

Einfälle statt Abfälle

5,-
DM

WINDKRAFT ?



JA

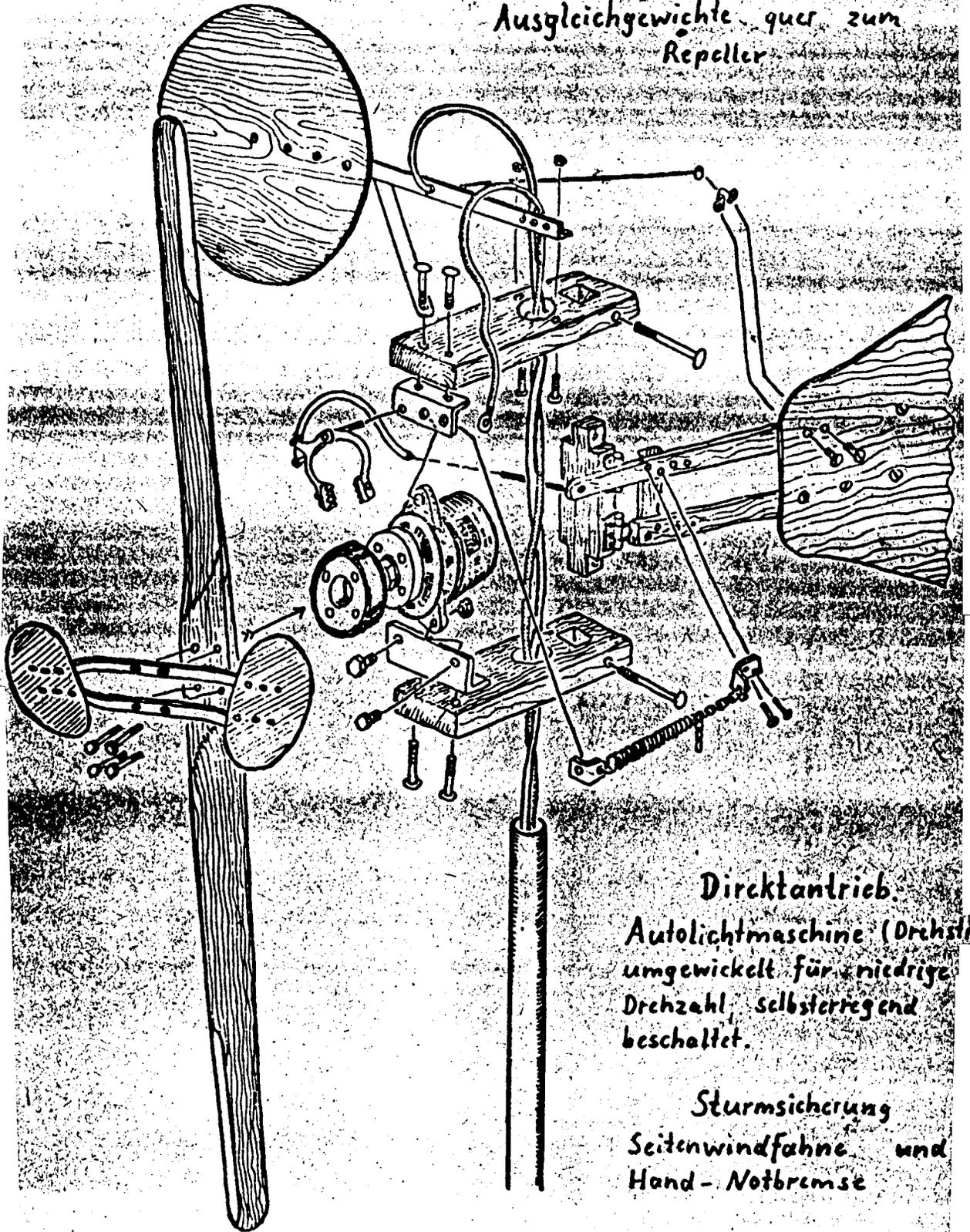
BITTE!

Heft 3. Ausführliche **BAUANLEITUNG** : Leistungsfähiges
Windrad mit verbesserter Autolichtmaschine, Holzrepeller, Direktantrieb.

Genau Darstellung des Ankerwickelns.

Holzrepeller, ca. 2 10

Ausgleichgewichte quer zum
Repeller



Direktantrieb:

Autolichtmaschine (Drehstrom)
umgewickelt für niedrige
Drehzahl; selbsterregend
beschaltet.

Sturmsicherung
Seitenwindfahne und
Hand-Notbremse

Übersichtszeichnung des beschriebenen Windrades

ISBN 3-924038-10-4

Inhaltsverzeichnis

①

- | | |
|----|--|
| 3 | 1. Gesamtkonzeption des Windrades |
| | 2. Der Repeller |
| 4 | Funktion, Erklärung der Aerodynamik |
| 6 | Holzauswahl: Holzart, Lage der Bohle im Stamm |
| | Fre |
| 7 | Fertigung: Raspeln, Hobeln, Schmirgeln, Hagelschutz, Lack |
| 17 | 3. Die Nabe, mit und ohne Feststellbremse |
| 19 | 4. Anlaufhilfe und Trägheitsmomentenausgleich |
| 22 | 5. Ausrichten gegen dynamische Unwucht |
| | 6. Die Lichtmaschine |
| 23 | Aufbau und Funktion |
| 26 | Was tun, wenn die Lichtmaschine nicht will ? |
| 27 | Demontage und Montage |
| | 7. Das Umwickeln von Autolichtmaschinen |
| 30 | Erklärung der Wechselstrom- und Drehstromwicklungsarten |
| 33 | Abwickeln und Ausbessern des Stators, Tabelle Drahtstärken |
| 33 | Abwickeln des Ankers, Tabelle Windungszahlen/Drahtstärken |
| 36 | Wickeln einer Wechselstromlichtmaschine von Hand |
| 37 | Wickeln einer Drehstromlima von Hand, Wellenwicklung |
| 38 | Wickeln von Drehstromlimas mit Vorrichtung |
| 41 | Zusammenschalten des Sternpunktes |
| | 8. Prüfen des umgewickelten Stators |
| 42 | Strangschluß, Masseschluß |
| 43 | Windungsschluß, Prüfvorrichtung |
| 46 | Prüfstand, Tabelle Daten der Limas, Tränken der Wicklung |
| | 9. Elektrische Beschaltung |
| 47 | Regler im Auto, Anpassung der Lima an den Repeller |
| 47 | Regler im Auto, Anpassung Lima - Repeller, Vorerregung |
| 48 | Selbsterregungs - Diodenbrücken |
| 50 | Elektronische Erregungshilfe |
| 51 | Schutzschaltungen, Überladeschutz, Anschließen der Batterien |
| 53 | 10. Batterien, Prüfen und Aufbessern alter Autobatterien |
| | 11. Was sonst noch dazugehört |
| 55 | Rahmen, Lagerung auf dem Mastrohr, Stromübertragung |
| 59 | Windfahne, Sturmsicherung, Notbremse |
| 64 | Mast errichten, Befestigung auf einem Dach |
| 66 | 12. Was man mit dem Strom anfangen kann, Wandler auf 220 V |
| 68 | Anhang Literaturverzeichnis |

Laßt 1000 Windmühlen wachsen!Vorwort

Es gibt viele Mittel und Wege , sich ein kleines Windrad zu bauen. Oft genug wird mangels Fachwissen ein laut kreischendes Ungetum daraus , was sich beim nächsten Sturm dann auf die Nachbargrundstücke verteilt.

In dieser Bauanleitung beschreiben wir einen sturmerprobten und bewährten kleinen Windgenerator : Autolima* umgewickelt, direkt durch schnellläufigen Repeller angetrieben, Sturm-sicherung durch Seitenwindfahne und schwenkbaren Kumpfkopf , zusätzlich "Notbremse".

Grundsatz beim Basteln: Richte nie indirekt mehr Schaden als Nutzen an . Die Energie, die zu seiner Herstellung benötigt wurde, muß das Windrad wieder einbringen, (für jedes kg Alu z.B. etwa 24 kWh Strom). Bitte verwendet darum Materialien, die anderswo weggeworfen werden und fremdenergiearme natürliche Stoffe wie Holz, Tuch, Leinöl . Glasfaser - Kunststoff ist in Herstellung und Verarbeitung gesundheitsschädlich und hier nicht unbedingt nötig . So besteht unser Windrad aus Holz , einer Autolima und Stahlrohr vom Schrottplatz , sowie einigem Kleinkram , den der Bastler leicht beschaffen kann . Wirkungsgrad und Energieertrag sind bei diesem schnellläufigen Windrad, gerade bei schwachem Wind, wesentlich günstiger als beim Langsamläufer , dafür ist besondere Sorgfalt bei Materialwahl , Bau und Auswuchten nötig ; denn aus "Einfälle statt Abfälle" soll doch nicht "Ausfälle und Unfälle" werden! "Nichts ist gut genug, solange man es noch verbessern kann", in diesem Sinne wünschen wir viel Spaß beim Bauen.

die Autorengruppe

PS.: Das ehemalige Heft "Windkraft ja bitte" (ohne den Über-titel "Einfälle statt Abfälle") , was z.Zt. noch vom Verlag "das Fenster" vertrieben wird , enthält noch die veraltete Bauweise mit einem lauten Kettengetriebe und wird nicht mehr empfohlen. Die im vorliegenden neuen Heft beschriebene Bauweise ist einfacher, leiser und wirkungsvoller.

PPS.: Literaturhinweise in eckigen Klammern

* „Lima“ = Lichtmaschine.

1. Gesamtkonzeption

③

Eine gewöhnliche Autolichtmaschine, bei Bastlern bekannt und beliebt, ist ab einer Drehzahl von ca. 900 Upm selbsterregungsfähig und kann ab ca. 1500 Upm ihre volle Leistung von etwa 500 W abgeben. Diese Drehzahlen sind so hoch, daß man für einen Repeller mit passender Leistung (3m) selbst dann noch ein Getriebe (ca. 1:5) braucht, wenn man diesen extrem schnellläufig auslegt (ca. $\lambda_s = 10$). Getriebe behindern jedoch den Repeller beim Anlauf und verursachen entweder Lärm (Kette) oder besonderen Bauaufwand (Flachriemen, Zahnriemen). [49]

So liegt es nahe, die Lichtmaschine auf höhere Windungszahl umzuwickeln, wodurch sich Drehzahlbereich und maximale Drehzahl verringern. Bei dreifacher Windungsanzahl paßt sowohl Drehzahl (300 - 900 Upm) als auch Leistung (max 180 W) zu einem schnellläufigen 2m-Repeller, der dann direkt auf der Lichtmaschinenwelle befestigt wird. [48]

Eigenschaften: - Repeller, Rahmen, Windfahnen aus Holz, energiearm, leicht zu bearbeiten, dauerhaft.

- leicht und handlich: Repeller wiegt etwa 1 kg, alles zusammen 12 kg.

- läuft recht leise, da ohne Getriebe.

- Repellerdurchmesser 1,80 m, Drehzahlbereich 350 bis etwa 900 Upm, Windrad beginnt ab ca. 4,5 m/sec Windgeschwindigkeit mit 1 A zu laden, das ist etwa Windstärke 2. Höchstleistung bei Windstärke 6 etwa 12 bis 15 A entsprechend 180 W.

- Die mittlere Tagesarbeit, die sehr vom Standort abhängt, liegt hier in Kiel bei 200 Wh/d, Verluste in den Batterien bereits abgezogen.

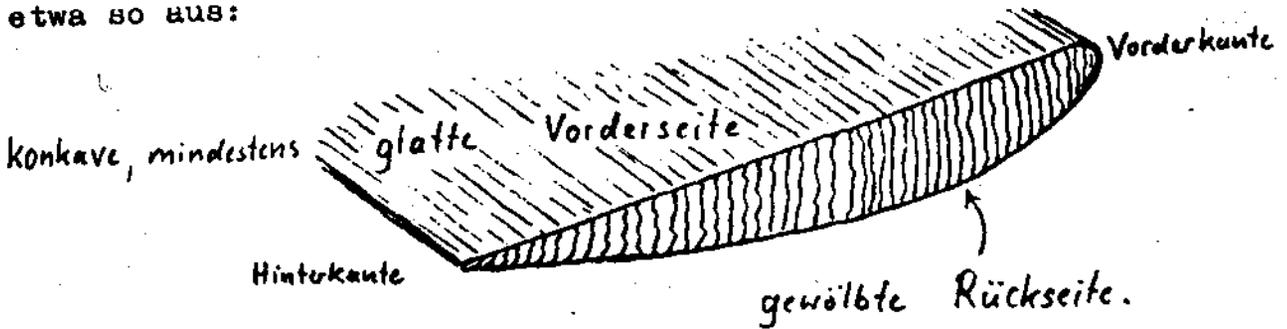
Weil das Windrad nur wenige Teile hat, ist es besonders leicht zu bauen. Um aber auch den gewünschten Erfolg zu haben, ist bei den wesentlichen Teilen, Repeller und Autolima, sorgfältige Arbeit nötig. Deshalb werden alle Bauschritte genau beschrieben. Aber keine Angst: Spezialwerkzeuge werden nicht gebraucht, z.B. keine Drehbank, Fräse oder Schweißgerät.

④

2. Der Repeller

Funktion

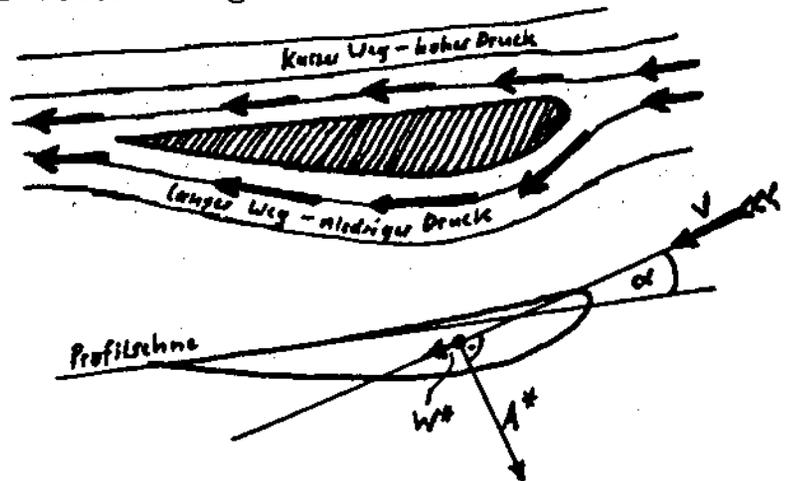
Ein aerodynamisch geformtes Profil, wie hier verwendet, sieht etwa so aus:



Wind und der Fahrtwind des sich drehenden Repellers setzen sich zur wahren Anströmrichtung und -Geschwindigkeit v zusammen. Im Flügelement selbst gilt die Geschwindigkeit v' als Mittel der Geschwindigkeiten vor und nach dem Rotorabschnitt.

Wird das Profil von vorn angeströmt (Anströmwinkel α), muß die Luft an der Rückseite viel schneller vorbei als an der Vorderseite. Hohe Geschwindigkeit bedeutet jedoch niedriger Druck, denn nach Bernoulli ist die Summe aus statischem Druck und Staudruck (der mit der Geschwindigkeit wächst), konstant.

Diese Sogwirkung verursacht eine Kraft, die sich in Auftrieb A^* und Widerstand W^* zerlegen läßt. Der Anteil dieser Kraft in Drehrichtung treibt das Windrad an.



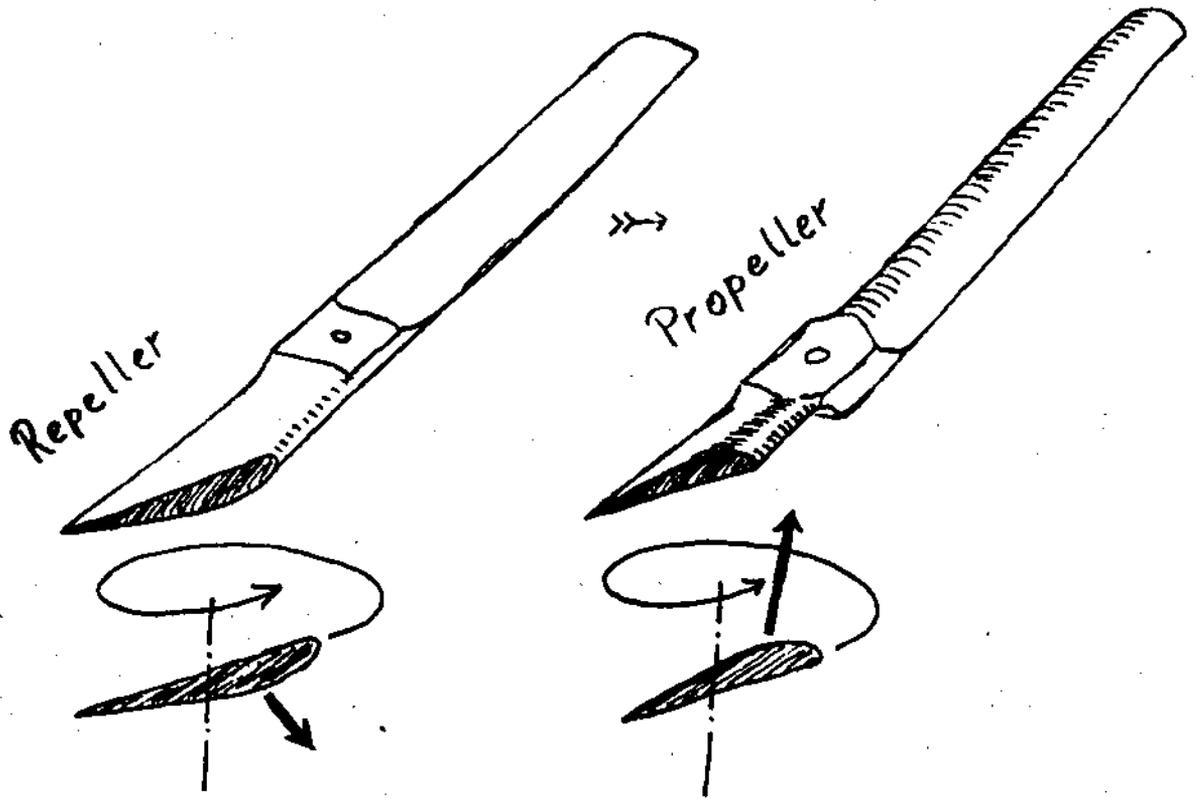
Der Auftrieb soll möglichst viel größer als der Widerstand sein, das

Verhältnis von Auftrieb zu Widerstand heißt Gleitzahl. Das Rotorblattende läuft mit einem mehrfachen der Windgeschwindigkeit um ; das Verhältnis von Umfangs- zu Windgeschwindigkeit im Nennbetrieb heißt Nenn-Schnellläufigkeit λ . Das freistehende Windrad kann bestenfalls $2/3$ der Windleistung in mechanische Leistung umsetzen; dazu muß der Wind auf $1/3$ seiner vorherigen Geschwindigkeit im windrad abgebremst werden. Die Leistung wächst mit dem Durchmesser hoch 2 und der Windgeschwindigkeit hoch 3.

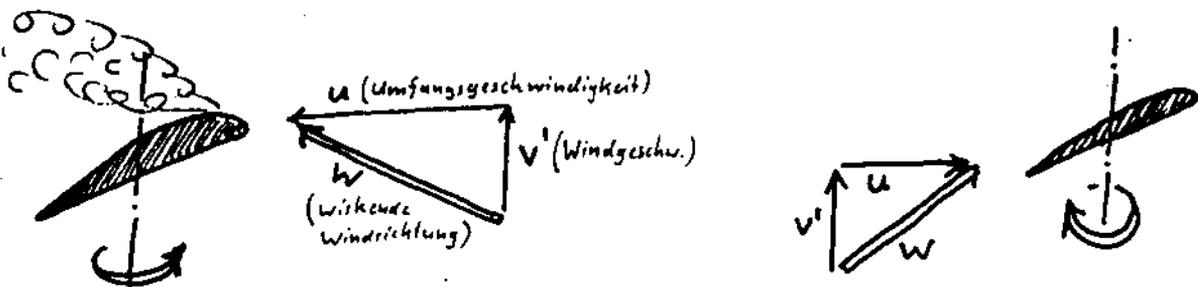
Merke: 10% mehr Wind gibt 33% mehr Leistung. [7, 9, 10, 30]

Repeller, nicht Propeller!

Beide sehen auf den ersten Blick zum Verwechseln gleich aus, sind jedoch in Bau und Wirkungsweise ganz verschieden.



Mit einem Flugzeugpropeller einen Windgenerator zu treiben, wird ebensowenig gelingen wie ein Flugzeug mit einem Repeller vorwärtszubewegen. Wie kommt das? Sie sind unterschiedlich verwunden. Wollte man einen Propeller als Windradrotor nehmen, würde er an den meisten Stellen verkehrt angeströmt, nämlich



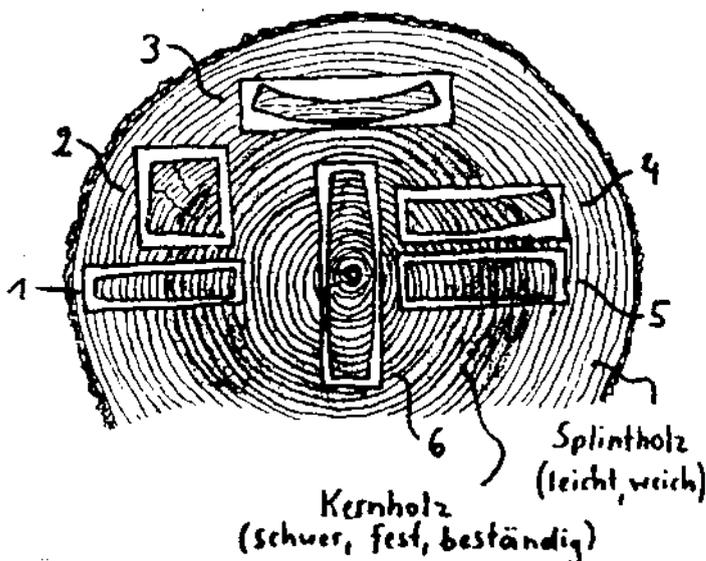
zu steil, oder aber von hinten, wobei dann das Profil wirkungslos ist und praktisch keine Auftriebskraft liefert.

Wer schon einmal versucht hat, mit dem rechten Fuß in den linken Schuh zu steigen, wird diese Problematik sicher verstehen können.

Holzauswahl

Es muß fest, zäh und an der Luft beständig sein. Außerdem soll es nur möglichst wenig arbeiten. Auf jeden Fall muß es gleichmäßig (Gewicht) und gerade gewachsen sein, denn wenn die Holzfasern den Repeller nicht der ganzen Länge nach durchziehen, wird er bei Belastung mit Sicherheit brechen (Spaltichtung) oder, wenn es nicht ganz so schlimm ist, sich stark verziehen — aus der Trauml!

Weil dieser Repeller recht schnell läuft, soll das Holz leicht sein, um die Fliehkraft in den Flügeln gering zu halten. Harthölzer wie Eiche und Buche sind für diesen Repeller ungeeignet, weil zu schwer und zu spröde. Eschenholz ist nicht so schwer, dazu ganz besonders zäh, fest und beständig. Nicht ohne Grund wurden früher Wagenräder und Fuhrwerke daraus gebaut. Eine gesunde abgelagerte Eschenbohle wäre also gut, ist aber kaum zu bekommen, und wenn, dann sehr teuer. Balsaholz ist viel zu weich an der Oberfläche und müßte extra beschichtet werden: zu aufwendig. Ich habe für meine Repeller bisher sehr gerne altes Kiefern- oder Fichtenholz verwendet. Es ist auf dem Müll leicht zu finden und auf diese Weise garantiert gut abgelagert. Ganz besonders gut sind z.B. Fußbodendielen aus Abbruchhäusern. Auch für Türfüllungen oder Türrahmen wurde früher gutes Holz verwendet. In alten Möbeln sind ebenfalls oft sehr schöne Stücke zu finden, aber selten lang genug für einen Repeller, meist besser zum Musikinstrumentenbau. Findet man nichts, wende man sich an einen Tischler. Das Holz soll, wie gesagt, feinjährlig und gleichmäßig sein, d.h. schmale Jahresringe. Auch soll es so im Stamm gelegen haben, daß es möglichst wenig arbeitet. Dazu folgendes Bild:



Brett Nr.1 ist ungeeignet, da zur Hälfte Splintholz, ungleichmäßiges Gewicht.

Nr.3 ebenfalls ungeeignet, es ist Splintholz und wirft sich zu sehr.

Nr.4 ist notfalls geeignet, wenig Splintholz. Man sollte die glatte Seite des Repellers aus der Seite machen, die sich hohl wirft.

Nr.5 ist ideal geeignet, fast nur Kernholz. Jahresringe durchziehen das Brett senkrecht; da das Holz quer zu den Jahresringen arbeitet, verändert das Brett höchstens seine Breite, wirft sich aber nicht.

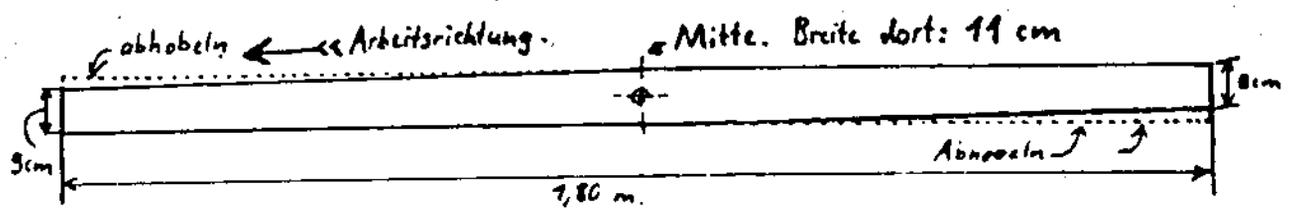
Nr.6 ist auch gut, Jahresringe senkrecht. Die Kernbohle arbeitet am wenigsten. Aber am Kern Gefahr für Rissbildung. Entweder nur die am Kern gespaltene Hälfte des Brettes verwenden, oder, wenn die Hälfte zu schmal ist, beide Teile mit den Außenseiten gegeneinander verleimen. Dazu darf nur garantiert wasserfester (B4) echter Bootsleim genommen werden, weil anderer Leim sich mit der Zeit auflöst.



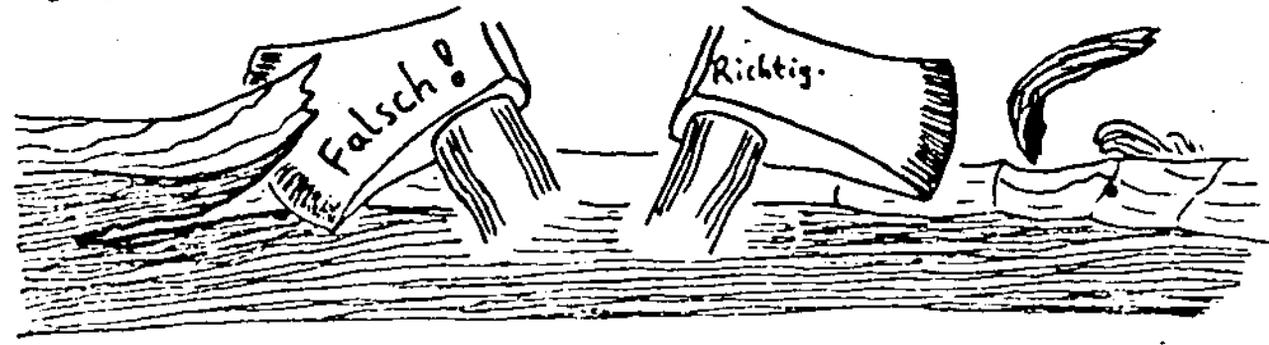
Fertigung

Ausgangsmaterial: Eine Bohle 1,80m lang, 11cm breit, 30mm stark, (notfalls auch dünner, aber nicht unter 24mm).

Grobe Außenform feststellen, Mittelpunkt festlegen.



Vorn Glatthobeln kann man das Größte mit einem Zimmermannsbeil (sehr scharfes, aber leichtes Beil) abschlagen. Aber immer in Arbeitsrichtung, damit niemals mit den Fasern ins Holz hinein gespalten wird.



8

Beim Hobeln gilt dasselbe: Immer die Faserrichtung (=Spalt-
richtung) des Holzes beachten und niemals mit der Faser ins
Holz hinein arbeiten.

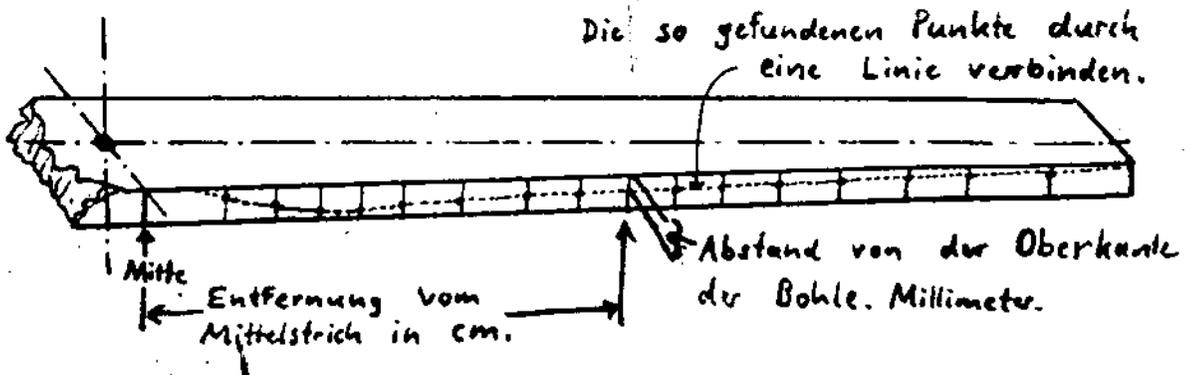
Wer im Umgang mit Beil und Hobel noch nicht recht vertraut ist,
übe sich an ein paar Stücken Abfallholz. Notfalls kann auch
gleich mit dem Raspeln begonnen werden, nur wird es sehr mühsam,
mit der Raspel die grobe Arbeit zu leisten.

Im markierten Mittelpunkt wird nun ein Loch gebohrt, genau
senkrecht und passend für eine Achse; z.B. 4mm ϕ paßt für
Nagel 100mm lang, (hat 3,8mm ϕ). Nun wird das Gleichgewicht
kontrolliert, indem der Nagel durch das Loch gesteckt und
der Repeller daran ausgewogen wird. Dreht sich eine Seite
nach unten, meßt Eure Arbeit noch einmal nach, vielleicht
ist etwas ungenau gearbeitet.

Im folgenden ist es wichtig, an beiden Repellerblättern je-
weils die gleichen Arbeitsgänge zu machen, damit das Gleich-
gewicht erhalten bleibt. Es muß ständig kontrolliert werden!

Die glatte Vorderseite(Luv-Seite)

Dieser Repeller ist verschränkt. Jede Stelle des Blattes muß
eine bestimmte Schrägstellung haben. Zur Mitte hin, wo das
Blatt die Luft langsam durchschneidet, steht es schräger, zu
den Enden hin, wo es sehr schnell durch die Luft saust, der
eigene Fahrtwind also stark ist, flacher. Damit wir diese
Schrägstellung auch überall richtig hinbekommen, ist es wichtig,
die Maße aus der Tabelle genau auf die gehobelte Seite der
Bohle zu übertragen:



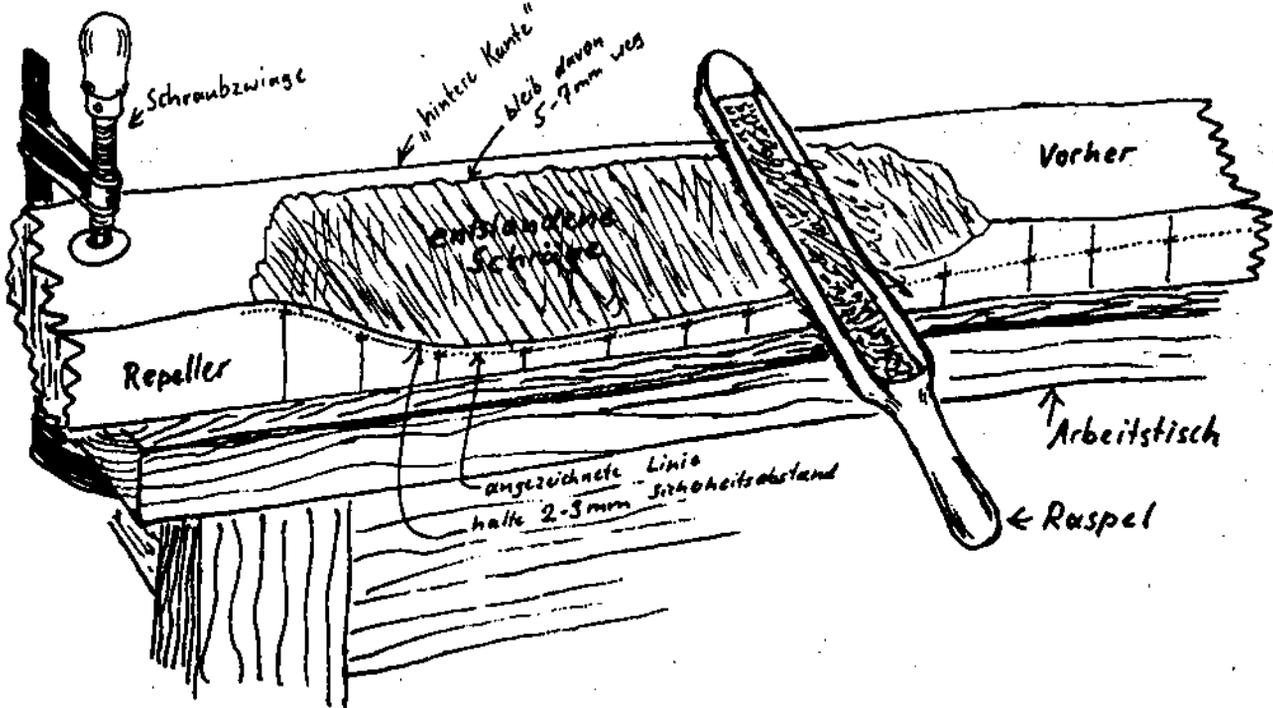
Entfernung von der mitte, cm :

5	6	7	8	9	10	12	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
0	4	9	15	20	25	27	26	22	18	15	12	10	8	6	5	4	4
		(14		17	20	22	21	20)									

Abstand von der Oberkante, mm.

Ist die Bohle schwächer, zB. nur 24 mm, muß die Abschrägung im nabennahen Bereich flacher gemacht werden; es gelten dafür die Werte in Klammern.

Nach dieser Linie kann jetzt die Luv-Seite des Repellers gearbeitet werden. Im Bereich nahe der mitte, wo viel Holz weg muß, empfiehlt es sich, das Beil zu verwenden. Sonst sollte man die Raspel nehmen, oder, wer Übung hat, besser den Hobel. Das spart arbeit. Zum Einspannen und Bearbeiten folgendes: Spanne die Bohle mit der angezeichneten Seite nach vorn auf die Kante eines standfesten Tisches. Raspele die Schräge bis auf 2 bis 3 mm an die angezeichnete Linie und 5 bis 7 mm an die hintere Kante heran. So ist das gemeint:



Zum Raspeln eignen sich übrigens die aus einem gelochten Stahlblatt und einem Rahmen bestehenden Patentraspeln (Surform) ganz hervorragend, sie arbeiten sauberer und setzen sich nicht so schnell zu wie gewöhnliche Raspeln.

Sind die beiden Schrägen soweit fertig, kontrolliere wieder das Gleichgewicht; wenn nötig auf der noch zu dickeren Seite mehr abraspeln.

Im nächsten Arbeitsgang raspelle die Schrägen fertig:

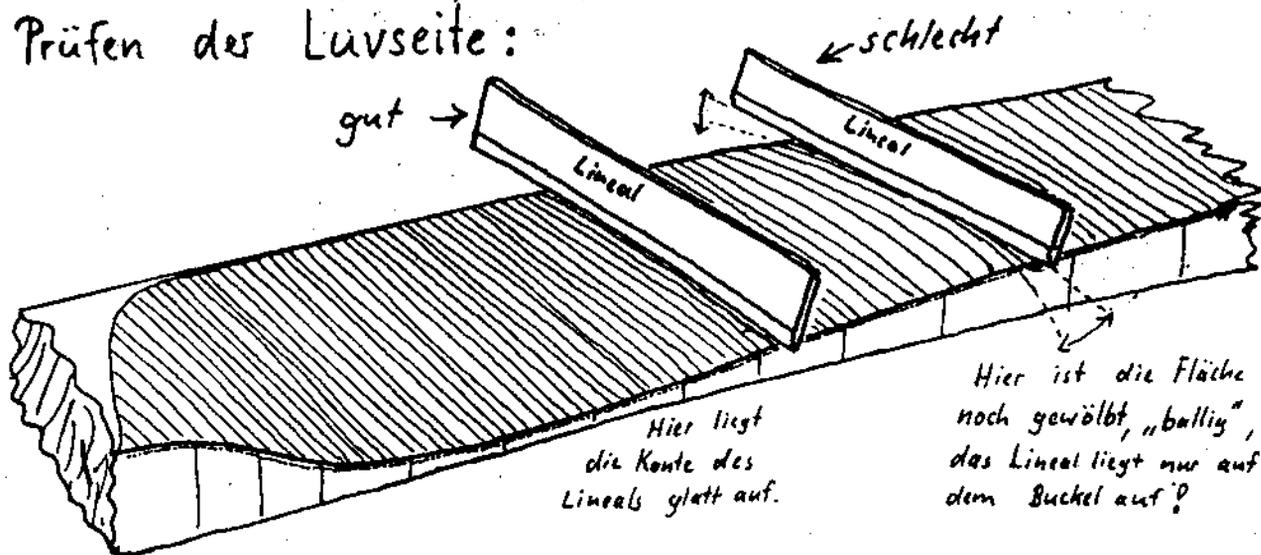
Bis eben an die angezeichnete Linie und die hintere Kante heran, aber keinesfalls darüber hinaus. Arbeite vorsichtig und eben, damit die schräge Fläche nicht gewölbt, sondern wirklich plan wird. Das erfordert viel Übung und Geduld.

Prüfe die Ebenheit mit einem Lineal, auf die schräge Fläche gehalten; sie darf höchstens 1mm gewölbt sein.

Bild dazu: >>>

10

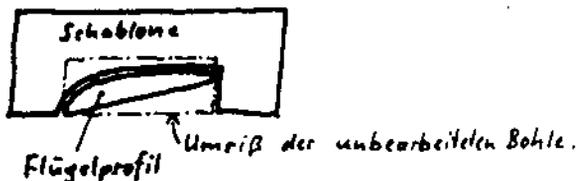
Prüfen der Luvseite:



Nun raspele wieder vorsichtig bis zum Gleichgewicht. Es ist übrigens sehr wichtig, jetzt wirklich das Gleichgewicht zu erreichen und zu wahren, denn sonst könnte der Repeller später große Unwuchten haben. Einfach nachher ein Ende zu kürzen, ist unmöglich, weil man dadurch verschieden große Windangriffsflächen und eine aerodynamische Unwucht erzeugt. Schon kleine Ungleichmäßigkeiten verschlechtern die Laufeigenschaften des Repellers merklich. Mit etwas Sorgfalt ist ein ausgewogener Repeller jedoch stets herstellbar. Auch könnt Ihr jetzt schon einmal den halbfertigen Repeller auf einen Schraubenzieher stecken und in den Wind halten. Er wird sich schon drehen, wenn auch ganz langsam und träge.

Die Flügel-Rückseite

Dazu pause aus diesem Heft Schablonen für die Flügelprofile ab, und zwar solche:

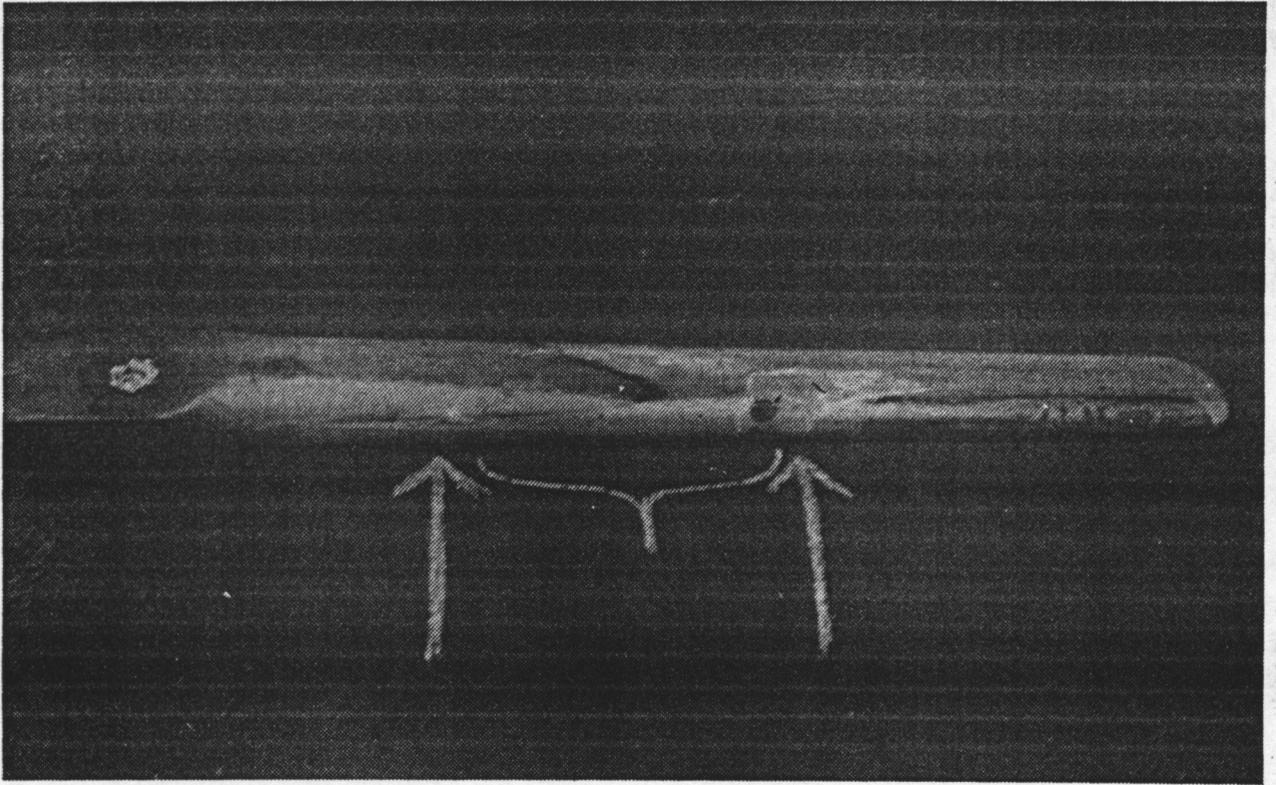


Mit diesen Schablonen wird dann das Profil an 6 Stellen des Repellers kontrolliert. Die Profile sind "π mal Daumen"- Profile, dem Clark Y entfernt ähnlich. Ein exaktes E393, FX 126-60 oder ähnliches [1,2,3,4] Profil auszuarbeiten, würde wesentlich mehr Arbeit machen, den Energieertrag jedoch nur geringfügig erhöhen.

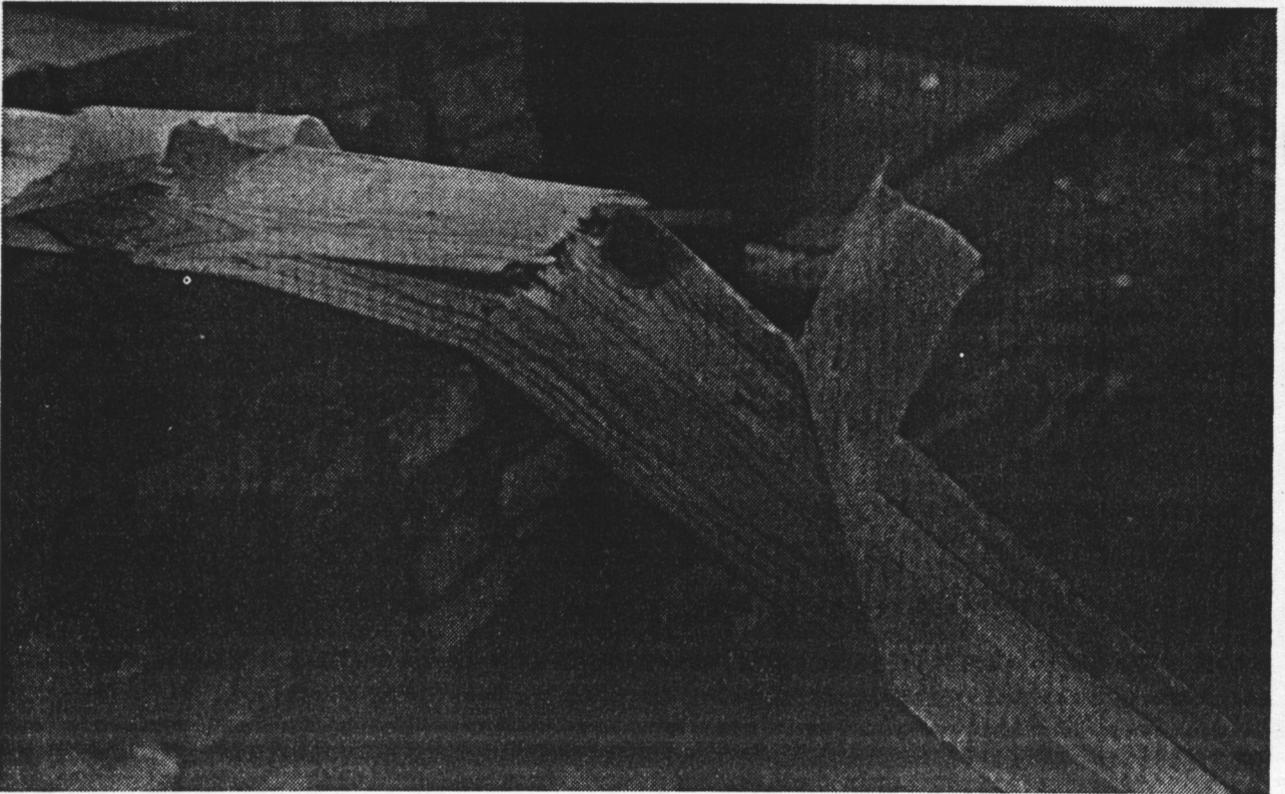
Kurven zum Abpausen der Profilschablonen: S. 13.

Aus Fehlern lernen ! Holzrepeller nicht mit GFK überziehen:

11



Repeller aus (schlechtem) Holz, mit Glasgewebe/Kunstharz überzogen. Kunstharz wird undicht, Wasser dringt durch feinste Risse ein, Holz saugt sich voll, das Wasser geht nicht wieder raus ! Folge: Unwucht ! Holz wirft sich, Repeller verzieht sich völlig (zwischen den Pfeilen), Holz quillt und sprengt die Beschichtung ab (rechter Pfeil), Holz fault.



Bruch beim Stabilitätstest beim Ast ! Die GFK-Verstärkung nützte nichts. Kein schlechtes, astiges Holz verwenden !



Beim Raspeln des Profiles auf der Lee-Seite:

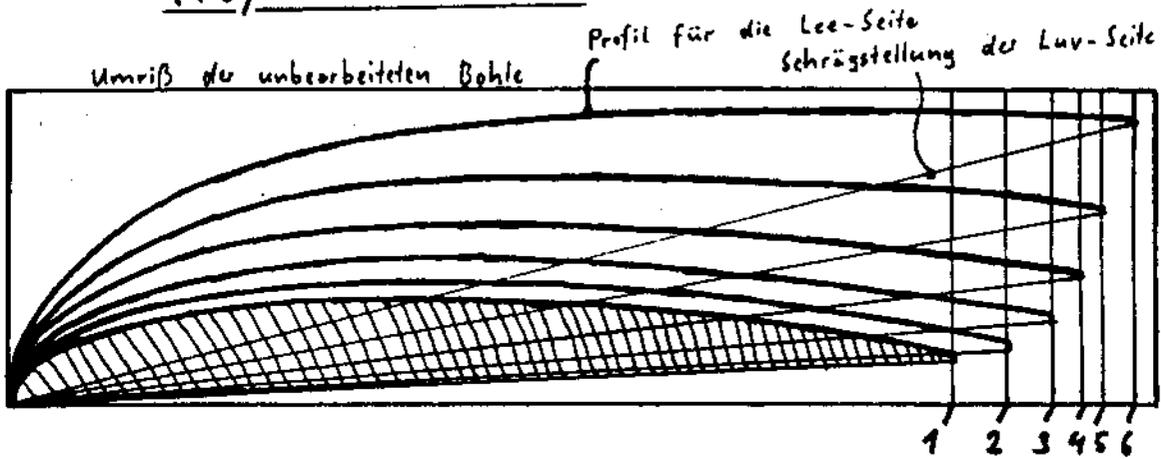
An den Stellen, an denen die Schablonen angelegt werden, entstehen Kerben, wo das Profil stimmt. Die Bereiche dazwischen werden so weit abgehobelt, bis ein gleichmäßiger Übergang von einer zur anderen Stelle entsteht.



Prüfen mit Schablone an einer „Kerbe“

Kurven zum Abpausen der

Profilschablonen

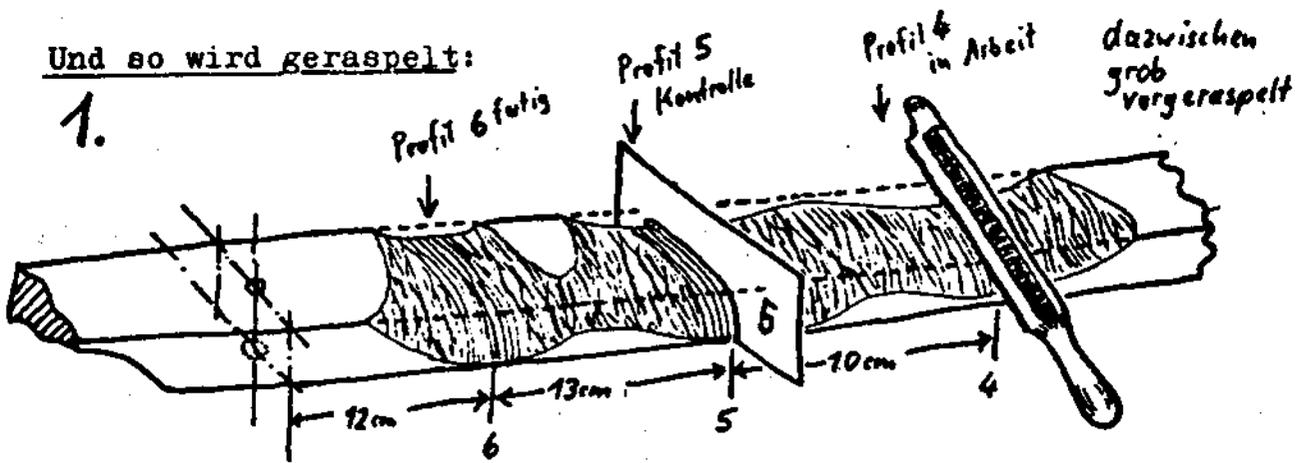


Die Schablonen sind für folgende Entfernungen vom Mittelpunkt des Repellers gedacht:

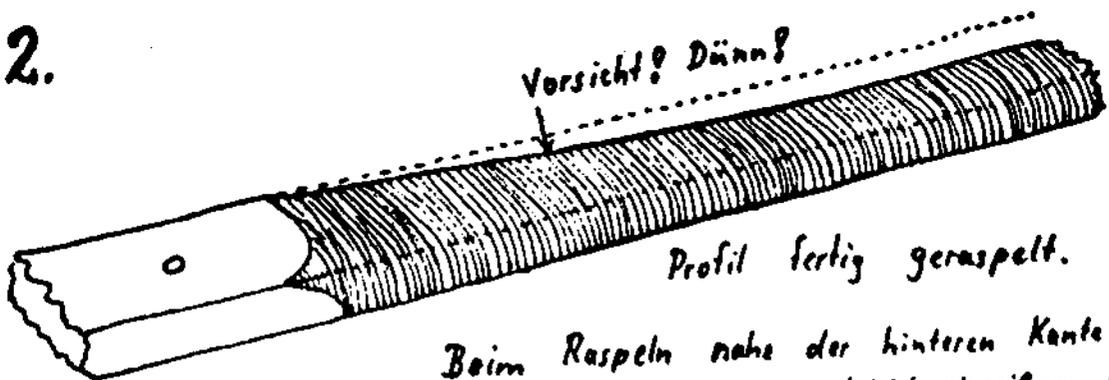
1	2	3	4	5	6
88	70	50	35	25	12 cm Entfernung

Schraffiertes Beispiel: So sieht der Repeller an Stelle 1 (88cm von der Mitte) nachher im Querschnitt aus.

Und so wird geraspelt:

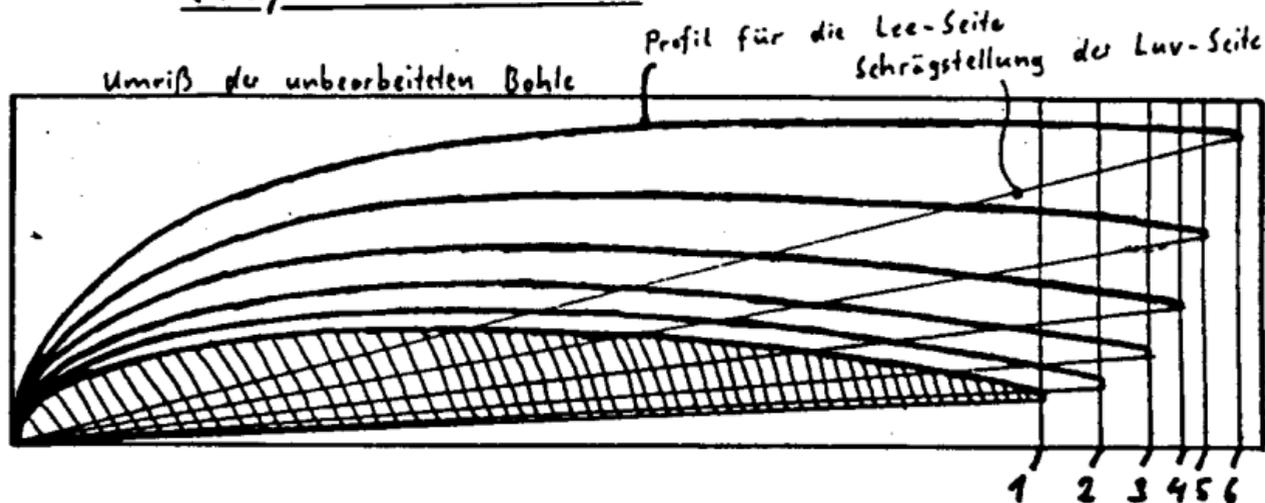


2.



Beim Raspeln nahe der hinteren Kante Vorsicht! Das Holz kann leicht einreißen, es ist zuletzt kaum mehr als 1 Millimeter dick! Also immer vom Rand zur Mitte arbeiten.

Profilschablonen

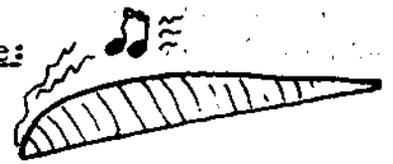


Die Schablonen sind für folgende Entfernungen vom Mittelpunkt des Repellers gedacht:

1	2	3	4	5	6
88	70	50	35	25	12 cm Entfernung

Schraffiertes Beispiel: So sieht der Repeller an Stelle 1 (88cm von der Mitte) nachher im Querschnitt aus.

Nun haben die Profile noch eine spitze Nase:



Die darf nicht so bleiben, sondern muß etwas rundgeschmiegelt werden,



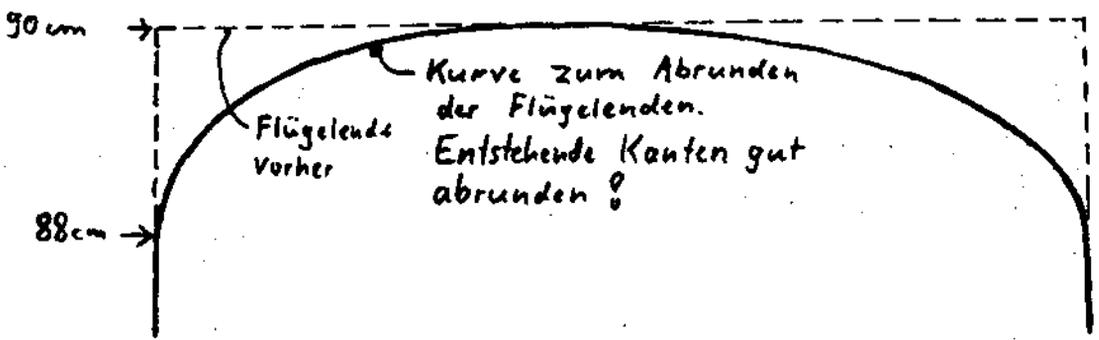
muß so gerundet werden →



sonst hat das Profil bei höheren Drehzahlen und vor allem am Rotorende schlechte Eigenschaften und kann zudem recht laut werden.

Die Hinterkante dagegen sollte sehr dünn ausgearbeitet werden. Prüfe bei allen Arbeiten stets das Gleichgewicht und raspele nur am schwereren Flügel.

Danach runde die Enden entsprechend der Schablone ab:



Prüfe erneut das Gleichgewicht. Für diese letzte und genaue Prüfung muß der Repeller, genauso wie er später laufen wird, auf die Lichtmaschinenachse montiert werden. Denn was nützt das Auswiegen um die zentrale Bohrung, wenn der Repeller nachher nicht mittig zur Bohrung auf der Nabe sitzt? Darum wird er schon jetzt, wie in Kapitel 3 beschrieben, auf der Nabe montiert. Gleichgewicht korrigieren ist nun noch möglich, indem auf der ganzen Fläche des schweren Flügels etwas Holz abgeraspelt oder besser mit grobem Schmirgelleinen abgeschliffen wird; keinesfalls nur an einer Stelle.

Jetzt läuft der Repeller schon recht schnell im Wind. Doch er muß noch glatt geschmiegelt und geschützt werden. Denn je glatter die Oberfläche, desto weniger Luftwiderstand und umso besser der Wirkungsgrad; und der Repeller darf sich keinesfalls mit Wasser vollsaugen, das gäbe eine Unwucht und würde das Holz schnell verwittern lassen.

Schmirgele zunächst mit 50er, dann mit 80er, und zuletzt mindestens mit 120er Sandpapier, um eine möglichst glasartig glatte Oberfläche zu erreichen.

Dabei stets das Gleichgewicht prüfen.

Ist fertig geschmirgelt und auch die Randbögen aalglatt, kann das Holz impragniert werden: aber bitte nicht mit irgendwelcher Chemie, sondern tränke das Holz mit Leinölfirnis. Nach mindestens einer Woche Wartezeit kann nun Bootslack aufgestrichen werden, Lack auf Ölbasis selbstverständlich, und zwar zunächst eine dünne Schicht, dann nach drei Tagen (nicht weniger) ganz fein schmirgeln, damit die folgende zweite Schicht absolut glatt wird. Eine dicke Schicht würde rau und hält schlecht. Lackiere in einem trockenen, möglichst auch warmen und staubfreien Raum.

Auch das Firnissen und Lackieren kann das Gleichgewicht durcheinanderbringen, zur Korrektur könnt Ihr die zweite Schicht teilweise etwas dicker auftragen oder stellenweise eine dritte Schicht aufbringen. !

Lack auf Ölbasis ist wesentlich besser als Kunstharz- oder PU-Lacke, er geht beim Arbeiten des Holzes mit und neigt nicht zum Aufplatzen, wodurch dann die typischen Verwitterungs- und Gammellecken entstehen, wie häufig an Fensterrahmen zu sehen.

Schutz des Repellers gegen Hagelschlag:

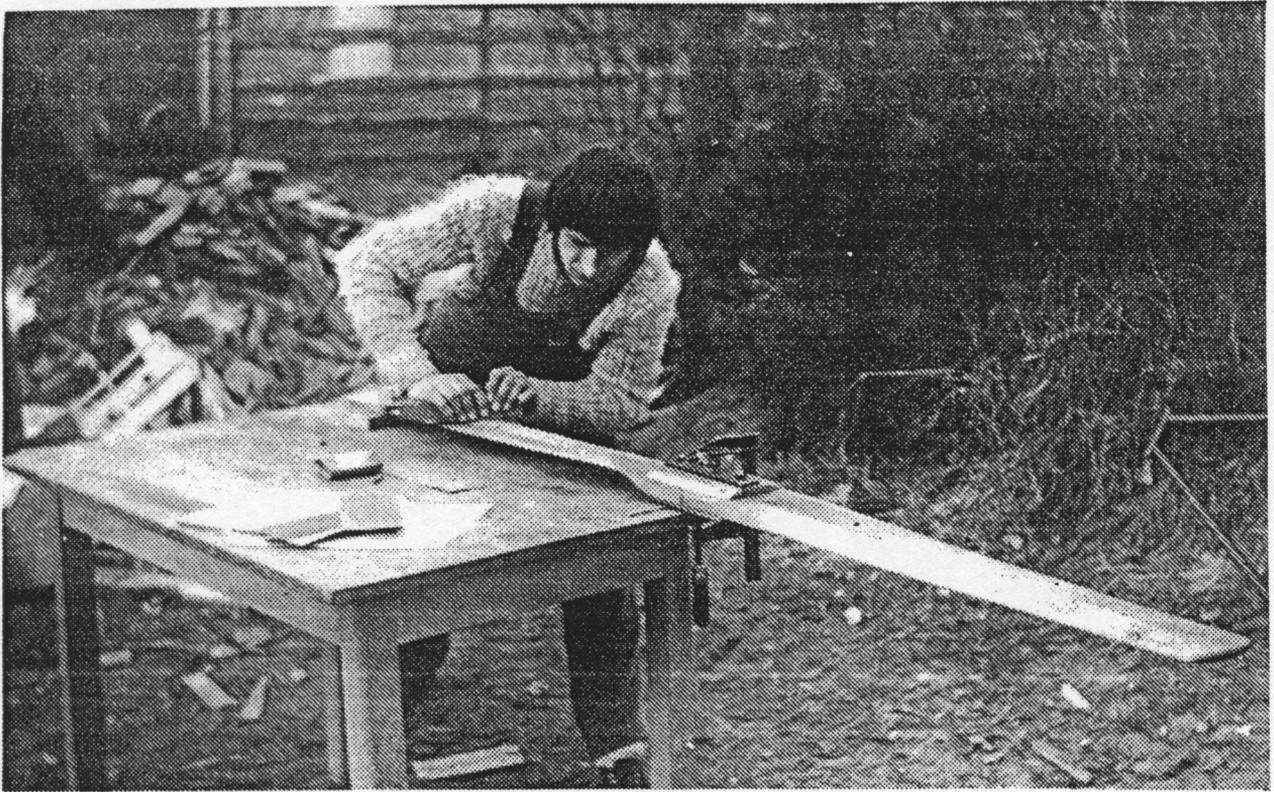
Der Repeller läuft schnell: bei Windstärke 5 können die Flügelspitzen mit 200 bis 300 km/h die Luft durchschneiden. Treffen sie mit dem Tempo gegen Hagelkörner, werden die Vorderkanten der Flügel mit der Zeit beschädigt. Es empfiehlt sich, auf dem äußeren Drittel eine Kupferfolie um die Vorderkante zu kleben (Uhu-Plus o.ä.) Bitte nicht nageln (wie beim Winco-Wincharger), durch die Nagellöcher dringt Wasser ins Holz, es gammelt.



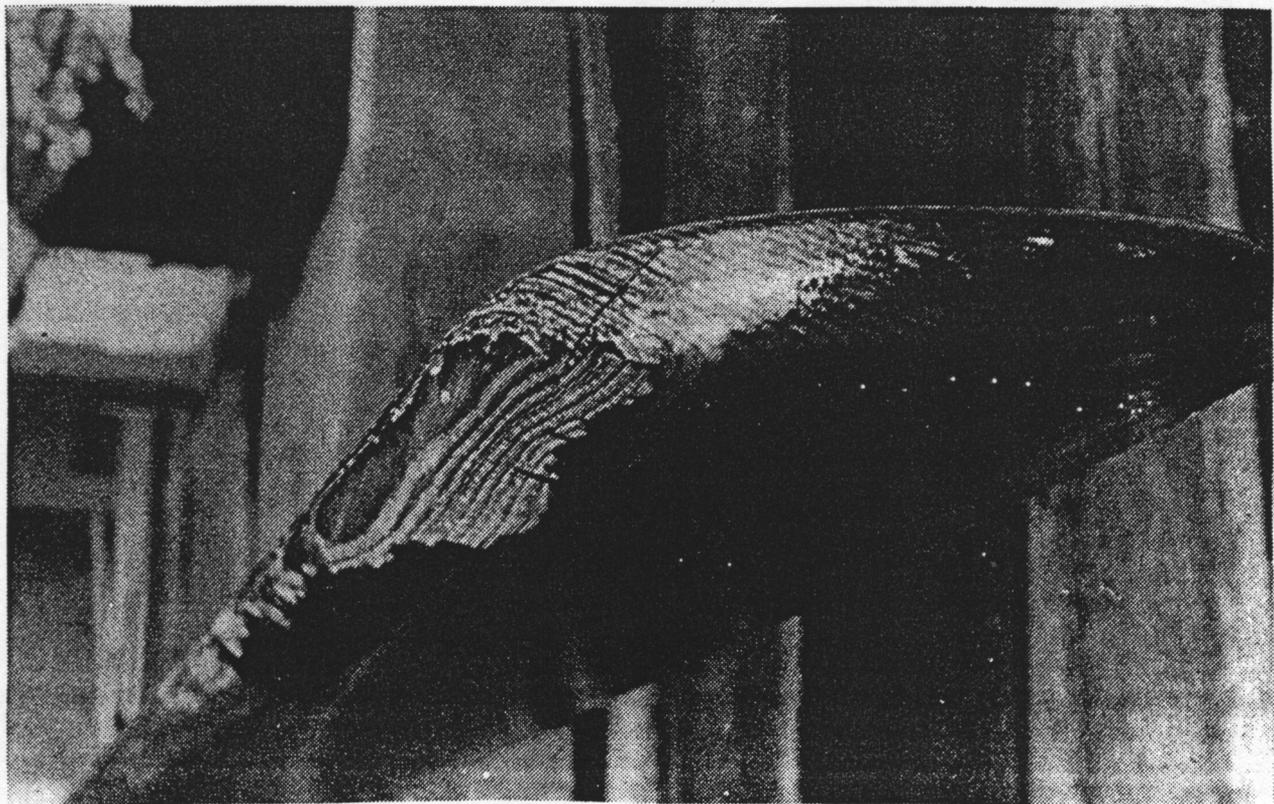
Nach dem Anbringen des Schutzes den Bereich lackieren.



Übergang sauber verschleifen. Keine Stufe!



Beim Schmirgeln - die Mühe lohnt sich !



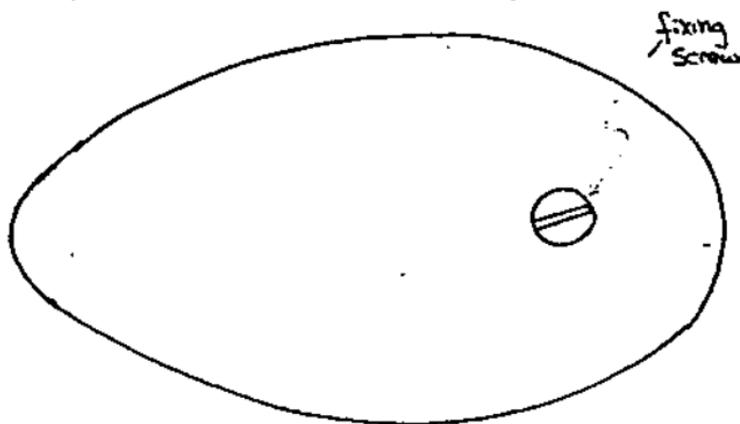
Das passiert, wenn der Kupferbeschlag vergessen wurde !

PROPELLOR FINISHING.

Choice of Wood: Close grain is best to give the prop. rigidity and stiffness. The wood used should be well seasoned and dried out for at least 2 weeks before using. This is important as the blades may lose their balance by uneven drying out.

Balancing the Propellor. A unbalanced propellor will soon destroy itself.

Method: place the prop. on a free turning shaft indoors where there are no air currents. The prop. is rotated and allowed to come to rest. The heavier blade will determine the point of rest. A properly balanced prop will come to rest at varying points on repeated testing.



Choose a piece of sheet metal of a weight that would logically balance your propellor. Shape it elliptically and drill an $\frac{1}{8}$ " hole at the larger end.

Now take a $\frac{1}{2}$ " wood screw and the balancer and hang them from a piece of light thread on the lightest end of the prop. move the weight along the blade until the prop. is fairly well balanced. Then screw the weight to the blade in that position. Fine adjustment is then made by rotating the shape about the fixing screw. Great care and patience should be taken to thorough balance any propellor. The balance should be rechecked at least once a year.

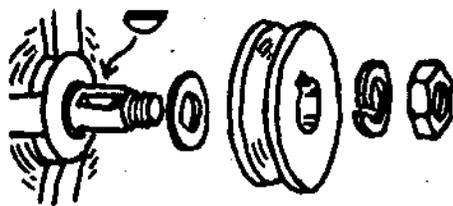
Note: Sealing against moisture must be well done. Five coats of enamel or varnish rubbing down well with wet and dry emery paper between coats is what is needed.

3. Die Nabe

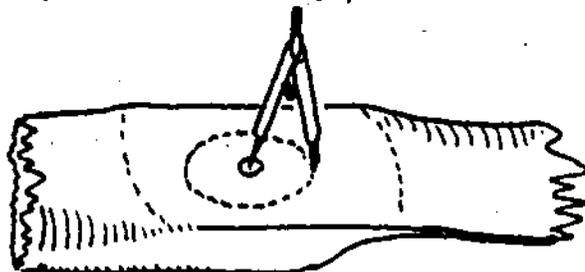
Die Achslager der Lichtmaschine sind zwei dauerhafte Kugellager. Im Auto mußten sie den Keilriemenzug aus- halten und bei Drehzahlen von 1000 bis 20000 Upm etwa 3000 Stunden lang leben. Die Belastung durch den Repeller ist wesentlich schwächer, auch wenn hier eine längere Lebensdauer gefordert wird.

Als Befestigungsteil für den Repeller kann die Riemen- scheinbe sehr praktisch zurechtgemacht werden. Am Besten eignen sich massive Riemenscheiben,*^{*)} wenn aber nur eine aus Blech vernietet dran ist, geht die notfalls auch, provisorisch.

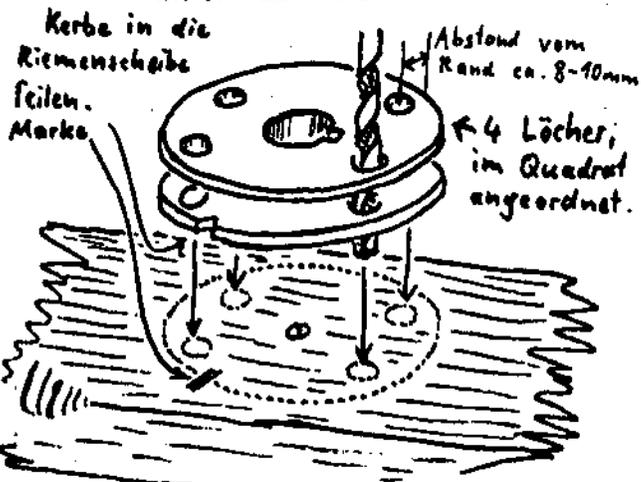
^{)} jedoch keine aus Grauguß! (brüchig)



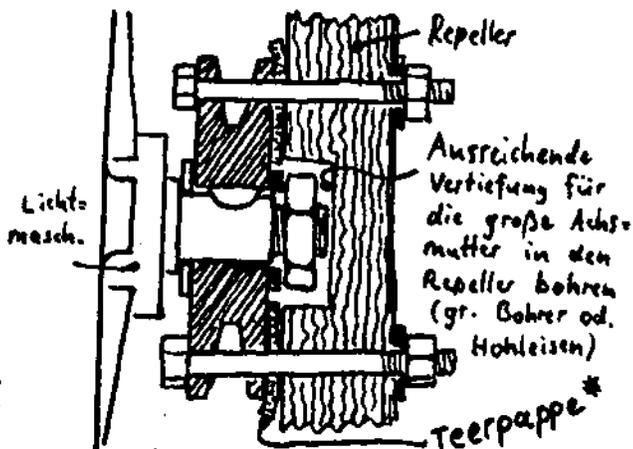
1.: Riemenscheibe von der Lichtmaschine abschrauben.



2.: Mittelpunktsloch im Repeller mit Stückchen Rundholz zustopfen. Zirkel genau im Mittelpunkt einstecken und genau den Durchmesser der Riemenscheibe anzeichnen.



3.: Erst 4 Löcher, 6,0mm Ø, senkrecht durch die Riemenscheibe bohren, dann Riemenscheibe genau nach der Markierung auf dem Repeller fest- spannen (Schraubzwinde) und den Repeller durchbohren.

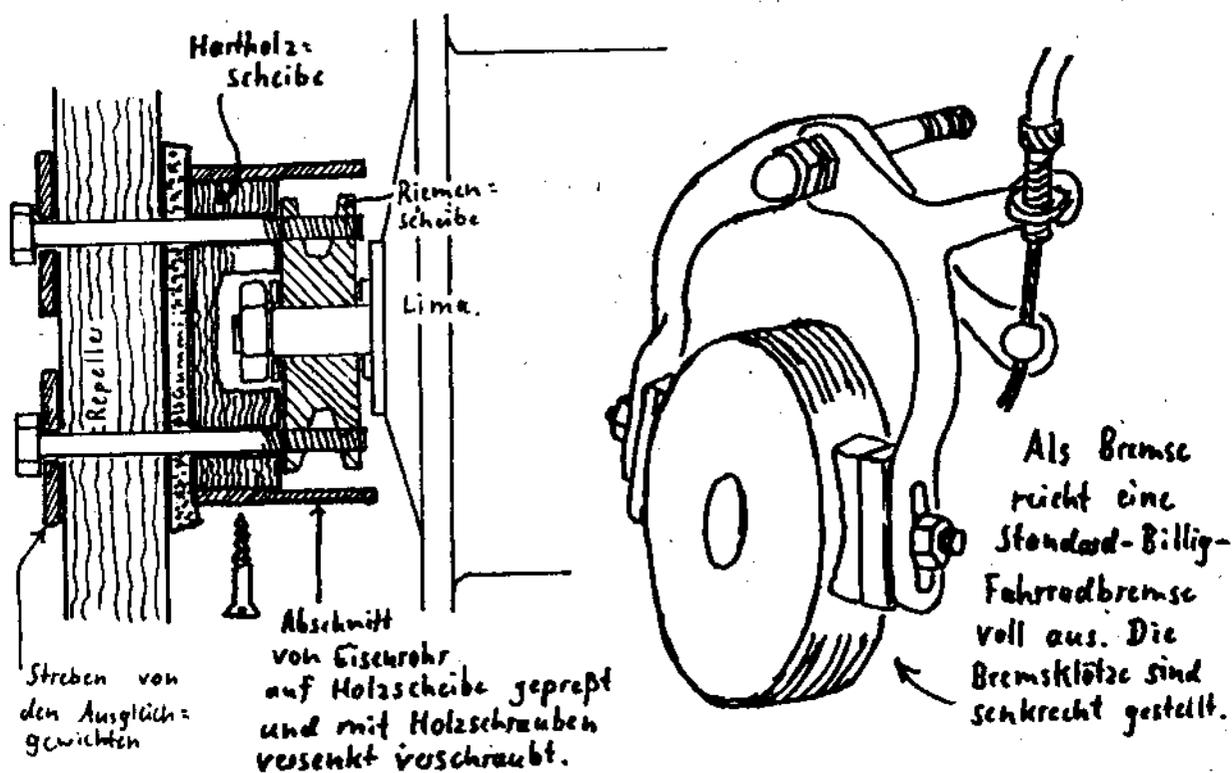


4.: 4 Maschinenschrauben M6 durch die Riemenscheibe stecken, Riemenscheibe an die Achse schrau- ben, dann Repeller anschrauben.

Lege vor der endgültigen Montage ein Stück Teerpappe oder dünnes Gummi zwischen Riemenscheibe und Repeller. Etwas elastisches ist hier erwünscht, und Eisen und Holz sollen bei Nässe sich nicht berühren, es entstehen Salze, die das Holz angreifen.

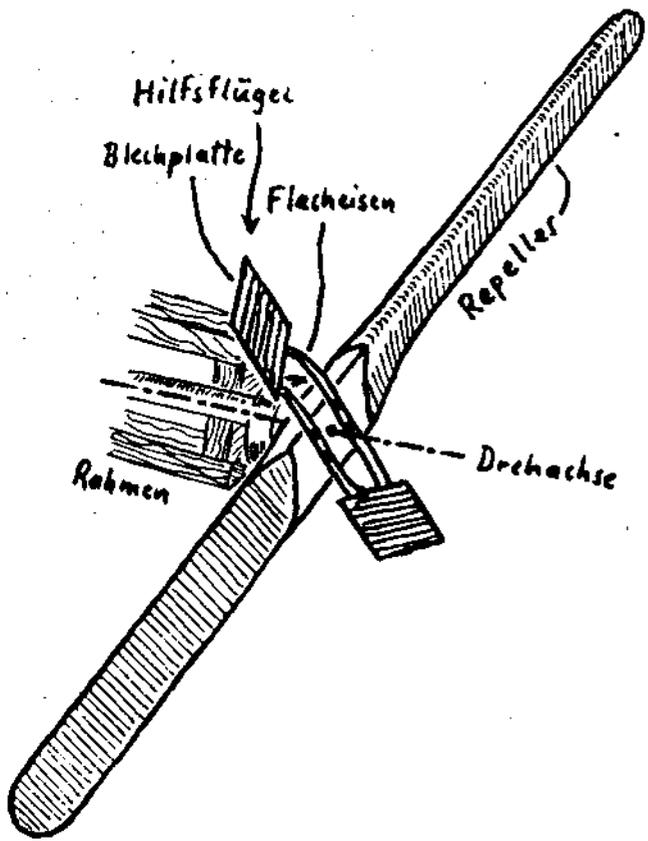
Die Wellenmutter sollte unbedingt sorgfältig gesichert sein, sie ist später nicht mehr zugänglich. Sprengring und zusätzlich Körnerschlag, oder fülle den Hohlraum mit Kitt. Dort drückt sie sich ein, der Kitt härtet aus und hält fest. Der vorhandene Sprengring ist sicher platt und seine Kanten rund. Er sichert nur, wenn er wieder in Originalform gebogen und seine Kanten schön scharf geschliffen werden.

Die Nabe ist hier in zwei Varianten zu sehen. Einmal ohne Bremstrommel für erste Versuche. Einmal mit Bremstrommel, denn eine kleine Bremse zum Stillsetzen des Rotors ist nützlich. Diese kann das Windrad nicht im Sturm anhalten. Erst wird der Rotor aus dem Wind geschwenkt, dann sichert ihn die Bremse.



4. Anlaufhilfe und Ausgleichgewicht

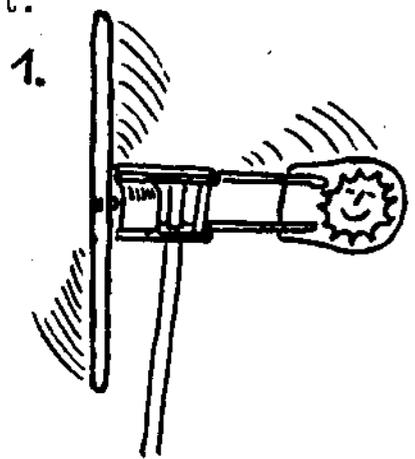
Ein 2-Flügel-Repeller hat immer eine recht schwache Anlaufkraft, weil er dem Wind beim Start nur die beiden schmalen Vorderseiten als Angriffsfläche bietet, die zudem für den Anlauf ungünstig stehen, weil überall die Strömung abreißt.



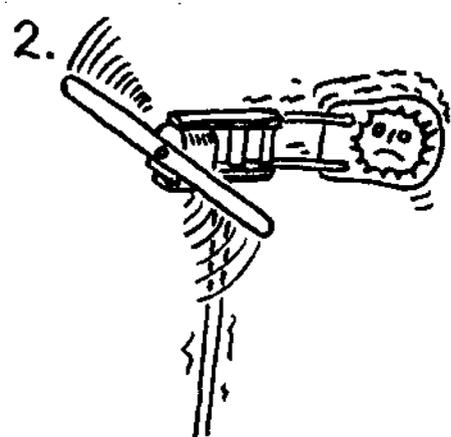
Damit die Angriffsfläche für den Start größer wird, kann man 2 quer zum Repeller stehende Hilfsflügelchen anbauen. Beim Betrieb stören sie nicht, weil sie recht nahe an der Nabe sind und kaum zur Leistung beitragen. Zweckmäßigerweise baut man die Hilfsflügel aus dickem Eisenblech, befestigt an Flachisenstäben. Durch ihr hohes Eigengewicht gleichen sie dann die Vibrationen wenigstens

teilweise aus, die jeder noch so gut ausgewuchtete 2-Blatt-Repeller immer verursacht: Wenn der Repeller sich dreht, und das Windrad von der Steuerflosse um den Mast gedreht wird, setzt der Repeller der Steuerbewegung ruckweise starken Widerstand entgegen.

Und zwar ist die Trägheit des Repellers um die Mastachse, (der Steuerbewegung gegenüber), minimal, wenn er senkrecht steht. Das Windrad dreht sich mit Leichtigkeit um den Mast. Steht der Repeller waagrecht, ist seine Trägheit der Steuerbewegung gegenüber maximal, die Steuerbewegung wird stark gebremst.



1. Trägheit minimal
Steuerbewegung geht leicht



2. Sekundenbruchteile später:
Trägheit maximal
Steuerbewegung fast blockiert

3=1 usw.

20

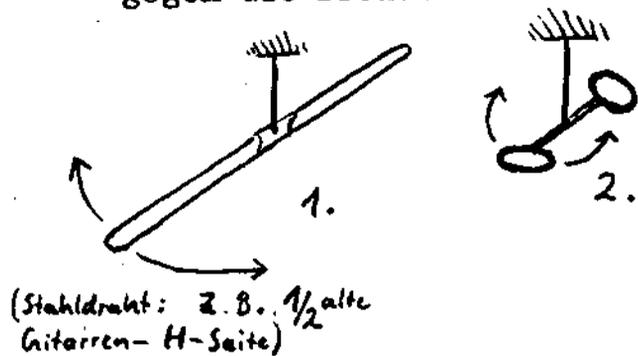
Die recht schweren Hilfsflügel bewirken mit ihrer Trägheit genau dasselbe, nur weil sie um 90° versetzt sind, ist ihre Trägheit der Steuerbewegung gegenüber dann minimal, wenn die des Repellers maximal ist und umgekehrt. Wird Gewicht und Abstand von der Nabe bei den Hilfsflügeln richtig gewählt, nämlich so, daß das Massenträgheitsmoment von Hilfsflügel und Repeller um die Rotorachse gleich ist, verläuft die Steuerbewegung fast ohne Erschütterung. Denn nun ist das Massenträgheitsmoment der gesamten drehenden Teile um die Mastachse konstant.

Den Vorgang nennen wir "Massenträgheitsmomenten-Ausgleich".

Man kann nur warnen, einen Zweiflügler mit Windfahne ohne diesen Ausgleich zu bauen. Die Windfahne schwenkt in Böen ständig hin und her, es entstehen Kreiselkräfte, die mit der doppelten Rotordrehzahl schwanken und das Mastlager ausnudeln oder zum Dauerbruch an der Rotornabe führen können. Wenn du das nicht glaubst, setz doch mal einen Sturzhelm auf, zieh dicke Lederhandschuhe an, nimm Lichtmaschine mit Repeller in die Hand und laß alles bei mäßigem Wind fröhlich schnurren. Wenn du jetzt "Mastlager" spielst und alles hin- und herschwenkst, sind die erwähnten Kräfte deutlich zu spüren.

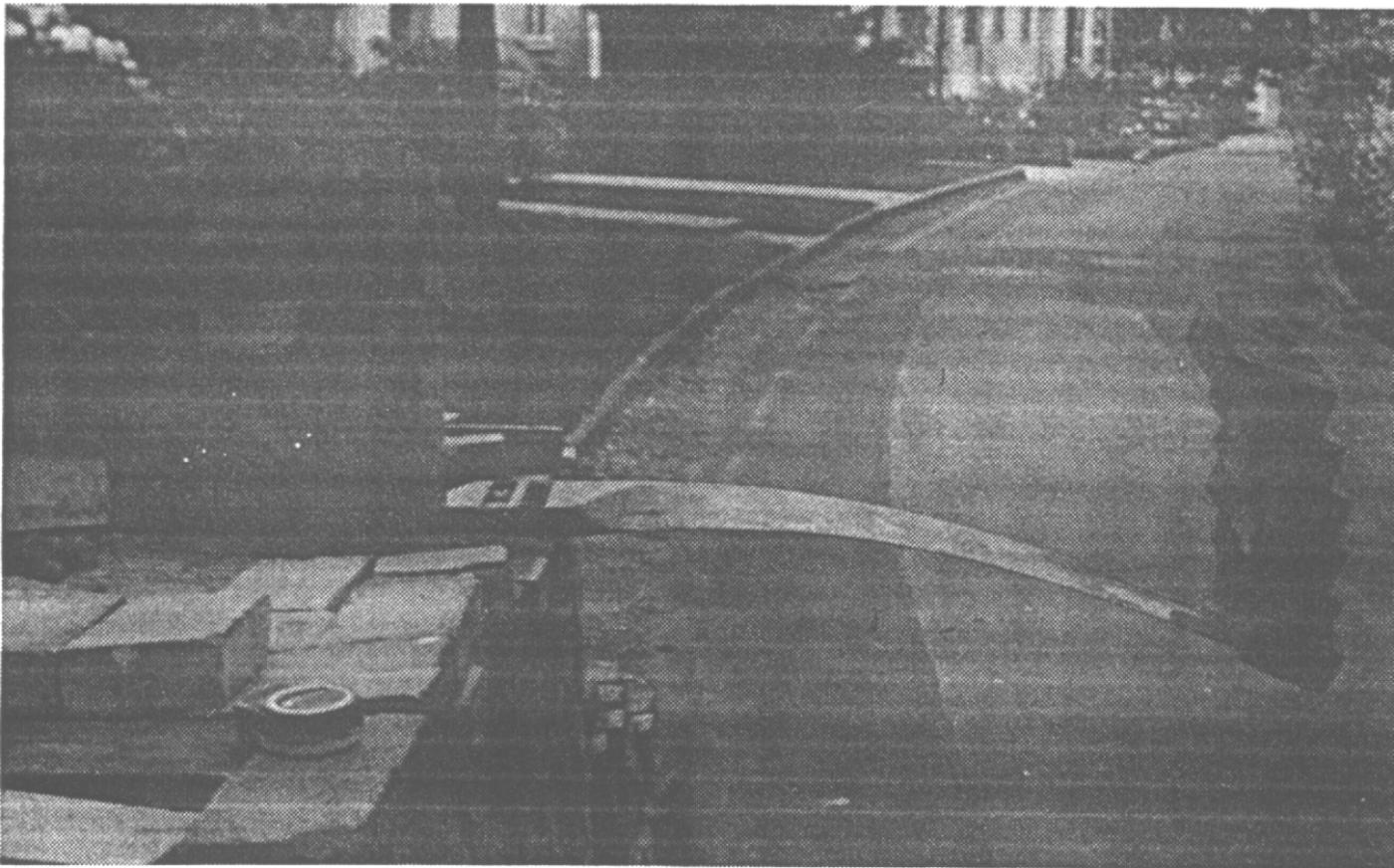
Größe und Gewicht der Hilfsflügel für den beschriebenen

Repeller: Nimm dickes Blech, mindestens ca. 3mm. Länge des Stabes ca. 40cm, Blechgröße ca. 15x20 cm, Schrägstellung gegen die Drehebene ca. 12° . Repeller und Gewichte sollen

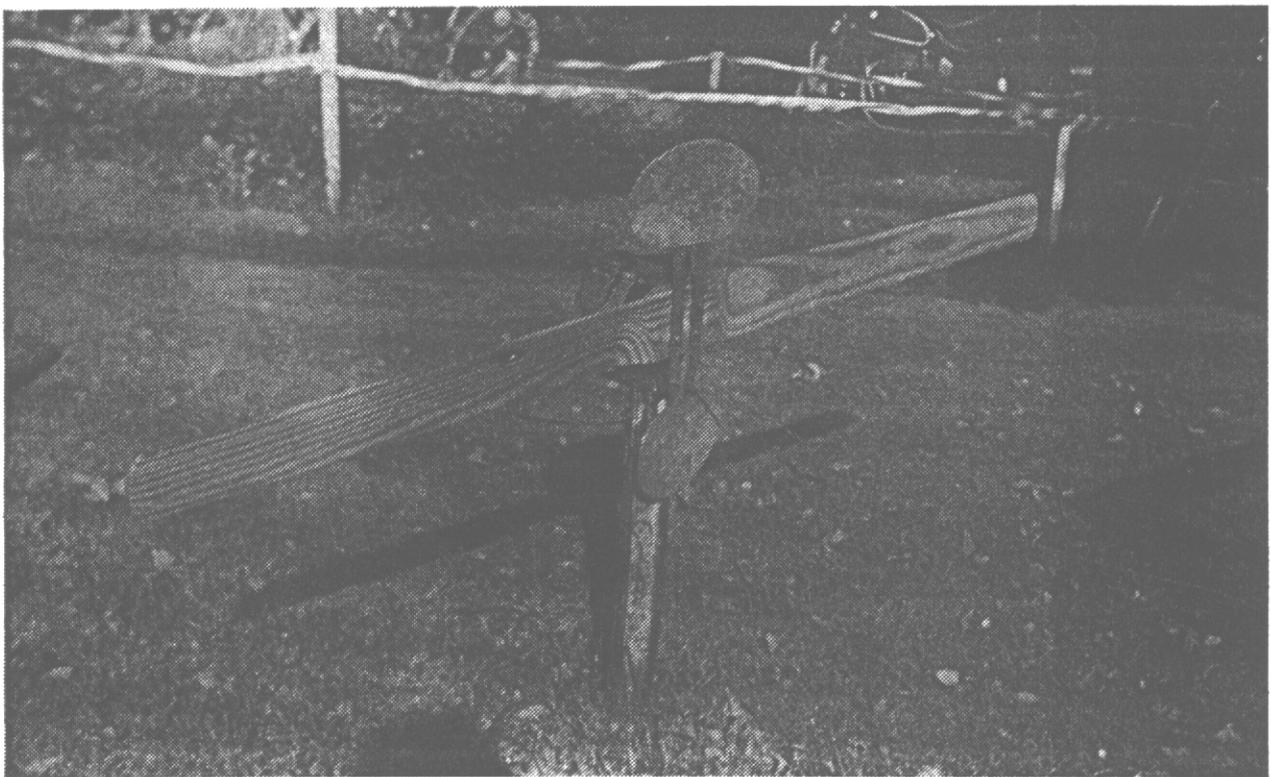


dieselbe Trägheit um ihre Drehachse haben. Das läßt sich so vergleichen: Hänge den Repeller an einem Federstahldraht auf (als ob er die Achse wäre). Der Draht darf sich an den Befestigungen nicht drehen, am besten umknicken und befestigen.

Eine halbe Gitarren h-Saite eignet sich. Warte, bis der Repeller ruhig hängt; dann drehe ihn um ca. 45° und lass ihn los. Er pendelt hin und her. Miß die Schwingungsdauer. Dann baue Gewichte und Flacheisen provisorisch zusammen, befestige ebenso am Draht und lasse drehen. Verändere, bis die Hilfsflügel etwa gleich schnell schwingen wie es der Repeller tat.



Stabilitätstest an einem Repeller aus schlechtem Fichtenholz. Den Flichkraft-Test (3000 U/min) überstand er auch.

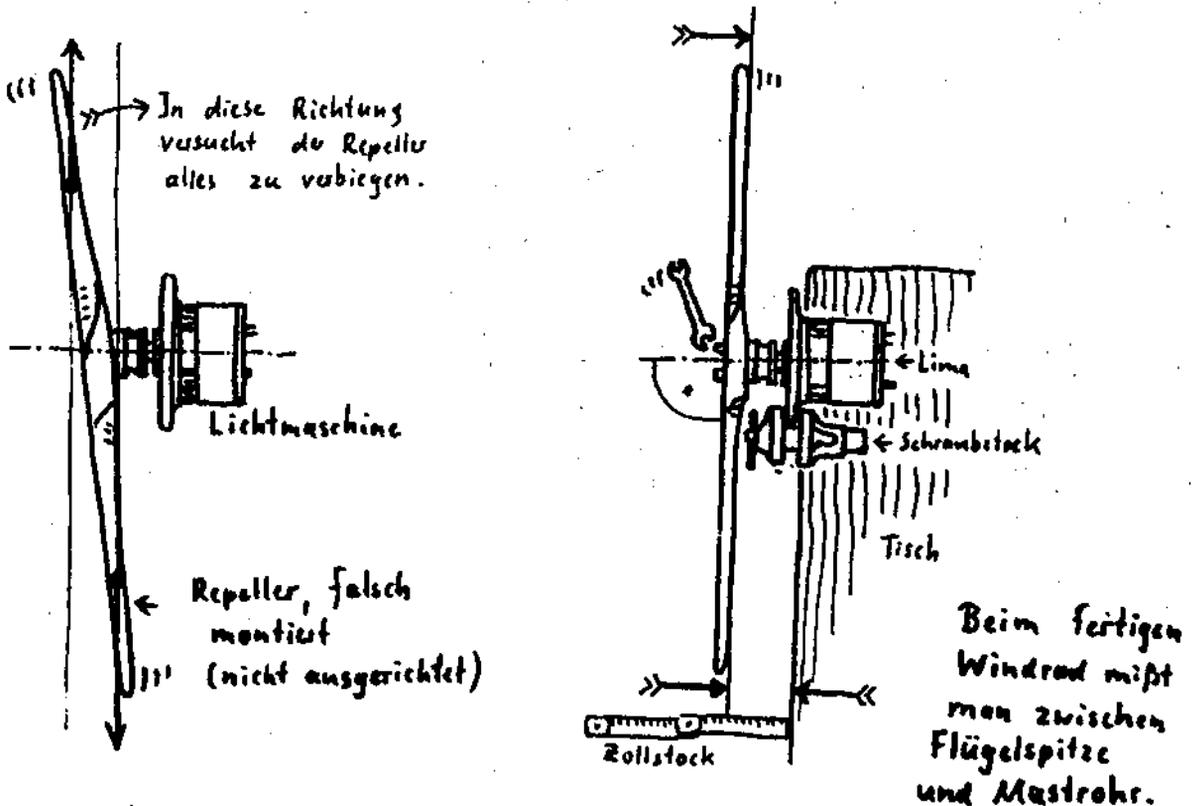


Repeller und Ausgleichsgewichte zum letzten Ausbalancieren und für erste Probeläufe original an die Lichtmaschine montiert. Zum genauen Ausbalancieren Kohlebürsten aus der Lima ausbauen, weil diese sonst etwas bremsen.

22 Die Fliehkräfte auf die Hilfsflügel müssen sorgfältig in den Verbindungsstab eingeleitet werden, stets mit mehreren Schrauben, mindestens M6; eventuell verschweißen.

5. Ausrichten gegen dynamische Unwucht

Wenn der Repeller sorgfältig ausbalanciert wurde, werden die Hilfsflügel einmal allein auf die Nabe montiert und ebenso ausgewogen. Anschließend noch einmal beides zusammen. Dann ist der gesamte Rotor statisch ausgewuchtet. Das reicht jedoch noch nicht: Sitzt der Repeller etwas schräg auf der Nabe, ergibt sich eine dynamische Unwucht, denn die entstehenden Fliehkräfte bilden ein umlaufendes Biegemoment auf das gesamte Gebilde, was das Windrad in Kürze kaputtschütteln würde.



Es wird darum die Lima mitsamt montiertem Rotor (Repeller + Hilfsflügel) in den Schraubstock geklemmt und solange an den Befestigungsschrauben nachgespannt, bis das eine Rotorende genau den gleichen Abstand von der Tischkante hat wie das andere, wenn man den Rotor halb herum dreht. Die Gummizwischenlage ermöglicht, diese Arbeit präzise ausführen zu können, ohne dazu die Schrauben übermäßig anziehen zu müssen. Für die Hilfsflügel genauso. Anschließend sind die Schrauben zu sichern (z.B. mit Körnerschlag). Nach eventueller Demontage ist neu auszurichten.

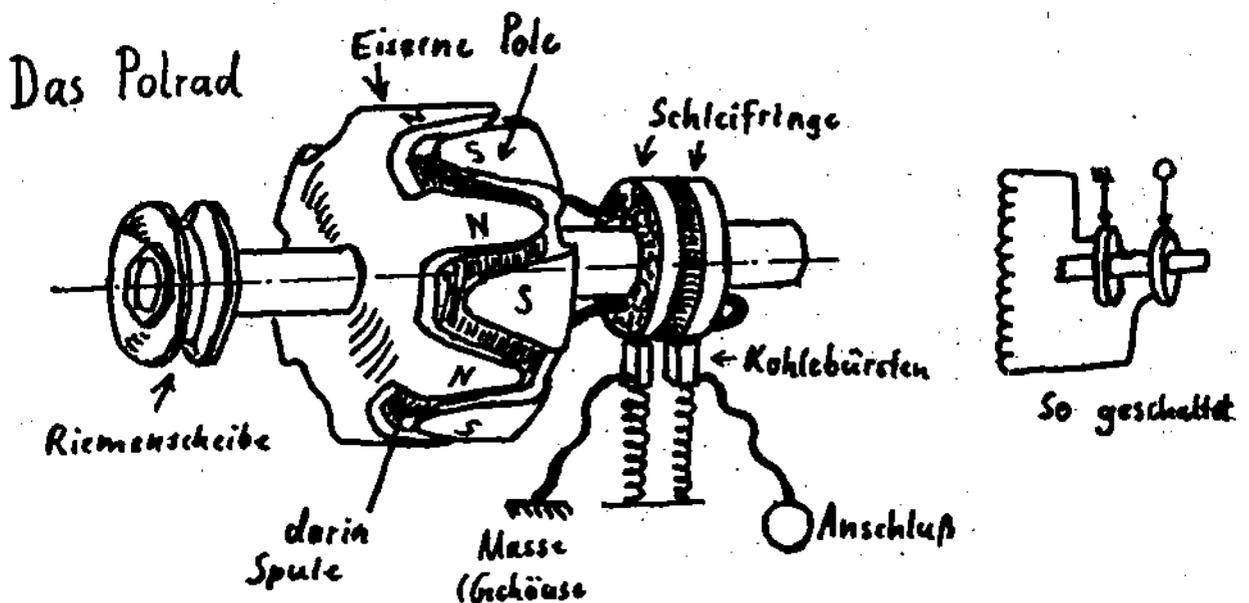
6. Die Lichtmaschine

ihre Funktion:

Für dieses Windrad eignen sich Drehstrom-Lichtmaschinen (z.B. die übliche Bosch 14V 35A) oder auch Wechselstrom-Lichtmaschinen, wie in der 2CV-Ente eingebaut.

Bei Wechselstrom-Limas geht das Umwickeln leichter, und die "Enten"-Limas verbrauchen weniger Strom für die Feldspule, ihre Leistung ist aber auch kleiner.

Diese Lichtmaschinen haben ein drehendes Polrad, was eine Spule als Elektromagnet enthält. Diese Spule bekommt über die Schleifringe und Kohlebürsten Strom. Ein Ende der Spule liegt über eine Kohlebürste am Gehäuse (Masse), das andere am Anschluss für den Feldstrom. Dies ist der Anschluss "DF", (französisch "EXC"), meist ein Blechfännchen, seltener mit Gewindeanschluss.

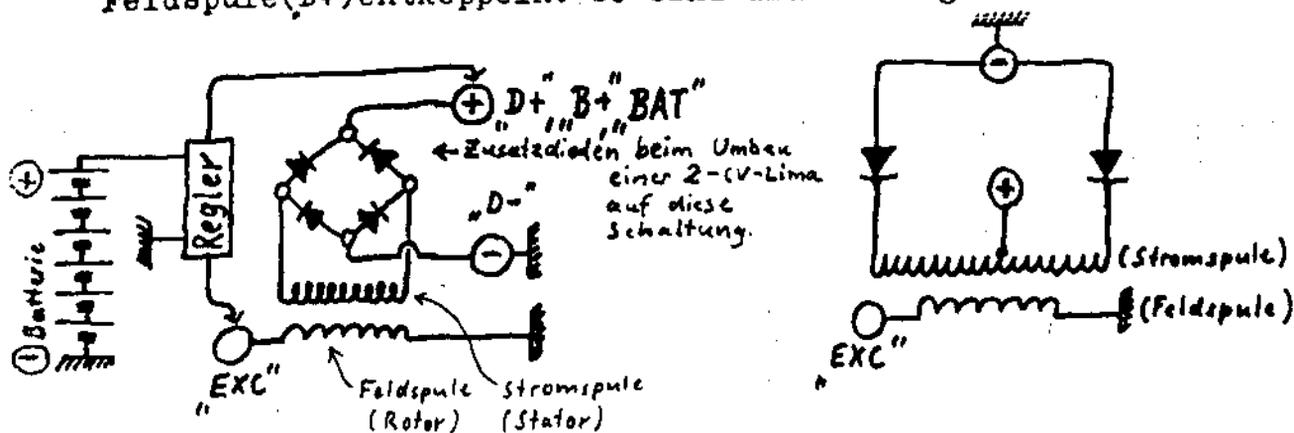


Durch den Feldstrom wird das Polrad magnetisch. Wird er wieder abgeschaltet, bricht das Magnetfeld zusammen und es verbleibt nur noch ein ganz kleiner Restmagnetismus, Remanenz genannt.

Das Polrad dreht sich im Stator, hier der Anker, einem Ring aus ca. 10 Blechringen mit vielen Nuten, in denen die Spulen gewickelt sind. (zu sehen in der Abb. "Umwickeln") Wenn sich das vom Feldstrom magnetisierte Polrad im Stator dreht, erzeugt das in den Spulen im Stator Wechselspannungen.

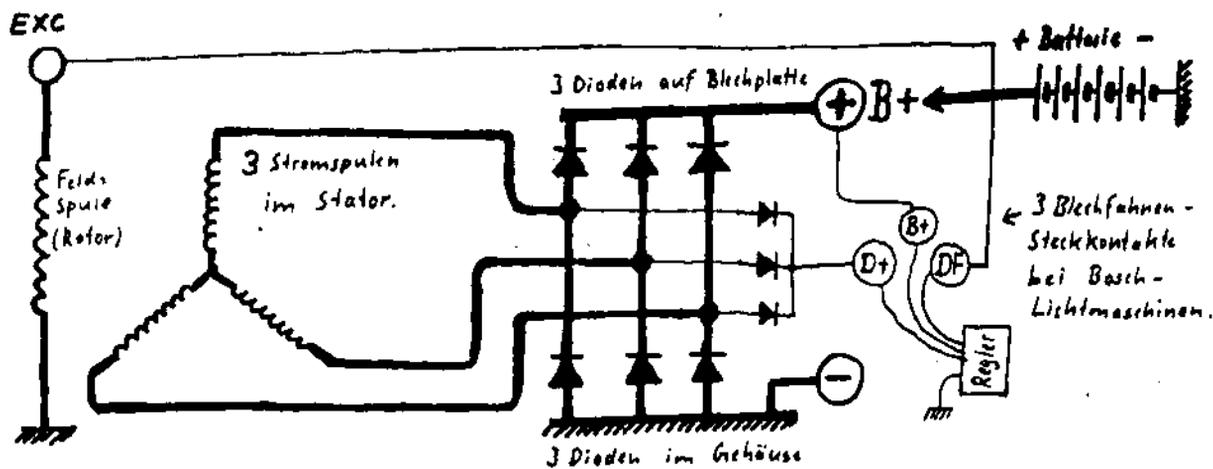
24

Bei Drehstrom-Lichtmaschinen sind dort drei Stränge vorhanden; die drei zueinander phasenverschobenen Wechselspannungen ergeben eine Drehspannung, ähnlich wie bei unserem Stromnetz. Die entstandene Wechsel- oder Drehspannung wird jedoch noch in der Lichtmaschine gleichgerichtet, wozu die eingebauten Dioden dienen, denn um die Autobatterie zu laden ist Gleichstrom erwünscht. Mit diesem Gleichstrom kann man auch die Feldspule speisen, dazu sind bei der Bosch-Lima extra drei kleine Dioden eingebaut, die den \oplus Anschluß für die Verbraucher und Batterie (B^+) von dem Anschluß nur zur Versorgung der Feldspule (D^+) entkoppeln. So sind die Limas geschaltet:



1. Einfache Wechselstromwicklung und 4 Dioden (z.B. ältere französische Limas)

2. 2 im Gegenteil arbeitende Wechselstromwicklungen, 2 Dioden. (viele franz. Limas, z.B. „Ente“)



3. Drehstromlima.

Der Sternpunkt der Drehstromwicklung "hängt in der Luft", ist nirgends angeschlossen. (Ausnahme: eine amerikanische Lima, hier wohl kaum zu finden.) Bei einigen Limas, meist französische, sind die drei kleinen Feldstrom-Dioden weggelassen, es gibt da den Anschluß „D+“ nicht, der Feldstrom wird über den Regler von B+ nach „DF“ (=EXC) geführt.

Wellenmutter (Achsmutter, vordere Mutter)

Riemenscheibe

Sicherungsscheibe

D. = Distanzscheibe

Paßfederscheibe

G.

G. = Gehäuseschraube

Vordere Gehäuseschäfte

Vorderes Lager (6203-2RS)

Halteplatte und Schraube für vorderes Lager.

Wicklung

Stator (Anker)

Feldspule

Anschlüsse (Drehstrom)

B - Anschluß von den Feldstrom-Dioden an Dt.

Polrad

Schleifringe

Hinteres Lager (6201 RS)

Kohlebürstenhalter mit Kohlebürsten (Bürstenplatte)

3 ins Gehäuse eingepreßte Dioden, für Ladestrom und Feldstrom ⊕

Befestigungsschraube für Diodenplatte, B+ - Anschluß

Hinterer Gehäuseschäfte

Schrauben für die Bürstenplatte

Federscheibe

Diodenplatte mit 3 Feldstrom-Dioden, ⊕

Diodenplatte mit 3 Ladestrom-Dioden, ⊕

Explosionszeichnung einer Drehstrom-Lichtmaschine (Bosch, ältere Bauart)

BOSCH

made in Germany (O20)

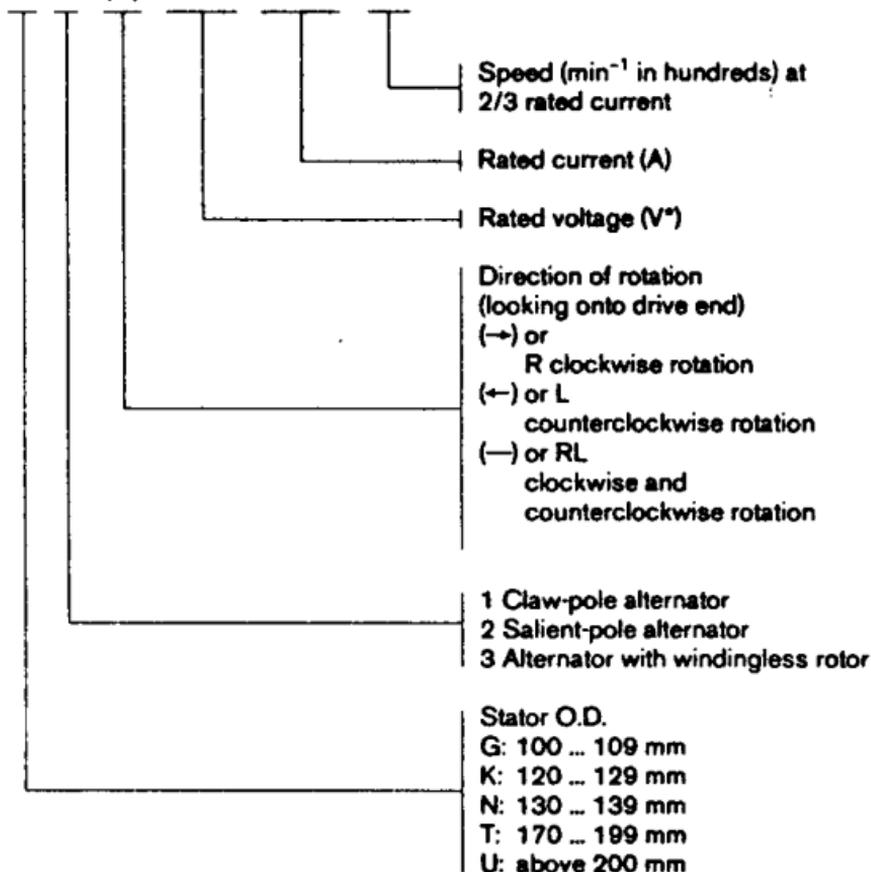
0 120 469 518 (E)

N1 — 28V 55A 25

©BOSCH

Example of a type code

N 1 () 28V 55A 25



* The rated voltage (14 or 28 V) is a mean value within the permissible tolerance range of the generator voltage. The generator voltage is kept constant by the regulator as the charging voltage for the battery irrespective of speed and loading, but taking into

consideration the intake air temperature. The generator voltage must not be confused with the lower rated voltage of the battery (12 or 24 V) for the loads of the vehicle electrical system (e.g. starting motor, electric motors etc.).

Fig. 3.35 Bosch nameplate coding

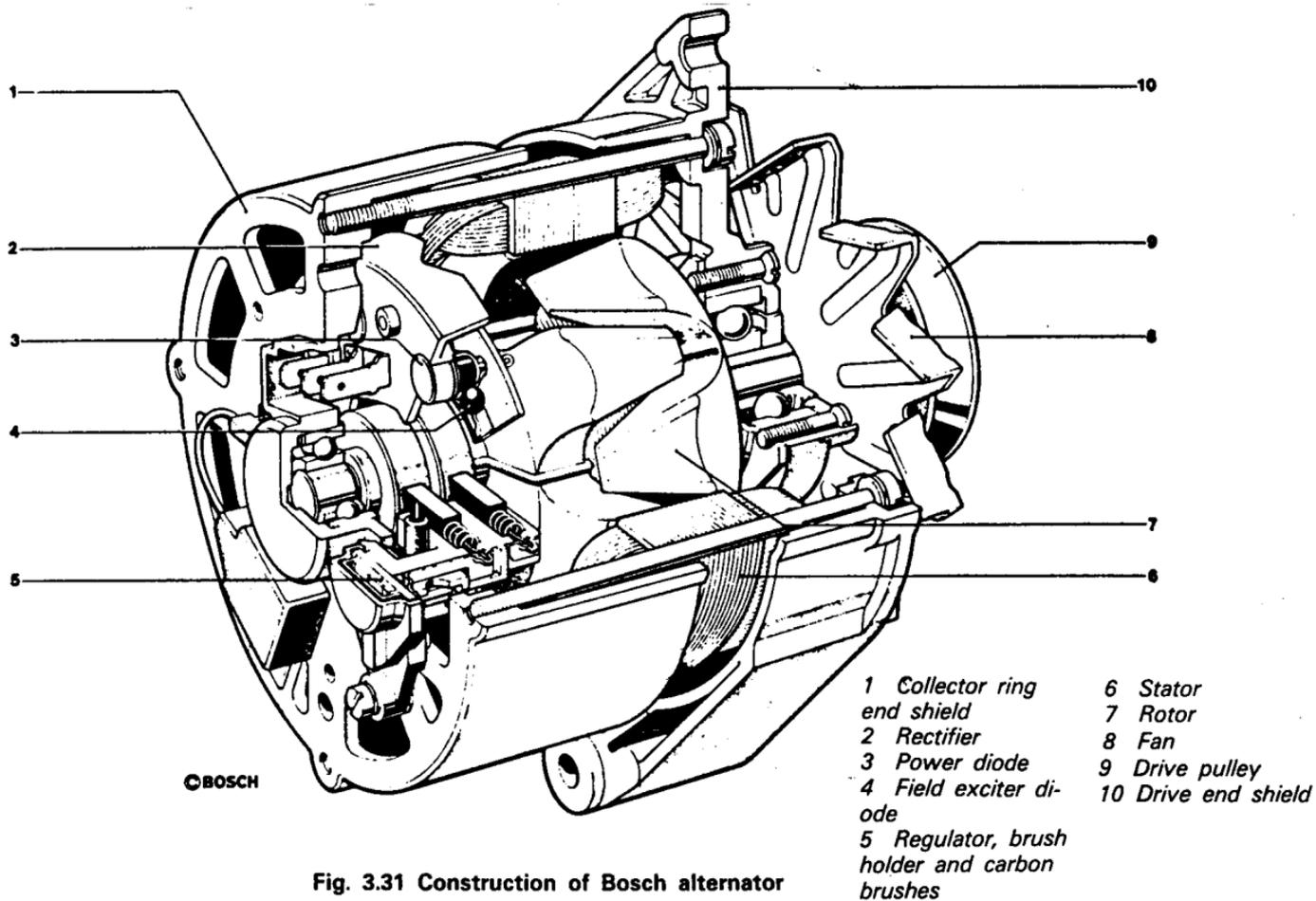


Fig. 3.31 Construction of Bosch alternator

26

Was tun, wenn die Lima nicht will?

1. Alle Kabel abkoppeln.
2. Fließt Feldstrom? Batterie direkt an Feldspule schließen, ⊖ an Masse, ⊕ an „DF“; wenn sich die Maschine schwerer und etwas ruckweise dreht, ist gut, sonst Kohlebürsten kontrollieren.
3. Wenn Feldstrom fließt, erzeugt die Maschine Strom? Batterie direkt an Feldspule lassen, Glühbirne direkt zwischen „B+“ und Masse. Lima schnell und kräftig von Hand drehen, eventuell Bindfaden auf die Riemenscheibe wickeln und kräftig abziehen. Brennt die Birne, ist gut, brennt sie nicht, auseinanderbauen und Dioden und Spulen kontrollieren. Vielleicht muß etwas ausgewechselt werden.
4. Wenn Lima gut, alle Leitungen außerhalb prüfen.

Der häufigste Fehler bei Limas vom Schrott ist: eine Kohlebürste so kurz geworden, daß Wackelkontakt zum Schleifring, dieser verbraten. Manchmal: Wicklungen mechanisch beschädigt. Selten: Dioden durchgebrannt.

Dioden prüfen: Mindestens einen Anschluß ablöten oder abklemmen, dann mit 24V oder 36V Gleichspannung und schwacher Glühbirne (höchstens 2W) oder besser einem Galvanometer prüfen. Darf nur in einer Richtung Strom durchlassen, in der anderen Richtung gar nichts, kein bißchen!

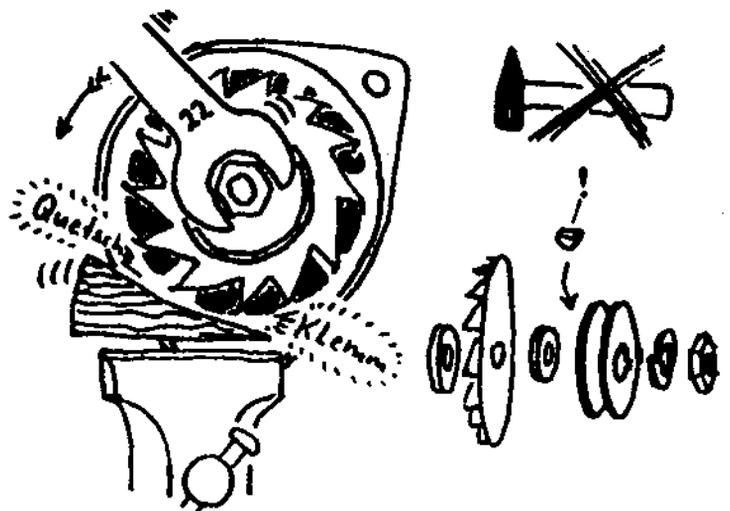
Montage und Demontage

Es ist außerordentlich einfach, beim Zerlegen und Zusammenbau die Lager so zu beschädigen, daß sie anschließend fürchterlichen Krach machen. Ebenso leicht kann man die Bürsten abbrechen.

So wird die Lima richtig zerlegt:

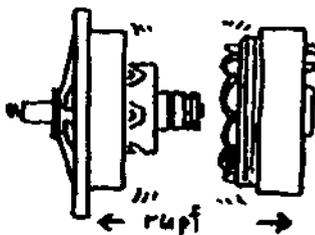
1. Bürstenplatte abschrauben, wenn nicht möglich, mit Draht-
haken die Anschluslitzen erfassen und Bürsten abheben.

2. vordere Mutter abschrauben. Gegenhalten: Bandschlüssel um Lüfterrad, mit Holzkeil blockiertes Lüfterrad, mit Schutzbacken in Schraubstock gespannte Keilriemenscheibe. Scheibe, Pasfeder, Lüfterrad ab.



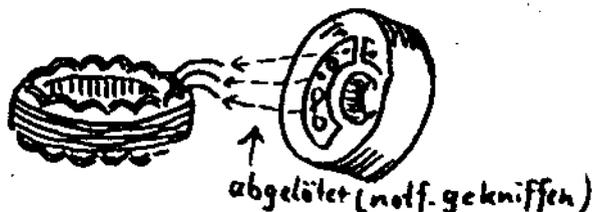
3. Gehäuseschrauben lösen. Sitzt die Schraube im Muttergewinde des hinteren Lagerdeckels fest, erwärmen und Kriechöl drauf.

4. Stator mit hinterem Gehäuseteil abnehmen, indem man Holzkeile zwischen die Gehäusehälften treibt oder sie sonstwie vorsichtig lockert.



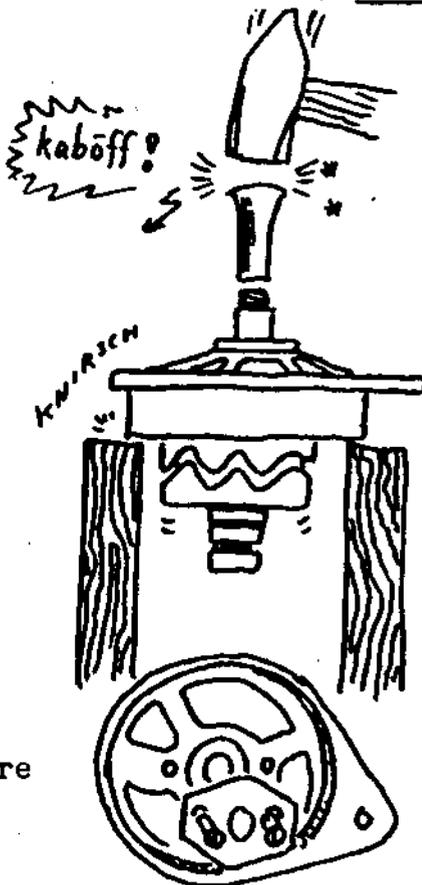
Nicht ver-
kanten, nie
mit Hammer
auseinander-
klopfen,
Lager würden
beschädigt.

5. Ankeranschlüsse von der Diodenplatte ablöten und anker abnehmen. Anschlußstellen merken!



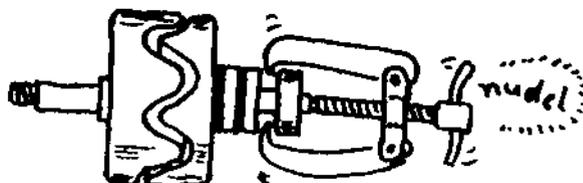
Die folgenden Schritte (6bis 10) nur dann, wenn die Lager
erneuert werden sollen:

6. Polrad aus dem vorderen Lager raus. Das Lager wird hierbei beschädigt und sollte nicht mehr für Lima-zwecke verwendet werden. Geht mit passendem Abzieher, auch mit Hammer und Aludorn. Die kleine Scheibe vor dem Lager sitzt fester auf der Welle als das Lager selbst. Halteplatte fürs vordere Lager abschrauben und dies von vorn heraus-schlagen.



Nie mit dem
Hammer direkt
aufs Gewinde-
ende schlagen,
es wird be-
schädigt und
die Mutter
geht nicht
mehr drauf.

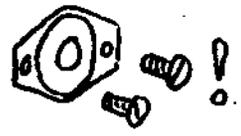
7. Hinteres Lager mit Abzieher entfernen. Es wird dabei beschädigt, es sei denn man hat einen Spezialabzieher, der nur den Innenring faßt.



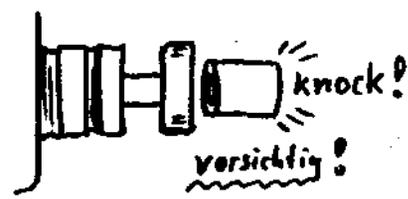
8. Das neue vordere Lager
 (wir empfehlen die RS-
 Ausführung mit Gummi-
 dichtungen) ins Gehä-
 use eindrücken. Das
 geht leicht; wenn nicht,
 Gehäuse vorher anwarmen.
 Halteplatte anschrauben,
 bloß nicht vergessen!



dabei
nie
auf
den
Innen-
ring
drücken!

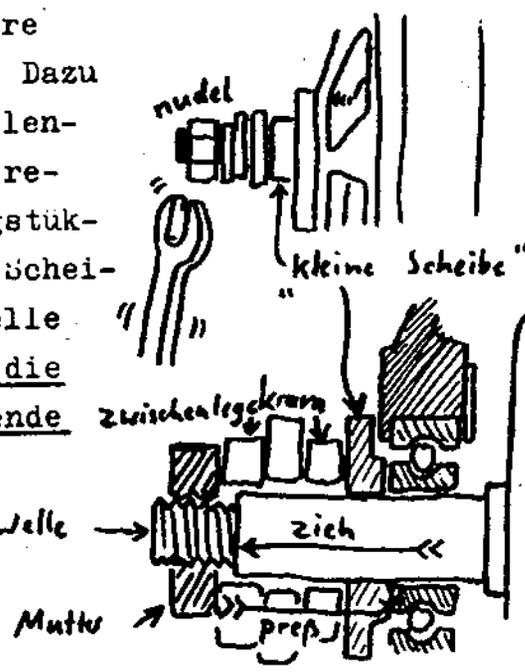


9. Hinteres Lager mit Rohr,
 was etwa die Maße des
 Innenrings hat, auftrei-
 ben oder aufpressen.



Nie auf den
Außen-
ring
drücken!

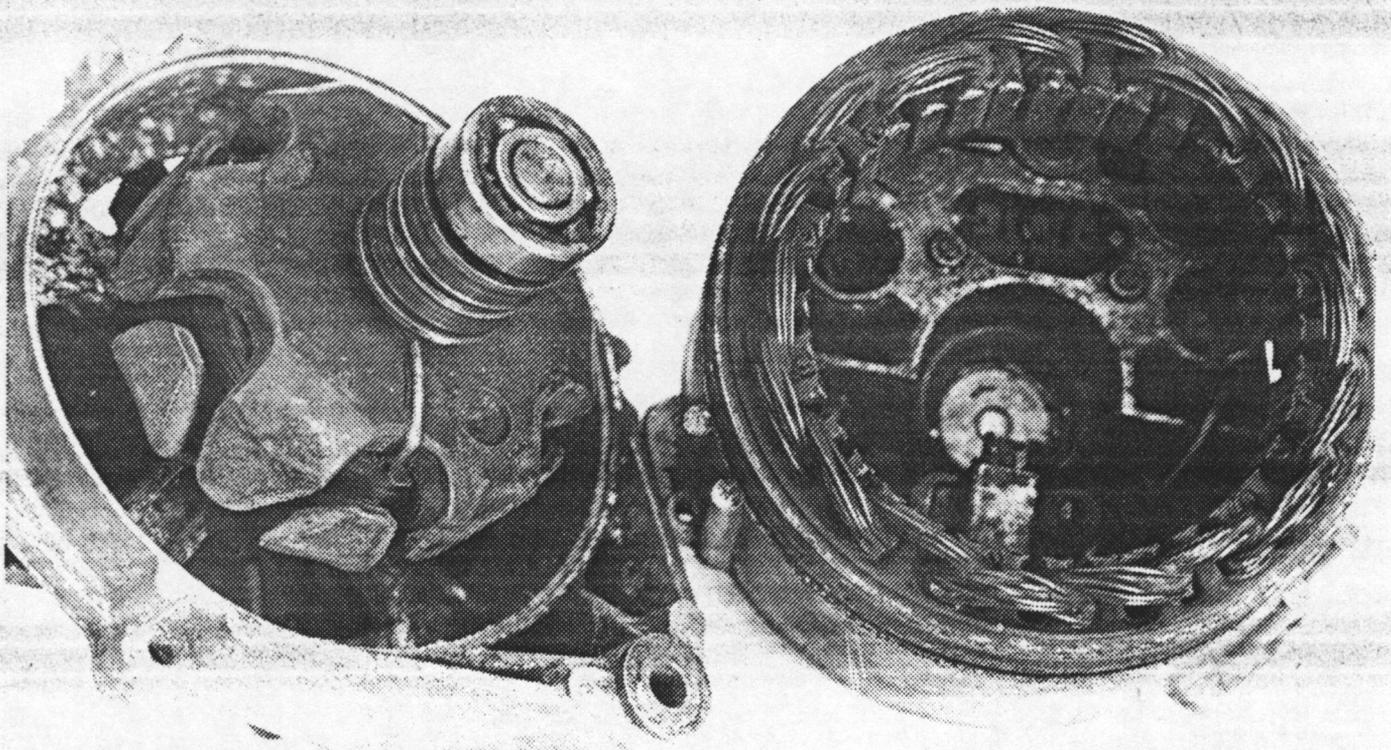
10. Polrad ins vordere
 Lager einziehen. Dazu
 wird mit der Wellen-
 mutter und entspre-
 chenden Unterlegstük-
 ken (M20 Mutter, Schei-
 ben etc.) die Welle
 durch Lager und die
kleine festsitzende
Scheibe gezogen.
 Kraftverlauf: Welle



Nie
einfach
das
Polrad
ins
Gehäuse
drücken!
 Druck darf
nur auf
 die kleine
 Scheibe
 wirken!

Montage:

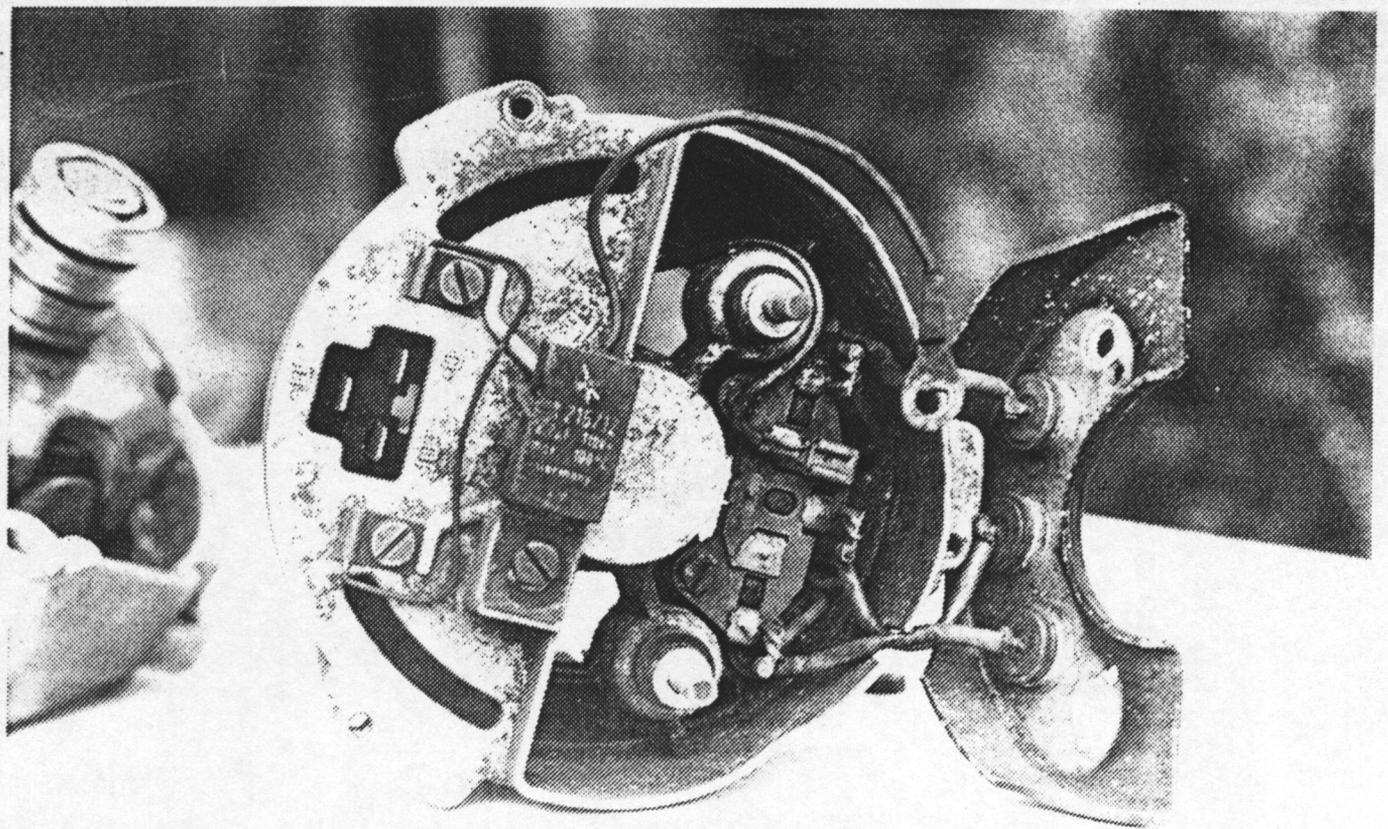
11. Den fertig umgewickelten Anker an die Diodenanschlüsse
 anlöten, drei Kabelanschlüsse für die Selbsterregungs-
 hilfe gleich mit anlöten, Stator in die hintere Gehäuse-
 hälfte drücken, das auf den Vorderteil aufschieben und
 mit den Gehäuseschrauben ringsum gleichmäßig festziehen.
 Kohlebursten wieder aufliegen lassen. Eventuell noch
 fehlende Teile anbauen. Dann prüfen, ob das Polrad am
 Stator schleift, ob vielleicht die Lager schwergewen
 oder krach machen. Durch Montagekräfte beschädigte Lager
 surren oder rattern, gute Lager sind nicht zu hören.



Geöffnete ältere Bosch - Drehstrom-Lichtmaschine.

↑ Rotor (Polrad) mit Schleifringen und Kugellager

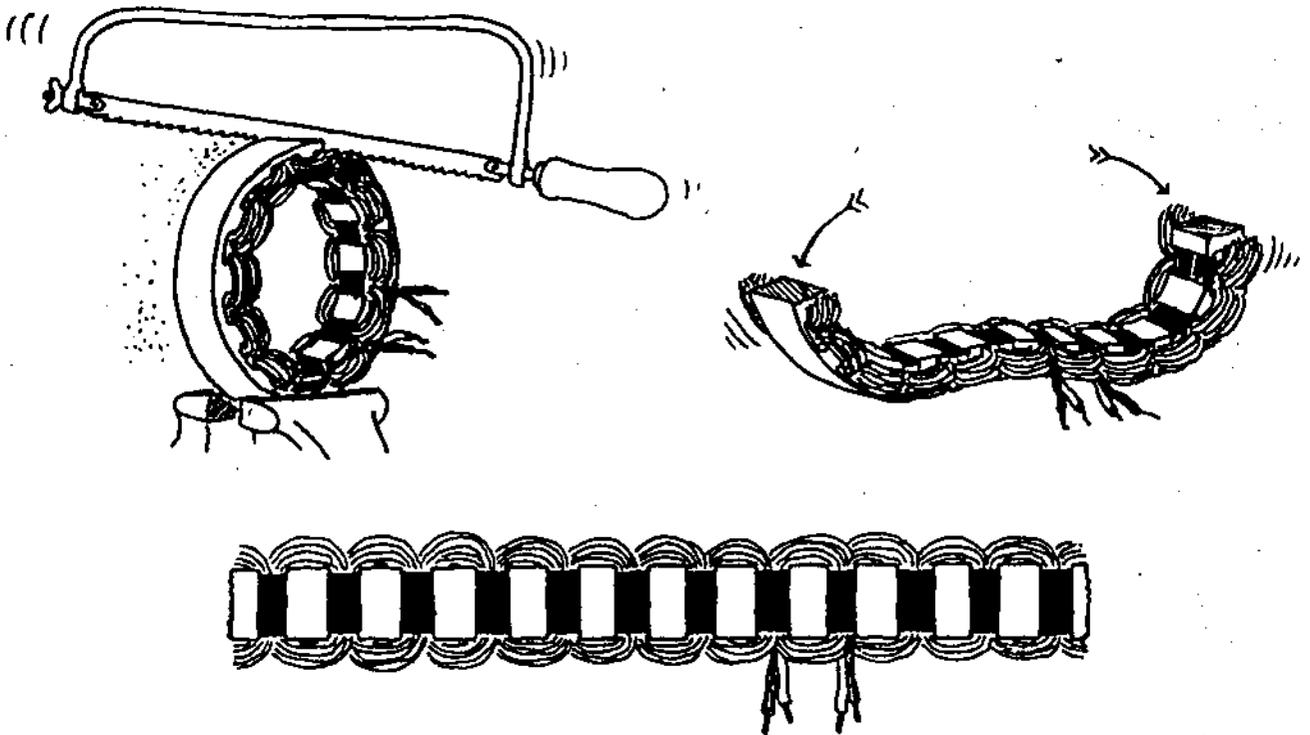
↑ Kohlebürsten
↑ Stator, noch im Gehäuse.
Beachte die nur halbvollen Nuten dieser Originalwicklung!



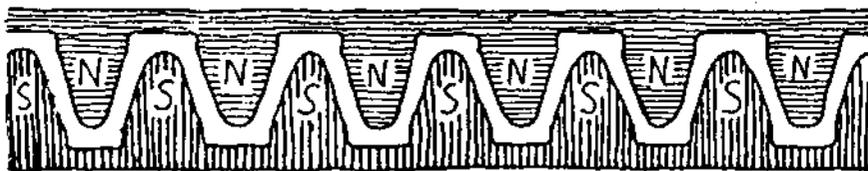
Rückwärtige Gehäusehälfte, Diodenplatte abgeschraubt. Neuere Typen haben 4 Gehäuseschrauben statt wie hier 3, eine nur von innen lösbare Diodenplatte, aber von außen wechselbare Kohlen.

30) 7. Das Umwickeln von Lichtma- schinen auf niedrige Drehzahl, Theorie & Praxis

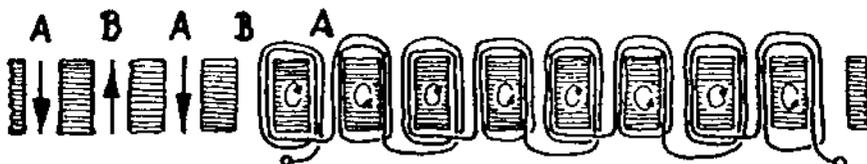
Zunächst eine einfache Variante: Eine Wechselstrom-Lichtmaschine, oft in der "Ente" und anderen französischen Autos verwendet. Das Ding hat ein Polrad mit 6 "Nordpol"-Klauen und 6 "Südpol"-Klauen. Im Blechpaket des Ständers sind 12 Nuten, darin die Wicklung. Weil man so ein rundes Teil schlecht auf dem Papier erklären kann, wollen wir es in Gedanken mal flachbiegen.



Auch das Polrad stellen wir uns als "Reifenspur" aufs Papier abgedrückt vor und schauen uns an, was passiert, wenn das Polrad sich im Ständer bewegt.

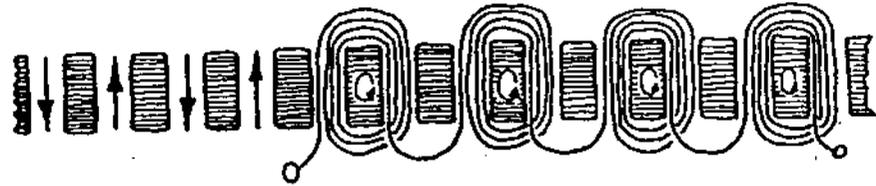


Während im Bereich A das Magnetfeld grade von Süd nach Nord wechselt, ändert es sich im Bereich B grade von Nord nach Süd. In den Drahtstücken bei A wird eine Spannung induziert, in B eine entgegengesetzte.

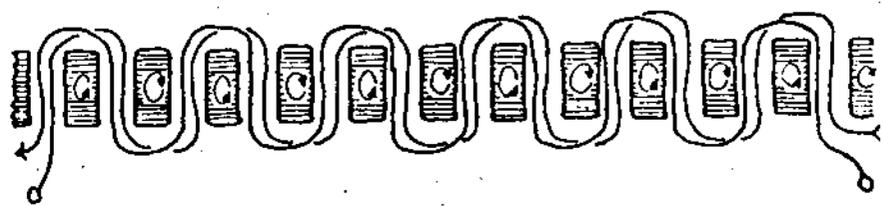


Wie schön, daß die Spannungen in Reihe geschaltet sind, wenn wir die wichtigen Drähte in den Nuten wie gezeigt zur Spule ergänzen. Doch es gibt weitere Methoden, die Drähte in den Nuten richtig zu verbinden.

Statt der insgesamt 12 Spulen, abwechselnd rechts- und linksrum, kann man auch 6 Spulen in gleicher Richtung wickeln.

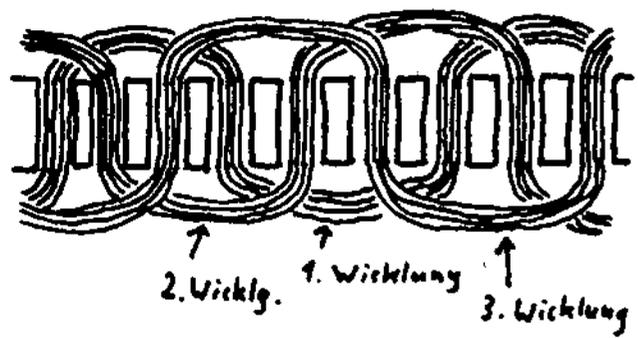


Die bisherigen 2 Wicklungsarten heißen Schleifenwicklungen. Eine andere Methode heißt Wellenwicklung

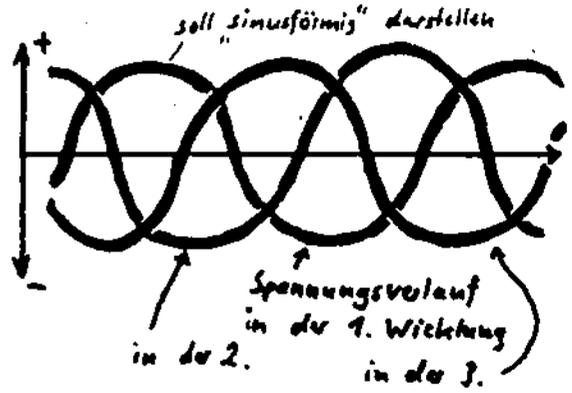


Elektrisch sind alle diese Wicklungsarten etwa gleichwertig, praktisch gibt es Unterschiede.

Nun zur Drehstrom-Lichtmaschine. Sie hat drei Wicklungsstränge, und ist im Prinzip eine dreifache Wechselstrom-Lichtmaschine. Die drei Stränge sind zeitlich nacheinander "an der Reihe", sie erzeugen zeitlich zueinander verschobene Wechselspannungen, die dem Aussehen einer Wellenwicklung zufällig ähneln, gute Merkregel



Stator, auf die Pole gesehen, „aufgerollt“ gezeichnet.

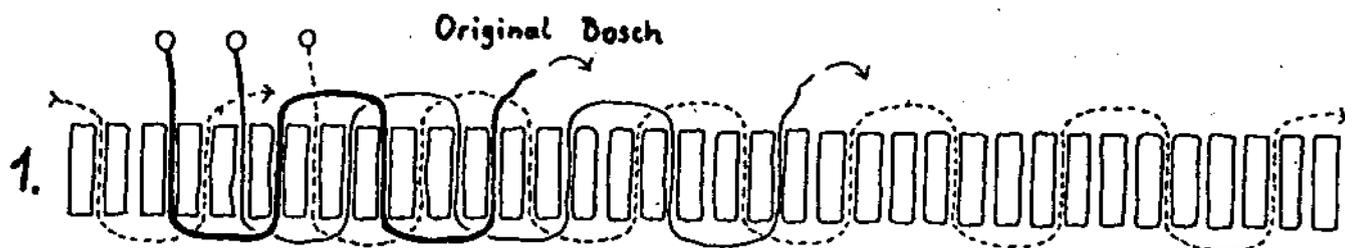


Die Spannungen in den Wicklungen.

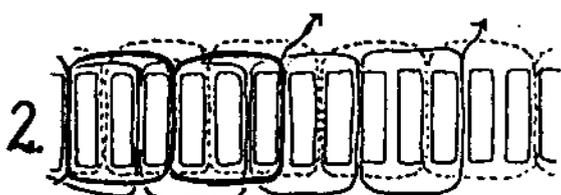
Guck dir eine zerlegte Lima an und verfolge die Wicklungen. Gute Übung: Nimm dünnen Bindfaden in drei verschiedenen Farben und lege in einen abgewickelten Stator dieselbe Wicklung ein.

Varianten der Drehstrom-Wicklung:

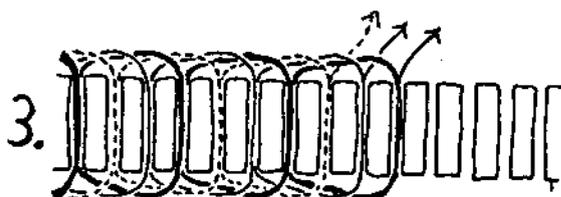
Original-Wicklung der Bosch 35 A Lima. (Skizze 1). Erst der erste Strang in Wellenwicklung eingelegt, dann der zweite, dann der dritte.



Original-Wicklung der Ducellier-Lima. (Skizze 2). Der erste Strang komplett in den Grund der Nuten eingelegt, dann der zweite, dann der dritte.



Original Ducellier
Dreilageneinschicht-Wicklung



„Zopfwicklung“, Zweischichtwicklung

Nachteile dieser Wicklungsarten sind dicke Kreuzungspunkte von Spulen, die dem Polrad den Weg versperren können oder am Gehäuse anstoßen, vor allem bei der Wellenwicklung. Eine weitere Variante, die wir als beste Wicklungsart empfehlen können, ist die sogenannte Zweischichtwicklung, hier auch Zopfwicklung genannt. (Skizze 3)

Eine Lichtmaschine läßt sich grundsätzlich nur auf höhere Windungszahlen oder andere Windungsarten umwickeln, nie jedoch auf andere Polpaarzahlen. Das Polarad hat nämlich 6 Polpaare.

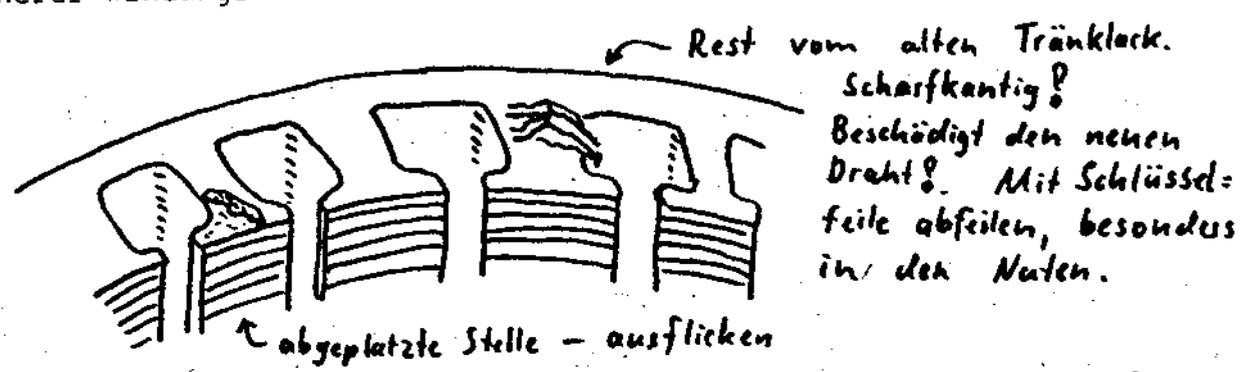
Umwickeln der Autolichtmaschine,
um die zum Direktantrieb nötige niedrige Drehzahl zu erreichen.

Wie schon erwähnt, liegt die Ladebeginn- und Arbeitsdrehzahl bei gewöhnlichen Autolichtmaschinen zu hoch, als daß man ohne Getriebe damit ein Windrad betreiben könnte. Weiterer Nachteil: Die Feldspule frist viel Leistung, so daß das Windrad schon viel Arbeit leisten muß, ehe die Lichtmaschine einen Überschuß zum Batterieladen abgibt.

Die Feldspule durch einen starken Dauermagneten zu ersetzen, gelang trotz größter Sorgfalt nicht und ist für Bastler auch nicht immer möglich (Drehbank, Presse etc. nötig). Das Magnetfeld war viel zu schwach.

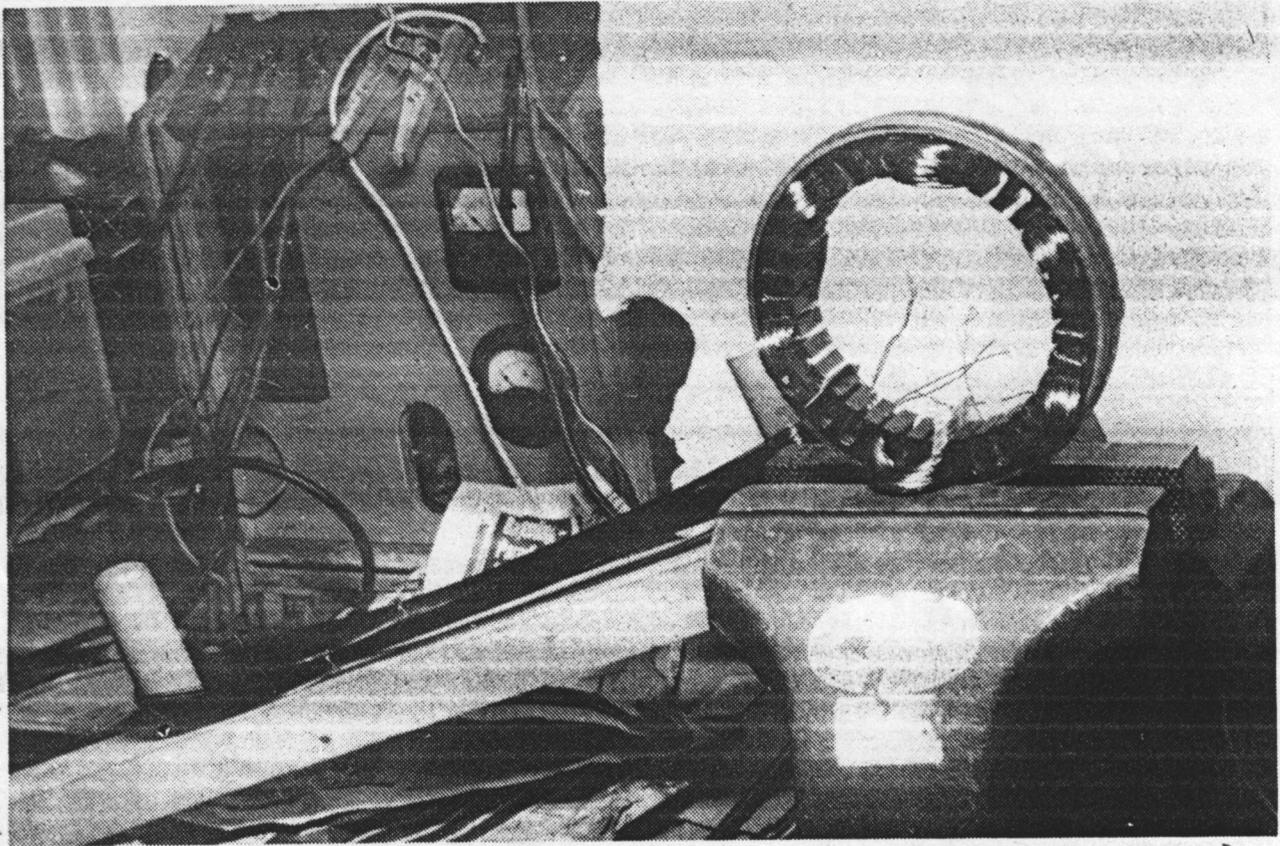
Also wurde versucht, den Anker von Lichtmaschinen umzuwickeln, so daß sie bei viel niedrigeren Drehzahlen arbeiten, stets mit Erfolg. Das Umwickeln ist wirklich nicht allzu schwierig.

Zunächst wird die alte Wicklung vorsichtig abgepult. Die dicke Tränklackschicht platzt dabei fröhlich knisternd ab. Beschädige die Isolation in den Nuten möglichst wenig. Die Nuten werden mit einem scharfen Messer und einer Schlüsselfeile gereinigt, der alte Tränklack muß ab. Die schwarze Nutenisolierung muß frei von scharfen Vorsprüngen und scharfen Kanten sein. Abgeplatzte Nutenisolierung wird mit 2-Komponenten-Kleber (zB. UHU-Plus, Araldit, Stabilit) ausgebessert. Dann wird die neue Wicklung gewickelt, aber mit dünnerem Draht und höherer Windungszahl.

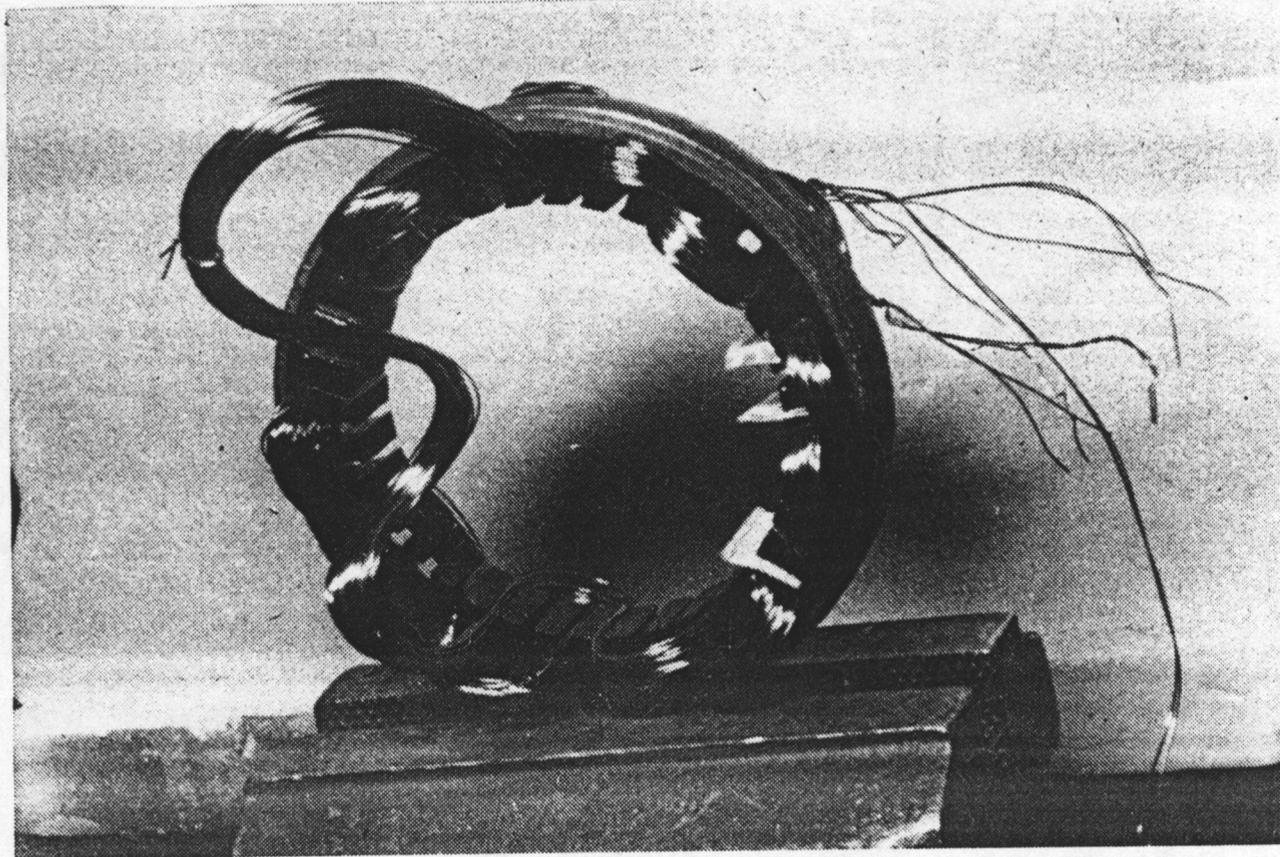


Man sollte mindestens zweifach lackierten Draht kaufen, noch besser ist, wir kaufen in einer Ankerwickerei den Draht, den die Leute dort schon jahrelang ohne Arger verwenden.

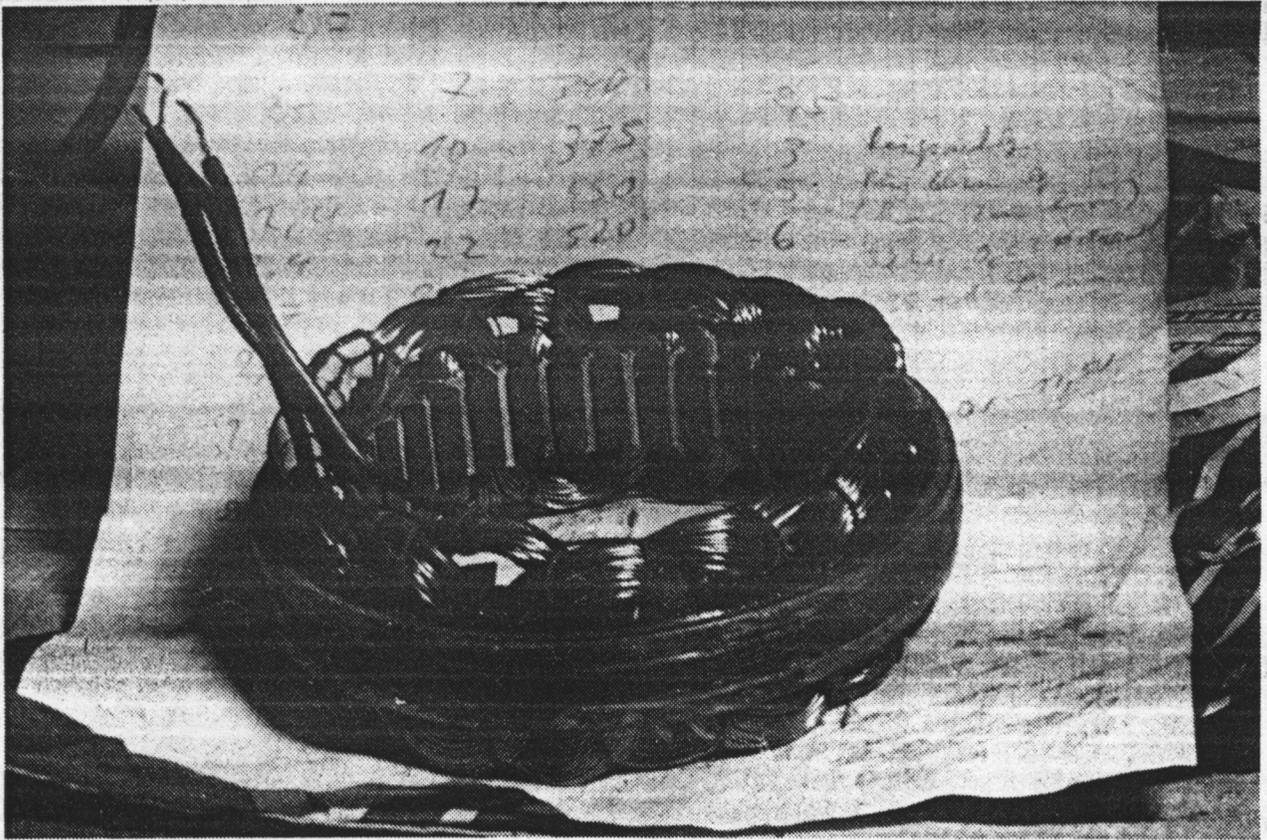
Windungszahlen, Drahtstärken und Drahtlängen vorher und nachher.	Schleifenwicklung Windungszahl pro Spule	Wellenwicklung Runden - Zahl	Drahtstärke mm ϕ	Drahtlänge in cm für 1 Runde	Insgesamt nötige Drahtlänge in m
Wechselstromlichtmaschinen					
Ducellier 22/30 A original, hat Gegentaktschaltung, s.S. umgewickelt einfache Wicklung umgewickelt Gegentaktschaltung	2x12 40 2x40		0,8 0,6		45 90
Ducellier 35 A original umgewickelt einfache Wicklung umgewickelt Gegentaktschaltung	2x12 40 2x40		0,8 0,6		50 100
Drehstromlichtmaschinen					
Bosch 35 A original Wellenwicklung umgewickelt Wellenwicklung umgew. 12 Spulen Schleifenwicklung		12 36 18	1,2 0,8 0,8	62	67 64
Bosch 55 A original Wellenwicklung umgewickelt Wellenwicklung umgew. 12 Spulen Schleifenwicklung		8 24 12	1,4 1,0 1,0	70	51 49



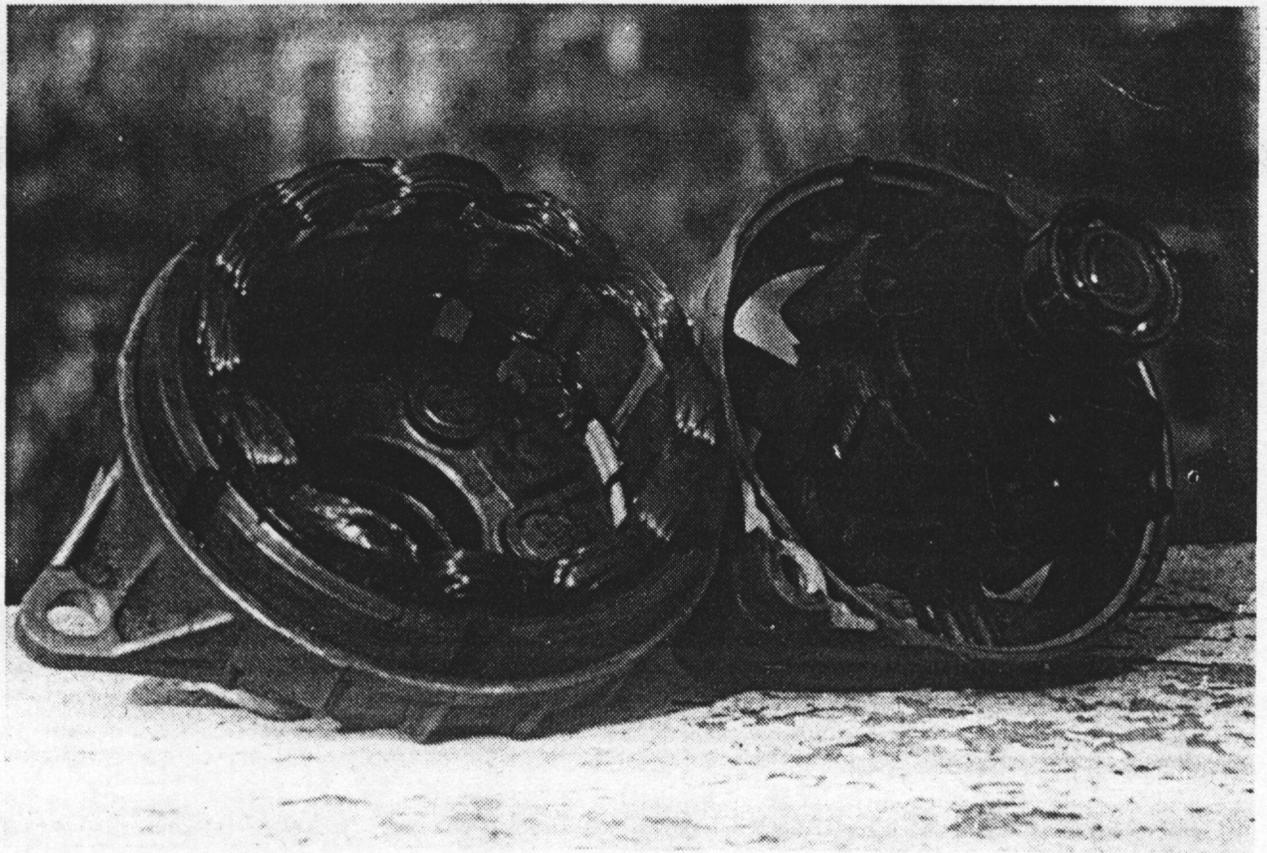
Wellenwicklung. Der erste Strang ist eingelegt, der zweite auf der Latte mit Rundhölzern vorbereitet.



Zweiter Strang halbfertig eingelegt. Die hellen Milchtütenpappen (rechts) verdecken eine Schadstelle in der Statorisolierung.



Fertig gewickelter und abgebundener Anker (Stator),
Drehstrom-Wellenwicklung.



Geöffnete Wechselstromlima mit fertig gewickeltem Stator.

36 Bei der Gegentaktschaltung wird mit 2 parallel laufenden Drähten gleichzeitig gewickelt. Die Drähte werden getrennt angeschlossen, daher 4 Anschlüsse obwohl nur 1 Phase. Schaltplan²s.S.24. Keine Zusatzdioden nötig! Die einfache Wicklung verlangt 2 Zusatzdioden, Schaltplan¹s.S.24. Da an jeder Diode Spannung abfällt, geht bei der einfachen Wicklung mehr Leistung in den Dioden verloren. Insgesamt ist der Unterschied der Leistung der einfachen Wicklung zu der der Gegentaktwicklung aber gering.

Mit dünnem Draht wickelt es sich leichter als mit dickem, weil er biegsamer ist. Der Effekt ist vergleichbar mit Litze und Volldraht. Darum wickele ich lieber mit 2 oder mehr dünnen Drähten parallel, statt mit einem dicken. Die Enden der parallel laufenden Drähte verlöte ich miteinander und schließe sie an als wäre es ein dicker.

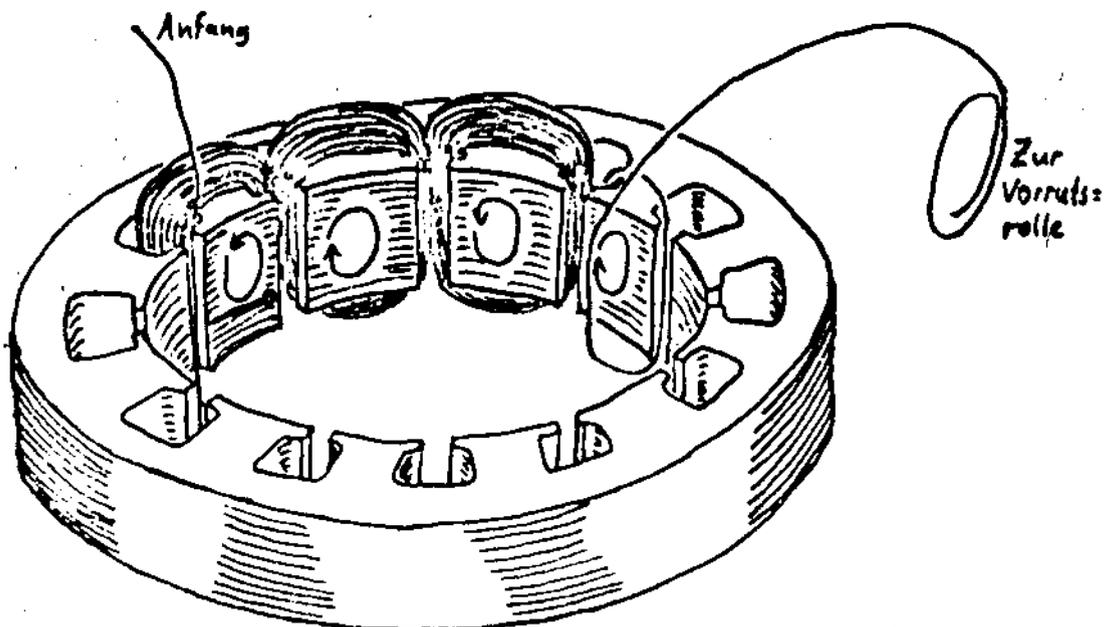
Statt 0,8 mm ϕ geht 2 x 0,6 mm ϕ .

Statt 1,0 mm ϕ geht 3 x 0,6 mm ϕ oder 4 x 0,5 mm ϕ .

Und nun zum Wickeln an sich:

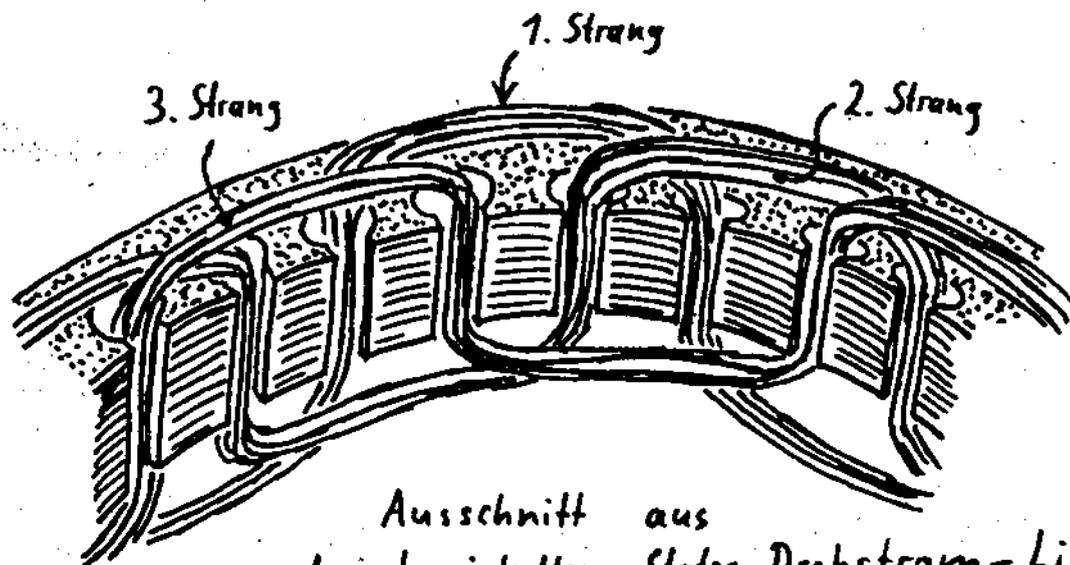
Wechselstrom - Lichtmaschinen lassen sich gut in Schleifenwicklung von Hand bewickeln. Eine Wickelschablone und anschließendes Einlegen der auf der Schablone fertig gewickelten Spulen bringt kaum Vorteile, das liegt an der Form der Wickelnuten: Wenn eine Spule eingelegt ist, versperrt sie den Eingang der Nut für die zweite Spule. Von der Wellenwicklung rate ich ab, weil die Wickelköpfe, so heißen die seitlich aus dem Stator rausstehenden Drahtbögen, zu groß werden. Unnötig langer Draht bringt Leistungseinbuße und das fertige Ding paßt kaum mehr ins Gehäuse. Drum folgt eine Zeichnung des Bewickelns von Hand.

Wechselstrom - Lichtmaschine



Bewickeln des Ankers, (3 Spulen fertig, 4te Spule begonnen.)

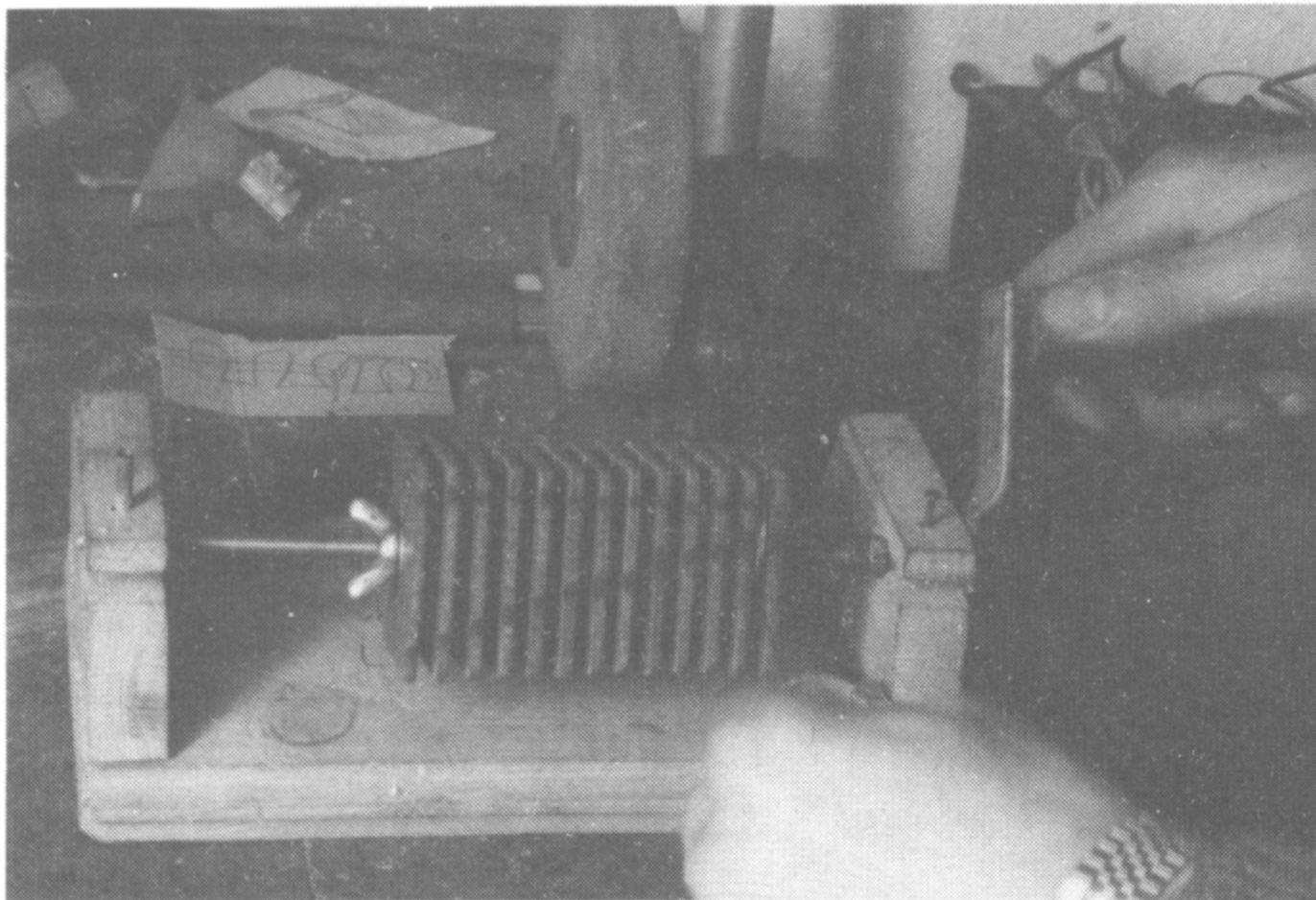
Drehstrom - Lichtmaschinen kann man auf mehrere Arten gut wickeln: Willst Du nur eine Lichtmaschine wickeln, lohnt sich der Bau einer Wickelschablone nicht unbedingt. Zum Wickeln von Hand ist die Wellenwicklung gut. Man kann den Draht Runde für Runde einzeln in die Nuten legen, viel einfacher ist es, wenn Du Dir ein paar Rundhölzer so aufspannst, daß genau die Drahtlänge einer Runde herum paßt. Dann wickele die benötigte Anzahl Runden für eine Phase herum. Nimm den Draht ab, wickele ebenso den Ring für die zweite und den für die dritte Phase. Und nun lege jeden Draht als ganzen Strang für jede Phase ein, nicht mehr jede Windung einzeln. Wie die Wicklung aussehen muß, kannst Du auch vom Original abgucken, hier noch Zeichnung und Photos zur Erläuterung.



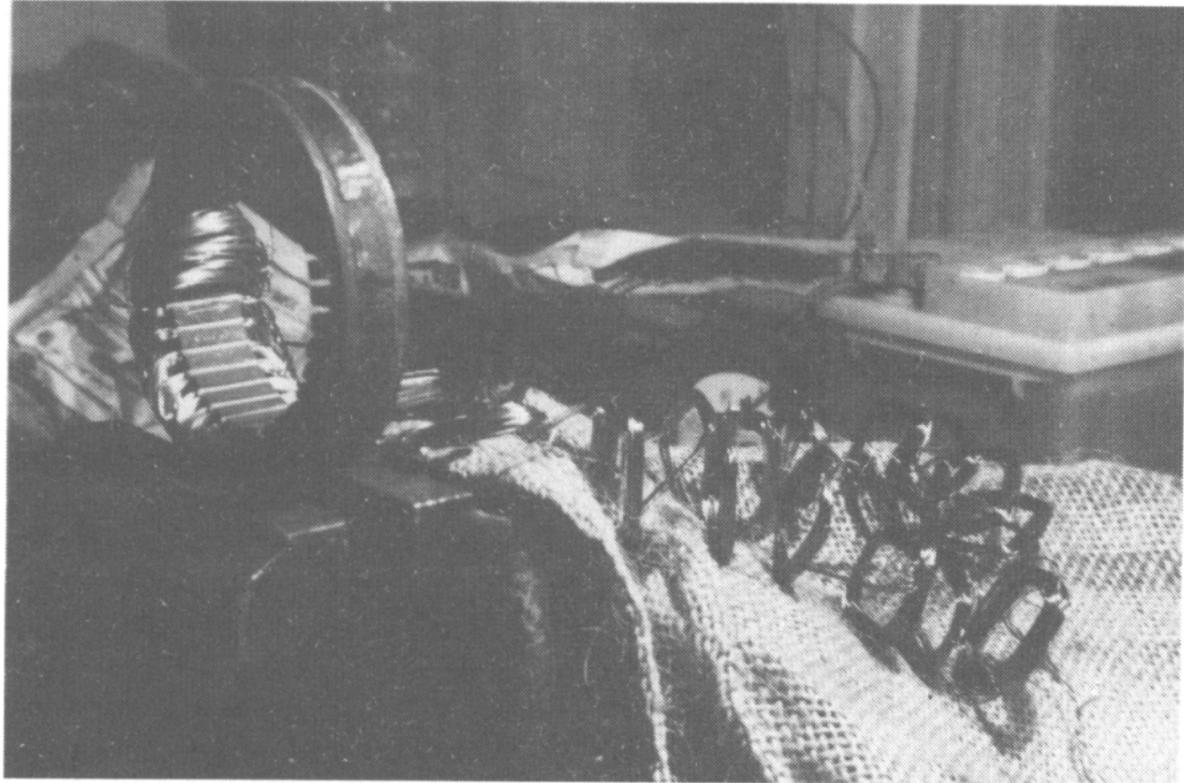
Bitte den Draht nicht zu scharf um die Ecken biegen und beim ersten Strang dran denken, daß der zweite und dritte auch noch hinein muß. Nach den Seiten kann man sich je 12 mm Platz lassen, ohne daß später die Wicklung an Gehäuseteile anstößt.

Wenn du zwei oder mehrere Limas umwickeln willst, lohnt es sich, eine Wickelvorrichtung zu bauen. Auf dieser Vorrichtung werden 12 Spulen zu je 18 Windungen gewickelt, die dann in die Nuten eingelegt werden. Es läßt sich mit den Spulen von dieser Vorrichtung die Wicklung nach Skizze 2 Seite 32 (Ducellier-Originalwicklung) oder die von uns empfohlene Wicklungsart nach Skizze 3 Seite 32 herstellen.

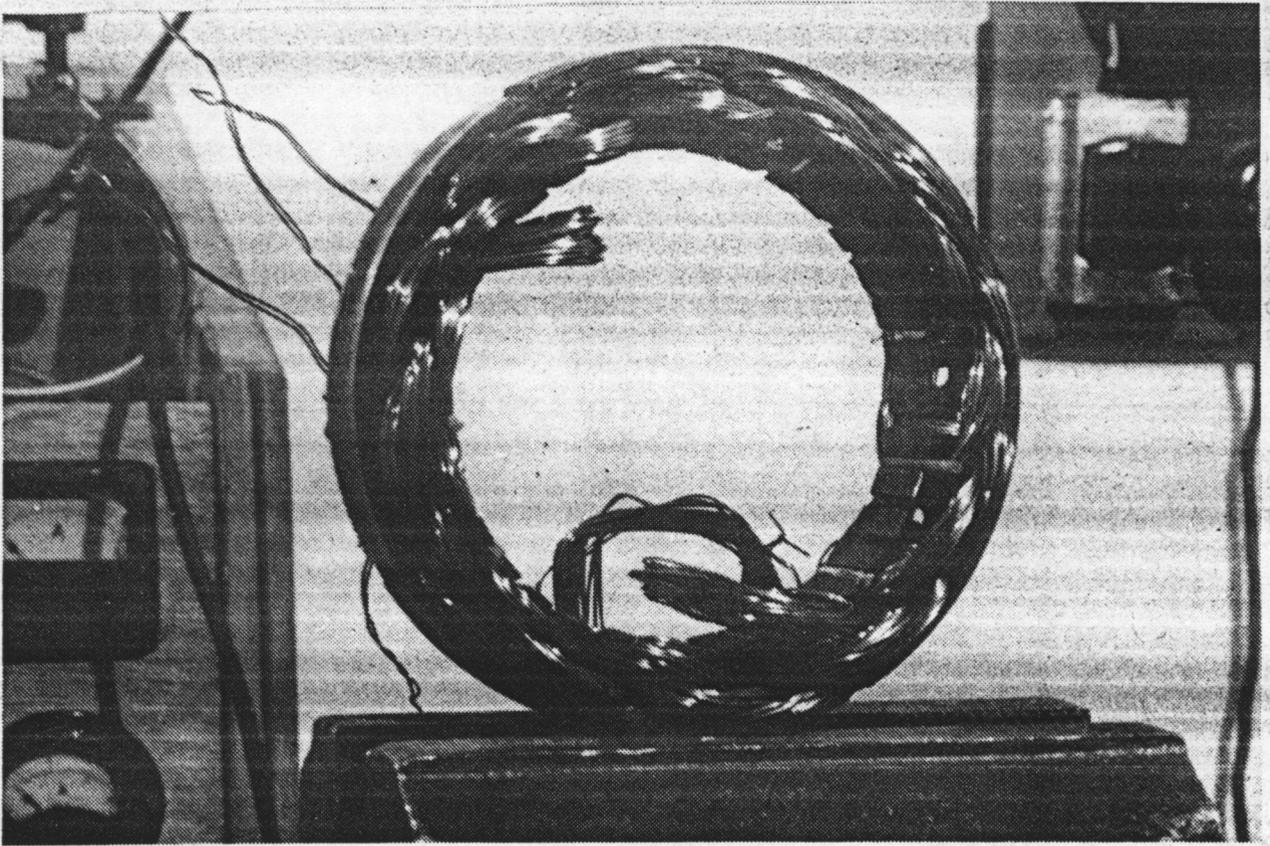
Diese Wicklungsart ist deshalb so gut, weil die Spulen sich beim Einlegen nicht gegenseitig behindern, man also mit kürzestmöglichem Draht arbeiten kann und die Nuten gut vollfüllen kann. Geringe Kupferverluste bringen gute Leistung. Fabrikmäßig waren die Nuten nur gut halbvoll! Bei dieser Wicklungsart kann man ohne weiteres etwas dickeren Draht nehmen, zB. nehme ich für Bosch 35 A - Limas statt 0,8 ϕ oder 2 x 0,6 ϕ lieber 2 x 0,63 ϕ . Das gibt noch niedrigere Kupferverluste (Widerstand).



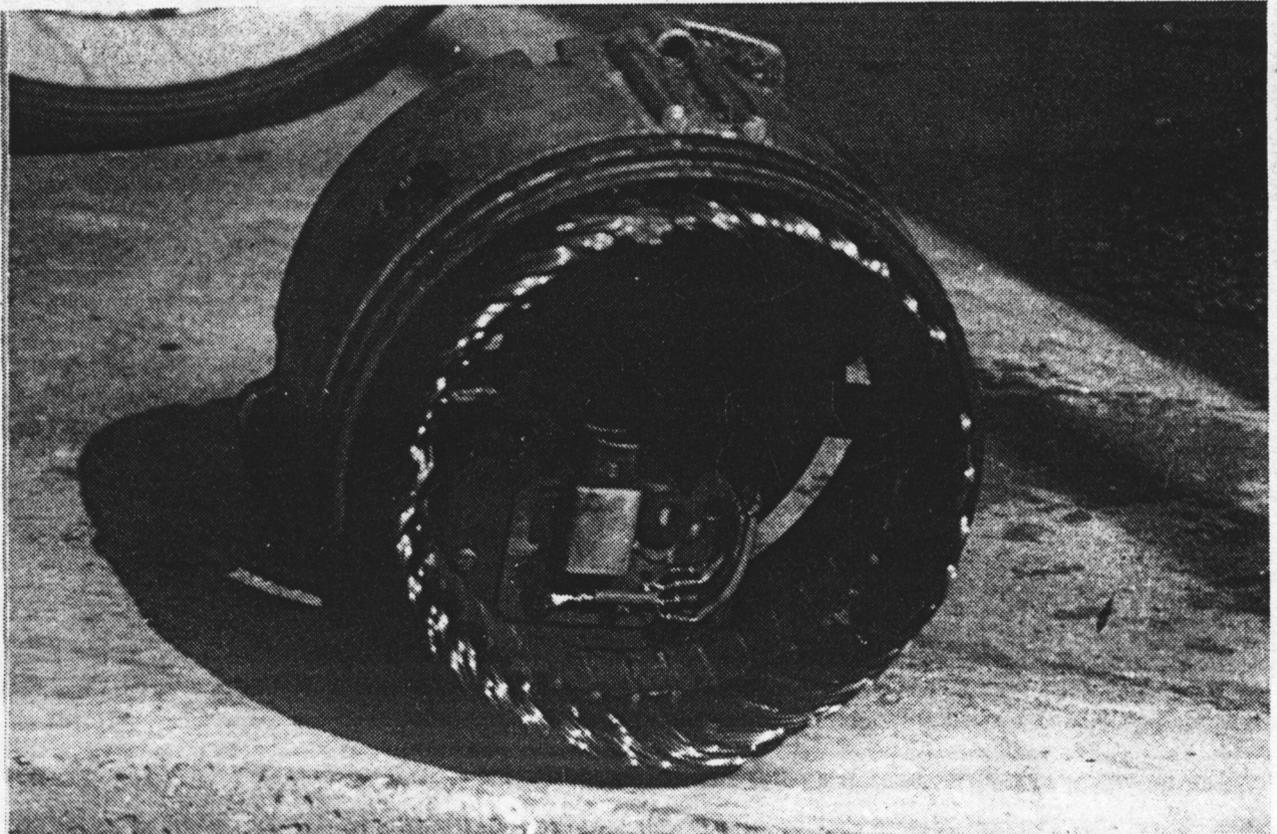
Gebrauch der selbstgebaute Wickelvorrichtung.



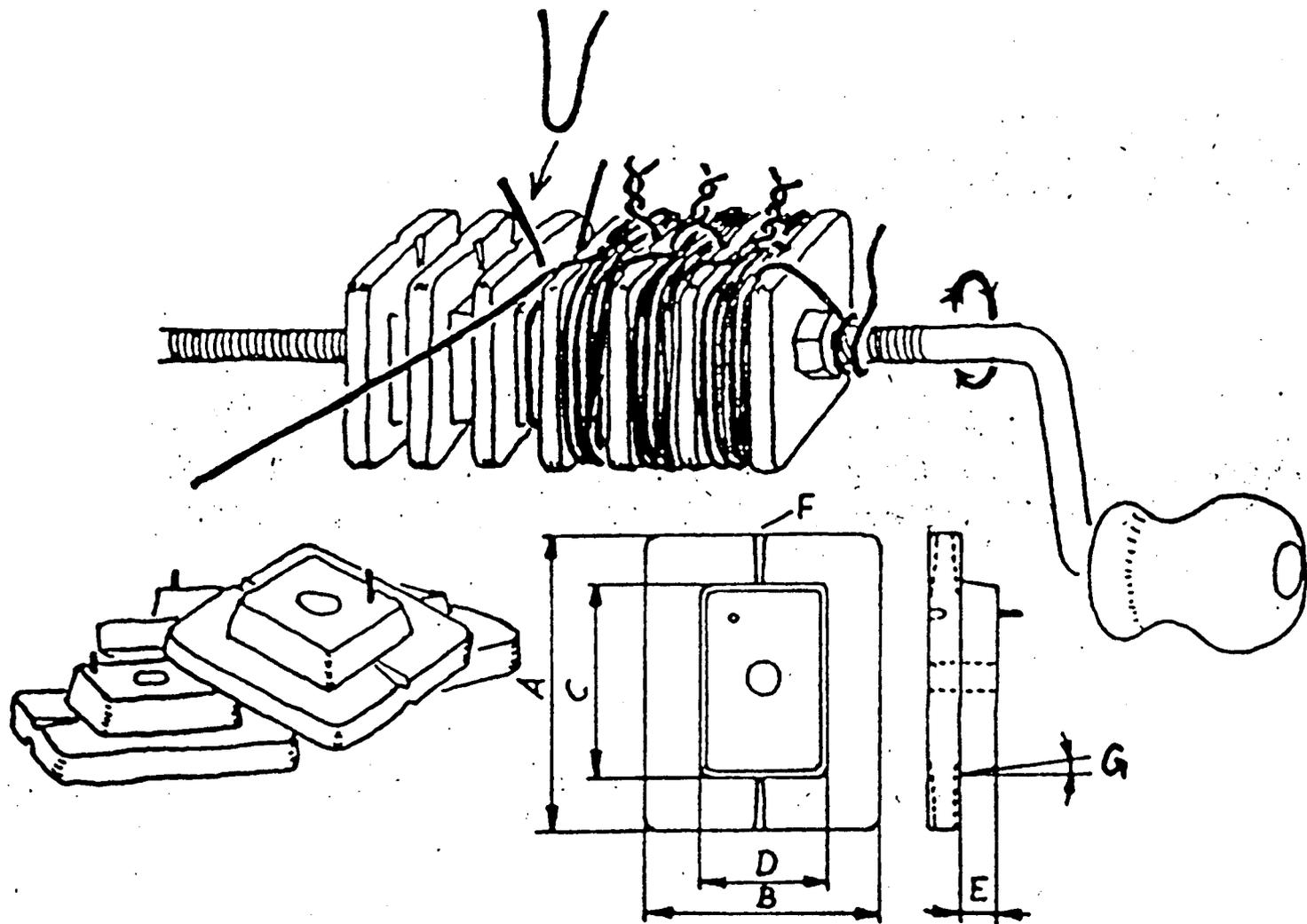
Beim Einlegen der Zopfwicklung. Die 3 ersten Spulen sind nur halb eingelegt, weil je eine Seite der 3 letzten noch darunter kommt. Der Sack schützt die Spulenketten vor Kratzern.



Einlegen der dritten Lage (Spulenkette der 3. Phase) bei der Dreilagengewicklung. Schwierigkeit: Die Wickelköpfe der zweiten Lage versperren die Nuten und müssen gut runtergedrückt werden.

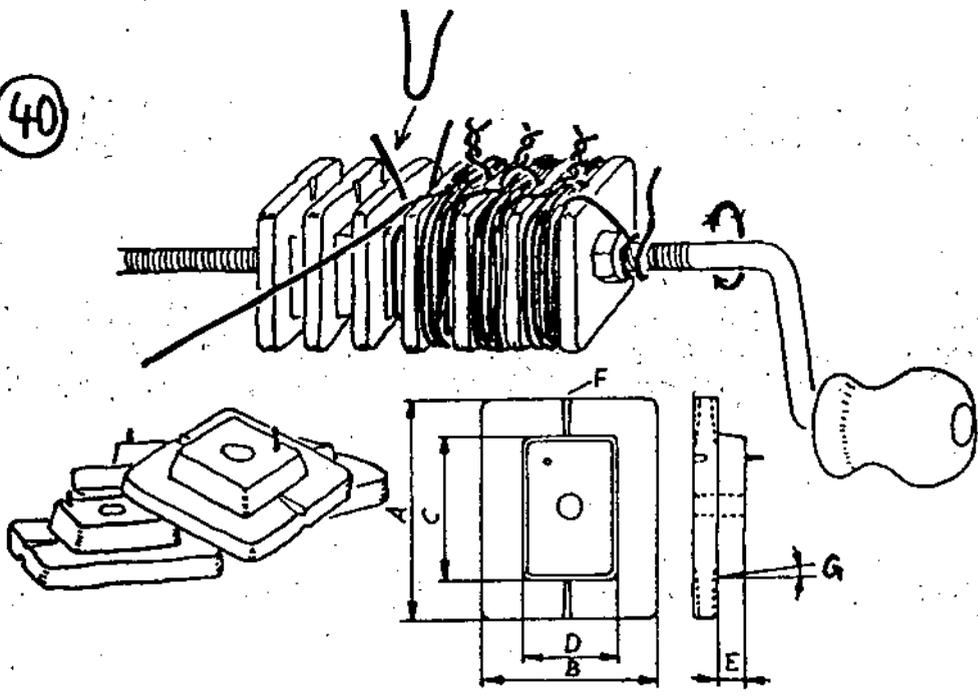


Fertiger Stator in Zopfwicklung im hinteren Gehäuseteil. Rechts unten am Kohlebürstenhalter eine Schottkydiodenbrücke zur Selbsterregung eingebaut. (s. S. 50)



Maße: (in mm.)
 für 35-A-Lima für 55-A-Lima

A	~45	~52
B	~40	~40
C	25	32
D	26	26
E	5	5
F	Kerbe ca $\frac{1}{2}$ mm tief.	
G	ca. $5-10^\circ$	



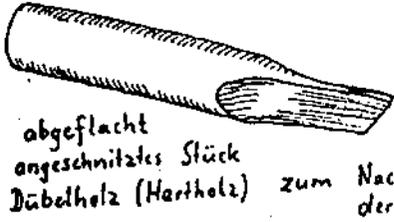
Maße: (in mm.)

	für 35-A-Lima	für 55-A-Lima
A	~45	~52
B	~40	~40
C	25	32
D	26	26
E	5	5
F	Kerbe ca 1/2 mm tief.	
G	ca. 5-10°	

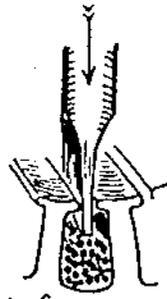
Die Vorrichtung sieht so aus: (Skizze → , Foto Seite 38)
 Die Maße sind auf ± 1mm genau einzuhalten. Wichtig auch die Schräge, damit man die Spulen nachher vom Wickelkörper runterkriegt. Als Material verwende Preßspan, 4-5 mm stark (Obstkistenboden). Sperrholz neigt zum Ausbrechen an den Kanten, woran die Drähte hängenbleiben. Ein Stückchen Draht wird zur Schlaufe gebogen, in die Wickelkammer eingesteckt, die Kammer vollgewickelt und die herausragenden Drahtenden verdreht. Damit die Spulen nachher nicht auseinanderschnappen wie die Feder einer alten Weckeruhr. Wenn alle 12 Kammern der Vorrichtung vollgewickelt sind, wird sie zerlegt und eine Kette von 12 Spulen, ein Strang, ist bereit. Das Ganze dreimal und das Einlegen kann beginnen. Zunächst biege die Spulen so zurecht, daß sie flach auf dem Tisch liegen und abwechselnden Richtungssinn haben.

An welcher der Nuten du mit dem Einlegen beginnst, ist egal. Beachte die Reihenfolge der Stränge, den Wicklungssinn der Spulen und die Weite der Spulen: Innerhalb jeder Spule bleiben 2 Nuten für andere Spulen frei. Du kannst die Stränge mit verschiedenfarbigem Tesaband oder Farbkleckschen kennzeichnen, bevor du durcheinanderkommst. Die ersten drei Spulen werden nur mit der einen Seite tief in die Nuten gesteckt (Unterschicht), die vierte kommt bereits mit der einen Seite unten in die Nut und mit der anderen Seite oben in die Nut (Oberschicht), wo unten bereits die erste Spule vom selben Strang ist. Alle ersten drei Spulen gleicher Richtungssinn. (Skizze Seite). Lederstück, Hartholzstab, Drückklotz erleichtern die Arbeit (Skizze Seite 41).

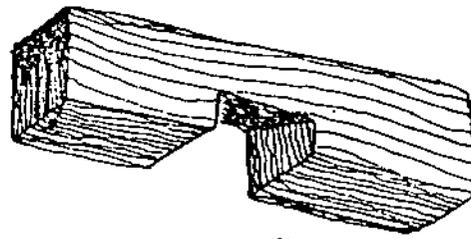
Sobald eine Nut mit Unterschicht und Oberschicht gefüllt ist, wird sie mit einem passenden kleinen Holzkeil vorsichtig verschlossen (halbiertes 3mm-Dübelholz oder passende Schaschlikspieße). Sie sollten nicht in den Innenraum des Blechpakets hineinragen, sonst kommen sie ans Polrad.



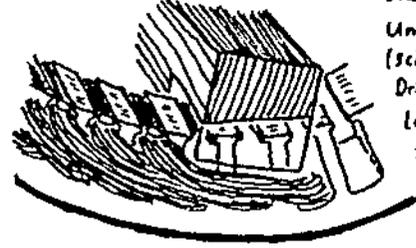
abgeflacht
angeschnittenes Stück
Dübelholz (Hartholz)



zum Nachstopfen
der Drähte.



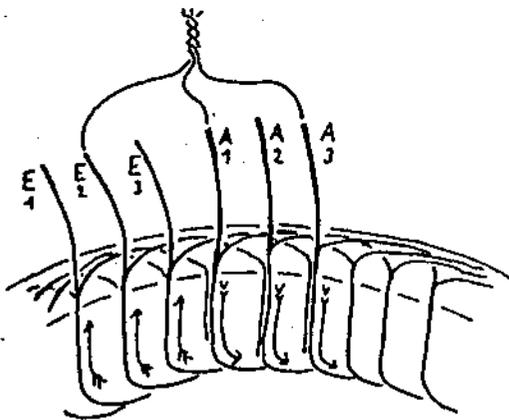
Stück Hartholzleiste,
ca. 2x2 cm stark,
mit Aussparung ca.
5 mm breiter als das
Statorblechpaket.



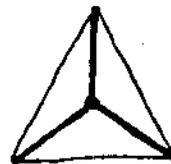
Um die Wickelköpfe
(seitlich vorstehende
Drähte) einer einzeln
legen Spule flach
zu drücken, damit
die nächste Platz hat.

Da werden die Spulen schön der Reihe nach in die Nuten gelegt, eine vom ersten Strang, dann eine vom zweiten Strang, eine vom dritten, und wieder eine vom ersten... Die Spulen verteilen sich ohne sich zu behindern, und die fertige Wicklung sieht sauber und feierlich aus wie ein Begräbniskranz. Man erreicht bestmögliche Füllung der Nuten. Die fertige Wicklung hat 6 Anschlüsse.

Die drei Stränge werden nun im Stern zusammengeschaltet, der Sternpunkt bleibt "frei hängen", wird also nirgendwo elektrisch angeschlossen. Aufpassen! Bei einer fertig eingelegten Wicklung kann man versehentlich einen Strang verkehrtrum anschließen. Das Zeigerbild der Spannungen gibt dann keinen Stern, sondern einen Stern mit einem spiegelverkehrten Bein. Ergebnis: hohe Verluste, ganz mieser Wirkungsgrad. (Skizze)



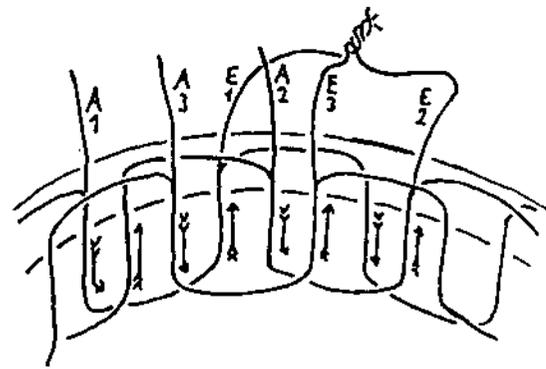
Schleifenwicklung, Sternpunkt richtig verbunden.



Stern richtig.



Stern falsch.



Wellenwicklung, Sternpunkt richtig verbunden.

Die richtigen Drähte zum Sternpunkt zusammenfassen, sauber verlöten und mit einem Stück Isolierschlauch isolieren. (Skizze)

Die drei übrigen Anschlüsse kommen später an die Diodenplatte. Wer die Lima mehrfach demontieren oder umbauen will, sollte sie kurz abschneiden, ein Stück flexible Litze anlöten, mit Schlauch isolieren.

Die Wicklung wird kräftig mit Zwirn abgebunden, wobei man noch vorsichtig biegen kann, daß sie nirgends in den Innenbereich ragt, wo das Polrad läuft, aber auch nicht ans Gehäuse stößt. Die Wicklung ist fertig zum Prüfen und Tränken.

8. Prüfen der umgewickelten Lichtmaschine

Prüfe den neu bewickelten Anker, bevor die Wicklung getränkt wird, aber nachdem sie passend hingebogen wurde, daß sie auch ins Gehäuse paßt.

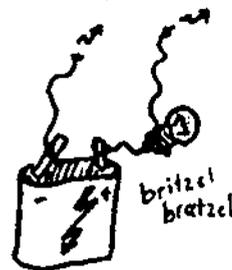
Die Wicklung könnte verschiedene Fehler haben, die zu peinlichen Überraschungen führen, wenn sie nicht gleich behoben werden, und zwar:

1. Schluß zwischen den Strängen, 2. Masseschluß, 3. Windungsschluß

1. Wir haben drei Wicklungsstränge gewickelt, die um jeweils 2 Nuten gegeneinander versetzt im Anker liegen. Wenn sich das Polrad im Anker dreht, entsteht in jedem Strang eine Wechselspannung, aber zeitlich versetzt, denn das Magnetfeld des Polrads erreicht die Wicklungen zeitlich nacheinander.

Angenommen, die Stränge hätten irgendwo (außer am Sternpunkt natürlich) Kontakt zueinander: Wenn die Spannung im einen Strang den \oplus Höchstwert hat, ist sie im anderen gerade stark negativ, und so würde der Strom immer vom einen in den anderen Strang fließen und die Lima erwärmen. Das darf nicht sein. Prüfung: Der Sternpunkt ist noch nicht verbunden, von keinem Strang darf Strom zum anderen fließen, man teste mit Taschenlampenbatterie und Birne. Schließt

man 2 Drahte an, die nicht Anfang und Ende desselben Stranges sind und die Birne brennt trotzdem, liegt eine Verbindung zwischen den Strängen vor. Der Fehler tritt dann auf, wenn man die Wicklungen an ihren Kreuzungspunkten zu kräftig geknautscht hat, besonders dann, wenn die Lackschicht auf dem Draht schon beschädigt war.



2. Masseschluß: Wenn eine oder mehrere Stellen des Wickeldrahtes blankgekratzt sind und den Eisenkern berühren (der über das Lima-Genäuse mit \ominus verbunden ist) gibt das einen bösen Kurzschluß. Prüfung: alle anfangs der Spulen werden zusammengelötet und bilden den Sternpunkt. Schalte Batterie und Birne zwischen irgendeinen anschluß und den Anker-Eisenkern. Brennt die Birne, liegt ein Masseschluß vor.

Erfahrungsgemäß kommt der Masseschluß besonders dann vor, wenn die Nutenisolierung nicht richtig ausgebessert war und der Draht zu scharf um die Kante gebogen wurde.

Diese beiden Fehler lassen sich manchmal beheben: Suche den Anker nach verdächtigen Stellen ab: Beschädigter Lacküberzug am Draht, beschädigte Isolierung der Nuten (besonders an den Ecken der Pole). Ist die Berührungsstelle sichtbar, biege die sich berührenden Teile auseinander, isoliere sie zB. mit Lack, Plastikfolie, Papier. Erlischt die Lampe, ist der Schluß behoben. Wenn die Stelle nicht sichtbar ist, wackele, biege und drücke an allen verdächtigen Stellen, in der Hoffnung, am flackern der Prüflampe den Fehler zu erkennen. Hilft das alles nichts, muß man wieder abwickeln.

3. Windungsschluß (oder unterschiedliche Windungszahl der Stränge, beim Wickeln verzählt)

Der seltenste Fehler, aber auch nicht leicht aufzuspüren. Wird beim Wickeln der Draht beschädigt, kann es passieren, daß einzelne Windungen ein und desselben Stranges kurzgeschlossen sind; zB. sind dann nur noch 35 Windungen wirksam und die 36te ist kurzgeschlossen. In schlimmeren Fällen sogar mehr, höchstens natürlich der ganze Strang.

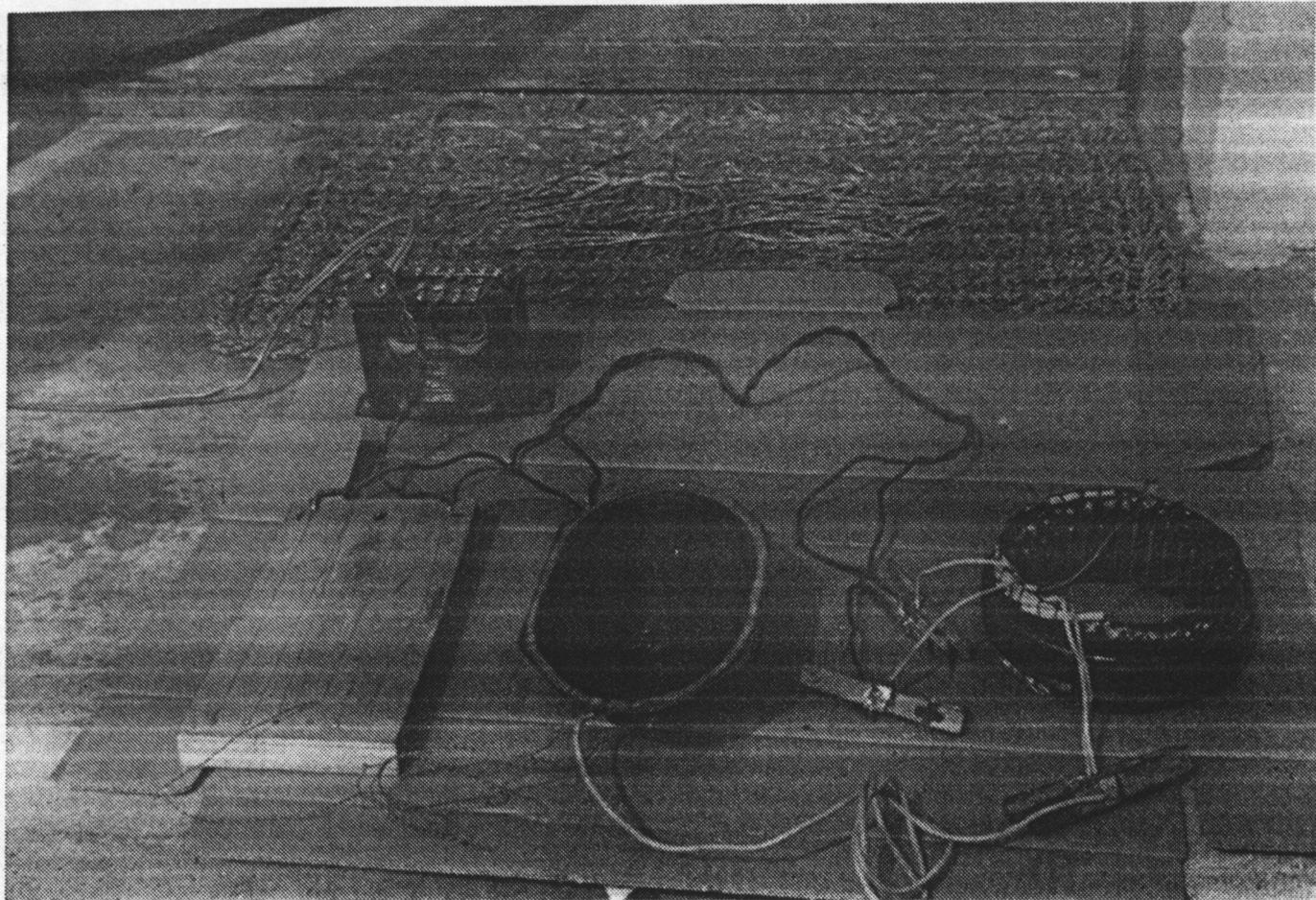
Im Strang mit Kurzschluß entsteht weniger Spannung als in den beiden anderen, die Wicklung ist dann unsymmetrisch, was Verluste mit sich bringt. Außerdem fließt in der kurzgeschlossenen Windung ein starker Strom, der ebenfalls Verluste verursacht. In schlimmeren Fällen wird die Lima warm, ist schwergängig im Leerlauf und gibt nicht die Leistung ab, die sie soll.

Der Windungsschluß kommt dann vor, wenn beim Einlegen des Drahts dieser an den scharfen Ecken der Nuten entlanggeratscht wird und nicht vorsichtig in die Mitte der Nut eingelegt und dann zur Seite gedrückt wird.

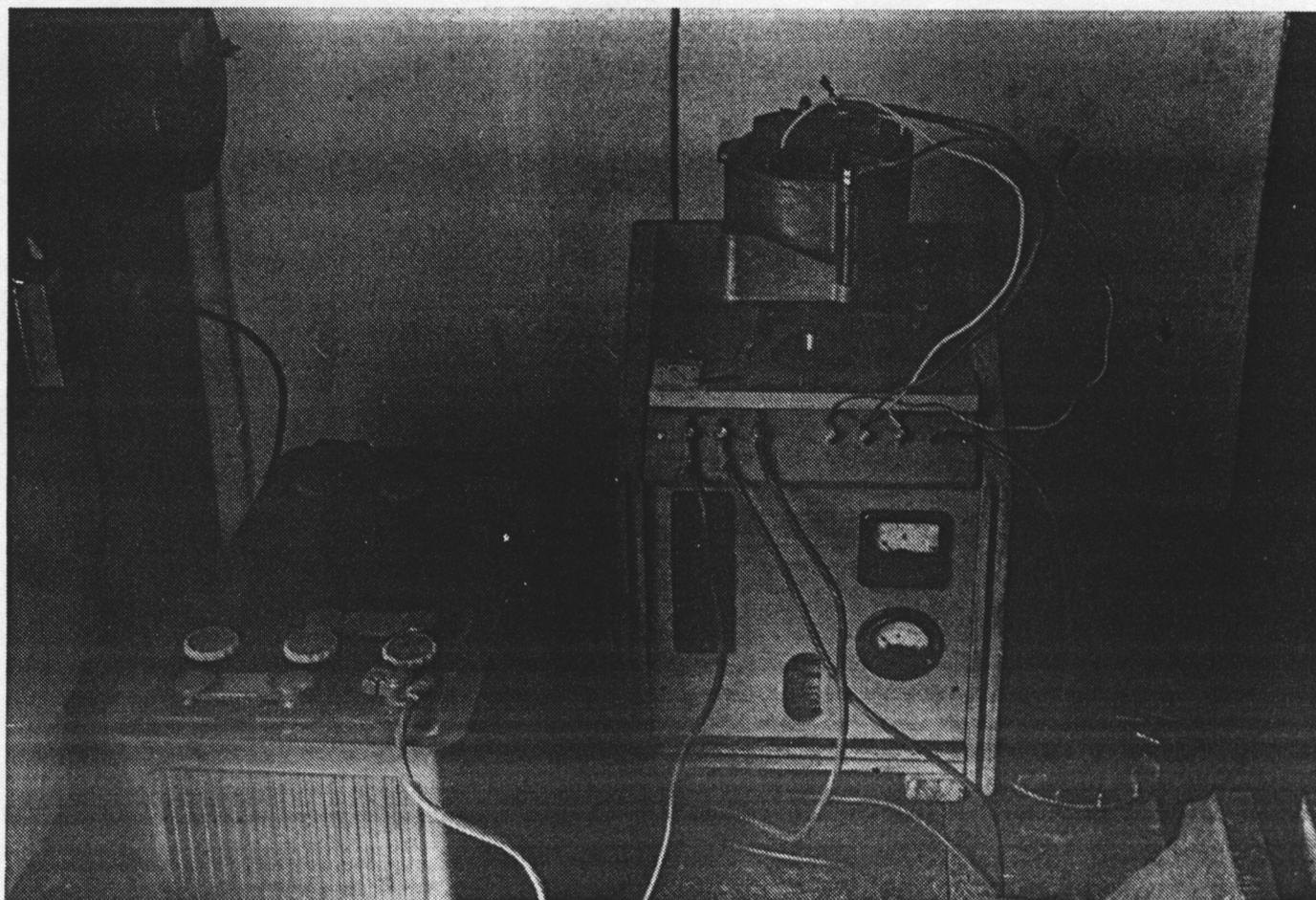
Prüfung:

Etwas schwieriger, aber mit Pfiff recht exakt möglich: Wir messen den unterschiedlichen Widerstand der Stränge, und zwar mit Wechselstrom. Da der Wechselstromwiderstand sich aus dem relativ hohen induktiven Anteil (von Windungszahl, Abmessungen, Eisenkern abhängig) und dem vergleichsweise niedrigen ohmschen Anteil (von Drahtlänge und Durchmesser abhängig) zusammensetzt, ist es möglich, die kurzgeschlossene Windung aufzuspüren, ohne daß die unterschiedliche Länge des verwickelten Drahtes die Messung unmöglich macht.

Das Verfahren näher erläutert: In einer Wheatstoneschen Brücke wird der Wechselstromwiderstand zweier Wicklungsstränge verglichen. Ist er in beiden Strängen gleich (bei Fehlerfreiheit)



Windungsschluß - Prüfgerät



Prüfstand mit Drehzahl-Stroboskop, Drehmomentwaage, Ampèremetern.

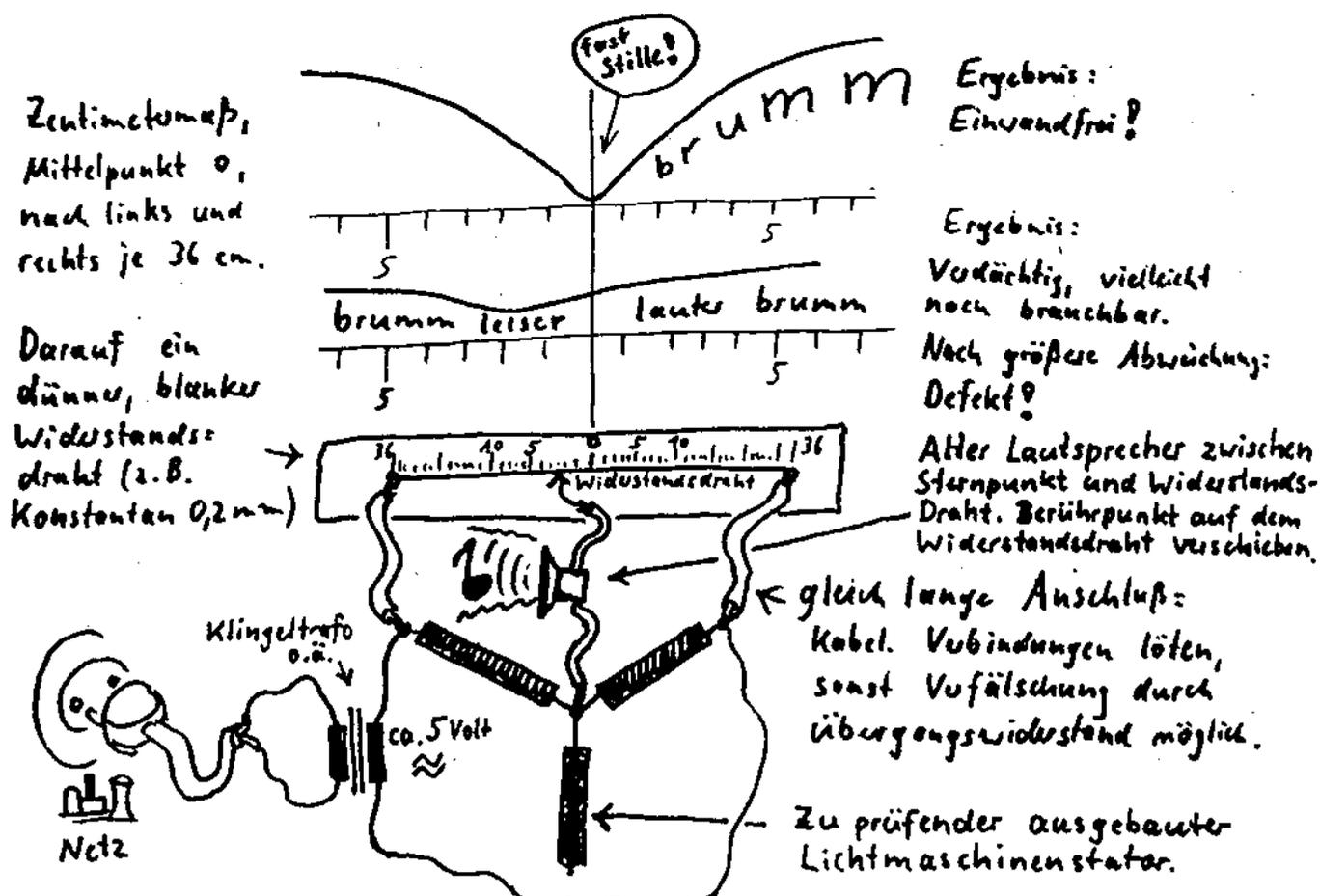
dann fließt kein Strom durch den Lautsprecher, wenn er genau in der Mitte des Widerstandsdrahtes angeschlossen ist.

Sind die Stränge unsymmetrisch, verschiebt sich das Minimum des Brummtons nach links oder rechts. Und zwar zur Seite des defekten Stranges hin. Windungsschluss verschiebt und vergrößert das Minimum der Lautstärke; fehlende Windungen verschieben mehr den Minimumpunkt, ohne die minimale Lautstärke zu erhöhen.

Je 0,8 bis 1cm Verschiebung auf dem Prüfdraht bedeuten eine Windung zuwenig oder kurzgeschlossen.

Wenn sich herausstellt, daß einem Strang zB 3 Windungen fehlen, wickele provisorisch noch 3 Windungen hinzu. Ist das Ergebnis einwandfrei, so fehlten tatsächlich 3 Windungen (verzählt) und es lag kein Kurzschluß vor. Ist die Abweichung immer noch größer als ca. 2 cm, liegt doch ein Windungsschluß vor.

Die Messung wird dreimal ausgeführt, mit je zwei Strängen. Das Meßverfahren versagt, wenn in allen drei Strängen genau derselbe Fehler vorliegt, doch das ist unwahrscheinlich.



Um auszuschließen, daß die Prüf-o-matic unsymmetrisch ist und Windungsschlüsse vortauscht, kann man vorher mit einem garantiert heißen Anker testen. (Bei ungleich groß gewickelten Strängen können Verschiebungen bis 2cm möglich sein, durch unterschiedliche Drahtlänge. Hier wird die Messung unsicher, man teste die Lima auf einem Prüfstand oder probiere sie am Windrad aus.)

Am besten ist natürlich ein richtiger Prüfstand. Unser selbstgebauter: Eine starke Gleichstromlima, als Motor geschaltet, treibt die zu prüfende Lima. Diese speist zurück in die Batterie, von der der Motor Strom kriegt. So wird die Lima unter realistischen Bedingungen, eben beim Batterieladen, getestet. Wir messen Drehzahl, Drehmoment, Strom und Spannung und können daraus interessante Daten, zB. Wirkungsgrade, errechnen. Es zeigen sich zB. folgende Eigenschaften verschiedener Limas:

Wechselstromlimas, gut für windschwache Gebiete, wenig Feldstrom, daher schon bei wenig mech. Antriebsenergie ladend, aber geringe Höchstleistung

Ducellier 22/30 A original:	Feldstrom	1,6 A,	mittl. Wirkungsgrad ca. 38%				
Drehzahl	U/min:	900	950	1000	1150	1250	
Drehmoment	kpcm :	7	8	10	12	13	
Ladestrom	A :	0,5	1,5	3	5	7	

umgewickelt je 40 Wl/Spule 2x0,63 Ø, einfache Wicklung, Si-Brückengleichr.	U/min:	330	420	500	600	750	900	1100
mittl. Wg. ca 44%	kpcm :	10	12	14	17	17	16	16
	A :	1	2	3	4	5	5,5	6

Drehstromlimas, mehr Feldstrom, Ladebeginn erst bei ca. 4 m/sek. Windgeschwindigkeit möglich, aber größere Höchstleistungen je nach Wicklungsart

Bosch 35 A original:	Feldstrom	2,5 A					
	U/min:		850	900	1000	1100	1200
mittl. Wg. ca 40%	kpcm :		6	9	13	17	22
	A :ß		0,5	2	5	7	10,5

Bosch 35 A umgewickelt, Wellenwicklung von Hand einzeln, 36 Wl/Strang 0,8Ø	U/min:	375	440	520	630	750	900	1100
mittl. Wg. ca 35%	kpcm :	14	19	24	28	30	30	30
	A :	1	2,5	4	5,5	6,5	8	9

Bosch 35 A umgewickelt, Zopfwicklung je 17 Wl/Spule 2 x 0,63 Ø	U/min:	330	400	550	630	700	800	1000
mittl. Wg. ca 42%	kpcm :	8	13	23	27	30	32	35
	A :	0,5	1,5	5	6,5	7,5	9,5	11,5

für windstärkere Gebiete 55-A-Limas, höherer Feldstrom, höhere Leistung

Bosch 55 A umgewickelt, Zopfwicklung je 12 Wl/Spule 4 x 0,5 Ø, Feld 3,2 A	U/min:	370	420	545	600	750	850	Höchst-
mittl. Wg. ca 39%	kpcm :	12	19	32	38	48	50	leistung
	A :	0,5	2	6	8,5	12	15	höher

Weniger Windungen, dickerer Draht bringt höhere Drehzahl, mehr Leistung

Bosch 55 A umgewickelt, Zopfwicklung je 10 Wl/Spule 2 x 0,63 + 2 x 0,5 Ø	U/min:	420	500	600	700	850	1400
mittl. Wg. ca 41%	kpcm :	13	24	35	45	50	?
	A :	1	4	8	13	18	25

Die umgewickelten Limas haben einen weit weniger ruckartigen Ladebeginn als originale und bleiben noch weit unter der Ladebeginnndrehzahl erregt.

Sehr wichtig: das Tränken der fertigen Wicklung. Geschieht dies nicht, vibrieren die Drähte im Magnetfeld und scheuern aneinander, die Isolierung ist dann bald hin und der Windungsschluß vorprogrammiert. Schellack ist nicht wasserfest. Polyesterharz wird rissig und spröde. Die Wicklung einige Stunden in Bootslack legen und dann lange trocknen lassen gibt eine durchaus brauchbare Imprägnierung. Am besten gib den Stator in eine Ankerwicklei zum Tränken mit dem dort bewährten Harz.

9. Elektrische Beschaltung

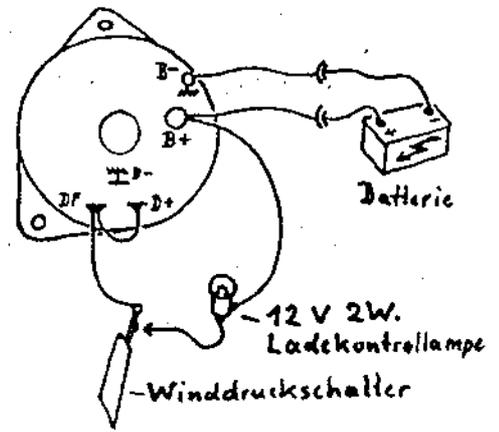
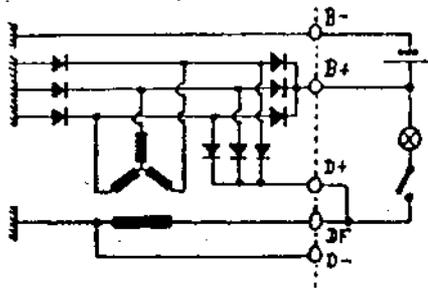
(47)

Der Lichtmaschinenregler im Auto schaltet die Feldspule der Lima über die Ladekontrollampe an ⊕ der Batterie, sobald man die Zündung einschaltet. Dadurch wird das Polrad etwas magnetisch. Lauft nun der Motor und die Lima wird angetrieben, reicht diese Vor-Magnetisierung zur Selbsterregung aus: Die erzeugte Spannung wird von „L“ gleich wieder auf die Feldspule „DF“ gegeben, dadurch erhöht sich die erzeugte Spannung, dadurch wird der Feldstrom größer.... Die Spannung würde recht hoch steigen, doch nun unterbricht der Regler den Feldstrom, wenn die Spannung groß genug ist, schaltet sie wieder ein, wenn zu klein usw. Das nennt man einen Zweipunktregler. Das Ein- und Ausschalten wiederholt sich schnell, oft zig mal pro Sekunde. Um die Batterie richtig zu laden, den Verbrauchern die richtige Spannung zu liefern, regelt der Lichtmaschinenregler auf konstante Spannung von ganz bestimmter "Härte". Das ist für Windradzwecke völlig fehl am Platze. Hier wird nämlich gewünscht, daß Repeller und Generator besonders gut zusammenpassen, denn nur wenn der Generator genau das richtige Drehmoment "fordert", stimmen die Strömungsverhältnisse am Repeller und es kann die maximal mögliche Leistung gewonnen werden [62 63 66].
Zum Glück ist die Lima ganz ohne Regler recht gut an den Repeller angepaßt, wenn sie wie folgt als Nebenschlußmaschine beschaltet wird.

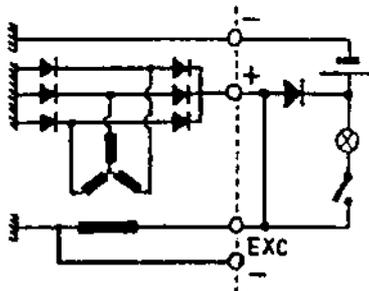
Das Prinzip der Vor-Erregung sollte klar sein, bevor du zu experimentieren anfängst. Ohne den kleinen Feldstrom durch die Ladekontrollampe reicht der Restmagnetismus des Polrads nicht zur Selbsterregung aus. Das liegt an den Silizium-Dioden, die erst ab einer Spannung von ca. 0.7 V zu leiten beginnen und erst dann die Spannung vom Ständer an das Polrad weitergeben.

Drei Methoden bieten sich an, die Lichtmaschine zu beschalten.
Die erste: Winddruckschalter. (Photo S. 52)

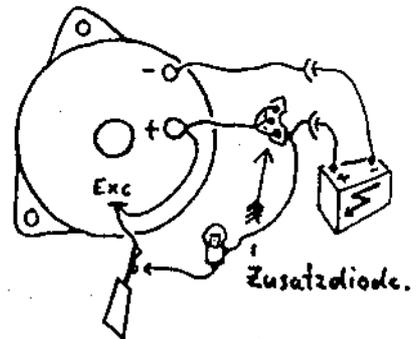
Die Lima wird über eine Ladekontrollampe vorerregt, genau wie beim Auto. Damit sich bei Windstille nicht die Batterie über Lampe und Feldspule entlädt, ist ein Winddruckschalter da, der die Vorerregung erst bei Wind einschaltet. Dafür nehme man eine Sperrholzplatte, selbstverständlich wasserfest, die bei Wind gegen einen Klingelknopf oder besseres gedrückt wird. Ist er im Windschatten des Repellers, spricht er nicht so gut an, wie er sollte, im Prinzip hat sich die Anordnung aber jahrelang bewährt. Schaltung:



Variante für französische Limas, die die extra Feld-Dioden und den Anschluß D+ nicht haben:



Eine Zusatzdiode muß her, z.B. von einer anderen alten Lima die Diodenplatte.

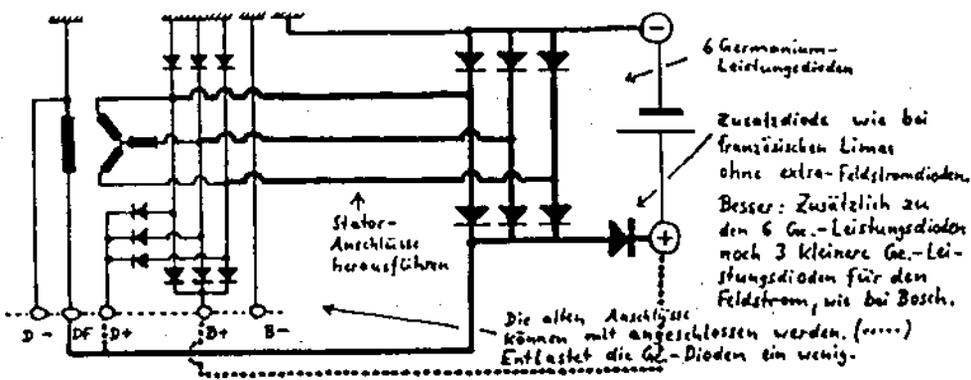


Zweite Methode: andere Dioden.

Die Ständer-Anschlüsse werden herausgeführt und kommen an eine extra-Diodenbrücke aus Germanium-Halbleitern. Germanium hat eine geringere Schwellenspannung von nur ca. 0.4 Volt, weshalb sich die Lima allein durch den Restmagnetismus des Polrads bei einigermaßen niedriger Drehzahl selbst erregt. Die eingebauten Dioden werden nicht mehr benutzt. Die neue Gleichrichterbrücke muß den gesamten von der Lima gelieferten Strom vertragen. Weil vom Ladestrom jetzt auch entsprechend weniger Spannung an den Dioden abfällt, erhält man ca. 5% mehr Ladeleistung. Germanium-Dioden dieser Größe sind selten und schwer zu beschaffen, nimm stattdessen Leistungstransistoren. Basis und Kollektor verbunden, schon wirkt der Transistor als Diode.

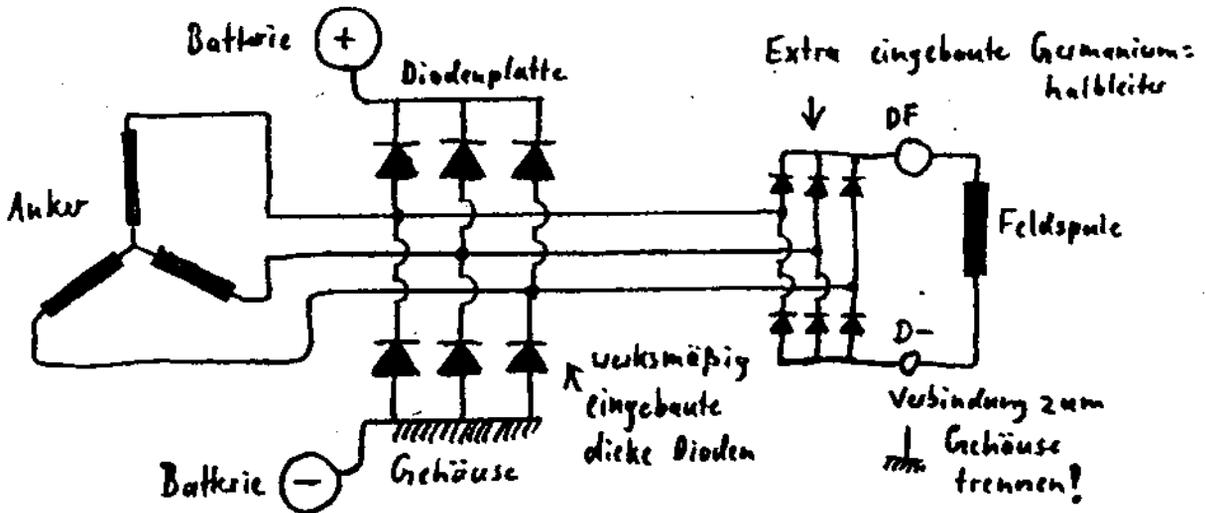
Es haben sich bewährt: AD133, AD161, etc. Alle Transistoren kommen auf Kühlbleche. Da bei diesen der Kollektor am Gehäuse liegt, brauchst du getrennte Kühlbleche oder eins für drei Transis und drei einzelne. Wenn du 3 npn und drei pnp Transis kaufst, brauchst du nur zwei Kühlbleche (wie in der Lima). Insgesamt ca. 600cm² Alublech oder entsprechendes an Kühlkörpern wird empfohlen.

Gut belüftet, aber schattig montieren, denn sie dürfen im Betrieb nicht heiß werden. Anschlüsse gegen Feuchtigkeit schützen, zB mit Silikonpaste versiegeln. Teer geht auch.

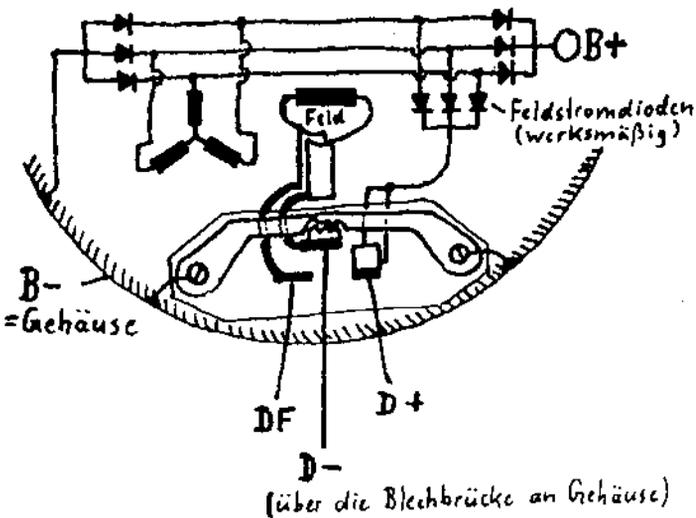


Schaltung zu S.48

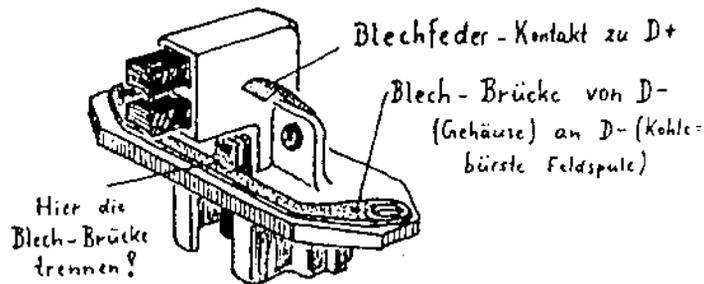
Wer die Verbindung vom Bürstenhalter zum Gehäuse trennt, kann die Feldspule ganz allein aus einer Germanium-Gleichrichterbrücke speisen. Der Ladestrom für die Batterie fließt nach wie vor über die großen eingebauten Silizium-Dioden. Für die Feldspule allein reicht eine Brücke aus kleineren Transistoren, zB AC188 oder ähnlich. Die Feldspule muß unbedingt "in der Luft hängen", darf also nirgendwo sonst angeschlossen sein, sonst fließt über den unteren Teil der neuen Diodenbrücke der größte Teil des Batterieladestroms und zerstört sie. Kühlblech ca. 200cm² Alublech ist angemessen.



Selbsterregungsschaltung mit Germanium- oder Schottkydioden nur für den Feldstrom. Photo S. 52.



Innere Schaltung der Bosch-Lima werksmäßig und notwendige Änderung am Kohlebürstenhalter (neueres Modell).



Seit einiger Zeit sind Schottky-Leistungsdioden im Handel. Eigentlich für andere Zwecke gedacht, haben sie jedoch eine sehr geringe Schwellenspannung und eignen sich noch besser als Germanium-Transistoren für diesen Zweck. Die Lichtmaschine erregt sich sogar unterhalb der Ladebeginn-Drehzahl selbst.

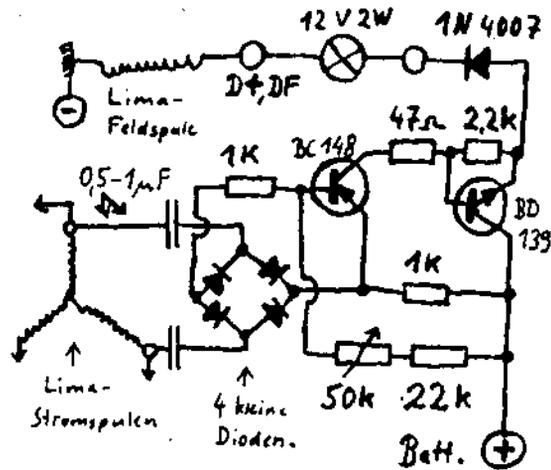
Wer seine extra aufgebaute Gleichrichterbrücke nur für den Feldstrom mit 6 Dioden BY5 26-45 (3 A-Schottky) aufbaut, kann sogar auf das Kühlblech verzichten. Die Diodenbrücke paßt ins Lima-Gehäuse.

Dritte Methode: Selbsterregungshilfe.

Wer Wunsch darauf legt, den Einsatz der Selbsterregung etwas einstellen zu können oder mit Teilen aus der Bastelkiste auskommen will, baut sich eine Selbsterregungshilfe. Sie verstärkt den durch Restmagnetismus in den Ständerspulen erzeugten kleinen Wechselspannungen und gibt bei einem bestimmten Wert die Vorerregung frei, was dann zur Selbsterregung führt. Die Empfindlichkeit kann eingestellt werden. Ruhestromverbrauch vernachlässigbar, kleiner als 1mA.

Elektronische Erregungshilfe.

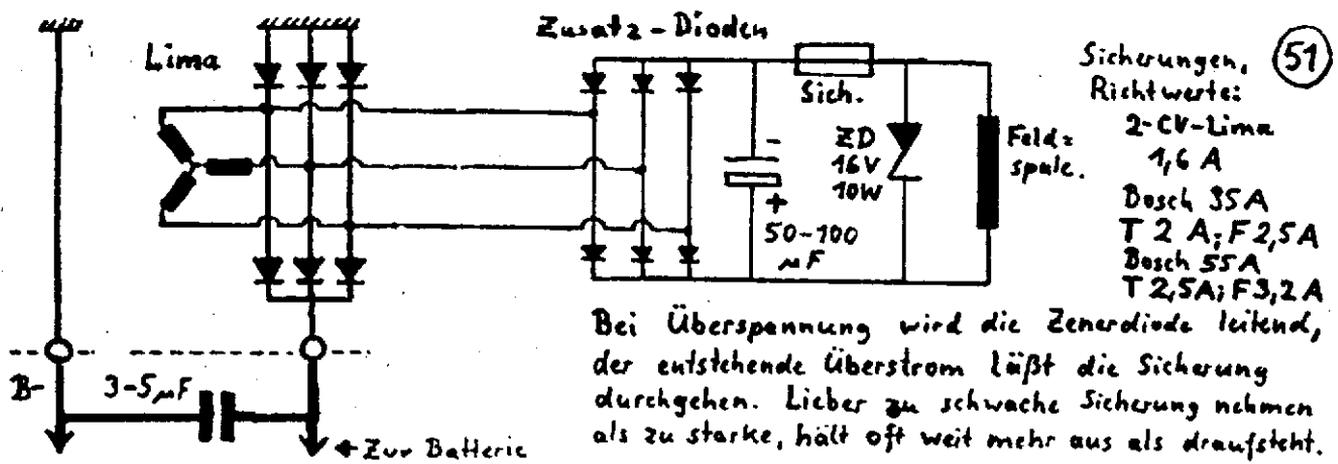
Die kleinen Dioden müssen Germaniumdioden sein.



Schutzschaltungen.

Halbleiter, besonders die nachträglich eingebauten Germanium- oder Schottky-Dioden, vertragen keine Spannungsspitzen. Das passiert, wenn man eine Batterie oder Last zu- oder abschaltet, oder wenn am Schleifring Wackelkontakte sind. Jedesmal, wenn es am Schalter oder Kontakt einen kleinen Funken gibt, entsteht die gefährliche Spannungsspitze. Wir empfehlen einen Block-Kondensator ca. 3 bis 5 uF groß, von B+ an Masse zu legen (Entstörkondensatoren).

Eine für 12V umgewickelte Lima kommt beim Leerlauf bei starkem Wind auf Spannungen von über 24V. Die Dioden oder das Polrad brennen durch. Solch ein Schaden kann durch einen Wackelkontakt schnell entstehen. Daher empfehlen wir folgende Schutzschaltung:



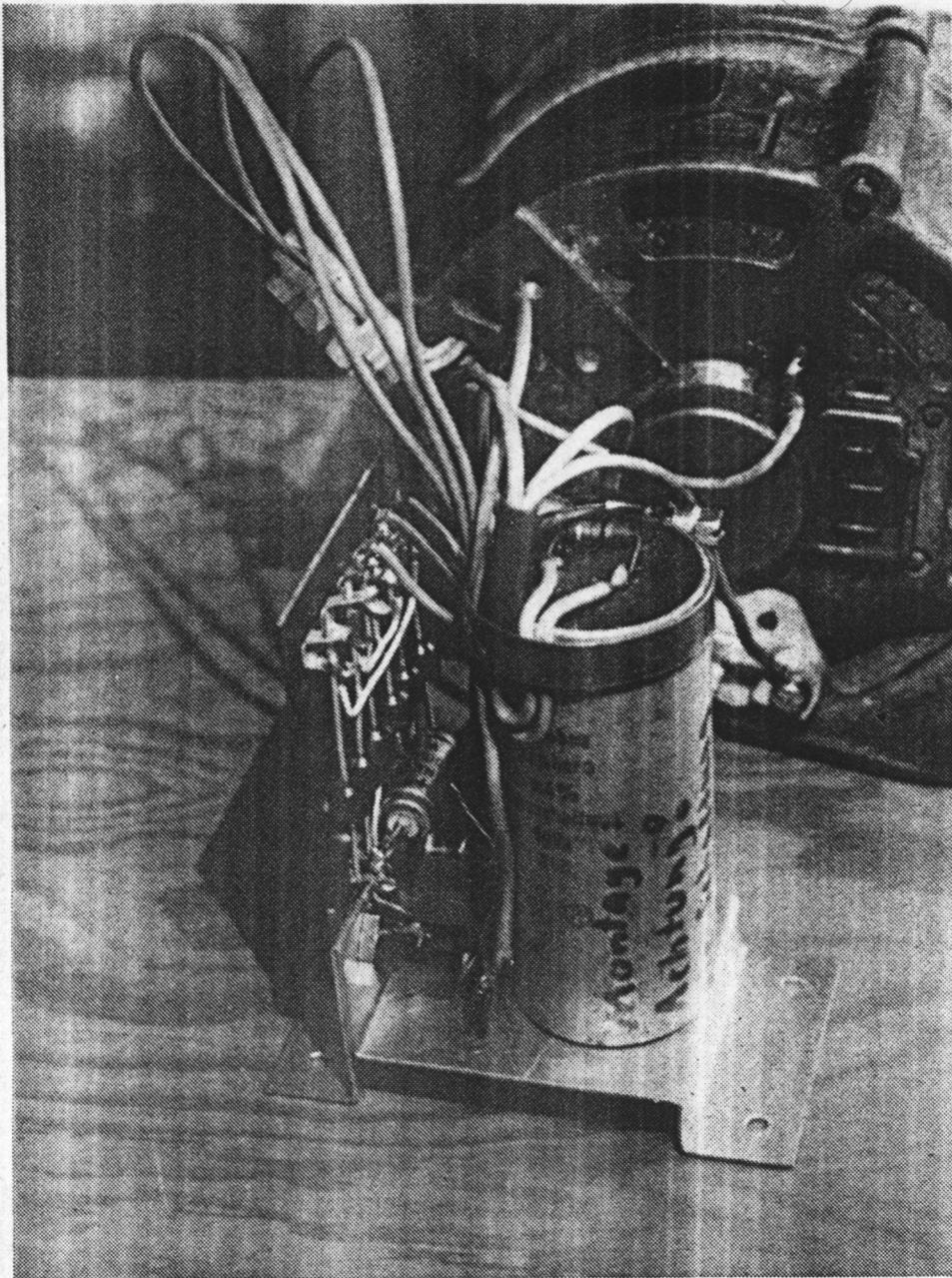
Bei Überspannung wird die Zenerdiode leitend, der entstehende Überstrom läßt die Sicherung durchgehen. Lieber zu schwache Sicherung nehmen als zu starke, hält oft weit mehr aus als draufsteht.

Nun ist das Problem Selbsterregung gelöst. Doch wo ist der Regler geblieben, der ja im Auto stets vorhanden ist? Er ist hier nicht sinnvoll. Wenn die Lima wie hier als Nebenschlußmaschine direkt an die Batterie angeschlossen wird, stimmt die Drehmoment/Drehzahl-Charakteristik bestmöglich mit der des Repellers überein.

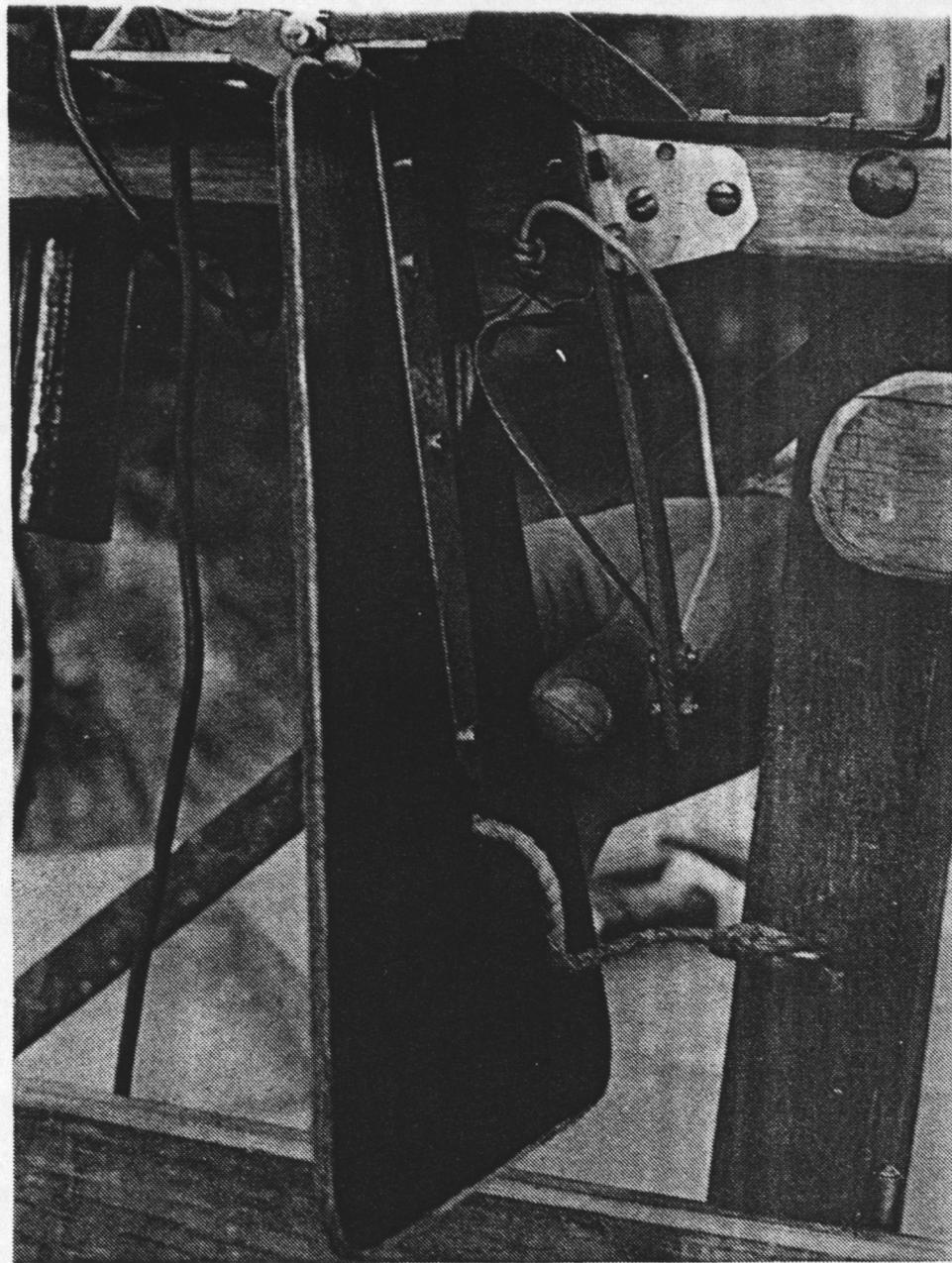
Ein zu hoher Ladestrom, (den der Auto-Limaregler verhindert) ist hier kaum möglich, denn die Lichtmaschine gibt umgewickelt nur ca. 15 A ab, das verträgt aber eine Autobatterie kurzzeitig recht gut. Ein langandauerndes Überladen ist bei den geringen Arbeitserträgen nur dann möglich, wenn monatelang kein Strom verbraucht wird. Hiervor schützt eine dicke 14 V Zenerdiode parallel zur Batterie oder eine Elektronik, die bei einer Batteriespannung von ca. 15V einen Verbraucher einschaltet und ihn bei 13,5 V wieder ausschaltet.

Wichtig ist allerdings, daß mindestens eine Batterie immer angeschlossen ist. Denn ganz ohne Last erregt sich die Lima bei starkem Wind auf über 20 V und das Polrad brennt durch. Für dieses Windrad sind 4 Auto- oder 2 Lastwagenbatterien etwa richtig. Möglichst viel anzuschließen ist sinnlos, denn dann wird der Energieertrag nur noch dafür verbraucht, die Selbstentladung der Batterien auszugleichen. Weniger ist schlecht, weil dann eine mehrtägige Sturmperiode gar nicht voll ausgenutzt werden kann, weil schon am ersten Tag die Batterie voll ist. In windschwachen Gebieten sind weniger, in sehr günstigen Gegenden ein paar mehr Batterien empfehlenswert. Schaltet man mehrere Batterien parallel, sollten sie durch Dioden getrennt werden, damit sie sich nicht gegenseitig entladen, wenn die eine etwas schlechter als die andere ist. Wer keine Leitung* legen mag, muß die Batterien zum Windrad tragen und geladen wieder zum Verbrauchsort schleppen.

* Die Kabel müssen sehr dick gewählt werden, um die Leitungsverluste bei der niedrigen Spannung gering zu halten.

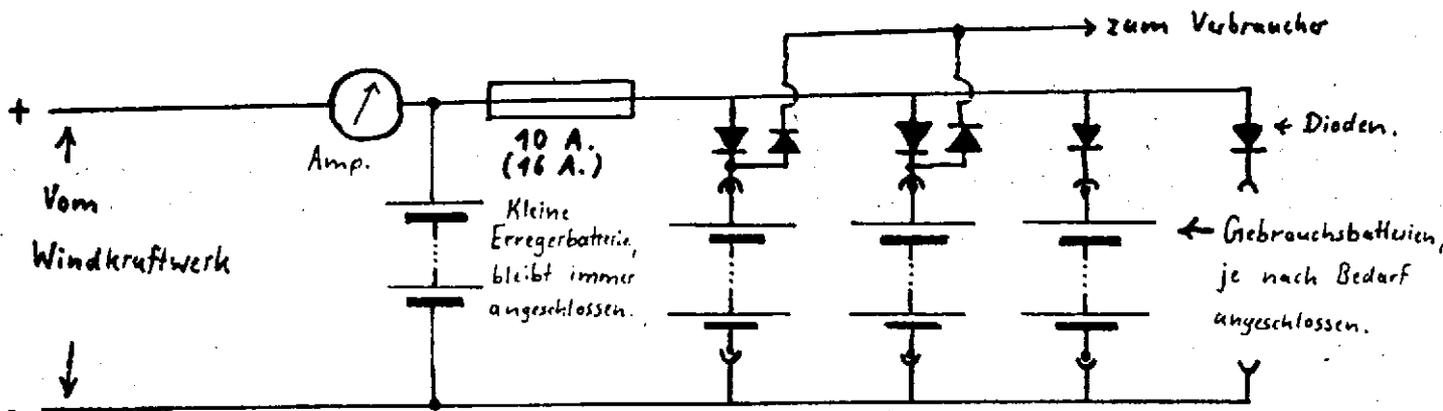


52 Eine Selbsterregungsbrücke mit Schutzschaltung.
Schottky-Dioden nur für den Feldstrom.



Altbewährter Winddruckschalter. Die Kontaktbleche
schleifen aneinander und oxydieren daher nicht sehr.

Mehrere Batterien angeschlossen, durch Dioden getrennt.



Der Nachteil sei nicht verschwiegen. Sowohl beim Laden als auch beim Entladen gehen an der Diode ca. 0.7 bis 1 V verloren. Bei 12 V Batteriespannung verlieren wir 10 bis 20% Energie. Ein mechanischer Trennschalter ohne Ruhestrom ist fein, aber teuer.

Volt- und Amperemeter sind stets nützlich. Eine grobe Ladestromkontrolle baut sich der Bastler mit einem alten Kompaß und ein paar Windungen Draht rum.

Niemals darf eine Batterie stark entladen werden (unter 10,8 V). Dann bildet sich Bleisulfat an den Platten und die Kapazität sinkt ab.

10. Batterien

Für Experimente brauchen wir noch keine neuen und erst recht keine teuren Spezialbatterien. Schon für ca. 5 DM bekommt man auf dem Schrottplatz eine gebrauchte Autobatterie. Besser als Einschmelzen und Neuherstellen ist das unmittelbar-Recycling:

Die besten Batterien vom Schrott aussuchen und wenn möglich aufbessern. Allgemeines.

Eine 12 V -Autobatterie hat 6 Zellen zu ca. 2 Volt.

Voll ist sie bei ca. 14V; leer bei ca. 11 V.

Besser Säureprüfen: voll mit 1.28 g/cm^3 Säuredichte, leer bei 1.20 g/cm^3 . Säureprüfer gibts in jedem Kaufhaus, Autozubehör.

Beurteilung auf dem Schrottplatz:

Bei manchen Batterien ist das Einbaudatum vermerkt. Neue Batterien bevorzugen.

Voll Säure? Batterien, die längere Zeit ohne Säure gestanden haben, sind geschädigt. Eine Zelle leer? Vermutlich defekt.

54 Platten: Plus-Platten schwarzbraun und Minus-Platten dunkelgrau? Gut.
Hellgraue Beläge (Bleisulfat) zeigen Schädigung.

Batterie aufgebläht? Sind die Platten gequollen, ist sie vermutlich schlecht.

Spannung da? Batterie mit dünnem Kabel kurzschließen. Kabel wird sofort heiß oder brennt durch? Gut. Wenn nicht, kann die Batterie immer noch gut, jedoch momentan tiefentladen sein.

Beurteilung zu Hause.

Eine Zelle defekt? Laden. Steigt die Spannung nicht weiter als auf ca. 12 V, ist vermutlich eine Zelle defekt. Test mit starkem Entladestrom. Die defekte Zelle blubbert nicht oder viel schwächer als die anderen.

Säuredichte trotz volladen nicht richtig? Verdächtig. Zunächst weiter prüfen.

Kapazität. Nehmen wir an, da steht 66 Ah drauf. Dann kann die Batterie 66 Stunden lang 1A abgeben. Oder

33 h 2A. Alles in Maßen. Sicherlich nicht

0.5 h 132 A, der Strom ist zu groß. Auch nicht

660 h 0.1 A, da sie sich nach 1000 Stunden bereits

allein tiefentladen hat. Aber häng doch eine ordinäre Autoglühbirne dran und guck auf die Uhr, wie lange die Birne brennt, bis die Spannung auf 10.8 V gesunken ist. Wenn sie 1/2 bis 2/3 ihrer Nennkapazität hat, sollten wir zufrieden sein.

Innenwiderstand? Betreibe sie ein paar Tage lang am Auto eines Freundes. Wenn der Wagen halbwegs anspringt, ist die Batterie für uns noch brauchbar.

Selbstentladung? Volladen, stehenlassen. Ist die Spannung nach drei Wochen auf

13 V sehr gut

12 V gut

11.5 V befriedigend

11 V ausreichend

10.5 V mangelhaft

darunter ungenügend.

Schlechte Batterien zurück auf den Schrott und getauscht. Dort sind so viele, sicher ist bald eine brauchbare oder aufbesserungsfähige Batterie da.

Aufbesserungen.

Ungleiche Zellen egalisieren. Schlechte Zellen einzeln nachladen. Nicht zugänglich? VA-Draht auf die Platten pieken oder ganz weiche Bleistiftminen.

Sulfatiert, geringe Kapazität, graue Beläge auf den Platten? Wochenlang sanft laden, mehrfach Kapazität messen.

Sehr starke Selbstentladung durch Anodenschlamm bis an die Platten? Anodenschlamm ausspülen. Säure in säurefesten Pott.

Mit Wasser Batterie mehrfach ausspülen, Wasser auffangen.
 Abstehen lassen. Braunes Pulver rausfiltern. Das in wertlose
 Schrottbatterie füllen, da giftige Bleiverbindung (Wird beim
 späteren Aufarbeiten der Batterien mit verarbeitet).
 Batterie mit dest. Wasser nachspülen, Säure wieder rein.
 Anschließend prüfen.

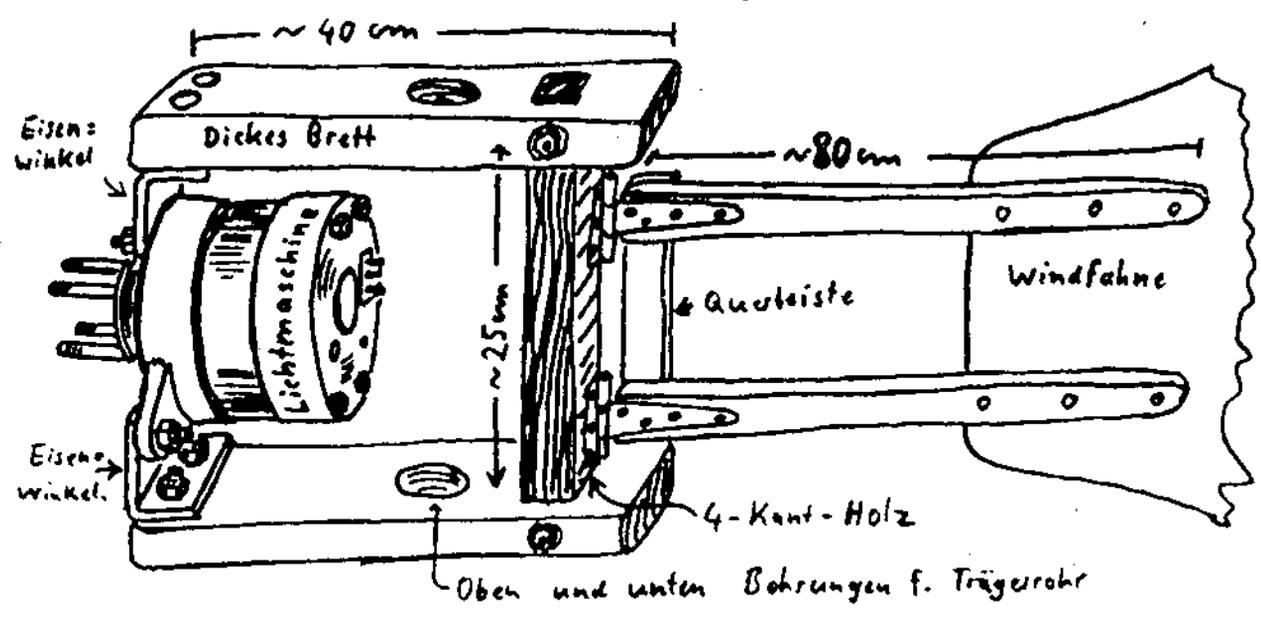
Gute Batterie, auf den Schrott gekommen wegen einer defekten Zelle.
 Zelle unten anbohren, Säure auffangen und in Schrottbatterie zufüllen.
 Gehäuse an der defekten Zelle aufsägen und Platten gründlich ver-
 binden. Nun ists eine gute 10V-Batterie. Das Licht ist dunkler,
 Motore laufen etwas langsamer, Kapazität und Selbstentladung ist
 jedoch oft noch gut.

Vergammelte Anschlüsse? Selbstverständlich gründlich reinigen und
 guten Kontakt herstellen. Jeder Übergangswiderstand schadet.
 Batterieanschlüsse und Umgebung mit Vaseline fetten.

Hinweis: Nickel-Eisen (umweltfreundlich), Nickel-Cadmium -Akkus
 gibts gebraucht von der Bundeswehr, Bundesausschreibungsblatt.
 Z.Zt. auch über die Deutsche Gesellschaft für Windenergie.

11. Was sonst noch dazugehört

Rahmen, Lagerung auf Mastrohr, Schleifringe

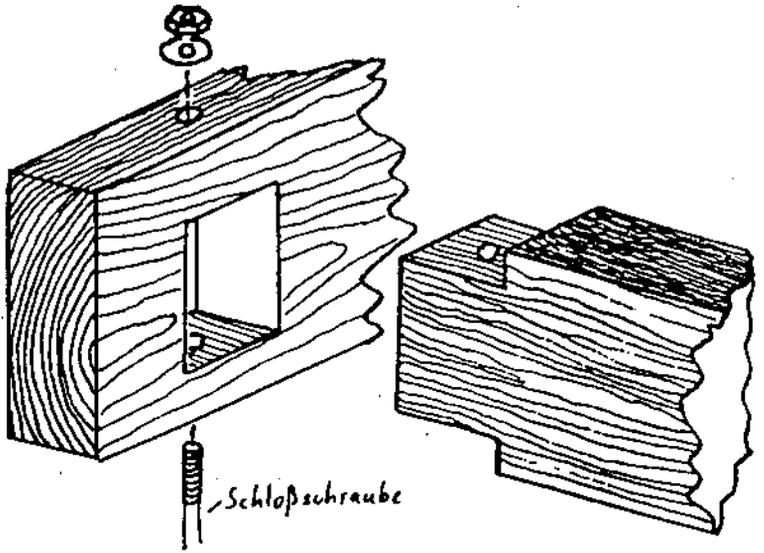


So wird die Lichtmaschine mit Rahmen am Mast gelagert.

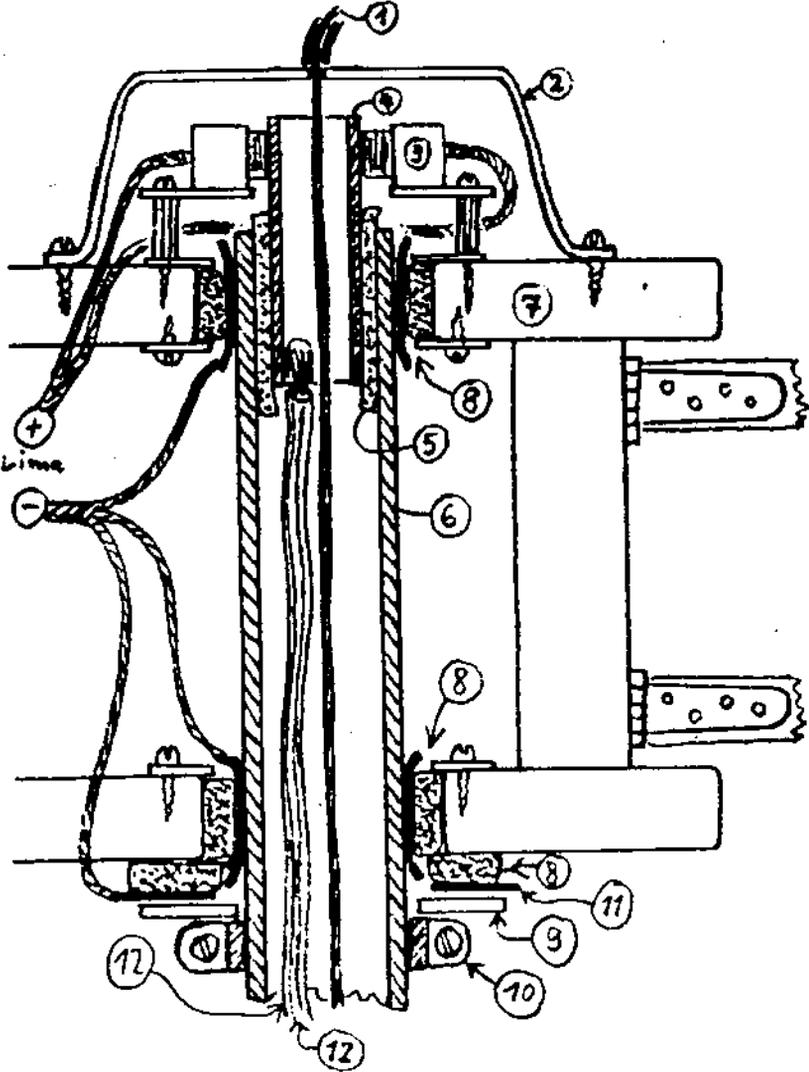
Schraube an die Lichtmaschine zwei Eisenwinkel. Den einen könnt ihr an den Stellen anschrauben, wo die Befestigung im Auto dran war. Für den anderen (er kann schwächer sein) nimm etwas längere Schrauben anstelle derer, die das Gehäuse zusammenhalten.

An die Winkel schraube zwei starke Hartholzbretter, die am anderen Ende durch ein Vierkantholz verbunden sind. Die Holzverbindungen führten wir so aus:

An das Vierkantholz kommen zwei Scharniere und zwei Leisten daran, an denen die Windfahne festgeschraubt wird. Eine Querleiste dient als Verstärkung. Durch den Rahmen gebohrt sind zwei Löcher, durch die das Trägerrohr eben hindurchpaßt. Wie dies im



einzelnen aussieht, zeigt das nächste Bild, (Luxusausführung):



- 1. Bowdenzug zur Steuerfahne
- 2. Eisenbügel, Ansatz für Bowdenzug
- 3. Schleifkontaktring: Blechring mit 2 daran montierten Kohlebürsten aus altem Autoanlasser
- 4. Stück Kupferrohr
- 5. Stück Plastikschlauch
- 6. Trägerrohr, zB. Wasserrohr 1-1/4 Zoll
- 7. Rahmen
- 8. Lagerung mit Gummifederung
- 9. dicker Blechring, Auflage
- 10. stabile Schelle
- 11. Blechring, Gleitlager
- 12. ⊕ Kabel

Als Schleirkontakt gibt es ein besonders praktisches Serien-Schrotteíl: Den Kohlebürstenhalter aus alten auto-anlassern. Es ist ein Blechring mit 4 darauf angebrachten Kohlebürsten, komplett mit Federn und Anschlüssen. Die zwei isolierten Bürsten verwenden wir, um den \oplus anschluss der Lichtmaschine anzuschließen. Die Bürsten schleifen auf einem Stück Kupferrohr passenden Durchmessers, was wir beim Klempner im Schrott finden. Das Kupferrohr steckt in einem Plastikschiauch, dieser im Trägerrohr. So ist das Kupferrohr vom Trägerrohr isoliert. ans Kupferrohr wird das Kabel zum Batterie \oplus Pol gelotet oder geschraubt. Der Batterie- \ominus Pol wird mit dem Trägerrohr verbunden. Die Stromübertragung von dort zum Lichtmaschinengehäuse geschieht über alle Bleche, die am Trägerrohr gleiten.

Wird das Trägerrohr einfach durch die Löcher im Rahmen gesteckt, muß unten an den Rahmen ein Blechring als Gleitlager geschraubt werden. Dieser wird auch mit dem Gehäuse der Lichtmaschine (\ominus Pol) verbunden. Er ruht auf einem zweiten Blechring (einem möglichst dicken), der auf einer stabilen Schelle aufsitzt. Eine Erdungsschelle hat gleich den gewünschten Kabelanschluß. Die Schelle darf nicht nach unten rutschen können, sonst rutscht das ganze Windrad mit runter.

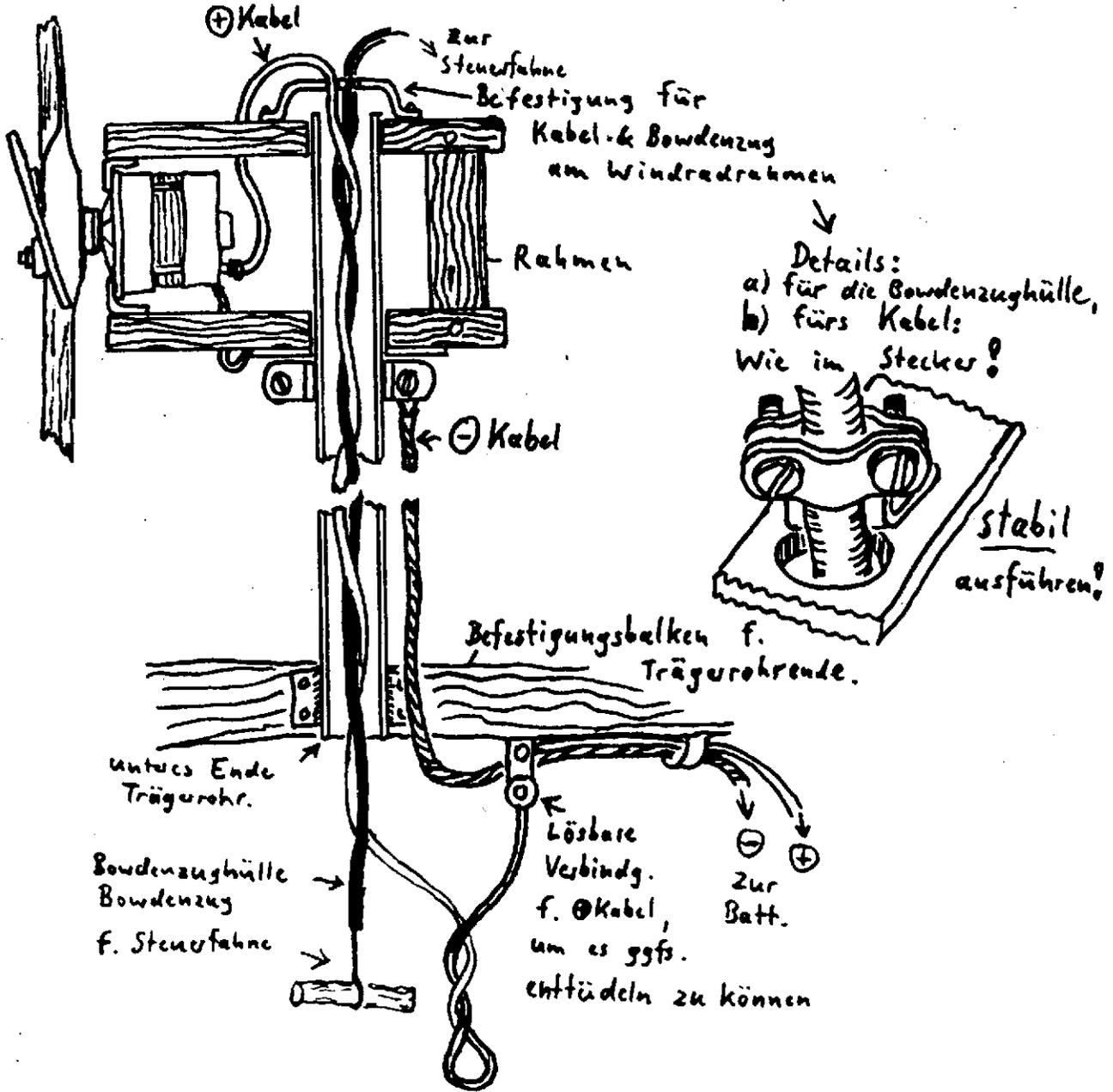
Die Gummizwischenlagen in der vorigen Zeichnung sollen die Geräusche, die am Repeller und der Lima entstehen, vom Dachstuhl des Hauses fernhalten. Damit das Gummi nicht aus den Löchern im Rahmen rutscht, sind kleine, etwas überstehende Blechstücke angeschraubt.

Schneiden dicker Bleche:

Was mit der Blechschere nicht geht, schafft man mit Hammer und scharfem Meißel. Auf einen Eisenklotz oder eine Gehwehplatte ein Stück Abfallblech legen, das zu schneidende Blech drauflegen, Meißel ansetzen und draufhauen. Die Kanten müssen anschließend nachgefeilt werden, sonst schneidet man sich daran.

Soll das windrad ohnehin auf einen Mast kommen und nicht aufs Hausdach, spielt die Übertragung von Erschütterungen auf das Mastrohr keine so grobe Rolle.

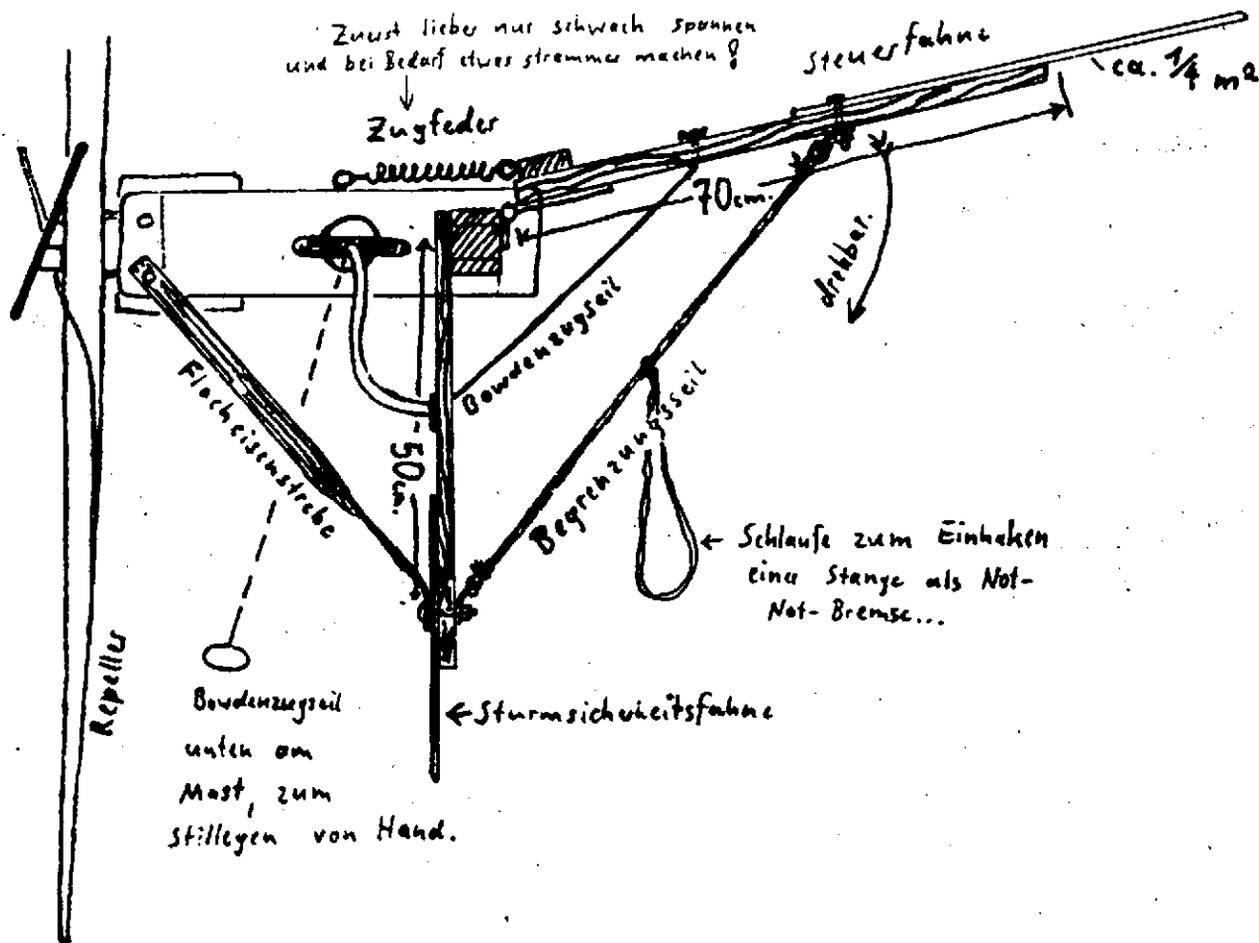
Die Lagerung des Windrades auf dem Trägerrohr kann man auch ohne Gummidämpfer ausführen. Ebenfalls kommt man ohne Schleifkontakt aus, wenn man das Kabel unten aus dem Trägerrohr heraushängen läßt, damit es sich aufdrehen kann, wenn sich das Windrad ums Trägerrohr dreht. In diesem Fall verwende sehr biegsame und dick isolierte Kabel (feine Litze, gummiisoliert) und bringe an gefährlichen Stellen (Ein- und Austritt ins Trägerrohr) Gartenschlauchreste o.ä. zum Schutz an. Da sich außerdem der Bowdenzug ums Kabel wickeln wird, muß er in einer Bowdenzughülle laufen, sonst kann man ja nicht mehr daran ziehen, wenn Kabel und Zugseil umeinander gewickelt sind. Die Zughülle wird jedoch oben am Rahmen geklemmt, um dort die Kraft einzuleiten, siehe Detail.



Und wozu dieser merkwürdige Bowdenzug dient, wird nun klar:

Sturmsicherung, Notbremse

Die Sturmsicherung schwenkt mittels Seitenwindfahne den Rahmen mit Repeller und Lima aus dem Wind. Die Funktion ist sofort einsichtig und das Prinzip an vielen alten Windrädern bewährt.



Die Mitte der Seitenwindfahne liegt 50 cm seitlich, eine Scheibe von 40 cm Durchmesser geht hierfür. Die Steuerfahne ist um die Scharniere drehbar und wird durch die Zugfeder (aus altem Bettgestell) in der gezeichneten Stellung gehalten. Die Steuerfahne muß etwas schräg stehen, um die durch die Sturmsicherheitsfahne entstehende falsche Steuerbewegung auszugleichen. Mit dem Begrenzungseil läßt sich ihre Stellung einstellen. Die Zugfeder ist durch Verstellerschraube oder ein Kettchen, was in einen Haken eingreift, verstellbar. Bei Sturm wird der Winddruck auf die Seitenwindfahne so stark, daß die Zugfeder nachgibt, die Seitenwindfahne sich samt

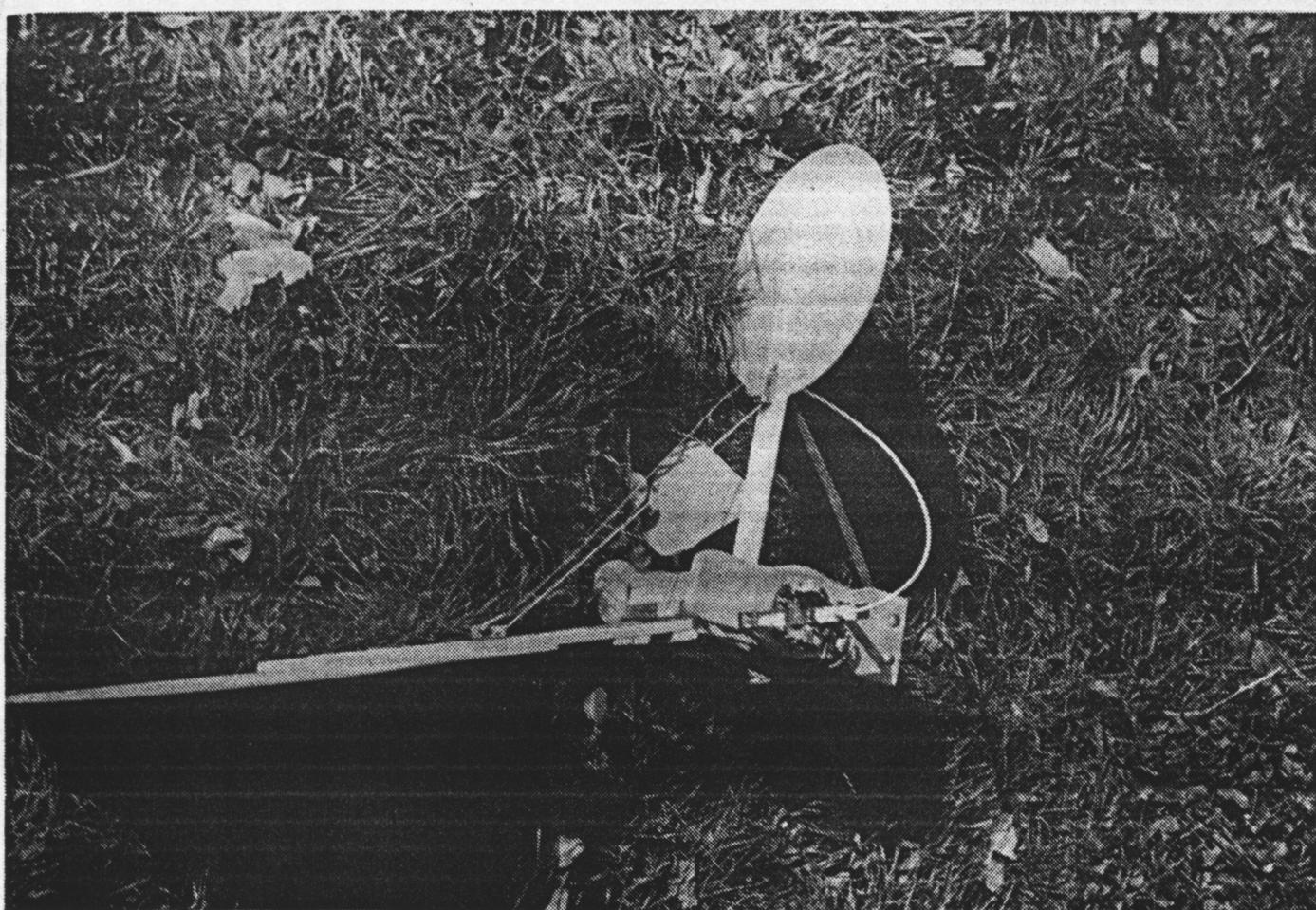
Rahmen nach hinten zur Steuerfahne dreht und den Repeller dadurch aus dem Wind dreht. Das geschieht auch, wenn der Repeller, zB. durch eine elektrische Panne, im Leerlauf läuft und den Wind praktisch ungebremst durchläßt. Dann wird natürlich der Winddruck, der vorher vom Repeller in Leistung verwandelt wurde, die Sicherheitsfahne treffen und das Ausschwenken auslösen. So spricht die Sturmsicherung auch indirekt auf Überdrehzahl an. Darum ist auch die Seitenwindfahne innerhalb des Rotordrehkreises angebracht.

Läuft der Repeller leer, so entzieht er dem Wind nur wenig Leistung und wird recht schnell. Die hohen Drehzahlen können recht gefährlich werden, denn sie verursachen Fliehkräfte, die mit der Drehzahl hoch 2 wachsen und den Repeller zerreißen können. Unser Repeller verträgt Leerlauf im Sturm von 17 m/sec wobei er Drehzahlen von etwa 1000 Upm erreicht. Darauf sollte man sich jedoch nicht verlassen, sondern die Sturmsicherung so einstellen, daß sie ab ca. 10 m/sec Wind den Rahmen mit Repeller wegschwenkt.

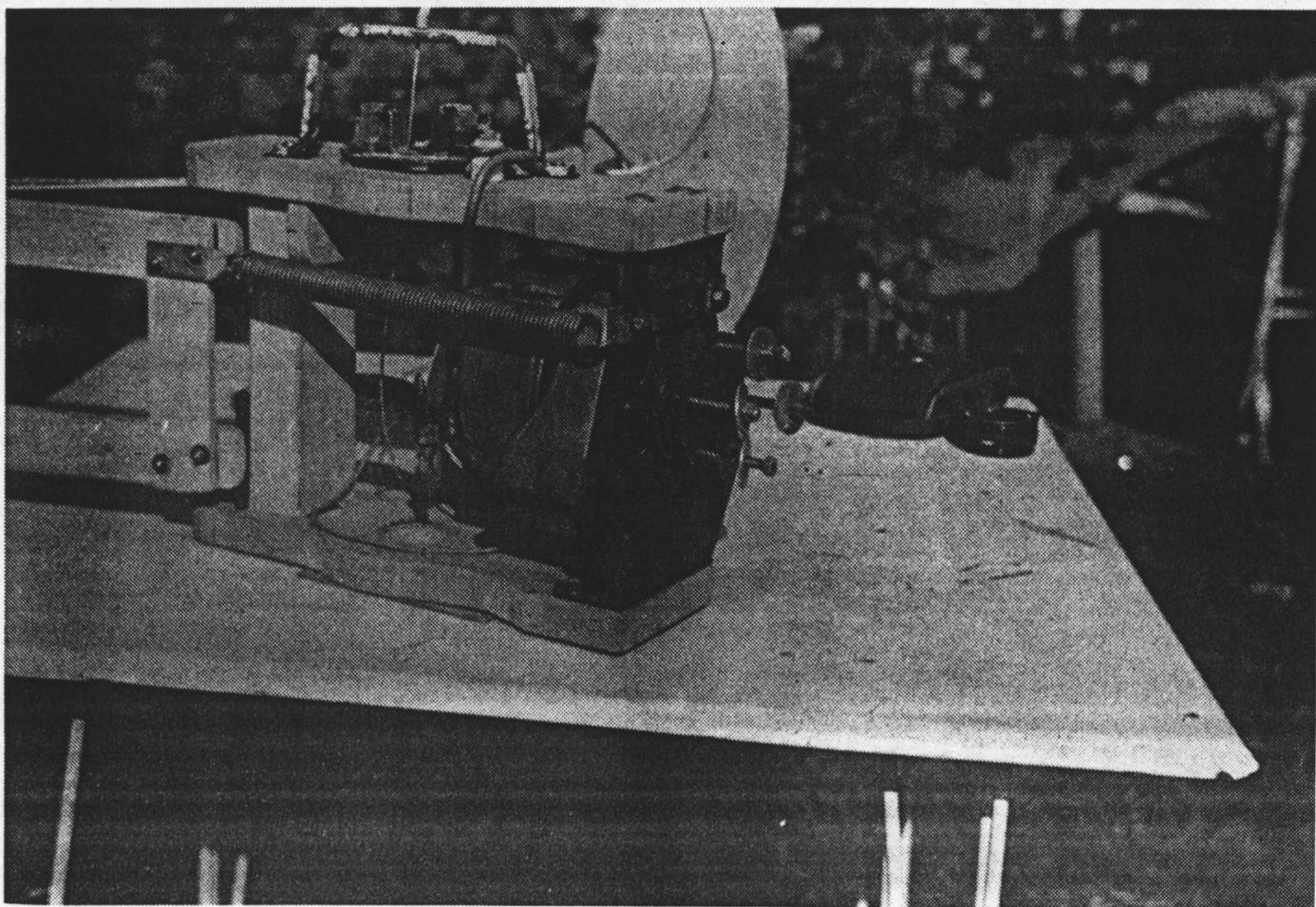
Will man was am Windrad warten oder kontrollieren, oder droht ein besonders schwerer Orkan, ist es wichtig, das Windrad stilllegen zu können. Dazu ist der Bowdenzug da, der, wenn man unten dran zieht, die Steuerfahne in Richtung "Sturm" schwenkt, das Windrad bleibt stehen. Zusätzlich haben wir nachträglich noch eine Bremse angebaut, wie in der Übersichtszeichnung zu sehen.*) Sollte dies alles im Ernstfall versagen (und das kann bei gewissenhafter Bauausführung nicht vorkommen), bleibt noch die Möglichkeit, mit einem Schrubber oder Apfelpflücker am Begrenzungsseil zu ziehen, wofür dies in der Mitte noch eine Schlaufe angeknötet bekommt.

Die richtige Vorspannung der Zugfeder muß man ausprobieren, und zwar erst schwach spannen und bei Bedarf langsam strammer ziehen.

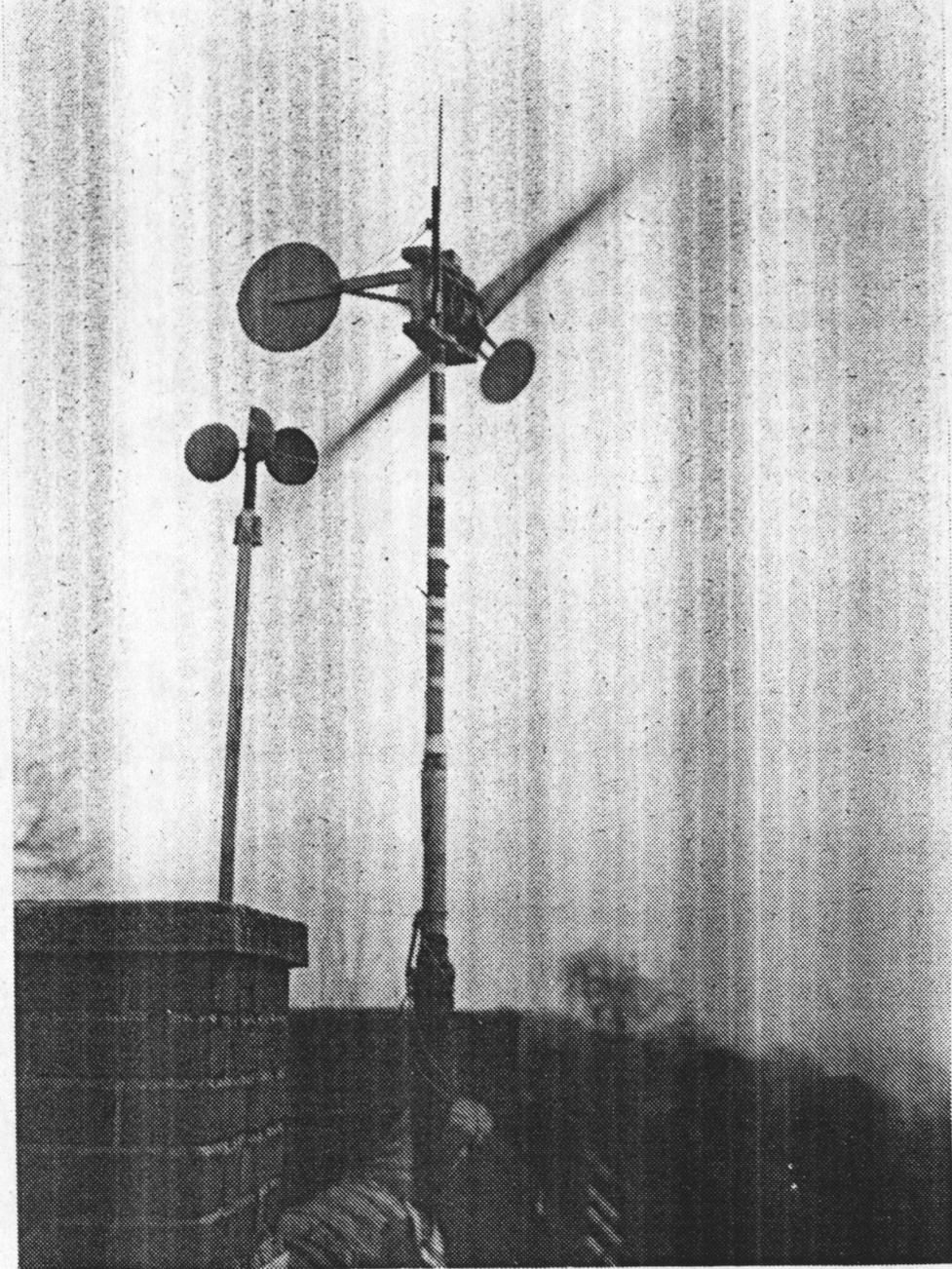
*) mit 1 automatischer Bremse und 1 Handbremse entspricht das Windrad auch in diesem Punkt den Bauvorschriften.



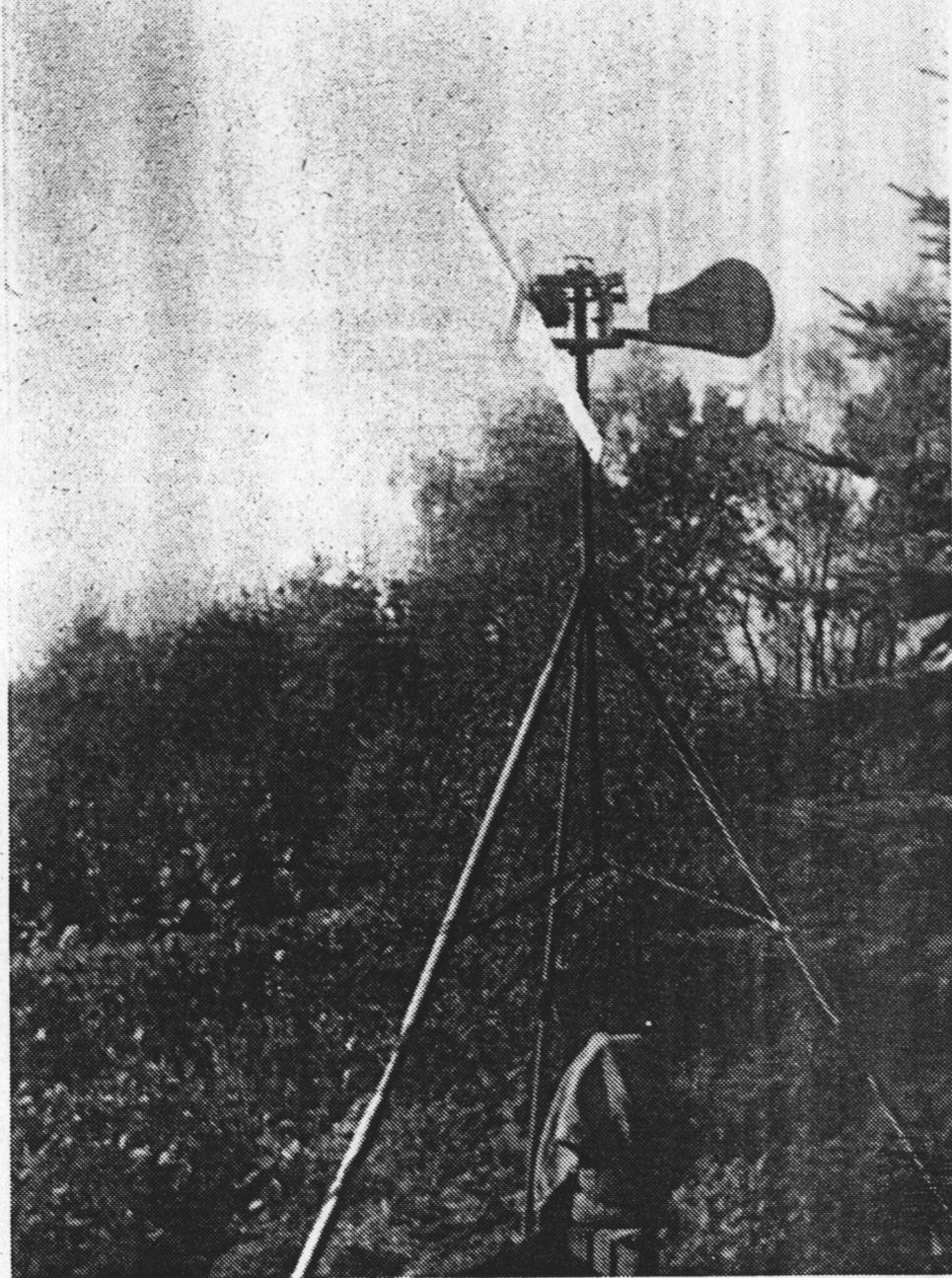
Rahmen mit Steuerfahne und Sturmsicherung von oben gesehen.



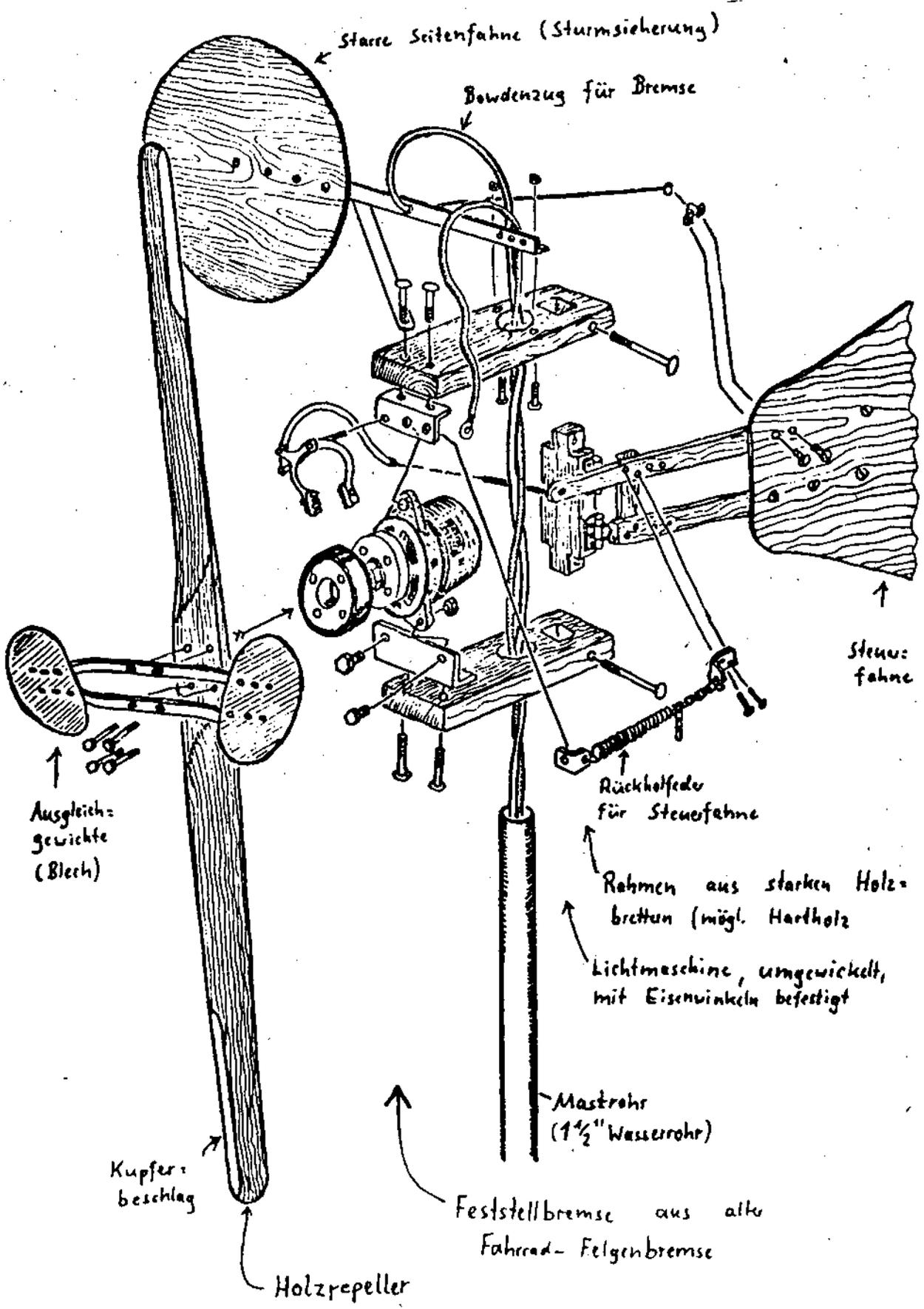
Rahmen, sichtbar die Schleifkontakt-Platte, die Rückstellfeder der Steuerfahne und die provisorische Nabe. Abdeckungen für Lima fehlen noch.



Windrad auf dem Dach - ein guter Standort.
Im Vordergrund ein selbstgeb. Windleistungszähler (summierend).



Zerlegbarer Mast, 4m hoch (s. S. 39)
Unten Wassertank eines kleinen Sonnenkollektors.



Starrseitenfahne (Sturmsicherung)

Bowdenzug für Bremse

Steu-fahne

Rückholfeder für Steu-fahne

Rahmen aus starken Holzbrettern (mögl. Hartholz)

Lichtmaschine, umgewickelt, mit Eisenwinkeln befestigt

Mastrohr (1 1/2" Wasserrohr)

Feststellbremse aus alter Fahrrad-Felgenbremse

Ausgleichsgewichte (Blech)

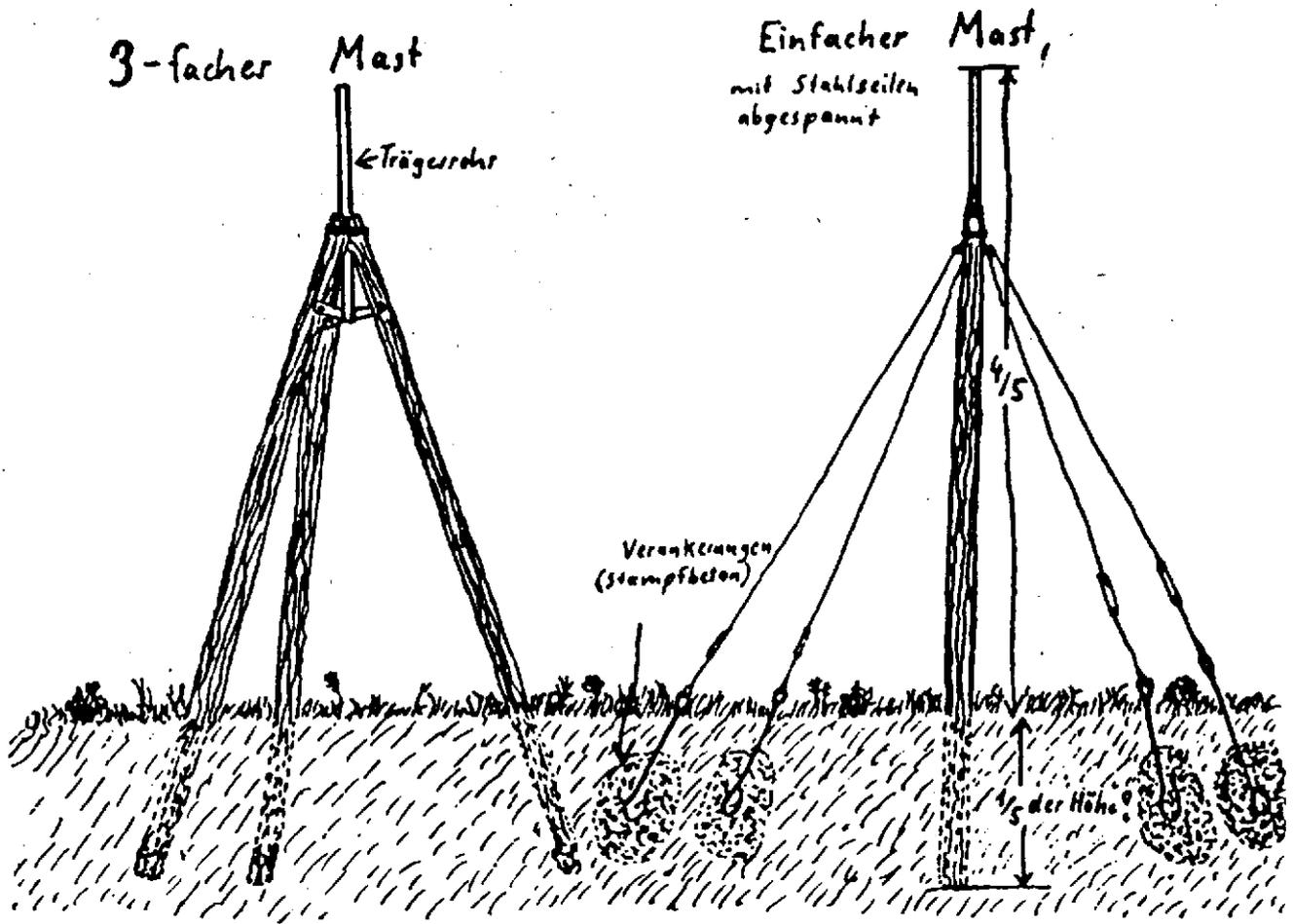
Kupferbeschlag

Holzrepeller

Mast errichten, Befestigung auf dem Dach.

Am wichtigsten für gute Leistung ist die Windgeschwindigkeit. Denn 10% mehr Wind gibt 33% mehr Leistung. Am besten steht das Windrad natürlich da, wo am wenigsten Windschatten und Wirbel sind, also möglichst hoch. Gut ist die Befestigung auf einem Hausdach. Wo aber selbst die ganz geringen Laufgeräusche stören, sollte man einen Mast aufstellen, zB. einen dreifachen aus Holzstämmen wie Abb. Es bewahren sich hier ausgediente dünne Telegrafmasten oder ähnliches.

Bis zu einer Höhe von 7,25 m und 2,5m Rotordurchmesser ist es möglich, eine Baugenehmigung zu bekommen, aber wer fragt schon danach? Wir haben mal einen alten Starkstrom-Mast senkrecht aufgestellt, im Boden fast 2m tief einbetoniert und mit Balken in 2,50m Höhe abgestützt. Trotz allem ist dieser Einzelmast nicht steif genug, er gerät in Schwingungen, unter denen das Windrad Schaden nehmen kann. Der Steifigkeit wegen sollten deshalb Einzelmaste stets abgespannt werden.

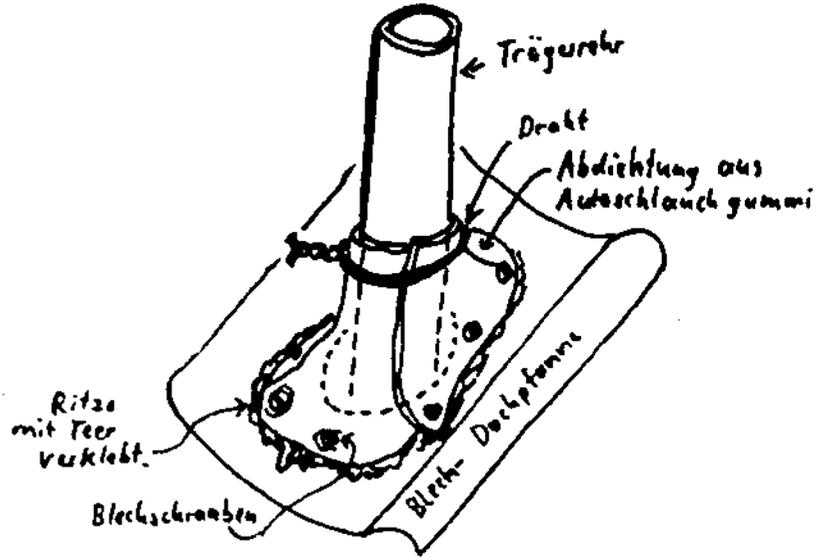
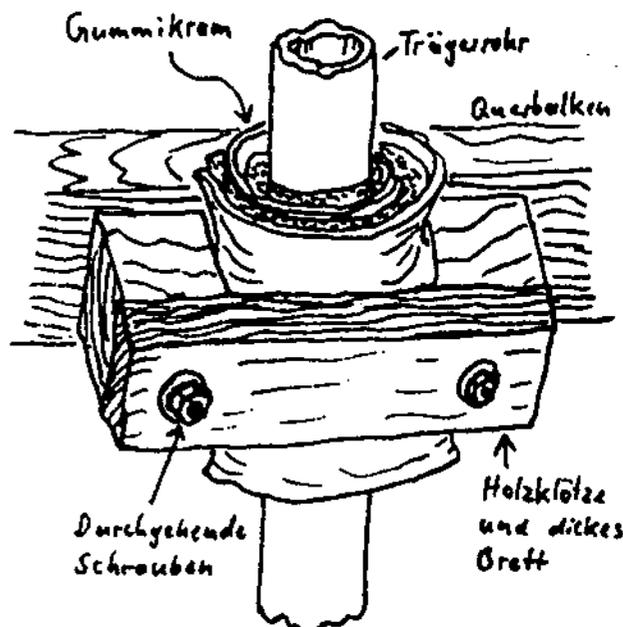
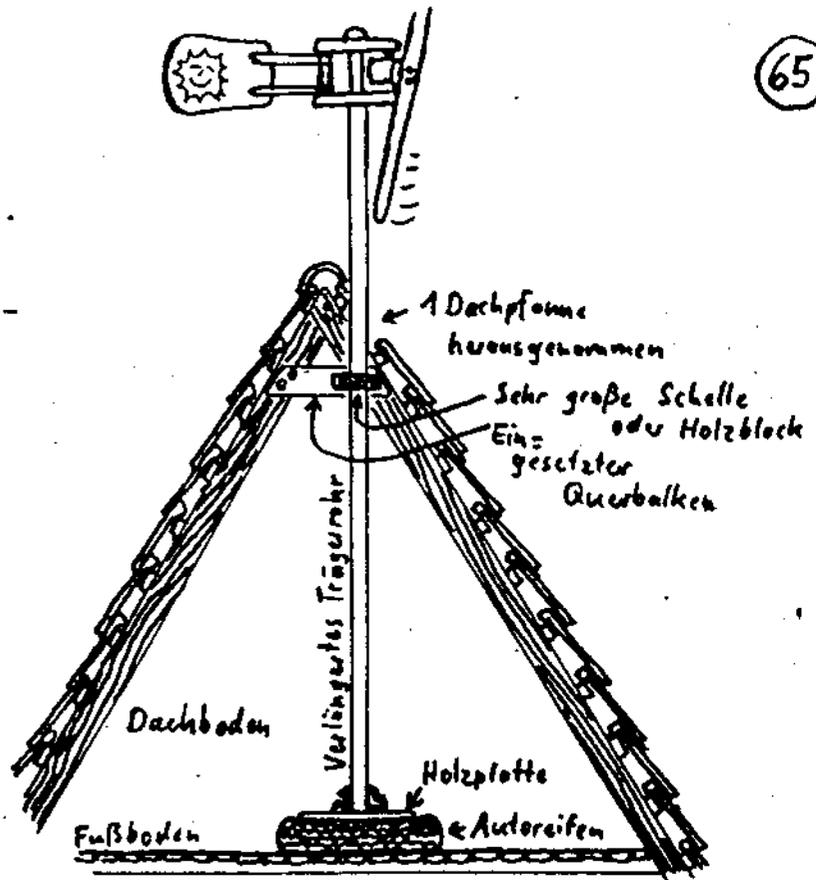


Dieses kleine Windrad ist aber auch so leicht und die auftretenden Kräfte so gering, daß man es ohne Gefahr selbst auf schwachen Dachstühlen befestigen kann. (S. Photo)

Zum Beispiel hat sich die Befestigung wie hier gezeigt mehrfach gut bewährt. Das verlängerte Trägerrohr steht unten auf einem Autoreifen, der auf dem Fußboden festgeschraubt oder mit Holzklötzen gegen Verschieben gesichert ist. Auf den Reifen geschraubt ist eine Holzplatte, zB dicke Spanplatte. Daran ist dann das Trägerrohr befestigt.

Oben nahe dem First ist ein stabiler Querbalken eingesetzt. Eine große Schelle oder ein Holzblock mit Aussparung umschließt das Trägerrohr. Aber zwischen Trägerrohr und Block sind einige Lagen Autoschlauchgummi und Schaumgummi untergebracht.

Das ergibt eine recht hochwirksame Schalldämpfung selbst bei sehr hellhörigen Häusern. Da das Windrad ohnehin fast ohne Geräusche läuft, ist es drinnen kaum noch zu hören. Damit es nicht reinregnet, mach aus Blech eine Dachpfanne mit einem Loch fürs Trägerrohr, aber so groß, daß es darin Spiel hat. Mit Autoschlauchgummi wird dann abgedichtet, das Rohr bleibt beweglich.



Wer sein Windrad tragbar gestalten will, zB um es auf ein Zeltlager mitzunehmen oder auf dem Flohmarkt vorzuführen, kann sich einen zerlegbaren Mast bauen. Unserer ist 4m hoch, gebaut aus Stahlrohr von Wäschepfählen, Dachlatten und Wasserrohrstücken. Ganz leicht und trotzdem stabil, mit Verbindungen wie bei Paddeln üblich, nur mit Sicherungsstift quer durch. Zerlegt ist kein Teil länger als 1,80m (Repellerlänge). Die Befestigung im Boden geschieht mit Drehankern, ca. 80cm lang, etwa 20cm Scheibendurchmesser, Scheibe aus 2mm-Blech aufgeschnitten, langgezogen, an 3/4 Zoll Wasserrohr geschweißt. (s. Photo)



12. Was man mit dem Strom anfangen kann

Wir haben 12V Gleichstrom, durchschnittlich 200 Wh am Tag, in windschwachen Gebieten weniger, in windstarken mehr. Damit können wir Licht machen, eine 21 W-Autoglühbirne gibt fast soviel Licht wie eine 40 W 220V Birne, denn diese Niederspannungsbirnen haben höhere Glühfadentemperatur. Eine 45 watt Autobirne gibt Licht wie eine gewöhnliche 75er Glühbirne. Noch günstiger sind Leuchtstofflampen mit angebaute Wandler, wie für Campingzwecke erhältlich, die der Elektrofreak mit Vergnügen selbst baut. Wir können hier taglich 4 Stück 21 W-Birnen 2 1/4 Stunden lang brennen lassen oder eine 9 Stunden lang oder stundenlang Radio hören. Aber dies sind kleine Verbraucher. Einen elektrischen Durchlauferhitzer könnte man 45 Sekunden täglich betreiben, einen Heizlüfter 6 Minuten lang. Werkzeug und Maschinen gibt es auch für 12 V, ebenso Staubsauger oder kleine Kühlschränke. Scheibenwischer- und Lüftermotore vom Autoschrott laufen sehr schön, starke Motore sind Gleichstromlichtmaschinen, ohne Regler als Motor geschaltet. Mit der Ausbeute von 2 Tagen Windstrom kann man eine auf 12 V umgebaute Waschmaschine laufen lassen, wenn das Wasser extra warm gemacht wurde. Am Besten im Sonnenkollektor, sonst im Badeofen oder in der Gastherme.

Wandler:

	Es läuft daran:	Nicht zu betreiben:
1. Einfacher	Universalmotore	Radio, Fernseher,
Rechteck-	Staubsauger,	Induktionsmotore,
Umformer	Handbohrmaschine etc	Kühlschrank
50 Hz	Lampen	
	Wirkungsgrade 75 bis 90 %, Keine Einschaltstromstöße!	
	Rundfunkstörungen möglich. Preiswert.	

2. Rechteck- Umformer mit Filter zum Sinus, 50 Hz

zusätzlich auch Radio, Fernseher, kleinere Induktions- motore, wenn kompensiert.

stark induktive Last, Motore mit starken Einschaltstromstößen. Meßgeräte und sensible Elektronik-Sachen.

Wirkungsgrade 60 bis 80 %. Motore eventuell mit besonderen Sanftanlaufschaltungen versehen.

3. Motorum- former, zB. Fa. Fein.

nahezu alles . Auch Verbraucher wie Kühltruhen.

Wirkungsgrade 50 bis 70 %. Möglichst immer gut auslasten, da hohe Leerlaufverluste.

4. Wandler speziell für Leuchtstoff- Lampen, Frequenz ca. 10 bis 40 kHz.

möglichst nur die Lampe daran betreiben, für die der Wandler gebaut wurde.

gewöhnliche Glühbirnen oder irgendwas anderes.

keine langen Leitungen zur Lampe, sonst Rundfunk- störungen. Wirkungsgrade 70 bis 90 %.

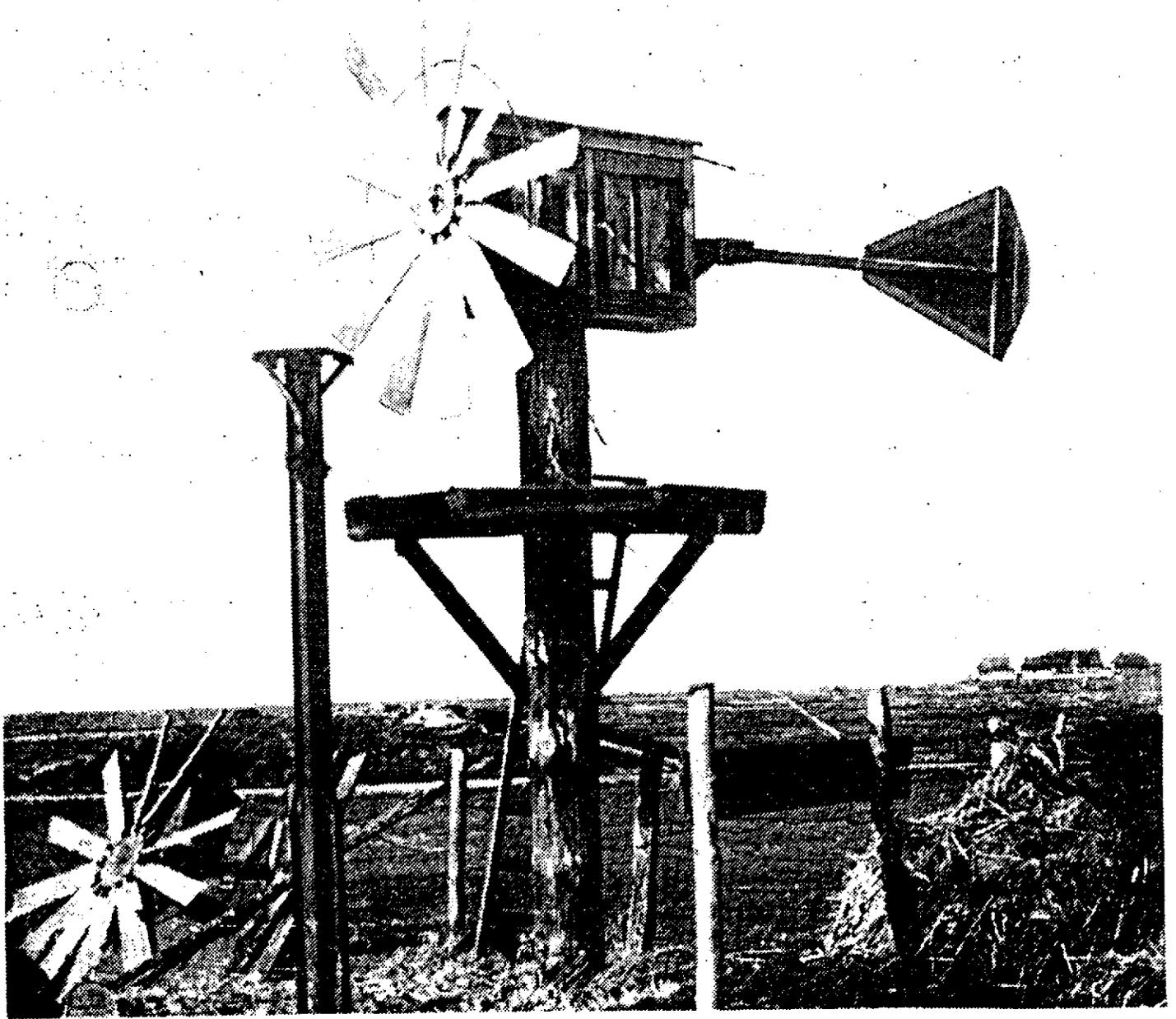
Umformer bauen ist ein faszinierendes Hobby. Wir sollten aber möglichst viel gleich bei 12 V verbrauchen, denn jeder Umformer hat Verluste.

Die Niederspannung ist auch recht ungefährlich, und die stromdurchflossenen Kabel sind nicht von Wechsel-Magnetfeldern umgeben wie bei üblichen Stromnetzen, (was nach Meinung einiger Baubiologen schädlich sein soll).

Der Mechanikus weiß, wie man mit in Reihe geschalteten Autobatterien brauchbare Elektroschweißungen durchführt.

Daß man mit Windstrom und Elektrolyse viele bunte Luftballons voll Knallgas herstellen kann, wollen wir hier aus sicherheitstechnischen Gründen gar nicht erwähnen.

Ja, nun hoffen wir, daß Ihr so richtig Lust zum Windradbauen bekommen habt und beim Experimentieren viel handwerkliches Geschick und einen Einblick in die faszinierende Technik der Windkraftanlagen bekommt. Natürlich garantiert dieser Plan keine sorgfältige Bauausführung; Ihr seid selbst für Euer Windrad verantwortlich und wir lehnen jede Haftung ab. Wenn Fragen, Erfahrungen mit dem beschriebenen Windrad oder Verbesserungsvorschläge da sind, schreibt an die Autorengruppe.



Eins der letzten alten Windräder Deutschlands - abgerissen! Bis 1976 machten die Bauern auf Hallig Hooge ihren Strom selber. (Schleswig-Nachr. 1979)

© 6. 1984 Christian Kutzt, Georg Böhmeke

Verlag Christian Kutzt, Dammstraße 44 Hinterhaus, 23 Kiel

Druck: WDA, 2304 Brodersdorf

ISBN 3-924038-10-4

Einzelpreis 5,00 DM

Die Reihe **Einfälle statt Abfälle** wird stets fortgesetzt.

Bisher sind Bauanleitungen zu folgenden Themen erschienen:

- Sonnenenergie
- Steinöfen setzen, Verbesserungen an Öfen
- Haushalt, Energie und Rohstoffe sparen
- Fahrradreparaturen, Tandem, Lastenfahrräder, "Chopper - Fahrrad"
- Basteln und Handwerk, zB. Schuhe nähen, Töpfern