

Übersetzung aus der japanischen Zeitschrift

"Nainen Kikan" (Die Verbrennungskraftmaschine)

Band 3, Heft Nr.24, Juni 1964, Seite 29 - 35

Die Entwicklungstendenz der Automobilkühler

von Taro Tanaka

Firma Nippon Denso K.K.

Abfertigung ohne Genehmigung  
nicht gestattet  
Exemplare nur durch  
den Verlag

g. Gustav Kraut  
Warmbronn  
Stuttgart) Im Gäßle 16

1. Vorwort

Bei den modernen Kraftfahrzeugen ist Hand in Hand mit der Steigerung der Motorleistung, mit der Änderung der äußeren Formen und mit der Erhöhung der Zuverlässigkeit der Fahrzeuge auch das Kühlsystem, dessen Hauptbestandteil der Kühler ist, komplizierter geworden und die Aufgabe, die das Kühlsystem zu erfüllen hat, hat an Wichtigkeit gewonnen. Der Verfasser hat bereits im Jahre 1961 einen Überblick über die Kraftfahrzeugkühler der damaligen Zeit veröffentlicht <sup>1)</sup>, wenn wir jedoch heute erneut einen Blick auf dieses Gebiet werfen, dann können wir nur mit Staunen feststellen, welche außerordentlichen Fortschritte in diesem doch recht kurzen Zwischenzeit von nur 2-3 Jahren gemacht worden sind. Bei meinen nachstehenden Darlegungen will ich mich in der Hauptsache auf das Gebiet konzentrieren, auf welchem seit dem Jahre 1961 neue erfolgreiche Schritte getan worden sind und ich möchte so die heutige Entwicklungstendenz bei den Kraftfahrzeugkühlern aufzeigen.

Verlagsgesellschaft Stuttgart  
Zeitschriftenstelle

2. Die Fortschritte in der Konstruktion des Kühlers

Als eine Bauweise, bei welcher das Kühlsystem hermetisch abgeschlossen ist, haben wir das sogenannte Druckkühlverfahren, bei dem der Siedepunkt der Kühlflüssigkeit dadurch erhöht wird, daß während des Betriebes der Druck aufrecht-

erhalten wird; im letzten Weltkrieg hat man mit diesem Verfahren bei den Flüssigkeitsgekühlten Motoren für die Panzer gute Erfolge erzielt und nach dem Kriege hat man dieses Verfahren auch für die Kraftfahrzeuge eingeführt, so daß es heute bereits allgemein gebräuchlich ist. Im Laufe der Jahre hat man auch den Druck bei diesem Verfahren nach und nach gesteigert, so daß man heute in Amerika bei den Personenkraftwagen, wie dies in der Abb.1 dargestellt ist, bereits bei einem Druck von  $1 \text{ kg/cm}^2$  ( $15 \text{ lb/in}^2$ ) angelangt ist. Hand in Hand mit einer derartigen Drucksteigerung ist auch die Betriebstemperatur der Kühlflüssigkeit höher geworden, und damit ist gemäß den Normvorschriften auch die auf die Volumeneinheit des Kühlers bezogene Wärmeabstrahlleistung sehr viel höher geworden, andererseits ist man aber auch gezwungen, durch diese hohen Drücke und Temperaturen, denen der Kühler auf die Dauer standhalten muß, vor ganz neue zusätzliche Bedingungen hinsichtlich der Festigkeit der Kühlerkonstruktion gestellt worden. Daraus hat sich ergeben, daß man nach und nach von der Anwendung des Bandzellenkerns (ribbon cellular core) als Kühlerkern abgekommen ist, und daß man für die Kraftfahrzeuge den Rohrplattenrippenkern (tube and plate fin core) sowie den Wellrippenrohrkern (tube and corrugated fin core) in der Hauptsache in Anwendung gebracht hat. Insbesondere für die Personenkraftwagen wird in allen Ländern der Wellrippenrohrkühler in immer größerem Umfang angewandt <sup>2)</sup> (Abb.2). Was nun die Konstruktion des Kühlers anbelangt, so hat man unter anderem mit dem Ziel einer Erhöhung der Druckbeständigkeit die Form des oberen Kühlflüssigkeitsbehälters, die Verstärkung der Nähte, sowie gegen die von der Straße und vom Motor herrührenden Erschütterungen die Konstruktion

der tragenden Teile und das Auflagerungssystem in verschiedener Hinsicht verbessert (Abb.3).

Wenn man an die Zusammensetzung der Herstellungskosten eines Kühlers denkt, dann ist der Anteil der Materialkosten hierbei außerordentlich hoch. Um daher zu einer Senkung der Herstellungskosten zu kommen, genügt es nicht, die auf die Herstellungstechnik in der Mengenfertigung entfallenden Kosten herunterzudrücken, sondern man sieht sich hier vor die außerordentlich wichtige Aufgabe gestellt, den auf wärmetechnischen Gesichtspunkten beruhenden Rohmaterialverbrauch zu verringern, d.h. also, die auf die Gewichtseinheit bezogene Wärmeabstrahlungscharakteristik so günstig als nur irgend möglich zu gestalten; über diese Probleme sind in allen Ländern sehr eingehende Untersuchungen durchgeführt worden. So hat man insbesondere bei dem in der neueren Zeit sehr viel angewandten Wellrippenrohrkern festgestellt, daß eine Reihe von in den Rippen vorgesehenen Einkerbungen, die sogenannten louvre einen erheblichen Einfluß auf die Wärmeabstrahlungscharakteristik besitzen; man hat daher in dieser Richtung in erhöhtem Maße Forschungen angestellt. Im Forschungszentrum der Firma Ford in Amerika hat man anstelle der in der Abb. 2c dargestellten, bisher gebräuchlichen zusammenstoßenden Bauform der mit louvre versehenen Rippen (bump type fin) die in den Abb. 3 und 4 dargestellten Vielschlitz-Louvre-Rippen (slit type fin) entwickelt, und diesen Kühler zuerst bei dem Falcon-Wagen und dann auch bei anderen Wagen der Firma Ford angewandt; es wird berichtet, daß man dadurch in erheblichem Maße zur Kostensenkung beigetragen hat 3). Um auch in unserem Lande die Leistungsfähigkeit

der Louvrerippen zu untersuchen, hat man den zwischen der Materialverschiebung und den Wärmeübergang bestehenden Unterschied ausgenützt, man hat Modellrippen hergestellt, diese mit einem Naphtalinüberzug versehen und in den Windkanal gebracht, und aufgrund des Wertes der Sublimationsabnahme konnte man die Wärmeübertragung messen <sup>4)</sup>. Um nähere Schlüsse auf die den Luftstrom durch die Einkerbungen dieser Modellrippen beeinflussenden Faktoren ziehen zu können, haben wir uns der in der Abb.5 dargestellten fotografischen Aufnahmen bedient.

Bei den modernen Personenkraftwagen, bei denen es viel auf die äußere Erscheinungsform ankommt, besteht die Tendenz, um die Fluchtlinie des Wagens möglichst niedrig zu halten, die Höhe des Kühlers ganz besonders herunterzudrücken. Wenn man nun ausgehend von ein und derselben Frontfläche des Kühlers den Kern in der horizontalen Richtung lang ausbildet, dann wird er von der durch den Kühlventilator geförderten Luft nicht gleichmäßig durchströmt. Wenn man nun mit dem Ziel, die Vorderfläche des Kühlers zu verkleinern, die Dicke des Kernes (in der Richtung nach innen zu) vergrößert, dann nimmt, wie man aus der für die mittlere Temperaturdifferenz zwischen der Luft und der Kühlflüssigkeit aufgestellten Beziehung ersehen kann, die Wärmeabstrahlungsleistung nicht proportional mit der Dicke zu; ganz abgesehen von den höheren Kosten sinkt die Leistungsfähigkeit des Kühlers ab und als weiterer Nachteil kommt der erhöhte Widerstand für die Kühlluft hinzu. Um also die von der äußeren Form her gestellten Forderungen zu befriedigen, hat man sich überlegt, ob man das Querstromverfahren anwenden oder ob man einen geteilten (?) oberen Kühlflüs-

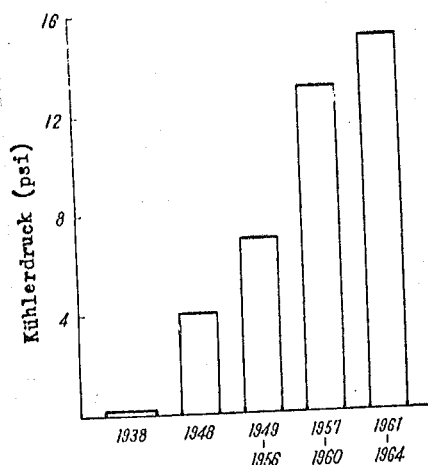


Abb.1 Der Anstieg des Druckes im Kühler eines Oldsmobile-Wagens der Firma G.M.C.

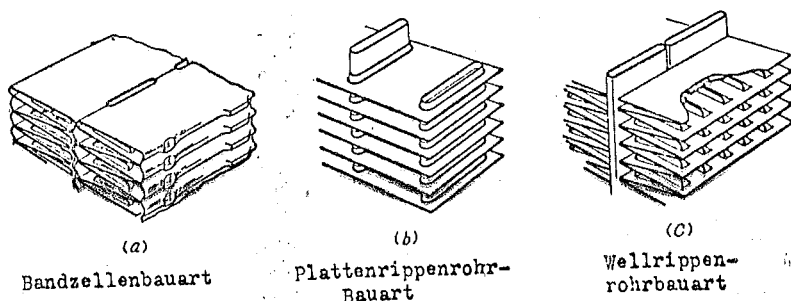


Abb.2 Die verschiedenen Arten der Kühlerkerne für Kraftfahrzeuge

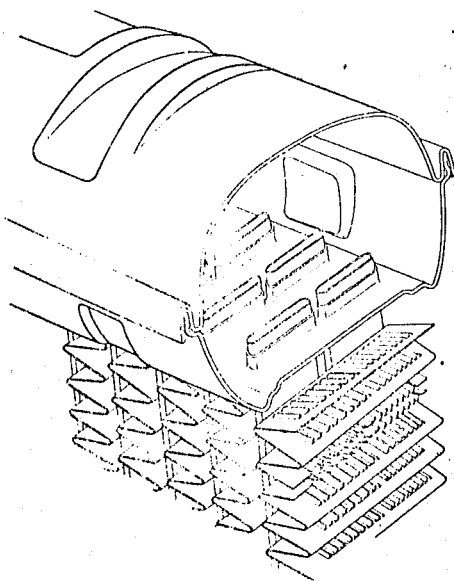


Abb.3 Ein repräsentatives Beispiel der Konstruktion eines Wellrippenrohrkühlers (für den Balcon-Wagen der Firma Ford)

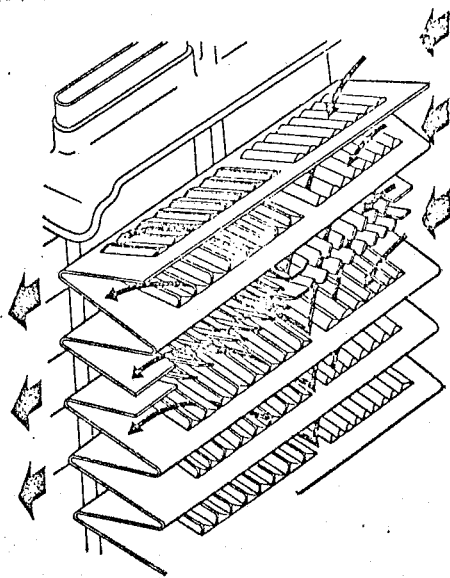


Abb.4 Rippen mit vielen schlitzförmigen Durchbrechungen.

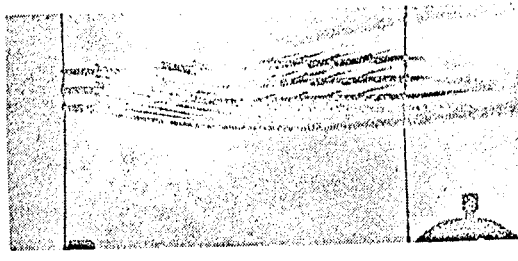
sigkeitsbehälter (header tank) vorsehen soll 5)6). Bei dem üblichen Abwärtsstromverfahren (down flow) strömt die Kühlflüssigkeit in den Rohren von oben nach unten, während beim Querstromverfahren die Rohre waagrecht angeordnet sind, so daß die Kühlflüssigkeit in waagerechter Richtung von der einen Seite auf die andere Seite strömt, der obere und untere Kühlflüssigkeitsbehälter wird also hier durch 2 seitliche Kühlflüssigkeitsbehälter ersetzt. Dieses Verfahren wird von der Firma Ford in Amerika sowie bei dem Corvett-Wagen der Firma G.M.C. und auch bei dem später noch näher zu beschreibenden Taunus 12 M der deutschen Fordgesellschaft angewandt. Ein Verfahren, bei welchem der "header tank" ganz abgeschafft und der Zuführungstank (supply tank) abgetrennt ist, gibt nicht nur die Möglichkeit, die Fluchtlinie niedrig zu halten, sondern auch die Luftblasen abzutrennen und andere Forderungen, denen der "header tank" nicht genügt hat, zu erfüllen; es ist dies ein mit dem Erscheinen des später noch näher zu beschreibenden "permanent seal"-Verfahren in engem Zusammenhang stehendes Verfahren, dessen Anwendung weite Verbreitung gefunden hat. Da jedoch bei diesem Verfahren eigens ein Vorratstank (supply tank) vorgesehen ist, kann eine Erhöhung der Kosten allerdings nicht vermieden werden.

### 3. Neue Kühlsysteme

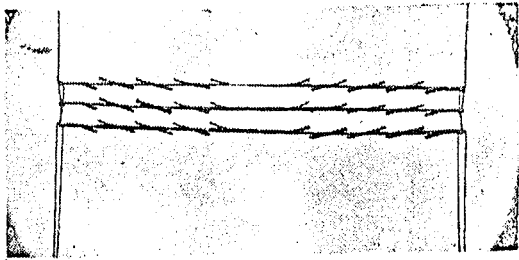
#### 3.1 Das "permanent-seal"-Verfahren

Ein Kühlsystem nach dem "permanent seal"-Verfahren ist erstmalig im Jahre 1961 bei dem L 4-Wagen der französischen Firma Renault angewandt worden 7) (Abb.6). Bei diesem Verfahren wird außer dem Kühler noch ein besonderer Vorrats-

behälter (supply tank) gebraucht. Wenn die Temperatur ansteigt, dann dehnt sich die Kühlflüssigkeit aus und tritt in den Vorratsbehälter ein, wenn sich das Kühlsystem wieder abkühlt, läuft das Wasser wieder in den Kühler zurück. Dieses Kühlsystem kann bis zu einer Temperatur von  $-36^{\circ}\text{C}$  angewandt werden. Eine sorgfältig ausgewählte Kühlflüssigkeit wird bei der Herstellerfirma unmittelbar vor dem Versand des Wagens eingefüllt und die Kühlerkappe wird mit Blei abgedichtet. Somit hat der Verbraucher mit der Kühlflüssigkeit überhaupt nichts zu tun; das lästige Nachsehen der Kühlflüssigkeit, sowie das Nachfüllen und das Auswechseln bei Eintritt der kälteren Jahreszeit, all dies ist vollkommen unnötig. Somit ist also das "permanent-seal"-Verfahren als ein "wartungsfreies" Verfahren zu bezeichnen, und, da außerdem ein besonderer Vorratsbehälter benutzt wird, so hat man in der oben beschriebenen Weise die Möglichkeit, den "header tank" des Kühlers klein zu gestalten. Dieses Kühlsystem hat den Vorteil, daß mit gutem Erfolg Wärmeabstrahlteile von gleicher Höhe verwendet werden können, daß insbesondere deshalb, weil eine vom Motorenhersteller sorgfältig geprüfte Kühlflüssigkeit verwendet werden kann, eine Zerstörung des Kühlsystems durch Korrosion und durch Ansatz von Kesselstein ausgeschlossen ist, und daß schließlich die Gefahr einer Verbrühung durch das austretende heiße Kühlwasser, wie es bei unbedachter Entfernung der Kühlerkappe vorkommen könnte, überhaupt nicht besteht. Diese Vorteile sind der Grund, weshalb nach den Wagen von Renault <sup>8)</sup> auch die englische Firma B.M.C. ihre Wagen Austin 1100, Morris 1100 <sup>9)</sup> und die westdeutsche Firma Auto-Union <sup>11)</sup> ihren Wagen DKW-F 102 sowie die



(A) Schlieren-Aufnahme erhitzter Modellrippen, im Windkanal



(B) Schlieren-Aufnahme von Modellrippen im Windkanal, die man im Gegensatz zu der Abb.(A) nicht erhitzt hat.

Abb.5 Die Strömung der Luft durch mit Durchbrechungen versehene Rippen.  
 (Diese Aufnahmen wurden mir freundlicherweise von dem Zentrallaboratorium der Firma Toyota zur Verfügung gestellt).

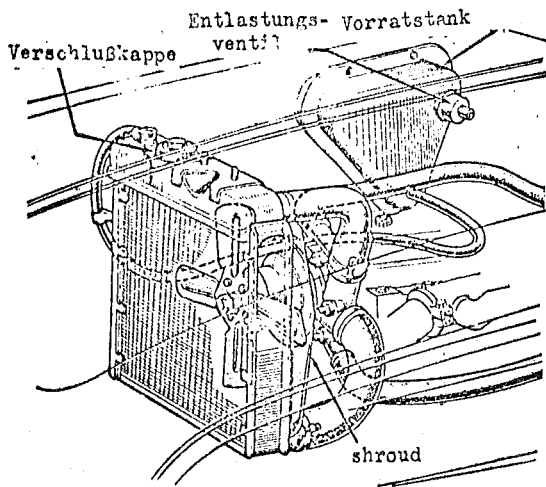


Abb.6 Das "Permanent-Seal" Verfahren des Renault L 4

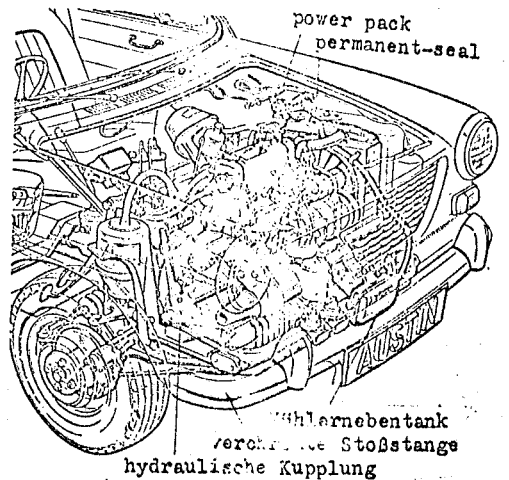


Abb.7 Das "Permanent-Seal" Verfahren des Austin 1100

Firma Ford ihren Taunus 12 M mit diesem System ausgerüstet haben. Im Falle des Austin 1100 ist der Motor zusammen mit dem Getriebe und mit dem endgültigen Radantrieb (final drive) auf einem Unterraum (subframe) angeordnet und bildet einen sogenannten "power pack", an dessen linker Seite auch der Kühler angeordnet ist. Ein 16flügeliger Kühlventilator saugt die Luft von dem Frontgitter her an und drückt sie zu dem Kühler; darnach strömt die Luft beim linken Kotflügel ins Freie aus. Der Zusatzbehälter (sub tank) ist unterhalb des vorderen Endes des Wagens so angeordnet, daß er tiefer liegt als der untere Kühlerbehälter (lower tank). Wenn die Kühlflüssigkeit eine höhere Temperatur annimmt und sich ausdehnt, dann strömt sie durch die vom oberen Behälter des Kühlers ausgehende Rohrleitung in den Zusatzbehälter (sub tank); wenn die Temperatur wieder absinkt, dann fließt diese Kühlflüssigkeit wieder in den oberen Behälter des Kühlers zurück (Abb.7). Im Falle des DKW F-102 wird der Vorratsbehälter (sub tank) als Ausgleichskühler (balancing radiator) bezeichnet. Er unterscheidet sich dadurch, daß sein unterer Teil als Wärmeaustauscher ausgebildet ist (Abb.8).

### 3.2 Der elektrisch angetriebene Kühlventilator

Die Lufttemperatur ist je nach den Fahrbedingungen verschieden, die Zeit während welcher man bei einem Kraftfahrzeug mit wassergekühltem Motor den Betrieb des Kühlventilators unbedingt braucht, beträgt im Durchschnitt höchstens ungefähr 10% der gesamten Fahrzeit<sup>12)</sup>. Bei einem Wagen, bei dem man den Kühlventilator ununterbrochen laufen läßt, muß der Motor während der übrigen 90% der

Zeit eine ganz erhebliche Antriebsleistung für die Kühlung ganz umsonst aufbringen, und es wird zudem auch noch das lästige Geräusch des Kühlventilators verursacht. Da jedoch mindestens während 10% der Zeit der Kühlventilator unbedingt erforderlich ist, so ist es schwierig, ihn einfach ganz fortfallen zu lassen. Mit dem Ziel, diese schwachen Punkte zu verbessern, hat man bereits seit dem Jahre 1956 versucht, die Drehzahl der Kühlventilatoren in Abhängigkeit von der Kühlwassertemperatur zu verändern, man hat dabei den Anstellwinkel der Ventilatorenflügel über eine thermostatisch gesteuerte Einrichtung zu ändern versucht, und man hat einen Drehmomentbegrenzenden Ventilator angeordnet, der so arbeitete, daß bei hoher Motordrehzahl die Drehzahl des Kühlventilators nicht ebenfalls hoch wurde. Eine neue Entwicklungstendenz geht dahin, einen elektrisch angetriebenen Kühlventilator zu verwenden. Man könnte diesen Ventilator auch als "part time"-Ventilator bezeichnen, er besitzt den Vorteil, daß er durch einen Elektromotor angetrieben wird, dadurch wird es ganz leicht, den Ventilator entsprechend der jeweiligen Temperatur zu steuern und vom Motor her braucht der Antrieb des Ventilators überhaupt nicht berücksichtigt zu werden. Dadurch kann auch der Kühler ganz unabhängig vom Motor an einer gut zugänglichen Stelle eingebaut werden, man kann das zwischen dem Ventilator und der Ventilatorabdeckung vorhandene Spiel gering halten und dadurch den Wirkungsgrad des Ventilators erhöhen; diese Möglichkeiten machen dieses Kühlsystem für diejenigen Wagen, bei denen die äußere Form eine große Rolle spielt, wie etwa für die Sportwagen ganz

besonders geeignet. Allerdings läßt es sich zur Zeit noch nicht vermeiden, daß der Kühlventilator, wenn er sich in Betrieb befindet, eine ganz erhebliche Menge elektrischer Energie frißt. Dieses Kühlsystem ist in dem westdeutschen Wagen Goliath verwendet worden, neuerdings, seit dem Jahre 1961, wird dieses System auch in dem englischen Wagen Jaguar-E angewandt, weiterhin wurde es angewandt bei dem Reliant-Saver (?), bei dem Bristol 408, bei dem Jansen C-V 8 usw. In dem Jaguar-E ist ein Ventilator der Bauart 3 GM der Firma Lukas eingebaut, dieser Ventilator wird durch einen in das Kühlwasser eingesenkten Thermoschalter ein- und ausgeschaltet. Um das Auftreten des Pendelns (hunting) auszuschalten, hat man zwischen die Einschalttemperatur und die Abschalttemperatur eine Differenz von  $20^{\circ}\text{C}$  gelegt. Der zu der internationalen Automobilausstellung des Jahres 1963 in Frankfurt erstmalig herausgekommene Sportwagen Spider der westdeutschen Firma NSU hat hinten einen Wankelmotor eingebaut, der Kühler ist jedoch vorne im Wagen angeordnet, er ist mit einem elektrisch angetriebenen Kühlventilator ausgerüstet (Abb.9) <sup>14)</sup>. Elektrisch angetriebene Kühlventilatoren werden neuerdings auch in dem "Pansa" der Firma Leeland und auch in den Omnibussen der Firma Brossel angewandt.

### 3.3 Die gleichzeitige Verwendung als Wagenheizer

Neuerdings ist eine Strömung aufgetreten, welche eine konstruktive Vereinfachung dadurch erreichen will, daß sie die Probleme der Kühlung verbessert und gleichzeitig den Kühler als Wagenheizer benützt. In bekannter Weise ist zwar bei den Kraftfahrzeugen mit wassergekühltem Motor die

Verwendung eines sogenannten Warmwasserwagenheizers allgemein verbreitet, in diesen Fällen werden jedoch gewöhnlich außer den für die Kühlung des Motors bestimmten Elementen nämlich außer dem Kühler und dem Kühlventilator, noch ein besonderer Wärmeaustauscher für den Wagenheizer und ein elektrisch angetriebenes Gebläse verwendet. Die Firma Ford in Amerika hat einen Wagen entwickelt, dem sie den Namen "Cardinal" gegeben hat, und die deutsche Fordgesellschaft hat in dem 1962 erstmalig zum Verkauf gebrachten Taunus 12 M als neuen Versuch den Kühlventilator für den an der Vorderfront des Motors eingebauten Kühler weglassen, und sie hat die Arbeit dieses Ventilators einem elektrisch angetriebenen, der Heizung des Wagens dienenden Gebläse übertragen <sup>11)</sup>. Bei diesem Verfahren bekommt man außer der Vereinfachung der Konstruktion auch noch den Vorteil einer Verkürzung der Anheizzeit. Bei einem modernen Wagenheizer kann man beliebig umschalten und Außenluftzufuhr oder Innenluftbeheizung wählen; wenn die Außentemperatur sehr niedrig ist, oder wenn die Außenluft Staub Rauch oder dergleichen enthält, dann wird nur die im Wagen vorhandene Luft umgewälzt, wenn jedoch die Temperatur der Außenluft verhältnismäßig hoch ist, dann kann man auch dem Wageninneren Frischluft zuführen. Auch bei der Innenluftumwälzung fördert das Gebläse des Wagenheizers eine ausreichende Luftmenge zu der Abtaudüse (defroster nozzle), so daß diese Düse imstande ist, die beschlagenen Fensterscheiben wieder klar zu machen. Im Gegensatz hierzu ist beim Taunus 12 M nur das Verfahren der Änderung der Heizluftmenge und der Steuerung der Heizleistung übrig geblieben; man hat deshalb den Nachteil, daß bei einer verhält-

nismäßig hohen Temperatur der Außenluft an einem regnerischen Tag die Temperatur im Innern des Wagens so hoch wird, daß die Fensterscheiben beschlagen. In der gleichen Weise, wie das bereits weiter oben im Falle des elektrisch angetriebenen Kühlventilators beschrieben worden ist, hat man hier auch den Nachteil, daß der Motor viel elektrische Energie frißt (Abb.10).

Auf der anderen Seite hat man bei dem 600 D der italienischen Firma Fiat <sup>16)</sup> und bei dem F 12, Modell 1963, der westdeutschen Firma Auto-Union <sup>17)</sup> den Wagenheizer ganz weggelassen und die durch den Kühler hindurchströmende Luft als Warmluft in das Wageninnere geleitet und auf diese Weise als Heizung benützt. Bei diesem Verfahren kann

man den sogenannten Wagenheizer fortfallen lassen, das Verfahren ist deshalb bei Kleinwagen im Hinblick auf die Kosten sehr zweckmäßig, wenn jedoch der Thermostat abschaltet und die Kühlflüssigkeit im Kühler nicht mehr zirkuliert, so erfüllt diese Einrichtung ihre Aufgabe als Wagenheizer überhaupt nicht mehr und, da man einen thermostatisch gesteuerten Ventilator nicht verwenden kann, so bekommt man den Nachteil eines hohen Stromverbrauches für den Antrieb des Kühlventilators (Abb.11).

#### 4. Die aus Aluminium hergestellten Kühler

Die Entwicklung von aus Aluminium hergestellten Kühlern für Kraftfahrzeuge ist in allen Ländern mit Eifer betrieben worden, insbesondere ist bei dem Kühlerwerk Harrison der amerikanischen Firma G.M.C. die Aktivität auf diesem Gebiet außerordentlich lebhaft. Bei der gleichen Firma ist schon seit dem Jahre 1956 in dem Corvett-Wagen ein voll-

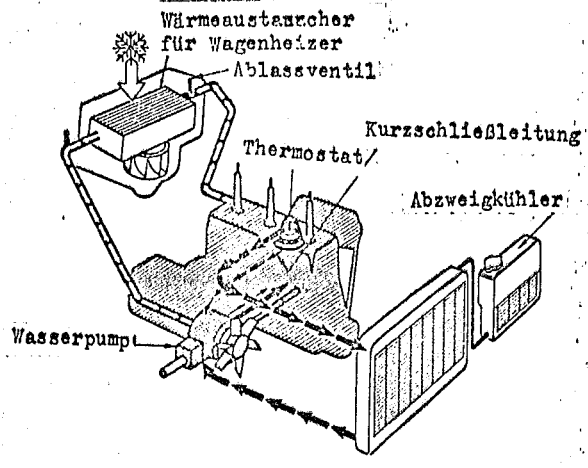


Abb.8 Das "Permanent-Seal"-Verfahren des DKW F 102

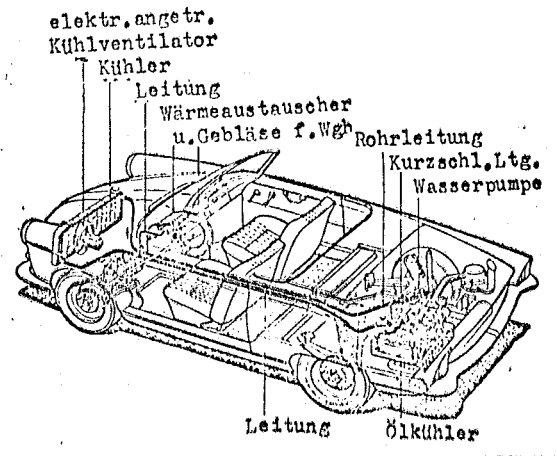


Abb.9 Der elektrisch ange-triebene Kühlventilator des Spider der Firma NSU

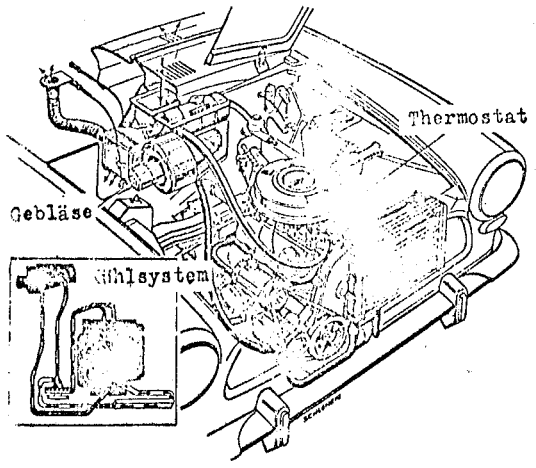


Abb.10 Das Kühlsystem des Taunus 12 M der Firma Ford

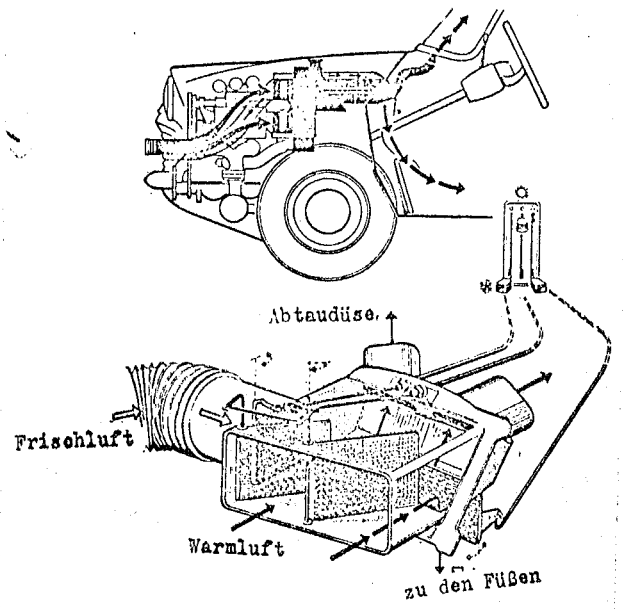


Abb.11 Der gleichzeitig als „Wagenheizer“ benützte Kühler des DKW F 12

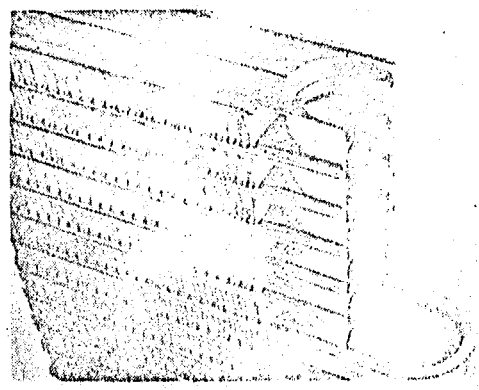


Abb.12 "drown-cup" - Aluminium-Kühler



Abb.13 Der Aluminiumkühler des Corvett der Firma G.M.C. (drown cup-Bauart)

ständig aus Aluminium hergestellter Kühler angewandt worden, vom Jahre 1962 an jedoch wurde auch bei dem Wagentyp "Shebi" (?) II L 6 (ein mit einem Sechszylindermotor ausgerüsteter Wagen) ein aus Aluminium hergestellter Kühler angewandt<sup>2)</sup>. Die Konstruktion dieser Aluminiumkühler ist in der Abb.12 dargestellt, man nennt diesen Typ die "drown cap"-Bauart, sie wird sehr viel bei Ölkühlern angewandt. Die Konstruktion des Kernes ist derart, daß der Behälterteil und der Rohrteil aus einem Blech gepreßt werden; der Behälterteil, der Rohrteil und die zwischen diesen Teilen erforderlichen Verbindungen sind überaus leicht herzustellen. Die Rippen sind die gleichen wie bei dem Wellrippenrohrkern. Der Kühler des "Shebi" (?) II L 6 ist ein ganz gewöhnlicher Abwärtsstromkühler (down flow); der Kühler des Corvett-Wagens ist ein Querstromkühler (cross flow) in der Art, wie er oben beschrieben wurde; von dem Modell 1961 an wurde ein Vorratsbehälter (supply tank) abgetrennt vorgesehen, natürlich war auch dieser aus Aluminium hergestellt (Abb.13).

Auf dem Gebiete der Herstellungstechnik der Aluminiumkühler ist man ebenfalls dabei, beachtliche Verbesserungen ins Werk zu setzen. Als Material für die Aluminiumkühler wird ein Lötblech (brazing sheet) verwendet, das man dadurch hergestellt hat, daß man die Außenseite des Aluminiumbleches mit einem Legierungsbelag versehen hat. Früher hat man, nachdem man dieses Lötblech (brazing sheet) hergestellt hatte, den fertig zusammengebauten Kühler in ein Bad eingetaucht, indem man ein Spezialflußmittel gelöst hatte und man hat auf diese Weise die Lötung (wörtlich: die Verklebung) herbeigeführt; dieses Verfahren bezeichne

man als das Tieflötverfahren (deep brazing). In der neueren Zeit läßt man die kleineren Kerne, beispielsweise die Ölkühler und dergleichen in derselben Weise wie die gewöhnlichen Kühler durch einen Ofen hindurchlaufen und führt dadurch die Lötung herbei; es ist dies das sogenannte Ofenlötverfahren (furnace brazing), Da dieses neue Verfahren gegenüber dem Tieflötverfahren den Vorteil hat, daß man von dem sehr teuren Flußmittel nur eine verschwindend kleine Menge braucht und daß man überdies die Produktionsleistung ganz erheblich steigern kann, so hat man es für die Herstellung der Aluminiumkühler in Anwendung gebracht und es scheint, daß es auch gelungen ist, dadurch die Kosten der Herstellung wesentlich zu senken.

Bei den ganz aus Aluminium hergestellten Kühlern muß große Sorgfalt auf die richtige Wahl des Kühlmittels verwandt werden, weil es sehr lästig ist, den Kühler zu ergänzen und weil auch die Gefahr der Korrosion besteht; im erstgenannten Fall hilft man sich damit, daß man eine Instandsetzung mit Epoxyharz anwendet, während man, um der Korrosion zu begegnen, beabsichtigt, zu dem "Permanent-Seal-Verfahren" überzugehen. So wird in der Zukunft der aus Aluminium hergestellte Kühler ganz besonders die Beachtung und Bewunderung auf sich ziehen.

##### 5. Die Entwicklung von für ausschließliche Spezialverwendung bestimmten Kühlflüssigkeiten

Als Kühlflüssigkeit für die Kühlsysteme der Kraftfahrzeuge wird in der Hauptsache Wasser verwandt, weil seine spezifische Wärme und seine anderen physikalischen Eigenschaften ganz ausgezeichnet sind und weil es auch immer

leicht zu bekommen ist. In der kalten Jahreszeit ist zwar zu befürchten, daß das Wasser einfriert und wenn das Wasser tatsächlich gefriert, dann besteht die Gefahr, daß der Zylinderblock gesprengt wird; weiterhin ist auch zu befürchten, daß die Materialien, aus denen der Motor und der Kühler bestehen, also das Gußeisen, das Aluminium, das Messing, das Hartlot usw. der Korrosion zum Opfer fallen und schließlich besteht bei natürlichem Wasser die Möglichkeit, daß sich Kesselstein bildet; dies alles kann einem sehr viel Kummer bereiten. Um diesen Problemen zu Leibe zu gehen, hat man dem Wasser Gefrierschutzmittel beigemischt, so z.B. vorallem Äthylenglykol, man hat alle möglichen Arten von Korrosionsschutzmitteln angewandt und um die Kesselsteinbildung zu verhindern, hat man dem Wasser Chemikalien, wie etwa Antigel zugesetzt; weiterhin sind Chemikalien unter dem Namen "anti freeze" auf den Markt gekommen, welche man hauptsächlich während der kalten Jahreszeit verwendet. In der neuesten Zeit jedoch hat man, wie oben bereits dargelegt, besonders in der Absicht, einen wartungsfreien Kühler zu bekommen, zu dem sogenannten "Permanent-Seal-Verfahren" gegriffen; dadurch ergab sich der Wunsch und die Forderung nach einer noch längeren Verwendungszeit der Kühlflüssigkeit, und in dem Bestreben, den Motor in Aluminium auszuführen und auch Aluminiumkühler zu verwenden, hat man der Kühlflüssigkeit insbesondere gegenüber dem Aluminium wirksame Spezialkorrosionsschutzmittel zugesetzt, so daß man ohne die Kühlflüssigkeit auszuwechseln und ohne irgend eine Reparatur den Kühler viele Jahre hindurch verwenden konnte; so ist es gekommen, daß im Lauf der jüngst vergangenen 5-6 Jahre in der Entwicklung von Spezialkühlflüssigkeiten mit

besonders langer Standzeit ganz außerordentliche Fortschritte gemacht hat. Über diese neuen Kühlflüssigkeiten, über ihre chemische Zusammensetzung, über die Korrosion, welcher bei ihnen die einzelnen Teile des Motors und des Kühlers unterworfen werden, über das allmähliche Schlechterwerden des Kühlmittels, über das im Hinblick auf eine niedrige spezifische Wärme zu befürchtende Absinken der Wärmeabstrahlleistung, über den Einfluß einer Erhöhung der Arbeitstemperatur auf die Leistung des Motors, über den Einfluß des Kühlmittels auf die Luftblasenbildung usw. sind bereits zahlreiche, ins einzelne gehende Forschungsarbeiten veröffentlicht worden, auf die ich den Leser hinweisen möchte und die ich deshalb in der vorliegenden Arbeit übergehen kann (18)-23).

#### 6. Die Fortschritte in dem Verfahren zur Prüfung der Kühler

Die Nachprüfung der Kühlleistung bei einem Wagen, in welchem ein neuer Kühler eingebaut worden ist, stellt immer ein schwieriges Problem dar. Hand in Hand mit der Steigerung der Zuverlässigkeit in der letzten Zeit ist auch eine beschleunigte Lebensdauerprüfung, bei welcher man in kurzer Zeit die Dauerhaftigkeit des Kühlers mit Sicherheit feststellen kann, zu einem dringenden Bedürfnis geworden. Die Abb. 14 zeigt ein Beispiel des in Amerika gebräuchlichen Kühler-testverfahrens, besonders bemerkenswert ist jedoch, daß die Prüfung im Automobilwindkanal mit großem Erfolg angewandt wird (24). Als Kühlkoeffizienten, welche die Kühlleistung eines Wagens ausdrücken sollen, werden gewöhnlich A.T.B. (Air To Boil Temperature) und R.O.A. (Ride-Over Ambient) angewandt. A.T.B. ist ein Ausdruck, der auf den

# Kühlerprüfung

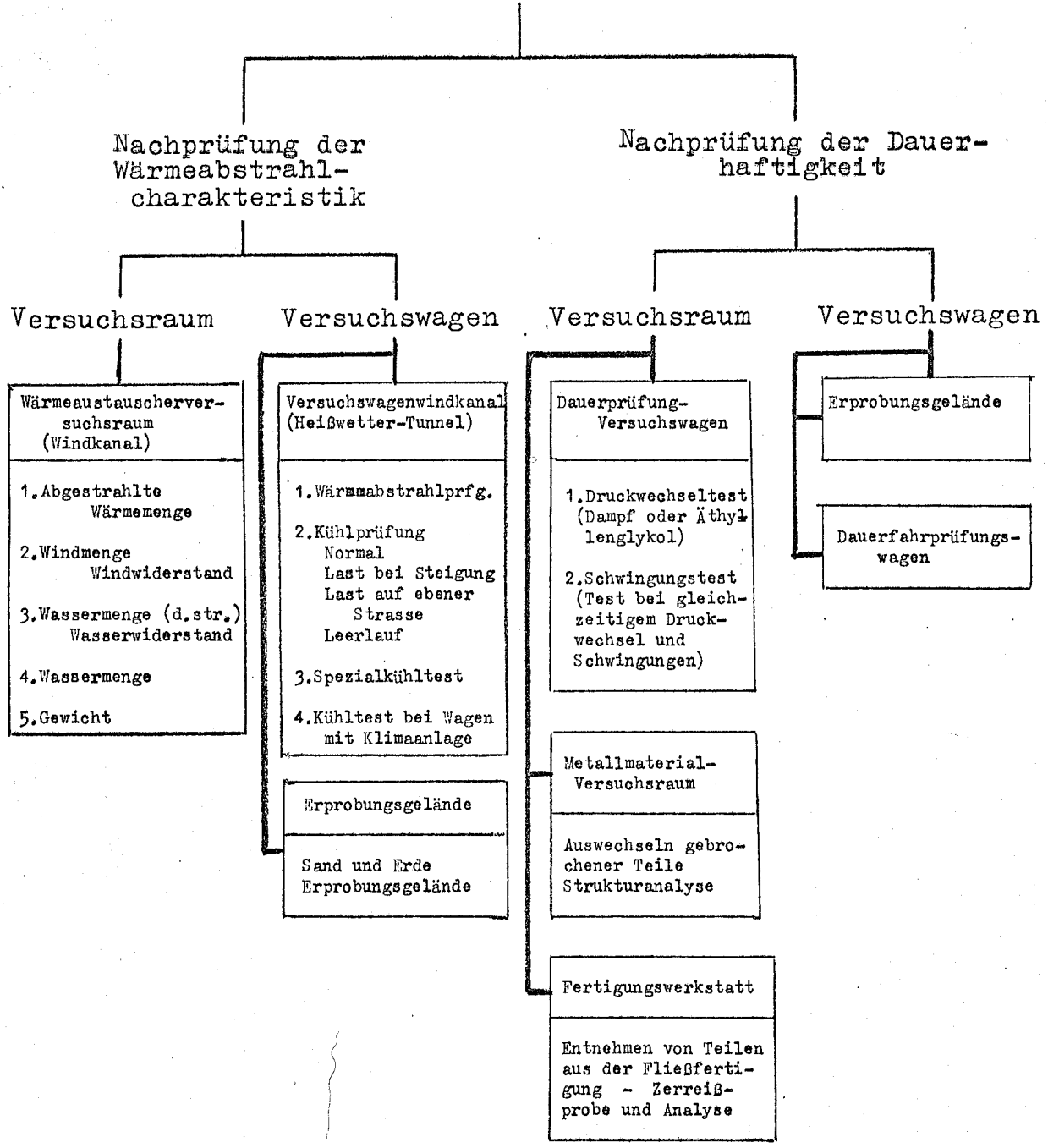


Abbildung 14. Kühlerprüfverfahren

bestimmten Fahrtbedingungen aufgebaut ist, ergibt die Temperatur der Außenluft an, bei welcher die Kühlflüssigkeit zu sieden beginnt; durch R.O.A. wird angegeben, um wieviel die Temperatur der Kühlflüssigkeit nach einer bestimmten Zeit des Leerlaufes bei einer bestimmten Außenlufttemperatur und bei bestimmten Sonneneinstrahlungsbedingungen höher geworden ist als die Temperatur der Außenluft; diese Faktoren werden durch Messungen in dem Autowindkanal bestimmt. Für diese Kühlkoeffizienten sind genaue Grundwerte für die einzelnen Wagentypen, für die einzelnen Wagenausrüstungen und für die verschiedenen Fahrbedingungen gegeben worden. Insbesondere Hand in Hand mit der Verbreitung der Klimaanlage für Kraftfahrzeuge in der neueren Zeit ist die Prüfung der Kühlleistung im Innern des Wagens sowie die Überprüfung des Einflusses auf das Motorkühlsystem, wenn man im Innern des Wagens einen Kondensator für das Kühlmedium einbaut, zu einer dringenden Notwendigkeit geworden; dabei hat es sich nur umso deutlicher gezeigt, daß man für diese Überprüfungen einen Automobilwindkanal braucht.

Noch ein weiterer Punkt ist hier zu beachten. Dieser besteht in der Festlegung eines Beschleunigungslebensdauer-testes für den Kühler. Da auf den Kühler die Beanspruchungen durch die vom Motor und von der Straße her mitgeteilten Schwingungen sowie die infolge der Änderungen der Temperatur und des Druckes im Innern erzeugten wechselnden Beanspruchungen kommen, hat man bisher mit dem Kühler eine Schwingungsprüfung sowie unter Zuhilfenahme von Dampf eine Wechselbeanspruchungsprüfung durchgeführt. In der neueren Zeit wird das Kühlsystem auf einen Prüfstand gebracht, der

in der gleichen Weise angeordnet ist, wie dies praktisch am Wagen der Fall ist, und die Prüfung wird so durchgeführt, daß der Kühler gleichzeitig den Schwingungen und den wechselnden Druckbeanspruchungen unterworfen wird. Dieses neue Prüfverfahren ist zwar eine ganz natürliche Sache, und die mit diesem Verfahren erhaltenen Ergebnisse stimmen sehr gut mit den bei der praktischen Fahrt im Wagen erhaltenen Ergebnissen überein.

## 7. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit ist über die Entwicklungstendenz der Kühler für Kraftfahrzeuge in der neueren Zeit berichtet worden, da in der Arbeit noch die verhältnismäßig neuen Veröffentlichungen aus der Literatur in großer Zahl angegeben sind, so bitten wir den Leser, diese Literaturstellen nachzuschlagen, und ich hoffe, daß dadurch ergänzt wird, was an der vorliegenden Arbeit noch fehlt.

Das Gebiet der Herstellung habe ich zwar kaum berührt, als repräsentatives Beispiel der allerneuesten Kühlerfertigung ist jedoch die Kühlerfertigung in dem Werk Green Island der amerikanischen Firma Ford zu nennen, und wir verweisen auf die neueste Literatur hierüber <sup>25)</sup>.

Zum Schluß meiner Arbeit möchte ich nicht versäumen, dem Zentrallaboratorium der Firma Toyota und dem Mitarbeiter dieses Laboratoriums, Herrn Fujikake meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Literaturhinweise

- (1) Tanaka: Zeitschrift der jap.Gesellschaft für Mechanik, Dezember, 1961, S.14-22.
- (2) Auto. Engr. Okt.1962, S.380-384
- (3) Auto. Ind.Sept. 1963, S.55-59
- (4) Oshima: Referat gehalten auf der Tagung der jap.Gesellschaft für Automobiltechnik am 8.August 1962, Sammlung der Referate Seite 19-24.
- (5) SAE Journal Sept. 1959, S.54-57.
- (6) A.Scheibe: ATZ Sept.1963, S.291-293
- (7) Product Engg. Okt. 30 1961, S.72-73
- (8) Auto. Ind.Okt. 15. 1962, S.66-67
- (9) Gesellschaft der Automobilzubehörindustrie: Berichte über die Untersuchung des im Ausland hergestellten Kraftfahrzeugzubehörs (Zubehör zum Morris 1100) Dez.63
- (10) H.Sitterding: ATZ Nov.1963, S.337-344.
- (11) W.Rixmann: ATZ Okt.1962, S.306-311.
- (12) Auto. Engr. Juli 1961, S.253-255
- (13) Auto. Engr. April 1961, S.142-143
- (14) W.Froede: ATZ Sept.1963, S.253-256
- (15) J.Dickson-Simpson: Bus & Coach Febr.1964, S.42-44
- (16) Kraftfahrzeugzubehörindustriengesellschaft: Berichte über die Untersuchung des im Ausland hergestellten Kraftfahrzeugzubehörs (Zubehör zum Fiat 600 D) Dez.62
- (17) ATZ Febr.1963, S.57-58
- (18) H.J.Hannington and D.H.Hultgren: S.A.E.Preprint 660 A. März 19-21, 1963.
- (19) C.O.Ourbin and G.G.Levy: S.A.E.Preprint 660 B, März 19-21, 1963
- (20) E.Gehres: S.A.E.Preprint 660C, März 19-21, 1963.
- (21) A.Bukowiecki: ATZ März 1961, S.78-84.
- (22) O.Klüssener: ATZ Okt.1961, S.322-323
- (23) E.Schmitz-Hillebrecht, K.Steiger: ATZ Febr.64, S.37-43
- (24) C.V.Hawk and J.W.Godfvey: SAE Trans.1959, S.456-462
- (25) Herbert Chase: Auto.Ind.März 1., 1963, S.44,45,56,57.