte dar, an denen die Auswirkungen der einzelnen Parameter leicht gefunden werden können. Leider waren sie aber im Zeitpunkt der Untersuchungen nicht alle einzeln erhältlich; ausser dem Typ *N* und einigen wenigen Reintypen standen noch Mischtypen zur Verfügung. Es gelang aber durch eine später beschriebene Auswertemethode, auch die Mischtypen zur Bestimmung der einzelnen Parametereinflüsse heranzuziehen. Damit wurde es möglich, für die einzelnen Reintypen zuverlässige Versuchsmittelwerte zu erhalten. Über diesen Umweg konnte also das erreicht werden, was den Herstellern von Akkumulatoren durch die gesonderte Anfertigung von Spezialtypen für Forschungszwecke leicht möglich ist.

Nach dieser Einleitung über den Aufbau und die Typisierung der geprüften Starterbatterien können nun die durchgeführten Versuche beschrieben werden.

## ERSTER TEIL DES VERSUCHSPROGRAMMS START- UND LEBENSDAUERVERSUCHE

### Daten der geprüften Akkumulatoren

Die Versuche wurden ausschliesslich mit Starterbatterien von schweizerischen Akkumulatorenfabriken durchgeführt. Es handelte sich dabei um Batterien von 6 Volt, die somit drei Zellen enthalten. Ihre Nennkapazität betrug durchwegs 75 Ah. Die Batterien waren zu Beginn der Versuche formiert und besaßen deshalb das Maximum an Kapazität, meistens mehr als den Nennwert. Die zwölf für die erste

*Type P:* Batterie à plaques nombreuses, comptant, pour les mêmes dimensions du bac, sept plaques positives au lieu de cinq ou six. La masse active et les séparateurs correspondent ici aussi à ceux du type *N*.

*Type S:* Batterie avec séparateurs améliorés, entre autres séparateurs à triple isolation (bois, séparateur ondulé et couche de laine de verre) déjà décrits et séparateurs combinés Mipor.

*Types mixtes:* Pour désigner les types mixtes, on inscrit simplement à la suite les uns des autres les symboles entrant en considération, en laissant tomber le symbole *N*, pour plus de simplicité. Ainsi, une batterie désignée par *PS*, comparée au type normal *N*, contient un plus grand nombre de plaques et des séparateurs améliorés.

Les quatre types fondamentaux *N*, *M*, *P* et *S* ne se distinguent entre eux que par un paramètre. Ils représentent donc, pour l'examen, des objets idéaux sur lesquels les effets des paramètres peuvent être facilement décelés. Au moment des essais, tous les types purs n'étaient pas sur le marché; en plus du type *N* et de quelques autres, on disposait encore de types mixtes. Au moyen d'une méthode d'appréciation décrite plus loin, on put cependant utiliser ces types mixtes pour déterminer les influences des paramètres, ce qui permit d'arriver à de bonnes valeurs moyennes pour les types purs. On obtint ainsi, de manière détournée, ce que les fabricants d'accumulateurs peuvent faire facilement en construisant des exemplaires isolés de types spéciaux.

Après avoir ainsi décrit et classé les types de batteries examinés, nous exposons ci-après les divers essais auxquels nous les avons soumis.

## PREMIÈRE PARTIE DU PROGRAMME D'ESSAI DÉMARRAGE ET LONGÉVITÉ

### Caractéristiques des accumulateurs examinés

Les essais portèrent uniquement sur des batteries de démarrage provenant de fabriques suisses. Il s'agissait de batteries de 6 volts, comprenant donc 3 éléments chacune. Leur capacité nominale était de 75 Ah. Au début de l'essai, les batteries étaient déjà formées et avaient leur capacité maximum, en général supérieure à la capacité nominale. Les douze batteries utilisées pour la première série d'essais se répartissaient de la manière suivante:

Type <i>N</i> :	6 batteries
Type <i>M</i> :	1 batterie
Type <i>S</i> :	2 batteries
Type <i>PS</i> :	1 batterie
Type <i>MPS</i> :	2 batteries

Les caractéristiques techniques principales de ces divers types sont rassemblées dans le *tableau I* comme valeurs moyennes.

**Tabelle I. Technische Daten der geprüften Starterbatterien, 1. Teil**  
**Tableau I. Caractéristiques techniques des batteries contrôlées, 1<sup>re</sup> partie**

Typ Type	Nenn- Kapazität Capacité nominale	Zahl der Platten je Zelle Nombre des plaques par élément		Wirksame Oberfläche je Platte Surface active par plaque	Wirksame Ober- fläche d. positiv. Platten je Zelle Surface active des plaques positives par élément	Plattendicke Epaisseur des plaques		Plattenvolumen je Batterie Volume des plaques par batterie			Separatoren Séparateurs
		+	—			+	—	Total			
		+	—			+	—	cm <sup>3</sup>			
<i>N</i>	Ah 75	5...6	6...7	cm <sup>2</sup> 375	cm <sup>2</sup> 2060	mm 2,9	mm 2,9	cm <sup>3</sup> 300	cm <sup>3</sup> 350	cm <sup>3</sup> 650	Holzbrettchen und Wellenseparator Séparateur en bois et séparateur ondulé
<i>M</i>	75	5	6	385	1930	3,25	2,8	310	320	630	
<i>S</i>	75	5...6	6...7	380	2100	2,95	2,95	305	365	670	Dreifach-Isolation Triple isolation Mipor und Glasseide, kombiniert
<i>PS</i>	75	7	8	385	2700	2,3	2,3	310	355	665	
<i>MPS</i>	75	7	8	390	2730	2,1	2,1	285	325	610	Mipor et laine de verre combinés

Versuchsreihe verwendeten Batterien lassen sich folgendermassen einteilen:

- Typ *N* : 6 Stück
- Typ *M* : 1 Stück
- Typ *S* : 2 Stück
- Typ *PS* : 1 Stück
- Typ *MPS*: 2 Stück

Die wichtigsten technischen Daten dieser Akkumulatortypen sind in der *Tabelle I* als Mittelwerte zusammengestellt.

### Beschreibung der Versuche

Die in diesem ersten Teil des Versuchsprogramms durchgeführten Versuche gliedern sich in Entlade- oder Startversuche sowie Versuche über die Lebensdauer. Bei den Startversuchen wird zwischen dem Startvermögen bei normalen Temperaturen, dem sogenannten Warmstartvermögen, und demjenigen bei tiefen Temperaturen, dem sogenannten Kaltstartvermögen, unterschieden. Die benutzten Prüfmethoden lehnen sich an deutsche, französische und amerikanische Normen an, ohne sie jedoch starr zu befolgen. Gelegentlich wurden sie modifiziert oder erweitert, sei es, um eine bessere Annäherung an die Bedingungen der Praxis zu erreichen, sei es, um zusätzliche Informationen über das Verhalten der Prüfobjekte zu erhalten. Umgekehrt musste auf Prüf- und Auswerteverfahren, die einzelne Akkumulatorenfabriken etwa noch anwenden, verzichtet werden, da sonst der Rahmen der gestellten Aufgabe gesprengt worden wäre. Die Versuche haben aber derart eindeutige Ergebnisse geliefert, dass sie als vollständig hinreichend betrachtet werden dürfen. Die einzige Einschränkung, deren man sich bewusst sein muss, besteht darin, dass es sich um reine Laboratoriumsversuche handelt, deren Ergebnisse nicht uneingeschränkt auf die Praxis übertragen werden dürfen. Im Grunde genommen können ja nur Langzeiterfahrungen, die mit grossen Stückzahlen in der Praxis

### Description des essais

Les essais exécutés dans cette première partie du programme sont des essais de décharge ou démarrage, ainsi que des essais de longévité. Pour les essais de démarrage, il faut faire une différence entre la puissance de démarrage à température normale, dite puissance de démarrage à chaud, et la puissance aux basses températures, dite puissance de démarrage à froid. Les méthodes d'essai employées se rapprochent des normes allemandes, françaises et américaines, sans cependant les suivre rigoureusement. Elles ont été modifiées ou complétées à l'occasion, soit pour obtenir une meilleure adaptation aux conditions rencontrées dans la pratique, soit pour permettre d'acquérir un supplément d'informations sur le comportement des objets examinés. Nous avons en revanche renoncé à certains procédés d'essai et d'appréciation appliqués par quelques fabriques, qui n'entraient pas dans le cadre de notre tâche. Les essais ont donné des résultats si probants qu'ils peuvent être considérés comme suffisamment complets. La seule restriction que l'on doit faire est qu'il s'agissait d'essais en laboratoire, dont les résultats ne correspondent pas complètement à ceux qu'on obtiendrait dans la pratique. En fait, seules des expériences faites en pratique avec un grand nombre de batteries et pendant une longue durée sont tout à fait déterminantes. Les essais en laboratoire fournissent néanmoins des indications précieuses.

Les essais eurent lieu dans l'ordre suivant:

### La puissance de démarrage à chaud

Pour déterminer la puissance de démarrage à chaud, on fit débiter aux accumulateurs des courants de décharge intenses à la température ambiante normale, soit à environ 20° C. Il est d'usage de procéder soit par décharge continue, soit par décharges intermittentes. Nous avons appliqué successivement les deux procédés.



gewonnen werden, massgebend sein. Laboratoriumsversuche liefern aber zweifelsohne wichtige Hinweise dafür.

Die Versuche wurden in der nachfolgend aufgezählten Reihenfolge durchgeführt.

### Das Warmstartvermögen

Zur Beurteilung des Warmstartvermögens werden den Akkumulatoren bei normaler Umgebungstemperatur, das heisst bei ungefähr 20° C, grössere Entladeströme entnommen. Es ist dabei üblich, entweder kontinuierliche oder intermittierende Entladungen vorzunehmen. Bei den hier durchgeführten Untersuchungen wurden nacheinander beide Verfahren angewendet.

#### a) Kontinuierliche Entladung bei 20° C

Die geladenen Batterien werden mit einem konstanten Strom, der zahlenmässig  $3\frac{1}{3}$  mal der Nennkapazität entspricht (d. h.  $I \cong 3\frac{1}{3} \cdot C$ ), entladen. Bei den vorliegenden 75-Ah-Typen ergibt dies einen Entladestrom von 250 A. Sobald die Klemmenspannung der Batterie auf 3,6 V sinkt, wird die Entladung unterbrochen. Gemessen werden die Entladedauer  $t$  und der Verlauf der Entladespannung  $U$ . Daraus kann die während der ganzen Entladedauer entnommene Energie in Wattstunden berechnet werden.

#### b) Intermittierende Entladung bei 20° C

Bei diesem Versuch wird den anfänglich geladenen Batterien vorerst während 20 Sekunden ein konstanter Strom entnommen, der dem vierfachen Kapazitätswert entspricht ( $I \cong 4 \cdot C$ ). Dieser ersten Teilentladung folgt eine Pause von 60 Sekunden, anschliessend wiederum eine Entladung während 20 Sekunden usw. Die intermittierenden Entladungen werden so lange fortgesetzt, bis die Klemmenspannung des Akkumulators wie bei der kontinuierlichen Entladung auf 3,6 V sinkt. Wie dort werden ebenfalls der Verlauf der Klemmenspannung und die entnommene elektrische Energie bestimmt.

Tabelle II. Ergebnisse der Warmstartversuche

Typ	Kontinuierliche Entladung mit 250 A			Intermittierende Entladung mit 300 A (20/60 s)		
	$t$ (Minuten)	$\bar{U}$ (Volt)	Wh	Zahl der Entladungen $n$	$\bar{U}$ (Volt)	Wh
<i>N</i>	7,60	4,85	155	21,0	4,60	160
<i>M</i>	8,25	5,05	175	26,5	4,70	210
<i>S</i>	7,20	4,70	140	18,5	4,45	135
<i>PS</i>	9,25	5,10	195	28,0	4,85	225
<i>MPS</i>	8,50	5,10	180	27,5	4,80	220

Die Ergebnisse dieser Warmstartversuche sind in der Tabelle II zusammengestellt. Sie enthält für jeden geprüften Akkumulatortyp die folgenden Daten: Entladezeit  $t$  für die kontinuierliche Entladung, bzw.

#### a) Décharge continue à 20° C

Les batteries chargées sont déchargées par un courant constant correspondant à  $3\frac{1}{3}$  fois la capacité nominale (c'est-à-dire  $I \cong 3\frac{1}{3} \cdot C$ ). Pour les types de 75 Ah à disposition, ce courant est donc de 250 A. La décharge est interrompue dès que la tension aux bornes de la batterie est tombée à 3,6 V. On mesure la durée de la décharge  $t$  et la variation de la tension de décharge  $U$ . On peut ainsi calculer l'énergie en watts-heure fournie par la batterie pendant toute la décharge.

#### b) Décharges intermittentes à 20° C

Lors de cet essai, on fait débiter un courant constant, tout d'abord pendant 20 secondes, aux batteries préalablement chargées. Ce courant correspond au quadruple de la valeur de la capacité ( $I \cong 4 \cdot C$ ). Cette première décharge partielle est suivie d'une pause de 60 secondes, après laquelle on procède à une nouvelle décharge d'une durée de 20 secondes, etc. Ces décharges intermittentes sont poursuivies jusqu'à ce que la tension aux bornes de la batterie soit – comme dans le cas de la décharge continue – tombée à 3,6 V. On détermine également la variation de la tension aux bornes et l'énergie électrique fournie par la batterie.

Tableau II. Résultats des essais de démarrage à chaud

Type	Décharge continue à 250 A			Décharges intermittentes à 300 A (20/60 s)		
	$t$ (minutes)	$\bar{U}$ (volts)	Wh	Nombre des décharges $n$	$\bar{U}$ (volts)	Wh
<i>N</i>	7,60	4,85	155	21,0	4,60	160
<i>M</i>	8,25	5,05	175	26,5	4,70	210
<i>S</i>	7,20	4,70	140	18,5	4,45	135
<i>PS</i>	9,25	5,10	195	28,0	4,85	225
<i>MPS</i>	8,50	5,10	180	27,5	4,80	220

Les résultats de ces essais sont donnés au tableau II, où figurent pour chaque type d'accumulateur examiné les indications suivantes: durée de la décharge continue  $t$ , respectivement nombre  $n$  des décharges intermittentes, tension moyenne aux bornes  $\bar{U}$  et énergie totale fournie par la batterie en watts-heure. On constate que les résultats ne diffèrent pas fortement les uns des autres. Les types de batteries avec grand nombre de plaques (types *PS* et *MPS*) accusent partout les meilleures valeurs. Le type *M* (masse active améliorée) présente aussi de bonnes propriétés. Ces résultats sont discutés de manière plus détaillée dans un chapitre spécial. Une valeur de comparaison tirée de la pratique peut être ici de quelque intérêt. Des mesures de courants de démarrage faites par nos soins sur deux automobiles choisies au hasard ont donné les valeurs suivantes:

die Zahl der Entladungen  $n$  für die intermittierende Entladung, mittlere Klemmenspannung  $\bar{U}$  und die total entnommene Energie in Wattstunden. Man erkennt, dass die Resultate nicht sehr stark voneinander abweichen. Die Batterietypen mit erhöhten Plattenzahlen (Typen *PS* und *MPS*) stehen bei sämtlichen Werten an der Spitze. Günstige Eigenschaften zeigt zudem der Typ *M* (verbesserte Masse). Eine eingehende Diskussion dieser Ergebnisse erfolgt in einem besonderen zusammenfassenden Abschnitt. Lediglich ein Vergleichswert aus der Praxis dürfte hier von Interesse sein. Eigens durchgeführte Messungen von Startströmen ergaben an zwei beliebig herausgegriffenen Automobilen die folgenden Werte:

Citroën, 4 Zylinder: Spitzenstrom = 180...200 A  
Dauerstrom = 140 A  
Chevrolet, 6 Zylinder: Spitzenstrom = 240...250 A  
Dauerstrom = 180 A

Die entsprechenden Messungen wurden bei Aussen-temperaturen von etwa 10 bis 15° C durchgeführt. Man erkennt aus diesen Werten, dass die bei den normierten Prüfbedingungen angewendeten Ströme nicht allzu stark von der Wirklichkeit abweichen. Bei normaler Umgebungstemperatur sind übrigens die Kapazitätswerte derartiger Batterien, gemessen mit  $I \cong 1/10 \cdot C$ , das heisst bei 10stündiger Entladung, 2- bis 3mal höher als bei der Entladung mit grossen Strömen. Diese Erscheinung ist aber normal und kann ohne weiteres durch die nicht beliebig rasch verlaufenden Diffusionsvorgänge in den Platten und Separatoren erklärt werden.

Um das unterschiedliche Verhalten der geprüften Akkumulatorentypen übersichtlich zu veranschaulichen, sind in den Figuren 8 und 9 die Entladekurven für die kontinuierliche und die intermittierende Entladung dargestellt. Sie zeigen den Verlauf der Klemmenspannungen in Abhängigkeit von der Entladezeit bzw. von der Zahl der Teilentladungen. Man erkennt, dass in beiden Darstellungen die gleiche Reihenfolge

Citroën, 4 cylindres:

courant de pointe = 180...200 A  
courant constant = 140 A

Chevrolet, 6 cylindres:

courant de pointe = 240...250 A  
courant constant = 180 A

Ces mesures ont été faites à des températures extérieures de 10 à 15° C. Les valeurs obtenues font constater que, dans des conditions d'examen normalisées, les courants mesurés ne diffèrent pas sensiblement de ceux qu'on rencontre dans la réalité. Si la température ambiante est normale, les valeurs de la capacité de telles batteries, mesurées avec  $I \cong 1/10 \cdot C$ , c'est-à-dire sous l'effet d'une décharge de 10 heures, sont 2 à 3 fois plus élevées que sous l'effet d'une décharge avec courants intenses. Cette constatation est tout à fait normale et peut être expliquée par les processus de diffusion s'accomplissant dans les plaques et les séparateurs.

Les courbes des figures 8 et 9 pour la décharge continue et les décharges intermittentes montrent clairement comment se comportent les divers types d'accumulateurs examinés. Elles représentent l'allure des tensions aux bornes par rapport à la durée de la décharge, respectivement au nombre des décharges partielles. On voit que, dans les deux figures, les types de batterie se suivent dans le même ordre. Le type normal *N* occupe une position médiane quant à la tension aux bornes et à la durée de la décharge. A gauche, du côté de la plus faible tension de décharge, se situe le type *S*, alors que du côté des valeurs supérieures, on trouve les types *M* et *P* (réunis dans le type *MPS*), dont la masse active est améliorée et le nombre de plaques plus élevé.

### La puissance de démarrage à froid

On sait que la puissance des éléments galvaniques, parmi lesquels on peut aussi compter les accumulateurs au plomb, diminue lorsque la température

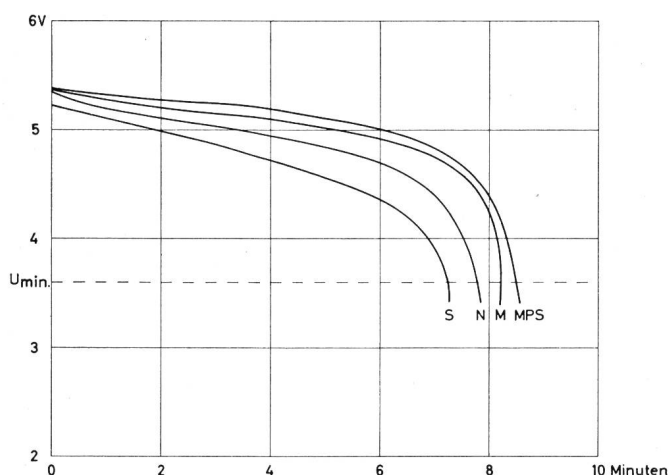


Fig. 8. Warmstartvermögen. Entladespannungen bei kontinuierlicher Entladung  
Puissance de démarrage à chaud. Tensions de décharge en décharge continue

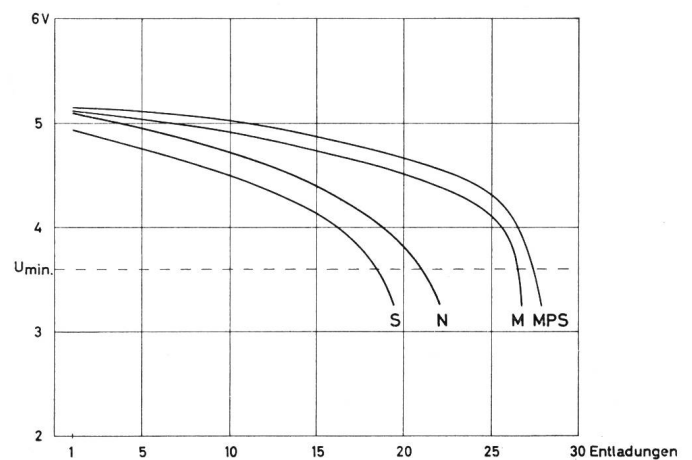


Fig. 9. Warmstartvermögen. Entladespannungen bei intermittierender Entladung  
Puissance de démarrage à chaud. Tensions de décharge en décharges intermittentes

der Batterietypen auftritt. Der Normaltyp *N* nimmt bezüglich Klemmenspannung und Entladedauer eine mittlere Stellung ein. Links davon, auf der Seite der niedrigeren Entladespannung, wird er vom Typ *S* flankiert, während nach den grösseren Werten hin die Typen *M* und *P* (im Typ *MPS* enthalten) folgen, die die verbesserte Masse und die grössere Plattenzahl besitzen.

### Das Kaltstartvermögen

Es ist eine bekannte Tatsache, dass die Leistungsfähigkeit galvanischer Elemente, zu denen im erweiterten Sinn auch die Bleiakumulatoren gehören, mit abnehmender Temperatur sinkt. So beträgt bei Bleiakumulatoren die Kapazitätsabnahme ungefähr 1% für eine Temperatursenkung von 1° C. Durch gewisse Vorkehren kann aber dafür gesorgt werden, dass zum Beispiel der innere Widerstand der Elemente klein bleibt, so dass die Klemmenspannung des belasteten Akkumulators möglichst wenig abfällt. Im übrigen sind die Zahl der Platten, ihr Aufbau, ihre Porosität, die Säuredichte, die Eigenschaften der Separatoren usw. Faktoren, die das Kaltstartvermögen bestimmen und die vom Hersteller bis zu einem gewissen Grade beeinflusst werden können. Aber selbst wenn ein idealer «Kaltstart-Akkumulator» hergestellt werden könnte, wäre damit das von der Motorenseite her gestellte Kaltstartproblem noch nicht gelöst. Es ist hier nicht der Ort, näher darauf einzugehen, sondern es möge lediglich festgestellt werden, dass beim Anlassen eines kalten Motors mehr Arbeit aufgewendet werden muss als bei einem warmen Motor. Die Starterbatterie wird infolgedessen stärker beansprucht. Da sie aber aus den soeben aufgezählten Gründen bei tiefen Temperaturen weniger leistungsfähig ist, wird verständlich, dass aus der Verkettung dieser ungünstigen Umstände ein Kaltstartproblem resultieren muss. Die Ergebnisse der nachfolgend beschriebenen Kaltstartversuche werden aber zeigen, dass von der Batterieseite her wesentliche Fortschritte erzielt worden sind.

Die Versuche werden ähnlich wie die Warmstartversuche durchgeführt. Unterschiede bestehen in der Umgebungstemperatur, die  $-18^{\circ}$  C beträgt, und in der minimalen Klemmenspannung, die von 3,6 auf 3,0 V herabgesetzt ist. Die Temperaturangabe ist so zu verstehen, dass nicht nur die Umgebung, sondern auch der ganze Akkumulator vor Versuchsbeginn auf  $-18^{\circ}$  C heruntergekühlt wird. Auch hier wurden zwei Teilversuche, nämlich die kontinuierliche und die intermittierende Entladung, durchgeführt.

#### a) Kontinuierliche Entladung bei $-18^{\circ}$ C

Der Entladestrom entspricht wie früher zahlenmässig dem  $3\frac{1}{3}$ fachen Kapazitätswert (das heisst  $I \cong 3\frac{1}{3} \cdot C$ ), das sind 250 A. Die Entladung bleibt mit konstantem Strom solange bestehen, bis die Klemmenspannung den Wert 3,0 V erreicht.

s'abaisse. Pour les accumulateurs au plomb, la capacité diminue d'environ 1% pour une chute de la température de 1° C. On peut cependant, en prenant certaines précautions, par exemple en veillant à maintenir la résistance intérieure des éléments aussi faible que possible, obtenir que la tension aux bornes de l'accumulateur en travail diminue le moins possible. En outre, le nombre des plaques, leur genre de construction, leur porosité, la densité de l'acide, les propriétés des séparateurs, etc., sont des facteurs déterminants de la puissance de démarrage à froid, sur lesquels le fabricant peut agir jusqu'à un certain point. Mais, même si l'on pouvait fabriquer un «accumulateur pour démarrage à froid» idéal, le problème du démarrage à froid ne serait pas encore résolu, surtout en ce qui touche le moteur. Il n'y a pas lieu d'approfondir ici cette question; bornons-nous à relever que le démarrage d'un moteur froid exige plus de travail que celui d'un moteur chaud. La batterie est donc mise davantage à contribution. Comme pour les motifs exposés plus haut, sa puissance est moindre aux basses températures, on comprend sans peine que l'enchaînement de toutes ces circonstances défavorables donne lieu à un problème du démarrage à froid. Les résultats des essais décrits ci-après montreront cependant que, du côté batterie, des progrès importants ont été faits.

Les essais sont analogues à ceux de démarrage à chaud. Les différences portent sur la température ambiante, qui est de  $-18^{\circ}$  C, et sur la tension aux bornes minimum, qui a été ramenée de 3,6 à 3,0 V. La température doit être comprise ainsi, que non seulement l'espace ambiant, mais l'accumulateur lui-même, sont refroidis jusqu'à  $-18^{\circ}$  C avant le début de l'essai. Ici aussi, on a procédé à deux essais partiels, soit celui avec décharge continue et celui avec décharges intermittentes.

#### a) Décharge continue à $-18^{\circ}$ C

Le courant de décharge correspond, comme pour les essais à chaud, à  $3\frac{1}{3}$  fois la valeur de la capacité (c'est-à-dire à  $I \cong 3\frac{1}{3} \cdot C$ ), soit à 250 A. La décharge à courant constant dure jusqu'à ce que la tension aux bornes tombe à 3,0 V.

#### b) Décharges intermittentes à $-18^{\circ}$ C

Le courant de décharge correspond au quadruple de la capacité ( $I \cong 4 \cdot C$ ); la batterie débite pendant 20 secondes; un temps de repos de 60 secondes est intercalé entre les décharges partielles. L'essai est également interrompu dès que la tension aux bornes est tombée à 3,0 V.

Lors de ces deux essais, on procède aux mêmes mesures et calculs qu'au cours des essais de démarrage à chaud, soit: variation de la tension aux bornes, temps de décharge, respectivement nombre des décharges, et nombre de watts-heure. Les résultats sont donnés dans le *tableau III*. Si on les compare à ceux qui figurent dans le *tableau II*, on voit au premier

b) *Intermittierende Entladung bei  $-18^{\circ} C$*

Der Entladestrom entspricht dem vierfachen Kapazitätswert ( $I \cong 4 \cdot C$ ) und wird während je 20 Sekunden entnommen, wobei zwischen den einzelnen Teilentladungen eine Erholungszeit von 60 Sekunden eingeschaltet wird. Der Versuch wird auch hier abgebrochen, sobald die Klemmenspannung auf 3,0 V sinkt.

Bei beiden Versuchen werden dieselben Messungen und Berechnungen durchgeführt wie bei den Warmstartversuchen, das sind: Verlauf der Klemmenspannung, Entladezeiten, bzw. Zahl der Entladungen und die Zahl der Wattstunden. Die Ergebnisse sind in der *Tabelle III* zusammengestellt. Vergleicht man sie mit der *Tabelle II*, so erkennt man auf den ersten Blick die allgemein sehr viel kleineren Werte der Entladezeiten  $t$  und der Zahl der Teilentladungen  $n$ , was sich entsprechend ungünstig auf die Wattstundenwerte auswirkt. Besonders bedeutungsvoll ist aber das Ergebnis, dass dem Typ  $M$  (mit der Kaltstartmasse) bei kontinuierlicher Entladung fast eine doppelt so grosse, bei intermittierender Entladung sogar eine mehr als dreifach so grosse Energie entnommen werden kann als dem Normaltyp  $N$  (vgl. 1. und 2. Zeile der *Tabelle III*).

Tabelle III. Ergebnisse der Kaltstartversuche

Typ	Kontinuierliche Entladung mit 250 A			Intermittierende Entladung mit 300 A (20/60 s)		
	$t$ (Minuten)	$\bar{U}$ (Volt)	Wh	Zahl der Entladungen $n$	$\bar{U}$ (Volt)	Wh
$N$	2,65	3,98	45	5,4	3,50	32
$M$	4,70	4,20	82	18,5	3,75	115
$S$	1,80	3,75	28	3,4	3,30	19
$PS$	2,70	4,50	51	6,2	4,15	43
$MPS$	4,60	4,30	83	15,0	4,10	102

In den Figuren 10 und 11 sind die Entladekurven für die kontinuierliche und die intermittierende Entladung bei  $-18^{\circ} C$  aufgetragen. Hier fällt sogleich auf, dass die Kurven nicht mehr in einer mehr oder weniger gebündelten Schar wie bei den Warmstartversuchen verlaufen, sondern auseinanderfallen. Es ist dies der bildmässige Ausdruck der soeben erwähnten Erscheinung, dass sich die Batterien bei tiefen Temperaturen je nach Aufbau sehr verschiedenartig verhalten. So ist ersichtlich, dass sich die Dreifach- und Mipor-Glasseide-Separatoren (Typ  $S$ ) eher ungünstig auf das Startvermögen auswirken. Dafür verhalten sich die Typen  $M$  und  $MPS$  sehr günstig; bei letzterem wird der nachteilige Einfluss der Separatoren durch die Kaltstartmasse und die erhöhte Plattenzahl mehr als nur aufgehoben. In den Figuren 10 und 11 ist die Reihenfolge der Kurvenzüge dieselbe, das heisst auch bei tiefen Temperaturen verhalten sich die verschiedenen Batterietypen sowohl bei kontinuierlicher als auch bei intermittierender Entladung

coup d'œil que les temps de décharge  $t$  et le nombre  $n$  des décharges partielles sont généralement beaucoup plus faibles, ce qui se répercute de manière défavorable sur le nombre des watts-heure. Il faut remarquer spécialement que le type  $M$  (avec masse pour démarrage à froid) peut fournir, à la décharge continue, une énergie double de celle d'un élément du type  $N$ , et même triple dans le cas de décharges intermittentes (cf. 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> lignes du *tableau III*).

Tableau III. Résultats des essais de démarrage à froid

Type	Décharge continue à 250 A			Décharges intermittentes à 300 A (20/60 s)		
	$t$ (minutes)	$\bar{U}$ (volts)	Wh	Nombre des décharges $n$	$\bar{U}$ (volts)	Wh
$N$	2,65	3,98	45	5,4	3,50	32
$M$	4,70	4,20	82	18,5	3,75	115
$S$	1,80	3,75	28	3,4	3,30	19
$PS$	2,70	4,50	51	6,2	4,15	43
$MPS$	4,60	4,30	83	15,0	4,10	102

Les figures 10 et 11 représentent les courbes relatives à la décharge continue et aux décharges intermittentes à  $-18^{\circ} C$ . On constate immédiatement que les courbes ne sont pas groupées en faisceau plus ou moins serré, comme dans le cas des essais à chaud, mais qu'elles s'écartent rapidement. C'est la confirmation de ce que nous avons dit plus haut, soit que les batteries, suivant leur construction, se comportent de manière très différente les unes des autres aux basses températures. On voit par exemple que les séparateurs triples et les séparateurs Mipor - laine de verre (type  $S$ ) - ont plutôt une influence défavorable sur la puissance de démarrage. En revanche, les types  $M$  et  $MPS$  se comportent très bien; dans ce dernier, l'influence défavorable des séparateurs est plus que compensée par celle de la masse pour démarrage à froid et du nombre de plaques plus élevé. Dans les figures 10 et 11, l'ordre des courbes est le même, ce qui montre qu'aux basses températures également les différents types de batteries se comportent de manière analogue en décharge continue comme en décharges intermittentes. L'ordre reste le même aux décharges à froid ou à chaud, exception faite de quelques décalages vers la fin des décharges (figures 8 à 11), soit  $S$ ,  $N$ ,  $M$ ,  $MPS$ . On peut donc constater que les différences systématiques entre les types se maintiennent. Nous reviendrons sur ce point en discutant de l'appréciation selon les types.

### La longévité

Les principales caractéristiques de construction qui influent de manière déterminante sur la longévité des batteries d'automobiles sont les suivantes: la résistance des grilles à la corrosion, l'efficacité des séparateurs, l'épaisseur des plaques et finalement les pro-

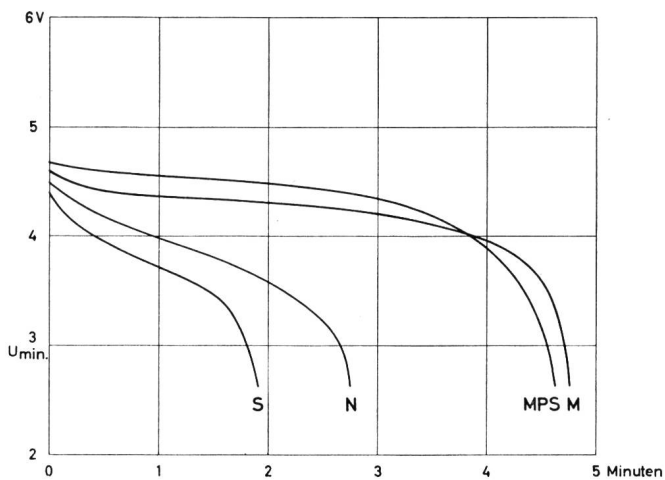


Fig. 10. Kaltstartvermögen. Entladespannungen bei kontinuierlicher Entladung  
Puissance de démarrage à froid. Tensions de décharge en décharge continue

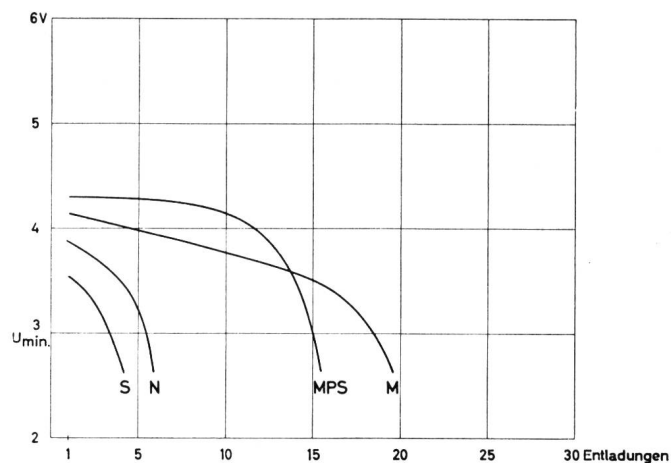


Fig. 11. Kaltstartvermögen. Entladespannungen bei intermittierender Entladung  
Puissance de démarrage à froid. Tensions de décharge en décharges intermittentes

analog. Die Rangfolge ist übrigens, von geringfügigen Verschiebungen gegen das Ende der Entladungen hin abgesehen, bei den Warmstart- und den Kaltstartversuchen dieselbe (Fig. 8 bis 11), nämlich *S*, *N*, *M*, *MPS*. Dies zeigt, dass systematische Unterschiede zwischen den verschiedenen Typen bestehen. Im Abschnitt über die Auswertung nach Typen wird darauf noch zurückzukommen sein.

### Die Lebensdauer

Von bestimmendem Einfluss auf die Lebensdauer von Starterbatterien sind hauptsächlich die folgenden, sich auf den Aufbau beziehenden Eigenschaften: Die Korrosionsfestigkeit der Gitter, die Wirksamkeit der Separatoren, die Plattendicke und schliesslich die Eigenschaften der aktiven Masse. Im Zusammenhang mit der Einführung der Kaltstartmasse und der Mehrplattenbatterie ist es besonders interessant zu wissen, welchen Einfluss die Plattendicke auf die Lebensdauer hat. Die beste Information erhielt man ohne Zweifel durch die Erfahrungen und Ergebnisse der Praxis, falls es gelänge, verschiedene Batterietypen unter gleichen Bedingungen einzusetzen. Aber selbst wenn dies möglich wäre, so müsste man doch jahrelang auf die Ergebnisse warten. Deshalb ist es auch hier wieder nötig, einen entsprechenden Laboratoriumsversuch durchzuführen, falls man die Ergebnisse innert nützlicher Frist erhalten möchte. Wegen der angestrebten zeitlichen Begrenzung der Versuchsdauer müssen die Verhältnisse gegenüber der Praxis erschwert werden. Dabei dürfen gleichwohl nicht völlig unnatürliche Versuchsbedingungen angewendet werden. In Anlehnung an bestehende Normen wurden die Batterien, die bereits die Warm- und Kaltstartversuche durchgemacht hatten, dem folgenden *Lebensdauer*versuch unterworfen.

Die anfänglich geladenen Batterien werden unter Verwendung einer automatischen Lade- und Entladeeinrichtung abwechselnd während einer Stunde mit 40 A entladen und anschliessend während fünf

priétés de la masse active. Après l'apparition de la masse pour démarrage à froid et de la batterie à grand nombre de plaques, il était intéressant de connaître l'influence exercée sur la longévité par l'épaisseur des plaques. La meilleure information à cet égard serait certes donnée par les expériences faites et les résultats obtenus dans la pratique, si l'on parvenait à employer différents types de batteries dans des conditions identiques. Mais même si la chose était possible, il faudrait attendre des années avant de pouvoir enregistrer des résultats. Il est donc nécessaire, dans ce cas également, de procéder à des essais en laboratoire si l'on désire avoir assez tôt des résultats. Etant donnée la limitation voulue de la durée des essais, on a dû rendre les conditions plus dures qu'elles ne le sont dans la pratique; il ne faut cependant pas les exagérer. Les batteries qui avaient déjà subi les essais de démarrage à chaud et à froid furent soumises à l'*essai de durée* ci-après, se rapprochant des normes actuelles.

Les batteries préalablement chargées furent, au moyen d'un dispositif automatique, alternativement déchargées pendant une heure avec un courant de 40 A et rechargées pendant 5 heures avec un courant de 10 A. Au cours d'un cycle semblable, la batterie subit donc une légère surcharge qui, conjointement avec le courant de décharge relativement fort, produit un échauffement sensible et un vieillissement accéléré des batteries. Ces décharges et recharges alternatives ont été exécutées tout d'abord 50 fois. L'essai a ensuite été interrompu et les batteries soumises pendant une heure à un essai de choc au cours duquel elles étaient, 120 fois par minute, soulevées à une hauteur de 1 cm par un dispositif très simple et retombaient sur leur support de bois, sous l'effet de leur propre poids. Suivait un essai de capacité avec le courant de décharge normal pendant 10 heures, soit dans le cas présent un courant de 7,5 A. Puis les batteries étaient complètement rechargées et subissaient une nouvelle épreuve de 50 charges et décharges, etc. L'épreuve

Stunden mit 10 A wieder aufgeladen. Während eines solchen Zyklus tritt also eine schwache Überladung auf, die, zusammen mit dem relativ grossen Entladestrom, eine fühlbare Erwärmung und damit eine beschleunigte Alterung der Batterien bewirkt. Diese Entladungen und Aufladungen werden vorerst 50mal durchgeführt. Dann wird der Versuch unterbrochen und die Batterien während einer Stunde einer Stossbeanspruchung ausgesetzt, wobei sie mit Hilfe einer einfachen Vorrichtung 120mal pro Minute aus einer Höhe von einem Zentimeter unter ihrem Eigengewicht auf eine Holzunterlage fallen gelassen werden. Anschliessend folgt eine Kapazitätsprobe mit dem normalen 10stündigen Entladestrom, im vorliegenden Fall mit 7,5 A. Danach werden die Batterien wieder vollständig aufgeladen und für weitere 50 Zyklen der Lade- und Entladeeinrichtung angeschlossen usw. Der Lebensdauer-versuch wird abgeschlossen, sobald die Kapazität der Prüfobjekte auf den halben Nennwert, das sind 37,5 Ah, gesunken ist. Bestimmt werden die totale Anzahl Zyklen und die mittlere, während der Versuchsdauer wirksame Kapazität. Ferner wird eine Güteziffer  $G_1$  berechnet, die als das Produkt «Anzahl Zyklen  $\times$  mittlere Kapazität» definiert ist ( $G_1 = n\bar{C}$ ). Sie besitzt eine ähnliche Bedeutung wie die Zahl der Wattstunden der Startversuche und liefert somit ein sich auf die gesamte Lebensdauer beziehendes Kriterium für die Güte der Batterie.

Der Gedanke, der diesem Versuch zugrunde liegt, ist leicht zu erkennen. Es sollen die Bedingungen nachgeahmt werden, denen die Starterbatterien auf den Fahrzeugen ausgesetzt sind: teilweise Entladungen, gefolgt von Überladungen, Erwärmung, mechanische Beanspruchung durch Stösse und Schläge. Dieses Stossen und Rütteln hat zur Folge, dass im Laufe der Zeit hauptsächlich aus den positiven Platten die Masse herausfällt und sich als sogenannter Schlamm unten im Batteriekasten ansammelt. Sobald dieser Schlamm bis zur Unterkante der Platten reicht, tritt Kurzschluss und damit Zerstörung des Akkumulators ein.

Nach Abschluss des Lebensdauer-versuches wurden die nunmehr unbrauchbar gewordenen Batterien demontiert und die Menge des abgesetzten Schlammes bestimmt. Um spezifische vergleichbare Werte zu erhalten, wurde das Schlammvolumen in Prozente umgerechnet, und zwar gleichzeitig sowohl auf das Volumen der positiven Platten als auch auf 100 Zyklen bezogen (Relativwerte in %). Je kleiner dieser Prozentsatz, um so geringer ist die Bildung von Bodenschlamm für gleiches Plattenvolumen und gleiche zeitliche und elektrochemische Beanspruchung.

Als kennzeichnende Werte sind beim Lebensdauer-versuch die Güteziffer  $G_1$  und die relative Schlammmenge zu betrachten. Diese Werte sowie einige zusätzlich interessierende Angaben sind in der *Tabelle IV* zusammengestellt. Um günstige Zahlenwerte zu erhalten, ist als Güteziffer  $G_1$  der Ausdruck  $n\bar{C} \cdot 10^{-3}$  eingesetzt.

de longévité était interrompue dès que la capacité des accumulateurs examinés était tombée à la moitié de la valeur nominale, soit à 3,75 Ah. On déterminait alors le nombre des cycles de charge et décharge et la capacité moyenne effective pendant la durée de l'essai. On calculait en outre un index de qualité  $G_1$  défini par le produit «nombre de cycles  $\times$  (fois) capacité moyenne» ( $G_1 = n\bar{C}$ ). Cet index a une signification analogue à celle du nombre des ampères-heure des essais de démarrage et donne ainsi un critère de la qualité de la batterie portant sur toute la durée de l'essai.

L'idée qui est à la base de cet essai est évidente. Il s'agit de reproduire les conditions auxquelles les batteries sont soumises sur les véhicules: décharges partielles, suivies de surcharges, échauffement, contraintes mécaniques par des chocs et des secousses. Ces chocs et secousses ont pour effet de faire tomber à la longue la masse active – surtout celle des plaques positives – qui forme une boue au fond des bacs. Dès que la boue atteint le bord inférieur des plaques, celles-ci sont en court-circuit et l'accumulateur est détruit.

L'essai de durée terminé, les batteries devenues inutilisables étaient démontées et la quantité de boue déposée exactement déterminée. Pour obtenir des valeurs spécifiques comparables, on convertit le volume de la boue en pour-cent, aussi bien par rapport au volume des plaques positives que par rapport à 100 cycles de charge et décharge (valeurs relatives en pour-cent). Pour un même volume des plaques et une même durée d'activité électrochimique, la formation de boue est d'autant plus faible que la valeur en pour-cent est plus basse.

Les valeurs caractéristiques obtenues à l'essai de durée sont l'index de qualité  $G_1$  et la quantité relative de boue. Ces valeurs, ainsi que d'autres indications intéressantes, sont données dans le *tableau IV*. Pour ne pas avoir de trop gros chiffres, on a employé pour l'index de qualité l'expression  $n\bar{C} \cdot 10^{-3}$ .

Tableau IV. Résultats des essais de longévité

Type	Nombre des cycles $n$	Capacité moyenne $\bar{C}$ (Ah)	Index de qualité $G_1 =$ $n\bar{C} \cdot 10^{-3}$	Quantité de boue déposée	
				absolue (cm <sup>3</sup> )	relative (%)
<i>N</i>	390	66	26	590	55
<i>M</i>	éliminé prématurément	—	—	—	—
<i>S</i>	890	58	52	405	15
<i>PS</i>	750	78	59	240	11
<i>MPS</i>	740	79	56	195	11

Il est intéressant de constater que les deux critères différents et absolument indépendants l'un de l'autre «index de qualité» et «quantité relative de boue», correspondent bien l'un à l'autre, en ce sens qu'un

Tabelle IV. Ergebnisse des Lebensdaueruntersuchung

Typ	Zahl der Zyklen $n$	Mittlere Kapazität $\bar{C}$ (Ah)	Güte- ziffer $G_I =$ $n\bar{C} \cdot 10^{-3}$	Abgesetzter Schlamm	
				absolut (cm <sup>3</sup> )	relativ (%)
<i>N</i>	390	66	26	590	55
<i>M</i>	vorzeitig ausgefallen	—	—	—	—
<i>S</i>	890	58	52	405	15
<i>PS</i>	750	78	59	240	11
<i>MPS</i>	740	79	56	195	11

Es ist nun interessant festzustellen, dass die beiden verschiedenen und voneinander unabhängig berechneten Kriterien «Güte-ziffer» und «relative Schlamm-menge» einander sehr gut entsprechen, indem einer kleinen Güte-ziffer (Beispiel: Typ *N*) stets eine grosse Schlamm-menge zugeordnet ist und umgekehrt. Als wichtigstes Ergebnis ist aber die Tatsache festzuhalten, dass die Typen mit verbesserten Separatoren (Typen *S*, *PS*, *MPS*) gegenüber dem Normaltyp *N* eine rund doppelt so lange Lebensdauer erreichen (vgl. die Zahl der Zyklen) und dementsprechend auch eine etwa doppelt so hohe Güte-ziffer aufweisen. Die abgesetzte relative Schlamm-menge ist sogar um das Vier- bis Fünffache geringer. Nachdem bei den bisherigen Versuchen der Einfluss der Separatoren beim Typ *S* immer nachteilig war, erkennt man nun bei der zyklischen Beanspruchung der Batterie ihre grosse lebensverlängernde Wirkung.

In der Figur 12 ist noch der mittlere Verlauf der Kapazitäten während des ganzen Lebensdaueruntersuchung wiedergegeben. Da der Typ *M* wegen eines Kurzschlusses, der auf ein fehlerhaftes Holzbrettchen zurückzuführen ist, vorzeitig ausfiel, ist er in dieser Darstellung weggelassen. Dafür ist zusätzlich der Typ *PS* aufgenommen. Die Figur 12 bestätigt in anschaulicher Weise den günstigen Einfluss der verbesserten Separatoren auf die Lebensdauer. Zugleich erkennt man aber, dass sie die mittlere Kapazität nicht beeinflussen. Erst durch die Kombination von besseren Separatoren und erhöhter Plattenzahl lässt sich eine verlängerte Lebensdauer bei gleichzeitig grossen, während langer Zeit auf hohen Werten verbleibenden Kapazitätswerten erreichen.

#### ZUSAMMENFASSENDE AUSWERTUNG DER START- UND LEBENSDAUERUNTERSUCHUNGEN

##### AUSWERTUNG NACH TYPEN

Die vielen zahlenmässig mitgeteilten und graphisch dargestellten Ergebnisse der bisher besprochenen Versuche lassen sich nicht ohne weiteres überblicken. Um dennoch zu einem guten Überblick und zugleich zu einer einheitlichen Beurteilung der verschiedenen Batterietypen zu gelangen, erweist es sich als zweckmässig, die Ergebnisse weiter zu verarbeiten und zusammenzufassen. Wie bisher soll dabei zwischen dem

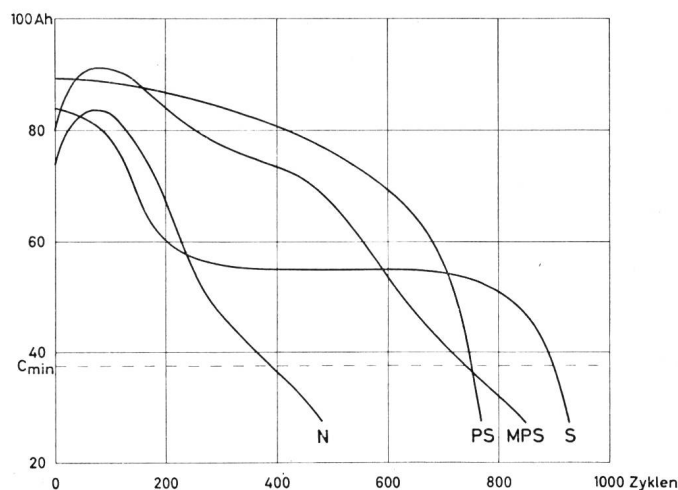


Fig. 12. Lebensdaueruntersuchung. Verlauf der Kapazitätswerte  
Essai de longévité. Valeurs de la capacité en fonction du nombre de cycles

faible index de qualité (exemple: type *N*) correspond à une grande quantité de boue et inversement. Notons comme résultat important que les types avec séparateurs améliorés (*S*, *PS*, *MPS*), ont une longévité double de celle du type normal *N* (voir le nombre des cycles) et que leur index de qualité est lui aussi doublé. La quantité relative de boue déposée est même de quatre à cinq fois plus faible. Tandis que lors des essais précédents, l'influence des séparateurs du type *S* était toujours défavorable, on voit qu'ils prolongent fortement la longévité de la batterie en cas de charges et décharges alternantes.

La figure 12 montre encore la variation moyenne des capacités pendant toute la durée de l'essai de longévité. La batterie du type *M* ayant dû être écartée prématurément à la suite d'un court-circuit provoqué par un séparateur en bois défectueux, elle ne figure pas sur le tableau. Elle y est remplacée par le type *PS*. L'influence des séparateurs améliorés sur la longévité s'y remarque de manière très visible. On voit également que ces séparateurs n'ont pas d'influence sur la capacité moyenne. Seule la combinaison de séparateurs améliorés avec un nombre de plaques plus grand procure, avec une longévité accrue, des capacités se maintenant pendant longtemps à des valeurs élevées.

#### APPRÉCIATION DES RÉSULTATS DES ESSAIS DE DÉMARRAGE ET DE LONGÉVITÉ APPRÉCIATION D'APRÈS LES TYPES

Les nombreux résultats des essais décrits plus haut, exprimés en chiffres ou représentés graphiquement, ne peuvent être embrassés d'un seul coup d'œil. Pour en avoir cependant un aperçu suffisant et pouvoir apprécier de manière uniforme les différents types de batteries, il nous paraît utile de les étudier encore et de les grouper. Comme jusqu'ici, nous ferons une distinction entre la puissance de démarrage à chaud, la puissance de démarrage à froid et la longé-

Warmstartvermögen, dem Kaltstartvermögen und der Lebensdauer unterschieden werden. Als massgebend für jede dieser drei Haupteigenschaften werden die folgenden Kriterien herangezogen:

**Warmstartvermögen:** Die Wattstundenwerte der bei 20° C durchgeführten Startversuche bei kontinuierlicher und intermittierender Entladung (s. *Tabelle II*).

**Kaltstartvermögen:** Die Wattstundenwerte der bei -18° C durchgeführten Startversuche bei kontinuierlicher und intermittierender Entladung (s. *Tabelle III*).

**Lebensdauer:** Die Gütezahl  $G_1$  und die relative Schlammmenge (s. *Tabelle IV*).

Es werden somit für jede Haupteigenschaft je zwei Teilergebnisse herangezogen. Diese Ergebnisse müssen vorerst in Relativwerte umgeformt werden. Im vorliegenden Fall sind dafür prozentuale Werte benützt worden, wobei jeweils der beste Wert jeder Versuchsreihe als Grundlage dient und als 100 % angenommen wird. Bei der Schlammmenge besteht natürlich umgekehrte Proportionalität. Die Ergebnisse dieser Auswertungen sind in der *Tabelle V* übersichtlich zusammengestellt.

**Tabelle V. Zusammengefasste Ergebnisse der Start- und Lebensdauerversuche (Relativwerte)**

Typ	Warmstartvermögen	Kaltstartvermögen	Lebensdauer
<i>N</i>	75%	40%	33%
<i>M</i>	90%	100%	—
<i>S</i>	65%	25%	80%
<i>PS</i>	100%	50%	100%
<i>MPS</i>	95%	95%	100%

In dieser zusammengedrängten Darstellung treten nun die wichtigsten Einflüsse, die das Verhalten von Starterbatterien unter verschiedenen Bedingungen bestimmen, deutlich hervor. Sie seien, obschon damit teilweise früher Gesagtes wiederholt wird, zusammenfassend aufgezählt. Beim Typ *M*, das heisst den Batterien mit verbesserter Masse, ist hauptsächlich das Kaltstartvermögen gegenüber dem Normaltyp *N* beträchtlich gesteigert. Die besseren Separatoren beim Typ *S* wirken sich sehr günstig auf die Lebensdauer beim Zyklusversuch aus, während die Kombination *PS* unter dem Einfluss der grösseren Plattenoberfläche gleichzeitig das Startvermögen noch etwas erhöht. Schliesslich ist ersichtlich, dass der Typ *MPS*, bei dem also sämtliche der hier betrachteten Verbesserungen vorgenommen sind, mit seinen zwischen 95 und 100% liegenden Werten praktisch an der Spitze steht.

Als Abschluss dieser analysierenden Betrachtungsweise soll nun noch ein letzter Schritt, nämlich die bereits mehrfach angetönte *Auswertung nach Typen*, vorgenommen werden. Die verschiedenen hier betrachteten Eigenschaften gelten ja teils für die so-

genannte. Ces trois caractéristiques seront appréciées d'après les critères suivants:

**Puissance de démarrage à chaud:** Valeurs en watt-heure obtenues aux essais à 20° C avec des décharges continues et intermittentes (voir *tableau II*).

**Puissance de démarrage à froid:** Valeurs en watt-heure obtenues aux essais à -18° C avec des décharges continues et intermittentes (voir *tableau III*).

**Longévité:** Index de qualité  $G_1$  et quantité relative de boue (voir *tableau IV*).

On prend donc en considération deux résultats partiels pour chaque caractéristique principale. Ces résultats doivent d'abord être transformés en valeurs relatives. Nous avons adopté des valeurs exprimées en pour-cent, la meilleure valeur obtenue à chaque série d'essais servant de base et étant estimée à 100%. Pour la quantité de boue, la proportionnalité est inverse. Les résultats sont donnés au *tableau V*.

**Tableau V. Récapitulation des résultats des essais de démarrage et de longévité (valeurs relatives)**

Type	Puissance de démarrage à chaud	Puissance de démarrage à froid	Longévité
<i>N</i>	75%	40%	33%
<i>M</i>	90%	100%	—
<i>S</i>	65%	25%	80%
<i>PS</i>	100%	50%	100%
<i>MPS</i>	95%	95%	100%

Ce tableau montre clairement les principales influences qui déterminent le comportement des batteries sous différentes conditions. Nous les récapitulons brièvement, au risque de répéter ce qui a déjà été dit. Dans le type *M*, c'est-à-dire dans les batteries avec masse active améliorée, la puissance de démarrage à froid est sensiblement plus élevée que dans le type *N*. Dans le type *S*, les séparateurs améliorés ont une influence très favorable sur la longévité lors des charges et décharges alternantes, tandis que la combinaison *PS*, du fait de la plus grande surface des plaques, augmente quelque peu la puissance de démarrage. On constate enfin que le type *MPS*, qui comprend toutes les améliorations considérées ici, est en tête avec des valeurs variant entre 95 et 100%.

Pour terminer notre analyse, nous donnerons encore l'*appréciation d'après les types*. Les caractéristiques considérées ici valent aussi bien pour les types purs que pour les types mixtes. Il s'agit enfin de savoir de quelle manière se comportent les types purs *N*, *M*, *P* et *S*, ainsi que toutes leurs combinaisons possibles (*MP*, *MS*, *PS* et *MPS*). Ce problème peut se résoudre d'après une loi simple, trouvée empiriquement, des valeurs en chiffres pouvant être attribuées aux symboles *N*, *M*, *P* et *S*. Ces symboles seront désignés comme *facteurs de paramètre*, puisqu'ils obéissent à une loi de multiplication. Exemple: Supposons que lors d'une épreuve donnée (de démarrage à chaud,



nannten Reintypen, teils für die Mischtypen. Man möchte aber schliesslich wissen, wie sich die einzelnen Reintypen  $N$ ,  $M$ ,  $P$  und  $S$ , aber auch alle damit möglichen Kombinationen ( $MP$ ,  $MS$ ,  $PS$ ,  $MPS$ ) verhalten. Diese Problemstellung lässt sich dank einer einfachen, empirisch gefundenen Gesetzmässigkeit lösen, da den Symbolen  $N$ ,  $M$ ,  $P$  und  $S$  zahlenmässige Werte zugeordnet werden können. Diese Symbole seien deshalb inskünftig, da sie einem multiplikativen Gesetz gehorchen, als *Parameterfaktoren* bezeichnet. Zur Erläuterung möge ein Beispiel dienen. Angenommen, der Typ  $M$  liefere bei einer bestimmten Prüfung (entweder Warmstart, Kaltstart oder Lebensdauer) ein Ergebnis, das 2,3mal besser sei als das entsprechende Ergebnis des Normaltyps  $N$ . Ferner liefere der Typ  $S$  bei derselben Prüfung ein Ergebnis, das nur 0,7mal so gut sei wie dasjenige des Typs  $N$ . Daraus darf nach dem postulierten multiplikativen Gesetz gefolgert werden, dass der Mischtyp  $MS$  um den Faktor  $2,3 \cdot 0,7 = 1,6$ mal besser sei als der Normaltyp. Indem man die Typenbezeichnungen als mathematische Symbole für die Parameterfaktoren benützt, lässt sich dies in knapper Form wie folgt darstellen:

$$\begin{aligned} N &= 1 \quad (\text{Bezugswert}) \\ M &= 2,3 \\ S &= 0,7 \\ \text{folgt: } MS &= 1,6 \end{aligned}$$

Man kann somit ein zahlenmässiges Ergebnis für den Mischtyp  $MS$  berechnen, obwohl dieser nicht der entsprechenden Prüfung unterzogen worden ist. Umgekehrt ist ebenso wichtig, dass die mit den Mischtypen erhaltenen Ergebnisse zur Bestimmung der einzelnen Parameterfaktoren herangezogen werden können. Bei den hier durchgeführten Auswertungen ist davon Gebrauch gemacht. Dabei werden vorerst die Werte der *Tabelle V* innerhalb einer Spalte, das heisst für jeden der drei Teilversuche getrennt, je auf den entsprechenden Wert des Typs  $N$  bezogen. Zugleich ist als Bezugswert  $N = 1$  gesetzt. Der übrige Teil der Auswertung besteht darin, dass man die so entstehenden algebraischen Gleichungen auflöst und die Resultate unter Berücksichtigung der Gewichte und Streuungen der Messwerte ausgleicht. Da, wie ersichtlich, fünf Gleichungen mit nur vier Unbekannten vorhanden sind, ist das System überbestimmt. Dies ist aber hier erwünscht, da damit dessen Widerspruchsfreiheit geprüft werden kann. Sie ist im Rahmen der Streuungen der Messwerte vorhanden; die mittleren Abweichungen der berechneten und der direkt bestimmten Faktoren beträgt für sämtliche in der *Tabelle V* enthaltenen Daten 7%. Diese in Anbetracht der Art der Versuche kleine Abweichung konnte dank dieser Überbestimmtheit durch das Ausgleichen der voneinander unabhängig ermittelten Werte erreicht werden.

Das Ergebnis dieser Berechnungen ist in der *Tabelle VI* zusammengestellt. Sie enthält gewissermassen die Quintessenz der Start- und Lebensdauerver-

à froid ou de longévité), le type  $M$  donne un résultat 2,3 fois meilleur que celui fourni par le type  $N$ . En outre, à la même épreuve, le type  $S$  donne un résultat 0,7 fois moins bon que celui du type  $N$ . D'après la loi de multiplication adoptée, on en conclut que le type mixte  $MS$  est  $2,3 \cdot 0,7 = 1,6$  fois meilleur que le type  $N$ . En utilisant les désignations de types comme symboles mathématiques pour les facteurs de paramètre, on peut représenter cela sous la forme abrégée suivante:

$$\begin{aligned} N &= 1 \quad (\text{valeur de référence}) \\ M &= 2,3 \\ S &= 0,7 \\ \text{d'où: } MS &= 1,6 \end{aligned}$$

On obtient de la sorte un résultat en chiffres pour le type  $MS$ , bien que celui-ci n'ait pas été examiné. Inversement, il importe aussi de pouvoir utiliser les résultats donnés par les types mixtes pour déterminer les facteurs de paramètre. C'est ce qui a été fait pour les appréciations dont il est question ici. Les valeurs du *tableau V* sont tout d'abord, dans chaque colonne, c'est-à-dire pour chacun des essais partiels, rapportées à la valeur correspondante du type  $N$ . La valeur de référence est  $N = 1$ . Pour continuer l'appréciation, on résout les équations algébriques qui en résultent et on compense les résultats en tenant compte des poids et des dispersions des valeurs mesurées. Comme on obtient cinq équations avec quatre inconnues seulement, le système est plus que déterminé. Mais c'est précisément ce qu'on désire, afin de pouvoir prouver qu'il n'y a pas de contradiction. Le système est contenu dans les limites des dispersions des valeurs mesurées; la différence moyenne entre les facteurs calculés et ceux qui sont déterminés directement est de 7% pour toutes les données du *tableau V*. Cette différence, faible si l'on considère la nature des essais, résulte de la détermination plus que complète, par compensation, des valeurs calculées indépendamment les unes des autres.

Le résultat de ces calculs est indiqué dans le *tableau VI*, qui donne en quelque sorte la quintessence des essais de démarrage et de longévité sous la forme de facteurs de paramètre. On peut en tirer encore les renseignements suivants:

**Tableau VI. Facteurs des paramètres pour les essais de démarrage et de longévité**

Type de batterie	Désignation	Puissance de démarrage à chaud	Puissance de démarrage à froid	Longévité (charges et décharges alternatives)
Batterie normale	$N$	1	1	1
Batterie avec masse pour démarrage à froid	$M$	1,1	2,3	1,0
Batterie à plaques nombreuses	$P$	1,4	1,4	1,2
Batterie à séparateurs améliorés	$S$	0,9	0,7	2,5

suche in Form dieser Parameterfaktoren. Daraus können nun nochmals die folgenden Ergebnisse herausgelesen werden.

Tabelle VI. Parameterfaktoren für die Start- und Lebensdauer-  
versuche

Batterietyp	Bezeichnung	Warmstart- vermögen	Kaltstart- vermögen	Lebensdauer (zyklische Beanspruchung)
Normalbatterie . . .	<i>N</i>	1	1	1
Batterie mit Kaltstartmasse . . . . .	<i>M</i>	1,1	2,3	1,0
Mehrplattenbatterie . . . . .	<i>P</i>	1,4	1,4	1,2
Batterie mit verbesserten Separatoren . . . . .	<i>S</i>	0,9	0,7	2,5

Das *Warmstartvermögen* wird, wie zu erwarten ist, mit zunehmender Plattenzahl erhöht. Für den Typ *P* ist es, verglichen mit dem Typ *N*, um den Faktor 1,4 mal höher, was ziemlich genau dem Verhältnis der Plattenoberflächen der Typen *P* und *N* entspricht. Die Kaltstartmasse und die Separatoren sind hier ohne grossen Einfluss. Der Typ *M* liefert dank seines *Kaltstartvermögens* bei  $-18^{\circ}\text{C}$  eine im Vergleich zur Normalbatterie um das 2,3fache gesteigerte Energie. Ein ähnlich gutes Ergebnis liefert der Typ *S* bei der zyklischen Beanspruchung. Die *Lebensdauer* wird bei dieser Prüfung 2,5mal länger als bei der Verwendung der klassischen Holzbrettchen und Wellenseparatoren. Die gleichzeitige Anwendung aller drei Verbesserungen ergibt für den Typ *MPS* auf Grund des multiplikativen Gesetzes sogar eine 3mal grössere Lebensdauer, was sicher ein sehr bemerkenswertes Ergebnis ist. Um jedoch Missverständnissen von vornherein zu begegnen, sei darauf hingewiesen, dass aus diesen Laboratoriumsergebnissen nicht etwa auf eine unbedingt verdreifachte Lebensdauer der Batterien im praktischen Betrieb geschlossen werden darf. Es ist aber sicher, dass sich dieses günstige Ergebnis auch in der Praxis sehr vorteilhaft auswirken wird.

Damit sind nun sämtliche Ergebnisse, die aus den bisher durchgeführten Versuchen gezogen werden können, besprochen. Sie zeigen, dass in der Fabrikation der Starterbatterien wesentliche Fortschritte erzielt worden sind, die sich durch ein grösseres Startvermögen sowohl bei normalen als auch bei tiefen Temperaturen und durch erhöhte Lebensdauer bei zyklischer Beanspruchung auswirken. Es bleibt nun noch eine Frage offen, auf die die bisherigen Versuche keine Antwort geben konnten, nämlich: wie verhalten sich die Starterbatterien bei dauernder Überladung? Die Antwort auf diese Frage ist dem nun folgenden zweiten Teil des Versuchsprogramms vorbehalten.

La *puissance de démarrage à chaud* augmente avec le nombre des plaques, comme on pouvait s'y attendre. Pour le type *P*, elle est 1,5 fois plus élevée que pour le type *N*, ce qui correspond assez exactement au rapport des surfaces des plaques entre les types *P* et *N*. La masse pour démarrage à froid et les séparateurs n'ont ici pas grande influence. Le type *M* fournit, grâce à sa *puissance de démarrage à  $-18^{\circ}\text{C}$* , une énergie 2,3 fois plus élevée que celle du type normal. Le type *S* donne un résultat également favorable lors des charges et décharges alternantes. La *longévité* est 2,5 fois plus grande que lorsqu'on emploie des séparateurs en bois et des séparateurs ondulés. Lorsqu'on combine les trois améliorations, on obtient pour le type *MPS*, suivant la loi de multiplication, une longévité 3 fois plus grande, ce qui est un résultat remarquable. Précisons, pour éviter tout malentendu, qu'il s'agit de résultats enregistrés en laboratoire et que dans la pratique la longévité des batteries ne serait pas nécessairement triplée. Il est certain toutefois que le résultat serait également favorable.

Nous avons ainsi discuté tous les résultats des essais exécutés jusqu'ici. Ils montrent que des progrès importants ont été faits dans la fabrication des batteries d'automobiles, progrès qui assurent une plus grande puissance de démarrage aux températures normales et basses et une longévité accrue dans le cas de charges et décharges alternantes. Il nous reste à résoudre une question, à laquelle les essais déjà décrits ne donnent pas de réponse: comment se comportent les batteries d'automobiles en cas de surcharge constante? Ce sera le sujet de la suite de notre exposé.

## SECONDE PARTIE DU PROGRAMME D'ESSAI LE COMPORTEMENT DES BATTERIES EN CAS DE SURCHARGE CONSTANTE

Cette question présente un intérêt tout particulier, du fait de l'apparition sur le marché des batteries à plaques nombreuses. Les plaques plus minces qu'elles contiennent sont formées de grilles et de cadres eux aussi plus minces. On peut supposer que ces cadres se déforment plus tôt, se fissurent, ce qui gêne le passage du courant, et que la masse active tombe ou tout au moins se détache plus rapidement. Pour déterminer expérimentalement s'il en est bien ainsi, on a procédé à l'*essai de surcharge* décrit ci-après. Mentionnons encore qu'on peut diverger d'avis quant à l'utilité d'essais de surcharge. On la met souvent en doute, en alléguant qu'il n'arrive plus aujourd'hui que des batteries d'automobiles soient fortement surchargées, les régulateurs ayant atteint un haut degré de perfection. D'autres pensent au contraire que l'essai de surcharge présente une grande importance pour l'étude du comportement des batteries dans la pratique, en faisant valoir que les régulateurs sont généralement réglés pour une tension trop élevée. Nous ne pouvons cependant nous étendre sur cette

## ZWEITER TEIL DES VERSUCHSPROGRAMMS DAS VERHALTEN GEGENÜBER DAUERNDER ÜBERLADUNG

Die soeben aufgeworfene Frage verdient ganz besonderes Interesse im Zusammenhang mit dem Aufkommen der Mehrplattenbatterien. Die darin verwendeten dünneren Platten weisen entsprechend dünne Gitter und Rahmen auf. Die Vermutung liegt nahe, dass diese Rahmen rascher durchformiert werden und Risse erhalten, was die Stromleitung beeinträchtigt, und dass ferner die aktive Masse rascher herausfällt oder sich zumindest aus ihrem Verband löst. Um experimentell abzuklären, ob dies zutrifft, wurde der nachfolgend beschriebene *Überladeversuch* durchgeführt. Vorerst sei aber noch erwähnt, dass man über die Zweckmässigkeit von Überladeversuchen geteilter Meinung sein kann. Ihre Berechtigung wird gelegentlich mit der Begründung abgelehnt, dass heutzutage wesentliche Überladungen der Fahrzeugbatterien gar nicht mehr vorkommen, da die Regler einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht hätten. Umgekehrt ist die Überladeprüfung nach andern Ansichten von grosser Bedeutung für das Verhalten der Batterien in der Praxis. Dabei wird darauf hingewiesen, dass die Reglerspannungen oft zu hoch seien. Auf die damit zusammenhängenden Fragen kann hier jedoch nicht eingetreten werden. Auf alle Fälle zeigte der durchgeführte Versuch interessante Ergebnisse und rechtfertigte sich somit.

### Daten der geprüften Akkumulatoren

Für diesen Versuch mussten neue Batterien benützt werden, da die bisher verwendeten beim Lebensdauer-versuch unbrauchbar geworden waren. Es standen wiederum Bleiakkumulatoren von 6 Volt schweizerischer Herkunft zur Verfügung. Darunter befanden sich verschiedene, nicht nur neueste Typen. Eine Einteilung nach Typen, ähnlich wie im ersten Teil des Versuchsprogramms, erwies sich als nicht notwendig. In der *Tabelle VII*, die die technischen Daten der geprüften Akkumulatoren vermittelt,

**Tabelle VII. Technische Daten der geprüften Starterbatterien, 2. Teil**

Typ	Nenn-Kapazität (Ah)	Zahl der Platten je Zelle		Plattendicke (mm)		Separatoren
		+	-	+	-	
5a	80	5	6	3,2	2,8	Kautschuk-Mipor Dreifach-Isolation Holzbrettchen u. Wellenseparator
5b	80	5	6	3,2	3,2	
5c	75	5	6	3,25	2,8	
6a	84	6	7	2,4	2,2	Kautschuk-Mipor Mipor und Glas- seide, kombiniert
7a	84	7	8	2,4	2,0	
7b	84	7	8	2,0	2,0	
7c	80	7	8	2,0	1,8	

question. Quoi qu'il en soit, l'essai effectué a donné des résultats intéressants et, de ce fait, était pleinement justifié.

### Caractéristiques des accumulateurs examinés

On a utilisé pour cet essai des batteries neuves, celles qui avaient servi aux essais précédents étant devenues inutilisables. Il s'agissait de nouveau d'accumulateurs au plomb, de 6 volts, de fabrication suisse. Ils étaient de divers types, pas tous récents. Il ne parut pas nécessaire de faire une distinction entre les types comme pour la première partie du programme d'essai. Au *tableau VII*, qui indique les

**Tableau VII. Caractéristiques techniques des batteries contrôlées, 2<sup>e</sup> partie**

Type	Capacité nominale (Ah)	Nombre des plaques par élément		Epaisseur des plaques (mm)		Séparateurs
		+	-	+	-	
5a	80	5	6	3,2	2,8	Mipor, en caoutchouc Triple isolation Séparateur en bois avec séparateur ondulé
5b	80	5	6	3,2	3,2	
5c	75	5	6	3,25	2,8	
6a	84	6	7	2,4	2,2	Mipor, en caoutchouc Mipor et laine de verre combinés
7a	84	7	8	2,4	2,0	
7b	84	7	8	2,0	2,0	
7c	80	7	8	2,0	1,8	

caractéristiques techniques des accumulateurs examinés, ceux-ci sont simplement répartis d'après le nombre des plaques positives (chiffre figurant dans la désignation du type). La lettre ajoutée ne sert qu'à désigner les divers exemplaires. Le tableau montre que les capacités nominales sont comprises entre 75 et 84 Ah. Elles sont donc en général plus grandes que dans les batteries d'ancienne construction ayant subi la première partie des essais. Toutes les batteries possèdent la puissance de démarrage à froid améliorée.

### Description de l'essai de surcharge

Conformément aux normes habituelles, l'essai est exécuté de manière que les accumulateurs soient chargés en permanence par un courant correspondant à  $\frac{1}{10}$  de la capacité nominale ( $I \cong \frac{1}{10} \cdot C$ ). Au bout de 100 heures, les batteries sont déconnectées et laissées en repos pendant 24 heures. La capacité est ensuite déterminée par une décharge d'une intensité de  $I \cong 3 \cdot C$ . On mesure la variation de la tension aux bornes et la durée de la décharge. La décharge est interrompue dès que la tension de la batterie est tombée à 4,5 V, soit 1,5 V par élément. On procède ensuite à une nouvelle surcharge d'une durée de

ist lediglich eine Unterteilung nach der Zahl der positiven Platten vorgenommen (durch die Ziffer bei der Typenbezeichnung). Der beigefügte Buchstabe dient nur zur Kennzeichnung der einzelnen Exemplare. Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die Nennkapazitäten zwischen 75 und 84 Ah liegen. Sie sind also im allgemeinen grösser als bei den im ersten Teil geprüften Batterien älterer Ausführung. Alle Batterien besitzen das verbesserte Kaltstartvermögen.

### Beschreibung des Überladeversuchs

Der Versuch wird, in Anlehnung an übliche Normen, so durchgeführt, dass die Prüfobjekte dauernd mit einem Strom geladen werden, der dem zehnten Teil der Nennkapazität entspricht ( $I \cong \frac{1}{10} \cdot C$ ). Nach je 100 Stunden werden die Batterien abgeschaltet und anschliessend 24 Stunden ruhen gelassen. Dann folgt zur Kapazitätsbestimmung eine mit der Stromstärke  $I \cong 3 \cdot C$  durchgeführte Entladung. Dabei werden der Verlauf der Klemmenspannung und die Entladezeit ermittelt. Die Entladung wird abgebrochen, sobald die Batteriespannung nur noch 4,5 V, das heisst 1,5 V pro Zelle beträgt. Nach dieser Entladung beginnt wiederum eine Ladung beziehungsweise Überladung von 100 Stunden Dauer mit dem Ladestrom  $I \cong \frac{1}{10} \cdot C$  usw. Der Versuch wird beendet, sobald bei der alle 100 Stunden durchgeführten Entladung die Entladezeit kleiner als drei Minuten wird. Die nunmehr unbrauchbar gewordenen Batterien wurden anschliessend demontiert und hauptsächlich der Zustand der positiven Platten beurteilt.

Als Besonderheit dieses Überladeversuches sei erwähnt, dass sich dabei die Batterien beträchtlich erwärmen und dementsprechend einen grossen Wasserverbrauch aufweisen, der täglich ausgeglichen werden muss. Diese Erwärmung kommt einer zusätzlichen Verschärfung der Versuchsbedingungen gleich, entspricht aber den Verhältnissen, denen die Starterbatterien in der Praxis oft ausgesetzt sind (zum Beispiel Erwärmung durch den benachbarten Motor). Eine weitere Besonderheit besteht darin, dass der Entladestrom 30mal grösser ist als bei der normalen zehnstündigen Entladung. Dadurch machen sich Unterbrüche im Gitter oder, ganz allgemein, erhöhte innere Widerstände eher bemerkbar, so dass gewisse Rückschlüsse auf die Verhältnisse in der Praxis gezogen werden können.

### Ergebnisse des Überladeversuchs

Das auf den ersten Blick wichtigste Ergebnis dieses Versuchs scheint die *Lebensdauer* zu sein. Bei näherem Zusehen entpuppt sich aber dieses Kriterium zumindest als nicht allein massgebend, da man damit kein Bild über den Zustand der Batterien *während* ihrer Lebensdauer erhält. Eine Batterie mit Entladezeiten, die dauernd nur knapp über drei Minuten liegen würden, wäre sicher sehr schlecht. Aus diesem Grunde wurden die folgenden zusätzlichen Werte bestimmt: Die mittlere je Entladung entnommene Energie  $\bar{W}$

100 heures avec une intensité  $I \cong \frac{1}{10} \cdot C$ . L'essai est terminé dès que, lors des décharges effectuées toutes les 100 heures, la durée de la décharge devient inférieure à trois minutes. Les batteries sont alors démontées et l'état des plaques positives examiné spécialement.

Relevons, comme particularité de cet essai, que les batteries s'échauffent et, partant, perdent une assez grande quantité d'eau, qui doit être remplacée chaque jour. Cet échauffement représente une aggravation des conditions de l'essai, mais correspond aux conditions dans lesquelles les batteries d'automobiles doivent souvent travailler (par exemple échauffement par le moteur). Une autre particularité est que le courant de décharge est 30 fois plus élevé que lors d'une décharge normale de dix heures. On constate alors des interruptions dans les grilles ou, de manière plus générale, des résistances intérieures plus élevées, qui permettent de tirer certaines conclusions quant au comportement des batteries dans la pratique.

### Résultats de l'essai de surcharge

Le résultat le plus important de cet essai semble, à première vue, être celui qui se rapporte à la *longévité*. En examinant la chose de plus près, on voit que ce critère n'est pas seul déterminant, du fait qu'il ne révèle pas l'état des batteries *pendant* leur existence. Une batterie dont les décharges successives n'auraient duré chacune qu'un peu plus de trois minutes serait certainement en très mauvais état. On a, pour cette raison, déterminé les valeurs supplémentaires suivantes: l'énergie moyenne  $\bar{W}$  consommée à chaque décharge et l'index de qualité  $G_2$ , défini par le produit de la longévité  $t$  (durée totale des charges exprimée en heures) par l'énergie moyenne de décharge  $\bar{W}$  (en watts-heure). Pour éviter d'avoir de trop gros chiffres on a, ici aussi, indiqué une valeur 1000 fois plus petite, soit  $t\bar{W} \cdot 10^{-3}$ . L'index de qualité est la valeur déterminante pour l'appréciation du résultat de l'essai.

Les valeurs obtenues suivant les critères susmentionnés sont récapitulées dans le *tableau VIII*. Pour la longévité est indiquée la valeur moyenne relative aux trois éléments de la batterie. Le tableau contient en outre quelques indications sur l'état des plaques positives. On remarque que pour certains types les cadres ne montrent pas ou presque pas de ruptures ou de fissures, bien que ces accumulateurs aient subi un essai prolongé (exemples: n° 5a et 6a). Inversement, les cadres de certains types sont passablement endommagés bien que les charges et décharges n'aient duré qu'assez peu de temps (en particulier celles du type 7a). On voit ainsi que l'épaisseur des plaques et des cadres n'est pas ou pas seule déterminante pour le comportement des accumulateurs en cas de surchargé. On s'en rend encore mieux compte lorsqu'on classe les valeurs obtenues suivant leur grandeur. Le *tableau IX* indique en pour-cent la longévité,

und eine Güteziffer  $G_2$ , die als Produkt aus der Lebensdauer  $t$  (totale Ladezeit, in Stunden gemessen) und der mittleren Entladeenergie  $\bar{W}$  (in Wattstunden) definiert ist. Damit günstige Zahlenwerte entstehen, ist auch hier der 1000 mal kleinere Wert angegeben, das heisst also  $t\bar{W} \cdot 10^{-3}$ . Diese Güteziffer stellt den für die Beurteilung dieses Versuchs massgebendsten Wert dar.

Die Werte der hier aufgezählten Kriterien sind in der *Tabelle VIII* zusammengestellt. Bei der Lebensdauer ist der Mittelwert der drei Zellen der entsprechenden Batterie angegeben. Die Tabelle enthält

**Tabelle VIII. Ergebnisse des Überladeversuchs**

Typ	Mittlere Lebensdauer $t$ (h)	Mittlere Energie $\bar{W}$ je Entladung (Wh)	Güteziffer $G_2 = t\bar{W} \cdot 10^{-3}$	Zustand der positiven Rahmen
5a	2450	128	310	Keine Brüche, Bleikern noch ziemlich stark
5b	1250	92	115	Pro Platte meistens 2 Brüche, Bleikern stark
5c	2000	87	175	Nur vereinzelte Brüche, Bleikern stark
6a	2300	141	325	Keine Brüche, Bleikern mässig stark
7a	650	107	70	Pro Platte 1...2 Brüche, Bleikern mässig stark
7b	750	106	80	Vereinzelte Brüche, Bleikern mässig stark
7c	2700	133	360	Meistens gebrochen, Bleikern ziemlich schwach

zudem einige Angaben über den Zustand der positiven Rahmen. Dabei fällt auf, dass bei einzelnen Typen die Rahmen keine oder nur wenige Risse und Brüche aufweisen, obwohl die betreffenden Akkumulatoren lange Zeit im Versuch standen (Beispiele: Nr. 5a und 6a). Umgekehrt sind trotz kurzen zeitlichen Beanspruchungen die Rahmen gewisser Typen erheblich

**Tabelle IX. Rangliste für den Überladeversuch**

Lebensdauer		Entladeenergie		Güteziffer $G_2$	
Typ	%	Typ	%	Typ	%
7c	100	6a	100	7c	100
5a	91	7c	94	6a	90
6a	85	5a	91	5a	86
5c	74	7a	76	5c	49
5b	46	7b	75	5b	32
7b	28	5b	65	7b	22
7a	24	5c	62	7a	19

**Tableau VIII. Résultats de l'essai de surcharge**

Type	Longévité moyenne $t$ (h)	Energie moyenne $\bar{W}$ par décharge (Wh)	Index de qualité $G_2 = t\bar{W} \cdot 10^{-3}$	Etat des cadres positifs
5a	2450	128	310	Pas de ruptures Noyau de plomb encore assez fort
5b	1250	92	115	En général 2 ruptures par plaque. Noyau de plomb fort
5c	2000	87	175	Quelques ruptures isolées. Noyau de plomb fort
6a	2300	141	325	Pas de ruptures. Noyau de plomb assez fort
7a	650	107	70	Par plaque 1...2 ruptures. Noyau de plomb assez fort
7b	750	106	80	Ruptures isolées. Noyau de plomb assez fort
7c	2700	133	360	En général rompus. Noyau de plomb plutôt faible

l'énergie de décharge et l'index de qualité  $G_2$ , 100% représentant la valeur la meilleure. On constate que la batterie 7c, à 7 plaques très minces, a la plus grande longévité. Elle est suivie par les batteries à cinq et six plaques d'épaisseur appropriée (types 5a et 6a). Ces trois batteries, les meilleures, peuvent être considérées comme étant de qualité égale; leur longévité moyenne est de 2450 heures. L'énergie moyenne par décharge et l'index de qualité donnent un classement analogue; toutefois la batterie à 6 plaques est un peu meilleure que celle à 5 plaques, grâce à sa plus grande puissance électrique.

La meilleure batterie et la plus mauvaise quant à la longévité et à l'index de qualité sont toutes deux à 7 plaques; on peut en déduire que la qualité d'une batterie d'automobile est déterminée encore par d'au-

**Tableau IX. Classement pour l'essai de surcharge**

Longévité		Energie de décharge		Index de qualité $G_2$	
Type	%	Type	%	Type	%
7c	100	6a	100	7c	100
5a	91	7c	94	6a	90
6a	85	5a	91	5a	86
5c	74	7a	76	5c	49
5b	46	7b	75	5b	32
7b	28	5b	65	7b	22
7a	24	5c	62	7a	19

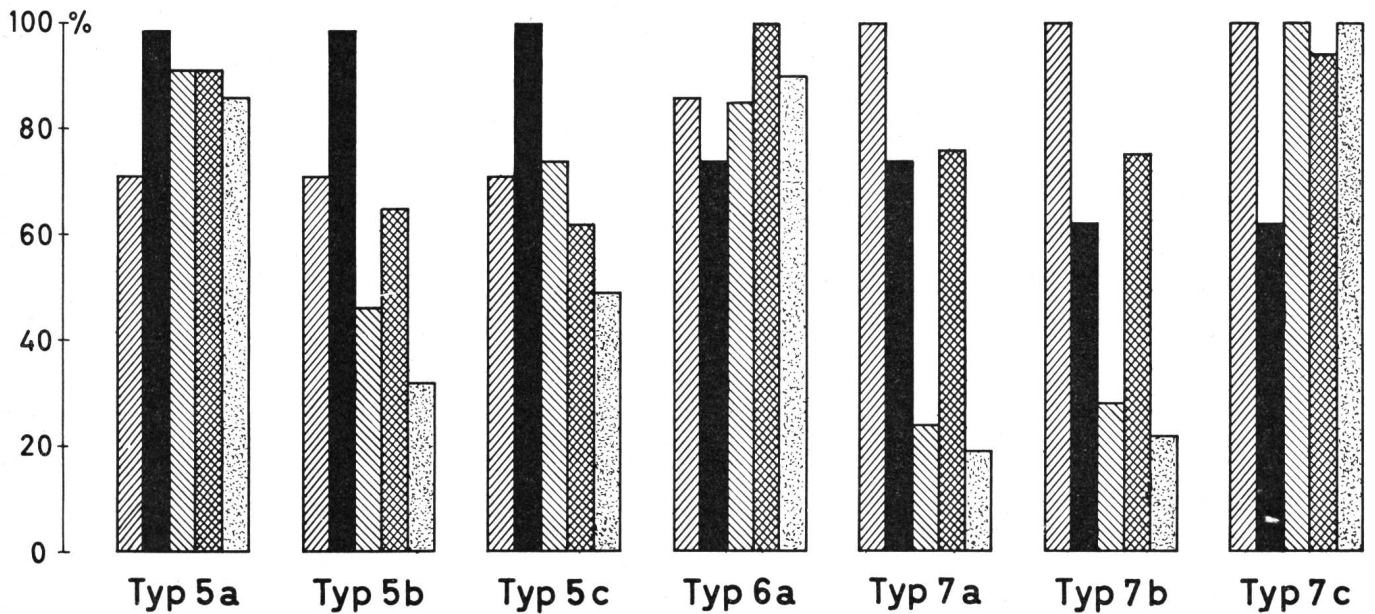







Fig. 13. Überladeversuch. In jedem Histogramm sind von links nach rechts als prozentuale Werte dargestellt:

Essai de surcharge. Dans chaque histogramme sont portées de gauche à droite, exprimées en pour-cent, les valeurs suivantes:

	Zahl der positiven Platten	nombre des plaques positives
	Dicke der positiven Platten	épaisseur des plaques positives
	Mittlere Lebensdauer der Zellen	longévité moyenne des éléments
	Mittlere Energieabgabe je Entladung	énergie moyenne consommée à chaque décharge
	Gütezahl $G_2$	index de qualité $G_2$

beschädigt (besonders beim Typ 7a). Dies zeigt, dass die Platten- und damit die Rahmendicke nicht oder nicht allein ausschlaggebend sind für das Verhalten bei Überladung. Noch deutlicher wird dies, wenn man die Ergebnisse in Form einer Rangliste zusammenfasst. In der *Tabelle IX* sind die Lebensdauer, die Entladeenergie und die Gütezahl  $G_2$  als übersichtliche Prozentwerte angegeben, wobei jeweils der beste

tres facteurs que le nombre et l'épaisseur des plaques. Le choix des matières premières, la manière dont elles sont travaillées et la régularité de la fabrication jouent un rôle important. C'est ce que confirme la figure 13, qui contient pour chaque type de batterie un histogramme dont les cinq colonnes indiquent de gauche à droite les valeurs suivantes converties en pour-cent: nombre des plaques positives, leur épaisseur, longé-

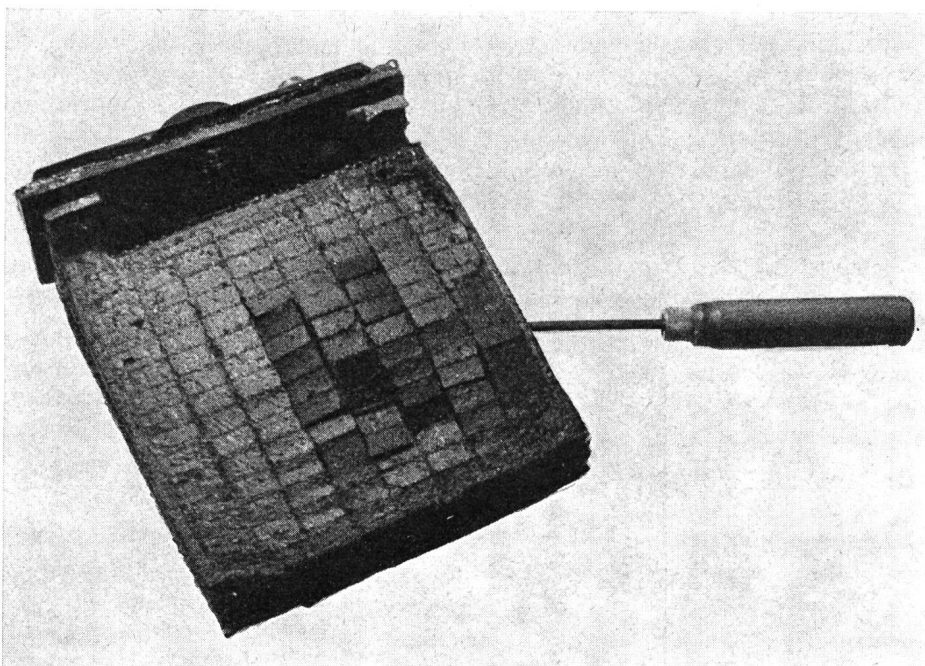


Fig. 14.

Positive Platte nach dem Überladeversuch

Plaques positive après l'essai de surcharge

Wert gleich 100% gesetzt ist. Man erkennt aus dieser Zusammenstellung, dass die 7-Platten-Batterie, Typ 7c, die die dünnsten Platten besitzt, die grösste Lebensdauer erreicht. Sie wird gefolgt von den Batterien mit fünf und sechs entsprechend dickeren Platten (Typen 5a und 6a). Diese drei besten Batterien dürfen etwa als gleichwertig betrachtet werden; ihre durchschnittliche Lebensdauer beträgt 2450 Stunden. Die mittlere Energie je Entladung und somit auch die Gütezahl liefern praktisch dieselbe Rangfolge, nur rückt die 6-Platten-Batterie dank ihrer etwas grösseren elektrischen Leistungsfähigkeit nach vorne.

Die Tatsache, dass in bezug auf Lebensdauer und Gütezahl sowohl die beste als auch die schlechteste Batterie sieben Platten aufweist, zeigt ebenfalls, dass andere Faktoren als nur die Plattenzahl und -dicke für die Qualität einer Starterbatterie massgebend sind. Ebenso wichtig sind die Auswahl und die Verarbeitung der Rohprodukte und die Gleichmässigkeit in der Fertigung. Diese Erkenntnis wird ebenfalls durch die Figur 13 bekräftigt. Sie enthält für jeden Batterietyp ein Histogramm, dessen fünf Säulen von links nach rechts die folgenden in Prozente umgerechneten Werte darstellen: Zahl der positiven Platten, Dicke der positiven Platten, mittlere Lebensdauer der Zellen, durchschnittliche je Entladung entnommene Energie und die Gütezahl  $G_2$ . Falls eine Korrelation zwischen den technischen Daten und den Versuchsergebnissen bestände, käme dies in den Figuren anschaulich zum Ausdruck. Wie aber ersichtlich ist, besteht kein solcher Zusammenhang.

Die Figur 14 zeigt den Zustand einer positiven Platte nach dem Überladeversuch. Es handelt sich um eine Platte aus einer Batterie mit Glasseide-Isolation. Man erkennt, dass die Masse nicht herausgefallen ist. Beim Biegen zerbricht die Platte lediglich brikettartig. In der Figur 15 ist ein positiver Rahmen dargestellt, der wohl gebrochen, aber nicht ganz durchformiert und deshalb auch nicht auseinandergefallen ist.

#### SCHLUSSBETRACHTUNG

Die durchgeführten Laboratoriums-Untersuchungen zeigen, dass in den letzten Jahren in der Fabrikation von Starterbatterien bedeutende Fortschritte erzielt worden sind. Diese äussern sich sowohl bei normalen als auch bei tiefen Umgebungstemperaturen durch eine grössere Leistungsfähigkeit der Batterien, durch die Unempfindlichkeit gegenüber dauernder Überladung und durch eine längere Lebensdauer. Diese Fortschritte sind ganz allgemein durch bessere Fabrikationsmethoden, Verwendung von Bestandteilen mit günstigeren Eigenschaften und durch konstruktive Verbesserungen erreicht worden. Im besonderen sind in den neuen, qualitativ hochstehenden Starterbatterien gegenüber früher mehr Platten und bessere Separatoren vorhanden. Der Fabrikation gelingt es ferner, Plattengitter herzustellen, die gleich-

zeitig moyenne des éléments, énergie moyenne consommée par décharge et index de qualité  $G_2$ . S'il y avait une corrélation quelconque entre les caractéristiques techniques et les résultats des essais, les figures l'exprimeraient clairement. Comme on peut le voir, il n'existe aucune relation de ce genre.

La figure 14 montre l'état d'une plaque positive après l'essai de surcharge. Il s'agit d'une plaque de batterie avec isolation en laine de verre. On constate que la masse active n'est pas tombée. Lorsqu'on la plie, la plaque se rompt et donne des fragments en forme de tablettes. La figure 15 représente un cadre de plaque positive, brisé mais non entièrement transformé, et qui ne s'est donc pas séparé de la plaque.

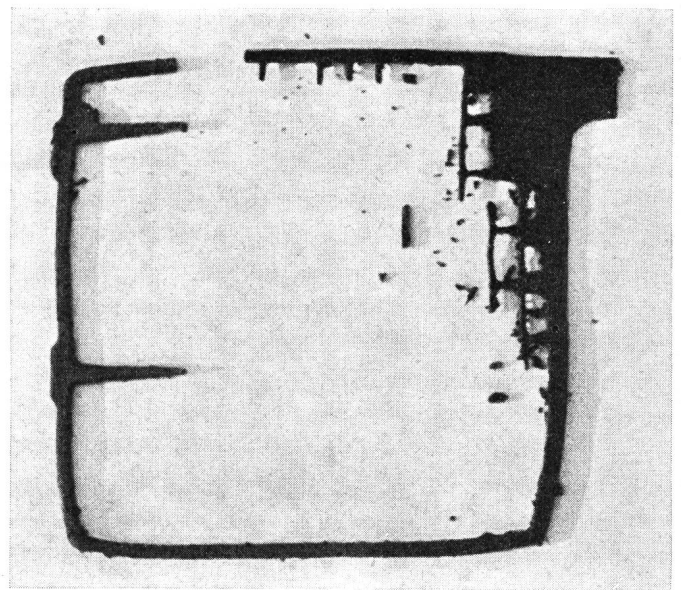


Fig. 15. Rahmen einer positiven Platte nach dem Überladeversuch

Cadre d'une plaque positive après l'essai de surcharge

#### CONCLUSION

Les essais exécutés en laboratoire montrent que des progrès importants ont été réalisés ces dernières années dans la fabrication des batteries d'automobiles. Ils se traduisent, aux températures normales comme aux basses températures, par une puissance plus élevée des batteries, par l'insensibilité à l'égard des surcharges constantes et par une longévité plus grande. Ils résultent en général du perfectionnement des méthodes de fabrication, de l'emploi de pièces présentant des caractéristiques plus favorables et d'une construction améliorée. Les nouvelles batteries de haute qualité contiennent en particulier un plus grand nombre de plaques et de meilleurs séparateurs que les anciennes. Les fabricants ont réussi, en outre, à confectionner des grilles plus régulières et, ce qui est très important, résistant mieux à la corrosion.

mässiger und, was besonders bedeutungsvoll ist, auch korrosionsbeständiger sind. Als vielleicht wesentlichste Errungenschaft ist jedoch die Herstellung der sogenannten Kaltstartmasse hervorzuheben, durch die erst das günstige Verhalten der Starterbatterien bei tiefen Temperaturen erreicht wird. Das Startvermögen dieser Batterien ist bei normalen Temperaturen um rund  $1\frac{1}{2}$  mal, bei Temperaturen von etwa  $-15^\circ\text{C}$  um rund  $2\frac{1}{2}$  mal grösser als bei Batterien früherer Bauart.

\* \* \*

Den Firmen Accumulatoren-Fabrik Oerlikon A.-G., Zürich; Electrona S. A., Boudry; Leclanché S. A., Yverdon und Plus A.-G., Basel, sprechen wir für die Förderung unserer Versuche sowie für die Überlassung einiger hier veröffentlichter Abbildungen unseren besten Dank aus.

Mais le progrès le plus marquant est probablement la fabrication d'une masse active pour démarrage à froid, qui seule permet un bon comportement des batteries aux basses températures. La puissance de démarrage de ces batteries est, à température normale,  $1\frac{1}{2}$  fois, à la température de  $-15^\circ\text{C}$  à peu près,  $2\frac{1}{2}$  fois plus élevée que celle des batteries d'ancienne construction.

\* \* \*

Nous remercions vivement la Fabrique d'accumulateurs d'Oerlikon S.A., la maison Electrona S.A., de Boudry, la maison Leclanché S.A., d'Yverdon, et la maison Plus S.A., de Bâle, de l'appui qu'elles nous ont accordé au cours de nos essais et des illustrations qu'elles nous ont remises pour le présent article.

## L'influence de la commutation électronique sur la conception future des réseaux de transmission

J. Jacot, Berne

621.395.34:621.38

**Résumé.** L'automatisation, sujet actuel très discuté, utilise dans une large mesure l'électronique; les ingénieurs de la commutation essaient à leur tour de tirer profit de cette nouvelle technique et d'adapter à leurs besoins les réalisations effectuées dans le domaine, très proche du leur, des machines mathématiques. Après avoir passé en revue les lois générales et les caractères essentiels de la transmission et de la commutation, l'auteur peut en déduire en particulier qu'une collaboration étroite des deux techniques est nécessaire si l'on veut en tirer le maximum de profit. Les réseaux téléphoniques devront nécessairement s'adapter à ces besoins nouveaux, mais il n'est pas possible de prédire sous quelle forme ils se présenteront.

Les spécialistes de la commutation automatique mettant à profit à leur tour les grands progrès réalisés ces dernières années par l'électronique, les ingénieurs de transmission devront examiner si les transformations que subiront à l'avenir les commutateurs automatiques auront aussi une répercussion sur leurs réseaux de transmission, et quelles mesures il y aura éventuellement lieu de prendre. Comme la technique des transmissions a tiré parti dès le début de tous les moyens électroniques mis à sa disposition, il est naturel qu'on se pose cette question.

Pour pouvoir y répondre, il n'est pas inutile de tracer une brève rétrospective de la technique des télécommunications et d'en rappeler les principes fondamentaux généraux. Nous serons ainsi mieux à même de définir les différences essentielles qui caractérisent la commutation et la transmission et d'en déterminer les points communs.

### 1. Transmission de messages

Le but primaire des télécommunications est de transmettre des messages contenant un certain nombre d'informations. Le message lui-même ne se présente pas toujours sous une forme apte à être

**Zusammenfassung.** Die Automatisierung, ein heute sehr aktuelles und diskutiertes Thema, bedient sich in ausgedehntem Masse der Elektronik. Die Ingenieure der Schalttechnik versuchen ihrerseits aus der neuen Technik, den mathematischen Maschinen, Nutzen zu ziehen und sie den Bedürfnissen der ihnen am nächsten stehenden Domäne anzupassen. Der Verfasser kommt nach einem Sichten der allgemeinen Gesetze und der grundsätzlichen Eigenschaften der Übermittlung und Schaltung zum Schluss, dass eine enge Zusammenarbeit dieser beiden Techniken erforderlich ist, wenn man den maximalen Nutzen daraus ziehen will. Die Telephonnetze müssten notwendigerweise diesen neuen Bedürfnissen angepasst werden, doch ist nicht vor auszusehen, in welcher Form sich diese zeigen werden.

transmise par le milieu de transmission mis à sa disposition. C'est pourquoi il faut le transformer de manière qu'il puisse être transmis, par des courants électriques par exemple.

Le message est composé en général d'une suite de signaux qui auront des formes différentes:

- a) dans la *télégraphie*, le signal est une succession de courants positifs ou négatifs de durée parfaitement définie et qui représente le message à transmettre. Selon le circuit dont on dispose, les signaux seront transmis tels quels, c'est-à-dire sous forme d'impulsions à courant continu ou, par «modulation», on les transformera en trains d'impulsions à fréquences vocales, par exemple.
- b) dans la *téléphonie*, les ondes acoustiques sont transformées en signaux électriques par le microphone, ce qui correspond déjà à une «modulation»; à l'autre extrémité du circuit, les signaux électriques sont retransformés en ondes acoustiques par le téléphone, opération qui correspond à une «démodulation». Le «transducteur» électro-acoustique est modulé par les signaux sonores de façon à produire des signaux électriques que l'on peut envoyer sur la ligne.