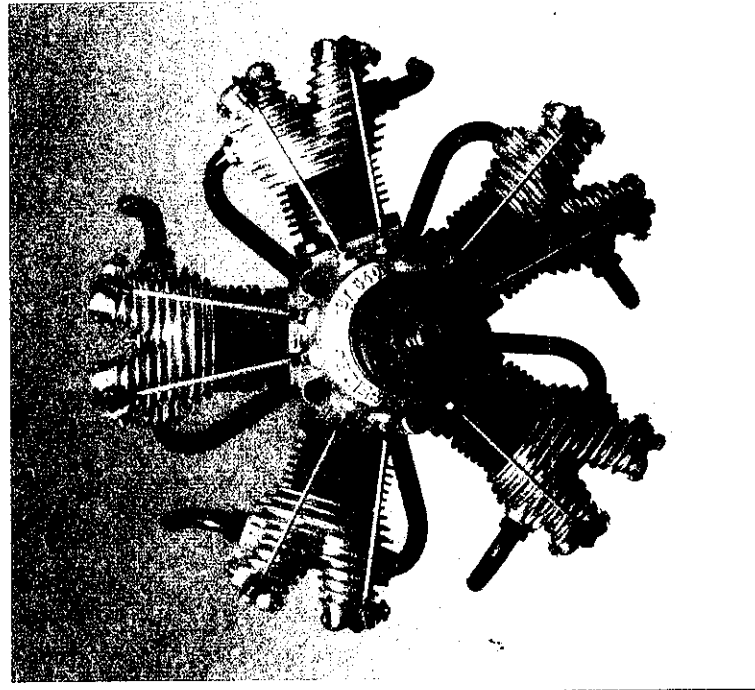
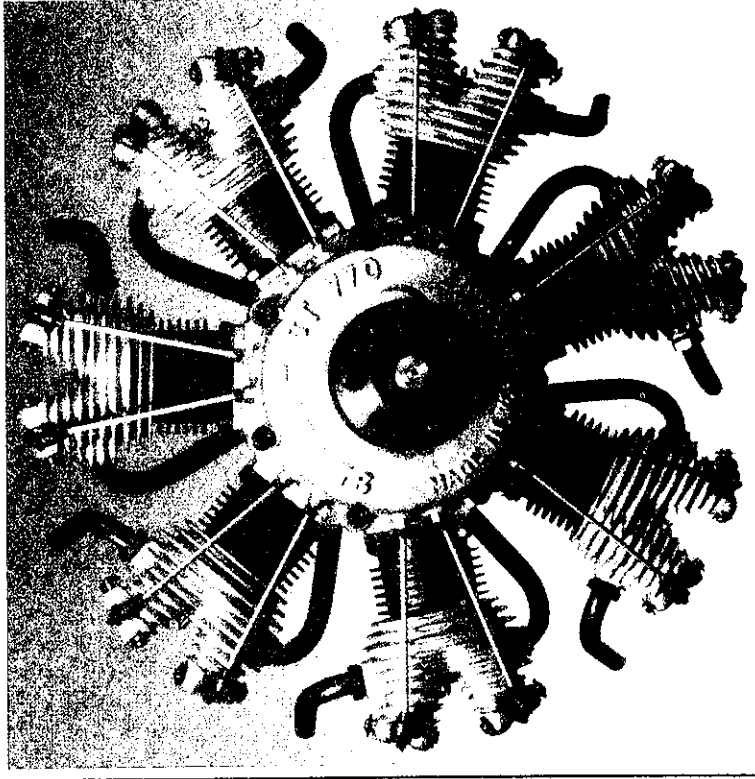


Seidel-Sternmotore

ST 540



ST 770



WOLFGANG SEIDEL

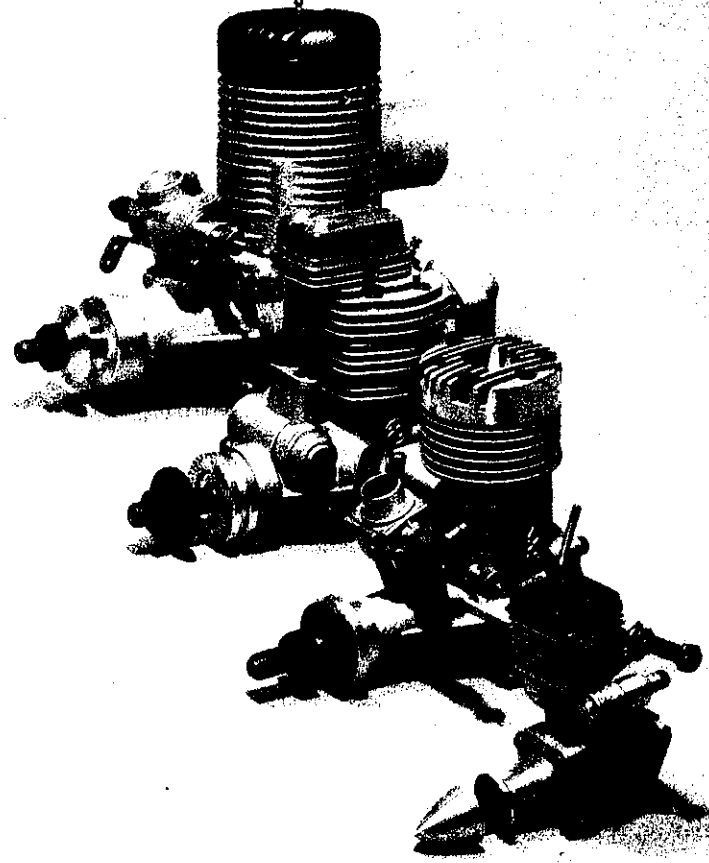
Modellmotoren - Konstruktion + Vertrieb

Trifelsstraße 22 B · D-6729 Hagenbach · Telefon (07273) 4421

Peter Demuth: Modellmotoren

MODELL MOTOREN

Prof. Dr.-Ing. Peter Demuth

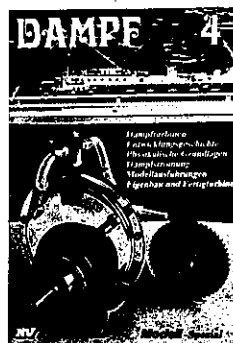


DAMPF – eine besondere Alternative im Modellbau

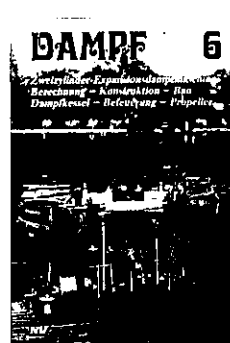
– jede Broschüre 64 Seiten, nur DM 13,80 –



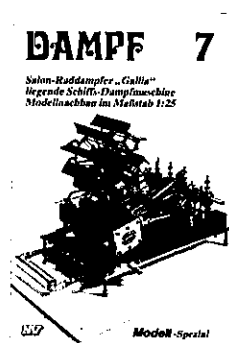
Dampf 3
Dampfessel im
Modellbau
Best.-Nr. 172



Dampf 4
Dampfturbinen
Best.-Nr. 173



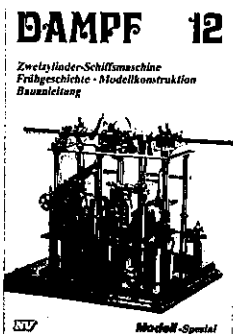
Dampf 6
Zweizylinder-Expan-
sionsmaschinen
Best.-Nr. 191



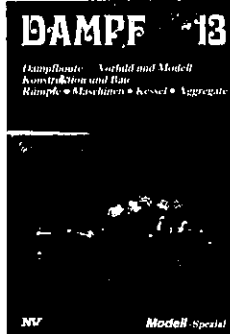
Dampf 7
Salon-Raddampfer
„Gallia“
Best.-Nr. 198



Dampf 9
Modell-Dampfturbine
„Maracaibo“
Best.-Nr. 146



Dampf 12
Zweizylinder-
Schiffsmaschinen
Best.-Nr. 601



Dampf 13
Dampfpinassen
Best.-Nr. 602

*Diese Reihe
wird
fortgesetzt
und kann
abonniert
werden*

Weiterhin lieferbar sind:

Dampf 1 – Mehrfach-Expansionsmaschinen
Best.-Nr. 170

Dampf 2 – Stationäre Gleichstrom-
Dampfmaschinen
Best.-Nr. 171

Dampf 5 – Dampfgetriebene Straßenfahrzeuge
Best.-Nr. 190

Dampf 8 – Modelldampflokomotiven
Best.-Nr. 143

Dampf 10 – Taylor's Undertype
Compound
Best.-Nr. 148

Dampf 11 – Modell-Durchlaufkessel
Best.-Nr. 149

Dampf 14 – Balancier-
Dampfmaschinen
Best.-Nr. 603



NECKAR-VERLAG GmbH, Postfach 1820
7730 Villingen-Schwenningen

Ferit
Baltacı
Leverkusen
16.12.89

PROF. DR.-ING. PETER DEMUTH

Küçük
Devitgenler

Modell-Motoren
für Flug-,
Schiffs- und Automodelle

NV NECKAR-VERLAG · VILLINGEN-SCHWENNINGEN

ISBN 3-7883-1115-0

6., überarbeitete Auflage 1989

© 1982 by Neckar-Verlag GmbH, Klosterring 1, 7730 VS-Villingen.

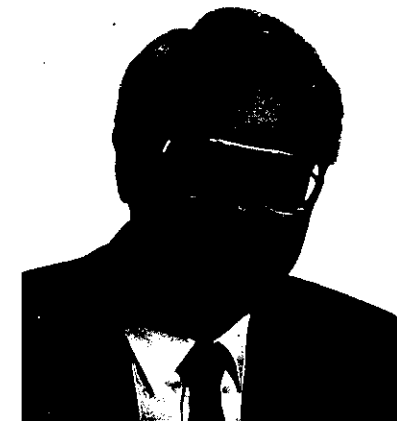
Alle Rechte, besonders das Übersetzungsrecht, vorbehalten. Nachdruck oder

Vervielfältigung von Text und Bildern, auch auszugsweise,

nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlages.

Printed in Germany by Baur-Offset GmbH & Co. KG,

Lichtensteinstraße 76, 7730 Villingen-Schwenningen



PROF. DR.-ING. PETER DEMUTH

studierte Maschinenbau an der Universität Karlsruhe und war tätig als Entwicklungsingenieur bei Weserflugzeugbau, BBC in Baden/Schweiz und bei Daimler-Benz in Untertürkheim in der Entwicklung von Hubschraubern, Turboladern und Dieselmotoren. 1971 promovierte er zum Dr.-Ing. an der Universität Karlsruhe mit einer Arbeit über Schmieröl von Dieselmotoren und ist seit 1975 Professor für Konstruktion und Werkzeugmaschinen an der Fachhochschule in Trier.

Peter Demuth ist Modellbauer seit 1950. Er war mehrfacher Deutscher Meister und Landesmeister für Nurflügelmodelle mit Verbrennungsmotoren, betreibt heute noch Modellbau und Fernsteuerung von Flug- und Schiffsmodellen und ist Fachmitarbeiter der führenden deutschen RC-Zeitschriften MO-DELL und SchiffsModell.

Der Autor wirkt mit an der Entwicklung von Modellhubschraubern, ist Konstrukteur mehrerer bekannter Modellmotoren und gilt in der internationalen Fachwelt als anerkannter und kritischer Tester von Modell-Verbrennungsmotoren.

Die Technik der Modellmotoren ist faszinierend, und die Beschäftigung damit kann zur Leidenschaft werden. Der singende Auspuffton der hochtourigen Kleinstmotoren in Flug-, Schiffs- oder Automodellen ist Musik für das Ohr eines motorbegeisterten Modellbauers. Aber nicht immer findet der Bastler in der Bauanleitung zu einem Modell alle Fragen beantwortet, die der Einbau und Betrieb eines Modellmotors aufwirft. Ebenso sucht der Modellbauer, der Rekorde aufstellen will, eine fundierte Anleitung zur Verbesserung und Leistungsanhebung seines Motors. Auch der Student oder Techniker, der sich mit der Konstruktion von Modellmotoren befaßt, findet in diesem Buch sicher manche Anregung und viele Erfahrungswerte. Für diese Interessenten wurde das Buch geschrieben und durch eine Sammlung von Leistungskurven und Kurzbeschreibungen einiger Modellmotoren ergänzt.

Inhaltsübersicht

1.	Einführung	9
1.1.	„Modellmotor“, was ist das?	9
1.2.	Die Entwicklung der Kleinstverbrennungsmotoren	9
1.3.	Einteilung der Motoren	28
1.4.	Funktion – ganz einfach	28
2.	Allgemeiner Aufbau der Modellmotoren	31
2.1.	Zylinderanordnung	31
2.2.	Spülungsarten	32
2.3.	Das Bohrungs-Hub-Verhältnis	34
2.4.	Die Pleuelstangenlänge	34
2.5.	Die Steuerzeiten – Spülvorgänge	35
2.6.	Einfluß des Kurbelgehäusevolumens	38
2.7.	Einfluß des Auslaßsystems	39
2.8.	Maximal erreichbare Leistung	40
3.	Bauteile der Motoren näher betrachtet	42
3.1.	Kurbelgehäuse	42
3.2.	Kurbelwelle	42
3.3.	Lagerung der Kurbelwelle	43
3.4.	Propellermitnehmer	44
3.5.	Der Pleuel	44
3.6.	Der Kolben	45
3.7.	Der Kolbenring	45
3.8.	Der Zylinder	46
3.9.	Dichtungen	47
3.10.	Massenausgleich	47
4.	Besondere Probleme der Modellmotoren	49
4.1.	Verbrennung und Zündung	49
4.2.	Der Vergaser	50
4.3.	Die Drehzahlregelung der Motoren	52
4.4.	Der Brennraum	61

4.5.	Die Glühkerze	62
4.6.	Der Kraftstoff für Modellmotoren	63
4.6.1.	Grundsubstanzen für Glühzündermotoren-Kraftstoffe	64
4.6.2.	Grundsubstanzen für Modelldieselmotoren-Kraftstoffe	65
4.6.3.	Mischungs- und Lösungsvermittler	65
4.6.4.	Leistungssteigernde Dopfmittel	66
4.6.5.	Schmieröle	67
4.6.6.	Kraftstoffmischungen	71
4.6.7.	Die handelsüblichen Kraftstoffmischungen	74
4.6.8.	Lagerung von Kraftstoffen	76
4.7.	Kühlung von Modellmotoren	76
5.	Zubehör zu Modellmotoren	80
5.1.	Der Tank	80
5.2.	Schalldämpfer	81
5.3.	Modellmotorenlärm	85
5.4.	Der Auspuffschalldämpfer	98
5.5.	Propeller	102
5.6.	Schiffsschrauben	104
6.	Umgang mit Modellmotoren	106
6.1.	Erforderliche Motorleistung	106
6.1.1.	Flugmodelle	106
6.1.2.	Schiffsmodelle	106
6.1.3.	Hubschraubermodelle	107
6.1.4.	Automodelle	107
6.2.	Motoreinkauf	107
6.3.	Einlaufen von Modellmotoren	108
6.4.	Starten von Modellmotoren	112
6.5.	Einregulieren von Vergasern	113
6.6.	Kerzenauswahl	116
6.7.	Motoreinbau	117
6.7.1.	Einbau von Modellmotoren in Flugmodelle	117
6.7.2.	Motoreinbau in Schiffe	119
6.7.3.	Motoreinbau in Autos und Hubschrauber	121

7.	Motorenwartung	122
8.	Messungen an Modellmotoren	126
9.	Frisieren von Modellmotoren	135
9.1.	Frisieren Stufe I	135
9.2.	Die angepaßte Verdichtung beim Glühzündermotor	137
9.3.	Vergaserfragen	138
9.4.	Frisieren Stufe II	139
9.5.	Frisieren Stufe III	142
10.	Leistungsdiagramme und Kurzbeschreibung von Modellmotoren ..	145
10.1.	WEBRA Speedy 1,8 ccm	146
10.2.	ENYA .15 – III – RC 2,5 ccm	148
10.3.	HB .12/.15 2,0 ccm und 2,5 ccm	150
10.4.	OS – Max .20 – RC 3,2 ccm	152
10.5.	HB .25 4,1 ccm	154
10.6.	OS – Max – Wankel 5,0 ccm	156
10.7.	K & B .21 3,5 ccm	158
10.8.	HP .40 F Gold Cup 6,5 ccm	160
10.9.	HP .40 PDP 6,5 ccm	162
10.10.	WEBRA Speed .40 6,5 ccm	164
10.11.	HP .61 FS 10,0 ccm	166
10.12.	Super Tigre G .60 FI-BH-Ring 10,0 ccm	168
10.13.	WEBRA Speed .61 – Racing 10,0 ccm	170
10.14.	OS – Max .60 F – SR 10,0 ccm	172
10.15.	ENYA .60 X 10,0 ccm	174
10.16.	OPS .60 URSUS 10,0 ccm	176
10.17.	ROSSI .61 FI 10,0 ccm	178
10.18.	OPS .60 Rennmotor 10,0 ccm	180
10.19.	OS MAX .90 F – SR 15,0 ccm	182
10.20.	OS – Max – FS .60 10,0 ccm	184
10.21.	Tartan 22 – glow 22,0 ccm	186
10.22.	HB .61 – Stamo 10,0 ccm	188
10.23.	OPS Monza Sport 3,5 und 6,5 RC 3,5 ccm und 6,5 ccm	190
10.24.	WEBRA .61 Racing Long Stroke 10,0 ccm	192
10.25.	WEBRA Speed .61 Long Stroke 10,0 ccm	194
10.26.	OPS Maxi-30-RCA 30,0 ccm	196
10.27.	Super Tigre S 2000, S 2500, S 3000 20,0 ccm, 25 ccm, 30 ccm	198

Umrechnungstafel technischer Einheiten

Größe	Bisherige Einheit		Internationale Einheit	
	Zeichen	Umrechnung	Zeichen	Umrechnung
Kraft	P; K	kp (Kilopond) 1 kp = 9,81 N	F	N (Newton) 1 N = 1 kgm/s ² = 0,102 kp
Druck	p	at; atü 1 at = 1 kp/cm ²	Pa	Pa (Pascal) 1 Pa = 1 N/m ² = 1,02 · 10 ⁻⁵ at
	mmWS	1 mmWS = 1 kp/m ²	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa
Arbeit	A	kpm 1 kpm = 9,81 J	W	J (Joule) 1 J = 1 Watt · s = 1 Nm
Energie	E	kpm kcal 1 kcal = 4187 J	W	J (Joule)
Lei- stung	N	PS (Pferdestärke) 1 PS = 75 mhp/s 1 PS = 735,5 Watt	P	W (Watt) 1 W = 1 J/s = 1 Nm/s

Wichtige Formeln

	Bisherige Einheiten	Internationale Einheiten
Arbeit	$A = P \cdot s$ (kpm)	$W = F \cdot s = m \cdot g \cdot s$ (J; Ws; Nm)
Energie (Rotation)	$E = \frac{GD^2 \cdot n^2}{7160}$ (kpm)	$W = \frac{J \cdot n^2}{182,5}$ (J; Ws)
Dreh- moment	$Md = 716,2 \frac{N}{n}$ (kpm)	$M = 9550 \frac{P}{n}$ (Nm)
	$Md = P \cdot r$ (kpm)	$M = F \cdot r$ (Nm)
Leistung	$N = \frac{Md \cdot n}{716,2}$ (PS)	$P = \frac{M \cdot n}{9550}$ (kW)

1. Einführung

1.1. „Modellmotor“, was ist das?

Kleinstverbrennungsmotoren werden heute häufig als Modellmotoren bezeichnet. Diese Wortbildung führt aber zu Irrtümern, denn der Modellmotor ist nicht ein Modell, d. h. eine verkleinerte Nachbildung eines Verbrennungsmotors, wie sie heute in Motorrädern, Autos, Flugzeugen und Schiffen als Antriebsaggregat verwendet werden, sondern eine selbständige Verbrennungsmotorenbauart mit eigenen Gesetzen. Der Modellmotor dient als Antriebsmotor für ein *Modell*. Er ist auch in seiner Mechanik nicht aus bekannten Verbrennungsmotoren durch Verkleinerung entstanden, sondern er machte eine eigene mechanische Entwicklung durch, gemeinsam ist nur die Bezeichnung für einige mechanische Motorenteile, wie z. B. Kolben und Zylinder. Der „Modellmotor“ ist heute die kleinste Form der Verbrennungskraftmaschine mit innerer Verbrennung, die serienmäßig gebaut wird und Nutzleistung abgibt.

1.2. Die Entwicklung der Kleinstverbrennungsmotoren

Der Bau von kleinen Verbrennungsmotoren begann in England kurz nach der Jahrhundertwende. Im Jahre 1908 soll dort schon ein Flugmodell, angetrieben durch einen 4-Takt-Motor mit 15 ccm Hubraum, geflogen sein. In den folgenden Jahren wurde hin und wieder von erfolgreich laufenden kleinen Verbrennungsmotoren berichtet. Diese Motoren waren aber immer handgefertigte Einzelstücke, die durch Vereinfachungen und Verkleinerungen vor größeren Einzylinder-Motoren entstanden. All diese Motoren hatten eine aufwendige Zündanlage aus Batterien, Unterbrechern, Zündspulen und Zündkerzen. Die großen Schwierigkeiten bestanden auch in der Herstellung der Zündspulen, da dünne, lackisolierte Kupferdrähte damals noch nicht allgemein erhältlich waren. Die Zuverlässigkeit der Verbrennungsmotoren war gering, und stundenlange Startversuche, bis solch ein Motor einmal lief, waren üblich.

Neben diesen ersten Versuchen, einen Kleinverbrennungsmotor mit Funkenzündung – zum Antrieb von Modellen – zu bauen, sei hier ein anderer Motor erwähnt: Der *Preßluftmotor*. Für diese Motoren, die vor allem bis 1920 zum Antrieb aller möglichen Flug- und Schiffsmodelle dienten, stand die Spielzeugdampfmaschine Pate. Die Steuerung des Gasstroms erfolgte über Schieber oder oszillierende Zylinder. Der Energiespeicher war eine mit Preßluft gefüllte Flasche, meist aus dünnem Messingblech, das mit Stahldrähten zur besseren Festigkeit überspannt war. Die Preßluftmotoren sahen zum Teil recht elegant aus, da meist mehrzylindrige Motoren in Sternanordnung gebaut wurden. Die Handhabung dieser Motoren mit dem Aufpumpen der Druckluftvorratsflasche war umständlich, dafür liefen die Motoren zuverlässig an und waren betriebssicher, was von den Verbrennungsmotoren der damaligen Zeit nicht behauptet werden konnte. Die Leistungsausbeute der Preßluftmotoren war bescheiden, ebenso war die Laufzeit, bis der Druck in der Vorratsflasche zu stark abgefallen war, sehr kurz. Es gab allerdings Motoren, die erstaunliche Kurzzeitleistungen bis zu 1 PS erreichten.

Um das Jahr 1932 entstanden die ersten in kleiner Serie gebauten Zweitakt-Modellmotoren. Vor allem soll hier der in USA serienmäßig gebaute „Brown-Junior“-Motor aus dem Jahre 1932 erwähnt werden. Dieser Motor wies die heute häufig angewendete Bauweise der Modellmotoren schon auf. Es war ein Einzylinder-Zweitakt-Motor mit Luftkühlung und 10 ccm Hubraum und einer Pleuellwelle mit nur einer Pleuellwange und daher einseitig frei zugänglichem Pleuellzapfen. Dadurch konnte auf eine Zweiteilung der unteren Pleuellager verzichtet werden. Die Spülung wurde über Schlitze im Zylinder ebenso wie die Ansaugöffnung vom Kolben gesteuert, die Zündung war eine batteriebetriebene Funkenzündung mit Unterbrecher und Zündkerze.

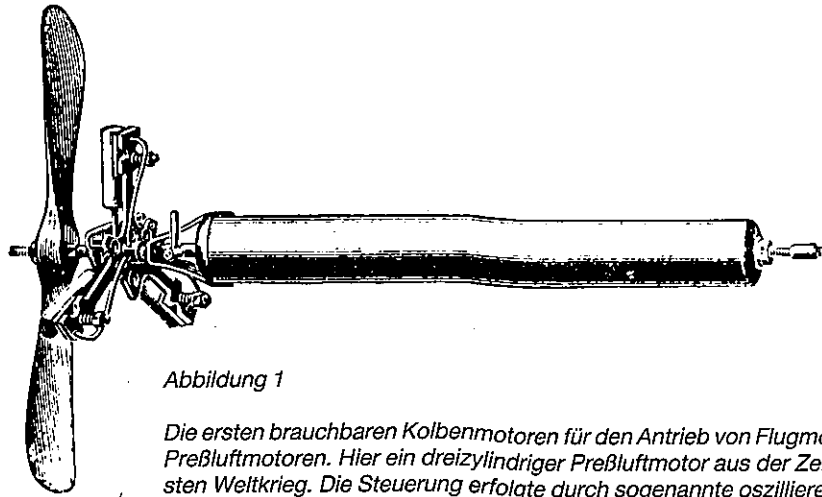


Abbildung 1

Die ersten brauchbaren Kolbenmotoren für den Antrieb von Flugmodellen waren Preßluftmotoren. Hier ein dreizylindriger Preßluftmotor aus der Zeit vor dem Ersten Weltkrieg. Die Steuerung erfolgte durch sogenannte oszillierende Zylinder. Die Steuerungsart war von der Spielzeugdampfmaschine entlehnt. An den Motor angeflanscht war eine Preßluftflasche, hier aus dünnem Blech. Mit diesen Motoren flogen die ersten in Bastelzeitschriften zum Nachbau veröffentlichten Flugmodelle.

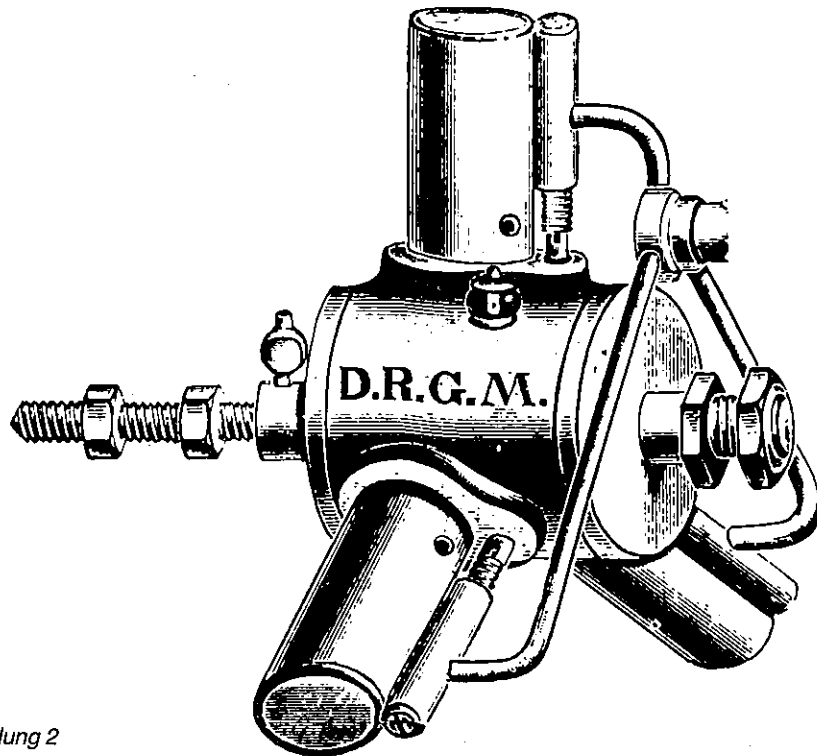


Abbildung 2

Ein Dreizylinder-Preßluftmotor, der vor dem Ersten Weltkrieg gebaut wurde und angeblich eine Kurzzeitleistung von 1,0 PS erreichte.

10 Üç yuvalık havadavitçisi, birinci dünya savaşından önce yapılmış ve

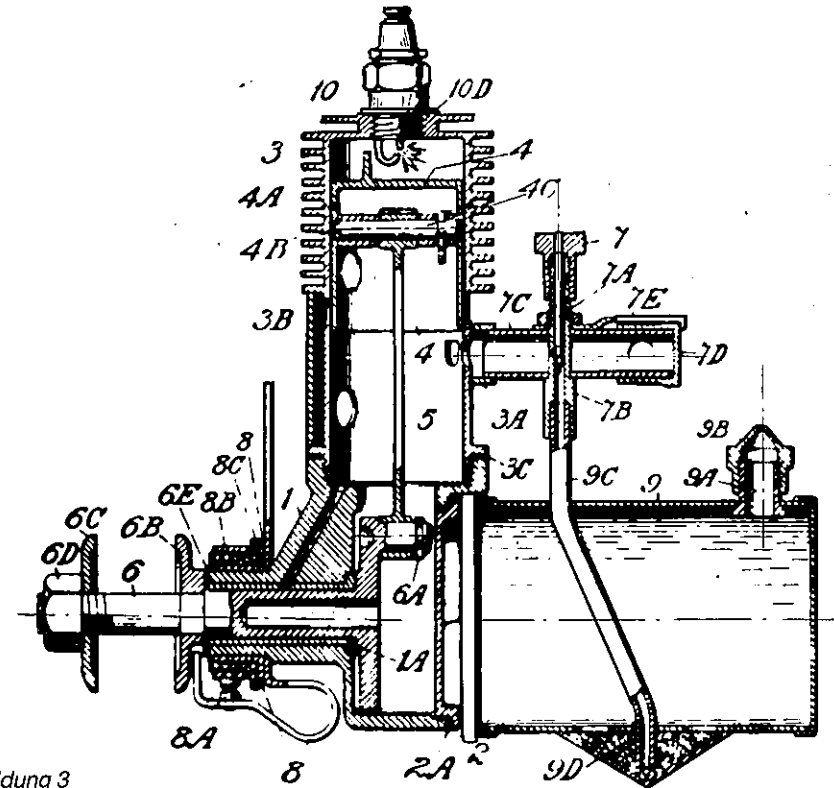


Abbildung 3

Schnittzeichnung durch den ersten in größeren Stückzahlen serienmäßig hergestellten Modellmotor aus dem Jahre 1932, den BROWN-JUNIOR, Hubraum 9,47 ccm – Gewicht 750 g. Leistung soll 0,2 PS bei 4500 U/min betragen haben. Interessant ist bei diesem Motor die Kurbelwelle mit nur einer Kurbelwange und nach hinten ausbaubarem Pleuel. Der Pleuel war recht schmalbrüstig. Ein recht brauchbares Detail dürfte der in den Tank eingebaute Kraftstofffilter gewesen sein, ein Detail, das heutige Modellmotoren leider nicht mehr haben.

Im Jahre 1934 erschien in Deutschland ein ähnlich aufgebauter Einzylinder-Zweitaktmotor mit 30 ccm Hubraum und 0,65 PS Leistung bei 4500 U/min. Auch dieser Modellmotor hatte eine Batteriezündanlage. Der Motor war vom Hersteller Kratzsch in Gößnitz speziell als Antriebsmotor für Flugmodelle entwickelt worden. Bis zum Jahre 1937 entstanden noch weitere Modellverbrennungsmotoren bei Kratzsch, die in kleinen Serien gebaut wurden. Ein Motor mit 10 ccm Hubraum, Bohrung/Hub 22/26 mm und 0,35 PS bei 6000 U/min und ein 4-ccm-Hubraum-Modellmotor mit 0,15 PS bei 6000 U/min. Für diese Modellmotoren führte sich der Handelsname „Kratmo“ ein, und auf Wettbewerben für Flugmodelle wurden bis zum Zweiten Weltkrieg fast ausschließlich diese „Kratmo“-Modellmotoren geflogen. Die „Kratmo“-Motoren konnten auch im Selbstbau hergestellt werden, da Rohgußteile und Teile der Zündanlage erhältlich waren.

Durch die Erfolge dieser Modellmotoren und wegen des großen Interesses an verbrennungsmotorgetriebenen Flugmodellen entstanden weitere Modellmotorentypen in Deutschland. Bekannt wurden die „Eisfeld“-Motoren, die „Argus“- und „Ortus“- und „Häusler“-Motoren. Für den Bastler und Selbstbauer schrieb Ing. A. Felgiebel 1939 ein Buch über „Benzinmotoren für Flugmodelle und ihr Selbstbau“.

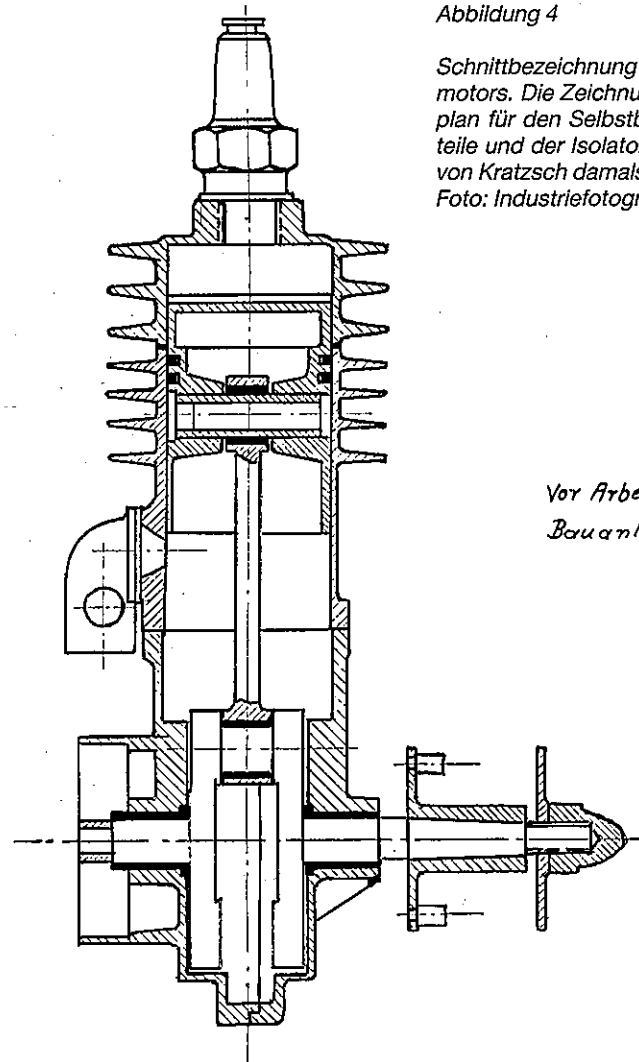


Abbildung 4

Schnittbezeichnung des Kratmo 30 – Modellmotors. Die Zeichnung entstammt dem Bauplan für den Selbstbau dieses Motors. Gußteile und der Isolator der Zündkerze konnten von Kratzsch damals bezogen werden.
Foto: Industriefotografie Kirchheim

Vor Arbeitsbeginn die
Bauanleitung lesen!

Alle Rechte vorbehalten! Nachdruck des Bauplans, sowie
gewerbliche Herstellung des Motors untersagt.

Bauplan vom
Kratzsch-Motor F30B
Viele Flüge und Record wurden damit erfliegen. (Strecken
bis 110 km)

Abbildung 5

Der KRATMO 30 – Modellmotor war wohl der erste in kleiner Serie industriemäßig gebaute Modellmotor in Deutschland. Die Abbildung zeigt den Typ F 30 B mit 29 ccm – Hubraum. Die Bohrung betrug 32 mm, der Hub 36 mm. Als Höchstleistung wurde 0,65 PS bei 4500 U/min angegeben, das Gewicht des Motors ohne Zündanlage betrug ca. 600 g.

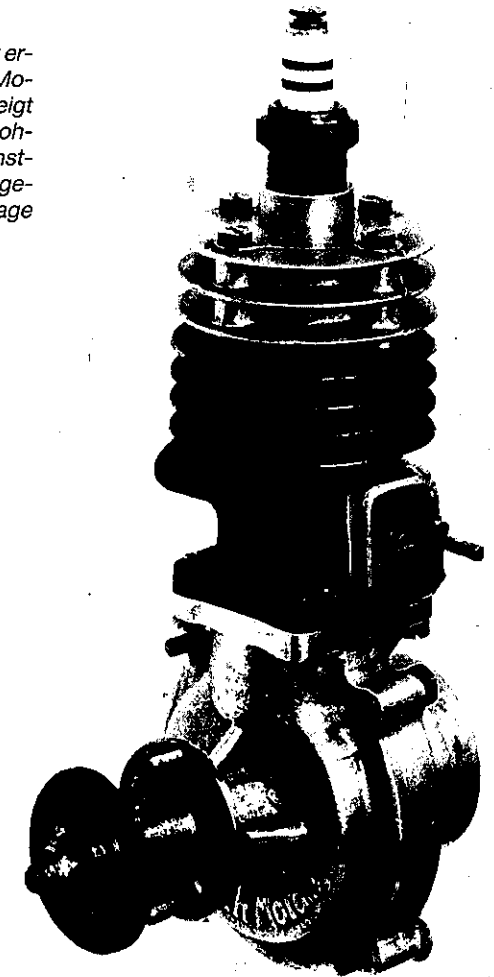


Foto: Industriefotografie/Kirchheim

Bis zum Kriege nahmen die Teilnehmerzahlen an Flugmodellwettbewerben mit Verbrennungsmotoren erheblich zu.

Die weitere Entwicklung der Modellverbrennungsmotoren mußte zwangsläufig auf Betriebssicherheit, leichtes Anspringen und gute Leistungsausbeute gerichtet sein, denn der Preßluftmotor hatte all diese Eigenschaften. Der Nachteil des Preßluftmotors war, daß nach wenigen Minuten der Energiespeicher Preßluftflasche leer war und der Motor stehen blieb sowie das große Einbauvolumen für die Preßluftflasche.

Der schwache Punkt beim damals bekannten Modellmotor war die Zündanlage. Daher begann 1940 in den USA Ray Arden mit der Entwicklung eines Modellmotors ohne Funkenzündung. Er versuchte die anfällige und schwere Zündanlage durch Einsetzen einer glühenden Drahtspirale in den Zylinderkopf der Modellmotoren zu ersetzen. Durch Anschluß dieser Drahtspirale an eine Batterie glühte diese ähnlich der Glühwendel einer

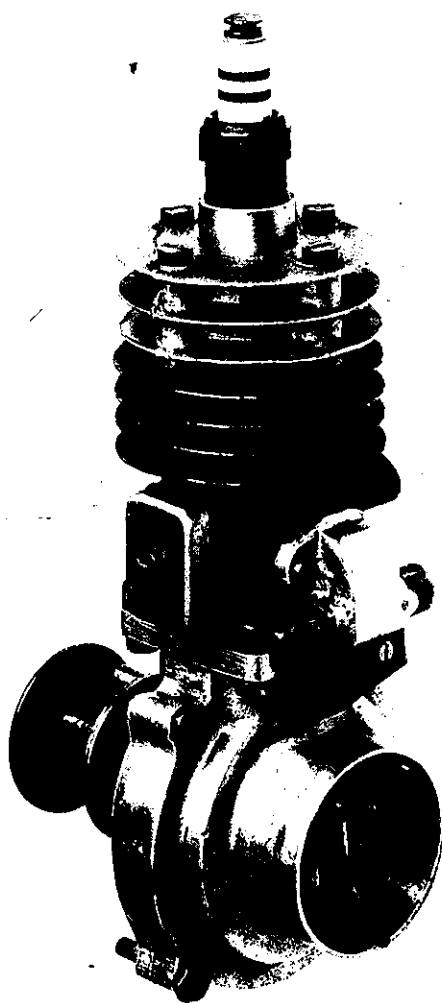


Abbildung 6

Eine andere Ansicht des Modellmotors KRATMO Typ F 30 B. Gut sichtbar ist der Unterbrecherkontakt im hinteren Gehäusedeckel des Motors. Als Zündkerze wurde eine Bosch-Zündkerze mit 12 mm Kerzengewinde verwendet.

Foto:
Industriefotografie/Kirchheim

Glühlampe auf, und der Motor zündete bei Verdichtung des Kraftstoffgemisches im Zylinder. Auch nach Abschalten des Batteriestroms lief der Motor weiter. Der „Glühkerzenmotor“ mit ungesteuerter Zündung war geschaffen. Diese Modellmotorenart sollte sich aber erst 20 Jahre später allgemein durchsetzen, denn um das Jahr 1941 erfand ein Schweizer Mechaniker den „zündstromfreien Modellmotor“. Dieser Motor zündete das Kraftstoffgemisch durch eine hohe Verdichtung und der daraus entstehenden starken Erwärmung des Kraftstoffgemisches. Die Ähnlichkeit der Zündung, nur durch Kompressionserwärmung wie beim Dieselmotor, gaben dieser Motorenart den Namen „Modelldieselmotor“. Dieser Motor ist aber kein richtiger Dieselmotor, da er Gemisch ansaugt und bis zur Selbstzündung im Verdichtungsstakt erwärmt und nicht wie der Dieselmotor der Technik den Kraftstoff in verdichtete Luft im Zylinder einspritzt.

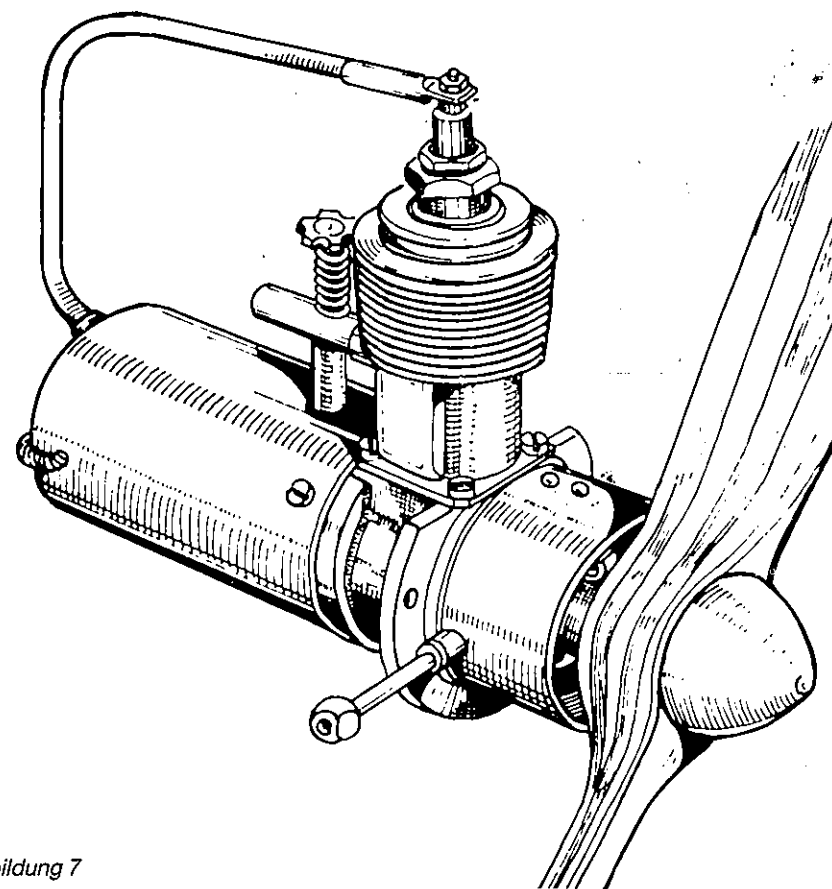


Abbildung 7

Die Abbildung zeigt nach alten Prospektunterlagen einen Kratmo - 4 ccm - Modellmotor aus dem Jahre 1938. Bei diesem Motor war der Tank hinten an den Motor angeflanscht. Die Verlängerung des Tankes enthielt die Zündspule. Die Zündkerze war eine Sonderentwicklung von Kratzsch. Für Bastler wurde damals der Specksteinisolator der Kerze einzeln verkauft. Technische Daten des KRATMO - 4 ccm - Modellmotors: Bohrung 18 mm, Hub 16 mm, Leistung ca. 0,15 PS bei 6000 U/min. Ähnlich aufgebaut und aussehend waren die anderen Kratmomotoren mit 10 ccm und 30 ccm Hubraum.

Erstaunlich war die Leistungsausbeute dieser Modelldieselmotoren. Der erste Motor dieser Art, der „Dyna 1“, erreichte mit 2,4 ccm Hubraum eine Leistung von 1/10 PS bei 8000 U/min. Dieser Motor war wesentlich leichter als die bis dahin üblichen Modellmotoren mit Funkenzündung, sprang zuverlässig an und lief problemlos, dazu konnte noch durch eine Verstellvorrichtung im Zylinderkopf die Verdichtung geändert werden, und es war so auf einfache Weise eine Leistungsänderung möglich. Das Erscheinen der Modelldieselmotoren – auch Vergaserdieselmotoren oder Selbstzünder genannt – brachte das Ende der Verwendung von Modellmotoren mit Funkenzündung in Europa. Die Modellmotoren mit Funkenzündung, die den Zweiten Weltkrieg überstanden, wurden nach dem Krieg von Bastlern auf Glühzündung nach dem Prinzip von Ray Arden umgebaut und dienten vereinzelt zum Antrieb von großen Flugmodellen und der ersten funkferngesteuerten Flugmodelle.

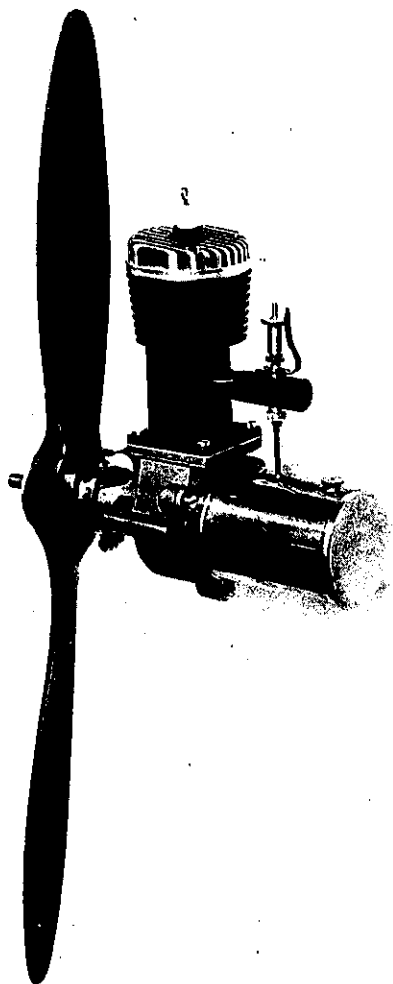


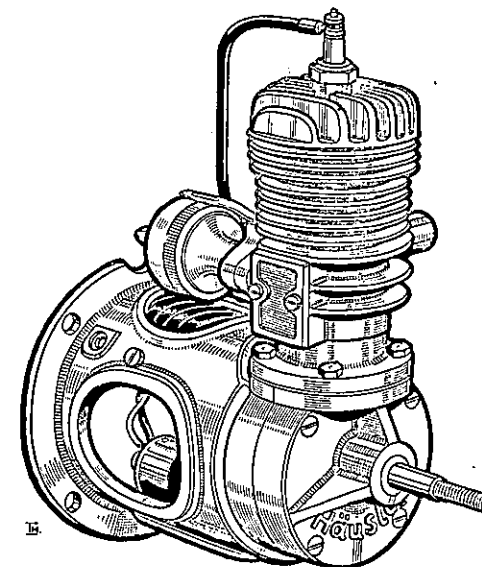
Foto: Industriefotografie/Kirchheim

Abbildung 8

Felgiebel – Modellmotor Typ FG – II. Dieser Modellmotor war ein Selbstbaumotor und wurde nicht industriell gefertigt. Der Motor hatte 26 mm Bohrung, 27 mm Hub und damit 14,3 ccm Hubraum. Die Leistung wurde mit 0,32 PS bei 4500 U/min und 0,45 PS bei 6000 U/min angegeben. Das Gewicht betrug 480 g.

MODELLFLUGMOTOR

erprobte Konstruktion



10 ccm 0,25 PS 5300 Umdrehungen
Spannung der Taschenlampenbatterie 4 V
Brennstoff: Benzin und Ölgemisch 1:13

HERSTELLER:

Flugmotoren-Reparatur-Werk
Hanns Häusler / Baierbrunn bei München

Abbildung 9

Prospekt von dem ehemaligen Häuslermotor. Dieser Motor hatte einen hinten liegenden in einem Gehäuse geschützt eingebauten Unterbrecher. Der Motor war zu seiner Zeit einer der leistungsfähigsten.

Während des Krieges entstanden noch die Modelldieselmotoren von „Eisfeld“ und eine ganze Motorenbaureihe von „Kratmo“-Dieseln mit 0,3, 0,6, 1,25, 2,5 und 6,0 ccm Hubraum. Diese Kratmo-Dieseln ergaben erstaunliche Leistungsausbeute, bezogen auf den Hubraum. 50 PS/Liter aus einem nicht aufgeladenen Zweitaktmotor war für den damaligen Stand des Großmotorenbaues schon eine Hubraumleistung, von der Rennmotorenbauer träumten.

In den Nachkriegsjahren setzten diese Kratmo-Diesel-Modellmotoren die Maßstäbe für die Leistung der Modellmotoren. Sie konnten in kleinen Serien nicht zu günstigen Preisen hergestellt werden, so daß erst nach der Einführung des sogenannten Fesselflugs aus den USA in Europa ein größerer Markt für Modellmotoren sich auftrat und damit Modellmotoren billiger in größeren Serien von 1 000 bis 2 000 Stück/Monat gebaut werden konnten.

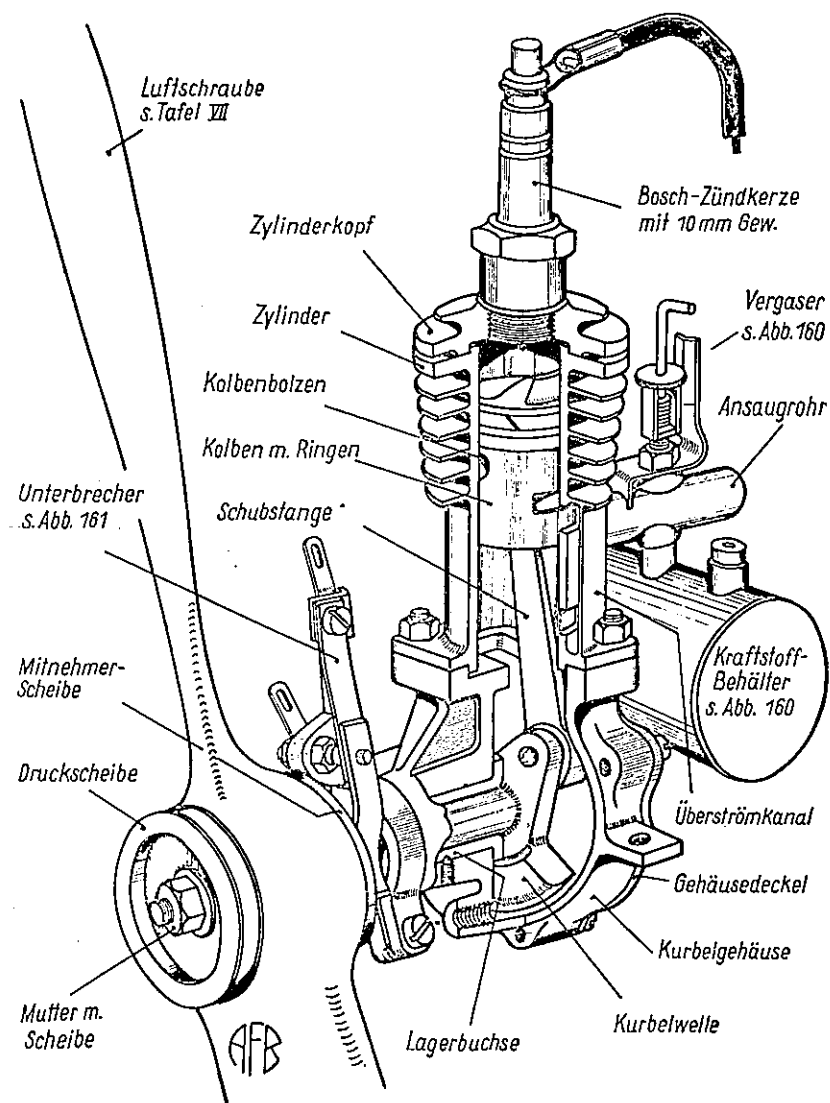


Abbildung 10

Schnittdarstellung des Selbstbaumotors von Ing. A. Felgiebel in seinem Buch über Modellmotoren und deren Selbstbau.

In den USA verlief die Entwicklung etwas anders. Hier fand der Modelldieselmotor, so bestechend einfach er auch war, keinen großen Markt. Der Glühkerzenmotor hatte keine verstellbare Verdichtung und daher eine Fehlerquelle bei der Handhabung weniger. In den USA begann der Siegeszug des Glühkerzen-Modellmotors. Diese Motoren konnten wegen des kleineren Drucks im Zylinder gewichtsmäßig leichter gebaut werden und er-

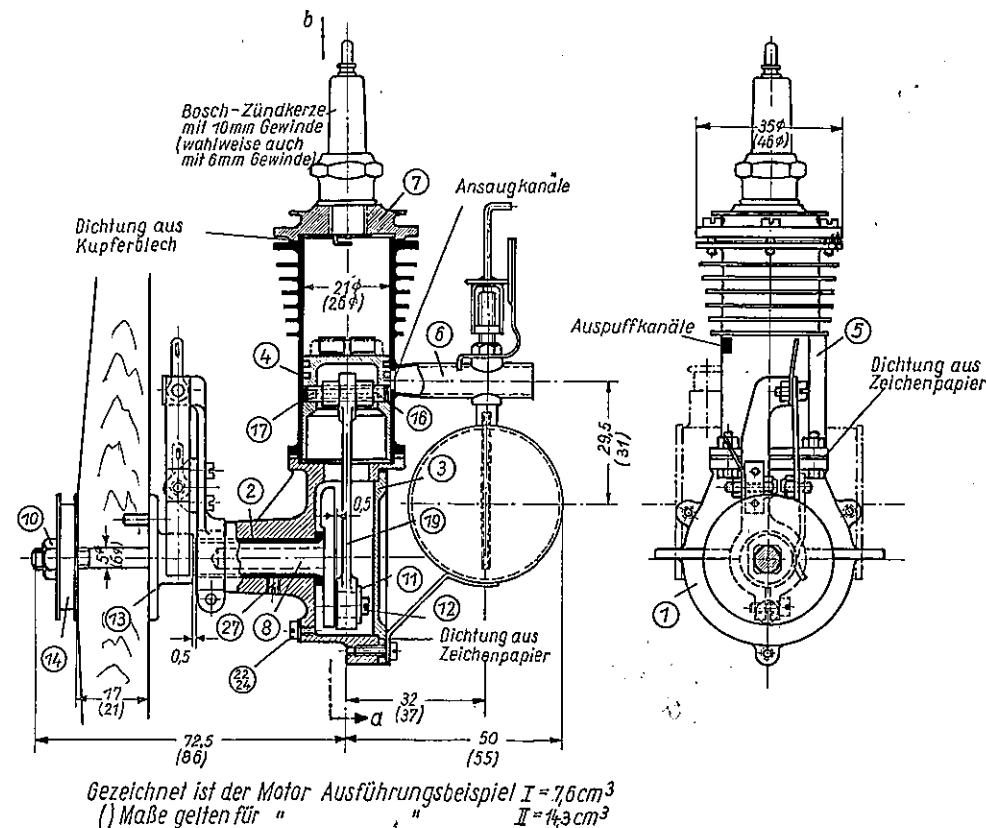


Abbildung 11

Schnittzeichnung mit Maßen für den Selbstbaumotor aus dem Buch von Ing. A. Felgiebel.

forderten nicht eine sorgfältige Einpassung von Zylinder und Kolben aufeinander, wie die Modelldieselmotoren. Bei kleinen Hubraumgrößen war allerdings die Leistungsausbeute und der Kraftstoffverbrauch bei Modelldieselmotoren günstiger als bei Glühkerzenmotoren, so daß der Modelldieselmotor in Europa, wo die Bestimmungen für die Wettbewerbsklassen der Freiflugmodelle gerade kleine Hochleistungsmotoren erforderten, mehr verwendet wurde. Heute werden nur noch wenige Modelldieselmotoren gebaut und verwendet.

Mit der Schaffung von kleinen elektronischen Bauteilen, wie Transistoren und integrierten Schaltkreisen, wurde die Herstellung von kleinen, leichten und unempfindlichen Funkfernsteuerungen möglich. Die Antriebsmotoren für derartige ferngesteuerte Modelle erforderten einen vibrationsfrei laufenden Motor, der in der Drehzahl und Leistung leicht regelbar sein sollte. Diese Forderungen erfüllte der Glühkerzenmotor, der einen Vergaser mit Drosselvorrichtung hat. Es setzte um 1960 nach dem vorangegangenen Ansteigen der Herstellungszahlen von Modellmotoren für Fesselflugmodelle mit 2,5–5 ccm Hubraum ein Ansteigen der Modellmotorenproduktion für Motoren 5–10 ccm Hubraum ein. Diese Motoren wurden immer weiter verfeinert – bekamen Doppelzündungen, komplizierte Verga-

Nr. 245

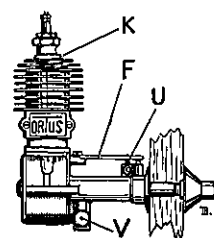
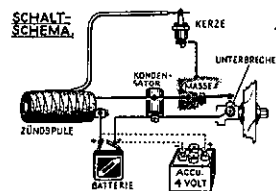
Einbau: Der Motor ist in geeignetem Ständer im Flugzeug festzuschrauben. Den Betriebsstoffbehälter so anordnen, daß das Gefälle von der Unterkante des Behälters bis zur Vergasernadel ≥ 2 cm beträgt.

Zündanlage: Zündanlage ist nach nebenstehender, schematischer Skizze zu verlegen. Kabelenden verlöten. Als Stromquelle verwendet man am besten einen Accumulator (4 Volt) zum Anwerfen und Warmlaufen. Zum Fliegen wird vor dem Start auf die Taschenlampenbatterie umgeschaltet.

Betriebsstoff: Man verwende ein Öl-Benzin-Gemisch von 1 : 15 (100 Teile Benzin und 7 Teile Öl). Nur gutes Kraftfahrzeugöl verwenden.

Inbetriebsetzung:

- 1) Überzeugen ob an der Zündkerze Funke vorhanden ist.
- 2) Vergasernadel ∇ 2 3/4 Umdrehungen öffnen. Kennmarke beachten.
- 3) Luftschaube einige Male (Motor von vorne gesehen) nach links drehen bis Benzin angesaugt wird. Mit dem Finger Luftansaugöffnung kurz zualten.
- 4) Luftschaube auf Kompression stellen und dann mit kräftigem Schlag nach links drehen, daß der Kolben wenigstens zweimal die Kompression überwindet.
- 5) Vergasernadel ∇ regulieren bis Motor auf höchster Tourenzahl gleichmäßig läuft.
- 6) Sollte der Motor zuviel Benzin bekommen haben, so ist die Vergasernadel ∇ nach rechts zu schließen und die Luftschaube durchzudrehen, bis Zündung erfolgt.



Luftschraube: Zur Anwerferleichterung soll, nachdem die Achse auf Kompression gestellt worden ist, der obere Flügel der Luftschraube die Senkrechte nach links um ca. 25 Grad überschreiten.

Störungen: Zündkerze darf nicht verölt oder naß sein. Immer rechtzeitig reinigen. Elektrodenabstand soll 0,5 mm betragen. Unterbrecher U einhalten. Kontaktabstand soll in geöffneter Stellung 0,4 mm sein. Bei eventueller Abnahme der Feder F deren Spannung berücksichtigen. Durch Unregelmäßigkeiten im Betriebsstoff kann Düse verstopft sein, dann Vergasernadel V herausrauben und mit Borste oder durch kräftiges Durchblasen reinigen. Es ist darauf zu achten, daß die Markierung am Motor mit der Kerbe am Düsenstoch übereinstimmt.

Daten des „ORTUS“ Modell-Flugmotors:

Zylinder aus Leichtmetall mit eingezogener Laufbüchse
Bohrung: 19 mm, Hub: 20 mm, Zylinderinhalt: 6 ccm
Leistung: 1/6 PS bei 4400 Umdrehungen.

„ORTUS“ Flug-Motorenbau

Oswald Ried

München-Pasing, Schlageterplatz 3

Abbildung 12

Betriebsanleitung des ORTUS-Motors.

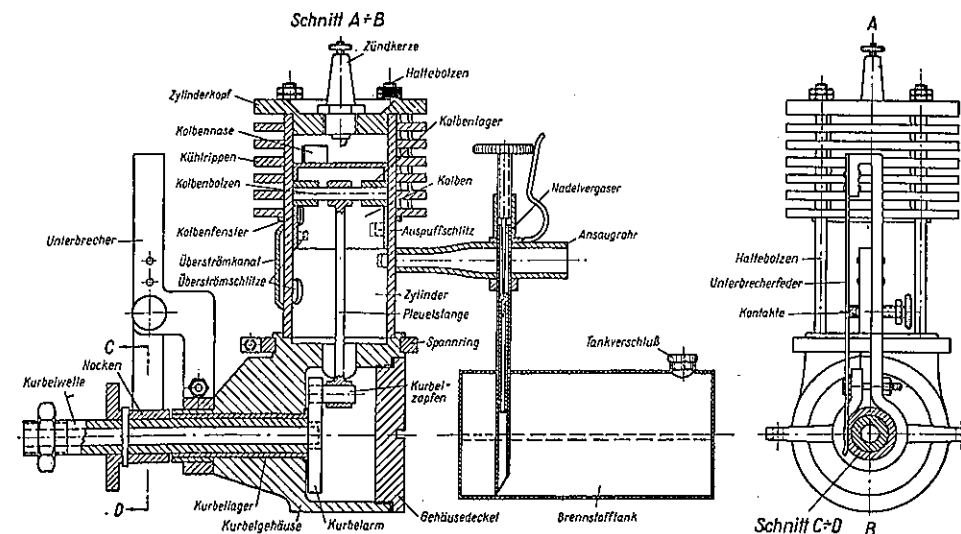


Abbildung 13

Schnittzeichnung durch den THALER-Modellmotor. Dieser Motor wurde vorwiegend im Selbstbau hergestellt.

ser und wurden mit Schalldämpfungseinrichtungen versehen. Daneben werden Motoren mit 0,8 bis 1,6 ccm Hubraum als Hochstarthilfen für ferngesteuerte Segelflugmodelle verwendet. Der Modellmotor ist heute ein ausgereiftes, technisch hochinteressantes und zuverlässiges Antriebsaggregat.

Im Jahre 1967 erschien der erste in Serie gebaute Drehkolbenmotor nach dem System NSU-Wankel. Dieser Drehkolbenmotor läuft als Glühzünder sehr hochtourig und fast vibrationsfrei. Allerdings ist die Hubraumleistung dieses Wankelmotors noch nicht ganz so hoch wie die der Hubkolbenmotoren. Diese Entwicklung eines Modellmotors mit Rotationskolben wird leistungsmäßig kaum den Hubkolbenmotor übertreffen, hat aber Vorteile bezüglich der Laufruhe und der Möglichkeit zur guten Dämpfung des Auspuffgeräusches.

Neben der Entwicklung der Modellmotoren mit ungesteuerter Zündung durch eine Glühkerze als schlitzzespülte Zweitakter wurde ab 1965 mit der Konstruktion von Modellmotoren mit einem 4-Takt-Arbeitsprozeß begonnen. Der Wankelmotor arbeitet zwar als 4-Takter, doch erst im sehr hohen Drehzahlbereich kann seine Leistung mit gleichgroßen Zweitakt-Hubkolbenmotoren verglichen werden. Modellmotoren mit Ventilsteuerung und 4-Takt-Arbeitsprozeß wurden zunächst von an der Technik interessierten Modellbauern entwickelt. In kleinen Serien wurden von Ing. Handt und daneben von Ing. Schillings ab 1972 solche Motoren gebaut. Der Hubraum lag bei 10 ccm und die Leistung erreichte 300 Watt bei 7000 U/min. Die Zündung durch Glühkerzen funktionierte auch bei diesen Motoren mit 4-Takt-Arbeitsprozeß und Ventilsteuerung.

Den ersten serienmäßigen 4-Takt-Modellmotor zeigte die Firma OS aus Japan 1975. Dieser Motor hatte eine hinten liegende, über eine Zahnradstufe angetriebene Nockenwelle, Stoßstangen zu den Kipphebeln und zwei hängende Ventile. Die Leistung lag um 450 Watt bei 9000 U/min. Der Motor wurde wegen seines hohen Preises und der geringen Leistung kein großer Erfolg. Mit verschärften lärmbegrenzenden Vorschriften und teilweiser

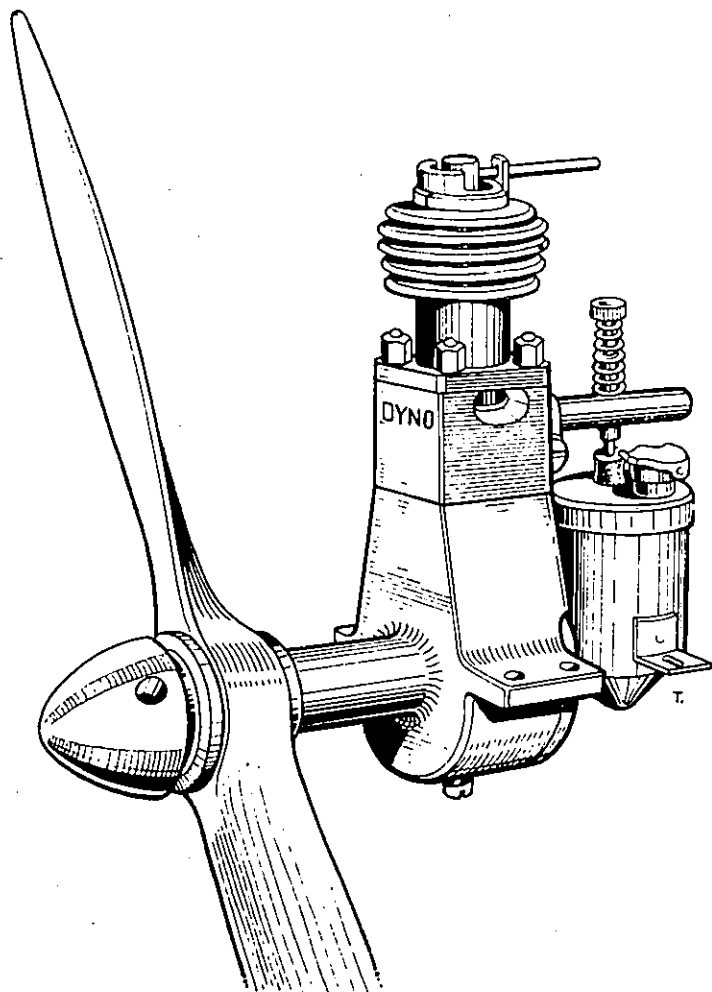


Abbildung 14

Der erste in der Schweiz von einem Mechaniker erfundene Modell-Selbstzündermotor, der heute auch eigentlich zu Unrecht Modelldieselmotor genannt wird. Dieser Motor brachte um 1942 eine Revolution im Modellmotorenbau. Der DYNO-Modelldieselmotor saugte Kraftstoff-Luftgemisch an und zündete nur durch die hohe Kompression. Die Kompression war über einen durch eine Schraube im Zylinderkopf verschiebbaren Gegenkolben optimal einstellbar. Die Leistung des knapp 2,5 ccm Hubraum habenden Motors war ca. 0,1 PS bei 7500 U/min. Das Leistungsgewicht dieses Motors war wesentlich günstiger als das der Modellmotoren mit Funkenzündung.

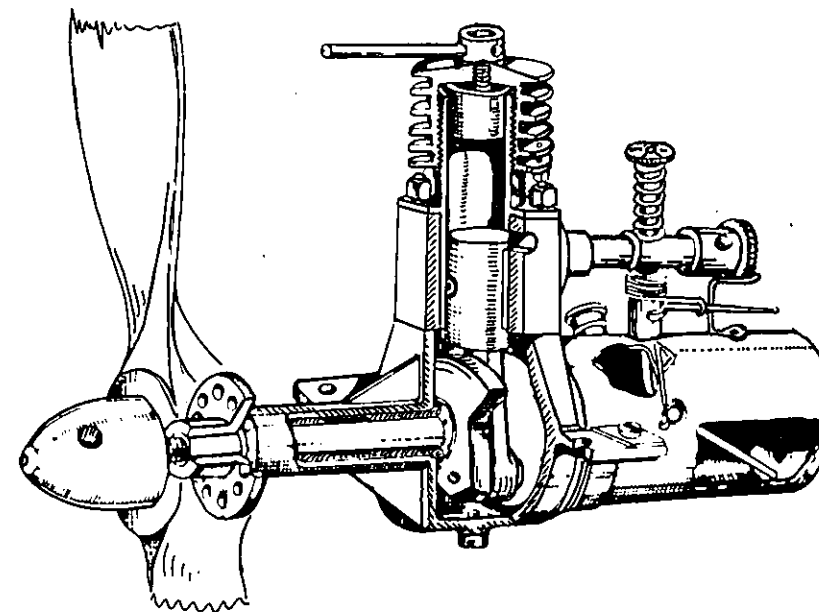


Abbildung 15

Ein typischer „Diesel-Modellmotor“ aus dem Jahre 1942–1943 ist der EISFELD-Motor. Diese Motoren wurden in kleinen Serien gebaut. Bekannt sind eine 2,5 ccm und eine 6 ccm Version. Der Gegenkolben zur Kompressionsverstellung wurde bei diesem Motor durch Drehen der Kühlrippen verschoben. Der übrige Aufbau des Motors ist schon recht modern und entspricht in vielen Punkten den heute gebauten Motoren.

Sperrung von Modellflugplätzen für Modelle mit Zweitaktverbrennungsmotoren wurden Elektromotoren und niedertourig laufende 4-Takt-Modellmotoren vermehrt verwendet.

Ein Viertaktmodellmotor gibt auf Grund der nur jede zweite Umdrehung erfolgenden Verbrennung ein eher brummendes Betriebsgeräusch von sich. Dieses Brummgeräusch ist dazu nur noch rund halb so laut wie bei einem Zweitaktmotor, dessen Zünd- und Auspuffgeräusche durch den heulenden, hohen Ton sehr lästig sind. Seit 1980 werden vor allem von den japanischen Modellmotorenherstellern Viertaktmotoren mit Ventilsteuerung von 5,0, 7,5 und 10 ccm Hubraum angeboten. Durch eine Regeländerung der Wettbewerbsflugmodellklassen wird bei der Verwendung von Viertaktmotoren der doppelte Hubraum für den Antriebsmotor zugelassen. So kommen aus Japan rasch Viertaktmodellmotoren mit 13, 15 und 20 ccm Hubraum als Einzylinder und in Mehrzylinderbauart Motoren mit 27, 40, 50 und 53 ccm Hubraum.

Die europäischen Motorenhersteller setzen eher auf die Schiebersteuerung der Motoren. So bringen Webra und Hirtenberger eine Motorenbaureihe mit Hubräumen bis 13 ccm mit im Zylinderkopf laufendem Zylinderschieber heraus. Leider zeigt sich, daß diese Motorenbaureihe von den schlitzzesteuerten Zweitaktmotoren den unangenehm kreischenden Auspuffton geerbt hat und praktisch nur mit leistungsmindernden Schalldämpfern zu betreiben ist. Die spezifische Hubraumleistung der Viertaktmodellmotoren steigt bis 1988 auf Werte von knapp 80 kW/Liter Hubraum, und auch die Drehzahlen für die ventilgesteuerten Motoren erreichen Werte bis 15 000 U/min. Leider steigt damit auch der Lärm der Viertakt-

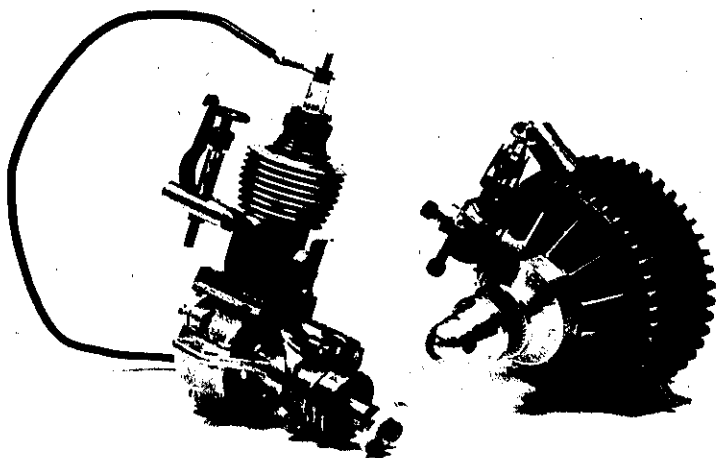


Abbildung 16

Auf dieser Abbildung begegnen sich Gestern und Morgen. Links ist ein EISFELD-Benzinmotor aus dem Jahre 1940 mit 4,0 ccm abgebildet. Rechts ist der erste in Serie gebaute Rotationskolbenmotor für Flugmodelle, der Graupner-Wankel abgebildet. Der Eisfeldmotor erbrachte, wenn er mal lief und nicht wegen verölten Unterbrecherkontakten stehen blieb, eine Leistung von 0,1 PS bei 7000 U/min. Der Wankelmotor bringt mit einem Kammervolumen von knapp 5,0 ccm bei 15 000 U/min um 0,4 PS.

motoren auf unzulässig hohe Werte an. Aufwendige Auspuffschalldämpfer werden von der Industrie angeboten, gegen Körperschallübertragung vom Motor zum Modell werden Gummi-Motorlagerungen vorgeschlagen und geliefert; bei den Propellern geht man von Zweiblattpropellern auf Dreiblattpropeller über, wobei sich der Wirkungsgrad dieser Dreiblattpropeller doch merklich verringert. Ab 1985 steht das Lärmproblem ganz vorne an erster Stelle bei der Kaufentscheidung der Modellbauer. Auf vielen Modellflugplätzen darf mit Zweitaktmodellmotoren kein Modell mehr angetrieben werden, nur noch Elektromotoren oder Viertaktmotoren mit Schalldämpfern werden zugelassen.

Die Leistung der Viertaktmotoren würde ausreichen, ein 20-ccm-Viertakter hat sogar mehr Leistung als ein stark lärmgedämpfter Zweitakter mit 10 ccm in Langhubbauweise. Was fehlt, ist die Zuverlässigkeit des Laufes der Motoren. Bei den Zweitaktmotoren werden vom schwankenden Druck im Kurbelgehäuse angetriebene Kraftstoffpumpen und Druckregler (Perry oder Robart) entwickelt. Bei den Viertaktern werden Zahnradpumpen und Druckregler, mit Ansteuerung durch den Saugrohrdruck hinter dem Vergaser (Firma OS), serienmäßig in einen Motor eingebaut. Erste Ansätze für Druckwellentauscher als Lader für Viertaktmotoren sind 1987 schon zu sehen. Strömungstriebwerke wie „Düsen-triebwerke“ lassen sich nur mit hochtourigen speziellen Zweitaktmotoren als Antrieb für die Verdichterstufe nachempfinden. Da bei diesen Triebwerken die Brennkammer und die Abgasturbine fehlen, sind diese Triebwerke eher Mantelstromtriebwerken ähnlich. Es bürgert sich dafür der Name „Impellerantrieb“ ein.

Technisch gibt es bei den Modellverbrennungsmotoren keine Probleme mehr. Durch die Lärmauflagen auf den Modellflugplätzen stagniert der Absatz an Zweitaktmotoren, auch großvolumige Motoren, abgeleitet aus Industriemotoren, z. B. aus Baumsägen oder Gar-

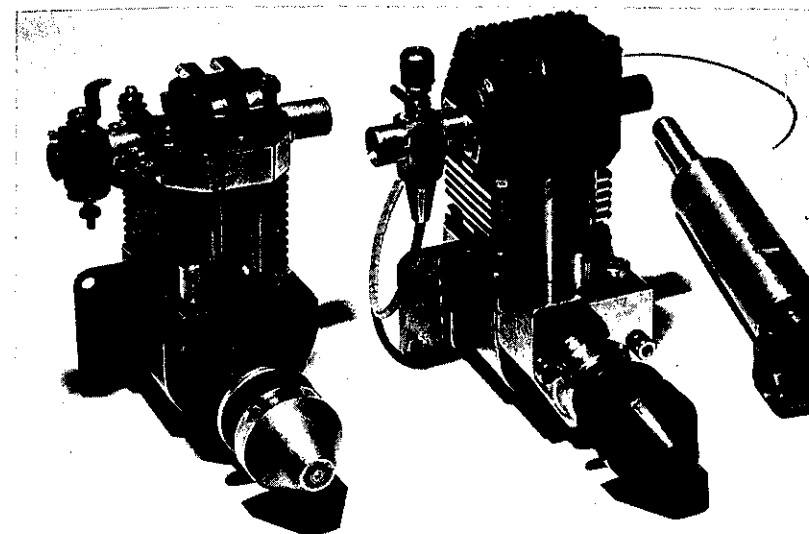


Abbildung 17

4-Takt-Modellmotoren mit 10 ccm Hubraum und zwei hängenden Ventilen aus der Kleinserienfertigung von Ing. Handt, 1975.

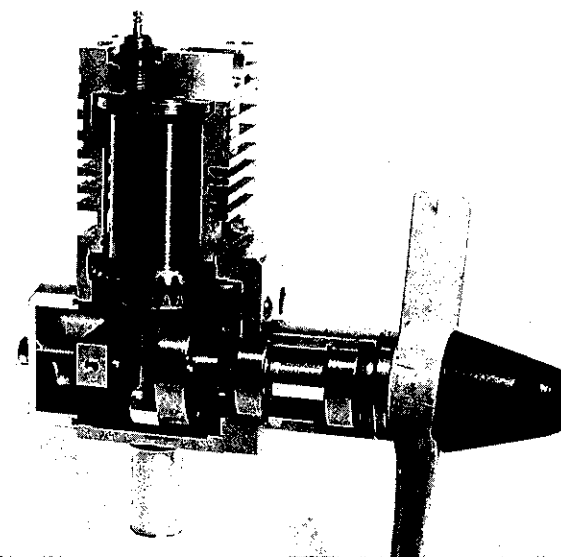


Abbildung 18

Schiebergesteuerter 4-Taktmotor mit 5,88 ccm Hubraum. Die Gassteuerung erfolgt über einen mit $\frac{1}{4}$ der Motordrehzahl rotierenden Zylinder mit Schieberplatte zum Zylinderkopf. Leistung knapp 300 Watt und 14 000 U/min. Höchstdrehzahl.

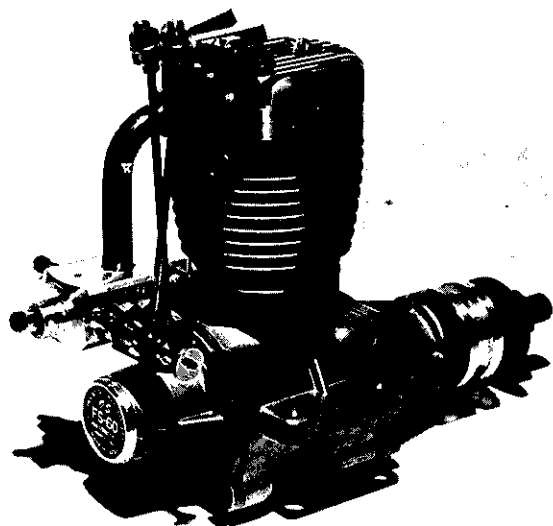


Abbildung 19

Erster in Großserie gebauter 4-Takt-Modellmotor, von OS in Japan. Motor hat bei 22 mm Hub und 24 mm Ø Bohrung, entsprechend 9,95 ccm, eine Leistung von ca. 450 Watt. Höchstdrehzahl 10 000 U/min. Jahr 1976.

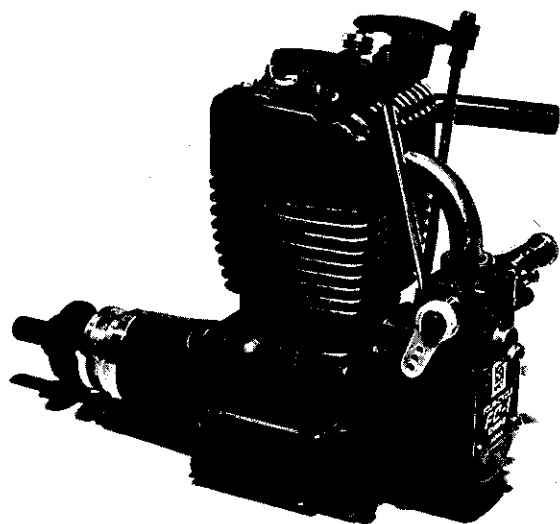


Abbildung 20

Formschöner 4-Takt-Modellmotor von der japanischen Firma KALT mit 7,5 ccm, Baujahr 1977. Leistung um 400 Watt bei 9500 U/min.

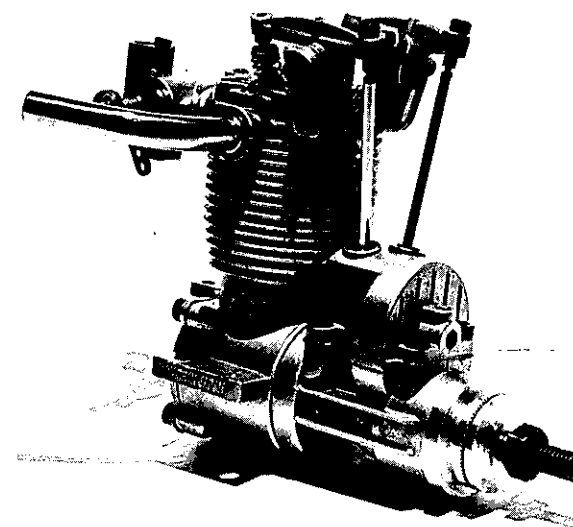


Abbildung 21

Der kleinste bisher gebaute Serienmotor mit Ventilsteuerung von der Firma SAITO, Japan. Hubraum 5,0 ccm. Leistung 360 Watt bei 12 000 U/min.

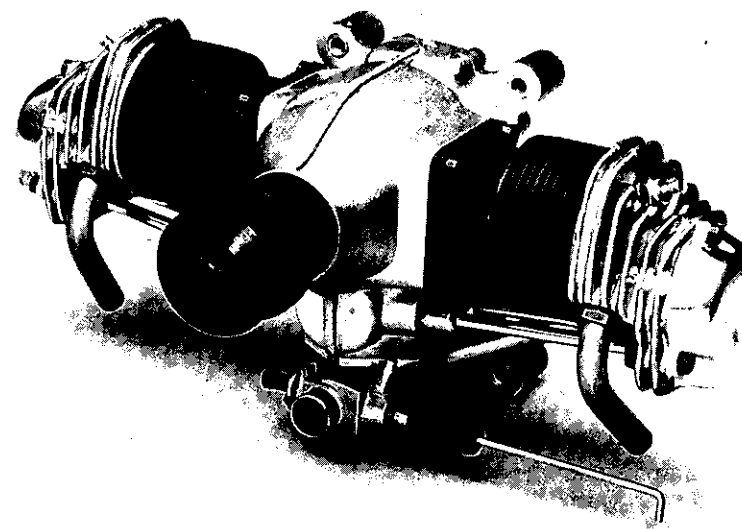


Abbildung 22

Ein Boxermotor von OS – Japan mit 2 x 10 ccm. Der Motor erreicht über 1,0 kW Leistung bei 9000 U/min. Der Ventiltrieb ist mit einer Zylinderkopfhaube verdeckt.

tengeräten, sind durch den Lärm, den die Propeller verursachen, nicht die Lösung der Lärmproblematik. Die Entwicklung bei den Modellverbrennungsmotoren wird in Zukunft mehr in Richtung lärmminimierter Gesamtantriebe gehen, zu Antrieben, die mit optimal angepaßtem Schalldämpfer für Ansauggeräusch, Auspuffton und schallisolierender Motoraufhängung nebst lärmminimiertem Propeller als Komplettantrieb für die Modelle angeboten werden sollten. Ob hierbei der Viertaktmotor mit Ventilen oder der Zweitaktmotor mit modifizierter Schlitzsteuerung der Modellmotor der Zukunft sein wird, ist noch unklar.

1.3. Einteilung der Motoren

Die Modellverbrennungsmotoren werden in drei Gruppen eingeteilt, je nach der Art der Zündung:

1. Motoren mit Fremdzündung durch eine Zündkerze. Als Kraftstoff verwenden diese Motoren Benzin, deshalb werden sie auch „Benzinmotoren“ genannt.
2. Motoren mit ungesteuerter Zündung. Die Einleitung der Verbrennung im Motor geschieht durch eine glühende Drahtwendel in einer sogenannten Glühkerze. Diese Motoren werden daher auch „Glühzünder-Motoren“ genannt.
3. Motoren mit Selbstzündung des Gemischs. Durch die starke Erwärmung des Kraftstoff-Luft-Gemischs bei der Verdichtung zündet das Gemisch explosionsartig. Da hier eine gewisse Ähnlichkeit zu einem Dieselmotor besteht, werden diese Motoren auch „Modeldieselmotoren“ genannt.

Eine weitere Einteilung der Modellmotoren erfolgt nach der Anzahl der Arbeitstakte. Es gibt vor allem schlitzgesteuerte Zweitaktmotoren und ganz selten 4-Takt-Motoren. Doch schauen wir uns einmal die Vorgänge in einem solchen Kleinverbrennungsmotor an:

1.4. Funktion – ganz einfach

Modellmotoren sind Verbrennungskraftmaschinen, genau wie jeder Automotor oder Kolbenflugmotor. Unter Verbrennungskraftmaschinen versteht man allgemein eine Maschine, in der ein Kraftstoff-Luft-Gemisch in einem abgeschlossenen Raum verbrennt und dabei Arbeit gewonnen wird. Dieser Verbrennungsvorgang geschieht bei Modellmotoren periodisch, quasi taktweise. Takt hat hier nichts mit gutem Benehmen zu tun, man versteht unter Takt bei einem Hubkolbenmotor die Zeit, die der Kolben von seiner untersten bis zur obersten Stellung im Zylinder oder umgekehrt benötigt. Zu jeder Umdrehung der Kurbelwelle gehören beim Hubkolbenmotor zwei Takte. Da die Modellmotoren Zweitakt-Motoren sind, wiederholt sich jeder Verbrennungsvorgang bei jeder Umdrehung der Kurbelwelle. Bei einem Viertakthubkolbenmotor wiederholt sich ein Verbrennungsvorgang nach jeder zweiten Kurbelwellenumdrehung.

Bei einem Viertaktmotor sieht der Arbeitsablauf und die Funktion der einzelnen Takte so aus:

1. Takt: Das Einlaßventil öffnet sich, der Kolben geht nach unten. Es wird Luft und Kraftstoff als Gasgemisch angesaugt.
2. Takt: Das Einlaßventil schließt sich, der Kolben geht durch die im Schwungrad gespeicherte Energie nach oben. Das Gasgemisch wird verdichtet bzw. komprimiert.
3. Takt: In der Nähe der obersten Kolbenanlage wird das Gemisch durch einen elektrischen Funken entzündet. Das Gemisch verbrennt und da sich dabei das Gas stark erwärmt und ausdehnen möchte, wird der Kolben nach unten gedrückt. An der Kurbelwelle kann Arbeit abgenommen werden.
4. Takt: In der untersten Kolbenlage öffnet sich das Auslaßventil, der Kolben wird wieder durch die im Schwungrad gespeicherte Energie nach oben gehoben und das verbrannte Gas über das Auslaßventil in den Auspuff geschoben.

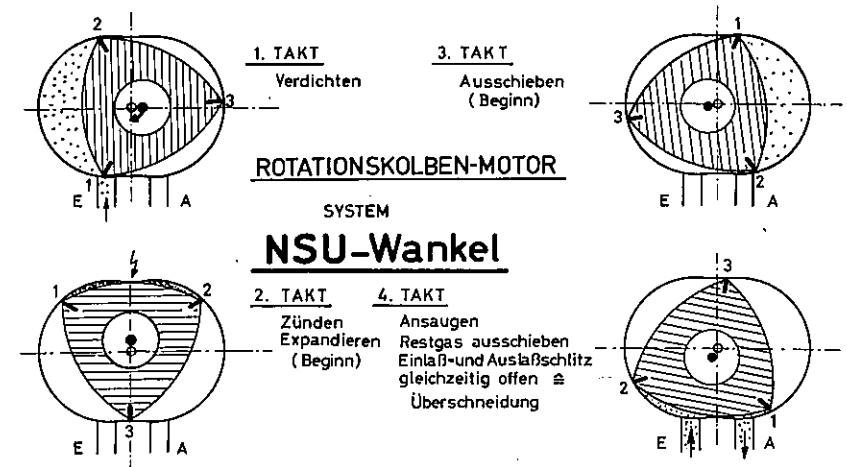


Abbildung 23

Rotationskolbenmotor nach dem System NSU-Wankel. Dieser Motor wird von der Japanischen Firma OGAWA, bekannt unter dem Namen OS, in Lizenz von NSU gefertigt. Bei einem Kammer-volumen von 5 ccm leistet der Motor ca. 0,5 PS bei 14 000 U/min. Bemerkenswert ist die große Laufruhe des Motors, da der Wankelmotor durch rotierende Gegengewichte vollständig ausge-wuchtet werden kann. Der Wankelmotor ist ein Viertaktmotor.

Das Spiel beginnt wieder von vorne bei Takt 1. Der ganze Vorgang hört sich schon so un-ständlich an, wie die ganze Konstruktion derartiger Viertaktverbrennungsmotoren auch ist. Außer dem Zylinder, der Kurbelwelle, dem Kolben und dem Schwungrad braucht man noch Zahnräder, über die die Nockenwelle angetrieben wird. Nocken, Ventile und Ventil-federn, Umlenkhebel und Stößel, also eine Unmenge von Mechanismen nur zum Öffnen und Schließen der Ansaugöffnung und des Auspuffkanals. Das Zündsystem mit Zünd-kerze und Unterbrecher kommt bei Benzinmotoren noch hinzu.

Mit wesentlich weniger bewegten Teilen kommt der Zweitaktmotor aus. Hier gibt es keine Ventile und deshalb auch keinen komplizierten Mechanismus, um diese zu öffnen und zu schließen. Der Kolben öffnet und verdeckt bei seiner Auf- und Abwärtsbewegung im Zylinder Schlitz, durch welche Frischgasgemisch und Abgas ein- oder abströmen. Üblicherweise sind diese Schlitz, auch Spülschlitz genannt, voll geöffnet, wenn der Kolben ganz unten in seinem unteren Totpunkt steht. Das Kurbelgehäuse, in dem sich die Hubkurbel und der Pleuel befindet, ist bei einem Zweitaktmotor gasdicht abgeschlossen. Über ein ungesteuertes Ventil oder einen Drehschieber an der Kurbelwelle, oder durch einen Schlitz im Zylinder, strömt vom Vergaser Kraftstoff-Luft-Gemisch in das Kurbelgehäuse ein. Bei der Bewegung des Kolbens im Zylinder nach oben wird das Kurbelgehäusevolumen vergrößert und daher das Gasgemisch angesaugt. Geht der Kolben wieder nach unten, so schließt sich die Ansaugöffnung und das angesaugte Gasgemisch kann nicht mehr in den Vergaser zurückströmen. Es wird verdichtet. Auf seinem Weg im Zylinder nach unten öffnet der Kolben zuerst die Auspufföffnung und dann den sogenannten Überströmschlitz. Das im Kurbelgehäuse vorverdichtete Gemisch kann über einen Kanal und darin durch den Überströmschlitz in den Zylinder einströmen. Dabei verdrängt das Frischgasgemisch das verbrannte Gas aus der vorangegangenen Verbrennung, das aus dem Auspuff ausströmt. Geht der Kolben wieder nach oben, werden die Überström- und Auspuffschlitze geschlossen, und das Gemisch wird komprimiert. Es erfolgt im oberen

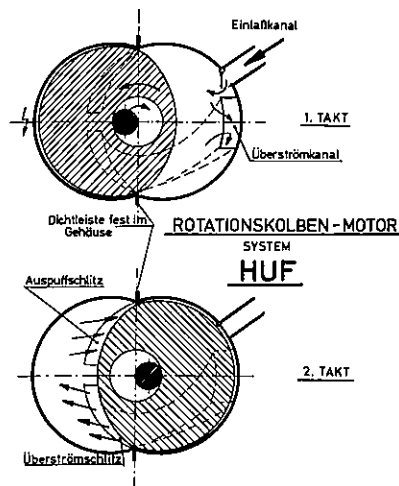


Abbildung 24

Ein Rotationskolbenmotor, der nur im Zweitaktverfahren arbeiten kann, ist der Motor nach HUF. Dieser Motor ist schwerer zum Auswuchten, mechanisch in der Kinematik aufwendiger und daher nur in Handmustern bisher hergestellt worden. Die Leistung ist aber wegen der ungünstigeren Brennraumform und der Steuerschlitz geringer als bei üblichen Hubkolbenmotoren. Kummer bereitet das Lager des Läufers auf dem Exzenter, das nur als Wälzlager funktionieren kann.

Totpunkt des Kolbens die Zündung, der Kolben wird durch den Verbrennungsvorgang abwärts gedrückt und an der Kurbelwelle kann Arbeit abgewonnen werden. Der Kolben gibt kurz vor Erreichen der untersten Stellung, dem unteren Totpunkt der Bewegung, die Spülschlitz wieder frei. Es pufft das verbrannte Gas aus, und nach Öffnen des Überströmkanals gelangt frisches Gasgemisch, das im Kurbelgehäuse vorverdichtet wurde, in den Zylinder ein.

Der Nachteil des Zweitaktmotors ist, daß das Gas nicht vollständig gewechselt wird, es bleibt immer ein Anteil verbrannten Gases im Zylinder zurück, und es geht auch leider ein Teil frischen Gasgemischs unverbrannt über den Auspuffschlitz verloren. Die Konstruktion und die Entwicklung eines Zweitaktmotors wird dadurch zu einer Aufgabe für einen Spezialisten auf dem Gebiet der Gasströmung.

Der Vorteil des Zweitaktmotors ist seine mechanische Einfachheit und Robustheit. Er ist der gewichtmäßig leichteste Verbrennungsmotor in der Größe und Leistung, wie er für den Antrieb von Modellen benötigt wird.

Als Viertaktmotor arbeitet der Rotationskolbenmotor nach dem System NSU-Wankel, den es auch als Kleinstverbrennungsmotor für den Antrieb von Modellen gibt. Diese Motorenbauart gestattet, ein Viertaktverfahren ohne Ventile durchzuführen. Der bisher einzige derartige in Serie gebaute Modellmotor zündet je Kurbelwellenumdrehung einmal und entspricht wenigstens in der Zündfolge einem Zweizylinder-Viertaktmotor. Der Aufwand an mechanischen Teilen ist bei diesem Rotationsmotor erträglich und, wenn man einen Zweizylinder-Viertaktmotor üblicher Bauart dagegenstellt, verblüffend einfach. Abb. 23.

Als Zweitaktmotor in Rotationskolbenbauart wäre der Verbrennungsmotor nach Huf zu nennen, der in einigen Versuchsexemplaren schon gelaufen ist. Doch hier steht man noch am Anfang einer Entwicklung. Abb. 24.

Fest steht heute schon, daß alle Rotationskolbenmotoren in der Baugröße von Modellmotoren, also mit weniger als 10 cm Arbeitskammervolumen, schlechtere Kraftstoffausnutzung und Hubraumleistung haben als der Hubkolbenmotor. Der Massenausgleich ist bei diesen Rotationskolbenmotoren vollständig möglich, so daß die Laufruhe derartiger Motoren der bisher einzige Vorteil ist.

2. Allgemeiner Aufbau der Modellmotoren

2.1. Zylinderanordnung

Die Modellmotoren als Hubkolbenmotoren werden vorwiegend als Einzylindermotoren ausgeführt. Abb. 25. Bei dieser Motorenbauart ist der Ausgleich der hin- und hergehenden Kolbenmasse nicht vollständig möglich, wenigstens nicht mit erträglichem Aufwand. Bei einem Zweizylindermotor in Reihenanordnung oder als Boxermotor wird ein besserer Massenausgleich erreicht. Daher werden vereinzelt derartige Motoren gebaut. Diese Mehrzylinder-Modellmotoren schütteln weniger und sind lauffruher als Einzylindermotoren, haben aber Nachteile als Glühzünder mit der zuverlässigen Zündung im Leerlauf. Abb. 26, Abb. 27, Abb. 28.

Der Zylinder wird ausschließlich senkrecht zur Antriebswelle angeordnet, da damit die Kraftübertragung vom Kolben auf die Antriebswelle durch ein einfaches Kurbelgetriebe möglich ist.

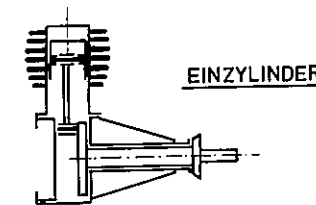


Abbildung 25

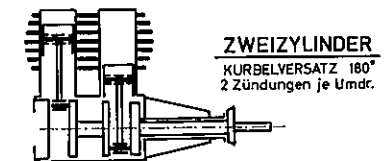


Abbildung 26

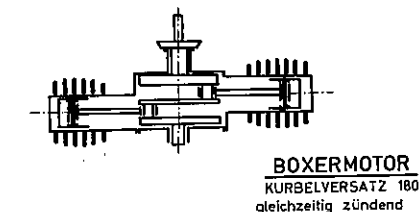


Abbildung 27

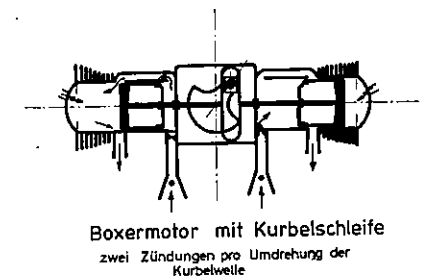
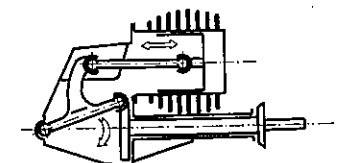


Abbildung 28



Schema eines Modellmotors mit parallel zur Abtriebswelle angeordnetem Zylinder und räumlichem Kurbeltrieb. Derartige Motoren liefern vibrationsarm

Abbildung 29

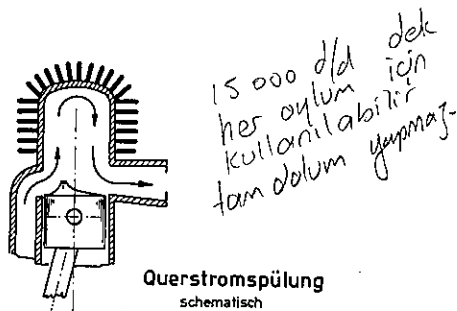


Abbildung 30



Abbildung 31

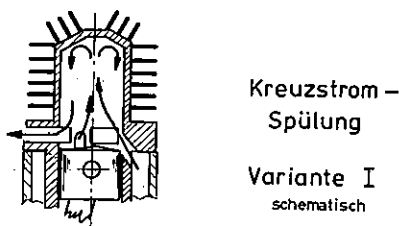


Abbildung 32

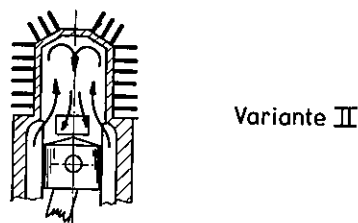


Abbildung 33

Es wurde auch schon der Versuch unternommen, den Zylinder parallel zur Antriebsachse anzuordnen und den Antriebsmechanismus über eine Taumelscheibe oder ein aufwendiges räumliches Gestänge vorzunehmen. Diese Bauart, so günstig auch die schlanke Motorenform für den Einbau in Flugmodelle wäre, hat sich nicht durchsetzen können. Abb. 29.

2.2. Spülungsarten

Bei den Zweitakt-Hubkolbenmotoren als Modellmotoren gibt es viele Spülungsarten. Üblicherweise wird vom Kolben das Öffnen der Auspuff- und Überströmschlitze bewerkstelligt. Die Ansaugöffnung wird teilweise vom Kolben geöffnet und verschlossen, häufiger aber wird ein Drehschieber an der Kurbelwelle angewendet.

Die Leistung und die vom Motor erreichte Höchstzahl werden von der Güte der Spülung beeinflusst. Es sollte möglichst alles verbrannte Restgas aus dem Auspuffschlitz entweichen und der Zylinder sich wieder vollständig mit frischem Kraftstoff-Luft-Gemisch füllen. Das wäre die Optimalforderung. Leider ist dies nicht so einfach.

Es gelten auch bei Modellmotoren die Gesetze der Strömungsmechanik, nur sind hier die Verhältnisse noch schwieriger zu berechnen als bei größeren Motoren. Es gibt daher über den Spülwirkungsgrad und den Vor- und Nachteil der einzelnen Spülschlitzanordnungen nur empirische Angaben. Einige grundsätzliche Dinge zeigen sich dabei dennoch:

1. Der Auslaßquerschnitt sollte groß sein und den Zylinder möglichst weit umfassen.
2. Das Frischgas sollte durch die Form der Einströmschlitze oder durch Nasen oder geneigte Flächen am Kolben aufgerichtet werden und auf einer Zylinderwand sich abstützen oder anlehnen.

Wie im historischen Entwicklungsüberblick gezeigt, wurde zuerst eine Aufrichtung der Strömung durch einen Nasenkolben angewendet. Es entstand die auch heute noch verwendete „Querstromspülung“. Abb. 30.

Diese Spülungsart ist einfach und ergibt bis zu 15 000 U/min für alle Hubraumgrößen befriedigende Ergebnisse. Das ausströmende Frischgas kann sich am Zylinder „anlehnen“, die Strömung ist damit stabil. Der Leerlauf und Schalldämpferanbauten an den Motoren machen daher kaum Schwierigkeiten. Bei der Querstromspülung wird nur jeweils ein kleiner Sektor des Zylinderumfangs für die Spülschlitzbreite verwendet, womit die Forderung 1 nicht ganz erfüllt ist. Eine andere Art der Spülschlitzanordnung ist die 360°-Spülung – mit kegeligem Kolben. Der Name dieser Spülungsart kommt daher, daß hierbei die Spülschlitze für Auspuff und Überströmen übereinander und auf dem ganzen Zylinderumfang angeordnet sind. Die Strömung wird durch den kegelförmigen Kolbenboden aufgerichtet. Abb. 31.

Der Spülstrom mitten im heißen Restgas des Zylinders ist strömungstechnisch nicht stabil. Daher reagiert diese Spülungsart empfindlich auf Schalldämpferanbauten. Auch bereitet ein stotterfreier Leerlauf Schwierigkeiten. Diese Spülungsart wurde für Modell Dieselmotoren angewendet, heute ist diese Spülschlitzanordnung nur noch selten zu finden.

Aus der 360°-Spülung ist die Kreuzstromspülung abgeleitet. Hier sind zwei bis vier Auspuffschlitze vorhanden, und in den Stegen zwischen den Auspuffschlitzen enden die Überströmkanaile. Abb. 32-33.

Bei dieser Spülungsart gelingt es noch weniger, die Frischgaszuströmung und den Abgasstrom zu trennen. Es tritt eine Mischung beider Gasströme ein. Dennoch werden sehr leistungsfähige Modellmotoren mit 0,8 bis 1,5 ccm Hubraum heute noch mit dieser Spülschlitzanordnung gebaut. Der Hauptvorteil dieser Spülschlitzanordnung liegt auf fertigungstechnischem Gebiet. Ein Motor wird durch das überströmkanaalfreie Kurbelgehäuse einfacher in der Herstellung.

Für Modellmotoren mit mehr als 2,0 ccm Hubraum werden hauptsächlich die Querstromspülung und die Umkehrspülung oder eine Mischung beider Spülungsarten verwendet. Die häufig bei Modellmotoren als „Schnürle-Spülung“ bezeichnete Spülungsart ist aber keine Umkehrspülung, wie sie von dem schwäbischen Erfinder Schnürle für Zweitaktmotoren vorgeschlagen wurde, sondern eine Kombination aus Querstromspülung und Schnürle-Umkehrspülung. Bei dieser Spülung öffnen zuerst von den Überströmkanaile zwei Kanäle, die den Frischgasstrom seitlich entgegen der Auspuffströmung richten. Dann öffnet noch ein Querstrom-Überströmkanal gegenüber der Auslaßöffnung. Motoren mit dieser Spülung sind vor allem für hohe Drehzahlen mit kleinsten Spülzeiten besonders leistungsfähig.

Die andere Variante der Umkehrspülung ist eine Ergänzung einer üblichen Querströmung mit Nasenkolben zur Gaslenkung durch Umkehrspülschlitze. Diese Umkehrspülschlitze liegen vor der Kolbennase zum Auslaßkanal hin und sind so gefräst, daß der Frischgasstrom zur Kolbennase hin gerichtet wird. Diese Spülung wurde von dem Amerikaner Perry speziell für Modellmotoren entwickelt und patentiert. Es ist zwar eine Verlegenheitslösung, die das nachträgliche Umstellen eines querstromgespülten Motors auf „Umkehr-

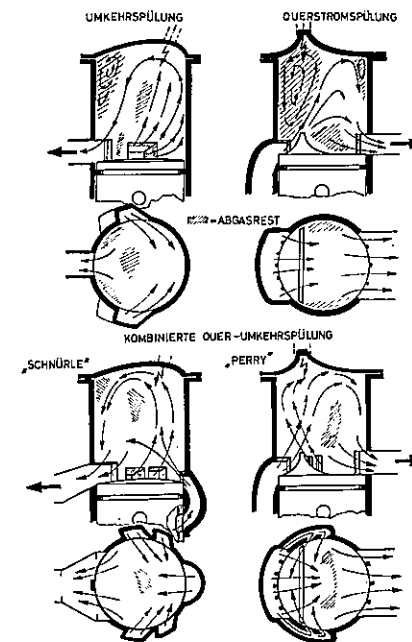


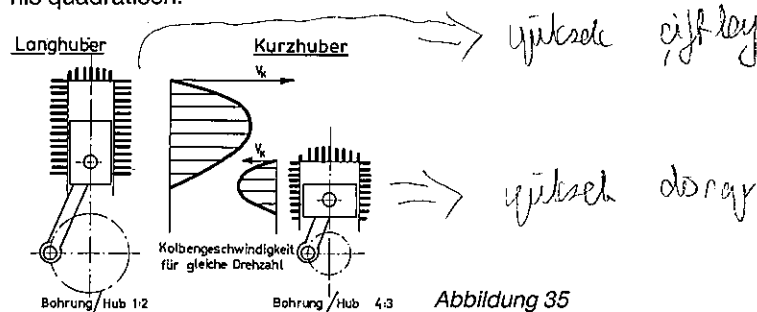
Abbildung 34

spülung“ ermöglicht, ohne daß ein neues Kurbelgehäuse hergestellt werden muß. Modellmotoren mit dieser Perry-Spülung, die auch als Neumotoren mit dieser Spülung gebaut werden, sind besonders im Drehzahlbereich um 10 000 bis 15 000 U/min leistungsfähig, bei extrem kurzen Spülzeiten ergibt sich mit dieser Spülung kein Vorteil.

Dies sind die wichtigsten, prinzipiell verschiedenen Spülsysteme und Spülschlitzanordnungen. Die Spülvorgänge an einem Modellmotor sind sehr verwickelt, und nicht allein die Art der Spülschlitzanordnung entscheidet über die abgegebene Leistung und die Maximaldrehzahl. Ein wichtiger Faktor ist noch das Bohr-Hub-Verhältnis, da damit die Spülschlitzhöhe und -breite beeinflusst wird.

2.3. Das Bohrungs-Hub-Verhältnis

Der Durchmesser der Zylinderbohrung in Millimeter und der gesamte Kolbenhub, ebenfalls in Millimeter, werden zueinander ins Verhältnis gesetzt. Wenn der Hub größer ist als der Durchmesser der Zylinderbohrung, so spricht man von einem „Langhub-Motor“, bei kleinerem Hub als der Zylinderbohrungsdurchmesser von einem „Kurzhub-Motor“. Bei genau gleichem Bohrungsdurchmesser wie Hub nennt man das Bohrungs-Hub-Verhältnis quadratisch.



Aus Erfahrung ist bekannt, daß ein Kleinverbrennungsmotor als Langhuber ein größeres maximales Drehmoment abgibt als ein hubraumgleicher Kurzhub-Motor. Der Kurzhuber kann dagegen eine größere Drehzahl erreichen und ergibt auch meistens bei höheren Drehzahlen eine größere Leistung. Für dieses Verhalten spielen zwei Dinge eine Rolle: Die sogenannte Kolbengeschwindigkeit und die Spülschlitzhöhe.

Da bei einem Zweitaktmotor nur während bestimmter prozentualer Anteile des Kolbenhubes die Spülschlitze geöffnet sein sollten, wird bei einem extremen Kurzhuber der Spülschlitze sehr niedrig. Obwohl durch den größeren Zylinderdurchmesser die Schlitze auch breiter gemacht werden können und damit gleiche Schlitzzerschnitte erreicht werden, strömt durch solch breite und niedrige Schlitze nur schwerlich das Arbeitsgas. Es bilden sich vermehrt Wirbel, und man nennt diese Erscheinung bei den geringen Spülschlitzhöhen: Strömungswiderstand der Spülkanäle und Spülschlitze. Den geringsten Strömungswiderstand haben kreisrunde oder an den Ecken abgerundete quadratische Querschnitte. Diese optimalen Spülschlitzzerschnitte können bei Langhubmotoren leichter angewendet werden.

Bei den Modellmotoren wird häufig ein Bohrungs-Hub-Verhältnis von 1 : 1, also quadratisch angewendet. Es ist ein guter Kompromiß zwischen der Leistung bei hohen Drehzahlen und einem ausreichenden Drehmoment bei niedrigen Drehzahlen.

2.4. Die Pleuelstangenlänge

Eine weitere wichtige Konstruktionsgröße ist die Pleuelstangenlänge eines Motors. Bei gegebenem Hub kann die Pleuelstangenlänge nicht kürzer als ein Minimalwert sein, da sonst der Kolbenbolzen auf die Kurbelwelle aufschlagen würde. Andererseits möchte

man die Pleuelstange auch nicht zu lang machen, da dadurch das Kurbelgehäusevolumen zu groß würde. Ein zu großes Kurbelgehäuse würde aber eine zu schlechte Vorverdichtung, zu lange, strömungstechnisch verlustreiche Spülkanäle und einen unförmig großen Motor ergeben. Allerdings kann man die Seitenkraft des Kolbens durch einen langen Pleuel reduzieren und damit die mechanischen Verluste aus der Kolbenreibung gering halten. Den gleichen Effekt erzielt man auch, wenn man den Zylinder etwas zur Kurbelwellenachse versetzt. Bei einigen besonders leistungstarken Modellmotoren ist von einem Zylinderversatz Gebrauch gemacht worden.

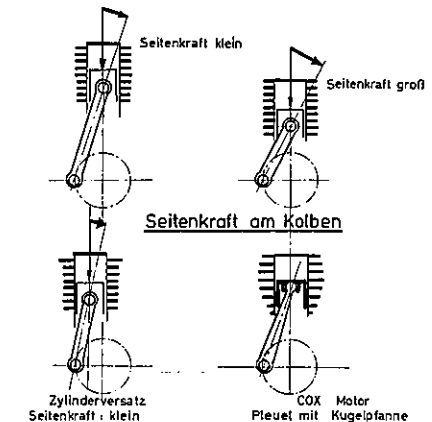


Abbildung 36

Bei kleinen Modellmotoren wird häufig ein längerer Pleuel verwendet, wobei der Pleuel am oberen Ende eine Kugel hat und in einer Kugelpfanne am Kolbenboden eingelenkt ist.

2.5. Die Steuerzeiten – Spülvorgänge

Die Steuerzeiten eines Zweitakt-Hubkolbenmotors sind die Öffnungszeiten der einzelnen Schlitze während einer Kurbelwellenumdrehung und die zeitliche Lage dieser Öffnungsperiode zueinander. Hier liegt häufig das Geheimnis, warum ein Modellmotor eine gute Leistung bei niedrigen Drehzahlen hat und ein anderer Motor nur über 10 000 U/min zufriedenstellend läuft.

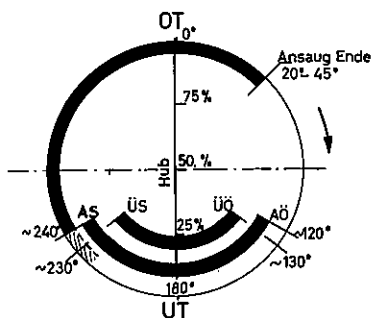
Die Berechnung des Spülvorganges in einem Zweitaktmotor ist bei großen Motoren durchaus möglich, wobei man sich auf Meßwerte an Modellen in natürlicher Motorgröße stützt. Bei den Modellmotoren ist noch keine systematische Untersuchung des Spülvorganges gemacht worden, und ein Übertragen von Meßergebnissen der Großmotoren auf Modellmotoren ist zu unsicher, auch wenn die Gesetze der Ähnlichkeitsmechanik und der Strömungs- und Grenzschichttheorien berücksichtigt werden.

Folgendes ist bisher an Modellmotoren bekannt:

Der Druck im Zylinder beim Öffnen des Auspuffschlitzes beträgt 3 bis 5 atü. Bei der kurzen Zeitspanne, die zwischen Öffnen des Auspuffschlitzes und des Überströmschlitzes bei den doch recht hochtourig laufenden Modellmotoren liegt, ist der Druck im Zylinder bei Öffnen des Überströmschlitzes noch nicht auf den Druck des vorverdichteten Gases im Kurbelgehäuse abgesunken. Es strömt daher zunächst verbranntes Gas über den Überströmskanal in das Kurbelgehäuse und erst später setzt eine Umkehr der Strömung im Überströmungskanal ein. Jetzt erst gelangt Frischgas in den Zylinder. Die Abgastemperaturen betragen bei Modellmotoren mit Glühzündung zwischen 400 °C und 600 °C je nach Motorgröße und Drehzahl. Höhere Werte bei hohen Drehzahlen und größeren Motoren. Niedere Werte bei Kraftstoffen mit Nitromethanzusatz.

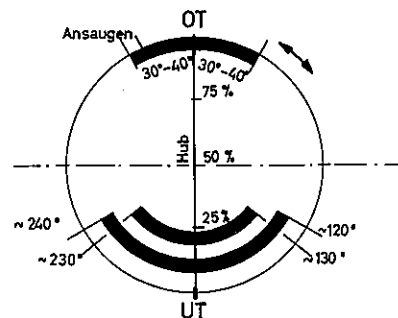
Die Steuerzeiten kann man in Winkelgraden der Kurbelwellenumdrehung angeben, oder man gibt die Schlitzhöhe in Prozent des Kolbenhubes an. Folgende Werte sind bei Modellmotoren üblich:

Höhe der Auspuffschlitzes	atü	18–25 % vom Hub
Höhe der Überströmschlitzes	dolum	12–20 % vom Hub
Schlitzbreite Auspuffschlitz	atü	20–40 % vom Zylinderumfang
Schlitzbreite Überströmschlitz	dolum	30–40 % vom Zylinderumfang



drehschiebergesteuertes Ansaugen

Abbildung 37



kolbengesteuertes Ansaugen

Abbildung 38

Die Zuordnung der Öffnungszeiten des Ansaugkanals zwischen Vergaser und Kurbelgehäuse erfolgt zweckmäßigerweise in Winkelgraden der Kurbelwelle.

Bei einem Öffnen und Schließen des Ansaugkanals durch den Kolben ergeben sich symmetrische Ansaugsteuerzeiten. Diese Motorenbauart kann rechts und links herum bei gleicher Leistung die Kurbelwelle drehen lassen. Der Ansaugkanal wird 30° bis zu 45° vor OT geöffnet und ebenso nach OT wieder geschlossen. Früheres Öffnen und späteres Schließen gibt zwar ein längeres Öffnen des Ansaugkanals und es könnte mehr Gemisch einströmen und angesaugt werden, dafür wird aber durch das spätere Schließen auch niedriger im Kurbelgehäuse vorverdichtet, es kommt sogar in extremen Fällen zum Rückströmen des Frischgases in den Vergaser. Warum dieses Rückströmen bei dieser Ansaugschlitzsteuerung überhaupt gering bleibt, ist folgendermaßen zu erklären: Die im Ansaugrohr befindliche Gasmenge, man spricht von einer Gassäule, wird durch den im Kurbelgehäuse durch die Aufwärtsbewegung des Kolbens verursachten Unterdruck angesaugt. Die Gassäule bewegt sich in das Kurbelgehäuse mit zunehmender Geschwindigkeit hinein. Die Gassäule hat auch eine, wenn auch kleine träge Masse, genau wie das Auto, und erst einmal in Bewegung gebracht, muß diese Bewegung durch Bremsen, quasi hier durch Gegendruck im Kurbelgehäuse, gestoppt werden. Das braucht einige Zeit, so daß das Frischgas in den Kurbelgehäuse Raum noch einströmt, obgleich der wieder abwärts gehende Kolben schon das Kurbelgehäusevolumen verkleinert und das eingeströmte Frischgas verdichtet.

Der Drehwinkel der Kurbelwelle, den der Ansaugkanal nach dem oberen Totpunkt des Kolbens noch offen läßt, ist quasi der Bremsweg des angesaugten Frischgases.

Man könnte den „Bremsweg“ und damit die eingeströmte Frischgasmenge auch dadurch vergrößern, indem man die träge Masse der Gassäule erhöht. Dies wird auch gemacht, dadurch daß man die Ansaugkanäle von der Düse des Vergasers bis zum Ansaugschlitz im Zylinder so lang macht, daß die Gassäule erst dann in ganzer Länge zur Ruhe gekommen ist, wenn der Kolben schon wieder den Ansaugschlitz öffnet. Da aber eine ganze Zeit ja der Kolben den Ansaugschlitz verschlossen hatte, die Gasmoleküle unmittelbar am Zylinder, also abrupt gestoppt werden, ähnlich wie die Stoßstange eines Autos, das auf eine Mauer auffährt, geben die weiter weg sich befindenden Gasteile, die sich ja noch bewegen, ein Zusammendrängen der Gasmoleküle vor der Öffnung des Schlitzes. Da die Übermittlung der Information: „Schlitz geschlossen, das Ganze Halt“ mit Schallgeschwindigkeit erfolgt, ist die Abstimmung der optimalen Ansaugrohrlänge eng mit der Schallgeschwindigkeit des Frischgases zusammenhängend. Die Schallgeschwindigkeit wird etwas von der Art des Gases und stark von der Temperatur beeinflusst. Das System Ansaug-

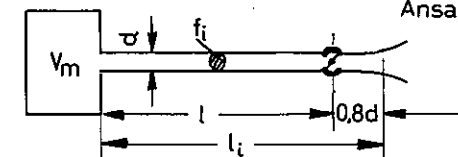
Abstimmen der Saugrohrlänge

optimale Saugrohrlänge bei :

$$I. \quad \frac{\nu \cdot \alpha_i}{6 \cdot n} = \frac{3}{4} \quad \left| \begin{array}{l} \nu = \text{Eigenfrequenz} \left(\frac{1}{s} \right) \\ n = \text{Motordrehzahl (U/min)} \\ \alpha_i = \text{Schlitzöffnungsdauer in Grad Kurbelwinkel} \end{array} \right.$$

akustische Frequenz des Systemes :

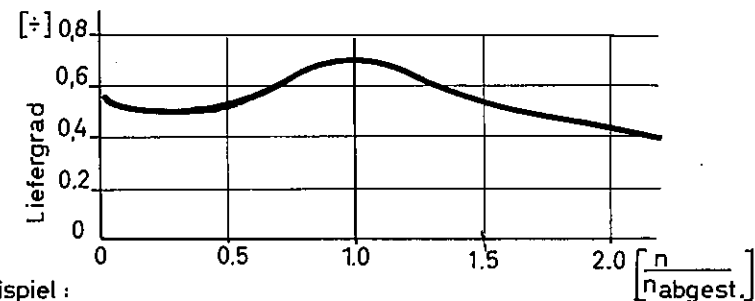
$$II. \quad \nu = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{f_i}{l_i V_m}} \quad \left| \begin{array}{l} c = \text{Schallgeschwindigkeit [cm/s]} \\ \sim 30\,000 \text{ cm/s} \\ f_i = \text{Ansaugquerschnitt [cm}^2\text{]} \\ l_i = \text{wirksame Länge [cm]} \\ V_m = \text{Kurbelgehäusevolumen im Ansaugtakt (Mittelwert) [cm}^3\text{]} \end{array} \right.$$



aus I + II folgt :

$$l_i = \frac{1}{800} \cdot \left[\frac{c \cdot \alpha_i}{n} \right]^2 \cdot \frac{f_i}{V_m} \quad [\text{cm}]$$

Liefergrad mit abgestimmtem Saugrohr :



Beispiel :

$$\begin{array}{l} \text{Daten: } 12\,000 \text{ U/min} \\ \alpha_i = 100^\circ \text{ KW} \\ f_i = 0,5 \text{ cm}^2 \\ c = 30\,000 \text{ cm/s} \\ V_m = 15 \text{ ccm} \end{array} \quad l_i = \frac{1}{800} \cdot \left[\frac{30\,000 \cdot 100}{12\,000} \right]^2 \cdot \frac{0,5}{15} = \underline{\underline{2,6 \text{ cm}}}$$

Abbildung 39

kanal – Kurbelgehäuse ist, akustisch gesehen, eine Orgelpfeife. Diese Orgelpfeife kann man bei gegebenen Kurbelgehäusevolumen und durch die Länge des Rohres auf jeden beliebigen Ton oder jede Eigenschwingungszahl abstimmen. Aus Versuchen ist bekannt, daß die beste Abstimmung der Saugrohrlänge dann gegeben ist, wenn drei Viertel der Eigenschwingungszahl des Systems Kurbelgehäuse – Ansaugrohrlänge die Öffnungszeit des Ansaugschlitzes ist. Dann stehen die Gasmoleküle gedrängt vor dem geschlossenen Ansaugschlitz, und es wird so beim Öffnen des Schlitzes optimal viel Gemisch angesaugt. Man nennt das Verhältnis von theoretischem Ansaugvolumen zu tatsächlich angesaugtem Volumen den Liefergrad.

Die Verbesserung des Liefergrades durch Abstimmen des Saugrohrs erfolgt dann, wenn der engste Ansaugquerschnitt im vorgeschalteten Vergaser größer als 40 % des Rohrquerschnitts ist. Günstiger sind die Verhältnisse, wenn zur Steuerung des Ansaugschlitzes ein Drehschieber genommen wird. Hier lassen sich unsymmetrische Steuerdiagramme verwirklichen. Solche drehschiebergesteuerten Zweitaktmotoren laufen nur noch in einer Drehrichtung. Es kann zwar auch vorkommen, daß bei spätem Schließen des Drehschiebers nach OT des Kolbens auch ein solcher Motor schlecht und stotternd im entgegengesetzten Drehsinn läuft. Soll ein solcher Motor im entgegengesetzten Drehsinn laufen, so kann bei einigen Motoren der Ansaugstutzen umgesteckt werden, oder der Drehschieber kann in eine andere Winkellage zum Kurbelzapfen gebracht werden. Abb. 40.

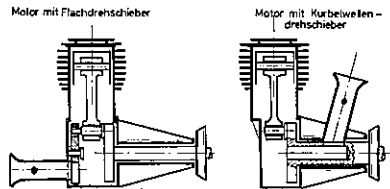


Abbildung 40

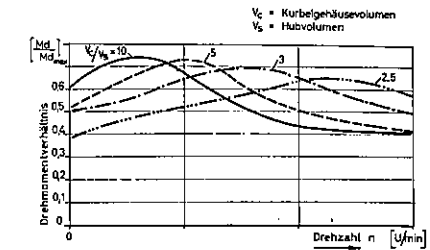
Die drehschiebergesteuerten Modellmotoren sind besonders leistungsfähig, denn hier steht eine lange Ansaugzeit zur Verfügung, und es wird ein hoher Kurbelgehäuseliefergrad erreicht, der über weite Drehzahlbereiche über 0,6 liegen kann. Durch eine Abstimmung der Saugrohrlänge bis zum Kurbelgehäuse kann auch hier noch einiges an Leistungsgewinn erreicht werden. Die angegebene Berechnung der optimalen Rohrlänge ist aber nur für flachdrehschiebergesteuerte Modellmotoren anwendbar. Ist der Drehschieber als sogenannter Kurbelwellendrehung ausgebildet, so zählt ein Teil der Bohrung in der Kurbelwelle zum Ansaugkanal und ein Teil zum Kurbelgehäusevolumen. Abb. 40.

Gut mit Messungen übereinstimmende Rechenergebnisse erhält man, wenn man ein Drittel der Kurbelwellenbohrung zum Ansaugkanal, den Rest zum Kurbelgehäusevolumen hinzurechnet.

2.6. Einfluß des Kurbelgehäusevolumens

Wie schon aus der Berechnung der optimalen Ansaugkanallänge ersichtlich ist, hat das Kurbelgehäusevolumen eine wichtige Bedeutung für die Leistung des Motors. Bei einem kleinen Kurbelgehäusevolumen wird viel frisches Gemisch angesaugt, der sogenannte „schädliche Raum“ der Spülpumpe Kurbelgehäuse ist klein. Damit erreicht man auch einen hohen Verdichtungsgrad und ein gutes Ausspülen des Zylinders von Restgasen. Leider benötigt der Motor auch Leistung für die höhere Vorverdichtung, und es kann bei ungünstiger Lage der Überströmschlitzes das Frischgas durch einen höheren Kurbelgehäusevorverdichtungsgrad angetrieben den Auspuffschlitz teilweise verlassen. Für den Moto-

Abbildung 41



renhersteller und den Bastler, der seinen Modellmotor frisieren oder in der Leistungsausbeute steigern will, bedarf es einiger Versuche, um die Anpassung zwischen Kurbelgehäusevolumen und Spülung für optimale Leistung zu finden.

Man sieht aus der Abb. 41, die von Versuchen mit einem Mopedmotor stammen, daß je nach der gewünschten Drehzahl das Kurbelgehäusevolumen, hier als Vielfaches des Hubvolumens aufgetragen, die Lage des maximalen Drehmoments beeinflusst. Bei kleinem Kurbelgehäusevolumen wird das höchste Drehmoment zu höheren Drehzahlen verschoben. Bei größerem Kurbelgehäusevolumen ist das Durchzugsvermögen des Motors bei kleineren Drehzahlen besser. Das Diagramm gibt keinen Aufschluß über die Größe des Drehmoments. Die Größe des Drehmoments hängt vom Liefergrad ab, und der ist wieder abhängig neben abgestimmtem Saugrohr, Kurbelgehäusevolumen auch von der Abstimmung des Auspuffrohrs auf die gegebene Schlitzanordnung und Steuerzeit.

2.7. Einfluß des Auslaßsystems

Das Auslaßsystem eines Zweitaktmotors dient nicht nur zur Geräuschkämpfung des Auspufftons, sondern es bewirkt auch eine Leistungsanhebung oder bei schlechter Konstruktion eine starke Leistungseinbuße.

Wenn als Auspuff ein Rohr verwendet wird, so entstehen in dem Rohr ähnlich wie im Ansaugkanal beim Öffnen der Auspuffschlitzes Druckstöße und Druckschwankungen. Öffnet der Auspuffschlitz, so läuft eine Druckwelle durch die Rohrleitung. Erreicht diese Druck-

Auspuffanlagen mit Leistungsgewinn

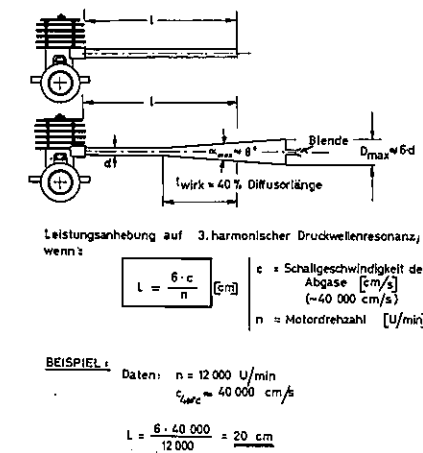


Abbildung 42

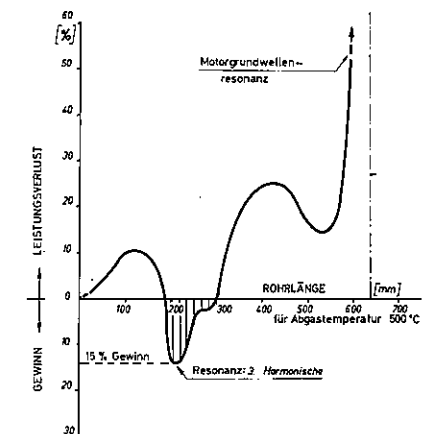


Abbildung 43

welle das Rohrende, so entsteht beim Auspuffen des Gases eine reflektierte Druckwelle, die zum Auspuffschlitz zurückläuft. Diese rücklaufende Druckwelle schiebt eventuell schon in das Auspuffsystem gesaugtes Frischgas zurück in den Zylinder. Es entsteht ein Nachladeeffekt. Diese reflektierte Druckwelle wird wiederum reflektiert und läuft zum Rohrende wieder zurück. In der Zwischenzeit hat der Kolben den Auspuffschlitz geschlossen, und es bildet sich hinter der Druckwelle eine Sogwelle mit beachtlichem Unterdruck im Auspuffsystem. Das Abgasrohr wird in seiner Länge nun so gewählt oder berechnet, daß bei einer bestimmten Motordrehzahl gerade diese Sogwelle den stärksten Unterdruck vor dem Auslaßschlitz ergibt, wenn der Auspuff geöffnet wird. Die Abb. 42 gibt die Formel dafür an und zeigt an einem Rechenbeispiel, welche Rohrlänge etwa für diesen gewünschten Effekt notwendig ist.

Der anschließend an die abgestimmte Auspuffleitung angeschlossene Schalldämpfer beeinflusst die Strömungsvorgänge und Resonanzerscheinungen der im Rohr hin- und herpendelnden Druck- und Sogwellen wenig.

2.8. Maximal erreichbare Leistung

Sprechen Modellbauer oder Hersteller über die Leistung der Modellmotoren, so werden gerne Leistungen genannt, die mehr ins Reich der Fabel gehören. Theoretisch kann bei einem Verbrennungsmotor bei einem Arbeitstakt bei 15 °C Lufttemperatur und einem Luftdruck von 1,0 bar (= 750 mm Hg-Säule) eine Arbeit umgesetzt werden von:

$$3,0 \text{ Joule/ccm Hubraum} = 3,0 \text{ Wattsekunden/ccm Hubraum.}$$

Nimmt man einen Modellmotor von 10 ccm Zylindervolumen mit einem Hubraum über den Auspuffschlitz von ca. 8,1 ccm und einer Drehzahl von 12 000 U/min = 200 U/sec an, so erhält man aus der Verbrennung des Kraftstoffes eine theoretische Motorenleistung von:

$$3,0 \cdot 200 \cdot 8,1 = 4860 \text{ Watt (= 6,60 PS).}$$

Dies wäre theoretisch die Leistung eines Verbrennungsmotors, der völlig verlustfrei arbeiten würde. Bei dem realen Motor entstehen nicht nur Verluste durch unvollkommene Zylinderspülung, Reibung in den Lagern und im Zylinder, sondern auch Verluste, die physikalisch-chemisch-technischer Natur sind. Durch die notwendige Kühlung gehen ca. 1/3 der Wärmeenergie nutzlos verloren, durch die unvollkommene Verdichtung und Expansion der Verbrennungsgase sowie der in endlicher Zeit ablaufenden Verbrennungsreaktion gehen nochmals ca. 1/3 der Wärmeenergie verloren. Ein Modellmotor ohne mechanische Verluste, völlig reibungsfrei gelagert und mit einem reibungsfrei laufenden Kolben im Zylinder hätte danach bei 10 ccm Zylindervolumen nur eine Maximalleistung von 1620 Watt, entsprechend 2,20 PS, bei 12 000 U/min. Die heute produzierten Modellmotoren haben bei 12 000 U/min und 10 ccm Zylindervolumen eine Leistung von ca. 800 Watt. Die Ursache, daß nur die halbe theoretisch zu erwartende Leistung erzielt wird, liegt in der Reibung der Motorenbauteile, die in der Größenordnung von 150 Watt liegen. Der Rest der Minderleistung ist nur durch die unvollkommene Ausspülung des Zylinders durch Frischgase zu erklären. Durch sorgfältige Abstimmung von Ansaugleitungen und Abgasanlage ist es denkbar, die Leistung der Modellmotoren noch anzuheben. Mehr als 1,3 kW sind aber einem 10-ccm-Motor bei 12 000 U/min nicht zu entlocken. Abb. 44. Bei der Beurteilung der Leistung eines Modellmotors sollte man immer neben der Leistung auch die Drehzahl angeben, bei der diese Leistung gemessen oder erreicht wurde. So erklären sich zum Beispiel größere Abweichungen zwischen den Herstellerangaben für die Leistung und Messungen auf dem Prüfstand. Die Angaben des Herstellers stimmen für einen optimal eingestellten und gefertigten Motor bei wesentlich höheren Drehzahlen, als sie in der Praxis der Anwender des Motors mit Rücksicht auf die Lebensdauer der Lager und des Motors zuläßt.

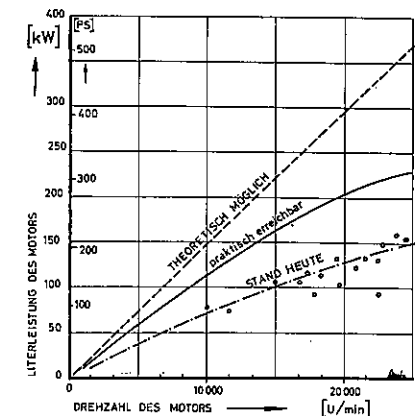


Abbildung 44

Mit der Drehzahl nimmt auch linear die Leistung eines Motors zu, so lange wenigstens, als die Zeiten für die Spülvorgänge nicht zu kurz werden. Von dieser Seite wird einmal eine Drehzahlgrenze für den Modellmotor gesetzt. Die größte Geschwindigkeit, mit der ein Gas in den Zylinder ein- und ausströmen kann, ist von der Druckdifferenz zwischen Zylinder und Kurbelgehäuse bzw. zwischen Zylinder und Außenumgebung abhängig. Im Überströmkanal sollte die Strömungsgeschwindigkeit nicht mehr als 100 m/s betragen, bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten wird die Wandreibung des Gases zu groß, und der Motor bekommt praktisch Atemnot.

Neben dieser strömungstechnischen Grenze ist noch eine chemische Grenze für die Drehzahl vorhanden. Zur Einleitung der Verbrennung und für das Verbrennen des Kraftstoff-Luft-Gemischs wird eine bestimmte chemische Reaktionszeit benötigt. Die Flammenfront schreitet nur mit etwa 50 m/s voran, so daß in der kurzen Zeit des Arbeitstakts bei hohen Drehzahlen das Gemisch entweder gar nicht mehr zündet oder erst im Auspuff verbrennt.

Daneben beherrscht man die Kräfte im Triebwerk des Motors nicht mehr. Es treten Pleuelbrüche auf oder Lagerschäden. Zusammengekommen ergeben sich als Drehzahlgrenze für einen 10-ccm-Modellmotor 20 000 bis 22 000 U/min, für einen Motor mit 1,0 ccm sind Drehzahlen bis 36 000 U/min möglich.

3. Bauteile der Motoren näher betrachtet

3.1. Kurbelgehäuse

Das Rückgrat des Modellmotors bildet das Kurbelgehäuse. Es wird vorwiegend aus Leichtmetall gefertigt. Bei Serienmotoren ist das Kurbelgehäuse ein Aluminium-Druckgußteil. Magnesiumlegierungen werden kaum verwendet, da dieses Material zwar leichter ist als Aluminium, sich aber wegen des geringeren Elastizitätsmoduls stärker unter dem Zünddruck des Motors verformt. Folgende schematisch dargestellte Bauformen sind üblich:

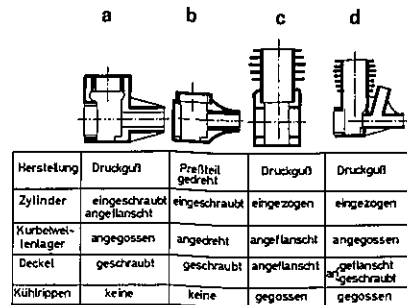


Abbildung 45

Die Überströmkanäle und ein Stück Auspuffkanal sind bei den Bauformen c und d angegossen. Da das Formteil für den Überströmkanal eingelegt werden muß, ist die Herstellung derartiger Kurbelgehäuse teuer. Die billigste und festigkeitsmäßig beste Art ist ein Kurbelgehäuse nach Abb. 45 b, das durch Zerspanen eines stranggepreßten Profialuminiumstücks gefertigt wird. Für Motoren bis 1,6 ccm Hubraum ist diese Kurbelgehäusebauweise üblich.

3.2. Kurbelwelle

Die Übertragung des Drehmoments übernimmt die Kurbelwelle. Bei Einzylinder-Hubkolbenmotoren wird eine Bauweise mit einer Kurbelwange und einseitig offen zugänglichen Kurbelzapfen verwendet. Abb. 46.

Die Kurbelwange wird gleichzeitig als Gegengewicht zur Masse des Lagerzapfens, also der rotierenden Massen, benutzt. Teilweise werden durch ein übergroß ausgebildetes Gegengewicht zum Kurbelzapfen auch die hin- und hergehenden Massen des Kolbens, Kolbenbolzens und des Pleuels ausgeglichen. Folgende Bauarten von Kurbelwangen werden angewendet.

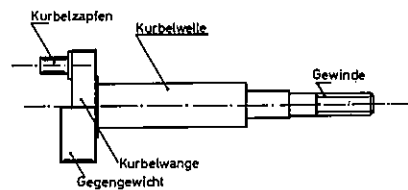


Abbildung 46

Günstig sind einmal die Bauformen der Kurbelwange, die möglichst viel Raum im Kurbelgehäuse einnehmen. Dies sind die Bauformen 4 und 5. Hier werden durch einen über die Kurbelwange gezogenen Ring die zum Massenausgleich eingefrästen Schlitzte verschlossen. Mit diesen Kurbelwangenbauformen bekommt man ein kleines Kurbelgehäusevolumen und damit hohe Vorverdichtung des Gemischs. Nachteilig ist, daß eventuell angesaugte Kraftstofftröpfchen nicht von der Hammerwirkung des Gegengewichts der Bauformen 2 und 3 zerkleinert und zum Gemisch aufbereitet werden.

denge

kul + pim

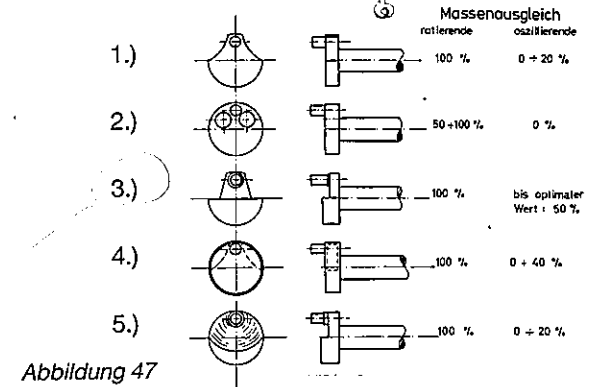


Abbildung 47

Der Kurbelzapfen wird bei einigen Modellmotoren als ein gehärteter Zylinderstift eingepreßt, bei anderen Motoren ist der Zapfen aus dem Vollen herausgedreht. Als Material für die Kurbelwellen wird häufig Automatenstahl, seltener legierter Stahl verwendet. Die Welle wird meist oberflächen- oder einsatzgehärtet. Bei hochwertigen Motoren wird der Kurbelzapfen und die Lagerstelle der Welle noch nach dem Härten überschleift.

Die Kurbelwelle ist bei einer Ansaugöffnungssteuerung durch einen Drehschieber in der Kurbelwelle hohl gebohrt.

Die Drehschieberöffnung wird bei billigen Motoren mit geringer Leistung nur gebohrt, bei Motoren mit hoher Leistung ist die Öffnung gefräst, so daß sich große Öffnungsquerschnitte ergeben.

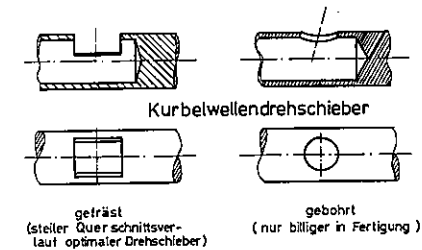


Abbildung 48

3.3. Lagerung der Kurbelwelle

Die einfachste Art der Lagerung der Kurbelwelle ist die in Gleitlagern. Diese können als Bronzebüchsen in das Kurbelgehäuse eingepreßt sein, oder die Welle läuft direkt auf dem Leichtmetall des Kurbelgehäuses. Das Lagerspiel beträgt 2% bis 5% vom Wellendurchmesser. Geringere Lagerreibung ergeben Wälzlager, vor allem Kugellager und Nadellager. Bei einer Lagerung der Kurbelwelle in Wälzlagern ist mindestens eines der Lager ein Kugellager zur axialen Führung der Welle.

Meist wird das Lager an der Kurbelwange als axiales Führungslager verwendet und das Lager am Abtrieb ist ein sogenanntes Loslager mit axialer Verschiebbarkeit. Gegeneinander verspannte Schrägkugellager werden nicht verwendet.

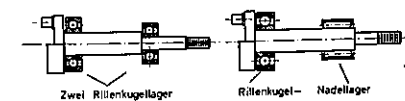


Abbildung 49

3.4. Propellermitnehmer

Ein nicht zu unterschätzendes Teil am Motor ist der Propellermitnehmer. Bei einer schlechten konstruktiven Lösung lockert sich der Propeller und schlägt sich los, meist beim Anlaufenlassen des Motors. Neben der sicheren Mitnahme sollte auch ein genauer Planlauf vorliegen, damit nicht durch dynamische Unwuchten die Lager der Kurbelwelle überlastet werden.

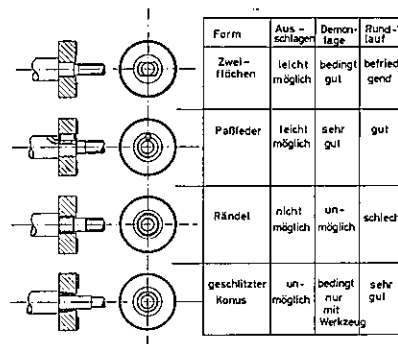


Abbildung 50

3.5. Der Pleuel

Der Pleuel wird häufig als geschmiedetes Teil aus Aluminium hergestellt. Problematisch ist hier die Lagerung für den Pleuelzapfen und den Pleuelbolzen. Beide Lagerstellen schlagen sehr leicht aus, und nicht immer hilft ein Ausbüchsen mit Bronze oder Messing. Die Ursachen für das Ausschlagen der Lagerstellen am Pleuel sind Mangelschmierung und hohe Temperatur, oder Winkelfehler zwischen Zylinder und Pleuelwellenlagerung.

Am Pleuelbolzen treten Temperaturen von 250° bis 350 °C auf, wobei Aluminium schon wesentlich in seiner Festigkeit abfällt und teigig wird. Es muß durch gute Kühlung des Motors und genügend Ölanteil im Kraftstoff dafür gesorgt werden, daß die Lagertemperaturen unter 200 °C bleiben. Bei hohen Lagertemperaturen bringen Bronzebüchsen als Lager einige Vorteile, sonst ist aber das Aluminium der Pleuelstange völlig ausreichend als Lagermaterial.

Für einige Sonderanfertigungen von Modellmotoren wurden die Pleuelstangen nadelgelagert. Abgesehen von dem hohen Aufwand, den derartige Lagerungen erfordern, bringen Nadellager im Pleuel nur geringe Vorteile. Wenn auch das letzte Prozent an Reibungsverminderung gewünscht wird, um Rekordleistungen zu erreichen, so kann ein Nadellager am Pleuelbolzen empfehlenswert sein.

Die Abdichtung des Pleuelwellenantriebs zum Lagergehäuse ist fast bei keinem Modellmotor vorhanden. Daher entweicht auch aus dem vorderen Lager immer etwas Öl. Wenn ein absolut öldichter Motor gewünscht wird, so könnte man, falls vorhanden, das vordere Kugellager gegen ein Lager mit einer gleitenden Abdichtlippe austauschen. Diese Lager haben hinter der Lagerbezeichnung aus einer Zahlenkombination noch den Zusatz „RS“. Die Reibungsverluste mit diesen Lagern sind etwas höher, so daß der Motor nach dem Umbau einen Propeller mit 100 U/min weniger antreibt.

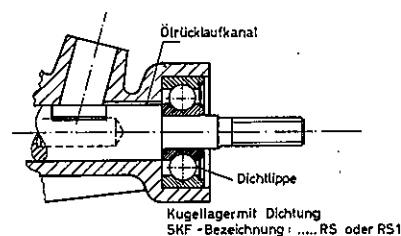


Abbildung 51

3.6. Der Kolben

Die ersten in Serie gebauten Modellmotoren hatten einen Kolben aus Grauguß und waren sorgfältig in den Zylinder eingepaßt. Durch die genaue Einpassung des Kolbens dichten diese zufriedenstellend ab. Solche Kolben werden auch heute noch in Modellmotoren bis 6,5 ccm Hubraum verwendet. Das Kolbenmaterial wird bei derartigen Kolben heute sorgfältigst ausgewählt und meist noch wärmebehandelt. Durch Glühen der Rohgußstange, Abkühlen und wieder Erwärmen erreicht man Material mit geringen Wärmedehnungen, so daß der Kolben bei mangelnder Kühlung nicht zum Klemmen kommt. Die Einbauspiele der Kolben im Zylinder liegen zwischen 1/1 000 mm und 2/1 000 mm je Millimeter Zylinderdurchmesser. Eine Verbesserung der Abdichtwirkung solcher Graugußkolben erreicht man, wenn die Kolbenkanten *nicht* abgerundet sind. Die Kolbentemperatur der Graugußkolben kann bis 350 °C betragen.

Kolben aus einsatzgehärtetem Stahl werden nur von einem Hersteller verwendet, der speziell Modellmotoren bis 1,5 ccm Hubraum herstellt. Diese Kolben werden auf das kugelige obere Ende der Pleuelstange, wie es schon in Abb. 36 gezeigt wurde, aufgenietet.

Bei Modellmotoren mit über 6,5 ccm Hubraum werden fast ausschließlich Kolben aus Leichtmetall verwendet, und die Abdichtung erfolgt mit Pleuelringen. Die Kolbentemperatur der Leichtmetallkolben liegt unter 300 °C. Bei Motoren, die in kleinen Serien gebaut werden, wird der Kolben durch Zerspanen von Stangenmaterial hergestellt. Bei Motoren mit größeren Serienstückzahlen wird ein Kolbenrohling geschmiedet, der dann an der Lauffläche und am Pleuelboden spanend bearbeitet wird.

Als Material wird die gleiche Aluminium-Silizium-Legierung verwendet, wie bei den üblichen Automotoren. Verwendet wird die bekannte Legierung Nr. 124 und Nr. 138 von der Firma Kolben-Mahle in Stuttgart. Dieses Material hat eine geringe Wärmedehnung, so daß die mittleren Einbauspiele des Kolbens zwischen 2/1 000 mm und 3/1 000 mm je Millimeter Pleueldurchmesser betragen. Diese Kolben sind oder sollten wenigstens nicht zylindrisch sein und exakt rund gefertigt. Ideal wäre, wenn der Kolben so von der zylindrischen Form abweichend hergestellt würde, daß er im betriebswarmen Zustand exakt zylindrisch wäre. Aus Gründen der einfachen Fertigung werden die Kolben nur leicht konisch gedreht.

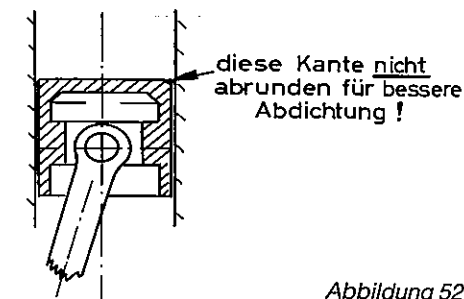


Abbildung 52

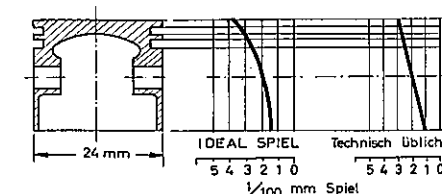
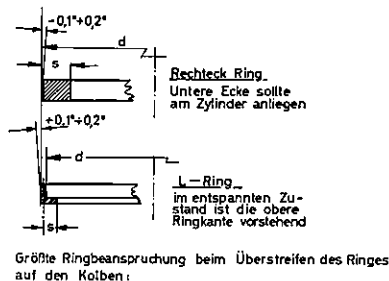


Abbildung 53

3.7. Der Pleuelring

Die zur Abdichtung bei Modellmotoren mit Leichtmetall-Kolben notwendigen Pleuelringe werden hauptsächlich in zwei Formen angewendet: Rechteckringe und L-Ringe.

Es ist schon eine Probererei, bis die günstigste Neigung der Ringlauffläche, das Spiel in den Nuten des Pleuels und die Ringspannung im eingebauten Zustand festgelegt sind. Die besten Eigenschaften hat der L-Ring, da dieser Ring praktisch ohne Vorspannung eingebaut werden kann und durch die Verbrennungsgase dichtend an den Zylinder gepreßt wird.



$$\sigma_R = 1,56 E \left(\frac{s}{d} \right)^2 \quad \text{kp/mm}^2$$

E = Elastizitätsmodul
bei Grauguß $\approx 8500 \text{ kp/mm}^2$
Stahl 21000 kp/mm^2

$s/d \approx 4 \dots 6 \%$
Ringhöhe $\approx 5 \dots 8 \% \text{ v. Hub}$

Spiel des Kolbenringes in der Kolbenringnut des Kolbens: $0,015 \text{ mm} \dots 0,025 \text{ mm}$
Bei größerem Spiel besteht die Gefahr des Festbrennens des Ringes durch Ölkohle in der Ringnut, oder rasches Ausschlagen mit schlechter Abdichtung ist die Folge.

Abbildung 54

Die Montage der Kolbenringe ist eine heikle Angelegenheit. So einfach mit dem Fingernagel am Ringstoß aufbiegen und den Kolbenring abstreifen, ist meist das Ende für einen gut abdichtenden Ring. Der Kolbenring wird unrund und dichtet nicht mehr ab. Kolbenringe müssen mit geeigneten Vorrichtungen auf den Kolben aufgezogen werden, nur so bleibt der Ring in der vom Hersteller ermittelten optimalen Form und Rundheit.

3.8. Der Zylinder

Die Zylinder der Modellmotoren werden aus unterschiedlichsten Materialien hergestellt: Stahl, Messing, Leichtmetalle. Man möchte das Kolbeneinbauspiel nicht über den thermischen Betriebsbereich des Motors verändern. Die Wärmeausdehnung der Kolben sollte gleich der Wärmedehnung des etwas kälteren Zylinders sein. Daher werden Zylinder aus Messing oder Leichtmetall verwendet. Stahlzylinder werden vorwiegend bei Graugußkolben oder bei Leichtmetallkolben aus hoch siliziumhaltigem Sondermaterial verwendet. Durch die Schlitze für die Spülung und durch die einseitige Kühlung durch den Propellerwind und an den Überströmkanälen durch das Frischgas, werden die Zylinder im Betrieb unrund.

Zur Verschleißminderung werden Stahlzylinder teilweise gehärtet oder vergütet. Auch ein sogenanntes „Badnitrieren“ der Stahlzylinder wird von einem Hersteller verwendet. Bei Leichtmetall- und Messingzylindern muß galvanisch eine Verschleißschicht aus Hartchrom aufgebracht werden. Diese Hartchromschichten müssen aber künstlich rauh gemacht werden, damit das Schmieröl in den Vertiefungen der rauhen Oberfläche haften bleibt.

Den gleichen Zweck der besseren Ölhaltung hat das Honen der Stahlzylinder. Auch hier wird durch die Honsteine der Zylinder aufgeraut. Dabei entstehen gekreuzte Riefen, die etwa $2 \dots 5 \mu\text{m}$ tief sind und einen Kreuzungswinkel von $60^\circ \dots 70^\circ$ haben. Beim Einlaufen des Motors werden die stehengebliebenen Tafel Ebenen zwischen den Honriefen teilweise abgetragen, und es entsteht so nach kurzer Zeit der ideal runde Zylinder im betriebswarmen Motorzustand. An einem zu glatt gehonten Zylinder oder unsachgemäß verchromten Zylinder haftet das Schmieröl zu gering, es entstehen Ringfresser oder Kolbenfresser.

Am schnellsten laufen sich weiche Stahlzylinder gegen Graugußkolben ein. Die längste Einlaufzeit haben hartverchromte Zylinder und badnitrierte Stahlzylinder. Hier sind auch die Verschleißraten extrem gering, so daß ein derartiger Motor durchaus mehrere hundert Stunden gebrauchstüchtig bleibt.

3.9. Dichtungen

Als Zylinderkopfdichtungen werden nur noch Metaldichtringe verwendet. Bei richtiger Ausbildung der Abdichtstelle verzieht sich der Zylinder so am wenigsten.

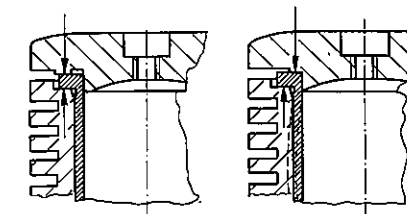


Abbildung 55

Dichtfläche gegenüberliegend $\neq$ kein Verzug

Dichtfläche versetzt hoher Verzug

Die übrigen Motorenteile, wie Gehäusedeckel und eventuell das Kurbelwellenlagergehäuse, werden mit dazwischengelegten Papierdichtungen abgedichtet. Nach jedem Demontieren des Motors sollten diese Papierdichtungen erneuert werden, da einmal gepreßte Papierdichtungen nicht mehr abdichten. Wellendichtungen zur Kurbelwellenabdichtung werden nicht angewendet.

3.10. Massenausgleich

Der Massenausgleich eines Einzylindermotors ist mit einfachen Mitteln nicht zu verwirklichen. Meist wird als Kompromiß nur die Masse des Kolbenbolzens und der Pleuelstange ausgeglichen und etwa die Hälfte der oszillierenden Massen des Kolbens, des Kolbenbolzens und des Pleuels als rotierendes Gegengewicht an der Kurbelwange vorgesehen. Der Massenausgleich dieser Art ist meist ausreichend, da eine eventuelle Unwucht der Schwungscheibe oder des Propellers sich mehr bemerkbar macht.

Ein vollständiger Massenausgleich der oszillierenden Massenkräfte Erster Ordnung, also der periodischen Kräfte, die mit der Drehzahl des Motors gleiche Frequenzen haben, kann durch die folgende einfache Hilfswelle in Verbindung mit einer nach dem 1/2-Massen-Kompromiß ausgewuchteten Kurbelwelle erfolgen. Abb. 56.

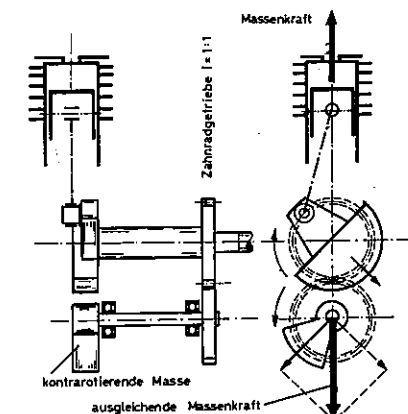


Abbildung 56

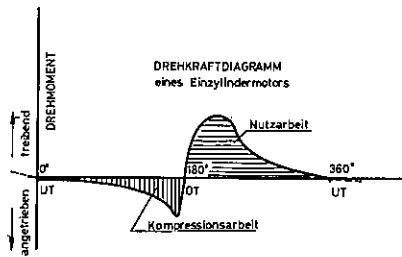


Abbildung 57

Dieser Massenausgleich mit nur einer zusätzlichen rotierenden Welle und einem einfachen Zahnradgetriebe ergibt nur ausgleichende Kräfte in Zylinderrichtung. Ein Einzylinder-Modellmotor mit diesem Massenausgleich läuft so ruhig wie ein 4-Zylinder-Reihenmotor. Allerdings, das ungleichförmige Drehmoment eines Einzylinders kann damit nicht ausgeglichen werden. Es verursacht annähernd die gleichen Vibrationsausschläge im Motorfundament wie die unausgeglichenen oszillierenden Massenkräfte.

Einen noch besseren Massenausgleich erzielt man mit einer aufwendigeren Konstruktion, mit vier rotierenden Ausgleichsmassen. An einem Verbrennungsmotor mit einem Pleuel macht der Kolben wegen der endlichen Länge der Pleuelstange keine reine Sinusschwingung, sondern die Kolbenbewegung im Zylinder kann man sich zusammengesetzt vorstellen aus Sinusschwingungen mit Frequenzen der Kurbelwellendrehzahl und ihren Vielfachen. Die vorige Lösung des Massenausgleichs berücksichtigt nur die Frequenz der Kurbelwellendrehzahl. Der Schwingungstechniker sagt: Erster Ordnung. Die Lösung des Massenausgleichs mit vier rotierenden Ausgleichsgewichten gleicht auch die Schwingungen aus, die mit doppelter Kurbelwellendrehzahl schwingen. Diese Schwingungen mit der doppelten Kurbelwellendrehzahl nennt man: Zweite Ordnung.

Ein Einzylindermotor mit diesem aufwendigen Massenausgleich läuft genauso vibrationsfrei wie ein Sechszylinder-Reihenmotor. Auch hier ist das ungleichförmige Drehmoment eines Einzylinders nicht ausgeglichen, weshalb ein Sechszylindermotor mit 6 bzw. 3 Zündungen pro Umdrehung immer noch ruhiger und gleichmäßiger läuft.

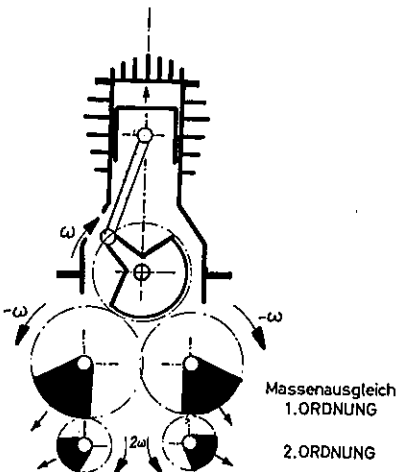


Abbildung 58

4. Besondere Probleme der Modellmotoren

4.1. Verbrennung und Zündung

Der Verbrennungsvorgang des Kraftstoffs in den Modellmotoren ist chemisch gesehen eine Oxydation. Der Luftsauerstoff oder auch freigewordener Sauerstoff aus einer Kraftstoffkomponente verbindet sich mit den Atomen des Kraftstoffs. Dabei wird Wärme frei und daraus Arbeit gewonnen.

Damit nun diese Verbrennung vor sich geht, muß zuerst der Kraftstoff und die Ansaugluft gemischt werden, der Kraftstoff sollte möglichst dabei verdampfen, und es sollte im Zylinder nach dem Spülen ein Gasgemisch vorliegen. Dies gelingt bei Modellmotoren nur mangelhaft. Das Verdunsten oder Verdampfen des Kraftstoffs braucht Zeit, und die hat der Kraftstoff auf seinem kurzen Weg in den Zylinder und bei den hohen Drehzahlen der Modellmotoren nicht. Daher gelangen Kraftstofftröpfchen in den Zylinder, und diese Kraftstofftröpfchen halten sich auch noch bei Beginn der Verbrennung im Zylinder auf. Es gibt vermutlich im Modellmotor zwei Verbrennungsvorgänge, einmal Verbrennen eines Gasgemischs und zum anderen Verbrennen von Kraftstofftröpfchen, wobei Luftsauerstoff zur Oberfläche des Kraftstofftröpfchens transportiert werden muß. Die Vorgänge sind sehr verwickelt im Detail und noch nicht vollständig erforscht oder untersucht.

Für den Modellbauer ist wichtig, daß die Abgase aller Modellmotoren auf Grund der Besonderheit der Verbrennung Bestandteile enthalten, die gesundheitsschädlich sind. Daher darf ein Modellmotor in einem geschlossenen Raum, wie Zimmer oder Küche, nicht betrieben werden, auch nicht nur so zur Probe.

Die Zündung des Kraftstoff-Luftgemischs erfolgt bei den Modelldieselmotoren nur durch die Erwärmung, die beim Verdichten des Gemischs entsteht. Bei den Modelldieselmotoren muß also genügend verdampfter Kraftstoff mit Luft gemischt vorliegen, und die Temperatur bei der Verdichtung muß die Zündgrenze dieses Gemischs überschreiten. Damit nicht ungewöhnlich hoher Verdichtungsdruck oder ein Verdampfen des Kraftstoffs außerhalb des Vergasers notwendig wird, enthält der Diesekraftstoff Äther. Dieser Äther verdampft schnell, und gemischt mit Luft verbrennt Äther bei einer Temperatur von über 60 °C explosionsartig. Dabei wird genügend Wärme frei, so daß auch der restliche Kraftstoff sich entzündet und verbrennt. Dieser ganze Verbrennungsvorgang beim Modelldieselmotor ist vergleichbar einer Wärmeexplosion. Mechanisch wird der Motor durch die rasche Wärmefreisetzung und den damit verursachten hohen Drücken im Zylinder extrem beansprucht. Nach Messungen treten in solchen Modelldieselmotoren Spitzendrücke von 200 bis 250 atü auf. Da die Kräfte auf Pleuelstange, Lager und Kurbelwelle bei diesen Drücken für größere Motoren nicht mehr beherrscht werden können, sind Modelldieselmotoren erfolgreich auch nur bis 2,5 ccm Hubraum gebaut worden.

Eine wesentlich günstiger verlaufende Verbrennung hat der Glühkerzenmotor oder der Glühzünder unter den Modellmotoren.

Das Kraftstoffluftgemisch gelangt mehr oder minder gemischt und der Kraftstoff teilweise verdampft in den Zylinder. Am Zylinderkopf ist eine glühende Drahtspirale, in deren Nähe das Kraftstoff-Luftgemisch optimal durch die Glühwärme aufbereitet wird. Die Verbrennung beginnt in der Nähe der Glühwendel. Dabei spielen sicher sogenannte katalytische chemische Reaktionen eine Rolle. Der Katalysator ist chemisch ein Stoff, der eine Reaktion auslöst, beschleunigt oder in Gang hält, ohne sich dabei auf Dauer gesehen zu verändern. Kurzzeitig bildet sich bei unserer Glühspirale eine Oxydhaut aus Metall und Sauerstoff (= Oxygenium) auf der Oberfläche der Wendel.

Diese Oxydhaut wird wieder zu Metall und Sauerstoff zurückgebildet, wenn zum Beispiel Alkohol in die Nähe gelangt. Der dabei frei werdende Sauerstoff ist besonders reaktions-

fähig und greift den Alkohol an, der dann oxydiert wird, oder populär gesprochen, dann verbrennt. Dieser Vorgang erfolgt nicht explosionsartig, sondern erst, wenn durch die Verdichtung des Gemischs die Temperatur genügend hoch geworden ist und das zusammenkomprimierte Gemisch auch rascher an die Glühspirale gelangt, so wird die entstehende Verbrennungswärme größer als die Wärmeabfuhr durch die Motorkühlung. Im Motor hat dann das Gemisch „gezündet“, und die Verbrennung erfolgt. Neben dieser Reaktion des Zündbeginns erfolgt noch eine Vorflammenreaktion des Kraftstoff-Luftgemischs, die recht verwickelt abläuft.

Die Spitzendrücke im Brennraum eines Glühkerzen-Modellmotors liegen selten über 100 bar, bei den meisten Motoren um 50 bar. Diese Drücke lassen sich noch mechanisch beherrschen, so daß solche Motoren gewichtsmäßig leichter gebaut werden können als Modell Dieselmotoren, und auch Zylinderhubräume bis 30 ccm bringen keine Schwierigkeiten in der Triebwerksmechanik. Der Beginn der Zündung bei den Glühkerzenmodellmotoren ist ungesteuert und kann nur beeinflußt werden einerseits durch die Gestaltung des Brennraums, das Verdichtungsverhältnis und den Spülwirkungsgrad; also Größen, die bei einem gekauften Modellmotor festgelegt sind. Andererseits kann der Zündzeitpunkt beeinflußt werden durch die Gemischzusammensetzung und den Kraftstoff. Diese Größen können vom Modellbauer durch Einregulieren des Vergasers optimal justiert werden.

4.2. Der Vergaser

Der Vergaser in Modellmotoren hat die Aufgabe, der vom Motor angesaugten Luftmenge die richtige Menge Kraftstoff zuzumischen. Gleichzeitig soll der Vergaser den Kraftstoff vom Tank heransaugen und fein vernebelt der Ansaugluft zugeben.

Um die richtige Kraftstoffmenge dem Ansaugluftstrom zuzumischen, hat der einfachste Vergaser an Modellmotoren ein kleines drosselbares Ventil, meist ein Nadelventil. Die Nadel dieses Ventils ist konisch und man kann durch Verschieben dieses konischen Nadelteils die durch den Vergaser durchströmende Kraftstoffmenge regulieren.

Der Ansaugstutzen des Motors ist ein Rohr, das sich an der Stelle, wo der Kraftstoff eingebracht wird, verengt und sich dann wieder erweitert. Nach den Gesetzen der Strömungslehre herrscht an solchen Engstellen in einem Rohr ein geringer Druck. Dieser geringe Unterdruck gegenüber dem Umgebungsluftdruck reicht aus, um den Kraftstoff aus einer Öffnung über das Regulier-nadelventil aus dem Tank herauszusaugen. Ideal wäre, wenn diese Verengung im Ansaugrohr düsenförmig wäre mit langsamem Erweitern des Rohrs auf den ursprünglichen Querschnitt, wobei der Winkel des Konus 8° nicht überschreiten sollte wegen des Ablösens der Wandströmung. So würde man geringe Strömungsverluste bekommen, und es gelangte die größte Ansaugluftmenge in das Kurbelgehäuse. Von der Firma Cox wird eine derartige Düse als Ansaugrohr verwendet. Um nun aus diesem Düsenrohr einen Vergaser zu machen, braucht der Kraftstoff nur noch aus kleinen Bohrungen am Umfang auszuströmen. Die kleinen Tröpfchen aus diesen Bohrungen werden in der angesaugten Luft dann auf dem weiteren Weg zum Zylinder mehr oder weniger verdampft und der Kraftstoffdampf mischt sich mit der Ansaugluft.

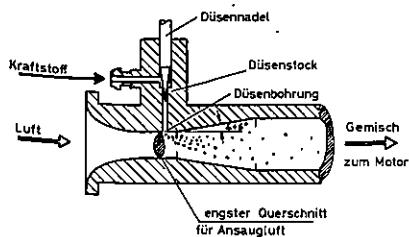


Abbildung 59

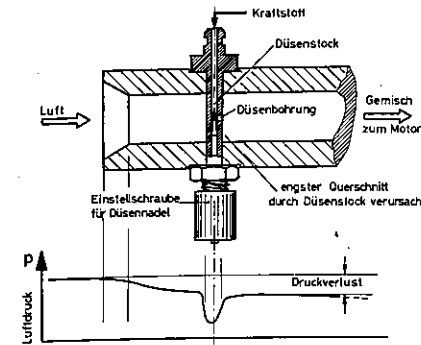


Abbildung 60

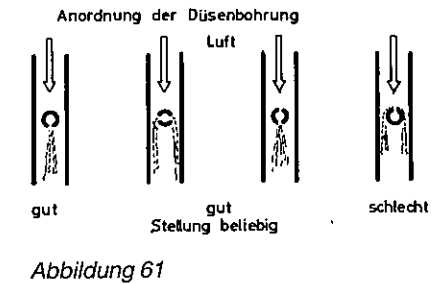


Abbildung 61

Aus Kostengründen wird häufig ein von der Idealform abweichender Vergaser verwendet. Hier ist in einem zylindrischen Ansaugrohr einfach ein Querrohr eingeschoben, das den Querschnitt verengt und so zunächst für den gewünschten Unterdruck zum Kraftstoffansaugen aus dem Tank sorgt. In dem Querrohr ist das Nadelventil und die Kraftstoffaustrittsöffnung in den Ansaugluftkanal untergebracht.

In der Regel ist in dem Querrohr, das auch Düsenstock genannt wird, eine Austrittsöffnung für den Kraftstoff. Diese Austrittsöffnung sollte stromabwärts gerichtet sein, damit auch der Kraftstoff möglichst gut angesaugt wird. Ist die Öffnung gegen die Strömungsrichtung der Ansaugluft gerichtet, so wird der Kraftstoff nicht aus dem Tank angesaugt und der Motor läuft nicht.

Wenn in einen Düsenstock zwei sich gegenüberliegende Kraftstoffaustrittsöffnungen gebohrt sind, ist die Lage dieser Öffnungen zur Strömungsrichtung fast gleichgültig, da immer Kraftstoff angesaugt wird. Dies hängt mit Kapillarkräften zusammen, die den Kraftstoff auch bei Überdruck in den Öffnungen halten.

Zur Verbesserung der Ansaughöhe für den Kraftstoff kann man bei einigen Modellmotoren Einsätze in den Vergaser einbauen, die den Ansaugquerschnitt einengen und mehr Unterdruck ergeben. So schön die Sache für das gute Ansaugen des Kraftstoffs ist, so schädlich ist dies für die maximal angesaugte Luftmenge. Grob gerechnet sollte der Ansaugquerschnitt mindestens 12 % der Kolbenfläche betragen, bei kleineren Flächen ist bei höheren Drehzahlen des Motors eine starke Leistungseinbuße die Folge.

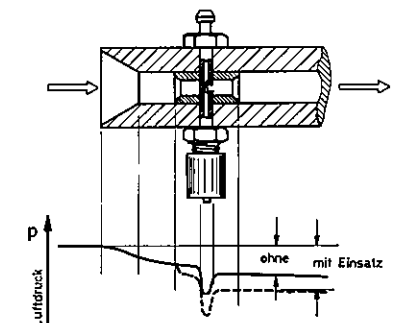


Abbildung 62

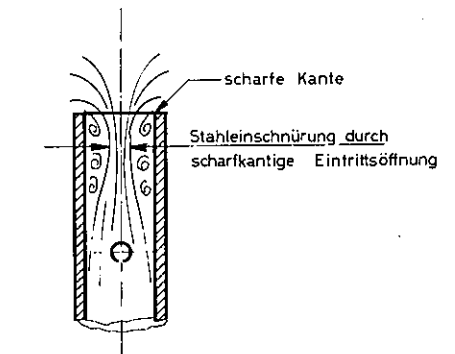


Abbildung 63

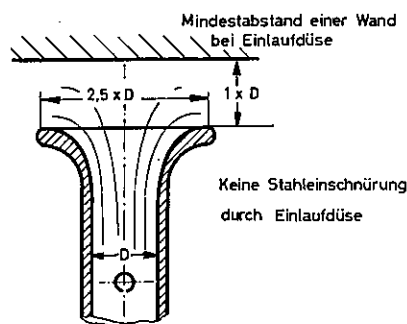


Abbildung 64

Eine nicht minder bedeutende Rolle spielt die Ausbildung der Ansaugöffnung auf die angesaugte Luftmenge. Ein scharfkantiges Rohr bringt eine Einschnürung der Strömung, die bis zu 10 % Durchsatzmenge an Ansaugluft kosten kann. Eine gut gerundete Ansaugöffnung mit breiter Strömungstützfläche am Eintritt gibt kaum Verluste. Immer wieder taucht die Frage auf, ob die Ansaugöffnung bei Einbau des Motors in eine Karosserieverkleidung wie die Motorhaube bei Flugmodellen die Ansaugluftmenge beeinträchtigt.

Grundsätzlich sollte der Mindestabstand von Wänden oder Verkleidungen von der Ansaugöffnung gleich dem Ansaugrohrdurchmesser sein. Etwas, aber auch nur etwas, gewinnt man, wenn man die Ansaugöffnung gegen die Bewegungsrichtung des Modells neigt. Nur bei besonders schnell fliegenden Flugmodellen bringt der Staudruck der Luft einen geringeren Aufladeeffekt. Wenn man solche Stauaufladeeffekte ausnützt, sollte man auch den Kraftstoffbehälter mit dem Staudruck beaufschlagen, sonst kann es geschehen, daß der Motor mit zunehmendem Staudruck weniger ansaugt und ein zu mageres Gemisch bekommt. Es hat eben alles Vorteile und Nachteile, und ein guter Effekt an einer Stelle kann einen großen Nachteil an anderer Stelle bewirken. Nach Messungen ergibt der Stauaufladeeffekt bei besonderer Tankanordnung und Nachregelmöglichkeit für das Gemisch bei 100 km/h Fahrgeschwindigkeit etwa 2,5 % Leistungsgewinn, bei 200 km/h etwa 10 %, mehr nicht.

4.3. Die Drehzahlregelung der Motoren

Die Drehzahlregelung der Modellmotoren kann bei Modelldieselmotoren durch Verändern der Kompression erfolgen. Bei dieser Motorenart wird dadurch der Zündzeitpunkt verschoben, was zur Drehzahländerung führt. Bei den Glühkerzenmotoren kann man den Zündzeitpunkt nur schlecht verschieben. Über die Gemischart und über fettes bzw. mageres Gemisch ist dies in Grenzen zwar möglich. Dazu möchte ich etwas näher auf das Mischungsverhältnis eingehen.

Bei einem Verbrennungsmotor wird ein Gemisch aus Kraftstoffen und Luft gezündet und verbrannt. Es ist nun dem Chemiker möglich, theoretisch auszurechnen, wieviel Kubikzentimeter Luft und Kraftstoff gemischt werden müssen, daß der gesamte Kraftstoff verbrennt, die Chemiker sagen hierbei: oxydiert wird, und kein Sauerstoff mehr ungebunden übrigbleibt. Man nennt dieses Mischungsverhältnis das stöchiometrische Mischungsverhältnis. Der Ingenieur sagt nun, daß beim stöchiometrischen Mischungsverhältnis die Luftüberschusszahl, mit dem Zeichen λ (Lambda) bezeichnet, gerade 1,0 ist. Wenn zu wenig Luft zur vollständigen Verbrennung vorhanden ist, ist λ kleiner als 1,0, also zum Beispiel 0,8. Bei Luftüberschuß ist λ größer als 1,0, also zum Beispiel 1,2.

Das Mischungsverhältnis kann aber nicht beliebig variiert werden, denn nur innerhalb der Mischungsverhältnisse mit $\lambda = 0,5$ bis $\lambda = 1,4$ ist das Gemisch überhaupt zündbar. Außerhalb dieser Grenzen brennt das Gemisch nicht. Bei unseren Modellmotoren mit Glühker-

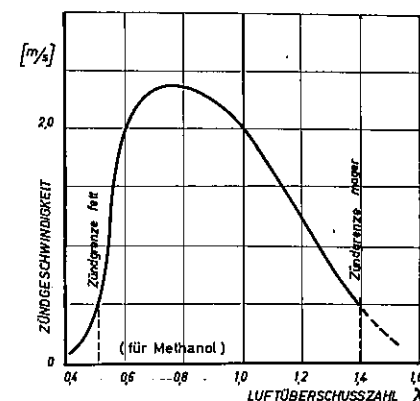


Abbildung 65

zenzündung wird dieser Zündbereich noch enger, da es nie gelingt, das Gemisch völlig gleichmäßig gemischt in den Zylinder zu bekommen. Es gibt immer noch Kraftstofftröpfchen und Zonen mit reiner Luft. Die Geschwindigkeit, mit der die Flamme eines an der Glühkerze gezündeten Gemischs sich ausbreitet, hängt von der Luftüberschusszahl ab.

Die größte Geschwindigkeit der Flammenausbreitung liegt bei $\lambda = 0,8$, also bei einem 20 % zu fetten Gemisch. In dieser Einstellung ist der Motor auch optimal in seiner Leistungsabgabe. Umweltverschmutzungsprobleme durch die 20 % unverbrannten Kraftstoffe oder Abgasschadstoffe sollen hier unberücksichtigt bleiben und spielen bei Modellmotoren noch keine Rolle.

Bei einem fetten Gemisch wird der Zündzeitpunkt bei Glühkerzenmotoren nach „spät“, also im Extremfall bis zu 20° Kurbelstellung nach dem oberen Umkehrpunkt des Kolbens, verschoben, dazu verbrennt ein zu fettes Gemisch langsamer, so daß der Motor deutlich in der Leistung abfällt. Auf der anderen Seite bedeutet ein mageres Gemisch eine frühe Zündung an der Glühkerze, aber auch wieder eine niedrige Brenngeschwindigkeit, so daß sich beide Effekte, Zündung und Brenngeschwindigkeit, für die Leistung des Motors nur wenig auswirken. Ein mageres Gemisch verbrennt aber mit höheren Gastemperaturen, so daß leicht ein Modellmotor bei dieser Einstellung überhitzen kann. Abb. 65.

Für die Regelung der Motordrehzahl durch Änderung des Gemischs würden diese Vorgänge bedeuten, daß man einfach durch Öffnen des Kraftstoffventils, bei unseren Modellmotoren der Düsennadel, zu niedrigen Motordrehzahlen kommt. Dies wurde auch schon vielfach angewendet, aber eine elegante Lösung mit zuverlässigem Leerlauf des Motors ohne gelegentlichen Motorstillstand ist so nicht möglich. Abb. 68–69.

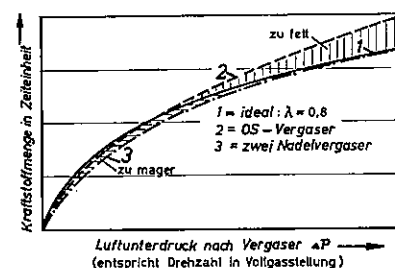


Abbildung 66

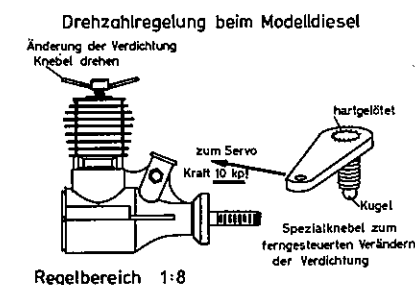


Abbildung 67

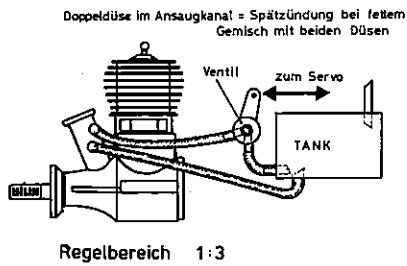


Abbildung 68

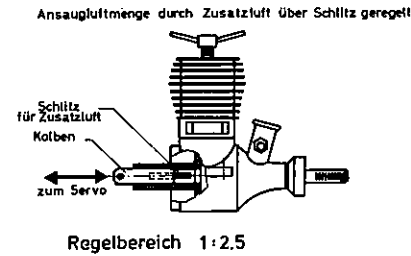


Abbildung 69

Um den Anforderungen in ferngesteuerten Modellen gerecht zu werden, wurden spezielle Vergaser für Modellmotoren entwickelt und zu recht komplizierten Gebilden verfeinert. Zunächst versuchte man durch Einbau einer Drosselklappe im Ansaugstutzen die Luftzufuhr zum Motor zu reduzieren. Dabei wurde um den Düsenstock eine Doppelklappe gedreht und durch eine zweite Luftöffnung Luft nach der ersten Drosselstelle zugemischt. Dieser Vergaser wird für kleine, billige Modellmotoren bis 3,5 ccm Hubraum heute noch verwendet. Abb. 70.

Eleganter sind die Vergaser, die neben der Drosselung der Luftmenge auch die Kraftstoffzufuhr so regeln, daß immer eine Luftüberschußzahl von $\lambda = 0,8$ eingehalten wird. Dies wird erreicht, indem dem Regulierventil der Hauptdüsenadel ein zweites Regulierventil nachgeschaltet wird, das gemeinsam mit der Drosselklappe betätigt wird. Durchgesetzt haben sich die Lösungen, bei denen das Drosselkücken axial verschiebbar und drehbar ist, wie beim Vergaser der Firma Webra oder bei Super-Tigre-Motoren, bei denen eine Düsenadel in der Leerlaufstellung in den Hauptdüsenstock einfährt. Die andere Lösung ist,

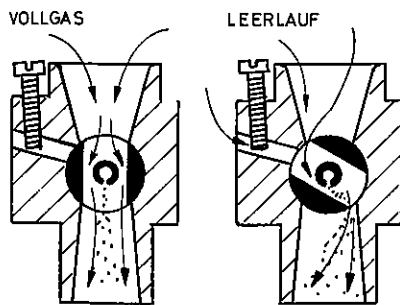


Abbildung 70

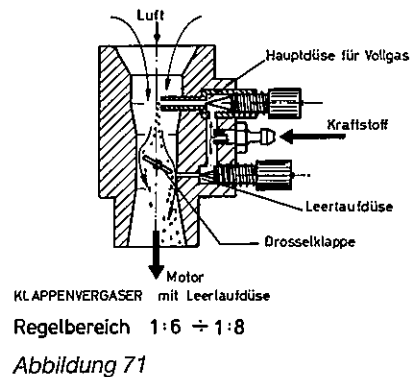


Abbildung 71

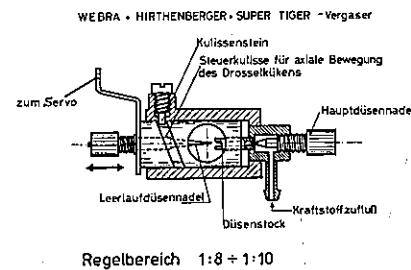


Abbildung 72

einen Kraftstoffaustrittsschlitz in seiner Länge so zu ändern und damit den Austrittsquerschnitt optimal an die Drosselklappenstellung anzupassen wie beim Kavan-Vergaser und Perry-Vergaser. Beide Vergaser werden von Zubehörfirmen für mehrere Modellmotorenmuster angeboten. Abb. 73-74.

Das Problem der optimalen Kraftstoff-Luft-Mischung im gesamten Drehzahlbereich eines Modellmotors wird fast unlösbar, wenn man einmal die Vielzahl der Kraftstoffmischungen und die Vielzahl der Laufbedingungen berücksichtigen will. Etwas verbessern kann man die Vergaser mit einer Reguliermöglichkeit des Vollastgemischs an der Hauptdüse und ei-

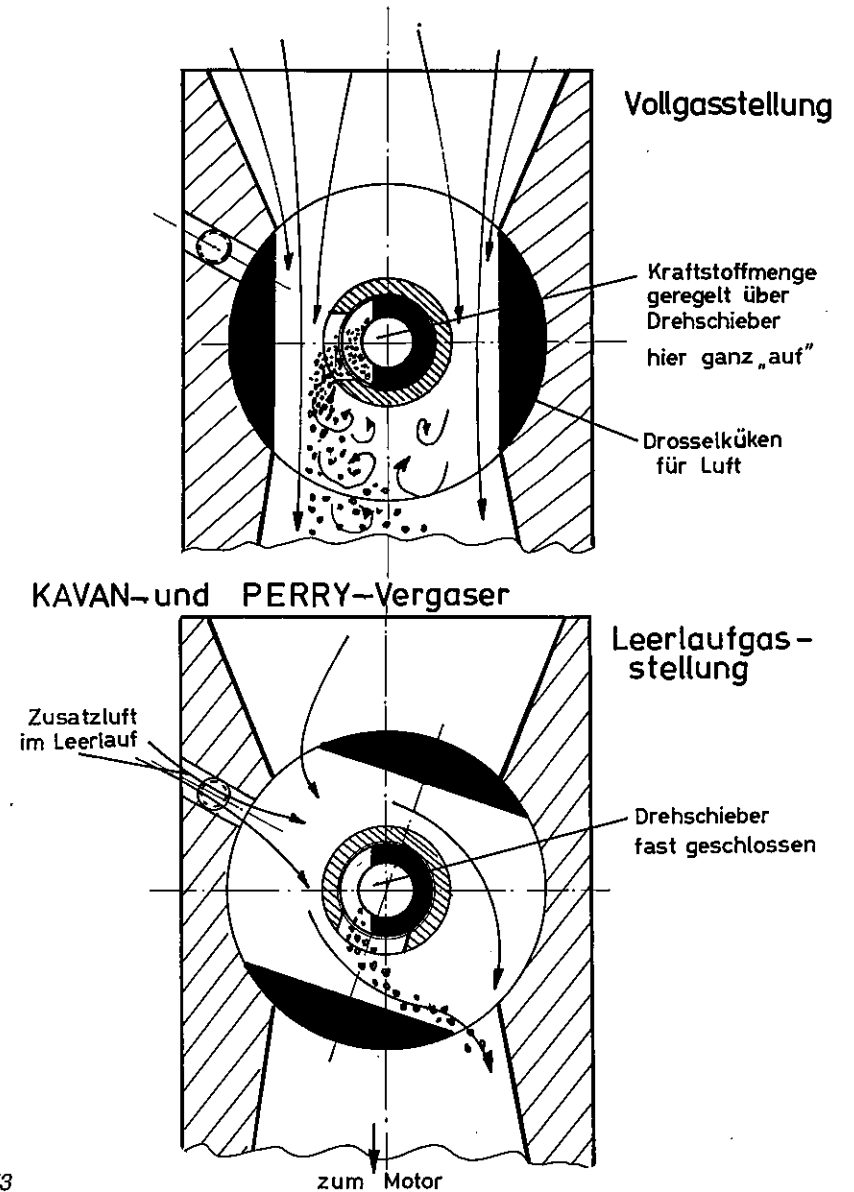


Abbildung 73

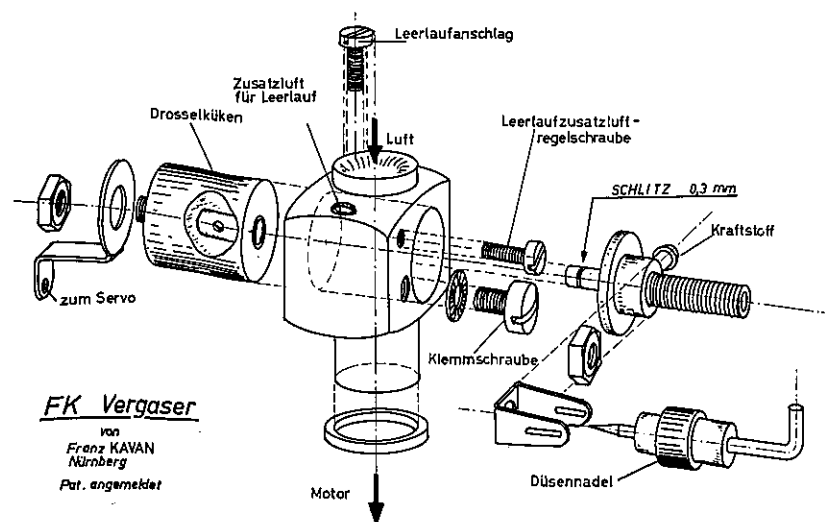


Abbildung 74

ner zusätzlichen Regulierung des Gemischs für den niedrigen Motorleerlauf. Bei den Vergasern, wie WEBRA oder HP-Hirtenberger taucht durch eine axiale Bewegung des Drosselklappens eine zweite Düsenadel in den Hauptdüsenstock ein. Im allgemeinen erfolgt dieses Eintauchen erst bei Leerlaufstellung des Vergasers. Läßt man diese Düsenadel früher in den Hauptdüsenstock eintauchen, so kann man durch die konische Form dieser Nadel dann das Gemisch in den Zwischengasstellungen etwas beeinflussen. Allerdings verändert man bei einer Regulierung des Leerlaufgemischs dann immer auch das Gemisch in den Zwischengasstellungen. Nach einigen Versuchen kann man so für einen bestimmten Motor und seine Einsatzbedingungen sowie Kraftstoff eine Verbesserung der Gemischaufbereitung erreichen.

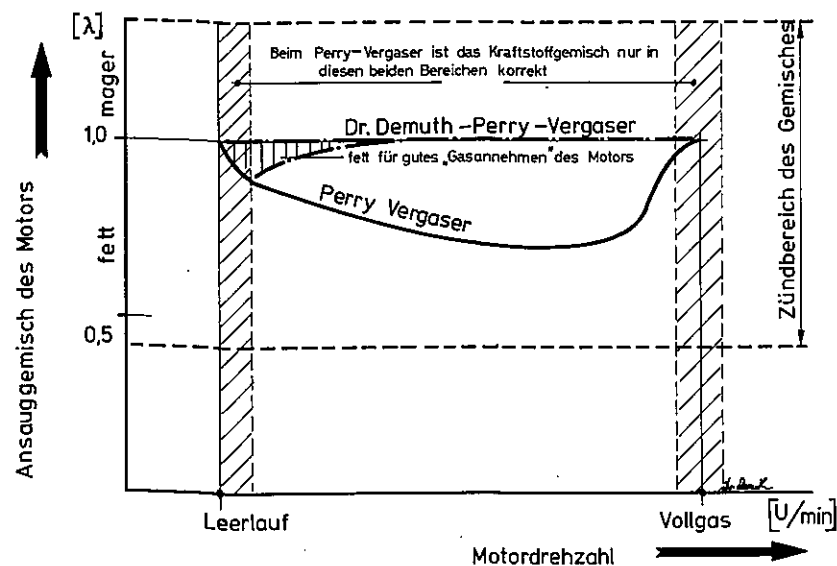


Abbildung 75

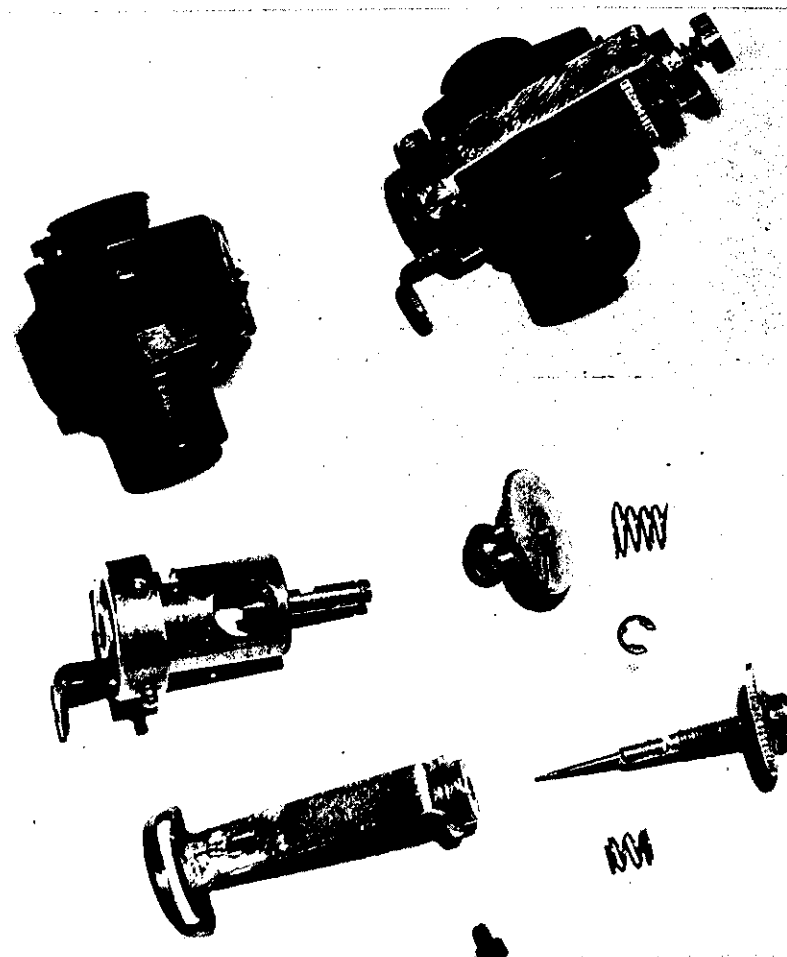


Abbildung 76 Dr. Demuth-Perry-Vergaser

Eine noch bessere Lösung ist bei dem Perry-Vergaser nach einem Vorschlag des Verfassers möglich. Unabhängig von der Gemischregulierung des Leerlaufs, die immer sehr kritisch ist und die je nach Wetterlage und Luftdruck nachreguliert werden muß, kann das Kraftstoff-Luft-Gemisch für die Zwischengasstellungen über eine Steuerkulisze reguliert werden. Durch die Steuerkulisze wird die Düsenadel des Hauptvergasers axial bewegt. So kann das Gemisch relativ zu dem einregulierten Vollgasgemisch verändert werden. Die Schräge der Steuerkulisze ist auch hier experimentell zu ermitteln. Auch wenn man bei den ersten Versuchen nicht gleich die optimalste Schräge der Steuerkulisze hat, so wird doch das Gemisch in den Zwischengasstellungen etwas abgemagert und damit zündfreudiger. Motoren mit diesem Vergaser zeigen nicht das vor allem bei Hubschraubermodellen unerwünschte Wechseln zwischen „Viertaktlauf-Zweitaktlauf“.

Die nächste Entwicklungsstufe für Vergaser und Gemischaufbereitungssysteme sind Druckvergaser mit so etwas wie Niederdruck-Kraftstoffeinspritzung. Einen Überdruck gegenüber der Atmosphäre kann man aus dem Kurbelgehäuse des Motors oder aus dem Schalldämpfer entnehmen und diesen Überdruck auf den Kraftstofftank geben. Dadurch

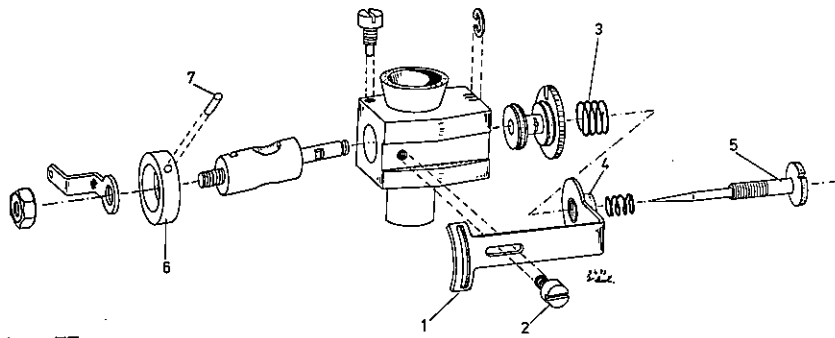


Abbildung 77

wird, ohne daß der Vergaser durch eine Querschnittsverengung und damit Unterdruckerzeugung den Kraftstoff ansaugt, der Kraftstoff in das Saugrohr eingespritzt. Die ausfließende Menge wird über ein Nadelventil geregelt. Der Vergaser sieht also ähnlich aus wie der einfachste Vergasertyp mit Nadelventil und Düsenstock, nur ohne Einschnürung für die Unterdruckerzeugung. Diesen Vergaser verwendet man vorwiegend für Rekordversuche und wenn die maximal denkbare Leistung aus dem Motor herausgeholt werden muß. All diesen Druckvergäsern gemeinsam ist ein Nachteil, daß der Kraftstoff tröpfchenförmig in die Ansaugluft gelangt, und erst im Kurbelgehäuse des Motors verdampft und sich zum Gemisch aufbereitet.

In einigen Ansätzen wurde auch schon versucht, den Kraftstoff mit Luft vorzumischen und diesen Kraftstoff-Luft-Schaum in die Ansaugluft zu leiten. Die kleinen Schaumbläschen würden dabei aufplatzen, und der Kraftstoff wäre feinst vernebelt. Zur Vormischung wurde teilweise der Kurbelgehäuseüberdruck verwendet oder aus dem Schalldämpfer ein Teilstrom des Abgases abgeleitet. In einer injektorartigen Mischstrecke wird die Kraftstoff-Luft-Emulsion erzeugt und in den Ansaugstutzen eingespritzt. Abb. 78.

Die Vergaser für Modellmotoren werden immer komplizierter, je höher die Anforderungen an die Regelbarkeit und an ein gleichmäßiges Laufen des Motors von Leerlauf mit etwa 2000 U/min bis zu 20 000 U/min Vollast-Höchst-drehzahlen werden.

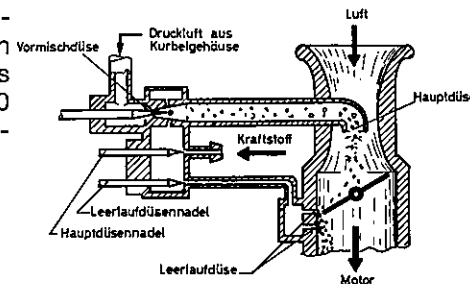


Abbildung 78 Regelbereich 1:10—1:12

Neben der Anordnung von Drosselklappen und Drosseldrehventilen und Drosselklüken wurde schon versucht, den Vergaserquerschnitt direkt zu verengen.

Diese Lösungen sind aus dem Vergaserbau für Automobilmotoren bekannt und meist durch Patente allseitig abgesichert, so daß nur die Einzelanfertigung durch Bastler für den eigenen Bedarf statthaft ist. Abb. 81–82.

Ausgehend von den schwimmerlosen Vergäsern für Baumsägemotoren der Bauart Tillotson wurden in Japan und USA eine Kraftstoffpumpe und Kraftstoffdruckregler mit Sondervergäsern entwickelt. Abb. 79.

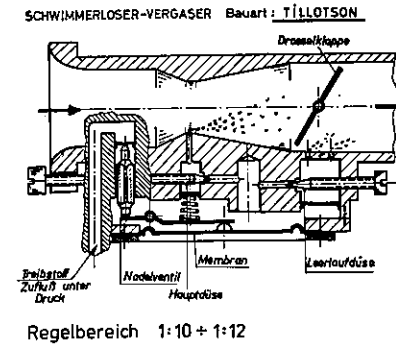


Abbildung 79

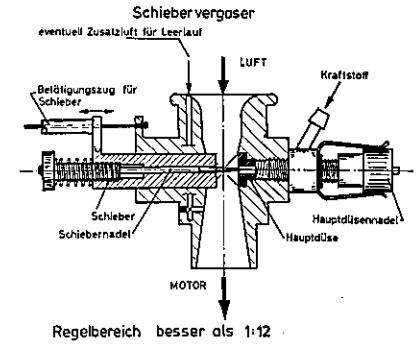


Abbildung 80

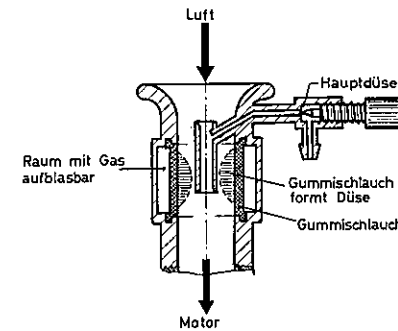


Abbildung 81

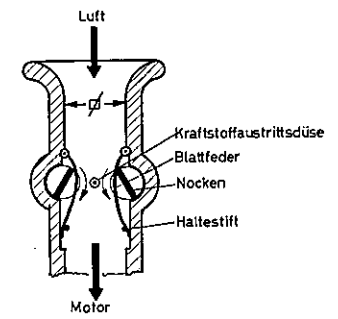


Abbildung 82

Schnitt durch Regler

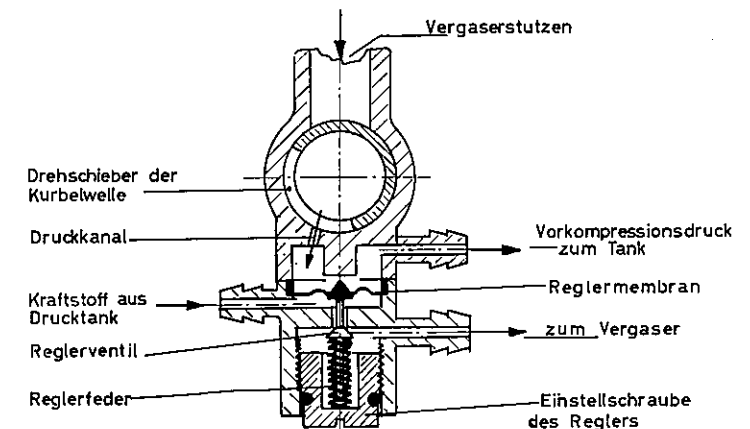


Abbildung 83

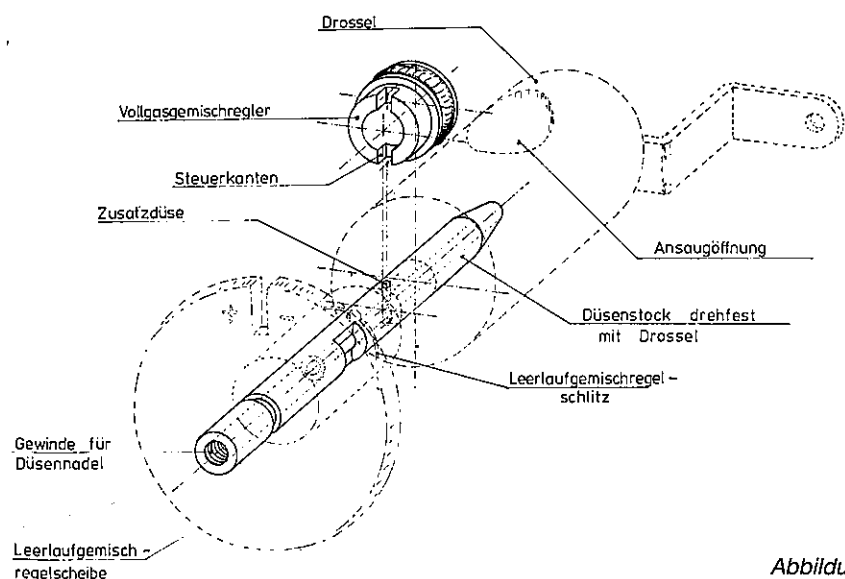


Abbildung 84

Die japanische Lösung verwendet den Überdruck im Kurbelgehäuse von Zweitaktmotoren, der über entsprechende Ventile direkt auf den Tank gegeben wird. Dieser Überdruck preßt den Kraftstoff zu einem am Motor montierten Regler, der den Kraftstoffdruck auf einen konstanten Wert regelt. Der dem Kraftstoffregler nachgeschaltete Vergaser entspricht etwa der Lösung von Webra mit drehbarem und axial verschiebbarem Drosselkühnen und zweiter Düsenadel. Abb. 83.

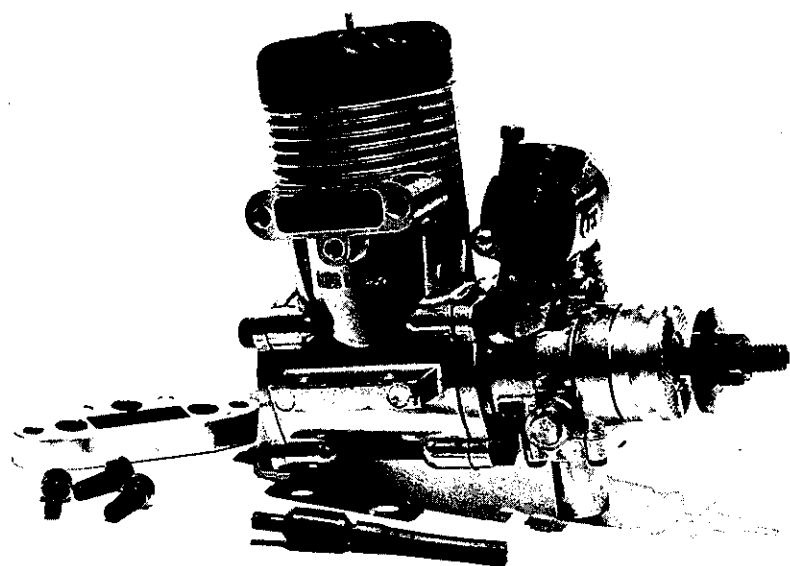


Abbildung 85
Yamada-Modellmotor aus Japan mit Druckentnahme über Drehschieber an der Kurbelwelle und Druckregler unten am Lagergehäuse. Der Ansaugquerschnitt des Vergasers beträgt für den 10 ccm großen Motor 100 mm²

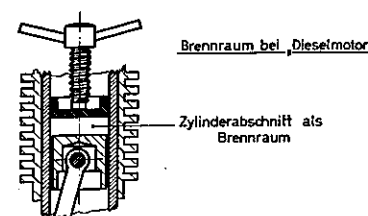


Abbildung 86

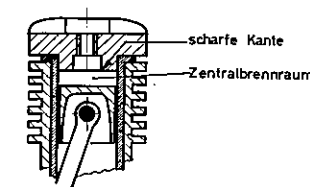


Abbildung 87

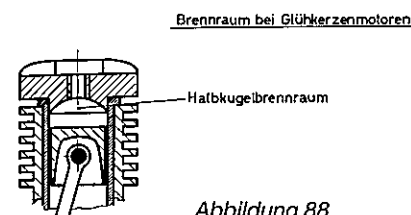


Abbildung 88

Die Kraftstoffpumpe von PERRY-USA wird in Lizenz in Deutschland gefertigt und nutzt den schwankenden Druck im Kurbelgehäuse aus, um eine Membranpumpe anzutreiben. Die Pumpe wird an Stelle des Gehäusedeckels an die Motoren angeflanscht. Im Pumpengehäuse ist ein Druckregler integriert. Mit einem gleichmäßigen Druck wird der Kraftstoff zu einem speziellen Perry-Vergaser geleitet. Diese Pumpe hat sich bestens bewährt und wird viel verwendet.

Bei Modellflugzeugen, die Kunstflugfiguren fliegen sollen, ergibt sich auch beim besten und aufwendigsten Vergaser in einigen Flugfiguren eine Überfettung des Gemisches, oder ein Abmagern. Mit dem Perry-Vergaser ist es möglich, über eine Zusatzbohrung zum Düsenstock durch stärkeres Öffnen des Drosselkühnen mehr Kraftstoff zur Austrittsdüse gelangen zu lassen. Mit diesem modifizierten Vergaser ist es möglich, bei Vollgasstellung durch sinnvolles Betätigen der Trimmung am Sendersteuerknüppel für die „Gasstellung“ das Gemisch zu verarmen oder anzureichern, ohne daß mit einem zweiten Servo ein Zusatzvergaser eingeschaltet wird.

4.4. Der Brennraum

Über die Gestaltung des Brennraums an Modellmotoren könnte man ein eigenes Buch schreiben. Ein guter Brennraum sollte von der Zündstelle aus eine geringe Oberfläche haben, also bei Glühkerzenmotoren von der Glühkerze aus kurze Brennwege und keine Quetschräume zwischen Kolben und Zylinderkopf mit weniger als 0,3 mm Abstand zwischen den Teilen bei warmem Motor.

Gebräuchlich sind eigentlich nur zwei Brennraumformen bei Glühkerzenmotoren: Der Zentralbrennraum um die Glühkerze und der Halbkugel-Brennraum. Beim Modelldiesel ist der Brennraum aus fertigungstechnischen Gründen meist ein Zylinderstück. Abb. 86–88.

Der Halbkugelbrennraum ergibt eine weiche Verbrennung und gutes Drehmoment des Motors bei niedrigen Drehzahlen. Der Zentralbrennraum, sofern er eine scharfe Kante als unteren Abschluß hat, gibt gute Leistung bei hohen Drehzahlen, aber einen harten Lauf des Motors. Bei dem Zentralbrennraum ist der Brennweg kurz, und daher erfolgt die Verbrennung rasch. Das im Spalt zwischen Kolben und Zylinderkopf verbleibende Gemisch bringt leicht eine klopfende Verbrennung, was zu Pleuellagerschäden und Kolbenboden-

löchern führt. Ungünstig ist noch, daß bei den Modellmotoren bei einem Nasenkolben ein entsprechender Schlitz für die Kolbennase im Zylinderkopf sein muß. Dadurch vergrößert sich die Oberfläche des Brennraums, und so kühlt sich das Verbrennungsgemisch rasch ab. Die in den Spalten zurückbleibenden Gemischanteile können bei heißem Motor auch zu einem klopfähnlichen, harten Gang des Motors beitragen. Wie Versuche ergaben, ist die Lage der Glühkerze mittig des Hauptbrennraumes optimal. Bei Nasenkolben kann die optimale Lage etwas außermittig sein, meist zur Auspuffseite hin verschoben.

4.5. Die Glühkerze

Der Zündstelle der Glühzünder, der Glühkerze, möchte ich ein eigenes Kapitel widmen. In der Abb. 89 ist der prinzipielle Aufbau einer Glühkerze gezeichnet.

Die Glühwendel wird durch Strom aus einer Batterie zur Rotglut (hellrot) gebracht. In der Nähe dieser glühenden Wendel beginnt die Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemischs. Das optimale Material für die Glühkerzenwendel soll eine Legierung aus Platin und Iridium sein. Dabei stellt man sich vor, daß das Platin als Katalysator wirkt und die Verbrennung beschleunigt in Gang bringt. Dies ist aber zweifelhaft. Wichtig bei den Glühkerzen ist nur, daß eine glühende Metallmasse vorhanden ist.

Die Vorgänge an der Glühwendel bei der Zündung haben immer noch eine gemischbildende Komponente. Es gelangen nämlich Kraftstofftröpfchen auf die Glühwendel und verdampfen dort. Diese Kraftstofftröpfchen kühlen die Glühwendel, so daß erst in der Ver-

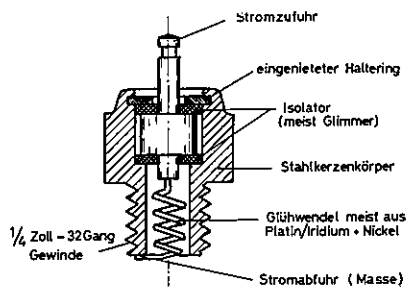


Abbildung 89

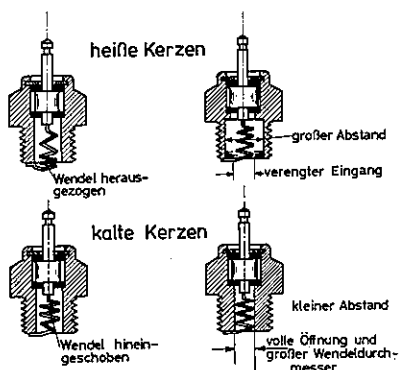


Abbildung 90

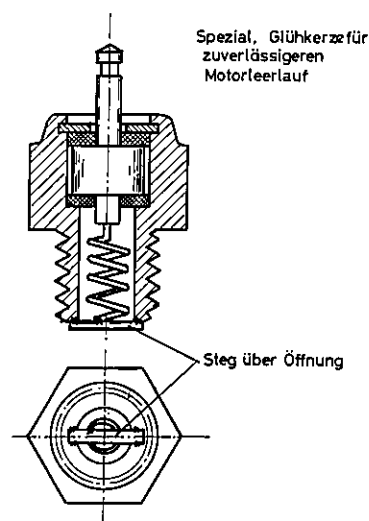


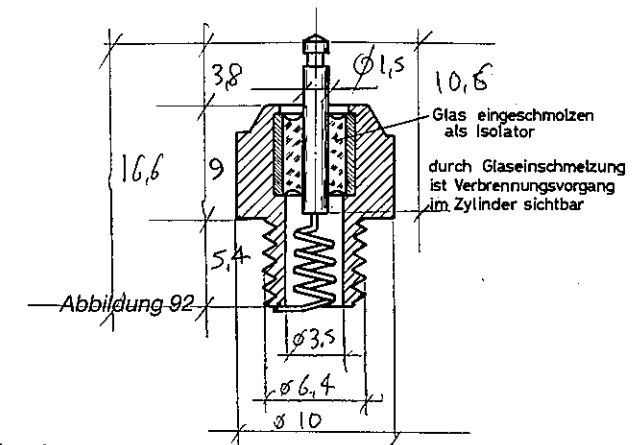
Abbildung 91

brennungsphase wieder die Wendel von den heißen Verbrennungsgasen auf hellrote Glühtemperatur zurückgebracht wird. Es gibt nun sogenannte „heiße“ oder „kalte“ Glühkerzen. Bei diesen Glühkerzen ist der Raum um die Glühwendel entweder größer oder enger gehalten, oder die Glühwendel ist mehr aus dem Kerzenkörper herausverlagert.

Für in der Drehzahl regelbare Glühkerzenmotoren wurden sogenannte Stegkerzen entwickelt. Abb. 91.

Ein Metallsteg schirmt dabei die Austrittsöffnung des Kerzenkörpers teilweise ab. Der Sinn soll sein, daß so die Kerze bei Leerlauf nicht aufhört zu glühen. Folgendes ist die Wirkung des Stegs: Bei Leerlauf ist das Gemisch im allgemeinen noch kraftstofftropfenreicher, meist eher zu fett als zu mager. Diese Kraftstofftropfen würden die Glühwendel zu sehr kühlen, quasi auslöschen. Durch den Steg wird die Glühwendel vor Kraftstofftröpfchen abgeschirmt, und nur optimales Gasgemisch kann sich an der Wendel entzünden und hält die Kerzentemperatur immer im Glühbereich. Das gleiche wie mit dem Steg könnte man mit einer engeren Bohrung unten an der Öffnung zur Glühwendel des Kerzenkörpers erreichen. Stegkerzen sind also besonders „heiße“ Glühkerzen.

Als Glühwendelmaterial kann neben Platin auch Platin-Iridium, das sehr teuer ist, Nickel-draht oder Nickel-Wolfram-Widerstandsdraht verwendet werden. Gut geeignet ist auch ein Tantal-draht. Ein Durchschmelzen der Glühwendel kommt recht selten vor. Meist ist bei einem Versagen der Glühwendel der Draht nur wegen der Motorvibration oder einer klopfenden Verbrennung gebrochen. Das Problem, warum bei einigen Motoren dauernd Glühkerzen defekt werden, ist nicht ein Temperaturproblem – in diesen Motoren werden „heiße“ und „kalte“ Kerzen zerstört –, sondern ein Vibrationsproblem. Entweder schüttelt der Motor wegen einer Unwucht zu sehr, oder der Kraftstoff hat eine zu geringe Qualität und neigt zum Klopfen.



4.6. Der Kraftstoff für Modellmotoren

Für die heute verwendeten Motorentypen, den Dieselmotor und den Glühzünder, muß jeweils ein spezieller Kraftstoff verwendet werden. Bei den Dieselmotoren ist neben dem eigentlichen Kraftstoff noch als Zündkraftstoff Äther zugemischt. Bei einem Glühkerzenmotor sollte der Kraftstoff eine bei der motorischen Verbrennung zündträge und damit klopffeste Substanz sein.

Es ist bei den Kraftstoffen für Modellmotoren keineswegs gleichgültig, wie klopffest, ausgedrückt durch die Oktanzahl, die Kraftstoffmischung ist. Die Oktanzahl gibt das Mischungsverhältnis zwischen dem sehr klopffesten Isooktan und dem klopffreudigen n-Heptan eines Vergleichskraftstoffes an, der im Motor die gleiche Klopffstärke bei der Verbrennung ergibt. Da die Glühkerzenmotoren eine Verdichtung von 1 : 7 bis 1 : 12 haben, sollte aus Erfahrung diese Oktanzahl des Kraftstoffs nicht unter 90 Oktan (also 90 %

Isoktan und 10 % n-Heptan im Vergleichskraftstoff) haben. Neben der Oktanzahl sind noch die leichte Mischbarkeit, der Preis, die Leistungsausbeute, bezogen auf die Ansaugluftmenge, entscheidende Kriterien für die Brauchbarkeit einer Substanz als Kraftstoff für einen Modellmotor. Nicht zuletzt ist die Giftigkeit der Substanzen oder deren Verbrennungsprodukte sowie die Neigung zum Explodieren wichtig. Hier eine Beschreibung der wichtigsten Substanzen, die in Frage kommen:

4.6.1 Grundsubstanzen für Glühzündermotoren-Kraftstoffe

a) *Methanol* oder auch Methylalkohol genannt ist derjenige Alkohol mit nur einem Kohlenstoffatom, drei Wasserstoffatomen und der Sauerstoff-Wasserstoff-Alkohol-Gruppe. Er hat als Kraftstoff den Vorteil einer hohen Verdunstungswärme. Dadurch wird der Motor von innen heraus quasi gekühlt. Die Energieausbeute, bezogen auf das Ansaugvolumen, ist die höchste von allen Kraftstoffen, auch die Oktanzahl ist mit 98 hoch. Der Preis ist recht günstig, darum ist Methanol die Grundsubstanz für alle Glühkerzenmotorkraftstoffe schlechthin. Für Modelldieselmotoren ist Methanol wegen der hohen Oktanzahl ungeeignet.

Unangenehm auswirken kann sich, daß Methanol sehr leicht die Luftfeuchtigkeit aufnimmt. Beim Einkauf von Methanol ist darauf zu achten, daß es möglichst 99prozentig und wasserfrei ist. Wird Methanol längere Zeit in offenen oder halbgefüllten Behältern aufbewahrt, so wird Wasser aus der Luftfeuchtigkeit aufgenommen. Es kommt zu erheblichen Schwierigkeiten mit dem Schmieröl, dem Anspringen des Motors und zu geringer Motorleistung bei höherem Verschleiß.

Methanol ist sehr giftig und führt beim Genuß als „Schnapsersatz“ zur Erblindung. Die Verbrennungsprodukte sind auch nicht harmlos, da sie die Schleimhäute reizen und zu Entzündungen führen.

b) *Äthanol* oder Äthylalkohol, bekannt auch als gemeiner Schnaps, wenn auf 30 %–40 % Konzentration mit Wasser eingestellt, ist ähnlich in seinem Verhalten wie Methanol. Auch hier ist nur ein Äthanol mit über 99 % Reinheit und Konzentration verwendbar. Der Preis ist höher, die Leistungsausbeute ist niedriger als bei Methanol. Die Handelsqualität ist meist vergällt, so daß ein Genuß, wenn überhaupt, nie mit über 40prozentiger Konzentration in Wasser, schrecklich schmeckt. Die Gesundheitsschädlichkeit ist auch bei Äthanol gegeben, wenn auch kein Erblinden eintritt.

c) *Benzin und Isoktan* ergeben einen hohen Heizwert je Liter und sind preisgünstig. Verbleibendes Tankstellenbenzin ist allerdings ungeeignet, da sich Ablagerungen aus dem Blei um die Glühkerze und am Kolben ergeben. Die Leistungsausbeute ist geringer als bei Alkoholen und auch die Verdampfungswärme ist schlechter. Daher führt ein Benzin-Isoktan-Zusatz zum Kraftstoff zum Überhitzen des Motors. Geringe Zusatzmengen von 5 bis 10 % zu Methanol werden stabil gemischt und ergeben einen besseren und zuverlässigeren Leerlauf bei Glühkerzenmotoren mit Drosselvergasern.

Benzin und Isoktan ist gesundheitsschädlich. Gelangen diese Substanzen ins Blut, so kann schon bei wenigen Kubikzentimetern (ml) Benzin/Isoktan im Blut der Tod eintreten.

d) *Aceton*. Dies ist ein recht energetischer Kraftstoff und kann Glühkerzen- und Dieselmotorkraftstoffen zugemischt werden. Der Preis ist für hochprozentiges reines Aceton hoch, so daß Alkohole preisgünstiger sind. Die Mischung mit anderen Mineralölprodukten kann Schwierigkeiten bereiten. Aceton löst viele Farben und Leime auf.

e) *Benzol* wird hauptsächlich in Modelldieselmotorkraftstoffen verwendet, dennoch ist Benzol in Mengen bis zu 10 % dem Glühkerzenmotorkraftstoff für besseren Leerlauf zumischbar. Die Nachteile des Benzols sind: die Wärmebelastung des Motors wird höher, und die Verbrennungsprodukte des Benzols können sich im Motor als feste, kohlenartige Substanzen anlagern. Die gasförmigen Verbrennungsprodukte des Benzols können krebserzeugend wirken.

4.6.2 Grundsubstanzen für Modelldieselmotoren-Kraftstoffe

a) *Leichtes Heizöl*. Dieser billige Kraftstoff kann als Grundsubstanz für Dieselmotorkraftstoffe verwendet werden. Allerdings enthält Heizöl meist noch Schwefel-Vanadium-Verbindungen, die unangenehm riechende Abgase ergeben oder zu korrosivem Angriff der Kolben-Zylinder-Laufbahn führen.

b) *Petroleum*. Gut gereinigtes Petroleum ist der am meisten verwendete Grundstoff für Dieselmotorkraftstoff. Petroleum ist ausreichend zündfreudig und hat einen günstigen Siedeverlauf. Petroleum sollte allerdings keine zu hochsiedenden Bestandteile haben und auch keinen zu hohen Olefinanteil, da sonst die mit Öl gemischten Kraftstoffe sich verändern und das Öl leicht verharzt.

c) *Paraffinöl*. Dieses Gemisch einiger Kohlenwasserstoff-Kettenmoleküle mit 15 bis 25 Kohlenstoffatomen ist sehr zündfreudig. Allerdings kristallisiert Paraffinöl bei Temperaturen unter -10°C leicht aus, so daß der Kraftstoff dann geleeartig wird. Der Preis ist höher als bei Petroleum, dafür entstehen weniger Probleme bei der langzeitigen Lagerung von Kraftstoffgemischen.

d) *Äther*. Er dient hauptsächlich als Zündeinleiter bei Kraftstoffen von Dieselmotoren. Er hat einen geringen Energieinhalt und eine kleine Verdunstungswärme. Der Anteil im Kraftstoff sollte daher so gering als möglich gehalten werden. Im Glühkerzenmotor ergibt Äther nur bei Motorengrößen unter 0,8 ccm Hubraum einen gleichmäßigeren Lauf und leichteres Anspringen. Bei tiefen Außentemperaturen unter -10°C ist ein Ätheranteil bis 10 % in allen Glühkerzenkraftstoffen für leichteres Anspringen empfehlenswert. Beim Einkauf von Äther ist auf hochprozentige frische Ware zu achten, die auch noch „kräftig riecht“. Äther wird von der Haut, vom Darm und Magen und beim Einatmen über die Lunge aufgenommen. Mengen über 15 ml führen zunächst zu einer Narkose, die unter Umständen zum Tode führen kann. Also Vorsicht beim Einatmen und Hantieren mit Äther in geschlossenen Räumen. Äther-Luft-Gemische sind in weiten Mischungskonzentrationen hochexplosiv, daher nie beim Tanken rauchen!

e) *Propylenoxid* oder, wie die Flüssigkeit auch noch genannt wird, 1,2-Epoxypropan ist eine farblose, schon bei 35°C siedende Flüssigkeit, die sich kaum in Wasser löst, dafür aber gut in Alkoholen und Ölen.

Propylenoxid nimmt Säuren auf, neutralisiert Säuren ähnlich wie basische Substanzen. Es wirkt als Anti-Oxidans, als nicht ionisches Reinigungsmittel, und verbessert die Schmierwirkung von Ölen.

Im Modellmotor wirkt Propylenoxid vor allem als Zündbeschleuniger und Zündhilfe. Es wird zwischen 1 % und 15 % dem Kraftstoff beigemischt. Hohe Prozentanteile ergeben eine klopfende Verbrennung bei niedrigen Drehzahlen. 1 %–3 % ersetzen 5 ÷ 10 % Nitromethan bezüglich der Leistung und dem Leerlauf des Motors. Vorsicht! Propylenoxid ist schon bei kleinsten Anteilen in Luft ein explosives Gemisch.

f) *Methylal* oder Formaldehyd-dimethyl-acetat ist eine bei 42°C siedende Flüssigkeit, die sich im Wasser löst. Durch Säuren wird Methylal hydrolysiert in Methanol und Formaldehyd. Methylal ist weniger explosiv als Äther und weniger zündfreudig als Propylenoxid. Es verbessert die Zündfähigkeit von Kraftstoffen und verbessert die Schmierwirkung der Öle. Eine geringe reinigende Wirkung gegenüber Ölkohle ist gegeben. Methylal kann zwischen 1 % und 15 % dem Kraftstoff beigemischt werden.

4.6.3 Mischungs- und Lösungsvermittler

Da die Kraftstoffe für Modellmotoren aus unterschiedlichen Substanzen bestehen, die nicht immer im beliebigen Maß mischbar sind, werden Mischungs- oder Lösungsvermittler angewendet. Am häufigsten wird verwendet:

a) *Amylacetat* oder auch Birnenäther ist als Lösungsvermittler vielen Kraftstoffen bis zu 5 % zugemischt. Amylacetat ermöglicht die Mischung von Alkohol und Schmieröl, sofern

als Schmieröl nicht übliches Automotorenschmieröl verwendet wird. Amylacetat hat einen angenehmen Geruch, wirkt aber als Dampf eingeatmet berauschend. Bei wasserhaltigem Kraftstoff führt Amylacetat mit Rizinusöl zusammen zu harzartigen Substanzen und Ausflockungen im Kraftstoff.

4.6.4 Leistungssteigernde Dopmittel

Bei Glühkerzenmotoren sind eine Reihe von chemischen Substanzen als „Kraftfutter“ bekannt. Diese Substanzen enthalten fast alle Sauerstoff und sind leicht zersetzlich.

a) **Nitromethan** ist das geeignetste Dopmittel für Rennkraftstoffe. Es hat eine hohe Energieausbeute, bezogen auf die Ansaugluftmenge; der Energiegehalt je Liter Nitromethan ist gering. Nitromethan mit Methanol gemischt wird großtechnisch vor allem in den USA als Lösungsmittel in der Farbenindustrie verwendet. Bei uns in Europa sind preisgünstig (DM 15,- für Mischung 40/60 pro Liter) Mischungen aus Nitromethan und Methanol im Handel erhältlich. Hochprozentiges Nitromethan ist teuer, der Literpreis liegt um 50,- DM. Beim Einkauf sollte man auf wasserfreie Qualität achten, die farblos sein sollte. Gelbes oder gar braunes Nitromethan ist zersetzt und als Kraftstoffdopmittel ungeeignet, da es den Motor korrosiv angreift. Der Anteil von Nitromethan kann bis 50 % im Kraftstoff betragen. Wasserzusatz zu Nitromethan kann Explosionen verursachen. Im Modellmotor mit Nitromethan im Kraftstoff bringt hohe Luftfeuchte Frühzündung und Nageln des Motors.

b) **Nitroäthan** ist weniger leistungssteigernd als Nitromethan. Es ist als reine Substanz etwas billiger. Die Klopfestigkeit und Oktanzahl ist höher als bei Nitromethan, es kann daher bei hochverdichteten Modellmotoren von Vorteil sein, vor allem in Verbindung mit Benzinanteilen im Kraftstoffgemisch.

c) **Dinitropropan** ist eine feste Substanz, die in Alkoholen löslich ist. Die Leistungssteigerung ist ähnlich der des Nitromethans. Die Beschaffung im Chemikalienhandel ist schwierig, da Dinitropropan als Sprengstoff gilt. Zusätze bis 10 % im Kraftstoff ergeben eine Leistungssteigerung von 4–5 %.

d) **Nitroglykol** ist eine sehr flüchtige Flüssigkeit. Sie braucht zum Verbrennen keinen Luftsauerstoff. Es ist ein hochexplosives Sprengöl. Zusatzmengen bis 5 % im Kraftstoff ergeben eine erhebliche Leistungssteigerung. Allerdings ist ein Motor mit einem Nitroglykolgedopten Kraftstoff nicht mehr mit einem Drosselvergaser bis zum Leerlauf herab regelbar.

e) **Tetranitromethan**. Eine noch höhere Leistungsausbeute bekommt man mit Tetranitromethan. Der Motor läuft auch ohne daß er Luftsauerstoff ansaugt, denn Tetranitromethan enthält gleichviel reaktiven Sauerstoff, bezogen auf das Volumen, wie flüssiger Sauerstoff. Daß diese Flüssigkeit zusammen mit Benzin oder Petroleum das stärkste Sprengstoffgemisch ist, braucht nicht zu verwundern. Von Tetranitromethan als Leistungszusatz ist nur abzuraten. Der Preis ist sehr hoch (etwa 50,- DM für 10 ml), es ist hoch giftig, die

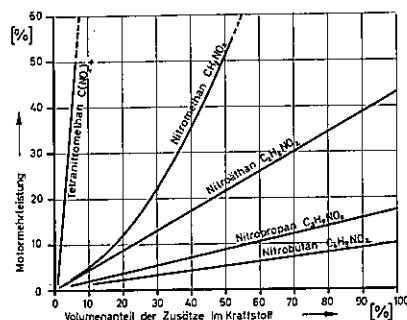


Abbildung 93

Dämpfe führen beim Einatmen zum Verätzen der Lunge, und in der Folge tritt Lähmung des Herzens ein. Wer sich mit dem Zeug nicht in die Luft sprengt, stirbt dafür am Herztod! – Dennoch soll erwähnt sein, daß mit 5 % im Kraftstoff bis zu 500 % Leistungssteigerung erreicht wurden, allerdings an Großmotoren mit zusätzlicher Wassereinspritzung in den Verbrennungsraum.

f) **Nitrobenzol** wurde vor Jahren häufig wegen seines Vornamens „Nitro“ dem Kraftstoff zugesetzt. Es ist aber völlig wirkungslos auf die Leistung, im Gegenteil, eher leistungs-bremsend. Dazu ist es äußerst giftig. Es wird gut durch die Haut aufgenommen und wirkt ähnlich auf das Blut wie Kohlenmonoxid. Selbst kleine Mengen vergiften das Blut so schwer, daß auch ein Arzt nicht mehr vor dem Erstickungstod bewahren kann. Wenn jemand unbedingt damit Sprit mischen möchte, dann nur mit Handschuhen. Putzlappen vernichten, und den Motor nach dem Laufenlassen gut auswaschen, da Rückstände im Motor das Kurbelgehäusemetall zersetzen.

Bei Dieselmotoren bringen eine Leistungssteigerung sogenannte Zündbeschleuniger wie:

g) **Amylnitrat** ergibt eine raschere Zündung des Gemischs. 3 bis 5 % werden dem Kraftstoff zugemischt. Amylnitrat ist schwach giftig.

h) **Amylnitrit** ist ebenfalls als Zündbeschleuniger wirksam. Es ist aber ein heimtückisches Gift und sollte daher nie verwendet werden.

i) **Zyklohexanolnitrat** oder auch Kerobrisol im Handel genannt, ist ähnlich wirksam wie Amylnitrat und ebenfalls schwach giftig. Lieferant ist die BASF in Ludwigshafen.

4.6.5 Schmieröle

a) **Motorenöle für Automobile**. Diese Öle sind Mineralöle mit mehr oder minder hohen Zusätzen, sogenannten Additiven, die spezielle Öleigenschaften für Automotoren ergeben. Diese Schmieröle sind leider für Glühkerzenmodellmotoren ungeeignet, da diese Öle sich nicht mit Methanol mischen. Bei Dieselmotoren ist eventuell die dickflüssigste Sorte der SAE-Klasse 50 brauchbar, da Petroleum und Äther sich mit dem Öl mischen lassen.

b) **Rizinusöl**. Dieses Öl ist in der Medizin als Abführmittel bekannt, es ist auch ein hervorragendes Schmiermittel für alle aufeinander gleitenden Flächen. Allerdings hat das Rizinusöl auch gravierende Nachteile als Schmieröl in Verbrennungsmotoren: Rizinusöl ist nicht temperaturbeständig und nimmt bei höheren Temperaturen rasch Sauerstoff auf,

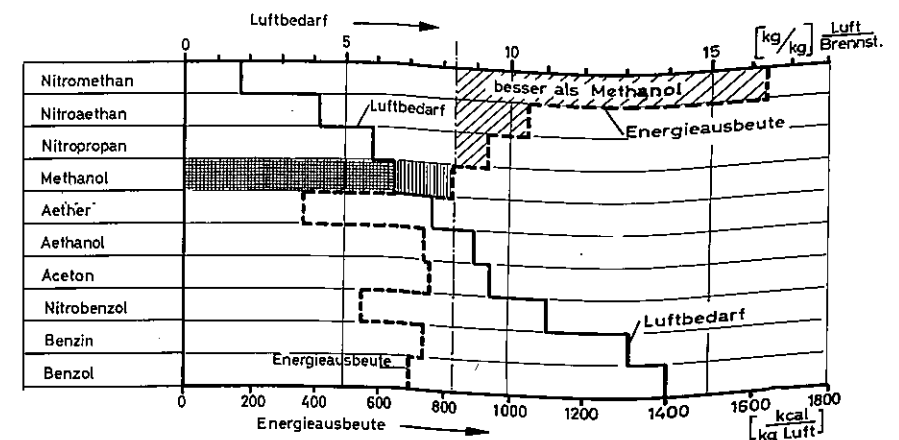


Abbildung 94

der Chemiker sagt, es oxidiert. Dieses Rizinusöl, das Sauerstoff aufgenommen hat, wird zunächst harzig, dicker und riecht ranzig, dann bildet es auf heißen Motorteilen lackartige Überzüge, die dann weiter zu Ölkohle (schwarze Kohle) weiteroxidieren. Ölkohle ist aber kein Gleitmittel, eher schon ein Verschleißmittel, das abreißt und dazu noch durch die schwarze Farbe vermehrt Wärme aus den Brenngasen aufnimmt. Ein Kolben mit Ölkohle aus Rizinusöl verschleißt schneller und wird wesentlich heißer, so daß Kolbenbolzenaugen oder Pleuellager anschmelzen und ausschlagen.

Rizinusöl wird, wenn man es in offenen Gefäßen aufbewahrt, durch Luftsauerstoff und auch durch Luftfeuchtigkeit oxidiert und geschädigt, es wird ranzig. Daher sind die Kraftstoffbestandteile unbedingt wasserfrei beizumischen und die Mischung muß in Blechkannistern verschlossen aufbewahrt werden. Das Rizinusöl wird aus einer Pflanze ausgepreßt, wobei man mit Dampf auch noch den letzten Rest des Rizinusöles aus der Pflanze austreiben kann. Das für medizinische Zwecke kalt gepreßte und gereinigte Rizinusöl – also die Qualitäten nach DAB 7 oder DAB 8 aus der Apotheke – schmiert schlechter als die heiß mit Dampf gepreßten Sorten, die schon leicht anoxidiert und gelblich in der Farbe sind. Die Handelsbezeichnung für solches „Schmierrizinusöl“ ist z. B. BRAZIL-I. Eine Additivierung des Rizinusöles, um die Ölkohlebildung zu verhindern, ist nicht gelungen, und auch das CASTROL-ÖL, das früher einmal Rizinusöl (englisch: castor oil) enthielt, führte zur Ölkohleablagerung im Motor.

Rizinusöl ist für Modellmotoren brauchbar, auch bei Mischung mit Alkohol zum Kraftstoff. Wer sein Modell mühsam vom Ölniederschlag aus dem Abgas und seine Motoren nach wenigen Laufstunden von Ölkohle säubern will, der kann es bei Zweitaktmotoren verwenden. In Viertaktmodellmotoren mit Mischungsschmierung versagt das Rizinusöl als Schmiermittel im Kurbelgehäuse vollkommen: Es kann nicht die Säuren aus der Verbrennung neutralisieren, und neben Harz bildet sich in den Wälzlager der Kurbelwelle auch Rost, wodurch Kugellager in wenigen Laufstunden verschleßen. Auch bei Zweitaktmotoren, die an sogenannten Resonanzauspuffanlagen betrieben werden, kommt es durch Rückspülung von Verbrennungsgasen beim Ladungswechsel im Kurbelgehäuse öfters zur Korrosion der Wälzlager und des Kurbelgehäuses. Falls Kraftstoffe mit Rizinusölen bei Zwei- und Viertaktmotoren verwendet werden, ist es daher ratsam den Motor nach jedem Flugtag mit Kraftstoff auszuwaschen und eventuell mit einem Konservierungsöl oder Waffenöl zu pflegen.

c) *Synthetische Öle.* Hier sind vor allem Fettsäureester und Polyglykole geeignet. Die Fettsäureester sind sehr teure Flüssigkeiten, sie werden meist bei Flugturbinen in der Zivilluftfahrt als Schmieröle verwendet. Sie bilden wenig Ablagerungen an heißen Motorenteilen und sind recht gut beständig gegen hohe Betriebstemperaturen. Die Verdampfungstemperatur liegt bei über 280 °C. Nachteilig ist, daß Fettsäureester sich nur schwer in Methanol lösen, es gibt nur eine Ölsorte für kleine Jets, die sich in Methanol lösen läßt. Diese Fettsäureester zerfallen bei unsachgemäßer Lagerung in Säure und Wasser, sie schützen nicht vor Korrosion im Kurbelgehäuse und an den Kugellagern und haben darüber hinaus noch die Eigenschaft, Wärme gut zu leiten, so daß die mit diesen Ölen geschmierten Motoren außen und innen heißer werden und leider auch schneller verschleßen. Durch den hohen Preis der Fettsäureesteröle und der noch weitgehend unerforschten Additivierung gegen Korrosion, für Motorsauberkeit und Verschleißschutz bei Verbrennungsmotoren, werden diese Öle nur vereinzelt angewendet. Preisgünstiger sind Polyglykole als Schmiermittel. Je nach chemischem Aufbau sind solche Polyglykole in Methanol, Wasser oder Mineralöl löslich. Bei Polyglykolen liegt die Verdampfungstemperatur bei 240 °C bis 245 °C, einer Temperatur, die am Kolben und an den Pleuellagern sowie an Ventilen oder am Zylinderkopf vorkommen kann. Das Polyglykol zersetzt sich durch Wärme in gasförmige Bruchstücke, es bildet also im Motor kein Harz und auch keine Ölkohle. Es schmiert mit geringerer Reibung als Mineralöl und auch Rizinus. Es bietet aber keinerlei Korrosionsschutz, die gasförmigen Bruchstücke des Polyglykoles aus dem Zerfall des Öles in

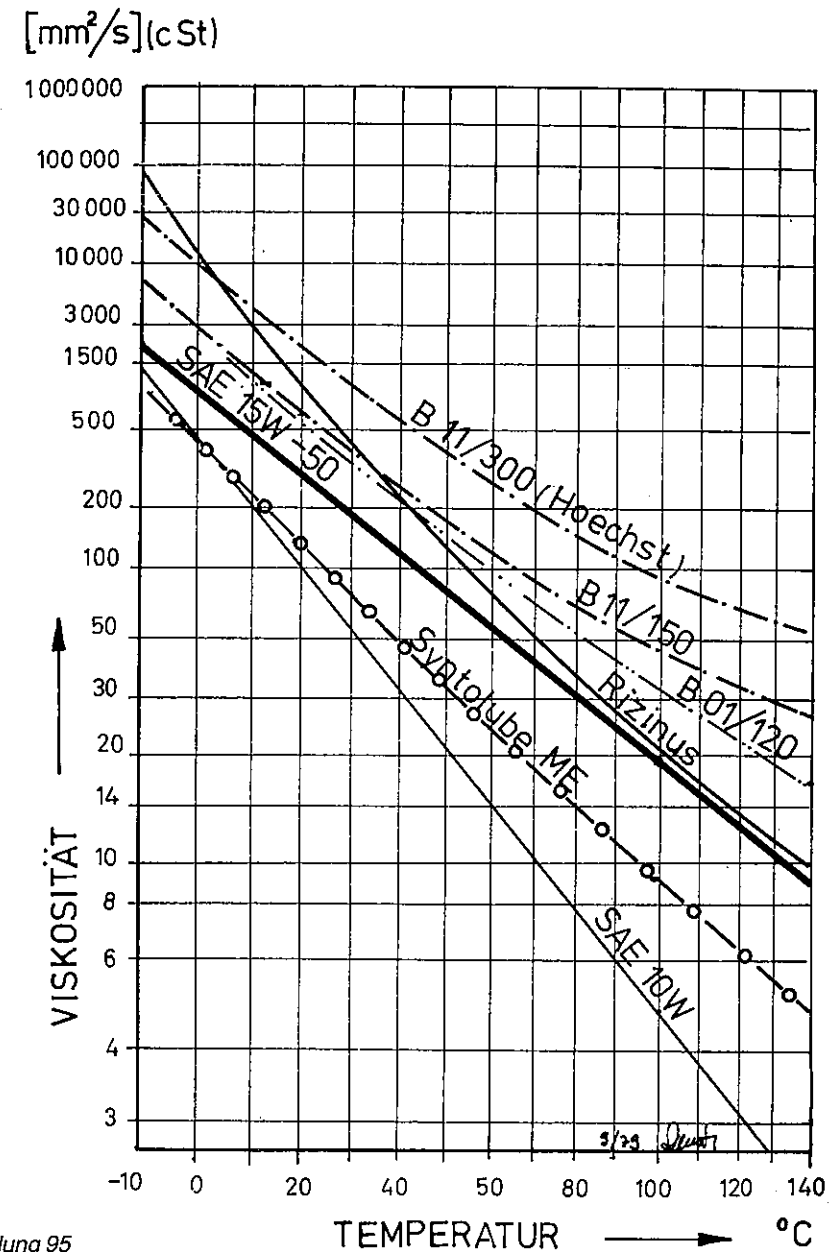


Abbildung 95

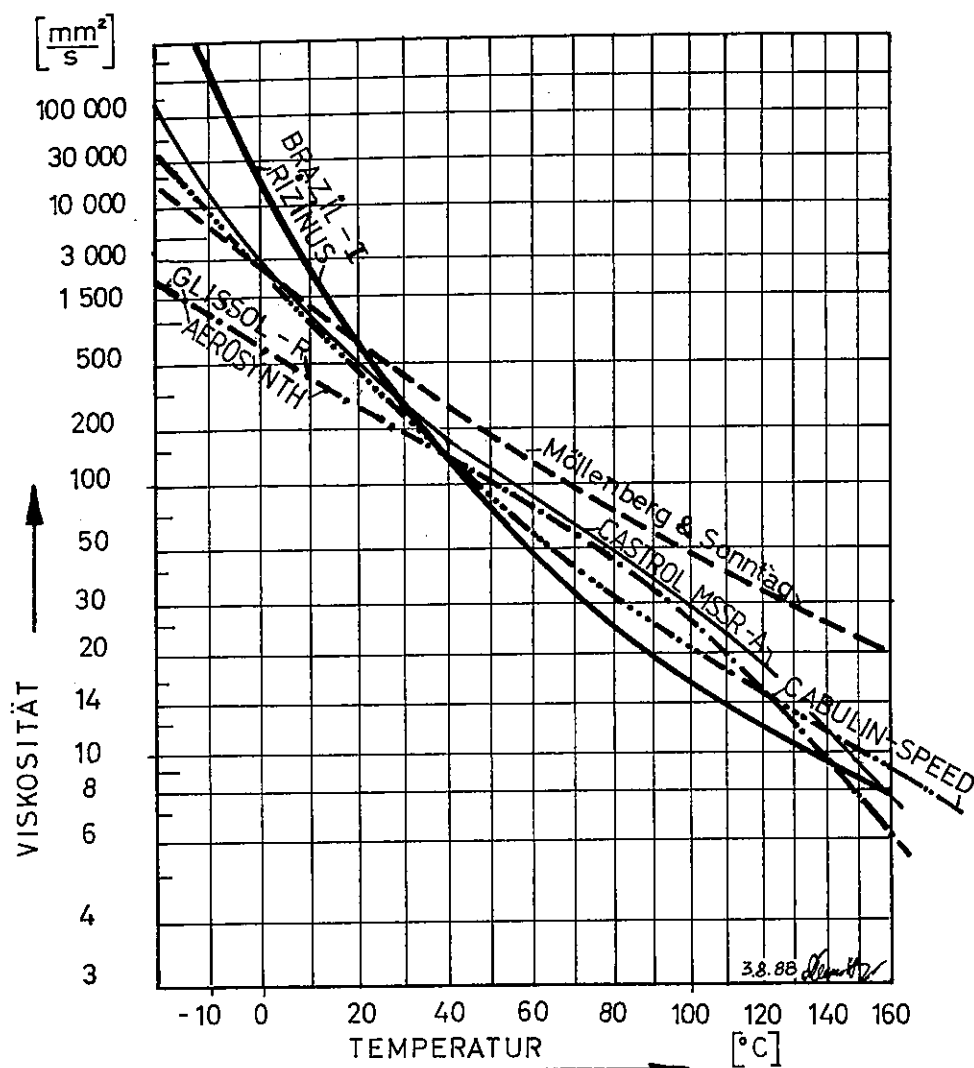


Abbildung 96

der Brennraumwärme bilden mit Wasser aus der Verbrennung starke Säuren, die Kugellager, Kurbelgehäuse und Schalldämpfer angreifen. Die Polyglykole müssen mit Additiven versehen werden, damit die Säuren aus dem Öl und der Verbrennung neutralisiert werden, für höhere Temperaturen ist ein Verschleißschutzadditiv einzubringen. Polyglykole ohne Additive sind als Schmiermittel für Modellverbrennungsmotoren ungeeignet!

Als alleiniges Schmieröl kann Polyglykol nicht verwendet werden, viele Modellbauer haben diese schlechte Erfahrung mit ihren Motoren und Polyglykol schon gemacht. Auch die etwas hemdsärmelige Methode, einfach dem Polyglykol 5 bis 15 % Rizinusöl beizumischen, hat höchstens die negativen Eigenschaften beider Öle vereint: Ölkohlebildung, Harz und aggressive Säuren mit Lagerkorrosion. Diese Schmieröle sind unter den verschiedensten Handelsnamen von kleineren Firmen noch erhältlich. Auch eine Zumischung von einem Verschleißschutzadditiv (Castrol MSSR), eines Korrosionsinhibitors (Carbulin-Speed) oder von epoxidiertem Sojabohnenöl (Klotz 2-cycle racing oil) zu diesen Polyglykol/Rizinusmischungen befriedigte nicht. Der deutschen Mineralölfirma UK und dem Autor ist es in langjährigen Versuchsreihen gelungen, eine Polyglykolölmischung ohne Rizinusölanteil oder epoxidierten Fettsäuren so zu additivieren, daß dieses Öl garantiert die Korrosion im Kurbelgehäuse bei Zwei- und Viertaktmotoren verhindert und darüber hinaus den Verschleiß an Lagern, Nocken und Ventilen wirksam mindert. Rennzweitaktmotoren, denen man als sogenannten ABC- oder AAC-Motoren nur wenige Laufstunden unter Renneinsatzbedingungen gibt, liefen ohne Verschleißerscheinungen am Kolben/Zylinder bis zu 200 Stunden! An Viertaktmotoren trat bei keinem der Kunden auch nur eine Spur von Korrosion oder Rost an Kugellagern auf. Der Kavan-Viertaktboxermotor konnte mit 30 ml Ölfüllung im Kurbelgehäuse und 2 % Ölzumischung mit diesen additivierten Ölen über 50 Laufstunden ohne Ölwechsel im Kurbelgehäuse betrieben werden, danach konnte immer noch keine Säure oder Korrosion nachgewiesen werden.

Der Handelsname für dieses ideale Schmiermittel für Modellmotoren ist AEROSYNTH oder GLISSOL-R. Auf diese Polyglykole wurde für die Additivierung und die Auswahl der Glykole ein Patentschutz erteilt, so daß diese Öle nicht nachgemacht werden können.

4.6.6. Kraftstoffmischungen

Für Glühkerzen-Modellmotoren ist eine Grundmischung von (in Volumen-%)

- 1 Teil Rizinusöl oder GLISSOL-R/AEROSYNTH (20 %) und 4 Teilen Methanol, techn. rein (80 %) vorzusehen. Eventuell können 20 bis 30 ml Propylenoxid pro Liter Kraftstoff zugegeben werden.

Für eine bessere Leistungsausbeute kann das Methanol teilweise durch Nitromethan ersetzt werden. Bis zu 10 % Nitromethananteil (Vol-%) im Kraftstoff verbessert vorwiegend das Leerlaufverhalten des Motors und gleicht eine nicht optimale Vergasereinstellung aus. Erst bei Nitromethananteilen über 15 % ist eine deutliche Leistungsanhebung feststellbar. Die für eine optimale Motorleistung erforderliche Nitromethanmenge richtet sich nach der Verdichtung des Motors, der Brennraumgestaltung, der Luftfeuchtigkeit und der Ansaugtemperatur. Bei trockener Luft ist mehr Nitromethan günstiger für beste Motorleistung. Hier ein Rezept für „Normalluft“ mit 20 °C und 1020 hPa Luftdruck und serienmäßige Normalverdichtung des Motors:

- 1 Teil Rizinusöl oder GLISSOL-R/AEROSYNTH (16,7 %)
- 2 Teile Nitromethan (33,3 %)
- 3 Teile Methanol, techn. rein (50 %)
- 30 bis 80 ml Propylenoxid pro Liter Kraftstoff

Für Modell-Dieselmotoren ist folgende Grundmischung empfehlenswert:

- 1 Teil Rizinusöl oder SAE 20W/50 HD-Motorenöl (25 %)
- 1 Teil Äther (Schwefeläther)
- 2 Teile Petroleum oder Dieselmotorenkraftstoff

Die Werte der Altölprobe stammen aus Kurbelgehäuseölen aus mehreren Prüfläufen mit gleichem Motor und gleicher Motorbelastung. Motoren : OS-FS-48-Surpass und OS-FS-120-Surpass.

FRISCHÖLE :				
Kraftstoffname:	Graupner G 1	Aerosynth	Castrol MSSR	Synth-Glow
Kraftstoffmischung:	2 T handelsüblich	2 + 4 T handelsüblich	Selbstmischung	Händlermischung
in Gewichts %	21 % Rizinusöl	15 % Polyglykölöl - mischung	10 % Ölanteil (19 % B 01/20) (69 % B 01/240)	15,9 % Ölanteil (4,1% Polyglyköl) (11,8 % Rizinus)
Ölviskosität bei 100° in mm ² / s	1,3 % Nitromethan Rest: Methanol	Rest: Methanol MM 100	12 % Rizinusöl Rest: Methanol	Rest: Methanol
TBN (Basenzahl) mg/g	19,24	19,16	29,09	20,65
Reibbeiwert μ < 4 Kugelapparat>	nicht nachweisbar	5,67	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
Oberflächenspannung (dyn / cm)	0,13	0,10	0,115	0,13
Altölprobe :	42	29	36	44
Rest TBN (mg/g)	nicht nachweisbar	1,90	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
Ameisensäure	760 ppm	nn (neutralisiert)	575 ppm	820 ppm
Eisenabrieb	120 ppm	53 ppm	95 ppm	130 ppm
Kupferabrieb	15 ppm	9 ppm	9 ppm	23 ppm
Bleiabrieb	9 ppm	3 ppm	3 ppm	12 ppm
Korrosion Stahl	Rost an Wälzlagern	rostfrei	leichter Rost a. Lag.	starker Rost an Lag.
Aluminium Lagermetall	leichter Angriff	nicht festgestellt	nicht festgestellt	deutlich angegriffen
Wassergehalt: (Gew.%)	kaum dunkler	kaum dunkler	wenig dunkler	kaum dunkler
Methanol:	18,3 % 6,2 %	14,1 % 10,4 %	13,8 % 11,1 %	19,5 % 13,7 %

4.8.88 Dr. Demuth

Vergleichende Daten von Modellmotorenschmierölen

Die Werte der Altölprobe stammen aus Kurbelgehäuseölen aus mehreren Prüfläufen mit gleicher Motorbelastung / Motordrehzahl / Propeller auf dem Motorprüfstand. Motor : ENYA 80 - 4C. (Prof. Dr. Demuth)

FRISCHÖLE:				
Name:	CARBULIN - SPEED	Möllenberg & Sonntag	G L I S S O L - R	WJK- 4 T
Kraftstoffmischung:	2-T handelsüblich	4 - T handelsüblich	Selbstmischung	4-T handels.
in Gewichts - %	12,8% Polyglykölöl B-01-120(2)	12,9 % Polyglykölöl B-11-150(2)	12 % Polyglykölölmischung	12% Rizinusöl
Valat karimi	5,0 % Rizinusöl	5 % Restkondensat	6 % Isopentan	2% Ölkondens.
Ölviskosität bei 100° in mm ² / s	2,0 % Witromethan Rest: Methanol	Rest: Methanol	Rest: Methanol (M 100)	4,2% Nitrometh. Rest: Methanol
TBN (Basenzahl) mg/g	19,30	38,9	19,85	18,75
Reibbeiwerte (4-Kugelapparat)	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	4,68	keine
Oberflächenspannung (dyn/ cm)	0,12	0,14	0,10	0,13
Altölprobe:	38	43	30	47
Rest - TBN mg/g	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	2,87	nicht nachweisb.
Ameisensäure	850 ppm	600 ppm	nn (neutralisiert)	800 ppm
Eisenabrieb	115 ppm	135 ppm	45 ppm	120 ppm
Kupferabrieb	27 ppm	14 ppm	8 ppm	12 ppm
Bleiabrieb	12 ppm	8 ppm	3 ppm	5 ppm
Korrosion Stahl	starker Rost an Lagern	Rostansatz an Lagern	rostfrei	Rostansatz
Aluminium Lagermetall	deutlich angegriffen	nicht festgestellt	nicht festgestellt	angegriffen
Wassergehalt: (Gew.%)	dunkel verfärbt	wenig dunkel verfärbt	wenig dunkel verfärbt	nicht verfärbt
Methanol:	16,8 % 10,3 %	12,1 % 5,3 %	13,4 % 8,7 %	20,2 % 13,0 %

Für Höchstleistung aus Modell-Dieselmotoren ist eine Zumischung von 20 bis 30 ml Amylnitrat pro Liter Kraftstoff zu empfehlen. Bei der Zumischung von Amylnitrat muß die „Kompression“ des Motors mit zunehmender Motorerwärmung verringert werden, das „Kompressionsverhältnis“ kann erst bei betriebswarmem Modellmotor für optimale Motorleistung eingeregelt werden. Die oben aufgeführten Mischungen eignen sich für Zweitaktmotoren und auch für Viertaktmotoren. Aus Erfahrung ist bekannt, daß Viertaktmotoren mit Ventilsteuerungen auch mit einem Ölanteil im Kraftstoff von nur 1/10 (10 %) ohne Schaden betrieben werden können, sofern die Motoren eingelaufen sind. Auch Zweitaktmotoren können nach dem Einlaufen mit einem geringeren Ölanteil im Kraftstoff betrieben werden. Der Weltmeister im Modellkunstflug, Hanno Pretzner aus Klagenfurt, verwendet in seinen Modellen mit 10-ccm-Motor einen Ölanteil von 10 % (vol.) eines additvierten Polyglykölöles. Bei OS-Motoren, insbesondere bei den Viertakt-Boxermotoren, schreibt der Hersteller einen Ölanteil von mindestens 17 % (vol.) vor. Solange die Garantiezeit läuft, sollte man sich tunlichst an die Herstellerangaben bezüglich des Ölanteiles im Kraftstoff halten oder die obigen Mischungen verwenden. Zu erwähnen sei noch, daß die aus Industriemotoren abgeleiteten Zweitaktmodellmotoren meist mit einer Mischung aus 1 Teil Öl und 20 Teilen Kraftstoff betrieben werden können. Auch hier sollte man sich unbedingt an die Herstellerangaben halten.

4.6.7. Die handelsüblichen Kraftstoffmischungen

Die handelsüblichen Kraftstoffmischungen für Glühzündermotoren unterscheiden sich wesentlich in ihrer Qualität und Reinheit der Mischungsbestandteile. Es sind nicht nur Unterschiede zwischen den einzelnen Herstellern zu vermerken, auch innerhalb eines Markenkraftstoffes kann eine Charge dieses Kraftstoffes schwankende Qualität aufweisen. Vor allem ist hier der Wasseranteil des Methanoles, die Reinheit des Nitromethanes oder die Schmiereigenschaft des Rizinusöles schwankend. Bis heute garantiert nur ein Kraftstoffhersteller (UK-Mineralölwerke) für die gleichbleibend hohe Qualität seiner Kraftstoffmischungen (Seite 72; Seite 73 – Tabellen: Seite 75).

Die Kraftstoffmischungen können bezüglich der Ölqualität (hier Ölkohlebildung) in einem sogenannten Cooking-Test vom Modellbauer leicht selbst beurteilt werden. Dazu ist im Freien oder in einem gut durchlüfteten Raum auf einem umgedrehten Bügeleisen mit Thermostatregelung (Stellung „Leinen“) etwas Kraftstoff in einem offenen Blechgefäß (aus Weißblech biegen und löten) zu verdampfen und das Öl zu oxidieren (Abb. 96a). Je

Testgerät zum Oxydationstest
von Modellmotorenölen

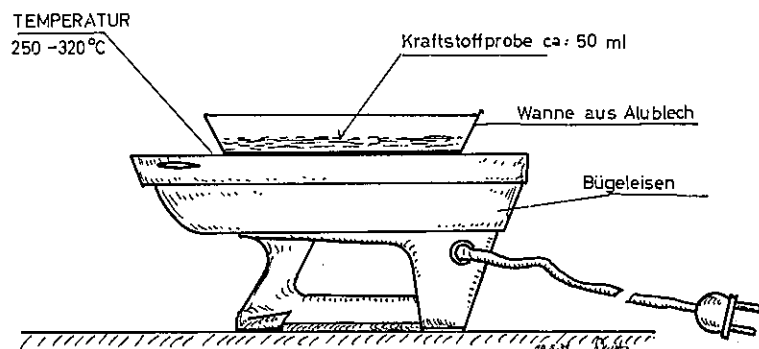


Abb. 96 a.

Bewertung: BESTENS : 10 SCHLECHT : 0 NORMAL : 5	LABOR - TEST			MOTOR		HANDHABUNG			VERSCHLEIß	SCHLUSS BEWERTUNG									
	OXYDA- TION	KORRO- SION	ABLAG- RUNGEN	ZYLIN- DERKOPF TEMP.	ÖL- ANTIL- ABGAS	ÖL- KOHLE	GERUCH	LEERLAUF			LEISTUNG								
											ANSPRÜNGEN 10er 35er 50er	über 10 35 50							
GRAUPNER Titan G1	5	5	2	175	4	4	4	8	6	10	7	100	300	0	ja	gering	Guter Alltagskraftstoff		
" Titan G5	4	4	3	179	4	4	4	8	8	10	9	100	300	200	ja	gering	Guter zuverlässiger Lauf		
" Titan G12	4	3	3	182	4	3	5	5	10	10	10	300	400	500	weniger	gering	Guter Lauf + Mehrleistung		
WIK G - spezial	6	8	6	172	5	5	5	8	7	10	10	150	300	100	ja	gering	Sehr guter Alltagssprit		
" G - super	5	7	5	175	5	5	5	8	8	10	10	200	300	200	ja	gering	Guter zuverlässiger Lauf		
" Contest	4	5	5	186	5	5	5	5	10	10	10	400	550	800	kaum	wenig	Für Höchstleistungen, teuer		
SIMPSON Super	6	5	4	174	5	5	5	8	7	10	9	100	200	100	ja	gering	Sehr guter Alltagssprit		
Super 5	5	5	5	177	5	5	5	8	8	10	10	100	300	400	ja	gering	Guter Alltagssprit		
Super 15	4	4	3	183	5	4	4	5	9	10	10	200	400	900	weniger	wenig	Wettbewerb + kleine Motoren		
ROBBE Roktan-AKA	5	6	6	172	5	6	6	8	8	10	10	100	100	0	ja	gering	Sehr guter Alltagssprit		
Roktan forte	5	5	6	172	5	6	7	7	9	10	10	200	300	200	ja	gering	Guter Lauf + Mehrleistung		
ENGEL Glo Normal	4	5	3	175	4	4	4	8	7	10	8	100	200	0	ja	gering	Preiswerter Alltagssprit		
Glo Extra	4	5	3	178	5	4	4	7	9	10	10	100	300	200	ja	gering	Guter Alltagskraftstoff		
SYNTOLUBE ME 20%	8	10	7	169	7	8	8	10	10	10	10	400	700	1000	ja	keiner	bestes Öl/ sehr teuer/kühl.		
MULTI-LEX Mach2000	10	8	10	190	9	10	10	10	10	10	9	8	5	500	900	1200	ja	kaum	Alltagssprit/teuer/heißer Motor
WEBRA Spirit S	8	10	9	188	10	10	10	10	10	10	10	8	400	1000	1200	ja	kaum	milder Rennsprit /heißer Motor	
K&B 100	8	10	8	179	8	9	9	10	10	10	9	8	200	500	300	ja	gering	Motorschonender Sprit	
K&B 500	7	10	8	177	8	9	9	8	10	10	10	8	400	600	900	ja	gering	Bester Universalsprit-teuer	
K&B 1000	5	7	7	189	8	8	8	4	10	10	10	10	600	1200	2100	nein	kaum	Rennsprit, sehr teuer	
HILLE & Co. HMS	10	8	10	182	10	10	10	10	10	10	8	5	400	800	800	ja	kaum	Motorschonender Sprit ✖	
Selbstmix: 12% rein HILLE Speed Oil	10	8	10	189	10	10	10	10	10	10	10	8	500	900	1000	ja	kaum	Preiswert motorschonend mit Wasser Kunstharzlack angereicht	
Titan G5 + 2%SpeedOil	6	10	8	177	5	7	7	8	8	10	10	10	200	300	500	ja	kaum	Wirksames Additiv = guter Sprit	

○ Motoren neigen bei schlechter Kühlung zu Kolbenklemmern und Pleuellagerschäden

mehr Ölkohle sich in einer bestimmten Zeit bildet, um so schlechter ist das Öl hinsichtlich der Sauberkeit im Motor. Die folgende Tabelle gibt eine Beurteilung der handelsüblichen Kraftstoffe, wobei über Korrosion oder Motorverschleiß wenig ausgesagt wird. Die Altöluntersuchung aus den Kurbelgehäusen von Viertaktmodellmotoren ergab ein schärferes Bild und differenziert die Kraftstoffe stärker. Der Viertaktmodellmotor stellt höhere Ansprüche an den Kraftstoff und vor allem an das Schmiermittel.

Nur bei Kraftstoffen oder Ölen, die eine sogenannte Basenzahl (TBN) – eine Maßzahl, die angibt, wieviel Säuren je Ölgramm neutralisiert werden können – hatten, wurde auch im Kurbelgehäuse keinerlei Korrosion an Wälzlagern oder am Metall des Kurbelgehäuses gefunden. Der Modellbauer sollte also, falls er nicht nach jedem Flugtag seine Motoren auswaschen und konservieren will, darauf achten, daß der Hersteller des Kraftstoffes oder Öles auch die TBN nachweislich in seinem Produkt hat.

Die Analyse der Abriebteilchen im Altöl zeigte, daß die entsprechend additvierten Polyglykolöle Vorteile gegenüber Rizinusöl oder unlegierten Polyglykolölen bieten. Es sei hier ausdrücklich erwähnt, daß bei keinem der untersuchten Kraftstoffe eine mindere Qualität festgestellt wurde. Sollten in der Motorenpraxis dennoch Motorprobleme oder Pleuellagerfresser auftreten, so hat dies eine andere Ursache, als den Kraftstoff, den Ölanteil im Kraftstoff oder die Art des Schmieröles!

4.6.8 Lagerung von Kraftstoffen

Die Kraftstoffe für Modellmotoren sind nur in Blechkanistern, luftdicht verschlossen, längere Zeit lagerfähig. Bei Wasserzutritt oder Wasseraufnahme aus der feuchten Luft kommt es zur Bildung von Säuren und zum Ausflocken von Harzpartikeln aus dem Rizinusöl. Wasser wird auch durch die Wandung von Plastikbehältern aufgenommen. Daher sollte Kraftstoff, umgefüllt in Plastikkanistern, innerhalb von 1–2 Wochen verbraucht werden.

Kraftstoffe mit Nitromethananteilen, die sich gelbbraun verfärbt haben, führen zu Motorschäden und können unter Umständen explosiv werden. Sie sollten daher vernichtet werden (Abgabe bei Altölsammelstellen). Braun verfärbte Kraftstoffe für Modell-Dieselmotoren sind weiter uneingeschränkt verwendbar. Allerdings kann sich bei diesen Kraftstoffen in nicht dicht verschlossenen Gefäßen der Ätheranteil verflüchtigt haben. Bei Zündschwierigkeiten und schlechtem Motorstart kann Äther wieder zugemischt werden.

4.7 Kühlung von Modellmotoren

Die Kühlung von Modellmotoren ist meist als Luftkühlung ausgelegt. Die Rippenhöhe und Rippenfläche ist bei den Motoren vom Hersteller so bemessen worden, daß der Luftstrom hinter einer Luftschraube ausreicht, den Motor zu kühlen. Schwierigkeiten bereitet nur die Kühlung, wenn ein Modellmotor in ein Schiff, in einen Hubschrauber oder Automodell eingebaut werden soll.

Bei Schiffsmodellen liegt es nahe, zur Kühlung des Motors Wasser zu verwenden. Für einige Motoren gibt es Wasserkühlmäntel, die um den Motorzylinder gelegt werden. Das Wasser wird, wie das Schema zeigt, meist hinter der Schiffsschraube abgenommen. Abb. 97.

Diese Anordnung arbeitet zufriedenstellend, sofern das Gewässer, in dem das Schiffsmodell schwimmt, sauber und sandfrei ist. In verschmutzten Gewässern ist es besser, das Kühlwasser über eine Hilfspumpe und einen Filter anzusaugen. Abb. 98.

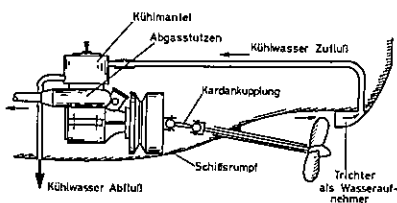


Abbildung 97

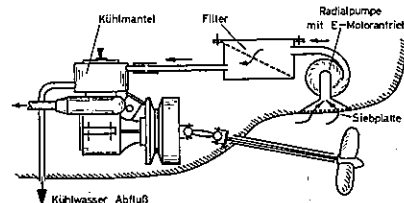


Abbildung 98

Da unser Wasser meist kalkhaltig ist, sollte der Kühlmantel von Zeit zu Zeit mit Kalksteinlöser gereinigt werden.

Schwieriger ist die Kühlung des Motors in Automodellen. Hier reicht der Fahrtwind selten zur Kühlung aus. Ein Kühlgebläse ist wegen des meist engen Einbaus nicht anwendbar. Hier hilft nur eine Vergrößerung der Kühlfläche. Bei kleinen Motoren reichen zur Kühlflächenvergrößerung meist Blechstreifen, die zwischen die Gehäusekühlrippen geschoben und mit Schrauben zusammengehalten werden. Abb. 99.

Bei einigen Motoren kann die Kühlfläche des Zylinderkopfs vergrößert werden, indem ein Kühlprofil aus Aluminium, wie man es für Leistungstristoren verwendet, auf den Zylinderkopf aufgesetzt wird. Abb. 100.

Diese Kühlungsart ist aber nur für ganz kurzen Vollastbetrieb von 1 bis 2 Minuten Dauer ausreichend. Für Dauervollastbetrieb ist nur ein Kühlluftgebläse erfolgversprechend.

Als Kühlluftgebläse ist ein Radialgebläse brauchbar. Günstig sind Räder mit einer Deckscheibe. Die Schaufelbreite B sollte 15 bis 30 % des Raddurchmessers betragen. 6 radiale Schaufeln reichen aus. Abb. 101.

Wichtig zur guten Kühlung ist die Luftführung im Gebläsegehäuse und die Form des Gebläsegehäuses. Abb. 102.

Das Gehäuse sollte den Kühlrippenanteil und den Zylinderkopf möglichst über die Zylindermitte hinaus eng umfassen. Vor allem am Zylinderkopf ist der Spalt zwischen Gebläsegehäuse und höchster Kühlrippe eng zu machen. Damit zwingt man die Kühlluft zwischen den Kühlrippen durchzutreten und auch gut zu kühlen.

Reicht bei allen diesen Kühlungsarten die Kühlwirkung, ob mit Wasser, größerer Kühlfläche oder Gebläse nicht aus, so kann bei einem Glühkerzenmotor durch Unterlegen einer Dichtung zwischen Zylinderkopf und Zylinder die Verdichtung verringert werden. Dies er-

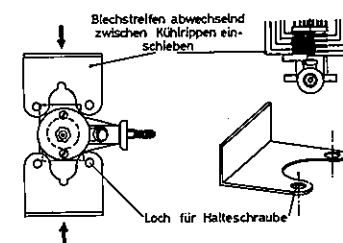


Abbildung 99

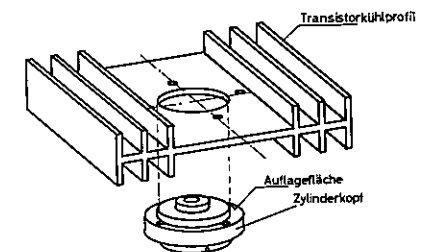


Abbildung 100

Motorgröße [ccm]	10	7	5	3,5	2,5	1,7
Raddurchmesser [mm]	70	80	65	50	48	45

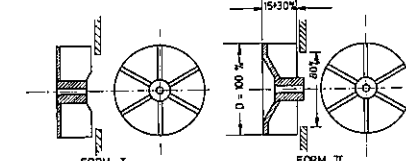


Abbildung 101

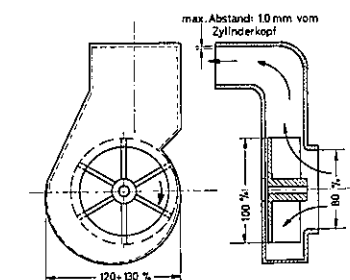


Abbildung 102

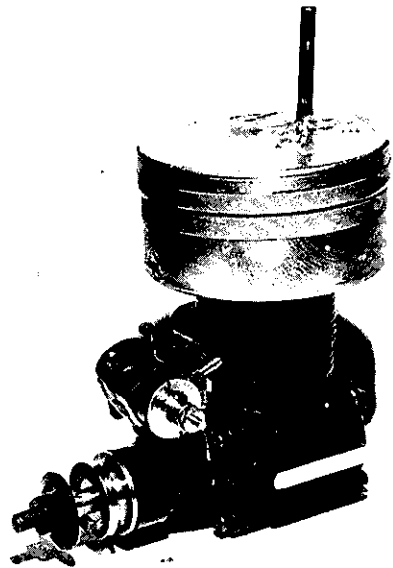


Abbildung 103
Hirtenberger 10-ccm-Modellmotor mit auf-
gesetztem Wasserbehälter für die Verdamp-
fungskühlung.

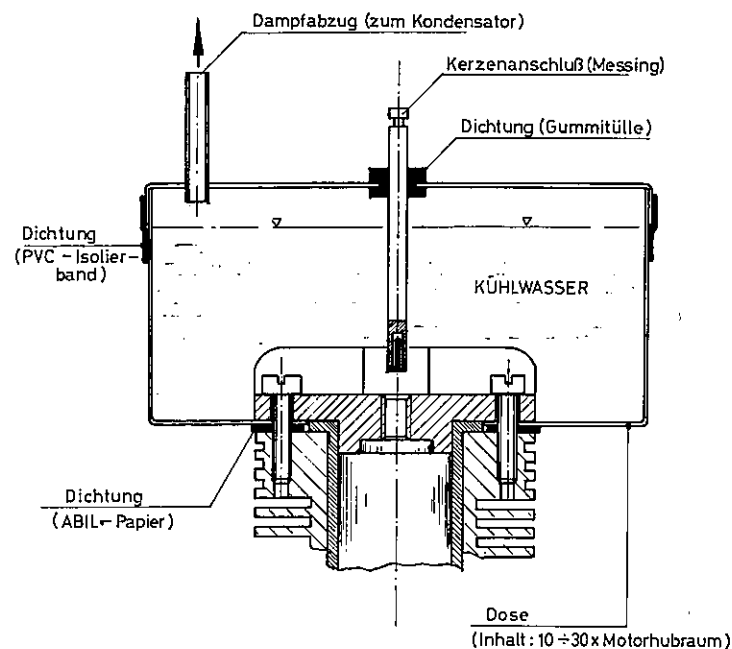


Abbildung 104

Verdampfungskühlsystem

gibt einen späteren Zündungsbeginn und einen kälter laufenden Motor. Den gleichen Effekt erzielt man auch, wenn der Motor in der Gemischregulierung am Vergaser auf „fetter“ eingestellt wird.

Eine weitere Möglichkeit, Modellmotoren zu kühlen, ist die Dampfkühlung. Hierzu wird der Zylinderkopf des Motors in einen ca. 10 x Motorhubraum größeren Metallbehälter getaucht. Dieser Behälter ist mit Wasser gefüllt. Durch die Wärmeabfuhr am Zylinderkopf wird das Wasser dann zum Kochen gebracht, wird also 100 °C heiß. Durch Verdampfen des Wassers in diesem Behälter wird fast die 10fache Wärmemenge, gegenüber einer Kühlung mit Wasserdurchlauf und Rückkühlung in einem Wärmetauscher, abgeführt. Die Experimente ergaben, daß ohne Kondensatrückgewinnung 1 ml Wasser je ccm Hubraum und je Minute Vollast verdampft wird. Abb. 103; Abb. 104.

Der Wasserdampf kann leicht in einen Kondensator mit 0,1 qm Kühlfläche je ccm Motorhubraum kondensiert und dem Kühlmittelbehälter wieder zugeführt werden. Diese Kühlung mit einer naturbedingten thermostatischen Zylinderkopftemperaturregelung auf optimale 160°–170 °C ist vor allem für Hubschraubermodelle und Autorennmodelle anwendbar.

5. Zubehör zu Modellmotoren

5.1. Der Tank

Als Tank kann praktisch jedes Gefäß aus Blech und lösungsmittelbeständigem Plastik verwendet werden.

Da der Modellmotor meist sehr große Ansaugquerschnitte hat, ist der Unterdruck um den Düsenstock beim Ansaugen gering und der Kraftstoff wird nur wenige Zentimeter aus dem Tank hochgesaugt. Darum sollte der Tank so ausgebildet sein, daß das Kraftstoffniveau sich wenig verändert und bei dreiviertelvollem Tank etwa auf gleicher Höhe wie der Düsenstock liegt.

Günstige Tankformen sind flache Rechteckquerschnitte, schmale hohe Behälter sind ungeeignet. Der Tank kann aus Blech weich zusammengelötet oder aus einer rechteckigen Plastikflasche, die liegend in ein Modell eingebaut wird, gemacht werden. Die Abbildungen zeigen einige gebräuchliche Tankformen je nach Verwendung. Abb. 106, 107, 108.

Die Tankgröße ist manchmal schwierig zu bestimmen. Hier kann folgende Faustformel etwas helfen:

Tankinhalt (ccm) = 3 x Motorhubraum (ccm) x Minuten Vollastlaufzeit.

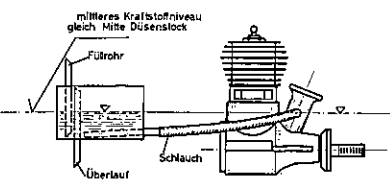


Abbildung 105

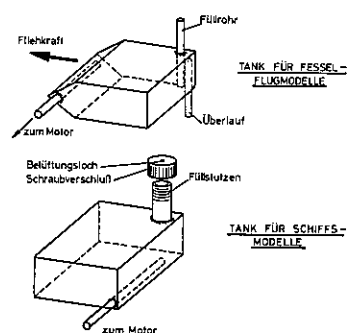


Abbildung 106

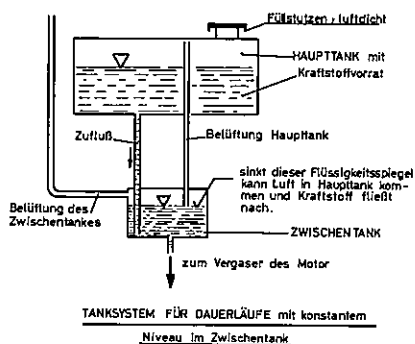


Abbildung 107

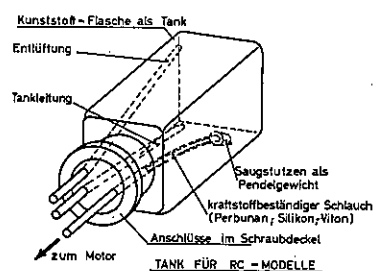


Abbildung 108

5.2. Schalldämpfer

Der Schalldämpfer ist heute für den Modellbauer gesetzlich vorgeschrieben. Es ist auch verständlich, daß nicht jedem Mitbürger der singende, heulende Ton eines Modellmotors reiner Ohrenschmaus ist. Daher meine ich, ist es selbstverständlich, wenn an Modellmotoren auch wirklich dämpfende Abgasanlagen montiert werden.

Der Lärm kommt dadurch zustande, daß beim Öffnen der Auspuffschlitze im Zylinder noch ein Überdruck bis zu 10 atü herrscht. Dieser Überdruck entspannt sich durch einen Druckstoß, der als knallartiges Geräusch unser Trommelfell im Ohr erreicht, bis auf Umgebungsdruck. Dieser Druckstoß sollte nun weniger heftig sein, damit wäre der Auspuffknall leiser. Wie so manches Mal in der Technik gibt es mehrere Möglichkeiten dazu:

Einmal kann man den Motor in eine genügend große Kammer hineinpuffen lassen, die nur eine relativ kleine Öffnung zur Umgebungsluft hat. Aus dieser kleinen Öffnung strömt nun das Abgas weniger stoßartig, mehr kontinuierlich und damit geräuschärmer. Leider hat bei Zweitaktmotoren diese Dämpferbauart Fehler. Es verbleibt im Zylinder ein hoher Gasdruck bestehen, viele heiße Abgase bleiben zurück und nur wenig Frischgas kann über den Überströmschlitze in den Motorzylinder strömen. Damit sinkt die Motorleistung rapide ab, der Motor überhitzt, und der Kolben kommt zum Fressen. Bei Glühzündermotoren ist dies höchstens für Leerlauf ein wünschenswerter Betriebszustand, denn ohne hohen Abgasgegendruck verbleibt zu wenig Restgas im Zylinder, und der Motor kühlt ab mit Erlöschen der Glühwendel.

Man kann aber auch den Druckstoß der Abgase beim Öffnen der Auspuffschlitze zum Spülen des Zylinders benutzen. Im Kapitel über Spülung habe ich schon über abgestimmte Abgasanlagen geschrieben. Danach setzt sich ein guter Auspuff aus zwei Teilen zusammen:

1. Leistungssteigernder Teil
2. eigentlicher Dämpfer

Wie der eigentliche Schalldämpfer nach dem leistungssteigernden Teil aus Rohr und Diffusor aussieht, ist gleichgültig. Prinzipiell wären folgende Dämpfer verwendbar:

1. Absorptionsdämpfer
2. Reflexionsdämpfer
3. Reihenfilter (Tiefpaß)
4. gestaffeltes Reihenfilter (Tiefpaß)

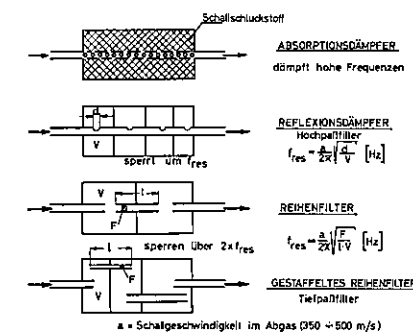


Abbildung 109

Der Absorptionsdämpfer dämpft vor allem die Frequenzen oberhalb von 500 Hz, also die hellen und unangenehmen Töne.

Er besteht aus einem durchgehenden Rohr mit vielen kleinen Bohrungen und einem mit Dämpfungsmaterial, wie Stahl- oder Steinwolle, gefülltem Behälter um das Rohr. Dieser Dämpfer wurde mit gutem Erfolg von einem Modellmotorenhersteller angewendet. Meiner Ansicht nach ist dieser Dämpfer nur als sogenannter Nachschalldämpfer geeignet. Wenn man, obgleich schon ein Dämpfer unmittelbar am Motor befestigt ist, zusätzlich noch dämpfen möchte, so ist ein Absorptionsdämpfer gut brauchbar.

Der Hochpaßfilter ist geeignet für die Herausfilterung bestimmter unangenehmer Frequenzen. Es wird kaum verwendet. Dagegen ist das gestaffelte Tiefpaßfilter ein ausgezeichneter Dämpfer für Modellmotoren. Die Konstruktionszeichnung gibt die Maße für einen optimalen Auspuff mit einem leistungsanhebenden Teil und einem zweistufigen Tiefpaßfilter als Dämpfer.

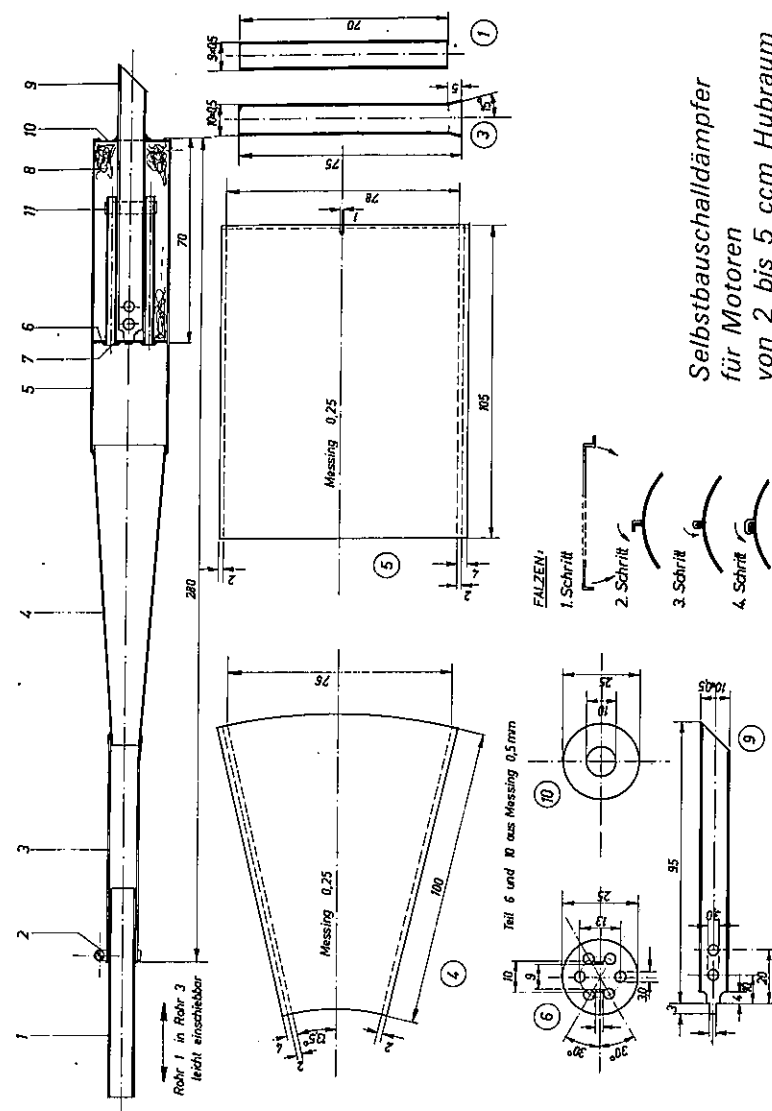


Abbildung 110

*Selbstbauschalldämpfer
für Motoren
von 2 bis 5 ccm Hubraum*

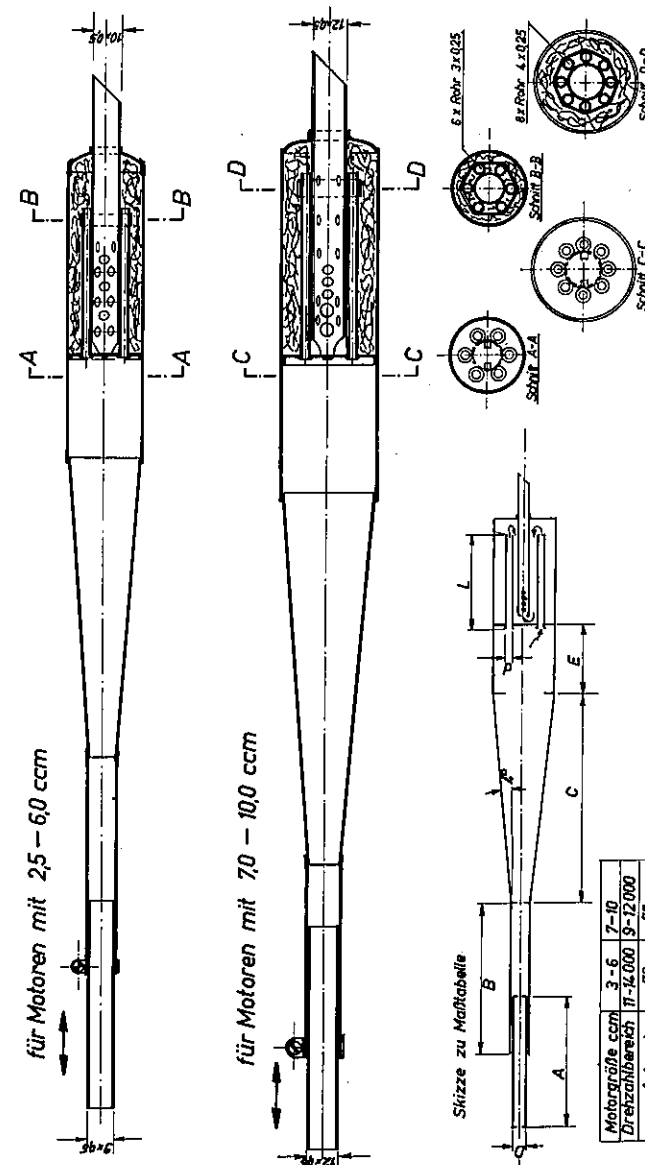


Abbildung 111

**Schalldämpfer für Modellmotoren
als Resonanzschalldämpfer mit Leistungsgewinn**

Блещстөркө 020

Motorgröße cm Drehzahlbereich	3 - 6	7 - 10
A (mm)	70	75
B	75	75
C	100	125
D innen	80	110
E	35	45
F	50	65

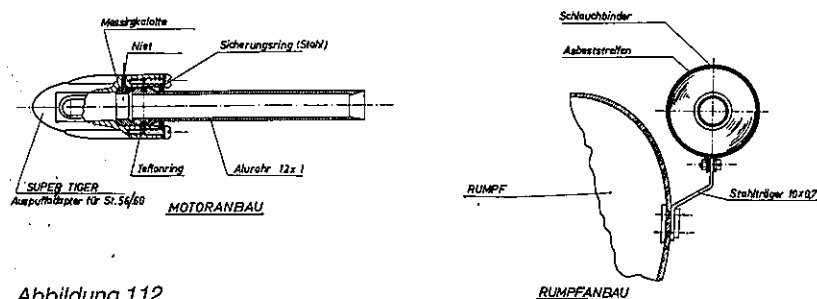


Abbildung 112

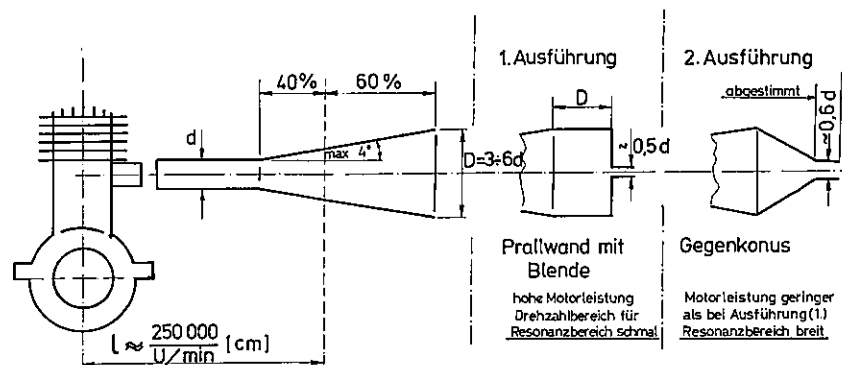


Abbildung 113

handelsübliche Resonanzrohre
an Flugmotoren mit Propeller

MOTOR FABRIKAT ROHR	maximale Leistungsanhebung LEISTUNG (%)	DREHZAHLEN (%)	RESONANZBREITE ± (U/min)	LÄRMPEGEL bei 12000 U/min in 7m Abstand (dB _A)	GEWICHT (kg)
10 cm					
OPS/ROSSI m.D.	36	10,3	1500	82 - 84,5	0,187
HIRTENBERGER	25	7,7	700	85 - 87,5	0,272
WEBRA	30	8,1	1000	80 - 85	0,293
GRAUPNER	32	9,0	1200	76,5 - 78,5	0,248
SONEX	21	5,5	1000	73 - 75,5	0,165
TOPP	—	~ 10 n.Herst.	—	~ 78 n.Herstellerangabe	—
6,5 cm					
OPS o.D.	37	11	1500	84 - 86	0,158
HIRTENBERGER	23	7,1	800	80 - 83	0,221
WEBRA	31	9,5	1000	80 - 83	0,168
GRAUPNER	35	10,5	1200	74,5 - 76	0,149
SONEX	27	8,0	1000	72,5 - 75	0,155
TOPP	—	10 n.Herst.	—	< 78 n.Herstellerangabe	—
10 cm					
MINI-VOX Super Silent mit Filz	0	0	0	75 - 77	0,221
ohne Filz	-3	0	0	76 - 78	0,190
MICROTON (HB Graupner)	-3	0	0	77 - 78,5	0,175
SERIE Expansionskammer	-3 ÷ -10	0	0	85 ÷ 89	—

Der Lärm wird als Schalldruck, also dem Druck, mit dem die Luftmoleküle auf unser Trommelfell drücken, gemessen. Das Ohr nimmt diesen Druck als Schallempfindung auf, und die Größe dieser subjektiven Schallempfindung nennt man Lautstärke. Unser Ohr ist nun für die einzelnen Tonhöhen verschieden empfindlich. Bei 1000 Hz, also 1000 Druckstößen je Sekunde auf unser Trommelfell, ist das Ohr am empfindlichsten. Bei dieser Frequenz wird noch ein Ton gehört, wenn der Druck auf das Trommelfell

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2 = 20 \mu\text{Pa}.$$

also etwa dem Druck entspricht, den eine Mücke auf einer Zeitung als Landeplatz ausübt. Wenn der Schalldruck auf unser Trommelfell höher wird, so wird schließlich ein so hoher Druck erreicht, daß das Trommelfell bersten kann. Aber schon vorher empfindet man Schmerzen beim Hören. Dieser Schalldruck beträgt ungefähr 200 N/m². Die Skala der Schallempfindungen wurde zwischen diesen beiden Extremwerten in 13 Teile logarithmisch geteilt. Man spricht von 10 dB, 20 dB usw. bis zu 130 dB, bei der die Schmerzempfindung beginnt.

Unsere Modellmotoren erreichen bis zu 120 dB in einem Abstand von 1 m zum Motor, sind also stark gehörschädigend. Wenn es gelänge, den Auspufflärm der Modellmotoren auf einen Wert von 80 dB herabzudämpfen, so würden unsere Motoren nur noch brummen und summen. Aus den Diagrammen geht hervor, wie weit man sich mit dem Resonanzdämpfer diesem Wert nähert. Ganz geräuschlos wird ein Modellmotor nie laufen, denn wie die Messungen zeigen, macht auch der Propeller selbst einen beachtlichen Lärm. Ein guter Schalldämpfer sollte alle Frequenzen über 500 Hz bedämpfen.

5.3. Modellmotorenlärm

Die Modellverbrennungsmotoren sind leider keine Antriebsmotoren, die ihre Leistung ohne Schallereignisse erzeugen und abgeben. Alles, was wir als Schallereignisse empfinden und uns störend erscheint, empfinden wir als unangenehmes Geräusch. Wir bezeichnen dies als LÄRM.

Das Übelste an den uns belästigenden Schallereignissen ist nicht die Tonhöhe oder der mehr oder minder harmonische Wohlklang, bei entsprechender Intensität schadet oder zerstört vielmehr ein Schallereignis. Schall ist definiert als jede Druckänderung, die das menschliche Ohr wahrnehmen kann. Hörbar sind zum Beispiel Luftdruckwechsel ab einer Häufigkeit von mindestens 16 mal in der Sekunde. Die Anzahl der Druckänderungen je Sekunde nennt man die Schallfrequenz, die in Hertz (Hz) angegeben wird. Der Hörbereich des Menschen reicht bis 20 000 Hz bei Kindern und nimmt im Alter des Menschen ab bis in den Bereich von 10 000 Hz. Das menschliche Ohr ist nun für Töne um 1000 Hz am empfindlichsten, hier genügt schon eine Luftdruckänderung von 20 μPa – das ist etwa der Landedruck einer Mücke auf einer Tageszeitungsseite –, um im Ohr einen Schalleindruck entstehen zu lassen. Zu tieferen Tönen hin wird unser Ohr sehr unempfindlich. Jedem Musikfreund ist bekannt, daß man nur für tiefe Baßöne die volle Leistung eines Verstärkers braucht. Zu höheren Tönen hin nimmt die Empfindlichkeit des Ohres nicht so stark ab, leider, denn hier genügen schon wenige tausendstel Watt an Schall-Leistung, um unser Ohr zu belästigen. Leider geben unsere Modellmotoren nicht nur eine Abtriebsleistung von bis zu 5000 Watt ab, sie setzen auch noch einige Watt nur in Schall-Leistung um. Da unser Ohr sehr kompliziert ist, ist es nicht so einfach, Lärm in Zahlenwerten zu erfassen. Mit Lärmmeßgeräten wird der Gesamtschalldruckpegel über ein empfindliches Mikrofon gemessen, wobei eine Elektronik die Empfindlichkeit des Ohres für die unterschiedlichen Frequenzen/Töne von 16 Hz bis 16 000 Hz berücksichtigt. Angegeben wird dieser Schalldruck in Dezibel, einem logarithmischen Maß. Es ist also nicht möglich, diese Dezibel-Zahlenwerte zu addieren oder zu halbieren, wenn man mehrere Schallquellen gleichzeitig hört oder den Lärmpegel halbieren möchte. 6 Dezibel (dB) bedeuten nur noch die halbe

Lautstärke. Ab 100 dB empfinden wir Schmerzen im Ohr, und bei über 120 dB wird unser Hörorgan zerstört. Auspuffknattern der Modellmotoren schädigt unser Ohr schon ab einem Pegelwert von 72 dB.

Die folgende Abbildung gibt die Empfindlichkeit des Ohres wieder, ebenso welche elektronisch erzeugten Kurvenzüge (Filterkurven) diese Empfindlichkeit des Ohres im Lärmpegelmessgerät nachbilden.

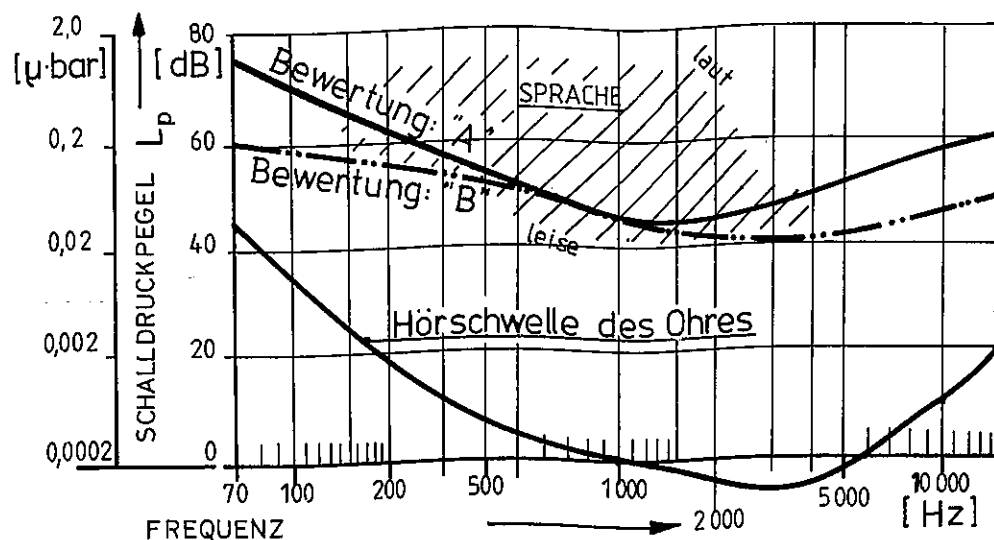


Abbildung 114

Die Modellmotoren geben nicht nur am Auspuff Lärm ab (der Akustiker sagt „Emitieren“ von Lärm), auch der Vergaser emittiert Ansauglärm und auch der Propeller lärmt bei hohen Drehzahlen stark; dazu regt der Motor das ganze Modell noch zu Lärmschwingungen an, wie ein Geigenbogen eine Geige. Zunächst standen die Hersteller von Modellmotoren hilflos der Forderung nach vermindertem Lärm gegenüber. Es war naiv zu glauben, daß ein „Wunderschalldämpfer“ für Modellmotoren nur an den Auspuffschlitze zu montieren sei, und dann würden die Modellmotoren nur noch flüstern. Als die neue Flugplatzordnung vom Gesetzgeber festgelegt wurde, meinten gutgläubige Modellflieger, man brauche nur durch Gesetz eine bestimmte Lautstärke festzuschreiben, und die Industrie werde dann schon einen Trick gegen die Physik der Akustik finden, um den Modellflug leise zu machen.

Die folgende Abbildung Nr. 115 zeigt in Diagrammform, welchen Lärmpegel ein Meßinstrument in 7 m Abstand vom Modellmotor auf der Auspuffseite anzeigen darf, damit in einer bestimmten Entfernung zum Modellmotor nur noch ein bestimmter Schallpegel erreicht wird, der Akustiker sagt „immittiert“ wird. Dieses Diagramm ist errechnet und dient bei der Flugplatzgenehmigung zur Auflagenermittlung für den geduldeten Lärmpegel. Unberücksichtigt ist hierbei, daß in der Luft der Motorenlärm der hohen Frequenzen, also Töne über 2000 Hz, stärker gedämpft wird als tiefere Töne; für die Luftdämpfung spielt die Luftfeuchtigkeit und der Wind noch eine Rolle, und es kommt darauf an, ob das Modell über einer dichten Grasfläche oder über einer Betonrollbahn steht; je höher das Modell fliegt, um so weiter „trägt“ der Schall und um so mehr Immission erleidet der Anrainer eines Modellflugplatzes. Das mit dem Schall und dem Motorenlärm ist also physikalisch recht verwickelt und nicht so einfach zu erfassen.

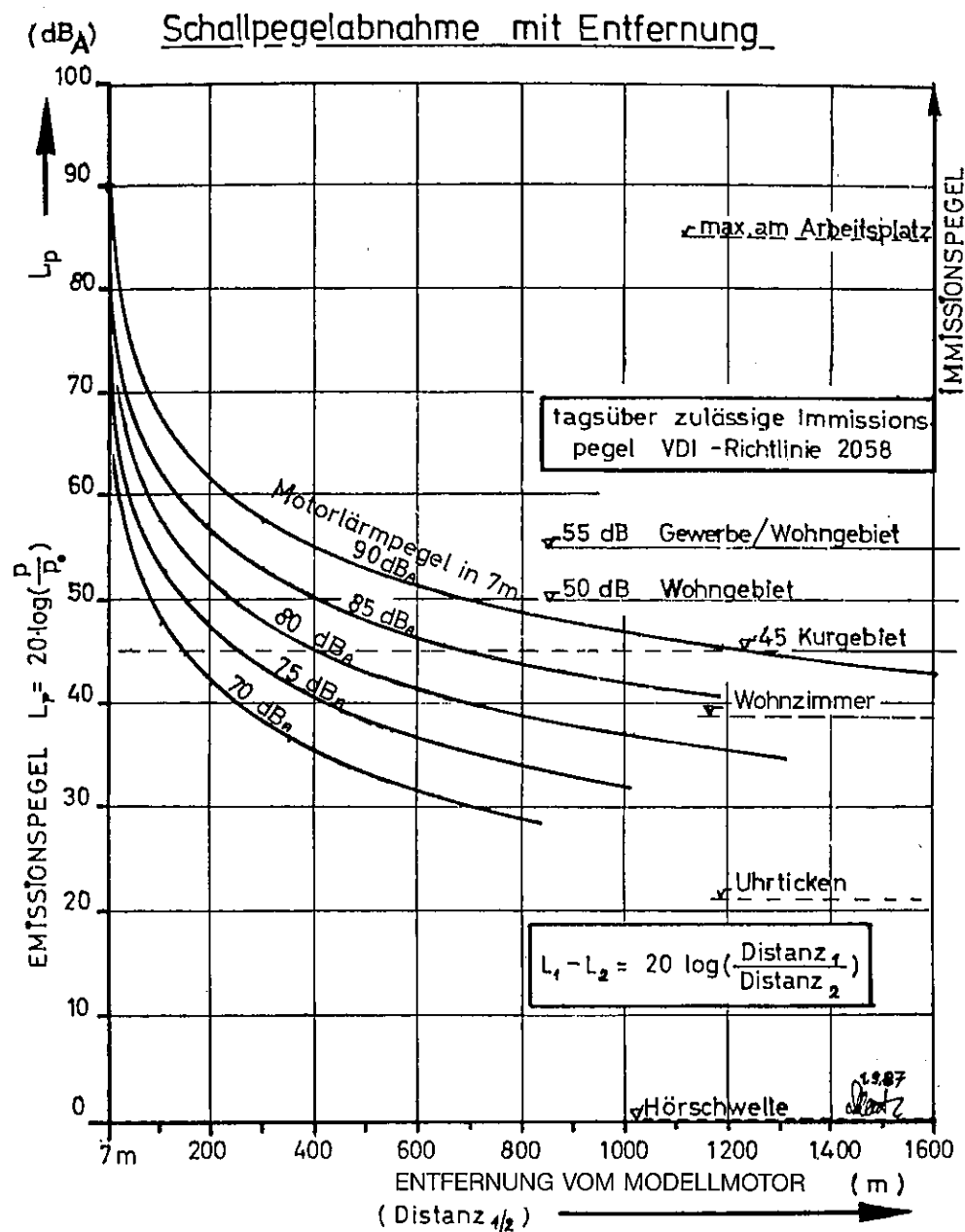


Abbildung 115

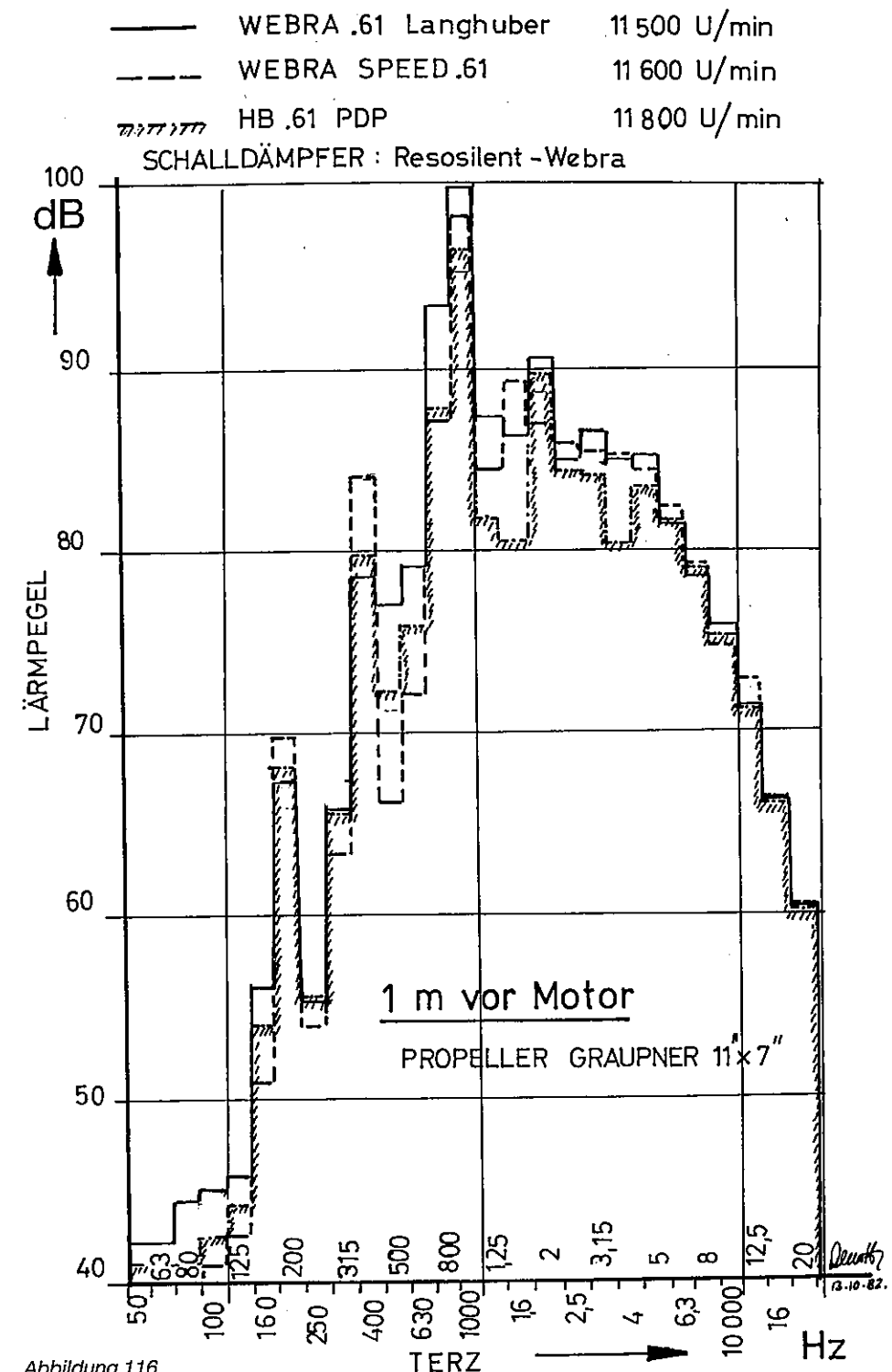
Kommen wir nochmals auf das menschliche Hörvermögen zurück: In der freien Umgebung herrscht am Tage ein „rosa Rauschen“ durch den Wind in den Bäumen oder durch Tierlaute von ca. 35 dB_A. Ragt nun ein Einzeltöne um nur 3 dB aus diesem „rosa Rauschen“ heraus, so wird dieser Ton fast nur allein vom Ohr wahrgenommen und als lästig empfunden. Es sei hier nur an die Fliege im Schlafzimmer erinnert, die mit ihrem Summen (Einzeltöne) den Schlaförer erheblich stören kann. Leider haben die Modellmotoren nicht ein „rosa Rauschen“ als Motorenlärm, sondern – wie die Abb. 116–118 zeigen – deutliche Anteile an Einzeltönen, wie Auspuffknall oder Überströmungsschwingungen bei Zweitaktmotoren. Diese Einzeltöne werden deutlich aus dem Lärmpegel vom Ohr am Immissionsort herausgefiltert und als Belästigung empfunden. Es kommt dann oft zur Anzeige bei der Polizei, und obwohl der Modellbauer den Motorlärm durch Schalldämpfer auf das höchstzulässige Maß reduziert hat, wird das Fluggelände für Modellverbrennungsmotoren gesperrt.

Schaut man sich die Diagramme der Abb. 116, 117 und 118 genauer an, so sieht man, daß Viertaktmotoren mit Ventilsteuerung bei gleicher Leistung, gleicher Drehzahl und Propeller nicht so herausragende Einzeltöne haben, abgesehen von den Tönen, die vom Propeller kommen. Der Viertaktmotor kann sich also besser unter dem „rosa Rauschen“ der Umwelt „verstecken“, und selbst nahe an dem Viertaktmotor wird unser Ohr eher einen angenehmeren Motorlärm empfinden als das Kreischen und Heulen der Zweitakter. Aus den Diagrammen ist ferner abzulesen, daß die Viertaktmotoren fast nur halb so laut sind wie Zweitaktmotoren.

Was ist nun der Grund, daß Viertaktmotoren leiser und angenehmer im Geräusch sind? Die Industrie hat zunächst versucht, die Zweitaktmotoren dadurch zu leiseren Triebwerken umzugestalten, daß sie die Zweitaktmotoren langhubiger, also mit kleinerer Zylinderbohrung als Hubhöhe baute. Wie das folgende Diagramm Abb. 116 zeigt, ist ein Langhubmotor aber eher noch lauter als ein Kurzhubmotor bei gleicher Motorleistung und Drehzahl. Ein Zweitaktmotor mit Nasenkolben ist gegenüber den Zweitaktmotoren mit 3-Kanal-Schnürle-Spülung merklich leiser. Der Langhubmotor war zunächst eine Enttäuschung, und erst wenn man den Langhubmotor mit einem größeren Propeller bei niedrigen Drehzahlen betreibt, ist ein Lärmvorteil für diesen Motor feststellbar. Prinzipiell hat der Langhubmotor bei niedrigen Drehzahlen, so zwischen 8000 und 10 000 U/min, etwas mehr Leistung als der Kurzhubzweitaktmotor. Die auf dem Prüfstand gemessenen Leistungsunterschiede zwischen diesen beiden Motorenbauarten lagen aber innerhalb von 5 %, die schnell durch einen schlecht angepaßten Propeller wieder verschenkt werden.

Steuert man den Gaswechsel an einem Zweitaktmotor nicht über Schlitze, die der Kolben öffnet und verschließt, sondern über Ventile für den Auspuff im Zylinderkopf und Spülschlitze, wie gehabt, am Zylinderumfang, so verschwinden einige Einzeltöne aus dem Motorlärm. Einzeltöne, die sich aus dem Spülvorgang und aus Resonanzschwingungen der Gassäulen zwischen Vergaser und Kurbelgehäuse und Kurbelgehäuse und Zylinder abspielen, bleiben natürlich erhalten. Die Abb. 118 zeigt Messungen des Lärmpegels an einem mit Auslaßventil modifizierten Zweitaktmotor. Die Abb. 117 zeigt Messungen des Druckverlaufes im Auspuff- und im Spülkanal bei einem Zweitaktmodellmotor mit Schnürle-Spülung. Während einer Umdrehung eines Motors entstehen so kurzzeitig an diesen zwei Meßpunkten die unterschiedlichsten Schwingungen und Töne. Der Viertaktmotor mit Ventilsteuerung koppelt akustisch durch Überschallströmung im Ventilspalt den Brennraum vom Auspuffkanal oder Saugkanal ab. Diese Motoren haben keine „inneren Resonanzschwingungen“ und sind daher leiser und besser mit nachgeschalteten Schalldämpfern zu beruhigen. Abb. 123; Abb. 124.

In einer wissenschaftlichen Untersuchung des Modellmotorenlärmes, die unter der Regie des TÜV-Norddeutschland vorgenommen wurde, wurde der Schall-Leistungs-Pegel gemessen, also die Schall-Leistung in Watt, die aus dem Auspuffschlitze oder der Ansaugöff-



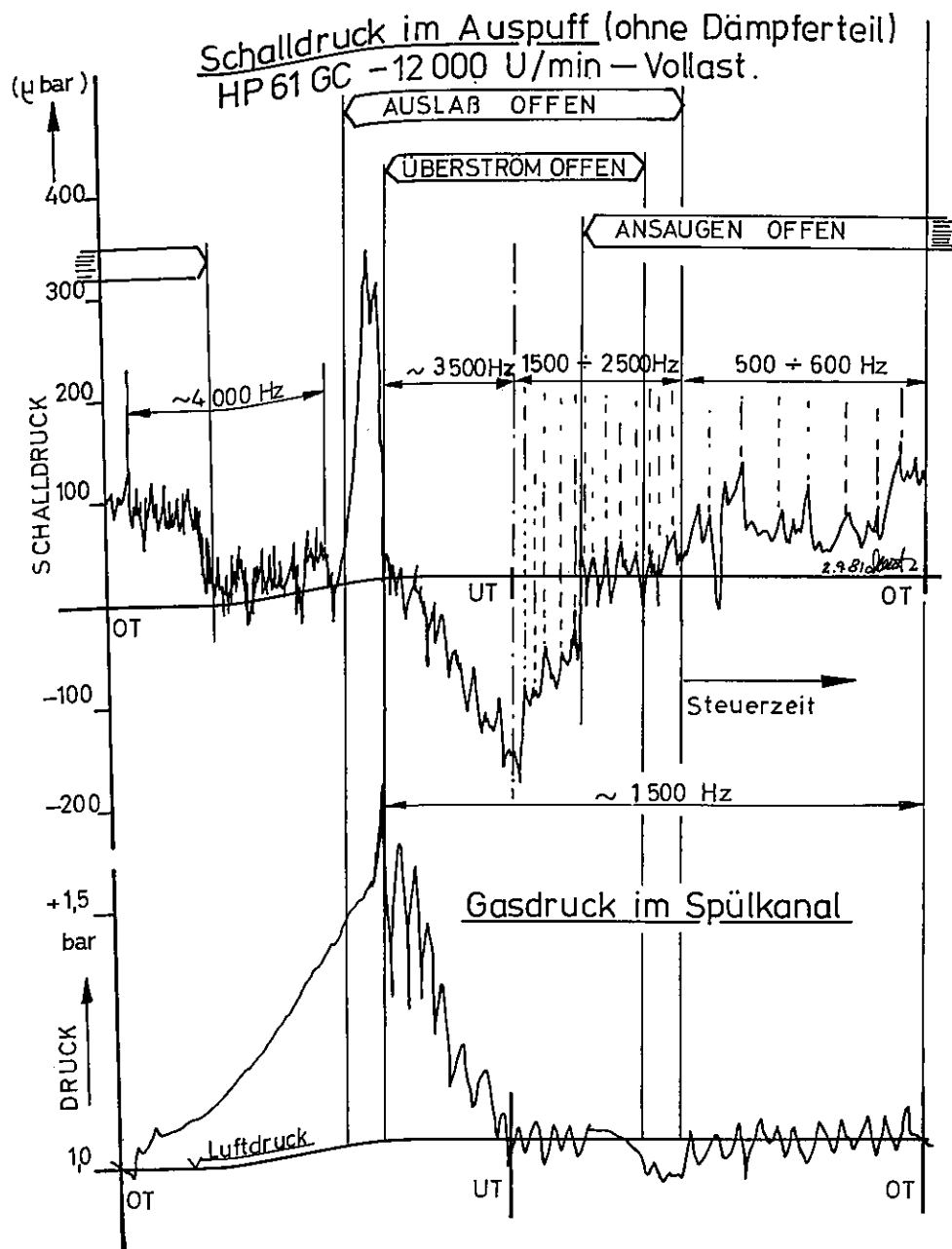


Abbildung 117

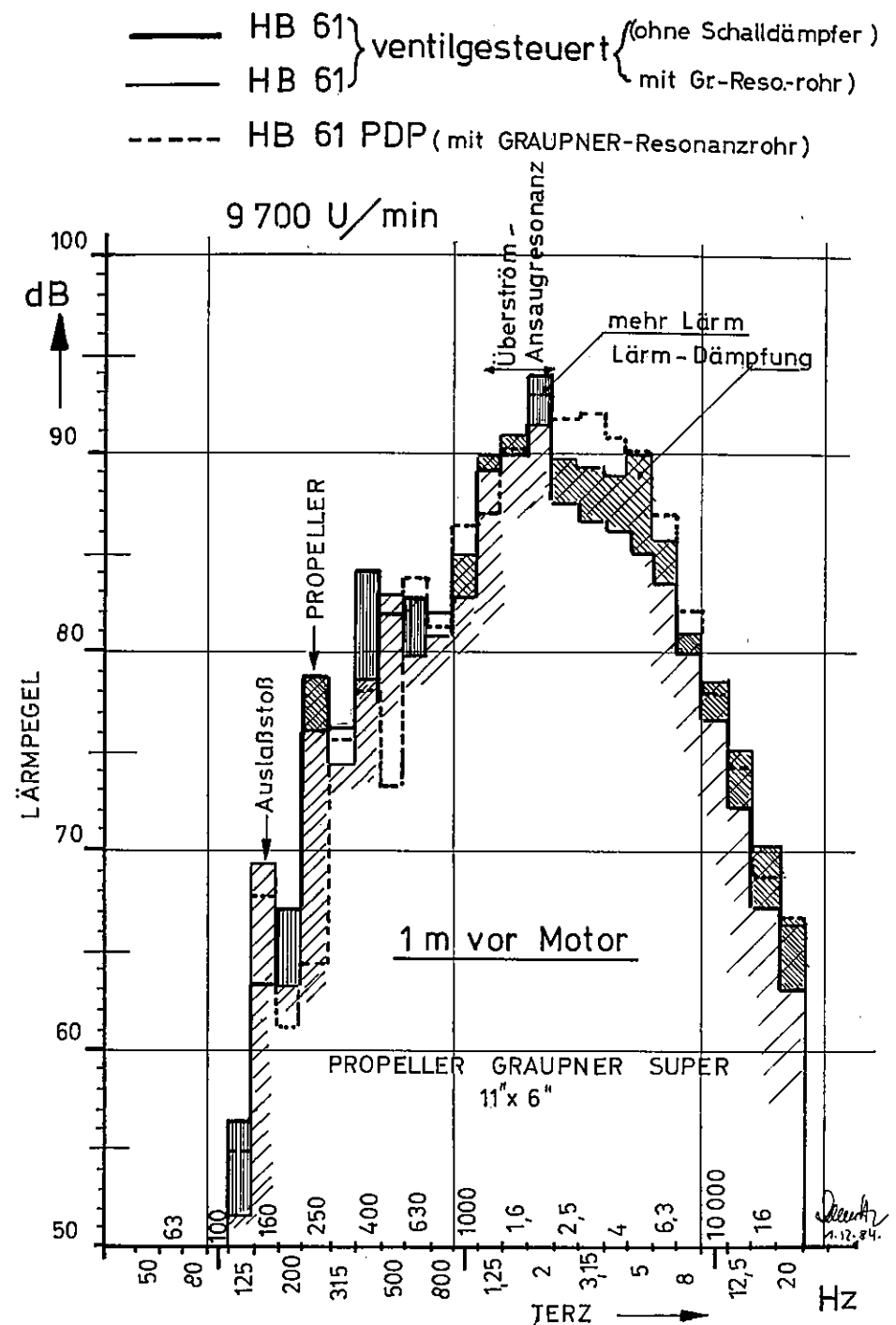


Abbildung 118

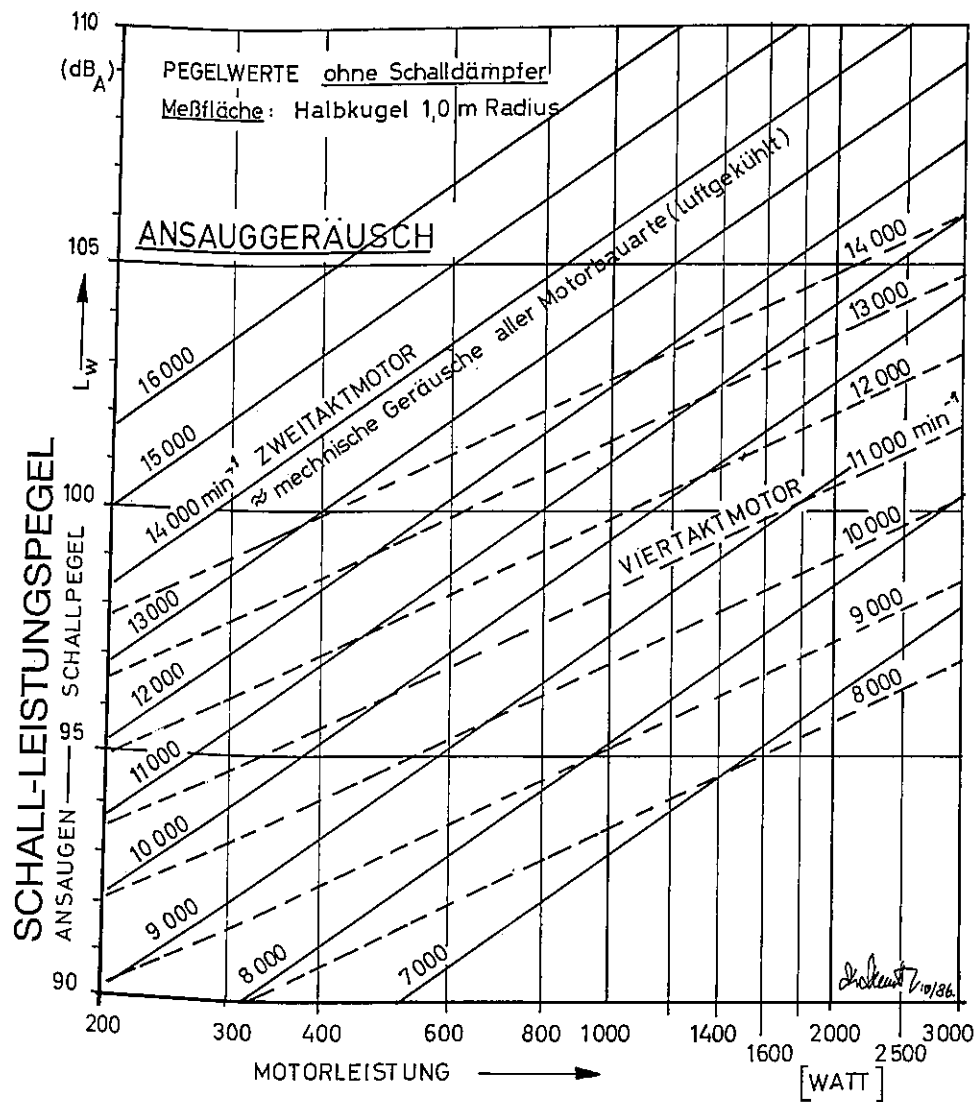
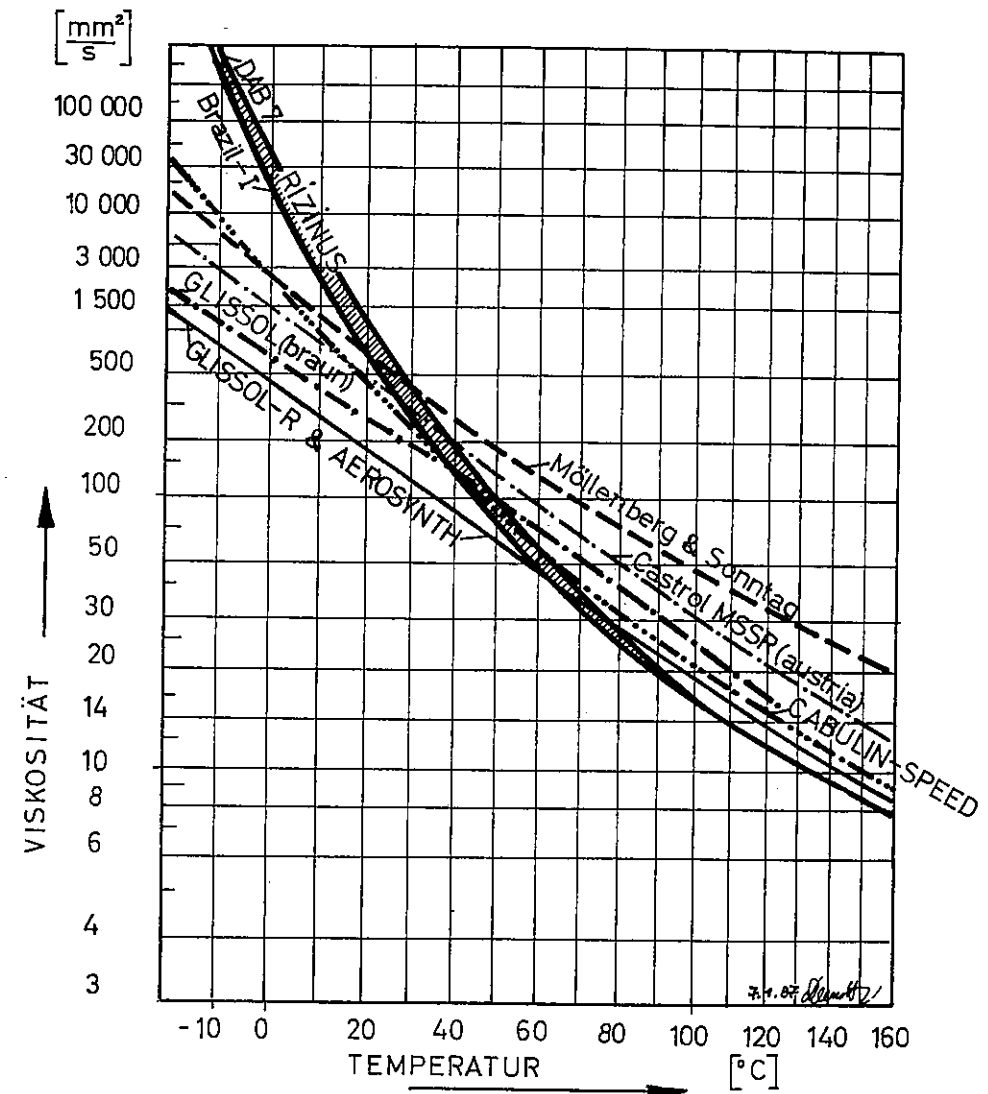


Abbildung 119

nung kommt. Ebenso wurde der Propellerlärm als Leistungspegel gemessen. Die Ergebnisse sind zusammengefaßt in den Abb. 119, 120 und 121, in Diagrammform dargestellt. Auch hier ist ersichtlich, daß der Zweitaktmotor mit Schlitzsteuerung wesentlich lauter ist als der Viertaktmotor mit seiner Ventilsteuerung. Es ist nun möglich, vorherzusagen, ob es sich lohnt, einen noch stärker dämpfenden Auspufftopf zu basteln oder ob es nicht sinnvoller ist, einen Ansaugdämpfer vorzusehen oder, noch besser, den Propellerlärm durch Drehzahlensenkung zu mindern.

Korrekturblatt zu Seite 70, Abb. 96
(P. Demuth: Modell-Motoren)



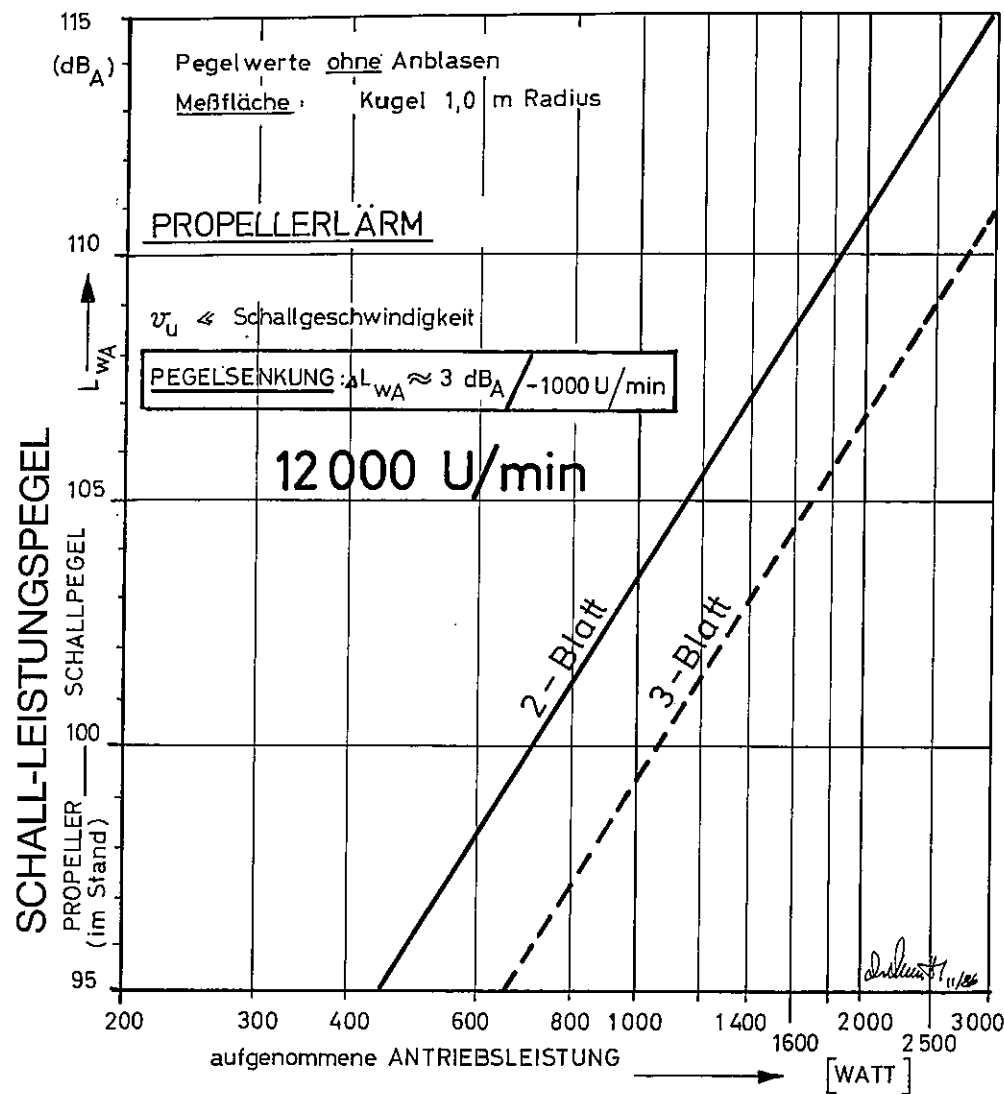


Abbildung 121

Modellbauer ist leider auf das Prübeln und Basteln angewiesen, wobei er meist kein genau genug anzeigendes Schallpegelmeßgerät hat und so bestenfalls im guten Glauben handelt.

Die Situation beim Modellmotorenlärm ist heute bei 10-ccm-Zweitaktmotoren für Wettbewerbsmodelle mit Resonanzrohrauspuff so, daß die lauteste Lärmquelle am Motor nicht mehr der Auspuff ist, sondern der Propeller. Es ist sinnlos und bringt nichts, wenn ein Modellbauer noch mehr den Auspuff mit Dämpfern zustopft, man hört in unverminderter Lautstärke den Propeller! Den Propellerlärm kann man nur senken, wenn man bei Zweiblattpropellern unter 9000 U/min bleibt, oder einen Dreiblattpropeller nicht höher als

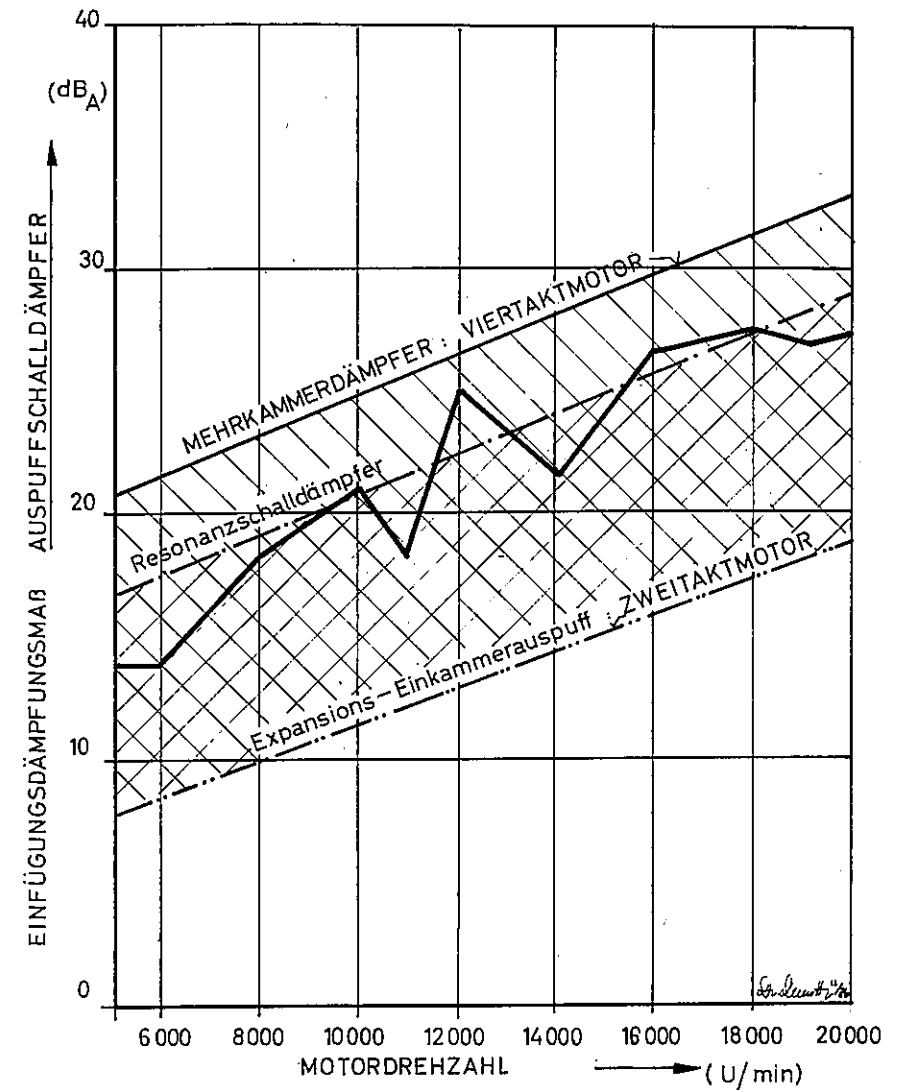


Abbildung 122

9500 U/min drehen läßt (Durchmesser beider Propeller 280 mm). Bei diesen Drehzahlen tritt dann das Propellergeräusch hinter den Restlärm des Auspuffes zurück, und auch das Ansaugergeräusch muß durch einen Dämpfer beruhigt werden. Kurz zusammengefaßt bedeutet dies: Keinen Zweitaktmotor über 9000 U/min am Boden (im Stand des Modells) betreiben. Man verwende lärmminimierte Zweiblattpropeller oder Dreiblattpropeller, die aber einen bis ca. 5 % schlechteren Wirkungsgrad haben. Der Motor sollte ganz im Rumpf des Modells liegen, und auch der Auspuffschalldämpfer sollte im Rumpf versteckt eingebaut sein. Als Ansaugergeräuschdämpfer genügt ein „Benzinfilter“, wie es in den meisten Automobilen zu finden ist.

Motorlärm : Vergleich Zweitakt – Viertakt

MIKROPHONABSTAND 1 m vor dem Motor

- ENYA 35-4C (Viertakter) mit MINIVOX Dämpfer
 - HB - 25 (Zweitakt) mit Serien-Expansionsdämpf.
- Motordrehzahl: 12 000 U/min
Propeller: ROBBE Dynamik 9"x4"

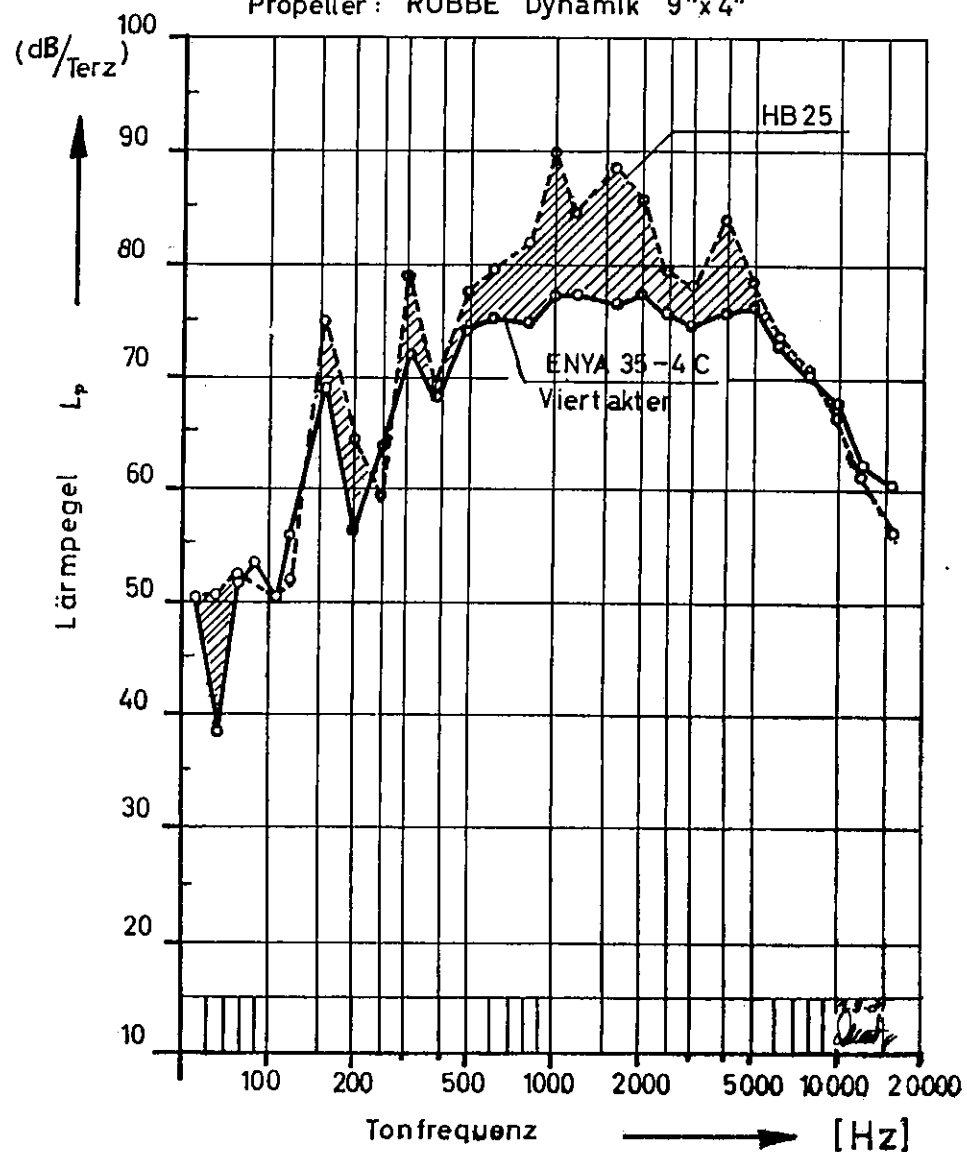


Abbildung 123

Motorlärm : Vergleich Zweitakt – Viertakt

MIKROPHONABSTAND: 1 m vor dem Motor

- OS - FS 60 (Viertakter) mit MINIVOX Dämpfer
 - HB - 40 PDP (Zweitakter) Graupner Resonanzdämpf.
- Motordrehzahl: 9 000 U/min
Propeller: ROBBE Dynamic 11"x6"

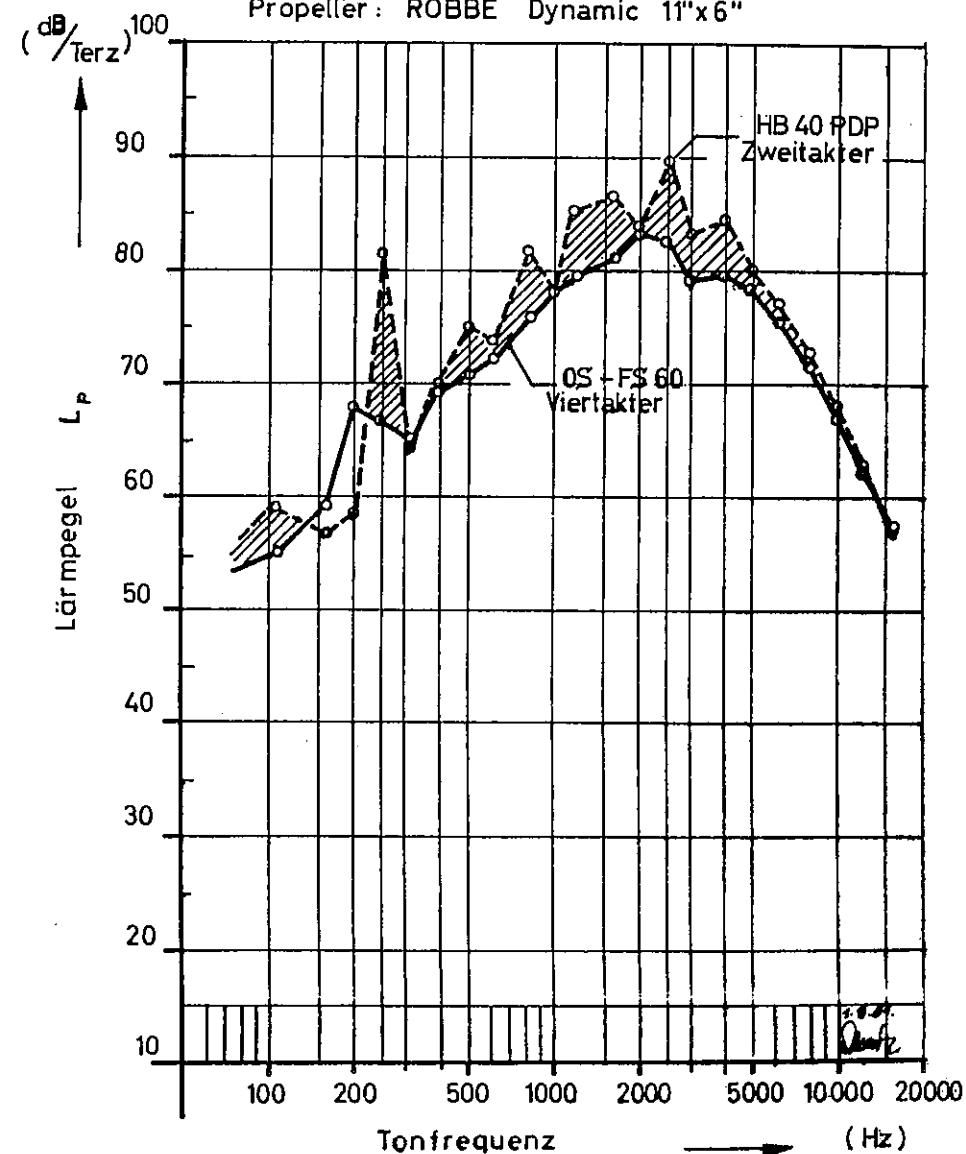


Abbildung 124

5.4. Der Auspuffschalldämpfer

Die folgenden Schalldämpfertypen sind käuflich und in den Abb. 125 bis Abb. 130 skizziert dargestellt. Da die Hersteller keinerlei Angaben über das Dämpfungseinfügungsmaß machen, vertraue man auf die Erfahrungen anderer Modellbauer im Club oder den Empfehlungen des Händlers.

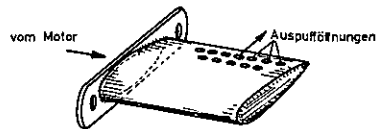


Abbildung 125

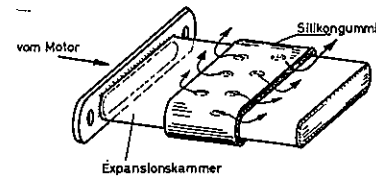


Abbildung 126

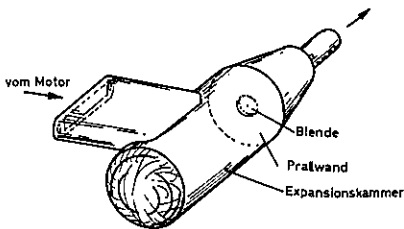


Abbildung 127

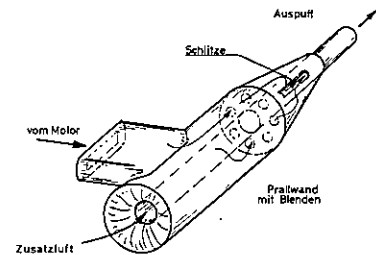


Abbildung 128

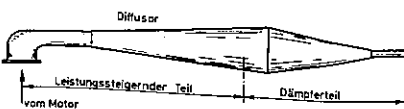


Abbildung 129

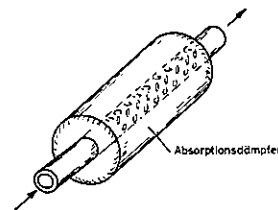


Abbildung 130

Für den Selbstbau von Schalldämpfern mögen die Angaben im Kapitel 5.2. dienen. Auch die Meßwerte der Abb. 122 können eine erste Orientierung geben, welcher Schalldämpfer wirkungsvoll und zweckmäßig ist. Wer sehr kompakte Schalldämpfer braucht und weitgehend auf die Leistungsanhebung durch Resonanzrohre mit Diffusor und Gegenkonus verzichten kann, für den sei der Schalldämpfer der Abb. 132 empfohlen. Entsprechend im Volumen vergrößert, ist dieser Schalldämpfer auch für größere Zweitaktmodellmotoren geeignet. Für Viertaktmodellmotoren sind derzeit nur relativ gering wirksame Ex-

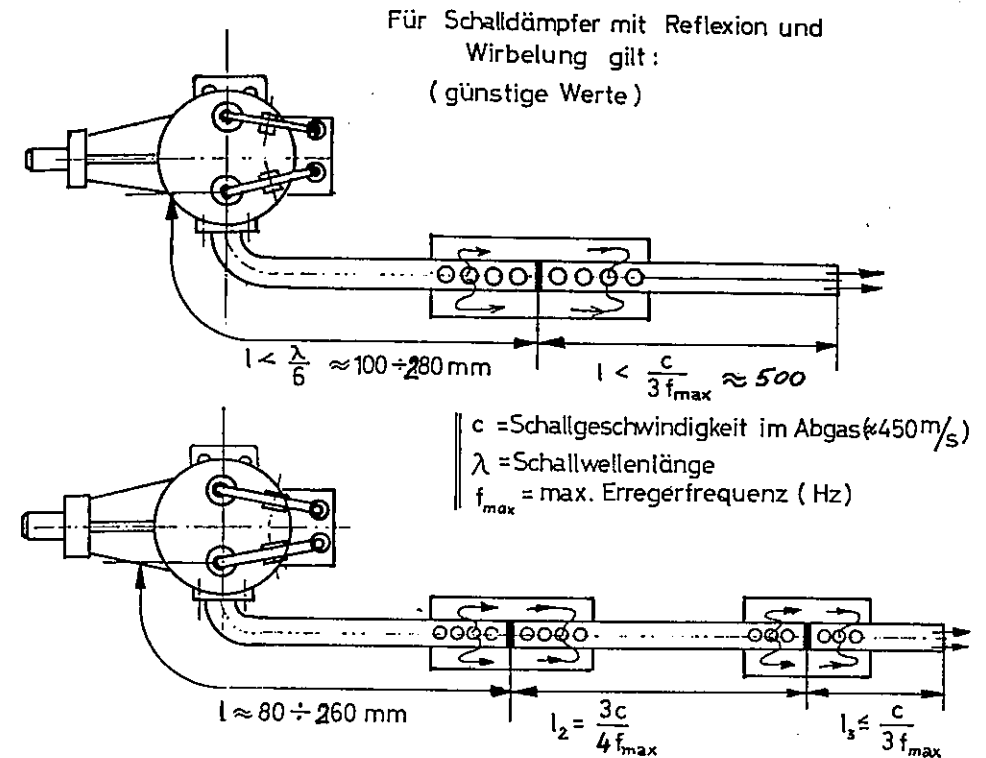


Abbildung 131

pansionsdämpfer im Handel. Die Abb. 131 zeigt die Anordnung von einem Schalldämpfer oder von zwei Schalldämpfern in einer Auspuffanlage für einen Viertaktmotor. Man sollte also bei Viertaktmotoren seine Abgasrohre nicht zu kurz machen. Den eigentlichen Dämpfer baue man entsprechend der Konstruktionszeichnung der Abb. 133. Als Werkstoff für den Dämpfer eignet sich dünnes, nichtrostendes Stahlblech oder Chromstahlblech. Messing und Kupferbleche neigen zum Reißen und sind nicht warmfest. Aluminium ist auch nicht geeignet, da es durch die heißen Abgase der Viertaktmotoren „weich“ wird und bricht. In der Abb. 133 ist unten eine bewährte Auspuffanlage dargestellt, die bei 13- bis 15-ccm-Viertaktmotoren wirkungsvoll den Auspufflärm minderte und nicht allzuviel Motorleistung aufzehrt. Für eine lange Schalldämpferlebensdauer schalte man zwischen Motor und Abgasanlage ein Stück eines Wellrohres (Kompensatorbaig), so daß der Motor keine Vibrationen auf den Auspuff übertragen kann.

Noch auf eine wichtige Sache sei hingewiesen. Da alle Modellmotoren Öl als Schmiermittel im Kraftstoff beigemischt haben, findet sich auch ein Teil dieses Öles im Abgas wieder. Dieses Altöl aus den Abgasen sammelt sich nun in den Kammern des Auspuffschalldämpfers, und so fliegt man unbemerkt meist einige Gramm Altöl im Schalldämpfer spazieren. Schlimmer ist noch, daß der Gegendruck im Dämpfer zu groß wird und der Motor so ständig überhitzt oder Pleuellagerschaden bekommt. Um dieses zu vermeiden, bohrt man alle Kammern des Schalldämpfers mit einem 1,2-mm- bis 1,5-mm-Bohrer an und schafft so Drainagebohrungen für den Altölabfluß. Diese Drainagebohrungen seien vor allem Hub-schraubermodellpiloten und Rennbootfahrern empfohlen.

Nachschalldämpfer (Reflexiondämpfer) für
10 ccm Motoren $f \approx 55 \text{ Hz}$

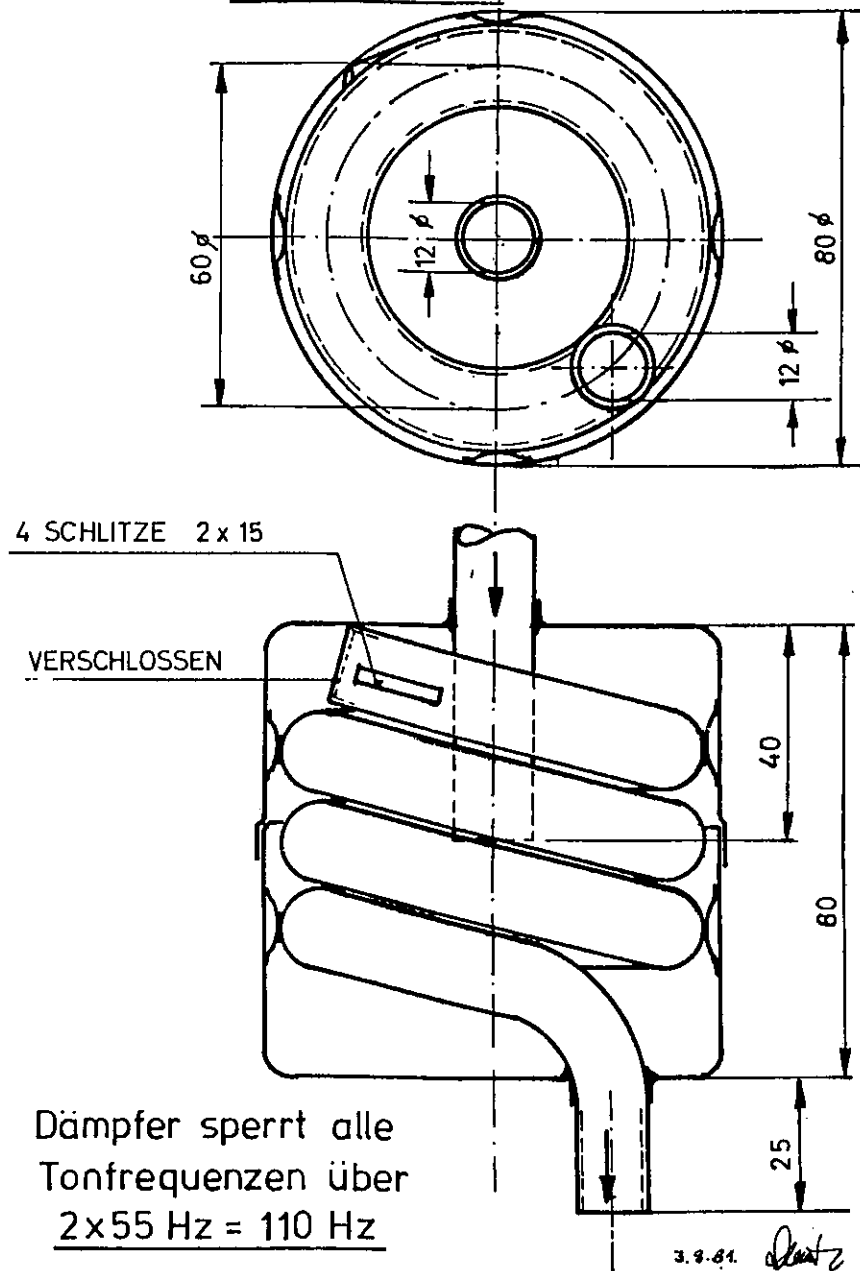
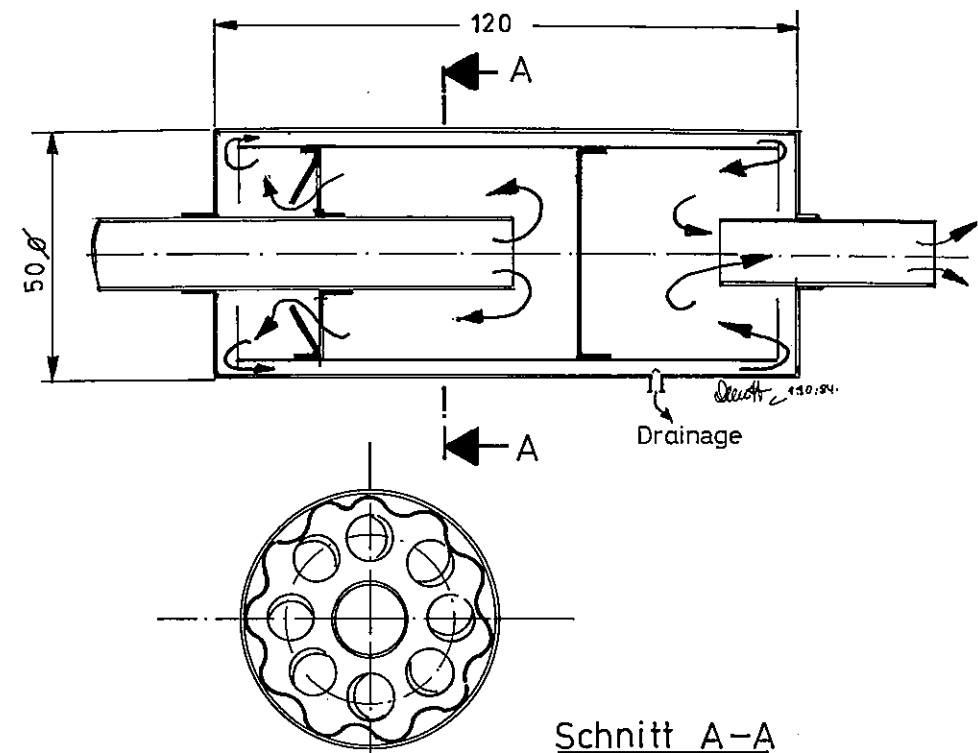


Abbildung 132



Viertaktschalldämpfer für 12-15 ccm V_{hc}

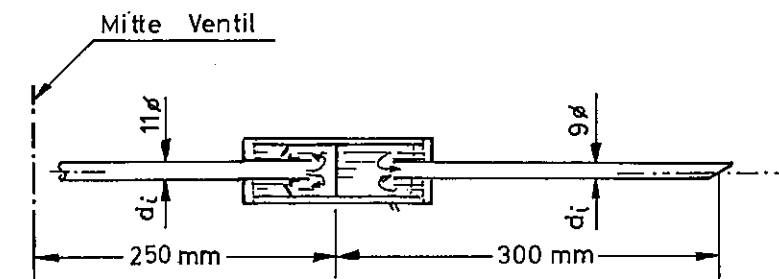


Abbildung 133

5.5. Propeller

Die Umsetzung der Motorleistung in Antriebsleistung erfolgt bei Flugmodellen meist mittels eines Propellers. Der Propeller ist im Prinzip ein rotierender Tragflügel, der gegenüber der anströmenden Luft einen Anstellwinkel haben muß. Da der Propeller ein rotierender Tragflügel ist, der sich gleichzeitig auch noch vorwärts schraubt, so ist das Propellerblatt schraubenförmig verwunden. Für eine Vorwärtsbewegungsstrecke pro Propellerumdrehung ist diese Verwindung des Propellerblattes genau bestimmt worden. Diese Strecke je Umdrehung, die sich der Propeller theoretisch in die Luft hineinschraubt, wird analog zum Gewinde einer Schraube „Steigung“ genannt.

Es sollte nun bei einem Propeller so sein, daß bei der Bewegungsgeschwindigkeit des Modells das Propellerblatt immer noch einen Anstellwinkel gegenüber der Luft hat. Nur so kann der Propeller auch das Modell ziehen.

Für schnelle Modelle ist ein Propeller mit großer Steigung, also steil angestelltem Propellerblatt, richtig.

Für langsamere Modelle ist ein Propeller mit kleinerer Steigung, also flach eingestelltem Propellerblatt, richtig.

Da unsere Modellmotoren nicht bei einheitlichen Drehzahlen laufen, gibt das folgende Diagramm die Propellersteigung an, die notwendig ist, um ein Modell mit einer bestimmten Geschwindigkeit vorwärts zu bewegen.

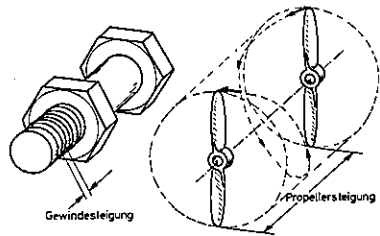


Abbildung 134

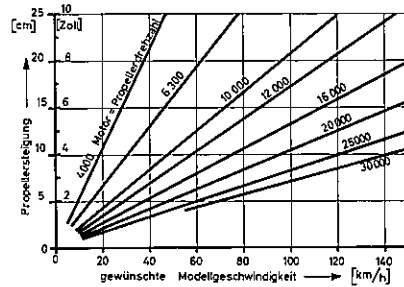


Abbildung 135

Die Umsetzung der Motorleistung in Geschwindigkeit des Modells über den Propeller erfolgt nicht verlustlos. Der Propeller hat einen sogenannten Schlupf. Dieser Schlupf kommt dadurch zustande, daß die Luft vom Propeller angesaugt wird und als Luftstrom mit beachtlicher Geschwindigkeit hinter dem Propeller abströmt. Die Bewegungsenergie dieses Luftstroms ist verloren und unnütz. Will man einen hohen Propellerschub haben, so sind große Propellerdurchmesser günstiger. Nur kann man einen Propeller nicht beliebig groß machen und ihn direkt mit der Motordrehzahl von 10 000–20 000 U/min antreiben, da mit zunehmender Umfangsgeschwindigkeit am Propellerblattende sich immer mehr die Luftreibung als Verlustfaktor bemerkbar macht. Daneben wird auch die Propellernabe durch die Fliehkraft des Blattes zunehmend beansprucht, so daß der Propeller zerspringt. Das folgende Diagramm zeigt die Grenzwerte. Abb. 136.

Es ist äußerst gefährlich, einen Propeller mit einer höheren Drehzahl zu betreiben, als in dem Diagramm für die einzelnen Propellerdurchmesser angegeben ist. Von einem zerspringenden Propeller werden die Propellerblätter etwa mit der Umfangsgeschwindigkeit weggeschleudert und wirken ähnlich wie Geschosse. Darum sollte man:

Sich nie in der Drehebene des Propellers aufhalten! Lebensgefahr!

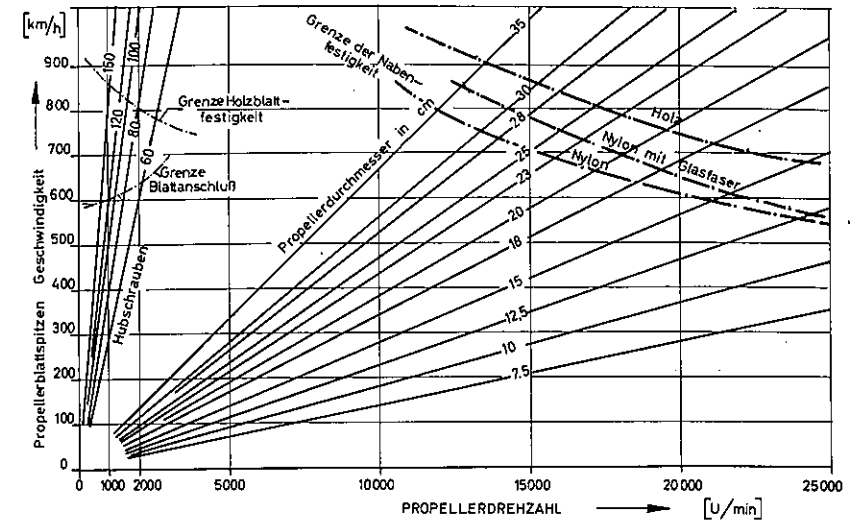


Abbildung 136

Es ist ganz besonders wichtig, den Propeller auszuwuchten. Die meisten käuflichen Propeller sind nicht ausgewuchtet. Zum Auswuchten sollte man den folgenden Balancierstand bauen. Abb. 137.

Durch Abfeilen des zu schweren Propellerblatts wird der Propeller statisch ausgewuchtet. Ein dynamisches Auswuchten ist meist nicht notwendig und auch schwierig zu verwirklichen. Damit der Propeller aber auch unwuchtfrei auf der Motorkurbelwelle läuft, sollte das Loch im Propeller genau auf den Kurbelwellendurchmesser abgestimmt sein. Ein Spiel von mehr als 0,1 mm ist schon nicht mehr zulässig. Ein solcher Propeller ist zu verwerfen oder, falls möglich, an der Nabe auszubüchsen. Beim Ausbüchsen schwäche man aber die Nabe nicht zu sehr, da sonst die Fliehkräfte den Propeller zerreißen.

Die schnell drehenden Propeller erzeugen einen beachtlich hohen Lärm. Mit modernen Hochleistungsmotoren überschreitet man leicht die Festheitsgrenze von Kunststoffpropellern. Aus diesem Grunde werden von der Industrie Motoren mit Getriebe angeboten. Es werden einmal schrägverzahnte Zahnradgetriebe verwendet oder Zahnriemen. Die Untersetzung beträgt 1 : 1,5 bis 1 : 2,0. Bei Zahnradgetrieben sollte das Zahnradritzel drehelastisch mit der Kurbelwelle gekuppelt werden, sonst tritt Zahnbruch auf. Bei Zahnriemen ist auf der Kurbelwelle eine Schwungmasse vorzusehen, da sonst durch die Wechselmomente der Zahnriemen die Verzahnung überspringt.

Eine weitere Möglichkeit ist die Kopplung von zwei Motoren über Zahnräder oder Zahnriemen. Auch hierbei wird die Propellerdrehzahl stark untersetzt.

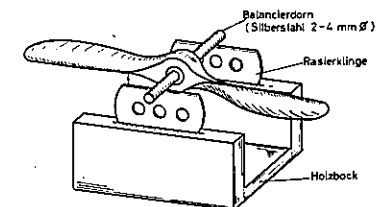


Abbildung 137

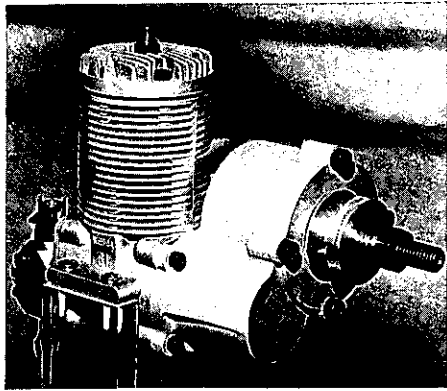


Abbildung 138
10-ccm-Rennmotor mit serienmäßig angeflanschem Getriebe. Motorleistung ca. 2,0 kW bei 10 500 Propellerdrehzahl. Untersetzung $i = 1,88$. Stahlzahnräder gehärtet im Ölbad.

5.6. Die Schiffsschrauben

Die Schiffsschrauben haben eine große Ähnlichkeit mit den Propellern. Auch hier sind zwei oder mehrere rotierende Propellerblätter an einer Nabe befestigt. Der Durchmesser der Schiffsschrauben ist wesentlich kleiner als der der Propeller. Die Schiffsschraube arbeitet auch in einem wesentlich dichteren Medium, nämlich Wasser. Wasser hat rund die 80fache Dichte von Luft. Daher wäre auch zur Erzeugung des Vortriebs nur etwa 1/80 der von einem Propeller bestrichenen Kreisfläche notwendig, sofern die durch diese bestrichene Kreisfläche durchtretende Luft oder das Wasser die gleiche Strömungsgeschwindigkeit hätten. Schiffmodelle bewegen sich aber wesentlich langsamer als Flugmodelle, so daß eine kleinere Steigung des Propellerblatts erforderlich ist. Wasser hat aber eine unangenehme Eigenschaft. Wird der Druck im Wasser an irgendeiner Stelle der Schiffsschraube geringer als der Dampfdruck des Wassers bei der herrschenden Temperatur, so tritt ein örtliches, kurzzeitiges Verdampfen und ein anschließendes Kondensieren des Dampfes auf. Dabei fallen die Dampfbläschen mit derartiger Wucht zusammen, daß das Material der Schiffsschrauben zerstört wird. Den Vorgang nennt man Kavitation. Der Wirkungsgrad und die Vortriebskraft der Schiffsschraube nehmen dabei natürlich auch ab.

Es hat sich die folgende Faustformel für die Ableitung des Durchmessers der Schiffsschraube aus den vom Motorenhersteller empfohlenen Propellerdurchmessern bewährt:

$$D_{\text{Schiffsschraube}} \approx \frac{1}{12} D_{\text{Propeller}} \cdot \sqrt{\frac{V_{\text{Flugmodell}}}{V_{\text{Schiffsmodell}}}} \sqrt{\frac{n_{\text{Propeller}}}{n_{\text{Schiffsschraube}}}}$$

Die Steigung der Schiffsschraube erhält man aus der geplanten Schiffmodellgeschwindigkeit v und der Schiffsschraubendrehzahl n nach folgender Faustformel

$$H_{\text{Steigung}} [\text{cm}] \approx \frac{10\,000 \cdot V_{\text{Schiffsmodell}} [\text{m/sec}]}{n_{\text{Schiffsschraube}} [\text{U/min}]}$$

Üblicherweise nehmen die Flügel der Schiffsschraube die halbe Fläche der bestrichenen Schraubenfläche ein. Bei extremen Auslegungen von Schiffsschrauben kann diese Fläche kleiner, aber auch wesentlich größer als die Schraubenfläche sein. Abb. 139.

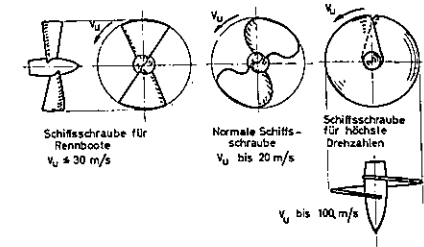


Abbildung 139

Bei Schiffspopellern sollte man tunlichst nicht mit einer höheren Drehzahl als 6000 U/min antreiben. Oberhalb dieser Drehzahl kann an der Schiffsschraube Kavitation auftreten, daher wird die Drehzahl des Verbrennungsmotors meist durch ein Zahnradgetriebe reduziert. Nur bei Rennschiffsmodellen wird die Schiffsschraube direkt mit dem Motor gekuppelt und dreht mit der gleichen Drehzahl wie der Motor. Häufig sind bei Rennbooten die Schiffsschrauben sogenannte Oberflächenläufer, tauchen also halb aus dem Wasser aus.

6. Umgang mit Modellmotoren

6.1. Erforderliche Motorleistung

Um Modelle zu bewegen, wird eine bestimmte Motorleistung benötigt. Bei Flugmodellen und auch bei Schiffsmodellen ist die Berechnung der Antriebsleistung nur unvollkommen möglich. Die Modelle haben unterschiedliche Größen und Gewichte, so daß die Ähnlichkeitsmechanik nicht immer angewendet werden kann.

6.1.1. Flugmodelle

Als Faustformel kann folgende empirische Beziehung gelten:

$$kW_{\text{erforderlich}} \approx \frac{1}{200} \text{ Modellgewicht [kg]} \cdot \text{Flächenbelastung [g/dm}^2]$$

Die erforderliche Motorleistung nimmt quadratisch mit der Fluggeschwindigkeit des Modells zu. Daher kann die obige Faustformel nur für langsam fliegende Flugmodelle bis zu einer Fluggeschwindigkeit von 20 m/s angewendet werden. Die höchsten erreichten Geschwindigkeiten für Flugmodelle, angetrieben mit Kolbenmotoren, liegen für den Fesselflug an der Leine bei 250 km/h und für fliegende Modelle bei 320 km/h, bei Hubschraubermodellen bei 80 km/h.

6.1.2. Schiffsmodelle

Schiffsmodelle sind meist maßstäbliche Verkleinerungen von Vorbildern. Um ein ähnliches Wellenbild und damit eine modellgerechte Geschwindigkeit einzuhalten, kann die Ähnlichkeitsmechanik etwas helfen. Aus einem Diagramm kann die richtige Modellgeschwindigkeit je nach Nachbaumaßstab abgelesen werden. Abb. 140.

Die erforderliche Antriebsleistung hängt nun stark von der Formgebung des Schiffskörpers und dessen Wasserlage bei der zu erzielenden Geschwindigkeit ab. Abb. 141.

Für Nachbauten von sogenannten Verdrängungsschiffen, wie Handelsschiffen, Tankern und Schleppern, kann die folgende Faustformel verwendet werden:

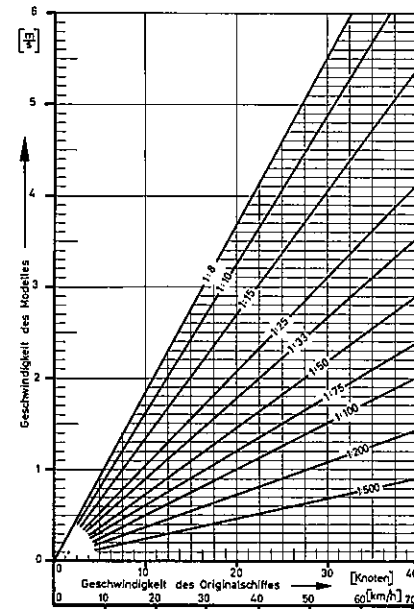


Abbildung 140

$$\text{Leistung [Watt]} \approx 3 \cdot V_{\text{Schiff}}^3 [\text{m/s}] \cdot \sqrt{\text{Modellgewicht [kg]}} = \frac{1,36}{1000} [\text{PS}]$$

Kommt ein Schiffsmodell ins sogenannte Gleiten, so sinkt die erforderliche Antriebsleistung auf etwa ein Viertel der nach der Faustformel errechneten Werte. Bei besonders schnell fahrenden Schiffsmodellen ist es ein Problem, Luft von der Schiffsschraube fernzuhalten. Durch das Eindringen von Luftblasen in den Schraubenbrunnen schlägt die Schiffsschraube quasi nur Schaum, ohne Vortrieb zu erzeugen.

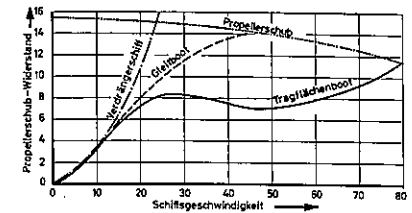


Abbildung 141

6.1.3. Hubschraubermodelle

Über die Antriebsleistung von Hubschraubermodellen ist recht wenig bekannt. Bei einer annähernd verlustfrei arbeitenden Antriebsmechanik ist die erforderliche Antriebsleistung für den Schwebeflug im Bodeneffekt aus der sogenannten Flächenbelastung, der von den Rotorblättern bestrichenen Fläche, näherungsweise berechenbar. Typische Werte für ausgeführte Hubschraubermodelle sind:

Leistungsbelastung: 5 kp/PS Motorleistung
Flächenbelastung: 2,5 kp/m² Rotorfläche

Für das Hubschraubermodell „Bell 212 Twin Jet“, das mit einem gebläsegekühlten Motor mit etwas mehr als 1,0 PS bei 12 000 U/min abgegebener Kupplungsleistung angetrieben wird, gilt das nebenstehende Leistungsdiagramm:

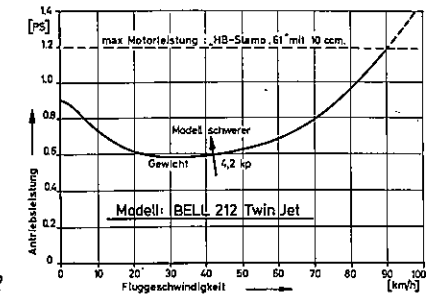


Abbildung 142

6.1.4. Automodelle

Bei Automodellen ist die erforderliche Antriebsleistung aus zwei Komponenten zusammengesetzt, aus Rollwiderstand und Luftwiderstand. Für Fahrgeschwindigkeiten bis etwa 5 m/s ist der Rollwiderstand hauptsächlich vom Antriebsmotor zu überwinden. Der Rollwiderstand wird kleiner bei größerem Raddurchmesser oder glatterem Boden und bei härteren Rädern und Boden. Über 5 m/s nimmt der Luftwiderstand immer mehr zu. Auf Kreisbahnen mit gefesselten Automodellen werden schon Geschwindigkeiten von knapp 300 km/h erzielt. Ferngesteuerte Fahrzeugmodelle haben selten eine höhere Geschwindigkeit als 40 km/h, wozu eine Antriebsleistung von ca. 0,1 kW benötigt wird. Häufig ist in diesen Modellen ein Motor mit einer Leistung von 0,3 bis 0,4 kW eingebaut, der dann für die Fahrt mit gleichmäßiger Geschwindigkeit gedrosselt wird. Die Leistung des Motors wird nur zum Abfahren oder Beschleunigen in voller Höhe kurzzeitig benötigt.

6.2. Motoreinkauf

Hat man sich zum Antrieb eines Modells mittels Verbrennungsmotor entschlossen und die Größe und Type ermittelt, so möchte man natürlich im Geschäft auch den besten Motor dieser Type aussuchen. Vor Jahren waren die Unterschiede zwischen den Motoren der gleichen Type noch stark. Ein Motor lief zum Beispiel nur schlecht und widerwillig an und brachte nur ein Viertel der vom Motorhersteller angegebenen Leistung. Andere Motoren des gleichen Types liefen zwar, aber nur wenige Stunden und waren dann ausgeschlagen. Andere Motoren liefen einige hundert Stunden einwandfrei. Damals war es wirklich emp-

fehlenswert, sich vor dem Kauf das Objekt „Motor“ genau anzusehen und zu prüfen. Heute werden aber die Modellmotoren mit höchster Genauigkeit und größter Sorgfalt hergestellt, so daß ein Motor so gut ist wie der andere. Ob nun ein Motor langlebig ist oder nicht, hängt einmal von den Betriebsbedingungen, dem Kraftstoff und Schmiermittel und dem Einlaufen des Motors ab.

Nicht unnötig ist es, wenn man den Motor im Laden mit einer montierten Luftschaube einmal durchdreht, um die Dichtheit des Kolbens im Zylinder zu prüfen. Kolben ohne Kolbenringe sollten annähernd dicht auch bei höchster Kompression sein und aus der oberen Umkehrlage leicht zurückschnappen, also nicht in OT klemmen.

Motoren mit Leichtmetallkolben und Kolbenringen sind beim einfachen Durchdrehen nicht vollständig abdichtend. Je dichter ein Kolben zwar bei dieser Prüfung ist, um so niedriger und besser ist der Leerlauf, doch kann das Einlaufen hier vieles völlig verändern.

6.3. Einlaufen von Modellmotoren

Hat man nun so einen Modellmotor gekauft, so möchte man den Motor auch gleich einmal ausprobieren. Aber vor dem Probieren sollte der Motor eingelaufen werden.

Bei Motoren mit Leichtmetallkolben und Kolbenringen kann der Motor sofort in das Modell eingebaut werden, und im Modell erfolgt der Einlauf. Daß es dem Motor schadet und dazu noch sehr gefährlich ist, ihn in einen Schraubstock einzuspannen und so die ersten Laufversuche zu machen, ist wohl einleuchtend. Sollte der Motor nicht gleich in ein Modell eingebaut werden können, so ist er auf einem speziellen Einlaufbock, wie er im Handel ist, oder auf einem ausgesägten Sperrholzbrett von mindestens 12 mm Stärke aufzuschrauben.

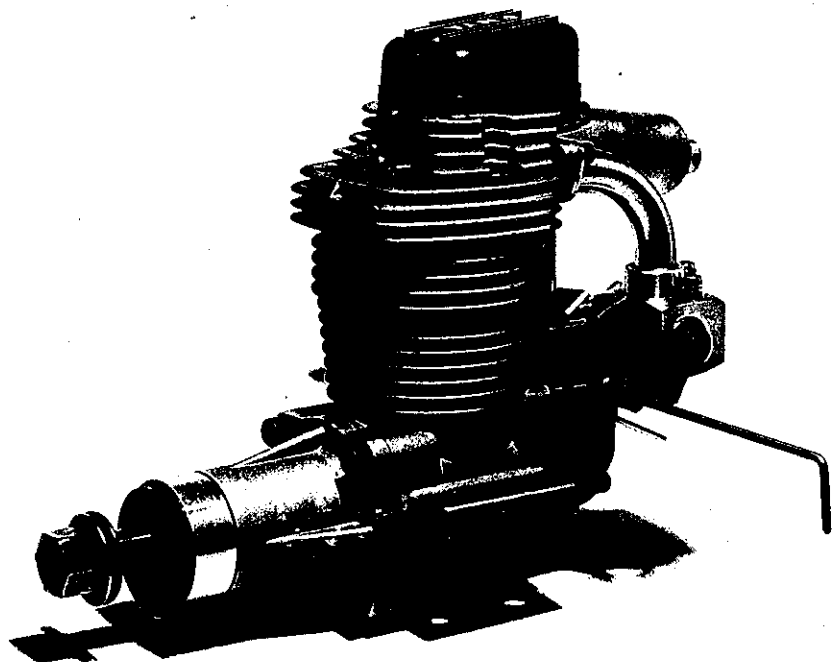


Abbildung 143

Der erste Hochleistungs-Viertaktmodellmotor auf dem Markt. Der Motor hat als erster Modellmotor ein Einlaßventil, das größer ist als das Auslaßventil und einen gut abgestimmten Wannenbrennraum mit schräger Glühkerzenlage zwischen den Ventilen. Der Motor erreicht mit Normalkraftstoff über 75 kW/Liter

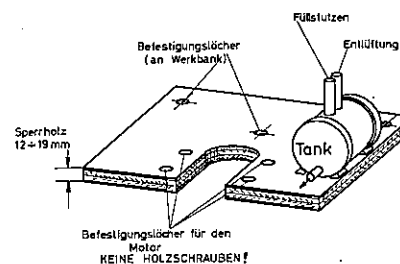


Abbildung 144

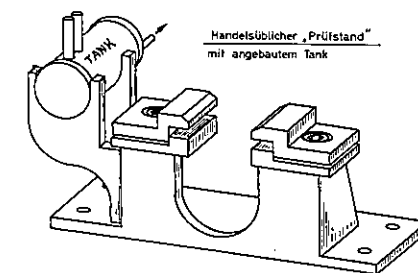


Abbildung 145

Zum Festschrauben des Motors sind Gewindeschrauben M 3,5 bis M 4 für Motoren von 6 bis 10 ccm Hubraum und M 3 für kleinere Motoren zu verwenden. Unterlagsscheiben und Sprengringe sind wohl selbstverständlich. Ist nun der Motor fest montiert und die Kraftstoffzuleitung angeschlossen, sollte man die Gebrauchsanweisung durchlesen. Dort steht, welcher Kraftstoff zu verwenden ist und wie weit die Düsenadel zu öffnen ist.

Allgemein sollte man zum Einlaufen keinen Rennkraftstoff verwenden, sondern eher ein mehr ölhaltiges Gemisch. Empfehlenswert ist, für den ersten Lauf einem handelsüblichen Kraftstoff noch 5-10 Vol-% Rizinusöl zuzumischen. Immer mit Schalldämpfer einlaufen lassen! Ist der Motor angesprungen, so sollte er höchstens mit zwei Drittel seiner Höchst-

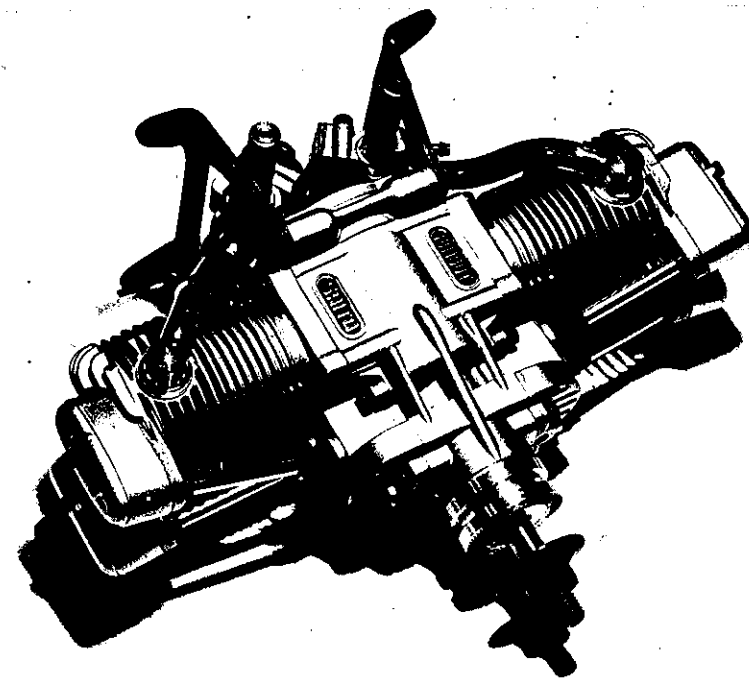


Abbildung 146

Ein Hochleistungs-Viertaktmotor mit Doppelvergaser und zwei Nockenwellen. Die Einregulierung der Vergaser ist langwierig und erfordert viel „Motorengeduld“. Auch durch das etwas hohe Gewicht konnte sich dieser Motor nur wenige Freunde erwerben. Hubraum des Motors 40 und 50 ccm, Leistung um 65 kW/Liter

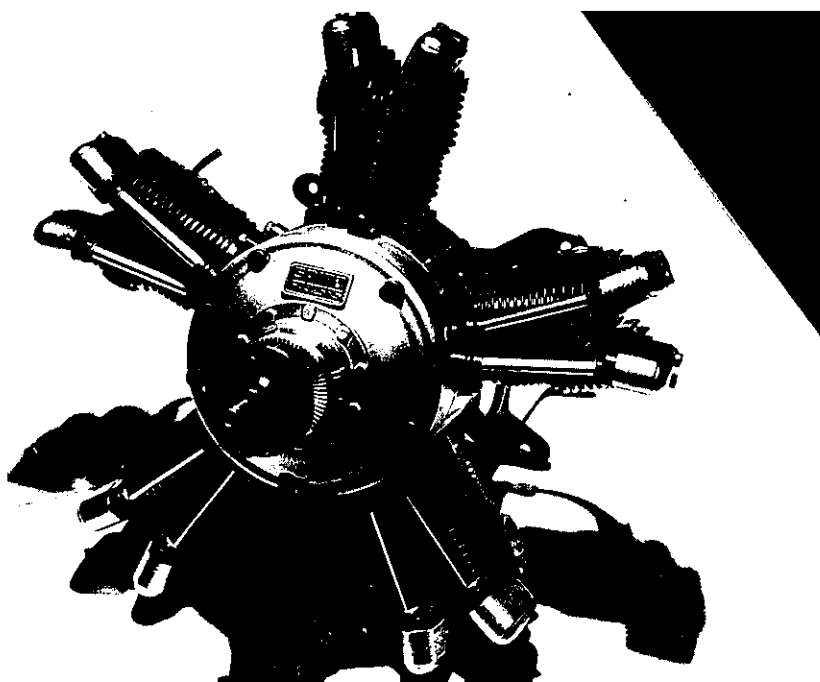


Abbildung 147
Sternmotor mit 5 Zylindern und 53 ccm Hubraum. Der Motor hat je Zylinder eine Nockenwelle, über ein Gebläserad wird das Kraftstoffgemisch in das Kurbelgehäuse gepreßt und dort von jedem Zylinder angesaugt. Dieser japanische Motor wurde vorwiegend in Motorensammlerkreisen gekauft

leistungsdrehzahl drehen, also zwischen 9000 und 10 000 U/min. Darum ist es notwendig, einen möglichst großen Propeller zu nehmen. Der Vergaser wird so einreguliert, daß der Motor „fett“ läuft. Nach etwa 5 Minuten Laufzeit ist der Motor zu stoppen. Dies geht gut bei einem Drosselvergaser, indem man auf Motorleerlauf geht und einen Lappen in die Luftschaube wirft. Ein Abklemmen der Kraftstoffzufuhr ist ungeschickt, da dann der Motor kurzzeitig „mager“ läuft und sich einen Anfresser holen kann.

Auch ist es gefährlich, so eben einmal kurz zu schauen, wie hoch der Motor drehen kann. Nur, wenn der Motor mit jeweils 5 Minuten fett eingeregelter Vergaser etwa 1 Stunde gelaufen ist, kann der Vergaser langsam auf „magerer“ eingestellt werden. Nach etwa 2 Stunden Laufzeit ist der Motor so weit eingelaufen, daß er im Flug- oder Schiffsmodell auch mit magerer Vergasereinstellung längere Zeit durchläuft.

In Ausnahmefällen ist der Einlaufvorgang nach 2 Stunden noch nicht ganz beendet, aber mehr als 3 Laufstunden braucht kein Motor mit Leichtmetallkolben und Kolbenring zum Einlaufen. Fällt der Motor nach mehr als 3 Laufstunden nach kurzem Vollgaslauf in der Drehzahl ab und quält sich beim Weiterlaufen, so klemmt der Kolben im Zylinder. Der Motor ist damit ein Garantiefall und sollte an den Hersteller eingeschickt werden. Die Ursache für ein derartiges Kolbenklemmen kann eine zu enge Kolben-Zylinder-Einpassung sein, Ölkohleablagerungen am Kolben, Anschlagen des Kolbens am Zylinderkopf oder stärkerer Zylinderverzug.

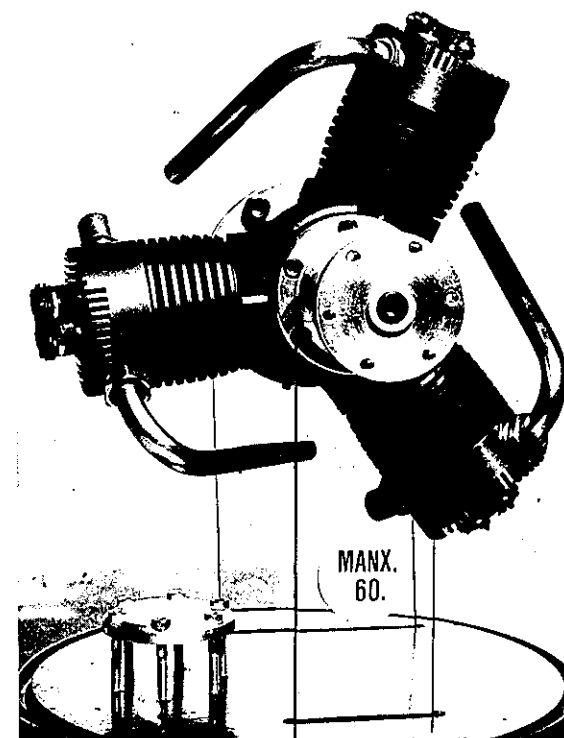


Abbildung 148
Ein Dreizylinder-Sternmotor aus England mit 60 ccm Hubraum. Der Motor hat eine Leistung um 3,0 kW und dreht bis 9 000 U/min bei vollständigem Massenausgleich 1. Ordnung

Bei Motoren mit geläpptom Kolben ist der Einlaufvorgang ähnlich. Meist ist es aber erforderlich, den Motor mehr als eine Stunde mit kurzen Läufen zu betreiben. Klemmt der Kolben nach mehr als 5 Laufstunden immer noch im heißen Zustand, so kann man einen solchen Motor retten, wenn man den Kolben im Zylinder vorsichtig nachläppt.

Dieses Nachläppen macht man zweckmäßigerweise so, daß man den Kolben mit Pleuel umgekehrt in den Zylinder einschiebt. Als Läpp-Paste haben sich Metallpolierpasten bewährt, wie sie die Hausfrau zum Polieren von Messingteilen oder der Hausherr für die verchromte Stoßstange des Autos verwendet. Durch leichtes Drehen und Hin- und Herschieben des Kolbens im Zylinder, wobei ein Rundholz als Griff in das untere Pleuelauge gesteckt wird, wird so lange geläppt, bis der saubere und leicht geölte Kolben ohne Klemmen ganz durch den Zylinder geschoben werden kann. Nach dem Einläppen des Kolbens im Zylinder ist ein neues Beginnen mit dem Einlaufen notwendig.

Was geschieht, wenn der Motor nicht so einläuft und man ihn gleich auf Höchstleistung einstellt? Nun, ein derartiger Motor wird nie ein besonders gutes und leistungsfähiges Exemplar werden. Auch wenn in der Gebrauchsanleitung nichts über das Einlaufen vermerkt ist, sollte man dennoch den Motor in der ersten Betriebsstunde mit „fetter“ Vergasereinstellung bei mäßigen Drehzahlen betreiben.

Zugaben von speziellen Einlaufpasten zum Kraftstoff oder Additive haben keine Beschleunigung des Einlaufvorgangs gebracht und sind meist unnütz.

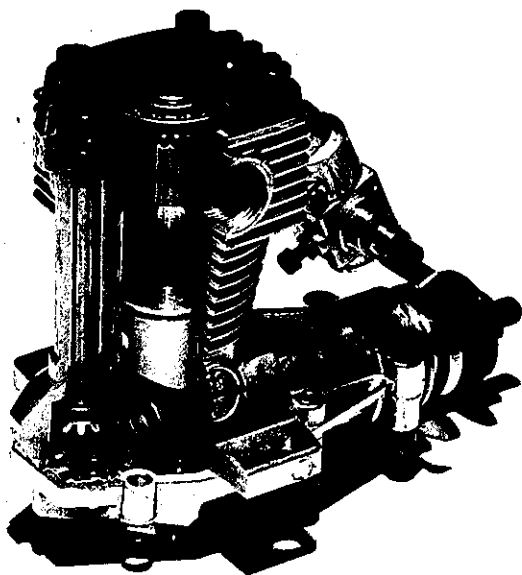


Abbildung 149
Ein interessanter Motor mit Zylinderschieber im Zylinderkopf. Der Schieber wird von einer Königs-welle angetrieben und ist axial mit einem Nadellager gegen den Zylinderkopfdeckel abgestützt. Hersteller: HP/Österreich

6.4. Starten von Modellmotoren

Aus den Anfängen der Modellmotoren erzählt man sich eine Geschichte von einem Modellbauer, der unordentlich und schlampig seine Modelle zusammengeschnitzelt hatte. Nach seinem Tod bekam er als Buße von Petrus einen KRATMO-30-ccm-Modellmotor mit dem Auftrag, diesen anzuwerfen.

Es war schon eine schwere Arbeit, einen Modellmotor aus der Vorkriegszeit zum Laufen zu bewegen. Stundenlanges Anwerfen am Propeller oder Abziehen einer Schnur von einer Schnurrolle, bis endlich das Motörchen heiser hustete, spuckte und dann wieder verstummte. Ein Weltwunder, wenn der Motor dann lief.

Motoren mit einem Drosselvergaser und einem Hubraum über 5 ccm startet man meist mit nur zu einem Viertel geöffneten Drosselklappen, also mit „viertel Gas“. In den Vergaser gibt man einige Tropfen Kraftstoff und dreht den Motor einige Umdrehungen durch.

Für Schiffsmodelle, Hubschrauber oder größere Motoren gibt es verschiedene elektrische Starter. Die Anlassermotoren sind meist Scheibenwischermotoren aus Automobilen. Häufig wird ein 6-Volt-Scheibenwischermotor mit 12 Volt betrieben, um genügend Durchzugskraft zu bekommen. Mit einem elektrischen Anlasser ist das Starten von Modellmotoren unproblematisch. Allerdings sind die Schalter zu diesen Anlassermotoren rasch verbraucht und der einzige schwache Punkt.

Für die Selbstbauer von elektrischen Anlassern hier einige typische Daten für die Elektromotoren:

Motorleistung:	60–90 Watt
Drehzahl:	3000–3500 U/min
Losbrechmoment:	80 cmkp

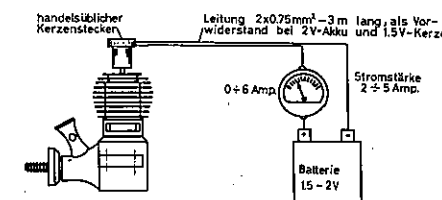


Abbildung 150

Empfehlenswert ist, in die Zuleitung des Stroms zum Vorglühen der Glühkerze ein Amperemeter einzuschalten. So erkennt man sofort, ob der Anschlußstecker zur Kerze richtig Kontakt gibt oder ob die Kerze in der Glühwendel Unterbrechung hat. Bei einigen Modellmotoren sind die Zylinderköpfe bunt eloxiert. Diese Eloxalschicht isoliert elektrisch gut, und hat man kein Meßinstrument in den Stromkreis zur Glühkerze eingeschaltet, so kann man einen schlechten Kontakt nicht erkennen, eventuell glüht die Glühkerze nicht oder zu dunkel. Abb. 150.

6.5. Einregulieren von Vergasern

Das Einregulieren des Vergasers auf den verwendeten Kraftstoff, den Propeller oder die Schiffsschraube, das Modell und das Wetter ist eigentlich keine schwere Arbeit. Dennoch ist die häufigste Beanstandung an Modellmotoren deren Unzuverlässigkeit im Betrieb. Die Ursache liegt meistens im schlechten Einregulieren des Vergasers oder an der unmöglichen Tankeinbaulage. Wenn der Tank möglichst nahe am Motor montiert wurde, der Kraftstoffspiegel im Tank bei zwei Drittel gefülltem Tank auf der Höhe der Düse im Vergaser liegt und ein handelsüblicher Kraftstoff oder ein Kraftstoff nach empfohlenem Rezept verwendet wird, ist nur der Vergaser exakt einzuregulieren, um einen zuverlässig laufenden Modellmotor zu erhalten.

Der Motor wird, wie beschrieben, gestartet. Dann bringt man bei einem Drosselvergaser das Drosselklappen langsam auf Vollgasstellung. Meistens wird der Motor etwas stotternd laufen, im sogenannten „Viertakt“. „Viertaktlauf“ hat in der Bastlersprache ein Motor, der

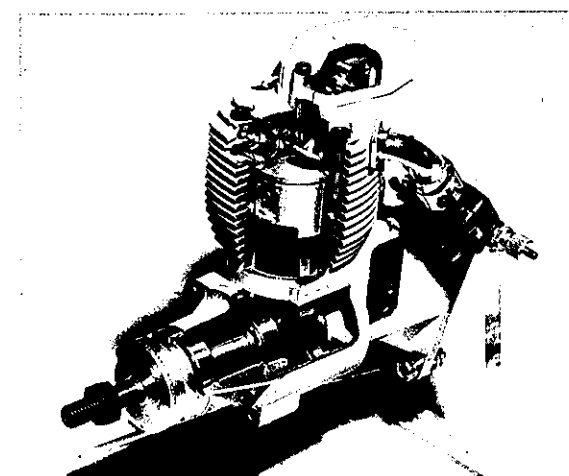


Abbildung 151
Eine moderne Motorenkonstruktion aus England mit schräg hängenden Ventilen. Die Nockenwelle ist hinten am Motor. Der Motor kann dank der symmetrischen Nocken für Rechts- und Linkslauf verwendet werden.

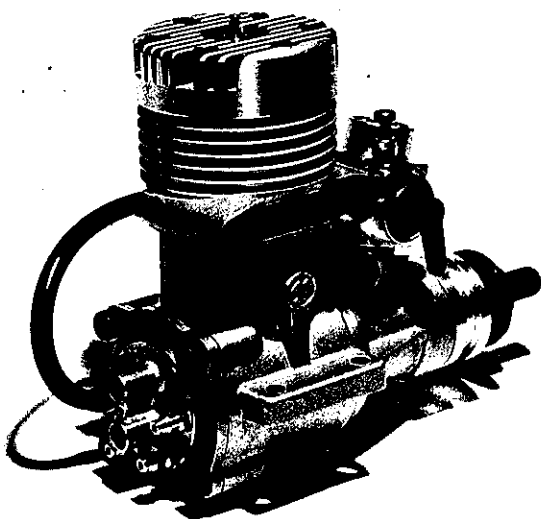


Abbildung 152
Langhubiger Zweitaktmotor mit 10 ccm Hubraum der japanischen Firma OS. Der Motor wird mit einem Kraftstoffpumpen- und Regelsystem geliefert, welches dem Motor ein absolut gleichmäßiges Gemisch in allen Fluglagen und Drosselstellungen des Vergasers sichert. Hier im Bild ist nur der Kraftstoffschlauch vom Regler zum Vergaser angeschlossen. Der Nippel unter dem Kraftstoffschlauch dient zur Druckregelung, je nach Saugrohrdruck, und wird noch mit dem Vergaser verbunden. Rechts sind die Nippel für die Tank-Zu- und Rückleitung

ein stark überfettetes Gemisch ansaugt, also zu viel Kraftstoff in der angesaugten Luft zugemischt bekommt. Dieses fette Gemisch zündet nicht bei jeder Umdrehung, sondern meist nur jede zweite Kurbelwellenumdrehung. Daher der Name „Viertaktlauf“, da ein Viertaktmotor auch nur jede zweite Umdrehung zündet.

Was in solch einem Fall des „Viertaktlaufs“ bei Vollgasstellung zu tun ist, ist einfach. Die Düsennadel wird *langsam* zuge dreht. Der Motor kommt immer mehr auf Touren und singt bald auf Höchstdrehzahlen. Dreht man nun die Düsennadel ganz *langsam* weiter zu, so fällt die Höchstdrehzahl des Motors geringfügig, und es kommen bei weiterem Zudrehen der Düsennadel Zündaussetzer und dann ein Stillstand des Motors.

Das Stehenbleiben des Motors ist unerwünscht. Dies geschieht in Vollgasstellung des Vergasers bei Drosselvergassern oder bei nicht drosselbaren, einfachen Vergasern, wenn das Kraftstoff-Luft-Gemisch zu mager ist. Daher ist der Vergaser so einzuregulieren, daß der Motor eher mit einer fetten Gemischeinstellung läuft, also in einer Stellung, in der er gerade vom „Viertaktlauf“ in regelmäßig zündenden Zweitaktlauf übergeht. Es ist meist uninteressant, aus dem Motor die letzten Umdrehungen an Höchstdrehzahl durch weiteres Abmagern des Gemischs herauszuholen, da bei der geringsten Lageänderung des Tanks zum Vergaser der Motor stotternd stehenbleibt.

Hat man bei einem Flugmodell den Vergaser nun so eingestellt, so wird das Modell in allen denkbaren Fluglagen gehalten und geprüft, ob der Motor auch in diesen Fluglagen weiterläuft. Eventuell kann man durch geringes Abmagern oder fetteres Einstellen noch eine günstigere Vergasereinstellung finden.

Leider ändern sich im Flug die Luftdrücke um ein Flugmodell. So könnte die Tankentlüftung am Rumpf gerade an einer Stelle enden, an der etwas mehr Unterdruck herrscht als am Ansaugstutzen des Motors. In einem solchen Fall wird das Gemisch im Flug abgemagert. Der Motor muß ja gegen den Unterdruck im Tank ansaugen. Abb. 153.

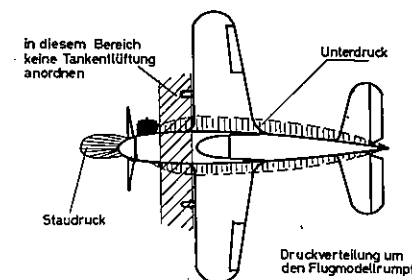


Abbildung 153

Eine Verbesserung des Kraftstoffzuflusses bringt der Drucktank, wobei meist aus dem Schalldämpfer Gasüberdruck entnommen wird. Dieser Auspuffüberdruck wird mit einem Schlauch zum Entlüftungsröhrchen des Tanks geleitet.

In diesem Fall, in dem Druck aus dem Schalldämpfer in den Tank geleitet wird, kann der Motorvollgaslauf am Boden etwa bis zur besten Motorleistung eingeregelt werden. Im Flug des Modells ändert sich kaum mehr etwas.

Etwas schwieriger ist bei Drosselvergassern der Leerlauf einzustellen. Bei den meisten Vergasern kann der Luftspalt am Drosselkükken durch eine Anschlagschraube verändert werden. Der Spalt wird so eng eingestellt, bis der Motor mit etwa 3000 U/min im Leerlauf läuft. Da aber das Drosselkükken einen starken Unterdruck um die Kraftstoffaustrittsdüse bewirkt, überfettet der Motor sein Gemisch bei Leerlauf. Der Motor fällt in seiner Leerlaufdrehzahl dadurch langsam weiter ab und bleibt nach einigem Stottern stehen. Die Kraftstofftröpfchen des Gemischs haben die Glühkerze gelöscht. Zwei Möglichkeiten, dieses

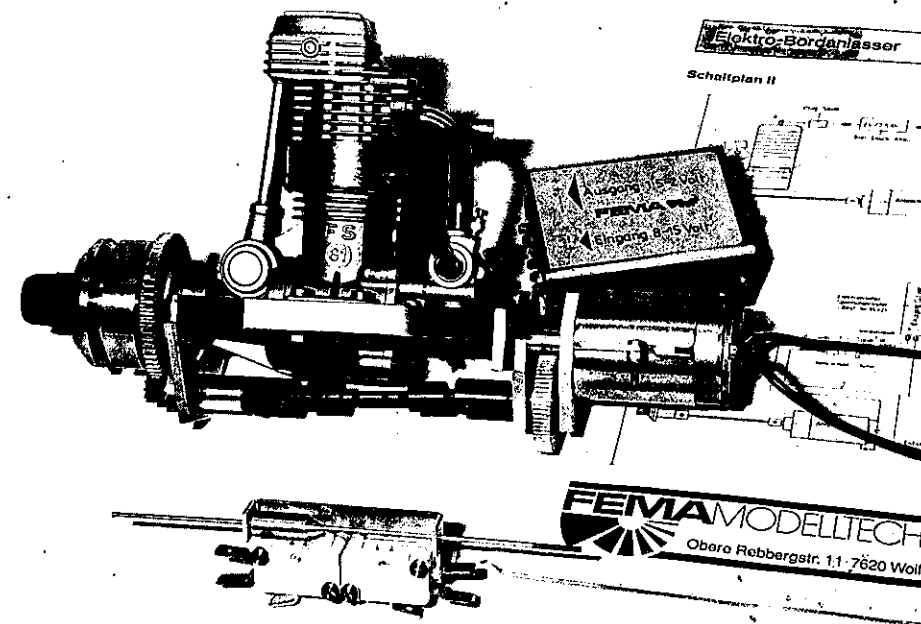


Abbildung 154
Bordanlasser, wie hier am Beispiel eines Boots-Viertaktmotors, erhöhen den Komfort bei der Hobbyausübung. Dieser Anlasser ist auch für Flugmodelle lieferbar

Kerzenlöschern zu verhindern, sind möglich. Einmal könnte man aus einer Hilfsbatterie im Leerlauf die Kerze mit Strom auf Glühtemperatur halten, oder man schafft am Vergaser eine Möglichkeit zum Abmagern des Gemischs bei Leerlauf.

Von der letzten Möglichkeit machen fast alle heute verwendeten Drosselvergaser Gebrauch. Bei einigen einfachen Vergasern kann eine Zusatzluftöffnung mit einer Querschraube mehr oder minder verschlossen werden. Mit viel Zusatzluft wird das Gemisch magerer, also öffnet man für ein richtiges Leerlaufgemisch die Zusatzluftöffnung.

Bei zu fettem Gemisch wird der Motor im Leerlauf immer langsamer, stottert und bleibt stehen. Bei zu magerem Gemisch dreht der Motor nach einigen Augenblicken Leerlauf etwas höher, beginnt zu spucken, hat Zündaussetzer und bleibt im Endeffekt auch stehen. Der Leerlauf ist im Kraftstoffgemisch richtig eingestellt, wenn der Motor im Leerlauf *gleichmäßig* weiterläuft und nach 3 bis 4 Minuten Leerlauf noch ohne zu stottern Vollgas annimmt.

Bei verschiedenen Vergasern, wie Kavan, OS, Webra und Perry, um nur einige zu nennen, kann über eine zweite Düsenadel oder ein Drehventil die Kraftstoffmenge für den Leerlauf genau einreguliert werden. Auch hier ist das Gemisch so weit abzumagern, bis der Motor im Leerlauf gleichmäßig weiterläuft, nicht in der Drehzahl ansteigt oder abfällt und nach längerem Leerlauf das Vollgas, ohne abzustellen, annimmt. Bei einigen Motortypen, vor allem bei Motoren mit Leichtmetallkolben und Kolbenringen, fällt auch bei bester Vergasereinstellung der Leerlauf mit der Zeit etwas ab. Das kommt durch das Abkühlen des Kolbens, der dann nicht mehr so gut abdichtet, so daß etwas Kompression verlorengeht. Läuft aber so ein Motor nach 10 Minuten Leerlauf ohne Stillstand und kann auf Vollgas gebracht werden, wobei der Motor bei Vollgasstellung meist kurzzeitig „Viertaktlauf“ zeigt, so ist der Vergaser richtig eingestellt, aber der Motor ist nicht optimal in der Kolbenabdichtung.

Kann ein Motor mit aller Mühe und Sorgfalt nicht auf einen zuverlässigen Leerlauf einreguliert werden, so ist meist ein Harzpfropfen im Vergaser. Diese Harzablagerungen bilden sich vor allem bei Rizinusöl im Kraftstoff. In diesem Fall ist der Vergaser vollkommen zu zerlegen, zu prüfen und zu reinigen. Die Kraftstoffzuleitung und der Tank ist ebenfalls auszuspielen. Beim Betanken ist ein Kraftstofffilter kein Luxus und verhindert 50 % aller Verstopfungen des Vergasers. Es bilden sich im Tank bei geringen zurückgebliebenen Kraftstoffresten ebenfalls diese Ölharze, so daß nach jedem Flugtag ein sorgfältiges Enttanken oder Spülen des Tanks notwendig ist.

Für Hubschrauber und ähnliche Modelle, die einen zuverlässigen und gleichmäßigen Lauf des Motors in Zwischengasstellungen, zwischen Leerlauf und Vollgas, verlangen, ist ein dreifach regelnder Vergaser, wie er im Kapitel über Vergaser beschrieben wurde, günstig. Durch einen Zusatz von 10 bis 15 % Nitromethan zum Kraftstoff kann meist mit dem einfacheren geregelten Leerlauf-Vollgasstellung-Vergaser ein gleichmäßiger Lauf in Zwischengasstellungen erreicht werden. Bei Vergasern mit Gemischregelschlitz, wie beim Perry-Vergaser oder Enya III, kann man durch Verändern der Kraftstoffviskosität durch mehr oder weniger Ölzusatz ein besseres Gemisch in Zwischengasstellungen erzielen. Die Abstimmung des Kraftstoffs auf den Motor und den Vergaser gehört bei ferngesteuerten Hubschraubern zum Einflugprogramm. Mit einem Motor, der in Zwischengasstellungen von „Viertakt“ auf Zweitaktlauf wechselt, kann man keinen Modellhubschrauber ruhig fliegen und zielgenau landen.

6.6. Kerzenauswahl

Bei den Glühkerzen gibt es, wie bei dem Kapitel über den Aufbau von Glühkerzen beschrieben, „heiße und kalte“ Kerzen. Grundsätzlich läuft jeder Glühkerzenmotor mit jeder Glühkerze, sofern nicht das Gewindeteil der Glühkerze so weit in den Verbrennungsraum hineinsteht, daß der Kolben daran anstößt. Vor allem kleinere Glühkerzenmotoren benötigen eine Glühkerze mit kurzem Gewindeteil. Die Glühkerzen mit einem Steg über der

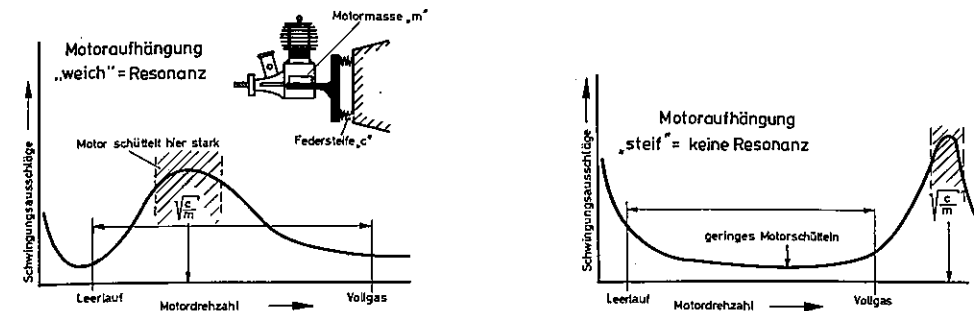


Abbildung 155

Öffnung zur Glühwendel werden besonders für einen zuverlässigen Leerlauf des Motors empfohlen. Aber hier ist auch mehr Reklame und Glaube im Spiel. Ich konnte wenigstens mit allen handelsüblichen Glühkerzen einen gleichmäßigen und zuverlässigen Leerlauf erzielen. Wenn man aus einem Motor die letzten Umdrehungen an Höchstdrehzahl erzielen will, so lohnen sich Versuche mit verschiedenen Glühkerzen. Für beste Leistungsausbeuten aus den Modellmotoren sollte aber immer der Kraftstoff und die Glühkerze zusammen optimiert werden.

Nach einigen Stunden Laufzeit oder bei ungeeigneten Kraftstoffmischungen bilden sich auf der Glühwendel Ablagerungen. Die Glühkerze wird inaktiv und der Motor läuft mit Zündaussetzern. Eine solche Glühkerze kann mit konzentrierter Schwefelsäure, die auf die Kerzenwendel aufgetropft wird, wieder aktiviert werden. Wenn dies, vor allem bei Ablagerungen von synthetischen Ölen, nicht gelingt, muß eine neue Kerze verwendet werden.

Glühkerzen mit optisch durchlässigen Glasisolatoren sind ein gutes Hilfsmittel, um die Vergasereinstellung zu beurteilen. Bei hellrot bis weiß leuchtendem Licht aus dem Glasisolator ist der Motor optimal in seinem Gemisch eingestellt. Diese Glühkerzen werden derzeit nur von einem Hersteller angeboten. Leider wird der Glaskörper durch Ölablagerungen rasch blind und undurchsichtig.

6.7. Motoreneinbau

Modellmotoren können als Zweitaktmotoren mit Gemischschmierung prinzipiell in jeder Lage des Zylinders, also hängend, liegend oder stehend betrieben werden. Allerdings ist es bei einigen Modellmotoren zweckmäßig, den Motor liegend oder stehend einzubauen.

6.7.1. Einbau von Modellmotoren in Flugmodelle

Die Modellmotoren laufen nicht ganz vibrationsfrei. Daher wurden schon einige Versuche unternommen, die Motoren schwingungs isoliert an Federn oder Gummiblöcken zu montieren. All diese elastischen Aufhängungen haben sich als unzweckmäßig erwiesen. Der Grund ist in der geringen Masse der Motoren zu suchen, die eine extrem weiche Aufhängung bedingen würde, um überhaupt Schwingungen zu absorbieren. Prinzipiell ist diese weiche Aufhängung möglich, das System Motor-Aufhängung sollte seine Eigenfrequenz unter der Leerlaufdrehzahl haben, aber es kommt ein weiterer Nachteil dieser weichen Aufhängung hinzu: Die Modellmotoren haben während einer Umdrehung keine gleichmäßige Drehgeschwindigkeit am Propeller. Im Kompressionstakt verringert sich die Drehgeschwindigkeit und im Arbeitstakt nach der Zündung beschleunigt der Propeller stark. Wenn man den Motor sehr weich und elastisch aufhängt, so verhindert die weiche Aufhängung dieses Beschleunigen des Propellers im Arbeitstakt. Dies bedeutet, daß der Motor weniger Leistung an den Propeller abgibt, der Propeller weniger zieht und ein Teil der

Leistung in der Motoraufhängung als Reibungswärme auftritt. Dies ist der Grund, warum sich bis heute keine schwingungsisolierende Aufhängung von Modellmotoren durchsetzen konnte.

Die häufigste Motoraufhängung ist heute eine sogenannte „unterkritische“. Der Motor ist möglichst starr mit dem Flugmodell verbunden. Es wird somit ein Zweimassenschwinger gebildet, Motor – Flugmodell als Massen und die Steifigkeit der Motoraufhängung als Federglied. Es ist klar, je schwerer das Flugmodell im Verhältnis zum Motor ist und je steifer der Motor mit dem Flugmodell verbunden ist, um so weiter ist man von der kritischen Drehzahl entfernt.

Die Motoreinbauanlage im Flugmodell ist nun nicht gleichgültig. Ein Flugmodell hat um seine drei Achsen verschiedene Massenträgheitsmomente und setzt also den Schwingungsausschlägen verschieden starke Widerstände entgegen. Von Dr. W. Good wurden die Beschleunigungen erstmals als Maß für die Schwingungen am Modell gemessen.

Es ergab sich folgendes:

Bei liegendem Motor waren die Beschleunigungen im Rumpfbereich für einen eventuellen Fernsteuerungseinbau am geringsten. Diese Motoreinbaulage wäre also schwingungsmäßig am günstigsten, da hier am wenigsten Vibrationen auf die Fernsteuerung kommen. Dies gilt aber nur, wenn der Tragflügel steif, durch Anschrauben, mit dem Rumpf verbunden wird. Ein stehender Motor ist einfacher zugänglich und kann meist am leichtesten gestartet werden. Ein hängender Motor bereitet Startschwierigkeiten, vor allem bei Glühkerzenmotoren wird die Glühkerze durch zu viel Kraftstoff beim Anwerfen oder im Leerlauf ausgelöscht.

Modellmotoren werden im Flugmodell zweckmäßig entweder an einen Leichtmetallträger in T-Form angeschraubt oder auf Buchenholzträger aufgeflanscht. Auch haben sich Kunststoff-(Nylon-) Motorträger gut bewährt. Diese Nylonmotorträger haben eine hohe Schwingungsdämpfung für hohe Frequenzen, ohne die Nachteile einer weichen elastischen Motoraufhängung. Abb. 158.

Der Motor sollte nur mit Gewindeschrauben, Muttern und Sicherungsringen unter Schraubenkopf und Mutter befestigt werden. Gut bewährt haben sich bei Buchenholzträgern sogenannte Einziehmutter, die mit Epoxyd Kleber an den Träger geklebt sind. In diesem Fall braucht man nur unter dem Schraubenkopf einen Sicherungsring.

Holzschrauben oder Blechtriebschrauben sind völlig ungeeignete Befestigungsschrauben für einen Motor. Diese Schrauben lockern sich, und der Motor schlägt sich los. Dies kann sehr gefährlich werden. Darum nur gutgesicherte Gewindeschrauben verwenden.

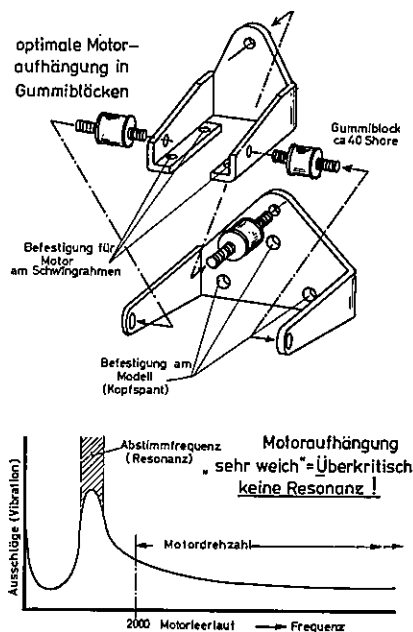
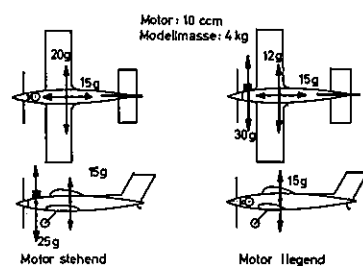


Abbildung 156



Schwingbeschleunigungen eines Motormodells
Abbildung 157

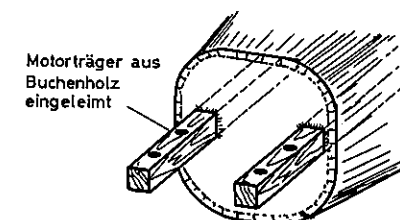
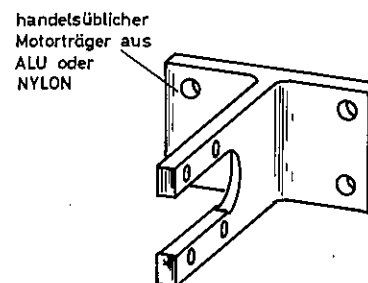


Abbildung 158

Der Anbau eines Schalldämpfers ist heute gesetzlich vorgeschrieben, sofern man nicht ganz weit weg von Wohnhäusern oder Erholung suchenden Menschen fliegen kann. Üblicherweise wird der Schalldämpfer am Motor allein befestigt. Wird der Schalldämpfer vom Motor getrennt am Modell angebaut, so muß zwischen Auspuffkrümmer und Schalldämpfer ein Stück Schlauch verwendet werden. Schläuche aus Silikonkautschuk oder synthetischem Gummi der Handelsmarke Viton oder Teflonrohr widerstehen allein den höheren Abgastemperaturen auf die Dauer. Leider ist der Preis für diese Schläuche hoch, so 10,- bis 20,- DM/Meter muß dafür bezahlt werden.

6.7.2 Motoreinbau in Schiffe

Bei Schiffsmodellen wird der Motor ausschließlich stehend angeordnet. Da diese Motoren nicht vom Propellerwind, wie bei Flugmodellen, gekühlt werden, sind Spezialmotoren mit Wasserkühlmantel oder gebläsegekühlte Motoren zu verwenden. Diese Motoren brauchen alle ein Schwungrad, da die Drehmasse der Schiffsschraube zu klein ist zum Durchdrehen des Motors über den Kompressionstakt hinweg. Folgende Schwungradgrößen (Stahl/Messing) sind üblich.

Motorgroße (Hubraum ccm)	Schwungrad (Durchmesser x Breite in mm)
1,0 ccm	30 x 10
1,7 ccm	40 x 10
2,5 ccm	40 x 15
3,5 ccm	45 x 15
6,0 ccm	50 x 18
8,5 ccm	55 x 20
10,0 ccm	60 x 20

Wird die Schwungradmasse zu klein gewählt, so läuft der Motor zwar gut bei hohen Drehzahlen, läßt sich aber nicht auf einen niedrigen Leerlauf einstellen. Wenn man sehr niedrige Leerlaufzahlen unter 3000 U/min wünscht, muß man eine große Schwungradmasse wählen. Das Gewicht des Schwungrads ist nicht allein entscheidend, sondern das Produkt aus Gewicht und Durchmesser zum Quadrat. Der Durchmesser ist wichtiger als das Gewicht! Darum sollte man Leichtmetallschwungräder rund 20 % größer im Durchmesser wählen als in der Tabelle angegeben ist.

Die Schwungräder müssen selbstverständlich ausgewuchtet werden und spielfrei radial auf der Kurbelwelle sitzen.

Bei wassergekühlten Motoren wird das Kühlwasser hinter der Schiffsschraube durch einen Trichter aufgenommen. Bei zu rascher Strömung des Wassers durch den Kühlmantel können einige Modellmotoren zu kalt bleiben und dadurch neben hohem Verschleiß auch schlechte Leistung zeigen. Die Kühlwasseraustrittstemperatur sollte um 60 °C haben,

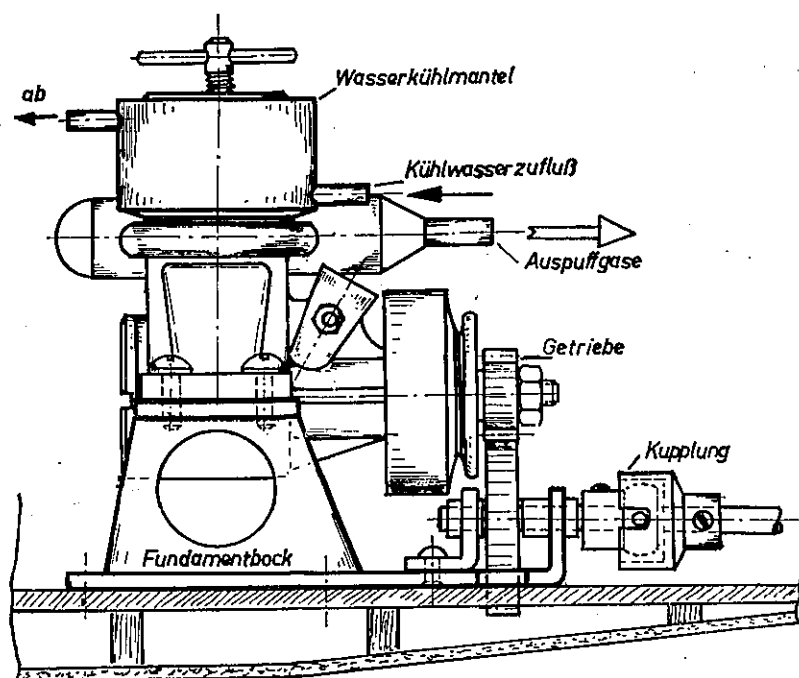


Abbildung 159

dann ist der Motor nicht unterkühlt. Durch Querschnittsreduktion am Aufnahmetrichter kann man die durchfließende Menge reduzieren und die Kühlwassertemperatur anheben. Für einen guten Wirkungsgrad der Schiffsschraube ist eine drehzahlreduzierende Getriebestufe notwendig. Die Zahnräder laufen meist offen, ohne Getriebegehäuse und Ölbad. Das Ritzel auf der Kurbelwelle ist dabei aus Stahl und das Zahnrad auf der Propellerwelle aus Nylon oder Polyamid. Ein Zahnradmodul von 1,0 bis 1,5 ist bei Motoren über 5 cm Hubraum üblich, ebenso Zahnbreiten von 10 bis 12 mm. Abb. 159.

Der Schalldämpfer muß in den meisten Fällen am Austritt mit Silikonschlauch, Vitonschlauch oder Teflonrohr verlängert werden. Wegen der Ölabscheidung aus dem Abgas ist der Betrieb von Modellverbrennungsmotoren auf vielen Gewässern untersagt. Auch wenn nicht ein ausdrückliches Verbot für Modellverbrennungsmotoren besteht, sollte

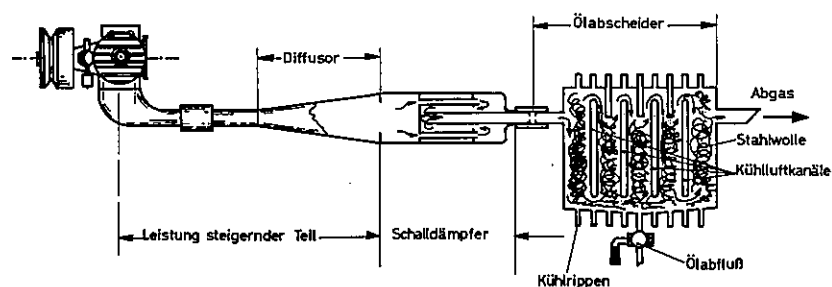


Abbildung 160

man bei Zweitaktmotoren mit Gemischschmierung einen Ölabscheider in die Auspuffleitung einbauen. Abb. 160.

So kann man meist sein Hobby längere Zeit auf einem Gewässer betreiben, ohne daß man wegen Wasserverschmutzung vertrieben wird.

6.7.3. Motoreneinbau in Autos und Hubschrauber

Bei Automotoren muß man für ausreichende Kühlung sorgen. Üblich ist eine Vergrößerung der Kühlrippenfläche durch Kühlbleche oder Kühlprofile. Gebläsegekühlte Motoren werden selten verwendet.

Bei Hubschraubermodellen wird der Motor stehend oder hängend eingebaut. Stehende Motoren springen zwar besser an und haben den besseren Leerlauf, aber dafür ist der Vergaser meist schlechter zugänglich. Ein hängender Motor ersäuft zwar leichter beim Starten, so daß man häufig die Glühkerze ausbauen und den Kraftstoff aus dem Verbrennungsraum herauslaufen lassen muß. Dafür ist der Vergaser gut zugänglich und leichter ausbaubar. Aus Gewichtsgründen werden Schwungmassen aus Leichtmetall bevorzugt.

Gut bewährt hat sich ein gebläsegekühlter Motor, wie er als Einheit von einer Firma angeboten wird. Bei dem Selbstbau von Gebläsen und Kühlluftgehäusen sind die Vorschläge und Hinweise im Kapitel „Motorkühlung“ zu beachten. Wichtig ist, daß der Motor gut mit der Antriebswelle fluchtet, da sonst durch eine Winkelstellung der Wellen zueinander starke Vibrationen auftreten.

7. Motorenwartung

Es ist selbstverständlich, daß ein Automobilmotor von Zeit zu Zeit einer Wartung und Inspektion bedarf. Genauso ist es bei den Modellmotoren. Viele Bastler denken, wenn die Leistung oder Zuverlässigkeit ihres Modellmotors nachläßt: „Na ja, eben verbraucht.“ Modellmotoren leben eben nur einige Stunden. Das ist aber nicht immer richtig gedacht. Vielleicht kann dem Motor durch eine gründliche Inspektion und Reinigung oder Tausch eines Teils zu neuer Jugend verholfen werden. Man sollte aber nicht erst eine Inspektion vornehmen, wenn bereits ein Leistungsverlust bemerkt wird.

So nach jeweils 20 Stunden Laufzeit, spätestens im Winter vor der neuen Modellsportsaison, sollte man an eine Wartung denken. So erkennt man frühzeitig zum Beispiel ein Pleuel mit zu viel Lagerluft, einen Kolbenschiefläufer oder einen Kolbenbolzen, der immer auf einer Seite am Zylinder scheuert. Hier einige Hinweise, wie man am besten diese Wartung vornimmt.

Zunächst wird der Motor zerlegt. Dies sollte aber nicht mit ungeeignetem Werkzeug, wie Vorschlaghammer, Kneifzange oder ausgebrochenen Schraubenziehern, erfolgen. Als übliches Werkzeug wird benötigt: Ein genau für die Schrauben passender Schraubenzieher, eventuell ein Kreuzschlitzschraubenzieher, aber nur guter Qualität, ein Satz Schraubenschlüssel von 3,5 mm bis 7,0 mm Maulweite, ein Hammer mit Kunststoffbahnen und zum Ausbau der Pleuelwelle ein kleiner Radabzieher.

Folgendes ist bei den einzelnen Motormustern zu beachten: Bei einigen Super-Tigre- und Hirtenberger-Motoren ist der Zylinder in das Pleuelgehäuse eingezogen. Der Zylinder kann nur aus dem Pleuelgehäuse ausgebaut werden, wenn das Pleuelgehäuse auf etwa 250 °C erwärmt wird. Die Erwärmung des Pleuelgehäuses nimmt man am besten im Küchenbackofen vor, der mit seinem Thermostat auf 250 °C eingestellt wird. Nach einer halben Stunde hat sich das Motorengehäuse so weit erwärmt, daß der Zylinder allein aus dem Gehäuse herausfällt oder mit einem Drahtaken herausgezogen werden kann.

Bei einigen Motoren von Super Tigre und OS kann der Pleuel und der Pleuel und damit die Pleuelwelle nur ausgebaut werden, wenn der Zylinder zuerst ausgebaut wird. Dann kann man aus einer Öffnung im Pleuelgehäuse den Pleuelbolzen aus dem Pleuel herausziehen. Eine konische Nadel oder ein Drahtaken erleichtern die Arbeit. Danach kann der Pleuel abgenommen und die Pleuelwelle ausgebaut werden. Bei den VECO- und HB-Motoren zieht man häufig beim Abnehmen des Pleuelkopfs den Pleuel mit heraus. Den Pleuelkopf bekommt man in einigen Fällen nur vom Pleuel frei, wenn die Teile im Frostfach eines Kühlschranks unterkühlt werden.

Die Pleuelwelle kann erst ausgebaut werden, wenn der Pleuelmitnehmer entfernt ist. Den Pleuelmitnehmer muß man bei vielen Motoren mit einem kleinen Radabzieher abziehen. Zum Ansetzen der Radabzieherbacken ist meist eine Rille in dem Mitnehmer eingestochen. Ist der Pleuelmitnehmer bei besonders hochwertigen Modellmotoren auf einem geschlitzten Konus aufgedrückt, so kann der Mitnehmer mit einem Radabzieher demontiert werden. Man versuche nicht, mit Hammerschlägen auf die Pleuelwelle den Mitnehmer von der Welle herunterzuschlagen, die Pleuelwelle und die Lager sind danach immer defekt.

Die Pleuelwellen sollten ebenfalls aus den Lagern herausgedrückt und nicht herausgeschlagen werden. Meist gelingt der Pleuelwellenausbau unter einer Presse oder im Schraubstock, wenn entsprechende Ringe unterlegt werden.

Einige Motoren haben in das Pleuelgehäuse eingeschraubte Pleuel. Diese Pleuel kann man meist erst losschrauben, wenn ein Spezialschlüssel selbst gefertigt wurde. Dieser Schlüssel ist ähnlich einem Gabelschlüssel aus Stahlblech zu fertigen und sollte an den Stegen des Pleuels neben den Pleuelöffnungen angreifen.

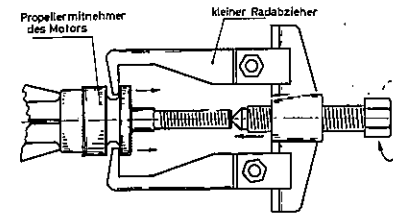


Abbildung 161

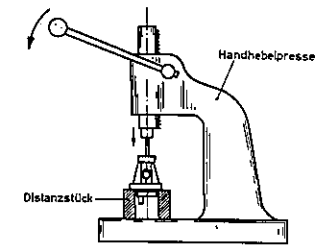


Abbildung 162

Auf keinen Fall sollten Stahlblechstreifen, Schraubenzieher oder ähnliche Dinge als Knebel durch die Pleuelöffnungen gesteckt werden. Ein Motor ist nach einer derartigen Behandlung wirklich schrotttauglich. Ebenfalls ist ein Einspannen des Pleuels in einem Schraubstock oder ein Anfassen mit einer Rohrpinde der erste Schritt zum Pleuelruin.

Ist der Motor nun ganz zerlegt, so werden die Teile in Lösungsmittel, Waschbenzin oder dergleichen von Fett und Öl gereinigt. Pleuellager mit Kunststoffabdichtungen dürfen nur in Waschbenzin gereinigt werden. Ebenfalls dürfen Kunststoffteile des Pleuels nur mit Waschbenzin gesäubert werden. Das Waschbenzin darf aber keine Aromaten enthalten, sonst lösen sich die Kunststoffteile doch etwas an oder quellen auf. Die Pleuellager werden nach dem Auswaschen sofort mit einem Tropfen HD Automotorenöl SAE 20 eingölt.

Jetzt werden die Pleuelteile beurteilt. Pleuellager sollten geräuscharm und ohne zu ecken laufen. Steht auf dem Pleuellager die Bezeichnung C 3, so hat das Pleuellager eine vergrößerte Radialluft, und man braucht sich nicht zu wundern, wenn man die Ringe des Pleuels etwas gegeneinander kippen kann. Wenn man Pleuellager aus dem Pleuelgehäuse ausbauen muß, so ist auch hier ein Erwärmen des Pleuelgehäuses auf 250 °C vorzunehmen. Die Lager fallen dann meist heraus. Werden neue Pleuellager eingebaut, so baut man die Lager am besten unter einer Presse mit einem Führungsdorn ein. Bei erwärmten Pleuelgehäusen geht diese Arbeit leichter. Wichtig ist, daß die Pleuelwelle sich zügig in die Pleuellager einschieben läßt und nicht eingepreßt werden muß. Das Pleuellager an der Pleuelwange ist meist als Loslager ausgelegt, und es sollte ein axialer Spalt zwischen Innenring des Pleuels und der Pleuelwange von 0,2 bis 0,3 mm vorhanden sein. Werden die Pleuellager gegeneinander verspannt, so sinkt die Pleuelleistung beachtlich ab. Stellt man fest, daß die Pleuelwelle zu stramm in den Innenringen der Pleuellager sitzt, so kann man mit Polierschmirgel oder feinstem Schmirgelleinwand die Pleuelwelle etwas abziehen, bis ein fester, aber noch schiebbarer Sitz des Pleuellagerinnenrings auf der Pleuelwelle erreicht wird.

Bei einem Gleitlager als Lagerung der Pleuelwelle sollte ein Spiel von maximal 4 ‰, also vier Tausendstel des Pleueldurchmessers nicht überschritten werden. Bei größerem Pleuelspiel ist ein neues Lagerungsteil zu kaufen oder der Motor zur Instandsetzung an den Hersteller einzuschicken. Der Pleuel sollte ebenfalls an seinen beiden Lagerstellen nicht allzuviel Pleuelspiel haben. Ein Pleuelspiel von 1 bis 3 ‰ ist gut; über 4 ‰ Pleuelspiel, vor allem am Pleuelbolzen, sind schlecht. Es wird in diesem Fall der Pleuel ersetzt. Falls der Pleuel an den Lagerstellen noch gut ist, ist die Pleuelung der beiden Lagerbohrungen zueinander zu prüfen. Bei schrägen Pleuelbohrungen zueinander läuft der Pleuel schief oder der Pleuelring schlägt sich schnell in seiner Nut aus. Ein Hinweis auf schräge Pleuelbohrungen oder krumme Pleuelstange erhält man aus dem Laufbild des Pleuels oder aus starken Streifspuren des Pleuels am Pleuelgehäusedeckel.

Das Laufbild des Pleuels sollte als nächstes beurteilt werden. Ein eingeläppter Pleuel aus Grauguß sollte höchstens leicht gelblich sein oder matt grau. Ist der Pleuel braun

oder schwarz, so liegt zu viel Kolbenspiel vor und eine neue Kolbenzylinder garnitur müßte gekauft werden. Etwas anderes ist es bei Leichtmetallkolben mit Kolbenringen. Diese Kolben haben immer Spiel im Zylinder. Ist solch ein Kolben stark braun oder schwarz, so wurde der Motor mit ungeeignetem Öl, minderwertigem Rizinus, betrieben, oder der Kolbenring ist schlecht. Der Kolbenring sollte gleichmäßig am Umfang getragen und auf den Laufflächen keinen braunen fleckigen Belag haben. Ist dies der Fall, so ist ein neuer Kolbenring, am besten vom Motorenhersteller, zu montieren.

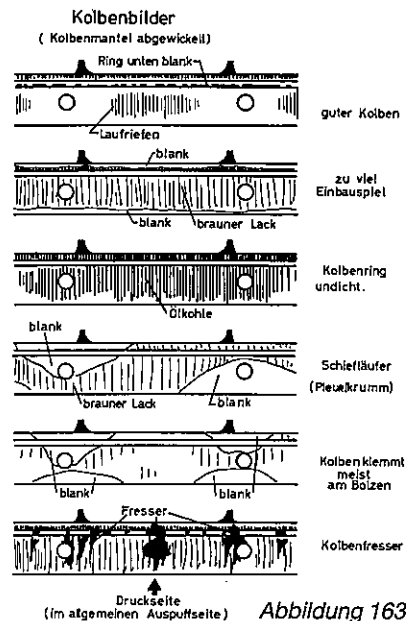
Auf Grund der gezeichneten typischen Kolbenbilder ist es möglich, den Kolben zu beurteilen. Vor dem Einbau des Kolbens sollte der Kolbenboden und das Kolbenhemd von Ölkohle gereinigt werden. Dies geht bei dünnen Ablagerungen am besten mit einem Glaspinsel, wie er zum Radieren von Tuschezeichnungen verwendet wird, bei dicken Ablagerungen ist vorsichtiges Abschaben angezeigt. Das Spiel des Kolbenrings in der Kolbenringnut sollte nicht mehr als 0,02 bis 0,03 mm betragen, sonst ist der Kolbenring über das Nutspiel undicht. Das Stoßspiel des Rings sollte ebenfalls nicht über 0,2 mm liegen, bei Motoren von 10 ccm Hubraum sind noch 0,3 mm zulässig.

Noch zu erwähnen ist, daß zwischen Kolbenboden und Kolbenhemd eine scharfe Kante sein muß. Ein Verrunden dieser Kante, um zu erreichen, daß das Öl nicht abgestreift würde, ist ein Fehler. Der Kolben läuft immer im Mischreibungsgebiet, also ohne Schmierfilm im Zylinder. Die scharfe Kante gibt aber eine bessere Abdichtung des Kolbens, da die Kante wie ein Labyrinth wirkt.

Der Kolbenbolzen sollte riefenfrei sein. Auch dürfen keine Freß- oder Schmierstellen im Pleuel- oder Kolbenaug sein. Hat der Bolzen etwas „Luft“ in den Lagerstellen, so ist mit einem raschen Ausschlagen der Lager zu rechnen. Ein Teilersatz von Pleuel, Kolben und Bolzen ist notwendig. Ist der Kolbenbolzen an der Stirnseite nur am Zylinder angelaufen, so liegt vermutlich ein krummer Pleuel vor, oder die Bohrung des Kolbenbolzenauges im Kolben ist schief. Hier helfen nur zwei Neuteile, Kolben und Pleuel.

Der Zylinder sollte höchstens gelb oder hellbraun auf der Kolbenfläche verfärbt sein. Sonst wurde ungeeignetes Öl verwendet. Sind im Zylinder braune Streifen und auf dem Kolbenring braune Flecken, so hat der Kolbenring gefressen und die Teile sind auszutauschen. Bei Motoren mit Kolbenringen arbeitet sich der Kolbenring im OT in den Zylinder ein (OT-Ringgraben). Dieser Zylinderverschleiß sollte nicht fühlbar sein. Bei einem Tausch des Zylinders sollte man zweckmäßigerweise auch gleich den Kolben und vor allem den Kolbenring mit austauschen. Gelauene Teile können sich nur schlecht mit Neuteilen einlaufen. Nur bei einem Motor, dem amerikanischen COX, kann man Kolben und Zylinder beliebig gegeneinander tauschen, aber das ist eine Ausnahme.

Vor dem Zusammenbau des Motors ist auf dem Zylinderkopf noch eventuell anhaftende Ölkohle oder Ölharz mit einer Drahtbürste zu entfernen. Ebenfalls am Kühlrippenteil des Zylinders ist dieser Ölkohle – Ölharz-Belag sorgfältig abzubürsten. Nur ein metallisch sauberer Zylinderkopf oder saubere Kühlrippen kühlen und führen Wärme ab. Ist der Motor stark äußerlich verkohlt, so ist die Ursache für den Ölaustritt festzustellen. Meist ist das



vordere Kurbelwellenlager undicht, da die Kurbelwelle oder das Lager zu viel Einbauspiel haben.

Alle Motorenteile werden mit HD-Automotorenöl eingeölt und dann zusammengebaut. Die Zylinderkopfschrauben immer „über Eck“ anziehen und nicht reihum. Wenn der Motor längere Zeit nicht laufen soll, so ist ein Einpacken in einen Plastikbeutel zweckmäßig.

Nach einer Motorenwartung sollte der Motor kurzzeitig wieder einlaufen. So eine viertel bis eine halbe Stunde Einlauf genügen vollauf. Von einer Kurzmethode des Einlaufens, indem man dem Kraftstoff Polierpulver wie „Pariser Rot“ zusetzt, möchte ich warnend abraten. Diese Poliermittel lagern sich in den Lagern und in der Kurbelwelle ab und führen zu einem unkontrollierbaren Verschleiß der Motorenteile. Daher sind einige Kurzzeitläufe die beste Einlaufmethode. Alle Schrauben sind am warmen Motor nachzuziehen.

Am Ende eines Einsatztags des Motors ist es kein Fehler, wenn der Motor äußerlich abgewischt wird und man einige Tropfen HD-Automotorenöl in den Ansaugstutzen gibt. Synthetische Öle des Kraftstoffs können zu Korrosionsschäden am Leichtmetallgehäuse führen. Rizinusöle können verharzen und Kugellager blockieren oder Kolbenringe festkleben. HD-Automotorenöl verhindert diese Folgeerscheinungen, es schützt vor Korrosion und verhindert ein Verharzen. Ansonsten sind Modellmotoren wartungsfrei und sollten nur, wenn es nötig ist, oder alle 20 Betriebsstunden zur Wartung demontiert werden.

8. Messungen an Modellmotoren

Die Hersteller von Modellmotoren machen über die Leistung ihrer Produkte meist Angaben. Diese Angaben sind häufig nur Schätzungen oder die gemessene Leistung eines besonders gutlaufenden Motors. Die Serienmotoren haben häufig von den Herstellerangaben nach unten abweichende Leistungen. Es ist nicht ganz einfach, die Leistung zu messen. Verschiedene Meßmethoden werden angewendet, auch gibt es für Modellmotoren keinen genormten Prüfstand. Den Prüfstand und die Meßgeräte muß der Hersteller selbst zusammenbauen und eichen. Hier wird schon viel gesündigt und unbewußt falsch gemacht. Eine weitere Fehlerquelle ist, daß die klimatischen Bedingungen, unter denen gemessen wurde, nicht berücksichtigt sind. Bei Modellmotoren wird die Leistung häufig nicht auf Normluftdruck und Normluftfeuchte umgerechnet.

In diesem Kapitel möchte ich die einzelnen Meßmethoden beschreiben und dem interessierten Motorenbauer einen Weg aufzeigen und Unterlagen geben, wie er mit einer Ungenauigkeit von $\pm 10\%$ die Leistung eines Motors ermitteln kann. Da die Angaben über die Leistung bei den Herstellern großzügig gehandhabt werden, sollte man die angegebene Leistung auf der Verpackung nicht als Auswahlkriterium für den Motorenkauf nehmen. Besser ist, die Erfahrung anderer Motorenbesitzer zu nützen oder die im Anhang veröffentlichten Leistungskurven und Beschreibungen auszuwerten.

Die Drehzahl kann recht einfach gemessen werden. Es gibt elektronische, berührungsfrei messende Instrumente, wie Stroboskope, Lichtschranken oder Fotowiderstände. Ein Stroboskop mit einer Genauigkeit von unter 1% des Skalenendwerts ist sehr teuer. Dennoch wird es von Motorenherstellern gern verwendet, da man mit dem Stroboskop nicht nur die Drehzahl messen, sondern auch die Bewegungen und Schwingungen von Motor und Aufhängung sowie Schalldämpfern sichtbar machen kann.

Ein besonders genaues Meßinstrument ist ein elektronischer Digitalzähler. Von vielen Elektronikfirmen werden derartige Digitalzähler angeboten. Auch in „modell“ erschien die Bauanleitung für ein solches Gerät. Von dem Motor werden ein oder mehrere elektrische Impulse pro Motorumdrehung abgenommen und über eine bestimmte Zeit gezählt. Die Impulse können induktiv von einem Zahnrad, das auf der Kurbelwelle befestigt ist, berührungslos abgenommen werden, oder es werden Fotowiderstände verwendet. Die Genauigkeit dieser Drehzahlmessung ist ± 1 Impuls pro Zählzeit.

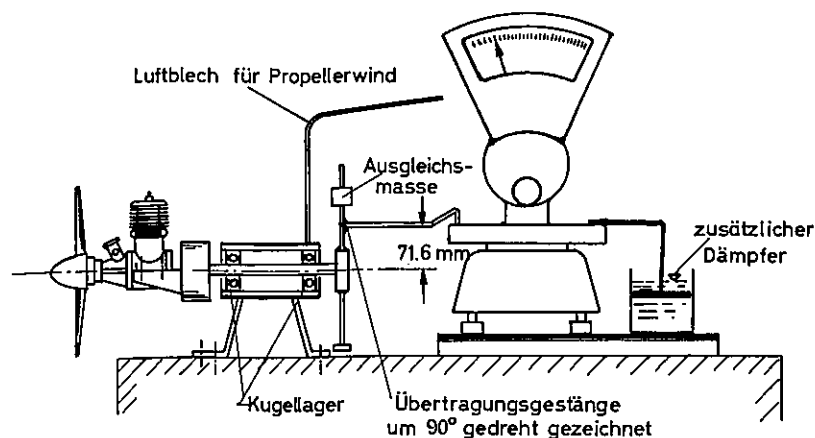
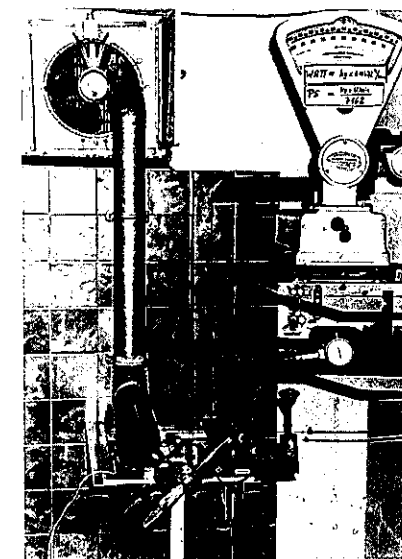


Abbildung 164

Abbildung 165

Leistungsprüfstand des Verfassers. Der Einfluß des Propellerwindes wurde durch die Hochsetzung der Drehmomentenwaage ausgeschaltet. Der Motor ist drehbar gelagert. Rechts neben dem Motor ist der Öldämpfer zu sehen, der es gestattet, einen Mittelwert des Motormomentes zu messen. Ganz rechts unter der Waage das Meßglas zur Verbrauchsermittlung, dahinter der Tank. Die Abgase werden über das Abgasrohr und dem Ventilator abgeleitet.



Für die Drehzahlmessung können auch mechanische Handtachometer verwendet werden. Diese Meßinstrumente sind sehr genau (etwa 1% vom Skalenwert). Leider verfälschen diese Meßgeräte die Motordrehzahl etwas, da die Mechanik dieser Zähler eine kleine Leistung von dem Motor abnimmt. Bei kleinen Motoren unter 1 ccm Hubraum wirkt sich das stark aus, und man kann 100 bis 200 U/min mit der Messung daneben liegen. Den besten Handtachometer gibt es mit einem Aufsteckgetriebe, so daß Drehzahlen bis $100\,000\text{ U/min}$ gemessen werden können. Der Eigenverbrauch dieses Drehzahlmessers bei $12\,000\text{ U/min}$ liegt unter $0,5\text{ Watt}$.

Die mechanische Leistung kann man nicht mit einem einzigen Meßinstrument allein messen. Sie kann man aber leicht aus dem Drehmoment und der Drehzahl errechnen. Es gibt den folgenden Zusammenhang zwischen diesen Größen:

$$M = 9550 \frac{P}{n}$$

M = Drehmoment in Newton x Meter

P = Leistung des Motors in Kilowatt

n = Drehzahl in U/min

Die Leistungsmessung besteht also aus zwei Messungen. Einmal der Drehzahl und dann des Drehmoments. Läuft ein Modellmotor und gibt ein Drehmoment an eine Arbeitsmaschine ab, so kann man das abgegebene Drehmoment am Fundament des Motors als Fundamentsmoment messen. Leider ist aber das Drehmoment oder die Drehkraft unserer Modellmotoren nicht über eine Umdrehung konstant, sondern schwankt zwischen positiven und negativen Werten. Darum kann ein Modellmotor nicht einfach drehbar oder pendelnd aufgehängt werden, sondern muß in seiner Rückdrehbewegung am Fundament bedämpft werden. Diese Dämpfer sind meist hydraulische Dämpfer, ähnlich den Stoßdämpfern in Automobilen. Daneben sollte das Massenträgheitsmoment des Prüfstands um die Motordrehachse eine Mindestgröße nicht unterschreiten, um nicht zu steife Dämpfer einbauen zu müssen.

Aus einer Tafelwaage und einem auf Kugellager drehbaren Prüfbock kann ein zufriedenstellend arbeitender Motorenprüfstand gebaut werden.

TORNADO Propeller

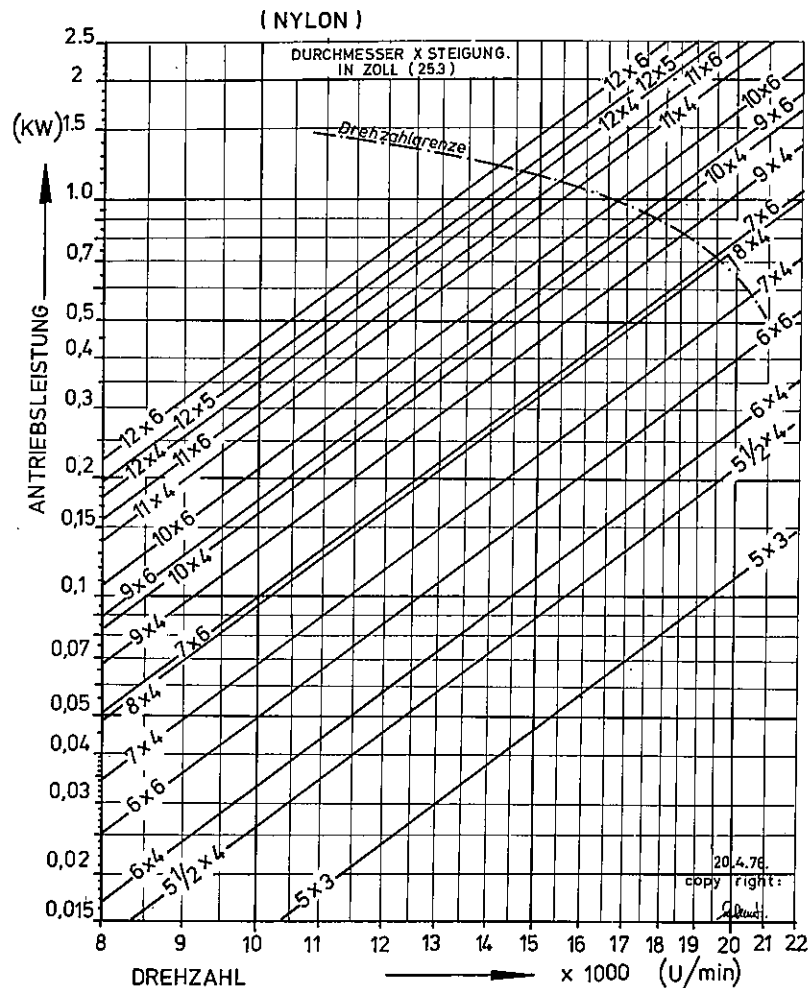


Abbildung 166

Ein Prüfstand mit einem Bremsdynamo ist bei Modellmotoren ungenau, da die inneren Verluste des Dynamos nur geschätzt werden können und es nicht einfach möglich ist, aus Volt und Ampere des Dynamos die Leistung zu errechnen. Belastung oder das Abbremsen des Modellmotors erfolgt am besten mit Luftschrauben unterschiedlichen Durchmessers und Steigung. So kann punktweise die Vollastleistungskurve des Motors gemessen werden. Zu beachten ist noch, daß beim Bremsen mittels Luftschraube der Propellerwind nicht auf Teile des Prüfstands und der Waage aerodynamische Kräfte verursacht, die das Meßergebnis verfälschen. Auch darf man nicht erwarten, daß alle Meßpunkte glatt auf der Kurve liegen, denn je nachdem, ob man die optimale Vergasereinstellung erwischte hat oder nicht, kann man bis zu 5 % zu wenig messen.

Graupner: SUPER NYLON

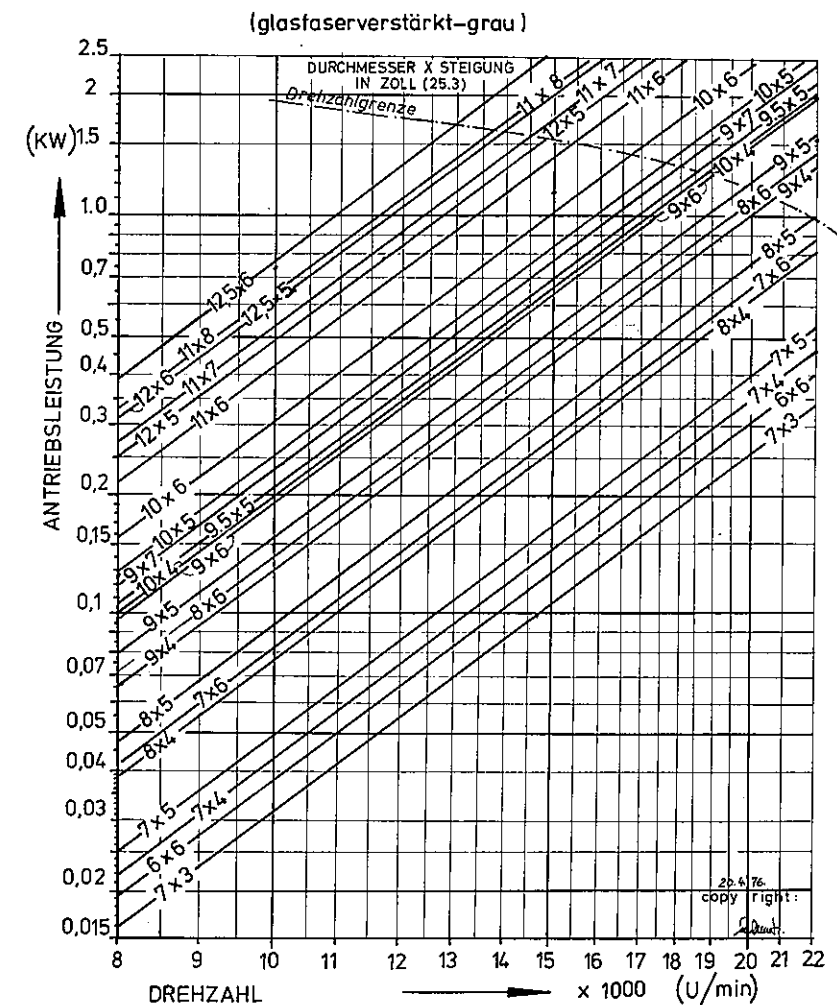


Abbildung 167

Für den Modellbauer ist es möglich, aus der Drehzahl, die der Motor mit handelsüblichen Luftschrauben dreht, auf die Motorleistung zu schließen. Die heutigen Luftschrauben sind sehr genau gefertigt und werden meist über Jahre hinweg unverändert hergestellt, so daß aus Eichdiagrammen der Luftschrauben die Leistung abgelesen werden kann. Dies ist sicher keine absolut genaue Leistungsmeßmethode, aber dennoch genauer als reine Schätzungen und Spekulationen. Wenn man einen Motor mit mehreren Luftschrauben-Größen gemessen hat, so werden bestimmt einige Meßwerte stark aus der Leistungskurve herausfallen. Hier ist vielleicht die Luftschraube tatsächlich etwas anders als das Muster, für das die Diagramme aufgenommen wurden. Eventuell gibt eine andere Luftschraube gleicher Größe und gleichen Fabrikats eher auf der Kurve liegende Werte. Hat

Robbe: DYNAMIK -rot

(NYLON, glasfaserverstärkt)

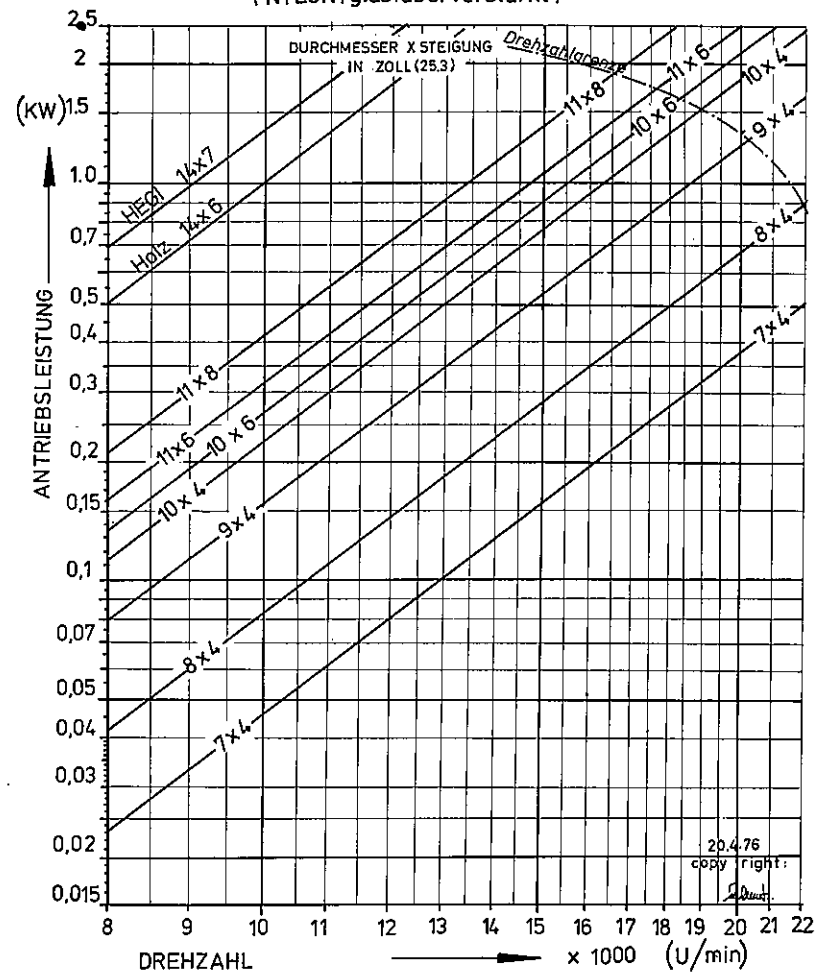


Abbildung 168

man solche gut übereinstimmende Luftschrauben gefunden, so sollte dieser Luftschraubensatz als Prüfsatz weggelassen werden. Abb. 166-170.

Wie schon gesagt, hat das Klima, also Luftdruck, Lufttemperatur und Feuchtigkeit, einen erheblichen Einfluß auf die Leistung. Im Großmotorenbau rechnet man die gemessene Leistung eines Motors auf eine Leistung bei 750 mm Hg Luftdruck, 15 °C Lufttemperatur und 65 % relative Luftfeuchtigkeit, einem Normklima, um. Eine ähnliche Umrechnung ist bei Modellmotoren nicht ohne weiteres möglich. Hier wird einmal der Zündzeitpunkt durch Luftfeuchte und Lufttemperatur beeinflusst, ebenfalls spielt die Luftdichte für das

TAIPAN-Speed-Propeller

(NYLON, glasfaserverstärkt)

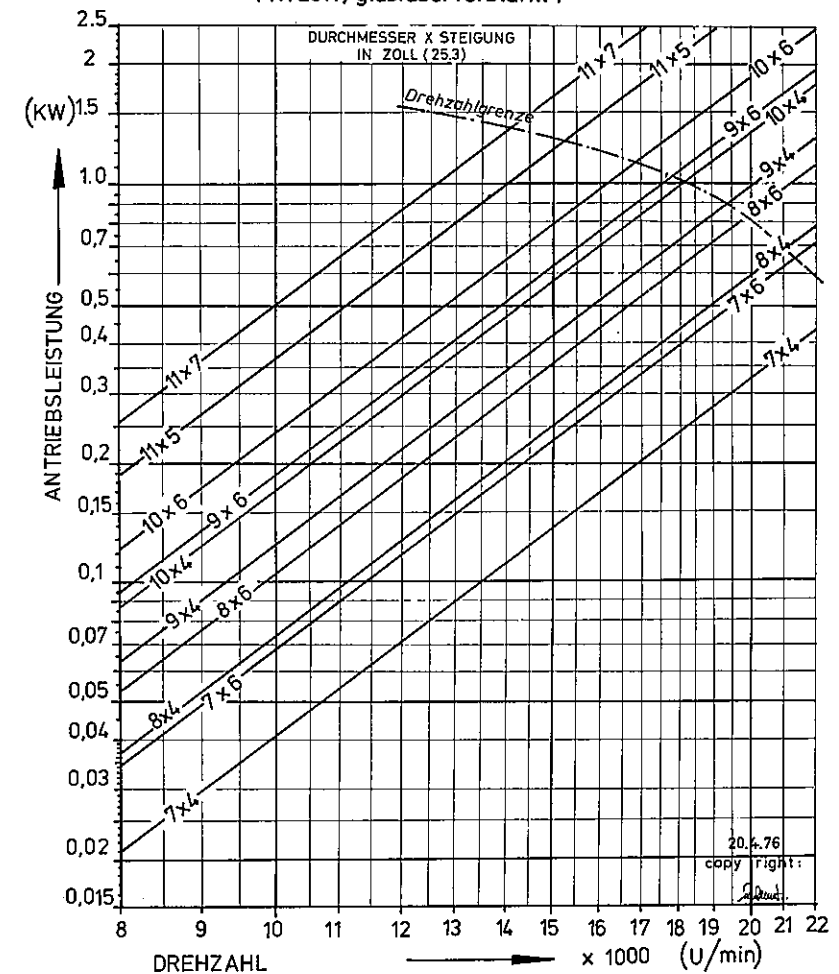


Abbildung 169

Bremsmoment der Luftschraube eine Rolle. Die nachstehenden Diagramme Abb. 171 bis 173 wurden speziell für Modellmotoren errechnet. Die Korrekturfaktoren zur Propellerdrehzahl stimmen gut überein mit Messungen an Motoren unter unterschiedlichen klimatischen Laufbedingungen. Wie man einfach mit Hilfe der Diagramme nachprüfen kann, zeigt an einem heißen Sommertag mit hoher Luftfeuchtigkeit, an einem hochgelegenen Ort mit niedrigem Luftdruck der Motor mit Glühkerzenzündung tatsächlich eine beachtliche Minderleistung. Für Modelldieselmotoren sind nur die Temperatur und der Luftdruck von wesentlichem Einfluß. Die Luftfeuchtigkeit hat bei Modelldieselmotoren erstaunlicherweise einen geringen Leistungseinfluß.

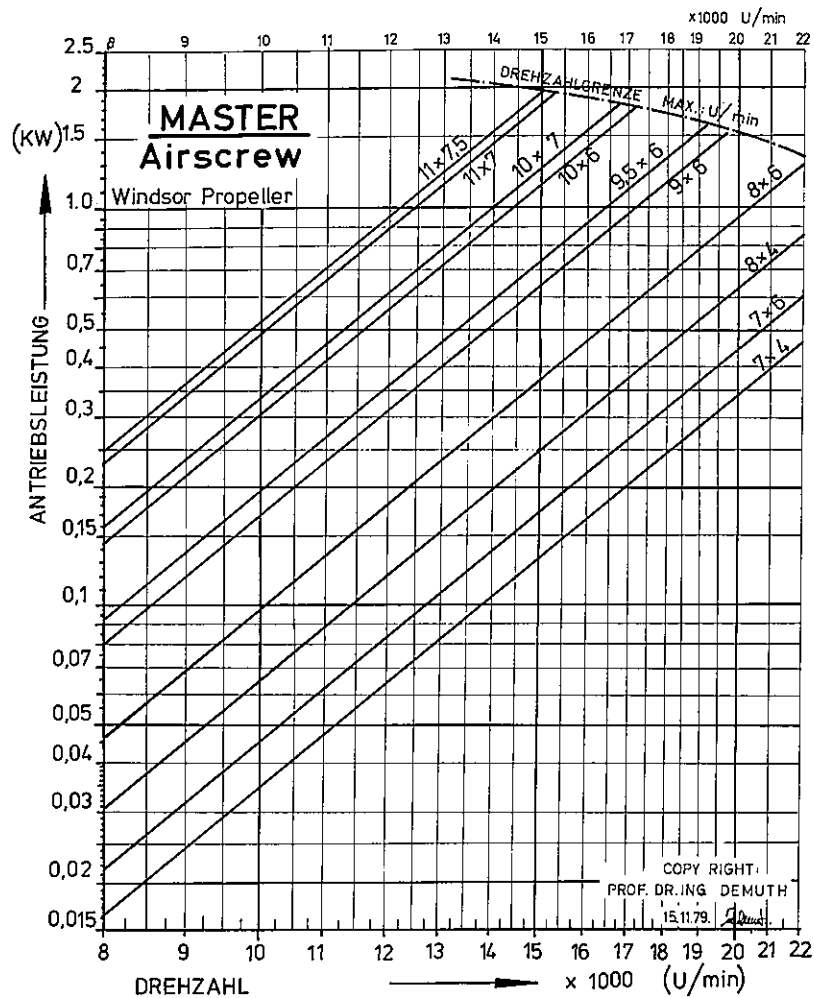


Abbildung 170

Anwendungsbeispiel der Diagramme Abb. 171, Abb. 172, Abb. 173.

Ein Modellmotor wird getestet. Mit Propeller wird eine Drehzahl von 12 000 U/min gemessen bei folgenden Testbedingungen:

Lufttemperatur 27 °C
Luftdruck 758 mm Hg
Luftfeuchte 90 %

Gesucht die Vergleichsdrehzahl der gleichen Luftschaube mit dem Testmotor bei „Normal-Prüfbedingungen“, also bei 750 mm Hg und 15 °C mit 50 % Luftfeuchtigkeit.

1. Aus Diagramm Abb. 171 folgt für 27 °C und 90 % Luftfeuchte ein Wasserdampfdruck von 24 mm Hg. Normalluftfeuchte wäre 8 mm Hg, so daß $24 - 8 = 16$ mm Hg Wasserdampfdruck als P_{Feuchte} abzuziehen wäre.

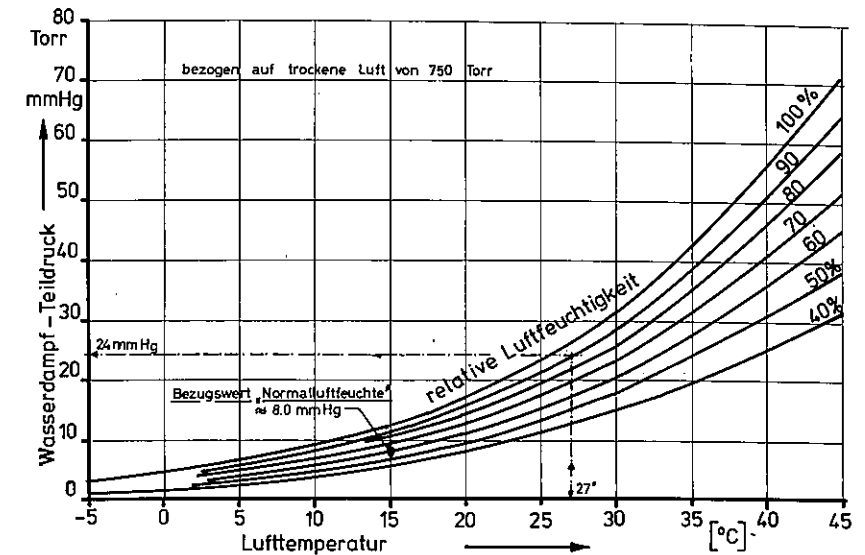


Abbildung 171

2. Aus Diagramm Abb. 172 ergibt sich für den Temperaturkorrekturfaktor für 27 °C: 0,971.
3. Aus diesen Werten errechnet sich die reduzierte Leistung, also die Leistung des Motors bezogen auf die „Normalbedingungen“ zu:

$$\frac{N}{N_{\text{red}}} = \frac{P_{\text{Baro}} - P_{\text{Feuchte}}}{P_0} (T_0/T)^{\nu}$$

$$= \frac{758 - 16}{750} \cdot 0,971 = 0,962$$

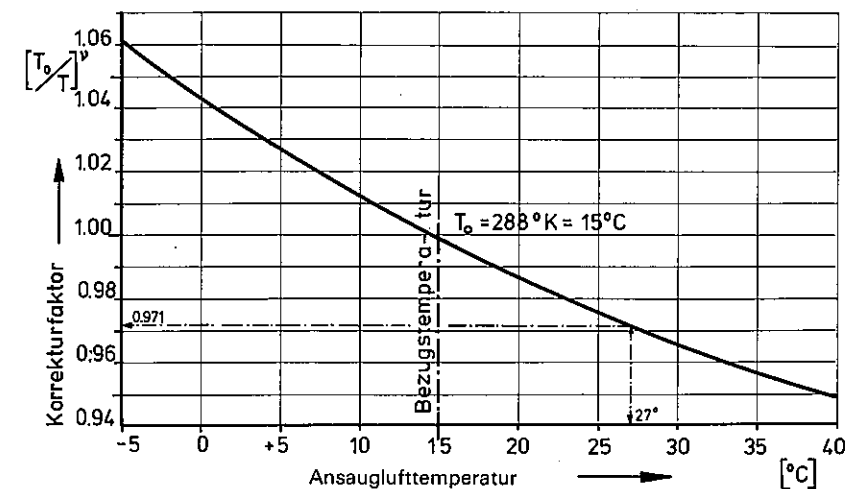


Abbildung 172

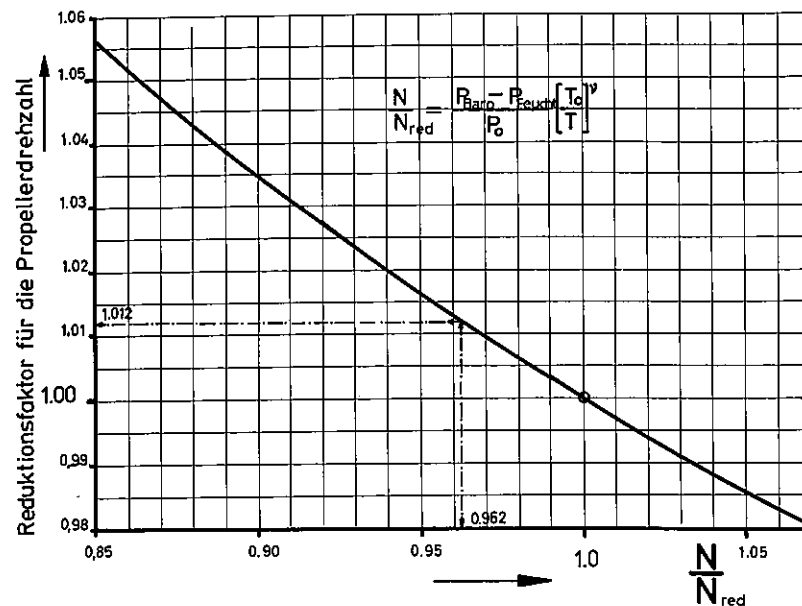


Abbildung 173

Dieses Ergebnis sagt schon aus, daß der Motor unter den Laufbedingungen mit 27 °C Lufttemperatur, 758 mm Hg Luftdruck und bei 80 % Luftfeuchtigkeit nur eine Leistung von

96,2 %

bezogen auf die Leistung bei 750 mm Hg, 50 % Luftfeuchte und 15 °C erreicht.

4. Aus Diagramm Abb. 173 ergibt sich für diese Minderleistung ein Drehzahlfaktor von 1,012. Die Propellerdrehzahl bei „Normal-Prüfbedingungen“ wäre damit:
 $12\,000 \cdot 1,012 = 12\,144 \text{ U/min}$

9. Frisieren von Modellmotoren

9.1. Frisieren Stufe I

Als unerkannter Sonntagsspaziergänger habe ich schon des öfteren Modellfliegern bei ihrem Flugprogramm zugesehen. Falls das Modell nach einigen Minuten gesteuert gelandet wurde und der vom Piloten erwartete Zuschauerbeifall einsetzte, habe ich anschließend meist ein Gespräch über den so erstaunlich laufenden Miniaturmotor belauschen können. Verbrennungsmotoren mit einem derartig durchdringenden Heulton und einer offensichtlich hohen Leistung erwecken immer das Interesse des technisch interessierten Zuschauers, und es werden über dieses Wundermötörchen mehr Fragen gestellt als über die ganze elektronische Inneneinrichtung des Modells. Die Fernsteuerung sei gekauft, der Motor zwar auch, aber den habe man erst „frisirt“, damit er so laufe. So oder ähnlich lauten dann manchmal die Auskünfte der angesprochenen Piloten. Sind unsere Modellverbrennungsmotoren denn wirklich so schlecht und schlummern in ihnen denn wirklich noch bemerkenswerte Leistungsreserven, die man nur durch etwas „Gefummel“, angeblich „frisieren“ genannt, erwecken kann?

In den folgenden Abschnitten will ich versuchen, die Möglichkeiten der Nacharbeit an Modellmotoren aufzuzählen und dem Modellbauer, der unbedingt an seinem Motor herumbasteln will, wenigstens das Risiko dieser Tätigkeit nennen und was bestenfalls dabei herauskommt.

Unter Frisieren eines Modellmotors versteht man eine über übliche Fertigungstechniken hinausgehende Nachbearbeitung von Motorteilen zum Zweck der Leistungssteigerung. Werden dagegen nur die Laufeigenschaften eines Modellmotors verbessert, also niedriger Leerlauf mit guten Übergängen auf Vollgas, so möchte ich nicht von „Frisur“ sprechen, sondern nur von einer Motoranpassung.

Welches Risiko bedeutet das Frisieren? Diese Frage erscheint mir sehr wichtig. Daher habe ich sie gleich an den Anfang dieses Kapitels gestellt, damit nicht jeder Leser den Eindruck gewinnt, ich verrate Patentrezepte, die die Industrie nur aus Gewinnsucht oder aus Gründen der Massenproduktion nicht anwendet. Das Risiko, mit einem selbst frisierten Motor auch wirklich eine bessere Leistung zu erhalten, ohne nicht dabei eine wesentliche Abnahme anderer wichtiger Laufeigenschaften zu riskieren, ist sehr groß. Daneben kommt es wohl am meisten vor, daß der Motor nach der Nacharbeit so weit „verbessert“ wurde, daß nur noch Wegwerfen übrigbleibt. Wenn man nicht finanziell in der Lage ist, einen Motor danach zu verschrotten, so ist es besser, man läßt die Finger ganz von den Modellmotorenfrisuren und beschränkt sich auf einfache Motoranpassungen.

Als Werkzeug kann man praktisch eine komplette mechanische Werkstatt nennen mit wenigstens einer Drehbank mit Fräseinrichtung, einer Honmaschine, genauen Meßwerkzeugen, einer Dentistenspindel und besten Kleinwerkzeugen. Es ist zwar nicht unbedingt notwendig, alle diese Maschinen im Keller stehen zu haben, aber wenigstens eine Dentistenspindel oder Handschleifmaschine und eine Drehbank sollte man haben. Die Arbeiten auf Honmaschinen oder Fräsarbeiten muß man dann mit entsprechendem finanziellem Aufwand als Lohnarbeit weggeben.

Frisieren in Stufen

Die Modellmotoren kann man in Stufen frisieren. Stufe I beginnt schon beim Kauf des Motors. Ein schlechtes Motorexemplar kann man auch mit viel Sorgfalt und viel Geduld nicht zu einem Superexemplar züchten. Leider ist es den meisten Modellbauern nicht möglich, beim Kauf eines Motors sich das beste Exemplar einer Type auszusuchen. Im Kapitel über den Motoreneinkauf habe ich einige Hinweise gegeben, wie man aus einigen Motoren den mutmaßlich besten aussuchen kann.

Wir haben ein solches Superexemplar ausgewählt, und nun entscheidet es sich, ob unser Motor nach dem Einlaufen wirklich mit gut bezeichnet werden kann oder ob der erste Lauf schon sein Schicksal bestimmt hat. Wie man den Motor einläuft, ist im Kapitel „Einlaufen“ beschrieben. Nach dem Einlaufen kann nun der Motor genau an die in Betracht kommende Luftschaubengröße angepaßt werden. Bei den Glühkerzenmotoren wird bekanntlich der Zündzeitpunkt nicht genau festgelegt oder gesteuert. Die Zündung beginnt in der Umgebung der Glühwendel, und von dort schreitet eine Flammenfront im Verbrennungsraum voran, bis das ganze Gemisch entzündet ist und verbrennt. Diese erste Zündung in Kerzenhöhe sollte einige Zeit früher einsetzen als der Kolben den oberen Totpunkt erreicht. Nur, wenn der Zeitzündpunkt genauso früh liegt, daß beim Abwärtsbewegen des Kolbens auch wirklich alles Gemisch entzündet, kann durch die Wärmeentwicklung mit raschem Druckanstieg im Brennraum der Motor eine maximale Leistung abgeben. Über Verbrennungsvorgänge im Motor möchte ich hier nichts mehr sagen, das steht am Anfang des Buchs. Wichtig ist nur an dieser Stelle, daß bei einem Glühkerzenmotor der Zündzeitpunkt kritisch ist und sich wesentlich auf die Leistung des Motors auswirkt, wesentlicher als alle mechanischen Bearbeitungskünste.

Beim Selbstzündermotor beeinflusst den Zündzeitpunkt die Verdichtung, oder bildlich gesprochen, die Stellung des Kompressionsnebels. Es ist bekannt, daß der Motor vor jedem Flug, für jeden Treibstoff und jedes Wetter neu eingeregelt werden muß. Beim Glühkerzenmotor gibt es leider keine verstellbare Verdichtung als Regler des Zündzeitpunkts. Bei diesen Motoren wird vom Motorenhersteller eine als gut ermittelte mittlere Verdichtung von 1 : 5 bis 1 : 12 verwendet. Diese Verdichtung unterliegt aber Fertigungstoleranzen und ist ferner noch ein Kompromiß, wenn der Motor in der Drehzahl geregelt werden soll. Bei einer hohen Verdichtung ist der Zündzeitpunkt auf früh, also für hohe Drehzahlen, eingestellt. Der Motor wird dann im Leerlauf etwas rau laufen und gern wegbleiben, im mittleren Drehzahlbereich stärker schütteln und nur bei Drehzahlen nahe der Maximalleistung zufriedenstellend sein. Die niedrige Verdichtung gibt zwar einen guten Leerlauf, aber auch dafür keine brauchbare Leistung bei höheren Drehzahlen. Meist läuft der Motor bei hohen Drehzahlen nicht durch und zeigt Überhitzungsneigungen.

Neben der Verdichtung beeinflusst noch die Glühkerzentype den Zündzeitpunkt. Heiße Kerzen bedeuten Frühzündung, kalte Kerzen analog also Spätzündung. Darum sind kalte Kerzen bei Motoren mit hoher Verdichtung meist in den Motorbetriebsanleitungen empfohlen. Weiter ist von Einfluß, welcher Treibstoff verwendet wird, ob mit Nitromethanzusätzen oder ohne, und welche Vergasereinstellung vorliegt. Ein fettes Gemisch zum Beispiel ergibt einen etwas späteren Zündzeitpunkt. Noch ganz wesentlich ist, ob der Motor mit Schalldämpfer betrieben wird und mit welchem. Ein Schalldämpfer mit einem hohen Strömungswiderstand bei Höchstdrehzahl des Motors bedingt, daß noch viel Verbrennungsrestgas im Zylinder zurückbleibt und nicht durch kühleres Frischgas ersetzt wird. Die Zündung wird dann durch höhere Verdichtungstemperaturen nach früher verschoben, was zum Nageln des Motors führt. Meist wird dann der Fehler begangen, den Vergaser fetter einzustellen. Der Motor läuft nun zwar ohne Nageln bei Vollgas, doch wird die Wärmebelastung des Motors hoch, und es kommt meist zum Überhitzen bei längerem Motorlauf und zu unangenehmen Ablagerungen von Ölkohle auf dem Kolben und auf dem Zylinderkopf. Einen Einfluß auf den Zündzeitpunkt haben auch noch Kühlverhältnisse des Motors, besonders die des Zylinderkopfs.

Nun hoffe ich, wenigstens andeutungsweise die Problematik der Verbrennung in unseren Glühkerzenmotoren an Hand der Unsicherheit der Zündverhältnisse gezeigt zu haben. Es braucht aber der Modellbauer nicht gleich zu verzweifeln, der nicht ein Hochschulstudium der „Ingenieurwissenschaften“ hinter sich hat. Durch systematische Versuche mit verschiedenen Verdichtungsverhältnissen kann man leicht für den gegebenen Treibstoff, das Wetter, das Modell, den Schalldämpfer und die Luftschaube sowie Vergaser das Optimum finden.

9.2. Die angepaßte Verdichtung beim Glühzündermotor

Sich über diese Frage Gedanken zu machen, lohnt sich nur bei Modellmotoren für größere ferngesteuerte Modelle, also bei Motoren über 5 ccm Hubraum. Bei einem kleinen 0,8 ccm COX-BABY-BEE als Hilfsmotor in einem Segelmodell ist die maximale Anpassung uninteressant, denn wenn die Leistung nicht ganz reicht, dann muß man eben einen Zylinderkopf vom COX-TEE-DEE kaufen oder, wenn das noch nicht reicht, gleich einen COX-TEE-DEE-Motor.

Bei den großen Glühkerzenmotoren liert man zunächst den Kompressionsraum aus. Zu diesem Zweck nimmt man eine kleine Injektionspritze, wie man sie bei seinem Hausarzt sicher bekommen kann (Wegwerfspritzen für Antibiotika).

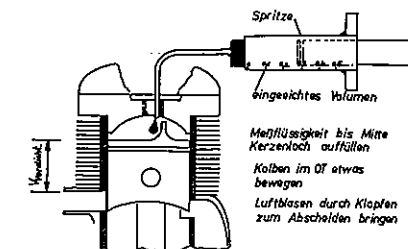


Abbildung 174

Falls man den Kompressionsraum ausgelitert hat und bei einem Super-Tigre ST 60 z. B. 0,875 ccm herausbekommen hat, so berechnet sich die Verdichtung des Motors wie folgt:

$$\frac{V_{hv} + K_{hv}}{K_{hv}} = \text{Verdichtung}$$

(V_{hv} = Verdichtungshubvolumen – K_{hv} = Kompressionshubvolumen)

Das Verdichtungshubvolumen ist dasjenige Volumen, das oberhalb der Steuerschlitze vom Kolben überstrichen wird. Zum Beispiel bei Super-Tigre ST 60 sind dies genau 8,620 ccm. Mit diesen Zahlen ergibt sich dann die Rechnung für die Verdichtung:

$$\frac{8,620 + 0,875}{0,875} = 10,85$$

Dies ist schon ein beachtlich hoher Wert, und an diesem Motor würde man zunächst versuchen, durch eine zweite Zylinderkopfdichtung die Verdichtung herabzusetzen, und dann kämen noch besonders kalte Kerzen als Erprobungsstücke in Frage. In der folgenden Tabelle habe ich die Verdichtung von einigen Testmotorexemplaren zusammengestellt:

WEBRA 61	8,65	Super-Tigre 60 FI	9,60
OS-H 60 F	7,00	Super-Tigre G 60	12,00
ENYA 60-III	6,70	Super-Tigre St 60 SR	10,85
		Super-Tigre St 60	9,80

Bei dieser Zusammenstellung ist es auffallend, daß alle Motoren aus Japan eine wesentlich geringere Verdichtung haben als Motoren aus den USA, Deutschland oder England. Dies dürfte vor allem darin liegen, daß in Japan immer noch Kraftstoffe mit Nitrobenzol verwendet werden und diese Kraftstoffe eine niedrigere Verdichtung fordern.

Falls man nun denkt, man könnte einfach die Verdichtung möglichst hoch treiben, den dann etwas mangelhaften Leerlauf mit Auspuffklappen und Zusatzbatterie für Leerlauf beherrschen, dem möchte ich nur zu bedenken geben, daß auch mit der Erhöhung der Verdichtung sich die Drücke im Zylinder erhöhen und dann eventuell Schwierigkeiten mit Pleuellagern und Kopfdichtungen auftreten.

Aus Erfahrung dürfte sich bei den Super-Tigre-Motoren der Serie ST eine Verdichtung von 9,0 empfehlen, bei Merco-Motoren ist wohl 8,5 optimal und bei Webra ein Wert dazwischen. Bei den Japanern kann man den Wert auf 8 bis 9 anheben. Diese Werte gelten für einen unnitrierten Kraftstoff und einen Minivox-Schalldämpfer.

Ideal wäre, wenn der Modellbauer für jedes Wetter einen speziellen Zylinderkopf mit Kerzen schon in der Schachtel hätte und einfach tauscht, wenn, wie auf Wettbewerben, der Motor optimal sein soll. Zum Motorfrisieren auf Stufe I gehört auch noch, daß der optimale Vergaserquerschnitt ermittelt wird.

9.3. Vergaserfragen

Über den Vergaser habe ich schon ausführlich geschrieben. Ich möchte mich hier nicht wieder mit langen theoretischen Fragen beschäftigen und bitte, darüber in den entsprechenden Kapiteln nachzulesen.

Grundsätzlich ergibt ein Vergaser mit einem großen Luftquerschnitt eine etwas höhere Leistung. Nur durch den Anbau eines Vergasers vom Super-Tigre ST 60 erreichte ich eine Leistungszunahme von 20 %! Die Sache hat aber ihre Grenzen. Die Grenze ist die Zuverlässigkeit des Motors, der bei einem großen Luftquerschnitt im Vergaser keine Saughöhe für den Treibstoff mehr hat und dann bei jedem Looping stottert oder stehenbleibt. Man bezahlt für jeden kleinen Gewinn an Leistung irgendwoanders mit Lebensdauer oder Zuverlässigkeit. Für die meisten Motoren, wie OS oder ENYA, ist der Anbau von einem WEBRA-Vergaser recht günstig. Hier gewinnt man, falls der Motor mechanisch einwandfrei ist, etwas an Leistung und an Zuverlässigkeit im Leerlauf. Bei den Super-Tigre-Motoren hat sich der Webra-Vergaser nicht ganz so gut bewährt. Hier verliert man eher in der Spitzenleistung etwas, bekommt aber dafür einen sicheren Leerlauf und einen guten Übergang, wenn man langsam die Drossel öffnet. Beim schnellen Gasgeben stottert der Super-Tigre mit Webra-Vergaser gern. Der KAVAN- und der PERRY-Vergaser sind recht brauchbar. Etwas schwierig ist bei diesen Vergasern nur die richtige Einstellung des Leerlaufs. Eine Mehrleistung ist mit diesen Vergasern im allgemeinen nicht verbunden. Falls man die Lust verspürt, seinen Motor mittels Vergaser optimal in der Leistung einzustellen, dann kann ich nur empfehlen, den Saugquerschnitt möglichst groß zu gestalten und einen Drucktank zu verwenden.

Mit den angegebenen Maßnahmen der Motorauswahl, des richtigen, sorgfältigen Einlaufens, der Anpassung der Verdichtung auf den Treibstoff und der Abstimmung am Vergaser kann man eine Mehrleistung von 10 bis 20 % erreichen, ohne allzuviel an Zuverlässig-

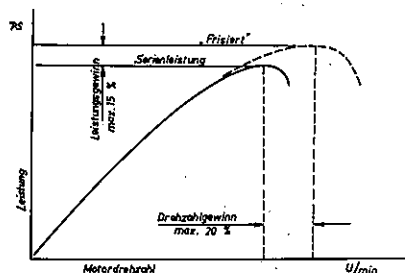


Abbildung 175

keit und Lebensdauer dagegen abzugeben. Es ist auch im allgemeinen jedem Modellbauer möglich, diese Arbeiten durchzuführen. Wer sich aber immer noch nicht abhalten lassen will, an seinem Motor weitere Frisierarbeiten durchzuführen, und wer auch mal bereit ist, einen Motor nach beendeter Arbeit zu verschrotten, der findet vielleicht einige Hinweise in der Frisierstufe II.

9.4. Frisieren Stufe II

Bevor ich einige Hinweise über mögliche Nacharbeiten an den mechanischen Teilen eines Motors gebe, muß gesagt werden, daß es nur sinnvoll ist, zu frisieren, wenn ein nach Stufe I schon optimaler Motor weiter getrimmt wird. An einem ausgeschlagenen Motor durch irgendwelche Nacharbeiten noch etwas gewinnen zu wollen, ist meist Zeitverschwendung. Man könnte sich zwar auf den Standpunkt stellen: an dem alten ausgeschlagenen Motor kann man nichts mehr verderben, es kann nur noch besser werden. Das ist aber nur erreichbar, wenn man den Grund für die schlechte Motorleistung kennt und die defekten oder verschlissenen Teile erneuert. Also nochmals gesagt:

Nur gute Motoren können noch besser werden.

Mit dem Frisieren möchten wir eine höhere Motorleistung erzielen. Diese höhere Motorleistung kann man auf drei Wegen bekommen:

1. Über eine gute Verbrennung mit gut abgestimmtem Treibstoff, Glühkerzen, Vergasereinstellung und Kompression; also Frisierstufe I.
2. Höhere Motordrehzahlen; Stufe II.
3. Höhere Gasfüllung durch Spülungsänderung; Stufe III.

Beschäftigen wir uns mit dem Punkt 2. Wie aus den Testberichten hervorgeht, hat fast jeder Modellmotor irgendwo zwischen 10 000 U/min und 20 000 U/min seine maximale Leistung. Überschreitet man diesen Punkt der maximalen Leistung etwas, so fällt sie schnell ab. Würde man nun einen Modellmotor bei horizontalem Flug des Modells genau mit seiner maximalen Leistung betreiben, so könnte man durch leichtes Andrücken nicht noch etwas Leistung gewinnen, denn der Motor dreht einfach nicht wesentlich höher. In diesem Fall meint man, daß das Modell mit dem Motor etwas lahm und müde sei. Es könnte also das Ziel einer Motorfrisur sein, den Punkt der maximalen Motorleistung um einige hundert oder gar tausend U/min höher zu legen.

Warum ein Motor solch einen Leistungsabfall oberhalb einer bestimmten Drehzahl hat, kann mehrere Ursachen haben. Es kann sein, daß nicht genügend Frischgas angesaugt wird oder, anders gesagt, daß der Vergaserquerschnitt zu eng wird. Es können auch schlechte Strömungsbedingungen im Kurbelgehäuse die Spülgase behindern. In diesem Fall wären alle Kanäle zu polieren und alle Ecken zu runden. Es könnte ferner sein, daß der Spülgasdruck oder die Vorverdichtung zu niedrig oder zu hoch liegen, um noch genügend Frischgas in den Zylinder zu stoßen. Ferner ist es denkbar, daß der Wuchtzustand des Motors so schlecht ist, daß das Hin- und Herbewegen des Kolbens die ganze Leistung aufzehrt.

Wir wissen nun, wo wir unseren Hebel ansetzen müssen, und daß es nur gelingen wird, den Punkt des Leistungsabfalls nach höheren Drehzahlen zu verschieben. Nicht möglich ist es, mit allen Arbeiten der Frisierstufe II die Leistung des Motors bei 12 000 U/min zum Beispiel von 1,0 PS auf 1,5 PS zu steigern. Wenn wir nachher die Drehzahl des frisierten Motors mit der gleichen Luftschaube messen, so werden wir im Stand wohl höchstens eine um 50 bis 100 U/min höhere Drehzahl feststellen.

Die Kurbelwelle wird das erste Objekt sein, an dem wir nacharbeiten und polieren. Bei einem Motor mit Flachdrehchieber brauchen wir nur zu untersuchen, ob es möglich ist, noch etwas an Gegengewichtsmassen anzubringen. Bei Motoren mit Kurbelwellenan-saugung werden wir zunächst ein genau passendes Leichtmetallstück in den meist weit

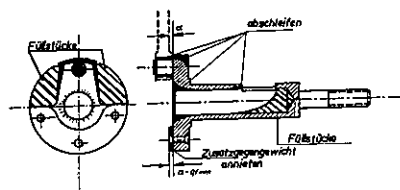


Abbildung 176

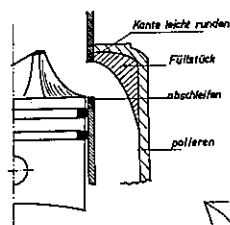


Abbildung 177

ÖNEMLİ
1.1.73

vor den Drehschieber gebohrten Kanal pressen und damit auch noch gleichzeitig das angesaugte Gas vom Vergaser sanft umlenken. Alle Kanten werden gut verrundet. Bei dieser Arbeit hilft uns eine Dentistenspindel viel. Der Ansaugkanal in der Pleuellager wird poliert und zur Pleuellager hin trompetenförmig erweitert. Vorsicht ist nur geboten, daß wir die Pleuellager nicht zu sehr schwächen und später mit einem Bruch der Pleuellager gerechnet werden muß. Den Massenausgleich können wir meist noch etwas verbessern, wenn wir das Material über dem Pleuellager abschleifen und eventuell noch die Pleuellager in diesem Bereich anschrägen.

Eine möglichst hohe Vorverdichtung ist meist vorteilhaft bei einer Drehzahlanhebung. Wir müssen den Motor genau vermessen und ermitteln, ob auch die Pleuellager wirklich ganz genau mittig am Zylinder steht. Meistens kann man den Pleuellager noch um einige zehntel Millimeter abschleifen, da der Pleuellager sowieso nicht so breit ist wie der Pleuellager. Ferner ist der Abstand der Pleuellager zum hinteren Pleuellager zu messen. In den Skizzen habe ich aufgezeichnet, wo und was man alles an der Pleuellager nacharbeiten kann. Besonders elegant ist es, wenn bei einer seitlich vom Pleuellager ausgesparten Pleuellager durch Übersleifen oder auch durch Überdrehen mit einem WIDIA-Meißel ein Stahlring Platz findet und die fehlenden Stücke in der Pleuellager durch Magnesiumleichtmetall ersetzt werden. Daß der Pleuellager möglichst viel ausgebohrt wird, ist selbstverständlich. Übrigens sind alle Bohrarbeiten an den meist gehärteten Pleuellager nur mit Hartmetallbohrern unter einer guten Ständerbohrmaschine möglich. Mit einer Handbohrmaschine ist man aufgeschmissen.

Die Lagerung der Pleuellager wird auch gleich überprüft. Die Pleuellager sollte nirgends an den Lagerflächen auf Druckstellen schließen lassen. Die Kugellager müssen fest im Pleuellager sein, und durch Nachmessen überzeugen wir uns, daß nicht eines der Lager verkantet eingesetzt ist.

Bei den meisten Modellmotoren ist das vordere Kugellager das sogenannte Festlager. Wir müssen in diesem Fall darauf achten, daß das hintere Lager noch mindestens 0,2 bis 0,3 mm Abstand zur Pleuellager hat. Abb. 178.

Beim Massenausgleich muß man etwas vorsichtig sein, denn wenn man mehr als die rotierenden Massen plus halbe oszillierende Massen als Gegengewicht anbringt, so macht man mehr schlecht als gut. Wirklich hundertprozentig müssen die rotierenden Massen

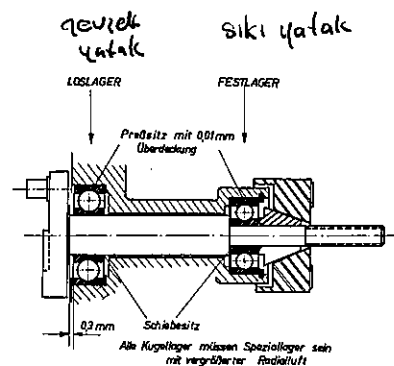


Abbildung 178

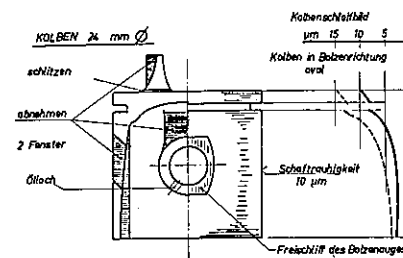


Abbildung 179

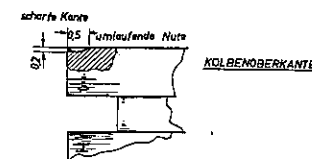


Abbildung 180

ausgeglichen sein. Die hin- und hergehenden Massen, wie Pleuellager, Pleuellagerbolzen und ein Teil der Pleuellagerstange, können übrigens bei einem Einzylindermotor nur mit größerem Aufwand ausgeglichen werden.

Das Pleuellagergehäuse ist unser nächstes Polierstück. Hier versuchen wir dem Pleuellager den Weg zu den Überströmungskanälen möglichst glatt und ohne Kanten zu gestalten. Die Vorverdichtung erhöhen wir soweit als möglich, indem wir den Pleuellagerdeckel weiter in das Pleuellagergehäuse hineinragen lassen oder indem wir ein Blech auf den Pleuellagerdeckel aufnieten.

Die Überströmungskanäle werden poliert und soweit wie möglich vergrößert. Günstig ist, wenn der Gasstrom am Ende des Überströmungskanals schon in Spülrichtung gelenkt wird. Die Skizze Abb. 178 zeigt, was gemeint ist.

Der Pleuellager wird so weit wie möglich erleichtert. Allerdings sollte man den Pleuellagerboden nicht allzusehr schwächen.

Meist kann man, wie in den Skizzen gezeigt, an der Pleuellager Nase etwas Material abknappern. Günstig hat sich eine Schneide am oberen Pleuellagerrand ausgewirkt.

Meistens sind leider die Serienpleuellager für einen frisierten Motor nicht geeignet, denn die Pleuellager einbauspiele und die Pleuellagergestaltung sind ungeeignet. Einen brauchbaren Pleuellager habe ich nur bei einigen Super-Tigre-Motoren, beim ENYA und VECO/HB-Motor gefunden. Entschließt man sich, einen Pleuellager selbst zu machen, so sollte man als Material ein siliziumhaltiges Leichtmetall, wie zum Beispiel MAHLE Legierung 124 und 138 verwenden. Das Material kann man vielleicht aus einem alten Pleuellager entnehmen oder eventuell als Musterstück von einer Pleuellagerfirma erhalten. Eventuell bekommt man von einem Modellmotorenhersteller einen geschmiedeten Pleuellagerrohling, den man fertig bearbeitet.

Als eine günstige Maßnahme für eine höhere Leistung haben sich teilweise Fenster im Pleuellagerhemd und im Zylinder erwiesen. Durch diese Fenster kann auch noch das Gas unter dem Pleuellager in den Überströmkanal gelangen, das sonst nur über Umwege dorthin gelangen kann. Bei einem Super-Tigre habe ich mal diese Fenster eingebaut. Allerdings konnte ich bis zu 12 000 U/min keine wirkliche Leistungszunahme vermerken. Der Motor macht aber in der Luft einen wesentlich stärkeren Leistungsgewinn bemerkbar. Er zog viel besser durch.

Der Zylinderkopf kann durch Abnahme der Kühlrippen eventuell etwas wärmer gestaltet werden. Wärmeabfuhr sollte in Pleuellager Nähe und auf der Auspuffseite sein. Es ist aber durch derartige Spielereien nicht viel an Motorleistung zu gewinnen. Interessanter ist es, einen Zylinderkopf mit zwei Glühkerzen einzubauen. Es ist mir zwar noch nie eindeutig gelungen, mit einem Doppelkerzenkopf auch eine meßbare höhere Leistung im Stand zu ermitteln, doch dürfte überlegungsmäßig der Verbrennungsablauf bei höheren Drehzahlen besser werden.

Pleuellager und Pleuellagerbolzen habe ich bis jetzt noch nicht erwähnt. An diesen Teilen kann man viel tun, doch ist es meist recht schwierig, wirkliche Verbesserungen zu erzielen.

Bei einem idealen Pleuel müßte das obere und das untere Bolzenauge in ein vollnadriges Nadellager umgewandelt werden. Es gibt im Handel Miniaturlagernadeln von 0,78 mm Ø, diese Lagernadeln gibt es in Längen von 3,0 mm aufwärts bis 7,5 mm. Allerdings bedeutet der Einbau dieser Nadellager, daß entweder der Hubzapfen etwas dünner geschliffen wird oder ein neuer Pleuel aus gehärtetem Stahl oder Dural mit eingepreßten Lageraußenringen aus Stahl gefertigt wird. Ich möchte annehmen, daß derartige Lagerungen nur wirkliche Supermechaniker und Uhrmacher herstellen können. Allerdings erbringen diese Lager auch eine wesentliche Leistungssteigerung und höhere Motorlebensdauer. Es ist mir auch bekannt, daß ein Rekordmotor solche Nadellager nicht nur am Kurbelzapfen, sondern auch am Kolbenbolzen hatte.

Der Zylinder muß auch noch behandelt werden. Hier schleift man alle Stege im Überströmkanal schmaler und verrundet die Fensterkanten. Meist ist es noch möglich, die Überströmkanalschlitzte wesentlich zu verbreitern. Die Bearbeitung der Auslaßschlitze erscheint nicht ganz so notwendig, doch ist es sicher nicht nachteilig. Hüten sollte man sich allerdings davor, die Schlitzhöhen oder die Steuerzeiten zu verändern. Hier kann man meist einen Motor restlos ruinieren.

Die Lebensdauer eines Motors kann man entscheidend verlängern, wenn der Zylinder innen hartverchromt wird. Dies kann man bei einer galvanischen Anstalt vornehmen lassen. Allerdings muß man vorher den Zylinder etwas ausschleifen, um Platz für die Chromschicht zu schaffen. Nach der Verchromung muß der Zylinder wieder gehont und geläppt werden. Eine besonders gute Verchromung ist eine sogenannte Porösverchromung, die immer für eine gewisse Ölhaltung sorgt. Bei ungehärteten Zylindern ist ein Badnitrieren dem Hartchrom noch überlegen. An der Nitrierschicht haftet das Öl besser, und es gibt keinen Kolbenfresser mehr, nur Kolbenklemmer.

Meistens wird über die Zylinderbüchse der Kühlrippenmantel nur lose geschoben. Im warmen Motor ist dann ein Spalt zwischen Zylinder und Kühlrippenteil, so daß die Wärme nicht abgeführt werden kann, und der Motor überhitzt. Hier hilft nur, den Zylinder außen dick verkupfern zu lassen. Wie stark die Schicht sein soll, muß ausgemessen werden. Der Zylinder muß danach auch bei gut angewärmtem Kühlrippenteil mit Überdeckung eingepreßt werden. Durch diese Maßnahme wird meist der Zylinder unrund und muß im Einbaustand nachgehont werden.

Im übrigen sollten die Zylinder bei einem Motor mit Kolbenringen nicht ganz glatt sein. Durch das Honen sollten bewußt schräg laufende Riefen eingebracht werden, in denen dann im Motorbetrieb Öl haften bleibt. Diese Riefen sollten 25 % der Zylinderfläche „verbrauchen“ und etwa einen Winkel von 20° zum Kolbenring bilden.

Als eine maximale Unrundheit des Zylinders kann 0,01 mm angesehen werden. Bei einem Kolben aus Kolbenwerkstoff mit Silizium ist ein Einbauspiel von 0,01 mm je 10 mm Zylinderdurchmesser maximal zulässig.

Damit hätte ich alles über die Möglichkeiten der Motorfrisur der Stufe II gesagt. Nochmals möchte ich daran erinnern, daß es mit dieser Nacharbeit am Motor im allgemeinen nicht möglich ist, die Leistung des Motors im unteren Drehzahlbereich zu steigern. Es gelingt nur, den Leistungsabfall des Motors nach höheren Drehzahlen zu verschieben und damit eine Leistungssteigerung durch höhere Drehzahlen zu erreichen. In der nächsten Frisierstufe werden Wege gezeigt, wie man aus gleichem Hubraum und Drehzahl eine höhere Leistung oder einen besseren Treibstoffverbrauch erhalten kann.

9.5. Frisieren Stufe III

In der Frisierstufe III wollen wir uns nicht allein auf die mechanische Verbesserung des Triebwerks beschränken, sondern nach dem letzten Stand der Kleinmotorentechnik alle Möglichkeiten der Spülung und des Gaswechsels ausnutzen. Einige Modellmotoren kön-

nen leichter umgebaut oder so modifiziert werden, daß das Optimum an Leistung erreicht wird. Diese Motoren wären alle speziellen Rennmotoren wie Rossi, Dooling, Webra Speed, Super-Tigre G-Serie und die HP-Motoren, um einige zu nennen.

Welche Möglichkeiten haben wir nun, die Leistung des Motors noch über die heute übliche Literleistung von 100 PS/Liter Hubraum bei 12 000 U/min zu steigern?

Wir müssen bei unseren Motoren die Aufladeeffekte von auf Resonanz abgestimmten Saugleitungen und Schalldämpfern anwenden. In den theoretischen Kapiteln am Anfang des Buches habe ich einige Näherungsgleichungen zusammengestellt, nach denen man die Saugrohrlänge vom Luft Eintritt bis zum Kurbelgehäusevolumen berechnen kann. Den Düsenstock des Vergasers plaziert man zweckmäßigerweise am Anfang der Saugleitung, sonst kann man in einigen Drehzahlbereichen Schwierigkeiten mit dem Ansaugen des Treibstoffs bekommen.

Bei den meisten hochtourigen Motoren wird nun nicht genau im oberen Kolbentotpunkt der Ansaugvorgang unterbrochen, sondern noch bis maximal 45° Kurbelwinkel nach OT fortgesetzt. Dies ist zunächst unverständlich, da ja der Kolben sich schon nach unten bewegt und eigentlich das angesaugte Gas im Kurbelgehäuse vorverdichten müßte. Durch die Trägheit des strömenden Ansauggemisches bei abgestimmtem Ansaugkanal gelangt immer noch etwas Frischgas in das Kurbelgehäuse, obgleich sich das Kurbelgehäusevolumen durch den herabkommenden Kolben verengt.

Bei einer optimalen Abstimmung der Saugrohrlänge müssen auch die Steuerzeiten des Ansaugdrehtriebers beachtet werden, und daneben spielt auch das Kurbelgehäusevolumen eine wichtige Rolle.

Als nächstes kann man mit einem abgestimmten Resonanzauspuff nochmals etwas an Leistung gewinnen. Wie die Sache funktioniert, habe ich in dem Kapitel über Auspuffanlagen ausführlich beschrieben. Bei einem derartigen Auspuff braucht man nicht auf einen Schalldämpfereffekt zu achten, denn bei einem Rennmotor interessiert vor allem der Leistungsgewinn und nicht ein Flüsterton des Motors. Aus diesem Grunde ist es notwendig, einen Resonanzschalldämpfer, soll er für diesen Zweck verwendet werden, seines Dämpferteils zu berauben und statt dessen eine verschiebbare Wand mit Endrohr einzubauen. Das Endrohr soll etwa den Querschnitt des Rohrs am Eintritt des Diffusors haben.

Wer einen Modellmotor mit Querstromspülung im Drehzahlbereich unter 20 000 U/min wesentlich in der Leistung anheben will, sollte die nachträgliche Anwendung der Perry-Spülung für den zu verbessernden Modellmotor prüfen. Die Abb. 181 zeigt die anzustrebende Schlitzanordnung für diese Hochleistungsspülung.

Leider ist es nicht bei allen Modellmotoren möglich, den Verbindungskanal vom Überströmkanal zu den Umkehrspülschlitzen aus dem Gehäuse herauszufräsen. Bei einigen Modellmotoren der Marke Super-Tigre ist aber in den Gehäusen so viel Wandstärke vorhanden, daß diese Kanäle leicht gefräst werden können. Die Umkehrspülschlitze sind nicht schmaler als 1,0 mm zu machen, sonst machen sich die Wandreibungsverluste

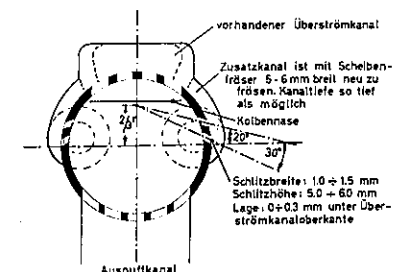


Abbildung 181

stark bemerkbar. Ferner ist auf eine gute Abdichtung zwischen Überströmkanal und Auspuff zu achten. Nach dem Fräsen der neuen Schlitz sind die Kanten im Zylinder auf der Kolbenauflfläche zu runden. Dazu zieht man am zweckmäßigsten Schmirgelleinwand (Körnung 320 oder 400) durch die Schlitz.

Noch auf eine Eigentümlichkeit der Modellmotoren möchte ich hinweisen. Die Kolbenringe der Motoren können bei höheren Drehzahlen ins sogenannte Flattern kommen. Dies merkt man daran, daß der Motor leicht in der Drehzahl schwankt und daß der Kolben trotz gut dichtendem Kolben beim Durchdrehen rasch Ölkohleansatz zeigt. Ein einfacher Tausch des Kolbenringes bringt nicht die Heilung; nach dem Einlaufen des Ringes tritt wieder Ringflattern auf. Hier könnte nur ein Kolbenring angewendet werden, der möglichst ein L-Ring sein sollte, und dazu ein L-Ring, der eine nicht konstante Anpressung an der Zylinderwand verursacht. Diese Kolbenringe müßten unrund gedreht werden, so daß am Ringstoß weniger Anpreßdruck verursacht wird; ein Problem für Supermechaniker!

Nun glaube ich ausreichend beschrieben zu haben, was und wo man an heutigen handelsüblichen Modellmotoren noch etwas verbessern kann. Eine weitere Leistungssteigerung der Modellmotoren wäre nur noch mit Spülpumpen, Ladegebläsen oder Sonderkonstruktionen zu erreichen.

10. Leistungsdiagramme und Kurzbeschreibung von Modellmotoren

Im folgenden sind einige heute handelsübliche Modellmotoren in ihren wesentlichen Details beschrieben. Die Leistungsdiagramme wurden auf dem in der Abb. 165 gezeigten Prüfstand gebremst und gemessen. Als Bremslast dienten verschiedene handelsübliche Luftschrauben. Die Drehzahlwerte mit diesen Propellern sind in den Leistungsdiagrammen eingetragen. Alle Leistungen sind auf 1000 mbar Luftdruck, 15 °C Temperatur und 75 % Luftfeuchtigkeit umgerechnet, so daß sie vergleichbar sind. Alle Leistungsmessungen sind mit Schalldämpfer ermittelt worden.

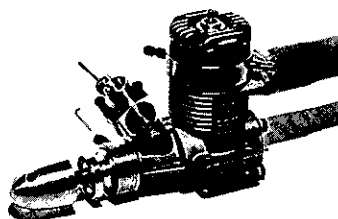
Der Lärm der Modellmotoren ist recht beachtlich, und vielfach entscheidet heute nicht mehr die Leistung des Motors oder die Lebensdauer über die Anwendung des einen oder anderen Triebwerkes, sondern der Lärmpegel. Fast alle Motoren sind im Freien, ebenes Wiesengelände, in 10 m Abstand lärmäßig gemessen worden. Der Verlauf des Motorenlärms ist ebenfalls in den Diagrammen eingetragen.

Es sei betont, daß die in den Diagrammen ermittelte Leistung sich nur auf ein Exemplar der Modellmotorenart bezieht. In der Serie können die Modellmotoren erheblich von diesen Werten nach oben und unten abweichen. Auch ist zu berücksichtigen, daß die Modellmotoren ständig verbessert werden und durch äußerlich nicht sichtbare Änderungen sich verbesserte Leistungen ergeben können. Es ist daher nicht richtig, sich an Hand der Diagramme den leistungsfähigsten Modellmotor herauszusuchen. Nur eine Kombination von Eigenschaften wie Zuverlässigkeit, Lebenserwartung, Anspringen, Vergaser, Ersatzteilbeschaffung, Preis und Leistung kann eine Kaufentscheidung ergeben.

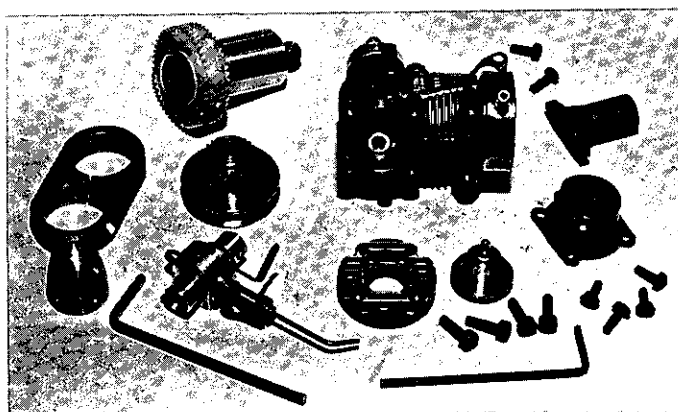
Für den Konstrukteur oder Hersteller von Modellmotoren sind die Einzelteifotos und die Beschreibungen wertvolle Unterlagen und Anregungen. Auch für den interessierten Laien gibt das Studium der Diagramme und Bilder einen guten Einblick in das Gebiet der Modellmotorentechnik.

Webra Speedy 1,789 ccm

Hersteller: Modell- & Feintechnik
Inh. Martin Eberth
1000 Berlin 36, Oranienstraße 6

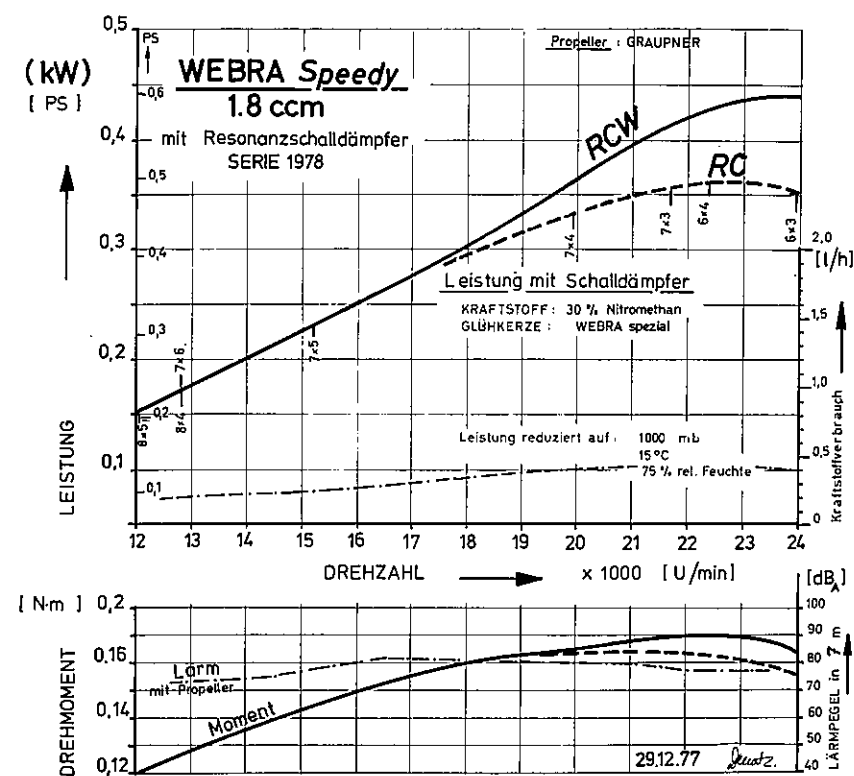


Allgemeines:	Der Motor ist für kleine Rennflugmodelle oder für Rennboote gedacht. Er kann mit einem aufgesteckten Zahnradgetriebe für $i = 2$ Untersetzung geliefert werden.
Kurbelwelle:	Gehärtete Stahlkurbelwelle zweifach in Kugellagern gelagert.
Kurbelgehäuse:	Einteiliges Kurbelgehäuse aus dichtem Alu-Druckguß hoher Festigkeit. Auspuffschlitz nach hinten gerichtet.
Lagerung:	Kurbelwellenlager Normrollenkugellager. Pleuellager Aluminium. Lagerung der Zahnradwelle auf Rillenkugellagern.
Pleuel:	Aluminium gepreßt, keine Lagerbuchsen.
Kolben:	Getemperter Sondergrauguß, geschliffen. Kolbenhemd unter dem Bolzenauge zurückgenommen. Flacher Kolbenboden.
Zylinder:	Gehärteter und geschliffener Stahlzylinder. Zur Ölhaltung durch Honen aufgeraut. Steuerschlitze gefräst.
Zylinderkopf:	Zweiteiliger Zylinderkopf mit integrierter Glühkerze im Brennraumteil.
Vergaser:	Einfacher Drosselvergaser mit Zusatzluftöffnung regelbar für Leerlaufgemischeinstellung.
Laufverhalten:	Motor ist für extreme Drehzahlen ausgelegt. Drehzahlen über 24 000 U/min sind erreichbar. Durch die sorgfältige Abstimmung eines Resonanzrohres erzielt der Motor erstaunliche Leistungen. Er erbringt die höchste Literleistung aller gebauten Modellmotoren. Leerlaufverhalten bis zu 5000 U/min Leerlaufdrehzahl herab zufriedenstellend.



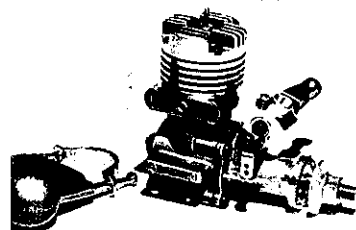
Technische Daten:

Bohrung:	13,5 mm Ø
Hub:	12,5 mm
Hubraum:	1,789 ccm
Gewicht mit Getriebe:	245 g
Leistung:	0,44 kW bei 24 000 U/min
Hubraumleistung:	245,9 kW/Liter
Drehzahlbereich:	5000 bis 30 000 U/min

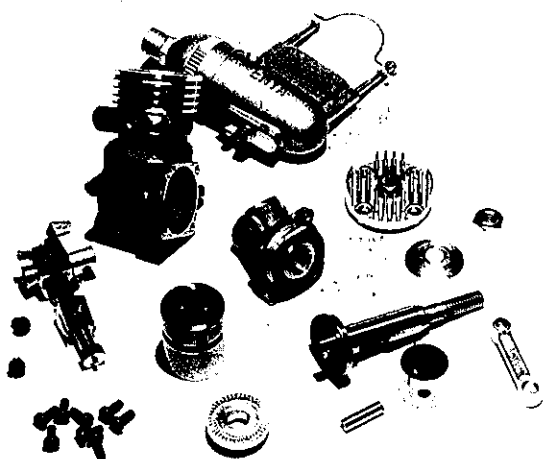


ENYA .15 - III - RC
 2,5 ccm

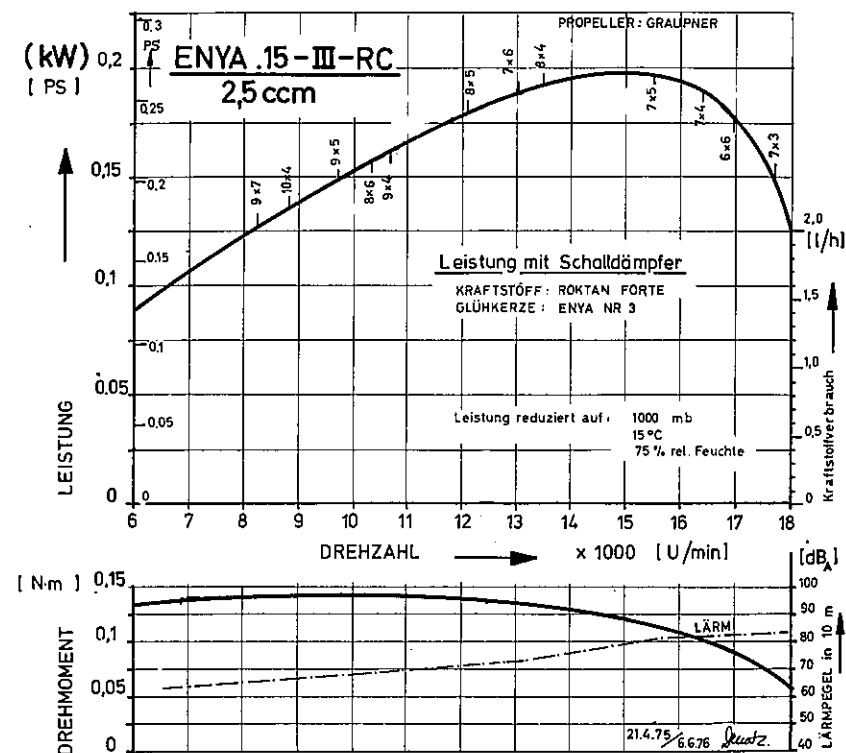
Hersteller: ENYA Metal Products Co Ltd.
 5-11-13 Toyotama - Kita Nerimaku
 Tokyo, Japan
 Vertrieb: Robbe Modellbau, Grebenhain



Allgemeines:	Der Motor wurde in den letzten Jahren laufend weiter entwickelt. Er ist heute der Standard-Vertreter der kleinen Modellmotoren mit 2,5 ccm Hubraum für kleine RC-Modelle. Besonderer Wert wurde bei diesem Motor auf hohe Zuverlässigkeit, leichtes Anspringen und gute Handhabung gelegt.
Kurbelgehäuse:	Kurbelgehäuse zweiteilig mit Zylinderteil und Kurbelwellenlagerteil. Kein Gehäusedeckel. Dickwandiger Leichtmetalldruckguß.
Kurbelwelle:	Stahl einsatzgehärtet, geschliffen und mit Gegengewicht für Pleuelzapfen.
Lagerung:	Gleitlager in einem Bronzelager. Pleuellager unten Bronzebüchse.
Pleuel:	Dural Pleuel gepreßt und unten ausgebüchst.
Kolben:	Sondergußeisen, geschliffen und eingeläpft. Nasenkolben mit schwimmendem Kolbenbolzen.
Zylinder:	Dickwandiges Rohr aus Sondergußeisen. Axial im Gehäuse dichtend. Überströmkanäle zum Kolben hin offen.
Zylinderkopf:	Druckgußteil verrippt. Zylinderkopf am Kerzengewinde mit Messing ausgebüchst.
Vergaser:	Einfacher Drosselvergaser mit Zusatzluftöffnung zur Leerlaufgemischregelung.
Laufverhalten:	Extrem problemloser Modellmotor. Zuverlässiger Lauf in jeder Motorlage. Geringer Lärmpegel. Drehzahlen über 16 000 U/min sind mit starkem Leistungsabfall verbunden.


Technische Daten:

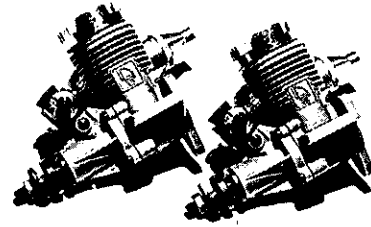
Bohrung:	15,00 mm Ø
Hub:	14,00 mm
Hubraum:	2,47 ccm
Leistung:	0,27 PS bei 15 000 U/min
Gewicht mit Schalldämpfer:	185 g



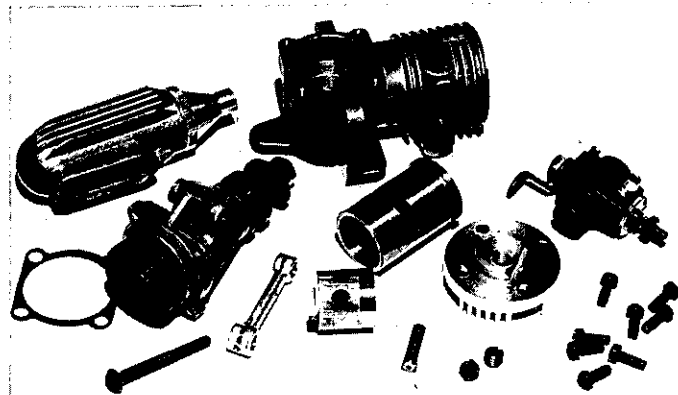
10.3.

HB .12/.15
2,0 ccm und 2,5 ccm

Hersteller: Helmut Bernhardt GmbH & Co, KG
Feinmechanik
8354 Metten/Bayr. Wald

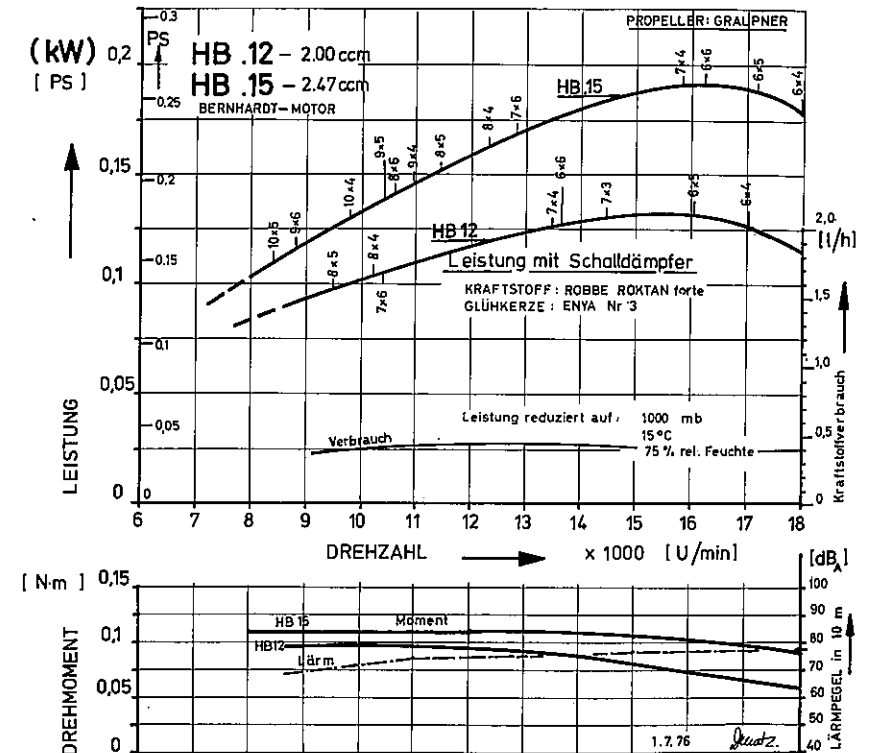


- Allgemeines:** Die Motoren wurden für den jungen Modellbauer entwickelt. Es wurde nicht so sehr auf die Leistung geschaut, vielmehr auf leichtes Anspringen und zuverlässigen, gleichmäßigen Lauf. Als Spülung wurde ein Nasenkolben mit Querschlitzen gewählt.
- Kurbelgehäuse:** Zweiteiliges Kurbelgehäuse mit angeflanschem Lagerteil aus dickwandigem Alu-Druckguß. Oberfläche sandgestrahlt.
- Kurbelwelle:** Stahl, hochvergütet und badnitriert. Mitnehmer über Konus befestigt. Gegengewicht an der Kurbelwange.
- Lagerung:** Kurbelwelle auf einem Rillenkugellager der leichten Instrumentenlager-Reihe. Pleuel Gleitlager.
- Pleuel:** Aluminium, gepreßt. Eine Lagerbuchse am unteren Pleuelauge.
- Kolben:** Ferritischer Grauguß hoher Festigkeit, badnitriert. Überschliffen und unterhalb des Pleuelbolzens zurückgestuft. Nase zur Gaslenkung auf ebenem Kolbenboden.
- Zylinder:** Stahlzylinder aus niedrig legiertem Stahl. Nicht gehärtet. Laufflächen geschliffen und konisch gehont.
- Zylinderkopf:** Aluminium Druckguß mit Glanzrand und Kugelbrennraum. Zylinderkopf gegen Wasserkühlkopf für Bootsversion austauschbar.
- Vergaser:** Perryvergaser mit Gemischregelscheibe der Größe 0.
- Laufverhalten:** Sehr leichtes Anspringen und zuverlässiger Lauf. Erstaunliche Leistung für die Motorengröße. Motor HB .12 idealer Motor für Segelmodell-Hochstarthilfe. Große Auswahl an Schalldämpfern, geringes Geräusch.



Technische Daten:

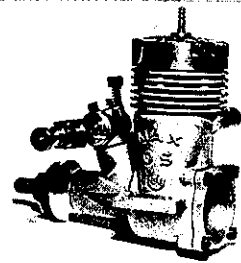
	HB .15	HB .12
Bohrung:	15,0 mm Ø	13,5 mm Ø
Hub:	14,0 mm	14,0 mm
Hubraum:	2,48 ccm	2,004 ccm
Gewicht:	225 g mit Schalldämpfer beide Typen	
Leistung:	0,185 kW	0,135 kW
Hubraumleistung:	74,0 kW/Liter	67,5 kW/Liter
Drehzahlbereich:	3500 bis 18 000 U/min	



10.4.

OS - MAX .20 - RC
Ogawa - Japan - Motor
3,2 ccm

Hersteller: Ogawa Model Mfg. Co. Ltd.
Hiranobaba Higashi-sumiyoshi,
Osaka-Japan



Allgemeines: Der Motor ist speziell für kleine funkferngesteuerte Flugmodelle mit 2 bis 3 Steuerfunktionen entwickelt worden. Es ist eine Weiterentwicklung des OS-Max 19, dem ein Drosselvergaser angepaßt wurde.

Kurbelgehäuse: Einteiliges Kurbelgehäuse aus dichtem, leichtem Ausdrückguß. Lagerbüchse für Kurbelwelle aus Messing eingegossen.

Kurbelwelle: Stahl vergütet geschliffen.

Lagerung: Gleitlagerung in eingegossener Messinglagerbuchse im Kurbelgehäuse.

Pleuel: Alu, gepreßt und auf Maß gefräst. Keine Lagerbuchsen.

Kolben: Perlit-Grauguß, mit Kolbennase und Spülfenster auf Druckseite. Geläppt.

Zylinder: Stahl vergütet, gehont und geläppt. Schlitz gefräst.

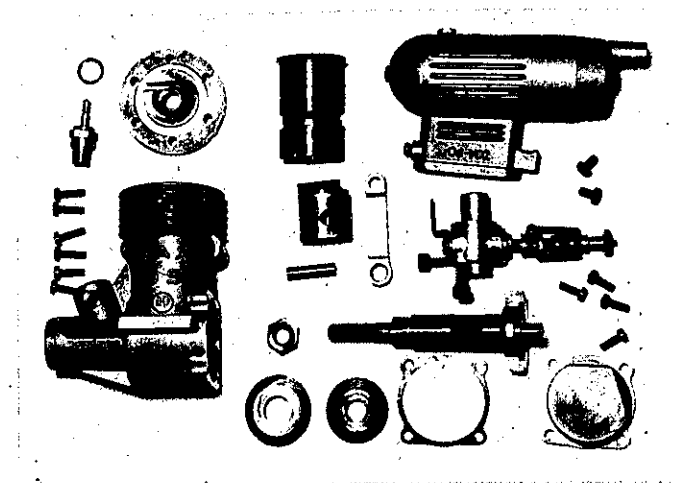
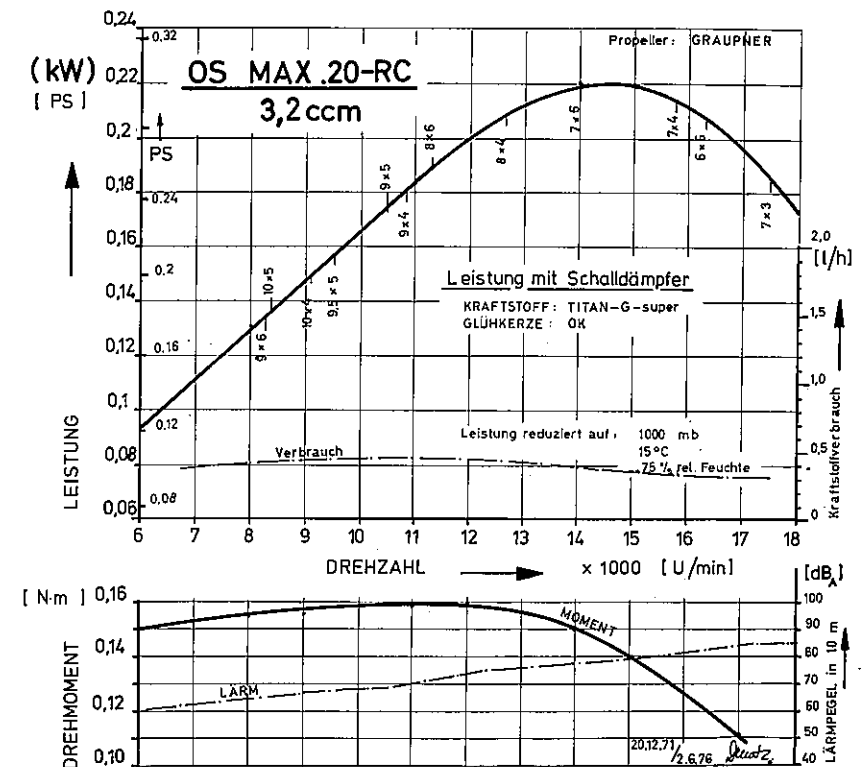
Zylinderkopf: Leichtmetall gegossen und bearbeitet. Zentralbrennraum mit mittiger Kerze.

Vergaser: Einfacher Drosselvergaser mit Drosselkükken und Leerlauföffnung.

Laufverhalten: Gute Leistung über einen weiten Drehzahlbereich. Problemloser Motor beim Einregulieren von Vergaser, Kerzenauswahl und Kraftstoff. Robust und lange Lebensdauer. Guter Schalldämpfer.

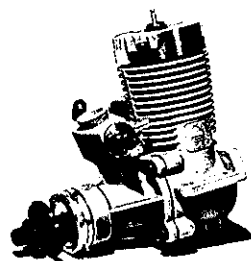
Technische Daten:

Bohrung:	16,8 mm Ø
Hub:	14,6 mm
Hubraum:	3,24 ccm
Gewicht mit Schalldämpfer:	205 g
Leistung:	0,296 PS bei 14 300 U/min
Hubraumleistung:	91,5 PS/Liter
Drehzahlbereich:	9000 bis 16 000 U/min

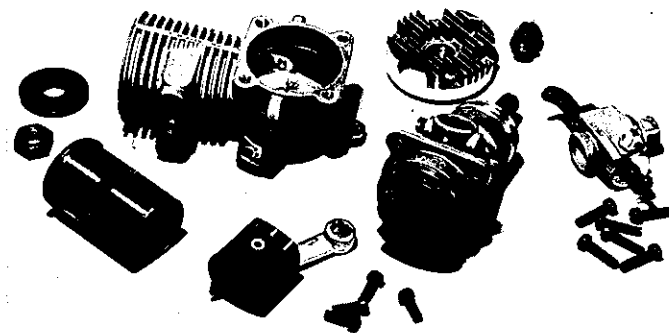


HB .25
4,08 ccm

Hersteller: Helmut Bernhardt
8354 Metten/Bayerischer Wald
Vertrieb: Johannes Graupner, Kirchheim/Teck

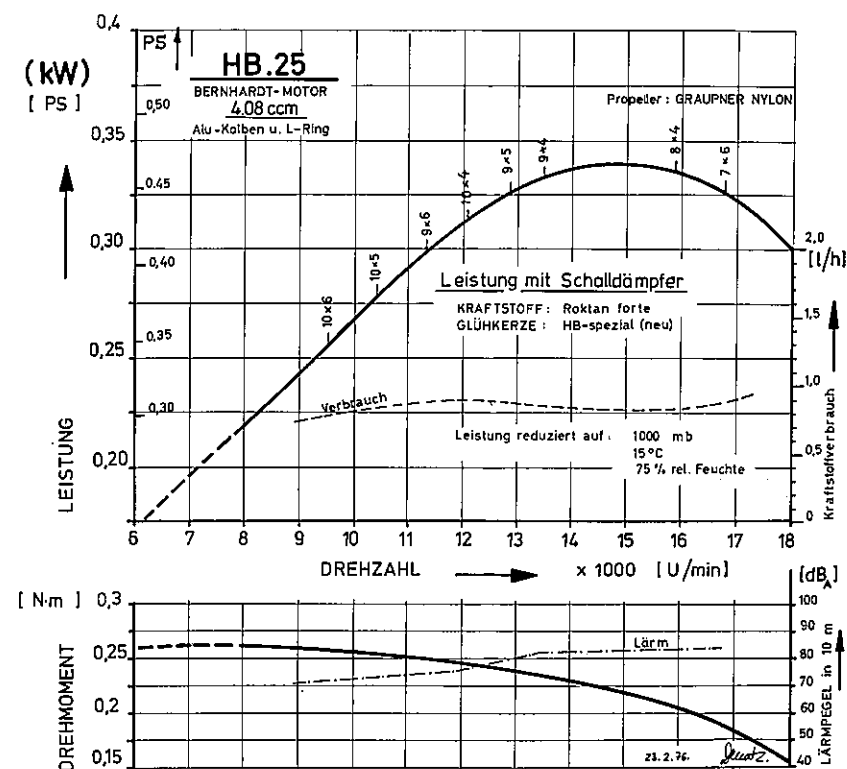


- Allgemeines:** Dieser Modellmotor ist aus einem in Lizenz gefertigten amerikanischen Modellmotor VECO .19 durch Vergrößerung der Bohrung hervorgegangen. Der Motor ist als Antriebsmotor für Kleinstmodell-Hubschrauber gedacht. Der Flugmotor HB .25 ist sehr leistungsfähig.
- Kurbelgehäuse:** Zweiteiliges Gehäuse mit angeflanschem Kurbelwellenlagerungsteil. Motor hat Seitenflansch und Rückenflansch zur Befestigung.
- Kurbelwelle:** Einsatzgehärteter Stahl, geschliffen, Lagerzapfen für Pleuel feinstgedreht. Großes Gegen-gewicht.
- Lagerung:** Zweifach Kugellagerung, Sonderkugellager in Zollabmessungen. Pleuel ausgebücht mit Bronze.
- Pleuel:** Geschmiedet und mit Bronze ausgebücht.
- Kolben:** Silizium-Kolbenmaterial, zerspanend hergestellt und mit L-Kolbenring. Schwimmender Kolbenbolzen.
- Zylinder:** Hochlegierter Stahl gehärtet und geschliffen.
- Zylinderkopf:** Gegossener verrippter Zylinderkopf. Mittige Kerzenanordnung. Halbkugelbrennraum.
- Vergaser:** Perryvergaser mit Regelscheibe für Gemischeinstellung im Teillastbereich.
- Aufverhalten:** Sehr zuverlässiger Hochleistungsmotor. Motor ist durch die Verwendung von Leichtmetallkolben und L-Kolbenring thermisch hoch belastbar ohne Leistungsabfall. Zufriedenstellend wirkender Schalldämpfer mit recht hohem Leistungsverlust.



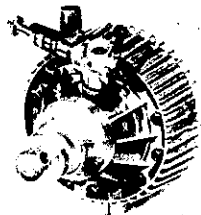
Technische Daten:

Bohrung:	18,00 mm Ø
Hub:	16,15 mm
Hubraum:	4,08 ccm
Gewicht mit Schalldämpfer:	217 g
Leistung:	0,33 kW (0,47 PS)
Drehzahlbereich:	8000 bis 18 000 U/min

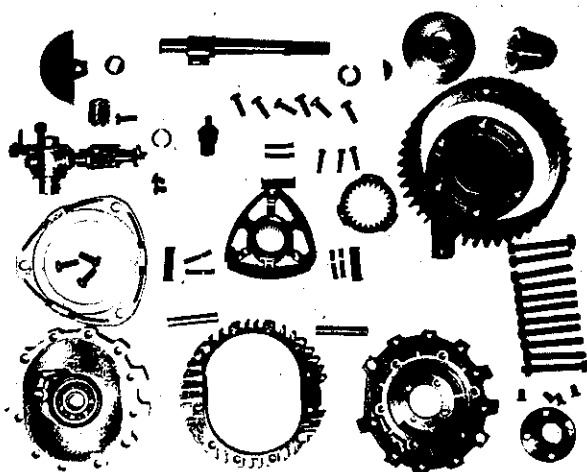


OS – Max – Wankel
Wankel-Modellmotor in Lizenz NSU-Wankel
Kammervolumen 5,0 ccm

Lizenzhersteller: Ogawa Model Mfg. Co. Ltd.
Hiranobaba Higashi-sumiyoshi, Osaka, Japan
Alleinvertreib:
Johannes Graupner, Kirchheim/Teck

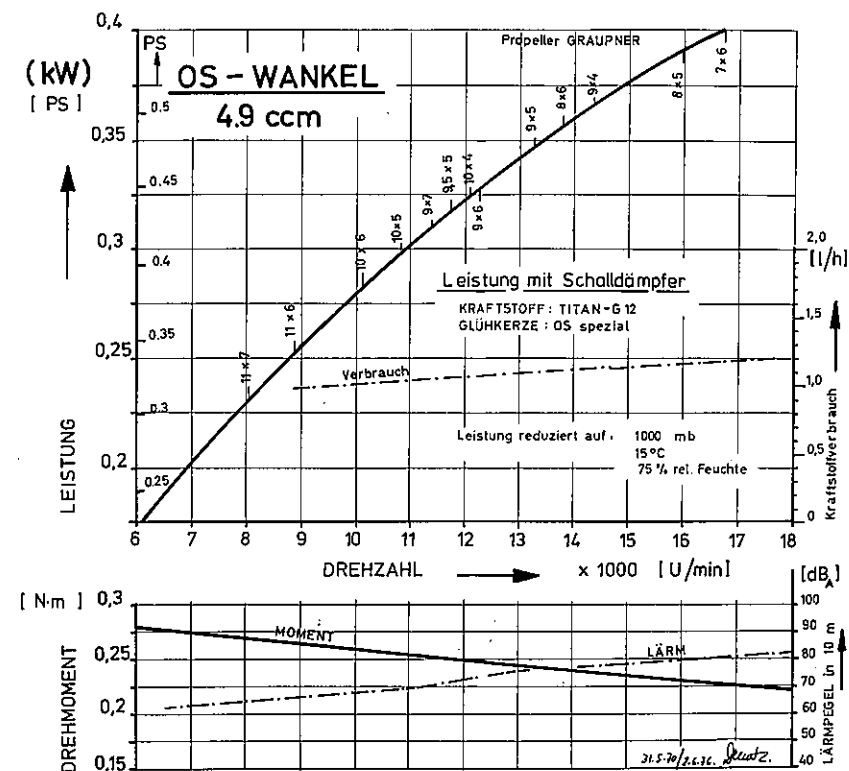


- Allgemeines:** Der Motor wurde von einem Mitarbeiter des Wankelinstituts als Hobby konstruiert. Die Lizenz für Flugmodellmotoren bis 10 ccm Kammervolumen hatte die Firma Graupner erworben, die dann auch die Hobbykonstruktion an den bekannten japanischen Hersteller von Modellmotoren weitergab. In Japan reifte der Motor zum Serienprodukt. Bis heute ist es der einzige Modellmotor, der nach dem System NSU-Wankel serienmäßig gebaut wird.
- Allgemeiner Aufbau:** Gehäuseteile weitgehend in Leichtmetalldruckguß. Die Seitenteile sind an den Laufflächen mit Stahl aufgespritzt und plangeschliffen. Das Trochoidengehäuse ist aus feinkörnigem Grauguß ganz zerspanend hergestellt. Der Läufer aus Stahl ist ebenfalls ganz zerspanend hergestellt. Die Dichtleisten in den Ecken sind aus IKA-Kolbenringmaterial mit untergelegter Blattfeder. Über das Gehäuse ist ein Kühlring mit Rippen geschoben.
- Lagerung:** Insgesamt sind 4 Wälzlager eingebaut. Die Kurbelwelle läuft in zwei Rillenkugellagern und einem Nadellager.
- Massenausgleich:** Der Massenausgleich durch Gegengewicht ist bis auf eine kleine Restunwucht fast vollständig durch zwei Gegengewichte an der Kurbelwelle vorgenommen.
- Vergaser:** Es wird ein einfacher Drosselvergaser mit Drosselklappen und Leerlaufzusatzluft verwendet.
- Glühkerze:** Die Glühkerze steckt in einer Art Vorkammer. Nur heiße Kerzen mit Steg sind brauchbar.
- Laufverhalten:** Starten nur mit Anlasser möglich. Extrem ruhiger Lauf. Kritisch beim Einregulieren des Leerlaufs. Sehr gut mit Schalldämpfer geräuschkämpfbar. Gute Lebensdauer.



Technische Daten:

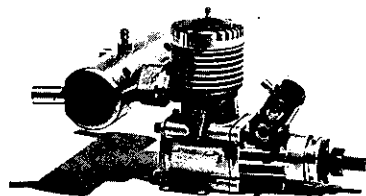
Kammervolumen:	4,91 ccm
Gewicht:	335 g mit Montagering
Leistung:	0,52 PS bei 15 700 U/min
Hubraumleistung:	106 PS/Liter
Drehzahlbereich:	8000 bis 20 000 U/min



10.7.

K & B .21
3,48 ccm – Rennmotor

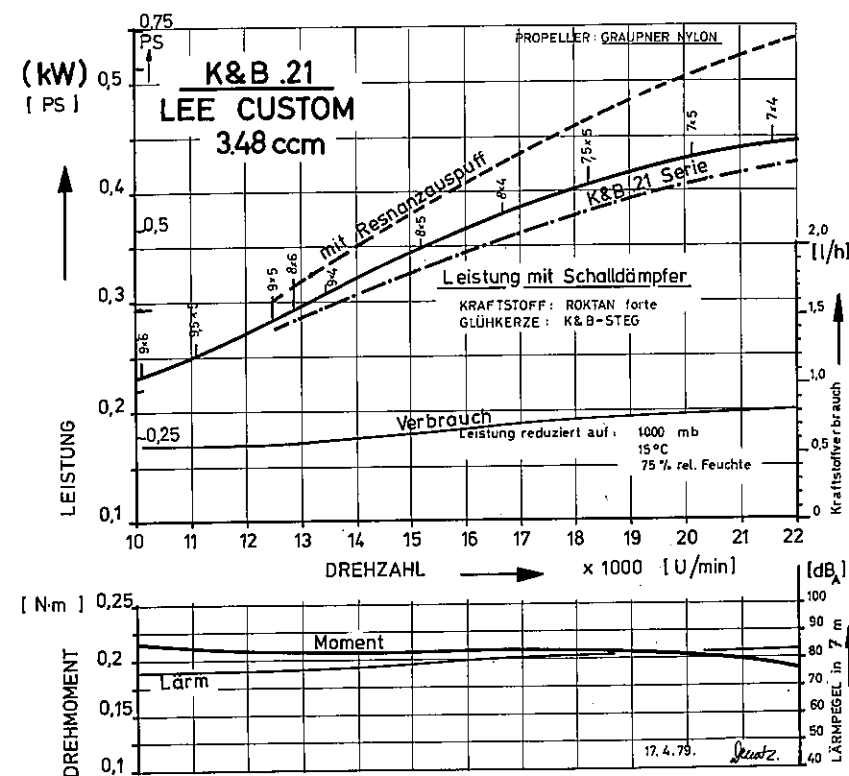
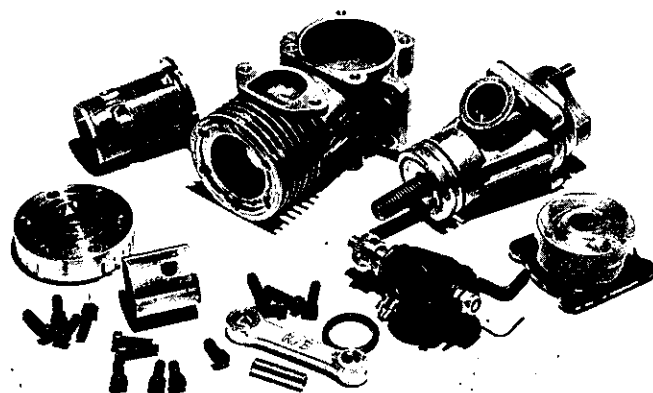
Hersteller: K & B
St. Monika/Cal.
U.S.A.



- Allgemeines:** Der K & B .21 wurde von der Firma in dreijähriger Arbeit zu einem Rennmotor entwickelt, der in seiner Hubraumgröße die beste Leistung und die höchsten Drehzahlen erreicht. Er wird vor allem von Rennautomodellbauern verwendet. Die modifizierte Version von C. Lee ist noch leistungsfähiger.
- Kurbelgehäuse:** Zweiteiliges Kurbelgehäuse aus dichtem und feinrippigem Aludruckguß. Lagergehäuse der Kurbelwelle mit vier Inbusschrauben angeflanscht.
- Kurbelwelle:** Stahl, gehärtet und überschleift. Ideale Passungen im Lagerteil und Kugellagerinnenring. Gegengewicht zum Kurbelzapfen (von Lee modifiziert).
- Lagerung:** Zwei Rillenkugellager an der Kurbelwellenlagerung, Bronzelager am Pleuel.
- Pleuel:** Massiver, geschmiedeter Pleuel mit zwei Bronzebüchsen zur Lagerung.
- Kolben:** Hoch-siliziumhaltiger Alukolben. Geschliffen und optimal durch Auswahlpassung in den Zylinder eingepaßt.
- Zylinder:** Messingzylinder innen hart-verchromt und geschliffen. Konischer Zylindermantel mit günstigstem Passungs spiel zwischen Kolben und Zylinder.
- Zylinderkopf:** Gefräster und spanend bearbeiteter Alukopf mit Kugelbrennraum. Zur Wärmeabfuhr verrippt.
- Vergaser:** Perryvergaser mit großer Ansaugöffnung. Größe I.

Technische Daten:

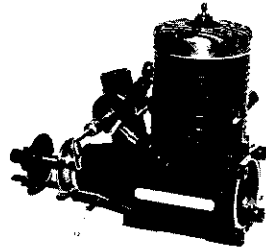
Bohrung:	16,50 mm Ø
Hub:	16,35 mm
Hubraum:	3,48 ccm
Gewicht mit Schalldämpfer:	247 g
Leistung:	Serienmäßig 0,426 kW Nachgearbeitet 0,58 kW
Hubraumleistung:	122,5 kW/Liter
Drehzahlbereich:	3000–30 000 U/min



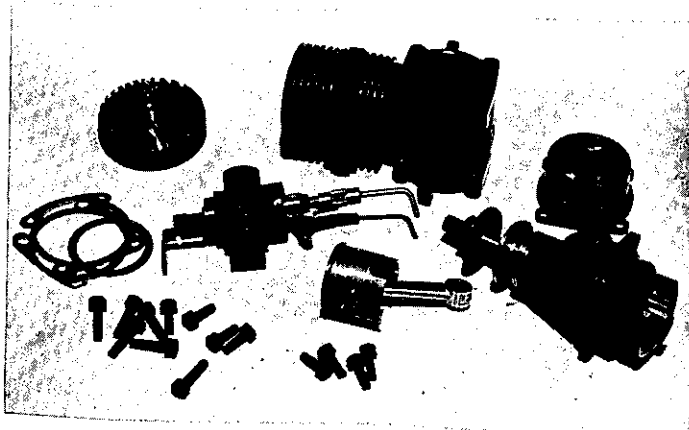
10.8.

HP .40 F – Gold Cup
Hirtenberger Motor
6,44 ccm

Hersteller:
Hirtenberger Patronenfabrik AG
A-2552 Hirtenberg
Österreich

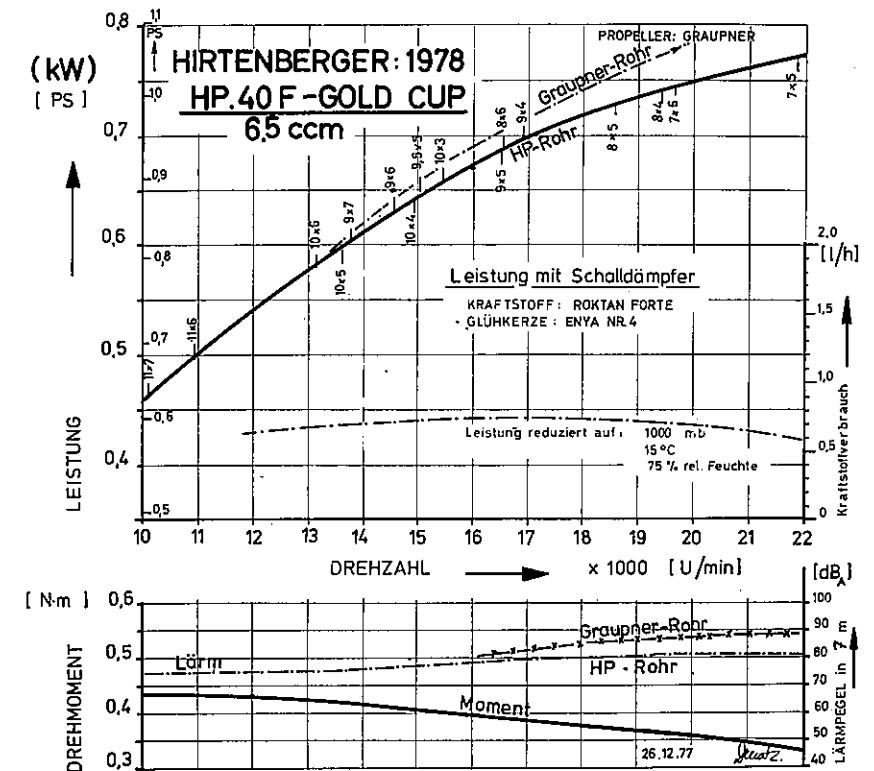


Allgemeines:	Der Motor wurde als Hochleistungsmotor für kleine ferngesteuerte Flugmodelle entwickelt. Er entstand aus einem Motor für Rekordzwecke. Umkehrspülung mit 3 Kanälen.
Kurbelgehäuse:	Dickwandiger Silizium-Alu-Druckguß. Gaskanäle eingegossen. Zylindereinpaß gehont.
Kurbelwelle:	Stahl gehärtet, Kurbelwange am Zapfen abgeflacht.
Lagerung:	Zwei Normalrollenkugellager. Lagerung nicht öldicht.
Pleuel:	Leichtmetall geschmiedet. Lagerstellen mit Bronze ausgebuchst.
Kolben:	Gegossener Kolben mit flachem Kolbenboden aus siliziumhaltiger Alu-Kolbenlegierung. Ein Kolbenring mit rechteckigem Querschnitt aus hochfestem Grauguß.
Zylinder:	Stahl gehärtet, geschliffen und gehont.
Zylinderkopf:	Gedreht aus Leichtmetall, Zentralbrennraum um mittige Kerze.
Vergaser:	Vergaser eigener Fertigung mit axial sich bewegendem Drosselkufen mit Leerlaufdüsenadel eintauchend im Düsenstock.
Laufverhalten:	Beachtlich hohe Leistung. Leichte Vibrationen beim Lauf. Sehr niedriger, gleichmäßiger Leerlauf. Betrieb ohne Originalschalldämpfer ist nicht zu empfehlen.



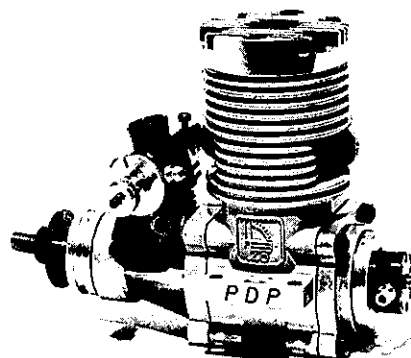
Technische Daten:

Bohrung:	21,00 mm Ø
Hub:	18,50 mm
Hubraum:	6,44 ccm
Gewicht mit Schalldämpfer:	322 g
Leistung:	0,77 kW
Hubraumleistung:	120 kW/Liter
Drehzahlbereich:	1800 bis 24 000 U/min

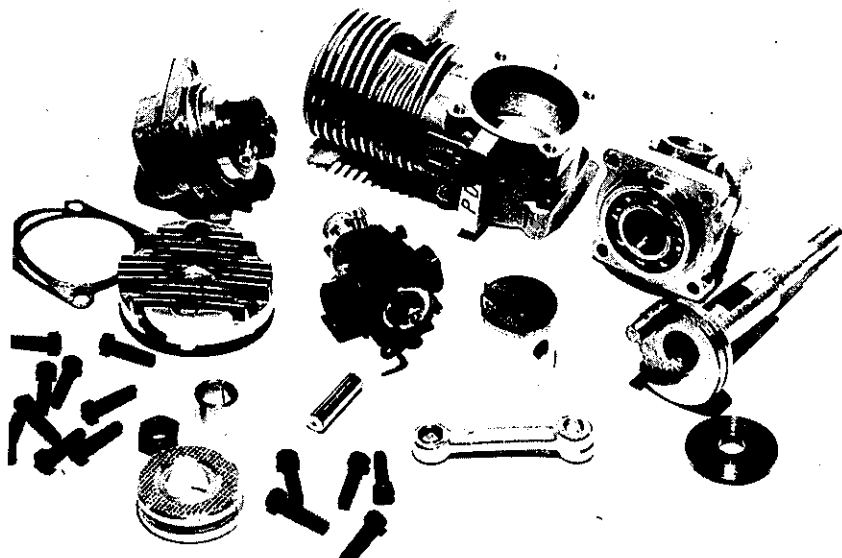


HB .40 PDP
6,47 ccm

Hersteller:
Helmut Bernhardt GmbH & Co, KG
Feinmechanik
8354 Metten/Bayr. Wald



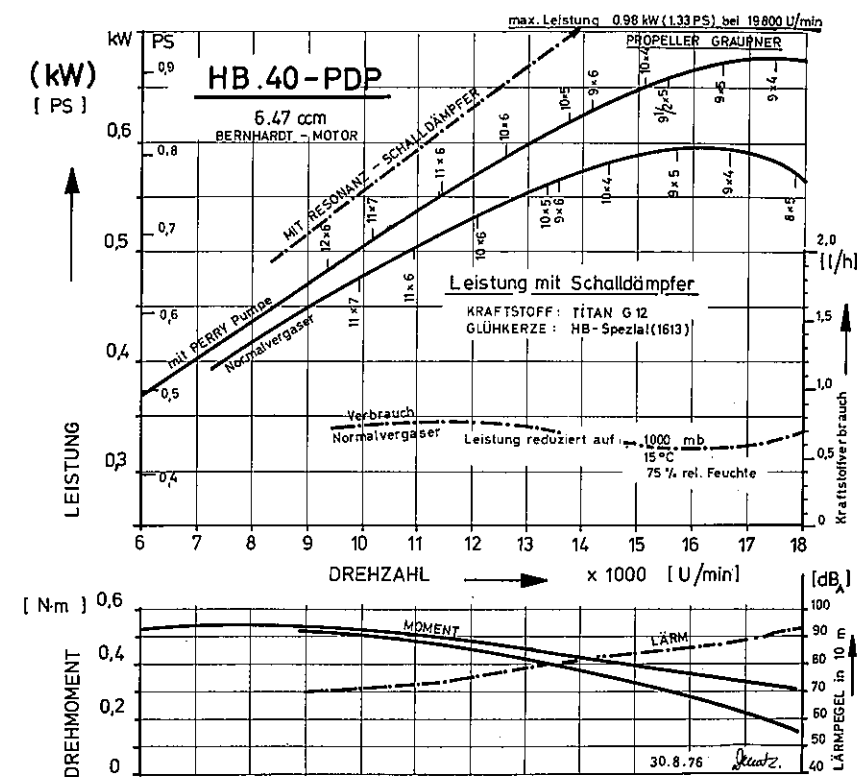
- Allgemeines:** Der Motor wurde aus einem Sportmotor durch Modifikation der Zylinderspülung und des Kolbens entwickelt. Er ist der leistungsfähigste Motor mit Nasenkolben seiner Klasse und auch bei Rennen sehr erfolgreich.
- Kurbelgehäuse:** Zweiteiliges Kurbelgehäuse aus dichtem, dickwandigem Aludruckguß. Lagergehäuse ist mit vier Kreuzschlitzschrauben an das Kurbelgehäuse angeflanscht.
- Kurbelwelle:** Aus hochvergütetem Stahl, badnitriert. Hauptlagerungsflächen geschliffen, Kurbelzapfen nur geschält. Mondsichel – Gegengewicht.
- Lagerung:** Kurbelwelle in Normrillenkugellagern. Pleuel nur unten mit Bronzegleitlagern.
- Pleuel:** Aluminium, geschmiedet und überdimensioniert. Lagerbuchse nur am unteren Pleuelauge.
- Kolben:** Hochsiliziumhaltiger Leichtmetallkolben mit formgedrehtem L-Kolbenring, Kolbenring mit Stift drehfest gehalten.
- Zylinder:** Zylinder gehärtet und vergütet aus hochwertigem Kugellagerstahl, geschliffen und gehont. Schlitzte teilweise gestanzt oder erodiert.
- Zylinderkopf:** Aludruckguß mit glanzgedrehtem Rand. Kugelzentralbrennraum.



- Vergaser:** Perryvergaser mit Perrypumpe. Sondervergaser mit großer Ansaugöffnung und Regelventil.
- Laufverhalten:** Motor bringt im Drehzahlbereich um 12 000 U/min das höchste Drehmoment seiner Größe. Er läuft im Drehzahlbereich von 12 000 bis 18 000 U/min zuverlässig. Guter Leerlauf und gute Übergänge. Bei hochnitriertem Kraftstoff und höchsten Drehzahlen kann der Kolben thermisch überhitzt werden.

Technische Daten:

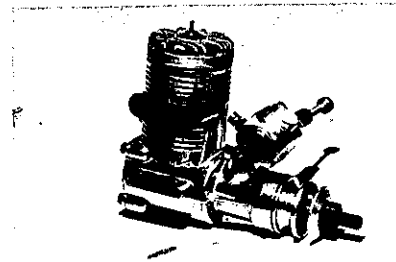
Bohrung:	20,00 Ø
Hub:	20,6 mm
Hubraum:	6,47 ccm
Gewicht:	365 g
Leistung:	0,675 kW
Hubraumleistung:	104,5 kW/Liter
Drehzahlbereich:	2300 bis 19 000 U/min



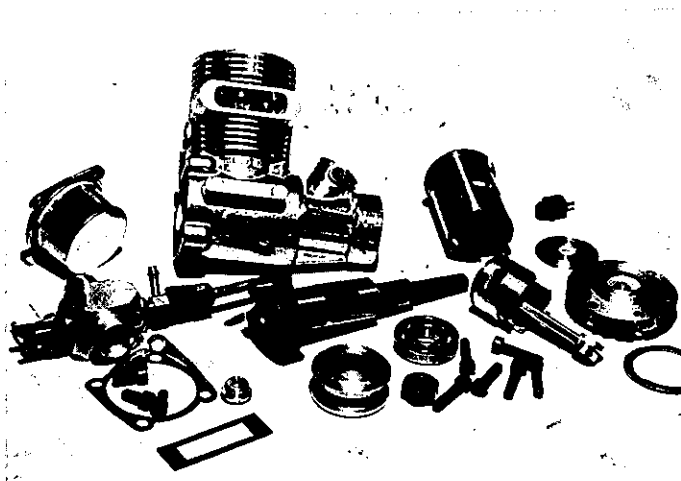
10.10.

Webra Speed .40
6,47 ccm

Hersteller: Webra, Ing. M. Eberth
Eichengasse 572
A-2551 Enzesfeld/Österreich

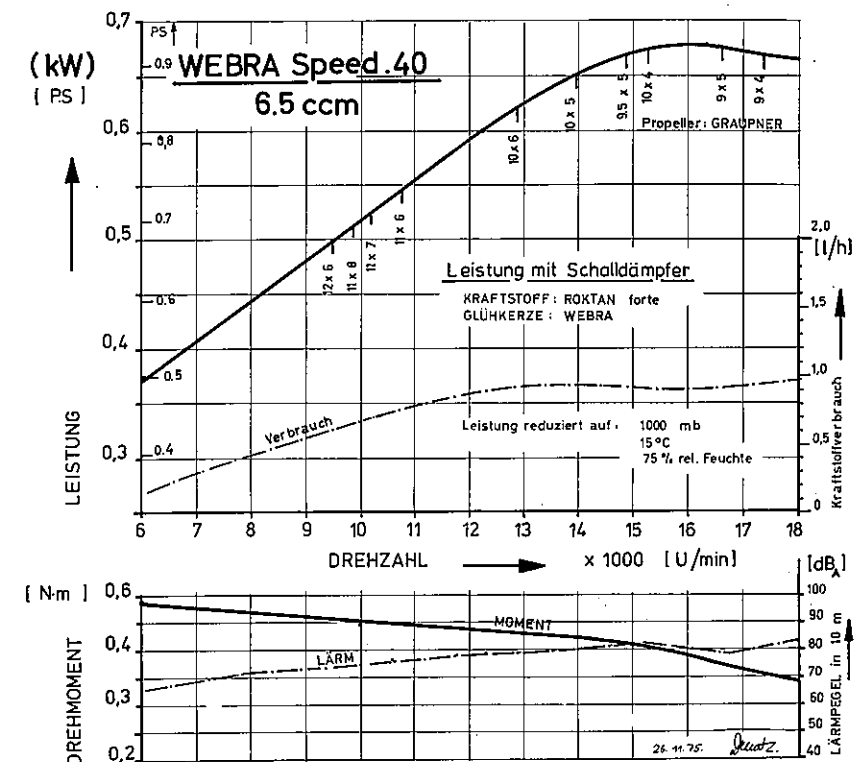


- Allgemeines:** Der Webra .40 wurde als spezieller Hochleistungsmotor entworfen. Seine Vorbilder waren der HP .40 und der größere Webra-Speed-Motor mit 10 ccm Hubraum. Abweichend vom größeren Motor wurde bei dem Speed .40 ein L-Kolbenring verwendet.
- Kurbelgehäuse:** Einteiliges Kurbelgehäuse mit höchster Steifigkeit und Robustheit. Durch die einteilige Bauweise ist die Demontage des Motors erheblich erschwert.
- Kurbelwelle:** Großdimensionierte Kurbelwelle aus einsatzgehärtetem Stahl, geschliffen an allen Lagerstellen.
- Lagerung:** Kurbelwelle zweifach kugellagert in Normalkugellagern mit Zollabmessungen. Ölabsaugung vom vorderen Kugellageraum.
- Pleuel:** Pleuel ausgebüchsst, geschmiedet.
- Kolben:** Ganz zerspanend aus Silizium-Kolbenmaterial hergestellt. Ein Überströmfenster auf Druckseite. Kolbenbolzen mit Drahtingen gesichert. L-Kolbenring.
- Zylinder:** Zylinder aus Edelstahlrohr geschliffen und gehont. Zur Verschleißminderung badnitriert.
- Zylinderkopf:** Gegossener und verrippter Zylinderkopf. Dunkel eloxiert.
- Vergaser:** Drosselvergaser mit mitbewegter Leerlaufdüsenadel. Gute und einfachste Regelbarkeit.
- Laufverhalten:** Sehr gutes Anspringen und extrem gleichmäßiger Lauf in allen Drehzahlbereichen. Geringe Vibrationen. Brauchbarer Schalldämpfer.



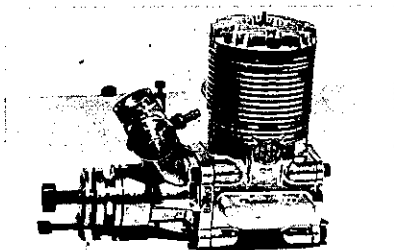
Technische Daten:

Bohrung:	21,00 mm Ø
Hub:	18,70 mm
Hubraum:	6,47 ccm
Gewicht ohne Dämpfer:	353 g
Leistung:	0,675 kW (0,92 PS)
Drehzahlbereich:	6000 bis 21 000 U/min

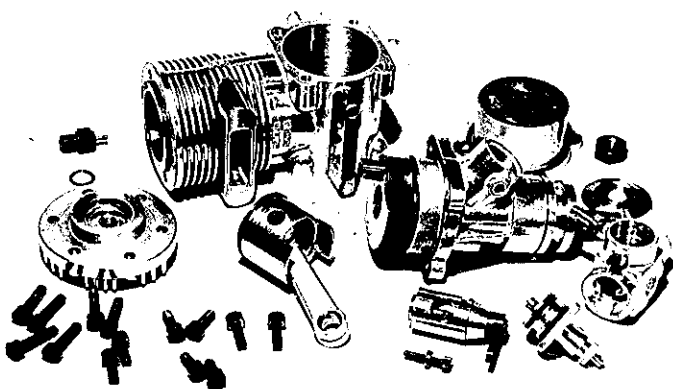


HP .61 FS
10,0 ccm

Hersteller: Hirtenberger Patronen-,
Zündhütchen- und Metallwarenfabrik AG
A-2552 Hirtenberg/Österreich

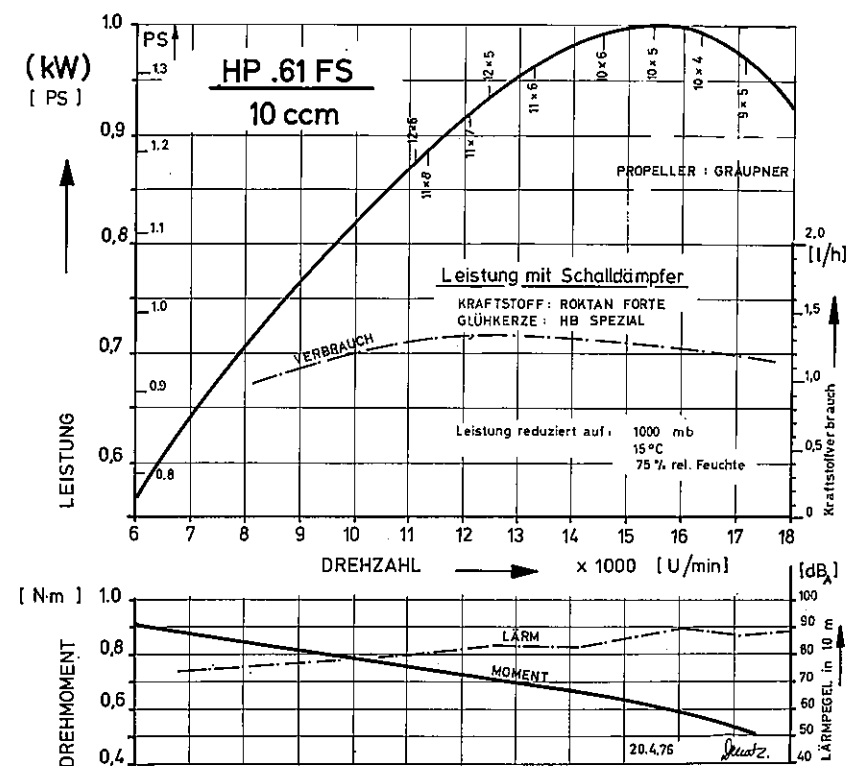


- Allgemeines:** Der Motor wurde in Anlehnung an andere Motoren des Herstellers entwickelt. Gegenüber dem Vorgänger HP 61 F wurden das Kurbelgehäuse und der Zylinder geändert. Ebenfalls wurde ein neuer Vergaser geschaffen. Der Motor ist speziell für höchste Drehzahlen ausgelegt und erreicht auch eine beachtliche Höchstleistung. Die mechanische Ausführung des Motors war bei den ersten Lieferserien nicht zufriedenstellend.
- Kurbelgehäuse:** Zweiteiliges Kurbelgehäuse mit angeflanschem vorderen Lagerteil. Ölabsaugung aus dem vorderen Kugellageraum. Sehr robustes und dickwandiges Gehäuse aus hochfestem Leichtmetalldruckguß.
- Kurbelwelle:** Gehärtete und geschliffene Kurbelwelle aus Einsatzstahl. Kurbelwellendrehstreber ist geräumt. Großes Gegengewicht zum Massenausgleich.
- Lagerung:** Lagerung der Kurbelwelle in zwei Kugellagern mit Sonderabmessungen. Die Lager haben sehr festen Sitz im Lagergehäuse.
- Pleuel:** Leichtmetallpleuel geschmiedet und ausgebüchsst mit Bronze.
- Kolben:** Geschmiedeter Leichtmetallkolben aus Silizium-Kolbenmaterial. Ein Kolbenring rechteckig. Kolbenring ist durch Stift festgelegt. Kolbenbolzen durch Drahringe gesichert.
- Zylinder:** Aus Edelstahlrohr gefertigter Zylinder. Geschliffen und gehont. Zur Verringerung des Verschleißes ist der Zylinder badnitriert.
- Zylinderkopf:** Gegossener verrippter Zylinderkopf in Leichtmetalldruckguß. Zentralbrennraum, Metallsicherungen.
- Vergaser:** Drosselvergaser mit Regelquerschnitt im Düsenstock zur Gemischbildung in allen Drosselstellungen. Abdichtung der Regelscheibe und Düsennadel mit O-Ringen.
- Laufeigenschaften:** Motor springt gut an und läuft gleichmäßig. Vor allem bei höchsten Drehzahlen ist der Motorlauf vibrationsarm und gleichmäßig. Mit Resonanzschalldämpfer gute Höchstleistung.



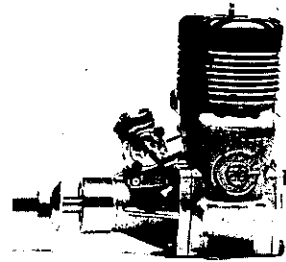
Technische Daten:

Bohrung:	24,5 mm Ø
Hub:	21,0 mm
Hubraum:	9,89 ccm
Gewicht mit Dämpfer:	567 g
Leistung:	1,0 kW (1,36 PS)
Drehzahlbereich:	8000 bis 20 000 U/min



Super-Tigre G 60 FI-BH-Ring
 10,0 ccm

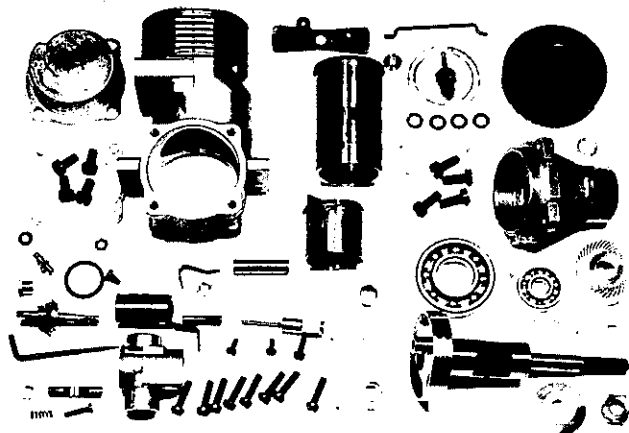
Hersteller: Super-Tigre S.A.S.
 I-40065 Pianoro (Bo)
 Via dell'Artigiano 29
 Italien



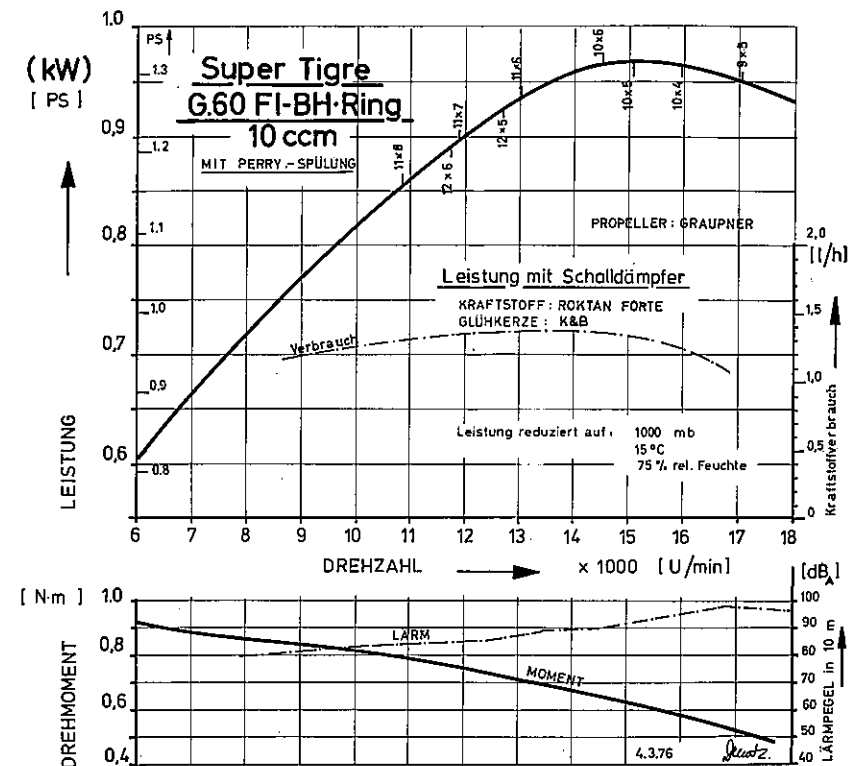
- Allgemeines:** Der Super-Tigre G 60 FI-BH-Ring ist vor allem in den USA ein populärer Motor. Es gibt unter diesem Namen die unterschiedlichsten Exemplare. Von Serie zu Serie ändert sich der Vergaser oder irgendein Detail am Motor. Die Leistungen schwanken daher auch bis zu 20 % von der folgenden Leistungskurve nach oben und unten.
- Kurbelgehäuse:** Mehrteiliges Kurbelgehäuse aus Alu-Druckguß. Hervorragende Gußqualität mit guter Oberfläche. Kugellager im vorderen Lagergehäuse eingepreßt.
- Kurbelwelle:** Teilweise, wie auf dem Bild, eine geschlossene Kurbelwelle, teilweise eine Kurbelwelle mit Gegengewichten. Material Stahl gehärtet und geschliffen.
- Lagerung:** Kurbelwellenlagerung in zwei Rillenkugellagern. Keine Maßnahme zur Lagerabdichtung, daher immer Ölaustritt am vorderen Kugellager.
- Pleuel:** Pleuel aus Dural geschmiedet. Lagerstellen ausgebucht.
- Kolben:** Gegossene und geschmiedete Kolben je nach Serie. Ein Kolbenring mit rechteckigem Querschnitt. Nasenkolben. Kolbenbolzen schwimmend.
- Zylinder:** Stahlzylinder vergütet, gehont und außen überschlifft. Lauffläche hart verchromt.
- Zylinderkopf:** Blau eloxierter Zylinderkopf aus Alu-Druckguß. Zentralbrennraum mit mittlerer Glühkerzenlage.
- Vergaser:** Vergaser mit axial verschiebbarem Drosselküklen und in den Hauptdüsenstock bei Leerlauf eintauchender Leerlaufdüsenadel.
- Laufverhalten:** Anspringen gut. Mittlere Laufeigenschaften. Lange Einlaufzeit wegen des hartverchromten Zylinders. Drosseleigenschaften gut. Ein Motor mit langer Lebensdauer, robust, aber sehr unterschiedlich in der Serie.

Technische Daten:

Bohrung:	24,00 mm Ø
Hub:	22,00 mm
Hubraum:	9,98 ccm
Gewicht ohne Schalldämpfer:	472 g
Leistung:	1,14 PS bei 14 500 U/min
Hubraumleistung:	115 PS/Liter
Drehzahlbereich:	8000 bis 18 000 U/min

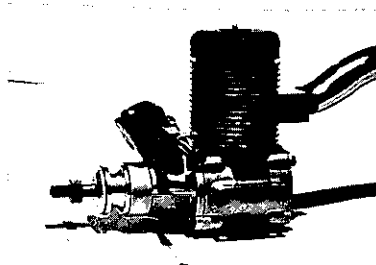


2.24
 2800/34
 21
 30



Webra Speed 61 – Racing
 9,96 ccm

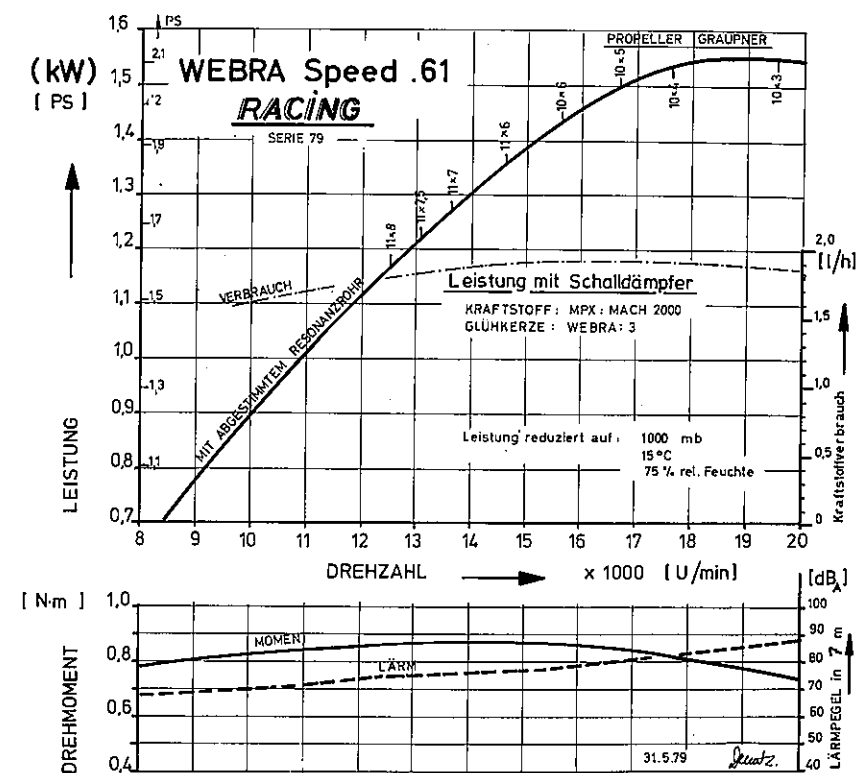
Hersteller:
 Webra – Modellmotoren
 Inh. M. Eberth
 Eichengasse 572
 A-2551 Enzesfeld/Österreich



- Allgemeines:** Der Webra-Speed 61-Racing wurde aus dem bekannten Modellmotor heraus entwickelt. Der Motor ist mit seinem rückwärtigen Auslaß speziell für den Einsatz am Resonanzrohr vorgesehen.
- Kurbelgehäuse:** Zweiteiliges Kurbelgehäuse mit vorne über vier Schrauben angeflanschten Lagergehäuse. Bester und feinrippiger Leichtmetalldruckguß.
- Kurbelwelle:** Verstärkte Kurbelwelle aus gehärtetem Automatenstahl mit 17 mm Ø. Lagersitze und Lagerzapfen geschliffen.
- Lagerung:** Kurbelwelle in zwei Rillenkugellagern gelagert. Pleuel in Gleitlagern.
- Pleuel:** Geschmiedeter Pleuel aus Aluminium mit beidseitigen Bronzebuchsen.
- Kolben:** Geschmiedeter Leichtmetallkolben aus siliziumhaltigem Kolbenmaterial mit L-Kolbenring. Drehsicherung mit Stift.
- Zylinder:** Gehärteter Stahlzylinder, geschliffen und gehont. Schlitzgefräst.
- Zylinderkopf:** Aludruckguß mit kugeligem Zentralbrennraum.
- Vergaser:** Schiebervergaser mit Kraftstoffmengenregelung und Einspritzeffekt beim raschen Öffnen. Gute Gemischbildung in allen Drehzahlbereichen.
- Laufverhalten:** Obgleich der Motor ein Hochleistungsmotor ist, ist er leicht zu handhaben und einfach in der Einregulierung der Höchstleistung. Sehr zuverlässiger Lauf und gutes Verschleißverhalten.

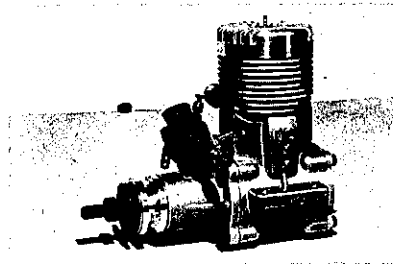

Technische Daten:

Bohrung:	24,00 mm Ø
Hub:	22,00 mm
Hubraum:	9,96 ccm
Gewicht:	525 g
Leistung:	1,56 kW
Hubraum-Leistung:	160 kW/Liter
Drehzahlbereich:	2000 bis 21 000 U/min

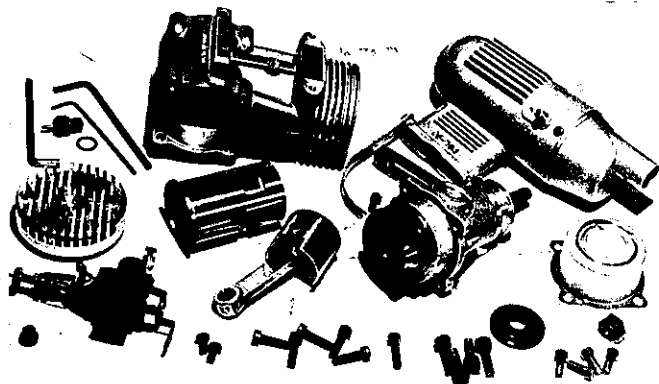


OS-Max 60 F-SR 9,95 ccm

Hersteller: Ogawa Model Mfg. Co. Ltd.
Hiranobaba Higashi-sumiyoshi Osaka/Japan
Vertrieb: Johannes Graupner, Kirchheim/Teck

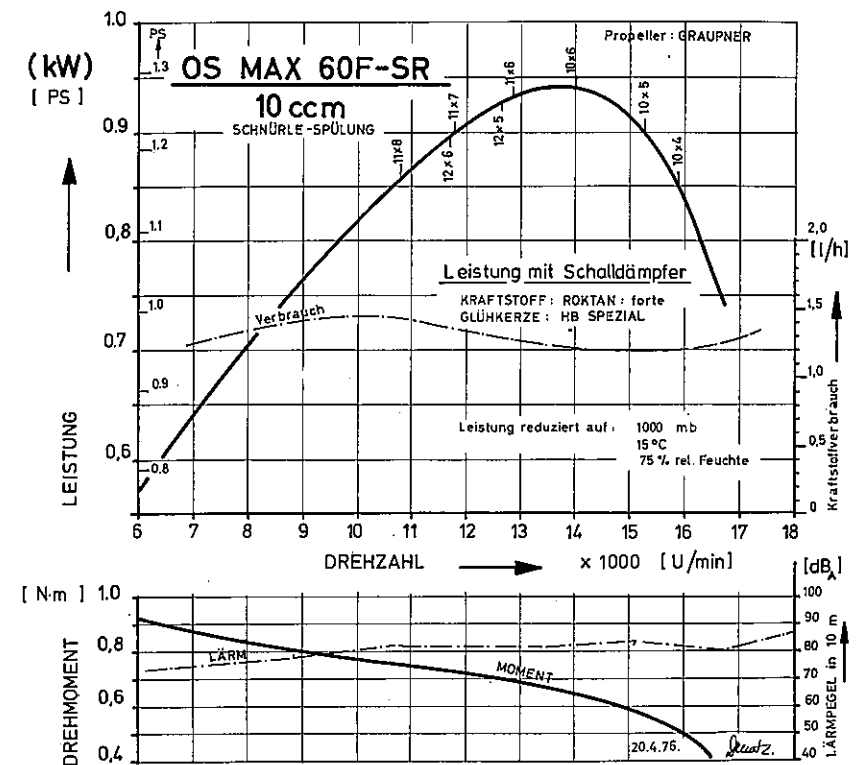


- Allgemeines:** Der OS-Max 60 F-SR wurde als ein besonders langlebiges und verschleißarmes, robustes Triebwerk für den Wettbewerbseinsatz konstruiert. Besonders wurde auf eine höchstmögliche Fertigungsgenauigkeit und gute Handhabung geachtet.
- Kurbelgehäuse:** Kurbelgehäuse zweiteilig mit angeflanschem Lagergehäuse. Metallgehäusedeckel. Sehr robustes, dickwandiges Gehäuse aus leichtem, aber festem Aludruckguß mit hervorragendem Finish. Hervorragend geformte Überströmkäme.
- Kurbelwelle:** Gehärteter und vergüteter Chrom-Nickel-Stahl. Geschliffen an allen Lagerstellen mit höchster Oberflächengüte. Kurbelwellendrehseiber geräumt.
- Lagerung:** Zweifach Kugellager. Ausgesuchte Lager mit engen Toleranzen und geringer Lagerreibung. Pleuellager als Bronze-Gleitlager.
- Pleuel:** Geschmiedet aus Dural und mit Lagerbronze an den Lagerstellen ausgebücht.
- Kolben:** Kolben geschmiedet und zerspanend bearbeitet aus Silizium-Kolbenmaterial. Kolbenbolzen ist durch Drahringe gesichert. Kolbenring rechteckig mit Stift festgelegt.
- Zylinder:** Innen hartverchromter Zylinder aus Stahl. Extrem genau gefertigt und engste Toleranzen zum Kolbeneinbauspil. Überströmfenster gefräst.
- Zylinderkopf:** Zerspanend hergestellter verrippter Zylinderkopf. Mittige Kerzenlage. Zentralbrennraum.
- Vergaser:** Drosselvergaser mit Gemischregelung. Sehr leicht zum Einregulieren und nicht schmutzempfindlich.
- Laufverhalten:** Weicher, vibrationsarmer Lauf. Sehr zuverlässig. Lange Einlaufzeit des Motors, während der der Motor nur wenig belastbar ist. Zufriedenstellender Dämpfer.



Technische Daten:

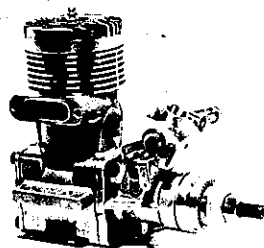
Bohrung:	24,00 mm Ø
Hub:	22,00 mm
Hubraum:	9,95 ccm
Gewicht mit Dämpfer:	537 g
Leistung:	0,945 kW (1,27 PS)
Drehzahlbereich:	6000 bis 16 000 U/min



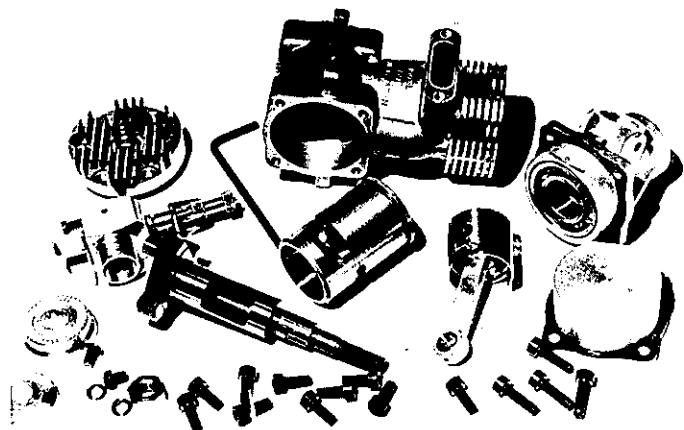
10.15.

ENYA .60 X
9,95 ccm

Hersteller: ENYA Metal Products Co. Ltd.
5-11-13 Toyotama - Kita Nerimaku
Tokyo/Japan
Vertrieb: Robbe Modellbau, Grebenhain

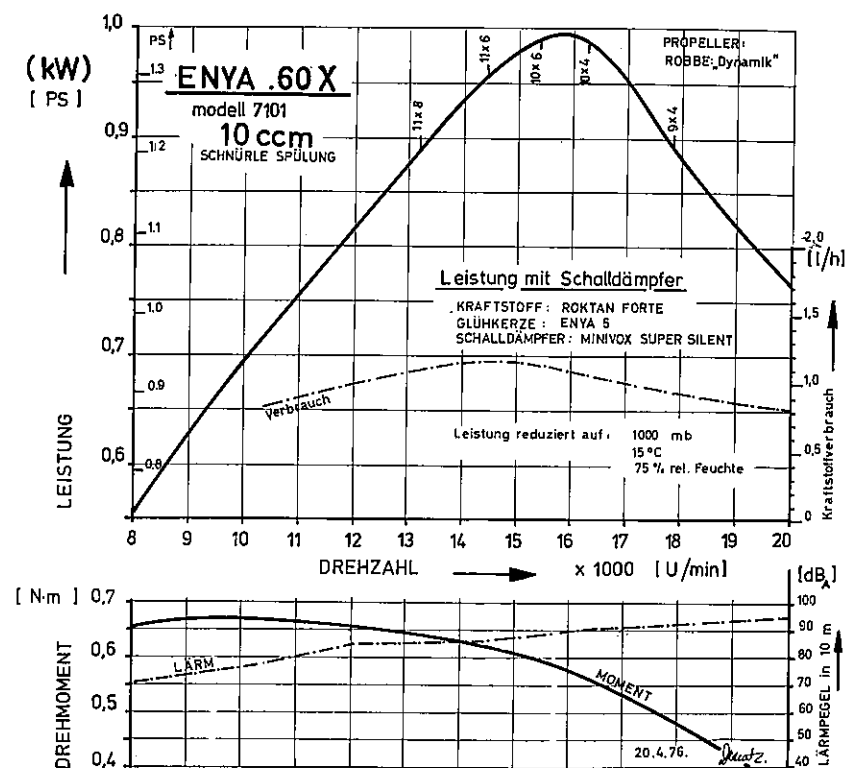


- Allgemeines:** Die ENYA-Modellmotoren der 10-ccm-Klasse sind bekannt für hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer. Es ist daher erstaunlich, daß noch eine Steigerung möglich war. Der Zylinder ist aus Leichtmetall mit Hartchromauflage, und ein Kolben ohne Ring kommt zur Anwendung. Der Motor ist für den Wettbewerbsflieger ausgelegt mit höchster Leistung und Zuverlässigkeit.
- Kurbelgehäuse:** Sehr dickwandiges, aber noch leichtes Kurbelgehäuse in zweiteiliger Ausführung mit angeflanschem Lagerteil und Metalldeckel. Robuste Verschraubungen und gute Einbaumöglichkeiten in alle Modellarten. Rückenflanschbefestigung möglich.
- Kurbelwelle:** Chrom-Nickelstahl gehärtet und geschliffen. Drehschieberfenster geräumt. Großes Gegen-gewicht zum Massenausgleich.
- Lagerung:** Zwei Kugellager mit festem Gehäusesitz. Gleitlager am Pleuel.
- Pleuel:** Geschmiedetes Dural, an den Lagerstellen ausgebüchst.
- Kolben:** Hochsiliziumhaltiges Kolbenmaterial, geschmiedet und zerspanend gefertigt. Kolbenmate-rial geschliffen und eingeläpft. Kein Kolbenring! Kolbenbolzen durch Drahringe gesichert.
- Zylinder:** Duralzylinder innen hart verchromt. Geschliffen und gehont. Kolben eingeläpft. Engste Passung. Thermische Ausdehnung des Zylinders größer als die des Kolbens. Daher kann der Kolben bei Überhitzung nicht klemmen.
- Zylinderkopf:** Zylinderkopf aus Leichtmetall ganz zerspanend hergestellt. Verrippt. Kerzengewinde ist mittig angeordnet. Zentralbrennraum.
- Vergaser:** Drosselvergaser mit Gemischregelung. Einfach zu regulieren und nicht schmutzanfällig. Hohe Genauigkeit der Paßteile zueinander.
- Laufverhalten:** Bei hohen Drehzahlen ruhiger, vibrationsarmer Lauf. Der Schalldämpfer vermindert über 15 000 U/min erheblich die Leistung. Mit Resonanzschalldämpfer ist eine Leistung über 1,5 kW erreichbar. Zuverlässiger Leerlauf und gute Übergänge von Leerlauf auf Vollast.



Technische Daten:

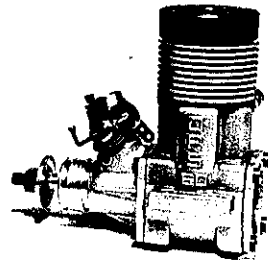
Bohrung:	24,00 mm Ø
Hub:	22,00 mm
Hubraum:	9,95 ccm
Gewicht ohne Dämpfer:	481 g
Leistung:	1,0 kW (1,35 PS)
Drehzahlbereich:	8000 bis 20 000 U/min



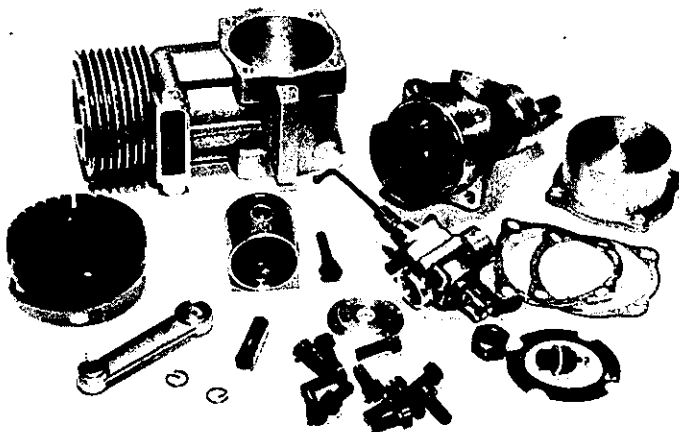
10.16.

OPS .60 Ursus
9,90 ccm

Hersteller: OPS-Motori
Via Silvio Pellico 40
I-20052 Monza/Italien



- Allgemeines:** Der OPS .60-Modellmotor ist der erste Hochleistungs-Modellmotor für den Wettbewerbsflieger und Fernsteuerungsanhänger. Der Motor ist aus handgefertigten Rennmotoren heraus entstanden. Die Motoren werden in kleinerer Serie gebaut und haben international auf vielen Wettbewerben schon Rekorde und Spitzenleistungen erzielt. Der Ursus wurde seit 1974, dem Erscheinungsjahr der ersten Serie, wesentlich verbessert.
- Kurbelgehäuse:** Robustes und etwas dickwandiges Kokillengußgehäuse mit sandgußähnlicher Oberfläche. Der Guß ist dicht und leicht. Das Gehäuse ist zweiteilig mit angeflanschem Lagergehäuse und Metalldeckel. Robuste Verschraubung.
- Kurbelwelle:** Stahl gehärtet und geschliffen an allen Lagerstellen.
- Lagerung:** Lagerung der Kurbelwelle in zwei Kugellagern mit abgestimmter Radialluft. Pleuellagerung in Bronze-Gleitlagern. Großes Gegengewicht zum Massenausgleich.
- Pleuel:** Geschmiedeter Pleuel mit Bronzelager.
- Kolben:** Geschmiedeter Kolben aus hochsiliziumhaltigem Leichtmetall. Kein Kolbenring! Umlaufende Ölnot oben am Kolbenhemd. Kolben ist am Hemd in den Zylinder eingeläpft. Der Kolbenbolzen wird durch Drahringe gesichert.
- Zylinder:** Bronzestylinder mit innen hartverchromter und ausgehörter Lauffläche. Alle Steuerschlitze gefräst und geräumt.
- Zylinderkopf:** Ganz zerspanend aus Alu hergestellt. Rot eloxiert. Mittige Kerzenlage, Zentrallbrennraum. Weichstoff-Zylinderkopfdichtung.



Vergaser:

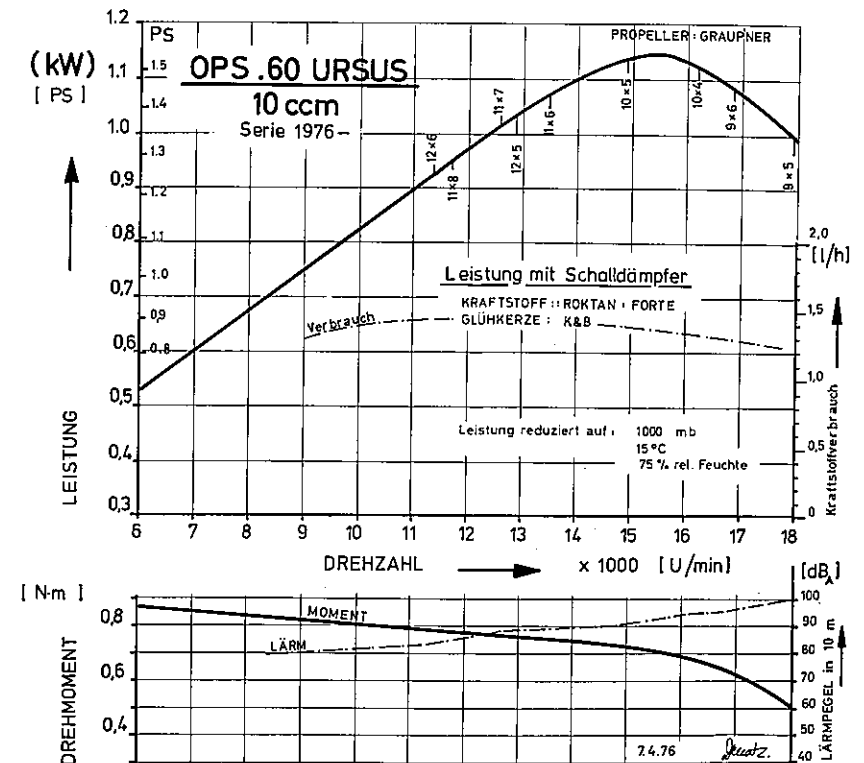
Teilweise werden Perry-Vergaser verwendet, oder Perry-Kraftstoffpumpen mit Perry-Sondervergaser. Zum Teil werden auch eigene Drosselvergaser mit Gemischregelung durch mitbewegte Drosseldüsenadel verwendet.

Laufverhalten:

Durch hohe Verdichtung im unteren Laufbereich rauher Gang des Motors. Die Leistungskurve ist mit einem angeflanschten Expansionskammerdämpfer ermittelt. Bei der Verwendung eines Resonanzschalldämpfers und einer Perry-Pumpe mit vergrößertem Ansaugquerschnitt im Vergaser erreicht man Leistungen über 1,5 kW.

Technische Daten:

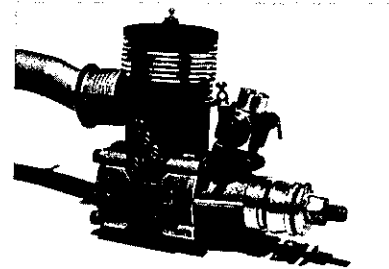
Bohrung:	23,85 mm Ø
Hub:	22,00 mm
Hubraum:	9,90 ccm
Gewicht ohne Schalldämpfer:	517 g
Leistung:	1,15 kW (1,55 PS)
Drehzahlbereich:	10 000 bis 20 000 U/min



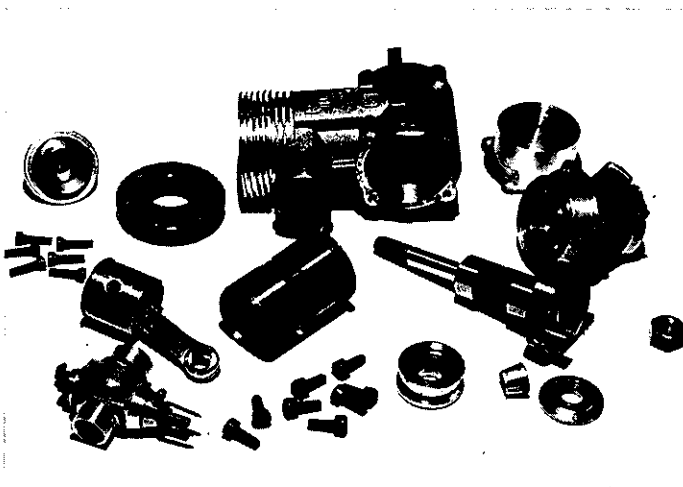
10.17.

Rossi .61 - FI
9,94 ccm

Hersteller: F.lli. Rossi
I-25060 Cellatica/Brescia
Italien

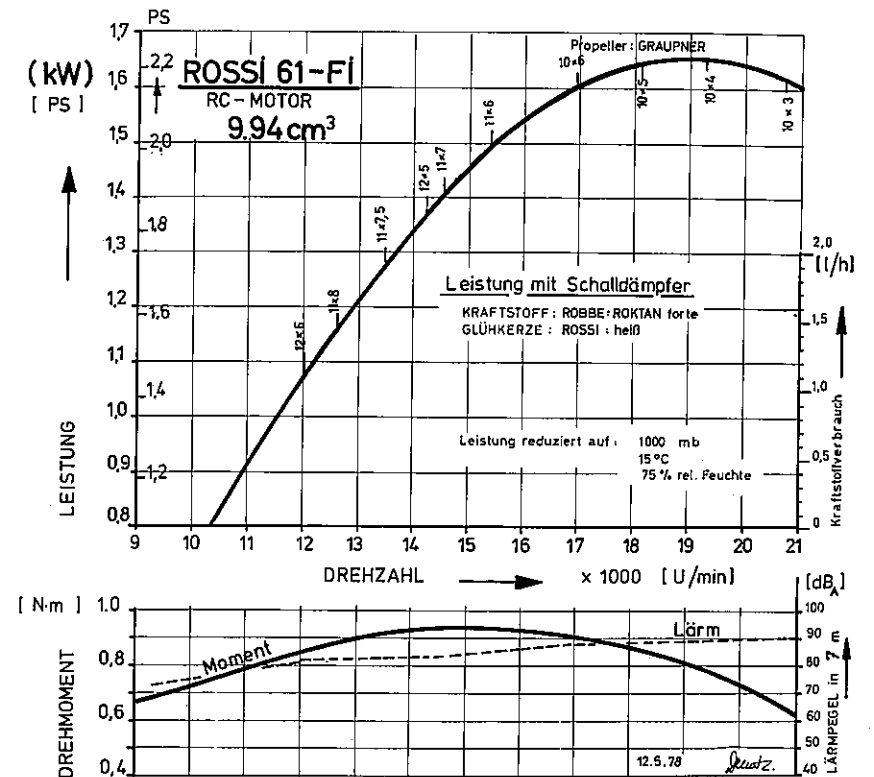


- Allgemeines:** Der Rossi 61 FI ist der zur Zeit leistungsfähigste Modellmotor mit 10 ccm Hubraum. Er wurde speziell für den Leistungs-Kunstflug entwickelt. Von dem Motor gibt es Varianten für Bootsantrieb und Hubschraubermodelle. Ferner sind Varianten mit ABC-Kolben Zylindern und Pumpenvergasern lieferbar. Der Motor muß mit Resonanzschalldämpfer betrieben werden.
- Kurbelgehäuse:** Dichter Sandguß mit angeflanschem Lagerteil. Oberfläche durch Sandstrahlen mattiert. Alle Flächen im Motoreninneren spanend bearbeitet.
- Kurbelwelle:** Gehärteter und geschliffener hochlegierter Stahl. Kurbelwange geschlossen. Polierter Gas-kanal.
- Lagerung:** Ausgesuchte Sonderkugellager für die Kurbelwelle. Drehschiebteil der Welle freigeätzt. Gleitlager mit Ölfördergewinde an den Pleuellagern.
- Pleuel:** Extrem steifer und fester Alupleuel, geschmiedet. Lagerstellen mit Bronze ausgebücht.
- Kolben:** Kolben aus siliziumhaltigem Kolbenleichtmetall, geschmiedet. Kolbenring extrem niedrig und breit mit großer Vorspannung. Laufflächen Hartchrom.
- Zylinder:** Hochlegierter und gehärteter Stahlzylinder. Geschliffen und gehont. Steueröffnungen dreiachsrig geätzt.
- Zylinderkopf:** Zweiteiliger Zylinderkopf mit Kühlrippenteil und spanend bearbeitetem Brennraumteil aus Aluminium. Übliches Glühkerzengewinde.
- Vergaser:** Walzenschiebervergaser mit Regelnadel, in Austrittsdüse eintauchend. Beste Gemisch-regelung.
- Laufverhalten:** Sehr kraftvoller Lauf. Hohe Drehmomentenstöße. Unter 12 000 U/min rauher Lauf. Motor will hochtourig betrieben werden. Gute Drosseleigenschaften.

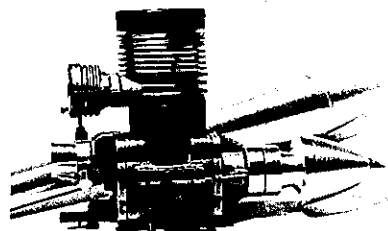


Technische Daten:

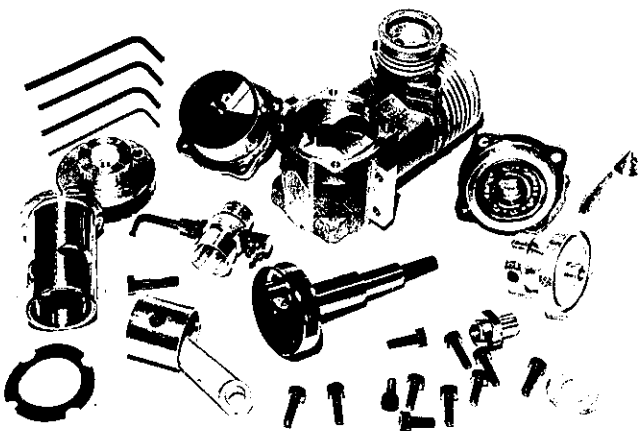
Bohrung:	23,835 mm Ø
Hub:	22,25 mm
Hubraum:	9,94 ccm
Gewicht:	538 g
Leistung:	1,9 kW
Hubraumleistung:	191 kW/Liter
Drehzahlbereich:	2000 U/min - 24 000 U/min



OPS .60-Rennmotor
9,90 ccm
Hersteller: OPS-Motori
Via Silvio Pellico 40
I-20052 Monza/Italien

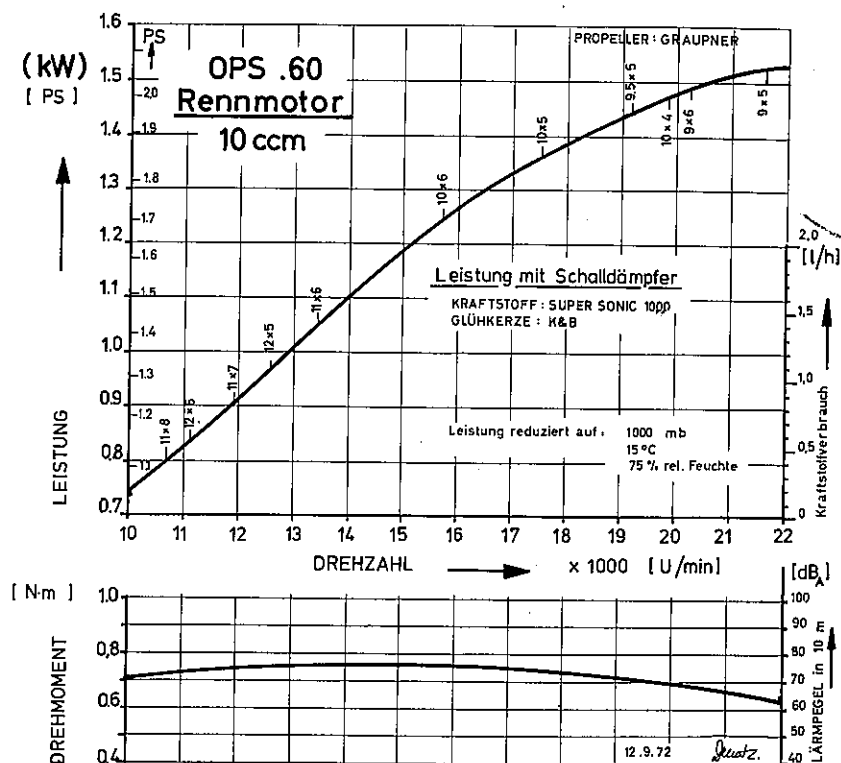


- Allgemeines:** Dieser Modellmotor ist speziell für Rekordzwecke entwickelt worden und dürfte eines der leistungsfähigsten Triebwerke sein. Durch die Verwendung von einigen Teilen aus der Serie des OPS-Ursus-Motors ist eine gute Gleichmäßigkeit in der Kleinserie erreicht worden, was die Leistung betrifft. Der Motor kann nur mit Resonanzauspuff betrieben werden.
- Kurbelgehäuse:** Zweiteiliges Kurbelgehäuse mit rückwärtigem Auspuffanschluß. Das Gehäuse ist dickwandig, leicht und im Sandguß hergestellt.
- Kurbelwelle:** Stahl gehärtet und geschliffen. Scheibenkurbelwange mit integriertem Gegengewicht.
- Lagerung:** Zweifach kugellagert. Gleitlager am Pleuel.
- Pleuel:** Geschmiedet und an den Lagerstellen mit Sonderbronze ausgebücht. Feinstbearbeitung der Lagerflächen.
- Kolben:** Kolben aus übereutektischem Silumin-Kolbenmaterial. Geschmiedet und ohne Kolbenring. Unterschiedlicher Ausdehnungskoeffizient des Zylinders und Kolbens erlaubt engste Passungen am Kolben und Zylinder.
- Zylinder:** Bronzezylinder innen hart verchromt. Geschliffen und gehont. Der Kolben ist in den Zylinder eingeläpft. Alle Schlitzte sind gefräst.
- Drehschieber:** Drehschieber aus gehärtetem Stahl auf Bronzedorn laufend. Spiel zum Deckel 0,04 mm.
- Zylinderkopf:** Aus Alu ganz zerspanend hergestellt. Zentralbrennraum. Mittige Kerzenlage. Kopf rot eloxiert.
- Vergaser:** Einfacher Spritzvergaser ohne Drosselmöglichkeit. Großer Ansaugquerschnitt.
- Laufverhalten:** Motor ist sehr drehfreudig. Betriebsdrehzahlen sind über 10 000 U/min zu wählen. Mit steigender Motordrehzahl ruhiger Motorlauf. Motor mit Resonanzdämpfer und Zusatzschalldämpfer zufriedenstellend im Lärm.



Technische Daten:

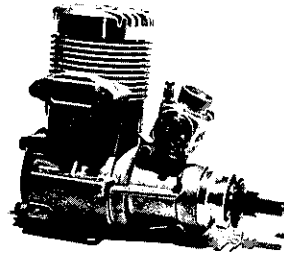
Bohrung:	23,85 mm Ø
Hub:	22,00 mm
Hubraum:	9,90 ccm
Gewicht ohne Schalldämpfer:	586 g
Leistung:	1,55 kW (2,1 PS)
Drehzahlbereich:	10 000 bis 25 000 U/min



10.19.

OS MAX 90 F - SR
14,886 ccm

Hersteller: Ogawa Model Mfg, Co, Ltd.
Osaka/Japan
Vertrieb: Graupner, Kirchheim



Allgemeines: Der Motor wurde speziell für große Flugmodelle entwickelt. Dabei wurde auf eine hohe Leistung bei mäßigen Drehzahlen geachtet. Prinzipiell ist der Motor eine lineare Vergrößerung von bekannten OS-Modellmotoren mit Schnürlespülung.

Kurbelgehäuse: Einteiliges Kurbelgehäuse mit großer Auslaßöffnung. Der Guß aus Leichtmetall ist dicht und hochwertig.

Kurbelwelle: Kurbelwelle aus gehärtetem Stahl, geschliffen an allen Paß- und Lagerflächen. Relativ kleine Ansaugbohrung.

Kurbelwellenlagerung: Lagerung der Welle in zwei Rillenkugellagern. Pleuellager in Gleitlagerausführung.

Pleuel: Geschmiedeter Leichtmetallpleuel mit zwei Lagerbüchsen an den Lagerstellen.

Kolben: Geschmiedeter Leichtmetallkolben mit einem Rechteckkolbenring.

Zylinder: Gehärteter Stahlzylinder, geschliffen und gehont. Steuerschlitze gefräst.

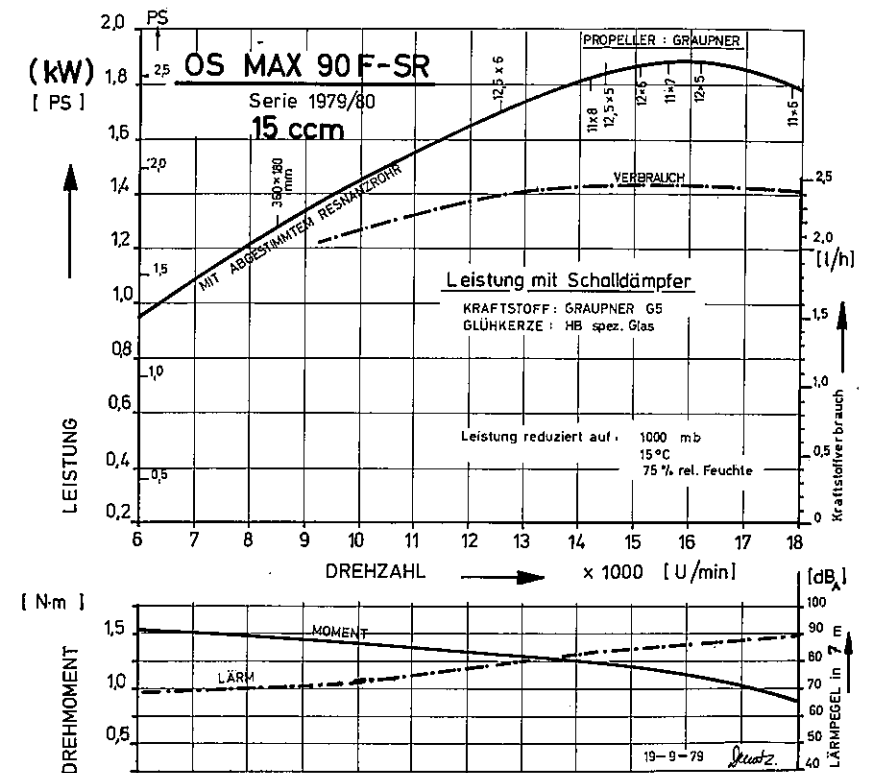
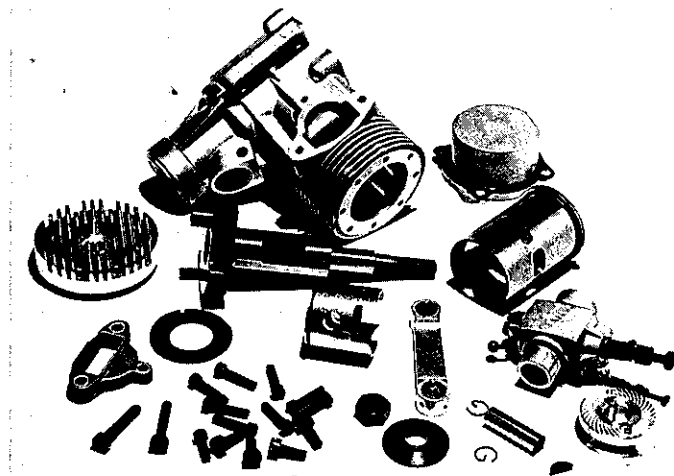
Zylinderkopf: Aus Aludruckguß mit Kühlrippen. Kerzengewinde mit Messing ausgebücht.

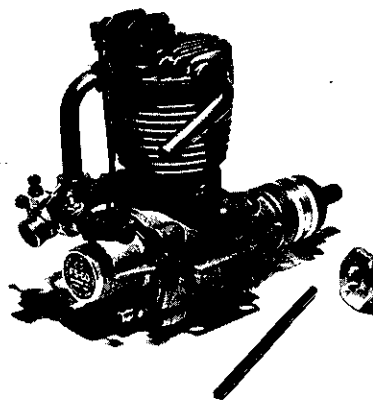
Vergaser: OS-Vergaser mit feinfühlig einstellbarem Leerlaufgemisch. Zweinadelprinzip.

Laufverhalten: Der Motor springt leicht an und läuft kräftig durch. Achtung: Luftschrauben können bei der Leistung des Motors zerspringen. Harter Lauf unter 10 000 U/min.

Technische Daten:

Bohrung: 27,00 mm Ø
Hub: 26,00 mm
Hubraum: 14,886 ccm
Leistung: 1,88 kW
Hubraumleistung: 126 kW/Liter
Drehzahlbereich: 1500 U/min bis 18 000 U/min
Gewicht: 692 g

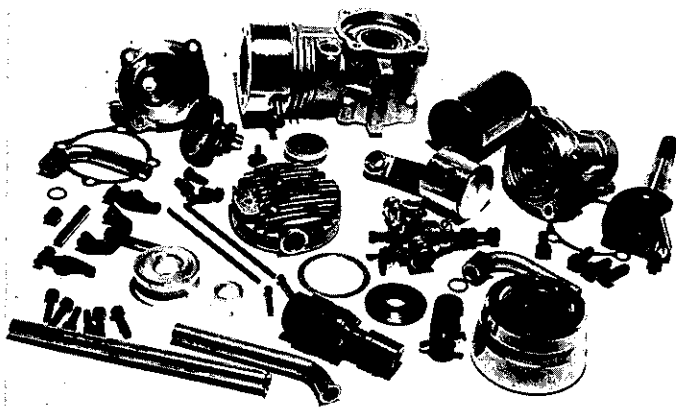




OS MAX FS 60
4-Taktmotor

Hersteller: Ogawa Model Mfg. Co, Ltd.
Osaka/Japan
Vertrieb: Graupner, Kirchheim

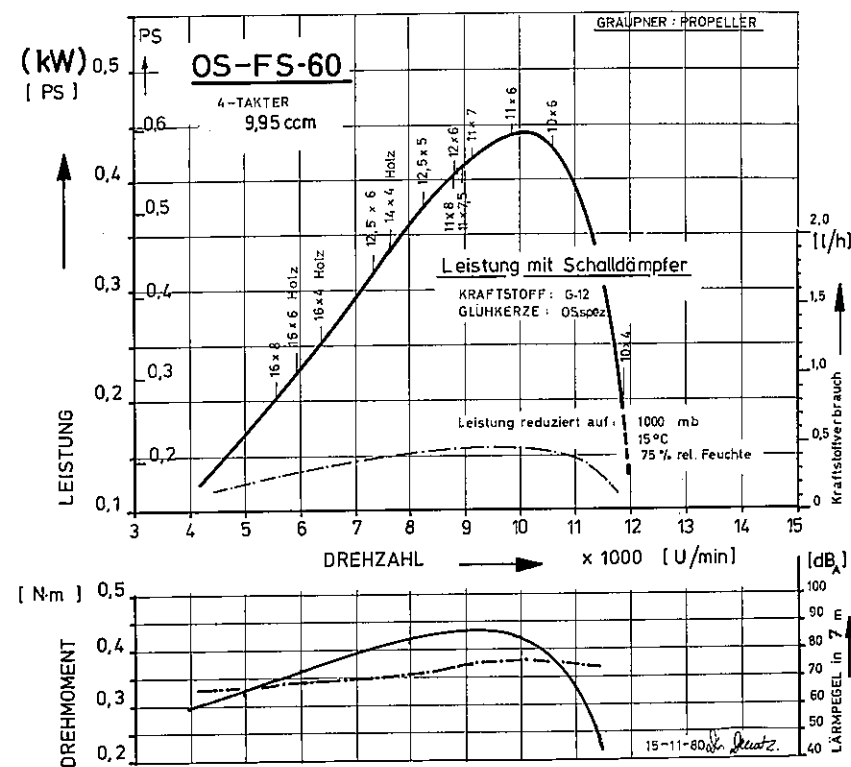
- Allgemeines:** Motor ist der erste Viertaktmotor des Herstellers. Motor hat zwei obenliegende, hängende Ventile, eine im Gehäusedeckel laufende Nockenwelle mit zwei Nocken und Stoßstangen zu den Kipphebeln auf dem Zylinderkopf.
- Kurbelgehäuse:** An ein Zentralgehäuse aus Aluminium ist vorne ein Lagerteil und hinten ein Nockenwellengehäuse angeflanscht.
- Kurbelwelle:** Stahl gehärtet und geschliffen. Nockenwelle mit zwei Nocken ebenfalls aus gehärtetem Stahl.
- Lagerung:** Kurbelwelle in zwei Rillenkugellagern. Die Nockenwelle ebenfalls in zwei Instrumentenkugellagern gelagert. Pleuellager als Gleitlager.
- Pleuel:** Aluminium vorgepreßt und zerspanend auf Endmaß hergestellt. Bronzelager an beiden Pleuellagen.
- Kolben:** Leichtmetallkolben aus Silumin geschmiedet. Ein Rechteckkolbenring.
- Zylinder:** Gehärteter Stahl, gehont und mit Hartnickel beschichtet.
- Zylinderkopf:** Leichtmetalldruckguß mit aus Bronze eingepreßten Ventiltassen. Kanäle gebohrt.
- Ventile:** Kegelventile mit 45° Sitzwinkel aus wärmebeständigem Vergütungsstahl. Ventileführungen in Ventiltasse aus Bronze. Bensingsicherungsring für Ventilefederplatte.



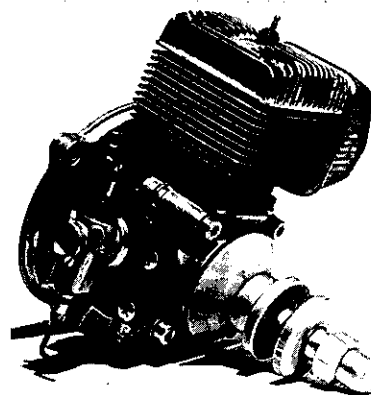
- Vergaser:** Spezieller Drosselvergaser mit Zusatzluftöffnung für Leerlaufgemisch. Vergaser in Bohrung am Gehäuse eingesetzt. Keine Gemischvorwärmung.
- Laufverhalten:** Motor springt auch von Hand an, er läuft in allen Drehzahlen zuverlässig durch. Als Glühkerze ist eine Spezialtype erforderlich. Für einen zuverlässigen Leerlauf ist ein Kraftstoff mit 12–15 % Nitromethan oder 5–8 % Propylenoxid erforderlich.

Technische Daten:

Bohrung:	24,00 mm Ø
Hub:	22,00 mm
Hubraum:	9,95 ccm
Leistung:	440 Watt bei 10 200 U/min
Hubraumleistung:	44,22 kW/Liter
Ventilüberschneidung:	6° kW
Ventildurchmesser:	9,0 mm Ø
Gewicht:	595 g
Drehzahlbereich:	2500–12 000 U/min



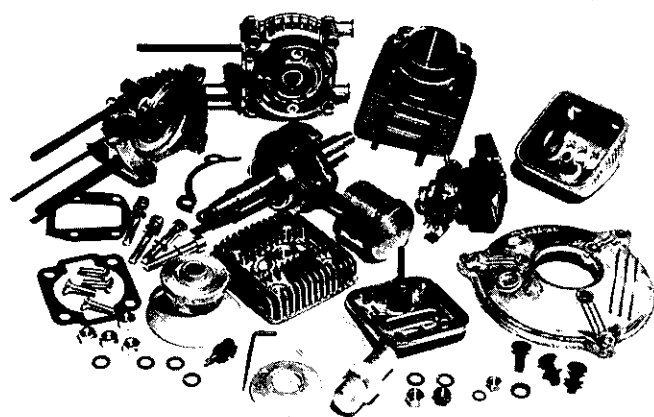
10.21.



Tartan 22 – glow
21,715 ccm

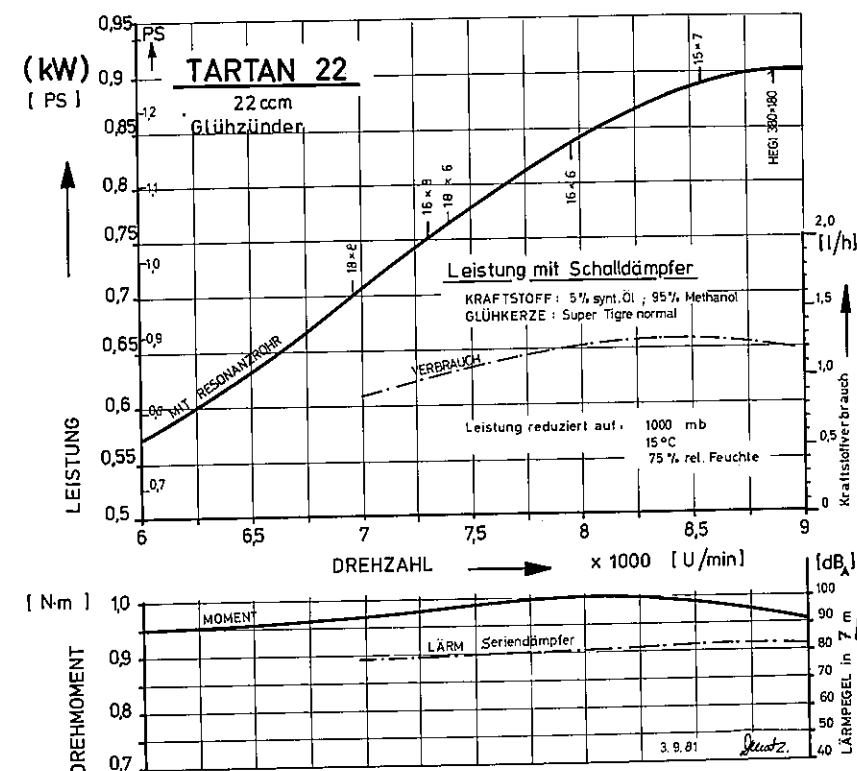
Hersteller: Fox-Motori
Poviglio/Italien
Vertrieb: Simprop Electronic
Harsewinkel

- Allgemeines:** Der Motor ist von einem für mobile Baumspritzen entwickelten Industriemotor für Modellbauzwecke abgeleitet worden. Der Aufbau ist entsprechend robust und für lange Gebrauchsdauer ausgelegt.
- Kurbelgehäuse:** Das Kurbelgehäuse ist zweiteilig und in der Zylinderachse geteilt. Über einen Adapterflansch wird der Motor an den Kopfspann eines Flugmodells angeschraubt.
- Kurbelwelle:** Die Kurbelwelle ist aus zwei geschmiedeten Kurbelwangen durch einen eingepreßten Kurbelzapfen zusammenmontiert.
- Lagerung:** Zwei Rillenkugellager auf jeder Kurbelwangenseite sowie ein spezielles Nadellager am unteren Pleuellage.
- Pleuel:** Geschmiedetes Stahlpleuel mit Bronzelagerbuchse am oberen Pleuelbolzenlager.
- Kolben:** Geschmiedeter Leichtmetallkolben aus Kolbenwerkstoff. Zwei Rechteckkolbenringe aus IKA.
- Zylinder:** Gegossener Leichtmetallzylinder mit integrierten Kühlrippen und Überströmkanälen. Kolbenlauffläche hartverchromt. Schnürleumkehrspülung mit zwei Überströmkanälen und einem Auspuffkanal.
- Vergaser:** Für den Motor ohne Funkenzündung wird ein Super-Tigre-MAG-Vergaser montiert. Ansaugsteuerung über Flatterventil ins Kurbelgehäuse. Vergaser paßt mäßig gut zu dem Motor.
- Laufverhalten:** Gleichmäßiger Motorlauf bei Vollgas und bei Leerlauf. Mäßige Vibrationen und leichtes Schütteln der Motorgröße entsprechend. Leistung ist mit geringem Ölanteil im Kraftstoff (unter 10 %) und Nitromethan noch steigbar, ebenso mit einem gut abgestimmten Resonanzrohr. Geringes Motorgeräusch. Vergaser etwas schwer zum Einstellen.



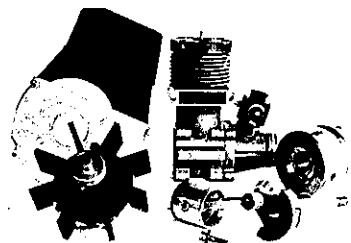
Technische Daten:

Bohrung:	32,00 mm Ø
Hub:	27,00 mm
Hubraum:	21,715 ccm
Leistung:	900 Watt bei 9000 U/min
Hubraumleistung:	24,12 kW/Liter
Drehzahlbereich:	1500–10 000 U/min
Gewicht:	1056 g mit Serienschalldämpfer

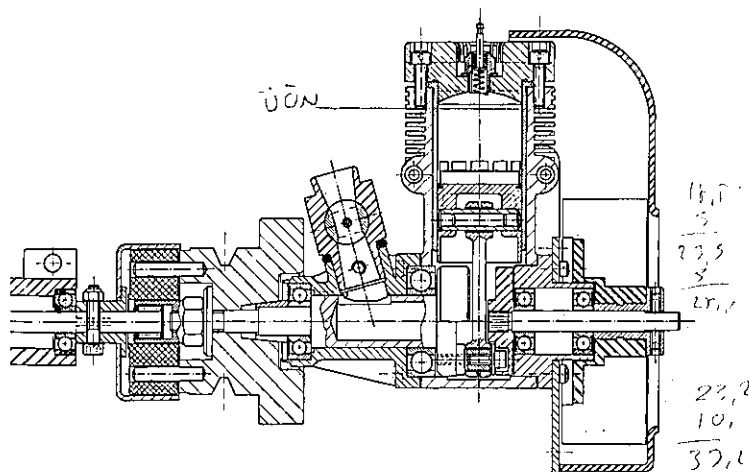


HB .61-Stamo
Helmut-Bernhardt-Motor
10 ccm

Hersteller: Helmut Bernhardt, Feinmechanik
 8354 Metten/Bayerischer Wald
 Alleinvertrieb: Johannes Graupner
 Kirchheim/Teck

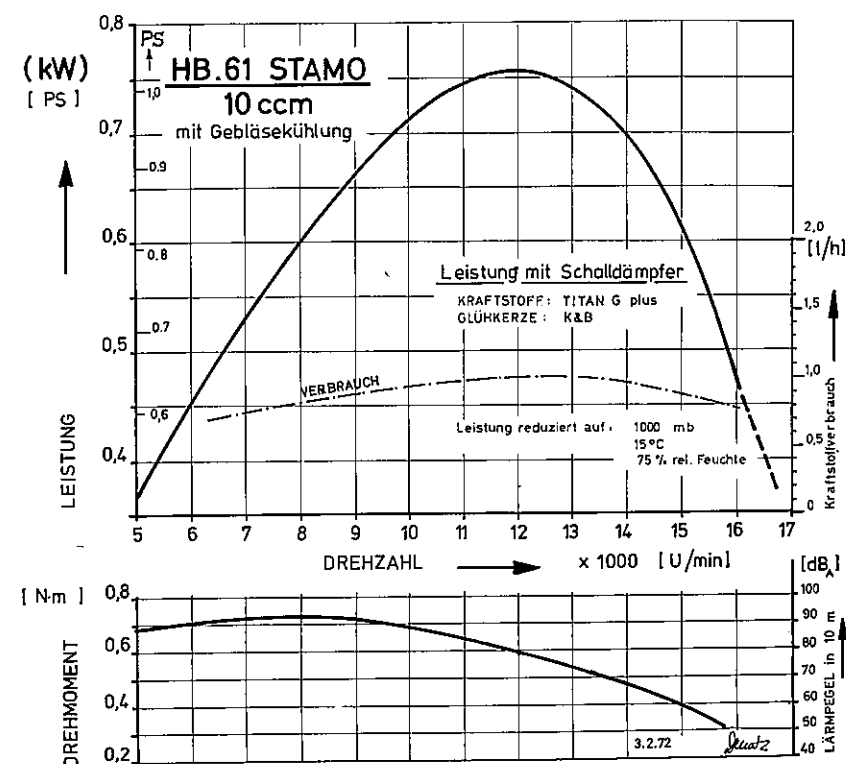


- Allgemeines:** Der Motor HB .61-Stamo ist ein Modellmotor mit angebautem Kühlluftgebläse, der weitgehend die Bauteile des HB .61 Motors verwendet. Das Kühlluftgebläse wird über einen verlängerten Kurbelzapfen als Mitnehmer angetrieben. An der Welle des K hlluftgebl ses kann ein Teil der Motorleistung abgenommen werden.
- Kurbelgehäuse:** Zweiteiliges Gehäuse aus leichtem und dichtem Leichtmetalldruckguß. Alle Passungen sind gehont oder feingedreht. Kühlluftgebläse mit Gehäuse aus Nylon.
- Kurbelwelle:** Kurbelwelle aus gehärtetem Stahl, geschliffen und durch einen mit Linksgewinde eingeschaubten Zapfen verlängert am Kurbelzapfen.
- Lagerung:** Hauptkurbelwelle zweifach kugellagert, die Welle des K hlluftgebl ses ist ebenfalls zweifach kugellagert. Spezielle  labdichtung mit  lrucksaugkanal.
- Pleuel:** Leichtmetall geschmiedet. Lagerstellen mit Bronze ausgebucht, symmetrisch.
- Kolben:** Geschmiedeter Nasenkolben aus eutektischer Alu-Silizium-Kolbenlegierung. Ein Kolbenring mit L-Querschnitt und geringster Vorspannung, aus perlitischem Grauguß.
- Zylinder:** Stahl gehont und geschliffen. Oberfläche badn rt.
- Zylinderkopf:** Ganz aus Aluminium gefräst. Brennraum halbkugelförmig und mittige Kerzenlage.
- Vergaser:** Speziell auf diesen Motor angepaßter Perry-Vergaser. Der Vergaser wird von Bernhardt in USA-Lizenz hergestellt.
- Laufverhalten:** Extrem ruhiger Lauf. Hohes Drehmoment bis 10 000 U/min. Kühlgebläse sehr gut wirksam und auch für tropische Verhältnisse ausreichend. Motor läuft nur in einer Drehrichtung. Sonderschalld mpfer mäßiger Wirksamkeit. Geringer Treibstoffverbrauch.



Technische Daten:

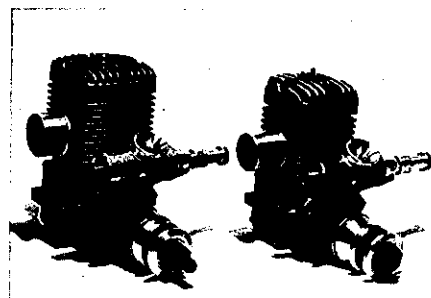
Bohrung:	24,00 mm �
Hub:	22,00 mm
Hubraum:	9,97 ccm
Leistung:	1,03 PS bei 12 000 U/min
Gewicht mit Schalldämpfer:	625 g
Hubraumleistung:	104 PS/Liter
Drehzahlbereich:	3000 bis 16 000 U/min



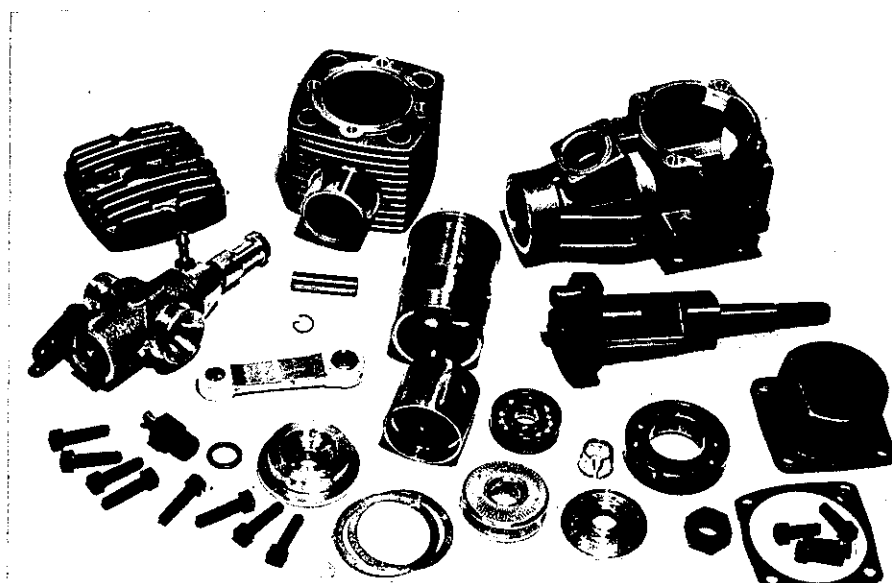
10.23.

Monza Sport
3,5 RC und 6,5 RC

Hersteller: OPS Motori
Casella Postale 129
I 20052 Monza/Italien



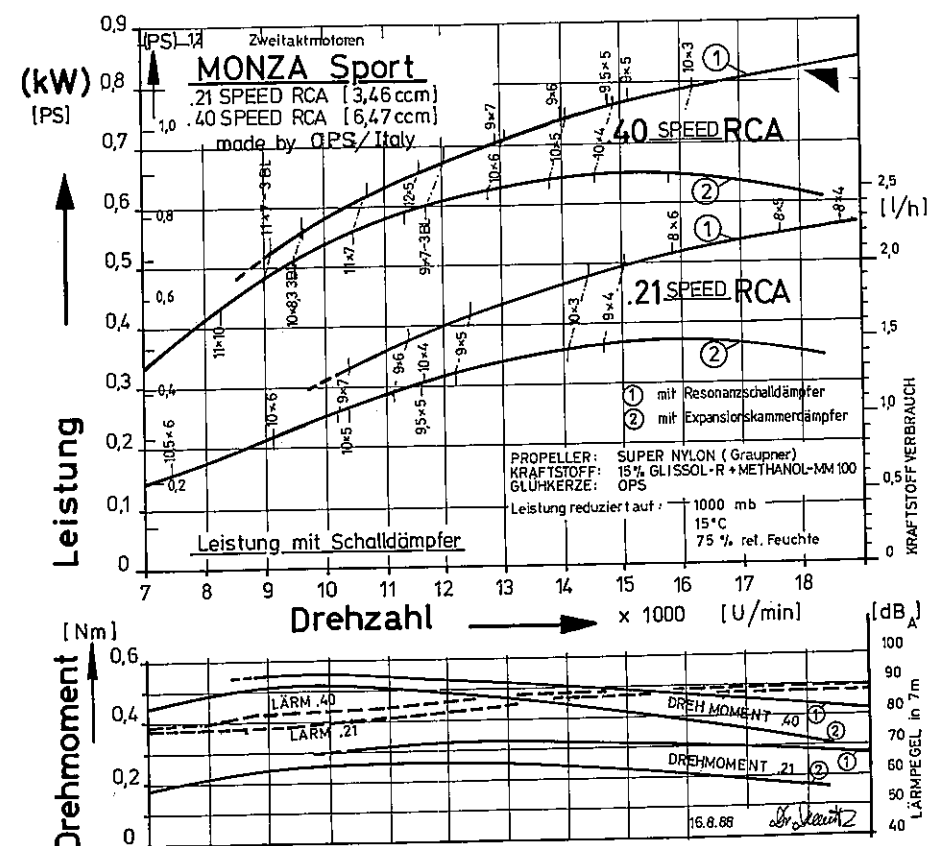
- Allgemeines:** Die beiden Motoren werden von dem italienischen Hersteller nach Übernahme der Gußformen von HB-Feinmechanik, Metten, produziert. Die Motoren können sowohl mit Auspuffstutzen zur linken oder rechten Seite als auch nach hinten durch Drehen der Zylinderblöcke betrieben werden. Die Motoren sind Hochleistungsmotoren, wenn auch keine speziellen Rennmotoren.
- Kurbelgehäuse:** Grundgehäuse mit Kurbelwellenlagerung und durch 4 Bolzen gehaltenem Kühlrippenteil mit Abgasstutzen und eingeschobenem Zylinder.
- Kurbelwelle:** Einsatzgehärtete Stahlwelle mit geschliffenen Lagerstellen. Mäßig ausgewuchtet.
- Lagerung:** Rillenkugellager mit Kunststoff-Schnappkäfigen für die Kurbelwelle. Gleitlagerung des Pleuels.
- Pleuel:** Hochfestes Aluminium mit am unteren Pleuelauge eingepreßter Bronzelagerbuchse.
- Kolben:** Gegossene Siluminkolben. Geschliffen und Siliziumkristalle freigelegt.
- Zylinder:** Messingzylinder innen hartverchromt und Chromschicht durch Honen aufgerauht. Leicht konischer Zylinder. Kolben mit 5 bis 7 µm Spiel in OT eingepaßt.
- Zylinderkopf:** Aludrehteil mit enger Passung im Zylinder. Zentralbrennraum.



- Vergaser:** OPS-Schiebervergaser mit mäßig großer Ansaugöffnung. Drucktank nicht notwendig aber empfehlenswert.
- Laufverhalten:** Kein merklicher Einfluß der Abgasstutzenstellung auf die Motorleistung. Gutes und leichtes Anspringen der Motoren, exakt justierbarer Vergaser für optimales Gemisch in allen Drosselstellungen. Durch etwas Nacharbeit am Motor ist dieser auch für Rennzwecke verwendbar. Motoren sollten an Resonanzrohren betrieben werden! Kraftstoffe mit additiven HD-Syntheseölen 12 % und Nitromethananteil über 15 % als Rennkraftstoffe.

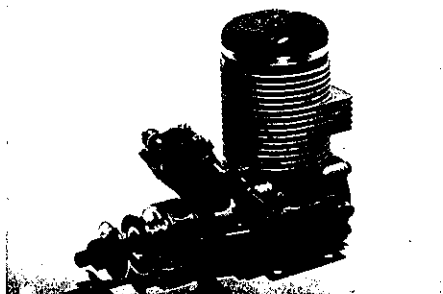
Technische Daten

	3,5 RC	6,5 RC
Bohrung:	16,60 mm Ø	21,50 mm Ø
Hub:	16,00 mm	17,80 mm
Hubraum:	3,462 ccm	6,462 ccm
Gewicht ohne SD:	262 g	374 g
Leistung:	0,580 kW	0,845 kW
Drehzahlbereich:	bis 25 000 U/min	bis 21 000 U/min

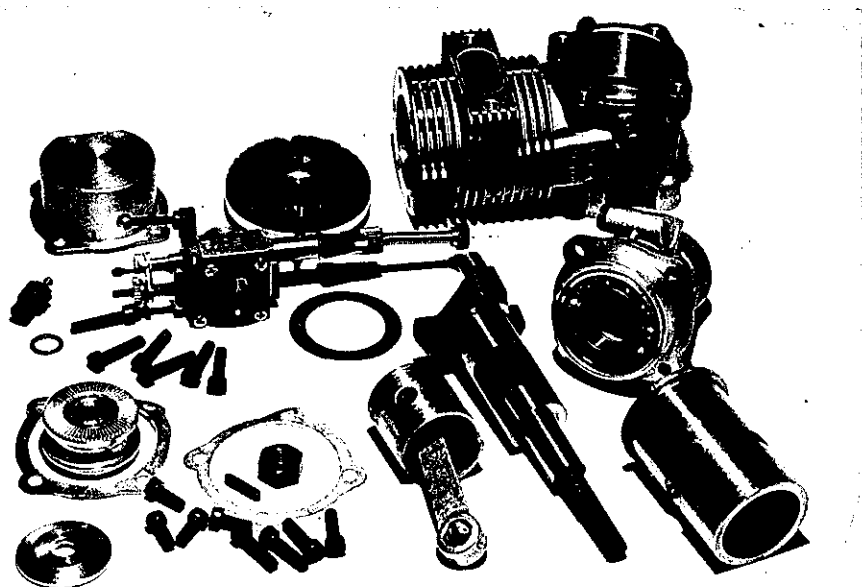


Webra .61 Racing
Long Stroke
9,94 ccm

Hersteller: Webra Modellmotoren
A 2551 Enzesfeld/Österreich
Eichengasse 572



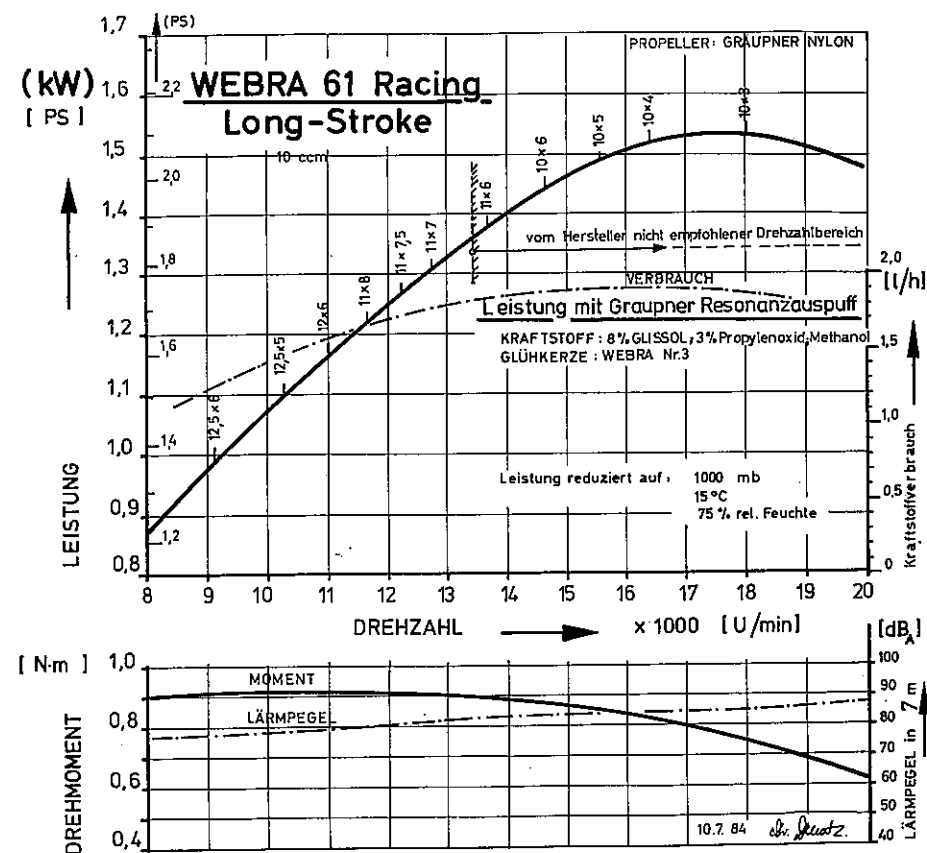
- Allgemeines:** Bei diesem Motor ist das gleiche Gehäuse wie beim .61 Racing verwendet worden. Der Hub und die Zylinderbohrung wurden geändert, ebenso die Steuerzeiten des Drehschiebers so geändert, daß der Motor mehr Leistung bei Drehzahlen um 14 000 U/min erreicht. Der Motor ist für Wettbewerbsmodelle der Klasse F 3 A (Kunstflugmodelle) gedacht.
- Kurbelgehäuse:** Zweiteiliges Kurbelgehäuse mit zentralem Zylinderteil. Auslaß nach hinten.
- Kurbelwelle:** Verstärkte Kurbelwelle aus gehärtetem (Einsatzhärtung) Automatenstahl. Motor ist durch großes Gegengewicht an der Kurbelwange gut ausgewuchtet.
- Lagerung:** Kurbelwelle mit 17 mm $\varnothing$ mit einem Rillenkugellager der Lagerreihe 618 und am Propellermitnehmer in einem Normkugellager.
- Pleuel:** Geschmiedeter Alupleuel mit Bronzebuchsen an beiden Lagerstellen.
- Kolben:** Gepreßter Leichtmetallkolben aus Silumin, Kolbenhemd abgesetzt und geschliffen. Siliziumkristalle teilweise freigelegt.
- Zylinder:** Messingzylinder innen hartverchromt und Chromschicht durch Honen aufgeraut. Zylinder ist leicht konisch.
- Zylinderkopf:** Aludrehteil mit zentralem Brennraum. Schwarz eloxiert und mit umlaufendem Einstich außen.



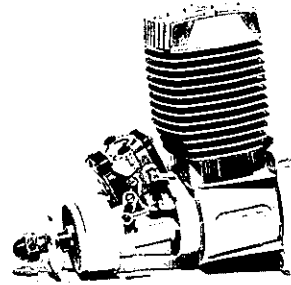
- Vergaser:** Schiebervergaser mit großer Ansaugöffnung. Modifizierter Steuerschlitz für die Gemischregelung, abgestimmt auf Drucktank oder Perrympumpe.
- Laufverhalten:** Hochleistungsmotor mit guten Laufeigenschaften. Teilweise Pleuellagerschäden bei Drehzahlen über 16 000 U/min und geringem Ölanteil im Kraftstoff; Herstellerempfehlungen bezüglich Kraftstoff und Ölanteil im Kraftstoff beachten!

Technische Daten

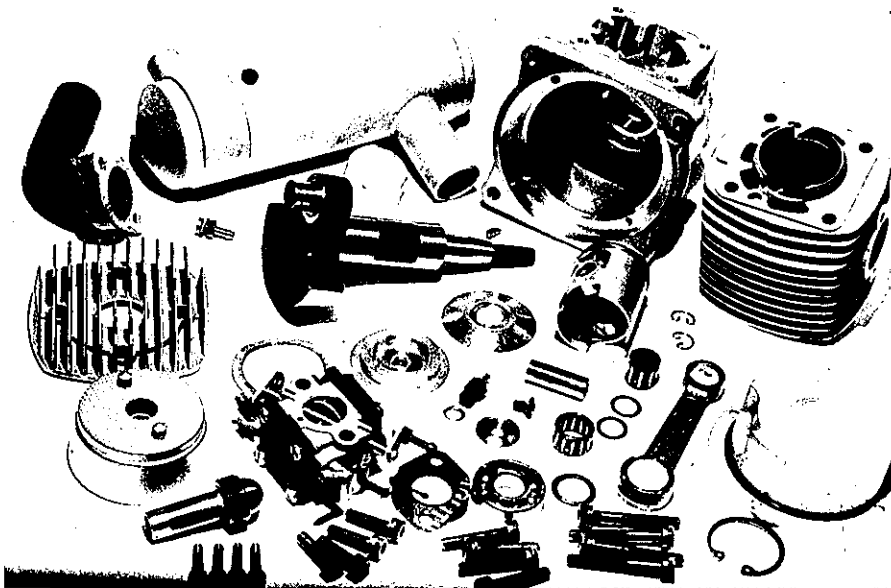
Bohrung:	22,5 mm $\varnothing$
Hub:	25,00 mm
Hubraum:	9,940 ccm
Gewicht:	534 g
Leistung:	1,54 kW bei 17 500 U/min
Hubraumleistung:	154,9 kW/Liter
Drehzahlbereich:	2000 bis 20 000 U/min
Hauptdrehzahlbereich:	bis 14 000 U/min



OPS Maxi-30-RCA
 29,76 ccm

 Hersteller: OPS Motori
 Casella Postale: 129
 I-20052 Monza/Italien


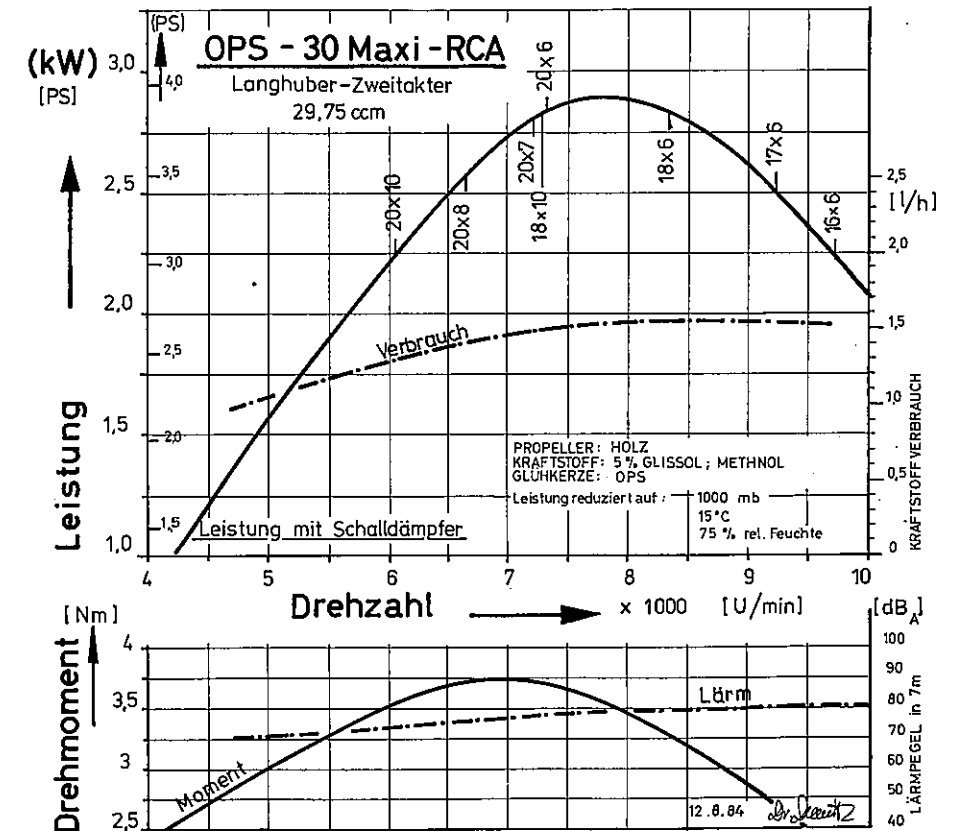
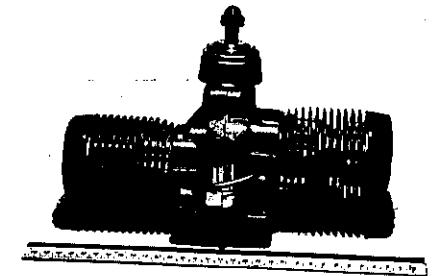
- Allgemeines:** Der Motor wurde von OPS speziell für große Flugmodelle entwickelt. Er hat die gleiche Zylinderbohrung und Hubabmessungen wie der erste KRATMO 30 Benzinmotor aus den 30er Jahren. Der Motor ist von der Spülungsschlitzanordnung und durch den Kurbelwellendreh-schieber für hohe Drehzahlen und Betrieb mit Resonanzauspuffanlagen vorgesehen.
- Kurbelgehäuse:** Einteiliges Kurbelgehäuse in Alu-Kokillenguß mit aufgeflanschem Leichtmetallzylinder. Motorbefestigung über am Gehäuse angegossene Flanschaugen.
- Kurbelwelle:** Stahl geschmiedet und zerspanend bearbeitet. Einsatzhärtung. Großes Gegengewicht zur Auswuchtung an der Kurbelwange.
- Lagerung:** Kurbelwelle in zwei Rillenkugellagern der Reihe 60 und 62. Pleuel mit zwei Nadellagern.
- Pleuel:** Stahl geschmiedet und zerspanend bearbeitet. Einsatzhärtung. An beiden Pleuelaugen werden Nadelkränze als Lager eingesetzt.
- Kolben:** Siluminkolben gegossen, wie für Industriemotoren üblich. Ein Kolbenring mit Rechteck-querschnitt zur Abdichtung.
- Zylinder:** Aludruckguß mit hartverchromter Zylinderlauffläche. 5 Spülkanäle.



- Zylinderkopf:** Brennraumteil aus Aluminium gedreht. Kühlrippenteil aufgeflanscht. Zentralbrennraum mit mittlerer Kerzenlage.
- Vergaser:** Dellorto-Membranpumpenvergaser wie bei Industriemotoren üblich. Aludruckguß eloxiert.
- Laufverhalten:** Der mit dem Motor mitgelieferte Expansionschalldämpfer ist zu klein und führt zu einem überhitzten Motor. Der Motor sollte mit abgestimmtem Resonanzauspuff betrieben werden und erreicht damit eine erstaunliche Leistung. In der Boxerversion, mit Membransteuerung des Ansauggemisches, erreicht der Motor mit zwei Expansionsauspufftöpfen die gleiche Leistung wie der Einzylinder mit abgestimmtem Resonanzauspuff. Teilweise Probleme mit aufquellenden Dichtungen im Vergaser und Nadellagerschäden an der Pleuellagerung.

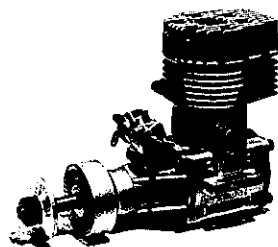
Technische Daten

- (Einzylinder)
 Bohrung: 32,00 mm Ø
 Hub: 37,00 mm
 Hubraum: 29,76 ccm
 Gewicht: 1890 g mit Expansionsdämpfer
 Leistung: 2,8 kW bei 7800 U/min mit Resonanzauspuffanlage
- Hubraumleistung: 94 kW/Liter
 Drehzahlbereich: 1600 bis 9000 U/min
 Hauptdrehzahlbereich: bis 7500 U/min
- (Boxerversion)
 Hubraum: 2 x 29,76 ccm
 Gewicht: 2648 g ohne Auspuffanlage
 Leistung: 2,85 kW bei 7500 U/min

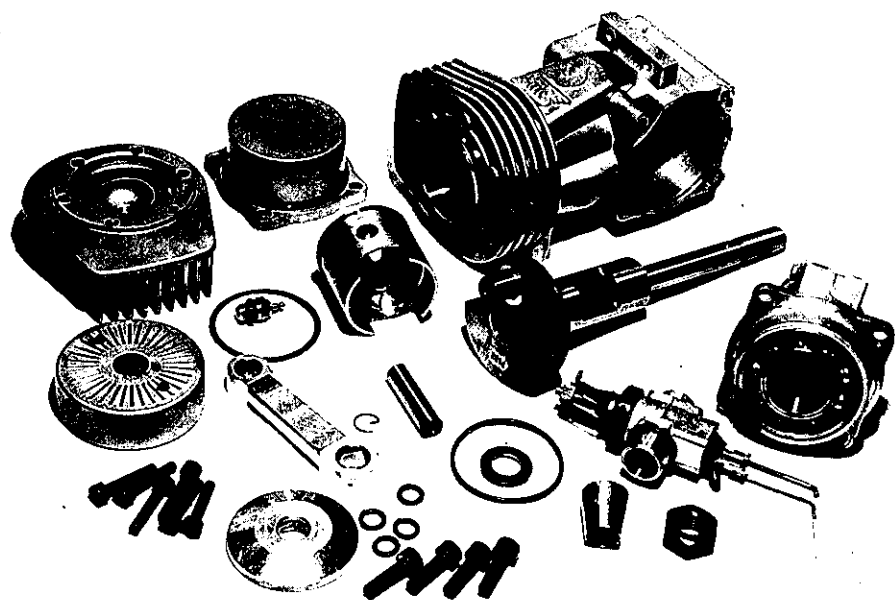


Super Tigre
S 2000, S 2500, S 3000
20 ccm, 25 ccm, 30 ccm

Hersteller: Super Tigre S.A.S.
Via dell'Artigiano 29
I-40065 Pianoro (BO)/Italien



- Allgemeines:** Der Motor wurde zunächst als 20-ccm-Zweitaktmotor für Großflugmodelle entwickelt. Durch Vergrößerung des Hubes und der Bohrung wurde daraus ein 30-ccm-Zweitaktflugmotor. Wegen des günstigen Leistungsgewichtes wird fast nur der 30-ccm-Motor verwendet. Ausgelegt sind die Motoren für Betriebsdrehzahlen über 10 000 U/min, wobei der Propeller sehr laut wird.
- Kurbelgehäuse:** Zentrales Kurbelgehäuse mit eingeschobenem Stahlzylinder. Kurbelwellenlagerteil angeflanscht. Kühlrippen nach hinten und auf Auspuffseite verbreitert. Aludruckguß.
- Kurbelwelle:** Einsatzgehärtete Stahlkurbelwelle aus Automatenstahl. Lagerstellen geschliffen.
- Lagerung:** Kurbelwelle in Normkugellagern der Reihe 60 und 62. Pleuel mit Gleitlagern.
- Pleuel:** Hochfestes Aluminium, ganz zerspanend bearbeitet und an beiden Lagerstellen mit Bronzebuchsen ausgebüchst.
- Kolben:** Gegossen aus Silumin. Ein Kolbenring mit Rechteckquerschnitt. Kolbenbolzen mit Federungen im Kolben gehalten.
- Zylinder:** Stahl gehärtet und geschliffen. Gefräste Steuerschlitze.
- Zylinderkopf:** Gegossen und mit zentralem Brennraum. Mittige Kerzenlage.

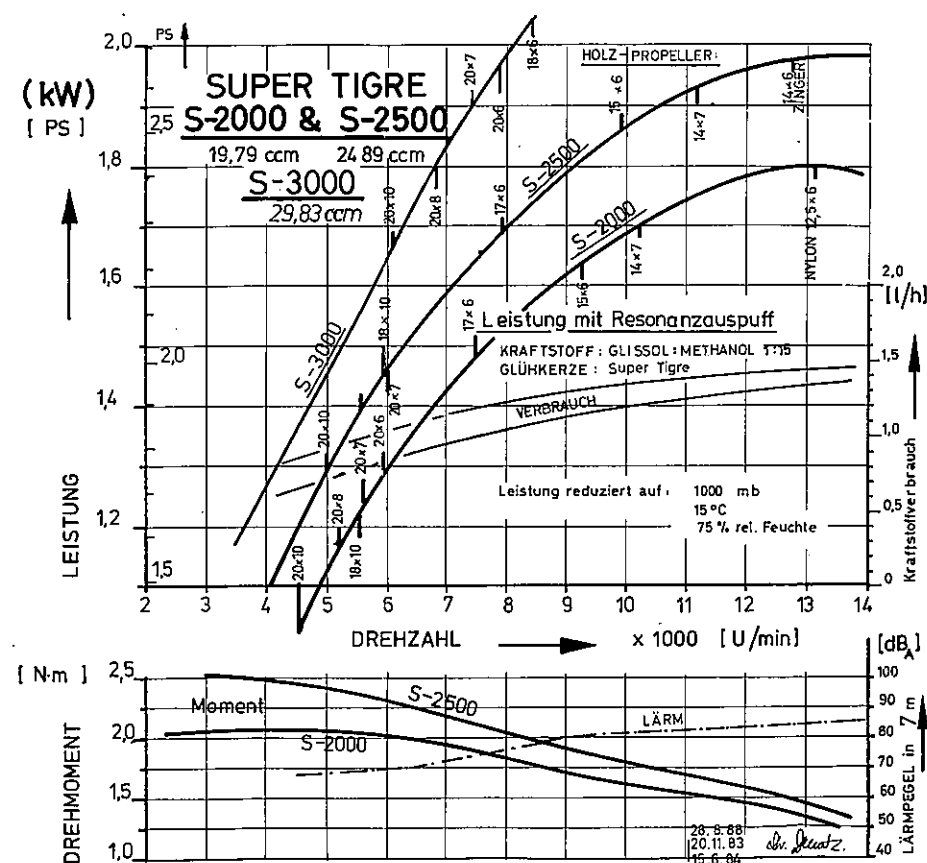


Vergaser: Drosselvergaser mit axial sich verschiebendem Küken. Typ: MAG. Durch zwei Nadeln ist Gemisch im Leerlauf und Vollgas justierbar. Zwischengasbereich wird durch zweite Nadel in etwa richtig aufbereitet.

Laufverhalten: Erstaunlich vibrationsarmer Lauf des Motors. Vor allem der S 3000 läuft sehr kraftvoll und zuverlässig. Durch Verwendung einer Funkenzündung ist der Motor auch mit Benzin (Mopedmischung) preiswert zu betreiben. Einbau des Motors in das Flugmodell entweder über seitliche Trägerflansche oder durch rückwärtigen 4-Loch-Flansch.

Technische Daten

	S 2000	S 2500	S 3000
Bohrung:	30,00 mm Ø	32,50 mm Ø	35,00 mm Ø
Hub:	28,00 mm	30,00 mm	31,00 mm
Hubraum:	19,79 ccm	24,89 ccm	29,83 ccm
Gewicht:	1218 g	1267 g	1278 g
Leistung:	1,8 kW	1,98 kW	2,45 kW
Hubraumleistung:	90,95 kW/Liter	79,55 kW/Liter	82,13 kW/Liter
Drehzahlbereich:	1500 bis 14 000 U/min für alle Typen		
Hauptdrehzahlbereich bis:	12 000	11 000	10 000



Modell und SchiffsModell

sind monatlich erscheinende Fachpublikationen für den funktionalen Modellbau. Alle Themen des ferngesteuerten Flug- bzw. Schiffsmodellbaus werden angesprochen, fachlich fundiertes Wissen wird vermittelt, Testberichte über diverse Bausatzmodelle, ausführliche Berichterstattung von größeren Veranstaltungen und die Vorstellung von Marktneuheiten, halten den Leser auf dem Stand der Technik.

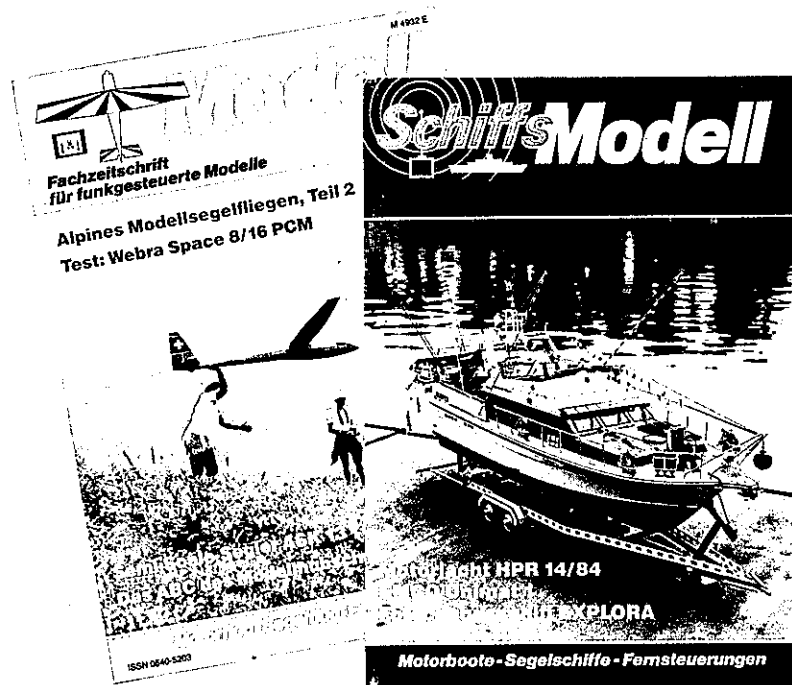
12 x im Jahr: Praxis und Information über den Modellbau

12 x im Jahr: Freude für jeden Modellflugbegeisterten und Schiffsmodellbauern

12 x im Jahr: Fachlich fundierte Unterhaltung

Jeder ernsthafte Modellbauer wird auf Dauer an dieser Fachlektüre nicht vorbei können. Beide Zeitschriften gibt es im Modellbaufachhandel, am Kiosk und an Bahnhofsbuchhandlungen oder direkt im Abonnement durch den Verlag.

Fordern Sie ein kostenloses Probeexemplar an.



Die **Modell-Fachbuchreihe** ist die umfangreichste der deutschsprachigen Fachliteratur auf dem Gebiet des Flug- und Schiffsmodellbaus. Bitte bestellen Sie unseren vierfarbigen kostenlosen Buchprospekt.

NV Neckar-Verlag GmbH, 7730 Villingen-Schwenningen
Postfach 1820, Tel. (0 77 21) 5 10 21

Aus unserem Angebot für den Modellbauer



Prof. Dr.-Ing. Peter Demuth

Viertakt-Modell-Motoren

2., überarbeitete Auflage
1989.

Viertaktmotoren in Theorie
und Praxis

224 S., 279 Abb.
B.-Nr. 185 DM 29,80

Die **Modell-Fachbuchreihe**

ist die umfangreichste der deutschsprachigen Fachliteratur auf dem Gebiet des Flug- und Schiffsmodellbaus. Bitte bestellen Sie unseren vierfarbigen kostenlosen Buchprospekt.

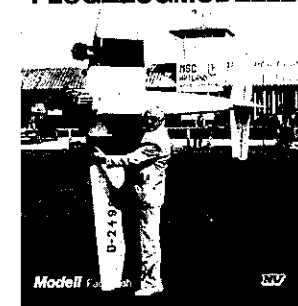
Ulrich Braune

Mein Sport: Modellfliegen

Ein Buch für die Jugend.
Der Einstieg in den Flugmodellbau: Vom Wurfgleiter bis zum ferngesteuerten Modell.

64 S., 68 Abb. und ein Bauplan 1:1
B.-Nr. 611 DM 19,80

MANFRED BOOG SEMI-SCALE FLUGZEUGMODELLE



Manfred Boog

Semi-Scale Flugzeugmodelle

Band 1 – Motorflug.
Informatives über vorbildähnliche Flugzeugmodelle.

192 S., 163 Abb.
B.-Nr. 167 DM 32,50

Helmut Drexler

Der RC-Fahrer

Abhandlung für Neulinge
und Profis.

190 S., 345 Abb.
B.-Nr. 162 DM 29,80

K. L. Busemeyer

RC-Luftschiffe und -Ballone

Alles Wissenswerte über
Bau und Fahrbetrieb

176 S., 221 Abb.
B.-Nr. 165 DM 34,80

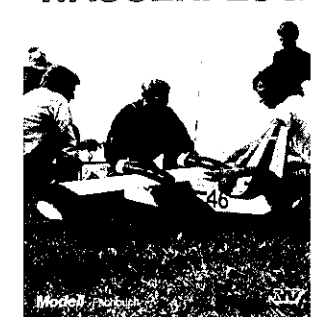
Ralph Müller

RC- Kunstflugmodelle

Kunstflugmodelle für Praktiker
und Anhänger der Luftakrobatik.

96 S., 102 Abb.
B.-Nr. 166 DM 19,80

ERICH DÄUBLER RC- WASSERFLUG



Erich Däubler

RC-Wasserflug

Schwimmer, Flugboote,
Hydro- und Aerodynamik.

128 S., 124 Abb.
B.-Nr. 169 DM 24,80



NECKAR-VERLAG GmbH, 7730 Villingen-Schwenningen
Postfach 1820, Telefon (07721) 51021