

5,-
DM



Windkraft ? Ganz einfach !



Das Fahrraddynamo-Windrad: klein, aber pfiffig!



Das Gebläsemotorwindrad (40-60W) kann eine Bordbatterie laden

ISBN 3-924038-28-7

Inhaltsverzeichnis

Teil I : Das Fahrraddynamowindrad

Teil I : Das Fahrraddynamo - Windrad

- 2 : Gesamtzeichnung und Kurzbeschreibung
- 4 : Der Repeller
 - Repeller, nicht Propeller
 - Aerodynamik, Funktion
 - Schnellläufigkeit, Anstellwinkel, Verwindung
 - Profil, Ausführung
- 8 : Bau des Repellers
- 11 : Die Anlaufhilfe und Befestigung auf dem Dynamo
- 14 : Der Fahrraddynamo
 - Aufbau eines Dynamos
 - Prinzip der Stromerzeugung (Wechselstrom)
 - Verschiedene Dynamo-Bauformen und Eigenschaften
- 20 : Verbesserungen am Dynamo, Ankerwickeln
- 22 : Verbraucher, Dioden und Batterien für die elektrische Beschaltung des Dynamowindrades

Teil II : Das Auto - Kühler- Gebläsemotor - Windrad

- 24 : Gesamtzeichnung und Kurzbeschreibung
- 25 : Der Repeller
 - Größe, Blattzahl, Blattform
- 27 : Der Massenträgheitsmomentenausgleich
- 28 : Bau eines 2-Blatt-Repellers
 - Rechteckige Blätter
 - Trapezförmige Blätter
- 30 : Bau eines 3-Blatt-Repellers
- 33 : Anlaufhilfe für den 2-Blatt-Repeller
- 37 : Befestigung des Repellers auf der Achse
- 42 : Mastdrehlager, Kabeldurchführung
- 43 : Sturmsicherung
- 45 : Rahmen mit Sturmsicherung, Details, Explosionszeichnung
- 50 : Der Gebläsemotor als Generator
 - Prinzip der Stromerzeugung (Gleichstrom)
 - Verbesserter Aufbau in der Praxis
- 53 : Das Umwickeln für höhere Spannung
 - Berechnung, Wickelschema
 - Ausführen der Wicklung
 - Sichern der fertigen Wicklung
- 59 : Zusammenbauen der umgewickelten Maschine
- 60 : Stromverwertung, elektrische Beschaltung

Teil III : Volt und Watt, was ist denn das ?

- 62 : Elektronen, Gleichstrom, Wechselstrom
- 63 : Spannung, Stromstärke, Leistung, Arbeit, Widerstand
- 64 : Besondere Effekte: Leitungswiderstand, Entladen und Überladen der Batterie, Leerlauf des Generators

© 2. 1989 Autorengruppe Christian Kutzt

Verlag: Christian Kutzt, Dammstraße 44 Hof, D-24103 Kiel

Druck: WDA, 24235 Brodersdorf

ISBN 3 - 924038 - 28 - 7 (1.Aufl. 1985) Einzelpreis 5,- DM

Hinweis: Unsere Baupläne sind gründlich erprobt und bewährt.
Da für die sorgfältige Ausführung aber jeder selbst
verantwortlich ist, lehnen wir jede Haftung ab.

Windkraft? Ganz einfach!

①

Dieses Heft gibt die Bauanleitung für zwei kleine, besonders einfache Windräder. Die Pläne sind besonders gut für alle, die erste Erfahrungen im Windradbau sammeln wollen, ohne den hohen Material- und Arbeitsaufwand für ein größeres Windrad zu riskieren. Und: Nicht überall ist Platz für ein großes Windrad.

Anhand dieser kleinen Beispiele werden viele wichtige Bauelemente der Windkraft-Technik besonders leicht begreiflich:

- Aerodynamik und Funktion des Repellers
- Bau von 2- und 3-Blatt-Repellern aus Holz
- Sturmsicherung durch Seitenfahne
- Elektrische Grundbegriffe (Spannung, Stromstärke ...)
- Prinzip der Stromerzeugung für Gleich- und Wechselstrom
- Ankerwickeln und Aufbau verschiedener Fahrraddynamos und kleiner Gleichstrommaschinen
- elektrische Beschaltung mit Dioden, Akkus und Verbrauchern sind eingehend erklärt.

Interessante Details sind auch der Massenträgheitsmomentenausgleich beim 2-Blatt-Repeller (fehlt in fast allen erhältlichen Selbstbauplänen) und der Direktantrieb. Auch größere Windräder brauchen kein lärmendes, kräftefressendes oder teures Getriebe zu haben, siehe Windkraft-Heft 3.

Alles Material für die Windräder gibt es im Sperrmüll, es ist aber auch leicht und für wenig Geld gekauft.

Spezialwerkzeuge werden nicht gebraucht, es reicht ein Arbeitstisch, zwei Schraubzwingen, Raspel, Feile, Schleifpapier, Messer, Bohrleier, Schraubenzieher und -schlüssel. LötKolben und -zinn, Schraubstock, Hammer, Zange und ein Hobel können auch nützlich sein.

Am Ende kommen keine Spielzeuge heraus, sondern Windräder, die funktionieren.

Das Fahrraddynamo-Windrad (S.2-23) begeistert "Anfänger" immer wieder, z.B. im Schul-Werkunterricht.

Das Gebläsemotorwindrad (S.24-60) erzeugt nennenswert Strom, es lädt Autobatterien für Strom in Gartenlaube oder Haus. In besonders stabiler Ausführung aus seewassergeschützten Materialien gebaut hat es die richtige Größe für ein Boots-Windrad.

Das Fahrraddynamo - Windrad

Nebenstehende Zeichnung zeigt alle Teile.

- 1 : Repeller aus einer 50 cm langen Leiste
- 2 : Anlaufhilfe aus Blech
- 3 : Fahrraddynamo
- 4 : Steuerfahne aus einer Leiste, mit
- 5 : Schlauchschellen o.ä. am Dynamo befestigt
- 6 : Mastdrehlager, aus der Dynamo-Halterung gemacht durch Entfernen von Feder und Anschlagstift
- 7 : Mast aus Latten o.ä., möglichst hoch
- 8 : Stromkabel vom Dynamoanschluß zum Verbraucher
- 9 : Stromkabel vom Dynamogehäuse zum Verbraucher
- 10 : Schalter für einen
- 11 : direkt angeschlossenen Verbraucher, zB. Glühbirne
- 12 : Brückengleichrichter, macht aus dem Wechselstrom vom Dynamo Gleichstrom zum Batterieladen usw.
- 13 : Pluspol-Kabel
- 14 : Minuspol-Kabel
- 15 : 4 - 5 wiederaufladbare Batteriezellen hintereinander geschaltet
- 16 : Am Batteriestromkreis angeschlossener Verbraucher
- 17 : Am Batteriestromkreis angeschlossener Verbraucher nur für Gleichstrom, zB Transistorradio.

Die Leistung dieses Windrad-Winzlings ist wegen der speziellen Eigenschaften der Fahrraddynamos auf bescheidene 3 W begrenzt, erreicht diese aber schon bei ca. 5 bis 6 m/sec Windgeschwindigkeit, das ist Windstärke 3 oder der Fahrtwind, wenn man bei Windstille flott Fahrrad fährt. Die Stromausbeute reicht auch nur für wiederaufladbare Batterien zur Stromversorgung eines Transistorradios oder -Recorders und für ein kleines Notlämpchen.

Wichtiger ist die Einfachheit des Windrades: Nur der Repeller muß aus einer Holzleiste gefeilt werden, alle anderen Teile sind fertig vorhanden (Fahrraddynamo) oder ganz einfach zu basteln (Steuerfahne, Mast). Das ist ideal für alle, die noch sehr wenig Bastelerfahrung haben und trotzdem schon etwas funktionsfähiges bauen wollen. Auf einem Zeltlager oder im Schul-Werkunterricht weckt es immer wieder große Begeisterung, solche Windrädchen zu basteln, und nachher, die fertigen Windräder in den Fahrtwind haltend, mit Fahrrädern um die Wette zu flitzen, auf daß die Glühbirnen schön hell funzeln mögen...

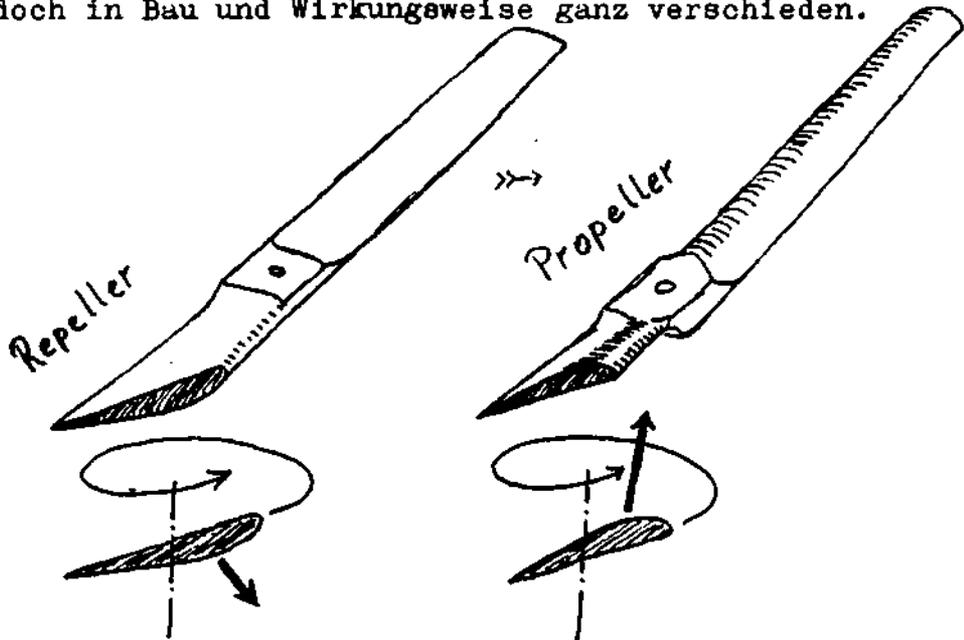
Wichtige Teile unseres Windrades:

Der Repeller:

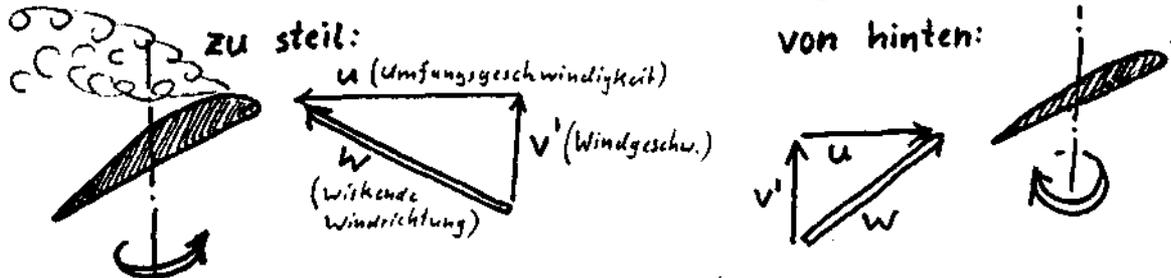
Zum Antrieb des Generators dient ein Repeller. Der läßt sich aus einer Holzleiste einfach bauen und läuft dank des aerodynamischen Profils so schnell und leistungsstark, daß wir kein Getriebe brauchen, sondern ihn direkt auf den Generator setzen können. Würden wir ein Windrad mit vielen Flügeln oder Segeln bauen, bekämen wir ein schwerfälliges Monstrum und müßten noch ein rasselndes oder kräftefressendes Getriebe dazubauen, um die für den Generator nötige Drehzahl zu erreichen.

Warum heißt es Repeller, und nicht Propeller ?

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



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

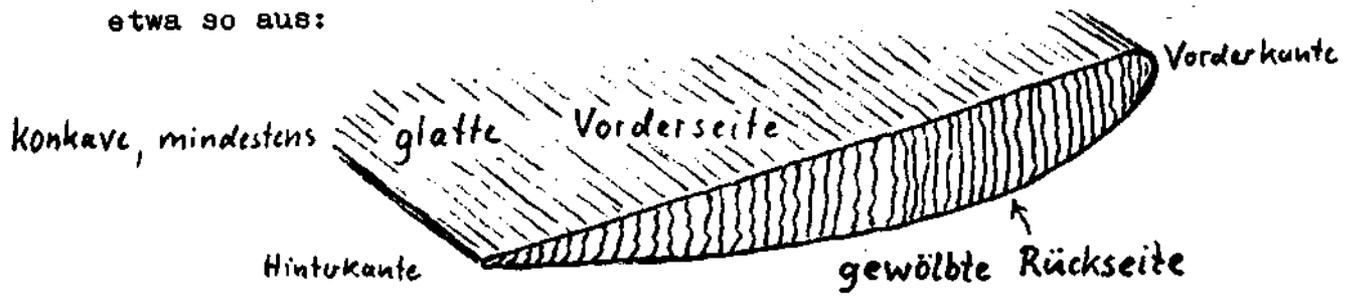


zu steil, oder aber von hinten, wobei dann das Profil wirkungslos ist und praktisch keine Auftriebskraft liefert.

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

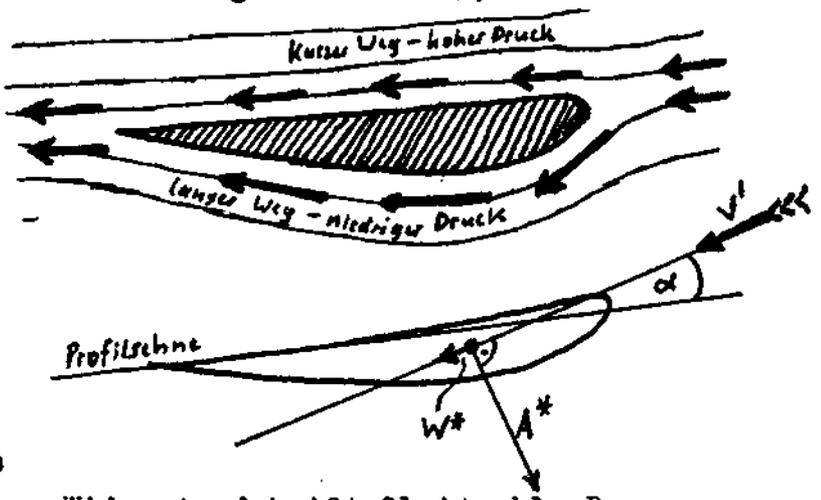
Wie funktioniert der Repeller ?

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



Wind und der Fahrtwind des sich drehenden Repellers setzen sich zur wahren Anströmrichtung und -Geschwindigkeit v zusammen. Im Flügelement selbst gilt die Geschwindigkeit v' als Mittel der Geschwindigkeiten vor und nach dem Rotorabschnitt. Zusammen. Im Flügelement selbst gilt die Geschwindigkeit v' . Wird das Profil von vorn angeströmt (Anströmwinkel α), muß die Luft an der Rückseite viel schneller vorbei als an der Vorderseite. Hohe Geschwindigkeit bedeutet jedoch niedriger Druck, denn nach Bernoulli ist die Summe aus statischem Druck und Staudruck (der mit der Geschwindigkeit wächst), konstant.

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



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

Merke: 10% mehr Wind gibt 33% mehr Leistung.

Daher ist es besser, das kleine Windrad an einen günstigen Standort zu stellen (hoher Mast), als das Windrad zu vergrößern, aber am schlechten Standort stehen zu lassen.

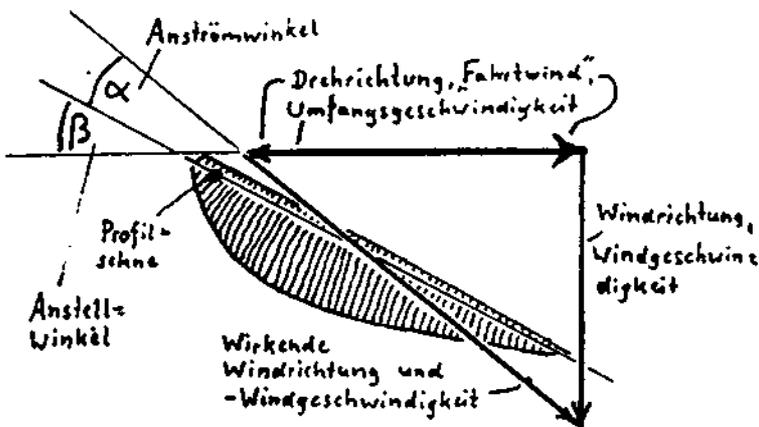
⑥

Schnellläufigkeit eines Repellers:

Ein langsam laufender Repeller hat einen anderen Anstellwinkel (β) als ein schnell laufender. Der "Fahrwind" ist beim langsam laufenden geringer als beim schnell laufenden, die Windgeschwindigkeit aber gleich, daher ist die wirksame Windrichtung unterschiedlich: der langsam laufende Repeller wird steiler angeströmt (α) und muß daher auch steiler angestellt werden (β) als der schnellaufende Repeller.

Auch das Profil unterscheidet sich: Das Blatt eines langsam laufenden Repellers wird breiter und dicker (bauchiger) sein als das eines schnellaufenden. Oder statt weniger breiter sind mehrere schmale Blätter vorhanden.

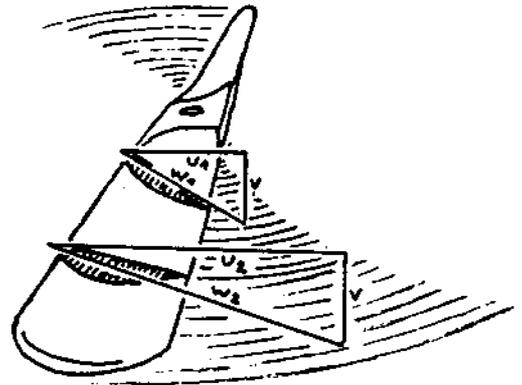
Im Betrieb bringen beide die gleiche Leistung: der langsam laufende Repeller niedrige Drehzahl, aber hohes Drehmoment ("Drehkraft"), der schnellaufende hohe Drehzahl, dafür aber niedriges Drehmoment.



Langsamlaufender Repeller.



Schnelllaufender Repeller.



Verwindung des Repellerblattes:

Anströmwinkel in Nabennähe viel steiler als an der Blattspitze.
Daher verschiedene Anstellwinkel.

Verwindung des Repellerblattes:

Eigentlich hat das Blatt jedes Repellers langsamer- und schnellerlaufende Bereiche: ein Punkt des Repellers nahe der Nabe legt bei einer Umdrehung einen viel kürzeren Weg zurück als die Blattspitze. Daher müßte das Repellerblatt in Nabennähe viel steiler angestellt werden als an der Spitze, damit das Profil überall im günstigsten Anströmwinkel angeblasen wird.

Das Profil:

Es gibt Profilkataloge mit auf Höchstleistungen "gezüchteten" aerodynamischen Profilen, wie die Flugzeugbauer sie benutzten. Jedoch ist die ganze Mühe, ein solches Profil nachzubauen, vergebens, schon wenn wir einen kleinen Fehler dabei machen. Daher wählen wir ein sehr vereinfachtes Profil, das für Unge- nauigkeiten wenig empfindlich ist. Die glatte Oberfläche ist hier wichtiger als die exakte Profilform.

Ausführung des Repellerblattes:

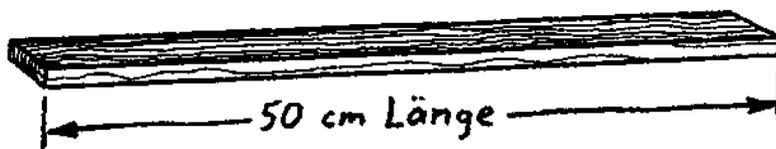
Die einfachste Ausführung hat auf der gesamten Blattlänge die gleiche Breite, gleiches Profil und gleichen Anstellwinkel. Damit lassen wir die letzten beiden Punkte völlig unberück- sichtigt, aber die Erfahrung zeigt, daß sich ein solcher Repeller im böigen Wind sogar besser verhält als ein mit unendlicher Mühe exakt ausgetüftelter. Denn letzterer ist nur bei gleichmäßigem Wind gut. Wir haben unser kleines Windrädchen aber immer im böigen Wind, denn erst in -zig Metern Höhe kommen wir aus dem von Häusern, Bäumen und Hügeln verwirbelten Wind heraus. Wenn der Wind plötzlich stärker oder schwächer wird, strömt er ein exakt profiliertes Blatt auf einmal auf ganzer Länge falsch an, wodurch der Repeller fast stehenbleiben, fürchterlichen Krach machen oder ähnliche Ärgernisse verursachen kann. Das einfache Repellerblatt wird immer nur in einem Teilbereich richtig angeströmt. In einem Moment gleichmäßigen Windes pen- delt sich die Drehzahl so ein, daß das Drittel mit der Blatt- spitze richtig angeströmt wird, die hier entstehende Kraft überwiegt, sie sitzt am längeren Hebel und bringt den größten Beitrag zur Leistung. Bei plötzlich auffrischendem Wind werden die Blattspitzen günstiger angeströmt, bei plötzlich nachlas- sendem die nabennahen Bereiche. Das primitive Profil unseres Repellers bringt zwar nicht so viel Leistung wie ein genau ausgetüfteltes unter günstigsten Bedingungen, ist dafür aber unempfindlicher gegenüber der Anströmrichtung, so daß es auch unter ungünstigen Bedingungen (Böen, Turbulenzen) noch arbeitet, während das exakte Profil längst völlig falsch angeströmt würde. So bringt der einfache Repeller am Ende nicht weniger als der aerodynamisch exakte und ist viel leichter zu bauen.

Bau des Repellers

Nimm eine Leiste aus möglichst gleichmäßig gewachsenem Holz, also ohne Äste und mit beinahe parallel zu den Schnittkanten verlaufender Maserung (Ansicht-Bild). Ideal ist eine Leiste mit fast senkrecht durch den Querschnitt laufender Maserung (Querschnitt-Bild linke Seite). Verläuft die Maserung schräg (rechte Seite), könnte sich das Holz leichter verwerfen.

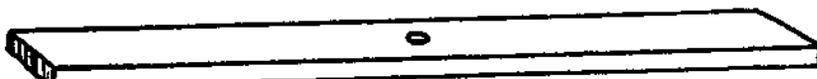
Leisten mit waagrecht durch den Querschnitt laufender Maserung sind ungeeignet, sie können sich sehr stark werfen. Ebenfalls ungeeignet ist eine Leiste, die teilweise Kernholz (dunkler, härter, schwerer) und teilweise Splintholz (heller, weicher, leichter) enthält, ein Repeller hieraus wird kaum jemals ins Gleichgewicht zu bringen sein.

Für so kleine Repeller sind feinporige, härtere Hölzer am besten, weil sie sich entsprechend fein bearbeiten lassen, zB. Ahorn, Birke, viele Obstbäume. Diese sind schwer aufzutreiben, das übliche Rotbuchenholz, zB. schön abgelagert aus Sperrmüll-Möbeln, tut es auch. Es ist nur spröder und wirft sich leichter. Besonders zäh, stabil und wetterfest ist Eschenholz, jedoch grobfaseriger. Ebenfalls recht beständig und nicht so schwer (wichtig bei größeren Repellern) ist Kiefernholz, doch hat es ausgeprägte Jahresringe, die die Arbeit bei so kleinen Repellern wie diesem erschweren können. Wenn der Repeller nicht höchsten Ansprüchen genügen muß, sind selbst billige, nicht zu weiche Importhölzer geeignet.



4 x 1 cm Querschnitt.

Die Leiste soll 50 cm lang sein und 4 x 1 cm Querschnitt haben.

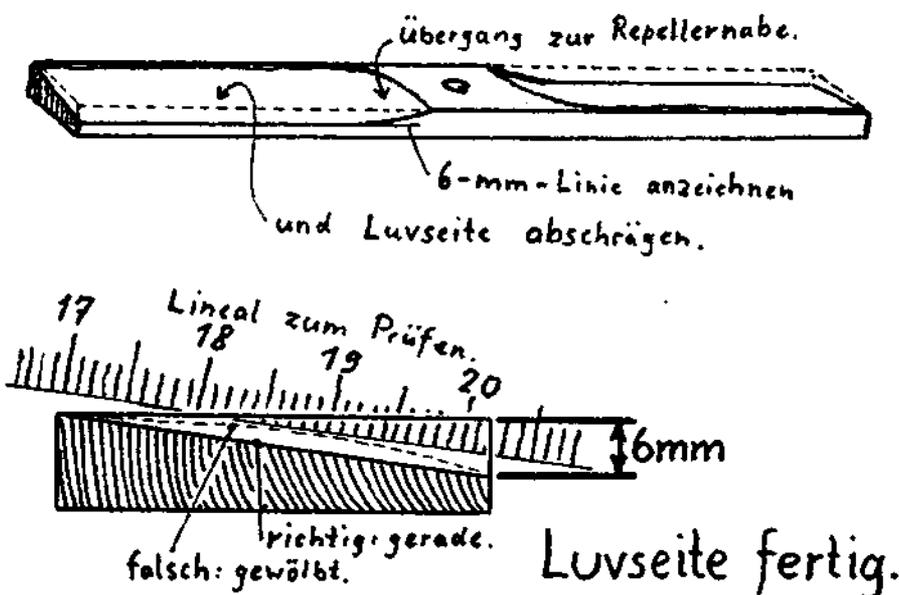


Mittelpunkt anzeichnen, kleines Loch bohren

Markiere den Mittelpunkt, bohre dort ein Loch passend für einen kleinen Nagel (zB 2 mm Ø), so daß der sich leicht im Loch drehen läßt. Prüfe, ob die Leiste im Gleichgewicht ist, indem Du sie auf dem Nagel drehst und auspendeln läßt. Wenn sich jetzt eine Seite deutlich schwerer erweist, stimmt entweder der Mittelpunkt nicht oder Du hast ungeeignetes Holz (halb Kern-, halb Splintholz) und nimmst lieber ein besseres Stück.

Nun schnitze, raspele oder feile die Luvseite der Blätter. Achte darauf, daß der Repeller nachher rechtsherum laufen soll, damit er sich nicht vom Dynamo abschrauben kann. Auf der Zeichnung ist die Abschrägung richtigherum dargestellt. Zeichne zuerst eine Linie 6 mm von der ursprünglichen Kante der Leiste entfernt an, spanne die Leiste mit zwei kleinen Schraubzwingen so auf die Tischkante, daß sie überall gut aufliegt und raspele dann die Schrägen. Sie sollen zur Nabe hin langsam auslaufen, damit es einen Übergang zur Nabe gibt, und nicht plötzlich aufhören, denn die entstehende Stufe wäre eine eingebaute Bruchstelle.

Die Blätter sollen nach dem Bearbeiten diesen Querschnitt haben. Die Luvseite muß wirklich eben werden, keinesfalls gewölbt, mit einem Lineal läßt sich das leicht prüfen.

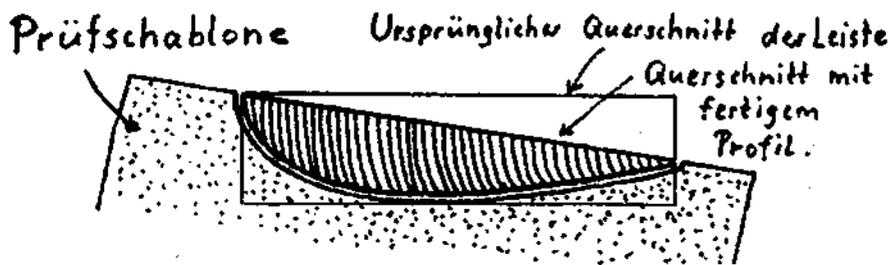


Die 6 mm für die Schräge sind ein Richtwert. Sie bestimmen den Anstellwinkel und damit die Schnellläufigkeit des Repellers. Für leichtgängige Dynamos sind auch 5 mm gut - flacherer Anstellwinkel, höhere Drehzahl, schon bei schwächerem Wind hohe Spannung. Ist der Dynamo trotz Ölens schwergängig, sind 7 mm besser - höhere Anlaufkraft. Bei vielen heutigen Dynamos mit kräftefressender Spannungsbegrenzung (s. Erklärung dort) ist ein Repeller mit 7 mm - Schräge besser.

Hast Du die Luvseite fertig, kontrolliere, ob der Repeller noch im Gleichgewicht ist. Wenn nicht, hast Du ungenau gearbeitet, feile das eventuell zu viel stehengelassene Holz weg.

Nun bearbeite die Lee - Seite. Sie soll das hier abgebildete Profil erhalten und auch zur Nabe hin auslaufen.

10



Das Profil 1:1 zum Abpausen.



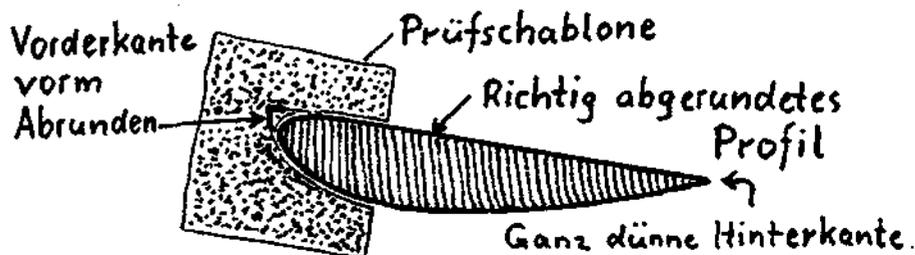
Übergang zur Repellerkante, Leeseite.

Zum Prüfen des Profils kannst Du Dir eine Schablone aus Pappe oder Konservendosenblech ausschneiden. Achtung, auf der Zeichnung gilt das Profil vom Repellerquerschnitt, nicht das der (der Anschaulichkeit halber zu groß gezeichneten) Schablone. Kontrolliere und korrigiere auch wieder das Gleichgewicht. Dann runde die Blattenden ab, wie in der Zeichnung zu sehen.

Nun bearbeite die Vorderkante der Blätter fertig, die "Profilnase". Dies muß sehr genau geschehen, denn Fehler, in diesem Bereich mindern die Leistung sehr. Du kannst Dir wieder nach der Zeichnung eine Schablone ausschneiden, und arbeite lieber mit Geduld und Schmirgelpapier als zu hastig mit der Raspel.



Abrunden der Blatt-Enden.

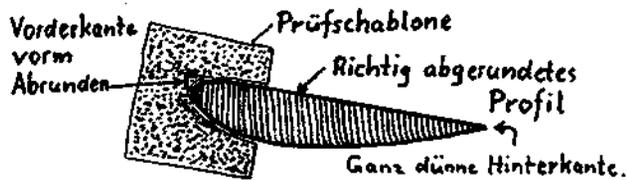


"Profilnase" 1:1 zum Abpausen

Die Hinterkante des Blattes muß noch so dünn werden, wie es bei dem verwendeten Holz eben geht, am liebsten messerdünn. Eine breite Hinterkante mindert die Leistung ganz deutlich.

Kontrolliere wieder das Gleichgewicht und schmirgele den Repeller mit feinem Sandpapier schön glatt. Auch das ist entscheidend für die Leistung.

Wenn er lange halten soll, imprägniere ihn mit Leinölfirnis und lackiere ihn zweimal dünn (!) mit Bootslack. Als Werkzeug nimm einen flachen, weichen Haarpinsel, mit Borstenpinseln wird die Lackierung nicht glatt genug und das Schmirgeln war vergebens. Sollte die Lackierung das Gleichgewicht durcheinanderbringen, hilft ein dritter Anstrich am zu leichten Ende.



„Profilnase“ 1:1 zum Abpausen

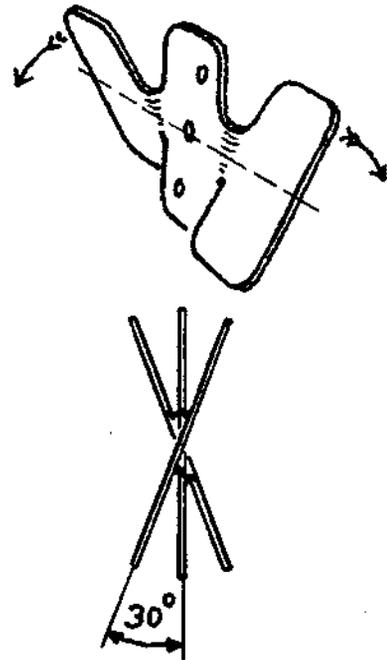
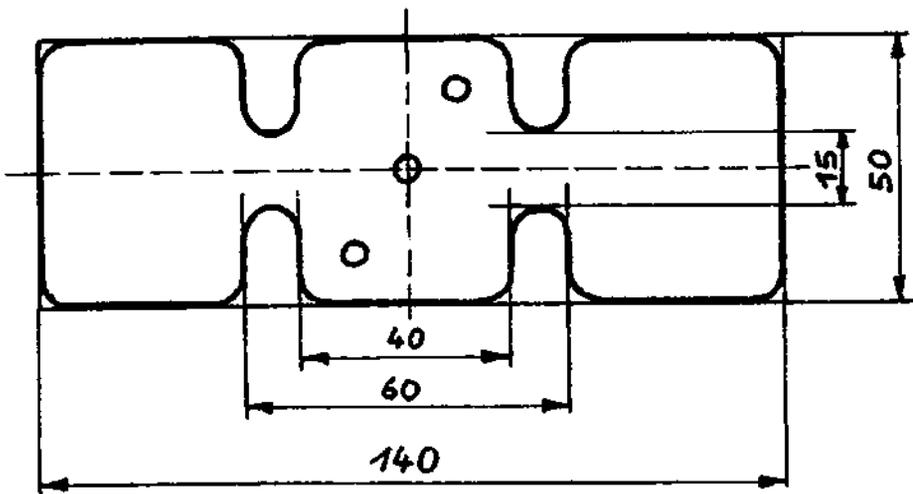


Das Profil 1:1 zum Abpausen.

Die Anlaufhilfe

Weil beim Fahrraddynamo der Magnet die gleiche Polzahl hat wie der Eisenkern der Spule (siehe Erklärung des Dynamos), dreht er sich ruckweise. Dieser "Einrasteffekt" erschwert den Anlauf des Repellers sehr. Der Repeller muß aber, um die beim Betrieb nötige Drehzahl zu erreichen, so flach angestellt sein, daß er kaum Anlaufkraft bringt.

Und hier die Maße der Anlaufhilfe:



Anlaufhilfe: Aus 1 mm dickem Blech ausschneiden und so verdrehen » → Winkel ca. 30°

Auch die Anlaufhilfe muß genau ausbalanciert sein. Die Bohrung in der Mitte ist wieder passend für den Nagel. Die Bohrungen rechts oben und links unten bekommen 4 mm Ø. Nun wird die fertige Anlaufhilfe auf den Repeller gelegt, mit dem Nagel zentriert, und durch die 4 mm -Bohrungen hindurch der Repeller auch mit Löchern versehen. Später dienen zwei Schrauben M 4 mit Gegenmutter dazu, Repeller und Anlaufhilfe zu verbinden. Auf diese Weise kommen beide Teile garantiert zentrisch aufeinander.

Befestigung von Anlaufhilfe und Repeller auf dem Dynamo:

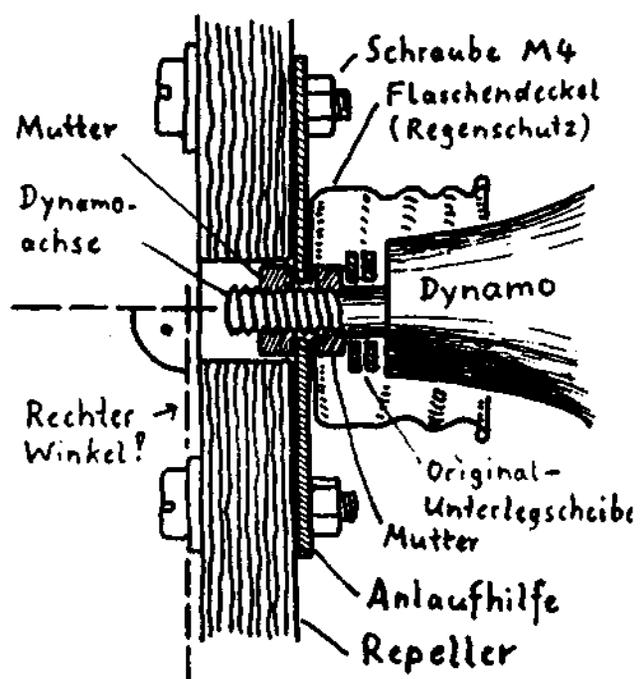
Zuerst muß das Reibrädchen runter vom Dynamo. Dazu halte es mit einer Wasserpumpenzange fest und drehe die Mutter mit einem Schlüssel los. Bei den meisten Dynamos ist es Rechtsgewinde. Danach läßt sich auch das Reibrädchen abschrauben. Nutze jetzt die Gelegenheit, die Dynamoachse noch einmal kräftig zu ölen.

Um den Repeller zu befestigen, müssen jetzt zwei Muttern auf die Achse, zwischen denen er eingeklemmt wird. Doch dafür ist die Achse zu kurz...

Macht nichts! Befestige nur die Anlaufhilfe zwischen den beiden Muttern (Mittelpunktsloch dafür auf Achs-Ø bohren, meist 5 mm). Das Loch im Repeller bohre aber so groß, daß es stramm über die Mutter paßt (8-9 mm Ø) und schraube nun den Repeller an die Anlaufhilfe.

Zum Schluß prüfe, ob der Repeller wirklich genau rechtwinklig auf der Achse sitzt. Sonst gibt es eine "dynamische Unwucht", d.h. die Fliehkraft will den Repeller stets rechtwinklig zur Achse zerren, die Vibrationen sind lästig und haben schon manches größere Windrad zu Bruch gehen lassen. Notfalls biege ein wenig an dem Mittelteil der Anlaufhilfe, damit er winklig sitzt.

Noch ein Trick: Schütze das Dynamo-Achslager vor Regen mit dem Blechdeckel einer Sprudelflasche, den Du gleich mit auf die Achse schraubst!



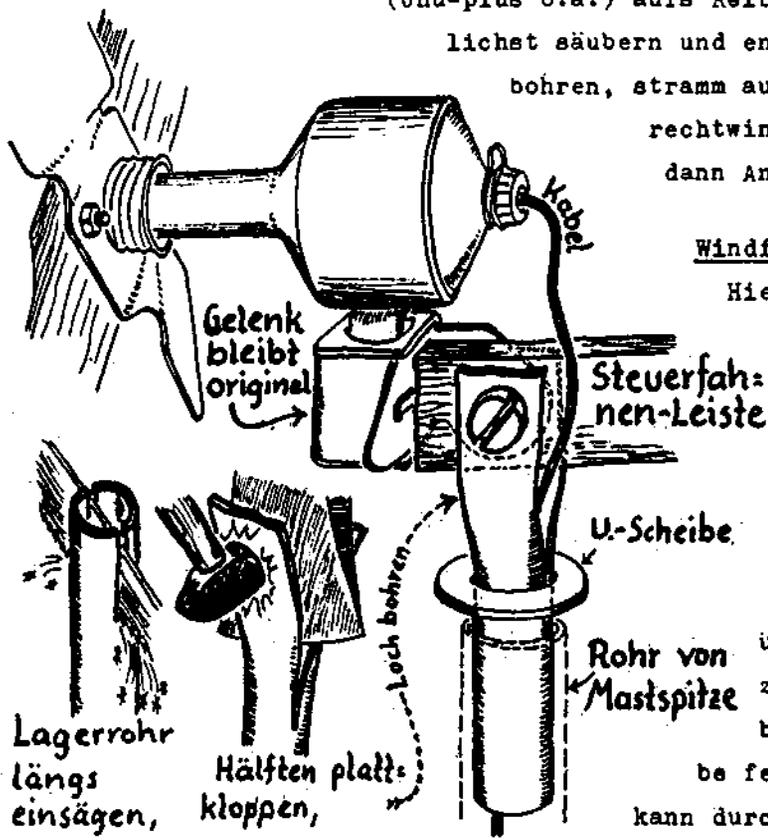
Befestigung des Repellers auf der Dynamoachse.

Hat die Dynamoachse Linksgewinde oder ein nicht abschraubbares Reibrädchen?

Nicht verzweifeln, Du kannst den Repeller mit Epoxidharz-Zweikomponentenkleber (Uhu-plus o.ä.) aufs Reibrädchen kleben. Rädchen gründlichst säubern und entfetten. Großes Loch in Repeller bohren, stramm aufs Rädchen passend. Kleben, rechtwinklig ausrichten, härten lassen, dann Anlaufhilfe anschrauben.

Windfahne und Mastdrehlager siehe Bild S.3.

Hier eine Version für neuere Dynamos, deren Klappgelenk nicht zum Mastdrehlager umbaubar ist (Achse aus gebogenem Blech statt Rundstahl): Suche zwei ungefähr ineinanderpassende Stücke dünnes Rohr (Gartenstuhl, Fahrrad-Hinterrahmen oä.), das weitere wird die Mastspitze, das dünnere wird eingesägt, aufgespreizt, über die Dynamo-Befestigungslasche und zugleich die Steuerfahnen-Leiste geschoben. Zusammendrücken, Loch durch, Schraube fest anziehen, prima! Extravorteil: Kabel kann durchs Rohr laufen! Passende Unterlegscheibe aufs dünne Rohr, sonst klemmt die aufgespreizte Stelle im anderen Rohr fest.

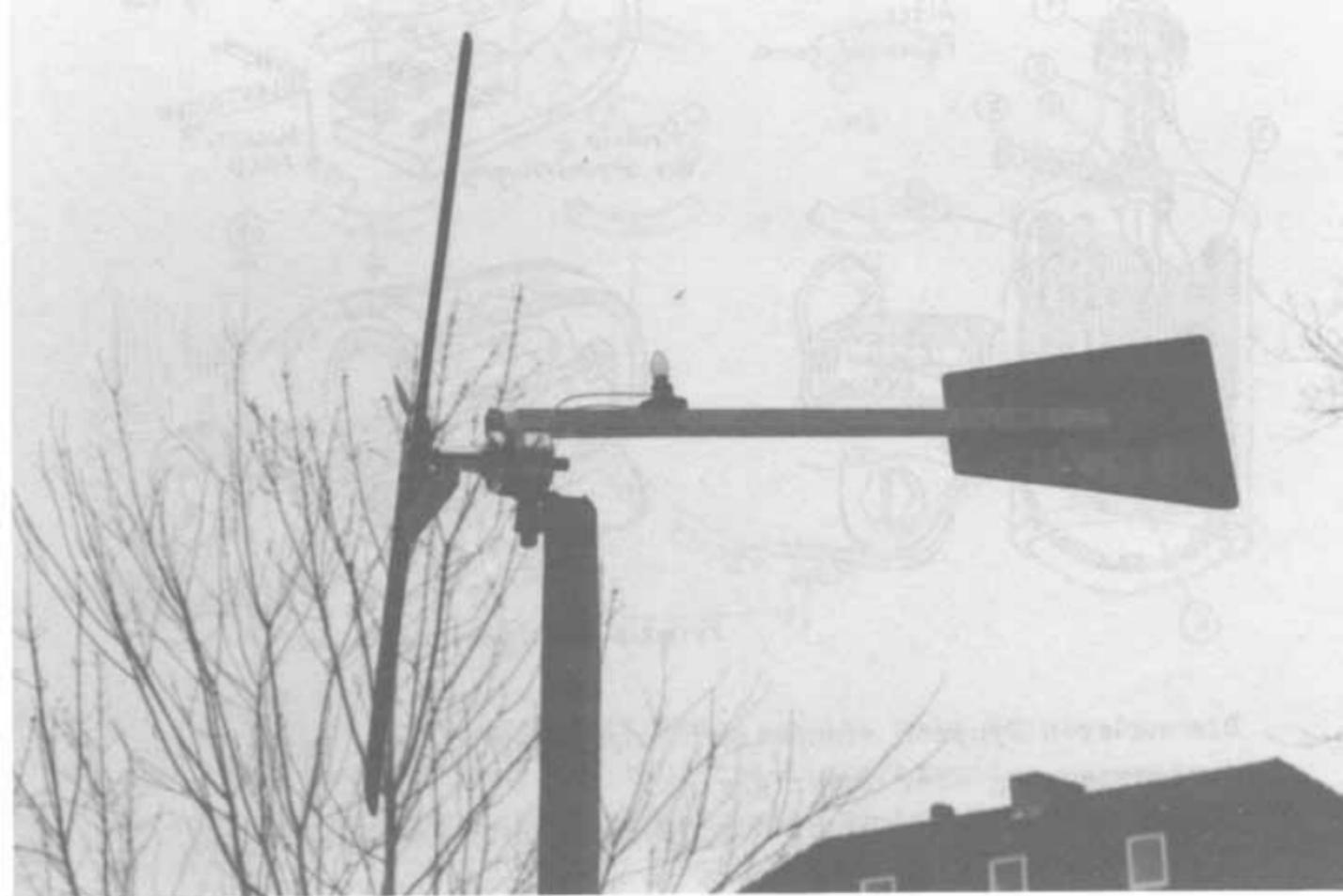


Mastdrehlager und Befestigung.

Eine Sturmsicherung ist bei so einem kleinen Windrad nicht nötig.



Repeller und Anlaufhilfe



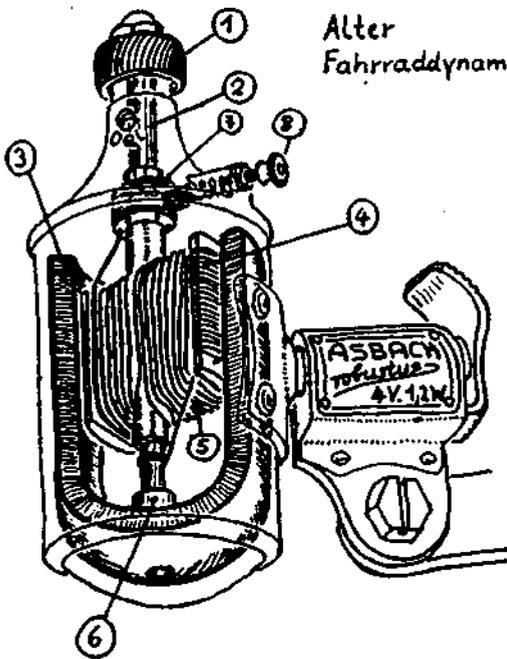
Ansicht des ganzen Dynamowindrades

Der Dynamo

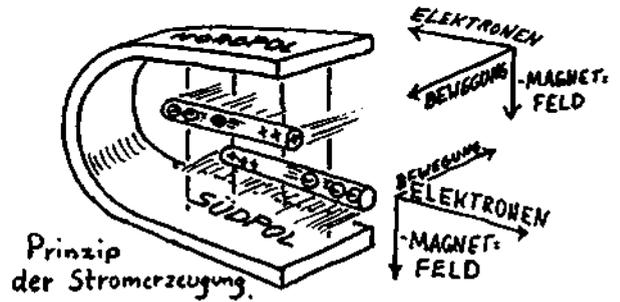
Fahrraddynamos enthalten einen Dauermagneten und eine Spule aus lackiertem Kupferdraht, die auf einen Eisenkern gewickelt ist. Die uralten Fahrraddynamos waren im Aufbau noch so, daß man sofort verstand, wie er funktioniert:

Auf der Zeichnung bedeutet

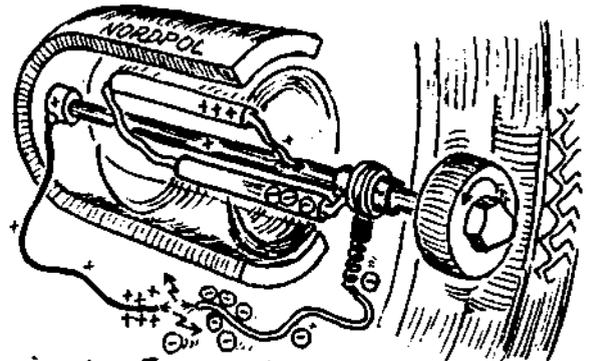
- 1 : Das Reibrad, ist auf die
- 2 : Achse geschraubt.
- 3 : Dauermagnet, früher sehr schwer und ziemlich schwach..
- 4 : Eisenkern aus vielen dünnen Blechen, steckt auf der Achse.
- 5 : Kupferlackdrahtwicklung. Ein Ende des Drahtes ist an die Achse gelötet und hat über das
- 6 : Gleitlager Kontakt zum Gehäuse. Das andere Ende ist an den auf einer Isolierung sitzenden
- 7 : Schleifring gelötet. Darauf schleift ein Kohlestift als Stromabnehmer und stellt den Kontakt zum
- 8 : Kabelanschluß her.



Alter
Fahrraddynamo.



Prinzip
der Stromerzeugung.



Prinzip des Fahrraddynamos.

Die neueren Dynamos erscheinen komplizierter, das Prinzip der Stromerzeugung aber immer gleich.

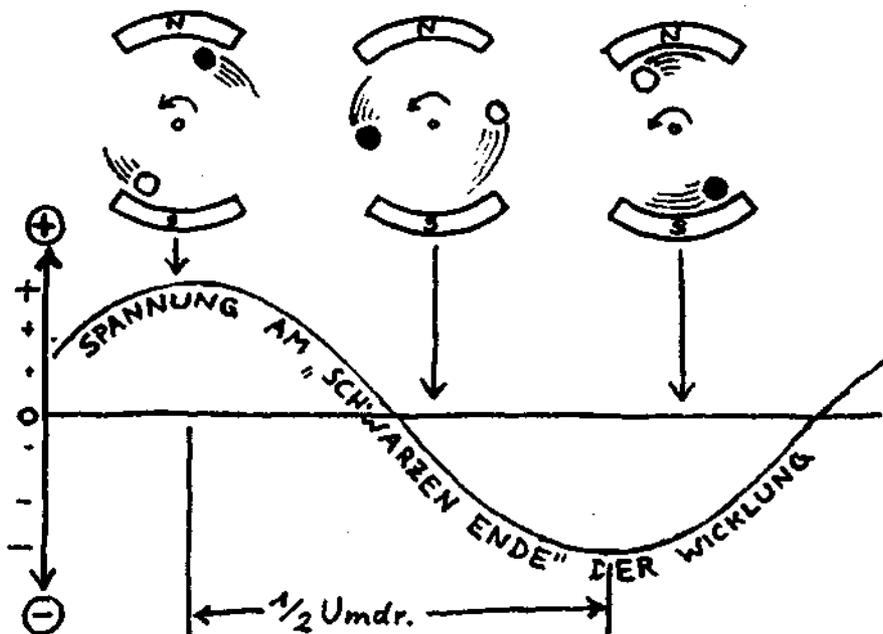
Wenn Du ein Stück Draht durch ein Magnetfeld bewegst, so werden die Elektronen im Draht in eine Richtung gescheucht. Es entsteht eine elektrische Spannung zwischen den Drahtenden.

Elektronen sind elektrisch geladene Teilchen, die man sich als Modell vorstellt, um die Elektrizität zu erklären. Elektrische Spannung herrscht immer dann, wenn an einem Ende des Stromleiters Elektronenüberschuß ist (verrückterweise "Minuspole" genannt) und am anderen Ende Elektronenmangel (Pluspol).

Je nachdem, in welche Richtung der Draht bewegt wird (oder das Magnetfeld verläuft), ändert sich auch die Richtung, in der die Elektronen geschleudert werden. Wenn wir zwei Drähte in entgegengesetzter Richtung bewegen, entstehen in ihnen entgegengesetzte Spannungen. Wenn wir die Drähte richtig miteinander verbinden, addieren sich die Spannungen.

Statt die Drähte hin- und herzubewegen, können wir sie an einer Achse befestigen und diese drehen. Um die Spannung von den Drahtenden abzuleiten, können wir Schleifringe nehmen wie beim uralten Fahrraddynamo.

Beim Drehen wird jeder Draht einmal von links nach rechts und bei der nächsten halben Umdrehung von rechts nach links durchs Magnetfeld bewegt. Daher ändert sich mit jeder halben Umdrehung die Polung der Spannung an den Drahtenden. Wir bekommen also aus dem Fahrraddynamo eine Wechselspannung.



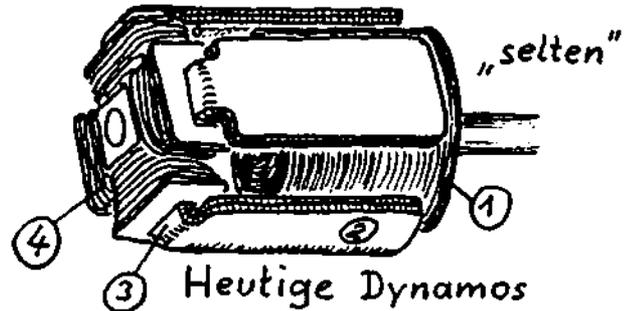
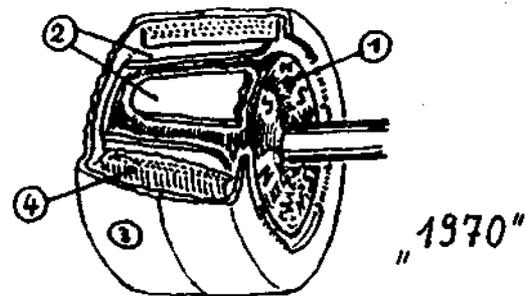
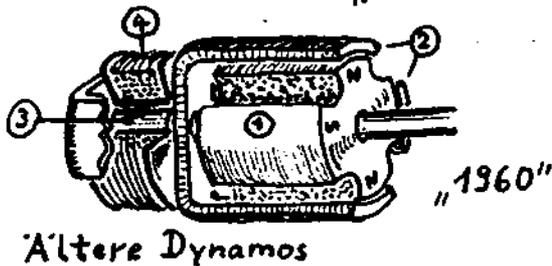
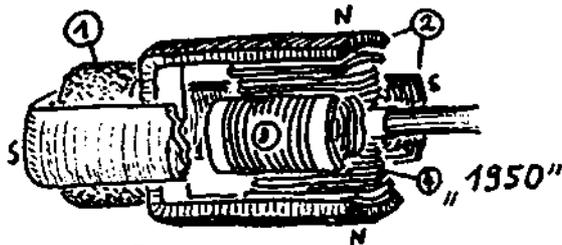
Um eine höhere Spannung zu erhalten, werden beim Fahrraddynamo nicht zwei, sondern ganz viele Drähte hintereinander verwendet, zweckmäßig als langer, zusammenhängender Draht viele Male herum gewickelt. Zur Verstärkung des Magnetfeldes bekommt die Wicklung einen Eisenkern.

Je schneller wir den Dynamo drehen, umso öfter wechseln die magnetpole und umso höher steigt die Spannung. Wenn wir an den Enden der Wicklung, also an Gehäuse und Schleifkontakt des Dynamos zB. eine Fahrradglühbirne anschließen, gleicht sich die Spannung aus, indem die Elektronen ganz fix durch die Glühbirne flitzen und diese fröhlich leuchten lassen.

Dynamo - Bauformen

Die folgende Zeichnung zeigt verschiedene Dynamo - Bauformen.
Es bedeutet

- 1 : Dauermagnet
- 2 : Eiserne "Polschuhe", leiten das Magnetfeld weiter
- 3 : Eisenkern der Spule(n)
- 4 : Spule(n).



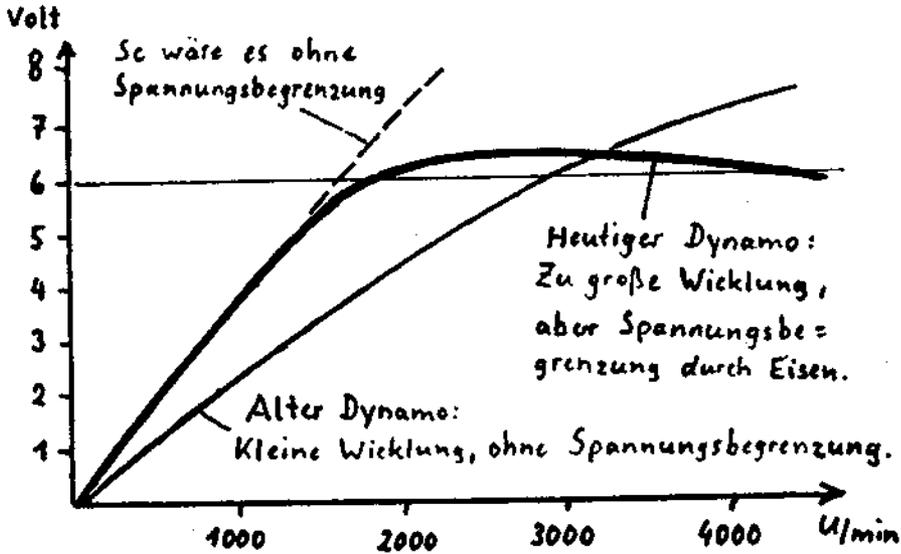
Bei neueren Dynamos wird nicht mehr die Spule, sondern der Magnet bewegt. Es ist ja egal, Hauptsache, Draht und Magnet bewegen sich gegeneinander. So spart man die Schleifringe.

Der Magnet hat auch nicht mehr zwei, sondern 4 oder 8 Pole, damit pro Umdrehung viele Polwechsel an der Spule stettfinden.

Und, statt 4 oder 8 einzelne Spulen zu wickeln, wie es beim Modell 1950 und einem seltenen heutigen Modell noch der Fall ist, werden die Spulen zu einer großen zusammengefaßt. Schon beim Modell 1960 sitzt die Spule auf einem Eisenkern, von dem aus die Polschuhe zu den Magnetpolen gehen.

Beim üblichen Modell 1970 ist der Eisenkern "umgekrepelt": Stelle Dir den Kern des Modells 1960 hohl und ganz groß vor, dann ist darin Platz für den Magneten, und die Polschuhe werden nicht mehr zur Seite, sondern nach innen zum Magneten gebogen. Und die Spule ist nicht mehr außen um den Kern, sondern innen hinein gewickelt.

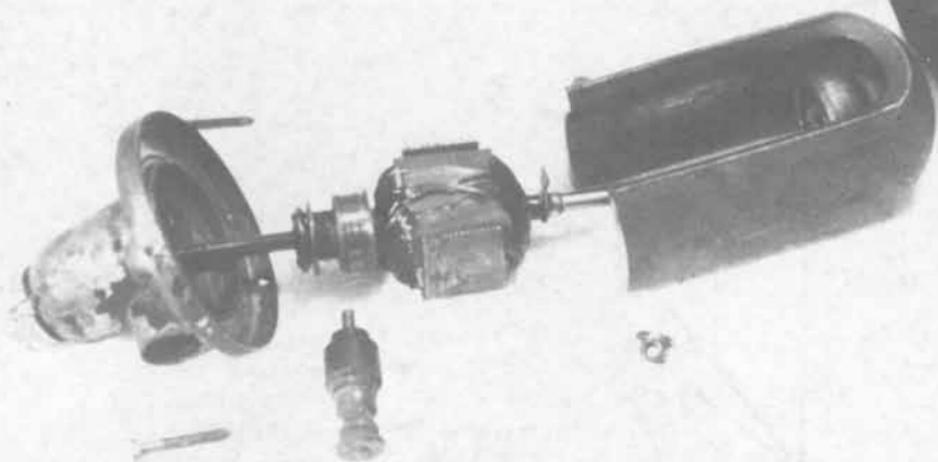
Und nun kommt der Knüller der modernen Technik. Dir fällt vielleicht auf, daß der Eisenkern beim Modell 1970 in genau der Richtung verläuft, wie die Wicklungsdrähte, nur als geschlossener Ring. Und was passiert da? Der Magnet erzeugt auch im Eisen fröhlich Strom, und weil der Ring geschlossen ist, fließt der auch ungehindert darin herum und fabriziert jede Menge Wärme und einen schlechten Wirkungsgrad. So ein Schweinerei - Effekt!



Ungefähre Kennlinien von Dynamos.

Denkste! Alles Berechnung. Die Verluste in diesem Eisenkern steigen nämlich mit der Drehzahl stark an. Und das haben die Hersteller so ausgetrickst, daß bei niedriger Drehzahl nur wenig Verluste im Eisen entstehen. Das Licht brennt also schon recht hell, wenn Du das Rad schiebst. Aber ab der Drehzahl, bei der in der Wicklung 6 Volt erreicht sind, steigen die Verluste im Eisen rapide an, man kann drehen, so schnell man will, viel mehr als 6 Volt können trotz aller Anstrengung nicht raus. Eine raffinierte Art der Spannungsbegrenzung, keine Glühbirne mehr brennt durch. Aber die Kräfte des Radlers braucht man ja nicht zu schonen, oder?

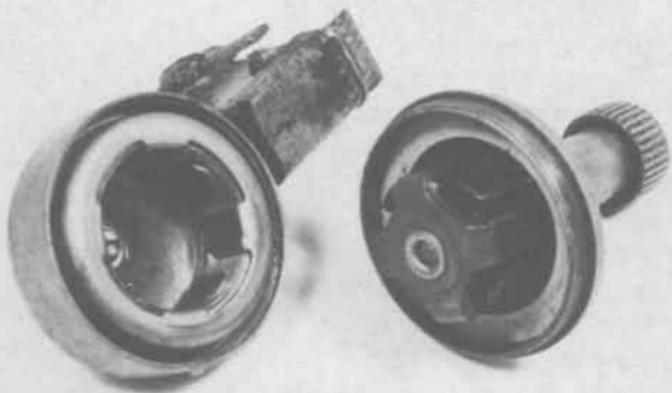
In den alten Dynamos wäre auch Verlust im Eisenkern entstanden, wenn die Hersteller ihn aus massivem Eisen anstatt aus vielen dünnen, voneinander isolierten Blechen gemacht hätten. Bei den alten Dynamos steigt die Spannung einigermaßen gleichmäßig mit der Drehzahl immer höher, und die Wicklung ist so bemessen, daß erst bei flotter Fahrt volle 6 Volt rauskommen. Beim Schieben brennt das Licht nur trübefunzelig. Bei sehr schneller Fahrt aber leisten die alten Dynamos zu viel und ließen schon manche Glühbirne durchbrennen.



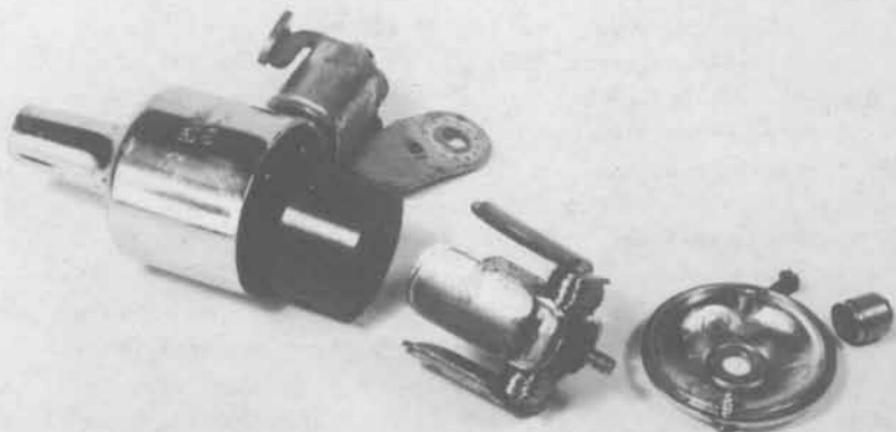
Uralt-Dynamo, geöffnet und auseinandergebaut.



Dynamo „Modell 1950“, geöffnet.



Ein alter, aufschraubbarer Dynamo. Innen System 1970.



Seltener heutiger Dynamo, aufschraub- und umwickelbar!

Verbesserungen am Dynamo

Alle Dynamos, die man noch aufschrauben kann, um an die Wicklung heranzukommen, können wir auf andere Spannungen umwickeln. Besonders günstig hierzu ist das seltenere heutige Modell und das Modell 1960, Modell 1950 und "uralt" gehen auch.

Bei gleichen sonstigen Bedingungen (Drehzahl, Magnetfeld..) ist die entstehende Spannung direkt abhängig von der Windungszahl der Spule. Doppelte Windungszahl heißt doppelt so viele wirksame Drahtstücke, dementsprechend entsteht die doppelte Spannung - also statt 6 Volt jetzt 12 V. Das ist günstig, um den Strom durch lange Leitungen zu schicken, denn mit höherer Spannung sinken die Leitungsverluste rapide. Oder es ist zweckmäßig, wenn man zB. den 9 V- oder 12 V- Akkusatz eines Radiorecorders laden will.

Ein Irrtum wäre es aber, zu glauben, die Leistung des Dynamos ließe sich so erhöhen. Die bleibt auch nach dem Umwickeln gleich, denn sie ist abhängig von Drehzahl und Magnetfeld.

Das Umwickeln geht so:

Wickle den alten Draht ab, zeichne dabei auf, wie herum die Spulen gewickelt waren und zähle die Windungen. Miß Länge und Durchmesser des abgewickelten Drahtes. Berechne aus dem Durchmesser den Querschnitt des Drahtes.

Rechne aus, wieviele Windungen die neue Wicklung bekommt, welche Länge der neue Draht haben muß, welchen Querschnitt, und welcher Durchmesser zum erforderlichen Querschnitt paßt.

Doppelte Windungszahl erfordert doppelte Länge und, da der Platz für die Spulen begrenzt ist, halben Querschnitt. Wenn im Original noch viel ungenutzter Platz vorhanden war, kannst Du dickeren Draht als berechnet nehmen und hast dadurch weniger Verluste in der Wicklung.

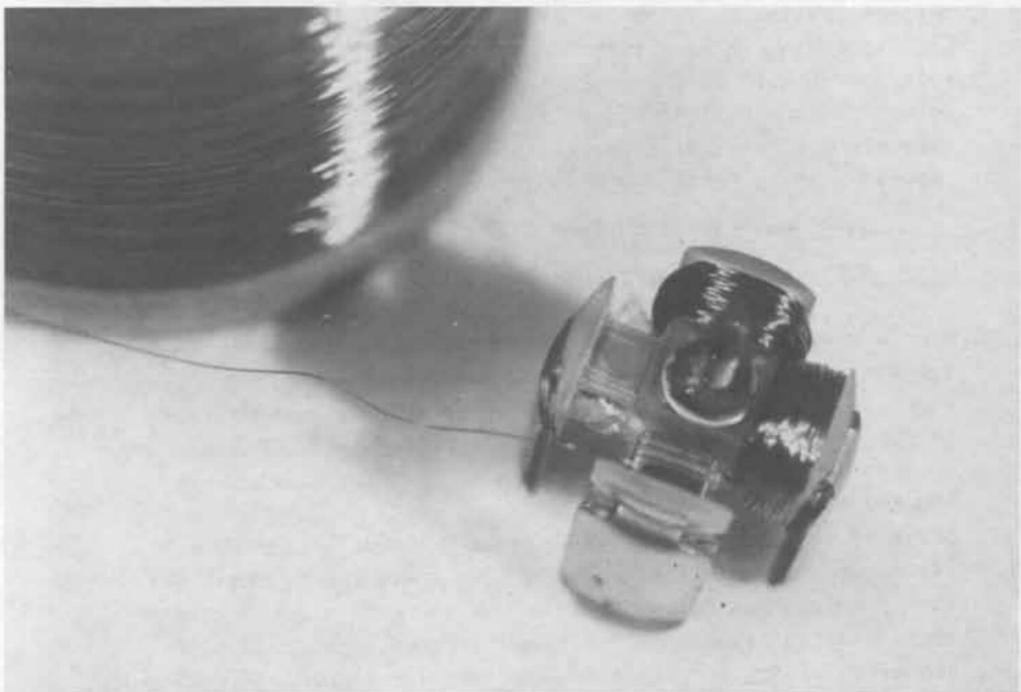
Besorge ausreichend Draht auf dem Schrottplatz, in einem Elektroladen oder am besten in einer Ankerwicklei und wickle die neue Wicklung so, wie die alte war, nur mit neuer Windungszahl. Der Kupferlackdraht verträgt es nicht, mehrmals scharf geknickt oder an scharfkantigen Teilen entlanggeschabt zu werden, davon wird der Isolierlack schadhaft und das kann Kurzschlüsse in der Wicklung geben.

Die fertige Wicklung tauche in Bootsack oder alte Farbe, was sie verklebt und besonders stabil macht. Das ist wegen der Fliehkraft vor allem bei den Wicklungen wichtig, die im Dynamo gedreht werden, zB. beim Modell 1950.

Vorm Zusammenbau fette alle Eisenteile im Dynamo ein, damit nichts darin rosten kann.



Der Anker eines geeigneten Dynamos, abgewickelt und auseinandergebaut. Isolierung zwischen den Eisenblechen (dünn lackieren) vermindert die Eisenverluste.



Beim Wickeln: 2 Spulen fertig, die dritte angefangen.

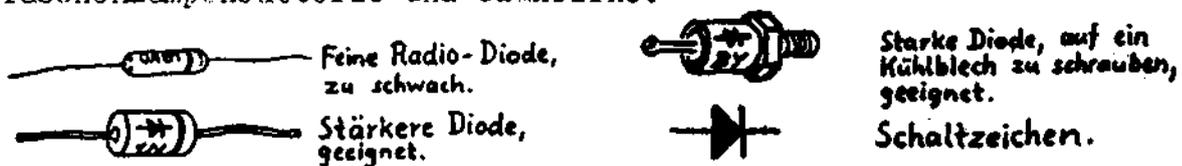
Und jetzt zur Stromverwertung:

Der Dynamo liefert Wechselstrom. Ein Verbraucher muß mit "Hin- und Rückleitung" (8 und 9 der Gesamtzeichnung) angeschlossen werden, damit überhaupt Strom fließen kann. Die "Hinleitung" war beim Fahrrad das Kabel vom Dynamoanschluß zur Lampe, die "Rückleitung" ging über den Fahrradrahmen von der Lampe zum Dynamogehäuse.

Glühlampen funktionieren mit Gleich- oder Wechselstrom, wir können sie direkt an den Dynamo anschließen (11 in der Gesamtzeichnung). Wenn das Windrad aus dem Stand heraus mit einem angeschlossenen Verbraucher anlaufen soll, wird es schwer in Gang kommen, denn der vom Verbraucher geforderte Strom muß als mechanische Kraft geliefert werden. Und der Repeller hat nur wenig Anlaufkraft. Deshalb ist es besser, das Windrad ungebremst anlaufen zu lassen und den Verbraucher erst dann mit dem Schalter (10) zuzuschalten, wenn es in Gang gekommen ist.

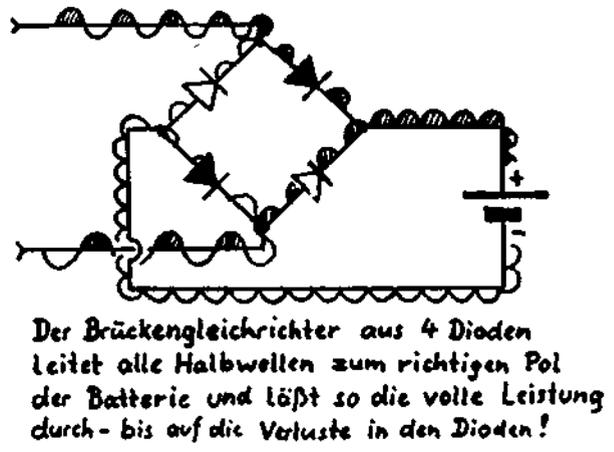
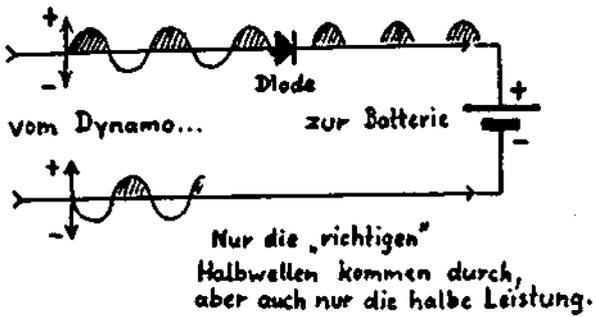
Batterien kann man nur mit Gleichstrom laden. Natürlich müssen es wiederaufladbare Batterien, also Akkus sein. Darum brauchen wir einen Gleichrichter, der aus dem Wechselstrom Gleichstrom macht. Der einfachste Gleichrichter besteht aus einer Diode. Sie ist ein "Halbleiter", der Strom nur in einer Richtung durchläßt, in der anderen nicht.

Fertige Dioden gibt es in verschiedenen Bauarten, das Schaltzeichen ist immer gleich und zeigt die Funktion der Diode: Der Strom kann in Pfeilrichtung von Plus nach Minus durch, andersherum wird er abgesperrt. Oftmals ist das Schaltzeichen in der richtigen Richtung auf das Gehäuse gedruckt, mindestens aber ein Ring, der die Sperrseite markiert. Zur Not prüfe mit Taschenlampenbatterie und Glühlampe.



Wenn wir eine Diode richtig herum in eine der beiden Leitungen vom Dynamo zur Batterie schalten, kommt der Strom in dem Augenblick durch, wenn er zum Batterieladen richtig herum fließt, im nächsten Augenblick, wo er die Batterie wieder entladen würde, wird er abgesperrt. So wird aber nur die halbe Leistung des Dynamos wirksam.

Deswegen bauen wir aus 4 Dioden einen Brückengleichrichter, der den Strom vom Dynamo, egal wie er grade kommt, immer auf die richtigen Batteriepole leitet. Wenn im Bild vom Dynamo oben "Plus" und unten "Minus" kommt, fließt der Strom durch die schwarzen Dioden zur Batterie, ist der Strom anders herum gepolt, geht er durch die weißen Dioden. Brückengleichrichter gibt es oftmals als fertige Blöcke, wie in der Gesamtzeichnung Nr. 12 .



Achtung: Dioden machen Verluste! Denn sie lassen nicht die volle Spannung durch. Die üblichen Silizium-Dioden lassen über 0,7 V nicht durch, die selten gewordenen Germanium-Dioden 0,4 V , die seit einiger Zeit im Fachhandel erhältlichen Schottky-Dioden 0,2 Volt. Da beim Brückengleichrichter stets zwei Dioden wirksam sind, gehen beim üblichen Silizium-Brückengleichrichter 1,5 V ungenutzt verloren, das sind 25 % der Spannung und der Leistung des Dynamos.

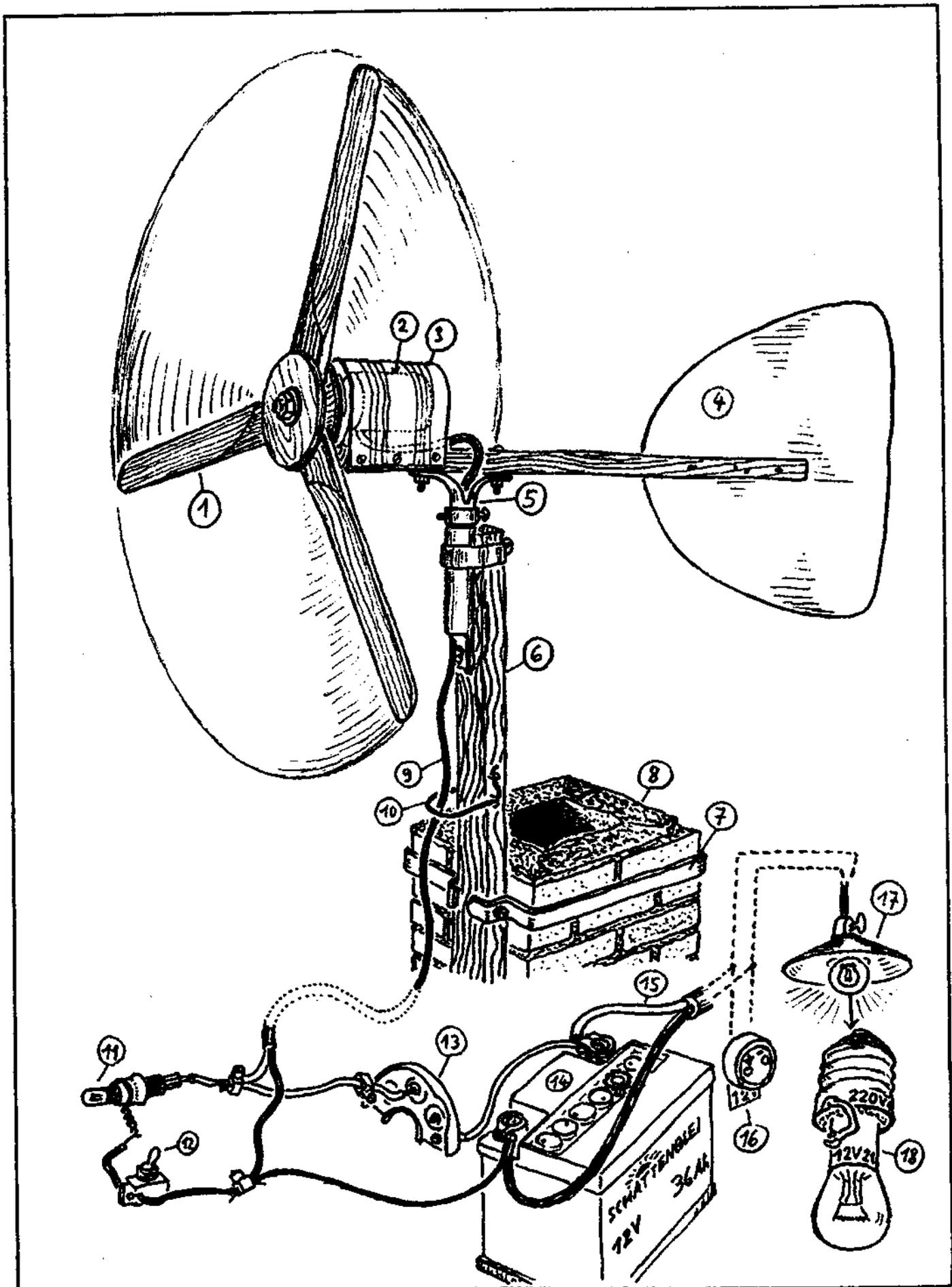
Darum bauen wir unsere Brückengleichrichter für diesen Zweck lieber aus den teureren Schottky-Dioden, dann geht nur noch 7 % verloren. Die verwendeten Dioden sollten bis 1 Ampere oder höher belastbar sein. (zB. BYS 21 bis 1 A , BYS 26 bis 3 A)

Die Batterie kann immer fest angeschlossen bleiben. Sie kann sich wegen der Dioden nicht über den Dynamo entladen. Sie hindert das Windrad auch nicht beim Anlauf: Damit überhaupt Strom in die Batterien fließt, muß die Spannung im Dynamo erst höher als die Batteriespannung zuzüglich Diodenverluste gestiegen sein, vorher tut sich nichts. Und diese Spannung erreicht der Dynamo erst, wenn das Windrad angelaufen ist.

Die Batteriespannung soll auch nicht volle 6 V betragen, sondern zB. 4,8 V , das sind 4 Nickel-Cadmium - Akkuzellen hintereinander. Es sei denn, der Dynamo wurde umgewickelt.

Auch ein gleichzeitig an den Batterien angeschlossener Verbraucher behindert das Windrad nicht im Anlauf, denn die Batterien halten die Spannung im Stromkreis ja hoch (bis sie leer sind) , der Verbraucher kann deshalb auch gerne zeitweise auch mehr Strom verbraten, als das Windrad grade liefert, schließlich sind die Batterien ja als Vorratspeicher da. Hauptsache, das Windrad liefert bei Gelegenheit wieder Strom nach, um die Batterien vollzuladen, denn wenn Batterien lange Zeit entladen herumstehen, gehen sie kaputt.

Alle Kabel sollen kurz und dick sein, denn je kürzer und je dicker, um so geringer ihr Widerstand, also auch die Leitungsverluste.



Leistungsfähiges Kleinst-Windrad mit Auto-Gebläse-motor, 80 cm-bis 1m-Repeller und umgewickeltem Anker.

Das Gebläsemotor - Windrad

25

Die nebenstehende Zeichnung zeigt das komplette Windrad mit elektrischer Beschaltung. Die Zahlen bedeuten:

- 1: 2- oder 3-blättriger Holzrepeller, 80 cm - 1 m Ø
- 2: Autokühler - Gebläsemotor als Generator
- 3: Wetterschutz aus einer Konservendose
- 4: Steuerfahne
- 5: Mastdrehlager
- 6: Mast (gute Dachlatte o. ä.)
- 7: Befestigung mit Bandeisen an einem
- 8: Schornstein
- 9: Stromkabel
- 10: Drahtschlaufe zur Führung des Kabels
- 11: Direkt angeschlossener Verbraucher, z.B. kleine Glühbirne
- 12: Schalter dazu
- 13: Diode als Entladeschutz
- 14: Batterie
- 15: Kabel von der Batterie zu den Verbrauchern
- 16: Steckdose zum Anschließen verschiedener Verbraucher
- 17: An den Windstrom angeschlossene Lampe
- 18: Passend umgebaute Glühbirne.

Dieses Windrad kann für seine Winzigkeit schon einiges leisten. Der Generator hat einen recht guten Wirkungsgrad. Ab 4 m/sek. Windgeschwindigkeit kann man ersten Strom abnehmen, bei 5-6 m/sek., das ist Windstärke 3, leistet es 5-15 Watt, die Höchstleistung liegt, je nach Größe von Generator und Repeller, bei 40-60 Watt und wird bei Windstärke 6 erreicht. Damit läßt sich eine Autobatterie ständig laden, so daß man bei Bedarf viel mehr Leistung abnehmen kann, als das Windrad gerade liefert, und man kann damit eine brauchbare Beleuchtung und viele 12-Volt-Kleingeräte betreiben.

Der Repeller

Die Funktion des Repellers habe ich beim Fahrraddynamo-Windrad schon eingehend erklärt.

Für die Holz Auswahl gilt das Gleiche wie beim Dynamowindrad, nur daß wir schwere Hölzer (Buche) lieber nicht nehmen sollten, Kiefernholz dagegen gut geeignet ist, weil der Repeller größer ist und die Maserung nicht so sehr beim Bearbeiten stört.

Größe des Repellers

Die Größe des Repellers hängt ab von der Größe des Generators: je größer dieser, umso größer der Repeller. Sie hängt auch ab von den Windverhältnissen am Standort: Bei guten Windverhältnissen reicht ein kleinerer Repeller, dieser bringt etwas höhere Drehzahl, deshalb muß der Generator nicht auf so hohe Windungszahl umgewickelt werden und hat am Ende eine höhere Höchstleistung (durchaus über 60 W). Bei weniger günstigen Windverhältnissen (mittlere Windgeschwindigkeit am Standort 4 m/sek. und weniger) sollte der Repeller auf jeden Fall 1 m Durchmesser bekommen. Da der Repeller beim schwachen Wind nicht so hohe Drehzahlen erreicht, muß der Generator auf besonders hohe Windungszahl umgewickelt werden. Dadurch wird seine Höchstleistung geringer, aber man kann schon bei schwachem Wind Batterien laden.

Achtung: Vor allem bei größeren 2-Blatt-Repellern dürfen wir den Durchmesser nicht größer als 100 x den Achsdurchmesser machen, sonst könnte auf Dauer die Achse brechen !

2 oder 3 Blätter?

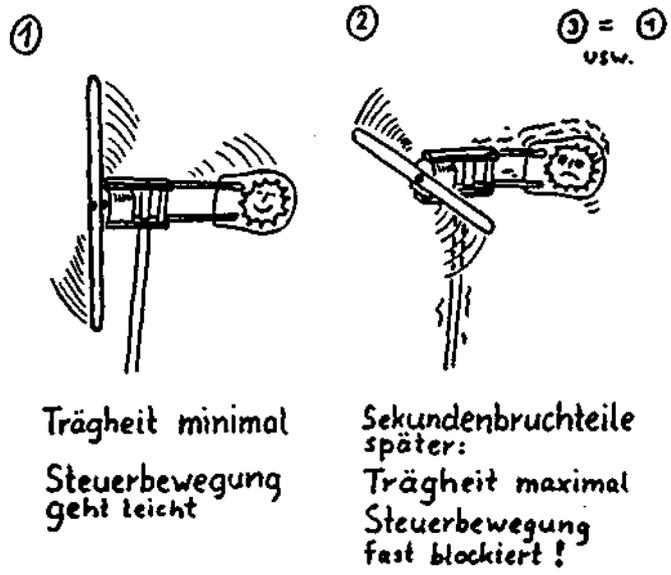
Die Frage, ob 2- oder 3-Blatt-Repeller richtet sich im Wesentlichen danach, wieviel Arbeit Du Dir machen willst. Ein 2-Flügler ist natürlich einfacher gebaut. Der 3-Flügler hat dagegen folgende Vorteile: Er braucht bei leichtgängigen Generatoren nicht unbedingt eine Anlaufhilfe, aber vor allem - das ist bei größeren Windrädern als diesem sehr wichtig - er verursacht keine Erschütterungen und braucht deshalb auch keinen Massenträgheitsmomentenausgleich.

Gerade (rechteckige) oder trapezförmige Blätter?

Gerade Blätter sind etwas einfacher zu bauen, weil das Profil auf der ganzen Blattlänge gleich bleibt. Dadurch entfallen einige Arbeitsgänge. Trapezförmige Blätter sind stabiler, weil der äußere Bereich, wo die höchste Fliehkraft entsteht, dünn und leicht ist, und der mittlere Bereich, wo sich alle entstehenden Flieh- und Biegekräfte konzentrieren, dick und stabil ist. So genügt das trapezförmige Blatt allerhöchsten Beanspruchungen. Das rechteckige Blatt fliegt bei diesem kleinen Repeller zwar noch lange nicht im Sturm davon, es ist nur gut, für künftige, größere Windradprojekte schon an diesem kleinen Windrad zu zeigen und zu lernen, wie ein großes richtig gebaut werden soll.

Die Anlaufhilfe als Massenträgheitsmomentenausgleich

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



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

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

Und zwar ist die Trägheit des Repellers um die Mastachse, (der Steuerbewegung gegenüber), minimal, wenn er senkrecht steht. Das Windrad dreht sich mit Leichtigkeit um den Mast.

Steht der Repeller waagrecht, ist seine Trägheit der Steuerbewegung gegenüber maximal, die Steuerbewegung wird stark gebremst. Dies führt im Betrieb zu starken Erschütterungen.

Die recht schweren Hilfsflügel bewirken mit ihrer Trägheit genau dasselbe, nur weil sie um 90° versetzt sind, ist ihre Trägheit der Steuerbewegung gegenüber dann minimal, wenn die des Repellers maximal ist und umgekehrt.

Wird Gewicht und Abstand von der Nabe bei den Hilfsflügeln richtig gewählt, nämlich so, daß das Massenträgheitsmoment von Hilfsflügel und Repeller um die Rotorachse gleich ist, verläuft die Steuerbewegung fast ohne Erschütterung.

Denn nun ist das Massenträgheitsmoment der gesamten drehenden Teile um die Mastachse konstant.

Bau eines 2-Blatt-Repellers:

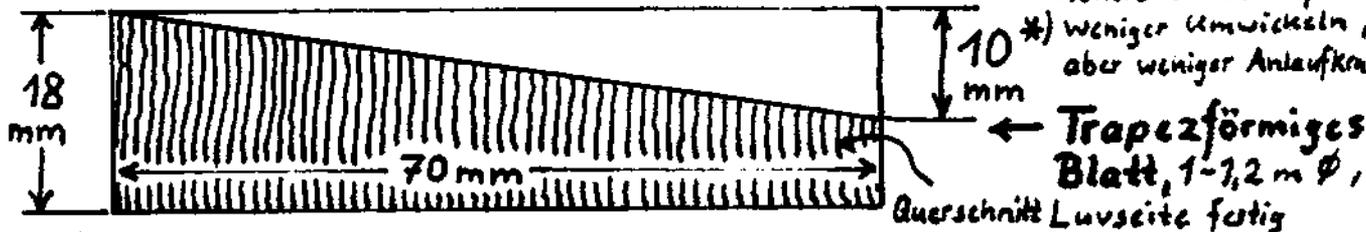
Nimm eine Leiste des richtigen Querschnitts, für rechteckige Blätter (wie beim Fahrraddynamowindrad) 60 x 16 mm, für trapezförmige Blätter 70 x 18 mm. Die Länge der Leiste richtet sich nach der gewünschten Repellergröße.

Markiere den Mittelpunkt, bohre dort ein Loch, prüfe das Gleichgewicht. Schräge die Luvseite ab, achte auf den Übergang zur Nabe. Prüfe die Ebenheit der Luvseite. All diese Arbeitsgänge entsprechen genau denen vom Bau des Fahrraddynamo-Windrades, Du kannst dort nachlesen. Nur die Querschnitte sind etwas anders, nämlich wie auf den Maßzeichnungen hier. Prüfe zum Schluß das Gleichgewicht.



Rechteckiges Repellerblatt,
Repeller- ϕ 80-100 cm,
Luvseiten- und
Profilquerschnitt.

*) Bei leichtgängigen Motoren kann dieses Maß um bis zu 2 mm kleiner sein, bringt höhere Drehzahl, d.h. weniger Umdreheln, aber weniger Anlaufkraft.



Trapezförmiges Blatt, 1-1,2 m ϕ ,

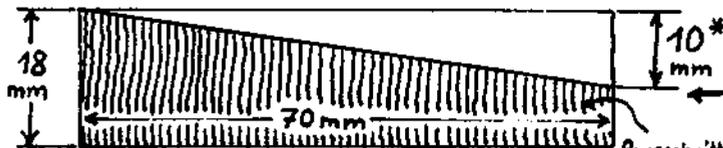
Nun folgt ein Arbeitsgang nur für den trapezförmigen Repeller: In der Mitte behält der Repeller die volle Breite (70 mm). Die Flügelspitzen werden schmaler (50 mm). Hobe die vom Abschrägen der Luvseite dünner gewordene Schmalseite der Blätter entsprechend ab, arbeite dabei von der Nabe zu den Flügelspitzen hin und achte darauf, daß es möglichst gerade wird. Prüfe am Ende wieder das Gleichgewicht.



Nun bearbeite die Lee-Seite. Sie soll in jedem Fall zur Nabe hin auslaufen. Das rechteckige Blatt hat auf ganzer Blattlänge das Profil, das in der Maßzeichnung (siehe "Luvseite") abgebildet ist. Die Arbeitsweise entspricht wieder genau der beim Fahrraddynamo-repeller.



Maßzeichnungen 1:1 zum Abpausen.



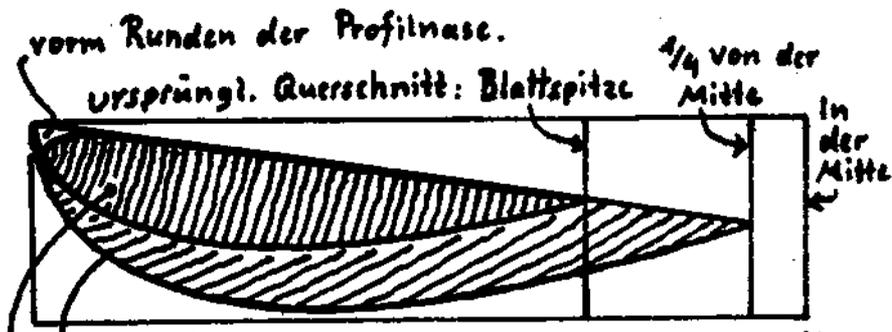
Rechteckiges Repellerblatt,

Repeller- ϕ 80-100 cm,
Luuseiten- und
Profilquerschnitt.

*) Bei leichtgängigen
Motoren kann dieses
Maß um bis zu 2 mm
kleiner sein, bringt
höhere Drehzahl, d.h.
weniger Umwickeln,
aber weniger Anlaufkraft.

Trapezförmiges Blatt, 1-1,2 m ϕ ,

Das trapezförmige Blatt hat überall ein anderes Profil, wir brauchen aber nur zwei Profile nach Schablonen zu raspeln bzw. feilen, alle dazwischenliegenden Profile ergeben sich dann von selbst.



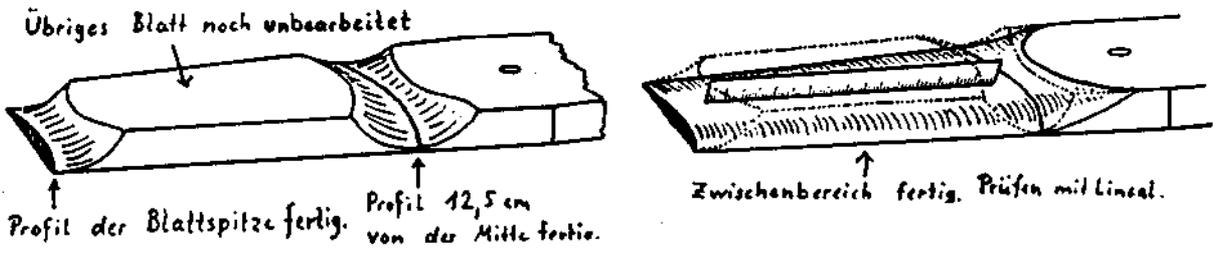
Profile des trapezförmigen Repellers

1:1 zum Abpausen

Profil $\frac{1}{4}$ Blattlänge vom Mittelpunkt entfernt.
Profil an der Blattspitze

Die Maßzeichnung zeigt das Profil an der Blattspitze und das Profil auf $\frac{1}{4}$ der Blattlänge (beim 1-m-Repeller wären das 12,5 cm Entfernung vom Mittelpunkt, beim 80-cm-Repeller 10cm) .

Nun schnitze, raspele, feile oder hobele den Bereich zwischen beiden Profilen so, daß alle Linien längs des Repellerblattes von einem zum anderen Profil gerade werden, prüfe das wieder mit dem Lineal. So erhältst Du ein Repellerblatt, dessen Profil von der Nabennähe bis zur Spitze stufenlos immer kleiner wird. Der Bereich vom 12,5-cm-Profil zur Nabe hin soll aber als Übergang gearbeitet werden. Die Zeichnung veranschaulicht dies.

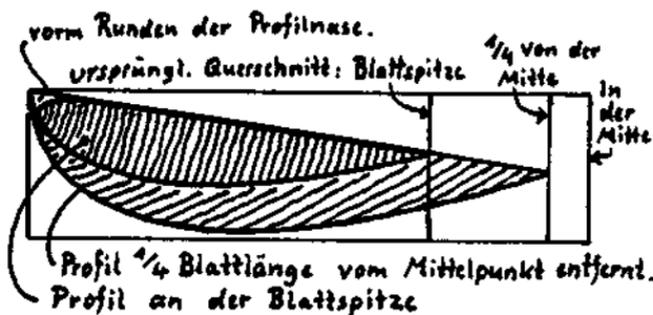


Die folgenden Arbeitsgänge betreffen wieder beide Repellerbauarten: Kontrolliere und korrigiere das Gleichgewicht und runde die Blattenden ab, wie beim Dynamowindrad.

Es folgt das sehr genaue Bearbeiten der Vorderkante des Blattes, die jetzt ja noch scharfkantig ist, zur "Profilnase". Die Form kannst Du den Maßzeichnungen entnehmen. Beim trapezförmigen Blatt ändert sich die Form wieder auf der Blattlänge, in der Zeichnung ist sie deutlich sichtbar für die Blattspitze. Für das 12,5-cm-Profil gilt der obere Bereich der Form an der Blattspitze, von dem Punkt aus, wo der Pfeil "Profilnase" hinzeigt, geht die Form ins 12,5-cm-Profil über.

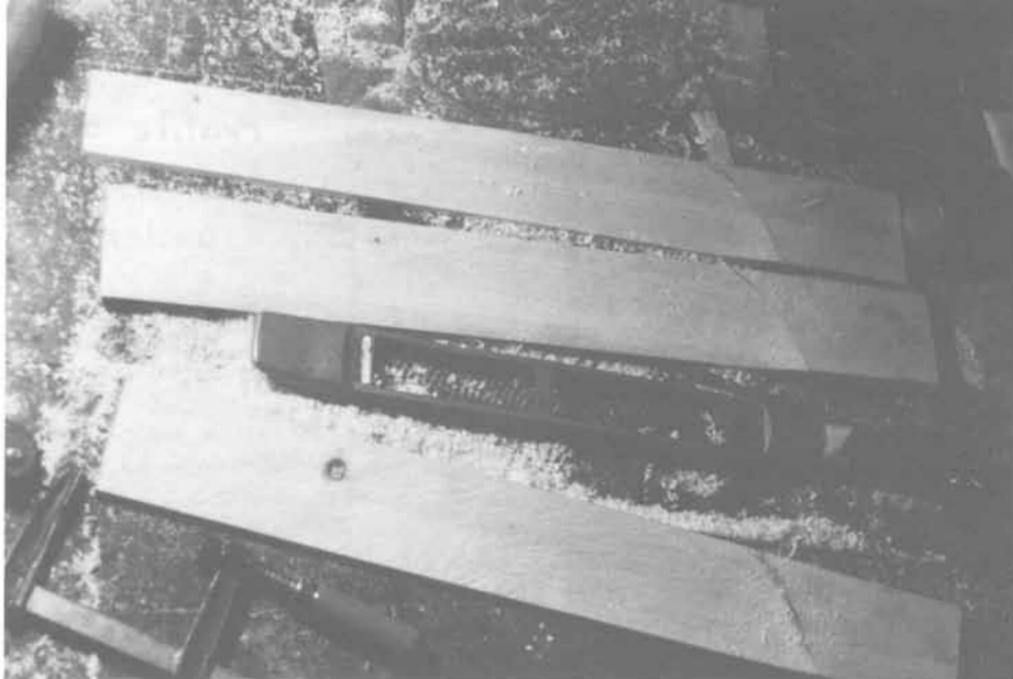
Die Hinterkante des Blattes muß noch möglichst fein ausgeschliffen werden, das Gleichgewicht geprüft und die gesamte Repelleroberfläche feinst geglättet, abschließend wird der Repeller mit Leinölfirnis imprägniert und mit Bootslack lackiert.

Genauere Erklärungen zu den letzten Arbeitsgängen stehen in der Anleitung für den Dynamorepeller.



Profile des
trapezförmigen
Repellers

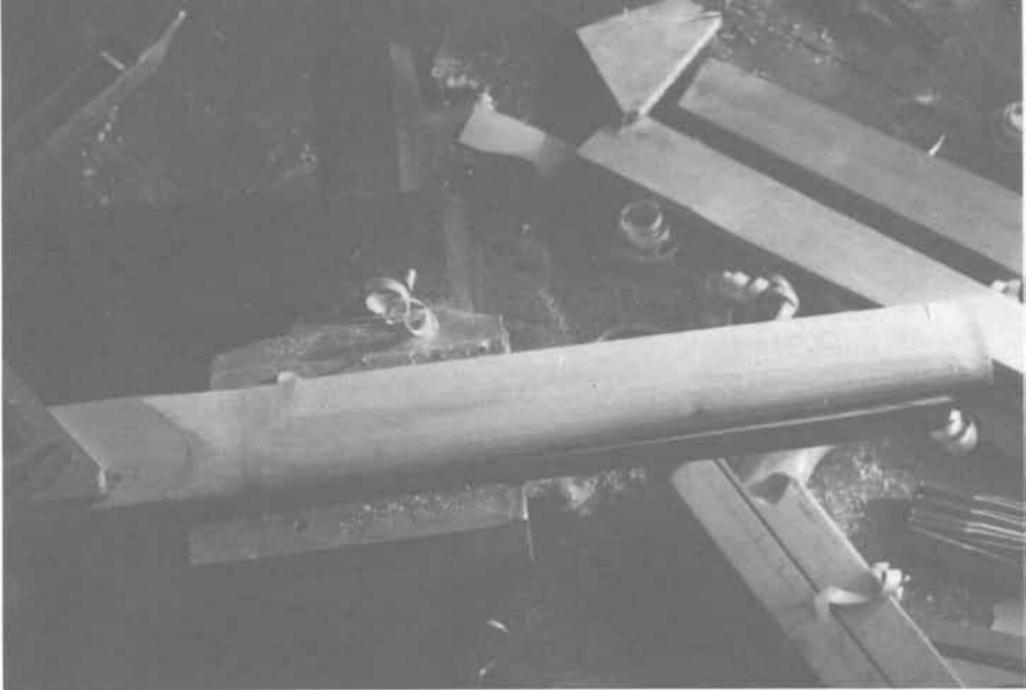
1:1 zum Abpausen



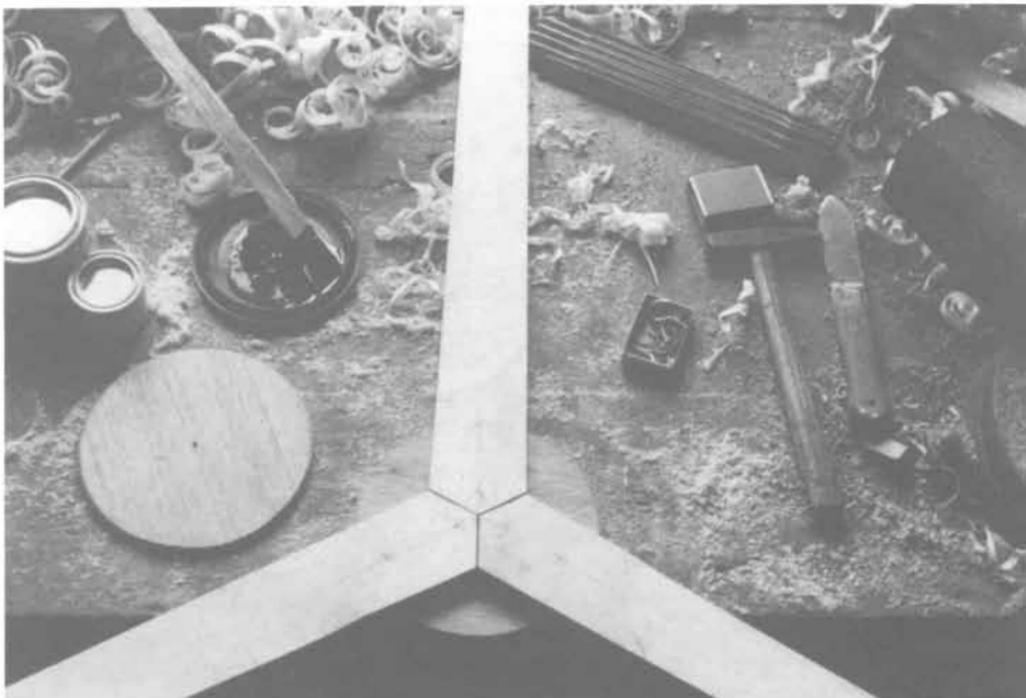
Bearbeiten der Luvseite: unten-geraspelt, Mitte-gefeilt, oben-trapezförmig gehobelt



Profil am Ende und nahe der Nabe nach Schablone geraspelt.



Hobeln des Bereiches zwischen den Profilen.

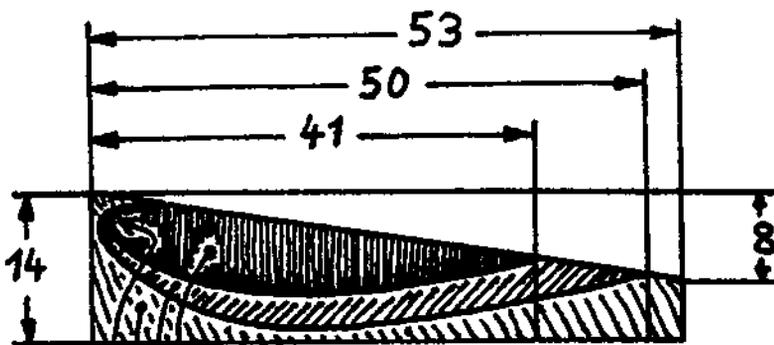


Zusammenleimen der vorgearbeiteten Blätter.

Bau eines 3-Blatt-Repellers:

Für einen 3-Blatt-Repeller baue zunächst drei halbe 2-Blatt-Repeller grob fertig, d.h. Luv- und Leeseite geraspelt bzw. gefeilt, noch keine Profilnase, Blattspitzen-Rundung usw., noch nichts geschmirgelt. Damit die Arbeit gelingt, ist es ganz besonders wichtig, daß alle drei verwendeten Leisten aus gleich schwerem Holz sind, darum wiege es vorher auf der Briefwaage aus.

Die Maße für trapezförmige Blätter entnimm der Maßzeichnung hier, sie gilt für Repeller von 80cm bis 1 m Durchmesser. Für rechteckige Blätter kannst Du das Profil "12,5 cm vom Mittelpunkt" übernehmen, Du mußt dann aber von einer Leiste mit 50×14 statt 53×14 mm Querschnitt ausgehen. Beachte: Um die Schnellläufigkeit des 2-Flüglers zu erreichen, muß der 3-Flügler gleichen Anstellwinkel, aber schmalere Blätter bekommen. Daher hat das Blatt andere Maße und Profile als das des 2-Flüglers.

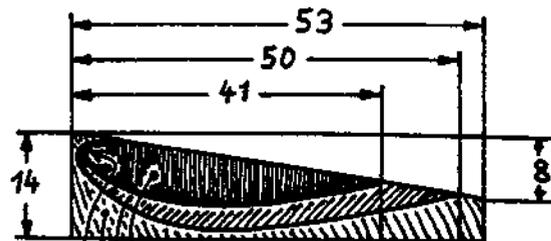


Profil an der Blattspitze.
Profil 12,5 cm vom Mittelpunkt.
Querschnitt Luvseite fertig.
„Profilnase“ Vorderkante fertig.

Maße und Profile
für trapezförmige
Blätter eines
3-Blatt-Repellers,
1:1 zum Abpausen.

Die Naben-Enden der vorgearbeiteten Blätter säge auf 120° ab, lege sie mit der Luvseite nach unten auf eine ebene Fläche, richte sie genau auf 120° zueinander aus und nagele provisorisch ein Stück Sperrholz als Nabe auf die Blätter, damit sich nichts verschiebt. Kontrolliere nochmal, ob sie auch genau ausgerichtet sind, das geht am besten, indem Du den Abstand der Blattspitzen zueinander mißt. Weil die Blätter alle gleich lang sind, muß auch dieser Abstand überall gleich sein.

Wenn alles stimmt, säge zwei kreisrunde Sperrholzscheiben aus wasserfest-verleimten Bootsbausper Holz aus, Dicke 8-9 mm. Der Durchmesser von 14 cm gilt für 1-m-Repeller, bei denen die Blätter von der Nabenmitte aus 8 cm unbearbeitet sein müssen, um anständige Auflageflächen fürs Sperrholz zu haben. Bei

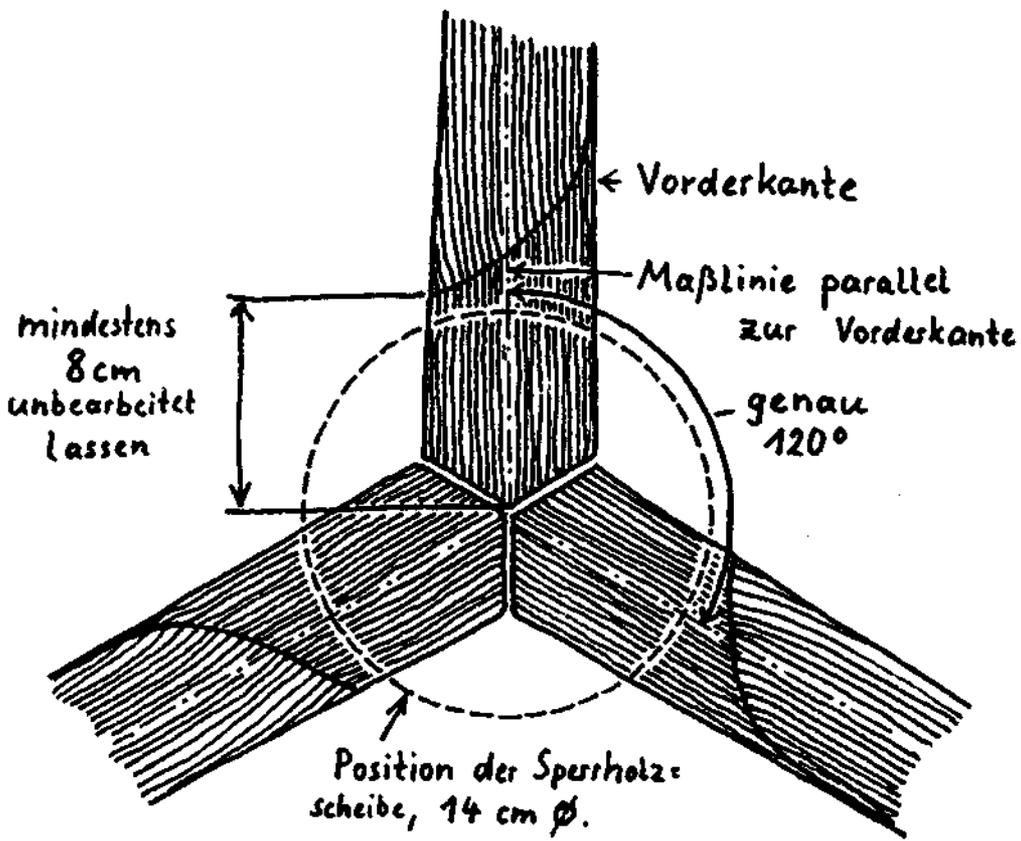


Profil an der Blattspitze.
 Profil 12,5 cm vom Mittelpunkt.
 Querschnitt Luvseite fertig.
 „Profilmase“ Vorderkante fertig.

Maße und Profile
 für trapezförmige
 Blätter eines
 3-Blatt-Repellers,
 1:1 zum Abpausen.

80-cm-Repellern gilt 11cm Durchmesser und 6 cm unbearbeitet.
 Die Sperrholzscheiben leime mit Bootsleim (Zweikomponentenleim, wasserfest nach B4) auf, sichere sie mit kleinen Nägeln gegen Verschieben und presse das Ganze sorgfältig mit Schraubzwingen.

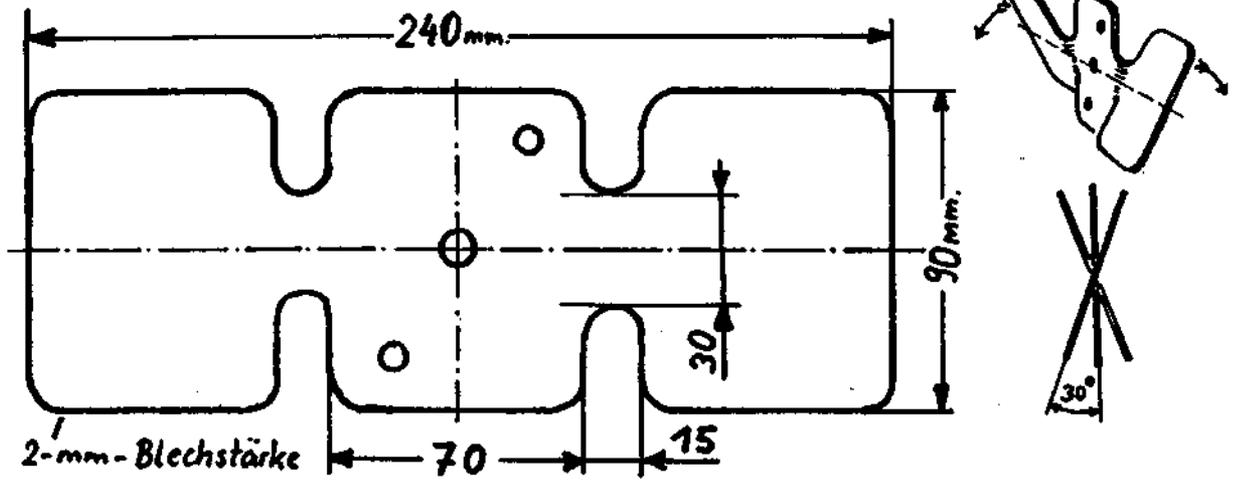
Wenn der Leim abgebunden ist, bohre ein Loch in die Nabenmitte, prüfe das Gleichgewicht des Repellers und fahre mit den Feinarbeiten fort, wie sie beim 2-Blatt-Repeller beschrieben sind.

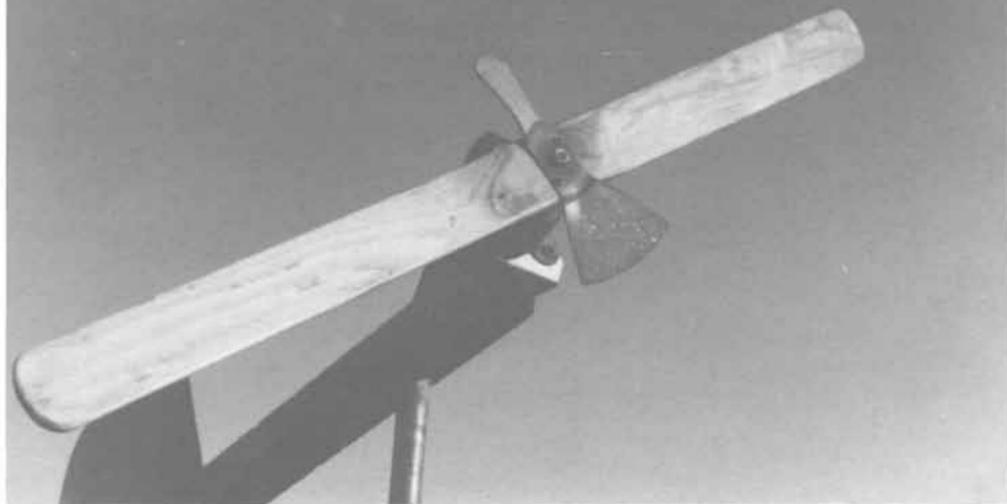


Zusammensetzen der Nabe des 3-Flüglers.

Die Anlaufhilfe für den 2-Blatt-Repeller

Hier die Maße der Anlaufhilfe:





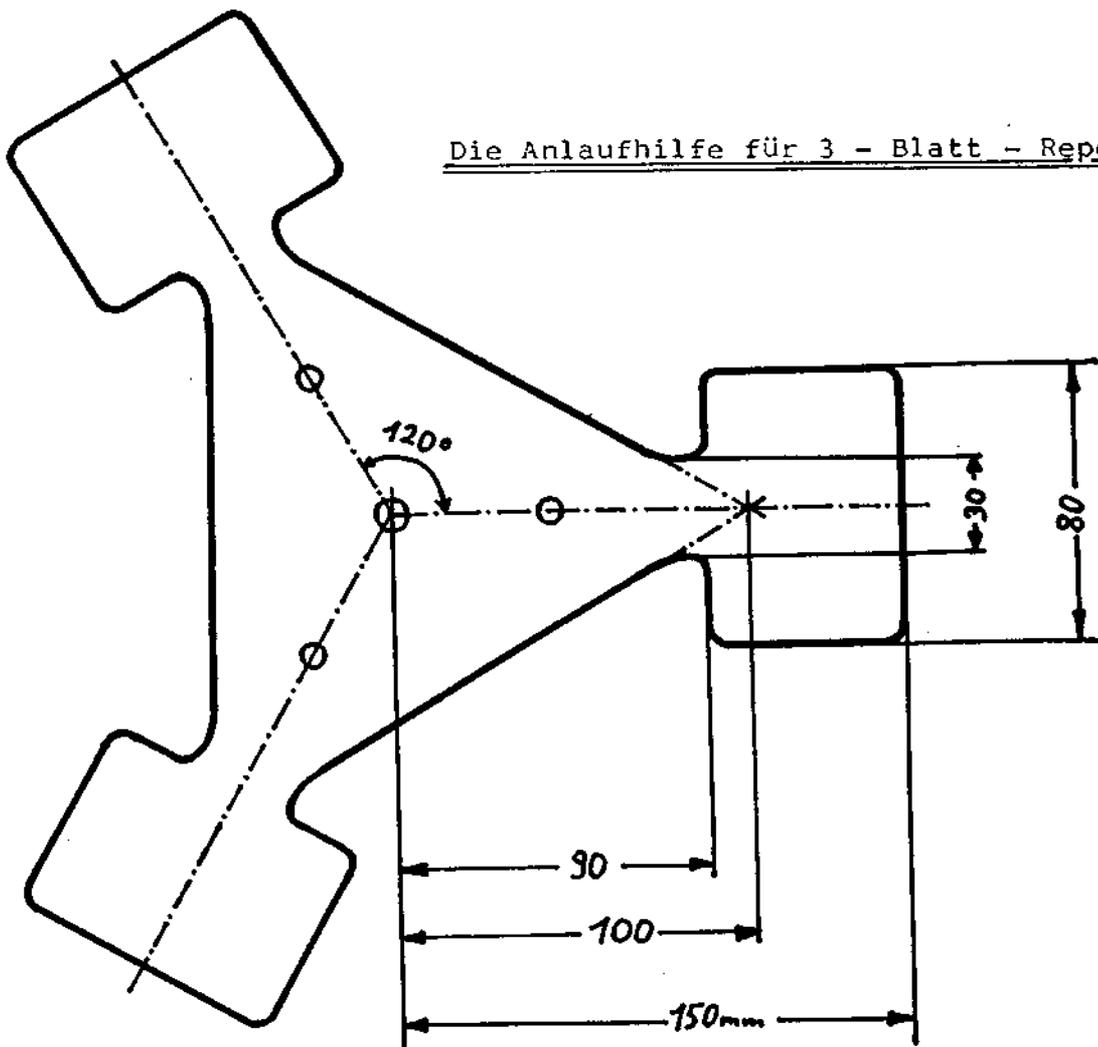
2-Blatt-Repeller, 1 m ϕ und Anlaufhilfe eines Gebläsemotor-Windrades.



Diese Ansicht läßt die übrigen Einzelheiten erkennen. Das Kabel geht durch das Mastrohr.

Form und Funktion der Anlaufhilfe entsprechen genau der beim Fahrraddynamowindrad. Zwar hat der Autoheizungs-Gebläsemotor nicht den "Einrast-Effekt" wie der Fahrraddynamo, aber eine gewisse Schwergängigkeit durch die schleifenden Kohlebürsten usw.

Die Flügelchen werden wie beim Dynamowindrad um 30° gedreht. Die Maße der Bohrungen sind: Mittelpunktsbohrung entsprechend dem Gewinde-Ende der Motor-Achse, also 6 oder 8 mm \varnothing . Bohrungen rechts oben und links unten 5 mm \varnothing . Selbstverständlich wird auch die Anlaufhilfe ausbalanciert. Dann werden Anlaufhilfe und Repeller Mitte auf Mitte gelegt und die Löcher von der Anlaufhilfe auf den Repeller "abgebohrt". So liegen beide Teile später immer zentrisch aufeinander.



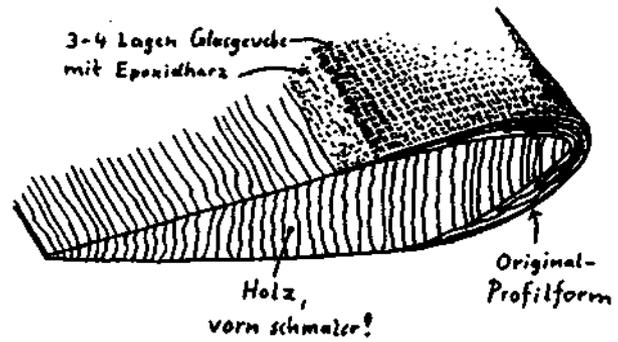
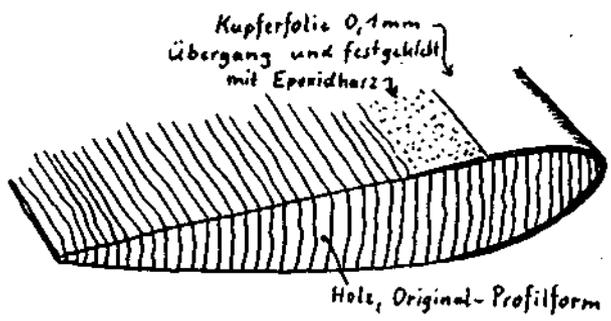
Bei manchen Gebläsemotoren, die etwas schwerer anlaufen, ist auch beim 3 - Blatt - Repeller eine Anlaufhilfe nötig. Es gibt allerdings Motore, die wegen schlechter Ankerbleche zu schwer gehen (s.S.52), da hilft nichts, ein anderer Motor muß her. Auch Wickelfehler (Kurzschlüsse) machen den Motor schwergängig.

Hagelschutz für die Repellerblätter

Bei starkem Wind durchschneiden die Repellerblätter die Luft mit einem Wahnsinnstempo, weit über 100 km/h! Wenn sie dabei gegen Hagelkörner schlagen, sind sie bald ramponiert, auf die Dauer greifen bei dem Tempo sogar Regentropfen die Blätter an. Darum sollten wir Repeller, die stark beansprucht werden, mit einem Schutz an der Vorderkante des Blattes versehen. Möglichkeiten: dünne Kupferfolie



Hagelschutz auf dem äußeren Drittel des Repellerblattes.



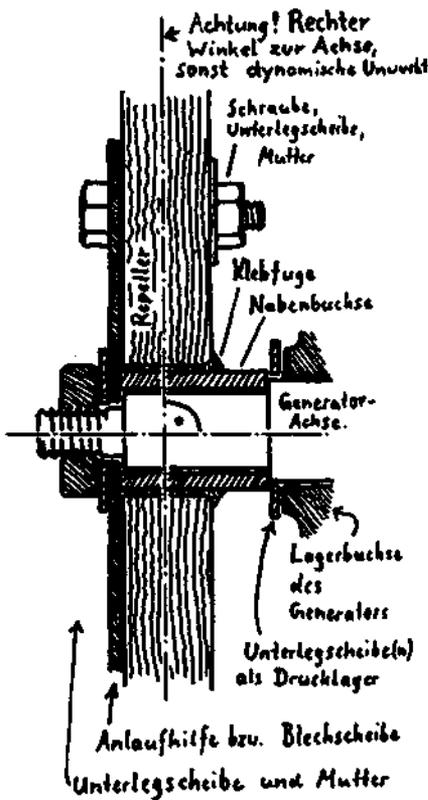


Hagelschutz. Oben: Alu-Selbstklebefolie. Großer Mist, löst sich bald wieder ab. Kupferfolie hält nur bei guter Verklebung. Unten: Glasgewebe-Epoxidharz. Gut, aber schwierig zu verarbeiten. Am einfachsten und recht gut ist Glasgewebe im Lack

(0,1mm) mit Uhu-plus o.ä. ankleben, oder, wenn keine Kupferfolie zu kriegen ist, mehrere Schichten dünnes, feines Glasgewebe mit Epoxidharz aufbringen. Nicht mit Polyester, das wird spröde. Beachte, daß die Glasgewebesichten auftragen, nimm lieber etwas vom Holz weg und feile so über, daß es nachher einen stufenlosen Übergang gibt.

Viel "öko-er" geht's auch so: Besorge extrafeines Glasgewebe (mind. so fein wie Bettlaken gewebt, zB. Flugmodellbedarf). Arbeite das Holz auf Originalmaß, lackiere das erste Mal. Sobald der Lack nicht mehr flüssig, aber noch sehr klebrig ist, Glasgewebe gleichmäßig in den Lack drücken - Lack durchtränkt es und klebt es fest. Die 2. und evtl. 3. Lackschicht füllt die Unebenheiten des Gewebes aus, wenn nötig zwischendurch schleifen, aber nicht das Gewebe verletzen! Zwar nicht so haltbar wie Chile-Kupfer bzw Gift-Epoxi, aber einfach zu machen und leicht zu reparieren, daher sehr zu empfehlen!

Befestigung des Repellers auf der Achse:



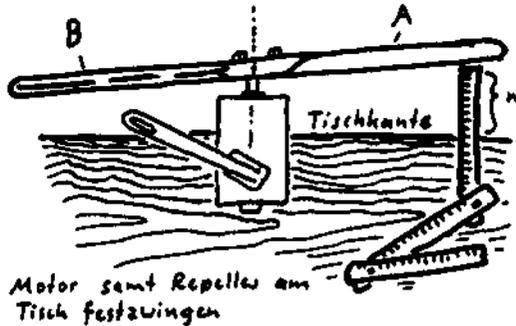
Das Lüfterrad war auf dem Gebläsemotor mit einer Mutter gesichert. Es saß aber fest auf dem glatten, dickeren Bereich der Achse. Eine sog. Paßfeder steckt in der Nut in der Achse und griff auch in eine Nut im Lüfterrad. Darum brauchen wir das Mittelteil des Lüfterrades zur Repellerbefestigung. Ist das Lüfterrad aus dickem Blech, sehr gut mit der Nabenbuchse verbunden, und im mittleren Bereich sogar eben, können wir es so abschneiden, daß an der Nabenbuchse eine Scheibe Blech bleibt, mit der wir den Repeller verschrauben.

Meist ist das Lüfterrad aber aus Plastik. Dann zerknacken wir das Plastik, so daß die Nabenbuchse aus Stahl übrigbleibt. In die Mitte des Repellers kommt ein genau senkrecht gebohrtes Loch, in das die Buchse stramm hineinpaßt und mit Uhu-plus o.ä. eingeklebt wird.

Die Anlaufhilfe, oder bei 3-Blatt-Repellern eine Scheibe aus dickem Blech, wird dann aufs Gewindeende gesteckt und mit der Mutter und evtl. Distanzscheiben befestigt. Anlaufhilfe bzw. Scheibe und Repeller untereinander werden mit 2 bzw. 3 Schrauben M 5 mit Gegenmutter verbunden.

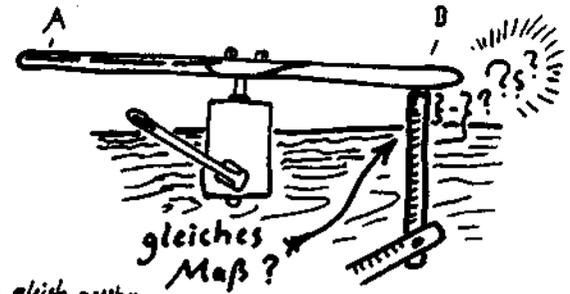
Noch viel besser wird die Nabe natürlich, wenn wir zu einem Schlosser gehen, der uns die Nabenbuchse auf das Anlaufhilfen-Blech hartlötet.

Der Repeller muß genau rechtwinklig zur Achse sitzen!! (sonst dynamische Unwucht, s. S. 12). Prüfen am einfachsten so:



Motor samt Repeller am Tisch festzwingen

messen, zum nächsten Blatt weiterdrehen, messen: Schief? Hab ich ja gleich gemerkt...



Wenn nötig: Repeller-Mittelloch etwas größer bohren, Repeller ans Blech anschrauben, jetzt Blech samt Repeller in Position biegen. Erst wenn's stimmt, Repeller nochmal ab, Klebe zwischen Repeller und Buchse, Repeller endgültig anschrauben.

Selbstgebaute Nabe

Andere Motore (zB. VW-Passat-Kühlergebläse) haben kein Gewinde auf der Achse, wir müssen uns eine Repellernabe selber bauen, schon eine kleine Edel-Schlosserarbeit. Es soll sehr genau werden, daher:

- sorgfältig anreißen (mit Stahlnadel und Lineal, nicht mit Bleistift).
- genau ankörnen, erst dünn vorbohren (2-3mm Ø), nicht gleich End-Ø.
- am besten im Bohrständler bohren. Teile mit kl. Schraubzwinde halten!

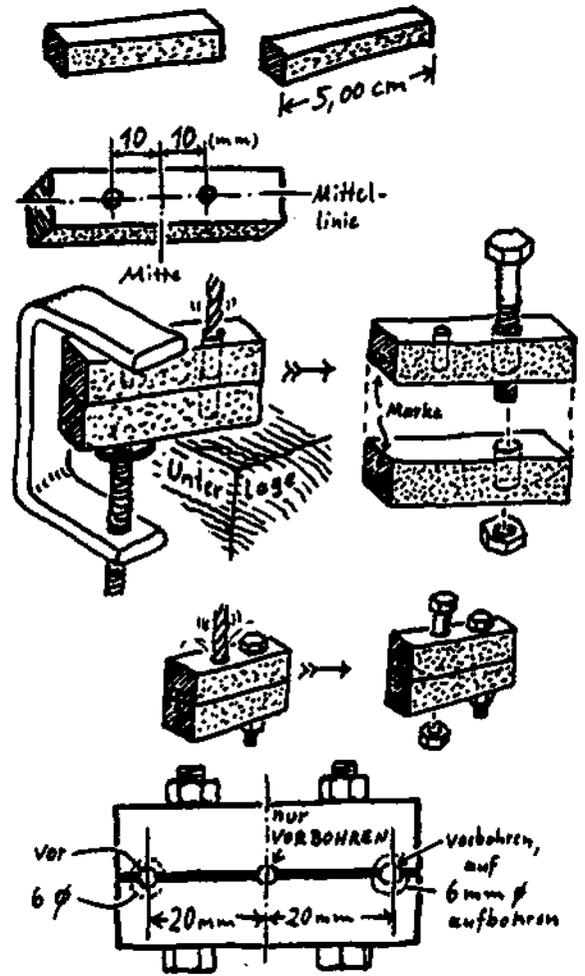
Material: 4-kant-Eisen 12x12mm, notfalls 10x10, genau gleich lang sägen/feilen.

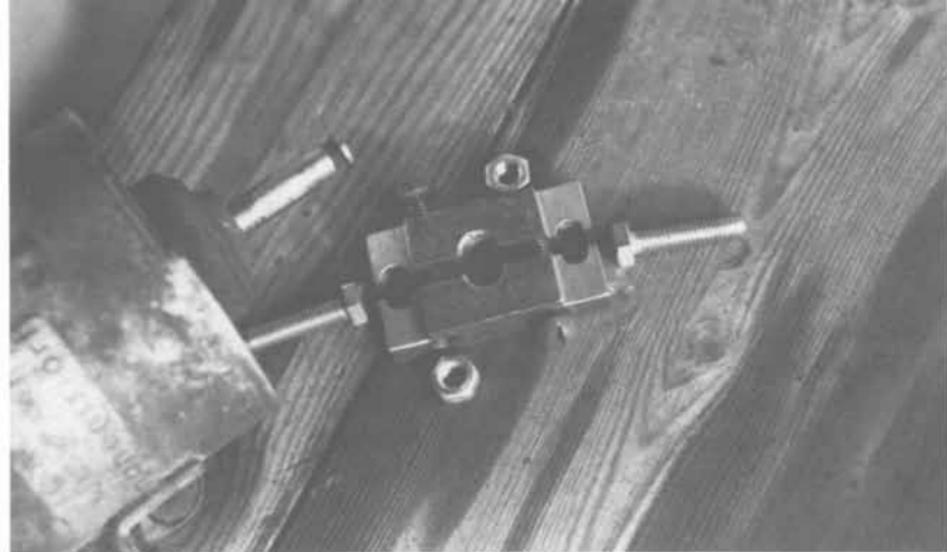
Löcher für Verbindungsschrauben bohren: Erst 1 Eisen vorbohren, Grat wegfeilen. Dann beide Eisen übereinanderspannen und ein Loch durchs erste Eisen hindurch ins zweite Eisen bohren.

Jetzt diese Löcher auf 6mm Ø aufbohren, Eisen wieder übereinanderlegen und mit Schraube M6 fest aufeinander schrauben.

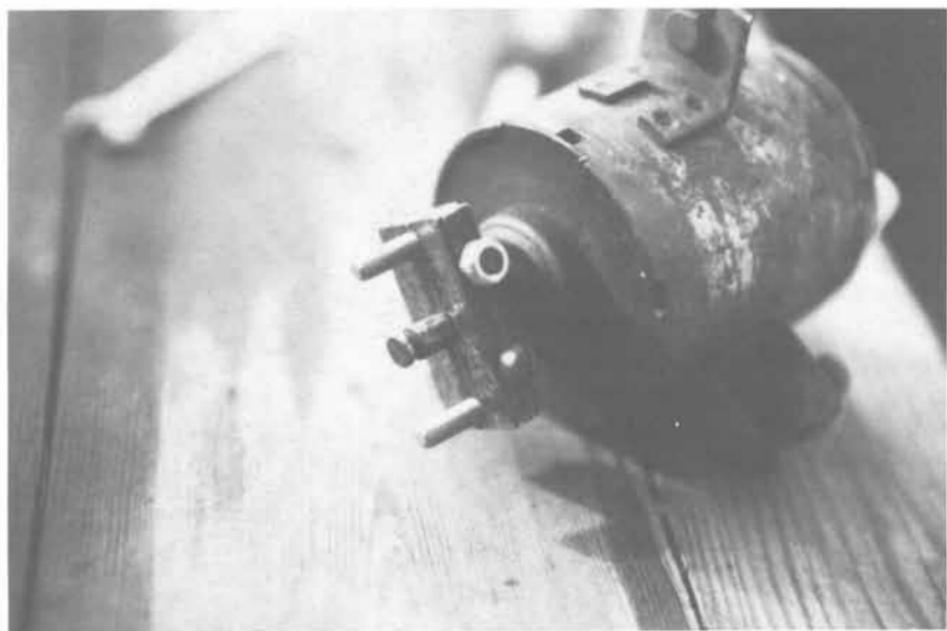
Nun kann das 2. Loch im 2. Eisen vor- und aufgebohrt werden, und die Löcher passen nachher garantiert übereinander! Schraube auch durchs 2. Loch, Lage der Eisen übereinander markieren.

Löcher für Generator-Achse und für Repellerbefestigung vorbohren: zusammengeschaubte Eisen genau in der Fuge ankörnen und bohren, Rep-bef-Löcher auch schon auf 6mm Ø aufbohren.





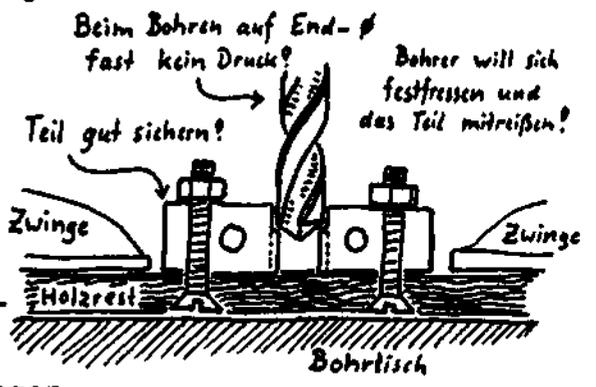
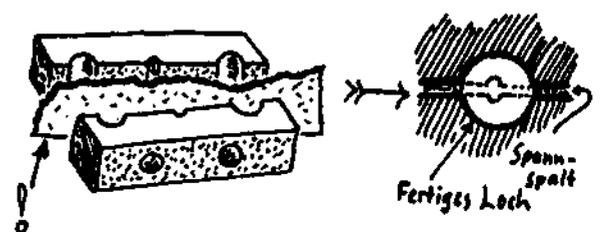
Nabe für einen Motor mit glatter Achse, zum Anschrauben bereit. Links und rechts liegen die Repeller-Befestigungsschrauben.



Nabe angeschraubt. Spanschrauben gegenseitig eingesetzt, sonst Unwucht. \square -Köpfe der Rep-bef-Schrauben sitzen nicht drehbar in den Aussparungen.

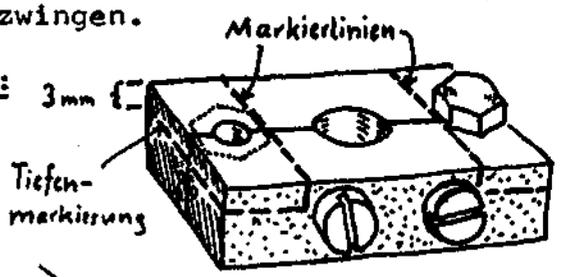
Loch für Generatorachse aufbohren:

Vorher Teile auseinanderschrauben, einen Streifen Postkartenpappe dazwischenlegen und wieder zusammenschrauben. Dadurch bleibt nach dem Bohren, wenn die Pappe draußen ist, ein kleiner Spalt, um den sich die Teile noch zusammenziehen lassen und so die Achse fest einklemmen. Damit's genau wird: nicht zu dicke Pappe nehmen (Bohrer läuft weg), erst 1 - 2 mm zu dünn bohren, dann auf End-Ø. Teil am besten mit 2 Senkkopfschrauben durch die Rep-bef-Löcher an beidseitig glatten Hartholzrest schrauben zum ordentlichen Festhalten, noch besser: am Bohrtisch festzwingen.

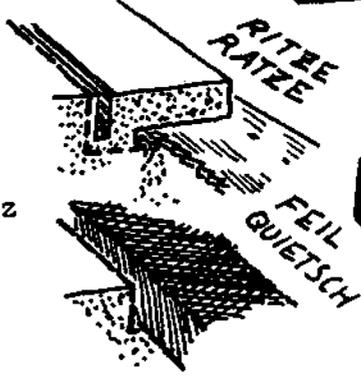


Mitdrehsicherung für Rep-bef-Schrauben:

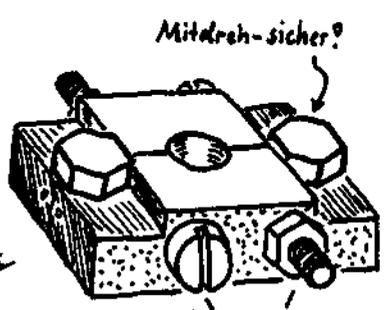
Eisen zusammenschrauben, Schrauben mit 6-kant-Kopf durch Rep-bef-Löcher stecken, markieren. Außerdem 3 mm Tiefe markieren.



Absatz aussägen, Striche müssen stehenbleiben. Dann genau auf den Strich ausfeilen.

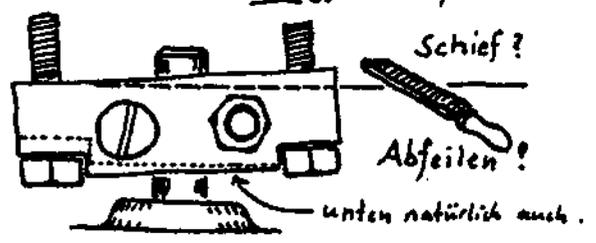


Die Schraubenköpfe sitzen im Absatz und können sich nicht mitdrehen! Fertig ist die Edel-Nabe.

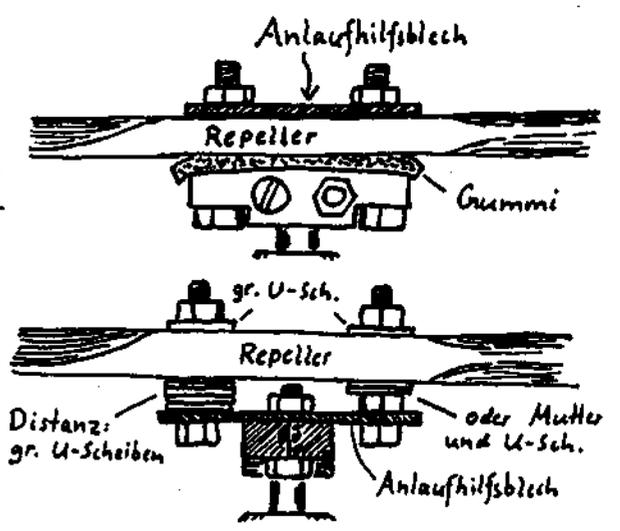


Und wenn sie schief geworden ist?

Keine Panik, wir können die Seite, wo der Repeller anliegt, so feilen, daß diese Fläche so rechtwinklig wie möglich zur Achse liegt. Die andere Seite müssen wir dann parallel dazu feilen, auch die Absätze mit, sonst wär' die Nabe ja an einer Seite dicker, Folge: Ungleichgewicht.



Die letzte Genauigkeit kriegen wir hin, wenn wir Gummi zwischen Nabe und Repeller legen und mit dem Anziehen der Schrauben mehr oder weniger zusammendrücken. Oder: mit den 2 Schrauben nur das Anlaufhilfeblech an die Nabe, mit 2 weiteren Schrauben nur den Repeller ans Blech schrauben, dann das Blech entsprechend zurechtbiegen.

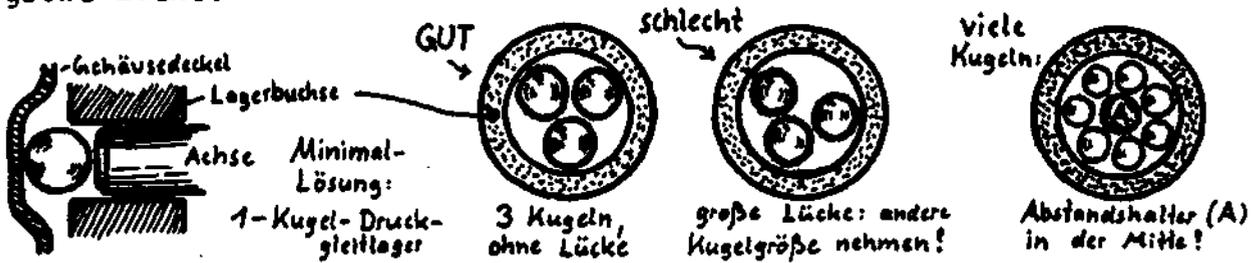


Drucklager gegen den Winddruck auf den Repeller

Die Lager der meisten Gebläsemotoren führen die Achse nur seitlich gut, fangen aber nicht den Schub ab, mit dem der Wind den Repeller samt Achse ins Gehäuse drückt. Unterlegscheiben nützen nur dann was, wenn sie zwischen Nabe und Lagerbuchse laufen.

Noch besser ist ein zusätzliches Kugellager, das wir im hinteren Gehäusedeckel einfach selbst basteln können.

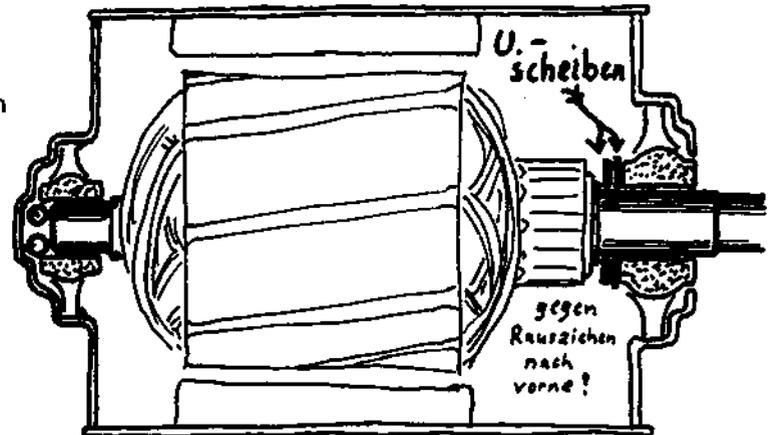
Nimm kleine Kugellagerkugeln (gibt's bei Fahrradhändlern oder in Pedallagern oder Freilauflagern vom Rennrad-Ritzelsatz im Schrott), fülle passende und so viele ins Lager, daß sich eine günstige Figur ergibt: Mindestens 2, besser 3 oder mehr Kugeln im Kreis, ohne große Lücke.



Bei mehr als 4 Kugeln sollte in die Mitte ein Abstandshalter, zB ein Scheibchen aus dem Schaft einer Holzschraube gesägt, damit sich keine Kugel aus dem Kreis in die Mitte mogeln und die Figur durcheinanderbringen kann.

Die Kugeln dürfen nicht so klein sein, daß sie fast zwischen Lagerbuchse und Gehäusedeckel verschwinden.

Wichtig: Verhindere mit Unterlegscheiben innen im Motor, daß man die Achse zu weit nach vorne rausziehen kann und die Kugelfigur durcheinanderpoltert.



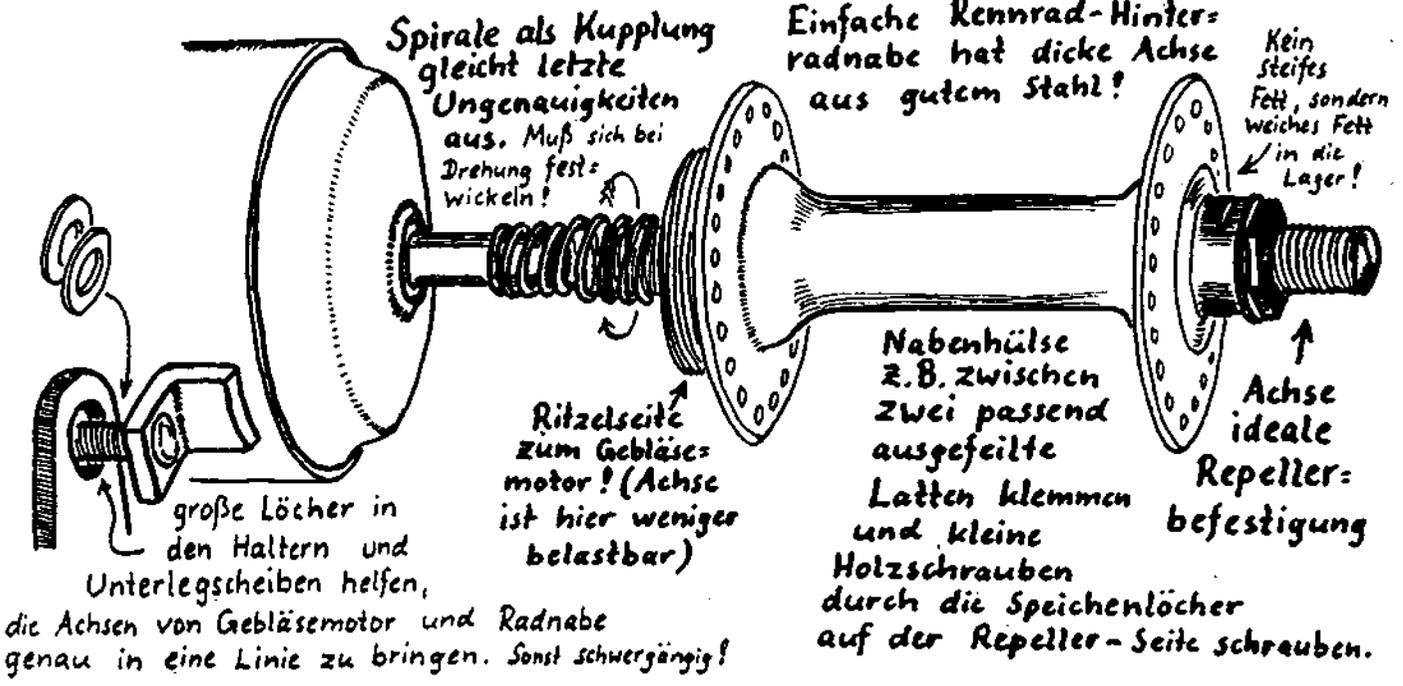
Obwohl die Kugeln auf dem ungehärteten Gehäusedeckel laufen, hat sich dieses Drucklagerchen prima bewährt. Wenn's paßt, reicht als Notlösung auch 1 große Kugel im Lager als Druckpunkt. Ordentlich fetten!

Weiteres zum Auseinander- und Zusammenbau des Motores s. S. 52, 59.

"Der rotierende Regenschutz"

Das vordere Lager kann bald abnutzen, wenn immer Regen rankommt und das Öl rauswäscht. Ähnlich wie der Flaschendeckel beim Dynamowindrad (S. 12) wirkt hier die gekürzte Konservendose, die mit auf die Nabe geschraubt wird.

Und wenn die Achse einfach zu dünn ist??? Tatsächlich sind Gebläsemotore mit über 8 mm Achs- ϕ echte Raritäten geworden. Außerdem sind heute meist noch Bohrungen oder tiefe Einkerbungen drin, die den Bruch vorprogrammieren. Dann muß der Repeller auf eine stabile Nabe, die alle Kräfte abfängt. Dicke Achse, Drucklager usw im Gebläsemotor sind dann überflüssig. So hat sich's bewährt:



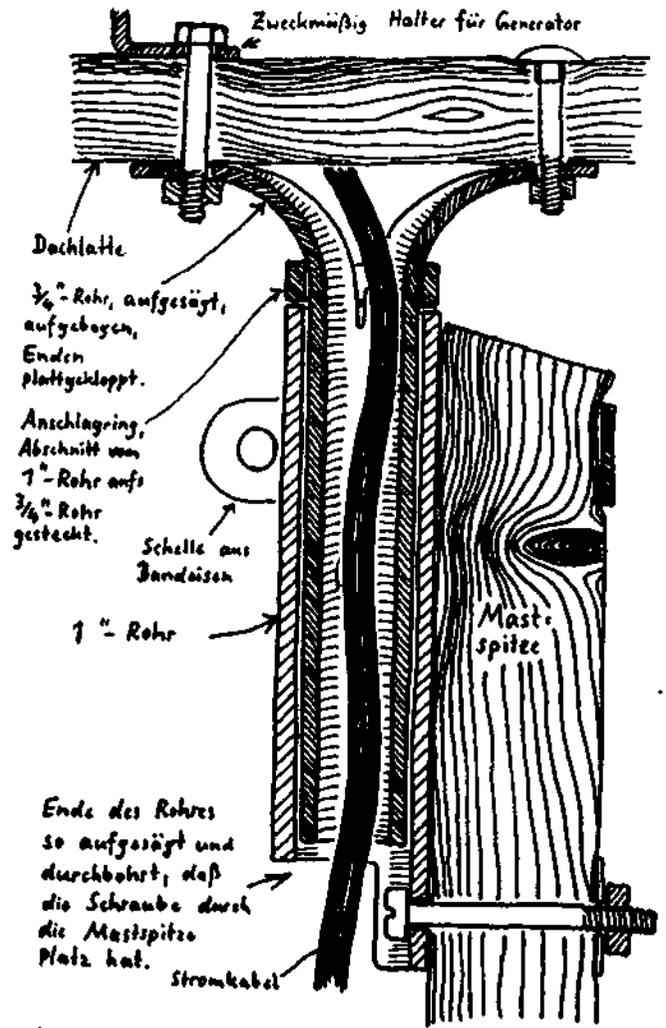
Das Mastdrehlager

Es besteht aus zwei Rohren, damit in der Mitte das Stromkabel und bei einer Ausführung mit Notbremse der Bowdenzug herabgeführt werden können und sie sich nicht um den Mast wickeln. Die Schnittzeichnung zeigt alle Details der Ausführung für ein Windrad ohne Sturmsicherung.

Das Mastdrehlager soll gerne ein etwas schwergängiges Gleitlager sein wie diese ineinandergesteckten Rohre, damit das Windrad nicht bei jeder minimalen Windrichtungsänderung hin- und herpendelt, denn dadurch liefe es unruhiger.

Als Schleifkontakt ginge ein kräftiger Bananenstecker mit Buchse für den einen Pol, der andere Pol liefe über die Mastlagerrohre. Ist aber nur an Standorten mit extremen Windwirbeln, die das ganze Windrad kreiseln lassen, sinnvoll.

Reibende Flächen (auch Stecker) gut fetten!



Die Sturmsicherung

Für diese kleinen Windräder ist eine Sturmsicherung nicht nötig, weil der Winddruck und die Fliehkräfte bei den kleinen Repellern in Grenzen bleiben. Eine schlechte Sturmsicherung (ruckartig wirkend!) kann sogar viel schädlicher sein als eine fehlende! Gut ist immer eine Einrichtung zum Stilllegen von Hand. Wenn wir hier mit Sturmsicherung bauen, dann vor allem zum Kennenlernen des Prinzips für größere Windräder.

Sturmsicherung, warum? Sie soll das Windrad dagegen schützen, daß zu hoher Winddruck es umkippt oder zu hohe Drehzahl den Repeller zerreißt. Gut wäre es, bei zu starkem Wind das Windrad nur so weit aus dem Wind zu nehmen, daß es noch mit voller Kraft weiterarbeiten kann, aber nicht mehr gefährdet ist. Erst wenn's bedenklich wird, soll das Windrad ganz stillgelegt werden, entweder aus der Windrichtung gedreht oder gebremst, am besten beides zugleich. Kurz: Die Sturmsicherung soll schon vorm "aus" allmählich wirksam werden.

Für die Wirkungsweise der Sturmsicherung ist wichtig: Sie darf das Windrad niemals ruckartig aus dem Wind drehen! Der schnell drehende Repeller hat enorme Kreiselkräfte in sich, die dann Lager oder Flügel zermürben oder gar die Achse durchbrechen könnten! Du spürst den Effekt, wenn Du ein ausgebautes Fahrrad-Rad an einem Achsstummel festhältst, es anwirfst und dann zur Seite zu schwenken versuchst.

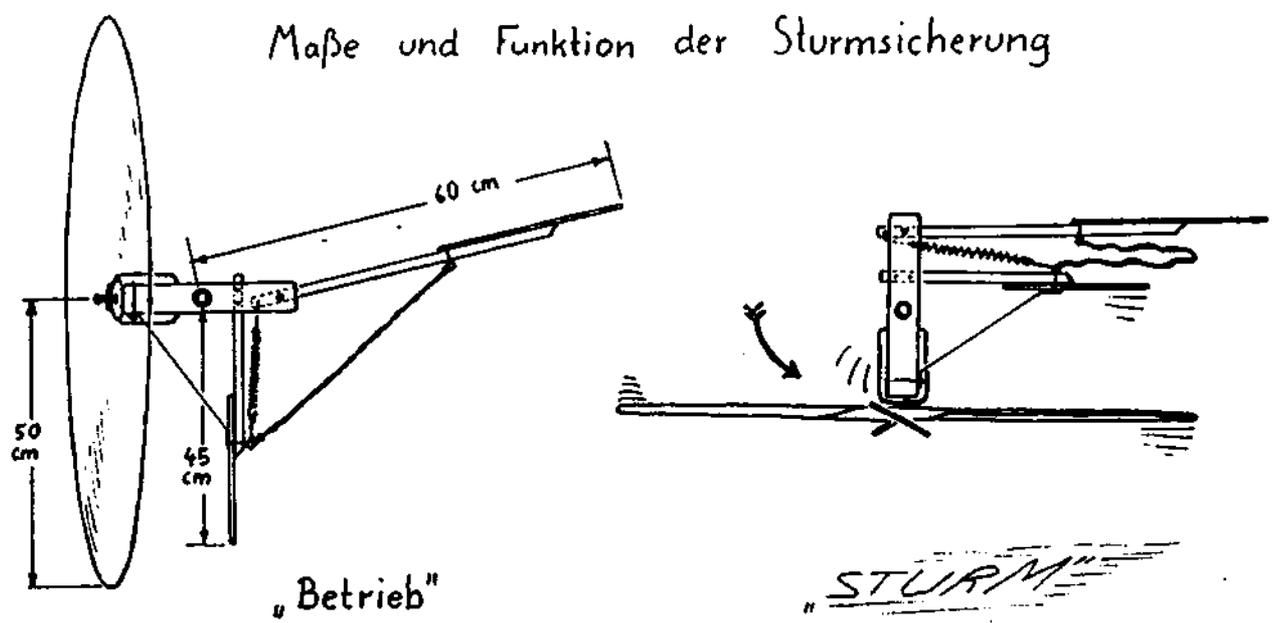
Mit dem Bremsen sieht es ähnlich aus: Bei einer Gewaltbremsung will der Schwung die Repellerblätter abbrechen! Also bremsen sachte.

Georg berechnete mal eine Großwindanlage. Warnendes Ergebnis: Erst 3 bis 4-fache Überdrehzahl ist so schlimm wie die Kreiselkräfte bei zu schnellem Rausschwenken. Daher dürfen bei der "Seitenfahnen - Sicherung" (S. 43-47) die Fahnen nicht zu groß sein (Wirkung plötzlicher Böen), bei größeren Windrädern sollte die Bewegung der Steuerfahne zB mit einem alten Auto-Stoßdämpfer gedämpft werden. Technisch besser ist da die "Helikopter-Sicherung" (S. 48), weil beim Hochkippen die Kreiselkräfte viel harmloser sind als beim seitlichen Schwenken.

Die Seitenfahnen - Sturmsicherung funktioniert so:

Die Steuerfahne wird nur von einer Feder in der Betriebsstellung gehalten, die Sturm- oder Seitenfahne seitlich am Windradrahmen ist aber fest angebracht. Der auf die Sturm- oder Seitenfahne treffende Wind will das Windrad immer aus dem Wind drehen. Um den Effekt auszugleichen, ist die Steuerfahne etwas schräg gestellt. Bei Sturm aber wird der Winddruck auf die Sturm- oder Seitenfahne so kräftig, daß sie das Windrad doch aus dem Wind dreht, weil die Zugfeder dann nachgibt und die Steuerfahne quer schwenken kann, parallel zur Sturm- oder Seitenfahne. Bei nachlassendem Wind klappt die Feder die Steuerfahne wieder in Betriebsstellung zurück. Damit sie nicht zu weit klappt, ist das Begrenzungsseil da. Als Hand-"Bremsen" kann man die Steuerfahne mit einem Bowdenzug in Sturmstellung ziehen.

Maße und Funktion der Sturmsicherung



Da alles von der Zugfeder abhängt, wähle keine zu starke Feder und spanne sie zunächst lieber viel zu lasch. Zum Regulieren dienen die Drahtstücke von der Feder zu den Ösen. Als Ösen nimm solche mit Gegenmutter, nicht bloß zum Einschrauben.

Das Begrenzungsseil (4) soll aus wetterfestem Material sein. Um den Ruck zu mildern, wenn es sich beim Ausklappen der Steuerfahne spannt, kann man noch eine Zugfeder einbauen.

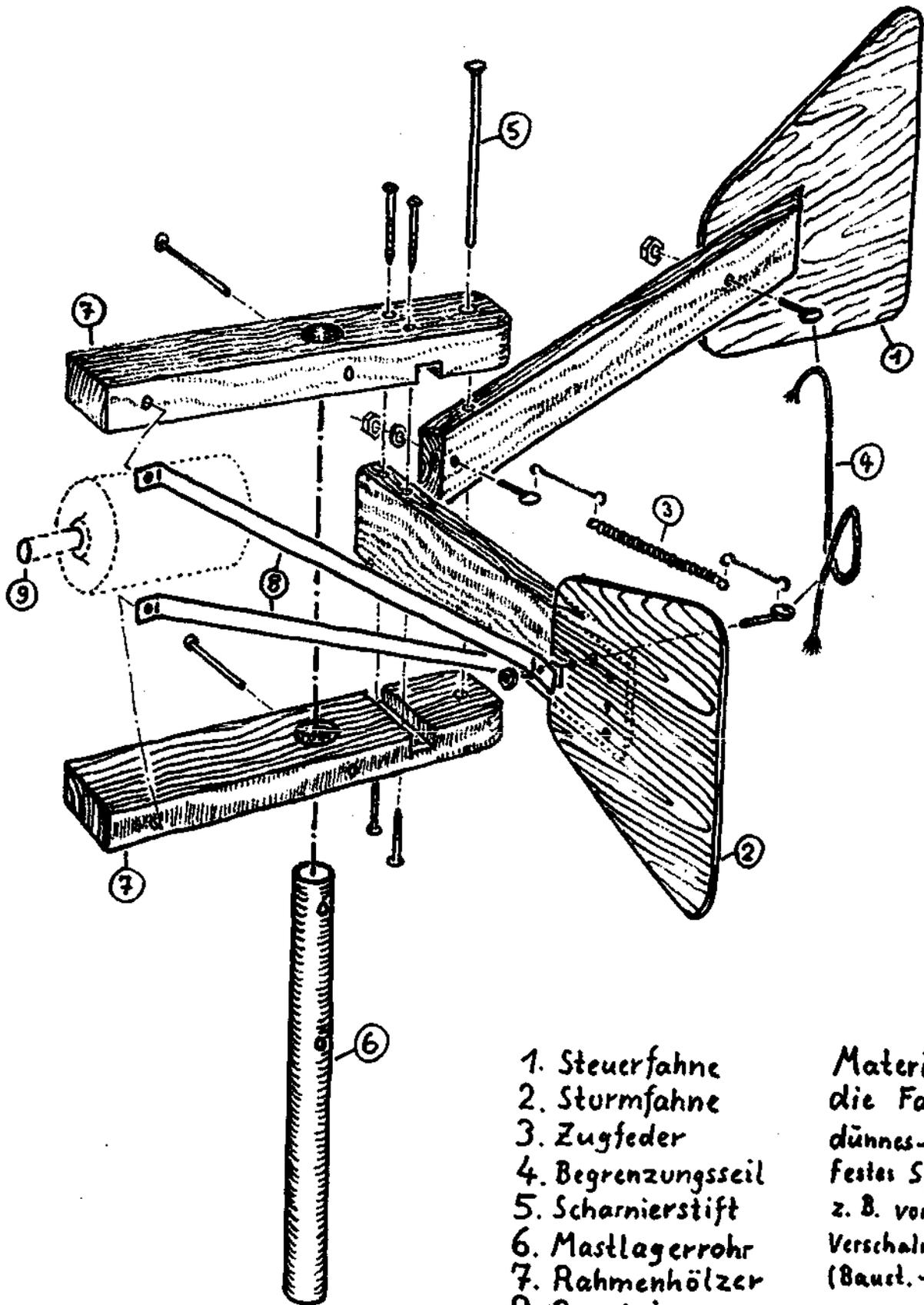
Als Scharnierstift (5) kann ein abgesägter großer Zimmermannsnagel dienen. Er soll fest in die Bohrung des Brettes von der Steuerfahne sitzen und drehbar in den Bohrungen der Rahmenhölzer.

Das Mastlagerrohr (3/4"-Rohr) verbindet beide Rahmenhölzer, indem es durch zwei stramm passende Bohrungen gesteckt wird. Quer durch Rahmenholz mit drinsteckendem Mastlagerrohr wird nochmals durchgebohrt und eine Schraube mit Gegenmutter oder ein zum Niet umfunktionierter Nagel gesteckt. Der Teil des Mastlagers am Mast bleibt wie bei "ohne Sturmsicherung". Sehr wichtig ist aber noch eine große Unterlegscheibe zwischen Windradrahmen und 1"-Rohr des Mastes.

Die Rahmenhölzer (7) haben Einschnitte, in denen das Brett von der Sturmflamme eingeklemmt und mit Holzschrauben gesichert wird. Superstabil wird das Ganze durch die Bandeisen (8).

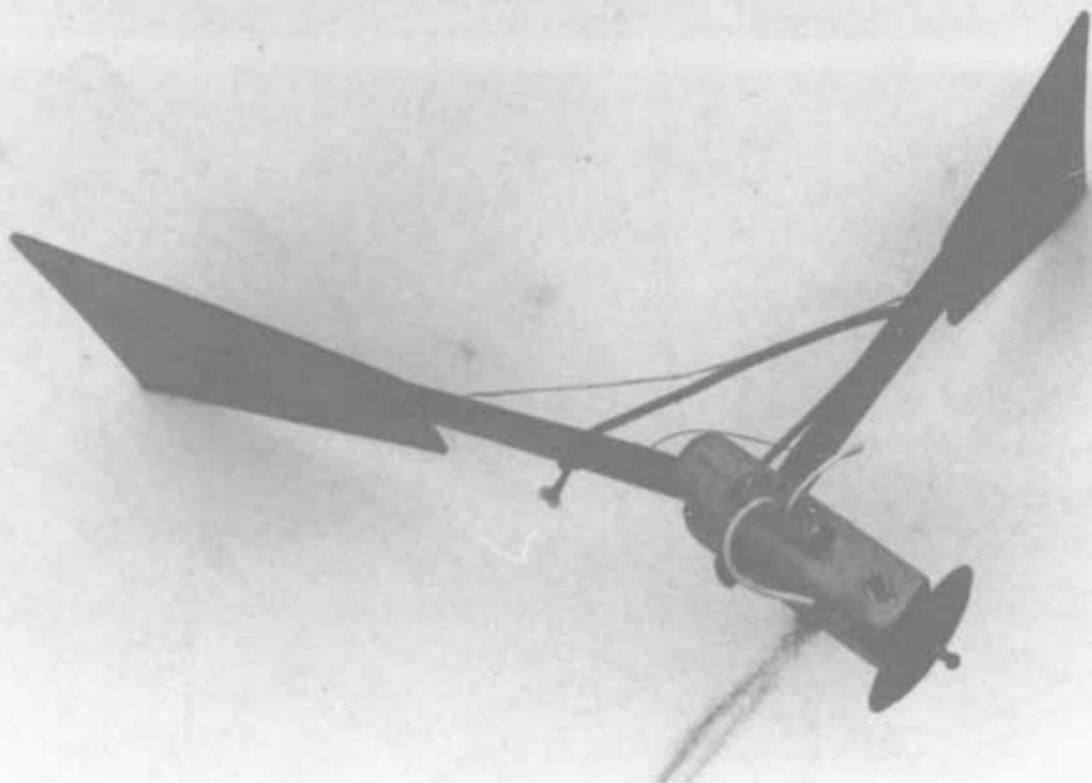
Da es sehr verschiedene Befestigungen an den Generatoren gibt, habe ich hier keine eingezeichnet, sondern nur angedeutet, daß er zwischen die Rahmenhölzer soll.

Explosionszeichnung vom Rahmen des Windrades mit Sturmsicherung.

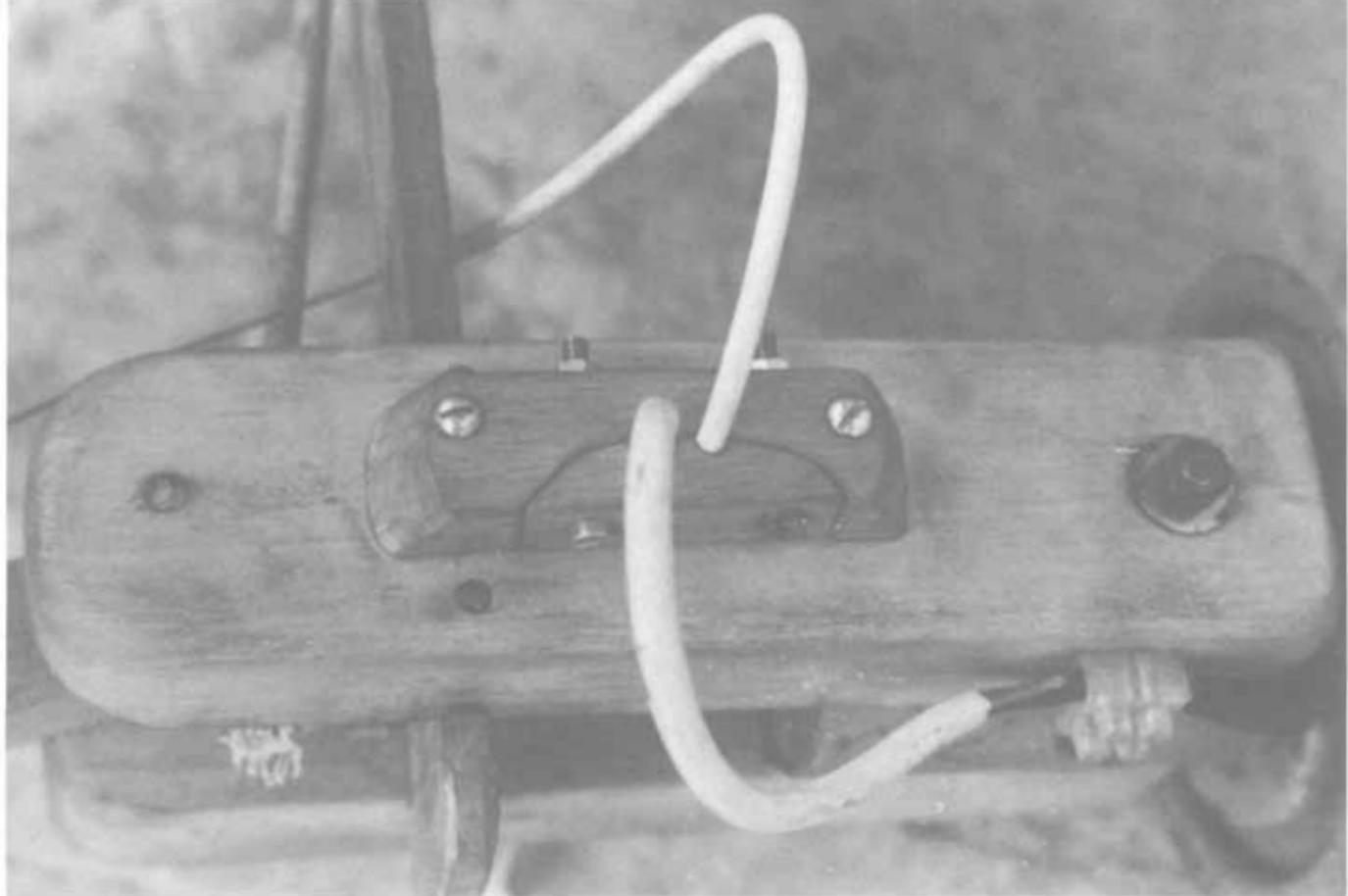


- 1. Steuerfahne
- 2. Sturmflügel
- 3. Zugfeder
- 4. Begrenzungsseil
- 5. Scharnierstift
- 6. Mastlagerrohr
- 7. Rahmenhölzer
- 8. Bandeisen
- 9. Generator

Material für die Fahnen:
 dünnes-wasserfestes Sperrholz,
 z. B. von Beton-Verschaltungen
 (Bauabfall)

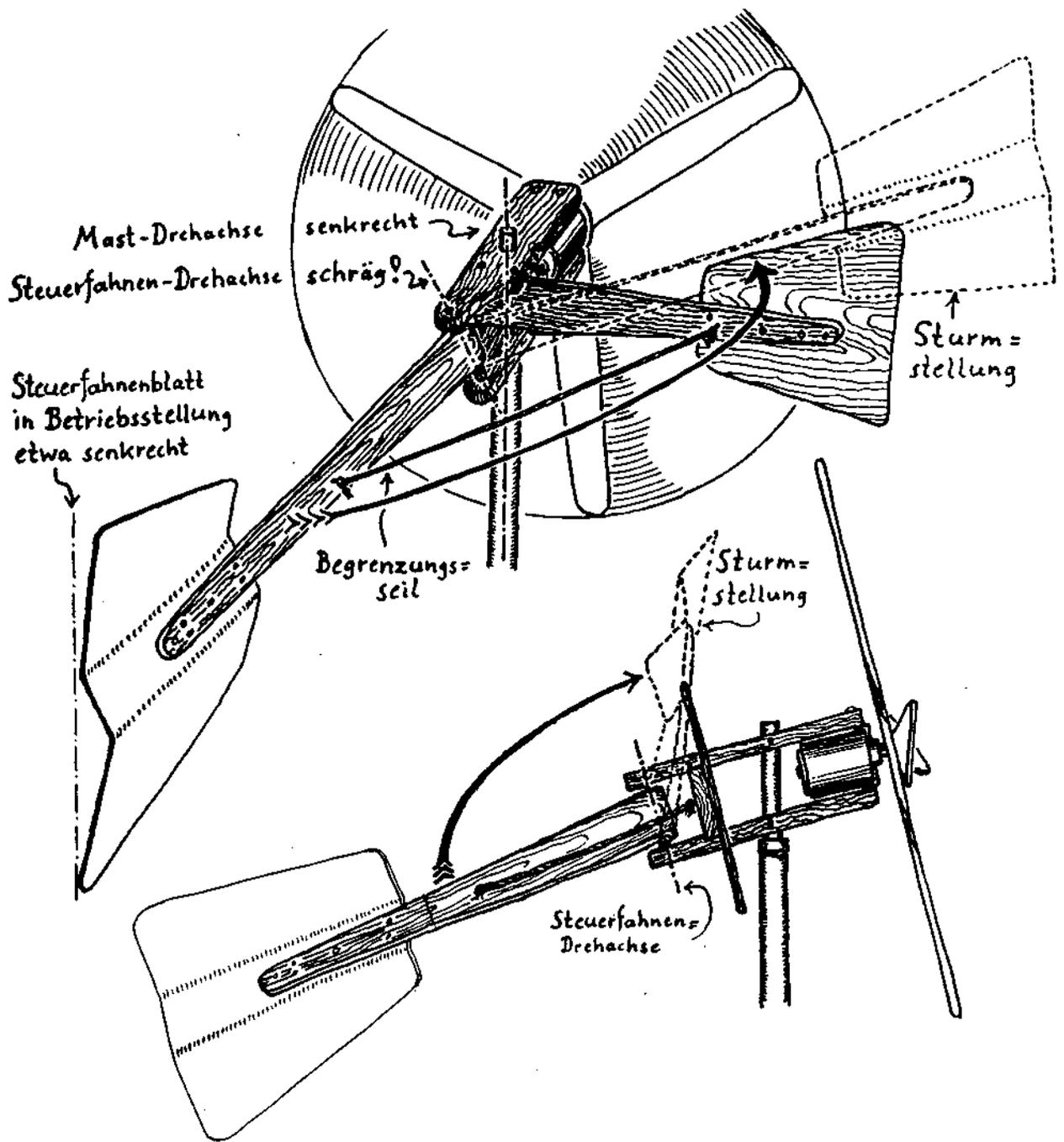


Rahmen mit Sturmsicherung von oben gesehen. Als Zugfeder dient hier ein Gummiseil. Das andere Ende des Gummiseiles dient als Begrenzungsseil. Ein dünnes zusätzliches Begrenzungsseil und ein Bremsbowdenzug sind auch noch dran



Interessantes Einzelteil: Bowdenzughülle und Kabel müssen gut festgehalten werden. Hier mit einem passend gebohrten und gesägtem Hartholzklötzchen.

47



Besonders einfach und zuverlässig: Sturmsicherung ohne Rückstellfeder!

Wir stellen die Drehachse der Steuerfahne (Scharnierstift 5) schräg, zur der Sturm- fahne entgegengesetzten Seite geneigt (obere Zeichnung) und auch etwas nach hinten geneigt (untere Z., sonst bleibt die Fahne in Sturmstellung stehen). Dadurch fällt die Steuerfahne durch ihr Eigengewicht in Betriebsstellung! Maße von Steuer- und Sturm- fahne lieber etwas länger als auf S.44. Rahmenhölzer (7) etwas aussparen (obere Z.), Distanzstücke zwischen Rahmen- und Steuerfahnenholz, damit die Fahne auch frei schräg klappen kann. Blatt der Steuerfahne aus Blech (Waschmaschine), so gebogen, daß es in Betriebsstellung etwa senkrecht steht, sonst hebt der Wind es zu früh hoch. Wichtig: Steuerfahne muß an Sturm- fahne anschlagen, kommt sonst in den Repellerdrehkreis! Die Empfindlichkeit der Sturmsicherung können wir durch die Schräglage des Scharniers und das Gewicht der Steuerfahne einstellen. Damit das Ganze nicht so komisch aussieht, neige ich gern den ganzen Windradrahmen etwas schräg nach hinten (untere Zeichnung).

Die Helikopter - Sicherung wird vom Winddruck auf den Repeller ausgelöst. Der Klapp-Punkt liegt tiefer als die Repellerachse, der Teil des Windrades vorm Klapp-Punkt hat (evtl. durch ein Zusatzgewicht) Übergewicht und hält das Windrad in Betriebsstellung. Bei Sturm ist der Winddruck auf den Repeller so stark, daß er das Windrad sozusagen über den Klapp-Punkt heben kann. Der Repeller steht dann waagrecht wie ein Hubschrauber-Rotor, daher der Name.

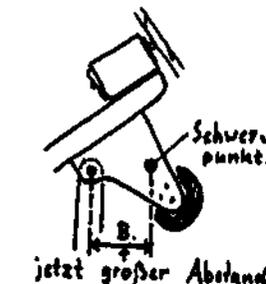
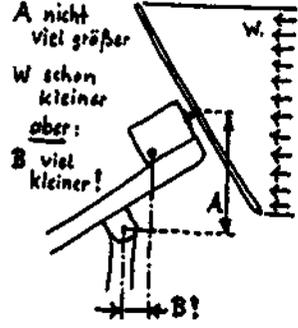
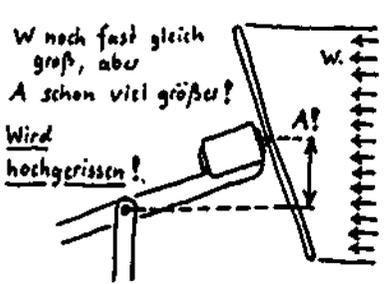
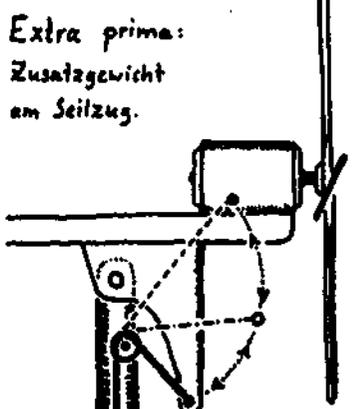
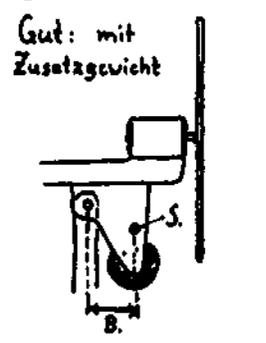
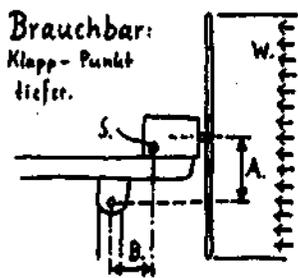
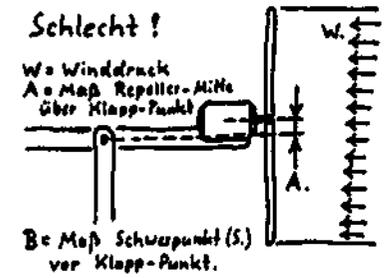
Vorteil: In Sturmstellung ist der Repeller für alle Windrichtungen aus dem Wind und läuft nicht (Gegensatz zur Seitenfahnen-Sich.) bei jeder Windänderung neu los. Folge: Kreiselkräfte nur einmal statt wiederholt!

Wichtig: Beim Hochklappen wird der Hebel, an dem der Winddruck wirkt, günstiger (der Repellermittelpunkt, Wirkungszentrum des Winddrucks, steigt höher über den Klapp-Punkt), während die Wirkung des Gegengewichts ungünstiger wird (Schwerpunkt wandert näher über den Klapp-Punkt). Allerdings verkleinert sich die Angriffsfläche für den Wind.

Liegen Klapp-Punkt, Repellermittelpunkt und Windrad-Schwerpunkt oder Ansatzpunkt eines Zusatzgewichtes ungünstig zueinander, könnte der Wind das Windrad mit einem Ruck hochreißen, sobald er es etwas anzuheben schafft! Günstige Anordnung vermindert den Hochreiß-Effekt, ein Zusatzgewicht, evtl am Seilzug, kann ihn ganz beseitigen.

Trotzdem bauen wir immer einen Stoßdämpfer ans Klappgelenk. Für diese kleinen Windräder gehen die von alten Waschmaschinen, für größere Windräder Auto-Stoßdämpfer. Für höchste Dämpfung füllen wir Fett statt des Dämpferöles ein. Zusätzlich sind Gummipuffer als Endanschläge sinnvoll.

Lassen wir ein Zusatzgewicht über einen Seilzug wirken, legen wir Seilangriffspunkt und Umlenkrolle so pfiffig, daß wir nicht nur den Hochreiß-effekt ausgleichen, sondern der Seilzug in Sturmstellung kaum noch wirkt. Dann bleibt das Windrad in Sturmstellung stehen, muß also von Hand (Ziehen am Seil) wieder in Betrieb genommen werden, und wir können es von Hand stilllegen, indem wir das Gewicht abhängen (das Übergewicht der Steuerfahne kippt es dann in Sturmstellung).



Seilzug-Wirkung:
 — Betrieb: gering
 - - - auf der Kippe: stark
 - - - Sturm: gering



Einfache Helikoptersicherung, Betriebsstellung. Anschlagpuffer: um Stoßdämpferstange gewickeltes Gummi, Draht drum. Winddruckschalter-Anschlag am Stoßdämpfer. Klappt in Sturmstellung weiter nach hinten u. schaltet ab, s. S. 61.



Sturmstellung. Schelle zur Befestigung des Stoßdämpfer-Gelenkes am Mastdrehlager-Rohr aus 2 Stückchen Vierkantrrohr mit zum Mdl.-Rohr passend halbrund gefeilten Aussparungen gebastelt.

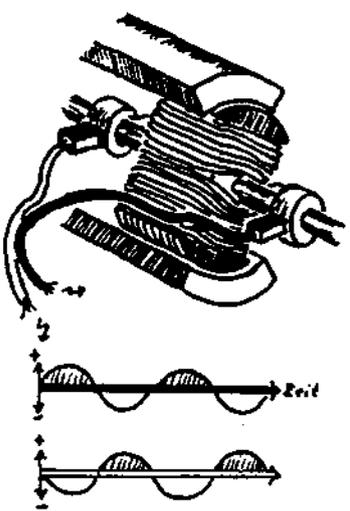
Der Autogebläsemotor als Generator

Eigentlich ist es falsch, so streng zwischen Motor und Generator zu unterscheiden, denn im Prinzip funktionieren beide als Motor und Generator. Die richtige Bezeichnung heißt "elektrische Maschine".

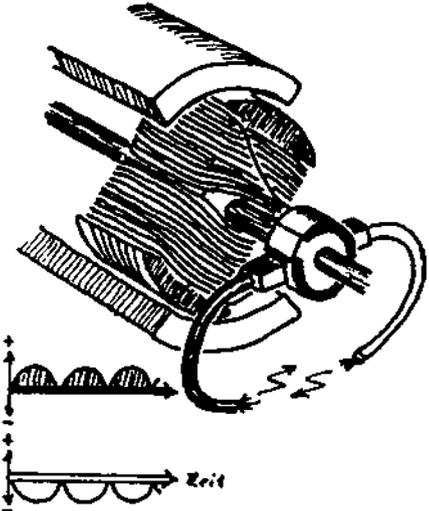
Auch ein Fahrraddynamo funktioniert als Motor, man muß nur Wechselstrom hineinschicken und ihn anwerfen.

Der Gleichstrommotor aus dem Autokühler ist ein sehr guter Generator, wenn man ihn antreibt, kommt Gleichstrom heraus. Warum kein Wechselstrom?

Das Prinzip der Stromerzeugung ist dasselbe wie beim Fahrraddynamo: Ein Draht wird durchs Magnetfeld bewegt, daher werden die Elektronen in eine Richtung getrieben. Beim Dynamo sind die Enden der Drahtwicklung an Schleifringen angeschlossen. Da der selbe Draht einmal von links nach rechts und nach einer halben Umdrehung von rechts nach links durchs Magnetfeld bewegt wird, ändert sich die Richtung des Stromes auch mit jeder halben Umdrehung. Wir haben Wechselstrom an den Schleifringen.



Wechselstrom-Generator
(alter Fahrraddynamo)
hat Schleifringe

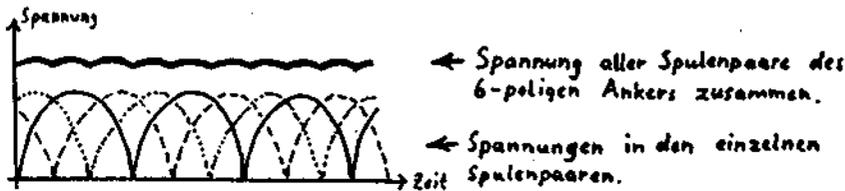


Gleichstrom-Generator
hat einen Kommutator
mit Lamellen

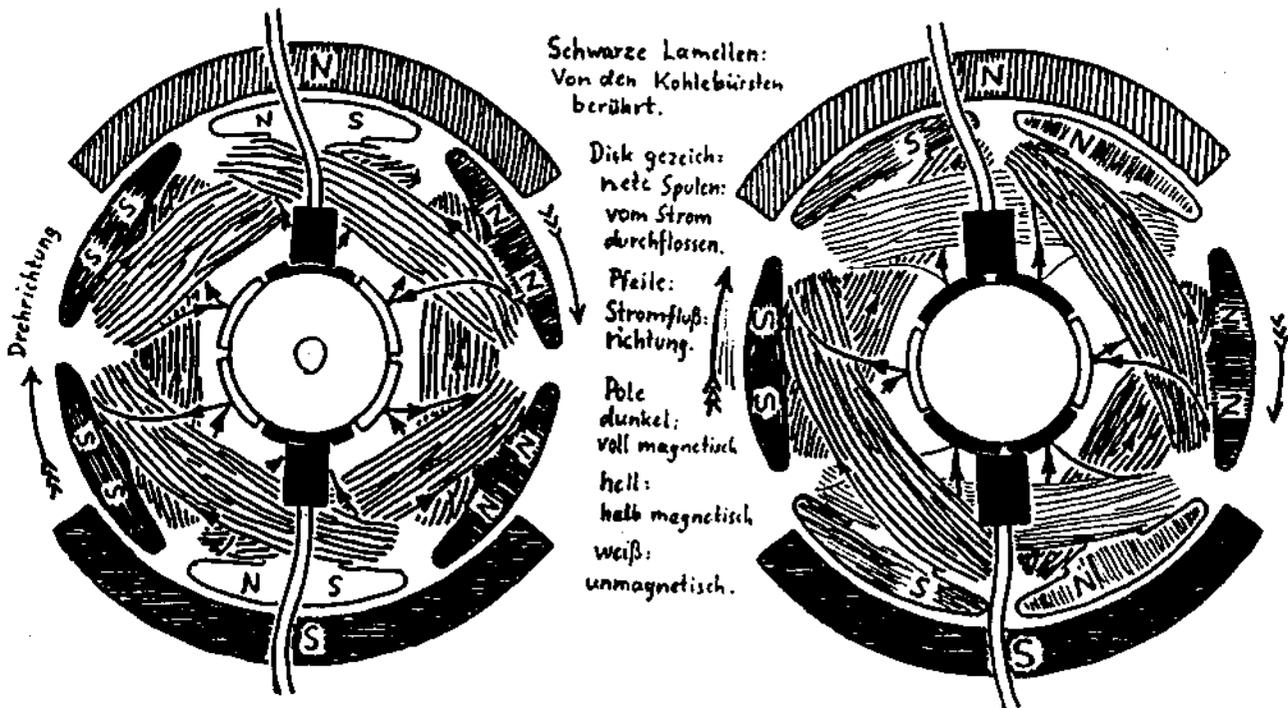
Bei der Gleichstrommaschine entsteht in der Wicklung auch Wechselstrom. Aber statt der Schleifringe haben wir einen Ring mit zwei halben Schleifringen, den Kommutator. An jeder Hälfte ist ein Ende der Wicklung angeschlossen. Bei jeder halben Umdrehung ändert sich die Stromrichtung in der Wicklung, wandert aber auch der andere Schleifring unter die Kohlebürste. Das macht die Umpolung des Stromes wieder rückgängig und wir bekommen pulsierenden Gleichstrom. Ebenso pulsierend ist der Kraftaufwand, um den Generator zu drehen, und ebenso ruckweise ist die Kraftabgabe, wenn man die Maschine als Motor betreibt.

Zwischen den beiden halben Schleifringen, den "Lamellen", ist eine mit Isolierung gefüllte Lücke, breiter als die Kohlebürsten, damit niemals eine Kohlebürste einen Kurzschluß zwischen den Lamellen verursacht. Wenn die Kohlebürsten gerade auf der Isolierung stehen, gibt die Maschine als Generator keinen Strom ab und läuft als Motor nicht an.

Um gleichmäßige Stromabgabe und gleichmäßigen Kraftaufwand beim Generator, oder gleichmäßige Kraftabgabe beim Motorbetrieb zu erreichen, baut man die Maschinen in der Praxis mit mehr Ankerpolen als Magnetpolen. Entsprechend viele Lamellen hat der Kommutator. Die sorgen dafür, daß stets die Spulen des Ankers angeschlossen sind, die gerade quer zu den Magnetpolen stehen, wo die höchste Spannung erzeugt bzw. Kraft entfaltet wird. Die Zeichnung zeigt den Verlauf der Spannung beim 6-poligen Anker im 2-poligen Magnetfeld. Sie pulsiert kaum noch. Mit dem Kraftaufwand bzw. der Kraftabgabe als Motor sieht es genau so aus.

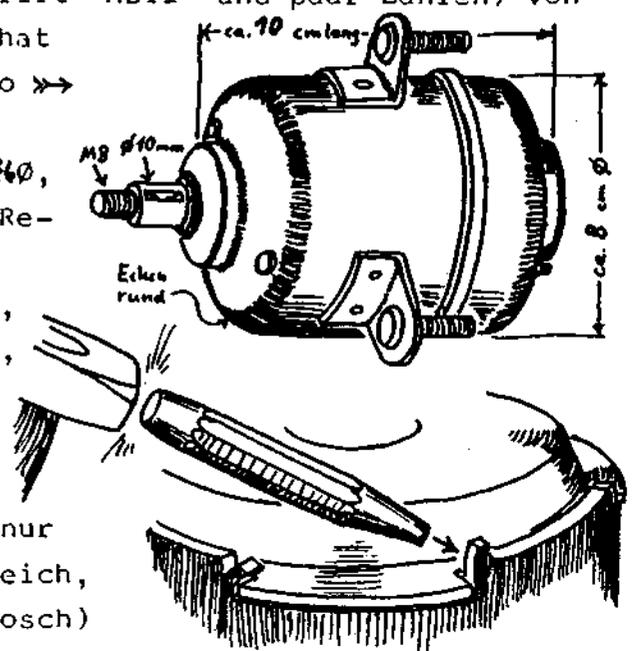


Die Zeichnung des zweipoligen Ankers neben der ersten des Wickels vom 6-poligen Anker zeigt, wie der 6-polige zu Anfang auch bloß 2-polig ist. Die Lücken zwischen den Lamellen können jetzt auch viel kleiner als die Kohlebürsten sein, weil zwischen den von den Kohlebürsten berührten Lamellen stets noch andere Lücken sind.



Woran ist ein geeigneter Motor zu erkennen ?

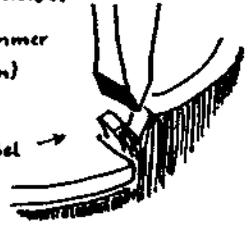
Bei den vielen Automarken, Baujahren und Zulieferfirmen ist es unmöglich zu sagen, wo es garantiert gute Motore gibt. Die beste Sorte war bisher der Kühlergebläsemotor (Aufschrift "ASTI" und paar Zahlen) von nicht ganz neuen Fiat-1300-Modellen, hat geschraubtes Gehäuse, Maße und Form so \gg Achs- \varnothing 10 mm, im Lager sogar 12 mm. Original-Windungszahl 22 pro Spule, 0,7 \varnothing , umgewickelt für 12 V bei 1m \varnothing -2-Blatt-Repeller: 110 Windungen 0,4 \varnothing pro Spule. Der Fiat 1300 ist selten aufm Schrott, aber die Kühlergebläsemotore von Audi, VW-Passat und VW-Golf sind auch recht brauchbar. Original-Windungszahl 17, 0,7 \varnothing pro Spule, umgewickelt 100, 0,4 \varnothing . Ärgerlich: Gehäuse zugenetet, Achse nur 8 mm \varnothing , und vor allem: Nicht immer gleich, ich hatte mal einen Reinform (Marke Bosch) mit ca. 1 mm dicken Ankerblechen !



Genietetes Gehäuse.

Öffnen mit Hammer und Stößel (oben)

Verschließen mit Hammer und Meißel \rightarrow

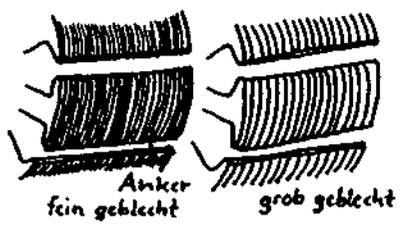


Besser als diese Hinweise sind Merkmale, die für sämtliche Motore gelten:

- Von außen sichtbar: - nicht zu klein
 - dicke Achse
 - Gehäuse geschraubt.

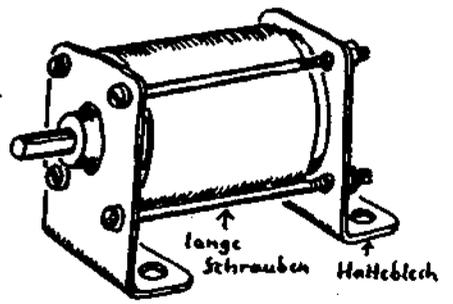
Erst bei genauer Prüfung zu erkennen:

- Leichtgängig (Lager vorher ölen und s.S.59)
- Anker fein geblecht (Bleche ca. 0,5 mm dick) \gg
- Nicht umgewickelt am Windrad mind. 2-3 Volt.



Genietete Gehäuse gehen auf, aber nicht wieder sicher zu, da hilft ein Halter aus 2 dicken Blechen, der den Motor zusammenhält und auch \gg gut am Windrad zu befestigen ist.

Wenn eine 8-mm-Achse aus hartem Stahl ist, geht sie bedenkenlos auch für 1m Repeller- \varnothing .



Leichtgängigkeitsprüfung: Kohlebürsten ausbauen, Wicklung entfernen, falls schadhaft, Lager ölen und richten (S.59), muß jetzt mit Repeller leicht anlaufen! Falls nicht, kann es nur an Wirbelströmen in den Ankerblechen liegen (je dicker, umso schlimmer), diese Schwergängigkeit ist nicht zu beseitigen.

Das Umwickeln des Gebläsemotors

Diese Motore sind für hohe Drehzahlen gemacht. Umverändert als Generator betrieben erreichen sie auch erst bei hohen Drehzahlen 12 Volt. Bei Windraddrehzahlen kämen nur 2 oder 3 Volt heraus, allerdings hohe Stromstärken, damit könnte man einige parallelgeschaltete Akkuzellen laden. Da die Leitungsverluste bei so niedrigen Spannungen die Stromstärke wieder zunichte machen, ist es praktischer, den Anker so umzuwickeln, daß schon bei Windrad-Drehzahlen 6 oder gar 12 Volt herauskommen.

Im Prinzip gilt das gleiche wie beim Umwickeln von Dynamos: Die entstehende Spannung ist bei gleichen sonstigen Bedingungen (Drehzahl, Magnetfeld usw.) direkt abhängig von der Windungszahl, d.h. doppelte Windungszahl bringt doppelte Spannung.

Wie sehr Du die Windungszahl speziell bei Deinem Windrad erhöhen mußt, kannst Du selbst messen. Betreibe das Windrad mit dem Original-Motor und miß die Leerlauf-Spannung, die entsteht, wenn es zuverlässig anläuft, z.B. bei 5 m/sek. Windgeschwindigkeit. Die Windungszahl mußt Du um den selben Faktor vervielfachen, mit dem Du die tatsächliche Spannung malnehmen mußt, um die gewünschte Spannung zu erreichen. Es sind z.B. 3 Volt. Für 12 Volt mußt Du die Zahl mindestens vervierfachen, denn $12=3 \times 4$. Besser noch einige Windungen mehr, aber pro Spule immer die gleiche Zahl. Je nach Motortyp und Repeller- \emptyset wirst Du für 12 V 4-, 5- oder 6-fach wickeln. Das Umwickeln selbst kann nicht mißlingen, wenn Du Dir beim Abwickeln genau aufzeichnest, wie die alten Spulen gewickelt waren und vor allem, mit welchen Lamellen sie verbunden waren. Dabei zähle die Original-Windungszahl, die Du fürs Umwickeln entsprechend vervielfachst.

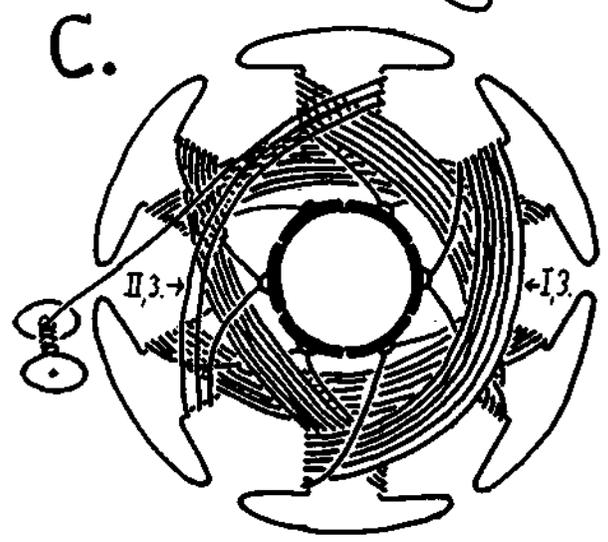
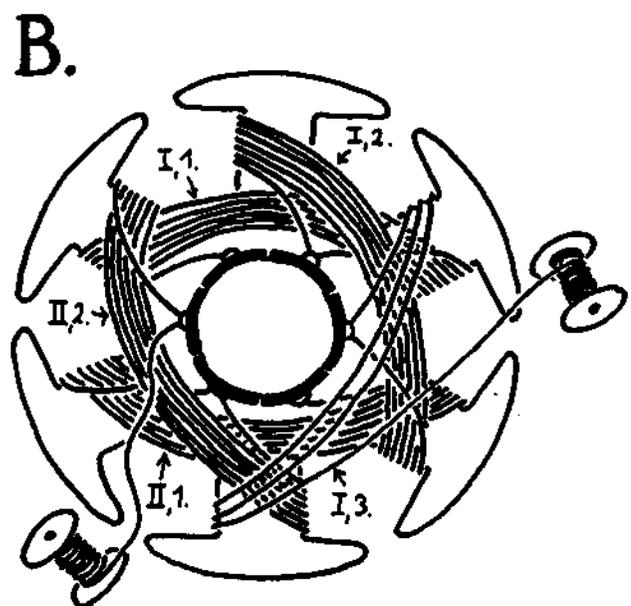
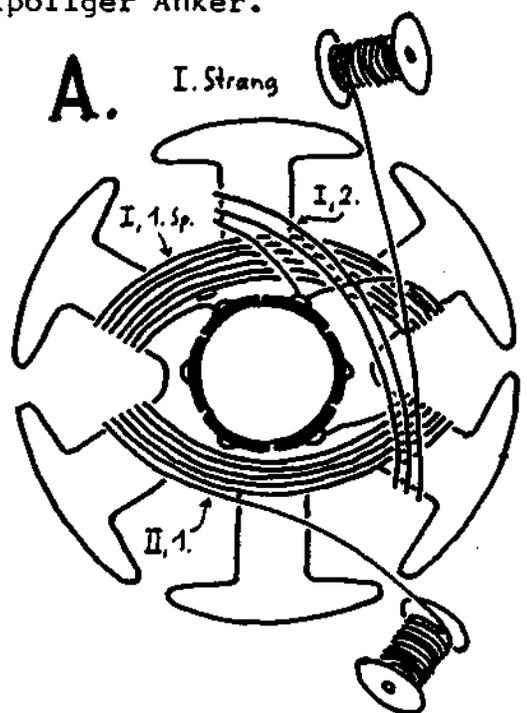
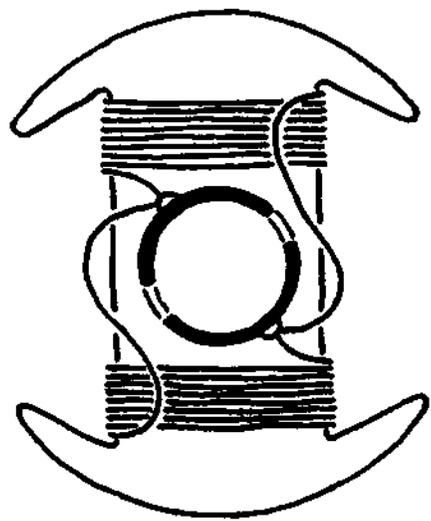
Miß auch die Original-Drahtlänge, damit Du einen Anhaltswert zum Errechnen des neu benötigten Drahtes hast.

Der neue Draht muß dünner sein als der Originaldraht. Er braucht z.B. für 4-fache Windungszahl aber nicht $1/4$ Querschnitt haben, weil die Nuten im Anker fabrikmäßig nur unvollständig gefüllt waren. Vollständig gefüllte Nuten verbessern aber den Wirkungsgrad, und daher prüfe zuerst mit kleinen Stückchen, wieviel Originaldraht tatsächlich problemlos hineinpaßt.

Achtung: in einer Nut sind stets die Drähte zweier Spulen! Wenn jetzt z.B. doppelt so viel wie original hineinpaßt, brauchst Du für 4-fache Windungszahl nur halben, nicht viertel Querschnitt.

Welchen Durchmesser der neue Draht haben muß, kannst Du dann nach dem Durchmesser des Originaldrahtes berechnen, z.B.: Originaldraht 0,6 mm \emptyset , Querschnittszahl (keine Maßeinheit!) $6 \times 6 = 36$. Halber Querschnitt nötig, Querschnittszahl 18. $4,2 \times 4,2 = 17,64$. Durchmesser des neuen Drahtes also 0,42 mm oder auch 0,4 mm. Den Kupferlackdraht bekommst Du am besten in einer Ankerwickerei.

Obwohl die meisten Anker 10- bis 12-polig sind, hier Zeichnungen vom Wickeln eines 6-poligen Gleichstrom-Ankers (ist schon unübersichtlich genug). Zum Vergleich links oben ein zweipoliger Anker.



- A: Oben erste Spule des einen Stranges fertig, zweite (oben rechts) angefangen. Unten erste Spule des anderen Stranges fertig, muß jetzt an die Lamelle unten links geschlossen werden. Wichtig: Über die zu den Lamellen führenden Drahtstücke Isolierschlauch ziehen!
- B: Strang I erste und zweite Spule fertig (oben/oben rechts), 3. Spule angefangen (unten rechts). Strang II Spule 1 u. 2 fertig (unten/li.)
- C. Strang I alle drei Spulen fertig und angeschlossen (oben, oben re., unten rechts), das Ende der 3. Spule kommt an die Lamelle mit dem Anfang der 1. Spule des anderen Stranges. Strang II Spule 1 und 2 fertig (unten/unten links), 3. Spule in Arbeit (oben links).

Bei mehrpoligen Ankeren hilft Aufzeichnen mit Buntstift, um die Übersicht zu behalten.

Vorbereitungen am Anker: Meistens hat das Blechpaket der Anker in den Nuten einen Isolierüberzug aus Plastik. Dieser muß unbeschädigt sein. Schäden bessere mit einem Tropfen Uhu-plus o.ä. aus. Vorstehende scharfe Kanten von Lackresten in den Nuten kratze oder feile ab. Zum Wickeln ist dann weiter nichts zu beachten als Deine Wickelskizzen und daß sich die Drähte in den Nuten nicht zu oft kreuzen - Platzverschwendung.

Hat der Anker keinen Isolierüberzug, mußt Du Isolierstreifen einlegen, die etwas länger als die Nuten sein müssen, damit sie die besonders gefährliche Kante des Blechpaketes abdecken. Berührt eine nicht isolierte Kante des Ankers den Kupferlackdraht, kratzt sie dort garantiert den Lack durch, schon haben wir den Kurzschluß und der Anker brennt durch. Ein nicht sehr fachgerechtes, aber durchaus geeignetes Material für Isolierstreifen ist Milchtütenpappe. Zum Wickeln beachte dann neben Deinen Wickelskizzen noch die Zeichnungen hier. Der zweite Isolierstreifen in der mittleren Zeichnung ist nur bei Super-Edel-Hochspannungsausführungen nötig, sonst reicht der erste Streifen für die ganze Wicklung.



Beide Wicklungen fertig, Verschlußstreifen eingelegt, Wicklung einmal abgebunden.



Verschlußstreifen zugefaltet, Wicklung zum zweiten Mal abgebunden. Nut mit Halbrundholz verschlossen.

Bewickeln und Verschließen einer Nut bei Blechpaketen
← mit und ohne

Isolier = überzug. ↓



Erster Isolierstreifen eingelegt, erste Wicklung in der Nut.

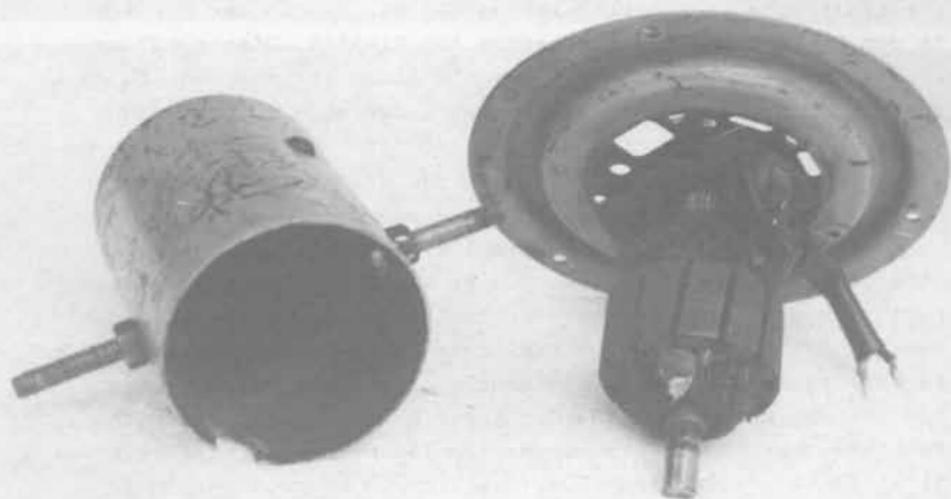


Zweiter Isolierstreifen eingelegt, zweite Wicklung in der Nut.

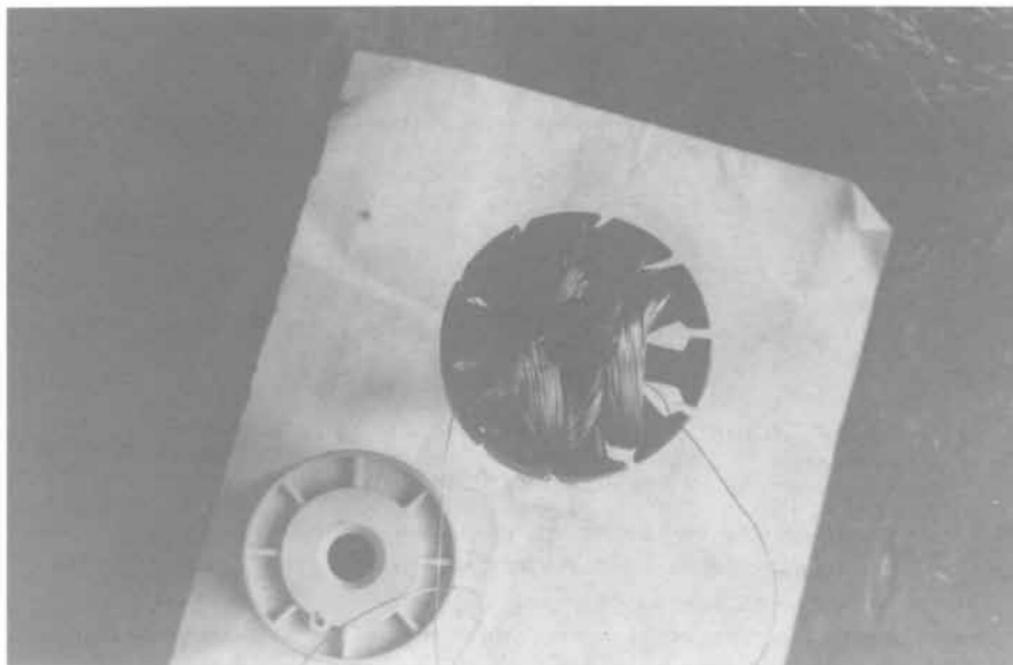


Wicklung abgebunden, Nut mit Halbrundholz verschlossen.

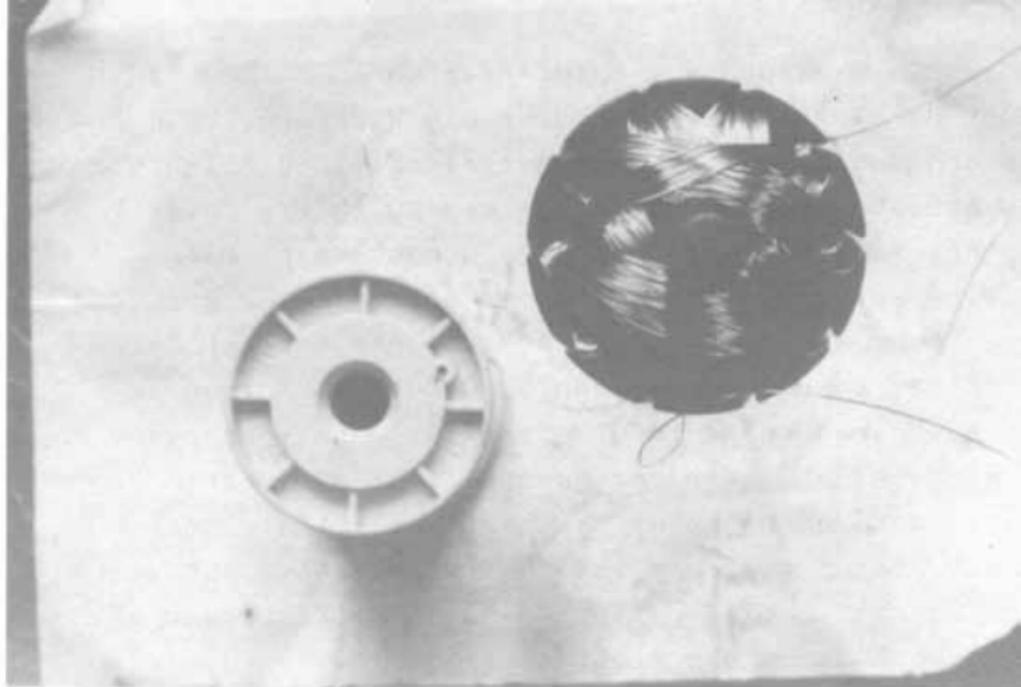
Jedes Mal, wenn Du den Draht an eine Lamelle anschließen mußt, kratze den Lack vorher an der richtigen Stelle des Drahtes ringsherum ab und löte ihn an die Lamelle. Nachher kommst Du dann kaum mehr heran, und wir wollen die Drähte nicht nur wie fabrikmäßig festpressen, sondern zusätzlich verlöten, um einen sichern Kontakt herzustellen.



Ein Auto-Heizungs-Gebläsemotor, aufgeschraubt. Links das Gehäuse mit 2 Dauermagneten. Die Schrauben sind selbst hineingebastelt zur Befestigung am Rahmen. Rechts der Anker, Kommutator, Kohlebürstenhalter, Gehäusedeckel



10-poliger Anker, 2 Spulenpaare fertig gewickelt.



4. Spulenpaar fertig, 5. angefangen (oben)



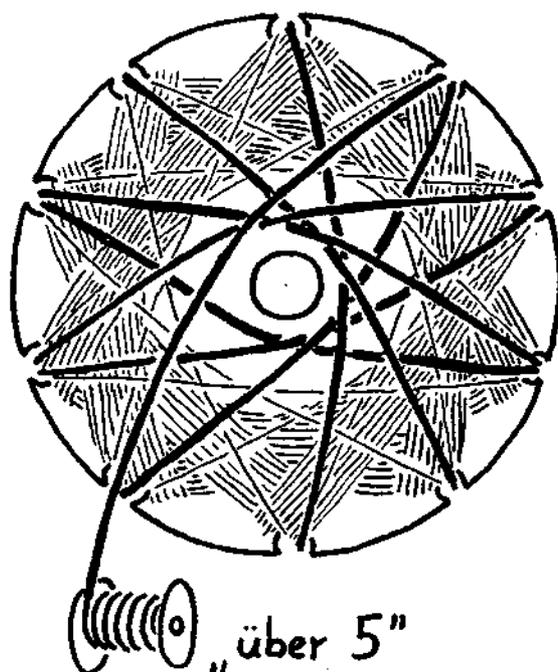
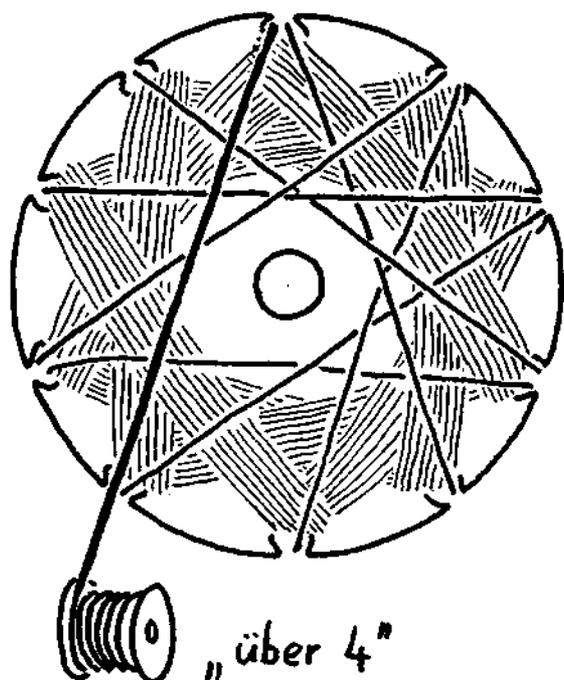
Anker fertig gewickelt und gebunden

Sichern der fertigen Wicklung

Die Wicklung ist auf dem sich drehenden Anker der Fliehkraft ausgesetzt, die sie aus den Nuten reißt, und der Magnetkraft, die lose Drähte so lange aneinander reibt, bis ein Kurzschluß da ist.

Darum binden wir die Wicklung ab. Beim Anker ohne Isolierung falte die Ränder der Isolierstreifen über die Wicklung, beim Anker mit Isolierung lege einen Verschlußstreifen (auch Milchtütenpappe) in jede Nut. Dann binde mit kräftigem Zwirn wie folgt: Die Spulen des Ankers sind z.B. über 3 Pole gewickelt. Dann gehe mit dem Zwirn auf der einen Seite des Ankers immer über 4 Pole (also einer mehr als die Spulen) und auf der anderen Seite über 5. Binde stets sehr stramm. Wenn Du wieder am Anfang angekommen bist, falte den Verschlußstreifen zu, wenn vorhanden, und binde zum zweiten Mal, aber vertausche dabei die Seiten des Ankers, so daß in unserem Beispiel nachher jede Seite einmal über 4 und einmal über 5 gebunden ist. Das dichte Netz aus Zwirn hält alles gut zusammen. Bei der fabrikmäßigen Wicklung war all das nicht nötig, weil der dicke Draht steifer ist.

Für besonders schnellaufende Anker, z.B. von Staubsaugern, Bohrmaschinen usw. müssen die Nuten noch fest verschlossen werden, z.B. mit passend gemachten Hartholzstiften. Bei unserem Anker ist das nicht unbedingt nötig, weil er selten über 2000 Umdrehungen machen wird.



Beispiel:

Abbinden eines 10-pol. Ankers, dessen Spulen über je 3 Pole gehen.

Ganz zum Schluß tränke den Anker noch in Bootsack oder alter Farbe, damit die Drähte miteinander verkleben. Den allerbesten Schutz jedoch bringt es, wenn Du den Anker in der Ankerwickelerei, bei der Du den Draht bekamst, mit dem dort verwendeten Harz tränken läßt. Die Leute werden sich auch freuen, zu sehen, was aus ihrem Draht geworden ist. Und teurer wird's bestimmt nicht.

Hinweise zum Zusammenbauen der umgewickelten Maschine

Jetzt kommt man noch gut an die Lager heran, drum sollten wir sie gründlich ölen. Für einen Ölvorrat ist meistens ein Filz rings um die Lagerbuchsen eingebaut, den tränken wir anständig mit Öl, bevor wir die Maschine zuschrauben.

Kohlebürsten und Kommutator dürfen aber nicht ölig werden, sonst setzt sich ölverklebter Kohlestaub, der Strom leitet, in die Ritzen zwischen den Lamellen und verursacht Kriechströme und Kurzschlüsse.

Damit die Maschine nachher schön leichtgängig läuft, prüfe, ob die Kohlebürsten nicht viel zu kräftig auf den Kommutator drücken - ist manchmal der Fall und erschwert den Anlauf - gegebenenfalls biege die Andruckfedern etwas lockerer.

Nach dem Zusammenschrauben stehen die Lagerbuchsen oftmals etwas schief und machen die Maschine sehr schwergängig. Da sie etwas beweglich befestigt sind, richten sie sich aus, wenn man leicht (!) seitlich gegen die Welle oder besser den vorderen und den rückwärtigen Gehäusedeckel schlägt.

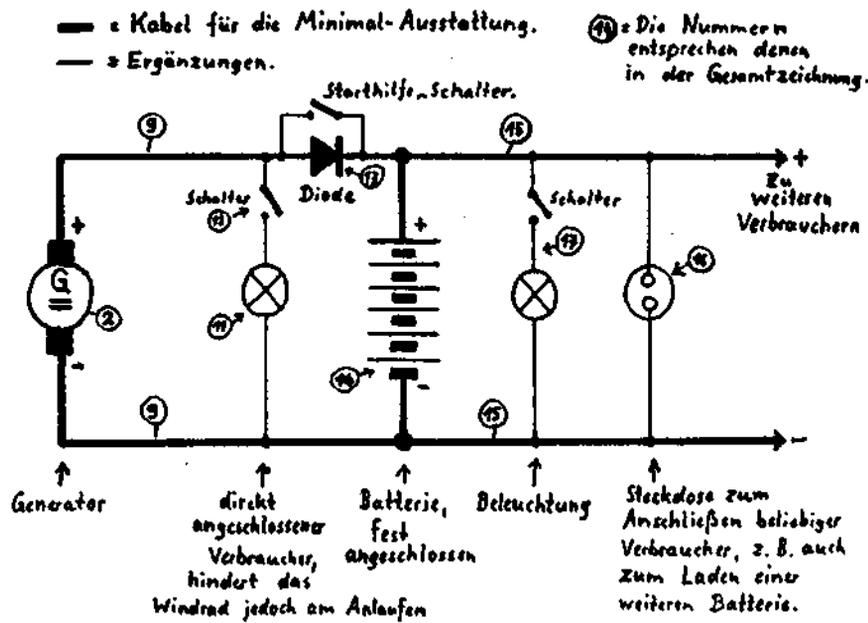
Zur Stromverwertung bei diesem Windrad

Der Generator liefert bereits Gleichstrom, mit dem wir Batterien laden und Verbraucher direkt betreiben können. Direkt angeschlossene Verbraucher behindern das Windrad beim Anlaufen, über die Batterie angeschlossene nicht, wie beim Fahrraddynamowindrad.

Damit sich die Batterie nicht über das Windrad entlädt, sobald es zu wenig Spannung liefert, kommt in eine Leitung eine Diode, die nur in Lade-Richtung Strom durchläßt.

Wenn wir bei schwachem Wind die Diode überbrücken, läuft der Generator als Motor mit Batteriestrom und bringt den Repeller auf Trab. Das ist nicht nur Effekthascherei, sondern kann nützlich sein, um das Windrad anzuwerfen, wenn der Wind stark genug ist, um eben Ladestrom zu erzeugen. aber zum Anlaufen noch zu schwach ist.

Als Diode eignet sich eine Siliziumdiode aus einer alten Auto-lichtmaschine, viel weniger Verluste bringen Schottky-Dioden. Sie müssen ausreichend belastbar sein, bei auf 12 Volt gewickeltem Generator mindestens 5 Ampère, bei 6 Volt 10 Ampère.



Schaltplan der Windstrom-Anlage.

Verbesserung statt teurer Spezialdioden: Baue die Diode (13) gleich oben ans Windrad und überbrücke sie statt mit dem Starthilfeschalter mit einem winddruckschalter! Dann schließt der Wind selbst den Schalter, schon fallen die Diodenverluste ganz weg! Bei nachlassendem Wind



Winddruckschalter. An der Sperrholzplatte ein Kontakt aus Kupferblech. Gegenkontakt-Blech an Spirale aus Messingdraht (aus altem E-Herd) gelötet. Links oben: alte Autolichtmaschinen-Diode. Die Kontakte reiben aneinander und bleiben deshalb gut blank.

öffnet der Schalter, die Diode sperrt, die Batterie bleibt voll. Ein gut tarierter Schalter gibt auch Starthilfestrom, wenn der Wind zum Anlaufen mal zu böig ist. Die Diode hat jetzt nur noch die Aufgabe, bei Wackelkontakten am Schalter oder bei böigem Wind eine zusätzliche feste Verbindung für den Ladestrom zur Batterie herzustellen.

Der Winddruckschalter besteht zB aus einem Sperrholzstück, das durch Eigengewicht runterhängt. Der Wind klappt es nach hinten und bringt so zwei Kupfer- oder Messingblechstücke als Kontakte zusammen. Bei Sturm soll der Schalter noch weiter nach hinten klappen und die Kontakte wieder trennen, sonst entläde sich die Batterie übers stillgelegte Windrad. Niemals darf der Schalter nach vorn klappen und in den Repel-lerdrehkreis kommen können. Die Empfindlichkeit des Schalters stelle mit Biegen an den Kontakten, Gewichten an der Sperrholzplatte oder durch Ändern der Plattengröße ein.

Die stromführenden Teile befestige gut isoliert (Holz mit Öl tränken, Teerpappe unterlegen) und mit Abstand voneinander, sonst gibt's bei Regen Kriechstrom und die Batterie entlädt sich...

Betreibe das Windrad bei stärkerem Wind nie ohne Batterie, denn sonst kann sich der Anker auf sehr hohe Spannungen erregen, die zu Funken rund um den Kommutator führen und ihn verbrennen können.

Für diese Windräder können wir 'ne kleine Schrott-Autobatterie nehmen. Beobachte regelmäßig den Batterie-Ladezustand! Prüfen s. letzte Seite. Zu tief entladene Batterien gehen schnell kaputt, die Chemie innendrin zersetzt sich! Ab und zu soll die Batterie blubbern beim Laden, sonst sammelt sich die konzentrierte Säure unten, oben bleibt sie dünn und die Platten vergammeln von oben her. Wenn das Windrad wochenlang nur schwach lädt, die Batterie gelegentlich hin- und herschwenken, damit sich die Säure wieder ordentlich durchmischt.

Für Windkraft-Beleuchtungen bieten sich alte 6 Volt- oder 12-Volt-Autoglühbirnen an, die schon bei geringerem Stromverbrauch die gleiche Lichtstärke wie 220-Volt-Birnen bringen. Um solche Birnen in einer vorhandenen Lampe zu betreiben, löte die Autobirne, besser eine Autobirnenfassung in den Sockel einer ausgedienten 220-V-Birne. Weitere Stromverwendungsmöglichkeiten hier genau zu beschreiben, würde zu weit führen. Für 12 Volt gibt es Radios, Glotzkisten, Staubsauger, Werkzeug und Maschinen, sogar kleine Kühlschränke.

Hoffentlich habt Ihr jetzt so richtig Lust zum Windradbasteln bekommen und erhaltet beim Bau viel handwerkliches Geschick und einen Einblick in die Technik der Windkraftanlagen. Windkraft hat Zukunft! Viel Spaß und Erfolg dabei!

Volt und Watt, was ist denn das?

In diesem Heft findest Du oft die Worte "Spannung", die zugehörige Maßeinheit ist "Volt"(V), "Stromstärke", Maßeinheit "Ampère"(A), "Leistung", Maßeinheit "Watt"(W), und "Widerstand", Einheit "Ohm"(Ω). Diese Begriffe stehen für Erscheinungen der Elektrizität, und damit sie nicht so rätselhaft bleiben, folgt hier eine Erklärung dazu.

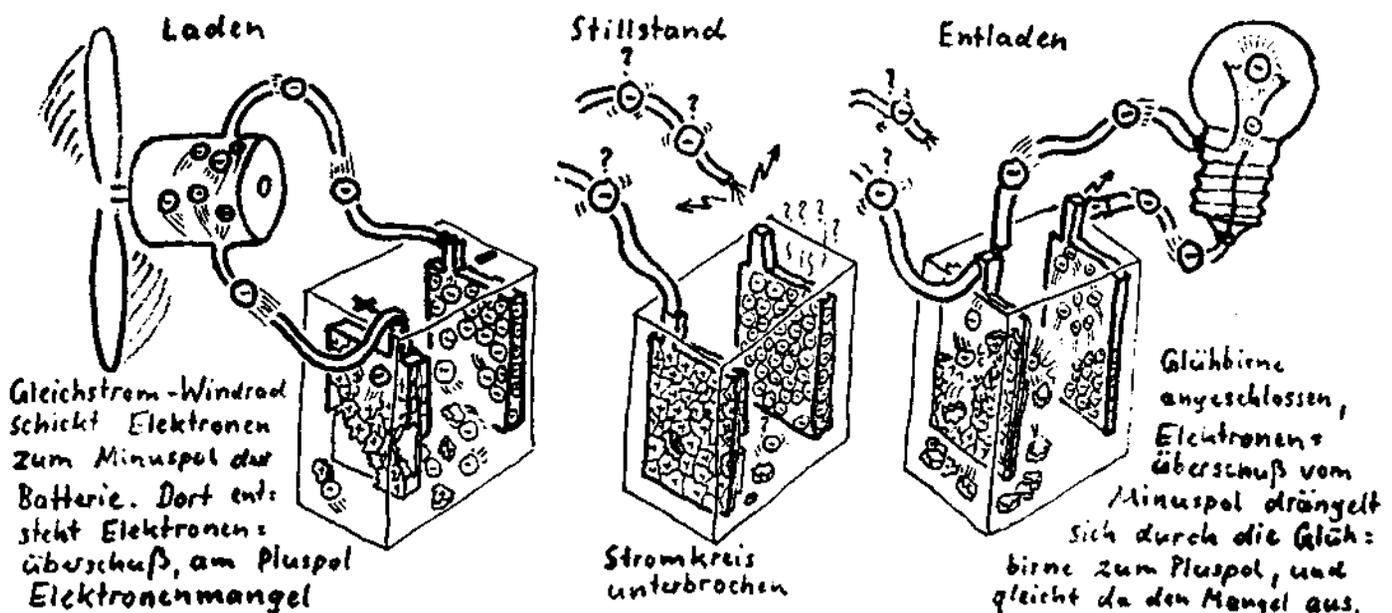
Um die Elektrizität überhaupt begreifen zu können, machen wir uns die Modellvorstellung von "Elektronen" als winzige elektrisch geladene Teilchen, die in stromleitendem Material, zB. einem Metalldraht, herumfließen können wie Wasser in einer Leitung.

Der Generator unseres Windrades hat die Aufgabe, die Elektronen in Bewegung zu bringen. Dann flitzen sie mit Lichtgeschwindigkeit in dem angeschlossenen Stromkreis herum, entweder hin und her (Wechselstrom) oder immer in einer Richtung (Gleichstrom).

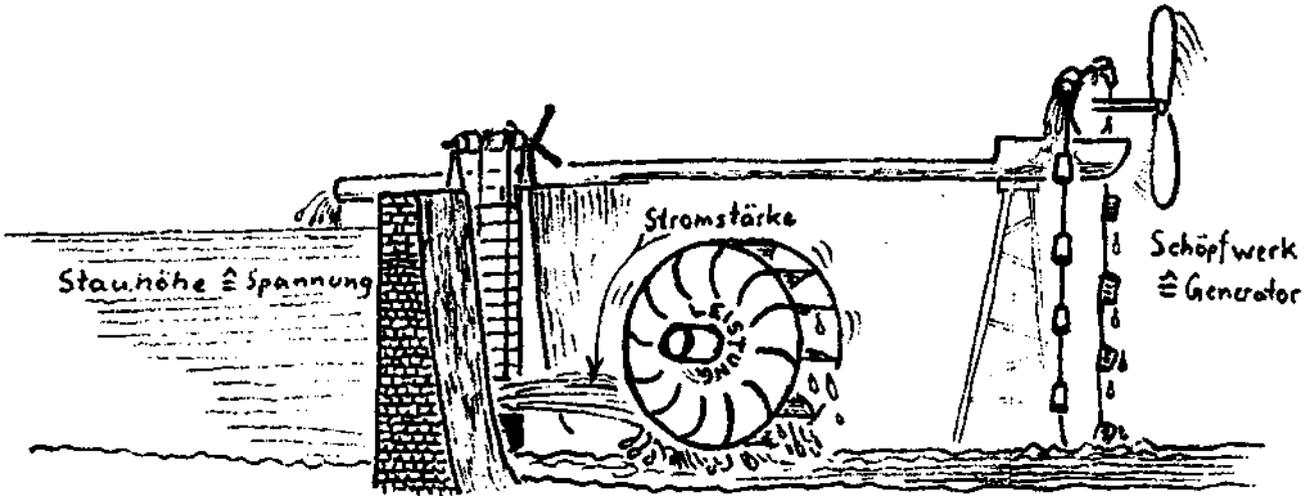
Oberall, wo sie sich bewegen, leisten sie Arbeit, zB. indem sie Chemikalien in einer aufladbaren Batterie so umbauen, daß an einem Batteriepol Elektronenüberschuß und am anderen Mangel entsteht. So lädt das Windrad die Batterie auf.

Trennen wir die Batterie vom Windrad, bleiben die Elektronen stehen, wo sie gerade sind. Sie können nicht mehr herumflitzen, denn dafür brauchen sie immer Hin- und Rückweg, einen Stromkreis.

Wenn wir jetzt eine Glühbirne mit beiden Polen an die Pole der Batterie schließen, können die Elektronen wieder fließen und leisten Arbeit, indem sie sich durch den dünnen Glühdraht quälen und ihn dabei bis zur Weißglut bringen.



Elektronenüberschuß und Elektronenmangel wollen sich immer ausgleichen, so wie angestautes Wasser immer dahin fließen will, wo das Wasser nicht so hoch steht.



Mit dem angestauten Wasser können wir uns gut vorstellen, was elektrische Spannung ist, denn sie entspricht der Höhe des Staus.

Nun kann viel oder wenig Wasser herunterfließen. Die Wassermenge entspricht der Stromstärke. Strom und Spannung zusammen bilden die Leistung. Fließt viel Wasser, dreht sich das Wasserrad doller. Wenn nicht mehr Wasser fließt, aber der Stau höher ist, so kommt die kleine Menge mit größerer Wucht herausgezischt und das Wasserrad dreht sich auch kräftiger.

Der Zusammenhang läßt sich als Rechenformel so schreiben:

$$\text{Spannung} \times \text{Stromstärke} = \text{Leistung}$$

Angewendet: Wenn unser Fahrraddynamowindrad gerade eine Taschenlampenbirne für 3,5 V / 0,2 A hell zum Leuchten bringt, leistet es im Moment: $3,5 \text{ V} \times 0,2 \text{ A} = 0,7 \text{ W}$.

Die elektrische Arbeit ist aber etwas anderes, sie sagt nämlich, welche Leistung in welcher Zeit vollbracht wird. Dabei ist es egal, ob kurze Zeit viel geleistet wird (z.B. 2 Stunden die dicke 100 - Watt-Birne leuchten lassen) oder lange Zeit wenig (zB 20 Stunden lang mit 10 Watt aus dem Windrad die Batterie laden). Beides sind 200 Wattstunden = 0,2 Kilowattstunden.

$$\text{Arbeit} = \text{Leistung} \times \text{Zeit}$$

Welche Wassermenge (=Stromstärke) bei einer bestehenden Stauhöhe (=Spannung) fließt, hängt davon ab, wie leicht (Widerstand) das Wasser durchs Stauwehr kommt. Machen wir das Stauwehr fast zu, kommt nur ein kleiner Wasserstrom mühsam durch. Machen wir das Wehr weiter auf, setzen wir dem Wasser einen geringeren Widerstand entgegen und ein stärkerer Wasserstrom kommt durch.

Wenn der Widerstand zwar gleich bleibt, aber sich das Wasser höher staut (Spannung), zischt auch mehr durch (Stromstärke). Die Stromstärke ist also abhängig von Spannung und Widerstand, als Rechenformel geschrieben so:

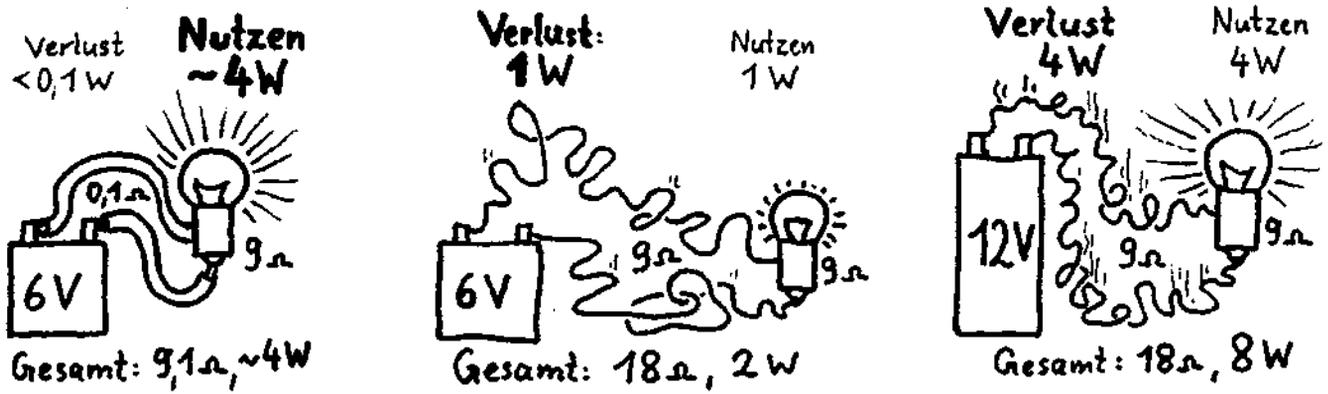
$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}}$$

64

Liefert das Dynamowindrad gerade 6 V und ist eine Fahrradbeleuchtung, Widerstand 12Ω , direkt angeschlossen, so können $\frac{6\text{ V}}{12\Omega} = 0,5\text{ A}$ fließen. Dabei werden im Stromkreis $6\text{ V} \times 0,5\text{ A} = 3\text{ W}$ verbraten, Vollast des Dynamos und Vollast der Beleuchtung, hell wie Osram.

Interessant ist hier der Zusammenhang zwischen Leistung und Widerstand. Da zeigt sich, wie ärgerlich ein hoher Leitungswiderstand ist. An jedem Widerstand im Stromkreis bleibt nämlich eine Spannung stehen, so wie sich hinter jedem Wehr entsprechend seiner Öffnung Wasser staut. Haben die Leitungen den selben Widerstand wie die Beleuchtung, steht die halbe Spannung schon in den Leitungen, so daß an der Beleuchtung auch nur die halbe Spannung bleibt. Da der Gesamtwiderstand des Stromkreises nun doppelt so hoch ist, kann nur der halbe Strom fließen. Das macht an der Beleuchtung halbe Spannung mal halben Strom, also viertel Leistung. Die Birnen brennen höchstens noch dunkelrot.

Deshalb kann, wenn das Windrad nur geringe Spannung erzeugt, durch lange, dünne Leitungen nie ein hoher Strom fließen. Schließen wir eine Glühbirne an die Leitungen, funzelt sie nur trübe, weil nicht viel durchkommt. Das Windrad kann seine mögliche Leistung gar nicht loswerden. Nehmen wir dicke Leitungen, oder bauen das Windrad auf höhere Spannung um, strahlt die Birne wieder.

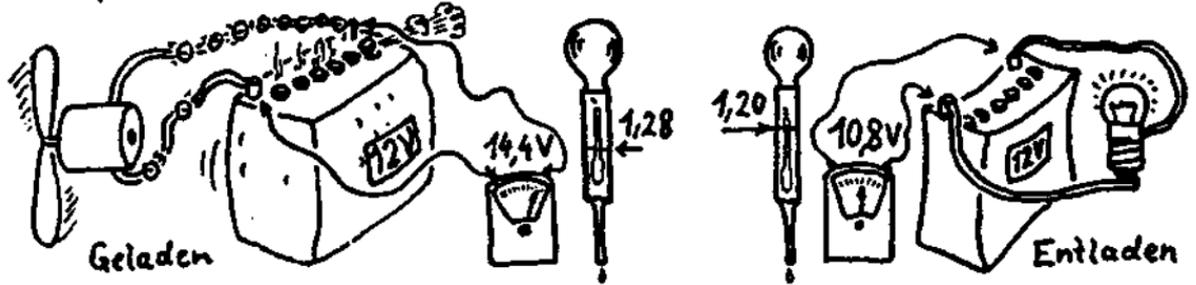


Bleibt der Widerstand des Stromkreises gleich, aber verdoppeln wir die Spannung, so fließt auch doppelter Strom. Schon vervierfacht sich die Leistung, die sich im Stromkreis austobt.

Natürlich kann auf Dauer nur so viel Strom fließen, wie das Windrad gerade liefert. Wir können uns unser Windrad mit einer Eimerkette versehen vorstellen, die das Wasser wieder hoch in den Stausee schöpft.

Lassen wir mehr Strom fließen (Stauwehr weit auf), geht das nur, bis die Batterie leer ist (Stausee alle). Kurze Zeit macht das gar nichts, denn die Batterie ist ja als Reservespeicher da.

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



Machen wir das Wehr zu, staut sich das Wasser immer höher, bis durch die Ritzen des Staudammes so viel abfließt wie das Windrad dazuliefert. Jede Batterie hat nämlich kleine "Undichtigkeiten", weswegen man nie so viel herausbekommt, wie man hineingesteckt hat, und weswegen sie sich auch mit der Zeit selbst entlädt.

Unterbrechen wir den Stromkreis am Generator, so daß kein Verbraucher angeschlossen ist, so steigt die Spannung in ihm sehr hoch. So hoch, bis aus den Ritzen in den Eimern so viel heruntertrifft, wie er hochechöpft. Der Generator läuft dann ganz leicht, denn er kann ja kaum noch Wasser schöpfen, alles ist schon oben. Aber das ist ein gefährlicher Zustand für manchen Generator, der hohe innere Spannungen nicht verträgt, und für manches Windrad, wenn es ungebremst drauflosrast. Unsere kleinen Windräder, vor allem das Fahrraddynamowindrad, sind da aber unempfindlich.