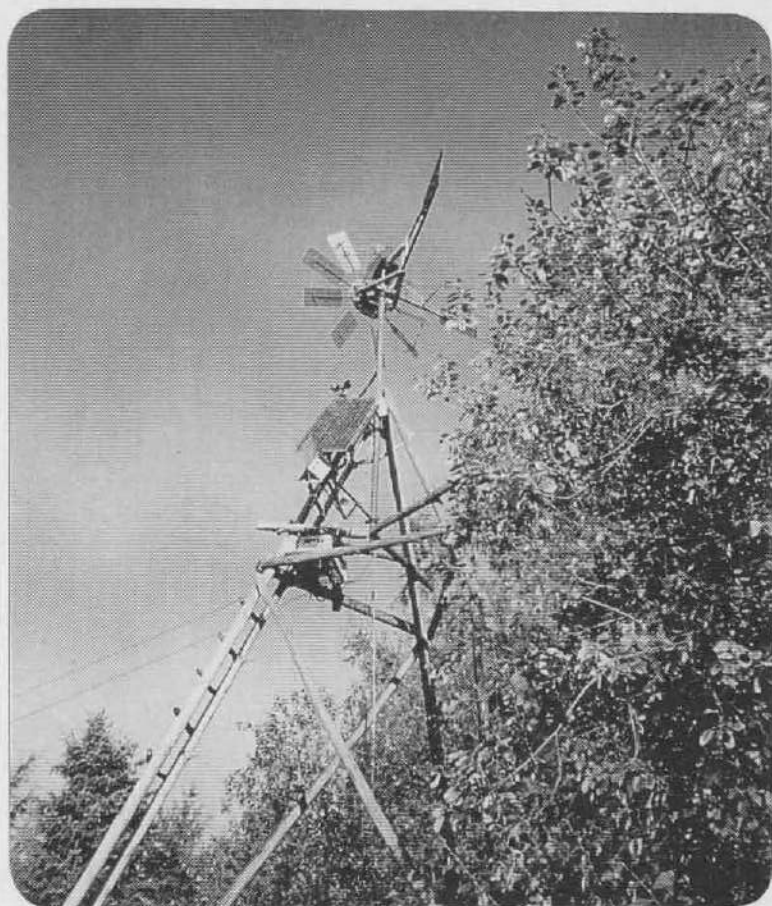


Einfälle statt Abfälle

Windkraft-Heft 4
der Reihe

2,50
7€



Langsamläufer - Windrad

Einfachste Bauweise! Aus Waschmaschinen-Schrott & Holz.
Nutzt schwächsten Wind! Lautlos, leistungsfähig & stabil.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Die eigene Stromversorgung...
- 3 Bau-Prinzip, Versuch und Erfolg

Die Bau-Details:

- 4 Geeignete Waschmaschinenmotore
- 6 Das Getriebe
- 7 Achse und Lager aus Waschmaschinen ausbauen
- 9 Flügel-Maße und Bauweisen
- 10 Bau von Holz- und Blechflügeln
- 12 Nabe und Zusammenbau des Flügelrades
- 14 Ausrichten und Prüfen des Flügelrades
- 16 Bau des Rahmens, Motor-Halterung, Steuerfahnen
- 19 Die Sturmsicherung, Funktion und Details
- 22 Selbst einrastende Sturmsicherung
- 24 Lagerung auf dem Mast, Bremsseil, Kabel, Regenschutz
- 26 Elektrischer Anschluß, Laden der Batterie, Lade-Anzeige

Gebrauch des Windrades:

- 28 Nutzung des gewonnenen Stromes, Wartung des Windrades
- 29 Damit die Batterien noch lange halten...

Extras:

- 29 Windmeßgerät selbstgebaut
- 30 Vergleichsmessungen Langsamläufer-Windrad / Schnellläufer-Windrad
- 30 Messungen auf dem Prüfstand: Waschmaschinenmotore als Generator
- 32 Was man noch alles mit den Waschmaschinenmotoren bauen könnte

AUFRUF: Wer ein solches Windrad gebaut hat, schreibe mir, wer beim Bauen nicht weiterkommt, ebenso. Ich werde versuchen, Kontakte zur gegenseitigen Hilfe zu vermitteln. Bitte Rückporto beilegen, Adr.s.u.

© 7.2005 Christian Kutzt, Selbstverlag "Einfälle statt Abfälle",
Hagebüttenstraße 23, D-24113 Kiel (auch Bezugsquelle).

Druck: hansadruck, HansasträÙe 48, D-24118 Kiel

ISBN 3 - 924038 - 68 - 6

Einzelpreis: 2,50 Euro

Unsere Baupläne sind gründlich erprobt und bewährt, sorgfältige Ausführung und Gebrauch aber Deine Sache. Wir lehnen jede Haftung ab.

Die eigene Stromversorgung, umweltfreundlich und kostenlos - wäre das nicht ein Traum? Solarzellen sind zuverlässig, aber sind teure Industrieerzeugnisse, und sie liefern gerade dann, wenn man den meisten Strom braucht, im dunklen Winter nämlich, am wenigsten. Beim Windrad ist es genau umgekehrt!

Nicht nur die äußerst einfache Technik des Langsamläufers ist ein Riesenvorteil, sondern er läuft auch fast vollkommen lautlos, während man beim Schnellläufer für nur einigermaßen leisen Lauf schon viel Mühe ins aerodynamische Profil der Flügel investieren muß. Außerdem verbreitet der Anblick des wirbelnden Schnellläufers eher Angst und Hektik, während man dem gemütlichen Gang des Langsamläufers gerne zuschaut. Besonders interessant ist aber, daß der Langsamläufer gerade bei schwachem Wind besonders effektiv arbeitet! Und meist haben wir ja eher schwachen Wind.

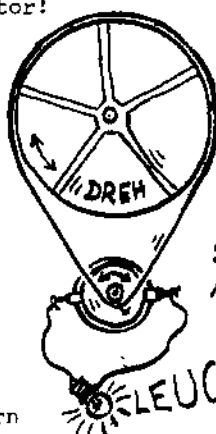
Seit über 25 Jahren entwickle ich Windräder zum Nachbau aus häufigen Schrott-Teilen (s. Windkraft-Hefte 1-3). Ein guter Langsamläufer war bisher nicht dabei, weil (abgesehen von sehr seltenen Spezialteilen) alles als Generator Brauchbare, was ich fand, hohe Drehzahlen brauchte, passende Getriebeteile für die Übersetzung schwierig zu finden oder einfach der Wirkungsgrad zu schlecht war. Also arbeitete ich bisher mit Schnellläufern, die einen (Holz-)Repeller mit aerodynamischem Profil brauchen, und mußte für direkten Antrieb (ohne Getriebe) den Generator trotzdem noch umbauen - ziemlich fummelig - oder ein Getriebe dazubauen. In den Heften 1-3 zeige ich sehr effektive und bewährte, zum Teil auch nicht gerade komplizierte Bauweisen vom Fahrraddynamo-Windrad bis zur Anlage mit über 1 kW Leistung.

Doch die Entdeckung meines Freundes Philipp Balcke stellt nun alles Bisherige an Einfachheit weit in den Schatten: Der Antriebsmotor mancher Schrott-Waschmaschinen von Anfang der 90-er Jahre ist ohne jegliche Veränderung ein hervorragender Generator!

Probe: Anschlußkabel abziehen, stattdessen schwache Glühbirne (zB Fahrrad-Vorderlampe, Auto-Standlicht) anschließen, Achse drehen:

Mit weiteren Teilen der Waschmaschine ist das Windrad schon halb fertig: Achse und Lager der Waschtrommel ergeben eine solide Windrad-Nabe, Riemenrad und Treibriemen sind das komplette Getriebe, die Flügel sind aus Gehäuseblech zu schneiden.

Ein Rahmen aus Holz oder Schrott mit Steuerfahnen dran, ein Bremsseil, ein Kabel und eine alte Autobatterie zum Stromspeichern



Schon bei langsamem Drehen am Riemenrad oder schnellem Drehen an der Motorachse:

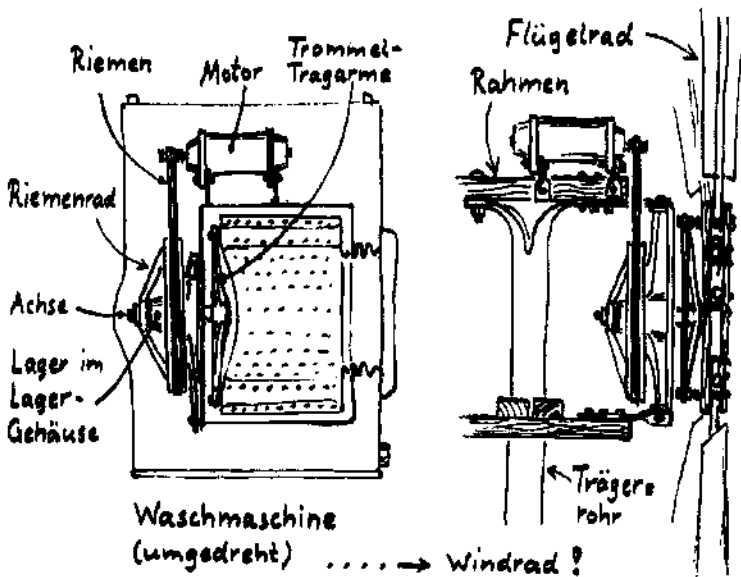
LEUCHT!



2

Nach dem erfolgreichen Test auf dem Handwagen.... kommt das Windrad sogleich auf den Mast!

müssen noch hinzu, schon kannst Du das Windrad aufstellen und den ersten Strom gewinnen...



Philipp und ich bauten das erste Windrad dieser Art in knapp drei Tagen. Schon die erste Probe auf einem Handwagen war ein voller Erfolg: Bei 3 m/sek (=Windstärke 2) beginnt es, die Batterie zu laden, bei 4 m/sek liefert es 10-15 Watt, bei 4,5 m/sek schon 25 Watt! Andere Windräder (Schnellläufer) fangen bei 4,5 m/sek Wind oft gerade mal an zu laden und "verschenken" den schwächeren Wind einfach. Die Höchstleistung liegt bei 150 Watt. Genaueres s. Tabelle S.30:

Allerdings ist die Leistung des Langsamläufers bei stärkerem Wind deutlich schwächer als zB die des gleich großen Schnellläufers nach Wind-Heft 2. Bei Sturm steigen Leistung und Drehzahl des Langsamläufers kaum noch, an den primitiven Flügeln entstehen dann so viele bremsende Wirbel, daß er schon von sich aus gegen Überdrehzahl sturmgesichert ist. Mit aerodynamischen Flügeln wären Drehzahl und Leistung bei Starkwind und Sturm natürlich noch zu steigern.

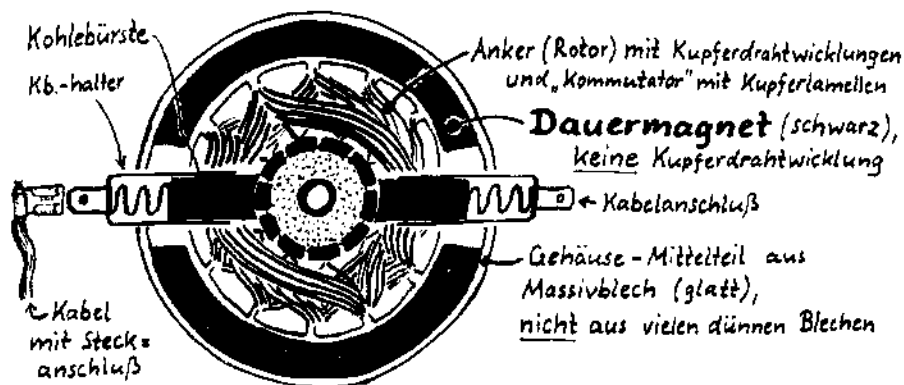
Inzwischen haben wir zwei Windräder dieser einfachen Bauart seit April bzw Juni 2003 pausenlos im Dauertest, ohne daß es je einen Ausfall oder gar Schaden gab, auch nicht im Orkan Januar 2005. Dabei habe ich mein Test-Windrad hier in Kiel absichtlich fast ganz aus Holz mit eigentlich zu dünnen und schwachen Teilen gebaut. Nur einmal mußte ich den Riemen nachspannen. Also können wir den Nachbau nur bestens empfehlen!

4

Nun die Details:

Geeignete Waschmaschinenmotore fanden wir vor allem in Waschmaschinen der Marke "Philips", aber auch in anderen Fabrikaten, zB "Zanussi", "AEG", "Gorenje". Sie wurden von Zulieferfirmen ("Polymotor Italiana", "Thomson Nevers France") für viele Marken hergestellt. Kennzeichen:

- Dauermagnete statt Kupferdrahtwicklungen im (Stator)-Gehäuse
- Gehäuse aus glattem, dicken Blech statt aufeinandergeschichtete Bleche
- nur 2 (statt 4-7) Anschlußkabel, gegenüber (an Kohlebürstenhaltern)
- Oft mit Schraubenschlüssel o.ä. Magnetismus am Gehäuse fühlbar
- Test mit Glühbirne (s.o.) oder: beide Kabel abziehen, drehen - läuft leicht. Motor von Anschluß zu Anschluß kurzschließen, wieder drehen - viel schwergängiger, wenn bzw weil er Strom erzeugt.



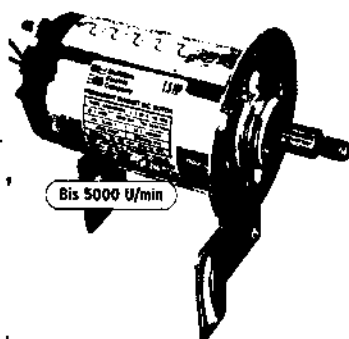
An den Motoren brauchst Du nichts zu ändern. Sie arbeiten sofort als Generator, sobald Du die Achse drehst, und liefern Gleichstrom! Die Drehrichtung ist egal, aber polt die Stromrichtung ("Plus" und "Minus") um. Meßwerte s. Tabelle S.30,31.

Gelegentlich werden auch von Elektro(nik)-Restpostenhändlern ähnliche gute Motore angeboten, zB dieser hier 2004 von Pollin Electronic, Max-Pollin-Str. 1, 85104 Pförring. In neueren Geräten aller Art sind auch immer öfter Dauermagnetmotore eingebaut, der Schrott wird also noch manches hergeben.

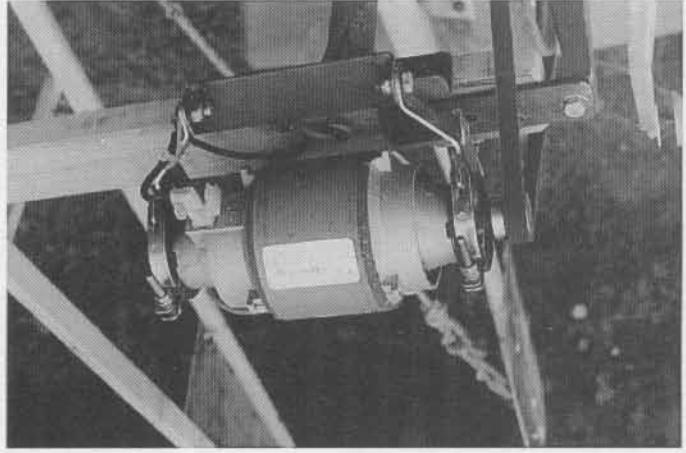
Findest Du gar nichts, versuchen wir zu helfen: Schreibe an Philipp Balcke, Blücherstr.36, 34123 Kassel, er schickt Dir einen geprüften Motor lt. Bauheft hier für 30,- Euro inkl. Paketporto, falls er "fündig" wurde.

Auch könnte Ollo Stens, Grundstr.71, 55218 Ingelheim, helfen, er ist Energiesparspezialist,

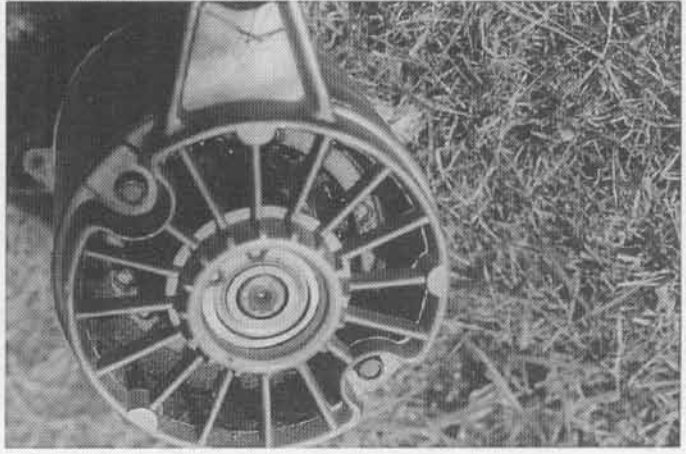
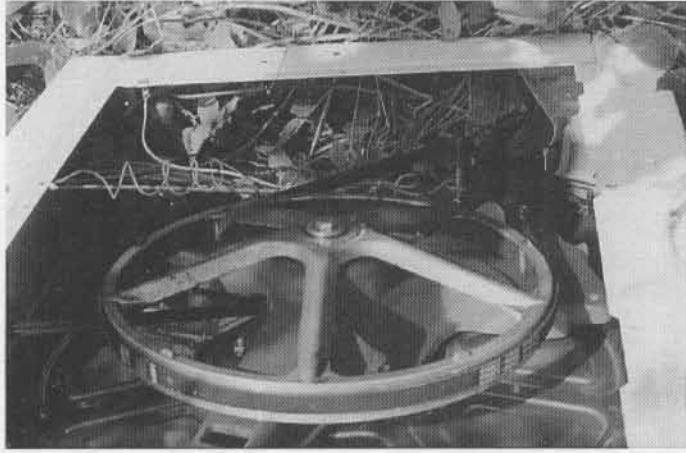
Hochleistungs-Gleichstrommotor C3334



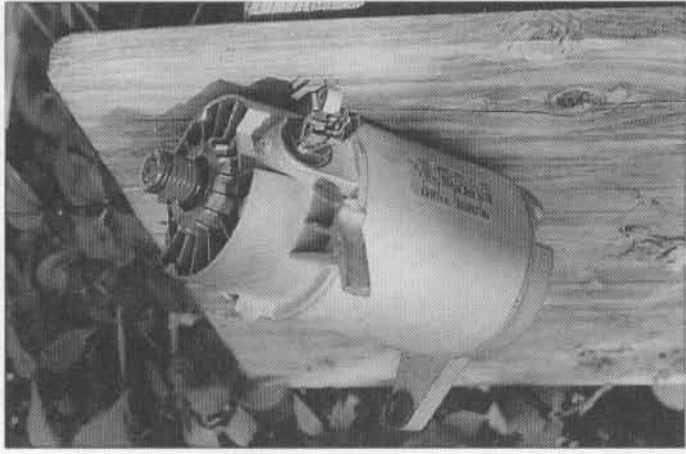
Der seltenere "Thomson-Nevers"-Dauermagnetmotor--am Windrad.



Schrott-Waschmaschine mit geeignetem Riemensrad und Riemen.



Die häufigere Dauermagnetmotor-Sorte (Polymotor Italiana): Dauermagnete innen gut sichtbar. - Motor von außen. (leider hat der Schrottarbeiter die Halterung abgebrochen)



6

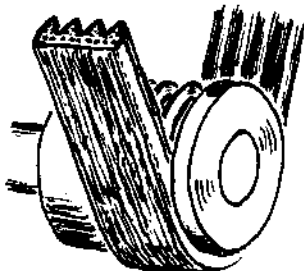
repariert professionell Waschmaschinen und kann auf ein großes Gebrauchtteilelager zurückgreifen. Nach seiner Auskunft gehen diese Motoren fast nie in der Waschmaschine kaputt, auch die Kohlebürsten halten sehr lange (am Windrad erst recht, weil es langsam läuft).

Der Kohlebürsten-Wechsel ist aber fummelig und geht nur von innen (Motor öffnen nötig).

Vorsicht! Kleine Eisenteile (auch Späne!) von Dauermagnetmotoren fernhalten! Die Magnete ziehen die Teile hinein, wo sie die Wicklung zerschaben, sie müssen also unbedingt wieder raus (mühsam, Motor öffnen).

Getriebe: Übersetzung (Durchmesser der Riemenscheiben zueinander) für den "Polymotor"-Motor 1:15 - 1:20, für den "Thomson"-Motor ca 1:10. Manche Waschmaschinen haben zu kleine Riemennräder dafür an der Trommel, dann nur den Motor ausbauen, andere Maschine mit großem Riemennrad suchen, davon Rad und Trommellager nehmen. Denn die Riemennräder passen meist nur auf die dazugehörige Achse. Eiern sie mit "Höhenschlag", ist der Riemen auf einem Teil jeder Umdrehung zu locker und rutscht beim Betrieb im Windrad ruckweise durch, wodurch es zu wenig Leistung bringt. Seitliches Eiern der Riemennräder ist nicht so schlimm.

Der **Treibriemen** soll ein Längsrillenriemen sein ("Poly-V"), Keilriemen sind unnötig schwergängig und machen dadurch den Vorteil des Langsamläufer-Windrades, bei Schwachwind schon zu laden, kaputt. Die Riemenrolle am Motor darf nicht rostig werden, ein Regenschutz-Gehäuse ist notwendig! Rau gerostete Stellen zerreiben den Riemen. Notfalls blankputzen. Die Lauffläche des großen Riemennrades muß flach und glatt sein, kein Keilriemennrad!



Achse und Lager: Baue die Waschmaschine wie folgt auseinander. Motor raus. Riemennrad ausbauen (Schraube auf, Rad an der Nabe an zwei gegenüberliegenden Stellen zugleich abhebeln). Dann Waschtrommelgehäuse aus der Maschine ausbauen (geht meist nur nach oben, also vorher alle Kleinteile, die stören, ausbauen) - und öffnen (Verschlußring aufschrauben). Jetzt Sprengring von der Achse abnehmen (nicht irgendwie hebeln, sondern weiten und dabei abziehen) und Waschtrommel mit Achse daran aus dem Lager ziehen. Lagergehäuse vom Trommelgehäuse losschrauben. Achtung: die Gummidichtung des Lagers und ein Blechteil wie das am Trommelgehäuse, das die Dichtung aufs Lager drückte, brauchst Du noch, sonst zerstört der Regen nachher das Lager!

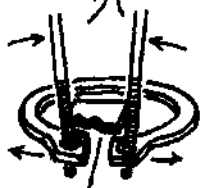
Ausbauen der nötigen Teile:

(Photos: 5.8)

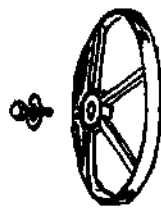
7

3.: Sprengring Öffnen:

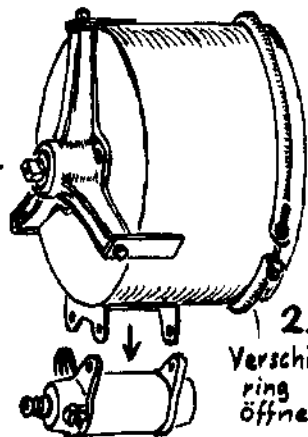
2 Fahrradspitzen
reinstecken,



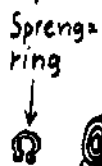
passenden Blechstreifen
dazwischenhalten,
drücken.



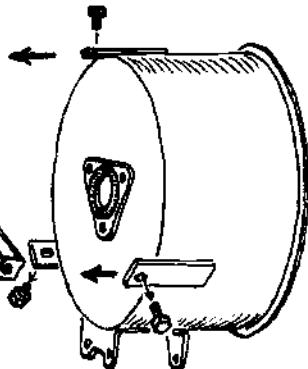
1.: Riemenrad
und Motor ab



2.: Verschluss-
ring
öffnen

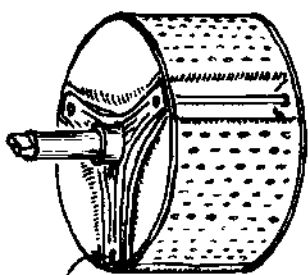


Spreng-
ring



4.: Trommel
rausziehen

5.: Lager abbauen



meist genietet

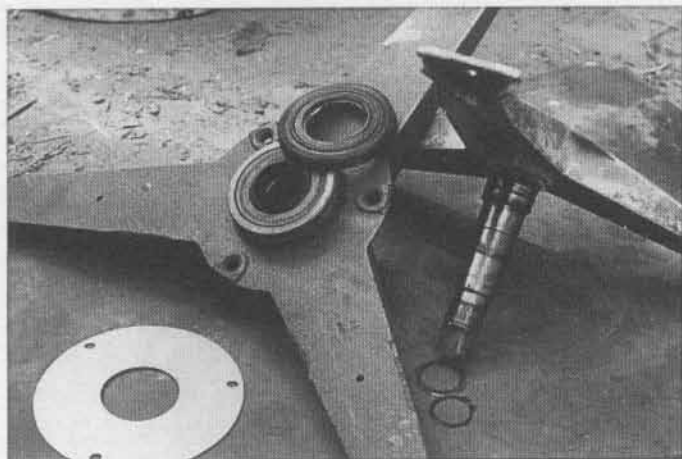
6.: Trommel von der Achse lösen.

Zum Schluß Achse mit Trommel-Tragarmen von der Trommel abbauen (Nieten vorsichtig ausbohren, sind Edelstahl, härter als die Tragarme aus Leichtmetall. Beim Bohren nicht auf die Tragarme abrutschen!)

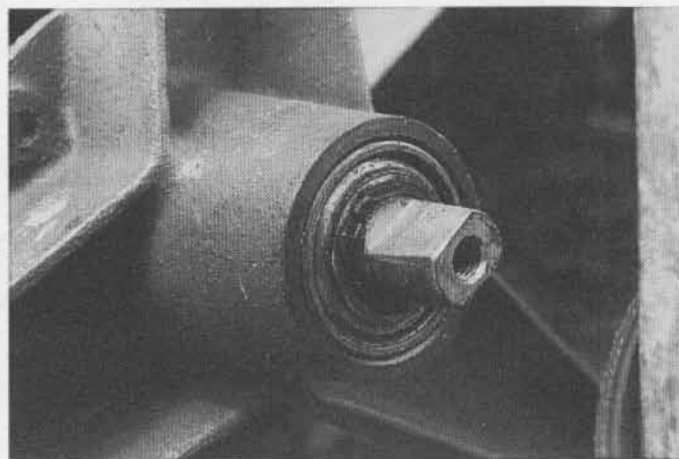
Setze dann Achse (mit Trommel-Tragarmen), Lager und Riemenrad wieder zusammen. Die Blechplatte für die Gummidichtung ist erst später bei der endgültigen Montage nötig, dann wird das Lager zur Trommel-seite hin wieder völlig wasserdicht. Die Achse ist viel dicker als fürs Windrad nötig, sie mußte vorher ja einige Kilo Unwucht bei mehreren Hundert Umdrehungen im Schleudergang aushalten. Aber Vor-sicht: Zwischen Trommel-Tragarmen und Waschtrommel setzen sich gerne nahe der Achse Waschmittelreste fest, deren Ätzi-Bestandteile ihr Zerstörungswerk an Leichtmetallteilen treiben! Die Tragarme dürfen durch Korrosion nicht zu sehr geschwächt sein, sonst könnten sie brechen und es gibt einen Windrad-GAU !!



Verschlussring am Waschtrommelbehälter gelöst. Geöffnet, nach Abnehmen des Sprengringes Trommel mit Achse aus dem Lager gezogen.



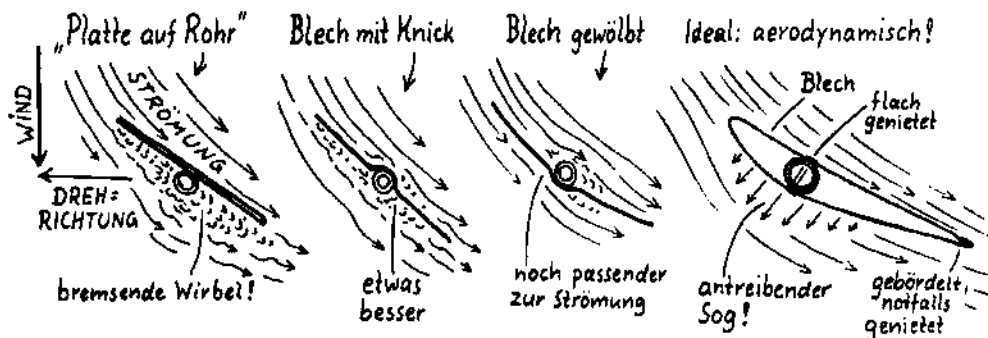
Lagergehäuse abgeschraubt, Trommel von der Achse abgebaut. Gummidichtung und Halteplatte aus Blech einzeln. Achse wieder eingebaut.



Das Flügelrad läuft langsam, nach Art der "Wildwest-Windräder". Es bekommt normalerweise 9 Flügel, weil die Waschtrommel-Achse meistens 3 Tragarme hat. Seltene Ausnahme: hat sie 4 Tragarme, baue 8 Flügel.

Maße für Poly...-Motor: 1,8 - 1,9 m \emptyset , Flügel ca 60 cm lang, ca 20 cm breit, 25° gegen die Drehebene schräggestellt.

Maße für Thomson-Motor: 1,6 - 1,65 m \emptyset , Flügel ca 53 cm lang, ca 18 cm breit, 25° Schrägstellung.



Die simplen "Platte-am-Rohr"-Flügel sind zwar aerodynamisch nicht gerade toll, doch bei Schwachwind stört das kaum, und sie sind so schön einfach zu bauen. Bei schneller Drehung (Starkwind) gibt es besonders am Rohr eine Menge Verwirbelungen der Luft, die dann natürlich bremsen (aber das Rad auch sturmsicher machen). Auf der Luvseite stört das Rohr stärker als auf der Leeseite.

Aus Blech gebaute Flügel kriegen schlauerweise in der Mitte einen Längsknick (abwinkeln und wieder zurückbiegen), der nicht nur das Blech versteift, sondern das Rohr auch etwas darin verschwinden läßt. Noch besser ist eine leichte Wölbung der Blechflügel, dann lege aber das Rohr auf die Luvseite.

Wirklich pfeifig statt der Einfachbauweisen sind zB aus dünnem Blech gebogene aerodynamische Flügel, ans darin steckende Rohr geschraubt oder genietet, so wie es Gerhard Heidemann bei seinen Windrädern baute. Problem dabei: Die offenen Flügelenden pfeifen im Wind, weil er daran bläst wie auf einem Flaschenhals. Als Abhilfe schnitt Gerhard Heidemann den Rand mehrmals ein und bog ihn bussardfedernartig auseinander. Das macht leise, aber bremst etwas. Ideal wären aerodynamische Endstücke (zB aus Holz) an den Flügeln, die sie aber nicht verschließen dürfen. Reinregnendes Wasser muß rauslaufen können. Ist nur eine kleine Ritze offen, friert die leicht zu, Wasser sammelt sich im Flügel, und schon gibt's ne Riesen-Unwucht! Zur Zeit arbeite ich an Lösungen des Problems, die aber auch einfach nachzubauen sein sollen und sich erstmal bewähren müssen.

Bau der Flügel: Aus Blech (ca 0,5 - 0,7 mm dick) schneiden oder aus wasserfestem Betonschalungs-Sperrholz (Baustellenabfall, ca 4 mm dünn) sägen. Notfalls provisorisch aus Hartfaserplatte von Wahlplakaten, die ist erstaunlich lange wasserbeständig!

Als Radspeichen stabil genug sind 3/8"-Wasserrohre (Außen-Ø ca 17mm) und fürs 1,65-m-Ø-Windrad sogar auch Zeltstangen (ca 18mm Ø, Wandstärke knapp 1 mm). Bei zu schwachem Rohr müßte man die Flügel nach vorn abspannen, was mehr bremsende Wirbel verursacht. Die Rohre sollen ca 10 (max. 15) cm vorm Flügelende aufhören, das spart nicht nur Gewicht, sondern vermeidet auch bremsende Luftwirbel gerade dort, wo sie am stärksten stören, nämlich an den Flügel"spitzen".

Holzflügel befestige wie gezeichnet mit Blechbändern quer übers Rohr, die gegen Verdrehen versteifen. Beim 1,65-m-Rad kannst Du das Band in der Flügelmitte weglassen und nur eine Schraube durch Rohr und Holz mit sehr großen Unterlegscheiben beidseits des Holzes nehmen. Sehr wichtig: Das Rohr darf wohl am Ende oder auch noch in der Flügelmitte, aber nie nahe des Nabenrandes oder beim nabennahen Flügelende durchbohrt werden, denn dort sind die Rohre am höchsten auf Biegung belastet und könnten dann auf Dauer brechen! (Photos S.13)

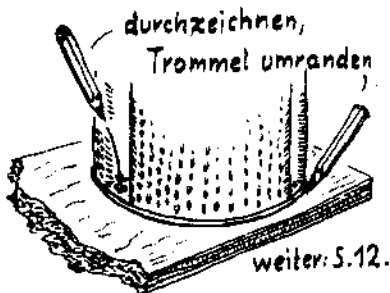
Blechflügel befestige 10-15 cm vom Flügelende mit durchgehender Schraube und Blechband als Verdrehsicherung wie die Holzflügel, in der Flügelmitte und nahe der Nabe mit Schellen (wie beim Holzflügel nahe der Nabe). Wir haben beim ersten Windrad, weil sie gerade da waren, Schlauchschellen genommen und dafür immer je 2 Langlöcher aus 2 Bohrungen nebeneinander ins Blech gebohrt, so daß wir die Schellen durchstecken konnten. (Photos S.15)



bohren, dazwischen weißeln, zum Rohr hin aufbiegen, Scheile durchstecken.

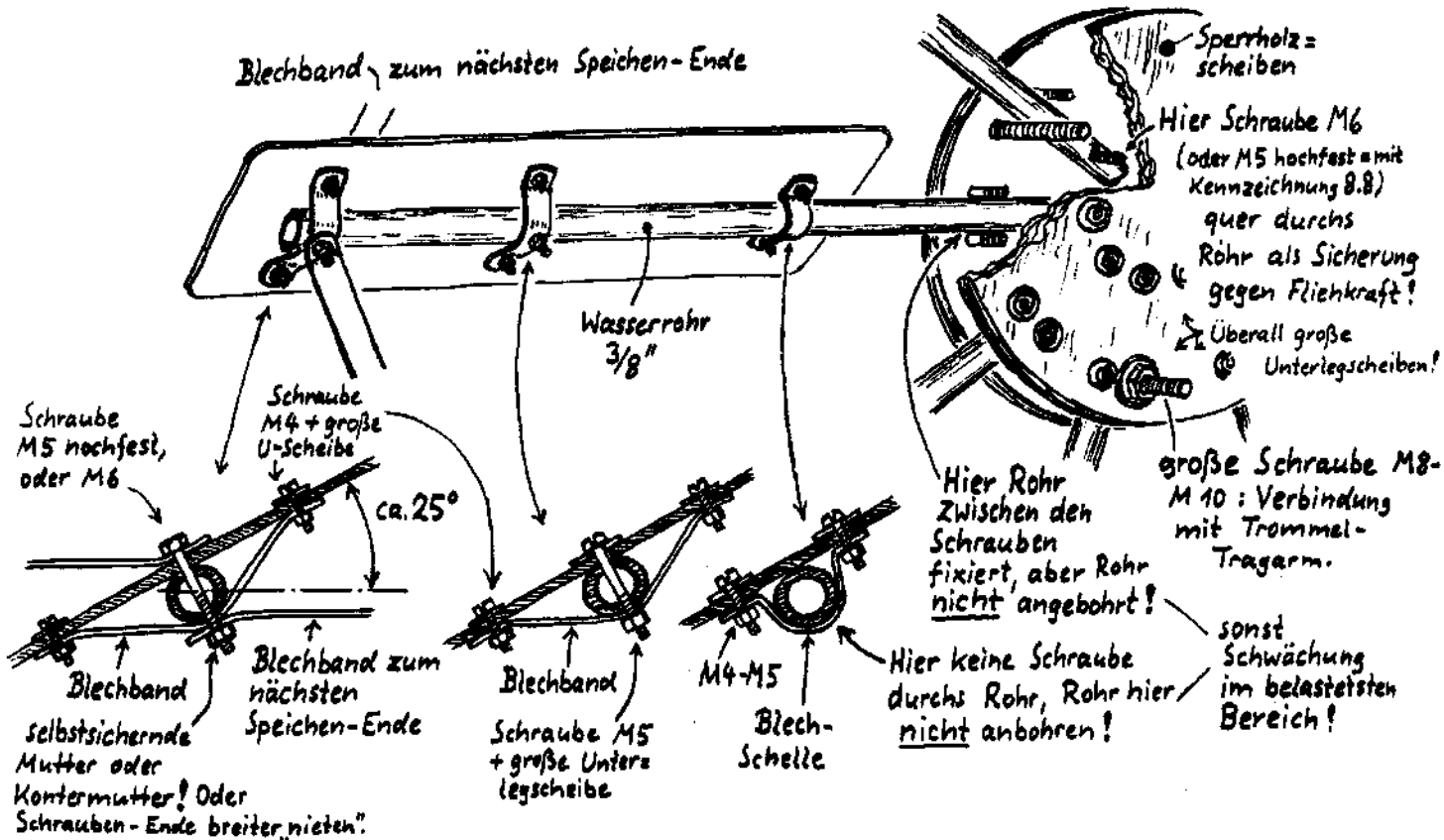
Nabe, Montage: Die Speichen zwischen zwei Scheiben aus mind. 12 mm dicken Betonbau-Sperrholzabfall (wasserfest!) einspannen und durch Schrauben sichern, die äußeren Speichen-Enden mit Blechbändern (von Paletten-Verschnürungen) verbinden.

Damit das Flügelrad nachher zentriert auf der Achse sitzt, bereite die Nabenscheiben sorgfältig vor: Waschtrommel aufs Sperrholz legen,



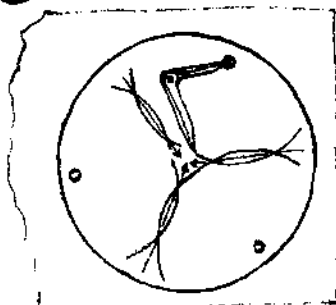
weiter: S.12.

umranden und die Löcher, an denen vorher die Tragarme fest waren, genau aufs Holz durchzeichnen. Dann Mittelpunkt suchen (3 Zirkelschläge um die Befestigungspunkte), Kreis durch die Bef.-punkte ziehen und in 9 gleiche Teile einteilen, Kreis 3 cm größer ziehen und Scheibe danach aussägen.

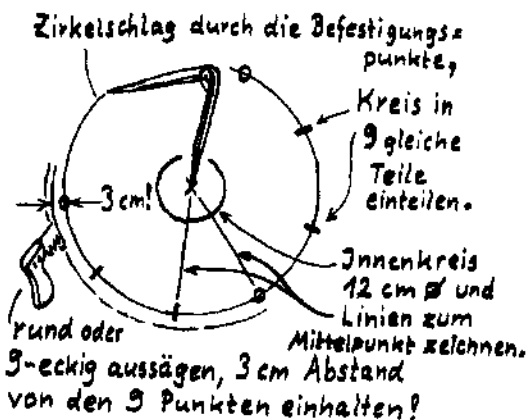


Das Flügelrad: Ausschnitt und Bau-Details.

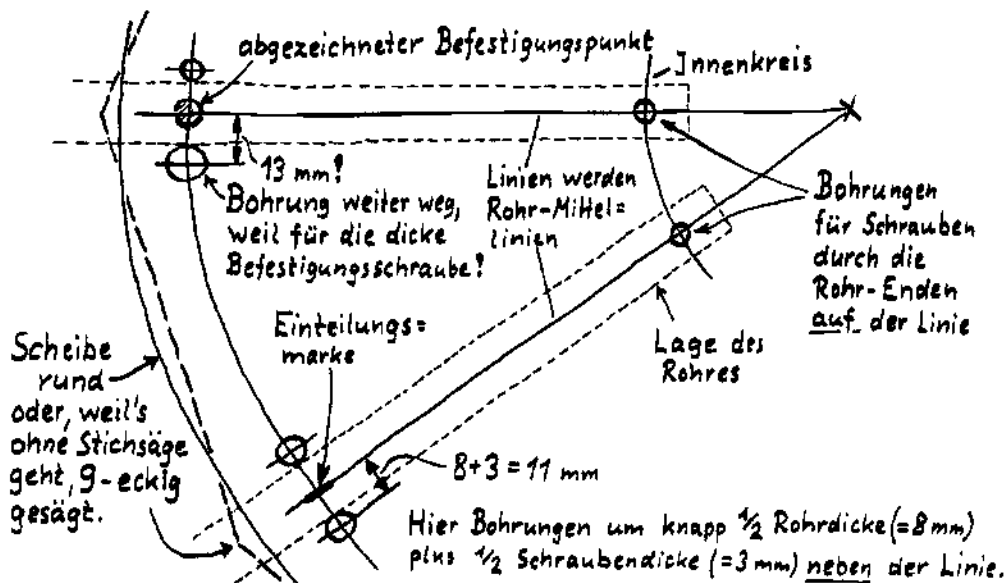
12



Mittelpunkt suchen



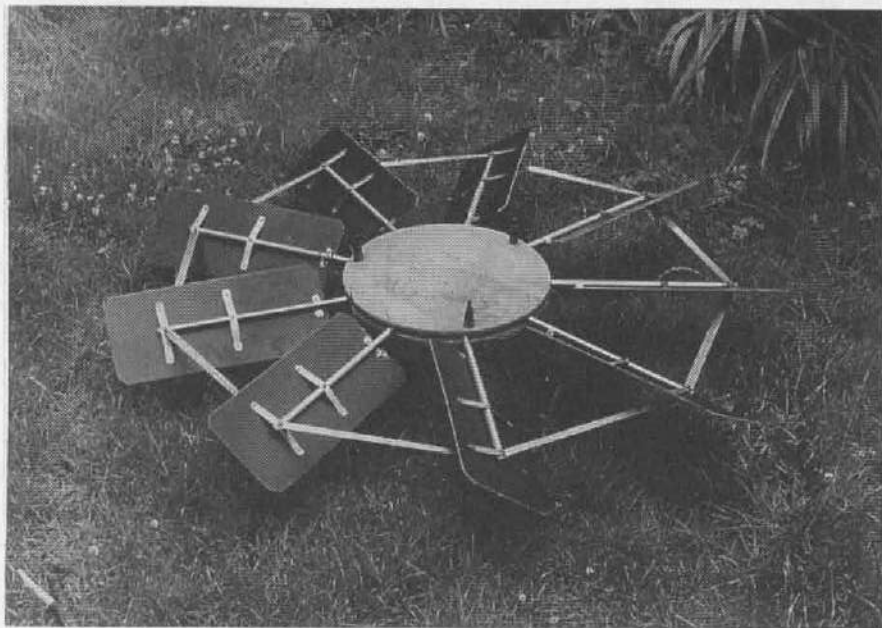
Lage der Bohrungen anzeichnen: Im gezeichneten Beispiel sind die Maße, wie die Bohrlöcher neben der Rohr-Mittellinie liegen, für Schrauben M6 und Flügelrad-Befestigungsschrauben M10 angegeben ($1/2$ Rohr- \varnothing + 3 bzw. + 5 mm). Als Schrauben, die die Rohre einspannen, reichen auch M5. Als Flügelrad-Befestigungsschrauben nimm das Maß, das zu den Bohrungen in den Trommel-Tragarmen paßt (oft nur M8 - noch kleinere mußt Du auf 8,5 mm aufbohren). Rechne die Maße passend um.



Bohrungen auf 1 Scheibe genau anzeichnen, dann beide Scheiben aufeinanderzwingen und bohren.



Holzflügel. Oben: Bohren am Rohr-Ende auf Klotz mit Kerbe und Unterstüztung aus Latten im 25°-Winkel, damit alle Flügel gleiche Schrägstellung kriegen. Unten: Flügelrad fertig.



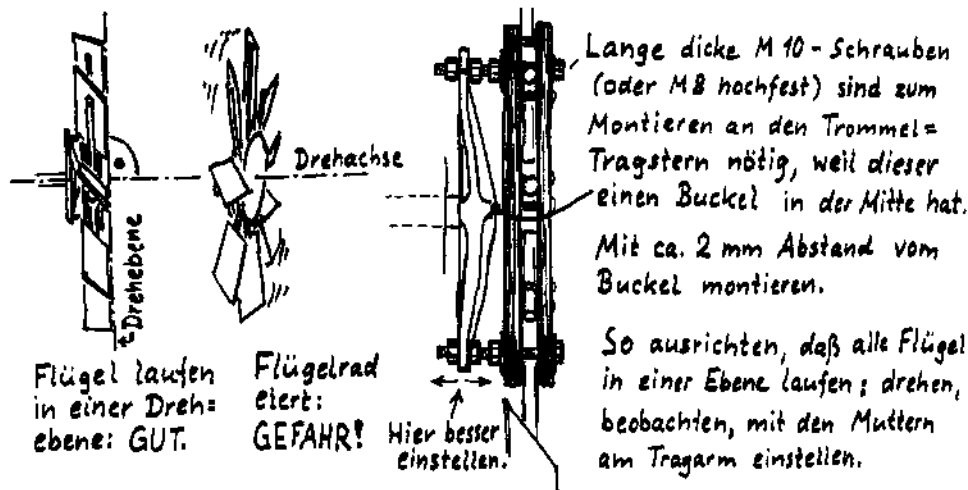
14

Arbeitest Du genau, ist das Flügelrad nachher ausgewogen. Eine Unwucht könnte das Windrad bald zermürben! Beachte: Alle Rohr-Enden in gleichem Abstand zum Mittelpunkt, alle Flügelenden ebenfalls, alle Flügel gleich groß und aus gleichem Material, alle Blechbänder, die die Speichenrohr-Enden miteinander verbinden, genau gleich lang!

Die Blechbänder sollen stramm passen, aber nicht zu stramm, so daß sie die Rohre aus der Drehebene heraus verbiegen. Miß zwischen allen Flügeln den Abstand Bohrung-Bohrung, sie werden etwas verschieden sein. Zusammenzählen, durch 9 teilen, 9 Bänder mit diesem Lochabstand machen. Die letzte Schraube spannt alle Bänder richtig, daher nimm hier am besten eine zu lange und säge deren Überstand nachher ab.

Prüfung: Schraube das fertige Flügelrad an die Trommelachse, drehe es und beobachte:

- 1) "Dynamische Unwucht"? Eiert das Rad mit Seitenschlag, will es beim Lauf die Achse verbiegen. An den Befestigungspunkten besser einstellen. Beeinflußt auch das Gleichgewicht!
- 2) Tanzt ein Flügel nach vorn oder hinten aus der Reihe: Rohr verbogen, richtig hinbiegen. Dazu evtl die äußeren Befestigungsbänder ab.
- 3) Will ein Flügel immer nach unten? Ungleichgewicht! Zu schweren Flügel etwas schmaler schneiden.



Flügelrad anschrauben und ausrichten

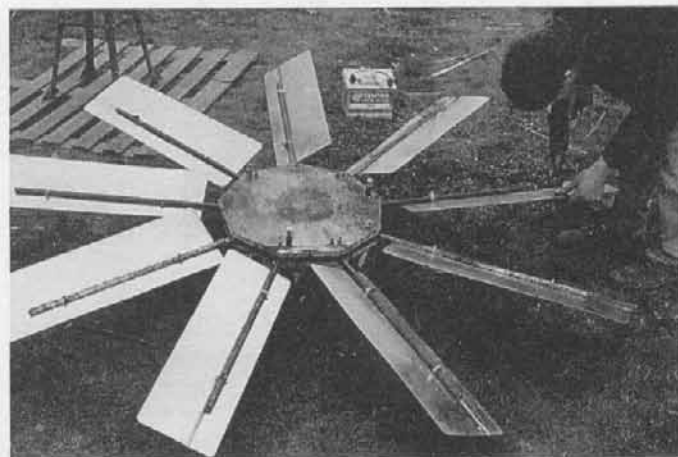
Wichtig: Die Schrauben dürfen die Enden der Trommel-Tragarme keinesfalls verbiegen, denn das Leichtmetall bricht dann sehr leicht! Achte beim Montieren darauf, daß die Schrauben nicht im Loch "herumhebeln" und auch nicht etwa schief drinstecken, wodurch beim Festziehen der Muttern die Tragarm-Enden schiefgepreßt würden. Notfalls lege lieber auf beiden Seiten des Tragarmes Gummischeiben dazwischen.



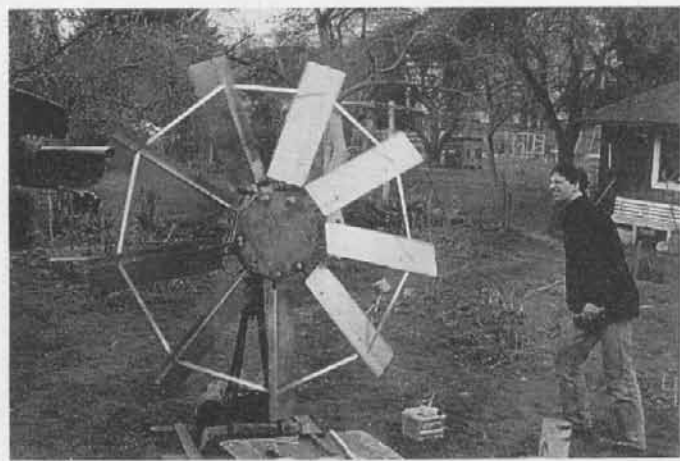
Nabenscheiben gebohrt, Speichen montieren. Schutzanstrich Firnis.



Blechflügel mit Schlauchschellen montieren & ausrichten.

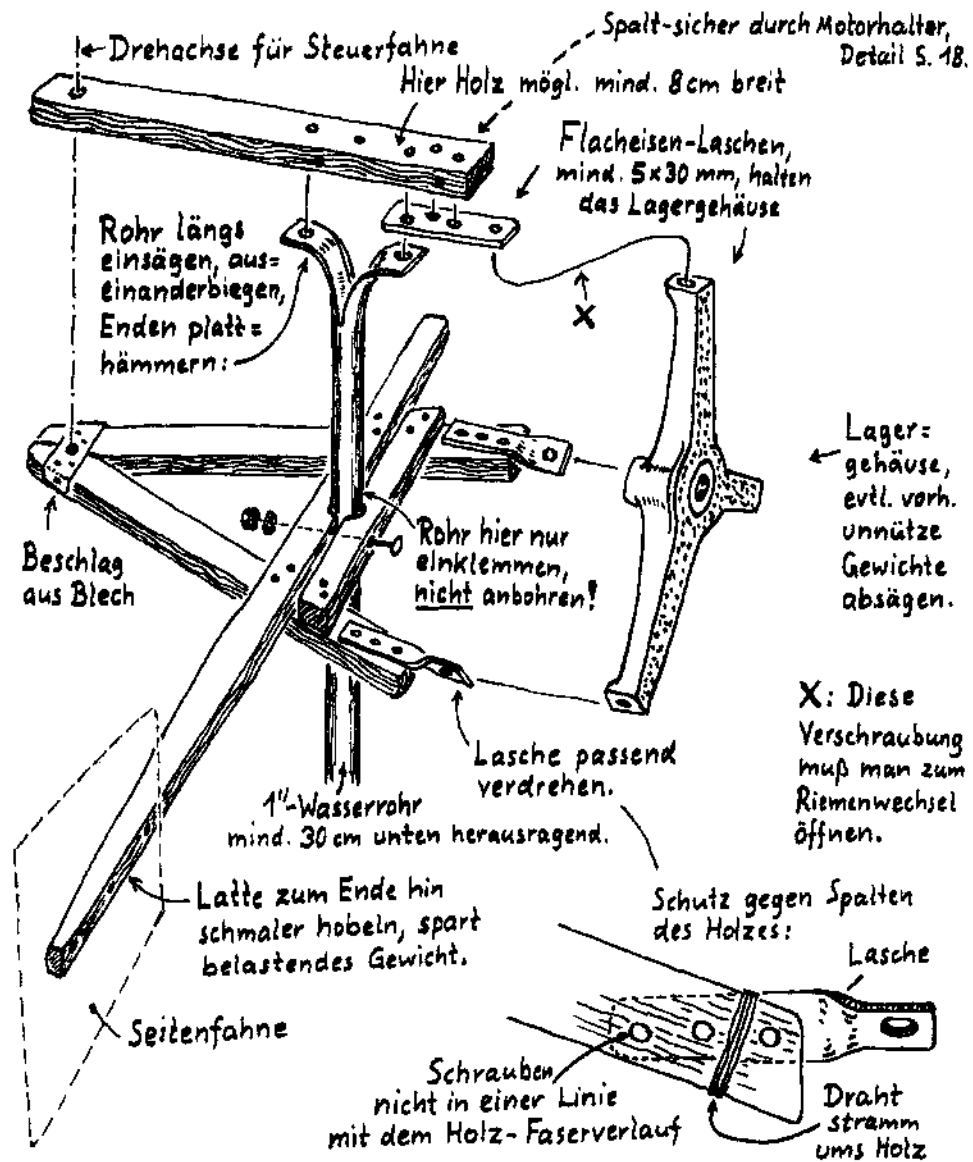


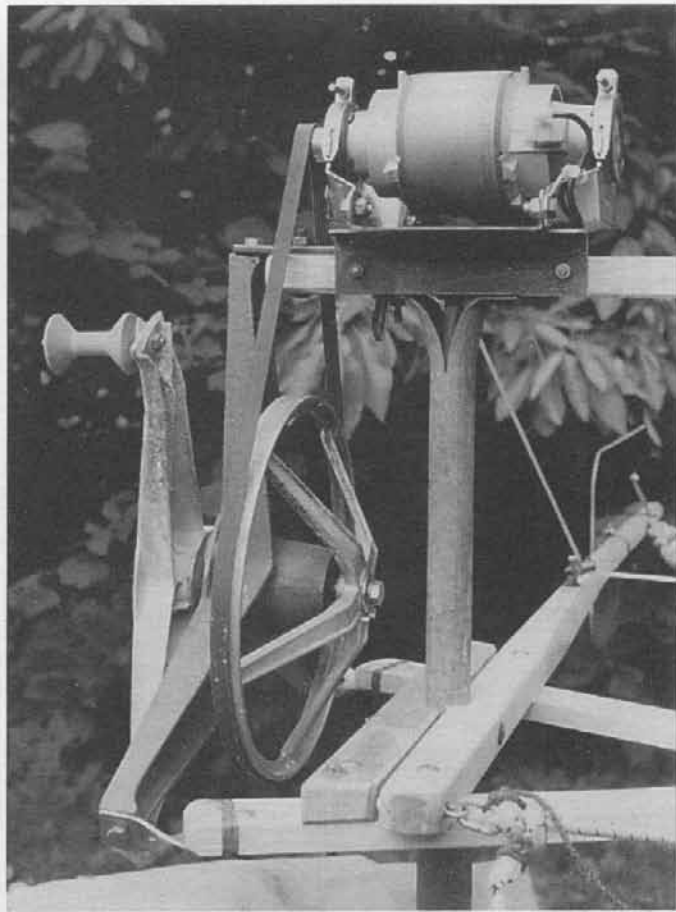
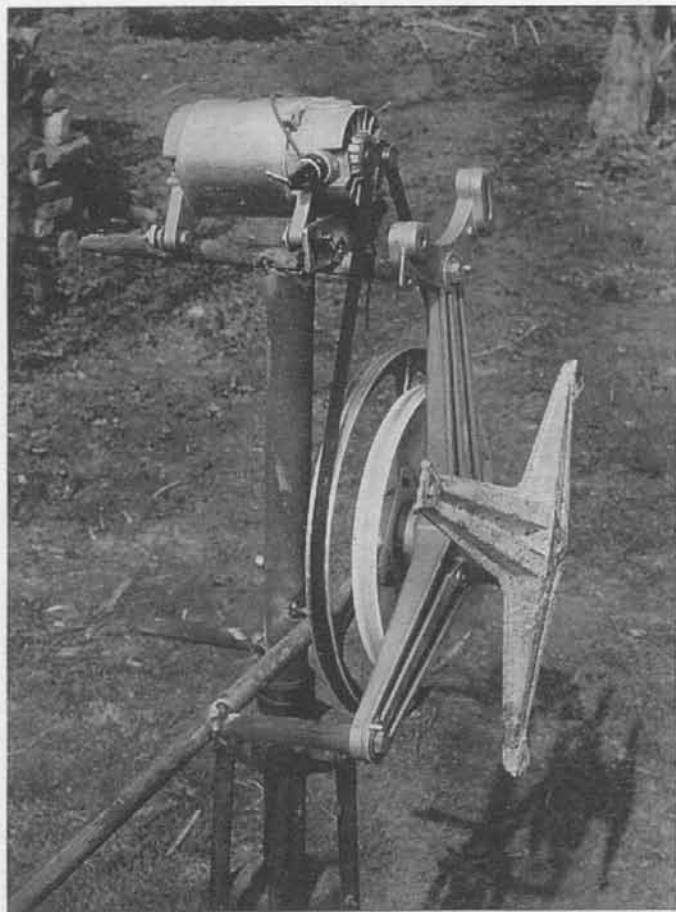
Erst nach dem Ausrichten Flügel durchs Loch im Rohr hindurch durchbohren. Prüfen: Laufen alle Flügel in einer Ebene?



Jetzt fehlt noch der Rahmen, der Flügelrad, Motor, Steuerfahnen und die Lagerung auf dem Mast verbindet. Das Photo S. 17 zeigt ein aus Rohrschrott geschweißtes Beispiel, aus Holz (Dachlatten mind. 4x6 cm, besser Eschen- oder Eichenholz ab ca 3x5 cm) kannst Du ihn gut so wie gezeichnet bauen. Beachte die Details in den Zeichnungen!

Rahmen aus Holz (ideal: Esche oder Eiche)



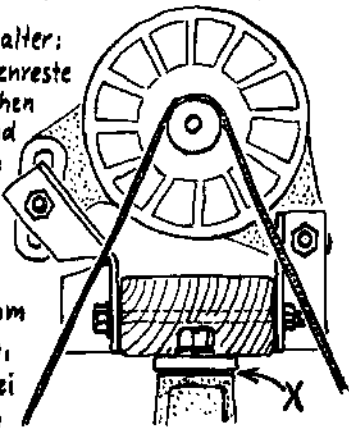


Rahmen aus Wasserrohrschrott geschweißt, mit Trommellager, Riemenrad und Dauermagnet-Waschm.-Motor häufigerer Bauart (s. andere Photos). Rechts: Rahmen aus Holz (5.16-19) mit Motor seltenerer Bauart (Thomson Nevers-France) als Generator.

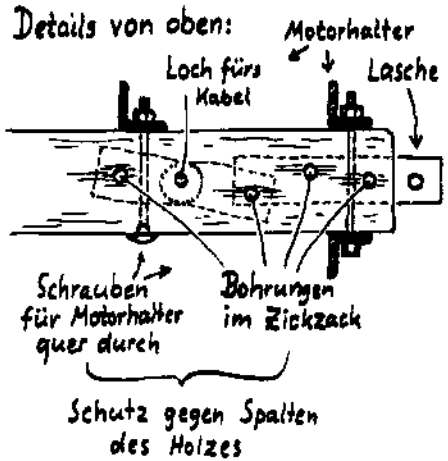
18 Motor überm oberen Rahmenholz:
So ausrichten, daß der Riemen genau
gerade aufs Riemenrad läuft!

Motorhalter:
Winkeleisenreste
oder Laschen
aus passend
verdrehem
Flacheisen.

Riemen
so stramm
spannen,
daß er bei
Starkwind
nicht durch-
rutscht.

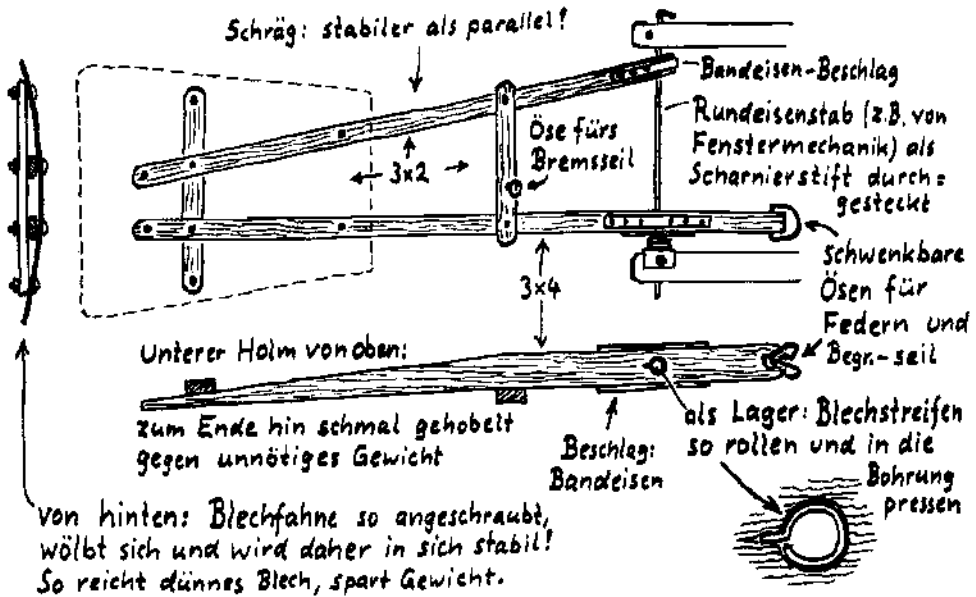


Zum Riemenwechsel
Verbindung X aufschrauben.



Motor-Befestigung, sichert auch das Holz!

Schräg: stabiler als parallel!



Steuerfahne, Stangen aus Holz. Stärke 3x2/3x4 für Esche/Eiche.

Gut ist es, die Steuerfahne möglichst leicht und dennoch stabil zu bauen, dann bleibt die Belastung an den Angelpunkten beim Hin- und Herklappen gering: Holme trapezförmig zueinander und durch Fahne versteift, zum Ende hin schmaler gehobelt, Fahnen-Material leicht (falls Blech, dünn und gewölbt, sonst dünnes Beton-schalungs-Sperrholz oder Wellplast-Dach-Abfall). Zugseil und Begrenzungsseil nie direkt an die Ösen knoten, sie würden dann durchscheuern. Schlaue so:



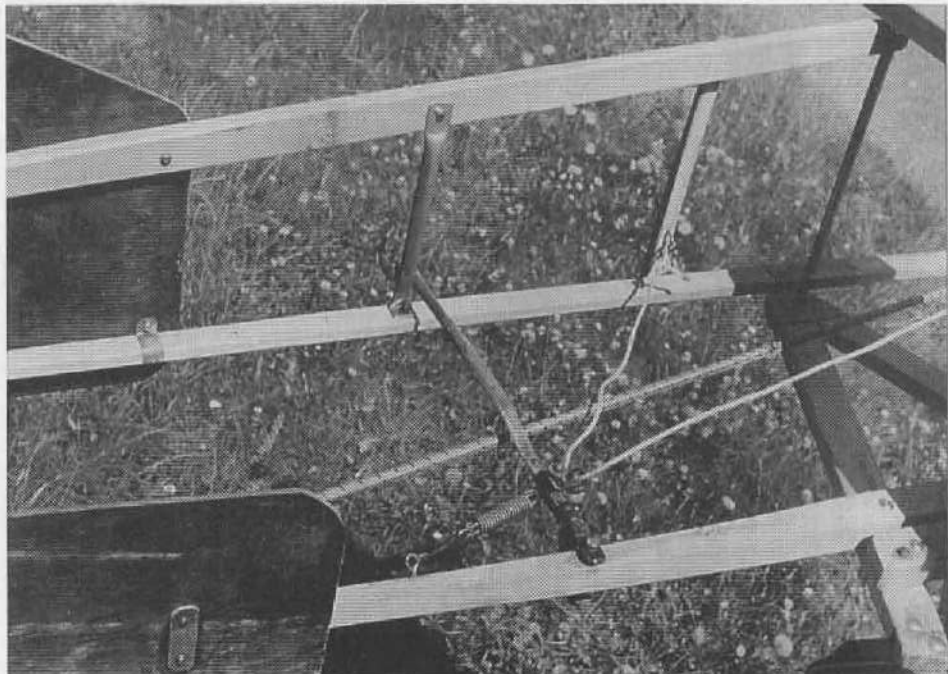
- Wichtig: - Beanspruchte Verschraubungen mit Schrauben und Gegenmutter
- Spalten der Hölzer verhindern: Mehrere Schrauben nicht in einer Linie mit den Holzfasern, zusätzlich Schrauben quer durch oder Draht stramm ums Latten-Ende wickeln.
 - Wo Eisenteile ans Holz geschraubt werden, schafft ein zwischengelegtes, mit Leinölfirnis bestrichenes Stück unbesandete Teerpappe zusätzlich eine gute Klebverbindung, verhindert Rosten des Eisens und schützt das Holz vor holzangreifenden Salzen, die sonst durch Reaktion der Gerbstoffe aus dem Holz mit Eisen entstehen.

Als Sturmsicherung hat das Windrad eine starre Seitenfahne, sie muß beim Langsamläufer hinter dem Flügeldrehkreis herausragen, und eine längere, größere Steuerfahne mit Zugfeder. Als "Zugfedern" habe ich starke Gepäckspinnen-Gummis genommen, bisher sind sie nicht merklich schwächer oder gar mürbe geworden (und wenn, dann würde die Sturmsicherung schon bei schwächerem Wind reagieren). Mit einigem Suchen findest Du auch im Schrott geeignete Federn. Nimmst Du die der Waschtrommelaufhängung (alle hintereinandergehakt), müssen sie nicht am Ende des Steuerfahnenholmes, sondern näher am Gelenk angreifen.

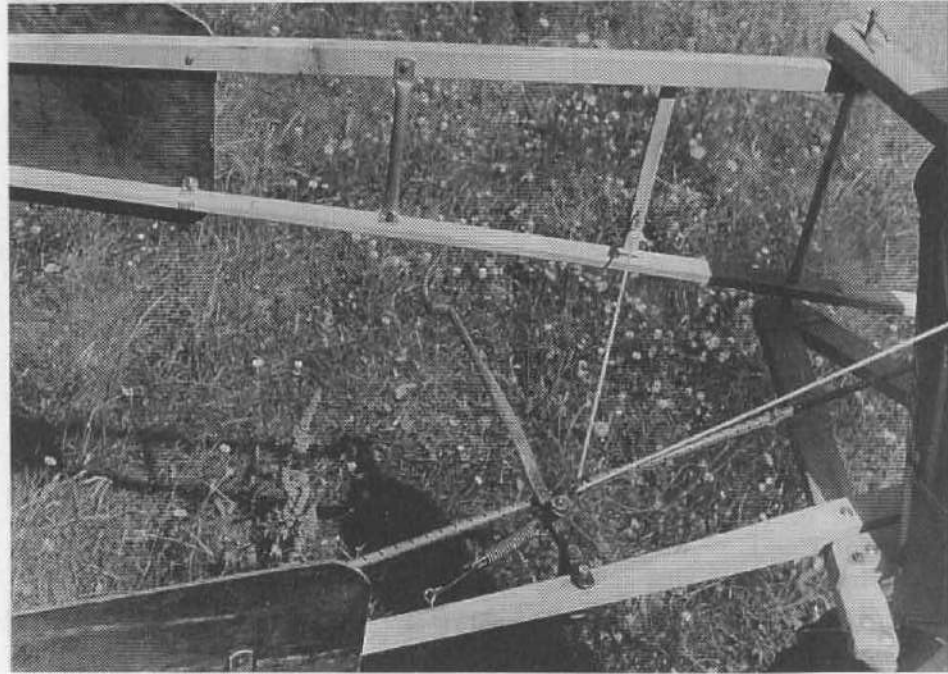
Bei Wind hält die Steuerfahne das Windrad in Betriebsstellung, s. 52f. Sturm ist stärker als die Zugfeder, die Steuerfahne gibt nach, und die Seitenfahne dreht das Windrad aus dem Wind. Läßt die Bö nach, klappt die Steuerfahne wieder in Betriebsstellung.

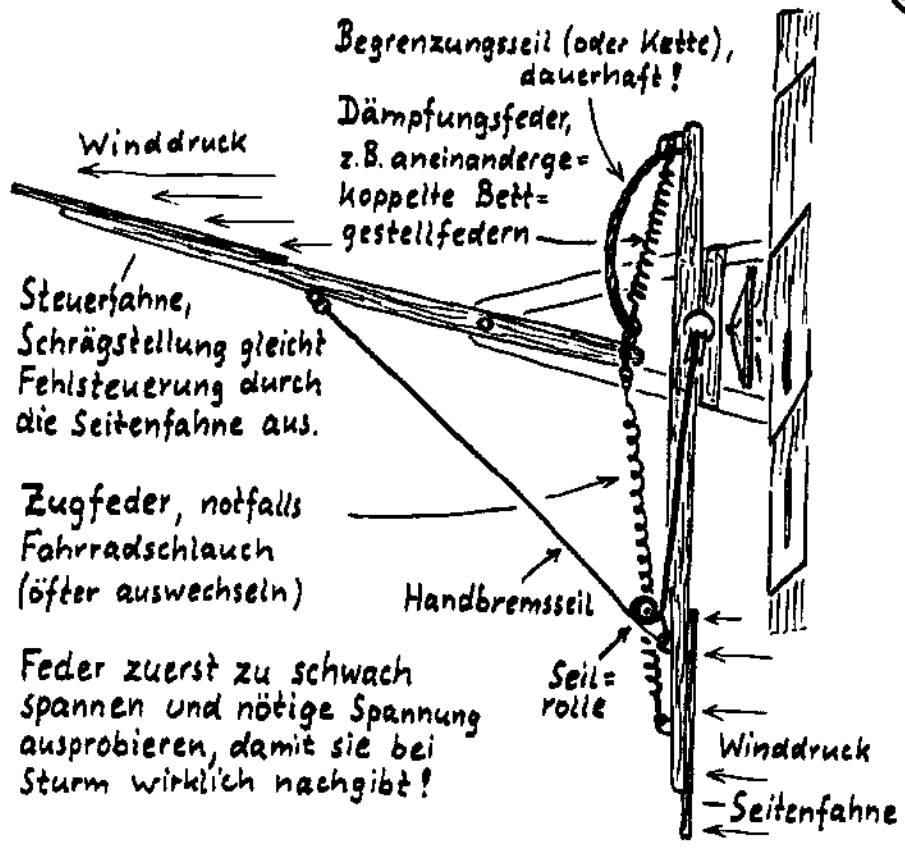
Zum Stillegen von Hand: Ziehe unten am Bremsseil, es läuft über zwei Seilrollen und klappt die Steuerfahne in Sturmstellung.

Wichtig: Das Begrenzungsseil, sonst kann die Fahne ins Flügelrad schlagen - Selbstzerstörung! Die Seil-Enden sicher gegen Durchscheuern befestigen, zB mit Kettengliedern oder Drahtösen. Die Dämpfungsfeder wirkt gegen ruckartigen Stop der Fahnen-Bewegung, das schont Fahnenholme und Begrenzungsseil. Hochfein wäre ein alter Stoßdämpfer zwischen Rahmen und Steuerfahnenholm.



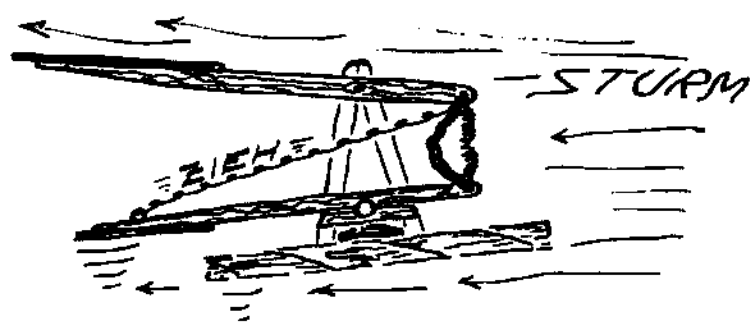
Selbst einrastende Sturmsicherung (S.22), eingerastet ↗ ↘ -lösen:





Feder zuerst zu schwach spannen und nötige Spannung ausprobieren, damit sie bei Sturm wirklich nachgibt!

Betriebsstellung ↗
 ↘ Sturmstellung

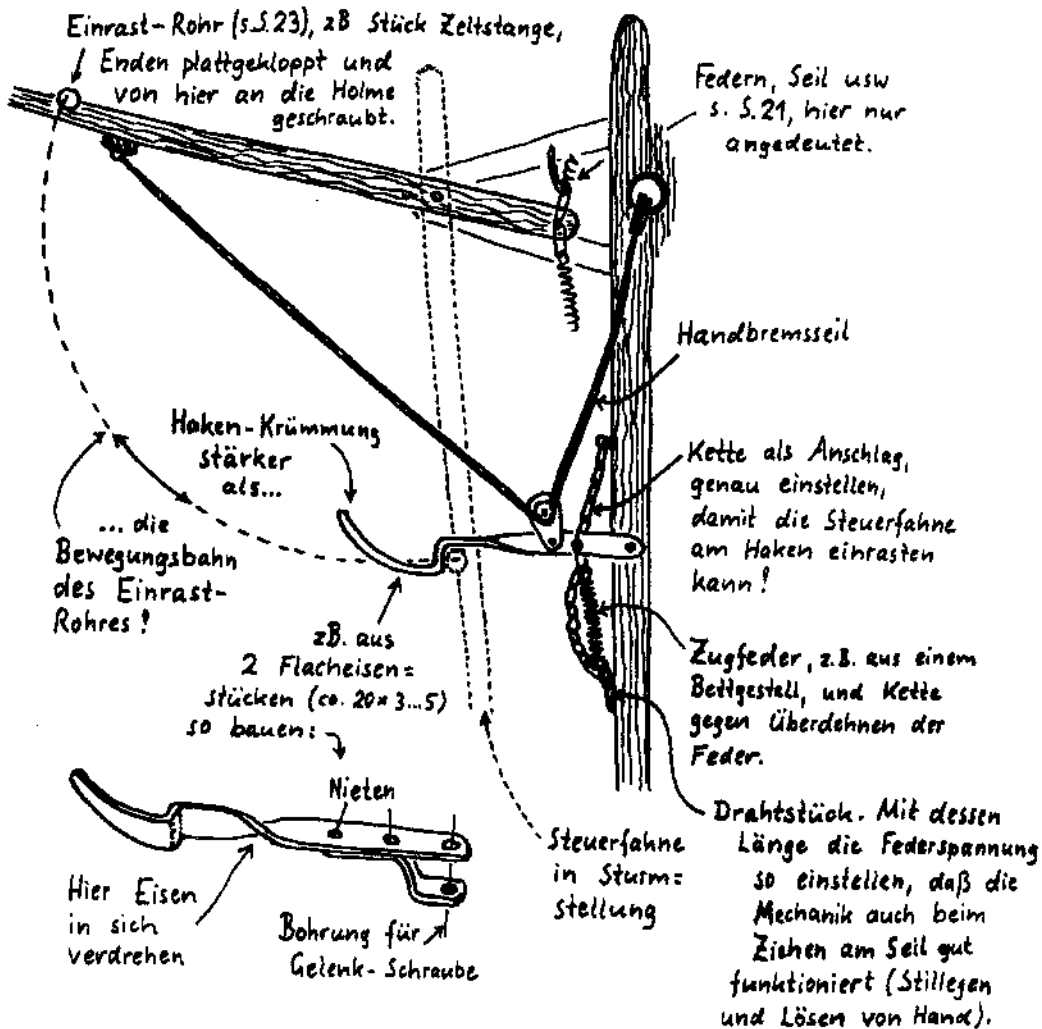


Funktion der Sturmsicherung, von oben.

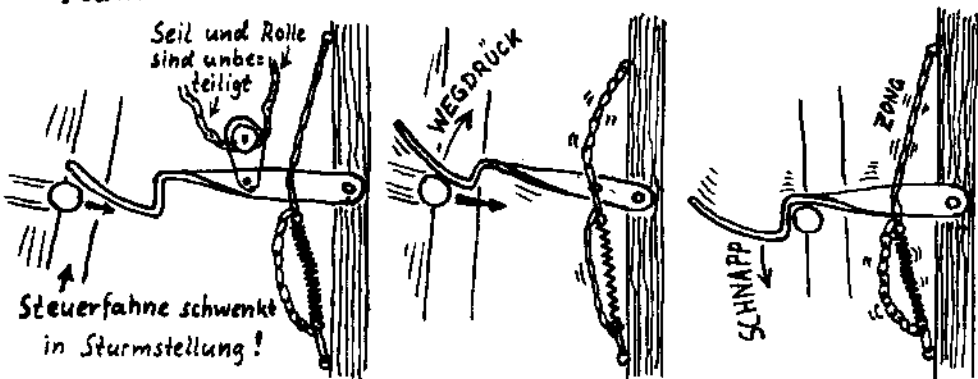
22 Extrapfiffig: Selbst einrastende Sturmsicherung!

Extra pfiffig: die selbst einrastende Sturmsicherung!

Schwenkt das Windrad bei jeder Sturmbö raus aus dem Wind und bei nachlassender Bö gleich wieder rein in den Wind, werden die Teile durchs dauernde Hin- und Herschwenken unnötig stark beansprucht. Besser bleibt die Sturmsicherung nach einer starken Sturmbö in Sturmstellung fixiert, und das Windrad wird nach dem Sturm von Hand wieder in Betrieb gesetzt. So ist das einfach zu bauen:

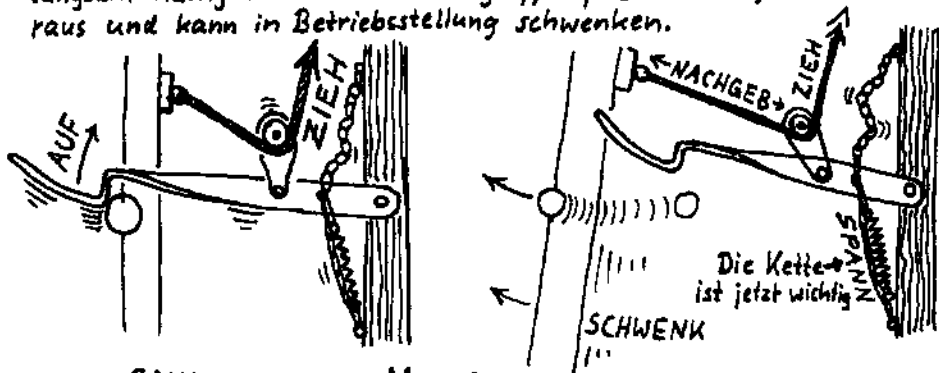


Funktion: -Einrasten bei Sturm bö:



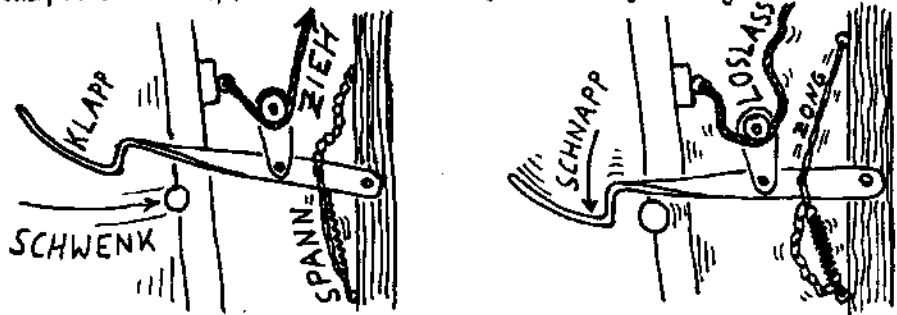
- Lösen von Hand:

Ziehen am Seil löst den Haken. Dann Seil straff halten und dabei langsam nachgeben: Haken bleibt geöffnet, aber Steuerfahne kommt raus und kann in Betriebsstellung schwenken.



- Stilllegen von Hand:

Steuerfahne am Seil bis zum Anschlag in Sturmstellung ziehen, Haken bleibt dabei geöffnet. Dann Seil plötzlich locker lassen. Haken schnappt zu, bevor die Steuerfahne raus ist, denn die Fahne bewegt sich träger. Eingerastet wie oben.



24 Lagerung auf dem Mast: Als Mastspitze dient ein 1 $\frac{1}{4}$ "-Wasserrohr, das 1"-Rohr des Windrades dreht sich mit gutem Spiel darin - ein vollkommen ausreichendes Gleitlager! Die Methode hat sich seit -zig Jahren weit besser bewährt als irgendwelche Kugellager, Auto-Radnaben etc, weil ein zu leichtgängiges Steuerlager auf dem Mast nur dazu führt, daß das Windrad dauernd hin- und herschwenkt anstatt ruhig in der Haupt-Windrichtung zu bleiben.

Unbedingt die Rahmenhölzer unten mit dickem Blech beschlagen, wo die Mastspitze sie sonst durchscheuern würde! Das große Loch fürs 1"-Rohr kriegst Du am besten mit einem scharfen Meißel ins Blech.

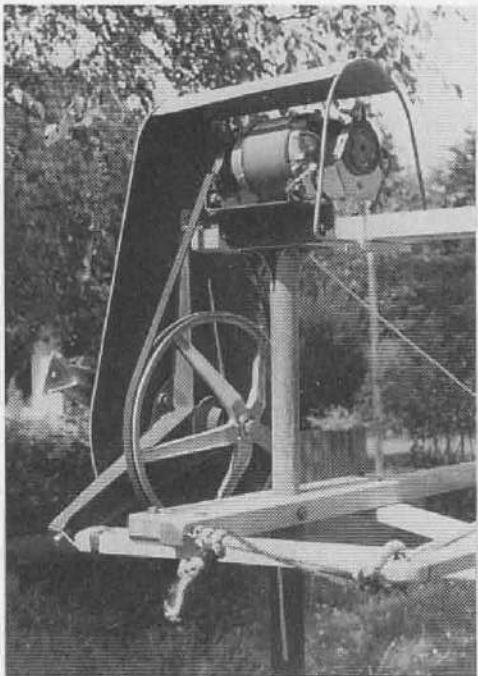
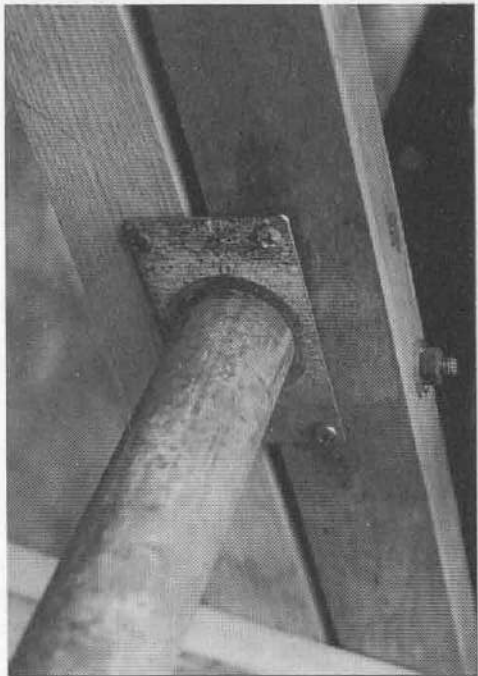
Das 1 $\frac{1}{4}$ "-Rohr muß in einem dickeren Rohr stecken, sonst kann es bei Sturm umknicken! Details s. große Zeichnung S.27.

Das ganze Windrad wiegt ca 27 kg, das Flügelrad einzeln ca 7 kg, der Rahmen mit Steuerfahnen, Generator, Mast-Lagerrohr usw ca 15 kg, das Waschtrommel-Lagergehäuse, wenn aus Gußeisen, einzeln schon ca 4 kg. Zu viel, um das Windrad fertig zusammengebaut auf den Mast zu heben, montiere es unten nur zur Probe und danach in große Bauteile zerlegt auf dem Mast endgültig (zB Rahmen - Steuerfahnen - Lagergehäuse mit Trommelachse - Regenschutz - Flügelrad).

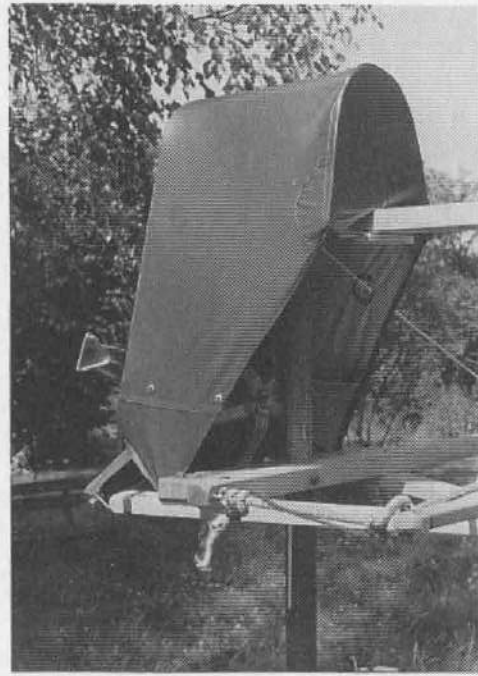
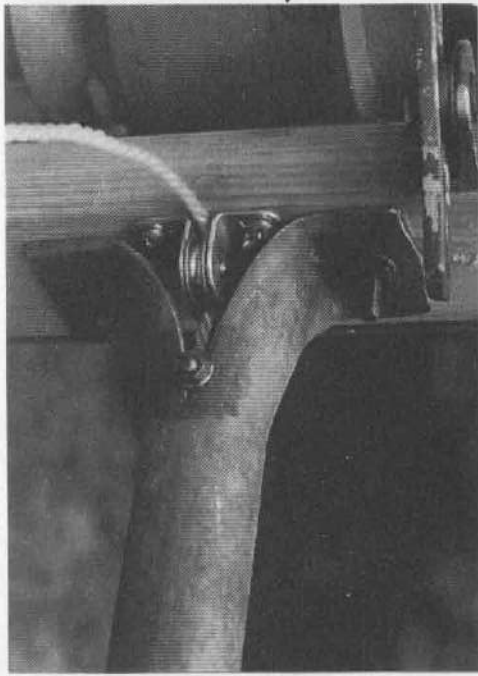
Da das Windrad sehr ruhig läuft, kann es auch besonders gut auf dem Hausdach stehen. Das spart den Bau eines Extra-Mastes und hebt das Windrad über den Windschatten von Haus und Bäumen. Bedenke: Die Leistung steigt mit der Windgeschwindigkeit "hoch 3". Doppelter Wind bringt 8-fache Leistung!

Bremssell und Kabel hängen einfach durchs Mastrohr nach unten, das Seil aber in einem alten steifen Gartenschlauch als Hülle (keine Bowdenzughüllen nehmen, darin sind mir schon mehrmals Seile festgerostet) damit es beweglich bleibt, wenn sich das Kabel drumherumzwirbelt. Schleifkontakte sind unnötig, denn Kabel und Seil verzwirbeln sich auch in einem ganzen Jahr nur wenig. Und zur Not steige mal auf den Mast und drehe das Windrad ein paar mal in die Richtung, die das Kabel wieder entzwirbelt. Gegen Stromverluste nimm dickes Kabel!

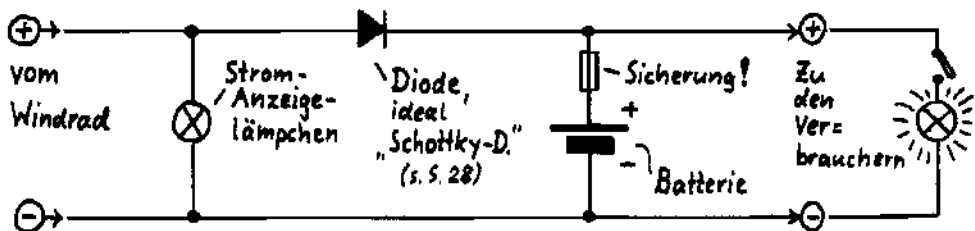
Regenschutz: Wie Du ihn baust, kannst Du Dir frei ausdenken. Er muß Motor und Riemengetriebe komplett von oben, vorn und den Seiten schützen, nach hinten und unten darf er offen sein. Eine Haube ganz aus Blech könnte Geräusche verstärken. Ich habe vorn ein Stück Betonbausperrholz genommen und ansonsten einen dicken Drahtbügel befestigt, so daß ich über alles eine aus einer kaputten Regenjacke genähte Schutzpläne spannen konnte.



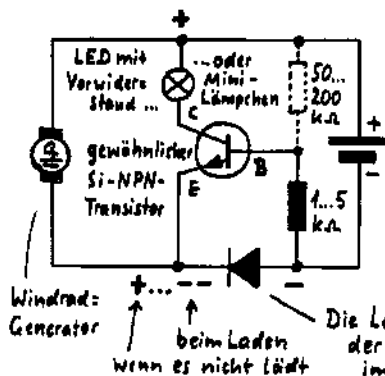
Beschlag fürs Mastlager ↗ Bremsseil-Führung. Regenschutz ohne ↗ und mit ↘ Bezug.



Elektrischer Anschluß: Einen Motoranschluß mit einem Batteriepol verbinden, den anderen Anschluß mit dem anderen Pol. Was passiert? Der Motor treibt das Windrad an! Dreht es sich so herum wie der Wind es auch dreht? Richtig gepolt. Andersherum? Batteriepole oder Motoranschlüsse vertauschen. Da das Windrad aber nun keinen Strom verbrauchen soll (es lädt erst, wenn der Wind es deutlich schneller dreht als der Batteriestrom es antreiben kann), löse das Kabel vom Batterie-Pluspol und schließe es über eine "Diode" (die 15-20 Ampère aushalten sollte, zB aus einer Schrott-Autolichtmaschine) wieder an. Sie wirkt wie eine Einbahnstraße und läßt Strom nur in Richtung des aufgedruckten Pfeiles zum Batterie-Pluspol hin durch. Also kommt Strom in die Batterie, sobald das Windrad mehr als 12 Volt erzeugt, aber bei Flaute kein Strom mehr zurück ins Windrad. (s. S. 27).



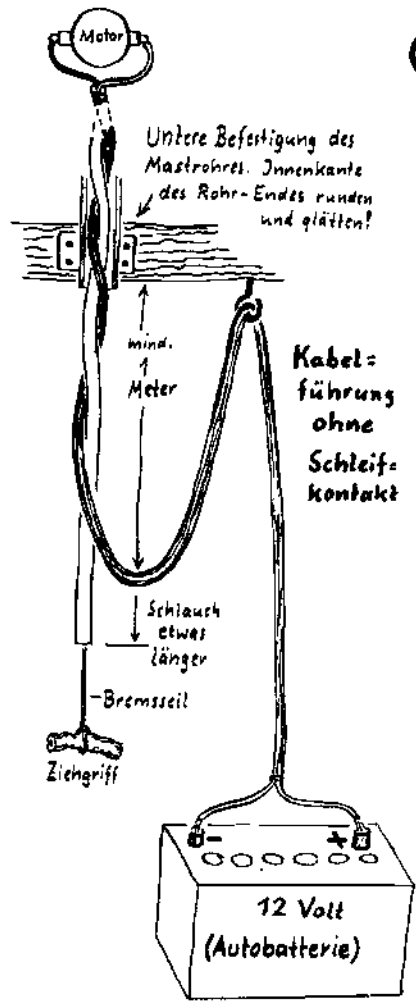
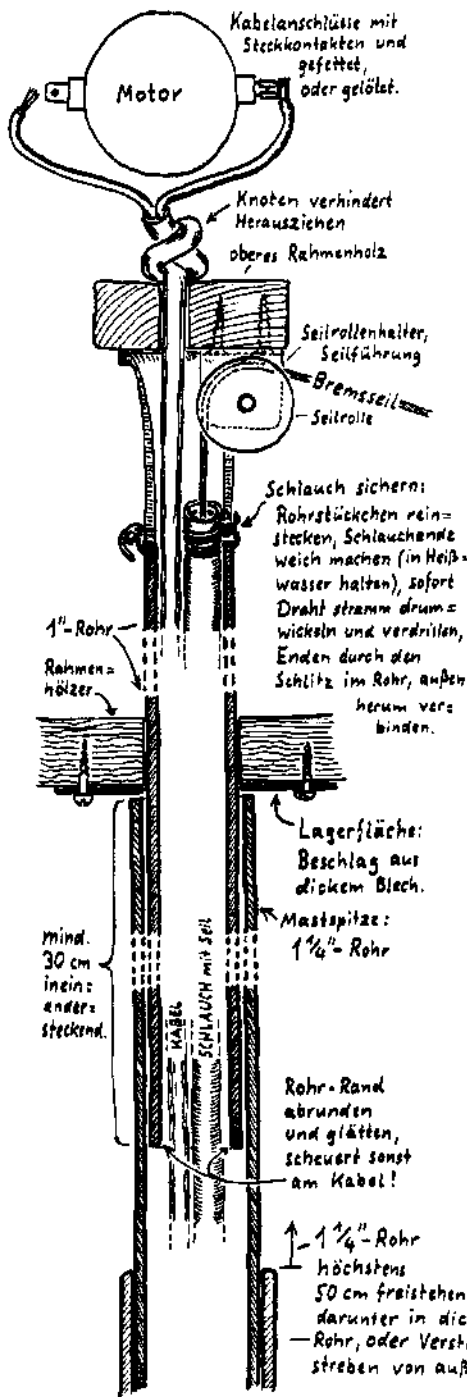
Wer will, kann eine schwache Glühlampe vor der Diode zwischen die Kabel schalten, sie leuchtet dann immer, wenn Strom vom Windrad kommt, allerdings auch schon, wenn der Strom zum Laden noch nicht ausreicht (und verbraucht auch etwas Strom, der sonst die Batterie mit laden würde). Wer gern elektrobastelt, kann sich eine Einfachst-Elektronik bauen, die immer dann eine Leuchtdiode (oder Glühlampe) einschaltet, wenn wirklich Ladestrom durch die Diode fließt:



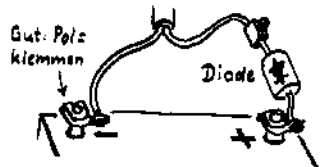
Fließt Ladestrom, ist die Spannung vor der Ladestrom-Diode (und an Transistor E) stärker Minus als an B des Transistors, also schaltet er Strom durch die LED. Fließt kein Ladestrom, ist die Spannung an E Plus bis schwächer Minus als die an B: Transistor sperrt. An Silizium-Ladestromdioden reicht der untere Widerstand. An Schottky-Dioden ist der obere Widerstand (gestrichelt) zusätzlich nötig, damit der Transistor bei Ladestrom die LED einschalten kann.

Die Ladestrom-Diode muß wegen der Schaltung mit NPN-Transistor im Minus-Kabel liegen.

Die Schaltung reagiert auf die Spannung, die an der Diode abfällt, wenn Ladestrom durchfließt: Durch normale Silizium-Dioden kommen → \$,28



Anschluß: Zur Drehrichtungsprobe direkt ranhalten, s.o.



Zum Laden Diode dazwischenschafter (vergrößert gezeichnet), der \rightarrow Pfeil muß zum Batterie-Pluspol zeigen.

Lagerung auf dem Mast, Details an Kabel und Bremsseil

Minimal-Elektrik!

0,7 - 1 Volt weniger durch als vom Windrad ankommen (so gehen hier mind. 5% der Ladeleistung verloren), durch "Schottky-Dioden" (für starke Ströme geeignete sind selten und teuer) kommen nur ca 0,2 V weniger durch, das senkt die Verluste auf unter 2%.

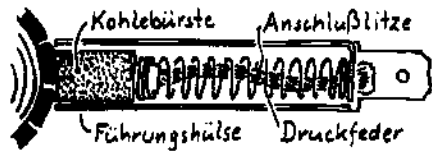
Für unbeobachteten Dauerbetrieb sind eine Sicherung an der Batterie unentbehrlich und ein Laderegler (Überladeschutz) an der Batterie sehr zu empfehlen (Selbstbau s. Windkraft-Hefte 2 und 3 und Heft "Solarstrom"). Als Batterie nimm nur Schrott-Batterien (bei Auto-Werkstätten, besonders LKW-Werkstätten, gibt es oft für Windrad-zwecke noch supergute Batterien). Wenn Du eine Batterie neu kaufst, richtest Du damit viel Umweltschaden an, denn Du hast für Dich Gift produzieren lassen, das später Giftmüll wird!

Mit dem in der Batterie gespeicherten Strom kannst Du zB lange Zeit 12-Volt-Glühbirnen leuchten lassen (am besten Halogenstrahler 10 - 20 Watt, oder gratis, aber mit weniger Lichtausbeute, kleine Auto-Glühbirnen bis zu 21-W-Blinkerbirnen aus dem Schrott), kurzzeitig kannst Du aber auch viel stärkere Geräte betreiben. Für 230-Volt-Haushaltsgeräte muß Du die 12 Volt in einem "Wandler" hochtransformieren, ein sehr teures Gerät, in dem auch Strom verlorengeht. Besser ist es daher, möglichst viele Geräte auf 12 Volt umzubauen, Massenhaft Anleitungen dazu im Heft "Solarstrom"!

Übrigens kannst Du auch andere Batterien, zB 6 oder 24 Volt, bei entsprechend niedrigerer oder höherer Drehzahl, mit dem "Waschmaschinen-Generator" laden. Er verträgt ja Spannungen bis 260 Volt.

Wir (3-Personen-Haushalt) betreiben mit dem Windrad nach diesem Bauheft und 2 alten 30-Watt-Solarmodulen unsere gesamte Stromversorgung für Haushalt und Werkstatt. Nur noch ca 40 - 70 kWh Netzstrom kaufen wir im Jahr zu (natürlich beim Ökostromanbieter). Wir gehen aber auch achtsam mit Strom um. Unnütze Stromverbraucher haben wir nicht.

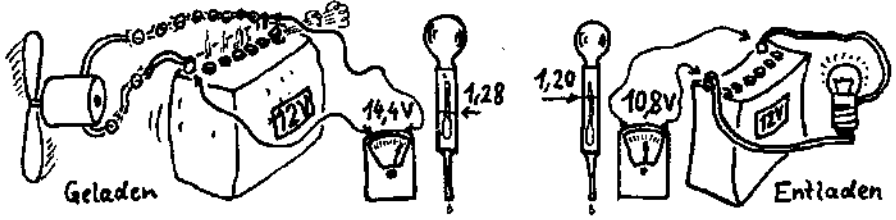
Wartung: Jährlich Mastlager fetten, Riemen kontrollieren und ggfs nachspannen, Verschraubungen kontrollieren, Holzteile einölen (mit ranzigem Speiseöl), Blechbänder zwischen den Flügelradspeichen am Rosten hindern (Farbreste), Kohlebürsten des Motors kontrollieren. Ist eine Kohlebürste fast verbraucht, ist die Kupferlitze, mit der sie am Halter angeschlossen ist, fast ganz gespannt.



Natürlich auch die Seile und Seilbefestigungen kontrollieren. Aber trotz aller möglichen Verschleißstellen am Windrad wird sicher viel eher mal die (Schrott-)Batterie endgültig kaputt sein.

Damit die Batterien noch lange halten, ist wichtig: Bleiakkus (=Auto-batterien und Ähnliches, Wirkungsgrad 70-80%) nicht zu tief entladen, nie tiefentladen stehen lassen (sonst entsteht schnell unlösliches Bleisulfat, das die Batteriekapazität stark vermindert) und möglichst mind. alle 3 Wochen ganz volladen (mit schwachem Strom lange Zeit auf 14 - 14,4 V, genau mißt's der Säureprüfer). Kurzzeitiges Überladen (14,4 V) zB bei Böen schadet kaum (wenn nötig dest. Wasser nachfüllen), bei langandauerndem Überladen zerfallen die Bleiplatten leicht!

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



*) Bei fließendem Strom messen, sonst falsch!

Ganz genau: s. Wind-Heft 3. Kurz: Bleiakku muß man nicht leer brauchen, aber stets voll laden.

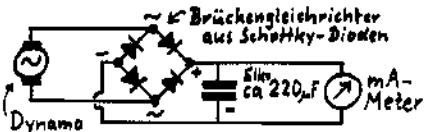
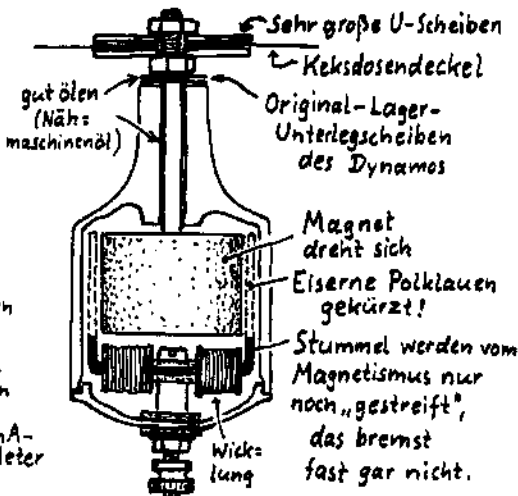
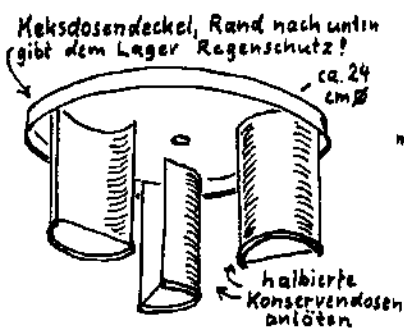
Nickel-Cadmium-Akkus haben nur 55-65% Wirkungsgrad, aber sind unempfindlich (außer auf Erwärmung: max. 40°C!) und halten sehr lange! Behandlung anders als bei Bleiakkus: 12-Volt-Akku (hat 10 Zellen) laden mit 14 - 15,5 V, entladen bis 10,0 V (aber nicht unter 9 V!) Wichtig: NiCd-Akkus muß man nicht voll laden, aber stets leer brauchen! Entladen stehen lassen oder nur teilweise aufladen schadet gar nichts, Überladen (zu lange Ladezeit oder zu hohe Spannung: zulässig sind bei offenen Akkus kurz max. 17,5 V, bei dichten Akkus nicht über 15,5 V) schadet durch Erwärmung, nur teilweise Entladen schadet sehr (löst den "Memory-Effekt" aus = der Akku ist später nicht tiefer entladbar)!

Welche Windrad-Bauart wie effektiv ist, kann ich natürlich nur wissen, weil ich ein Windmeßgerät habe. Selbstgebaut - das kannst Du auch:

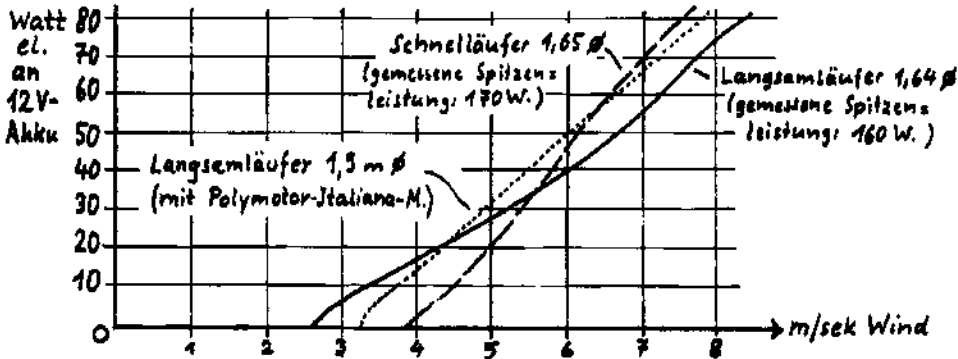
Das Flügelrad muß schon auf schwachen Wind reagieren, unabhängig von der Windrichtung (= Achse senkrecht) und möglichst gleichmäßig mit der Windgeschwindigkeit schneller werden. Üblich: ein "Schaufelrad", ich hatte alte Klospülkastenschwimmer halbiert (gibt's aus Plastik noch öfter), längs halbierte Blechdosen tun's auch, siehe Zeichnung, **S.30**.

Als Generator dient ein (alter aufschraubbarer) Fahrraddynamo, wie gezeichnet so manipuliert, daß die Magnetkraft kaum noch zu spüren ist (sonst läuft er zu schwer an). Er erzeugt dann fast keinen Strom mehr, aber zum Messen mit einem Milliampèremeter (hier 6 mA) reicht's noch: Wechselstrom vom Dynamo mit Schottky-Dioden gleichrichten, ein Elektrolytkondensator glättet die Impulse. Zum Vergleichen von Windrad-

Bauarten braucht dein Meßwerk nicht geeicht zu sein, zu jeder Windgeschwindigkeit gehört halt ein bestimmter Zeigerausschlag. Ich habe mein Gerät mit einem geeichten Windmeßgerät verglichen und mir eine Umrechnungstabelle gemacht ("...mA $\hat{=}$...m/sek Wind").



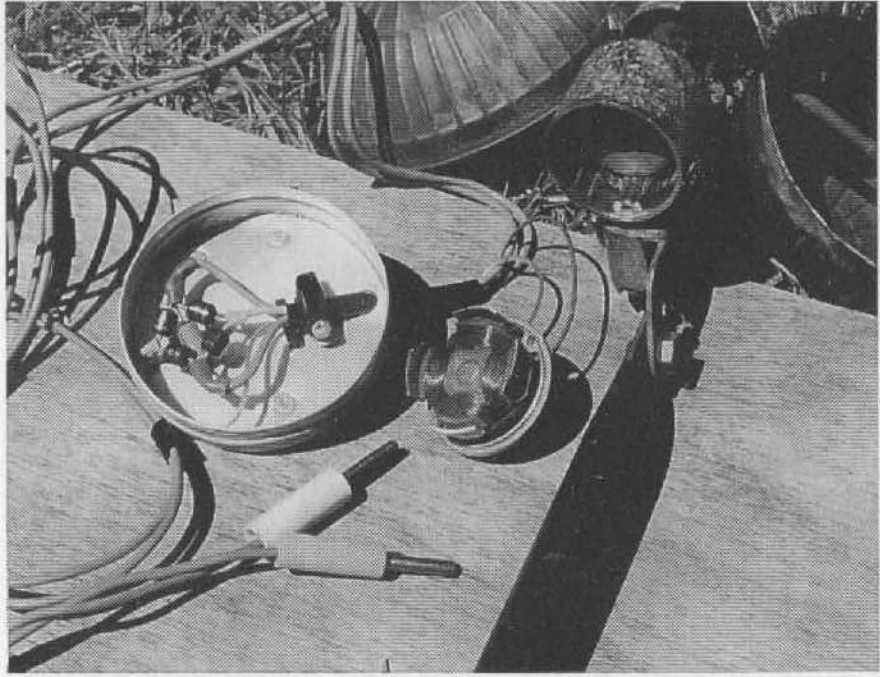
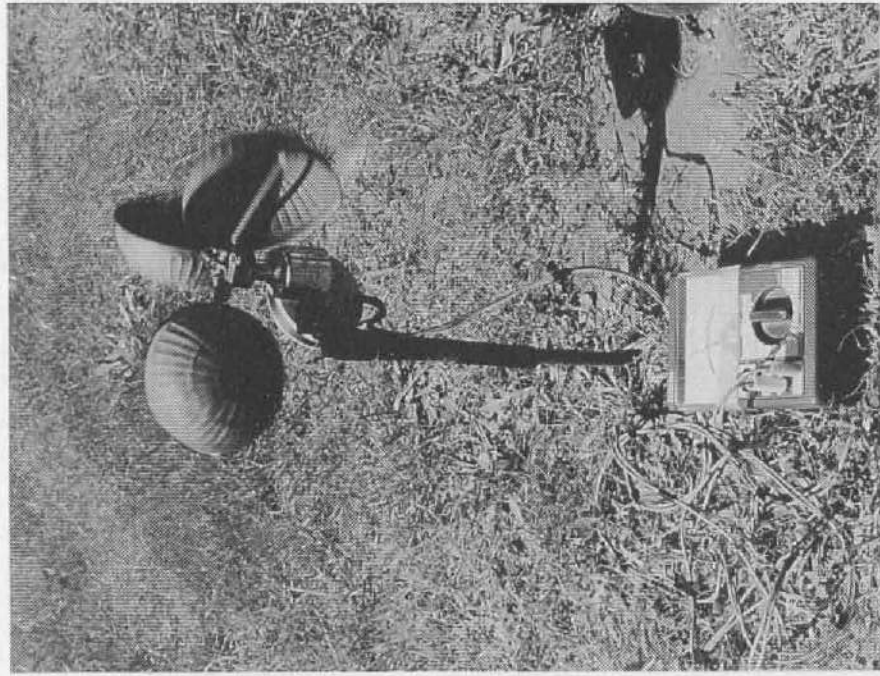
Vergleichsmessungen des Langsamläufers 1,64 m Ø mit Thomson-Motor und eines Schnellläufers nach Wind-Heft 2, 1,65 m Ø, mit optimal angepaßter umgebauter Autolichtmaschine ergaben folgendes:



Messungen an den Waschmaschinenmotoren als Generator auf meinem Prüfstand: Anlaufdrehmoment (Schwergängigkeit durch Magnete) $\ll 1$ kpcm! Leistung elektrisch an 12 Volt (W el) bei Drehzahl (U/min), dabei nötige mechanische Leistung (W mech) und Wirkungsgrad (Wirk) %:

1.: Thomson-Nevers-Mot., aus „Gorenje“-Maschine Bj. 1988:

U/min	440	600	630	750	ca 900	1200	1500
W mech.	11 W	37 W	40 W	76 W	ca 140 W	230 W	410 W
W el.	ca. 5 W	23 W	28 W	50 W	80 W	115 W	170 W
Wirk. %	ca. 45%	63%	70%	65%	ca 57%	50%	41%



Windmeßgerät komplett, Milliampèremeter angeschlossen. Details: Dynamo alter Bauart, geöffnet, die eisernen Polklauen an der Wicklung sind kurz abgeschnitten. In der Dose: Brückengleichrichter + Elko

32) 2. Polymotor - Italiana - Motor, s.u.

U/min	700	850	870	1000	ca.1150	1300	ca.1700	2000
W mech.	ca. 14W	3,5W	ca. 38W	71W	ca. 109W	155W	ca. 265W	370W
W elektr.	5W	21W	26W	52W	73W	100W	130W	155W
Wirk. %	ca. 35%	61%	ca. 69%	70%	ca. 67%	64%	ca. 49%	42%

POLYMOTOR ITALIANA S.p.A.
 D.C.-PM: MOTOR A1 M03 Class B
 22V = 7,5A 165W 700 rpm 85% duty
 260V = 2,5A 650W 15000 rpm 15% duty

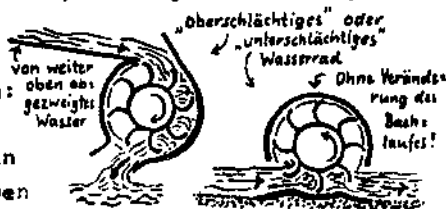
Typenschild
 des gemessenen Motors,
 aus Waschmaschine

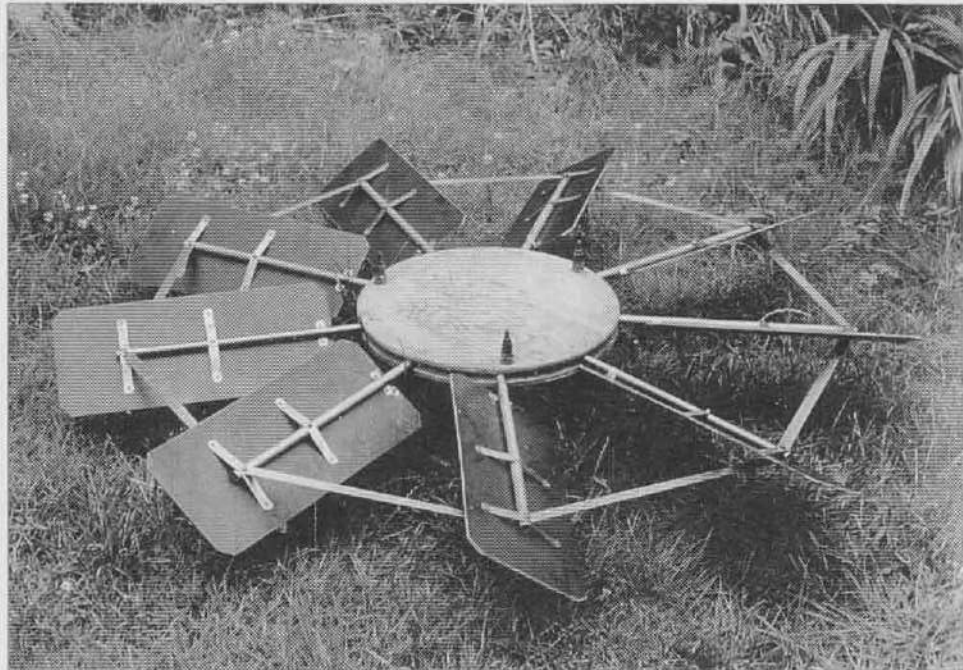
COMERIO
 MADE IN ITALY
 PHILIPS
 MOD. AWB 917/2 PH 4,5 kg
 220V ~ 50 Hz 15A 2800 W max.
 Leistung 650 W Heizung 2800 W Pumpe 90 W
 U/min 400 / 800

Von Polymotor Italiana fand ich Stärken 22V 70W, 110W und 165W, als Generator unterscheiden sich die Meßwerte aber nur wenig. Der Thomson-Nevers-Motor ist niedertouriger und hat eine größere Riemenrolle (günstig!). Beide Fabrikate haben bei kleiner Leistung hohen und bei hoher Leistung sinkenden Wirkungsgrad. Praktisch: nutzt Schwachwind ideal, bremst aber bei Sturm verstärkt gegen Überdrehzahl!

Was man noch alles mit den Waschmaschinenmotoren bauen könnte:

- Als Generator in einem Pedalkraftwerk bestens bewährt: Kinderrad-Hinterrad als Schwungrad mit Beton ausgießen, Reibradübersetzung vom Reifen auf zylindrische Reibrolle am Wama-Motor (oder Riemenübersetzung) 1:5. Anpassen durch Kettenübersetzung (1:2 - 1:3).
- Für schnellaufende Repeller paßt der mit steigender Drehzahl rapide steigende Kraftbedarf der Wama-Motore ideal, weil das Kraftangebot des Repeller ähnlich stark mit der Drehzahl steigt. Rechnerisch ermittelt (noch nicht praxiserprobt) hätte der Thomson-Motor mit einem Schnellläufer 1,25 m Ø, 7,5 nach Wind-Heft 2 im Direktantrieb (ohne Getriebe) bei 4 m/sek 6 W el und wäre ideal passend bis 12 m/sek (dann 160 W el). Der Polymotor wäre mit einem leichtgängigen Getriebe 1:2,5 und dem Repeller 1,7 m Ø nach Wind 2 ideal passend bis 10 m/sek Wind (155 W el) und könnte bei 3,7 m/sek 5 W el bringen. Bei über 10 m/sek sollte zB eine nicht veränderte Autolichtmaschine aktiv werden (Typ mit passender Ladebeginn-Drehzahl suchen), die zugleich als Repeller-Lager dient (wie in Heft 2).
- Ein Wasserrad ließe sich aus den Waschmaschinenteilen auch ideal bauen: Trommel zum Schaufelrad umbauen und wieder ins Trommelgehäuse einbauen, in das Wasser-Ein- und -Austrittsöffnungen geschnitten wurden. Auch hier steht die Praxis-Erfahrung noch aus. Hast Du einen Bach in der Nähe und Lust, es auszuprobieren?





Das Flügelrad [♂] ♀ Rahmen mit Steuerfahnen, Generator, Getriebe.

