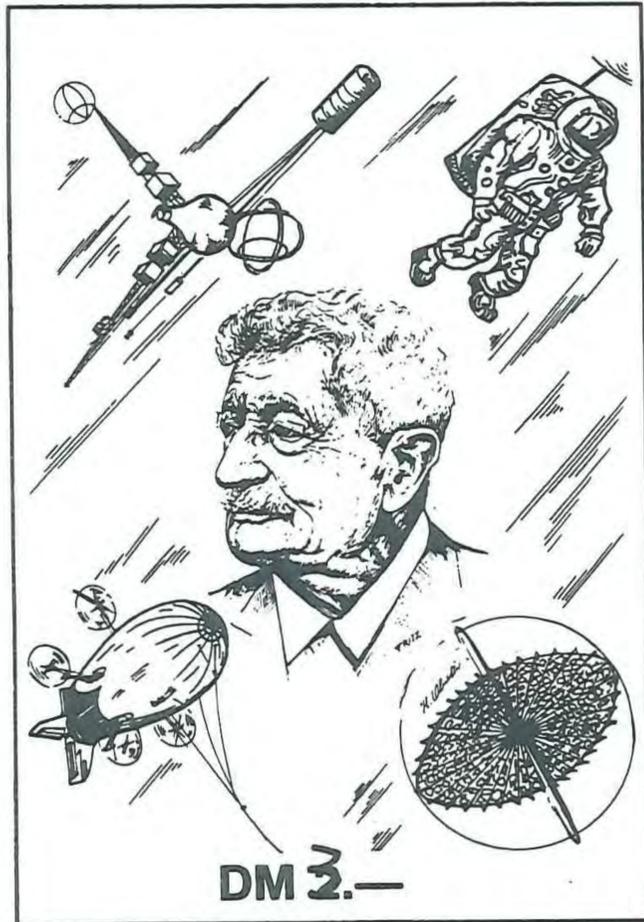


DA-B-0201

Mit Hermann Oberth in das Raumzeitalter



Hermann-Oberth-Museum Feucht

8501 Feucht, Hermann-Oberth-Schloß,
Pfinzingstraße 10, Telefon (09128) 3502

Neue Vorschläge für ein Windkraftwerk

=====

von H. Oberth

A. Grundsätzliches

Die Befürworter der Atomkraftwerke und auch der Kohle- und Ölkraftwerke behaupten, die Windkraftwerke könnten dem Energiebedarf der nächsten Jahre nicht genügen, geschweige denn, die Kernkraftwerke überflüssig machen. Dies stimmt jedoch nicht, man muß nur die Möglichkeiten der Windkraft richtig ausschöpfen. Das ist bisher nicht geschehen:

I. Bisher baute man Ständer, die Windräder trugen. Alle bisher bekannten Projekte schlagen etwas ähnliches vor. Ich empfehle dagegen Drachen, die das Windkraftwerk bis in Höhen von 3.000 bis 10.000 m (und möglicherweise auch darüber) tragen.

Ich muß hier etwas vorausschicken. Bevor ich früher mit einem Vorschlag vor die Öffentlichkeit trat, suchte ich mir in der mir erreichbaren Literatur, alle Daten heraus, die man kennen mußte, um den fraglichen Vorschlag beurteilen zu können. (Dies ist auch der Grund, warum fast alles, was ich früher vorgeschlagen hatte, nachher auch stimmte.)

Diesmal ist mir dies nicht möglich,

1.) Weil ich in einem kleinen Orte wohne und Mühe habe, z.B. Universitätsbibliotheken aufzusuchen oder die erforderliche Literatur zu beschaffen.

2.) Bei meinen bald 83 Jahren kann ich auch nicht mehr so ins Zeug gehen wie früher und muß viele Einzelheiten der Entwicklung durch Teams anheimstellen.

3.) Die Zeit drängt. Je mehr umweltfeindliche Kraftwerke heute geplant oder gar gebaut werden, ein desto größeres Risiko bedeutet es für die Menschheit. Ich muß mich daher beeilen, mindestens zu zeigen, daß es zur Atomkraft, zu Kohle und Öl auch Alternativen gibt, und die Leute von voreiliger unnötiger Planung abhalten. Für die Lösbarkeit der hier angeschnittenen Probleme in der einen oder anderen der angedeuteten Formen, kann ich mich aber natürlich verbürgen.

Ich veröffentliche diese Schrift hauptsächlich um mitzuhelfen, unseren Nachkommen die Atomverseuchung zu ersparen und Öl und Kohle für nützlichere Zwecke aufzuheben. Schließlich bitte ich den Fachmann zu entschuldigen, wenn ich mich manchmal etwas laienhaft ausdrücke. Doch ich möchte hier auch von Nichtfachleuten verstanden sein.

II. Wo man an die Erzeugung elektrischer Energie dachte, sah man elektromagnetische Stromgeneratoren vor. Ich empfehle dagegen, elektrostatische Influenzmaschinen als Stromgeneratoren.

Ich weiß, daß Influenzmaschinen heute „unmodern“ sind, und daß manche Physiker und Ingenieure damit gar nicht mehr umgehen können. Ich möchte daher einiges vorausschicken:

1) In nicht allzu radioaktiver oder ungewöhnlich feuchter Luft ¹⁾ *) muß eine intakte Influenzmaschine immer anspringen, und jeder Pol muß das gewünschte Vorzeichen (+ bzw. -) annehmen, wenn man ihm vor der Ingangsetzung etwas von der gewünschten Elektrizität zuführt, sagen wir mit einem geriebenen Gegenstand oder mit einer Zambonischen Säule oder durch Verbindung mit einer im Gange befindlichen Influenzmaschine.

2) Bisher hat man beim Bau von Influenzmaschinen keinen besonderen Wert auf Leichtigkeit gelegt. Sie können aber leichter gebaut sein, als gleich leistungsfähige elektromagnetische Gleichstromdynamos, besonders wenn man hohe Spannungen braucht.

*) Diese Ziffern beziehen sich auf Erklärungen am Ende der Schrift.

Ich hoffe, durch diese beiden neuen Vorschläge folgendes zu erreichen:

1. In der genannten Höhe herrscht ein ziemlich gleichmäßiger ständiger Wind (wenn ich recht weiß, zwischen 36 und 108 km/h).

2. Dieser Wind ist stärker als der Bodenwind und steigert die Arbeitsleistung beträchtlich, denn diese steigt bei einem Windrad mit der dritten Potenz der $\sqrt{\text{Geschwindigkeit}}$, falls man sie gleich gut ausnützen kann. Wenn eine Windmühle z.B. bei einer $\sqrt{\text{Geschwindigkeit}}$ von 10 m/sec. (36 km/h) eine Pferdestärke liefert, so kann sie bei gleicher Fläche und geeigneter Bauweise bei 20 m/sec (72 km/h) schon $2^3 = 8$ PS und bei 30 m/sec (108 km/h) bereits 27 PS leisten.

Einen Nachteil bedeutet es hier allerdings, daß der Luftdruck in 3 km Höhe 0,7 Bar (Atmosphäre), in 6 km Höhe 0,5 Bar und in 10 km Höhe nur noch 0,35 Bar beträgt. Doch dieser Nachteil wird durch die höhere Windgeschwindigkeit und die größere Beständigkeit des Wetters reichlich aufgewogen. Weiter kommt uns hier auch der Umstand zustatten, daß die Luft hier infolge der größeren Kälte ein verhältnismäßig höheres spezifisches Gewicht und der Wind daher eine höhere Stoßkraft hat. Setzt man die Stoßkraft bei Zimmertemperatur (15° bis 16° C) = 100%, so ist die Stoßkraft bei

Γ Wind-

gleicher Windgeschwindigkeit bei -20° (also in der Höhe von etwa 6.000 m) = 113% und in 10 km Höhe (Durchschnittstemperatur -50° C) 129%. Also fast ein Drittel mehr. 2)

Vielleicht wird der eine oder andere Leser hier Bedenken haben, daß eine so lange Drachenschnur abreißen könnte, doch bei den modernen Kunststoffen ist dies kein Problem mehr. Trockene Perlonschnüre z.B. haben eine Reißlänge ³⁾ von 83 km. Diese Zahl müssen wir nun allerdings noch stark einschränken (beinahe auf die Hälfte), denn im Innern muß das Kabel noch einen Metalldraht für die Stromleitung festhalten, und dieser hat geringere Reißlänge, und außen muß man es zum Schutz gegen Nässe und auch zur Erdung und zur Verhinderung von Blitzen bei Gewittern ebenfalls mit einer wasserdichten Metallhülle umgeben, die außerdem auch noch einen Kamm tragen muß.

Doch eine Reißlänge von 40 km würde für eine Steighöhe von 10 km natürlich auch noch reichlich genügen. Ich will ganz vom Umstand absehen, daß man bei Materialien von geringerer Reißlänge auch noch an andere Schutzmaßnahmen denken könnte. Man könnte das Kabel z.B. zwischendurch mit Fesselballon oder Drachen stützen oder es oben dicker und unten dünner machen u.a.m. Was nun zweckmäßiger ist: Teueres Material mit hoher Reißlänge zu nehmen oder bei billigem Material diese Maßnahmen anzuwenden, das

müßte das Team entscheiden, ich vermag das im Augenblick nicht zu sagen. Etwas mehr Sorgen als die Steighöhe könnte einem hier der Rücktrieb machen, doch ich werde gegen Ende dieser Schrift dagegen ein wirksames Mittel vorschlagen.

Wie ich schon erwähnte, könnte man sogar daran denken, noch einige Kilometer höher zu gehen. Dadurch könnte man die Unabhängigkeit vom Wetter noch ganz beträchtlich steigern und in einigen subtropischen Gegenden wäre man dann auch vor Geiern sicher, die die Wände sonst zerreißen könnten. Auf die Konstruktion im einzelnen werde ich später eingehen.

Hier nur soviel:

Ich würde die Hauptteile nach Möglichkeit aus Kunststoff oder Ballonstoff und hohl und luftdicht und gleich Autoreifen aufgepumpt herstellen. Um die gewünschte Form zu bekommen, sind die beiden Außenblätter durch Querwände verbunden. Diese liegen in der Windrichtung und sollen aber nur die Außenblätter zusammenhalten, aber im übrigen die Luft durchstreichen lassen. Das dürfte sich wesentlich billiger stellen, als Leichtmetallkonstruktionen. Außerdem werden diese Plastikkonstruktionen meiner Rechnung nach auch leichter. Drittens würde die Anlage bei einem Absturz auch weniger Schaden nehmen oder anrichten, denn der Drache wirkt wie ein Fallschirm und die übrigen Teile würden, selbst wenn sie sich freireißen sollten, nur langsam fallen und sind außerdem weich.

* * * * *

Wie ich schrieb, würde ich elektromagnetischen Stromgeneratoren elektrostatische Stromerzeuger vorziehen, die nach dem Prinzip der Influenzmaschine arbeiten. Im Prinzip würden sie am meisten der Wommelsdorff'schen Influenzmaschine ähneln. 4) Leider sind diese in der Technik heute, wie erwähnt, wenig bekannt, doch ich muß es mir Platzmangels wegen versagen, sie ausführlich zu beschreiben.

Wommelsdorff'sche Influenzmaschinen können übrigens gleichzeitig auch als Motore dienen, um den erzeugten Strom wieder in mechanische Arbeit umzusetzen, ganz ähnlich, wie Gleichstromdynamos auch als Gleichstrommotore dienen können. Die Firma hätte also auch ein materielles Interesse daran, uns hier gut zu beraten.

Influenzmaschinen eignen sich für unsere Zwecke aus folgenden Gründen besser:

1.) Sie liefern einen Gleichstrom. Das ist von Wert, denn man kann bei Überlandzentralen mehrere Windkraftwerke an die gleiche Leitung anschließen. - Ich kann zwar auch hier heute noch keine genaue Zahl sagen, doch ich glaube kaum, daß man ein einzelnes Windkraftrad größer als 50 bis höchstens 100 m im Durchmesser bauen wird. Das würde bei einer Windstärke von 72 km/h in 6.000 m Höhe eine Leistung von allerhöchstens 4.000 PS oder 3.000 KW ergeben. Dagegen wäre es aber mög-

lich, viele solche Drachenkraftwerke an der gleichen Schnur schwebend zu halten.

Man könnte zwar auch Drehstromgeneratoren bei Synchronisierungsmaßnahmen an die gleiche Leitung anschließen, es wäre aber nicht so einfach.

2.) Bei Influenzmaschinen hängt die Spannung nur vom Bau der Maschine ab, wenn es gelingt, die Luft trocken zu halten, was infolge der Kompressionswärme der Preßluft leicht möglich ist. Ich komme noch darauf zurück.

3.) Grundsätzlich kann man mit großen Influenzmaschinen Spannungen von vielen Megavolt erreichen. Für unsere Zwecke genügen allerdings 100.000 bis 500.000 Volt, es sei denn, wir wollten Strom, den wir in Patagonien erzeugt haben, in die USA leiten.

Im allgemeinen ist die erreichbare Spannung der Größe der Maschine proportional. Beim großen Durchmesser unserer Maschine lassen sich aber kleinere Spannungen und größere Stromstärken erreichen, wenn man statt je zwei Ausgleichern (Pinselfen) und Aufladern und Kämmen deren viele benützt, so daß auch hier die Vorgänge auf Strecken von nur 15 bis 75 cm stattfinden.

4.) Bisher wurde beim Bau von Influenz-

maschinen kein besonderer Wert darauf gelegt, Gewicht zu sparen, doch sie können, wie schon erwähnt, grundsätzlich leichter gebaut sein, so daß wir mit kleineren Drachen auskommen.

5.) Über den Stellen des stärksten Stromverbrauchs herrscht meist viel Luftverkehr. Wir benötigen daher Überlandleitungen.

Drehstromleitungen benötigen nun drei Drähte. Bei Influenzmaschinen braucht man dagegen wegen des Gleichstroms nur einen einzigen Draht, der kaum stärker sein muß, als einer der drei Drähte für die Drehstromleitung, denn bei der verhältnismäßig geringen Stromstärke (Amperezahl) können wir den einen Pol auch erden.

Dem steht nun allerdings als Nachteil gegenüber, daß man an den Umwandlungsstellen Influenzmaschinen und dynamoelektrische Stromgeneratoren braucht, wenn man den Strom zum Normalverbraucher leiten will, denn es wird wohl selten vorkommen, daß man eine Influenzmaschine direkt zur Umwandlung von hochgespanntem Strom in mechanische Arbeit benützen will.

Allerdings sollte man hier auch nicht vergessen, daß die Womella-Maschinen bei stärkerer Nachfrage und Serienfertigung auch billiger werden könnten.

6.) Bonetti hat Influenzmaschinen gebaut,

die einen völlig gleichmäßigen Strom liefern. Bei der „Womella“ dagegen vibriert die Stromstärke etwas, doch umso weniger, je mehr Generatoren und Abnehmer an den Stromkreis angeschlossen sind.

In den dreißiger Jahren waren nun Bestrebungen im Gange, die Telefonleitungen auf der Spitze der Hochspannungsmasten einzusparen und durch Induktionsspulen dem Kraftstrom selbst die Telefonwellen aufzudrücken und sie am Empfangsort mit ähnlichen Induktionsspulen wieder abzunehmen. Allem Anscheine nach hat sich dies bei Wechselströmen nicht bewährt. Vielleicht wird sich das aber beim Gleichstrom der Influenzmaschinen besser machen lassen.

* * * * *

B. Erklärung der Prinzipskizzen

Figur 1:

zeigt das Drachenkraftwerk von vorne (der Betrachter steht also mit dem Rücken gegen den Wind).

Figur 2:

zeigt es von der Seite

(1) ist der drachenförmige Preßluftballon. Er besteht aus zwei Blättern, aus biegsamen, aber nicht allzu dehnbarem Material, vielleicht dem Stoff für Ballonzelte oder mit Kunststoff imprä-

gnierter Segelleinwand oder dergleichen. Hier müßten noch Fachleute für diese Stoffe angehört werden.

Diese Blätter sind luftdicht schließend aneinander befestigt, so daß der Raum zwischen ihnen aufgepumpt werden kann. Sie sind durch weiche, aber nicht dehnbare Zwischenwände (2) mit einander verbunden. Ich habe auf Figur 1 links oben einen Teil des Unterblattes fortgeschnitten, um diese anzudeuten. - Die Außenblätter können daher nicht beliebig weit auseinanderrücken und der ganze Drachenballon erhält dadurch seine bestimmte Gestalt.

Der Drachenballon hat im Grundriß die Form des Lippisch'schen Nurflügel-Flugzeuges und entspricht ihm auch ungefähr in seiner Dicke. Er ist aber stärker ausgebaucht, denn die Schnüre (3, 4 und 5) ziehen seine Ecken nach unten. Dadurch wächst die Tragkraft.

Durch die Zwischenwände (2) ist der Drache in viele längsgerichtete Kammern geteilt. Diese Zwischenwände sind von länglichen, oben und unten abgerundeten Fenstern durchbrochen, um auftretende Luftdruckunterschiede möglichst schnell auszugleichen.

Wichtig ist, daß man das Drachenkraftwerk leicht herabholen und wieder steigen lassen kann. Wie schon erwähnt, ist die Gefahr gering, daß die Anlage bei einem etwaigen Absturz Schaden nehmen oder anrichten könnte, denn der Drache wirkt da-

bei wie ein Fallschirm, und die Windkraftanlage fällt auch nur langsam, denn sie besteht auch fast nur aus aufgepumptem Ballon- oder Kunststoff, aus welchem man die Luft so weit als nötig herauslassen kann, so daß auch die Kraftanlage nur langsam fällt und weich niedergeht.

Sollte beim Steigenlassen der Bodenwind nicht ausreichen, so kann man das Drachenkraftwerk auf alle Fälle von Fesselballons bis in Höhen tragen lassen, wo der Wind es in der Schwebelage hält. Der Fesselballon hängt dabei an einem besonderen Seil und die Vorrichtung, mit der er das Kraftwerk trägt, wird nachher ausgeklinkt, und der Ballon wird wieder eingeholt und leer gepumpt, falls der Stoff nicht dicht genug sein sollte, um das Gas bis zum nächsten Aufstieg zu halten.

An der Vorderspitze trägt der Drache eine Art Kammer (6), in der eine Luftpumpe und ein Gleichstromdynamo laufen. Auf Figur 3 bringe ich diese Partie vergrößert. Luftpumpe und Dynamo werden von einem oder zwei kleinen Windrädern angetrieben, die ich mit (7) angedeutet habe. An den beiden hinteren Spitzen hat der Drache Sicherheitsventile, welche auch nicht gezeichnet sind. Sie sollen wenn nötig die eingepumpte Luft wieder herauslassen. Sie können je nach der Temperatur und Windstärke leichter oder schwerer aufgehen. - Die Preßluft läßt sich nämlich auch zur Beheizung des inneren Raumes verwenden, wenn wir Eiskristalle verdampfen wollen oder wenn die Gefahr

besteht, daß der Ballonstoff wegen der Kälte brüchig werden könnte.

Wenn man heizen muß, soll die Luft allerdings nicht frei aus der Pumpe in den Innenraum treten. Sie erwärmt sich dann zwar ebenfalls durch Kompression, aber manchmal vielleicht nicht mehr genügend. Für diesen Fall müßten wir zwischen Luftpumpe und Ballon noch ein Sicherheitsventil einbauen, das sich erst bei einem gewünschten durch Thermostaten am Drachenende gesteuerten Druck öffnet. Ich will das an einem Rechenbeispiel erläutern, der Laie kann diese Stelle überspringen 5).

(8) ist eine automatische Spule für das Seil (3). Sie wird vom Gleichstrom aus (6) betätigt und soll die Stellung des Drachen (1) so regeln, daß das Kraftwerk zwar schwebt, daß der Drache aber nicht unnötig stark an den Seilen (3, 4 und 5) zieht. Maßgebend hierfür kann der Zug von (3) an der Achse von (8) sein, doch die Sache läßt sich natürlich auch mit dem Zug an (4) oder (5) kombinieren.

Ich habe (8) in das Balloninnere gezeichnet, denn es läßt sich erreichen, daß neben dem Seil nicht zuviel Luft entweicht. Man könnte diese Spule aber natürlich auch außerhalb der Ballonspitze anbringen, nur ist sie dort nicht so gut gegen Schnee und Kälte geschützt. Außerdem wäre die Anbringung im Balloninnern auch aus aerodyna-

mischen Gründen vorzuziehen., denn der Rücktrieb wird dabei kleiner. - Die Seile (3, 4, 5) laufen unten am Seil (9) zusammen.

Über diesem Kraftwerk kann wie erwähnt auch noch ein zweites Kraftwerk stehen, das vom Seil (10) gehalten wird. Darüber können dann noch weitere Kraftwerke stehen. In der Höhe über 3.000 m sind auf diese Weise, wie schon erwähnt, viele Kraftwerke möglich, denn es wird wohl genügen, wenn die Länge von (10) dem vier- bis fünffachen Abstand zwischen (7) und dem Verbindungspunkt von (3, 4, 5 und 9) entspricht. Angenommen, die Schnur steigt unter einem Winkel von durchschnittlich 45° , so könnten zwischen 3.000 und 10.000 m Höhe theoretisch 27 Drachenkraftwerke stehen, und wenn man von einem Kraftwerk im Durchschnitt 500 bis 600 KW beziehen kann, so kann man im Durchschnitt von einer solchen Kette von Kraftwerken 13.500 bis 16.200 KW beziehen. Dabei ist allerdings eines zu bedenken: Ein einzelnes Kraftwerk kann man stets in der Höhe schweben lassen, in der der Wind am günstigsten ist. Bei einer längeren Kette von Kraftwerken ist man bei der Wahl ihrer Standorte nicht mehr so frei, wenn man auch einiges dadurch erreichen kann, daß man auch die Seile (10) über Winden laufen läßt, die sie verlängern oder verkürzen.

Ich möchte davon abraten, solche Kraftwerk-

ketten zu nahe nebeneinander zu stellen. Sie könnten sonst durch Luftwirbel aneinander gedreht werden. Übereinander gestellte Drachen brauchen dagegen keinen Wirbelsturm zu fürchten. In Gegenden wo Wirbelstürme häufig auftreten, könnte man einer unerwünschten Torsion(d.h. einer allzu starken Verdrehung) der Seile (9) und (10) dadurch vorbeugen, daß man sie in der Nähe der Verbindungsstelle (3, 4, 5) usf. teilt, und die beiden Enden durch je zwei Querringe zusammenhält, die sich nicht voneinander trennen lassen, die aber gegeneinander drehbar sind, den positiven Kraftstrom weiterleiten und die Außenhüllen ebenfalls miteinander elektrisch verbinden.

Der Starkstromgenerator (11, Figur 1) läuft in einer zylindrischen Hülle (12, Figur 1, 2). Ich habe das Gerät auf Figur 4 dargestellt, etwas vergrößert und in der Horizontalebene (13/14) geschnitten und von oben gesehen.

Ich habe die Hülle, in der das Windrad laufen soll, auf gut Glück als lang gestreckten Zylinder angenommen. Es wäre aber zu untersuchen, ob die gedrungene konische Form von Figur 2 a nicht vorzuziehen wäre.

Figur 5:

Zeigt noch mehr vergrößert den Rand des Windrades mit dem Stromgenerator und seiner Umgebung. Wie schon erwähnt, habe ich eine vielblättrige elektrostatische Influenzmaschine als Stromgenerator vor-

gesehen. Ich habe auf Figur 4 nur 7 Stator- und 8 Rotorlamellen gezeichnet, es könnten aber viel mehr sein. Der Zylinder (12) besteht ebenfalls aus Kunststoff und ist aufgepumpt. Außen- und Innenwand werden von den Wänden (15) zusammengehalten. Ich habe auf Figur 2 einen Teil der Außenwand abgetragen, um diese Wände (15) anzudeuten. Über sie gilt dasselbe, was ich über die Wände (2) gesagt habe, nur muß hier der Innendruck größer sein, als beim Drachenballon. Der Zylinder (12) hängt an einem horizontalen Steg (16) (Figur 1, 2 und 4), der von den Seilen (4) und (5) gehalten wird. Dann läßt sich der Zylinder nach oben und unten kippen. Er soll unabhängig von der Stellung der Seile immer waagrecht stehen. Das läßt sich außer durch richtige Aufhängung und Gewichtsverteilung auch durch Lufruder erreichen (17, Figur 1 und 2). Zur Horizontalsteuerung könnte man ebenfalls Ruder (18) anbringen, die auch Drehungen des Zylinders um seine Achse auffangen können. Zur Stabilisierung läßt sich auch eine Schnur (19) denken, die an einer im Zylinder angebrachten Spule hängt (ich habe sie nicht gezeichnet) und von dem Gerät (20) (Figur 1, 2 und 3) hinauf oder hinunter gezogen wird. Auf Figur 3 deutet (21) die Spule an, über die das Seil (3) mit einigen Windungen läuft. (22) sind Führungsräder. - Wahrscheinlich könnte hier aber auf alle Stabilisierungsvorrichtungen verzichtet werden.

Durch die Seile (4 und 5) kann der Gleichstrom aus (6) auch nach (12) und der Starkstrom aus (12) nach (9) weitergeleitet werden.

Das Windrad (23, Figur 4) möchte ich nicht eben bauen, sondern an der Achse und am Rand vorwölben. Dann sind die Schaufeln weniger auf Biegung beansprucht und können dementsprechend leichter sein. Dabei gibt es eine errechenbare Optimalform. Sie erinnert an eine Kettenlinie und die Durchbiegung ist so groß, daß dabei das Rad am leichtesten wird. Ist das Rad nämlich flach, so sind die Schaufeln stärker auf Biegung beansprucht und müssen stärker und schwerer sein, ist es dagegen zu stark durchgebogen, so wiegen die Schaufeln ihrer Länge wegen mehr. Ein glücklicher Umstand ist dabei, daß der Winddruck mit dem Quadrat der Windgeschwindigkeit und die Zentrifugalkraft mit dem Quadrat der Drehgeschwindigkeit wächst. Dabei bleiben die Spannungen im Windrad weitgehend proportional, wenn die Drehgeschwindigkeit der Windgeschwindigkeit proportional bleibt, auch wenn der Wind verschieden schnell bläst, und das Rad sich verschieden schnell dreht. Die errechnete Schaufelform ist daher für einen weiten Bereich die beste.

Um Rotorgeschwindigkeit und Windgeschwindigkeit in weiten Grenzen proportional zu halten, könnte man auch daran denken, an das Verbraucher-Netz auch Stellen anzuschließen, die den Starkstrom herabtransformieren und Wasser zersetzen und

dann arbeiten und den Energieüberschuß aufnehmen, wenn der Wind überdurchschnittlich stark ist. Der Sauerstoff kann dabei in die Industrie gehen, und den Wasserstoff kann man an die Industrie oder Gaswerke abgeben oder auch sammeln und in Zeiten geringerer Windstärke als Energiereserve benützen. Um den Wasserstoff als Energiegewinner zu benützen, braucht man dabei keine neue Anlage. Die vorhandenen Wasserzersetzungsanlagen und Influenzmaschinen kann man so einrichten, daß sie umschaltbar sind, und umgekehrt statt Wasser zu zersetzen aus Wasserstoff (und auch Luft-sauerstoff) wieder hochgespannten elektrischen Strom erzeugen. Wenn man nämlich für eine leichte Bewegung des Gases im Wasser sorgt, und wenn man die Zellen in Kolonnen so hintereinander schaltbar macht, daß man entweder

- 1) mehr Kolonnen mit weniger Zellen, oder
- 2) weniger Kolonnen mit mehr Zellen hat,

so würde die Anlage im Falle 1) Wasser zersetzen, im Falle 2) Energie liefern.

Dabei würde ein Wasserstoffbehälter von 20 m Durchmesser und 20 m Höhe bei der Füllung rund 222 KWh verbrauchen, von denen etwas über 218 KWh rückgewinnbar wären.

Weiter könnte man den überschüssigen Strom auch manche anderen Arbeiten machen lassen, die nicht regelmäßig laufen müssen; man könnte z.B. auf Vorrat Aluminium erzeugen, oder für die Wüsten Meerwasser entsalzen und in Seen oder

Becken sammeln etc.

Die Nabe des Windrades ruht auf einem Zapfen (24, Figur 4), der von Seilen (25) nach vorne gezogen wird. Er ist innen hohl, hat vorne eine Öffnung und darinnen laufen, vom Windrad getrieben eine oder zwei Luftpumpen, die den Reifen (26) des Windrades durch dessen hohle Schaufeln (23), und durch die Leitschaufeln (27 und/oder 28) auch den Zylinder (12) mit Preßluft versehen. Figur 6 zeigt Rad- und Leitschaufeln im Schnitt (29, 30) Figur 4 und 5, und in dem etwas vergrößerten Maßstab von Figur 5.

Die Leitschaufeln (27 und 28) habe ich vorgesehen,

a) damit die Luft keine Drehung besitzt, wenn sie den Zylinder (12) verläßt, das würde nämlich im Endeffekt zu einer unerwünschten Torsion des Zylinders führen,

b) damit das Drehmoment, das die Starkstrommaschine (31) bei (32) auf die Zylinderwand ausübt, aus nächster Nähe abgestützt wird, die Schaufeln (27 und 28) sollen dabei so berechnet werden, daß die Drehkräfte auf die Zylinderwand gleich sind.

Die Starkstrommaschine besteht, wie erwähnt, aus einem Stator mit Lamellen, der mit der Zylinderwand in Verbindung steht, und einem Rotor mit Lamellen, die zwischen jenen des Stators laufen, und der mit dem Windrad verbunden ist. Die Stark-

stromanlage ist im Reifen (26) des Windrades eingebettet. Der Rotor (31) wird von den Rädern (33 bis 36) so gehalten, daß er sich zwar drehen, aber nicht seitlich verschieben kann; die Räder (33 bis 35) sind am Stator (letzten Endes also am Zylinder 12) befestigt und laufen auf Schienen oder Platten (37), die mit dem Rotor (31) starr verbunden sind.

C. Der Rücktrieb und seine Bekämpfung

Je mehr man den Rücktrieb herabsetzen kann, desto höher können die Drachenkraftwerke steigen und desto mehr Kraftwerke kann das gleiche Seil tragen.

Rücktriebverringering ist außer durch richtige Formgebung, richtige Stellung, durch Aufstellung der Seilwinde auf hohen Bergen etc. bei Drachen, die über dem Meer schweben, auch durch eine Erfindung möglich, die ich im Jahr 1957 als Angestellter der NASA (damals hieß sie noch ABMA d.i. Army Ballistic Missile Agency) für diese als Dienstleistung unter dem Namen „Spreizring“ angemeldet hatte, für die sich aber inzwischen unter den Leuten, die sie kennen, der Name „Oberth'scher Seiltrick“ eingebürgert hat. Sie sollte ursprünglich Drahtnetze für Weltraumspiegel (Figur 7) und andere Großbauten im Weltraum versteifen. Die NASA hat das Patent inzwischen erlöschen lassen und die Idee zum

allgemeinen Gebrauch freigegeben. Sie ließe sich nämlich auch auf der Erde verwenden, z.B. zum Hochtragen von Feuerwehrleitern oder auch zum Hochtragen von Plastikschräuchen, durch welche in Städte mit sehr schlechter Luft aus größerer Höhe reine Luft herabgepumpt werden könnte. Die Erfindung wird bis jetzt meines Wissens allerdings noch nirgends benützt.

Es handelt sich dabei um folgendes:

Ein Springbrunnenstrahl ist imstande, eine Kappe zu tragen (Figur 8). Ebenso kann ein glatter, schwerer, biegsamer, lockerer senkrecht in die Höhe geworfener Strang (39, Figur 9) oben eine Lenk- oder Umkehrvorrichtung (40) emporheben und tragen. Die beiden Enden des Stranges sind miteinander glatt verbunden, so daß er einen nahtlosen Ring bildet. Dieser Ring muß schneller laufen, als die schnellste im Strang mögliche Wellenbewegung, sonst weitet er sich zu einem Kreis aus und spannt sich.

Die Vorrichtung (40) besteht aus Transmissionsrädern, auf denen zwei elastische Bänder laufen. Sie haben in der Mitte je eine Rinne, die den Strang (39) aufnimmt und führt. (41) ist ein Gestell für die Räder, (42) sind Tauen, die dies Gestell halten. Unten ist eine ähnliche Umkehrvorrichtung (43), die auch einen (nicht gezeichneten) Antriebsmotor trägt.

Das später erfundene Bölkow'sche Magnet-

kissen und der Linearmotor haben dieser Erfindung nun einen unerwarteten weiteren Anwendungsbereich erschlossen. Sie machen es möglich (Figur 10), den hier in geeigneter Weise mit ferromagnetischem Material beladenem Strang (39) in einer hochevakuierten Röhre laufen zu lassen, so daß die Reibungsverluste fortfallen und der Spreizring daher mit ganz wesentlich weniger Energieaufwand in Gang gehalten und sogar schräg gestellt und in Kurven gelenkt werden kann.

Um Material zu sparen, habe ich auf Figur 10 die beiden Röhrenhälften aneinander gelegt und nur an den Umkehrstellen Schleifen gelassen und dazwischen eine Platte (45) gesetzt. In der Ebene (46) habe ich die obere Schleife geschnitten, um diese Platte zu zeigen.

Vielleicht wird es aber zweckmäßiger sein, die beiden Röhrenhälften (wie auf Figur 9) so breit, wie die Schleife ist, parallel nebeneinander laufen zu lassen und mit einem hier überall gleichstarken Blatt zu verbinden. Das Gewicht braucht uns dabei keine Sorgen zu machen, denn das Blatt wird von unten vom Winde angeblasen, und der ist wahrscheinlich stark genug, um das Ganze zu tragen. Zur Erzeugung des erforderlichen hohen Vakuums genügt eine einfache Vorpumpe, denn der Strang (39) wirkt dann wie eine Gaede'sche Molekularluftpumpe und schleudert in den Schleifen die Luft heraus.

Figur 11 zeigt die Anlage im ganzen. (47) ist ein schwimmender Kasten, ein Schiff oder dergleichen. Der Spreizring (44) stützt sich auf ein Schiff (48). Die beiden Halteketten (49 und 50) sind am gleichen Punkt (51) im Meeresboden verankert und zwar so, daß (50) um (49) laufen kann, denn der Spreizring muß je nach der Windrichtung um das Kraftwerk herumfahren können.

Bei Verwendung des Spreizringes begibt man sich allerdings des Vorteils, die Kraftwerke auch bei Wirbelstürmen arbeiten zu lassen. Selbstverständlich ließe sich die Erfindung auch ohne Spreizring durchführen, wenn auch in bescheidenerem Rahmen; doch da er die Leistungsmöglichkeit steigert, erwähne ich ihn ebenfalls in dieser Schrift.

Ich will nun die Vorteile noch einmal zusammenfassen, die diese Ausführungsform gegenüber anderen Windkraftwerken bietet.

D. Vorteile gegenüber bisher vorgeschlagenen Windkraftwerken:

A) Das Emporheben durch Drachenballons gestattet:

1. Größere Höhen zu erreichen, als bei Anbringung an statischen Bauwerken und dadurch die Wetterabhängigkeit zu verringern und die Leistungsfähigkeit zu steigern.

B) Die Herstellung dieser Windkraftanlagen aus Ballonstoff oder luftdicht gemachter Leinwand oder

ähnlichem plastischen Material und die Möglichkeit, sie durch Innendruck zu versteifen, bringt folgende Vorteile:

1. Sie stellen sich im Bau billiger als vergleichbare Leichtmetallkonstruktionen.

2. Sie sind leichter herabzuholen, zusammenzulegen und zu verstauen, falls die Gefahr besteht, daß sie bei einem Sturm Schaden nehmen könnten, oder wenn sich Ausbesserungsarbeiten als nötig erweisen sollten.

3. Sie richten bei einem etwaigen Absturz (z.B. wenn das Seil reißen sollte) weniger Schaden an und nehmen auch selbst weniger Schaden, insbesondere, wenn dafür Sorge getragen wird, daß sich ihr Innendruck in einem solchen Falle so weit als nötig senkt.

4. Die Prallfüllung mit Preßluft ermöglicht in einfacher Weise eine Beheizung und dadurch die Verhinderung von Feuchtigkeit oder Vereisung oder das Brüchigwerden des Baustoffs infolge Kälte.

C) Die Verwendung elektrostatischer Influenzmaschinen als Stromerzeuger bietet folgende Vorteile:

1. Größere Leichtigkeit und daher Erhöhung der Leistung bei gleicher Größe der Drachenballons.

2. Hochgespannten Gleichstrom und daher Verbilligung der Überlandleitungen.

3. Unabhängigkeit der Maschinenspannung von der Windstärke und Umlaufgeschwindigkeit und daher

4. Einfacher Anschluß aller Stromgeneratoren an das gleiche Stromnetz ohne besondere Synchronisierungsmaßnahmen oder Stromspannungsregulierung.

5. Benützung der Kraftleitung auch für Telefonate, indem ihr durch Induktionsspulen die Telefonwellen aufgedrückt werden.

6. Der Umstand, daß die Influenzmaschine auch als Motor verwendbar ist, gestattet im besonderen Kraftspeicher, welche nach Wunsch Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff zersetzen oder Wasserstoff und Sauerstoff unter geringen Verlusten wieder zur Energieerzeugung verwenden.

D) Einbettung des Windrades in eine versteifte Röhre.

Gewinn:

1. Möglichkeit, auch das Windrad aus weichem Stoff zu bauen und dadurch in den Genuß der oben erwähnten Vorteile zu kommen.

2. Vermeidung der Randwirbel.

3. Erleichterung des Einholens und des Wiederaufstiegs.

4. Verringerung des Gesamtgewichtes durch die

Möglichkeit, die Windradschaufeln entsprechend zu formen.

5. Die Möglichkeit, den Rotor des Stromgenerators im Radreifen laufen zu lassen und diesen Reifen nur durch einen schmalen Spalt vom Außenzylinder zu trennen. Dies bringt insbesondere den Vorteil mit sich, daß Eiskristalle kaum zwischen Rotor und Stator gelangen können und dort sofort verdampfen, wonach der Dampf gleich abgesaugt wird.

E) Die Vernichtung des Rücktriebs durch den Spreizring, wenn man die Anlage auf offenen Wasserflächen aufstellen kann.

F) Wo dieses nicht möglich ist, besteht die Möglichkeit, Torsionen des Seils dadurch zu verhindern, daß man es schneidet und durch zwei Ringe gegeneinander verbindet, die auch den Strom leiten können, so daß man die Anlage auch bei Wirbelstürmen verwenden kann.

G) Verwendung eines Gleichstromdynamos:

1. Zur automatischen Regelung von Drachenstellung, Zylinderstellung usf.

2. Zur Beheizung des äußeren geerdeten Metallmantels in Regionen, wo Vereisungsgefahr besteht.

Über die Bau- und Montagearbeiten möchte ich hier nicht schreiben. Es bestehen da sehr viele Möglichkeiten, besonders weil man alles auch

einsetzen kann, bevor man noch den Windradreifen und den Zylinder völlig aufgepumpt hat, und ich habe das Gefühl, daß ich längst noch nicht alle Möglichkeiten überlegt und gegeneinander abgewogen habe, und daß andere Konstrukteure auch hier manches besser treffen würden.

Ich möchte jedenfalls erst einmal diese Ideen zur Debatte stellen. Soviel glaube ich immerhin bewiesen zu haben, daß es sich hier um eine ausbaufähige Alternative zur Kernenergie und zu anderen umweltfeindlichen Kraftwerken handelt, deren Entwicklung nicht allzu viel Zeit in Anspruch nehmen dürfte. Das meiste was da hinein spielt, weiß man ja sowieso schon irgendwo, und vieles läßt sich später im Windkanal untersuchen. Ich glaube, eine Arbeitsgemeinschaft von Fluglotsen und Flugroutenplanern (man braucht sie, um die richtigen Standorte für solche Kraftwerke zu finden) Meteorologen, Klimatologen, Aerodynamikern, Textil- und Plastikfachleuten, Physikern und Elektrofachleuten würde dies Gerät bestimmt in zwei bis höchstens vier Jahren entwickeln und konstruieren können.

Diese Idee ist inzwischen beim Deutschen Patentamt angemeldet und unter dem Aktenzeichen P.27 20 339.0 eingetragen. Gleichzeitig wurde ein Gebrauchsmuster angemeldet und wird unter dem Aktenzeichen (Gebrauchsmuster-Hilfsanmeldung) G 77 14 354.5 geführt. Da sind auch die Patentansprüche angegeben.

Erklärungen der Ziffern

1) Als „ungewöhnlich feucht“ würde ich die Luft bezeichnen, wenn die Maschine bei Nebel im Freien steht, so daß die Gegenstände feucht werden, statt zu trocknen.

2) Wenn also ein Windrad in Bodennähe bei einem Wind von durchschnittlich sagen wir 3 m/sec (das müßte schon in Meeresnähe oder auf der Heide sein) 1 PS leistet, so würde es bei gleichem Durchmesser und Wirkungsgrad in 10 km Höhe bei 20 m Windgeschwindigkeit (dieser Durchschnittswert ist eher zu tief als zu hoch gegriffen) nicht nur

$$\left(\frac{20}{3}\right)^3$$

sondern sogar $103 \times 1,29 = 133$ PS liefern.

Dies ist aber natürlich nur ein Rechenbeispiel. In Wirklichkeit wird eine solche Maschine mindestens 4 mal soviel leisten.

Angenommen bei einer Windgeschwindigkeit von 1 m/sec brauchte man am Rande eines Windrades pro Quadratmeter $1/30$ Kp/m² Bremskraft, um die Geschwindigkeit gleichförmig zu halten (1 Kp, Kilopond, ist die Kraft, mit der 1 kg auf eine Waage drückt - ich glaube diese Zahl wird beim Windrad von Fig. 4 und 6 ungefähr stimmen), dann würde man bei einer Windgeschwindigkeit von 3 m/sec bereits $9/30 = 0,3$ Kp brauchen,

denn die Kraft steigt mit dem Quadrat der Windgeschwindigkeit. Angenommen weiter, das Rad dreht sich dabei am Rande auch mit der Geschwindigkeit von 3 m/sec, dann leistet es also in Bodennähe $0,3 \times 3 = 0,9 \frac{\text{mkg}}{\text{sec} \cdot \text{m}^2}$. Dem Laien wird die Sache dadurch noch leichter verständlich, weil wir hier die Energie tatsächlich am Rande abnehmen.

Eine Pferdestärke entspricht nun 75 mkg/sec. Um sie zu leisten, müßte das Rad also

$$\frac{75 \text{ mkg/sec}}{0,9 \text{ mkg/sec} \cdot \text{m}^2} = 83 \text{ m}^2$$

groß sein. Dem würde ein Durchmesser von 10,5 m entsprechen.

Nun beträgt der Raddurchmesser aber mindestens 20 und wahrscheinlich sogar 30 bis 35 m. Die Radfläche ist also 4 bis 9 mal so groß und das Rad liefert demnach in 10 km Höhe nicht nur 133, sondern vermutlich 528 bis 1.188 PS oder 400 bis 900 Kilowatt.

3) Reißlänge ist die Strecke, bis zu der ein Draht oder Faden senkrecht herunterhängen könnte, bevor er oben unter seinem eigenen Gewicht abreißt.

4) Ich weiß nicht, ob die Firma „Womella“ noch existiert, wenn ja, könnten uns ihre Leute viel Aufschluß geben und manche Entwicklungsarbeit ersparen.

5) Angenommen das Windkrafttrad schwebt 10 km hoch. Dann ist der Außendruck wie erinnerlich 0,35 Bar. Angenommen weiter, wir wollen den Drachenballon so stark bauen und so prall füllen, daß wir ihn erst bei einem Orkan von über 200 km/h herabholen müßten. Dann müßte der Überdruck im Innern etwas mehr als doppelt so groß sein, wie der höchste mögliche Winddruck auf eine Wandstelle, sagen wir 1.000 Kp/m^2 oder 0,1 Bar. Der absolute Innendruck p_1 wäre dann $p_1 = 0,35 + 0,10 = 0,45$ Bar. Für die Temperatursteigerung infolge der Kompression gilt dann die Formel

$$\left(\frac{T_1}{T_0}\right) = \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{k-1}{k}}$$

Dabei ist k die Adiabatenzahl (in 10 km Höhe bei eisfreier Luft 1,4). T_0 = die absolute Außentemperatur und T_1 die Innentemperatur. (Die absolute Temperatur ist bekanntlich die Temperatur in Celsiusgraden + 273,18°. Man schreibt dafür auch °K, (Grad Kelvin).

Hier wäre also

$$\frac{T_1}{T_0} = \left(\frac{0,45}{0,35}\right)^{\frac{0,4}{1,4}} = 1,286^{0,286} = 1,074$$

Weiter wäre

$$\frac{T_1}{T_0} - 1 = \frac{T_1 - T_0}{T_0} \text{ und } T_1 - T_0 = T_0 \cdot 0,074$$

Wäre nun $T_0 = -73^\circ \text{ C} = 200^\circ \text{ K}$, so wäre

$$T_1 - T_0 = 14,8^\circ \approx 15^\circ \text{ C.}$$

Die Temperatur in Celsiusgraden t , wäre dann $-73^\circ \text{ C} + 15^\circ \text{ C} = -58^\circ \text{ C}$. Das wäre für die meisten infrage kommenden Baustoffe noch zu kalt.

Es gibt nun aber eine ganz einfache Möglichkeit, die einströmende Luft ohne besondere Heizvorrichtungen aufzuwärmen, ohne den Druck im Ballon zu steigern. Wir müssen nur auf dem Weg zwischen Ballon und Pumpe ein Sicherheitsventil einbauen, das sich erst beim Druck öffnet, der das gewünschte $T_2 - T_0$ hervorruft, wenn wir mit dem Index 2 den Zustand zwischen Pumpe und Sicherheitsventil bezeichnen wollen. Da die Luft beim Durchströmen keine mechanische Arbeit leistet, kühlt sie dabei auch kaum ab und hat hinter dem Sicherheitsventil noch immer ungefähr T_2 °K. Ich weiß natürlich, daß die entspannte Luft etwas kühler ist, und daß allein auf diesem Unterschied z.B. szt. die Linde'sche Luftverflüssigungsmaschine beruhte, doch er ist an sich so gering, daß ich ihn hier vernachlässigen kann, wenn ich nur das Prinzip zeigen will.

Aus den anfangs genannten Gleichungen folgt durch Umkehrung

$$\frac{p_2}{p_0} = \left(\frac{T_2}{T_0}\right)^{\frac{k}{k-1}} ; \frac{p_2}{p_0} - 1 = \frac{p_2 - p_0}{p_0}$$

$$p_2 - p_0 = p_0 \left\{ \left(\frac{T_2}{T_0}\right)^{\frac{k}{k-1}} - 1 \right\}$$

Wollen wir z.B. $t = 40^\circ \text{C}$ erreichen (das dürfte bei hinreichender Durchlüftung sogar bei -80°C noch genügen), so wäre, um beim vorigen Beispiel zu bleiben

$t_0 = -73^\circ \text{C} = 200^\circ \text{K}$ und es wird $T_2 = 313^\circ \text{K}$,
daraus folgt

$$\frac{p_2}{p_0} = \left(\frac{313}{200} \right)^{3,5} = 4,15$$

Da $p_0 = 0,35 \text{ Bar}$, wird $p_2 - p_0 = 0,35 \times 3,15 \text{ ca. } 1,1 \text{ Bar}$.

Da nun der innere Überdruck noch $0,1 \text{ Bar}$ betragen soll, müßte sich das Sicherheitsventil also genau bei 1 Bar öffnen. Das alles kann natürlich automatisch erfolgen und durch Thermostaten an den hinteren Spitzen leicht geregelt werden.

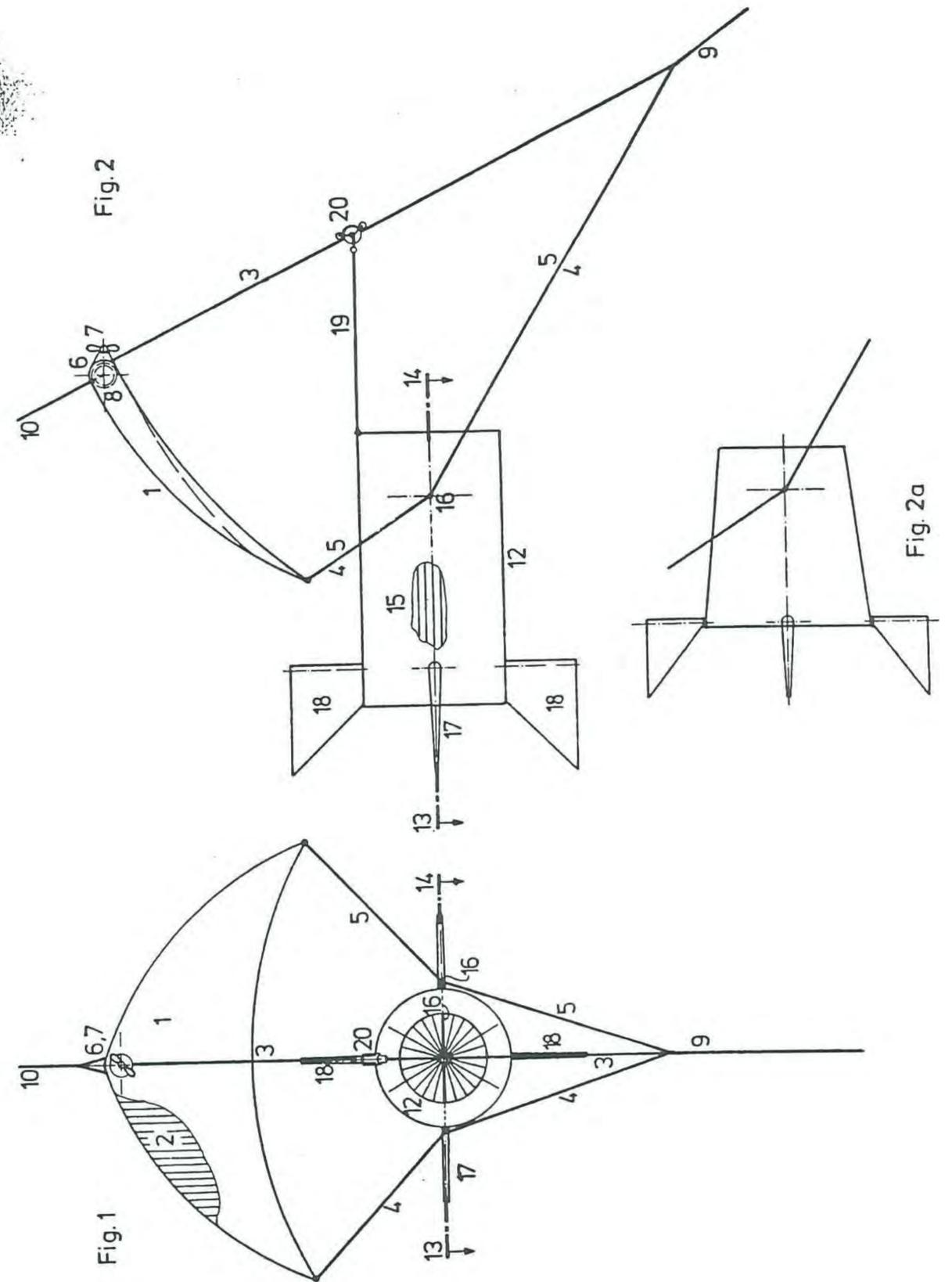


Fig. 3

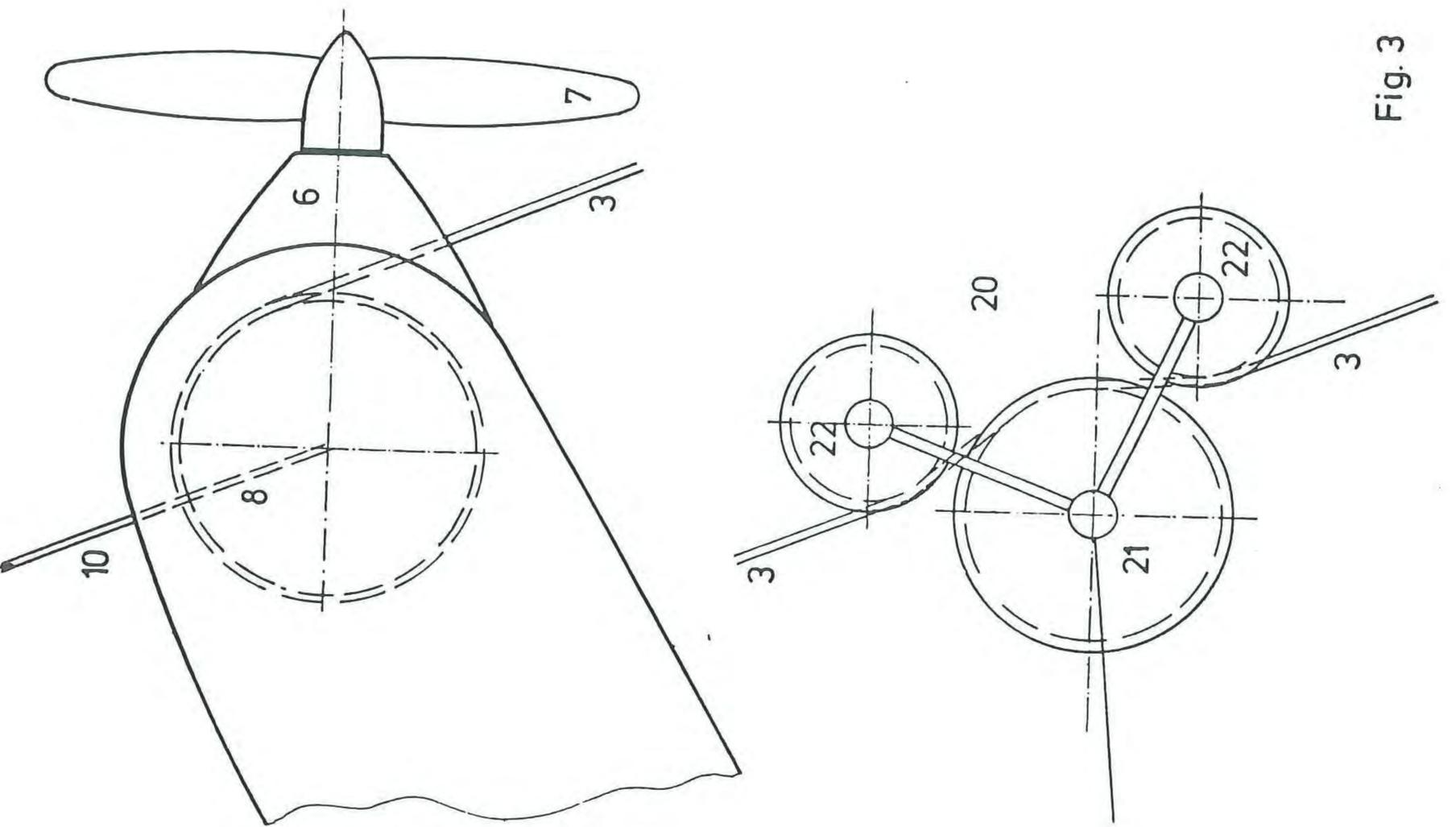
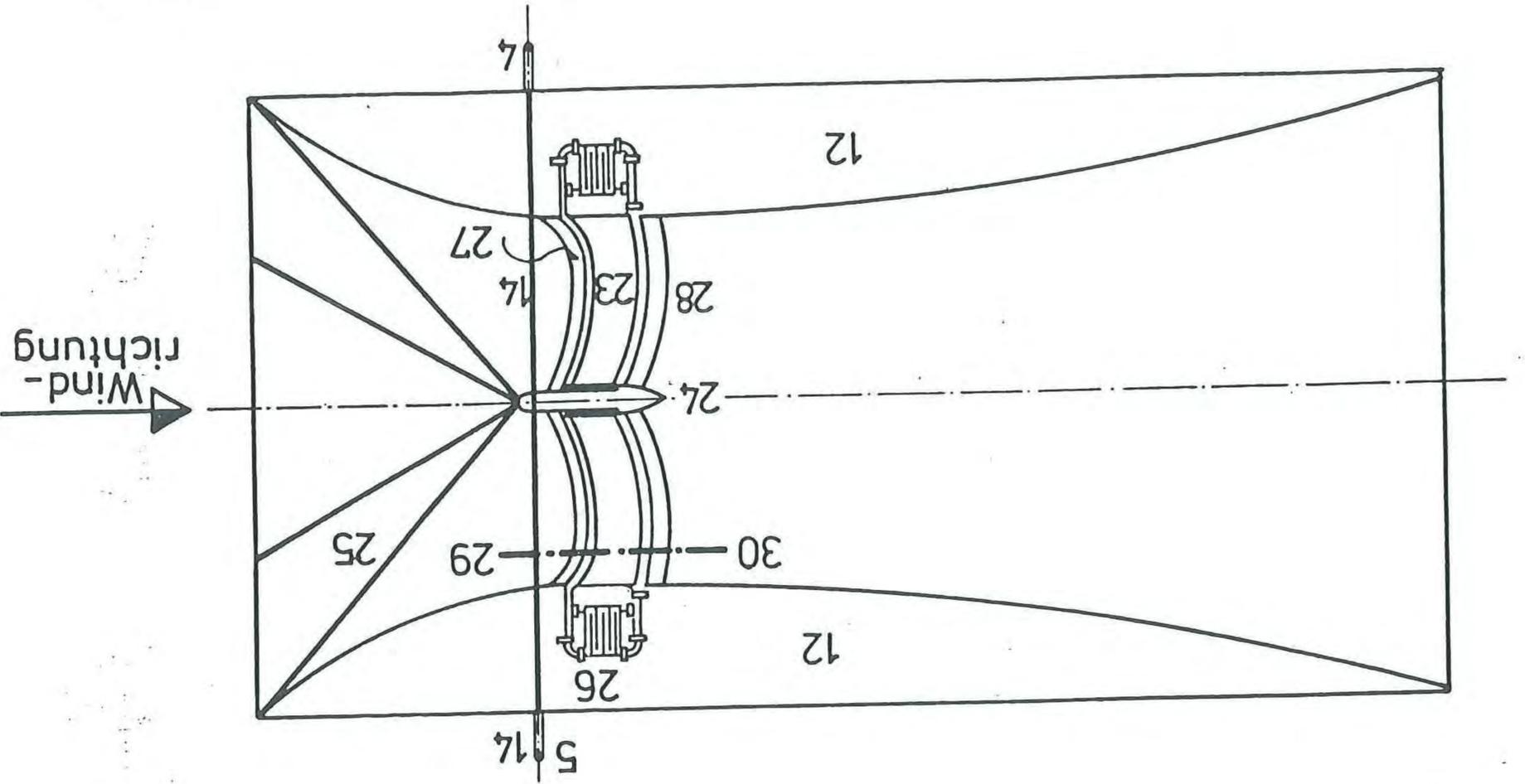


Fig. 4



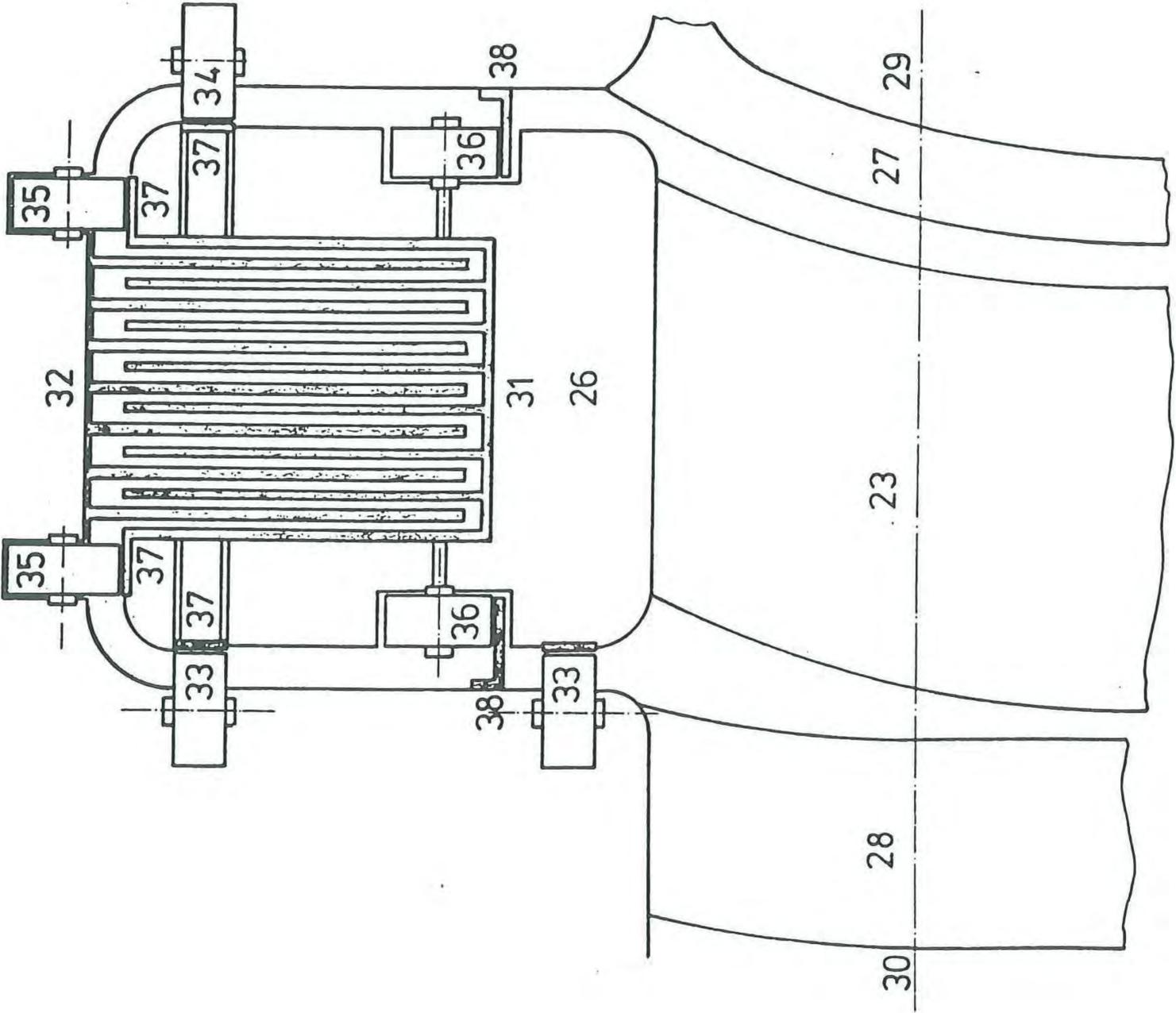


Fig. 5

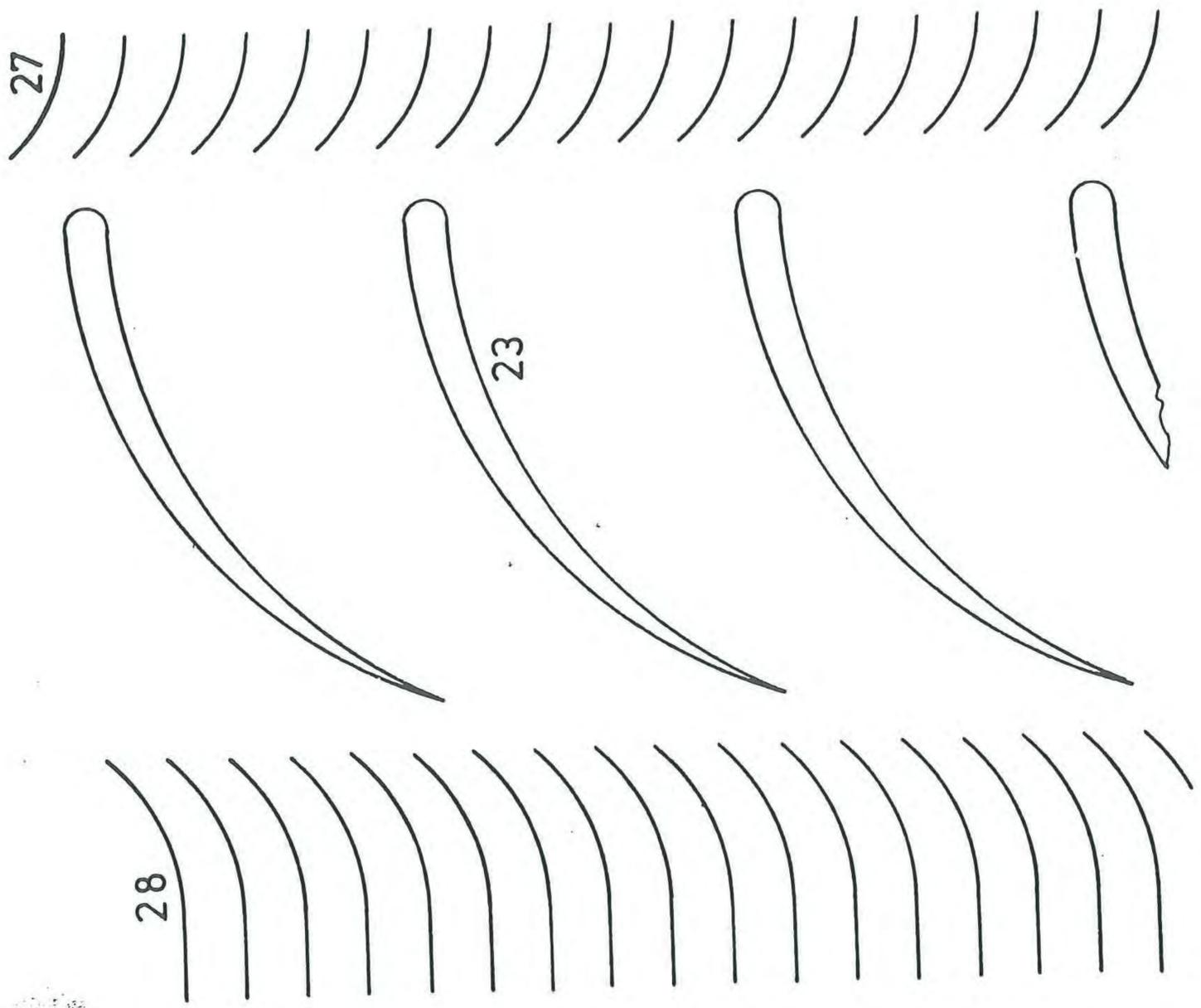


Fig. 6

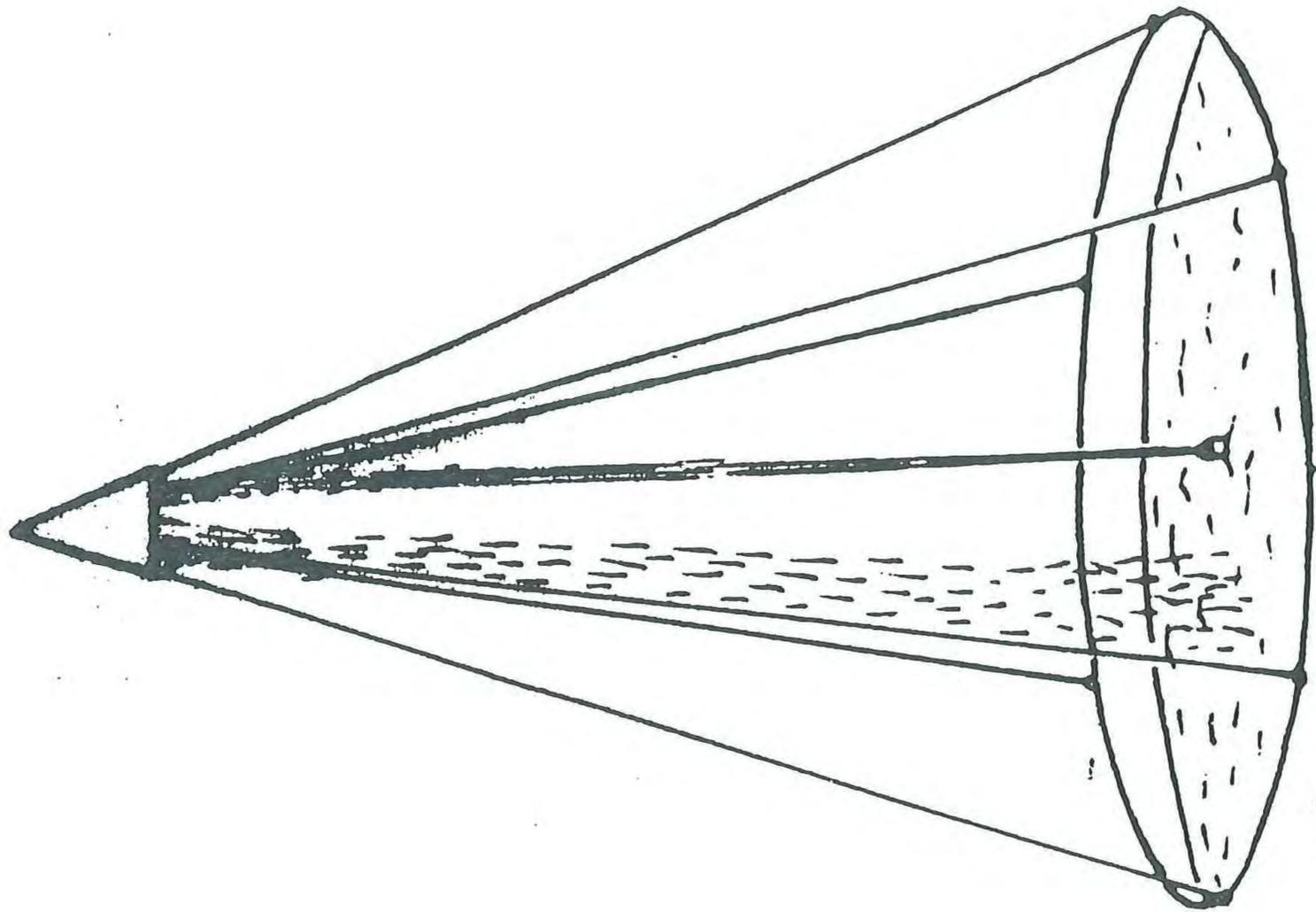


Fig. 8.

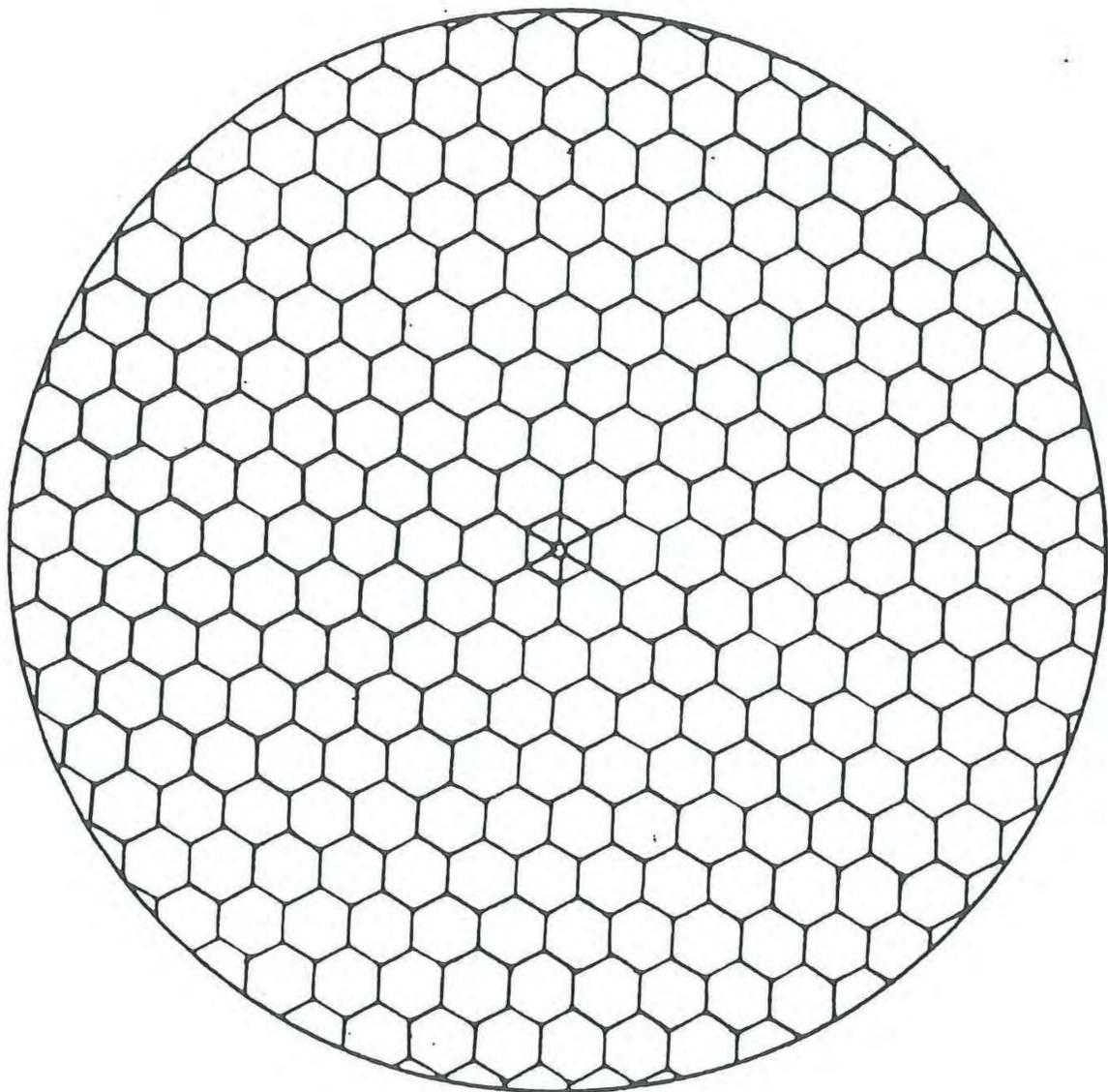


Fig. 7

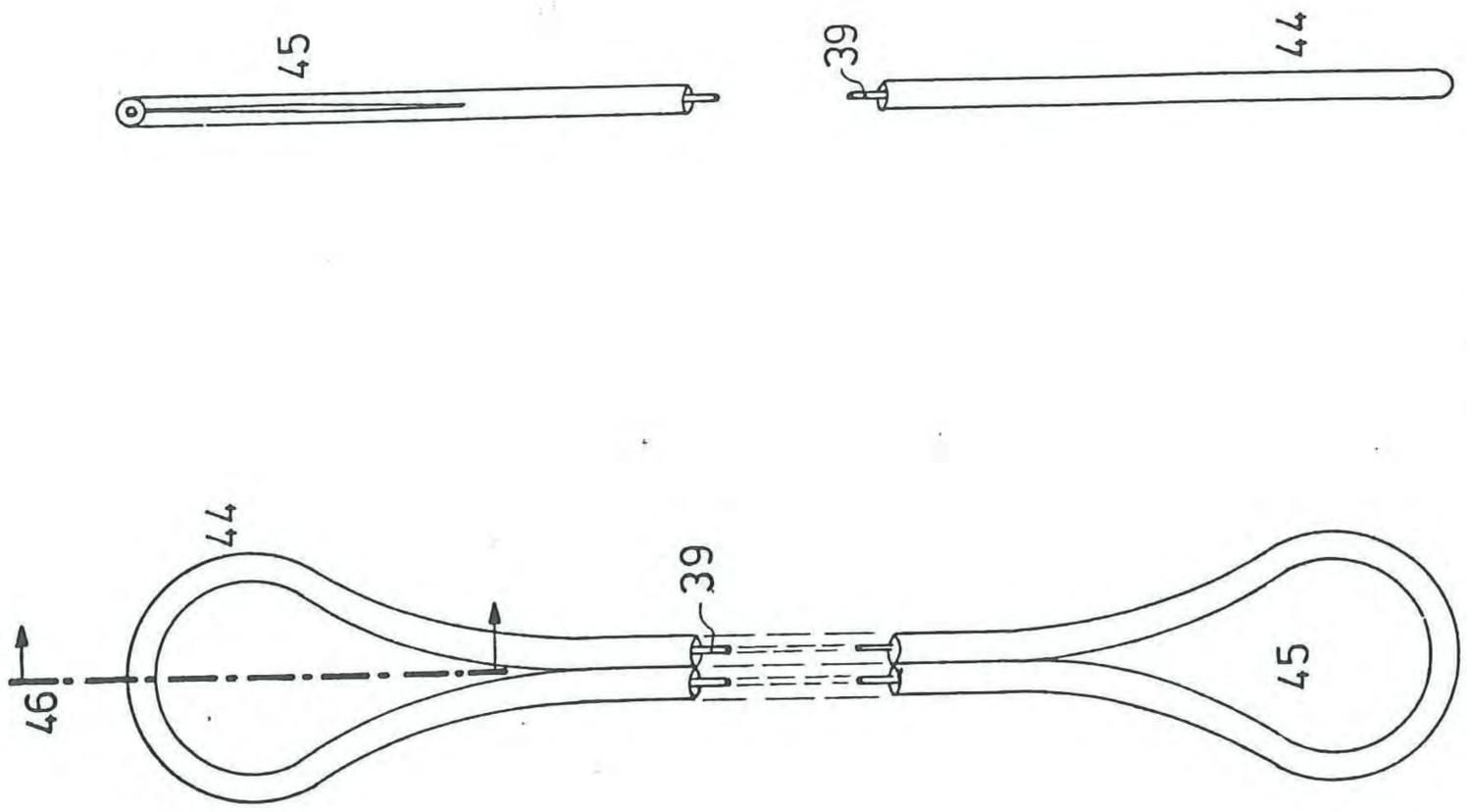
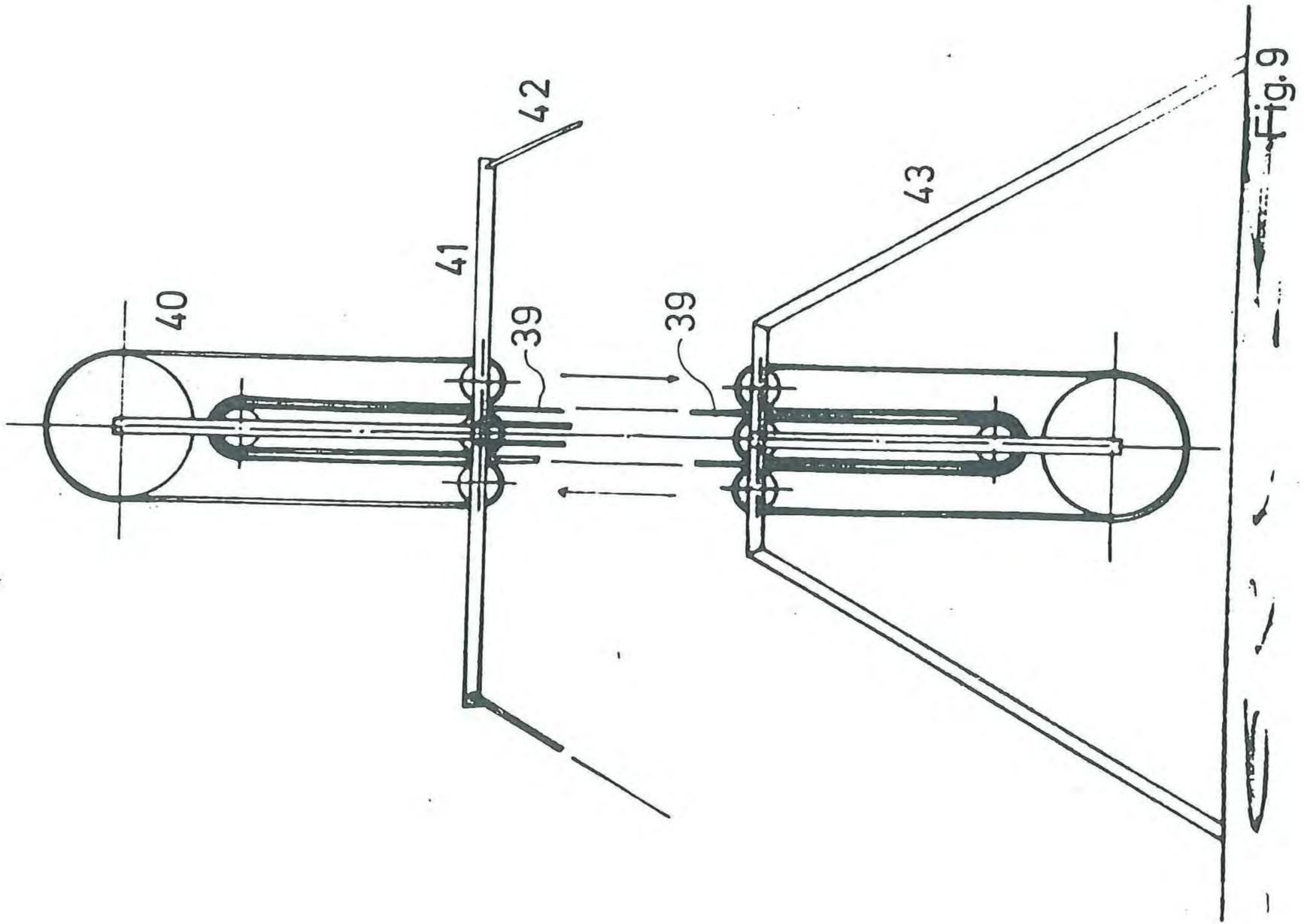


Fig. 10

Fig. 9

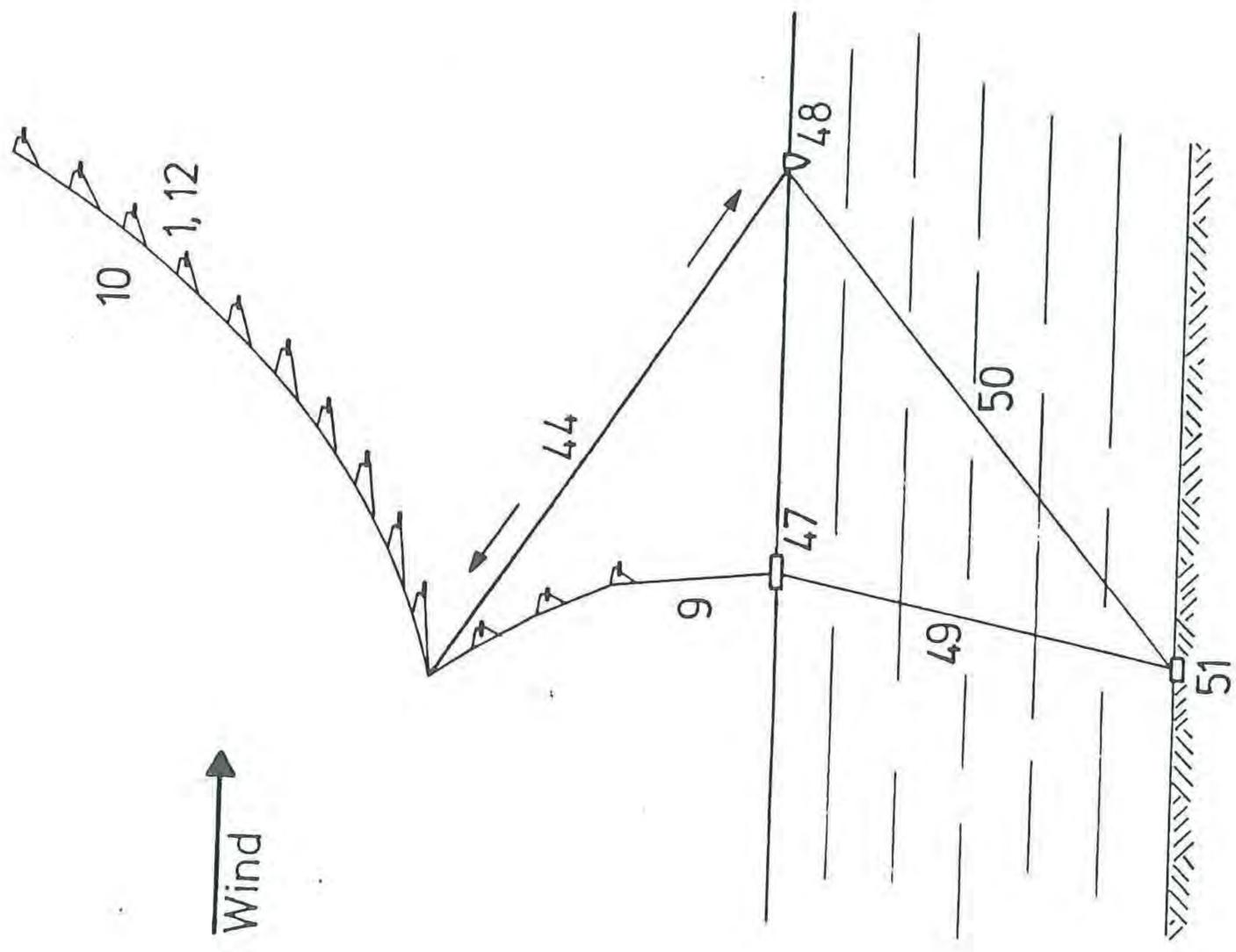


Fig. 11