

WIND KRAFT?  
ECHT STARK!



FÜR NUR  
6,-  
MARK!

Windräder 2,5-4 m  $\phi$ , 500 W-4 kW, 12-380 V.  
Anleitung für sehr einfache, stabile Bauweisen aus Schrott.

# Inhaltsverzeichnis

1 Zur Bauweise dieses Windrades

Planung: "Was soll das Windrad bringen?"

4 Standort, Repeller - Größe und Leistung

5 Welcher Generator paßt dazu? Anpassung, prakt. Beispiele

Bau des Windrades: Der Repeller

8 Vereinfachter Repeller für die Praxis

9 Die Werkzeuge und der Umgang damit

10 Gutes Holz erkennen

12 Bau des 3 - Flügel - "Edel" - Repellers

18 Auswuchten

19 Repeller - Lager vorbereiten zum Auswuchten

20 Repeller schmiegeln, Hagelschutz und Lack

24 Befestigung des Repellers am Lager

Bau des Getriebes

25 Flachriemenantrieb für den Selbstbau

29 Riemen - Selbstspann - Automatik

31 Bau - Beispiel: LiMa - Aufhängung mit Spann - Automatik und Ausrichtmöglichkeit

Die übrige Windrad - Mechanik

34 Maßverhältnisse

35 Steuerung und Sturmsicherung

40 Das Azimutlager (= Lagerung auf dem Mast)

42 Der Rahmen

43 Die Bremsmechanik

44 Kabel und Bremsseil durch den Mast führen

46 Super - Sicher: Zusätzliche Fliehkraft- Überdrehzahlsicherung!

47 Der Windrad - Mast

"Fachkunde" zu besonderen Bauteilen

48 Wie funktioniert der Repeller?

50 Wie funktioniert eine Auto - Lichtmaschine (LiMa)?

53 LiMas verbessern: selbsterregend, Leistungs - Umschaltautomatik, Regler raus!

56 Die alt - bewährte Gleichstrom - LiMa

57 LiMas auswählen und prüfen auf dem Schrottplatz

59 Drehstrom - Asynchronmotor (einfacher Kurzschlußläufer) als Generator für ca. 110-380 Volt

61 Prüfen auf dem Schrottplatz

63 Anschlußweise, Zuschalten der Last, Verbesserungen, Verbraucher

Wohin mit dem Strom?

65 Batterien richtig behandeln

66 Schutzschaltungen statt gefährliche LiMa - Regler!

67 Was man mit dem Windradstrom alles kann - sogar schweißen!

Wenn's extra - einfach sein soll...

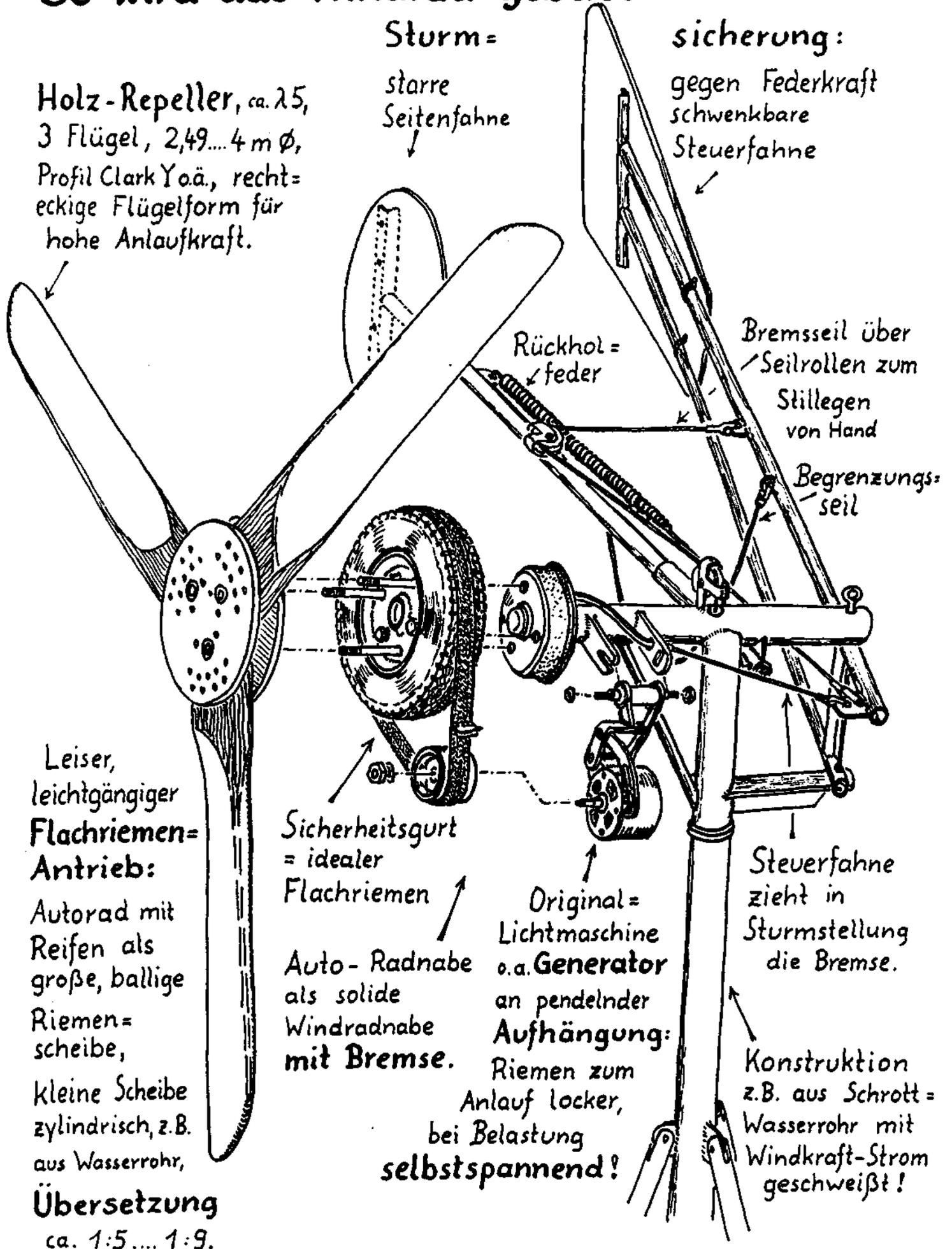
70 Windrad fast ganz aus Holz, Zweiflügel - "Primitiv" - Repeller und Keilriemen

72 Holzbautricks fürs Edel - Windrad

73 Nützliche Adressen

( Einband-Photo: Aufstellen  
des 4-m-Windrades von 1988 )

# So wird das Windrad gebaut:



# Zur Bauweise dieses Windrades: ①

## Hintergründe für die Auswahl der Teile und Materialien

Im Heft 1, "Windkraft - ganz einfach", haben wir die Grundlagen zum Windradbau im kleinsten Maßstab kennengelernt. Mit dieser Vorübung gelangen uns große Windräder leichter, denn vieles bauen wir hier im gleichen Prinzip. In Heft 2, "Windkraft - ja bitte", hat das Windrad (ebenso wie bei Heft 1) kein Getriebe, damit die mühsam gewonnene Windkraft ohne Verluste in den Generator kommt und das Windrad klein und handlich bleibt.

Das funktioniert aber nur mit einem sehr niedertourigen Generator, den man zum Glück nicht teuer kaufen muß, sondern durch Umwickeln aus alten Autolichtmaschinen machen kann. Das Ankerwickeln ist eigentlich nicht schwierig, aber viele haben solche Arbeiten noch nie gemacht, während ihnen der (an sich mühsamere) Bau eines größeren Windrades mit Getriebe leichter fällt, weil man das Mechanik - Basteln sowieso schon kennt. Außerdem ist die Größe eines getriebelosen Windrades mit umgewickelter Autolichtmaschine auf ca. 1,8 m  $\varnothing$  und max. 300W begrenzt.

Getriebe-Windräder können wir praktisch in beliebiger Größe mit unveränderten LiMas, einfachen Drehstrom - Motoren o.ä. als Generator bauen. Und: in manchen Gegenden, z.B. Baden-Württemberg, sind erst Windräder ab 4 m  $\varnothing$  genehmigungspflichtig, in anderen Gegenden über 2,5 m  $\varnothing$ . Mit 2,5 m  $\varnothing$  kann man leicht 500W und mehr Höchstleistung erreichen, mit 4 m  $\varnothing$  einige KW...

Hier bauen wir mit möglichst einfacher Technik aus häufigen Schrottteilen ein sehr zuverlässiges, ruhig laufendes, starkes Windrad, mit dem wir den genehmigungsfreien Spielraum voll ausnutzen können.

Der Repeller ist aus Holz, was sich bei minimaler Pflege Jahrzehnte bewährt hat. Es ist leicht und angenehm zu verarbeiten, vermeidet die giftige Herstellung und unangenehme Verarbeitung von Glasfaser - Kunststoff, der letztlich im Sondermüll landet. Er braucht, dank Getriebe, nicht schnell zu laufen und macht daher besonders wenig Windgeräusche. Als Dreiflügler verschont er alle übrigen Teile von Vibrationen. Ein Zweiflügler (S.70) ist einfacher zu bauen, beachte hierzu aber unbedingt den "Massenträgheitsmomenten - Ausgleich", sonst verursacht er Erschütterungen, die alles zermürben (s. Windheft 2).

Als ideales Repeller - Lager finden wir überall Auto - Radlager, die ja für höchste Belastungen gebaut sind, eine starke Bremse und die große Riemenscheibe (in Form des aufgepumpten Reifens) sind gleich mit dabei! (s.S.26)

Als Sturmsicherung verwenden wir die bewährte Seitenfahne (s.S.36). Den Rahmen, der alles verbindet, bauen wir aus Schrott (s.S.42) oder sogar (mühsamer) aus Holz (s.S.71,72).

Der Generator ist beliebig, sollte nur robust, zum Verwendungszweck des Stromes passend und nicht extrem hoctourig sein. Auf dem Schrott gibts reichlich Auswahl. Zum Batterie - Laden bieten sich alte Autolichtmaschinen an, ihr schlechterer Wirkungsgrad wird durch die ersparte Trafo- und Regeltechnik wettgemacht.

Einfache Drehstrommotoren (220/380V) sind äußerst robust (s.S.59) und haben als Generator sehr gute Wirkungsgrade, aber nur, wenn wir den Strom verheizen (denn Wärme entsteht immer, egal wie die Spannung und Frequenz mit dem Wind schwanken). Doch zum Verheizen ist der edle Strom eigentlich zu schade, wo wir Wärme mit 1/10 des technischen Aufwandes aus einfachsten

②

Sonnenkollektoren gewinnen können (s. Heft "Sonnenwärme"). Laden einer Hochspannungs - Batterie - Kette (z.B.  $18 \times 12V = \text{ca. } 220V$ ) macht noch nicht allzuvielen Verluste, Runtertransformieren zum Laden mit 12 oder 24V ist dagegen besonders bei niedriger Frequenz (Schwachwind) so verlustreich, daß eine Auto - LiMa hierfür viel besser ist.

Wenn wir den Strom in Batterien speichern, dann bitte nur in welchen von der Schadstoffsammlung, auch wenn die Verluste höher sind! (s. Kapitel "Strom erzeugen und verwerten" S.65).

Als Getriebe hatten unsere ersten Versuche Keilriemen, naheliegender, die kleine Scheibe ist an der LiMa gleich dran, große Scheibe und Riemen gibt's in Waschmaschinen: leider viel zu schwergängig für schwachen Wind, nur an Standorten mit starkem Wind einigermaßen brauchbar (S.71).

Daher probierten wir Fahrradketten: zwar wunderbar leichtgängig, sogar in Wind und Wetter ohne Pflege jahrelang zuverlässig. Doch ihr schauriges Gerassel bringt in dicht besiedelten Gegenden bestimmt eine Schar von Windradgegnern auf die Barrikaden!

Professioneller geht's mit Zahnriemen. Teile dafür sind im Auto - Schrott, aber passen nur mühsam ans Radlager. Korrosion (schon bei Stillstand und hoher Luftfeuchte) macht die Scheibe rau, der Riemen ist schneller hinüber, als er die Scheibe wieder blankwetzt. Ohne superguten Wetterschutz unbrauchbar! Und Tauwasser durch feuchte Luft gibt's auch im feinsten Gehäuse...

Richtig edel kann ein Zahnradgetriebe sein, doch ist etwas Passendes sehr selten zu finden (z.B. in Elektromotoren mit eingebautem Getriebe). Die Achse ist als Nabe für den Repeller meist zu schwach, der Motor enthält auch keine Bremse. Eine Verbindung mit einem Autorad mit Antriebswelle ist möglich, aber mühsam.

Da mag manchem modernen Betrachter unser Flachriemen - Getriebe "vorsintflutlich" erscheinen, doch hat es sich in zahlreichen Versuchen als mit einfachster Technik realisierbare, sehr günstige Möglichkeit erwiesen (S.25). Die Tricks, die wir zur Verbesserung anwenden, macht es fast unübertrefflich. Es funktioniert in Wind und Wetter ohne jeden Schutz, das spart ein sperriges Gehäuse. Nur die Elektrik muß abgedeckt werden.

Zum Aufstellen kann ich nur immer wieder den Dreibeinmast (Windkraftheft 2) aus dünnen Baumstämmen empfehlen. Die Stämme gibt's im Wald fast geschenkt. Er ist viel stabiler als ein abgespannter Einzelmast und, mit alten Wasserrohren und Backsteinen etc. im Boden verankert, verrottungsfest und trotzdem ohne Bauschutt demontierbar. Würdest Du einen Mast auf Betonfundamente setzen, beachte, daß Dein Windrad Jahre laufen muß, um die bei der Zementherstellung verbratene Energie wieder wett zu machen. Das Zusammenschweißen des Rahmens aus Schrott verbraucht nur einen winzigen Bruchteil davon an Energie, außerdem geht das statt mit Atomstrom mit Windkraftstrom! (S. 68)

Suche den Aufstellort sorgfältig aus, vermeide jeden Windschatten. Schon 20% weniger Wind halbiert die Leistung! Also lieber einen 2m höheren Mast als ein doppelt so großes Windrad.

Obwohl dieses Windrad gegenüber denen nach Heft 2 weitaus mehr Energie liefert, beachte auch hier bei jedem Schritt: Abfall benützen heißt Umwelt schützen! (und den gibt's in Massen). Möglichst nimm natürliche Rohstoffe! Kaufst Du neues Industriematerial, richtest Du damit viel Schaden an, von dem Du leider fast nichts merkst, denn unsere Ausbeuterwirtschaft läßt immer mehr umweltschädliche und energieverbrauchende Herstellungsprozesse (Stahl, Alu, Kunststoff usw.) in der "Dritten Welt" stattfinden. Ob die Leute dort an solcher "Entwicklungshilfe" sterben oder nicht, sollte uns nicht egal sein.



Das erste Windrad dieser Bauart (1986), 2,5 m  $\phi$  mit Drehstrommotor als Generator, am Giebel einer Scheune befestigt.



„Wild-romantisch“ auf einem Dreibeinmast aus Baumstämmen, fast 12 m hoch, ein Windrad 2,7 m  $\phi$  mit LiMa. (1993)

# Planung: „Was soll das Windrad bringen?“

Wie groß soll (oder darf) es sein?

Mehr Wind möglich? (Mast höher, Standort besser)

Tabelle: Ein Repeller (unser 3 - Flügl,  $\lambda=5$ ) mit ...m  $\emptyset$  leistet bei Wind mit ...m/sek. so viel, wenn er mit zugehöriger Drehzahl laufen kann:

Wind m/sek	2,5 m $\emptyset$		2,8 m $\emptyset$		3 m $\emptyset$		3,5 m $\emptyset$		4 m $\emptyset$	
	Drehz. U/min	Leistg. Wmech.	U/min	Wmech.	U/min	Wmech.	U/min	Wmech.	U/min	Wmech.
3	115	25	103	31	96	36	82	45	75	63
4	153	60	137	75	128	86	109	118	100	152
5	191	115	170	145	159	165	136	225	124	290
6	229	200	202	250	191	290	164	390	149	500
8	305	460	272	575	254	660	219	900	198	1150
10	380	900	339	1125	317	1300	272	1760	247	2300
12	455	1550	405	1950	380	2230	325	3200	295	3900
16	600	3600	535	4500	500	5200	430	7000	390	9100

Leistung  $\hat{=}$  Durchmesser <sup>2</sup>, aber Wind <sup>3</sup>. Doppelter  $\emptyset$  bringt 4 - fache Leistung, aber 4 - fache Stabilität an Windrad und Mast nötig, da 4 - fache Sturm - Angriffsfläche (Bauaufwand!). Doppelter Wind bringt 8 - fache Leistung, aber nur 1 - fachen Bauaufwand, da Windrad und Mast an jedem Standort sturmsicher gebaut sein müssen.

# Welcher Generator paßt dazu ?

⑤

Was für einen Generator wir nehmen, ist beliebig, wenn die Kraft, die er verlangt, zum Windrad paßt, und der Strom, den er abgibt, zum Verwendungszweck. Daß sein Wirkungsgrad hoch sein sollte, ist klar, besonders bei schwachem Wind ist das wichtig.

Zu hochtourig darf er auch nicht sein, sonst läßt sich die passende Übersetzung nicht bauen.

Er muß aus dem Stillstand heraus leicht zu drehen sein, sonst läuft das Windrad erst bei starkem Wind an. Ob es Dauermagnet-Generatoren in der hier nötigen Größe gibt, die leicht genug anlaufen, weiß ich nicht. Ein Generator mit Elektromagnet macht keine Anlaufschwierigkeiten, bei Stillstand ist der E-Magnet unmagnetisch und bremst nicht.

Die Leistung des Generators muß zum Windrad passen: Ein sehr starker Generator taugt bei schwachem Wind nichts, weil sein E-Magnet evtl. mehr Strom verbraucht, als das Windrad bei schwachem Wind erzeugen könnte. Und meistens weht schwacher bis mäßiger Wind. Ein zu schwacher Generator verlangt schon bei mäßig starkem Wind zu wenig Kraft vom Repeller, so daß der Repeller viel schneller läuft als für die Windstärke richtig und Krach statt Strom macht.

Nicht zuletzt wollen wir den Generator auch auf dem Schrott finden oder billig beschaffen und mit der Technik zurechtkommen können. Da bleiben uns Kompromisse nicht erspart.

Die Anpassung ans Windrad ist besonders interessant: Ab welcher Windgeschwindigkeit soll das Windrad Strom erzeugen? Wie stark ist der Wind an den meisten Tagen und wieviel Strom soll es da erzeugen? Sind Tage mit starkem oder stürmischem Wind so häufig, daß es sich lohnt, das Windrad hierfür anzupassen, oder sind stürmische Tage so selten, daß es besser ist, wenn das Windrad bei schwachem Wind gut arbeitet, aber Sturm nicht nutzen kann?

Wieviel Leistung vom Repeller kommt, hängt von Repellergröße und Windgeschwindigkeit ab. Nimmt die Windgeschwindigkeit zu, steigt die Drehzahl des Repellers wie die Windgeschwindigkeit, die Leistung aber hoch 3! d.h.: 25 % mehr Wind = fast doppelte Leistung, doppelter Wind = 8-fache Leistung. Ideal wäre ein Generator, dessen Leistungsaufnahme sogar stärker steigt als die Leistungsabgabe des Repellers. Der würde nämlich den Repeller bei Sturm überfordern und damit drehzahlbegrenzen = sturmsicher ohne Aus-dem-Wind-drehen!

Schon einen Generator zu finden, dessen Leistung über einen weiten Bereich gleichermaßen wie die des Windes steigt, ist schwer. Ohne teure Spezialanfertigungen wird man nur in einem kleinen Windstärkenbereich Repeller und Generator gut aneinander anpassen können. Und dieser Bereich soll zu den Windverhältnissen am Ort passen. Ein Vergleich der Drehzahl-Leistungskennlinie des Generators verglichen mit der des Repellers verrät alles Weitere.

## Praktisches Beispiel mit Autolichtmaschine

Ein Repeller, 2,5 m  $\varnothing$ , bringt an mechanischer Leistung: bei 4m/sek 60W, bei 5m/sek 115W, bei 8m/sek 460W. (s. Graphik). Am Ort ist die mittlere Windgeschwindigkeit ca. 4m/sek, also ist es wichtig, damit schon Strom zu erzeugen.

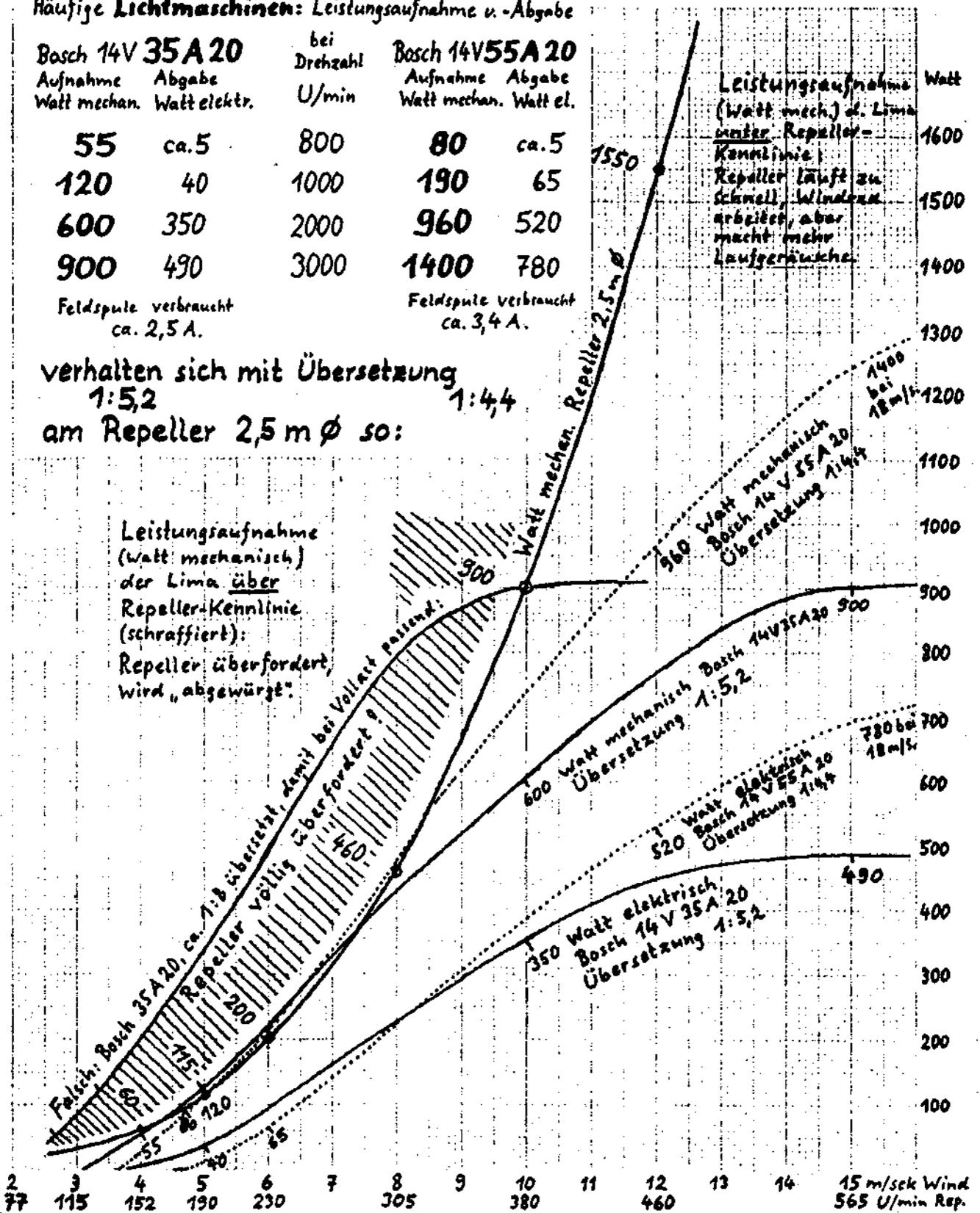
Eine alte Autolichtmaschine paßt als Generator, der Wirkungsgrad ist zwar mäßig (50-60 % minus Eigenbedarf für den E-Magneten), aber die Technik einfach und passend zum Batterieladen, der Preis fast geschenkt. Wir müssen eine LiMa nehmen, die bei Ladebeginn weniger als 60W mechanische Leistung verlangt. Eine Bosch 14V 35A 20 braucht ca. 55W bei 800 U/min

6

Häufige Lichtmaschinen: Leistungsaufnahme u. -Abgabe

Bosch 14V 35A 20			Bosch 14V 55A 20		
Aufnahme Watt mechan.	Abgabe Watt elektr.	bei Drehzahl U/min	Aufnahme Watt mechan.	Abgabe Watt el.	
55	ca. 5	800	80	ca. 5	
120	40	1000	190	65	
600	350	2000	960	520	
900	490	3000	1400	780	
Feldspule verbraucht ca. 2,5 A.			Feldspule verbraucht ca. 3,4 A.		

verhalten sich mit Übersetzung  
1:5,2  
am Repeller 2,5 m  $\phi$  so: 1:4,4



zum Ladebeginn. Das schafft der Repeller bei 4m/sek gerade eben. Die nötige Übersetzung ist 1:5,2.

Wieweit die LiMa bei anderen Windstärken auch zum Repeller paßt, zeigt die Graphik (Kurve B): leider nur bis ca. 8m/sek, darüber ist der Repeller zunehmend unterfordert, d.h. er läuft schneller als für die Windgeschwindigkeit optimal, wandelt nur noch einen kleinen Teil vom Wind in Kraft um, den Rest in Laufgeräusche.

Übersetzung vergrößern bringt nichts, die LiMa würde so zwar z.B. bei 10m/sek zum Repeller passen, aber der Repeller würde gar nicht erst so schnell werden, denn bei kleineren Drehzahlen fordert die LiMa viel mehr Kraft als der Repeller bringt (siehe Graphik Kurve C).

Wollen wir stärkeren Wind gut nutzen, hilft nur eine größere LiMa, z.B. paßt eine Bosch 14V 55A 20 mit 1: 4,4 Übersetzung so, daß sie den Repeller nicht "abwürft" und bis ca 10m/sek. recht gut angepaßt ist. Nachteil : Für Ladebeginn ist schon fast 5m/sek nötig, der Stromertrag erst über 8m/sek Wind besser als mit der 35-A-LiMa (Kurven D, E und F).

Wir sehen: Die Kennlinie des Repellers steigt erst langsam, dann immer drastischer. Die Kennlinien von LiMa's haben erst einen steilen Anstieg und bei ca. 2/3 Vollast einen "Buckel", von dem ab der Anstieg immer schwächer wird.

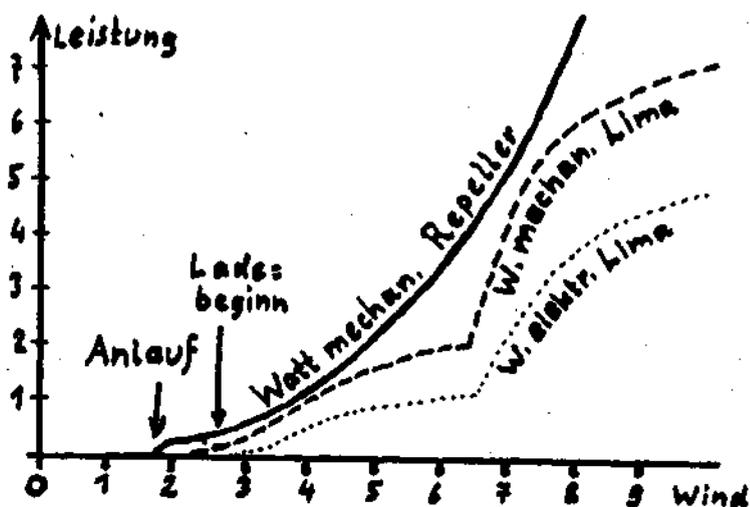
Wichtig ist hier nicht die Kennlinie Drehzahl/elektr. Leistungsabgabe, die man beim Autodienst auf dem Prüfstand mißt, sondern Drehzahl/mechan. Leistungsaufnahme. Die ist schwieriger zu messen (Drehmomentwaage nötig). Als Schätzung kann man die Drehzahl/elektr. Leistung-Kennlinie messen, außerdem den Stromverbrauch der Feldspule (E-Magnet), dann durch den geschätzten Wirkungsgrad (erfahrungsgemäß bei LiMa's ca. 60% bei schwacher Last, 50% bei starker Last) teilen und die für die Feldspulen-Stromversorgung nötige Leistungsaufnahme zuzählen.

Beispiel: LiMa erzeugt bei 1000 U/min 3A = 36W. Feldspule verbraucht auch 3A, LiMa muß zusammen 6A = 72W erzeugen. 60% Wirkungsgrad: mechanisch sind 120W Leistung nötig.

LiMa und Repeller verhalten sich also genau gegensätzlich. Deshalb muß man LiMa-Größe und Übersetzung so hinjonglieren, daß der Bereich des steilen Anstiegs der LiMa-Kennlinie gut zur Repeller-Kennlinie paßt. Doch die einfache Form des Flügelblattes hilft, indem sie sich in gewissen Grenzen selbst anpaßt (s. "Repeller" S.8):

Ist der Repeller ein wenig überfordert, läuft er noch mit guter Leistungsabgabe weiter, langsamer als er könnte, aber mit Glück besser passend. Der nur teilweise ausgelastete Repeller läuft zu schnell, ohne daß die Anströmung gleich überall schlecht wird und leistet dabei weniger als er könnte. So nähert er sich ( zwar mit Laufgeräuschen) doch der Drehzahl- und Leistungsanforderung der LiMa an. Allerdings wird man die Höchstleistung einer LiMa nur mit laut fauchendem völlig unterfordertem Repeller nutzen können.

Wer geschickt im Elektrobasteln ist, kann Drehstromlichtmaschinen deutlich verbessern: z.B. erreichen wir eine "2-Stufen-LiMa" (außerdem selbsterregend!) mit Schaltung S.54 und Fliehkraftschalter (Blechstreifen am Lüfterrad). Die Kennlinie sieht dann so aus:



Etwa erreichbare Anpassung mit "2-Stufen-LiMa" (kleines Windrad) oder Schwach- und Starkwindgenerator (großes Windrad) Graphik ohne Maßstab!

8

Für ein 4-m- $\emptyset$ -Windrad im Schwachwindgebiet (Nähe Basel) mit Starkwindtagen bei bestimmten Wetterlagen habe ich zwei LiMa's als Generator verwendet und so übersetzt, daß die schwache LiMa schon bei 3m/sek lädt, die starke LiMa aber erst bei 5,5m/sek Ladebeginn-drehzahl erreicht. Auf die Weise war das Windrad gut angepaßt. Große Industriewindräder haben auch einen Schwachwindgenerator und einen starken.

Auto-Gleichstrom-Lichtmaschinen sind schon selten geworden, aber z.B. in alten Treckern und Lastwagen noch zu finden. Sie laufen leicht an, da bei Stillstand unmagnetisch. Ich habe kaum Messungen machen können, da diese LiMa's selten sind und nicht auf meinen Prüfstand passen, aber festgestellt: Ladebeginn bei PKW-LiMa Bosch 14V 25A mit 2 Feldspulen ca. 1200 U/min., bei LKW-LiMa mit 4 Feldspulen (ohne Typenaufdruck) ca. 700 U/min und, für uns sehr interessant: Bei beiden LiMa's Kennlinie wesentlich besser zum Repeller passend als die von Drehstrom-LiMa's! Weitere Vorteile (s. S.56 "Funktion und Anschlußweise").

Drehstrom-Asynchronmotoren, die man auf dem Schrott häufig findet, sind ebenfalls als Generator gut verwendbar. Für Auto-LiMa's habe ich mir einen speziellen Prüfstand gebaut und etliche Versuche und Messungen gemacht, für Drehstrom-Asynchronmaschinen (kurz: Asyms) nicht, weil ich die Hochspannung selten am Windrad verwenden konnte. Im Vergleich mit der Leistung von Drehstrom-LiMa's am Windrad gleicher Bauart fiel die gute elektrische Leistung auf, d.h. trotz der einfachen, nur durch Probieren ermittelten "Regeltechnik" mit Kondensatoren und Starthilfekondensatoren erfreulich guter Wirkungsgrad. Hier ein Beispiel: Standort hat starken Wind (Mittel über 5m/sek), Windrad 2,5 m  $\emptyset$ . Übersetzung 1:6,5. Generator: Asym 220/380V mit 1500 U/min Synchron-drehzahl, 1,1KW Nennleistung. Geladen werden 10 in Reihe geschaltete Autobatterien, d.h. mindestens 120V für Ladebeginn waren nötig, also weit unter Nennspannung. Asym in Dreieckschaltung geschaltet (= original für 220V),  $3 \times 12 \mu\text{F}$  in Sternschaltung als Erregerkondensatoren dran,  $3 \times 16 \mu\text{F}$  in Sternschaltung als Starthilfekondensatoren. Bei gut 4,5m/sek Erregung, die das Windrad aber zu sehr abbremste für Dauerladen (Ein-Aus-Effekt). Bei knapp 5,5m/sek Dauerladen, bei 6m/sek ca. 120W elektrische Leistung, bei 8m/sek ca. 320 W, bei 12m/sek ca. 800W elektrisch, über 12m/sek Unterforderung des Repellers hörbar (wird deutlich schneller und rauscht stark) aber noch Anstieg der elektrischen Leistung. Funktion und Anschlußweise s.S.

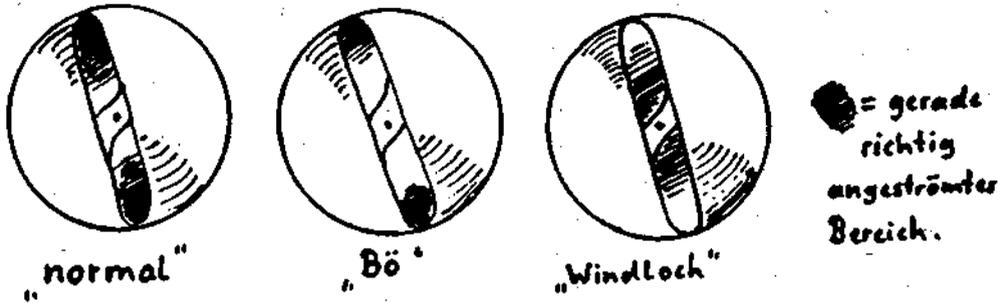
## Bau des Windrades

### Vereinfachung des Repellers für die Praxis:

Unser guter Dreiflügel - Repeller (S.12) hat auf ganzer Länge gleiche Blattbreite (erhöht die Anlaufkraft) und nur wenig Verwindung. So läßt sich der größte Teil des Flügels einfach mit geraden Hobelstrichen herstellen. Der "Primitiv-Repeller" (S.70) funktioniert sogar mit auf ganzer Länge gleich dickem Profil und gleichem Anstellwinkel!

Damit sind wir von der theoretisch richtigen Form weit entfernt. Die Repeller laufen aber trotzdem gut, u.U. sogar besser als ein perfekt geformter, denn unsere Windräder sind in einer Höhe, wo der Wind sehr böig ist, die Windgeschwindigkeit also schneller wechselt, als die Repellerdrehzahl folgen kann. Ein Theorierepeller würde hier ein paar Sekunden richtig angeströmt und bringt Bestleistung, einen Moment später überall falsch und er bringt nichts.

Selbst unser "Primitiv-Repeller" pendelt sich in der Drehzahl so ein, daß das äußere Drittel des Blattes, das die meiste Kraft bringt, etwa richtig angeströmt wird. Bei plötzlichen Böen oder "Windlöchern" wandert der im richtigen Winkel angeblasene Bereich mehr nach außen oder zur Nabe, der Repeller läuft aber gleichmäßig weiter.



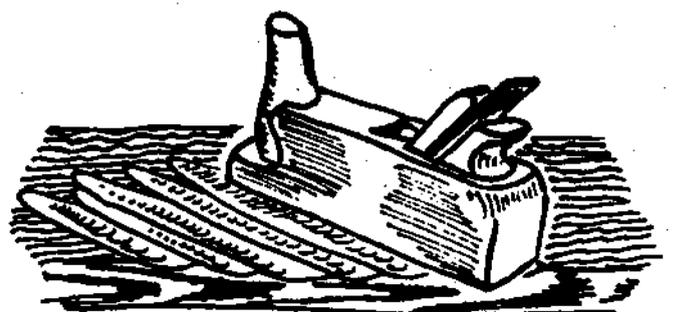
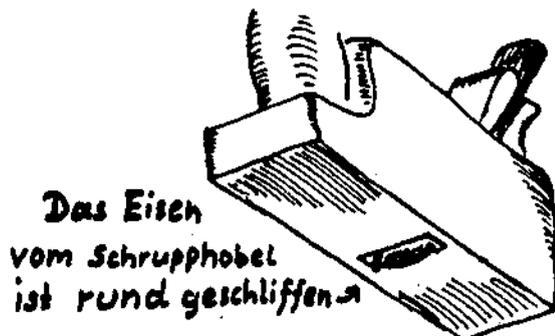
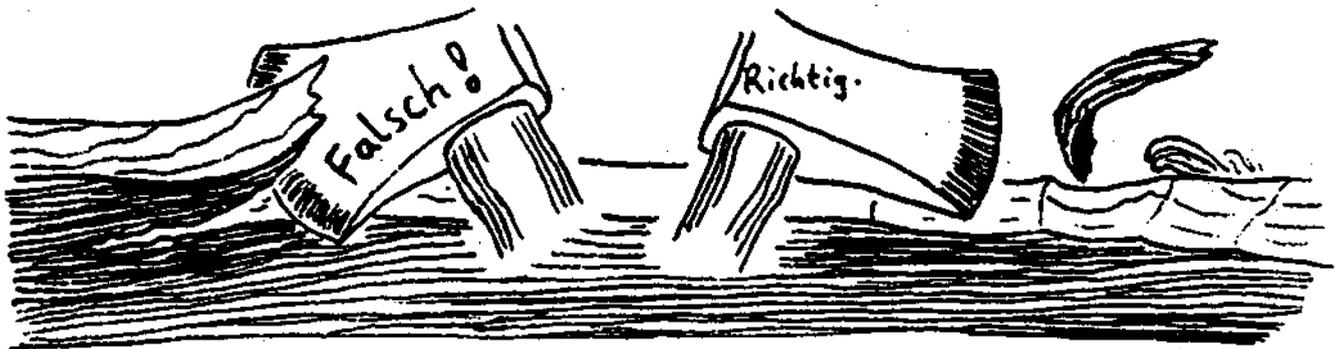
Dieser Repeller ist zwar besonders einfach zu bauen, aber macht Laufgeräusche, bei starkem Wind weit hörbar. Wenn Du befürchten mußt, die Nachbarn zu Windkraftgegnern zu machen, nimm lieber mehr Mühe in Kauf und baue den "Edel-Repeller" ( S.12)

## Die Werkzeuge und der Umgang damit

Du brauchst nicht alle Werkzeuge. Arbeite mit denen, die Dir gewohnt sind, Du kannst beispielsweise den ganzen Bau mit der Raspel machen, es dauert dann etwas länger. Ich möchte zeigen, welches Werkzeug für welchen Arbeitsgang besonders gut geeignet ist.

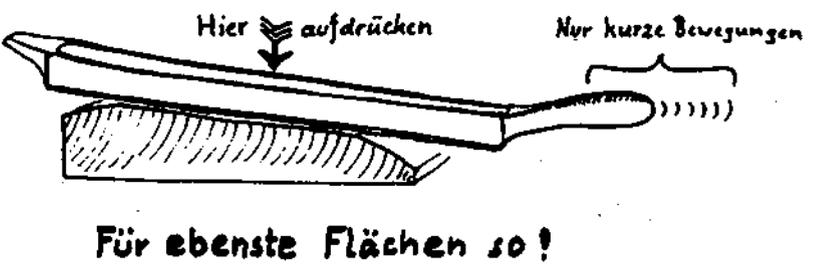
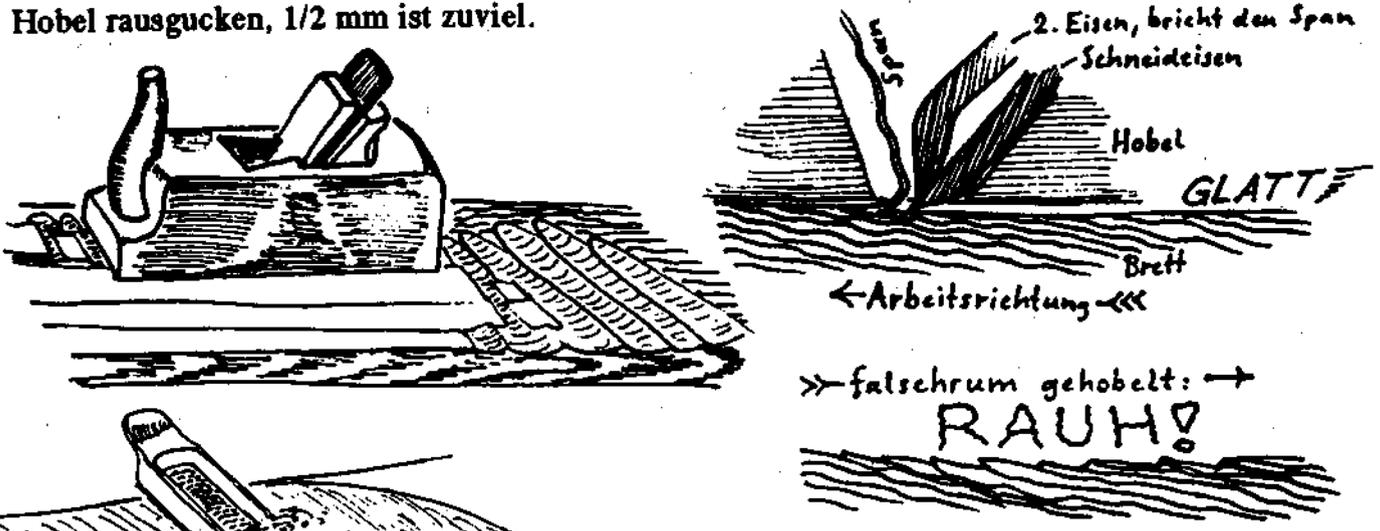
**Säge:** Zum Absägen des Brettes auf die richtige Länge.

**Zimmermannsbeil (sehr scharfes, leichtes Beil):** Überall dort, wo viel Holz weg muß (Breite herstellen, grobe Vorarbeit). Nicht zu viel Holz abhacken, nie in die Richtung, in der die Fasern ins Holz hinein laufen (Riß)!



**Schrupphobel:** Für die grobe Form, geht sehr schnell, wird aber wellig. Wenn er scharf ist, kann man schräg und fast quer zur Faser arbeiten. Nicht zu viel abhobeln.

**Doppelhobel:** Für die feine Form, der Repeller wird wie von selber gerade. Längs der Faser arbeiten und nicht so, daß es ins Holz hinein reißt! Hobeisen darf nur ganz wenig aus dem Hobel rausgucken, 1/2 mm ist zuviel.



**Raspel:** Nötig an den nach innen gewölbten Stellen beim Übergang zur Nabe, für die Profile bei den Meßpunkten und für Feinarbeiten. Die Raspeln mit gelochtem Stahlblechblatt schaffen viel mehr weg und es wird glatter als mit denen aus Massivstahl. Damit die Fläche nicht wellig wird, raspele nie zu lange auf einer Stelle, sondern bewege die Raspel auch etwas seitlich. Nie gegen die Faser raspeln, wird rauh (s. Hobel).

Ebene Flächen erreichst Du, wenn Du mit einer Hand in der Mitte über dem Buckel auf die Raspel drückst, mit der anderen die Raspel nur wenig vor- und zurück bewegst. Auf dieselbe Art kannst Du Metall mit der Feile auf wenige Hundertstel (!) Minimeter genau eben kriegen.

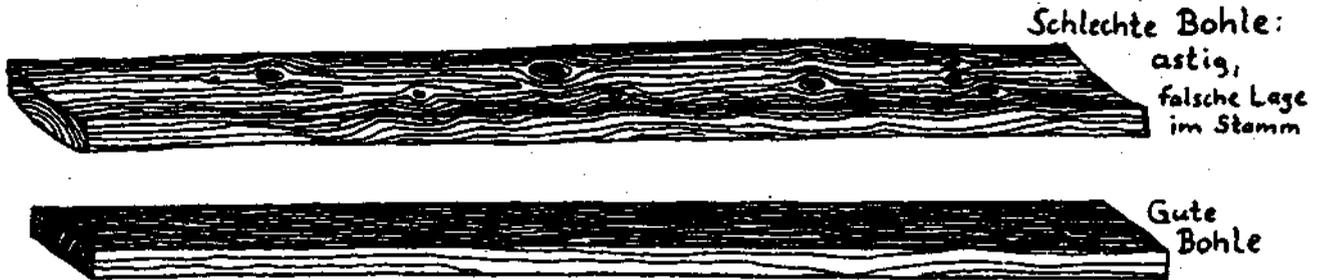
**Feile:** nicht nötig, jedoch bei Feinarbeiten eventuell nützlich.

**Schmirgelpapier:** Unentbehrlich für glatte Oberflächen: erst mit grobem (50 - 60er), dann feinerem (80 - 100er) schmirgeln. Mit feuchtem Lappen abwischen, trocknen lassen und nochmal ganz fein schmirgeln (120er oder feiner). Auf glatten oder wenig gewölbten Flächen benutze einen Schleifkork, ein Stück Latte mit einem weichen Lappen drumgewickelt tut's auch. Vorsicht: Bei Holz mit groben Jahresringen (verschieden hart) kann das Schmirgeln Kuhlen in den weichen Zonen geben, die das Profil verschlechtern. Aufpassen!

## Gutes Holz erkennen...

Es muß fest, zäh und an der Luft beständig sein und so wenig wie möglich "arbeiten". Und es muß gerade und gleichmäßig gewachsen sein, denn wenn die Holzfasern den Repeller nicht der ganzen Länge nach durchziehen, wird er sich stark verziehen oder im Extremfall brechen!

Eschenholz ist nicht zu schwer, aber ganz besonders zäh, fest und beständig. Nicht ohne Grund wurden früher Wagenräder und Fuhrwerke daraus gebaut. Zwar ideal, aber nur in Spezial - Holzhandlungen zu bekommen und sehr teuer. 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.



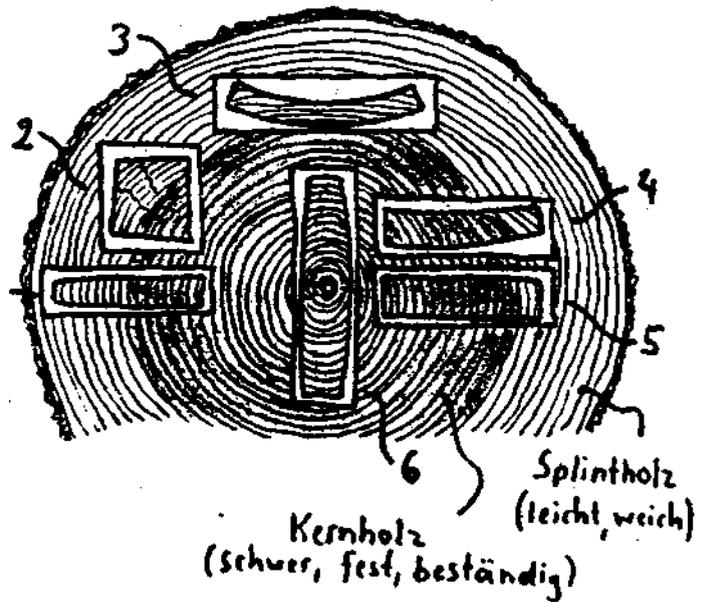
Auch für Türfüllungen oder Türrahmen wurde früher gutes Holz verwendet. In alten Möbeln sind ebenfalls oft sehr schöne Stücke zu finden, aber selten lang genug für einen Repeller. Holz mit vielen schmalen Jahresringen ist wesentlich besser als gleichartiges mit groben Ringen. Es soll so im Stamm gelegen haben, daß es möglichst wenig arbeitet:

Brett Nr. 1 ist für Zweiflügler ungeeignet, da zur Hälfte leichtes Splintholz, ungleichmäßiges Gewicht. Für Dreiflügler aber brauchbar, wenn Gewicht und Schwerpunktlage mit den anderen Brettern übereinstimmt (s.S. 12 ). Es wirft sich fast nicht.

Nr. 3 ist sehr schlecht: nur Splintholz, wirft sich sehr, wenig Festigkeit.

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 Ribbildung. Entweder nur die am Kern gespaltene Hälfte des Brettes verwenden, oder, wenn die Hälfte zu schmal ist, beide Teile mit den Außenseiten gegeneinander verleimen (nur mit Leim Güte B4!, s.S. 16)

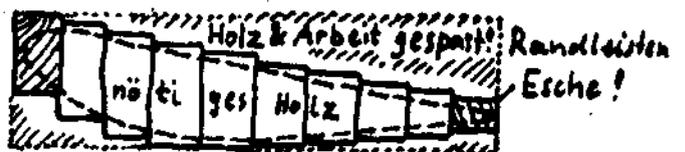
Für große Repeller besonders gut: Aus vielen Leisten zusammengeleimte Bohle (blockverleimt, Güte B4!). Extra edel: Hierbei für die äußersten Leisten Hartholz (z.B. Esche) nehmen, so sind die bei Hagelschlag usw. am stärksten angegriffenen Kanten verstärkt! (Foto Selbstbau s. S. 21 )

### „Blockverleimte“ Bohle:



Leisten immer „Rücken an Rücken“ gedreht, also Maserung entgegengesetzt = Verzug hebt sich auf!

### Bei Selbstbau möglich:



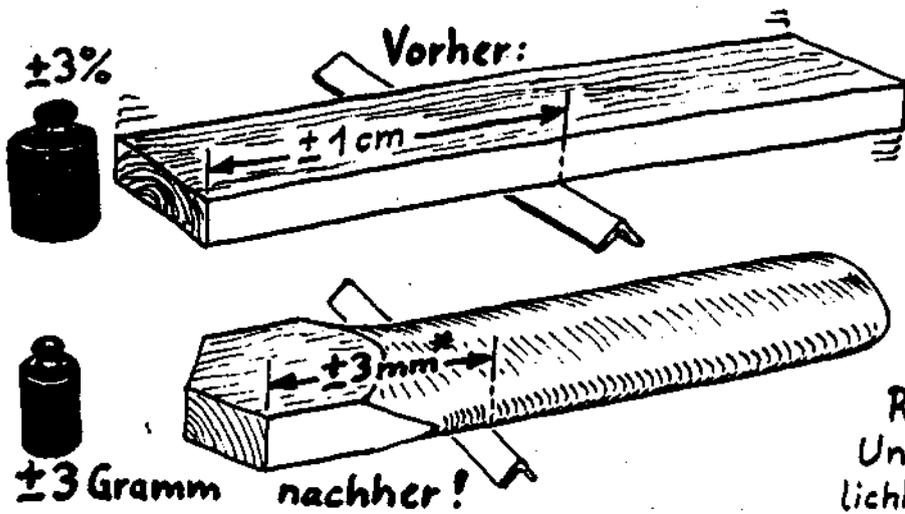
Leisten passend zusägen, außen Hartholz: stabiler, spart Holz und Arbeit!

# 12 Bau des 3-Flügel - Repellers

Dieser Repeller läuft besonders leise und ohne Vibrationen, weil er als Dreiflügler keinen Massenträgheitsmomenten - Ausgleich braucht. Maße für 2,5 m Ø, für andere Größen alle Maße im gleichen Verhältnis umrechnen!

Wichtig ist bei allen Schritten, daß die Flügel genau gleich werden, gleich schwer sind und gleiche Schwerpunktlage haben. Eine Bohle, die an einem Ende viel Kernholz, am anderen viel Splintholz (leicht!) hat, hat verschieden schwere Hälften. Das muß bei allen drei Bohlen ähnlich sein, damit nachher Gleichgewicht erreichbar ist.

Ausgangsmaß: 3 Bohlen 124 cm lang, 150 mm breit, 40 mm dick (wenn gehobelt, reicht 38 mm Dicke). Gleichheit prüfen!



Vergleiche Gewicht und Schwerpunkt der Bohlen und der Flügel nach jedem Arbeitsschritt. Falls Grenzen s.o. eingehalten, ist Genauigkeit s.u. leicht erreichbar. So kriegt der Repeller später keine Unwucht. (Ausgleich-Möglichkeit beim Verleimen s.S.16)

Bei allen drei Bohlen die Seite der Maserung als Luvseite nehmen, die sich (falls es passiert) hohl verzieht, schadet dann am wenigsten. Keinesfalls eine Bohle andersherum als die anderen!



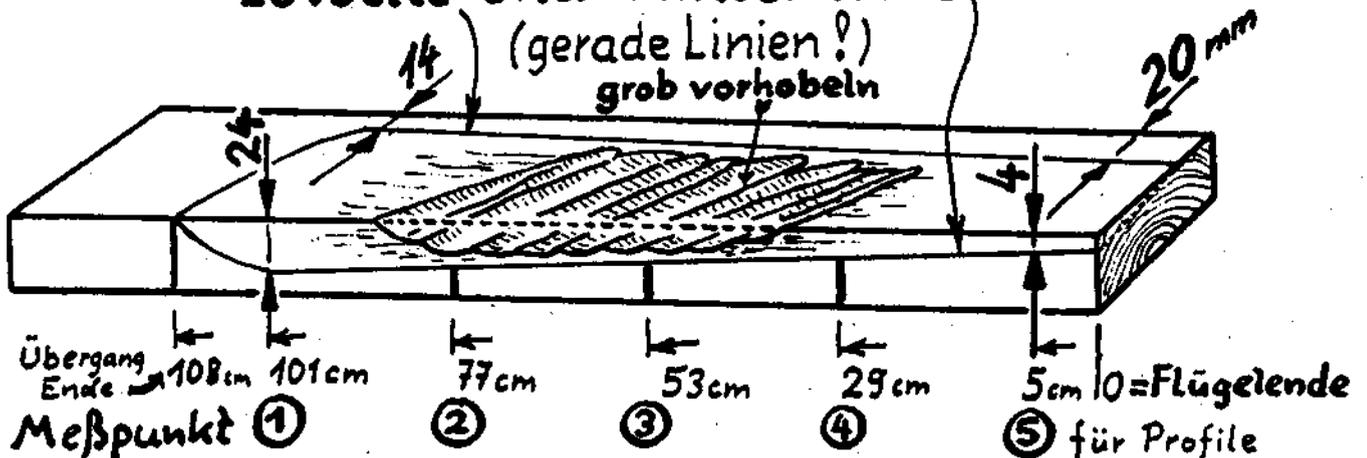
← Kern

Bohle möglichst so nehmen, daß Kernseite auf der Leeseite\*<sup>1)</sup> liegt, auf jeden Fall immer alle 3 Bohlen gleich!

\*falls Bohle extrem trocken, Kern auf der Luvseite!

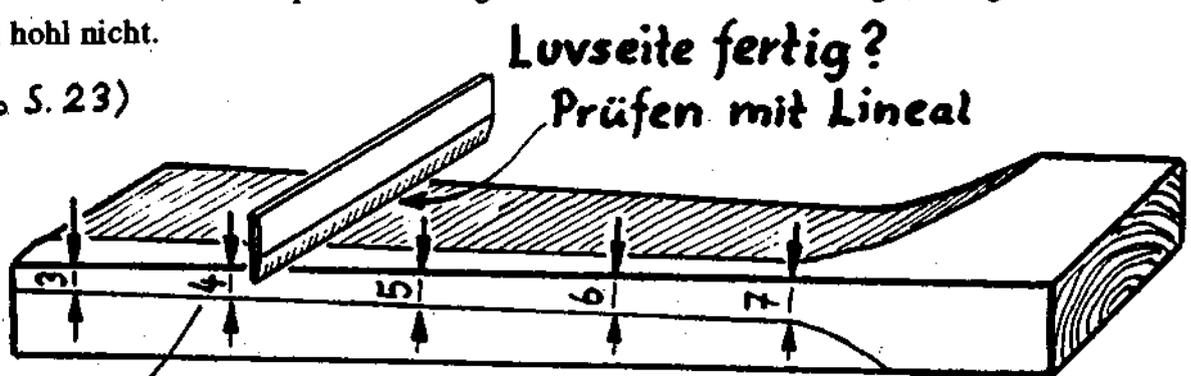
Die Profile sind so ausgelegt, daß alle anzuzeichnenden Linien (Luvseite, Hinterkante, Profilenasen - Linie) gerade sind.

Luvseite und Hinterkante anzeichnen:



Beim Vorhobeln genug Abstand von den Linien halten (besonders: Luvseite!), Feinarbeit bis an die Linien heran, Fläche quer zum Flügel muß eben werden! Ballig (= vorgewölbt) schadet, minimal hohl nicht.

(Photo S. 23)



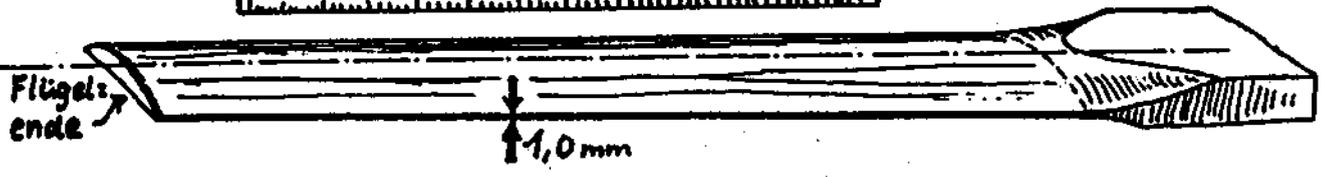
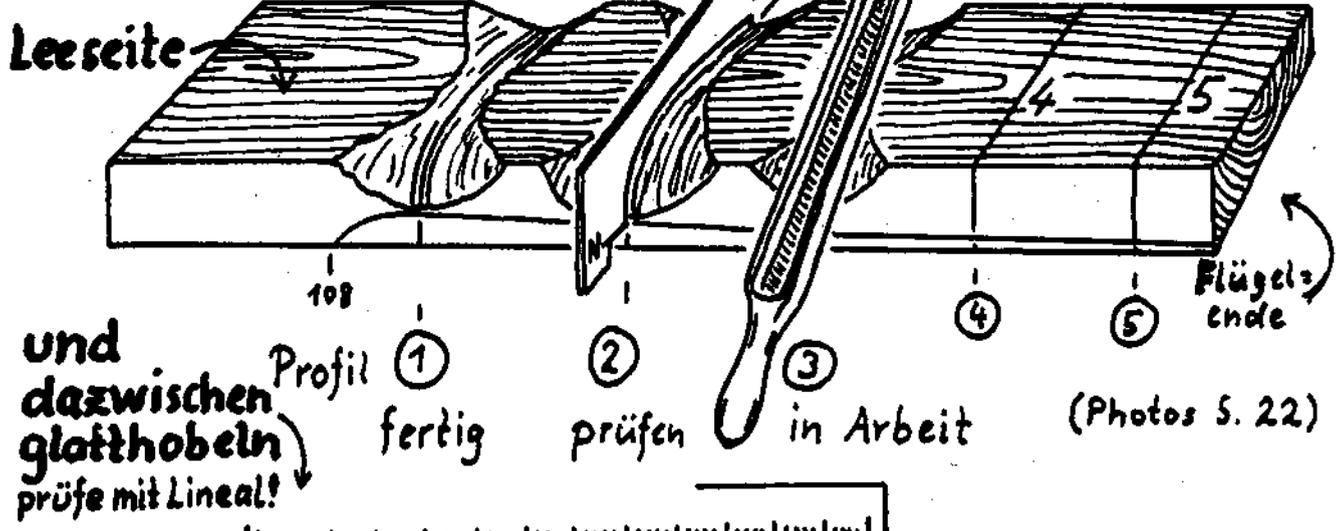
mm Abstand von Kante zur Luvseite bei Meßpunkt ⑤ ④ ③ ② ① 108 = Ende Übergang

### Profilnasen-Linie anzeichnen (gerade Linie?)

Die Meßpunkte sind die Stellen, an denen die Profilschablonen angelegt werden. Der Bereich jenseits der 108 - cm - Marke (in der Mitte der Breitseiten 106,5 cm!) darf nicht bearbeitet werden, die Flächen müssen zum Verleimen glatt bleiben. Zwischen Profil 1 (bei 101 cm) und der 108 - (bzw. 106,5) - cm - Marke das Profil in einem sanften Übergang auslaufen lassen, keinesfalls mit einer Ecke oder Kerbe (gibt Bruchstelle)! Gleichheit prüfen!

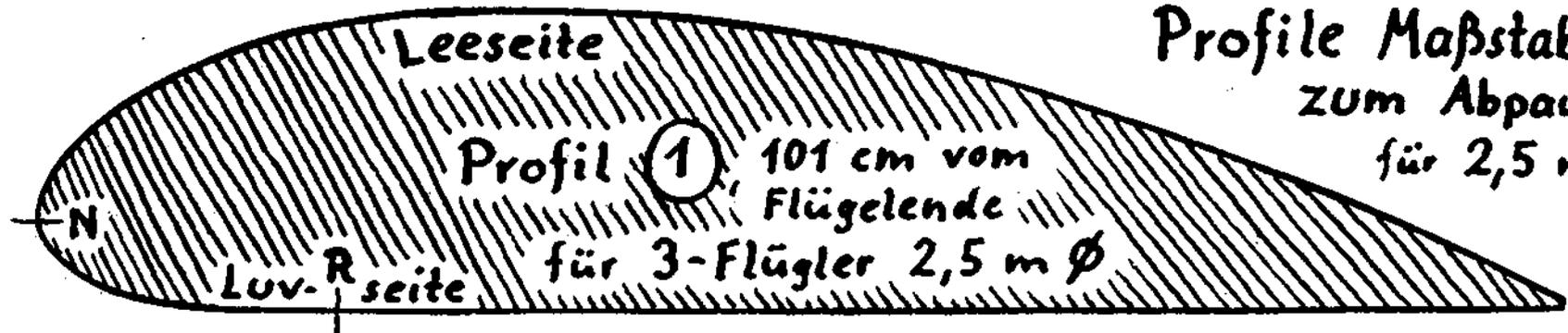
Profilschablonen herstellen (s. S. 14), Flügelblatt umdrehen, beim Bearbeiten der Leeseite aufpassen, daß das Profil weder längs noch quer zum Flügel Dellen oder Stufen kriegt (böser aerodynamischer Fehler). Nach dem Raspeln an den Meßpunkten geht alles mit dem Hobel (gerade Linien) bis auf bei Profil 1, wo der Übergang im Weg ist. Hobelst Du längs zum Flügelblatt, entsteht auch zwischen den Meßpunkten wie von selbst das richtige Profil. Gleichheit der Flügel prüfen!

### Profile raspeln

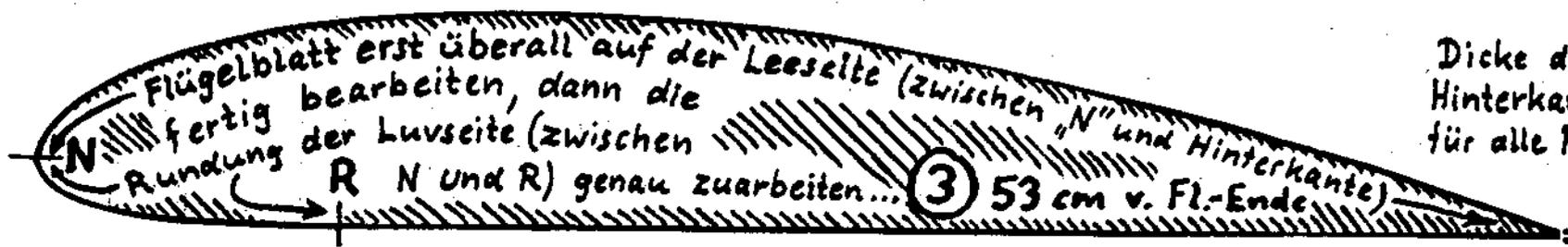


Am fertigen Flügel muß die Hinterkante genau 1 mm dick sein: Dicker macht zu viel Krach, dünner ist zu zerbrechlich.

Profile Maßstab 1:1  
zum Abpausen  
für 2,5 m  $\phi$ .

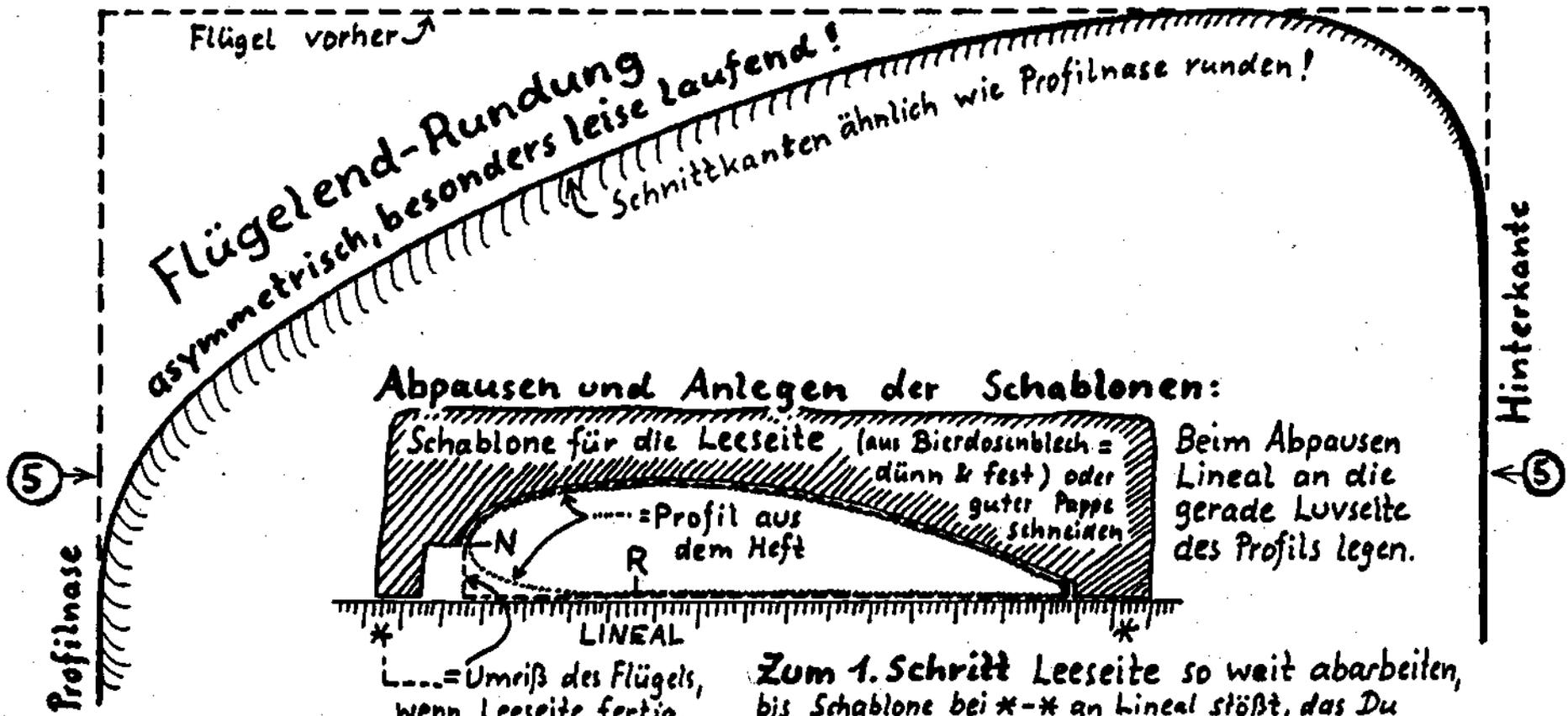


Für größeren Repeller- $\phi$   
maßstäblich vergrößern,  
z. B. mit „Stufenlos“-Kopier-  
gerät. z. B.: 3 m  $\phi$  =  
120% von 2,5 m  $\phi$ .

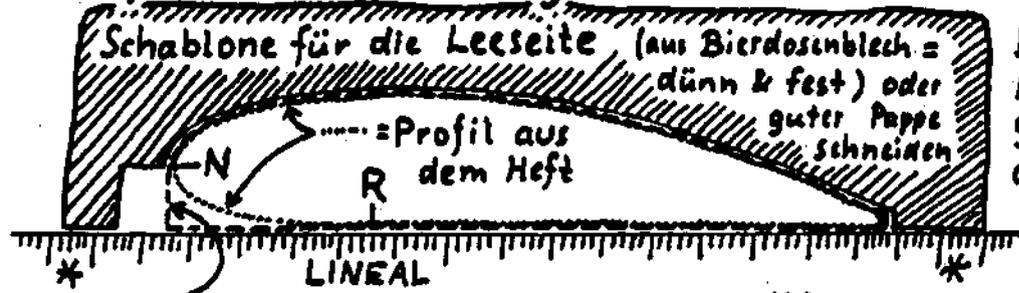


Dicke der Hinterkante:  
für alle Profile  
↓  
1 mm!





**Abpausen und Anlegen der Schablonen:**

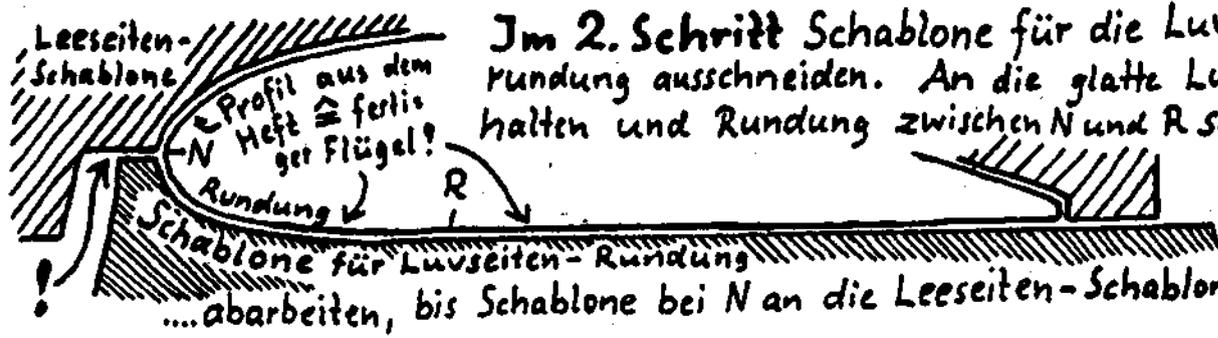


Beim Abpausen Lineal an die gerade Luvseite des Profils legen.

L--- = Umriss des Flügels, wenn Leeseite fertig.

**Zum 1. Schritt** Leeseite so weit abarbeiten, bis Schablone bei \*-\* an Lineal stößt, das Du gegen die glatte Luvseite des Flügels hältst.

⑤ = Hier war Meßpunkt 5.

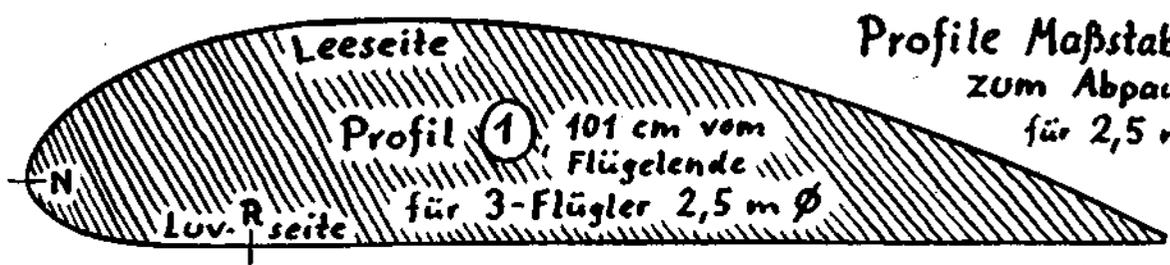


**Im 2. Schritt** Schablone für die Luvseiten-Rundung ausschneiden. An die glatte Luvseite halten und Rundung zwischen N und R so weit...

**3. Schritt: Hinterkante nacharbeiten: → Flügelform fertig!**

Flügelspitzen runden, Feinarbeit S.16.

Profile Maßstab 1:1  
zum Abpausen  
für 2,5 m  $\phi$ .



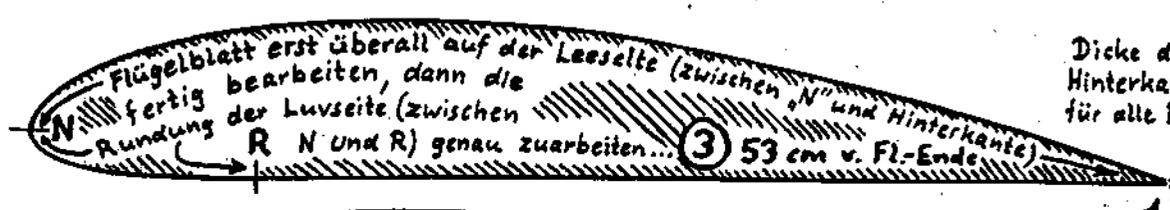
Profil ① 101 cm vom  
Flügelende  
für 3-Flügler 2,5 m  $\phi$

Für größeren Repeller- $\phi$   
maßstäblich vergrößern,  
z. B. mit „Stufenlos“-Kopier-  
gerät. z. B.: 3 m  $\phi$  =  
120% von 2,5 m  $\phi$ .



Schablonen stets außen um diese  
Linie herum passend zuschneiden,  
sonst wird das Profil  
zu dünn!

② 77 cm vom Flügelende  
← Wenn Luvseite (zwischen R und Hinterkante) eben,



Flügelblatt erst überall auf der Leeseite (zwischen N und Hinterkante)  
fertig bearbeiten, dann die  
Rundung der Luvseite (zwischen  
R N und R) genau zuarbeiten... ③ 53 cm v. Fl.-Ende

Dicke der  
Hinterkante:  
für alle Profile  
1 mm!



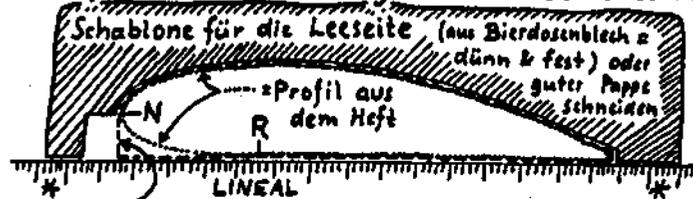
④ 29 cm v. Fl.-E. ... Zum Schluß Grate  
an der Hinterkante wegschmirgeln



⑤ 5 cm vom Flügelende

Flügel vorher  
**Flügelend-Rundung**  
asymmetrisch, besonders leise laufend!  
Schnittkanten ähnlich wie Profilnase runden!

**Abpausen und Anlegen der Schablonen:**



Beim Abpausen  
Lineal an die  
gerade Luvseite  
des Profils legen.

...=Umriß des Flügels,  
wenn Leeseite fertig.

Zum 1. Schritt Leeseite so weit abarbeiten,  
bis Schablone bei \*-\* an Lineal stößt, das Du  
gegen die glatte Luvseite des Flügels hältst.



Im 2. Schritt Schablone für die Luvseiten-  
rundung ausschneiden. An die glatte Luvseite  
halten und Rundung zwischen N und R so weit...

...abarbeiten, bis Schablone bei N an die Leeseiten-Schablone stößt.

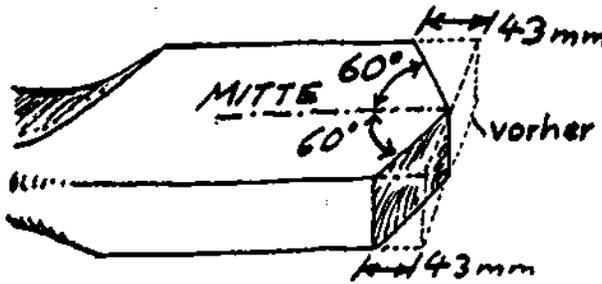
3. Schritt: Hinterkante nacharbeiten: → Flügel form fertig!

Flügelrücken runden, Feinarbeit S. 16.

⑤ = Hier war  
Messpunkt 5.

Jetzt vorsichtig die Luvseiten - Rundung an den Meßpunkten raspeln, dazwischen mit fein eingestelltem Hobel längs zum Flügel hobeln. Feine Form schmirgeln!

Flügelende nach Schablone formen, entstehende Kanten (dem Repellerprofil entsprechend) abrunden. Nabenseite zusägen, Gleichgewicht prüfen.



Nabenseite 60° abschrägen  
vorher (bei 15 cm Flügelbreite außen 43 mm)

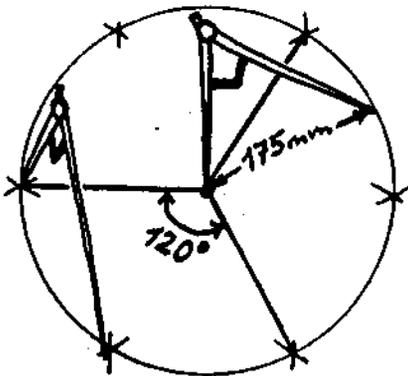
Alle bearbeiteten Flächen, wo noch nötig, schmirgeln: Kleinste noch fühlbare Hobelstriche stören das Profil. Endgültiges Herstellen der Gleichheit: Notfalls beim zu schweren Flügel das Profil großflächig dünner schmirgeln, aber unauffällig, d. h. die Profilform muß bleiben, keine Dellen! Schlankeres Profil nahe der Nabe stört die Aerodynamik kaum, nahe den Flügelspitzen stören schon kleinere Änderungen!

Bei ungleicher Schwerpunktlage ist die letzte "Schummel - Möglichkeit", den Flügel weiter herausstehend oder dichter zum Mittelpunkt geschoben einzuleimen, aber die Durchlüftung der Nabe (s. Zeichnung S. 16 ) muß bleiben. Sonst läßt durch feine Ritzen eindringendes Wasser den Repeller von innen vergammeln!

Verleime die Flügel nur mit Leim Güte B4 (= garantiert unterwasserfester Bootsleim). Leim Klasse B3 wird auch als "wasserfest" verkauft, löst sich aber schon nach 12 Std. Dauerregen auf!

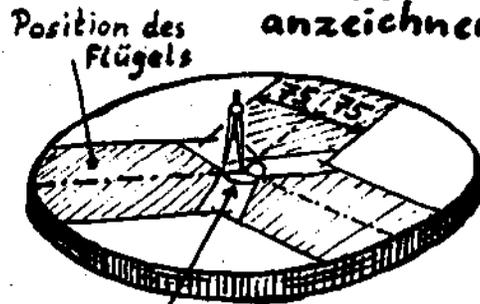
Die Sperrholzscheiben für die Nabe säge nur aus absolut wasserfestem Boots- oder Betonbausperrholz (Großbaustellen - Abfall), mind. 20 mm stark. Mit Zirkel anzeichnen, ebenso die 120° - Teilung, kleines Mittelpunktsloch bohren, Flügelposition aufzeichnen.

Scheiben-Ø und



3 Mittellinien der Flügel in genau 120° zueinander anzeichnen

Flügel-Umriss parallel zu den Mittellinien anzeichnen,

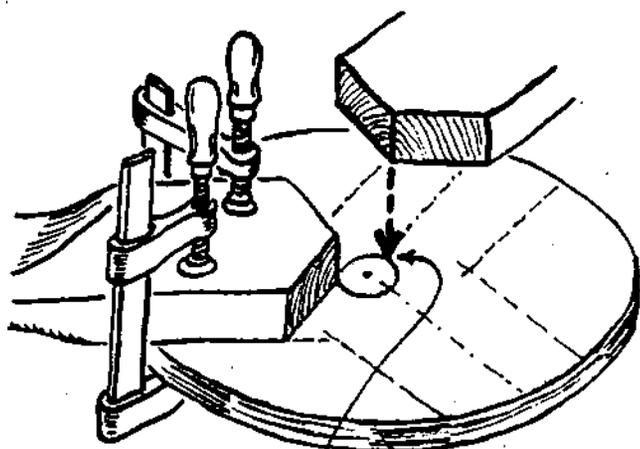


Mittelkreis 2 cm Ø bleibt frei! (Durchlüftung)

Flügel mit 1 cm Abstand von der Mitte (Lüftung!) an die 1. Scheibe ohne Leim festzwingen, Ausrichtung prüfen (Abstand der Flügelspitzen voneinander messen), mit Holzschrauben fixieren. Schrauben dabei so setzen, daß die Schraubenlöcher später für die durchgehenden Schrauben dienen können (s. Zeichnung S. 17 ). Das Ganze auf die 2. Scheibe leimen. Unbedingt Abfallbretter zwischen Zwinde und Scheibe bzw. Flügel legen, sonst gibt es nur eine punktweise Verleimung, außerdem die Flügel unterstützen, "Gefahr im Verzuge"!

Wenn ausgehärtet, 1. Scheibe abschrauben und ebenfalls aufleimen, Flügel dabei unterstützen. Außerdem die Zentrierscheiben zum Befestigen am Radlager (s. S. 24) aufleimen. Verleimungen der Flügel mit dünnen, durchgehenden Schrauben (M 6) mit großen U - Scheiben (!) sichern. Bohrungen für dicke Schrauben schwächen das Holz unnötig. Bedenke immer, wie das Holz bei Überlastung spalten würde: Nie 2 Schrauben in einer Linie der Flügel - Maserung und am Nabende des Flügels nicht zu weit seitlich. Schrauben und Bohrungen gut mit Leinölfirnis einstreichen, sie rosten dann nicht im Repeller.

### Flügel festzwingen,

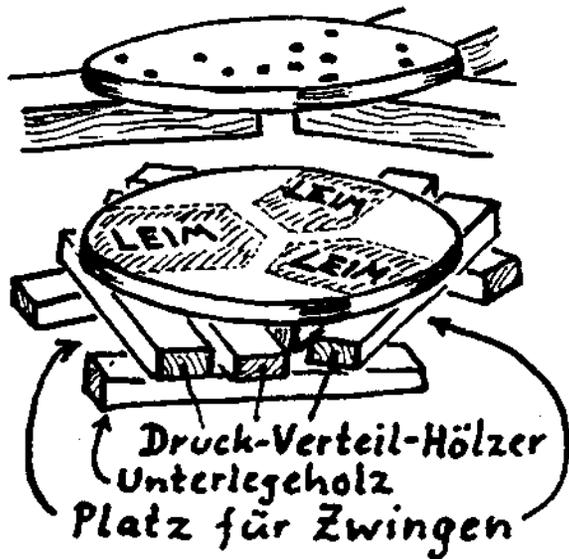


1 cm Luft zum Mittelpunkt!

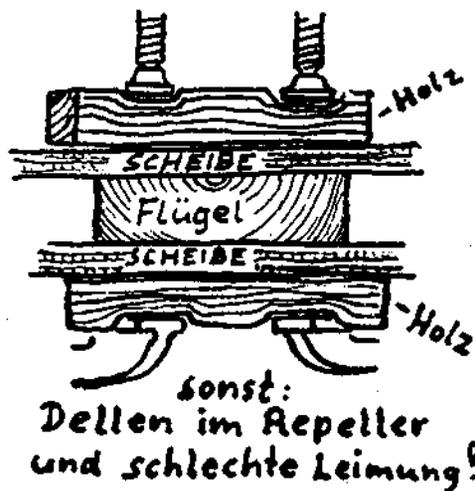
### Repeller umdrehen, Ausrichtung prüfen, mit Schrauben sichern.



### Fixierte Flügel auf 2. Scheibe leimen:



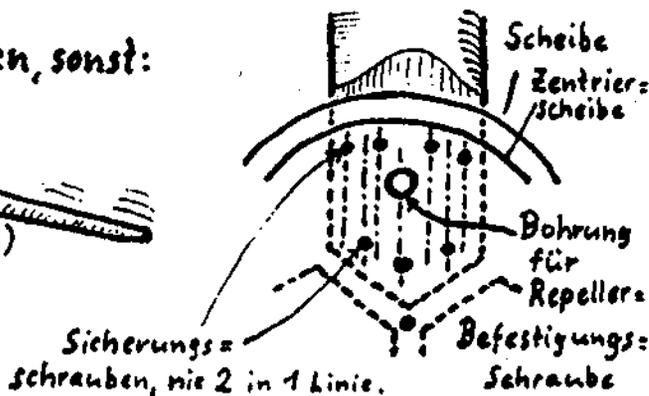
### Zwingen-Druck verteilen!



### Flügelenden unterstützen, sonst:

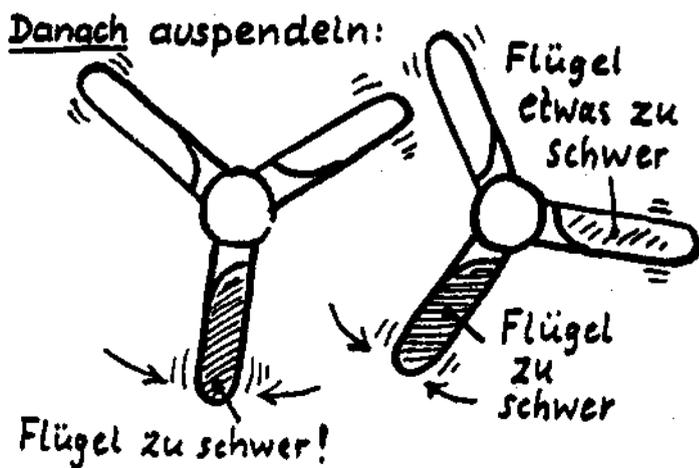
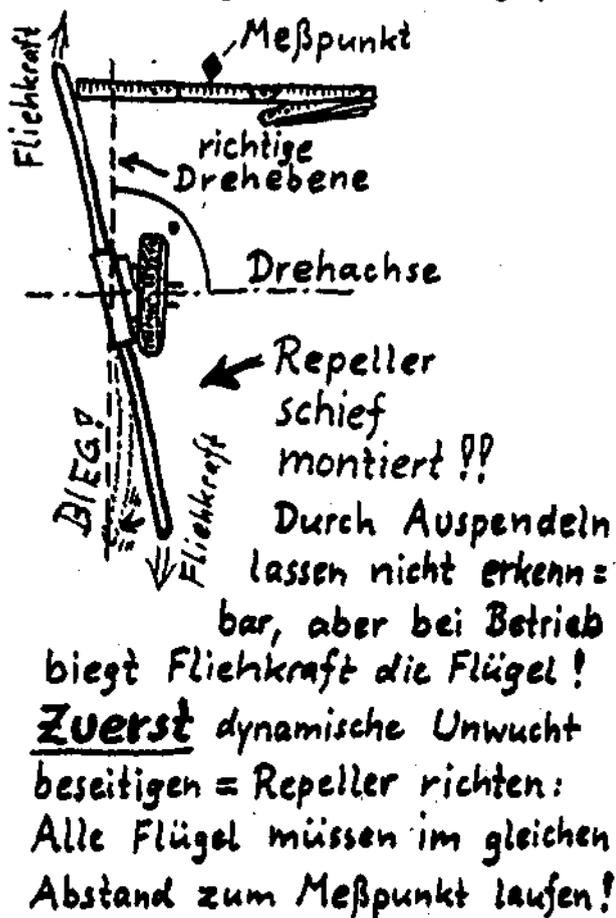


Folge: nach dem Leimen verzogen!



# 3) Repeller „dynamisch“ und „statisch“ auswuchten!

Vor dem Fertigschleifen und Lackieren Repeller probeweise an der Felge montieren, damit wir das Gleichgewicht und dynamische Unwucht kontrollieren können. Dafür Radlager leichtgängig machen: öffnen, altes Fett 'raus, Nähmaschinenöl 'rein, wieder zusammenbauen. Gleichgewicht durch Schmirgeln und evtl. zusätzliche Lackschichten herstellen, nur notfalls durch Ausgleichgewichte (Schrauben mit Unterlegscheiben in den Sperrholzscheiben stets auf beiden Seiten, sonst trotz genauer Ausrichtung dynamische Unwucht!)



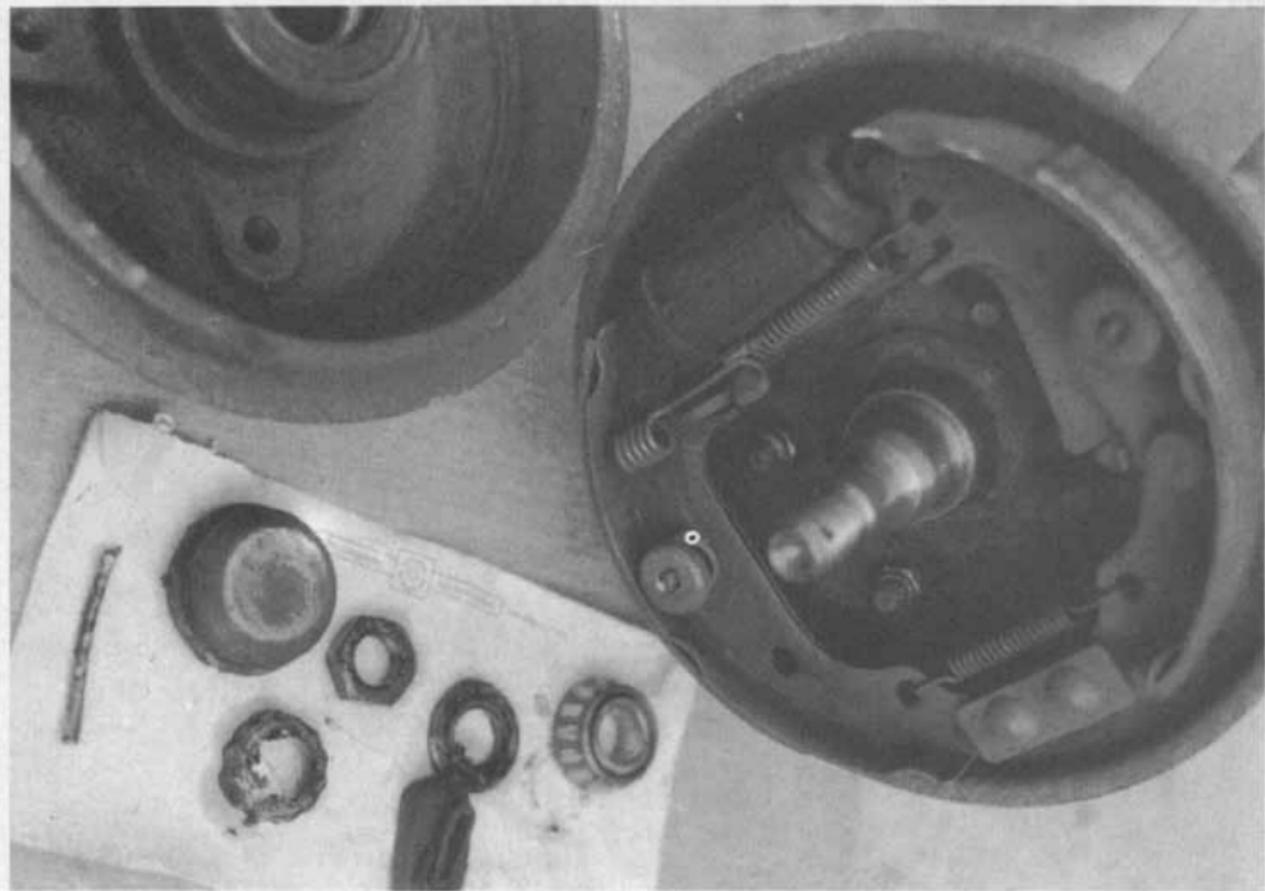
Pendelt der Repeller von selbst in eine bestimmte Stellung? Große Unwucht. Anstoßen: wie bleibt er stehen? Markieren. In anderer Drehrichtung anstoßen: ebenso? Noch eine kleine Unwucht. Wie viel? Wäsche klammern an leichte Flügel klemmen und probieren, ob Gleichgewicht.

Dreht sich der Repeller, trotz der schön zur Felge passenden Sperrholzscheiben, nicht genau in einer Ebene (dynamische Unwucht!) hilft ein Gummistreifen zwischen Sperrholzscheibe und Felge. Vor der Endmontage Radlager wieder neu fetten und sorgfältig einstellen.

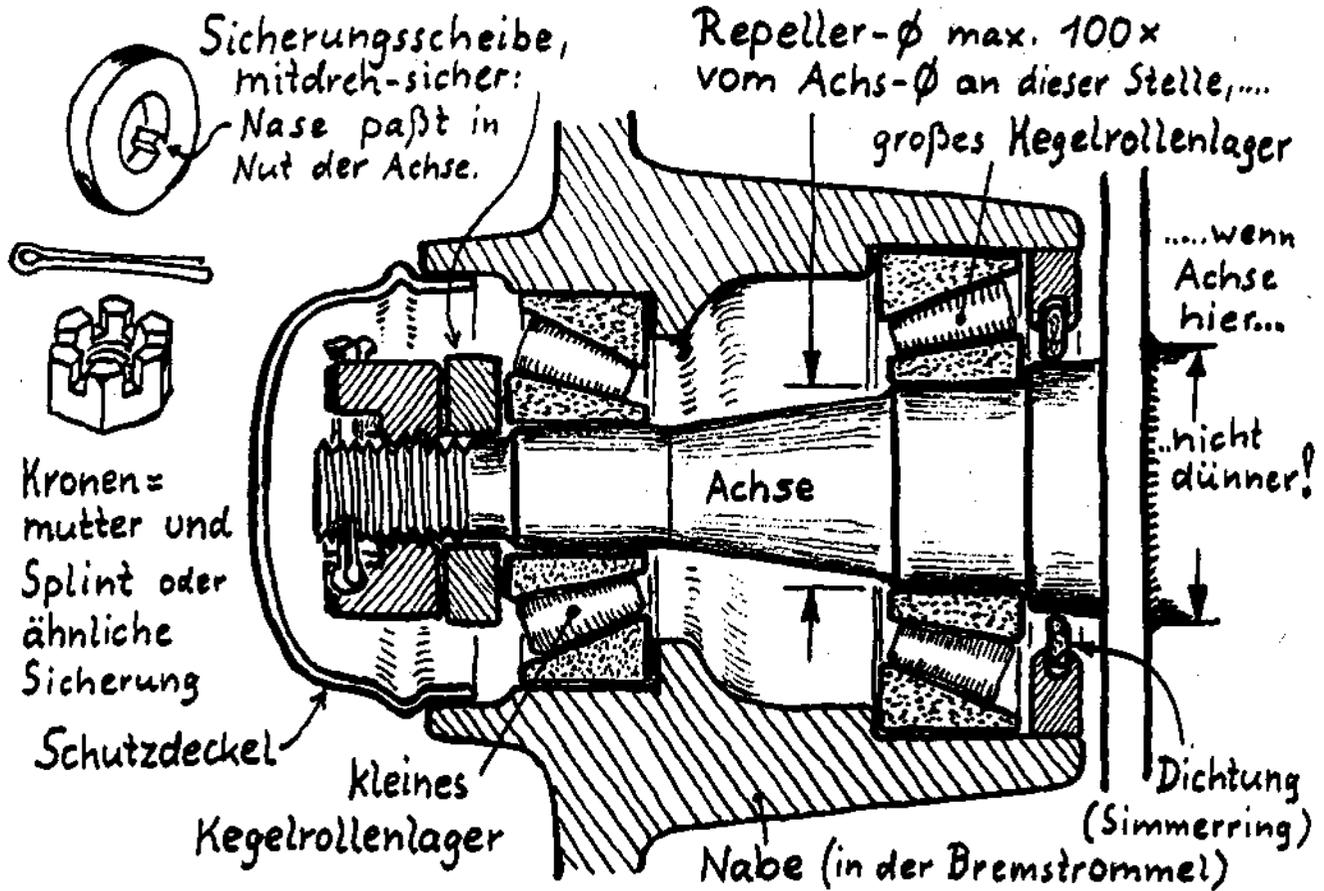
Erst oben auf dem Mast schraube die Felge endgültig fest an die Bremstrommel, dann den Repeller an die Felge.

## Auseinander- und Zusammenbau des Radlagers:

Zum Öffnen Schutzkappe abhebeln, Sicherungssplint rausziehen, Mutter(n) abschrauben, an der Bremstrommel ziehen (oder beidseitig gleichmäßig hebeln), Bremstrommel zieht das kleine Lager von der Achse. Großes Lager bleibt, je nach Aufbau, auf der Achse oder in der Bremstrommel. Lagerteile gut säubern, sehr sauber halten, mit Heizöl o.ä. leichtgängig machen, mit Kugellagerfett für den Betrieb schmieren. Montage umgekehrt, Sicherungsscheibe keinesfalls vergessen! Festziehen, bis kein fühlbares Spiel mehr, aber noch ganz leichtgängig. Achtung! Auf die Bremsbeläge darf nie Öl oder Fett kommen, geht nicht mehr raus, ölige Bremsbeläge bremsen nicht mehr!



Links oben: Bremstrommel, unten v.li.: Splint, Schutzkappe, Mutter u. Sicherungskrone (hier getrennte Teile), Sich.-Scheibe, kl. Lager. Rechts: Achse mit Bremse.



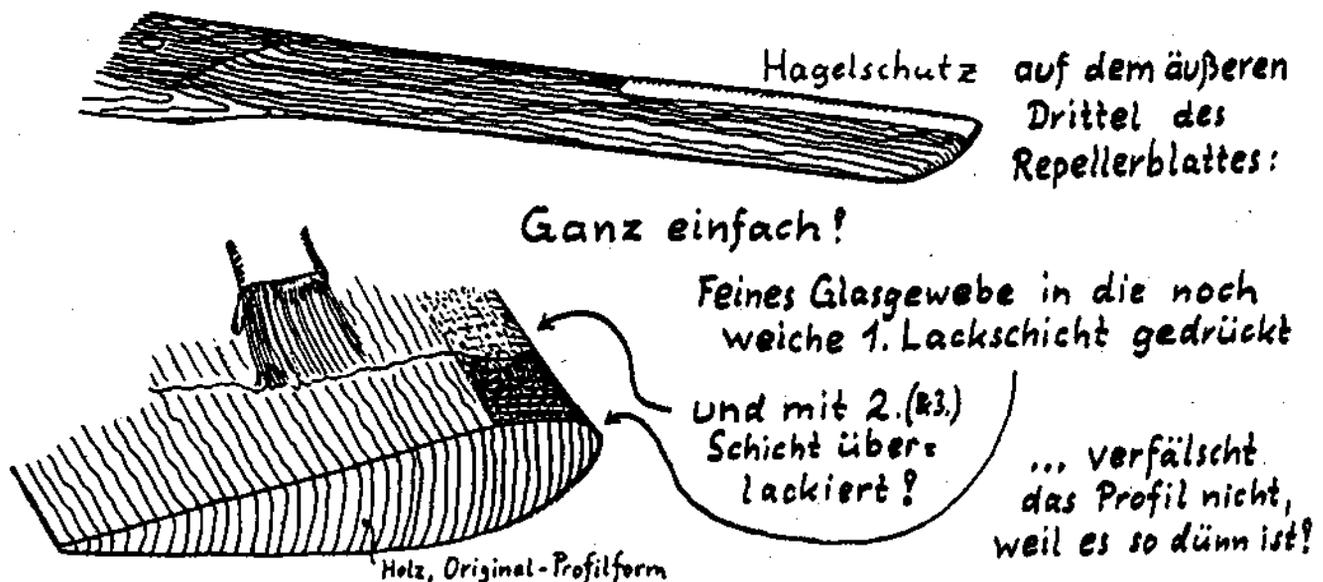
# Repeller schmirgeln, Hagelschutz, Lack:

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 imprägniert werden, aber bitte nicht mit irgendwelcher Chemie, sondern tränke das Holz mit Leinölfirnis und wische den Überschuß, der nicht aufgesaugt wurde, rechtzeitig ab. Nach mindestens einer Woche Wartezeit kann Bootslack drauf. Trage jede Lackschicht dünn auf, eine dicke Schicht würde rau und kaum haltbar. Zwischendurch immer mindestens 3 Tage warten, dann ganz fein schmirgeln, damit die folgende Schicht absolut glatt wird.

Beim Lackieren müssen wir den Hagelschutz anbringen:



Der Repeller läuft schnell, bei Windstärke 7 können die Flügelspitzen mit 200 bis 300 km/h die Luft durchschneiden. Treffen sie mit dem Wahnsinnstempo gegen Hagelkörner, sind die Vorderkanten bald ramponiert. Auf die Dauer würde sogar Regen schaden.

Drücke in die klebrige 1. Lackschicht eine Lage feines Glasgewebe. Es muß sehr glatt gewebt sein, etwa wie Bettlaken. Gibt's im Flugmodellbau - Bedarf. Trocknen lassen. Die 2. Lackschicht durchtränkt und festigt alles. Gut trocknen lassen, evtl. vorstehende Fasern abschmirgeln, 3. Lackschicht drauf. Das ist Öko-er, viel leichter zu verarbeiten und besser reparierbar als Methoden mit Kupferfolie oder ekelchemostinkendem Glasfaser - Kunstharz!

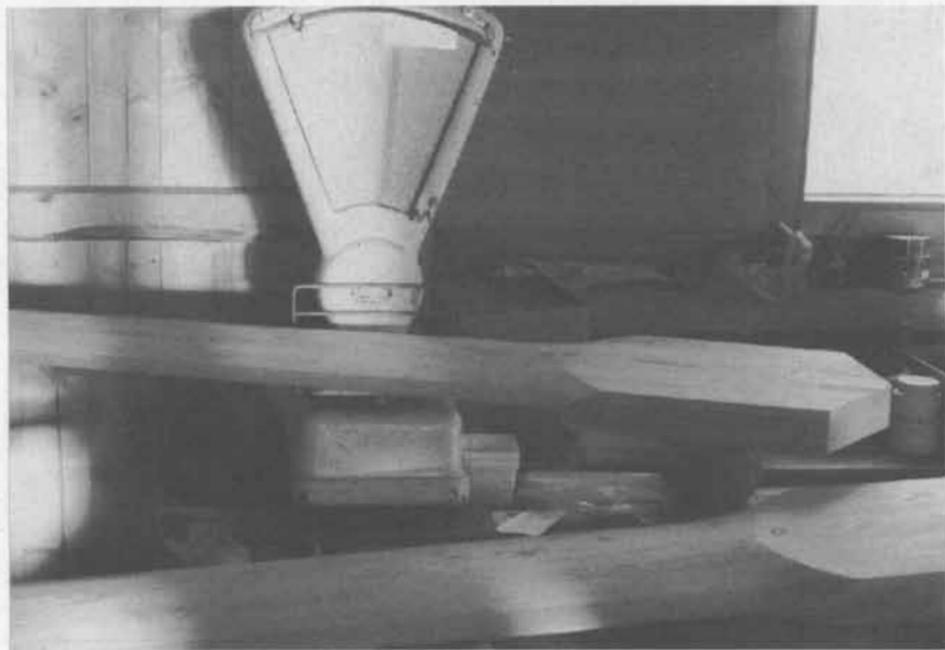
Lackiere in einem trockenen, möglichst auch warmen und staubfreien Raum mit einem Haarpinsel oder sehr weichen, flachen Borstenpinsel. Auch das Firnissen und Lackieren kann das Gleichgewicht durcheinanderbringen, zur Korrektur stellenweise eine zusätzliche Lackschicht aufbringen.

Lack auf Ölbasis ist wesentlich besser als Kunstharz- oder PU - Lacke, er geht beim Arbeiten des Holzes mit und neigt nicht zum Aufplatzen, was z.B. bei Fensterrahmen die typischen Verwitterungs- und Gammelecken entstehen läßt.

Bei Unwettergefahr sollten wir das Windrad lieber stilllegen, dann brauchen wir nur alle 1 - 2 Jahre Lackschäden auszubessern.



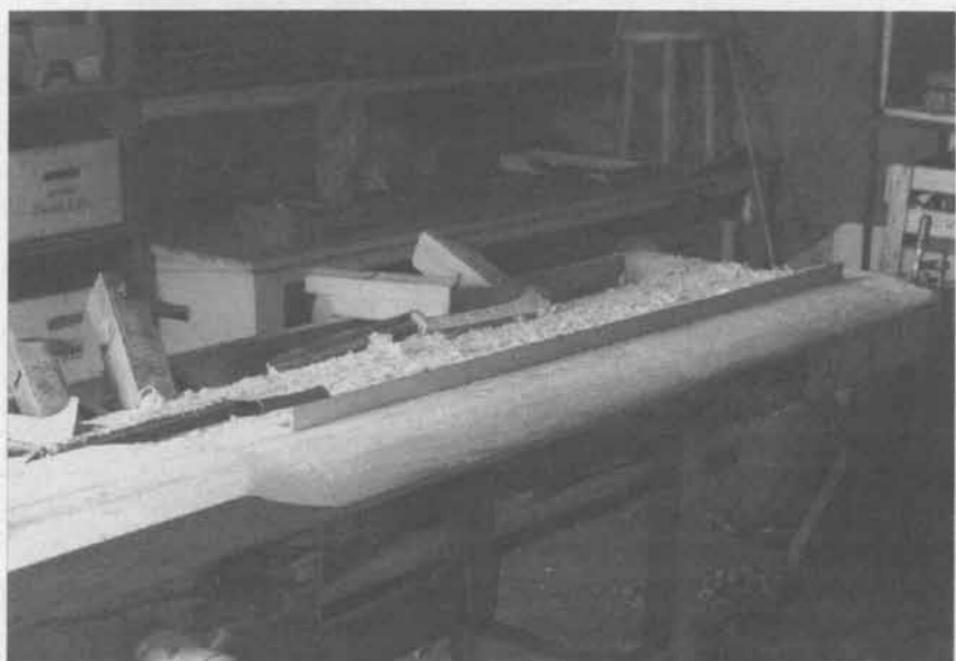
Flügel aus selbstgemachtem Blockleimholz: rechts roh, links fertig



Zwischen allen Arbeitsgängen Schwerpunkt <sup>↑</sup> hier auf -Eisen- suchen und wiegen!



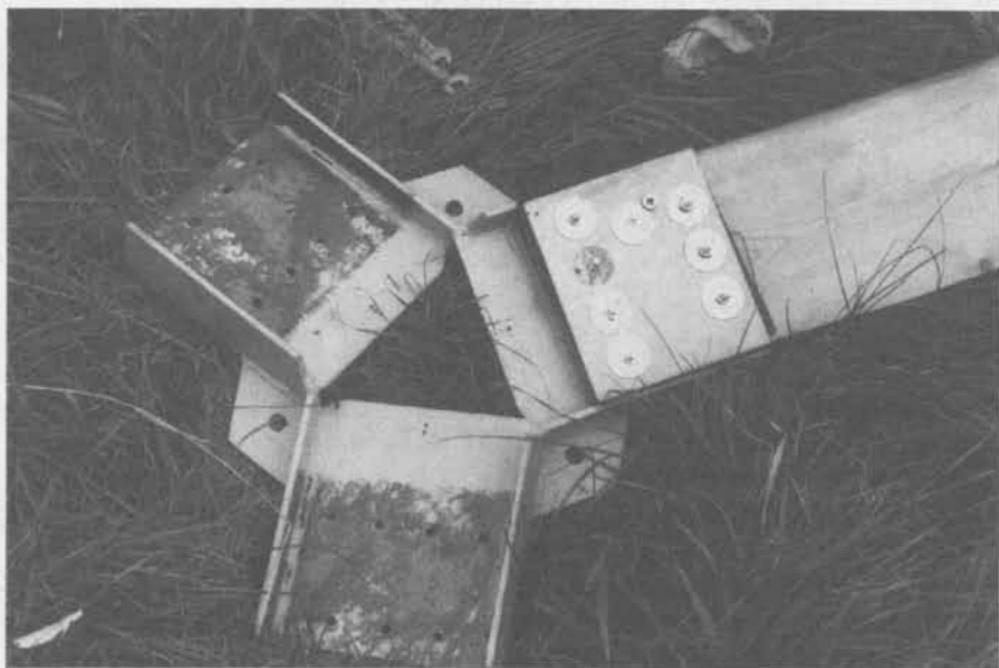
*Nach grober Vorarbeit Raspeln der Leeseitenprofile an den 5 Meßpunkten*



*Leeseite zwischen den Meßpunkten geradehobeln, prüfen mit Lineal*



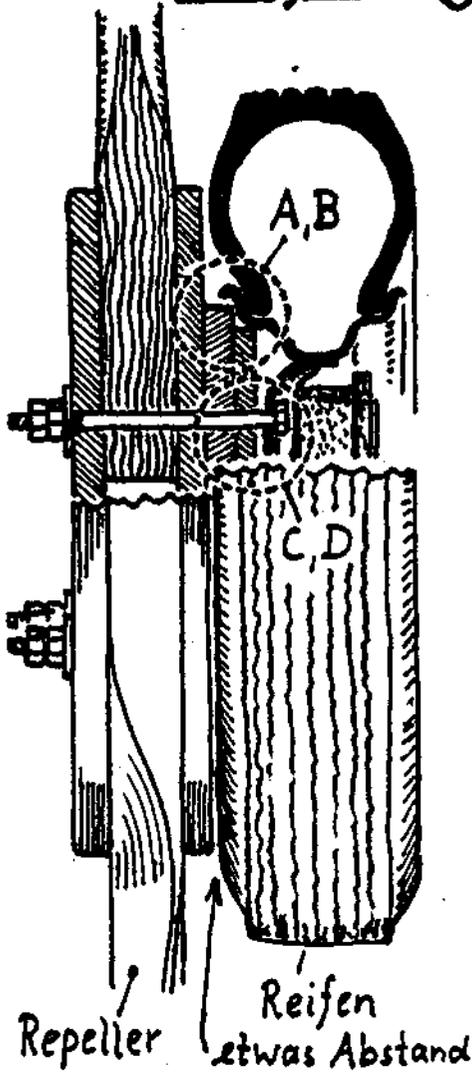
*Luvseiten-Schrägstellung mit Schrupphobel und Doppelhobel herstellen*



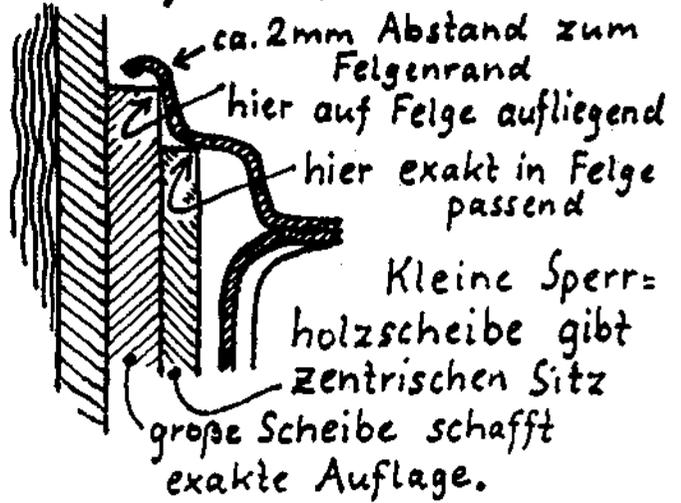
*Variante für Metallbauer: Eiserne Nabe mit 5° Anstellwinkel für Flügel mit unbearbeiteter Luvseite ergibt sehr einfache, zerlegbare Repeller.*

# Befestigung des Repellers

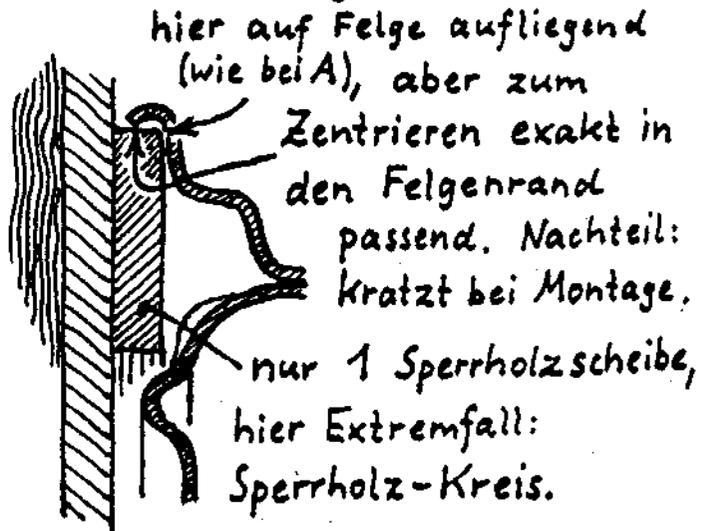
24



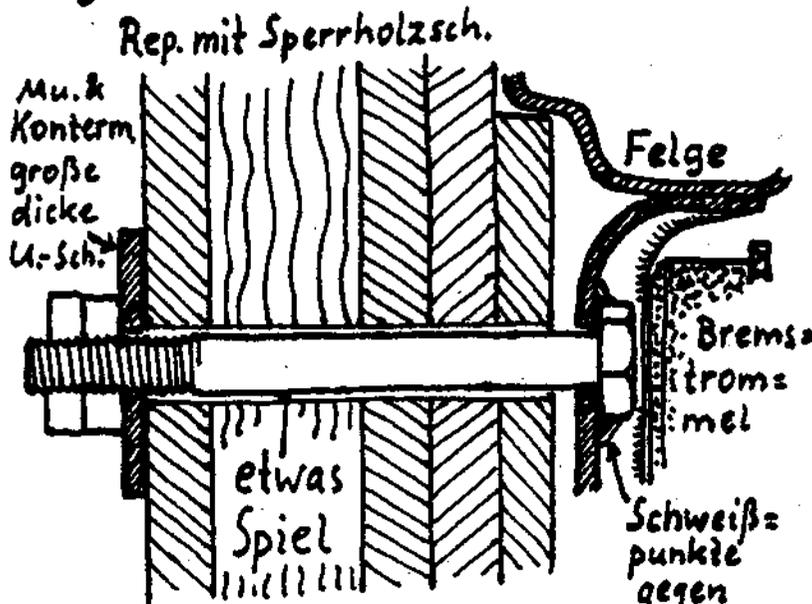
**A: ideal, wenn genug Platz:**



**B: wenn zu wenig Platz:**

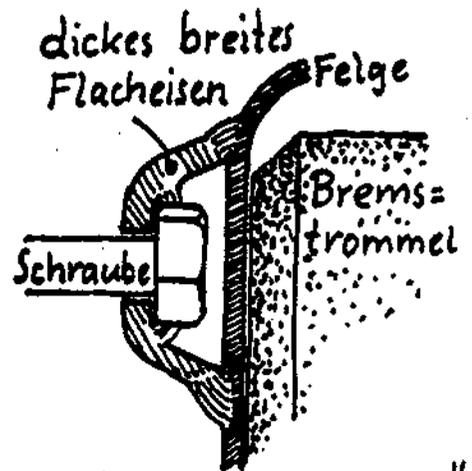


**C: gut & einfach, wenn Platz:**



Schraube durch Felge durchgehend.

**D: Notlösung:**



„Schrauben-Halter“ supersorgfältig an Felge geschweißt.

Der Repeller muß genau mittig sitzen (sonst Ungleichgewicht) und so aufliegen, daß die Felge genau in einer Ebene um die Drehachse stehen (sonst dynamische Unwucht!). Er soll beim Anschrauben "von selbst" in die richtige Position kommen, Ausrichten erst bei der Montage oben auf dem Mast wäre zu mühsam. Zum Reifen soll der Repeller mind. 1/2 cm Abstand haben, sonst sammelt sich Wasser dazwischen (gammelt...).

Die Felge sitzt zentrisch auf der Bremstrommel. Der Teil der Felge, der den Reifen trägt, ist damit auch zentrisch und in einer Ebene zur Drehachse. Also sitzt der Repeller richtig, wenn er genau dort an der Felge anliegt. Dafür sägen wir 2 kreisrunde Scheiben aus Betonbau - Sperrholz, die zur Felge passen (s. Zeichn. A), leimen und schrauben sie mittig auf den Repeller.

Viele Felgen sind aber über der Bremstrommel so stark gewölbt, daß die kleine innen unter dem Reifensitz anliegende Sperrholzscheibe keinen Platz hätte. Da müssen wir mit nur einer Scheibe auskommen (s. Zeichn. B), die außen am Reifensitz aufliegt zum Ausrichten in der Drehebene und genau in den Felgenrand paßt zum Zentrieren. Nachteile: Der Felgenrand ist nicht so genau gearbeitet wie der Reifensitz und die Kante kratzt an der Sperrholzscheibe. Zum Schutz beschlage den Scheibenrand mit einem Streifen verzinktem Blech (wie ein hölzernes Wagenrad).

Die Befestigungsschrauben zentrieren den Repeller nicht, sie halten ihn "nur" fest: sie sind für die Sicherheit extem wichtig, dürfen keinesfalls zu schwach sein. Für Repeller 2,5m  $\varnothing$  3 Stck. M12, für Repeller 4m  $\varnothing$  mind. M16, auf jeden Fall Güte 8G (=8.8) mit glattem Schaft! Je weiter außen die Befestigungspunkte, umso sicherer die Verbindung.

Meistens hat die Felge an passenden Stellen Ausbuchtungen, so daß der Schraubenkopf zwischen Felge und Bremstrommel reichlich Platz hat (Zeich. C). Hier Felge durchbohren, Schrauben durchstecken, Kopf z.B. mit 3 Schweißpunkten gegen Mitdrehen sichern. Nicht ringsum schweißen! Schweißnaht schwächt Material der Felge, Schraube könnte samt dem Stück Felge herausreißen!

Hat die Felge keine passenden Ausbuchtungen, biege aus breitem Flacheisen (z.B. 5x40...6x50, stabiler als Schraube!) passende Halter, Loch durch, Schraube durch, Kopf sichern (s.o.!) und Halter auf die Felge schweißen. Die Breite des Flacheisens ermöglicht je zwei längere Nähte, die die Kraft auf die Felge verteilen. Bei guter Ausführung reißt der Halter nicht ab. Sonst wäre es supergefährlich!

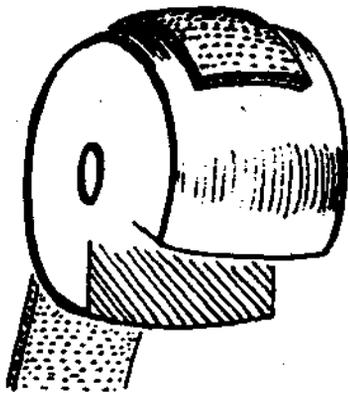
Die Schrauben sollen etwas Spiel in den Bohrungen im Repeller haben, sonst läßt er sich nur mühsamst montieren. Bei Endmontage Repellerschrauben und Bohrlöcher mit Leinölfirnis dick einpinseln gegen Vergammeln. Auf den Repeller dicke, sehr große Unterlegscheiben legen (mind. 4 cm  $\varnothing$ ), Muttern festziehen und mit Kontermuttern sichern!

## Bau des Getriebes

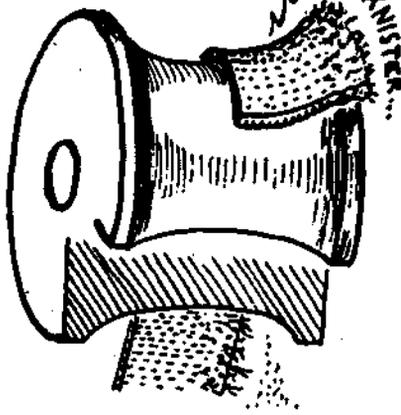
Bei Windrädern dieser Größe kommt man (außer mit superteuren Spezialgeneratoren) ohne Übersetzung nicht aus. Ein Übersetzungsgetriebe muß aber leise laufen, dauerhaft und wetterfest, leicht zu finden oder leicht zu bauen sein - vor allem bei Schwachwind - besonders leichtgängig sein. Nach Jahren von Experimenten erwies sich der altbewährte Flachriemenantrieb besonders in dieser trickreich einfachen Ausführung als beste Lösung. Einzige Probleme: Festfrieren bei Windstille und Eisregen, Blockieren bei Windstille und viel Schnee, Raubreif macht nichts. Lösung: Windrad kurz von Hand drehen und alles ist wieder gut, ca. 2x im Jahr nötig.

Flachriemen laufen immer auf die dickste Stelle der Riemenscheibe, also muß die Riemen-

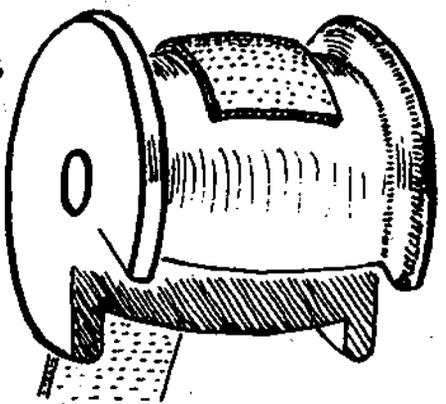
scheibe ballig wie ein Faß sein. Bei sehr verschieden großen Riemenscheiben wie bei der Übersetzung hier reicht es, wenn die große Riemenscheibe ballig ist. Die kleine kann zylindrisch sein. Ein Blick auf den Schrott: Jeder aufgepumpte Autoreifen hat eine ballig gewölbte Lauffläche! Da liegt also schon die große Riemenscheibe fertig herum.



**Ballig (wie Faß):**  
Riemen läuft stets zur dicksten Stelle, also zur Mitte. Aber: Völlig schlaffer Riemen kann abrutschen.



**Hohl (wie Felge):**  
Riemen läuft zum Rand, klettert daran hoch, Riemenrand zerfetzt oder Riemen läuft ab.

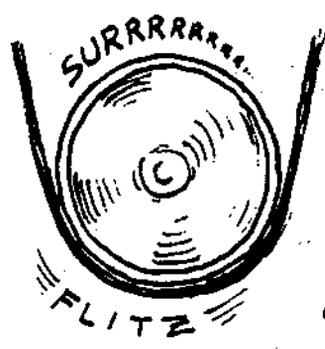
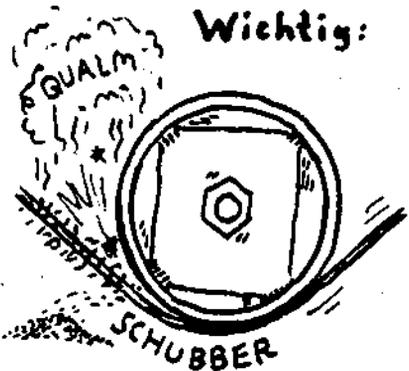


**Ballig mit Randscheiben:** Schlaffer Riemen kann nicht abrutschen. Riemen läuft bei Betrieb zur Mitte, Riemen kann nicht über den Rand klettern.

**Flachriemenscheiben** müssen „ballig“ sein, aber nicht zu stark, sonst liegt der Riemenrand nicht auf und überträgt keine Kraft.

Räder von französischen Autos sind oft besonders günstig, sie haben 3 - Loch - Felgen, passend zu 3-Flügel-Repellern. Raddurchmesser bis ca. 1/5 vom Repeller - Ø. Achse stark genug für den Repeller! Für große Repeller reichen große PKW-Räder nicht, z. B. mußte ich für das 4m Ø-Windrad die Achse von einem landwirtschaftlichen Anhänger nehmen (war Vierkantstahl 4 x 4cm massiv). Richtwert: Achs - Ø mindestens 1/100 Repeller - Ø, s.S. 19.

Die kleine Riemenscheibe allerdings müssen wir selbst machen. Nicht schwierig, denn sie braucht nicht einmal exakt rund zu sein. Die Genauigkeit von alten Wasserrohren reicht. Mit Glück finden wir eine LiMa-Keilriemenscheibe und ein Stück Rohr, was darauf paßt. Zusammenschweißen, fertig. Sonst machen wir sie ganz selber.



Je weiter der Riemen die Scheibe umschlingt, umso mehr Berührfläche, umso mehr Kraft ohne Durchrutschen übertragbar oder umso schlaffer darf der Riemen sein!

**SCHLECHTE ..... GUTE KRAFTÜBERTRAGUNG**

Natürlich überträgt der Riemen umso mehr Kraft, je weiter er die Scheibe umschlingt!

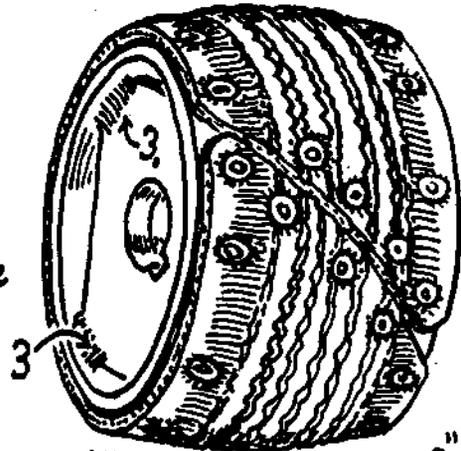
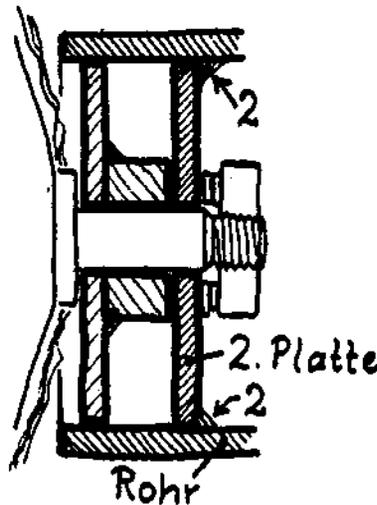
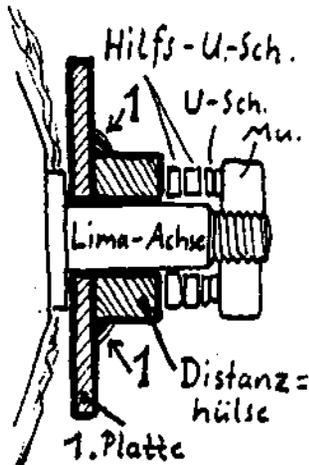
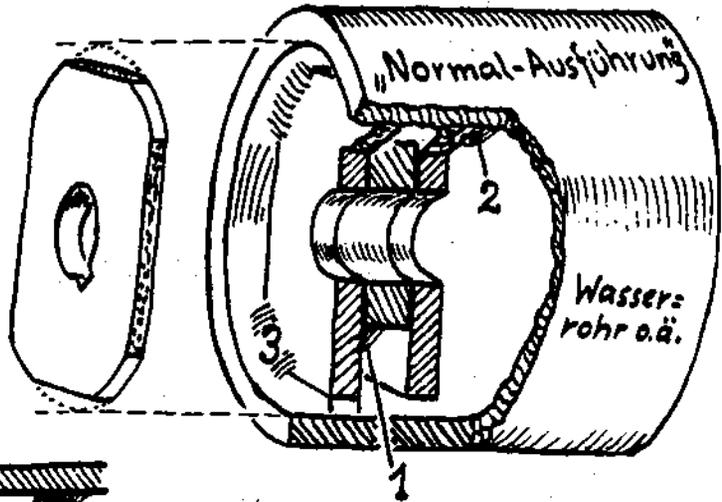
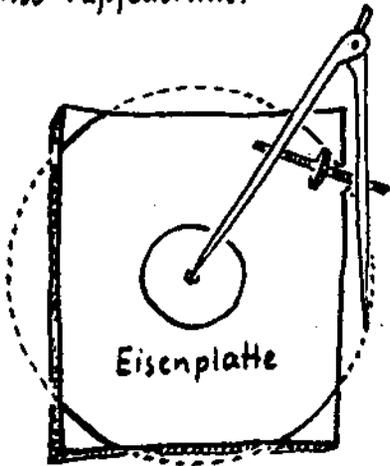
Material: Stück Rohr, Länge 1 cm über Reifen-Laufflächen-Breite. 1 Eisenplatte mind. 8 mm dick, besser 2 Platten 4 - 6 mm dick. Distanzhülse(n) mit Nut für Paßfeder von früherer LiMa - Riemenscheiben - Befestigung.

### Bau der kleinen Riemenscheibe:

Lima-Achs- $\phi$  u. Rohr-Innen- $\phi$  exakt anzeichnen, Achsloch bohren & genau passend feilen, ebenso Paßfedernut.

Ecken absägen/feilen, stramm passend ins Rohr.

So zusammensetzen (1,2,3 = Schweiß-Reihenfolge. Distanzhülse möglichst lang, aber Platten müssen noch voll auf dem glatten Stück Achse sitzen?)



Abdeckung? Lima unbedingt z.B. mit nasser Pappe gegen hereinfliegende Funken schützen!

1. Platte u. Distanzhülse auf Lima-Achse, Mutter fest!, Naht 1 stückweise schweißen. Hilfs-U-Sch. weg, 2. Platte drauf, Mutter fest, Rohr draufstecken, prüfen, ob nicht eiert, Heftpunkte bei 2, nochmal prüfen, Nähte 2. Mutter ab, alles von Lima abziehen, möglichst nichts verwackeln, statt Limaachse Schraube durch, Heftpunkte bei 3. Wieder auf Lima, Lauf prüfen, evtl. nachbessern, Nähte 3 schweißen. Eiern um ca. 1mm macht nichts.

- falls Riemen bei Vollast rutscht, von altem Fahrrad- oder Schubkarrenreifen Streifen ums Rohr, mit „Popnieten“ fest. Nieten nicht vorstehend, Fuge schräg. Oder Stück ganz großen Kühlerschlauch (Rarität) draufschieben.

Als Treibriemen dient kein uralt - steifer Transmissionsriemen, sondern ein superleicht biegsamer und dennoch äußerst zugfester Auto - Sicherheitsgurt, aus wetterfestem Kunstfasergewebe, überall im Schrott zu finden. Die Verbindungsnaht nähen wir sorgfältig mit Kunstfaser - Nähgarn und die auf den ersten Blick schlechtere Art ist die wesentlich bessere: hier zerrt zwar alle Last an einer Naht, aber die können wir beliebig kräftig nähen und die Fäden laufen nie auf der Riemenscheibe. Sollte sie dennoch reißen, sind noch die Reservenähte da. Der Riemen wird zwar vielleicht 1 cm lockerer, aber das Windrad läuft weiter...

(Photo S. 32)



Nähte wetzen durch!

Stufe stoppt beim Anlauf!

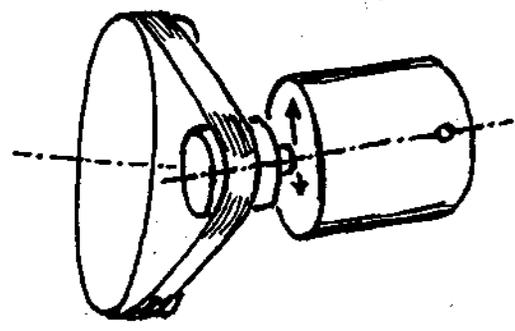


Reservenähte Belastete Naht

Läuft ohne Stocken!

Beim Flachriemenantrieb sehr wichtig: Beide Achsen genau parallel zueinander einstellbar, sonst läuft der Riemen immer zum Rand der Riemenscheibe und leicht ab, Riemen spannen nützt nichts. Daher schraube den Generator in 2 um 90° versetzten Langlöchern fest:

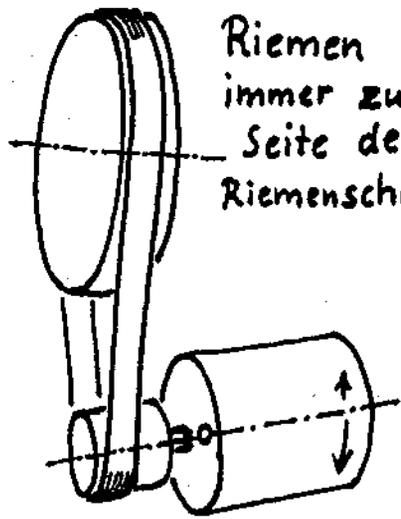
### Von unten gesehen:



Riemen läuft je nach Drehrichtung zum einen oder anderen Rand der Riemenscheiben:

Ausrichten quer zum Riemenzug nötig, Einstellmöglichkeit zweckmäßig auf der Riemen-seite.

### von der Seite gesehen:



Riemen läuft immer zu einer Seite der Riemenscheiben:

Ausrichten längs zum Riemenzug nötig, Einstellmöglichkeit auf der riemenabgewandten Seite, weil stabiler und weniger störend für die Riemen-spannung.

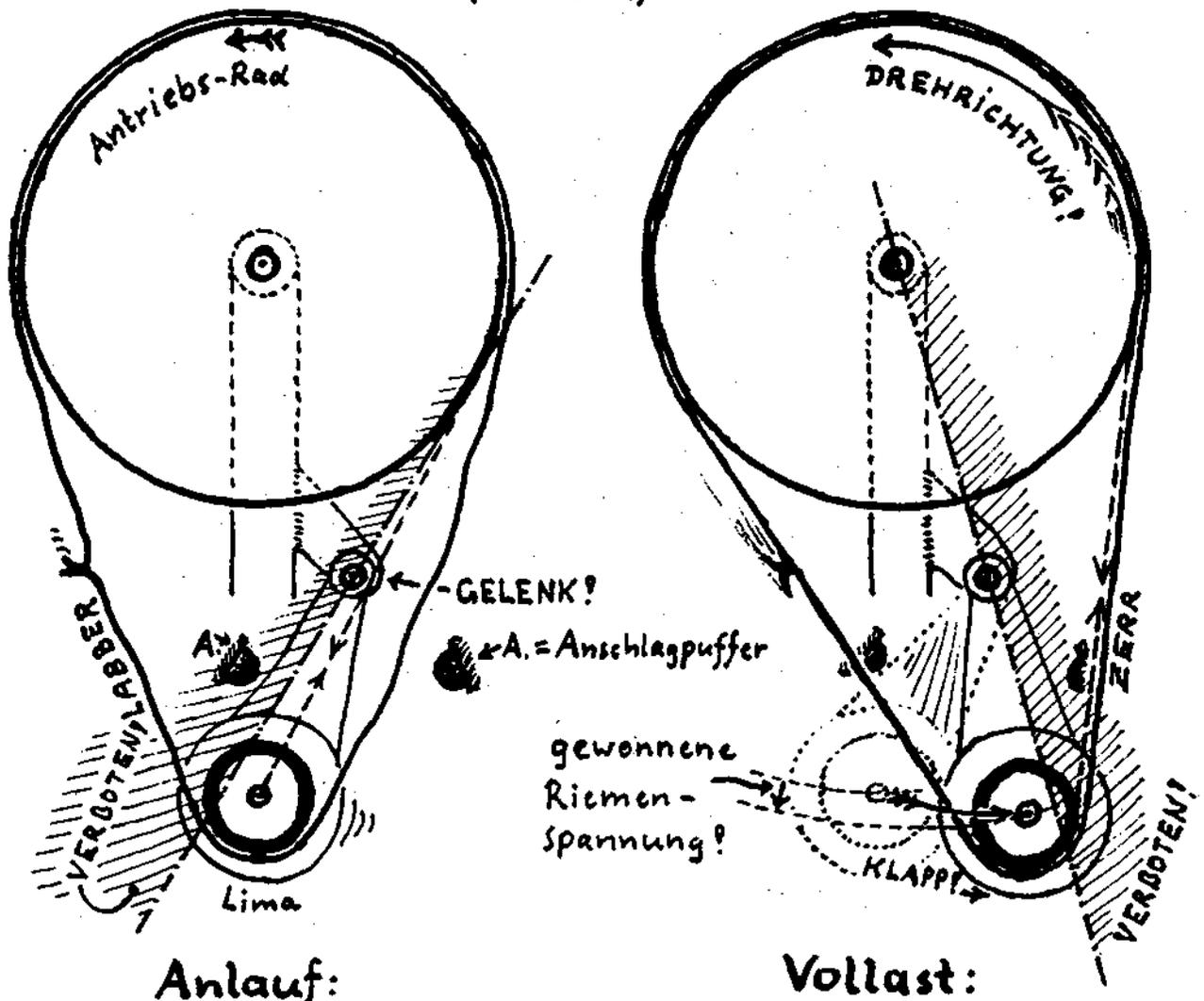
## Parallel-Ausrichten der Riemenscheiben!

Ein Autosicherheitsgurt als Flachriemen ist zwar so ziemlich der leichtgängigste mögliche Treibriemen, aber wenn er so stramm gespannt ist, daß er bei Vollast nicht durchrutscht, ist die Reibung doch so hoch, daß das Windrad bei zum Ladebeginn ausreichendem Schwachwind nicht anläuft. Darum baue an Standorten mit eher schwachem Wind auf jeden Fall eine Riemen-spann-Automatik. Die funktioniert so (s. Zeichnung): Die LiMa ist pendelnd aufgehängt und kann zwischen den beiden verbotenen Bereichen hin- und herschwenken.

# So funktioniert die Riemen-Spann-o-matik:

23

(Photo S.32)



## Anlauf:

LiMa spannt den Riemen nur durch Eigengewicht. Riemenzug zieht zwischen Radlauffläche und LiMa-Achse, weil LiMa noch unmagnetisiert, also ganz leichtgängig ist.

Anschlagpuffer so, daß LiMa-Achse nicht über die Verbindungslinie Radlauffläche-Gelenk schwenken kann, sonst klappt der Riemenzug die LiMa falschrum!

## Vollast:

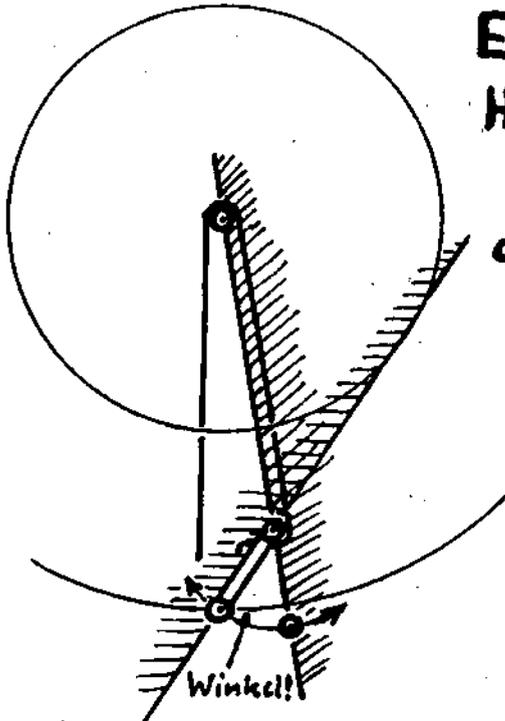
Riemenzug zieht zwischen Radlauffläche und LiMa-Riemenscheiblauffläche, weil LiMa arbeitet, also schwer läuft. Dadurch klappt LiMa so, daß sich die Linie Radnabe-Gelenk-LiMa-Achse streckt, also der Riemen spannt. Hier Anschlagpuffer, weiter darf die LiMa nicht. Riemen würde da wieder lockerer!

Machst Du Dir die Funktion klar, merkst Du: auf dem ersten Stück des Schwenkens von Pos. Anlauf zu Pos. Last wird der Riemen am meisten gespannt, also muß hier das Eigengewicht der LiMa mithelfen. Aber die LiMa muß auch durch ihr Eigengewicht aus der Stellung Vollast heraus wieder zurückfallen, sonst bleibt der Riemen stramm, auch wenn das Windrad stillsteht.

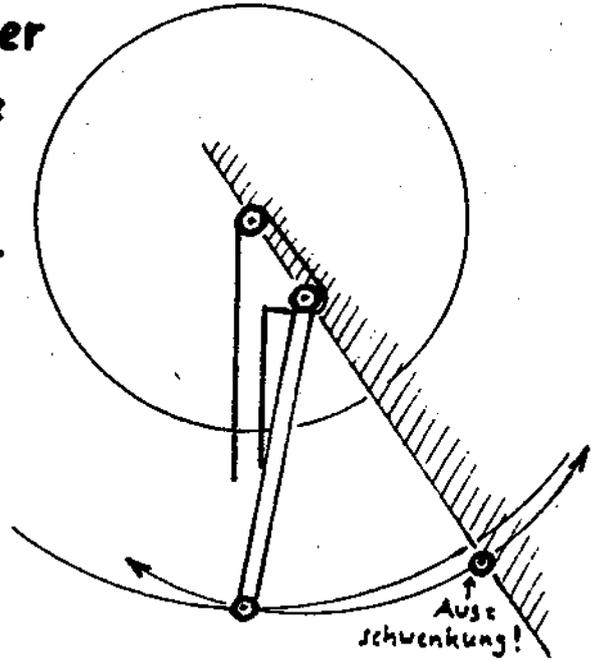
Setzt Du das Pendelgelenk zu nahe an die LiMa, kann ihr Eigengewicht gut mitarbeiten, aber die Riemenspannbewegung beginnt in ungünstig großem Winkel zum Radius um die Radachse, also reicht die Kraft zum Spannen nicht aus.

Setzt Du das Pendelgelenk zu nahe an die Rad - Achse, ist der Bewegungswinkel zwar sehr günstig, aber die LiMa muß für gleichen Spann - Effekt sehr weit ausschwenken (gegen ihr Eigengewicht!), erreicht also nur schwer Stellung Vollast, d.h. Riemen rutscht bei hoher Last durch.

# Einfluß der Hebel-Länge und Lage des Gelenks.



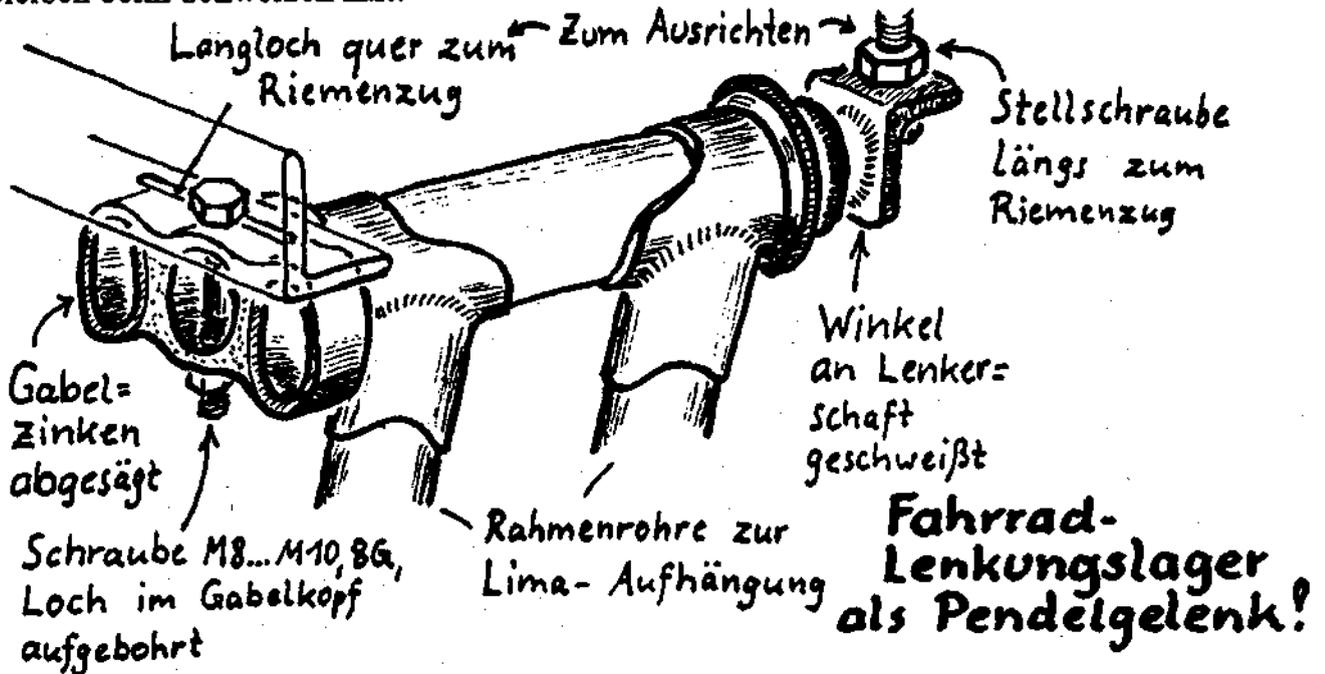
extrem kurzer Hebel



extrem langer Hebel bei gleichem Riemen-Spann-Effekt

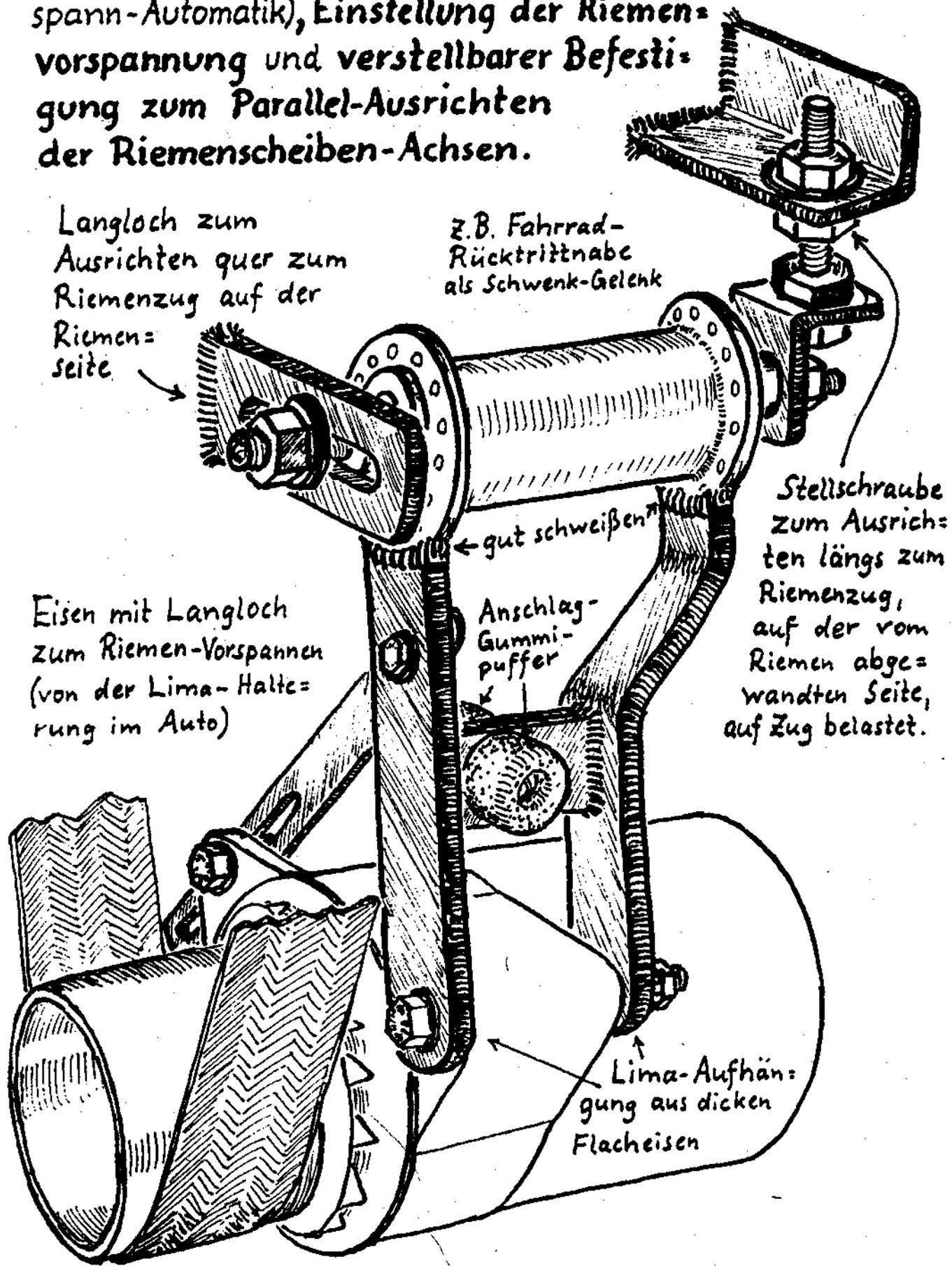
Pendelgelenk etwa in der Mitte zwischen Rad - Achse und LiMa ist günstig, etwas näher an der LiMa geht auch. Liegt das Gelenk innerhalb des Umfangs vom Rad (also hinterm Rad), gibt es keinen verbotenen Bereich bei der Anlaufstellung, aber die Verbindung Gelenk - LiMa ist schwieriger zu bauen ( um die Ecke herum). Liegt das Gelenk außerhalb des Radumfangs, läßt sich die LiMa - Aufhängung einfacher und stabiler bauen. Ein Beispiel: (S.31)

Für größere Windräder oder wenn das Pendelgelenk hinterm Autorad liegt, läßt sich ein altes Fahrradlenkungslager gut als Pendelgelenk einbauen: hierbei sind alle Lagerteile auswechselbar und bleiben beim Schweißen kalt.

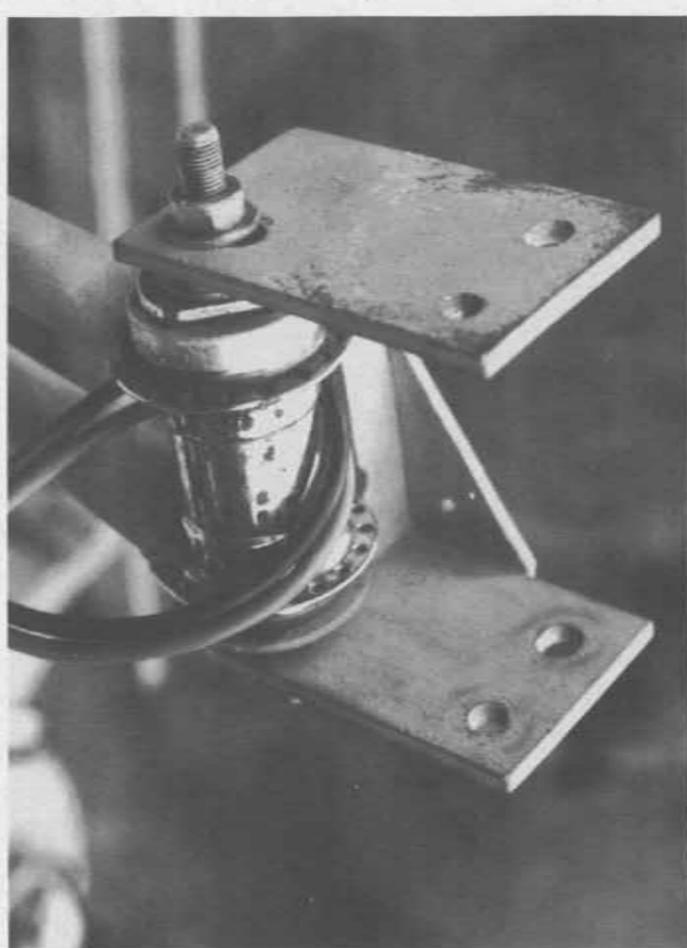


Besonders einfach zu montieren ist eine alte Fahrrad-Rücktrittnabe als Gelenk. Der Stahl der Nabenhilfe ist nicht zum Verschweißen mit Baustahl gedacht (Rißgefahr), geht aber mit einfachem E-Schweißgerät und etwas Sorgfalt. Damit die Lagerflächen möglichst wenig ausglühen, Aufhängung außen an die Speichenflansche schweißen, vorher Innenteil und Lager raus!

# Lima - Aufhängung mit Pendelgelenk (Riemen- spann-Automatik), Einstellung der Riemen- vorspannung und verstellbarer Befesti- gung zum Parallel-Ausrichten der Riemenscheiben-Achsen.



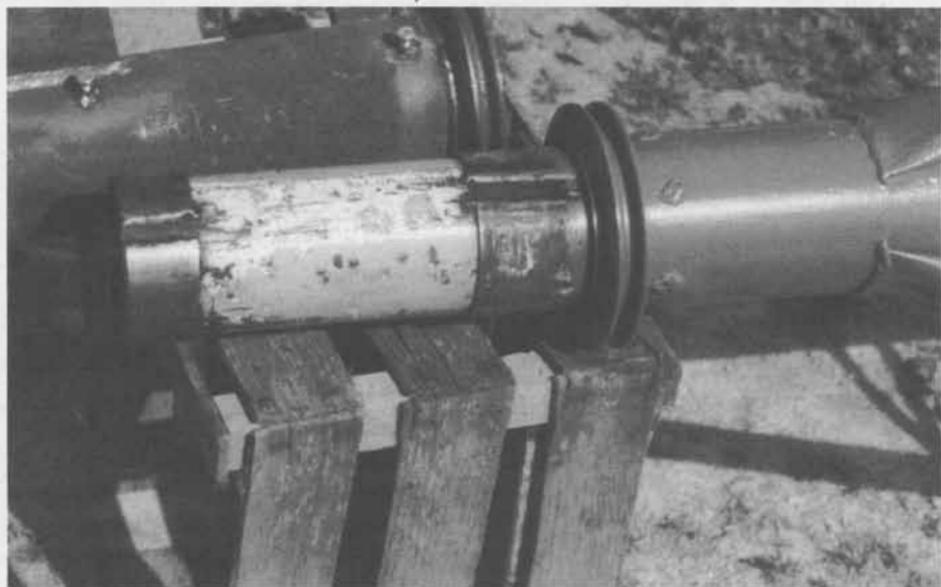
Beim Bau der LiMa - Aufhängung mit Pendelgelenk achte sorgfältig darauf, daß LiMa - Achse und Gelenk - Achse genau parallel laufen, sonst läuft später der Treibriemen immer schief!



Riemengetriebe: Autorad und vernähter Sicherheitsgurt. Fahrradnabe als Pendelgelenk, Langlöcher zum Ausrichten.

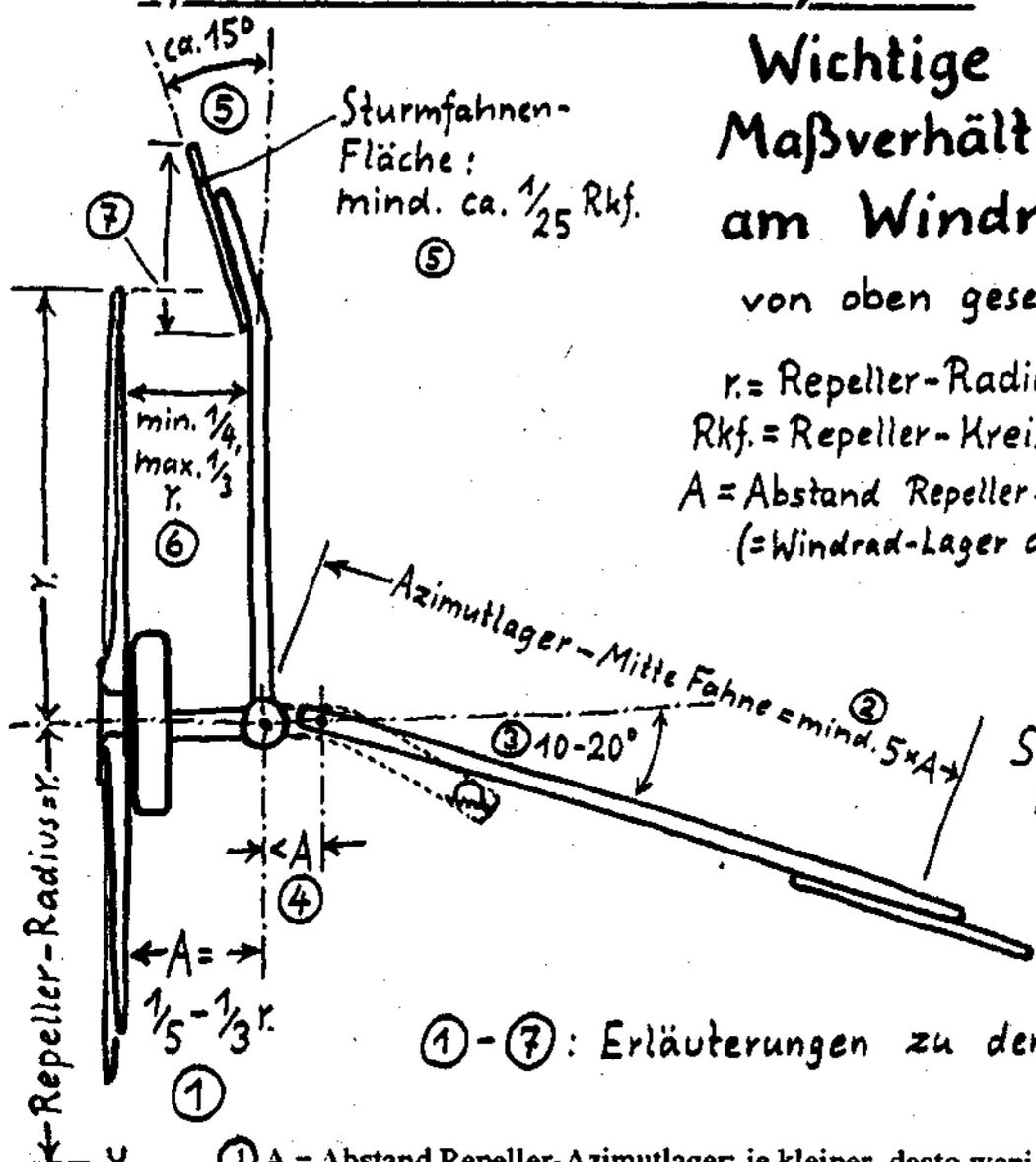


Aus dem vorhandenen Schrott wurde hier der Rahmen (S.43) so. Links Bremszug (S.44), Sturm- und Steuerfahne (S.98) mit Dämpfer u. Seilzug (S.37).



Azimut-Lager (S.40) mit Führungslager-Ringen aus Rohr-Resten, Riemenscheiben als Drucklager-Ringe, zuschraubbaren Schmier-Löchern.

# Die Mechanik: Steuerung, Rahmen, Lager, Bremse für die Bauart mit Seitenfahne.



**Wichtige Maßverhältnisse am Windrad, von oben gesehen.**

$r =$  Repeller-Radius  
 $Rkf. =$  Repeller-Kreisfläche  
 $A =$  Abstand Repeller-Azimutlager (=Windrad-Lager auf dem Mast)

Steuerfahnen-Fläche mind. ca.  $\frac{1}{12} Rkf.$

① - ⑦: Erläuterungen zu den Maßen, s.u.

①  $A =$  Abstand Repeller-Azimutlager: je kleiner, desto weniger Kraft ist zum Steuern nötig (kleinere Fahne und kürzerer Holm sind möglich).

Aber: Repeller nahe am Mastrohr gibt "Flapp-Flapp" - Laufgeräusche.

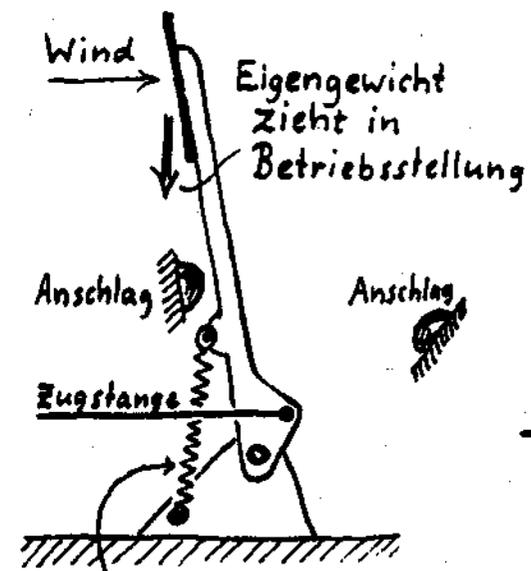
- ② Fahnenholm länger: steuert besser.
- ③ Schrägstellung für Gegenkraft zur Sturmflagge. Kürzerer Fahnenholm verlangt größeren Winkel.
- ④ Schwenklager weiter weg von Azimutlager spart Fahnenholmlänge, beweglicher Teil leichter. Nachteil: Hebelkraft zum Ziehen der Trommelbremse schwächer, Aus-dem-Wind-drehen unzuverlässiger. Daher kleiner als  $A$ !
- ⑤ Nicht schräg gestellte Sturmflagge schlecht, aber möglich, muß dann größer sein.
- ⑥ Mindestabstand: sonst Windstau vor der Sturmflagge in der Repellerströmung (Flapp-Geräusche). Höchstabstand: Sonst Aus-dem-Wind-drehen unzuverlässig.
- ⑦ Sturmflagge ca.  $\frac{1}{3}$  im Repeller-Windschatten: ungebremst laufender Repeller (z.B. Riemen ab, elektrischer Defekt) läßt Wind fast unvermindert durch, Sturmflagge wirkt dann schon bei starkem Wind.

# Steuerung und Sturmsicherung

Eine einfache Methode ist eine starre Seitenfahne (die das Windrad bei Sturm aus dem Wind dreht) und eine schwenkbare Steuerfahne (die dann seitlich wegklappt). Prinzipiell ist Aus-dem-Wind-drehen nicht ideal, weil dabei starke Kreiselkräfte am Repeller entstehen. Doch Radlager und übrige Konstruktion halten es problemlos aus, die Methode hat sich viele Jahre gut bewährt.

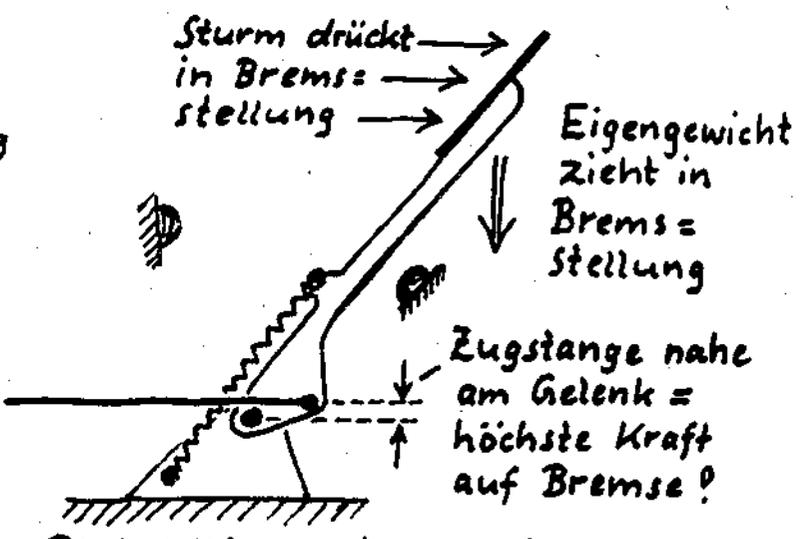
Andere Methoden wären die "Helikopter - Sicherung" (Klappen des Windrades nach oben). Hierbei entstehen aber auch Kreiselkräfte, und in hochgeklappter Stellung kann der Treibriemen zu leicht ablaufen!

Eine gute Möglichkeit ohne Kreiselkräfte wäre eine starre Steuerfahne und eine bewegliche Sturm-fahne, die das Windrad aber nicht aus dem Wind dreht, sondern die hier vorhandene starke Autoradbremse betätigt und so das Windrad stilllegt. Prinzipskizze hier, Nachbauplan erst, wenn ich genügend Erfahrung damit habe.



Rückstellfeder zieht in günstigem Winkel, also stark in Betriebsstellung.

"Überkipp-Mechanik"!



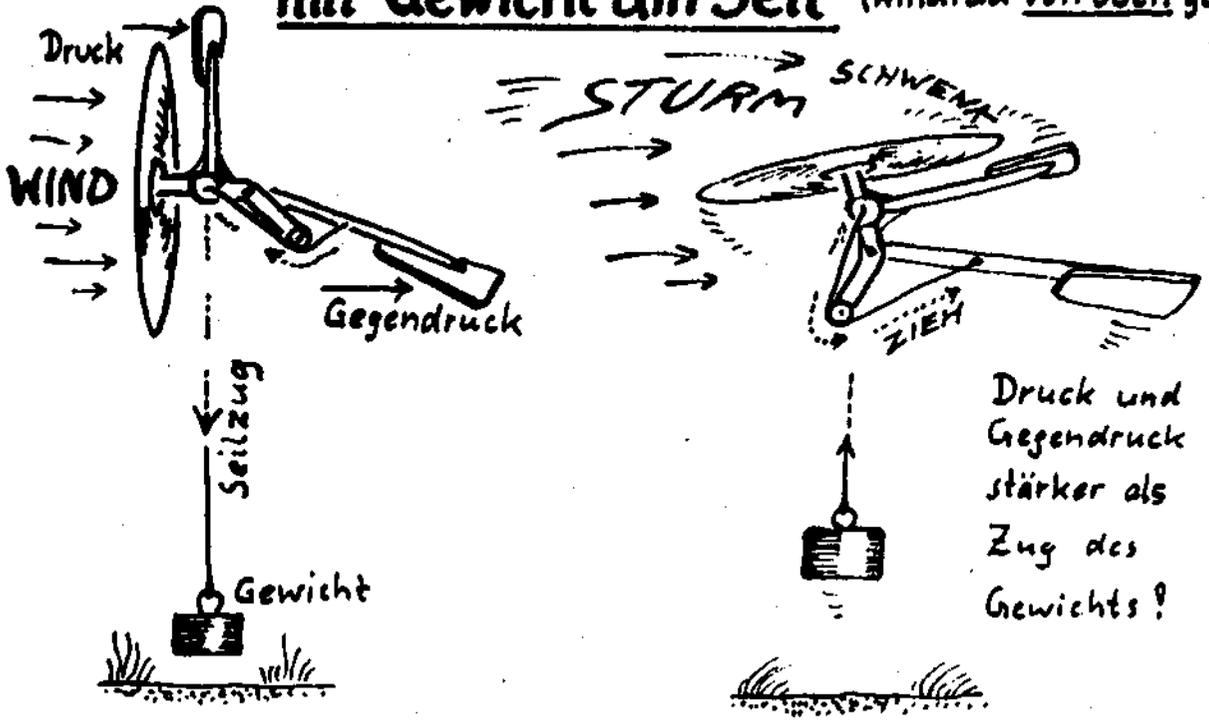
Rückstellfeder stramm, aber ungünstiger Winkel, wirkt kaum. So spannen, daß erst bei wenig Wind wieder in Betriebsstellung zurückklappt, nicht schon bei "Windlöchern" im Sturm.

## Nach oben stehende Sturm-fahne zieht Bremse.

Die einfachste Bauart der Seitenfahnen - Sturmsicherung ist hier so: Sturm-fahne (Seitenfahne) starr über den Repeller - Drehkreis herausstehend. Steuerfahne über ein Zugseil in den Wind gehalten, das über Rollen nach unten führt, wo Gewichte dranhängen. Gewichte so dosieren, daß Sturm sie hochziehen kann. Autoradbremse mit der Steuerfahne verbinden, daß bei Sturm das Windrad zusätzlich festgebremst wird. (Zeichnung S.44).

Schwachpunkt dieser Seilzugmechanik ist, daß sie versagt, wenn das Seil blockiert ist. Früher habe ich gelegentlich Bowdenzüge verwendet und darin blockierte Seile erlebt, daher lieber die Mechanik mit Rückstellfeder statt Zugseil aufgebaut (s. Einband und S. 71). Die funktioniert immer, auch wenn das Seil blockiert, hat aber andere Schwachpunkte: Rückstellfeder muß mühsam einjustiert werden, ist aber durch Gewichtskraft (schräge Schwenkachse) ersetzbar. Bremsseil kann als Schlaufe runterhängen und muß von Repeller und Riemen ferngehalten werden.

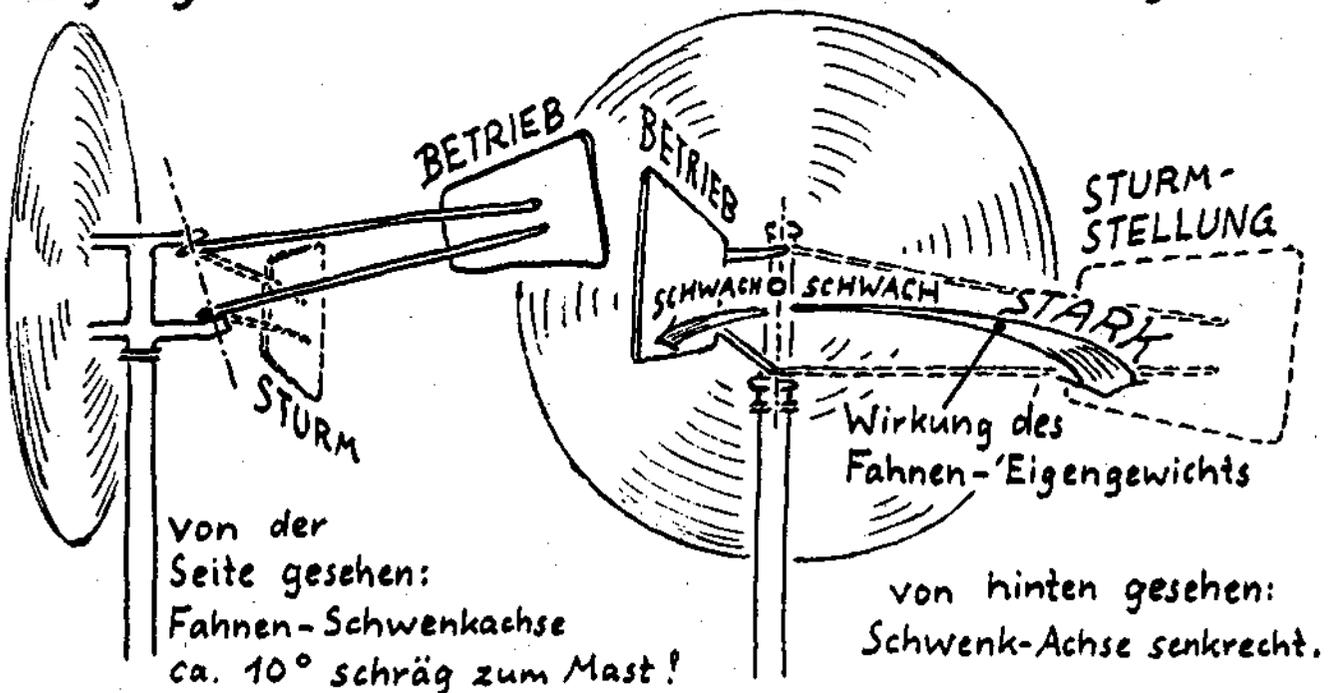
# Funktion der Seitenfahnen-Sturmsicherung mit Gewicht am Seil (Windrad von oben gesehen)



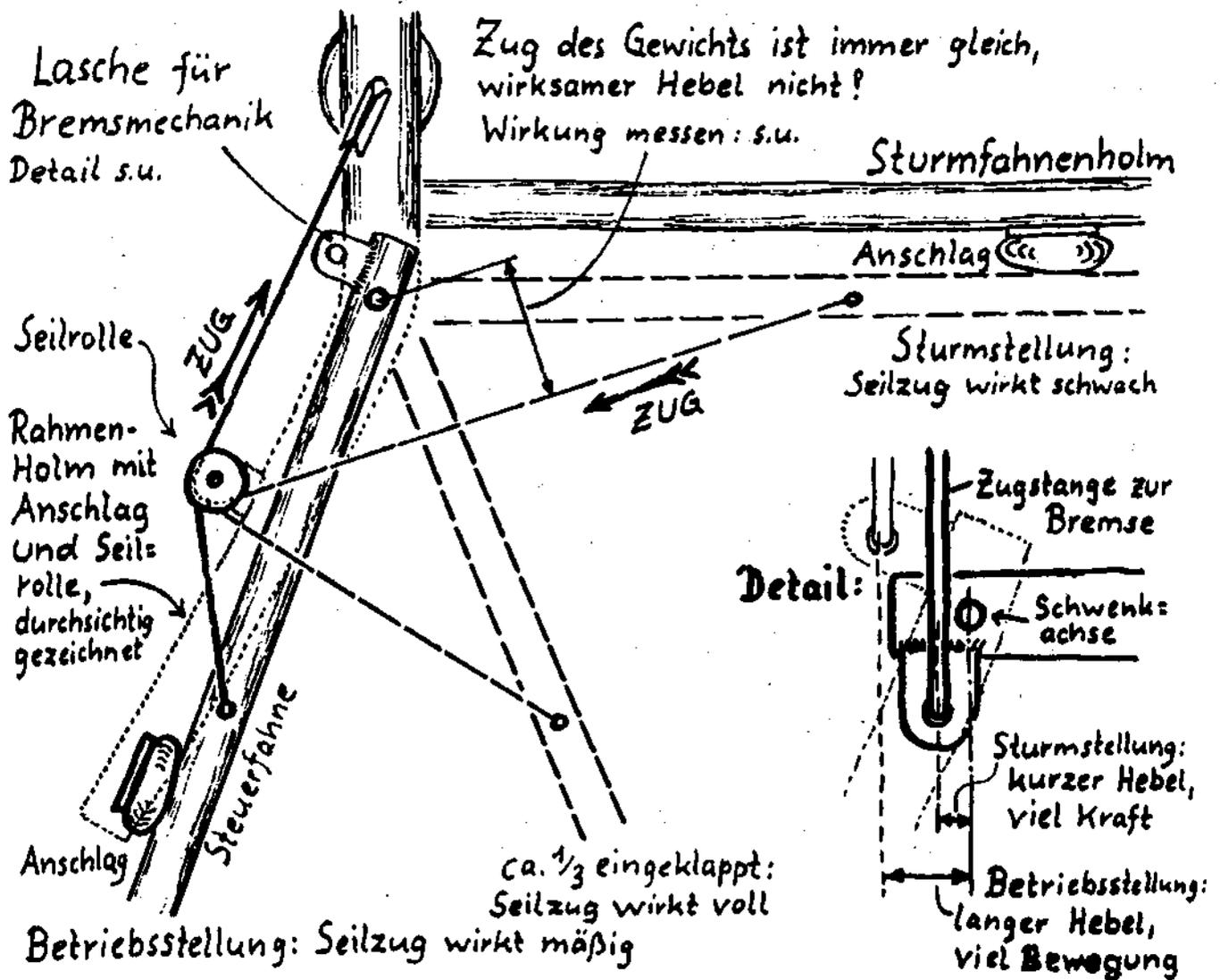
**Feinheiten:**

- Seil so führen, daß Zug bei Betriebsstellung mittel, in ca. 1/3 eingeklappter Stellung stark (günstigster Zugwinkel), in Sturmstellung schwach (ungünstiger Zugwinkel). Zusätzlich
- Schwenkachse der Steuerfahne schräg stellen, so daß ihr Eigengewicht die Fahne in Sturmstellung zieht. Sinn: Bei starken Windböen soll das Windrad nur etwas aus dem Wind drehen (verringerte Angriffsfläche), aber wieder voll in den Wind zurückschwenken. Nur Sturm soll es schaffen, den Punkt mit stärkstem Seilzug zu überwinden, damit das Windrad weggeschwenkt wird und bleibt, bis der Sturm nachläßt.

## Steuerfahnen-Schwenkachse schräg: Eigengewicht wirkt in Richtung Sturmstellung.



- Zum Stilllegen von Hand Gewicht vom Seil abhängen: Steuerfahne klappt durch Eigengewicht in Sturmstellung und zieht die Bremse.
- Steht die Schwenkachse der Steuerfahne senkrecht, Gewichtskraft durch Zugfeder ersetzen.
- Sturm- und Steuerfahne etwas abwinkeln, damit der Wind Sturm- und Steuerfahne auch in Sturmstellung noch zusammendrückt und dadurch die Bremse angezogen hält. Das Eigengewicht der Steuerfahne an der schrägen Schwenkachse hilft auch dabei.
- Steuerfahne etwas schräg stehend in Betriebsstellung, damit sie die Gegenkraft der Seitenfahne ausgleicht, sonst läuft das Windrad immer schief im Wind (falsche Anströmung, Leistungsverlust, Geräusche, Bild S. 42)
- In beiden Endstellungen ein weicher Anschlagpuffer (evtl. von Autofederungen, sonst Tennisball), besonders gut und bei größeren Windrädern wichtig: ein Autostoßdämpfer zwischen den Fahnen gegen zu schnelle Schwenkbewegung, er mindert Kreiselkräfte erheblich und vermeidet harten Anschlag.

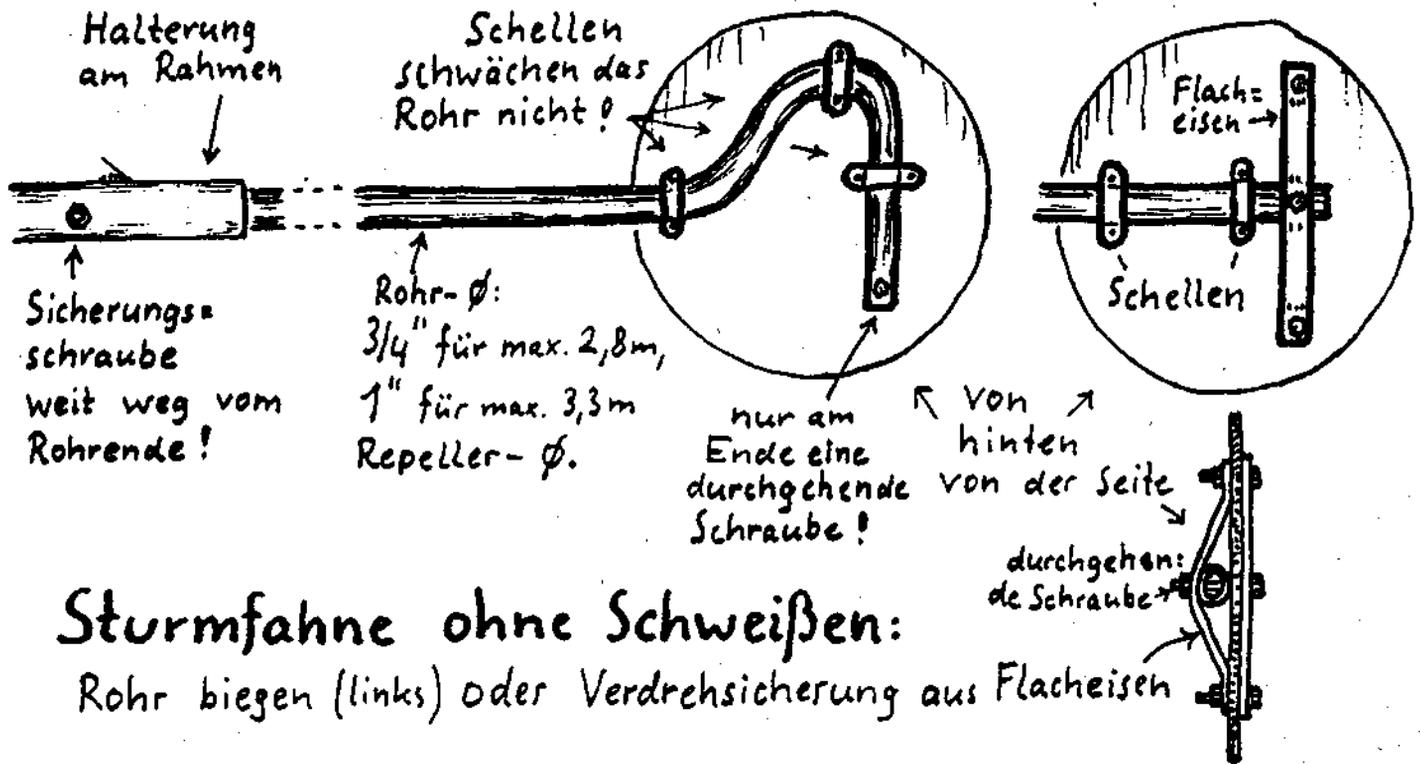


## Seilführung und Hebelwirkungen an der Sturmsicherung.

Zugkraft an Maßzeichnung ablesen: von der Linie, in der das Seil von Rolle zur Fahne läuft, miß im rechten Winkel den Abstand zum Gelenk. Maß am längsten = volle Kraft des Gewichts wirkt an der Steuerfahne. Maß kürzer: Kraft entsprechend verringert (aha, Hebelgesetze...)

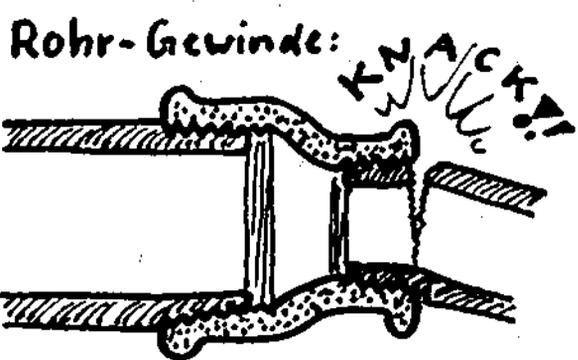
# Bau-Beispiel für bis ca. 2,8 m Windrad- $\phi$ (größerer $\phi$ $\rightarrow$ stärkere Teile):

Sturmfahnen - Halterung am Rahmen 1"-Rohr, mind. 30 cm seitlich rausstehend. Sturmfahnen-Holm 3/4"-Rohr, reingesteckt, weit weg von Steckverbindung. Schraube quer durch.



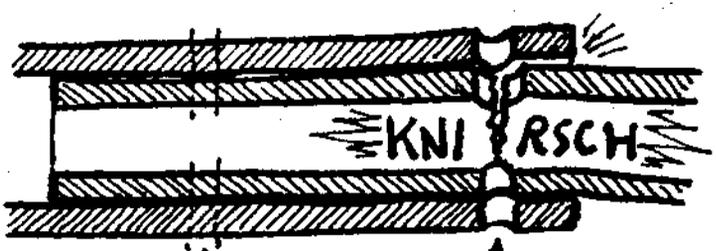
## Sturmfahne ohne Schweißen:

Rohr biegen (links) oder Verdrehsicherung aus Flacheisen



Ganz schlimm! Gewinde ist Kerbe in höchstbelasteter Zone!

## Gesteckt mit Sicherungsschraube:

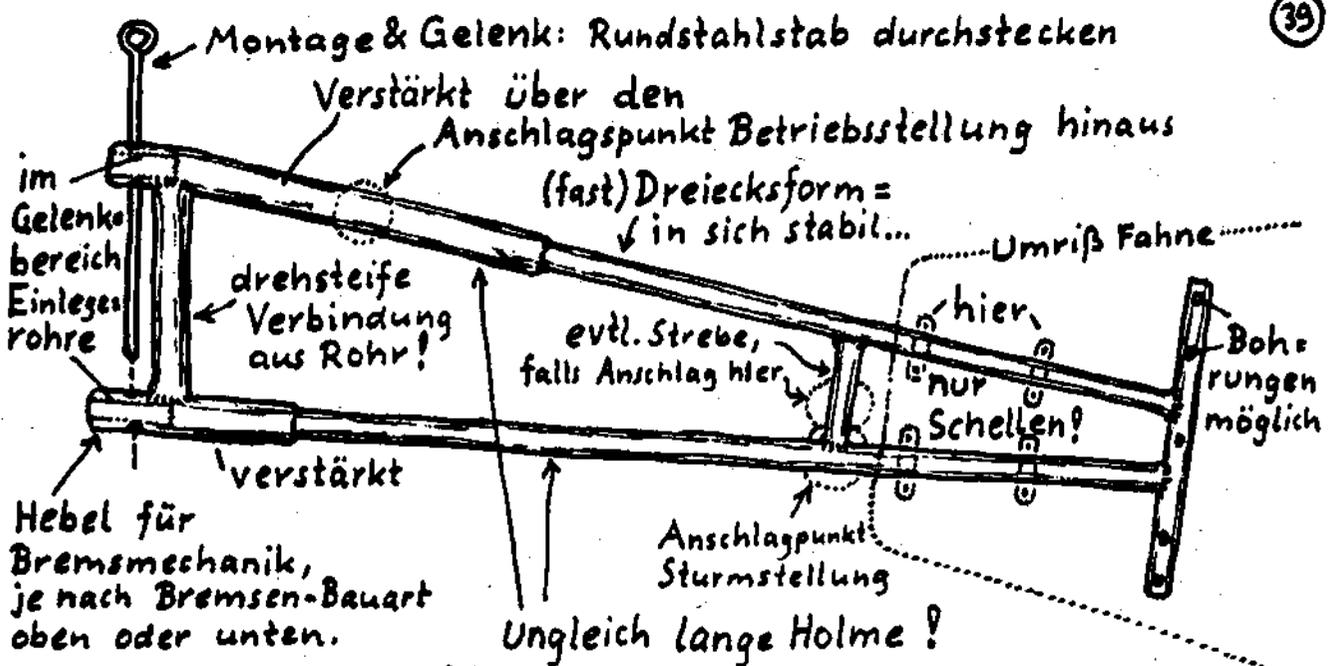


hier harmlos, ehe das dicke Rohr bricht, biegt das dünne. **FALSCH!** Loch in belasteter Zone!

Anschlagsrohr am Rahmen: 1" weit über die Gelenkbohrung hinaus ins obere Rahmenrohr (1 1/4") gesteckt, anschweißen. Steuerfahnen-Holm trapezförmig aus zwei Rohren 1/2", oberes Rohr vom Schwenkgelenk bis ca. 30 cm über Anschlagpunkt Betriebsstellung hinaus aus 3/4"-Rohr gegen Knickgefahr bei hartem Anschlag. Unten kurzes Stück 3/4"-Rohr am Gelenk. Bei den Gelenkbohrungen Einlegeröhre 1/2", sonst zu schneller Verschleiß.

Gelenk: Rundeisen 10-12 mm  $\phi$  von oben durchgesteckt. Anschlagpuffer: Tennisbälle in Sicherheitsgurtstücke eingnäht.

Material für die Fahnen: Dünnes, wasserfestes Sperrholz (Betonbauabfall) besser als Blech, dröhnt und scheppert nicht so. Fahnenholme in belasteten Bereichen nicht anbohren, hier Fahne mit Schellen befestigen.

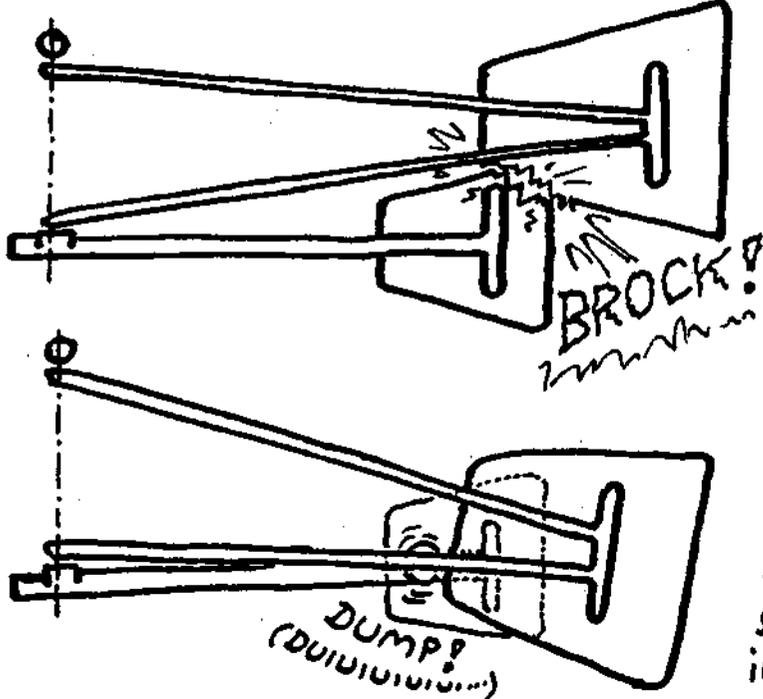


**Steuerfahnen - Konstruktion aus Wasserrohr 1/2",**  
 verstärkte Teile aus Rohr 3/4". Einlegerohre = stramm reingekloppelte  
 Rohrstücke 1/2", gegen ausleiernde Gelenk-Bohrungen. Stab in Steuer-  
 fahne drehbar, im Rahmen nicht (fixieren)! Sonst Verschleiß am nicht  
 auswechselbaren Teil. **Passend für Rahmenform s. S.43 mit**  
**unten reingesteckter Sturmflanze.**

(Für Windrad-Ø über ca. 2,8 m: 3/4"- und 1"-Rohr nehmen.)

Form des Steuerfahnen - Holmes so, daß in Sturmstellung Holm gegen Holm schlägt, nie Fahne gegen Fahne (Bruchgefahr!).

**Anschlag in Sturmstellung: nie Fahne gegen Fahne!**



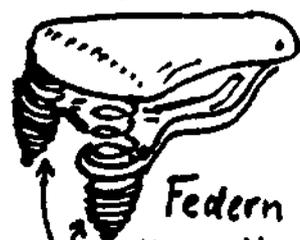
**Gefahr!**  
 Bei Bruch kommt Steuerfahne in den Repeller-Drehkreis: Total-Selbstzerstörung!

**Anschlag Holm an Holm: sicher!**  
 Gummipuffer dämpft. Steuerfahne mit ungleich langen Holmen steht wegen schräger Schwenkachse in Betriebsstellung gerade.

Verwendest Du statt der Gewichtskraft durch schräge Schwenkachse Zugfedern (z.B. von alten Fahrradsätteln oder Bettgestellen), Drahtseil durch alle Federn fädeln, sonst bei Federbruch Folgeschäden! Elegant als Feder: alter Türschließer (leider selten im Schrott). Hat zusätzlich eingebauten Dämpfer!

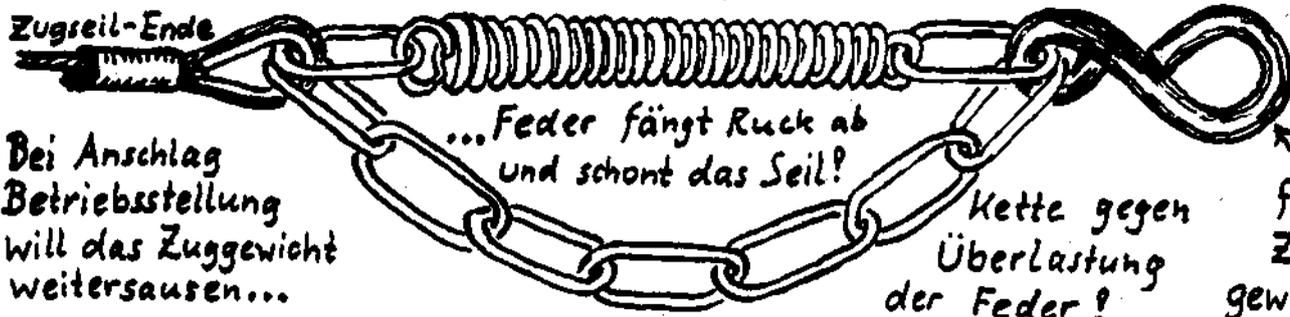


↑ Sicherheits-Seil, durch alle Federn gefädelt und an Steuer- und Sturmflanze fest, in Betriebsstellung noch nicht ganz stramm: Kein Unfall bei Federbruch!



Federn von alten Tourenrad-sätteln: gut!

Für große Windräder: „Ruck - Dämpfer“!



Bei Anschlag Betriebsstellung will das Zuggewicht weitersausen...

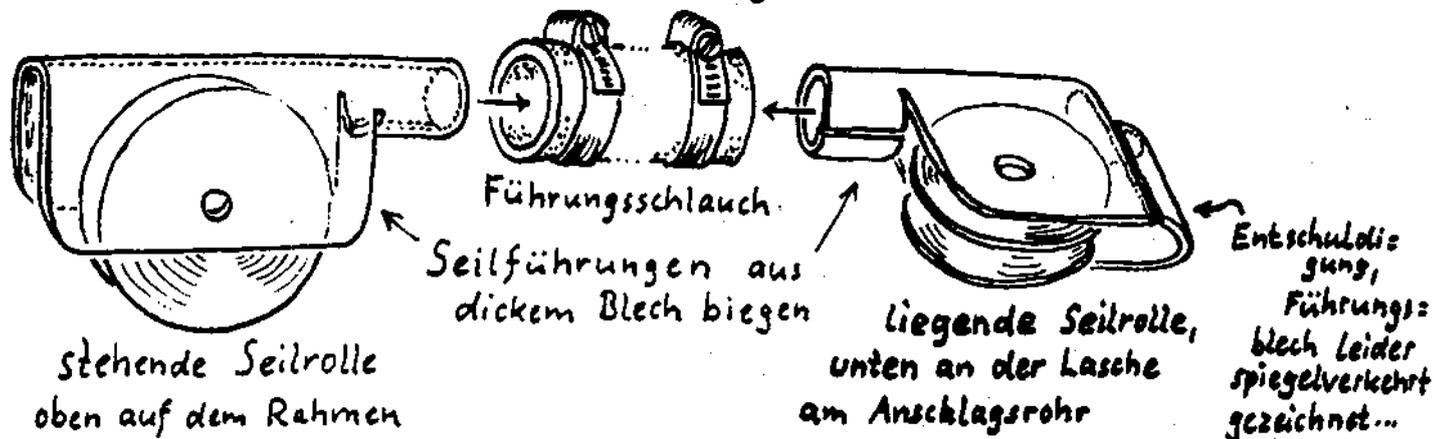
...Feder fängt Ruck ab und schont das Seil!

Kette gegen Überlastung der Feder!

Öse fürs Zuggewicht

Auf keinen Fall darf ein Teil (z.B. losgehauene Steuerflanze oder gerissene Feder) in den Repellerdrehkreis kommen: Sofortige Selbstzerstörung des Windrades mit bösen Folgen!

Besonders gutes Zugseil: Niro-Seil z.B. vom Seglerbedarf.



stehende Seilrolle oben auf dem Rahmen

Führungsschlauch  
Seilführungen aus dickem Blech biegen

liegende Seilrolle, unten an der Lasche am Anschlagrohr

Entschuldigung, Führungsblech leider spiegelverkehrt gezeichnet...

Seilführung: Nie im Bowdenzug (wenn festfriert oder-rostet, Sturmsicherung unwirksam!) sondern über Rolle. Seil durch Führungsbleche am Ablaufen hindern. Damit evtl. gerissenes Seil nicht in den Repellerdrehkreis oder Riemen kommt, Führungsschlauch zwischen den Seilrollen.

## Das Azimutlager (=Drehlager des Windrades auf dem Mast)

Zwei ineinandergesteckte dicke Rohre als Gleitlager haben sich bestens bewährt und durch die Rohre können wir bequem Kabel und Bremsseil runterführen. Kugellager o.ä. sind zu leichtgängig! Weil der Wind nahe am Boden nie konstante Richtung hat, würde sich das Windrad dauernd hin- und herdrehen, der Repeller oft im Lauf abgebremst werden und die entstehenden Kreiselmomente alle Teile unnötig belasten. Mit Gleitlager stellt es sich in die momentane Hauptwindrichtung und läuft dann ruhig und fleißig drauflos.

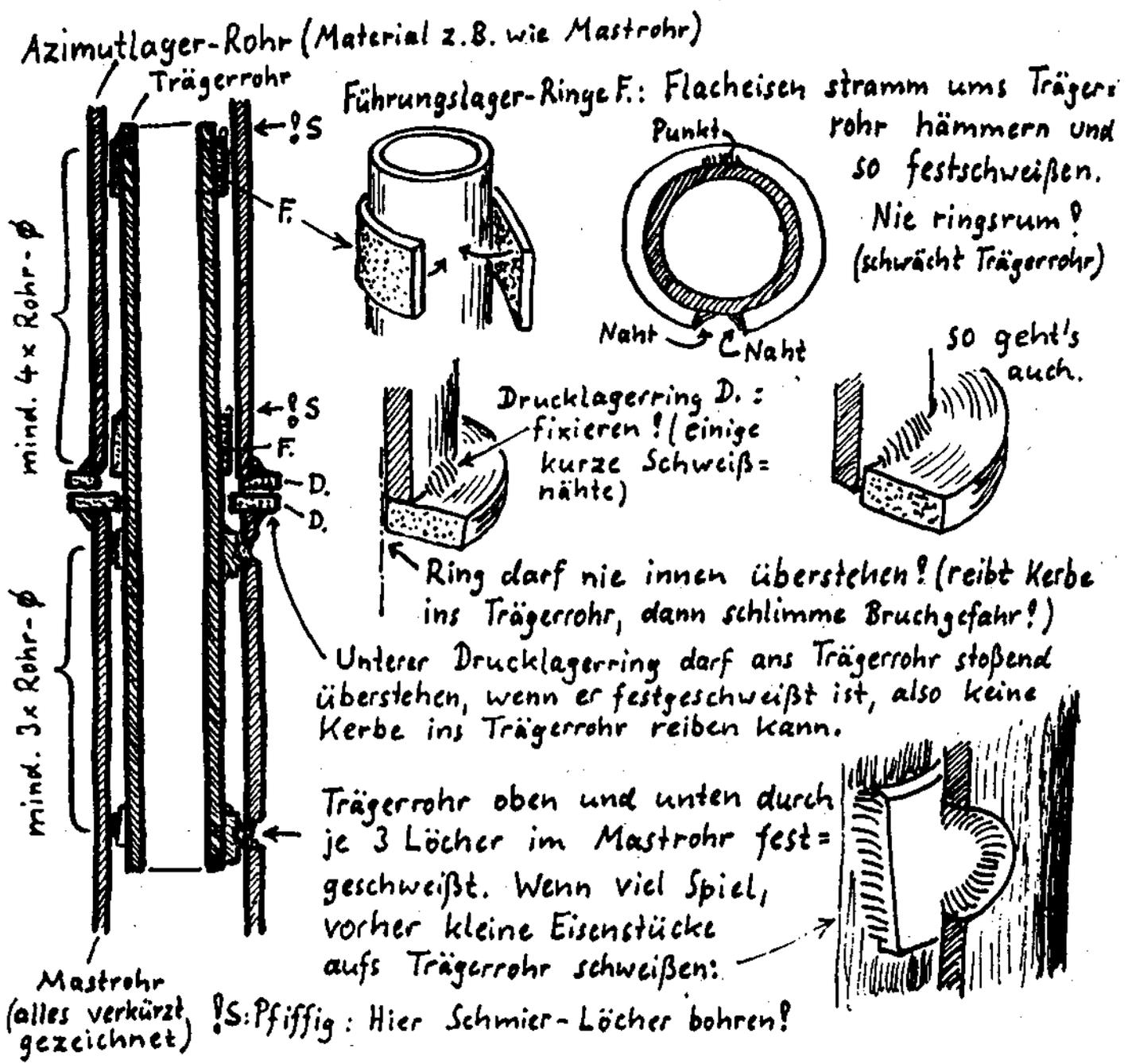
Bei Windrädern um 2,5m Ø kommen wir noch mit einfach ineinandergesteckten Rohren aus,

die aber recht genau passen müssen. Sonst sitzt das Windrad ständig schief auf dem Trägerrohr, so daß die Unterkante des Azimutlager - Rohres beim Hin- und Herdrehen eine Kerbe ins Trägerrohr wetzen kann. Sehr gefährlich! Dasselbe kann passieren, wenn die auf Druck aufeinanderreibenden Flächen von Mastrohr und Lagerrohr zu klein sind und nach innen Grate bilden.

Besser (und leichter zu finden!): zwei mit etwas Spiel ineinanderpassende Rohre, z.B. 2" und 2 1/2". Ans Trägerrohr Führungsringe als Reibfläche schweißen z.B. Rohrabschnitte, Flach- oder Bandeisenreste, evtl. überfeilen. So bleibt das Trägerrohr vor jeglicher Reibung geschützt.

Bei großen, schweren Windrädern ist ein breiteres Drucklager unentbehrlich. Mit Glück finden wir irgendwelche passenden Rohrflansche, Flanschringe von Elektroboilern o.ä. als Drucklagering. Sonst müssen wir mühsam Löcher in Eisenplatten meißeln oder schneidbrennern. Die Platten müssen außen nicht rund sein, innen darf die obere keinesfalls überstehen. Zwei außen auf die Rohre passende und festgeschweißte Ringe tun's auch.

Wichtig: Trägerrohr nicht schwächen, also nie ringsherum schweißen, Kerben machen o.ä., Trägerrohr - Innenkanten vorm Zusammenbau sorgfältig runden (besonders am unteren Ende, das ins Mastrohr soll), sonst scheuern sich Kabel und Bremsseil daran kaputt.



# Der Rahmen

Konstruktionstrick: Geneigter Repeller - Drehkreis setzt Repeller näher ans Azimutlager (kleinere, kürzere Steuerfahne, also weniger Kräfte, weniger klobige Konstruktion möglich), ohne daß der Repeller zu nahe am Mastrohr vorbeisaust. Außerdem mehr Platz im LiMa - Bereich, mehr Platz für Mastrohrabstützungen. Jedoch Drehkreis nicht zu schräg neigen! Ca. 5° schadet noch nicht, je schräger, umso falscher werden die Flügel angeströmt, d.h. Leistung geht verloren, Krach entsteht, ebenso wie wenn das Windrad schief in den Wind gesteuert wird. Natürlich lassen sich Rahmen, Steuer- und Sturmflanze auch ohne Schweißen, nur geschraubt und genietet oder sogar weitgehend aus Holz bauen. Weil Autoachse und die Lagerung auf dem Mast (sog. "Azimutlager") sowieso aus Eisen sind, macht es tatsächlich am wenigsten Mühe, den Rahmen aus weiterem Schrott - Eisen zusammenzuschweißen. Das geht sogar mit Windkraftstrom (s.S.68)!

## Geneigter Repeller-Drehkreis.

Vorteile:

kleiner Abstand,  
kleinere Kräfte,  
kleinere  
Steuerfahne

viel  
Platz für LiMa  
großer Abstand

Abstützungen  
haben Platz

Problem: schraffierte Bereiche im Drehkreis (s.links) schlecht angeströmt!

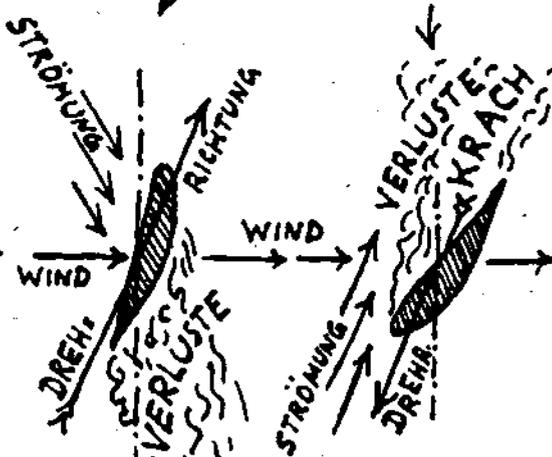
auf der einen Seite  
wie bei Anlauf

auf der anderen  
wie bei  
Überdrehzahl

Vergleich:



Drehkreis  
senkrecht



Drehkreis zu schräg geneigt

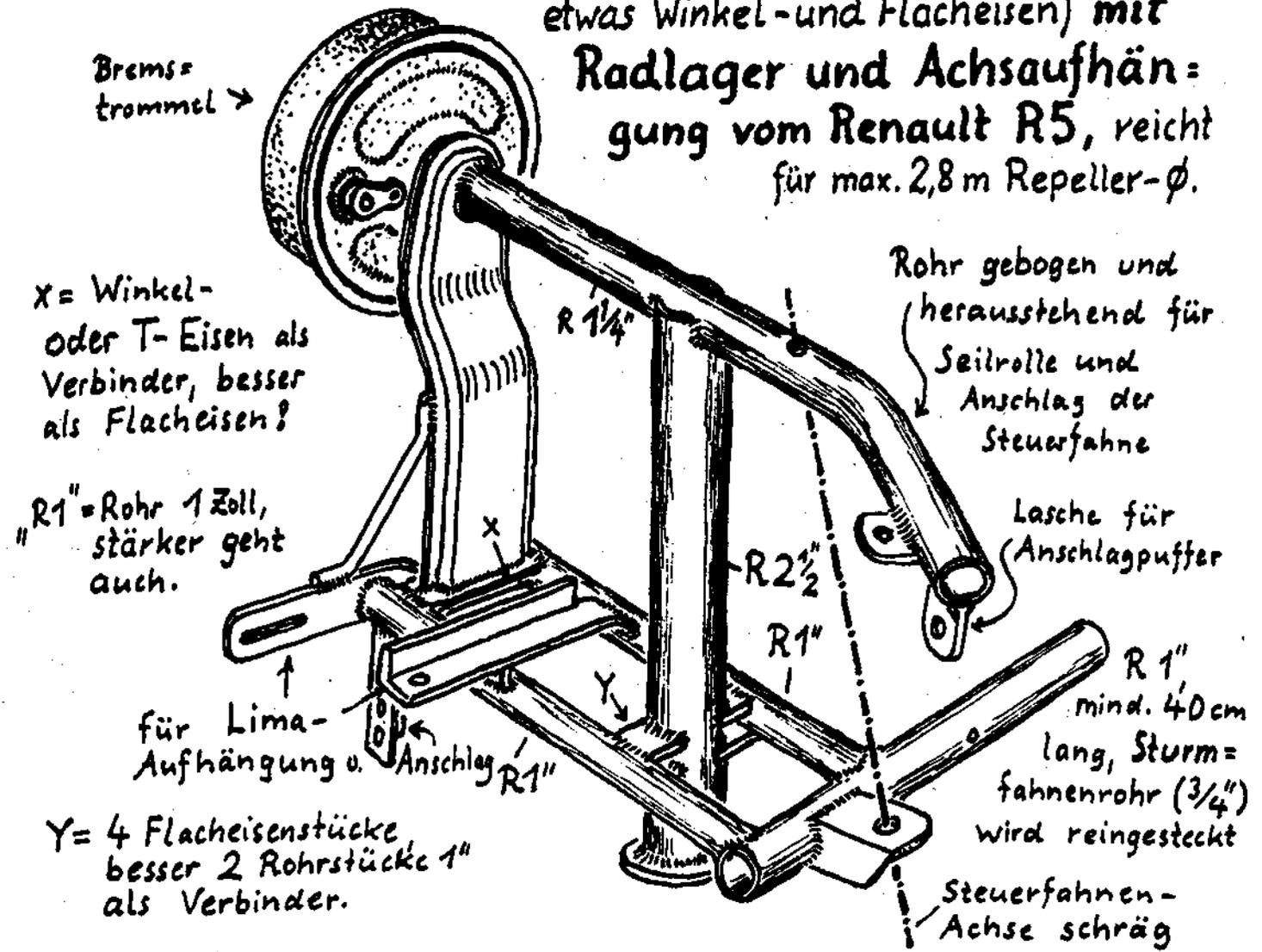
Wir haben die Freiheit, vorhandene Schrotteile gerade so zu verwerten, wie es damit einfach und praktisch ist. Besonders stabil und auch häufiger im Schrott als z.B. Flach- und Winkeleisen sind Rohre. Nutze aus, daß Wasserrohre oft ineinandersteckbar sind (1/2" sehr stramm in 3/4", 3/4" oft stramm in 1", 1" mit Spiel in 1 1/4").

Nur Radlager und Azimutlager (s.S.40) werden fest verbunden, für die anderen Teile (LiMa - Aufhängung s.S.31, Steuer- und Sturmflanze s.S.38) kriegt der Rahmen Halterungen, damit man sie einzeln hochhieven und erst oben auf dem Mast anbauen kann. Sonst wird das Windrad zum Hochhieven zu schwer! Wie die Teile zueinander stehen müssen, zeigt die Zeichnung "Maßverhältnisse".

Gezeichnetes Beispiel mit Materialhinweisen für max. 2,8 m Repeller - Ø (größere Windräder = stärkeres Material!):

Das Radlager vom R5 hat ein ovales Stahl - Hohlprofil als Achsaufhängung quer zur Radachse, das läuft jetzt fast parallel zum Azimutlager - Rohr. Für dieses reicht 2 1/2" - Rohr, als

**Bau-Beispiel: Rahmen aus Schrott (Rohre, Bau-Rundeisen, etwas Winkel- und Flacheisen) mit Radlager und Achsaufhängung vom Renault R5, reicht für max. 2,8 m Repeller- $\phi$ .**

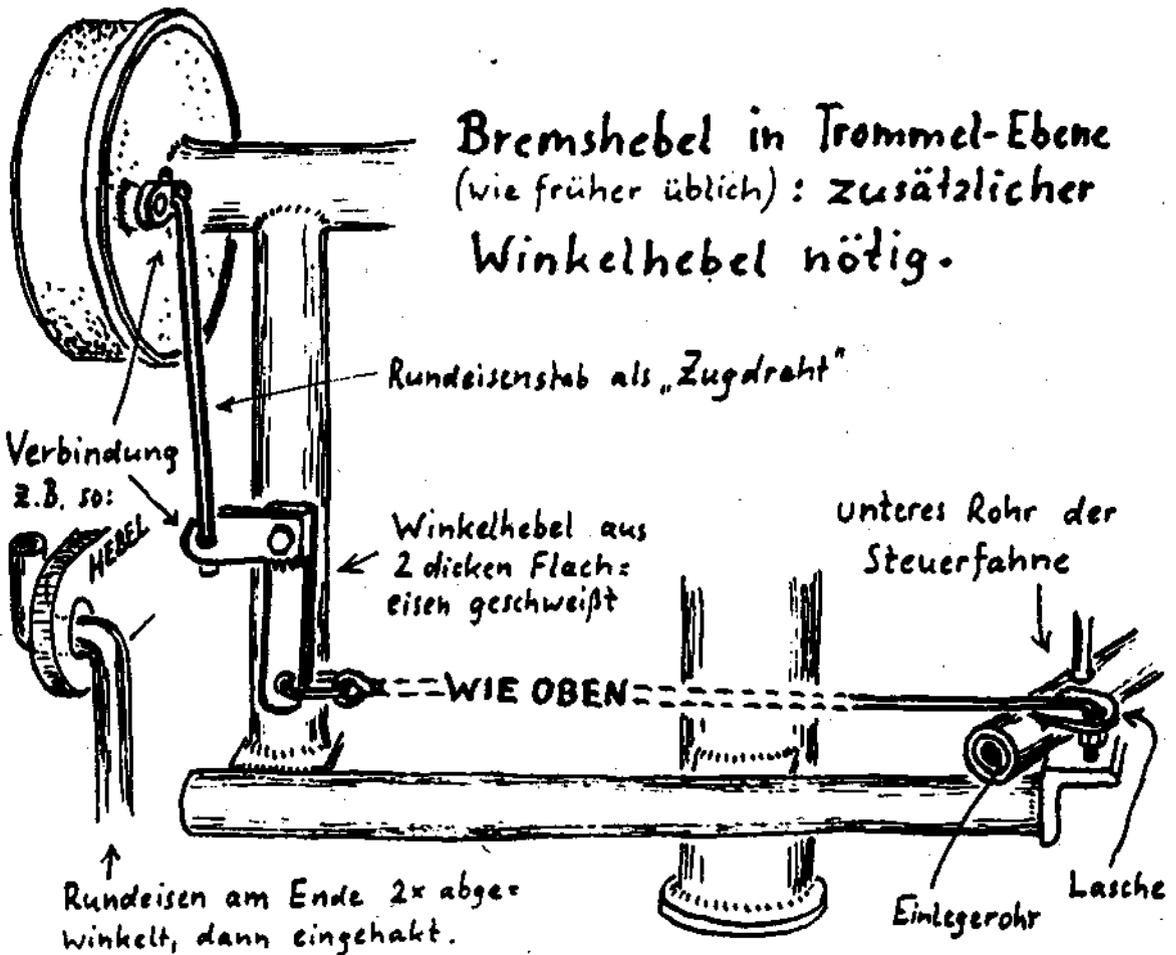
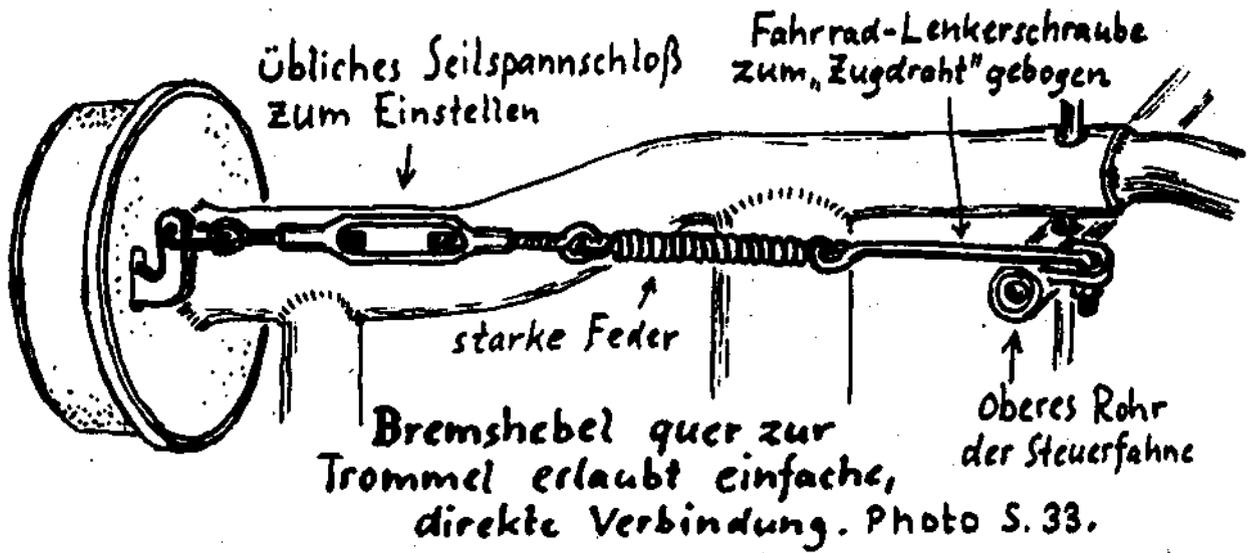


darin drehendes Träger - Rohr (Mastspitze) reicht dickwandiges 2" - Rohr mit Führungsringen gerade eben. Verbunden oben mit 1 1/4" - Rohr, etwas gebogen und nach hinten rausstehend mit Anschlag für die Steuerfahne und Halter für Seilrolle. Sonst hinter der Bohrung fürs Schwenkgelenk mit gebogenem 1" - Rohr verlängern, tief ins 1 1/4" - Rohr reingesteckt. Verbunden unten mit 2 Rohren 3/4" - 1", an diesem hinten quer ein 1" - Rohr, in das der Sturmflaggenholm gesteckt wird. Verbindungsstücke aus Rohr, Flach-, Winkel- oder T-Eisen, Laschen für LiMa - Aufhängung und - Anschlag aus Flach- und Winkelleisen, untere Bohrung fürs Schwenkgelenk in Winkel- oder T-Eisen. Nicht mitgezeichnet: Halterungen für Bremsmechanik, Seilrollen u.ä.

**Betätigung der Trommelbremse (Zeichnung: b.w.)**

Die Bremse im Radlager wird von der Steuerfahne betätigt (s. Zeichnung "Seilverlauf"). Sie soll zu ziehen beginnen, wenn die Steuerfahne ca. 2/3 eingeklappt ist, nicht erst fast bei Anschlag Sturmstellung, daher Lasche an der Steuerfahne so setzen, daß in Sturmstellung der Zugdraht fast an den Gelenkstab stößt = wenig Bewegung am Zugdraht, aber höchste Kraft. Im mittleren Bereich der Einklappbewegung wird der Zugdraht schneller, aber mit weniger Kraft gezogen. Wichtig: eine starke Zugfeder im Zugdraht, die etwas nachgibt, sobald die Bremse voll gezogen ist. Sonst würde der Zugdraht reißen oder die Bremse erst bei Anschlag in Sturmstellung ziehen.

44



Bei einigen Autos (z.B. Ford Fiesta) läuft der Bremszug quer zur Bremstrommel; für uns ideal, Bremshebel und Steuerfahne direkt mit Zugdrahtfeder und Einstellschraube verbinden! Bei anderen Autos läuft der Bremszug in Ebene der Bremstrommel (s. Zeichnung "Rahmen" S.43), da brauchen wir einen Umlenkhebel. Vermeide Bowdenzüge in Hüllen, rosten fest! Je nach Verlauf der Bremsmechanik kommt die Lasche ans obere oder untere Rohr der Steuerfahne.

## Kabel und Bremsseil durch den Mast führen:

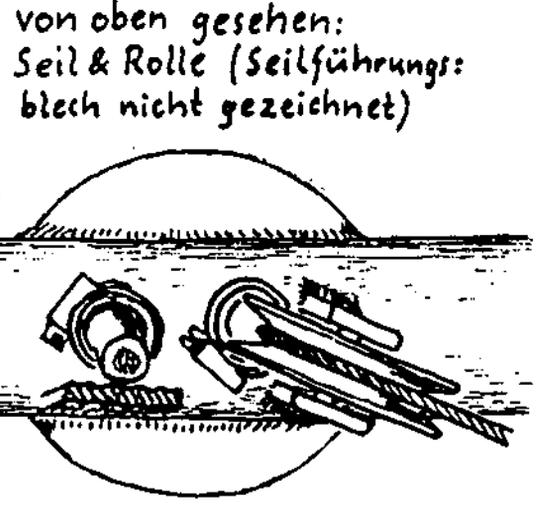
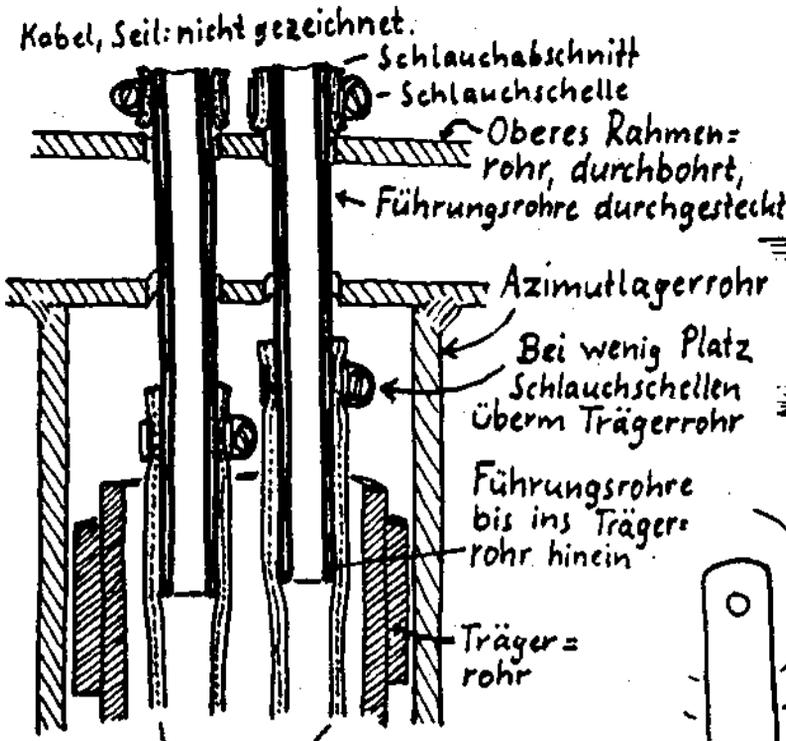
Weil sich das Windrad kaum jemals viele Umdrehungen nur in eine Richtung um den Mast dreht, hat es sich bewährt, Kabel und Bremsseil einfach durchs Mastrohr herunterhängen zu lassen. Wenn nötig, wird das Kabel unten lösbar angeschlossen und, sollten sich Kabel und Brems-

seil zu sehr umeinandergewickelt haben, "entzwirnt". Nur bei extrem schwierigen Windverhältnissen oder wenn das Windrad monatelang unbeobachtet läuft, wird ein elektrischer Schleifkontakt sinnvoll sein. Nachteile: Kontaktflächen können oxidieren, Wackelkontakt kann LiMa gefährden!

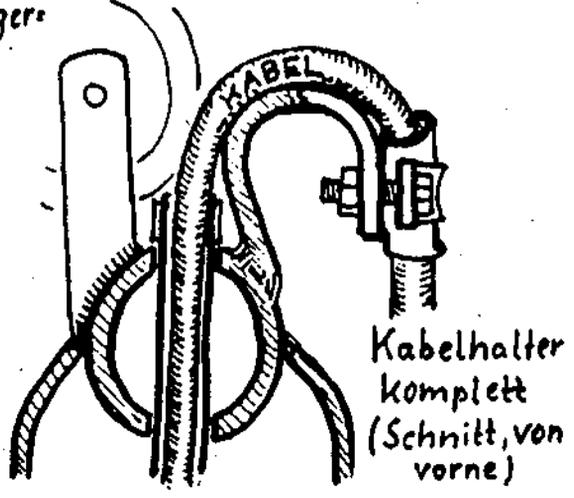
Da sich Kabel und Bremsseil umeinander wickeln, muß das Bremsseil in einer Hülle laufen. Bowdenzughüllen sind unbrauchbar, das Seil rostet oder friert darin fest, weil eben doch Wasser reinkommt. Ein alter Gartenschlauch als Hülle hat sich gut bewährt. Ebenso fürs Kabel, damit seine Isolierung nicht am Mastrohr durchscheuert. Besonders wichtig im Bereich des Trägerrohres und unten am Mastrohr.

In die oberen Enden der Schläuche kommen dünne Rohre (z.B. Druckluftrohr oder Kupferrohr 12 mm Ø). Kabel und Seil samt Schläuchen (an dünnen Drähten) von unten nach oben durch Mast und Windradrahmen ziehen. Wenn Schlauch-Röhrchen durchgefummelt, Schlauchabschnitt und Schlauchschelle drauf.

Das Bremsseil läuft über die Seilrolle. Das Kabel gegen Rausziehen nach unten befestigen: extra gut erst über ein U-förmig gebogenes Flacheisen, das schon viel Zug abfängt, dann mit einem Kabelklemmer sichern. Übrigens brauchen wir nur ein durchgehendes Plus-Kabel, weil Minus über Windradrahmen und Mastrohr laufen kann. Dann jedoch Minus-Kabel von der LiMa bis an den Rahmen nahe ans Drucklager legen, damit kein Strom über das Schwenkgelenk der Aufhängung läuft (Kugellager gehen kaputt). Weiteres Kabel vom Mastrohr dicht unter dem Drucklager nach unten für möglichst geringen elektrischen Widerstand.



Kabel- und Bremsseilschlauch, Befestigung im Windradrahmen. (Schnitt, von der Seite)



# Details: Kabel- und Bremsseilführung oben am Windradrahmen.

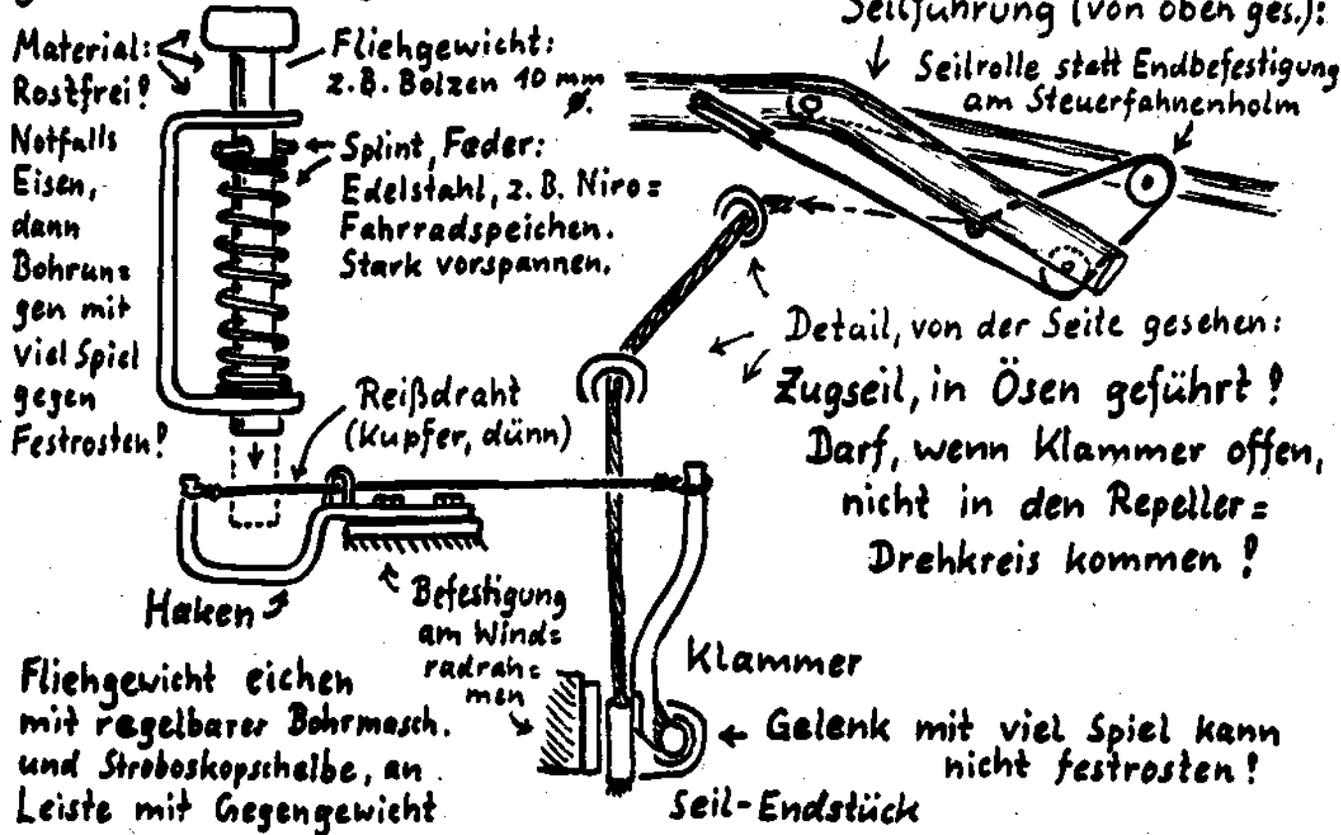
## Super-Sicher: Zusätzliche Fliehkraft-Drehzahlsicherung!



Die Teile: Klammer für Seilende, Haken mit Zerreißdraht, Fliehgewicht.

Überdrehzahl schleudert das Fliehwegicht nach außen, Draht wird zer-  
 rissen, Klammer öffnet sich und gibt das Zugseilende frei: Steuerfahne  
 geht in Sturmstellung und zieht die Bremse.

Seilführung (von oben ges.):



Flihwegicht eichen mit regelbarer Bohrmasch. und Stroboskopshalbe, an Leiste mit Gegengewicht

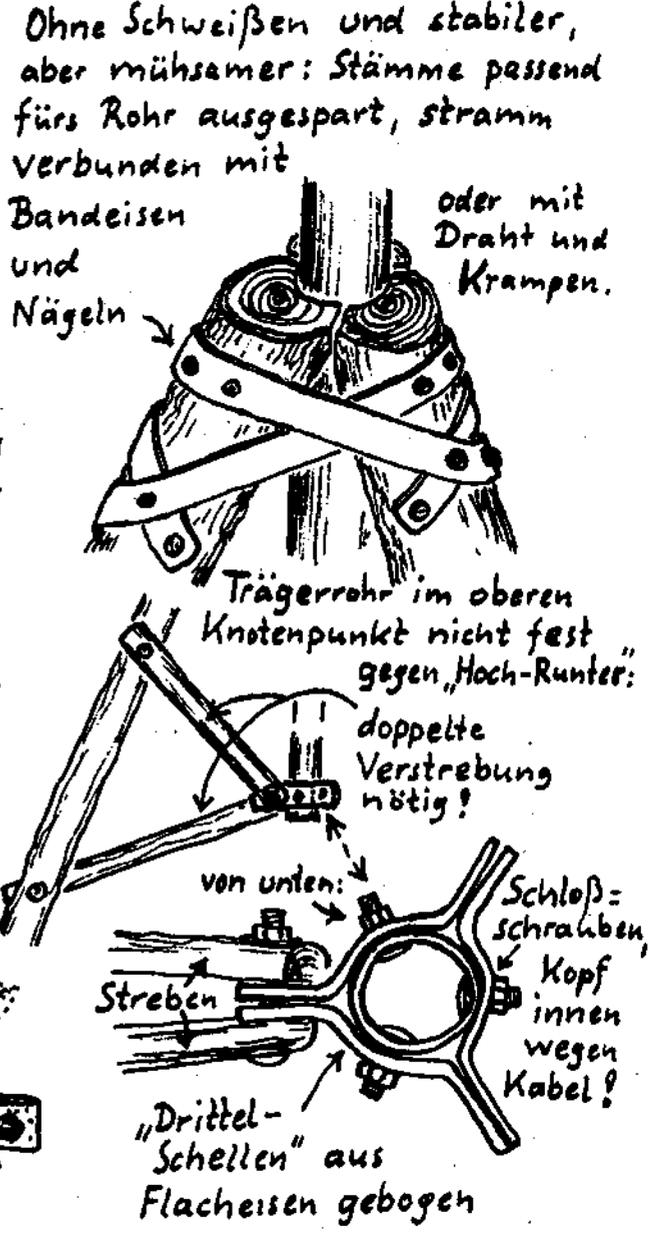
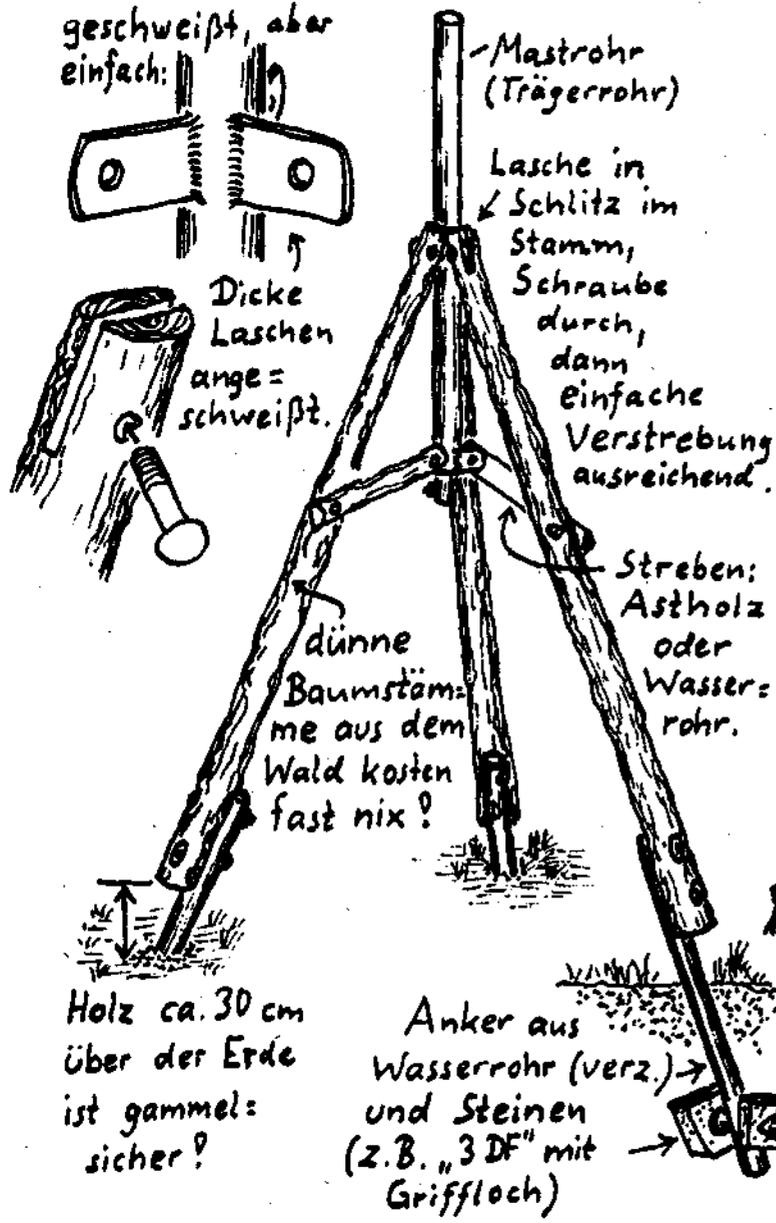
# Der Windrad-Mast:

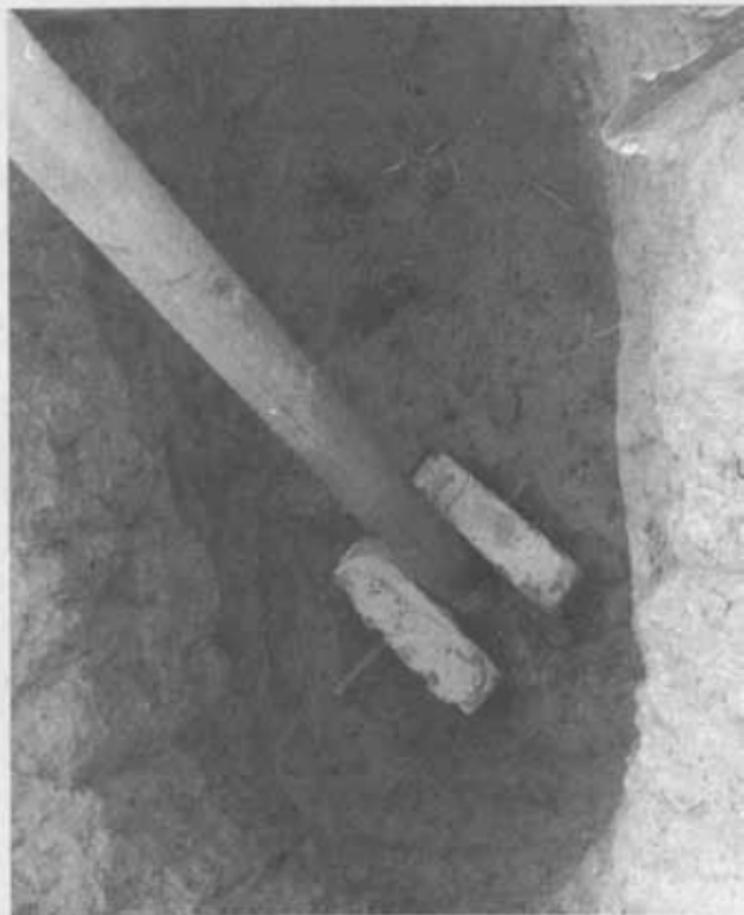
Ein Dreibeinmast ist in sich stabil und braucht keine bombastischen Fundamente (vergleiche: Photo-Stativ). Dickes Wasserrohr (verzinkt) oder alte Eisenträger (vom Bauschutt) als Erdanker mit Querstab und 2 Mauersteinen versehen sind verrottungsfest, superstabil und bei evtl. Demontage wiederverwertbar. Betonfundamente bleiben übler Bauschutt! (S. 2, Photo S. 48)

Ein mit Seilen abgespannter Einzelmast wird erst halbwegs stabil, wenn alle Seile stramm angezogen sind: die Seile versuchen, sich gegenseitig die Verankerungen aus der Erde zu reißen. Die Erdanker sind viel stärker belastet als beim Dreibeinmast. In der hier sinnvollen Höhe wird der Mast stark in sich schwingen, wenn er nicht zusätzlich auf halber oder 2/3 Höhe abgespannt ist. Viel Aufwand, wenig Effekt. (S. 70)

Da wir mit dem Windrad aus dem Windschatten (z.B. des Hauses) raus müssen (20% weniger Wind = halbe Leistung!) und weil es für freistehende Masten evtl. Grenzen der Genehmigungsfreiheit gibt, ist Aufstellen auf dem Hausdach oft ein sinnvoller Trick. Der Dachstuhl muß an der Stelle oft nur wenig oder gar nicht verstärkt werden. Auf Gummi (z.B. alter Autoreifen) gelagert ist das Windrad im Haus praktisch nicht zu hören!

Merke: Besser ein höherer Mast als ein größeres Windrad!





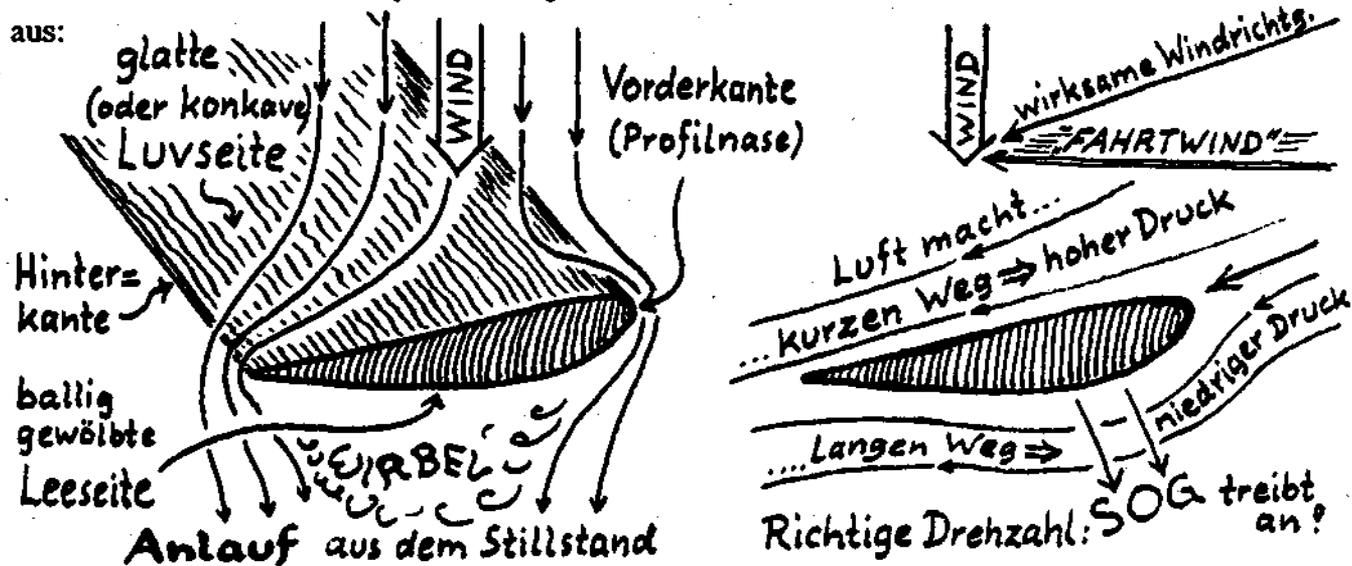
*Mast aus Wasserrohr-Schrott fürs 4-m-Windrad. So einfach sind die Anker?*

# „Fachkunde“ zu besonderen Bauteilen

## Wie funktioniert der Repeller?

Repeller, nicht Propeller!

Beide sehen auf den ersten Blick zum Verwechseln gleich aus, sind jedoch in Bau und Wirkungsweise ganz verschieden. Weil aber immer wieder Leute fragen, ob man nicht auch einen alten Flugzeugpropeller fürs Windrad nehmen könnte, machen wir den Unterschied schon im Namen deutlich. Ein aerodynamisch geformtes Profil, wie hier verwendet wird, sieht etwa so aus:



Läuft ein Repeller aus dem Stillstand an, kann der Wind ihn nur sehr schlecht antreiben: Die Luvseite steht fast quer zum Wind und an der Leeseite entsteht kaum wirksamer Sog, weil die Anströmrichtung noch falsch ist. Deshalb kommt er nur mühsam in Bewegung. Er muß praktisch ungebremst loslaufen können (kein kraftfressendes Getriebe, Lichtmaschine nicht magnetisiert), sonst läuft er erst bei starkem Wind an.

Sowie der Repeller aber schneller wird, verbessert sich die Anströmrichtung immer mehr, und plötzlich setzt der "aerodynamische Effekt" ein: Der Repeller saust leise zischend in abenteuerlichem Tempo los, weil der richtige Sog auf der Leeseite entsteht. Er kann jetzt ein Vielfaches der Anlaufkraft abgeben, also leicht eine magnetisierte Lichtmaschine treiben. Hat sich die aerodynamische Strömung gebildet und läuft der Repeller mit der vorgesehenen Schnelllaufzahl, wirkt der ganze Drehkreis für den Wind als Angriffsfläche, die Flügel laufen so schnell, daß sie für den Wind "überall" zu sein scheinen.

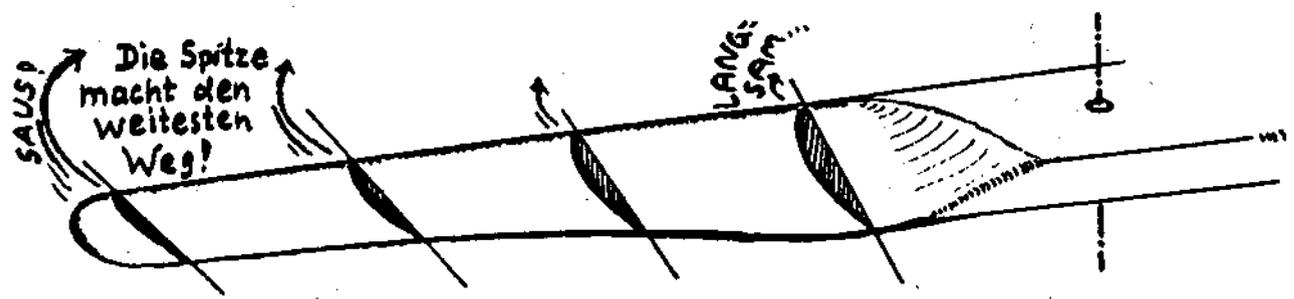
Wenn der Repeller so schnell durch die Luft saust, kriegt er auch ihren Widerstand "zu spüren". Der muß möglichst klein sein, raue Oberflächen, Fehler im Profil, breite Hinterkante usw. verursachen Widerstand und bringen Krach statt Kraft.

**"Schnelläufigkeit":**

Das Flügelende läuft schneller als die Windgeschwindigkeit um, die Schnelllaufzahl (bei unserem 3 - Flügler  $\lambda = 5$ ) nennt das Verhältnis, um wieviel schneller die Flügelspitze als der Wind laufen muß, damit die Strömung am Profil ideal ist. Muß der Repeller (z.B. weil die LiMa nicht paßt) langsamer oder wesentlich schneller laufen, gibt er nur wenig Leistung ab, stattdessen viel Lärm.

Die Profilform muß auch zur Schnelläufigkeit passen! Ein Profil, das schnell die Luft durchschneidet, ist dünn und schmal, eins, das langsam und kraftvoll laufen soll, dicker und breiter. Schon mit einem "Pi-mal-Daumen"-Profil kann ein Repeller recht gut laufen, aber an den Stellen, die nicht strömungsgerecht sind, gibt es Wirbel, die Geräusche machen und Leistung schlucken. Besonders bewährte Profile sind für die Fliegerei untersucht worden und in "Profilkatalogen" zu finden. Profile mit ebener Luvseite sind einfach herzustellen, also für uns günstig.

Jedes Repellerblatt hat in sich schneller und langsamer laufende Stellen:



Ein richtig edler Repeller hat daher eine "Verwindung", also ist der Anstellwinkel an der Nabe groß und das Profil dick, an den Spitzen klein und dünnes Profil. Für die Stabilität ist das auch gut: Leichte Flügelspitzen verursachen wenig Fliehkraft, und an der Nabe, wo sich die Kräfte konzentrieren, soll der Repeller dick sein. Auf keinen Fall umgekehrt!

So ein Repeller läuft wunderbar leise bei hoher Leistung und läuft auch leicht an, weil der nabenahe schräge Bereich schon aus dem Stillstand heraus viel Kraft gibt. Ein "vielseitiges" Profil sorgt dafür, daß der Repeller auch bei böigem Wind stets noch richtig angestömt wird.

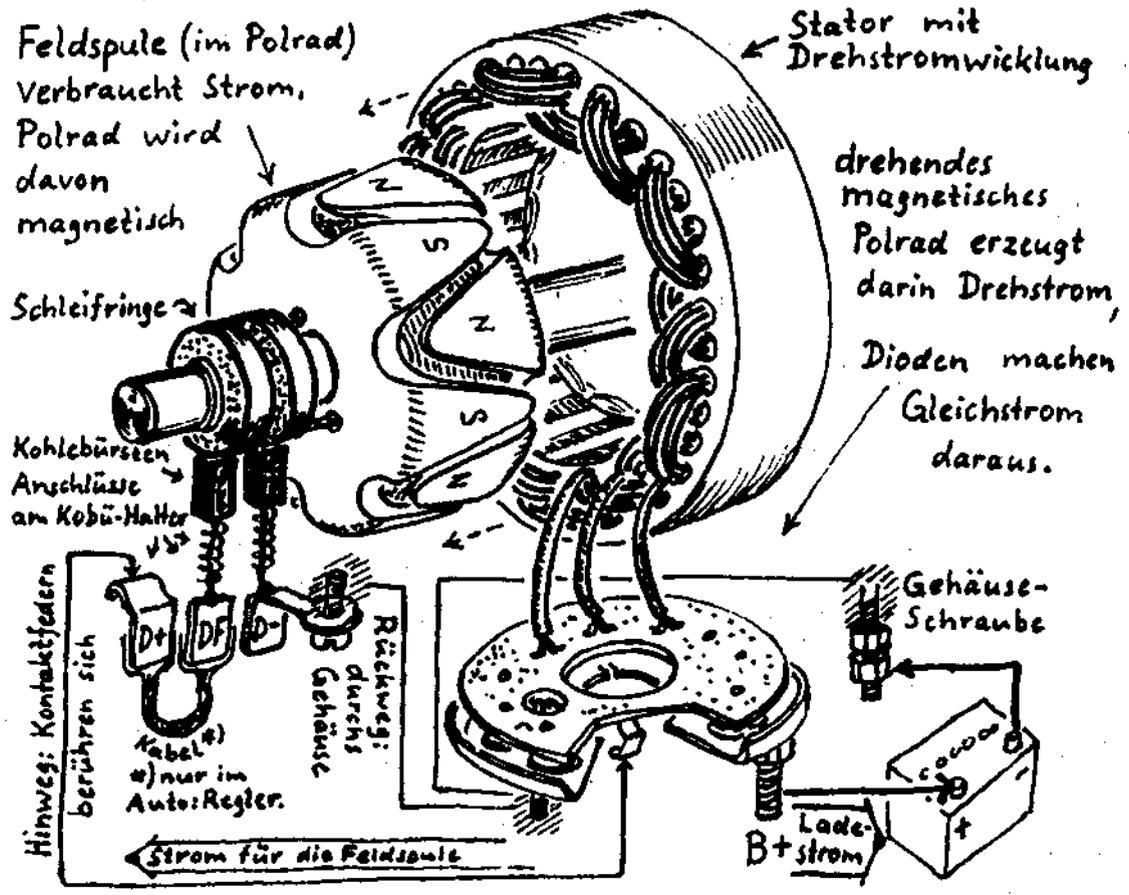
Das freistehende Windrad kann bestenfalls 2/3 der Windleistung in mechanische Leistung umsetzen; dazu muß der Wind auf 1/3 seiner vorherigen Geschwindigkeit vom Windrad abgebremst werden. Mehr geht nicht, sonst würde der hinterm Windrad fast stillstehende Wind wie eine Mauer den nachkommenden Wind stoppen.

Die Leistung wächst mit dem Durchmesser hoch 2 (weil für den Wind die ganze Drehkreisfläche Angriffsfläche ist) und mit der Windgeschwindigkeit hoch 3. Merke: 10% mehr Wind gibt 33% mehr Leistung.

# Wie funktioniert eine Auto-Lichtmaschine?

Beim Fahrraddynamo dreht sich in der Mitte ein Dauermagnet, um den Magneten herum sitzen Spulen, in denen das drehende Magnetfeld Strom erzeugt. Die Kraft des Dauermagneten ist immer da, wir spüren sie deutlich, wenn wir mit der Hand langsam am Rädchen drehen. (Genau erklärt im Heft "Wirkkraft?-Ganz einfach")

Drehstrom - LiMas (und die selteneren Wechselstrom - LiMas) funktionieren im Prinzip genauso. In der Mitte dreht sich kein Dauermagnet, sondern ein Elektromagnet (das "Polrad" auf dem Läufer). Deshalb läßt sich der Läufer einer nicht arbeitenden LiMa ganz leicht drehen. Damit die LiMa Strom erzeugen kann, muß die Spule des Elektromagneten (die "Feldspule") Strom kriegen. Dann läßt sich der Läufer ziemlich schwer drehen und das starke Magnetfeld erzeugt in der Wicklung des Stators Drehstrom (bei Wechselstrom - LiMas Wechselstrom). Zum Batterieladen und für die Feldspule ist aber Gleichstrom nötig. Darum fließt der Strom, bevor er aus der LiMa herauskommt, noch durch Gleichrichter - Dioden. Dabei wird ein Teil abgezweckt zum Versorgen der Feldspule, der Rest geht in die Batterie.



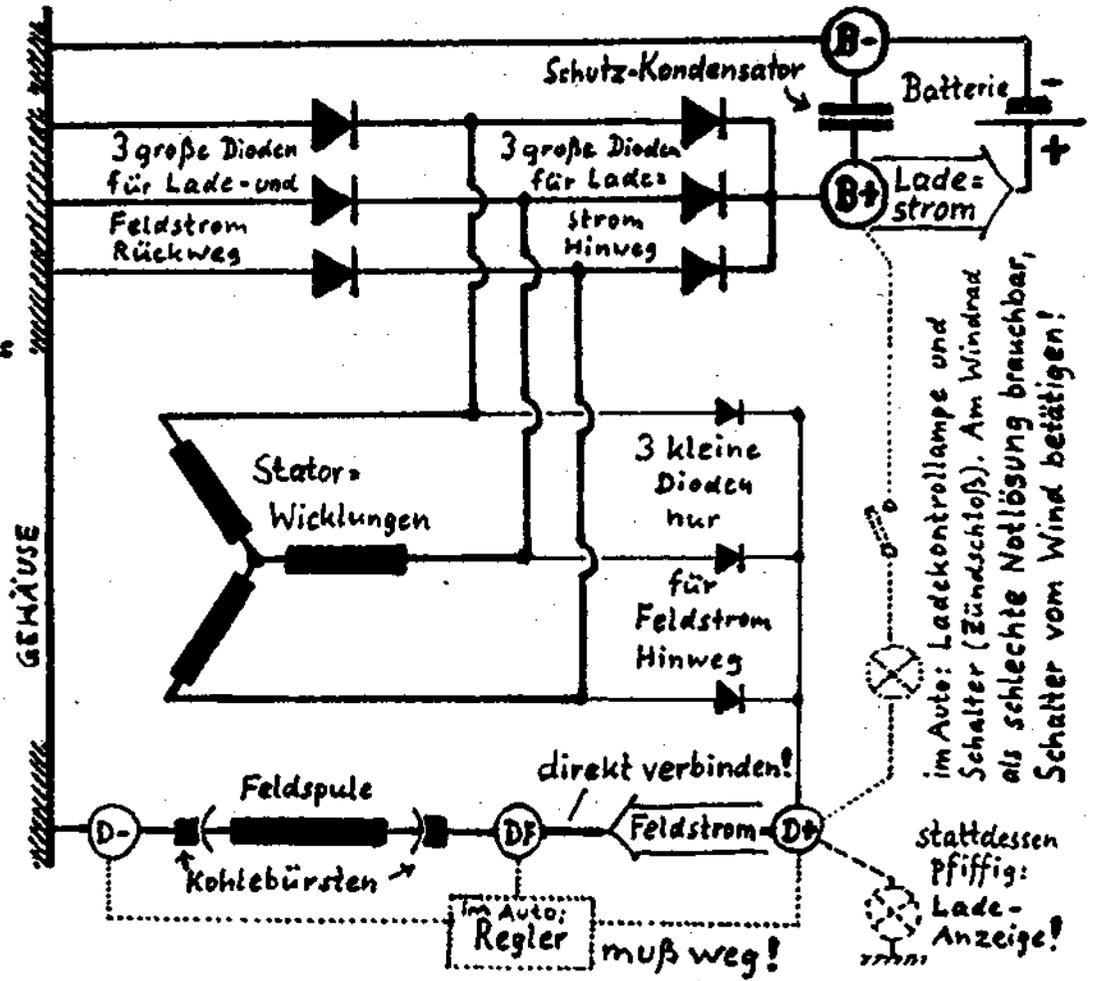
## Die wesentlichen Teile einer Drehstrom-LiMa.

Jetzt kommt die Tücke: Woher kriegt der E - Magnet den ersten Strom, damit die LiMa überhaupt anfangen kann, Strom zu erzeugen? Im Auto aus der Batterie (über Ladekontrollampe und Zündschloß). Im Windrad wäre das Mist, dann würde bei Flaute die LiMa dauernd Strom fressen. Doch da kann uns der Erdmagnetismus helfen. Außerdem bleibt vom letzten Mal Stromerzeugen ein kleiner Restmagnetismus im Eisen der LiMa zurück, so wenig, daß wir ihn nicht fühlen beim Drehen am Läufer. Aber dieser Restmagnetismus reicht schon, um ganz wenig Elektrizität im Stator zu erzeugen. Doch leider kommt die nicht raus (außer wenn wir die LiMa ganz fürchterlich schnell drehen), denn die Gleichrichterdioden lassen nicht alles durch. In einer Richtung, in der

nie Strom fließen soll, lassen sie gar nichts durch, doch auch in der anderen Richtung lassen sie erst durch, was mehr als 0,7 Volt pro Diode ist (wie ein Staudamm, über den nur fließt, was höher als der Staudamm ist).

Original=  
Schaltung  
einer  
Drehstrom=  
LiMa.

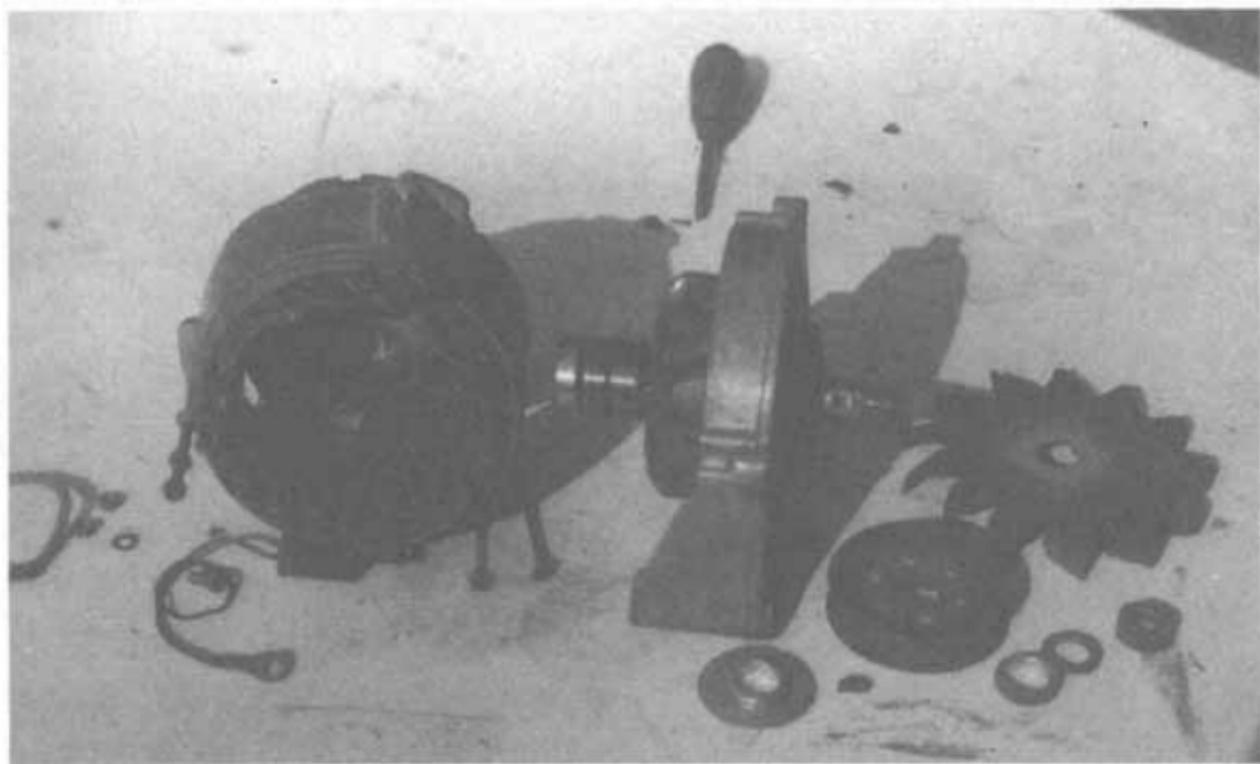
Photo:  
LiMa,  
geöffnet  
(Bosch, ältere Bauart)



im Auto: Ladekontrolllampe und Schalter (Zündschloß). Am Windrad als schlechte Notlösung brauchbar, Schalter vom Wind betätigen!

direkt verbinden!  
im Auto; Regler muß weg!

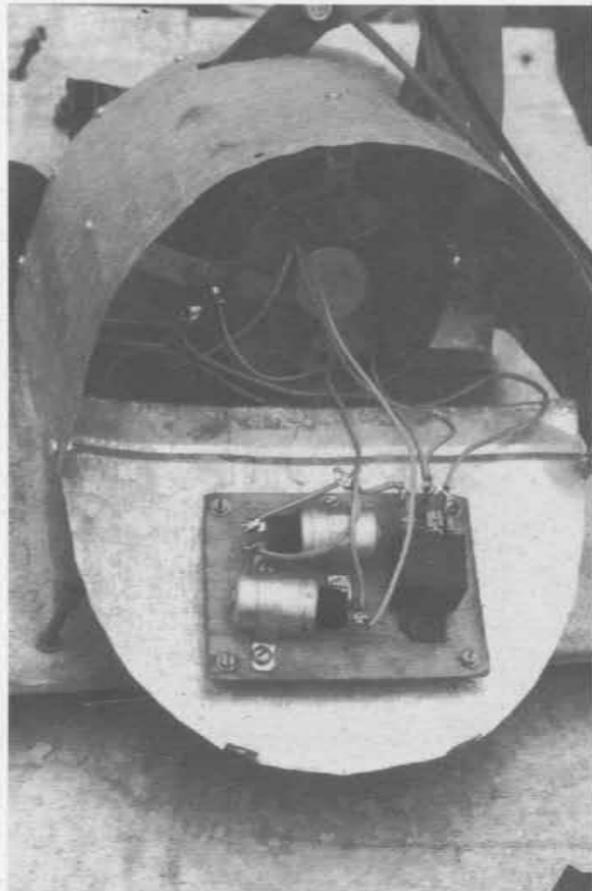
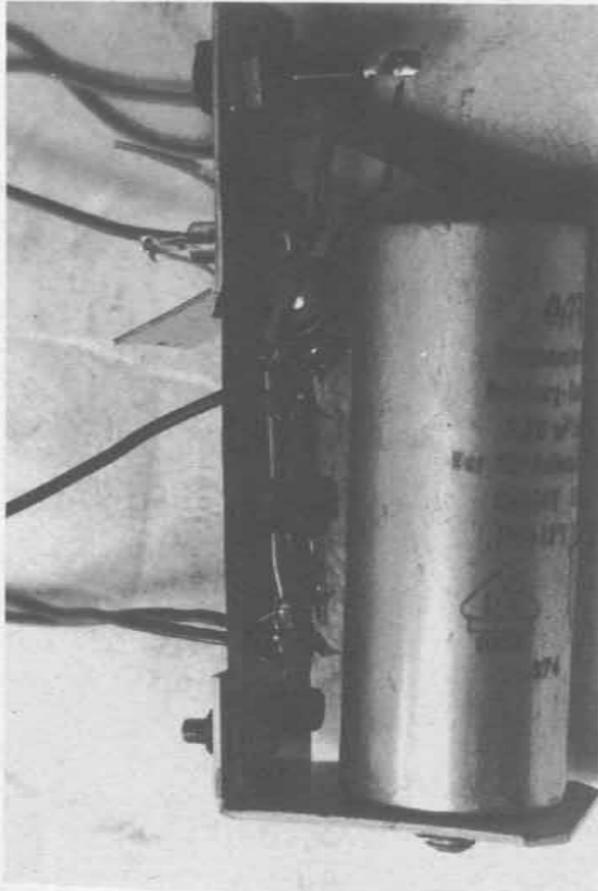
stattdessen pfiffig: Lade-Anzeige!



hinteres Gehäuseteil mit Sta-  
tor und Kohlebürstenhalter

vord. Gehäuseteil  
mit Läufer

Lüfterrad, Riemen-  
scheibe, Paßfeder usw.



Selbsterregungs-Schaltung mit Schottky-Dioden, dazu Schutzkondensator, da dieser an der Lima fehlte.

Lima mit Abdeckhaube und Rombach-Schaltung. Kl. schwarzer werksmäßiger Schutz-Kond. ist an der Lima.

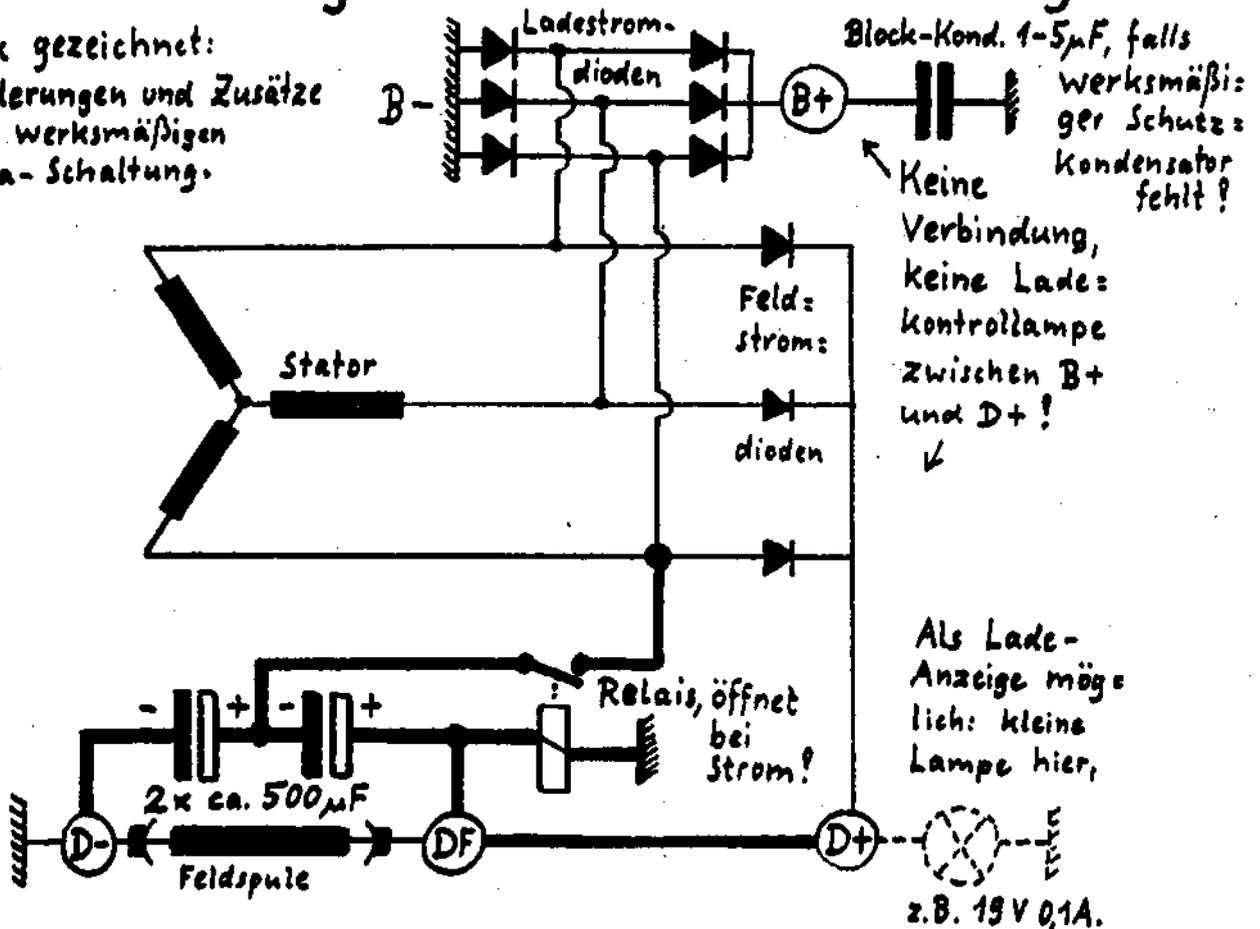
**LiMas haben große Öffnungen für die Kühl - Luft. Dringt Regen ein, verrosten innen die Eisen-  
Teile! Darum für LiMa (und Zusatzschaltung) eine unten offene Abdeckhaube basteln. Nur z.B.  
bei Drehstrommotoren mit geschlossenem Gehäuse als Generator ist keine Abdeckung nötig.**

Wenn es gelingt, Strom an den Dioden vorbei herauszuholen, in Gleichstrom zu verwandeln und damit die Feldspule zu versorgen, würde sich die LiMa ohne Hilfsstrom von außen selbst magnetisieren, d.h. sie wäre "selbsterregend".

Und das gelingt z.B. so: Bei der "Rombach - Schaltung" (weil von Peter Rombach entwickelt), wird Wechselstrom aus der LiMa an den Diolen vorbei abgezapft und in Kondensatoren geleitet. Die wirken wie kleine Batterien: Drehen wir am Polrad, nehmen sie das kleinste bißchen Strom auf und geben es wieder ab, ohne "Staudamm - Effekt". Dadurch, daß nun Strom zwischen den Kondensatoren und der Spule hin- und herfließt, entsteht Magnetismus (jeder Strom, der fließt und nicht am Staudamm hängenbleibt, erzeugt Magnetismus!), dadurch erzeugt die LiMa sofort mehr Strom, mehr Magnetismus entsteht, und in Sekundenbruchteilen hat sie sich voll magnetisiert.

### Lima selbsterregend durch „Rombach-Schaltung“:

dick gezeichnet:  
Änderungen und Zusätze  
zur werksmäßigen  
Lima-Schaltung.



Wichtig ist, daß wir jetzt die Kondensatoren wegschalten, sonst fließt beim Laden auch starker Strom zwischen den Kondensatoren und der Spule hin- und her, der nach der Selbsterregung völlig nutzlos ist und erhebliche Verluste macht. Dazu dient das Relais, es öffnet den Kontakt, wenn die LiMa magnetisiert ist und volle Spannung abgibt. Wird die LiMa nur noch so langsam gedreht, daß der Strom nicht zur Versorgung der Feldspule ausreicht, bricht das Magnetfeld in der LiMa zusammen. Aber das Relais schließt dann den Kontakt zu den Kondensatoren, so daß die LiMa sich wieder magnetisieren kann, wenn sie schneller getrieben wird.

Die Teile für diese Schaltung finden wir leicht im Schrott. Die LiMa selbst bleibt original, nur müssen wir an einem beliebigen Anschluß, wo die Statorspulen mit den Dioden verbunden sind, ein Kabel anlöten. Bei Bosch - LiMas älterer Bauart und bei den meisten französischen LiMas ist das leicht (Diodenplatte oder Plastikabdeckung abschrauben). Andere LiMas muß man aufschrau-

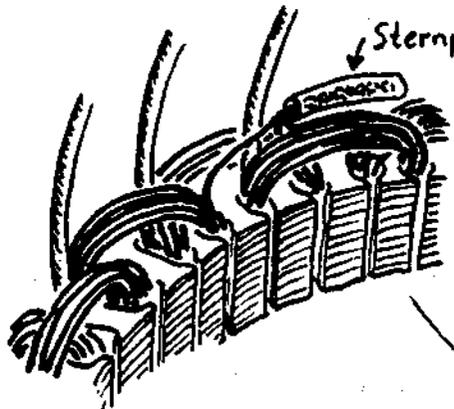
ben. Beim Aufschrauben stets vorher die Kohlebürsten ausbauen (können sonst brechen!), nie hämmern oder die Gehäusehälften einseitig auseinanderhebeln, sondern gleichmäßig auf beiden Seiten hebeln. Kugellager würden sonst schadhaf!

Weitere Möglichkeiten: Den Strom für die Feldspule nicht über die eingebauten Dioden gleichrichten. Es sind Silizium - Dioden, die brennen zwar nur selten durch, aber haben den "Staudamm - Effekt" von 0,7V. Es gibt inzwischen auch recht robuste Spezial - Dioden, "Schottky - Dioden", die haben nur 0,2 - 0,3V "Staudamm - Effekt". Type SB 5-60 hält 5 Amp. und 60V aus und kostet unter 3 DM im Elektronik - Fachhandel. Ein Gleichrichter daraus läßt schon unter der Ladebeginn - Drehzahl den vom Restmagnetismus erzeugten Strom durch und macht die LiMa dadurch selbsterregend. Sehr wichtig hierbei: Die elektrische Verbindung von der Minus - Kohlebürste der Feldspule zum Gehäuse unterbrechen! Sonst fließt der Ladestrom auch den bequemen Weg über die Schottky - Dioden und überlastet sie sofort!

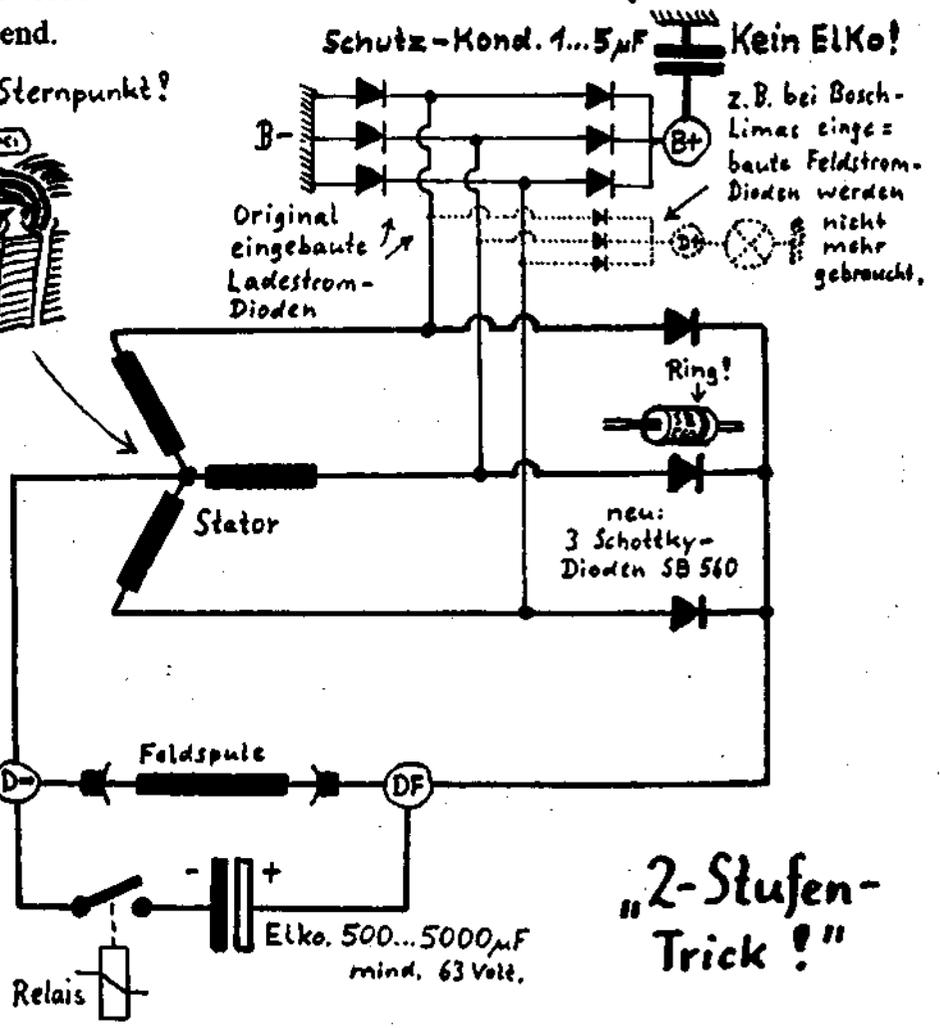
### "2-Stufen-LiMa" für Schwach- und Starkwind!

Wirkungsweise: Statt, wie original, über einen Vollbrücken - Gleichrichter, kriegt die Feldspule jetzt nur über einen Einweg - Gleichrichter Strom, verbraucht also weniger, dadurch läuft die LiMa deutlich leichter, leistet aber auch weniger. Der Wirkungsgrad ist besser als beim Original, die Ladebeginn - Drehzahl fast unverändert: Schaltung für Schwachwind.

Bei höherer Drehzahl wird der Kondensator zugeschaltet: Er glättet die Strompulse aus dem Einweg - Gleichrichter, so kriegt die Feldspule Strom ähnlich wie aus dem Original - Brückengleichrichter, aber hat mieseren Wirkungsgrad. Die LiMa hat jetzt nahezu volle Leistung und läuft entsprechend schwerer. Gut bei starkem Wind. Der miesere Wirkungsgrad macht nichts, denn der Repeller ist dann sowieso unterfordert. Verwendest Du Schottky - Dioden, wird die LiMa gleichzeitig selbsterregend.



Bei Bosch (neuere Limas)  
diese Blech-Verbindungen entfernen. Sonst: Kabel der "D-" Kohlebürste vom Halter löslöten, verlängern und isoliert nach außen führen! **Unbedingt** Verbindung von "D-" zum Gehäuse trennen!



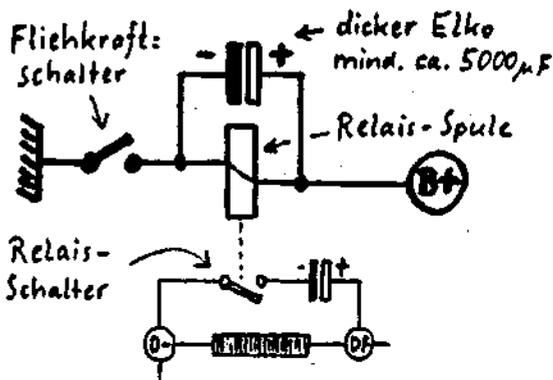
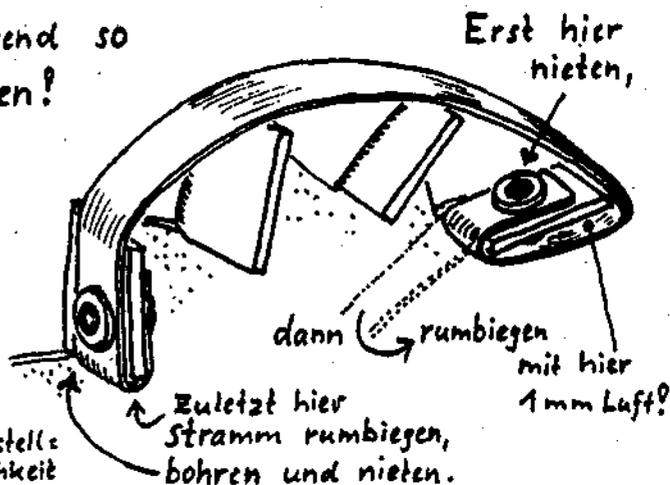
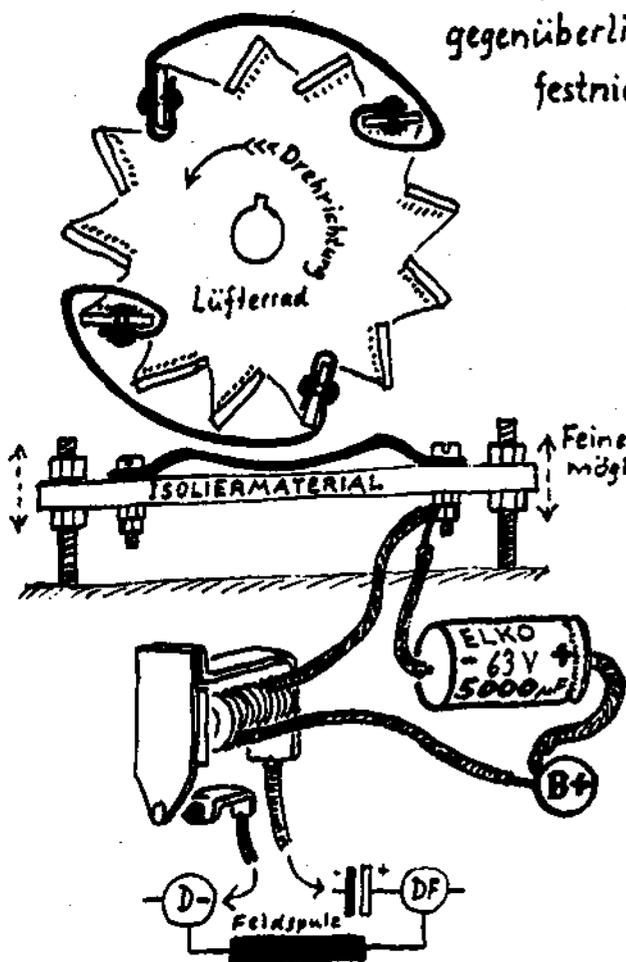
"2-Stufen-Trick!"

Als Umschaltautomatik baue ich Nirol - Blechstreifen ans Lüfterrad (Zeichnung). Nieten mit dünnem Schaft und großem Flachkopf, besser große Unterlegscheiben, sonst Bruchgefahr der Streifen am Niet. Bei hoher Drehzahl beulen sich die Streifen nach außen, schleifen am Gegenkontaktblech, das Relais kriegt Strom (geglättet mit dem ELKO, damit es nicht rattert) und schaltet den Kondensator zu.

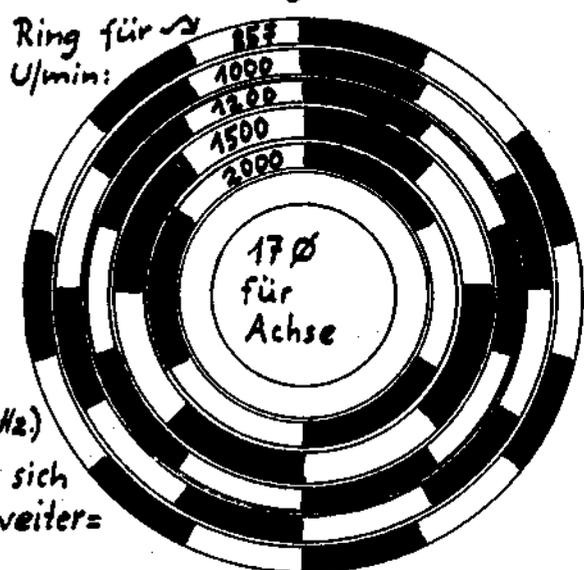
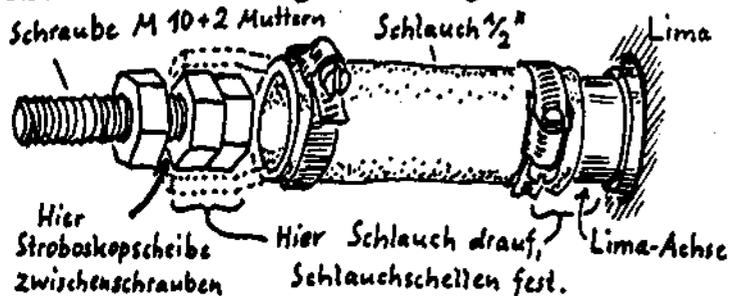
### Fliehkraft-Schalter:

Am Lüfterrad 2 Blechstreifen

gegenüberliegend so festnieten?



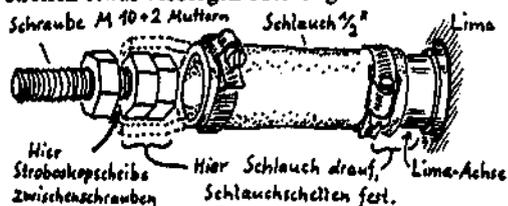
Zum Justieren z.B. diese Stroboskopscheibe hier abpausen, auf's Lüfterrad kleben, mit Atomstrom - Licht beleuchten und mit regelbarer Bohrmaschine antreiben. Justiermöglichkeit: Blechstreifen etwas verbiegen oder Gegenkontakt näher heran oder weiter weg stellen.



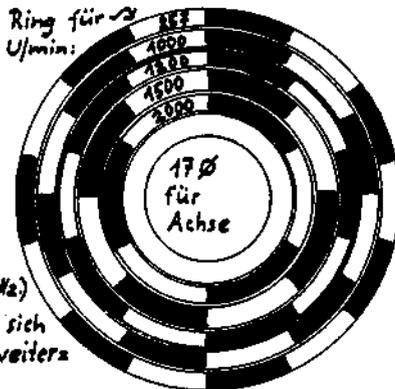
Kupplung zum Drehzahlmessen  
Stroboskop-Scheibe: Atom-Licht (am besten Neonröhre) hat 100 Lichtblitze pro Sekunde (50Hz)

Ist die Drehzahl der Scheibe so hoch, daß sich ein Ring zwischen 2 Blitzen genau 1 Feld weiter dreht, scheint dieser Ring stillzustehen.

Zum Justieren z.B. diese Stroboskopscheibe hier abpausen, auf's Lüfterrad kleben, mit Atomstrom - Licht beleuchten und mit regelbarer Bohrmaschine antreiben. Justiermöglichkeit: Blechstreifen etwas verbiegen oder Gegenkontakt näher heran oder weiter weg stellen.



Hier Stroboskopscheibe zwischen-schrauben  
 Hier Schlauch drauf, Schlauchschellen fest.



**Kuplung zum Drehzahlmessen**  
**Stroboskop-Scheibe: Atom-Licht (am besten Neonröhre) hat 100 Lichtblitze pro Sekunde (50 Hz)**

Ist die Drehzahl der Scheibe so hoch, daß sich ein Ring zwischen 2 Blitzen genau 1 Feld weiter dreht, scheint dieser Ring stillzustehen.

# Besonderheiten bei einigen LiMas :

Manche (meist ältere französische) LiMas haben nicht die drei kleinen eingebauten Dioden nur für den Feldstrom - Hinweg (s. Schaltplan S.51), es gibt auch nicht die Klemme "D+", nur "EXC" ( entspricht "DF" bei Bosch). Für Rombach - Schaltung (und für Notlösung mit Lade - Kontrollampe und Schalter) müssen wir 3 gewöhnliche, ausreichend belastbare Dioden direkt an die Stator - Anschlüsse schalten. Beim "2 - Stufen - Trick" macht's nichts, wenn diese Dioden fehlen, wir schließen ja statt dessen Schottky - Dioden an.

Vor allem bei Auslands - LiMas sind die Statorwicklungen manchmal nicht in Sternschaltung, sondern zur Dreieckschaltung zusammengeschlossen. Kennzeichen: Das nirgends angeschlossene Kabelende, wo 3 Drähte zusammen laufen (s. Zeichnung S.54 "Sternpunkt") fehlt, stattdessen laufen jeweils 2 Drähte zusammen zu den 3 Dioden - Anschlußstellen. Hier geht der "2 - Stufen - Trick" nicht. Interessant: Du kannst die Wicklungen in Sternschaltung zusammenschalten. Effekt: Nur noch ca. 60% der Leistung, aber auch ebensoviel niedrigere Ladebeginn - Drehzahl, jetzt "2 - Stufen - Trick" möglich. Ideale Schwachwind - LiMa.

## Wo bleibt der Regler ?

Wichtig bei allen LiMas: Der im Auto verwendete Regler kann am Windrad viel Schaden anrichten! Er schaltet die Feldspule ab, sobald die Spannung an der LiMa 14V überschreitet. Folge: Bei Sturmböen läuft die LiMa plötzlich ganz leicht, das Windrad fängt an, fürchterlich zu rasen! Der Regler muß raus, Direktverbindung zur Feldspule (Kabel zwischen "D+" und "DF") rein.

Damit die Batterie jetzt aber nicht überladen werden und dadurch kaputt gehen kann, beobachte sie entweder regelmäßig oder baue eine Überlade - Schutzschaltung an, die Strom verbrät (oder auf eine zusätzliche leere Batterie schaltet), wenn die Batterie zu voll wird. Wichtig: s.S.66!

## Die alt-bewährte Gleichstrom-LiMa...

Auto - Gleichstrom - LiMas funktionieren genau wie ein als Generator benutzter Auto - Kühlergebläsemotor (genaue Erklärung im Heft "Windkraft?- Ganz einfach!"), nur daß statt Dauermagneten Feldspulen drin sind.

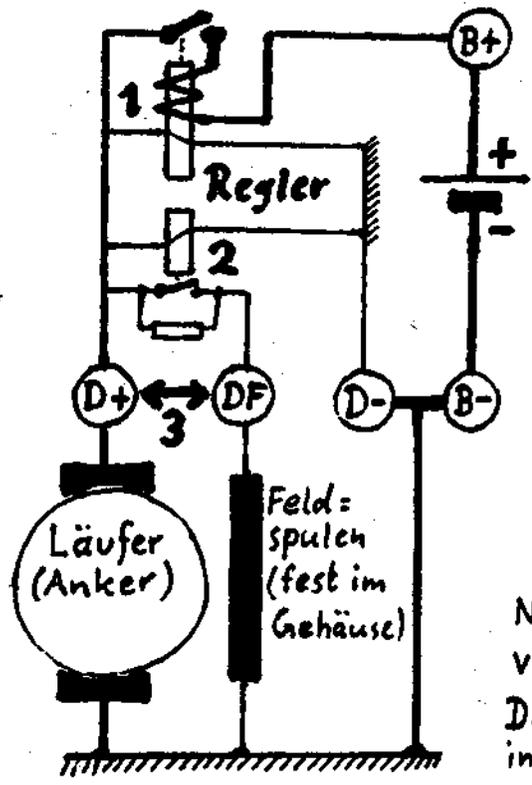
Gleichstrom - LiMas haben keine Dioden, der drehende "Kommutator" schaltet die Wicklung stets so an die Kohlebürsten, daß Gleichstrom rauskommt. Nachteil: Hier geht nicht der Feldstrom, sondern der Ladestrom über die Kohlebürsten und belastet sie viel höher als bei Drehstrom - LiMas. Wichtiges Verschleißteil, Ersatz bereithalten!

Vorteile: Bei Drehstrom - LiMas frißt der Spannungsverlust an den Dioden 10% des Wirkungsgrades! Hier keine Verluste durch "Staudamm - Effekt" an Dioden, keine Dioden, die durchbrennen können. Mechanischer Aufbau meist solider als bei Drehstrom - LiMas.

Anschlußweise: Läufer und Feldspule parallel schalten (sog. Hauptschlußschaltung"), d.h. "D+" und "DF" verbinden. Aber nicht direkt an die Batterie schalten, sonst läuft die LiMa als starker Motor mit Batteriestrom! Die Verbindung DF/D+ zur Batterie darf nur eingeschaltet werden, wenn die LiMa Strom erzeugt. Dazu ist das Rückstromrelais (Schaltplan: Relais 1, erkennbar am ganz dicken Draht) des Original - Reglers nötig. Fast keine Verluste!

Im Original - Regler ist auch ein 2. Relais ( Nr. 2 im Schaltplan), das die Feldspule bei über

14V abschaltet. Darf (ebenso wie bei Drehstrom - LiMas) am Windrad keinesfalls sein, sonst könnte das Windrad bei Sturm ungebremst losrasen. Relaisschalter überbrücken durch direktes Kabel zwischen "D+" und "DF" (Nr. 3 im Schaltplan)!



### Beschaltung der Gleichstrom-LiMa:

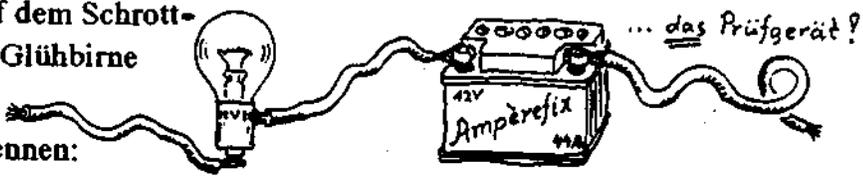
Relais 1: Dünner Draht: Zieht bei ca. 13V an, Ladestrom fließt von D+ zur Batterie durch den dicken Draht, damit das Relais auch bei ca. 11V noch angezogen bleibt. Fließt Strom von der Batterie in die LiMa, fließt er falschrum durch den dicken Draht, Wirkung der beiden Wicklungen von Relais 1 hebt sich auf, Relais öffnet.

Relais 2: Trennt bei über 14V Direktverbindung D+ -DF, darf am Windrad nicht passieren.

Notlösung, falls Regler weg: D+ und DF direkt verbinden (3), dicke Diode von D+ zur Batterie. Dioden-Verluste nur halb so hoch wie die in Drehstrom-LiMas.

## LiMas aussuchen & prüfen

LiMas, die geeignet erscheinen, auf dem Schrottplatz grob prüfen (mit Batterie und Glühbirne möglich, s.S. 58 Punkt 1-4).



Besonders geeignete LiMas erkennen:

Die Ladebeginn-Drehzahl ist wichtig fürs Übersetzungsverhältnis, aber auf dem Schrottplatz schwer zu messen (regelbare Bohrmaschine und Stroboskopscheibe (s.S. ) sind nötig), aber Bosch-LiMas haben eine Kennziffer für den Drehzahlbereich. Die 3. Zahl nennt die Drehzahl, bei der 2/3 Vollast erreicht werden, z.B. bei einer 14 V 35 A 20 - LiMa bei 2000 U/min, bei einer ...V...A 28 - LiMa bei 2800 U/min. Ladebeginn ist bei ca. 2/5 dieser Drehzahl, d.h. bei 20-er-LiMas bei 800 U/min, bei 28-er - LiMas bei gut 1100 U/min.

Je weniger Strom die Feldspule verbraucht, desto schwächerer Wind ist nutzbar. Viele französische LiMas verbrauchen bei gleicher Leistung wie Bosch - LiMas deutlich weniger Feldstrom, z.B. braucht Ducellier 35 A nur 1,7 A Feldstrom, Bosch 35 A frißt 2,6 A Feldstrom! Mit Ampèremeter zu messen. Grobvergleich mit Batterie und Glühbirne: Minus an Gehäuse, Plus (über Glühbirne) an "DF" (franz. "EXC") oder (bei LiMas mit elektron. Regler) an "D+". Birne dunkler = weniger Feldstrom.

Bei LiMas gleicher Leistung hat die mit dem dickeren Stator - Blechpaket meist den besseren Wirkungsgrad. Gründe: Mehr Eisen leitet das Magnetfeld besser, weniger Magnetismus geht verloren, schwächere Feldspule reicht aus. Und: Nur in dem Teil des Wickeldrahtes, der in den Nuten läuft, wird Strom erzeugt. Die Bögen von einer Nut zur anderen machen nur Verluste (Widerstand). Bei dickeren Statorn sind die Nuten länger, die Bögen aber gleich wie bei dünnen.

## LiMas prüfen: Grobe Prüfung für Dreh- und Wechselstrom-LiMas, sinngemäß auch für Gleichstrom-LiMas.

1. Alle Kabel abkoppeln!
2. Fließt Feldstrom? Batterie direkt an die Feldspule schließen,  $\ominus$  an Masse, bzw. "D-",  $\oplus$  an "DF" bzw. EXC". An der Achse drehen. Muß schwerer gehen. Geht's ganz leicht, ist kein Feld da, Kohlebürsten prüfen. Bei LiMas vom Schrott: häufigster Fehler: 1 Kohlebürste ist so kurz, daß Wackelkontakt  $\rightarrow$  evtl. Schleifring verbraten.
3. Wenn Feldstrom fließt, erzeugt die LiMa Strom? Batterie direkt an der Feldspule lassen, Glühbirne mind. 21W direkt zwischen B+ und Masse schließen. LiMa schnell und kräftig von Hand drehen, z.B. Bindfaden auf die Riemenscheibe wickeln und kräftig abziehen. Birne brennt? Wohl in Ordnung. Aber: Genaue Prüfung, denn die LiMa kann zwar noch Strom erzeugen, aber mit Riesen-Verlusten!

## Genauere Prüfung, nur für Drehstrom- und Wechselstromlimas:

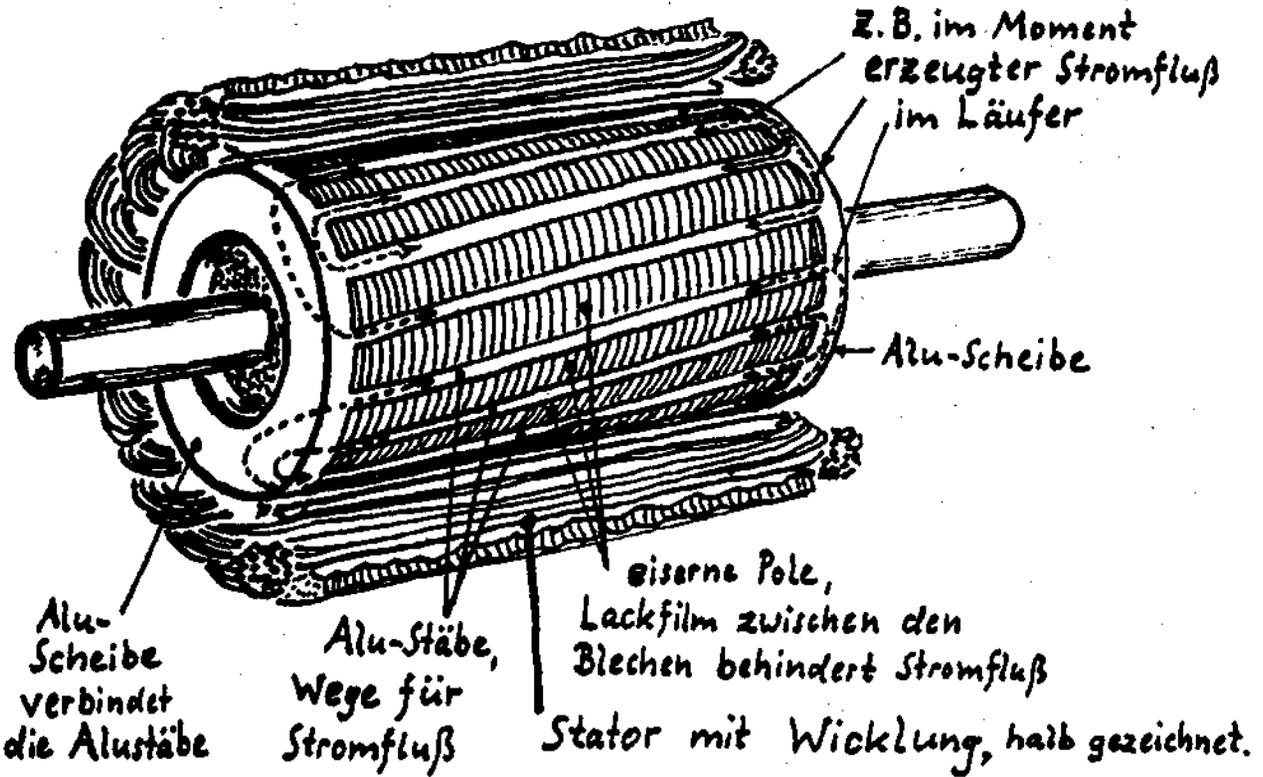
4. Polrad-Drehgefühl-Probe. Wie Punkt 2, aber langsam an der Riemenscheibe drehen. Muß bei Wechselstrom-LiMas stark ruckweise gehen, bei Drehstrom-LiMas darf's nicht rucken, sondern muß sich anfühlen, als wär die LiMa voll Sirup, es darf höchstens leicht pulsieren. Ruckweise? Fehler! Möglich:
  - eine oder zwei Dioden durchgebrannt.
  - Wicklungs-, Masse- oder grober Windungsschluß (S.\*), Wicklung berührt Gehäuse
  - Statorspulen falsch zusammengeschaltet (1 Phase falschrum, s. S.\*).
 Das Rucken kommt, weil die LiMa zwar Strom erzeugt, aber der Strom von 1 Phase kurzgeschlossen oder fehlgeleitet wird und Verlust macht. Immer, wenn diese Phase dran ist, kommt der Ruck! Im praktischen Betrieb macht diese LiMa viel zu wenig Ladestrom und wird heiß, mit Selbsterregungs-Schaltungen (S.53) erregt sie sich oft gar nicht oder bei sehr hoher Drehzahl.
5. Polrad durchgebrannt? Feldstrom messen. Soll: 2-CV-LiMa = 1,6A, Bosch 14V 35A = 2,6A, - 55A = 3,3A. Geringe Abweichung macht nix, falls deutlich höher, ist das Polrad mind. zum Teil durchgebrannt. Damit kann die LiMa zwar noch Strom erzeugen, aber mit miesem Wirkungsgrad, das Polrad frißt zu viel.
6. Dioden-Grobprüfung: Mit Batterie und Birne.  $\oplus$  an "B+",  $\ominus$  an Statoranschluß. Brennt: Diode(n) nach "B+" kaputt.  $\oplus$  an Statoranschluß,  $\ominus$  an Gehäuse. Brennt: Diode(n) nach "B-" (Gehäuse) kaputt. Nur bei Schaltung mit Extra-Dioden für Feldstrom:  $\oplus$  an "D+" (Feldstromdioden),  $\ominus$  an Statoranschluß. Brennt: Felddiode(n) kaputt.
7. Achtung: Masseschluß des Stators täuscht kaputte Ladestromdioden (nach "B-") vor, in dem Fall Stator ablöten und extra prüfen. Statorprüfung s.S.\*. Zum genauen Prüfen der Statorwicklungen und Dioden Statoranschlüsse von den Dioden ablöten.
8. Dioden genau 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 kein bißchen!

\*im Heft: Windkraft? Ja bitte!

# Mit einem einfachen Asynchronmotor Strom erzeugen?

Hokus-Pokus, weil der ja keine Feldspule hat? Doch, es geht, auch wenn manche Elektriker das nicht wissen. Der gewöhnliche Asynchronmotor hat nämlich sehr wohl eine Feldspule, die nur nirgends angeschlossen ist, sondern in sich kurzgeschlossen. Daher der Name "Kurzschlußläufer". Der Aufbau des Asym ähnelt einer Auto-LiMa, nur daß im Polrad dicke Adern aus Aluminium sind, an den Seiten miteinander vergossen. Das ist die Feldspule.

## Gewöhnlicher Kurzschlußläufer-Asynchronmotor



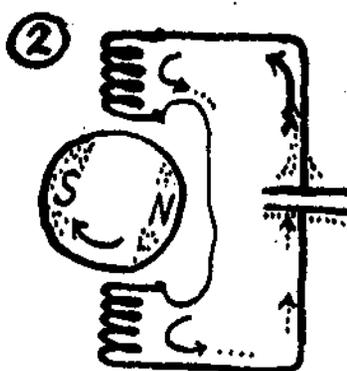
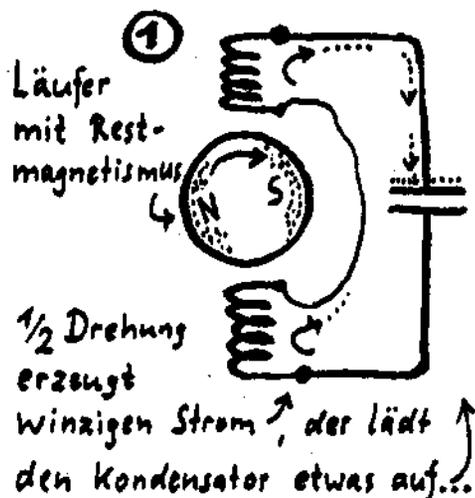
Beim Gebrauch als Motor schicken wir Drehstrom in die Statorwicklungen. Dann erzeugt das vom Stator kommende Magnetfeld Strom im Polrad. Der macht das Polrad magnetisch. Und weil das Magnetfeld im Stator immer ganz schnell ringsherum wandert, jagt es auch das Polrad immer ringsherum, weil die Magnetfelder sich abstoßen bzw. anziehen.

Wollen wir Strom erzeugen, wäre es das einfachste, den Motor am Netz laufen zu lassen, aber dabei schneller anzutreiben, als das Stromnetz es schafft. Dann scheucht das Magnetfeld des Polrades den Strom in den Statorspulen sozusagen "stärker" als das Stromnetz ihn liefert. Der Stromzähler läuft rückwärts (falls er keine Rücklaufsperrre hat).

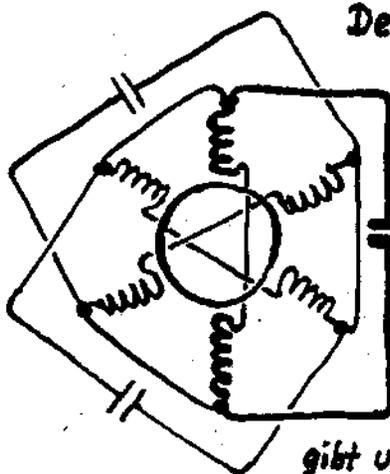
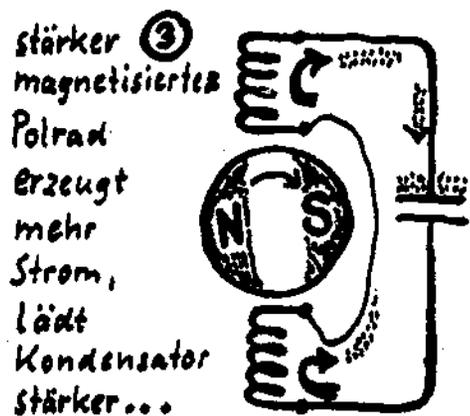
Das Stromerzeugen auf diese Weise klappt aber nur in einem ganz engen Drehzahlbereich wenig über der "Synchrondrehzahl" der Asynchronmaschine. Drehen wir zu schnell, kommt das Magnetfeld sozusagen "nicht mit" und die Stromerzeugung bricht zusammen. Drehen wir zu langsam, verbraucht die Asym Strom. Da die Windraddrehzahl in einem riesigen Bereich schwankt, ist die Regelung äußerst schwierig: Bei großen Industriewindrädern wird es mit Rotorblattverstellung, evtl. Getriebeverstellung und elektronischer Hochleistungs-Umformertechnik gemacht. Für unsere Zwecke viel zu aufwendig! (S.65)

Wir können den Strom nur brauchen, wenn es egal ist, wie seine Frequenz schwankt, also im "Inselbetrieb" ohne Verbindung zum Stromnetz. Aber wie wird dann das Polrad magnetisch? Wie bei der LiMa helfen uns Restmagnetismus und Kondensatoren. Wir schalten drei gleiche Metallpapierkondensatoren (MP-Kondensatoren, z.B. aus alten Waschmaschinen) im Stern oder Dreieck an die Statorspulen des Asym (hier ebenfalls Stern- oder Dreiecksschaltung möglich).

## Selbsterregung mit Kondensatoren, hier nur 1 Phase eines 2-poligen Drehstrommotors betrachtet:



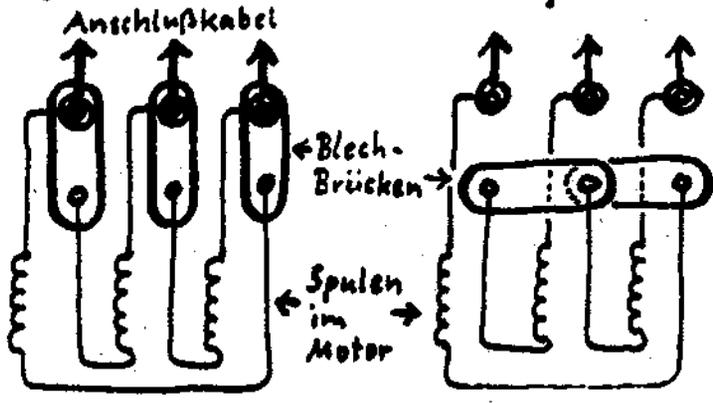
1/2 Drehung weiter: Läufer erzeugt winzigen Strom andersrum! Der Strom aus dem Kondensator kommt noch dazu: zusammen stärkerer Strom, magnetisiert das Polrad stärker!



Der Drehstrommotor hat 3 miteinander verbundene Spulengruppen. An jede soll ein Kondensator, sonst verbraucht die ohne Kondensator den Strom aus den Kondensatoren der Spulengruppen mit Kond., gibt ungünstigeren Stromfluß.

Drehen wir, erzeugt der Restmagnetismus minimalen Strom, der in die Kondensatoren fließt, von dort zurück in die Statorspulen, fließender Strom verstärkt das Magnetfeld usw., schon erregt sich der Asym selbst, je größer die Kondensatoren, bei um so niedrigerer Drehzahl. Aber der zwischen Kondensatoren und Statorspulen fließende Strom macht Verluste. Daher nie zu große Kondensatoren! Weitere Variationsmöglichkeiten: Die gleichen Kondensatoren wirken in Dreieckschaltung geschaltet in voller Größe, weil jeder Kondensator mit beiden Anschlüssen direkt an die Spulen geschlossen ist. In Sternschaltung wirken sie kleiner (also höhere Selbsterregungs-Drehzahl, weniger Verluste), weil bei jedem Kondensator ein Ende nur mit dem Umweg über die anderen Kondensatoren angeschlossen ist. Bei den Spulen bewirkt Sternschaltung niedrigere Selbsterregungs-Drehzahl, weil die um  $\sqrt{3}$  höhere Spannung herauskommt, denn zum Strom aus der einen Spule kommt noch ein Teil des aus der anderen Spule hinzu, bevor der Strom am Anschluß ist. Sternschaltung bewirkt auch höhere Spannungsabgabe bei gleicher Drehzahl als in Dreieckschaltung. (s. S. 63)

**Drehstrommotor-Anschluss:** (Photo S. 62) **Typenschild:**

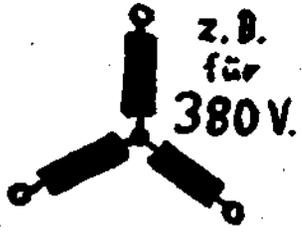


= Dreieck-Schaltung



z.B. für 220 V.

Stern-Sch.



z.B. für 380 V.

„D-Mot.“, 220/380 V,  
 $\Delta$ ,  $\star$  und Anschluss  
 wie links: sicher ein  
 Drehstrommotor. Gut!

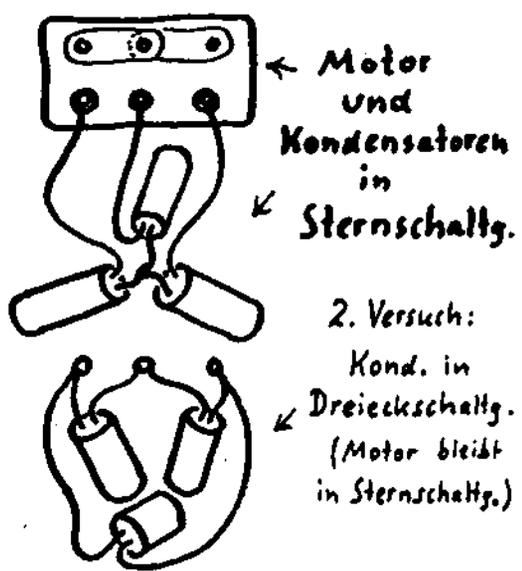
„E-Mot.“, 220 V~,  
 1-Ph., Hinweis auf  
 Hilfskondensator: „C=12 $\mu$ F“,  
 nur 2, 3 oder 4 Anschlüsse:  
 nur selten innen wie ein  
 Drehstrommotor gewickelt,  
 meistens nicht (nur 1 oder  
 2 Spulengruppen); schlecht.

Prüfen auf dem Schrottplatz: Selbsterregung geht in Sternschaltung fast immer, in Dreieckschaltung manchmal nicht. Für den 1. Versuch je kW - Motorleistung ca. 20 $\mu$ F Kondensatorgröße in Sternschaltung. Motor in Sternschaltung anschließen. Kondensatoren etwa gleich, ca. 25% Unterschied für Test harmlos.

Schnur um Achse wickeln, dran ziehen, evtl. mehrere Versuche, langsamer, schneller, ganz schnell. Selbsterregung spürbar (geht viel schwerer) und hörbar (Motor surrt). Meistens klappt es gleich. Evtl. ist die Kondensator - Größe falsch: andere nehmen oder anders schalten (4 Möglichkeiten), mit zu kleinen oder viel zu großen Kondensatoren geht's nicht.

Wenn trotzdem nichts passiert, anderen Motor suchen: einfache Motoren nehmen! Motoren mit 2 verschiedenen Drehzahlen gehen fast nie, und wenn, dann nur die höhere Drehzahl. Offenbar stören die Wicklungen sich gegenseitig bei Generatorbetrieb. Oft gehen ganz kleine Motoren auch nicht.

**Anschlussweise für 1. Versuch:**



**Aufdruck auf den Kondensatoren:**

„MP“ = Metall-Papier: gut, selbst-reparierend!  
 „340V ~ DB“ ← = Dauerbetrieb. Gut.  
 „260V ~ AB 15%“ ← = Aussetzender Betrieb, darf nur 15% der Zeit eingeschaltet sein, sonst aus! Wird sonst überlastet.  
 „400V =“ ← = Stromart. „~“ für Wechselstrom geeignet. Gut. Nur für Gleichstrom! An Wechselstrom Explosionsgefahr!  
 Höchst Betriebsspannung. Ausreichend?  
 „Elko“ = Elektrolyt-Kondensator. Nur für Gleichstrom! Polung beachten, sonst... WUMME!

(Motor in Dreieckschaltung: geht oft nur schlecht als Generator.)



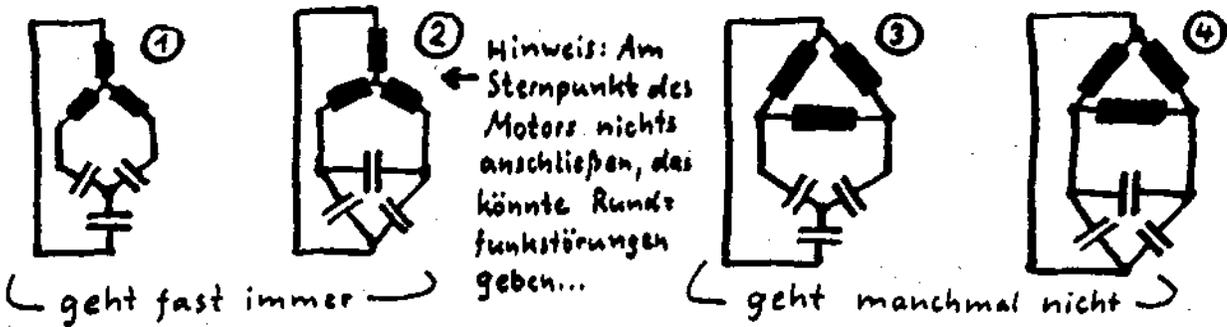
Drehstrom-Motoranschluss (in Sternschaltung, s.S. 61),  
 Typenschild: 0,45 kW Leistung bei 720 U/min, wenn  
 langsamer, weniger Leistung (s.S. 63).



Schaltkasten mit Erregerkondensatoren  
 (s.S. 60/61), Starthilfekond. und Schaltschütz (S. 64),  
 Glühbirne (im Glas) vom „Klick-klack-Trick“ (S. 64).

**Achtung, die Kondensatoren stehen unter Hochspannung! Nur "MP" - Kondensatoren (s.o.) sind sicher, einfache Kondensatoren nur für 1. Versuche brauchbar, ElKo's für Wechselstrom unbrauchbar (können explodieren!). Höchstspannung, Stromart und Betriebsart auf dem Typenschild beachten! Elko's sind nur für Gleichstrom gut! (s. S. 61)**

# Anschlußweise und Effekt (gleicher Motor, gleiche Kond., gleiche Drehzahl)



Hinweis: Am Sternpunkt des Motors nichts anschließen, das könnte Runderfunktstörungen geben...

( geht fast immer )                      ( geht manchmal nicht )

Spannung: $\frac{1}{1}$	Spannung: $\frac{1}{1}$	Spannung: $\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$
Selbsterregungsdrehzahl: mittel	niedrig	hoch	mittel
Kondensatoren: wirken kleiner, mit weniger Spannung belastet	wirken voll, mit voller Spannung belastet	(wird bei größeren Kond. niedriger)	
	(Schaltung bei niedrigerer Drehzahl auch für niedrigere Spannung geeignet)	Kondensatoren: wie 1., belastet mit weniger als $\frac{1}{\sqrt{3}}$ Spannung.	wie 2., belastet mit $\frac{1}{\sqrt{3}}$ Spannung.

Richtige Kondensator - Größe feststellen: Könnte man auch berechnen. Ich habe es immer mit Versuchen gemacht. Fest steht die Drehzahl, ab der das Windrad zu laden beginnen soll, Übersetzung so, daß der Asym dabei nicht unter 1/3 Synchrondrehzahl läuft, sonst mieser Wirkungsgrad.

Es gibt Motoren mit diesen Synchrondrehzahlen:

3000	1500	1000	750	600	500 U/min	darunter
(2-poliger -	4-poliger -	6-poliger -	8-poliger -	10-poliger -	12-poliger Motor)	(mehr)
↳ Häufig	→	selten	sehr selten ...			superselten

Bei der erzeugt er, als Generator verwendet, genau 50 Hz (wie das Atomstromnetz) und unter Last die Spannung wie auf dem Typenschild (ohne Last deutlich mehr!). Auf dem Typenschild steht die Drehzahl bei Vollast als Motor. Synchrondrehzahl ist die nächsthöhere in der Reihe hier: z.B. für 1380 U/min. 1500 U/min. synchron.

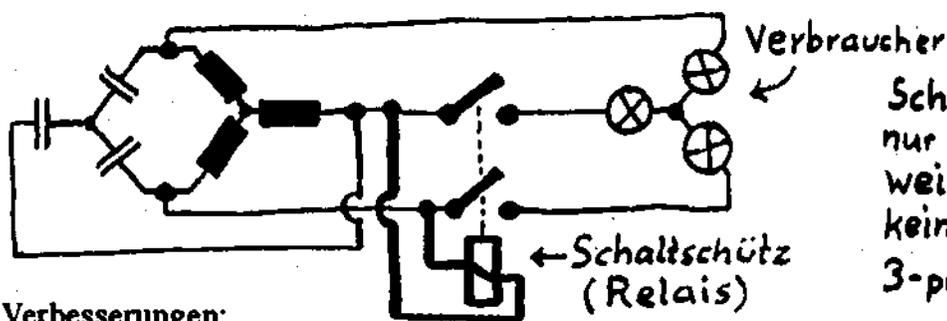
Wenn bestimmte Mindestspannung wichtig ist, die Mindestdrehzahl berechnen: z.B. Mindestspannung 110V = ca. 1/2 von 220V ⇒ Mindestdrehzahl ca. 1/2 Synchrondrehzahl bei Dreieckschaltung oder knapp 1/3 Synchrondrehzahl bei Sternschaltung. Bei Betrieb weit unter Synchrondrehzahl ist die Leistung auch entsprechend niedriger, Leistung = Magnetfeld x Drehzahl! Darum in dem Fall Motor mit laut Typenschild viel zu großer Leistung als Generator nehmen.

Mit der ermittelten Mindestdrehzahl drehen und die kleinstmöglichen Kondensatoren wählen, bei denen sich der Motor noch erregt (= magnetisiert), denn größere Kondensatoren machen mehr Verluste (deshalb funktioniert ein Asym mit übergroßen Kondensatoren auch nicht als Generator!) Die Magnetisierung bricht erst bei deutlich niedrigerer Drehzahl zusammen.

Zuschalten der Last: Zum Selbsterregen darf kein Verbraucher eingeschlossen sein, der würde den winzigen, vom Restmagnetismus erzeugten Strom gleich verbrauchen und die Kondensatoren würden nicht geladen. Erst wenn der Asym magnetisiert ist, Last zuschalten. Geht automa-

64

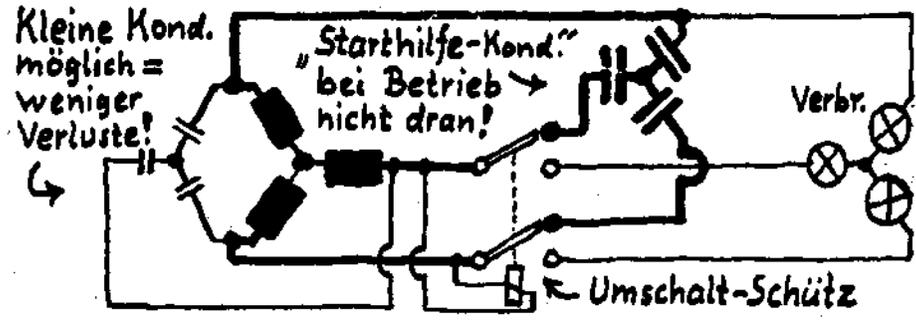
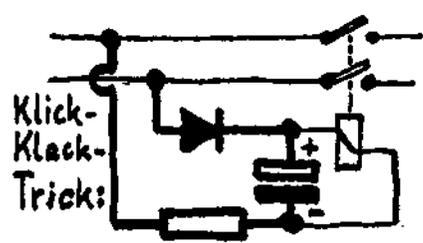
tisch mit einem Schaltschütz (= Starkstromrelais), zu finden in manchen Waschmaschinen, Motorschutzschaltern und elektrischen Schalttafeln auf dem Schrottplatz. Spannung der Relaispule beachten! Ihr winziger Verbrauch schadet nicht. So anschließen (Minimum):



Schaltschütz braucht nur 2-polig zu sein, weil durch nur 1 Draht kein Strom abfließen kann: 3-poliges Schütz nicht nötig!

Verbesserungen:

Damit das Relais bei niedriger Frequenz nicht rattert (Kontakte verbraten!) Gleichstrom machen mit hochspannungsfester Diode, Widerstand (z.B. kleine Glühbirne) vorschalten, da Relaispule Gleichstrom viel leichter durchläßt (brennt sonst durch!). Kondensator (ElKo 100µF) parallel zur Relaispule macht aus den Stromstößen gleichmäßigen Strom: "klick...klack" statt "ratatata".



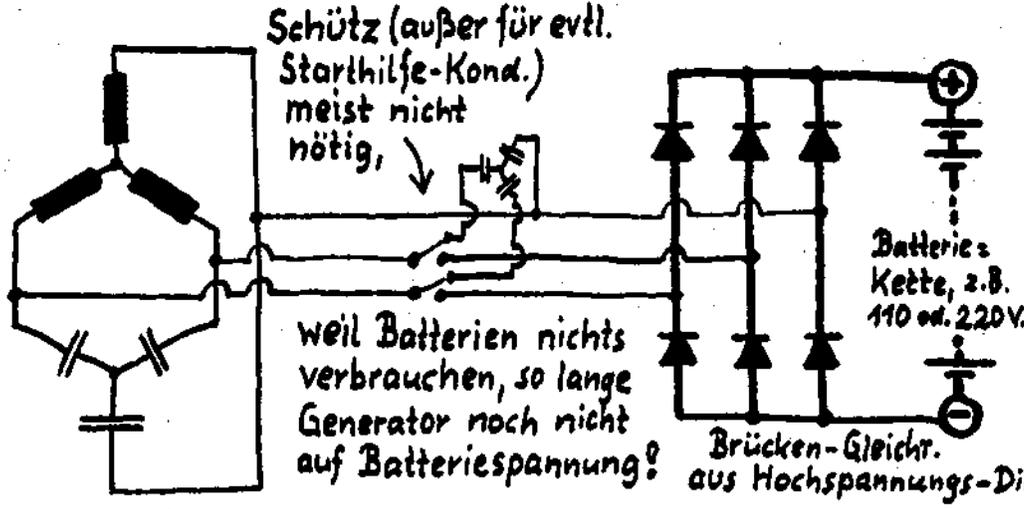
Kleine Kond. möglich = weniger Verluste!

"Starthilfe-Kond." bei Betrieb nicht dran!

Umschaltendes Schütz verwenden, 2 Kondensatorengruppen anschließen: zum Selbsterregen beide angeschlossen, danach eine weggeschaltet. Die, die dranbleibt, so klein wählen, daß der Generator bei Mindestdrehzahl gerade noch magnetisiert bleibt. So sind unter Last viel kleinere Kondensatoren möglich, deutlich besserer Wirkungsgrad!

Verbraucher: Durch eine schlechte Stromverwertung können wir uns viele Verluste einhandeln! Grundregel: Alle 3 Phasen immer möglichst gleichmäßig belasten.

Bei Verwendung direkt als Hochspannung z.B. zum Heizen (eigentlich schade um den edlen Strom) oder zum Laden einer Hochspannungsbatterie (über Brückengleichrichter) ist der Wirkungsgrad gut. Runtertransformieren auf z.B. 12 oder 24V bringt Riesen-Verluste, weil Trafos mit schwankender Frequenz kaum fertig werden. Hierfür sind Autolichtmaschinen viel besser!



Schütz (außer für evtl. Starthilfe-Kond.) meist nicht nötig,

weil Batterien nichts verbrauchen, so lange Generator noch nicht auf Batteriespannung?

Brücken-Gleichr. aus Hochspannungs-Dioden.

Beachte bei Berechnung der Generator-Mindestspannung: Zwischen ⊕ und ⊖ kommt  $\sqrt{3}$ -fach höhere Spannung raus als zwischen den Generator-Anschlüssen!

# Wohin mit dem Strom ???

65

Die Speicherung des gewonnenen Stromes bleibt der heikelste Punkt: 1. geben Batterien bei weitem nicht das ab, was man hineinpumpt, 2. ist die Batterie - Herstellung äußerst umweltschädlich. Kaufen wir Batterien, fragt sich, wie viele Jahre das Windrad nun Atomstrom sparen muß, um den Umweltschaden vom Batterie - Herstellen und "Entsorgen" wieder wett zu machen. Also nehmen wir lieber höhere Batterie - Verluste in Kauf und holen bzw. tauschen die Batterien gratis bei der Schadstoffsammlung. s. S. 2.

Schön wäre es, den Strom direkt zu nutzen und gar nicht erst in Batterien verloren gehen zu lassen. Doch die Möglichkeiten sind bescheiden:

Wenn Du ein Gelände mit Riesen - Gefälle hättest, könntest Du ja mit dem Windrad Wasser in irgend einen großen Behälter vom Schrott pumpen und bei Strombedarf genau die nötige Menge durch eine kleine Turbine rauschen lassen, - für 99,99% der Windradbastler bleibt das Illusion.

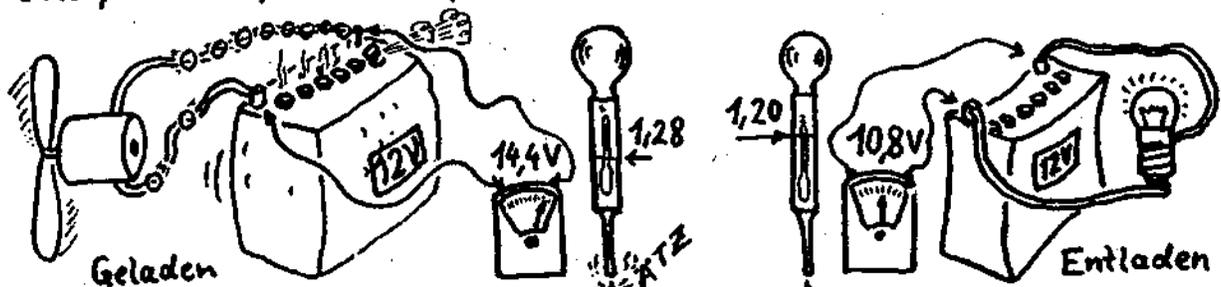
Vom Atomstrom - Netz wollen wir Selbstversorger sowieso nichts wissen, aber mit einem 220/380 -V-Generator wäre es möglich, ins Netz einzuspeisen. Doch das Stromnetz hat genau 50 Hz Frequenz, den ein Drehstrom - Asynchron - Motor als Generator nur in einem kleinen Drehzahlbereich halten kann. Ohne sehr aufwendige Regeltechnik geht es nicht. Am realistischsten wäre ein elektronischer Drehstrom - Drehstrom - Wandler statt mechanische Regelung am Windrad. Offiziell muß das Einspeisen genehmigt werden, aber illegal geht's auch, selbst wenn Dein Atomstromzähler nichts anzeigt. Er hat nämlich eine Rücklaufsperr! Baue einen eigenen Zähler ans Windrad, dann kannst Du ablesen, was es ins Netz geschickt hat, wieviel Du also guten Gewissens aus dem Netz wieder rausholen kannst. Offiziell lädst Du natürlich Batterien mit dem Windrad. Stelle Dir daher einfach eine alte Schrottbatterie hin, damit es so aussieht, als ob. Ansonsten kannst Du auf die Weise das Batterieproblem umgehen.

Mit Elektrolyse kann man auch Wasserstoff und Sauerstoff herstellen und daraus bei Bedarf Knallgas machen und verbrennen - saubere, aber gefährliche Energiespeicherung, für echte Nutzung viel Sicherheitstechnik nötig.

Der einzige wirklich einfache Weg, ohne Batterien auszukommen, ist leider nur, den Strom zu verheizen. So einfach, daß ich nichts weiter darüber zu schreiben brauche. Jeder Elektriker weiß Bescheid. Aber wohin mit dem Strom im Sommer? Also doch Batterien...

## Batterien richtig behandeln:

Kontrolliere den Ladezustand mit Voltmeter oder Säureprüfer. Nicht höher laden, nicht tiefer entladen, nicht entladen stehenlassen! (Werte für 12-V-Bleiakku)



Die gewöhnliche Autobatterie, ein 12-V-Bleiakku, ist leer bei 10,8 Volt, voll bei 14,4 Volt. Höher laden und tiefer entladen schadet der Batterie schon nach kurzer Zeit. Steht eine Batterie unter 10,8 Volt entladen länger herum, ist sie meist völlig ruiniert! Dauernder Ladestrom von

mehr als 1/10 der Ampèrestundenzahl, die draufsteht, schadet ebenfalls. Kurzzeitig macht's nichts (also eine 96-Ah-Batterie max. mit ca. 9A laden).

Dementsprechend schlieÙe genügend Batterien ans Windrad, aber nicht zu viele, denn jede Batterie hat eine Selbstentladung und bei zu vielen Batterien friÙt die Selbstentladung einen Großteil des Stromes auf. Außerdem schadet auch zu schwacher Ladestrom: Die Batterie muß ab und zu mal blubbern, sonst sinkt die vom Laden konzentrierte Säure nach unten, oben bleibt die zu dünne Säure stehen, in der die Platten von oben her sulfatieren. Hast Du einige Wochen kaum Wind, schwenke die Batterien gelegentlich etwas hin und her, um die Säure zu durchmischen.

Was beim Aufladen blubbert, ist Knallgas, hochexplosiv! Vermeide jeden Funken bei Batterien, die geladen werden. Der Batterieladeplatz muß gut belüftet und sollte zum Wohnraum abgeschottet sein. Ein alter Kühlschranks als dichter Batterieschrank mit Luftrohr nach draußen hat sich bewährt.

PKW - Batterien vom Schrott halten meist nicht länger als noch 1 Jahr, dagegen waren LKW - Batterien mit der Bezeichnung "rüttelfest" meistens noch jahrelang äußerst zuverlässig. Offenbar zerfallen deren Platten nicht so leicht. Wirklich als Dauerbatterien gebaut sind solche von Notstromversorgungen für Krankenhäuser, Militär, Telefonanlagen usw. Meistens sind es einzelne, durchsichtige 2 - Volt - Zellen. Wenn Du so etwas findest, nimm es auf jeden Fall mit. Ausführliche Hinweise zum Aussuchen und Verbessern von Schrottbatterien im Windheft 2.

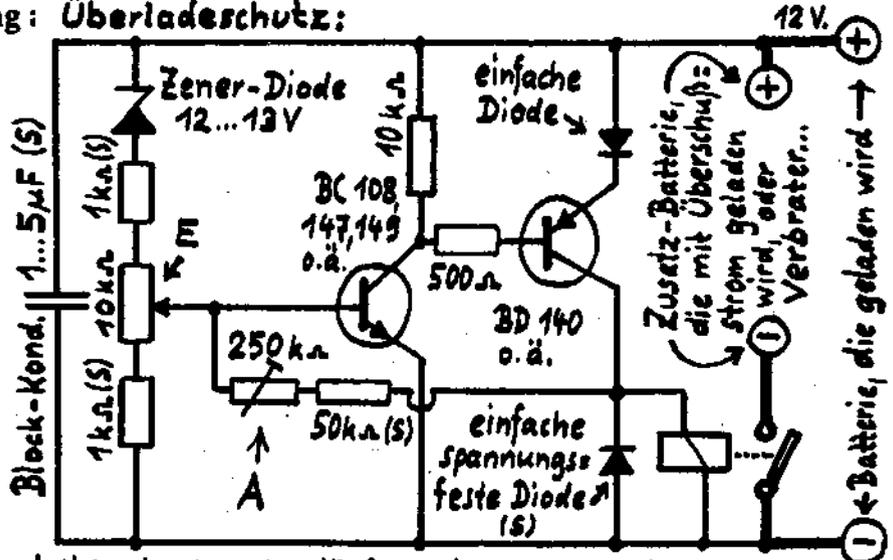
Eine geeignete (!) Überladeschutzschaltung gibt auch ohne Beobachten die Sicherheit, daß die Batterie nicht überladen wird. Der Regler an der LiMa muß ja weg, damit das Windrad bei vollen Batterien sicher bleibt und keine Überdrehzahl kriegt. Gegen zu tiefes Entladen sichert diese Schaltung. Richtet man sich danach, wann das Licht dunkler wird, ist es meistens schon zu spät...

Vorsicht bei handelsüblichen Laderegel- und Schutzschaltungen! Die Sorte, die die Batterie vom Stromerzeuger trennt, sobald die Batterie voll ist (üblich und harmlos bei Solarzellen) zerstört jede LiMa im Nu! Die LiMa darf nie ohne angeschlossene Batterie laufen, sonst brennt sie durch! Verwende nur Schaltungen, die parallel zur Batterie angeschlossen werden, wo also die Ladestromkabel vom Windrad zur Batterie immer direkt angeschlossen bleiben.

Dann achte auf den "Ruhestromverbrauch": Manche Schaltungen verbraten ständig merklich Strom, auch bei fast leerer Batterie! Willst Du, statt Überschuß - Strom zu verheizen, damit eine Reservebatterie laden, sollte die Schaltung mit einem Relais statt mit Halbleitern arbeiten: Am Halbleiter (Transistor etc.) "Staudamm - Effekt": 0,7V werden verheizt!

Hier meine Selbstbau - Schaltung: Überladeschutz:

Ganz einfache Bauteile!  
Ruhestromverbrauch ca. 0,01W!  
Fernlicht-Abblendlicht-Relais für die Last, schaltet problemlos bis 25 Ampère zu!  
E = Einschaltspannung einstellbar, z. B. 14,4 Volt  
A = Abschaltspannung einstellbar, z. B. 1/2 Volt weniger.



Zusatz-Batterie, die mit Überschußstrom geladen wird, oder Verbraucher...

12V +  
+ Batterie, die geladen wird -

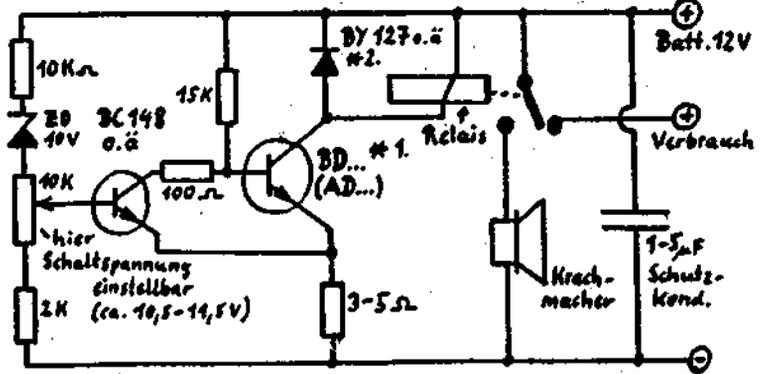
Widerstandswerte dürfen abweichen. (S) = Schutz-Teil.

### Tiefentladeschutz:

Wenn Batterie leer, schaltet das Relais die Verbraucher ab und evtl. ein Warngerät (z. B. aus altem Quarz-Wecker) zu. Ruhestromverbrauch wenige Milliwatt!

Achtung: So stromsparende Schaltungen reagieren auch schon auf „Kriechstrom“ (durch Dreck und Luftfeuchte). Zum Schutz dagegen fertige Schaltung mit Lack einpinseln!

Ruhestromverbrauch wenige Milliwatt?

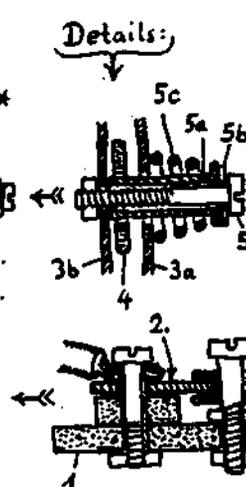
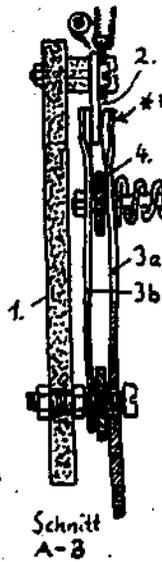
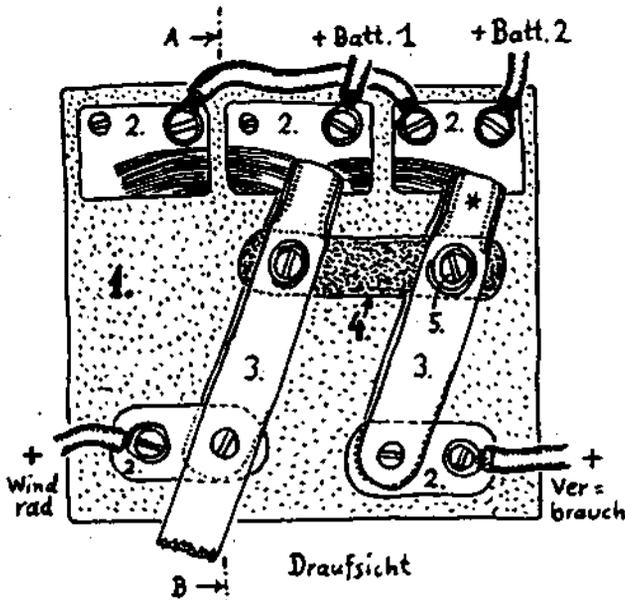


- \* 1. Stärke des Transistors entsprechend Verbrauch des Relais, bei kleinen Relais reicht eine sehr starke C-Type.
- \* 2. Schutzdiode gegen Spannungsspitzen vom Relais

Eine Batterie gleichzeitig zu laden und zu entladen ist ungünstig, denn Lade- und Entladestrom schwanken je nach Wind und Verbrauch so, daß die Batterie dauernd im Wechsel voller und leerer wird. Das kehrt jedesmal den chemischen Vorgang in der Batterie um, und jede Umkehrung verschleißt die Batterie.

Daher sind 2 Batterien (oder Batteriegruppen) und ein mechanischer Umschalter gut, so gebaut, daß immer eine Gruppe nur entladen und eine nur geladen wird und daß niemals keine Batterie angeschlossen ist (superwichtig, sonst brennt die LiMa ruckzuck durch!). Statt von Hand umzuschalten, kann einer kleiner Elektromotor es machen, der Strom von der Überlade- und der Tiefentladeschutzschaltung kriegt. Achtung bei Batteriegruppen: Ist von parallelgeschalteten Batterien eine kaputtgegangen, entlädt sie auch die intakten Batterien!

ca.  $\frac{1}{3}$  -  $\frac{1}{4}$  tatsächlicher Größe. Hohe Stromstärke verlangt große berührende Blechflächen?



1. Grundplatte, Isoliermaterial (Pertinax od. ölgetränktes Holz)
  2. Kontaktbleche (ca. 1mm Messing)
  3. Kontaktfinger, einer verlängert als Schatthebel  
3a. oberer -, 3b. unterer Kf.
  4. Verbindungsstange (Isoliermaterial, z.B. Plastikzylinder)
  5. Schraube mit  
a. Distanzröhrchen (alte Antenne)  
b. evtl. Unterlegscheibe  
c. Druckfeder, drückt die Kontaktfinger auf die Kontaktbleche.
- \* Kontaktfinger breiter als die Lücke zwischen den K-blechen?  
\*\* Kontaktfinger-Kanten hochgebogen?

## Was man mit dem Windradstrom alles kann...

12 Volt aus den Batterien sind vielseitig verwendbar. Das Wichtigste dürfte Licht sein. Die Stromausnutzung ist dank der hohen Temperatur des dicken Glühfadens besser als bei 220 - V - Glühlampen. Eine einfache 21W - Auto - Blinkerbirne leuchtet fast so hell wie eine 40W - Birne für 220V, eine 20W - Halogenbirne aus dem Elektroladen noch viel heller: Energiesparlicht ohne den gesundheitlichen Elektromog aus Energiesparlampen und Wechselstromnetz!

In Batteriegeräte wie Radio oder Recorder ohne 12V - Anschluß stecke Besenstiele mit Kabeln dran ins Batteriefach, führe die Kabel raus und schließe sie an den Windstrom an, von dem Du vorher in Dioden soviel verbrätst, daß gut die Spannungen der Batterien, die früher im Radio waren, rauskommen. Beispiel: drin waren  $6 \times 1,5V = 9V$ . 12V Windstrom erst durch 4 Dioden in Reihe (je  $0,7V$  Staudammeffekt =  $2,8V$ ) schicken, bleiben  $9,2V$  übrig; paßt prima! Und die Dioden schützen vor falsch gepoltem Anschließen.

Inzwischen gibt es alle nur erdenklichen Haushaltsgeräte auch in 12 - Volt - Ausführungen im Campingbedarf, weil man heute statt mit Rucksack und Zelt mit rollenden Haushalten unterwegs sein muß (!?!). Natürlich ist auch viel unnützer Schnickschnack dabei, oder furchtbar gierige Stromfresser, wie Kühlschränke mit 12V - Heizspiralen. Motorgeräte können wir oft umbauen, indem wir Autoelektrik einbauen. Sogar windstrombetriebene Waschmaschinen sind so möglich, wenn das Wasser statt elektrisch mit Sonnenkollektoren, Feuer oder Gas geheizt wird.



Schweißen mit Windkraftstrom

ist keine Zauberei, die Batterien sammeln mit der Zeit die "kleinen Mengen" Strom vom Windrad, können ihn aber "auf einen Schlag" abgeben: der höchste zulässige Strom, der auf einmal entnommen werden darf, steht auf der Batterie, z.B. 12V 110Ah 450A. Doch darunter leidet die Batterie, lieber nur bis  $1/4$  dieses Stromes belasten, bei kleinen Batterien besser zwei parallel schalten. Wir brauchen 24 - 36 Volt. Ich habe auch schon mit 3 superschrottigen PKW-Batterien prima geschweißt.

Wichtig: dicke Kabel (wie "Starthilfe - Kabel" von Nachbar's Autozubehör), gute, großflächige Anschlüsse und der "automatische Schweißstromregler": nicht zu dicker Eisendraht (Zaundraht um Ziegelstein wickeln), Eisendraht läßt kalt (geringe Last) Strom leicht durch, wird er heiß (Überlast), steigt sein Widerstand rapide und begrenzt den Strom. Für Elektroden 2 - 2,5 mm Ø, ca. 3 - 5 m Draht 2 mm Ø, wahlweise einen oder zwei parallel. Günstig sind Abgriffe zum Stromstärke - wählen.

Das Schweißen geht sauberer als mit üblichen Atomstrom - Schweißtrafos! Superedel ist noch eine zusätzliche Drosselspule (aus dickem Schrott - Trafo). Aus Baukalk soll man Elektrodenumhüllungen selbst machen können. Wenn das gelingt, wären wir völlig "kommerz - unabhängig"!

Für 12 Volt muß Du dicke Kabel legen, je länger der Weg und je höher die Leistung, umso wichtiger. Denn hier sind die Ströme hoch und der Widerstand dünner Kabel verursacht große Verluste!

1 mm<sup>2</sup> Kupferkabel hat ca. 18 Ω Widerstand pro km.

Für Dauerbetrieb: ca. 5% Verlust möglichst nicht überschreiten!

**Faustformel:**

$$\% \text{ Verlust bei } 12 \text{ Volt} = \frac{\text{Länge (m)} \cdot \text{Strom (Amp.)}}{\text{Querschnitt (mm}^2\text{)} \cdot 6}$$

Für 5% Verlust erlaubte Kabellänge (Hin- und Rückweg beachten):

für Strom bei 1mm <sup>2</sup>	2,5	6	Querschn.
2 Amp.	16	40	100
5 "	6	16	40
10 "	3	8	20

} ca. Meter

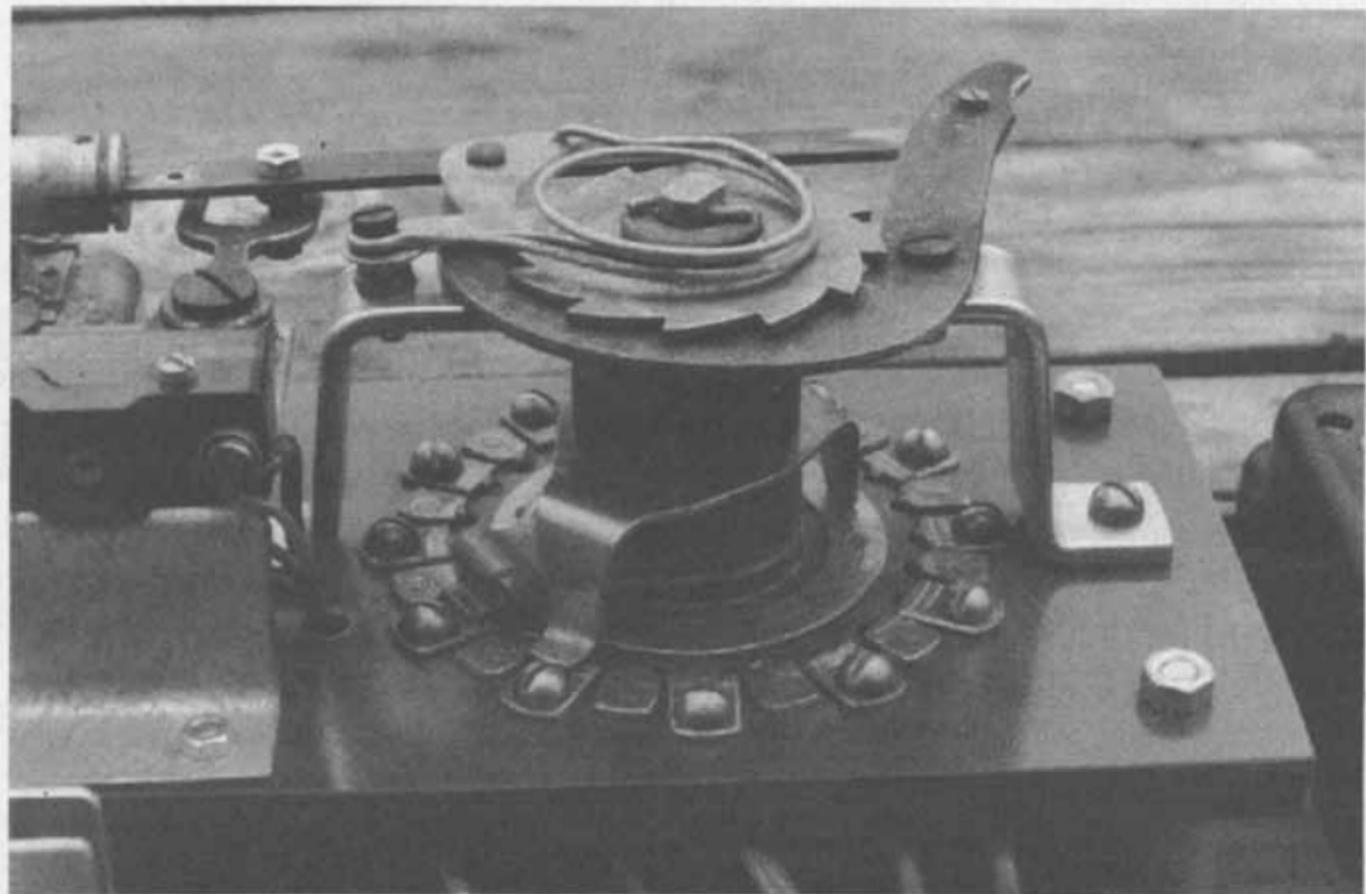
Manches handliche 220V - Gerät ist schwer umzubauen oder die Mühe lohnt nicht, weil wir es nur selten benutzen (z.B. Elektrowerkzeuge). Hier kann ein Umformer von 12 auf 220V sinnvoll sein, während er für den alltäglichen Bedarf viel zu viel Verluste macht. Grundregel: Was irgend geht, direkt als 12V - Strom verbrauchen.

Laden wir eine Batteriekette von 110 oder 220V, können wir den Hochspannungs - Gleichstrom in allen 110 - bzw. 220V - Geräten direkt verbrauchen, die auch für Gleichstrom geeignet sind: Glühbirnen, Motorgeräte mit Allstrommotoren (hat Kohlebürsten), wie Bohrmaschine, Staubsauger usw. ohne elektronische Regler! Heizgeräte ohne Wechselstrom - E - Motor, also Fön älterer Bauart, Heizsonne, Bügeleisen oder Warmwasserboiler gingen auch, aber wie gesagt, schade um den Strom! Typenschild beachten: manchmal steht "220V~ " drauf, obwohl sie auch für Gleichstrom gehen. Im Zweifelsfall Elektriker fragen!

An 220V - Gleichstrom gehen nicht (oder sogar kaputt!): Alles mit Trafo's, Umformern und Wechselstrommotoren (die leise laufenden ohne Kohlebürsten): Energiesparlampen, Neonröhren, Kühlschränke, Heizlüfter usw.

Das 220V - Gleichstromnetz ist ebenfalls frei vom Elektrosmog der üblichen Stromnetze. Vorteilhaft ist auch, daß wir in einem Haus die vorhandenen Kabel ohne nennenswerte Stromverluste weiterverwenden können.

Wollen wir 12V aus der Batterie - Kette holen, darf immer nur so viel aus jeder Batterie verbraucht werden, daß alle immer etwa gleichmäßig geladen bleiben, sonst blubbern alle Batterien vor Überladung, während eine leer ist. Entweder Dioden zum Verbrauchsstrom, oder motorbetriebener Umschalter, der, wenn die Batterie z.B. 0,5 Volt leerer ist, auf die nächste umschaltet. Strom für den Motor über die Tiefentladeschaltung(anders eingestellt).



*Selbstgebauter motorbetriebener Umschalter für 12 V aus 120-V-Kette.*



Dies ist ein früheres Getriebe - Windrad von uns (von 1982), zwar nicht ideal, aber mit interessanten Details:

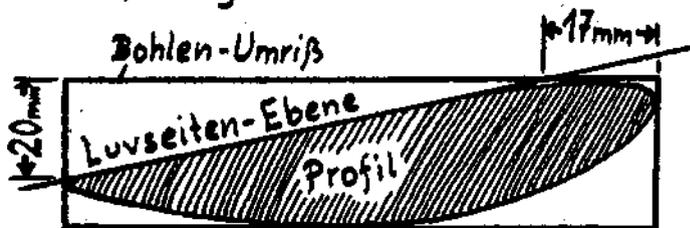
- Repeller: äußerst einfacher Zweiflügler, zwar schlechtere Laufeigenschaften, aber halb so viel Arbeit wie an einem Dreiflügler bei gleichem Leistungs- und Drehzahlbereich. Daher kurzer Bauplan hier:

Bohle: 2,7 m lang, 15 cm breit,  
32 mm dick (gehobelt 29 mm)

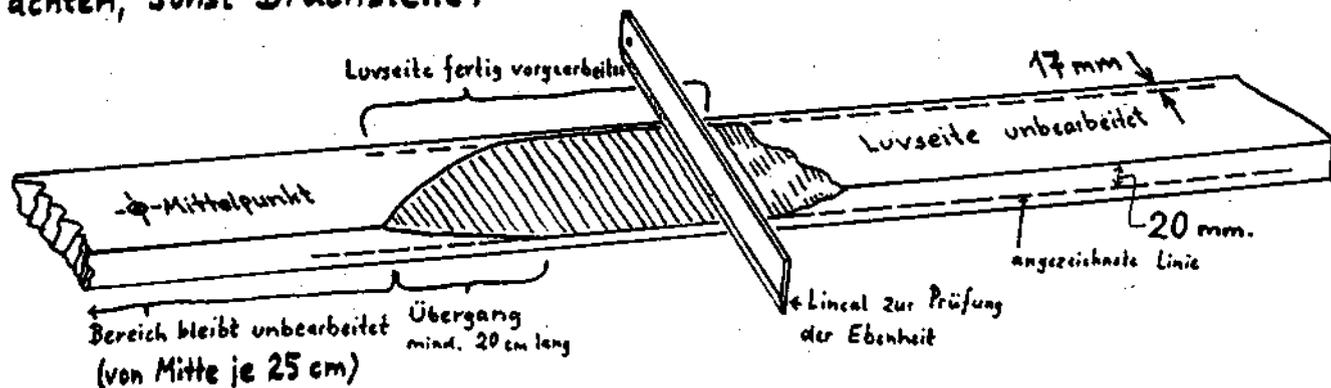
Profil 3 vom 3-Flügler nehmen (s.S.14),  
wird auf ganzer Länge gleich!

Unbedingt auf langen Übergang  
achten, sonst Bruchstelle!

Profil liegt so in der Bohle:



(zu dick gezeichnet, damit erkennbar)

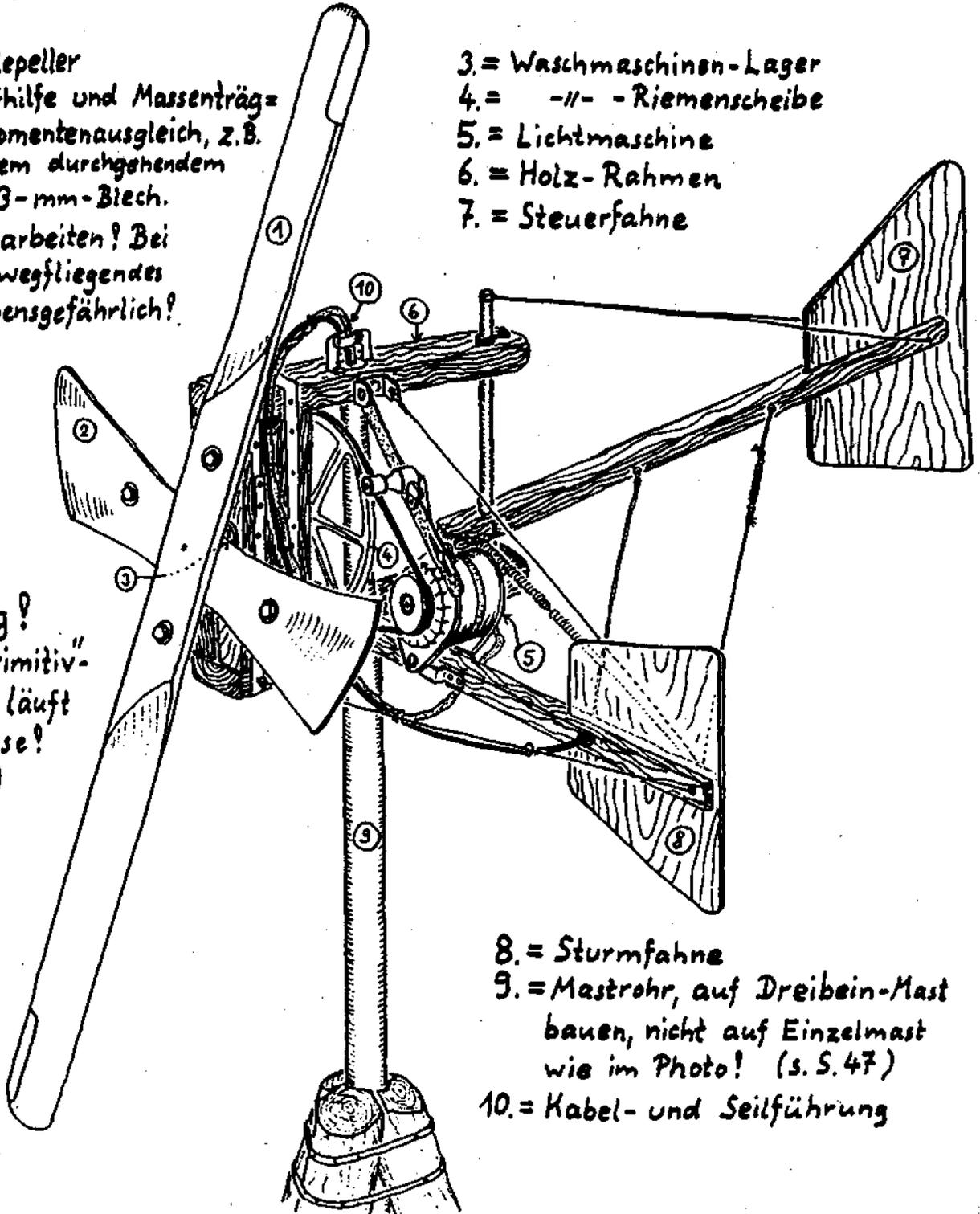


- Quer zum Repeller kurze, schwere Flügel, als Anlaufhilfe auch beim Flachriemengetriebe ratsam. Als Massenträgheitsmomenten - Ausgleich gegen Erschütterungen sehr wichtig.
- Lager und Riemenscheibe aus alter Waschmaschine: Sehr gute Repeller - Befestigungsmöglichkeit, stabil und wasserdicht, trotzdem nur Notlösung: Schwergängiger Keilriemen, Windrad lädt deshalb erst ab 5,5 m/sek, außerdem keine Bremse.
- Rahmen und Steuerfahne aus Holz, empfehlenswerte Tricks für Holz statt Eisen! (Details für's Autoradlager - Windrad passend s. Zeichnung b.w.).
- Sturmsicherung mit Seitenfahne, aber nicht durch Gewicht am Seil, sondern mit Zugfeder im Wind gehalten: Seil beeinträchtigt Sturmsicherung nicht (Vor- und Nachteile s.S. 35 ). Konstruktionsdetails empfehlenswert für Holzbau!
- Seilführung im Bowdenzug schlecht! Seilrollen nehmen.

1. = Holz-Repeller  
 2. = Anlaufhilfe und Massenträgheitsmomentenausgleich, z.B. aus einem durchgehendem Stück 3-mm-Blech. Solide arbeiten! Bei Bruch wegfliegendes Teil lebensgefährlich!

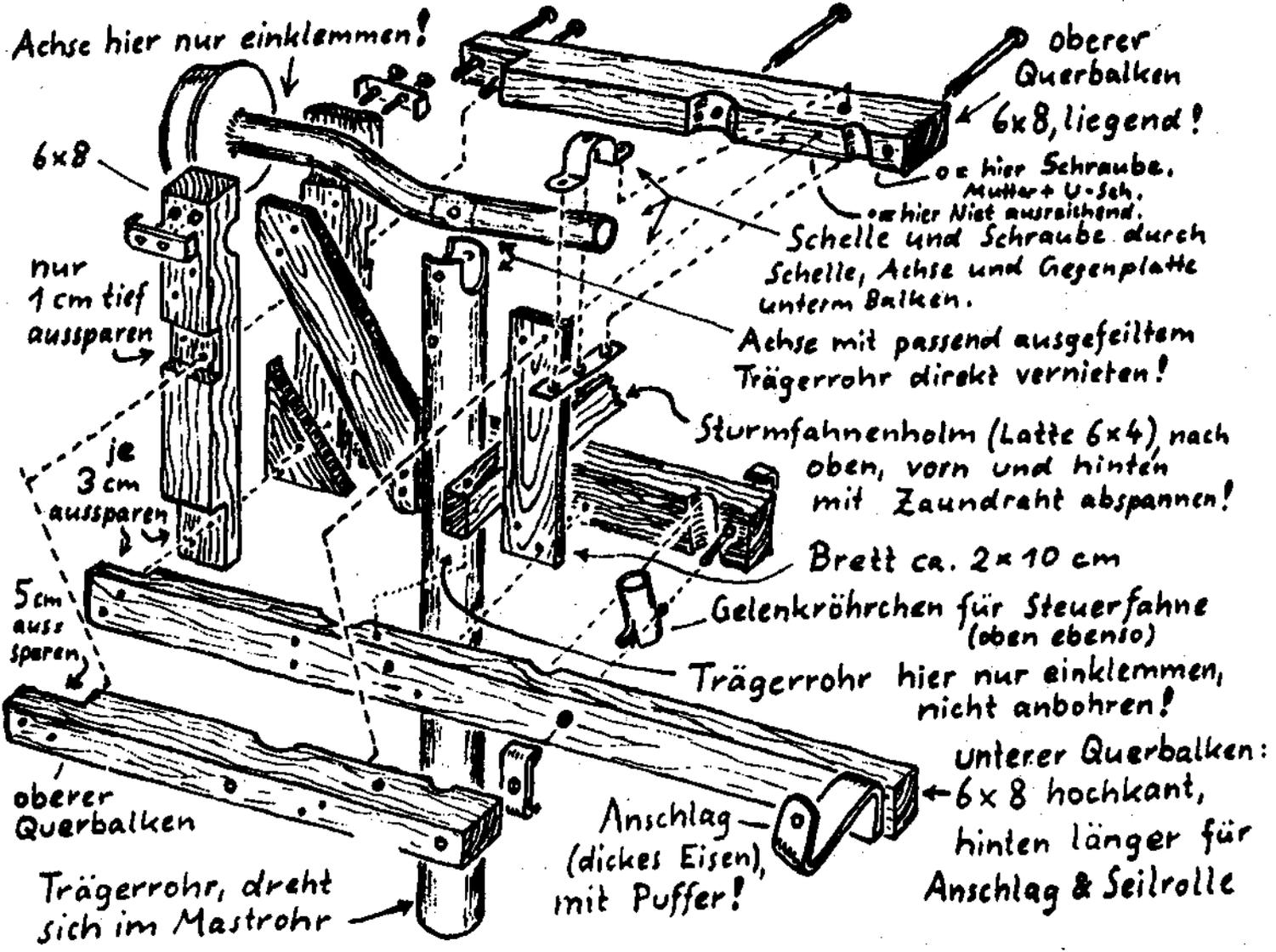
3. = Waschmaschinen-Lager  
 4. = -//- - Riemenscheibe  
 5. = Lichtmaschine  
 6. = Holz-Rahmen  
 7. = Steuerfahne

Achtung!  
 Dieser „Primitiv“-Repeller läuft nicht leise!  
 (s.S. 9)



8. = Sturm fahne  
 9. = Mastrohr, auf Dreibein-Mast bauen, nicht auf Einzelmast wie im Photo! (s.S. 47)  
 10. = Kabel- und Seilführung

# Rahmen aus (gutem!) Bauholz für bis 3m Rep.-φ



Niet: z.B. passend abgesägter großer Nagel (5x140, 6x180 o.ä.) & große Unterlegscheiben.

**Achtung:** Auto-Achse und Trägerrohr in höchstbelasteten Zonen nicht anbohren, nur einklemmen.

### Steuerfahnenlager:



## Nützliche Adressen:

73

Ich schreibe die "Einfälle" - Hefte nicht, damit sie irgendwo verstauben, sondern um möglichst vielen Selbstbauern zu helfen. Manche Bastler wünschen sich auch persönliche Hilfe, die ich natürlich nicht allen geben kann. Gemeinsam geht's besser: Wer ein Windrad gebaut hat, schreibe mir bitte ebenso, wie wer Hilfe dabei sucht, damit ich Windradbauer miteinander in Verbindung bringen kann. Gelegentlich kann ich auch gute Bauteile (z.B. große LKW - LiMas) oder ein ganzes Windrad aus meinem Bastelbestand oder von einem anderen Bastler weitervermitteln: Christian Kutzt, Dammstraße 44 Hof, 24103 Kiel - kein Telefon.

Kleine Dauermagnet - Generatoren baut in professioneller Kleinstserien - Qualität: Peter Rombach, An der Kesselschmiede 7, 52223 Stolberg, Tel.: 02402/24216. Für ein Windrad dieser Bauart im Schwachwindgebiet besonders interessant, extrem niedertourig. Auf der Rückseite des Generators ist statt des (im Freien nicht nötigen) Lüfterrades eine AutoliMa als Starkwindgenerator ankuppelbar. Repellerflügel, evtl. auch den nach diesem Bauplan, will künftig bauen:

*Jugendwerkstatt Spinnereistr. 1-5, z.Hd. Mstr. Hötgen, 52222 Stolberg, 02402/26417.*

Individuell und sehr pfiffig bastelt Wolfgang Schwarz, Am Bubengarten 4, 57489 Drolshagen - Schlade auch an größeren Dauermagnet - Generatoren.

## Weitere "Einfälle"-Titel:

Wir aktualisieren die Hefte stets (daher Seiten- u. Preisang. unersinnlich) und schreiben weitere Titel.  
Bezugsquelle: Falls im (Alternativ-)Buchhandel nicht erhältlich, stets direkt beim Verlag Einfälle statt Abfälle, Christian Kutzt, Dammstr. 44 Hof, D-24103 Kiel. (möglichst Geld/Büchm. bötegen).

Wer diese Hefte kauft, aber nichts danach baut, vergrößert den Müllberg !!

- Sonne: Heft 1: **Sonnenwärme - 12 Bauanl.** zum Warmwasserbereiten, Dörren, Kochen, Destillieren usw., ausführl. Anlitz. f. gute, billige Hauswasseranl. 65 S., 5,-DM.
- Windkraft: Heft 1: **Windkraft - ganz einfach !** 2 Bauanleitungen für kleine Windräder aus Müll, genaue Erklärung, wie Strom „funktioniert“ usw. 65 S., 5,-DM.  
Heft 2: **Windkraft - ja bitte !** Leistungsfähiges Windrad mit Holzrepeller, umgewickelter Autolichtmaschine, Direktantrieb. Sehr ausführl. Anlitz., 112 S., 7,-DM.
- Ofenbau: Heft 2: **Steinöfen setzen - Bauweise mit einfachen Mitteln, 8 Bau-Beispiele u. 2 Baupläne** Stein für Stein, Öfen zum Heizen, Kochen, Backen, Tonbrennen. 64 S., 5,-DM.  
Heft 4: **Zwei Arme voll Holz - Dokumentation alternativer Heiztechnik, Anlitz.** zum Ausbau einfacher Öfen zur Zentralheizung mit sauberster Verbrennung in Brennwerttechnik (~100% Wirkungsgrad!), Tips zu Solar- u. Wärmepumpenanl. 82 S., 8,-DM.  
Heft 5: **Abwärme - Öfen** aus Ziegelsteinen und Lehm, sparen die Hälfte Brennholz, heizen wie Kachelöfen, auch mehrere Zimmer zugleich! Planung, Arbeitsweise mit einfachen Mitteln, 7 ausführliche Bauanl. 65 S., 5,-DM.  
Heft 6: **Öfen ganz aus Lehm gebaut** zum Backen, Kochen und für Topferbrände. Einfache und ursprüngliche Bauweisen für Kuppel- und Gewölbeöfen. 32 S., 4,-DM.
- Haushalt: Heft 1: **Kompost-Toiletten, Selbstbau & Erfahrung, 3 einfache, bewährte Baupläne.** 32 S., 4,-DM.  
Heft 3: **Die Müsli-Quetsche - 3 gute Bauanl.** für Getreidequetschen (Floeken od. Mehlschrot), Einfachstbauweise, jede Menge Werk- u. Basteltricks. 48 S., 4,-DM.  
Heft 6: **Selbstbau von Doppelfenstern** aus Sperrmüll, Glasarbeiten. 18 S., 2,-DM.
- Fahrrad: Heft 1: **Rad kaputt - Sämtliche Fahrradbau- und Reparaturtricks,** vom Platten bis zum Rahmenbruch, unterwegs ohne Werkstatt... 100 S., 6,-DM.  
Heft 2: **Tandems bauen** aus Sperrmüll in Profi-Qualität, Rahmenbau ganz genau und Zubehör. Auch Ausführungen ohne Löt- od. Schweißstellen! 49 S., 5,-DM.  
Heft 3: **Lasten-Fahrräder, 3 bewährte Bauarten** aus Sperrmüll, ohne Schweißen. 32 S., 4,-DM.  
Heft 4: **Schwerlast-Dreirad** aus Schrott, fährt mit 100 kg Ladung noch prima leicht. 48 S., 5,-DM.  
Heft 5: **Chopper-Fahrrad - rasante Langstrecken-Räder** mit geringem Luftwiderstand, auch als Tandem, ohne Schweißen aus Schrott oder profi-hochedel zu bauen. 96 S., 7,-DM.  
Heft 6: **Gangschaltungen, Reparaturen aller Art,** auch unterwegs. Neben- und Kettenschaltungen. Außerdem: Uralt-Schaltungen !(letztere nicht im Doppelheft!) 52 S., 5,-DM.  
Heft 7: **Rad kaputt & Gangschaltungen, Doppelheft** aus Heft 1 & 6. 44 S., 8,-DM.  
Heft 8: **Das Tretmobil - „Nebeneinander-Tandem“** schnell wieder trennbar aus 2 normalen Fahrrädern, sowie Anhänger- und Beiwagenbau, alles ohne Schweißen aus Müll! 32 S., 4,-DM.

(Stand 3.1997)

© 3. 1997 Christian Kutzt, Verlag "Einfälle statt Abfälle", Dammstraße 44 Hof, 24103 Kiel

Druck: WDA, 24235 Brodersdorf

ISBN 3 - 924038 - 46 - 5

Einzelpreis 6,- DM

Hinweis: Unsere Baupläne sind gründlich erprobt und haben sich bewährt. Für sorgfältige Ausführung und Gebrauch ist jeder selbst verantwortlich, wir lehnen jede Haftung ab.