

Der tropische Wirbelsturm und das Wirbelkraftwerk

*Wissenschaftliche Perspektiven für eine umweltfreundliche
Energiegewinnung verständlich dargelegt*

David Daudrich

David Daudrich

**Der tropische Wirbelsturm
und
das Wirbelkraftwerk**

*Wissenschaftliche Perspektiven für eine
umweltfreundliche
Energiegewinnung verständlich dargelegt*



first minute Taschenbuchverlag

Die Deutsche Bibliothek - CIP - Einheitsaufnahme:

Daudrich, David:

Der tropische Wirbelsturm und das Wirbelkraftwerk :
*Wissenschaftliche Perspektiven für eine umweltfreundliche
Energiegewinnung verständlich dargelegt.* / David
Daudrich. - 1. Aufl. - Emsdetten :
First-Minute-Taschenbuch-Verl., 2001
ISBN 3-932805-22-4

Erste Auflage 2001
Alle Rechte vorbehalten
Copyright © by
first minute Taschenbuchverlag
Emsdetten
eMail: First Minute@t-online-de
Gedruckt und gebunden durch
Difo Druck, Bamberg
Lektorat: First Minute Taschenbuchverlag
ISBN 3-932805-22-4

*Meinem Sohn Jura, der erfolgreich
an diesem Thema arbeitete und als Student
des fünften Studienjahres der Universität
unsere Erde verlassen musste, gewidmet*

Mein Dank geht an

Prof. Dr. Hugo Schaubert

ohne dessen Initiative und Unterstützung ich dieses Buch niemals begonnen und zu Ende gebracht hätte.

Prof. Dr. Jörg Schlaich

dessen Beteiligung an der Betrachtung des Wirbelkraftwerkes wie auch wohlwollende Kritik mir bei den theoretischen Ausführungen von Nutzen waren

Alexander Richter

der mit großer Geduld und Zielstrebigkeit an dieser Arbeit teilgenommen hat. Ohne seine Mitarbeit wäre dieses Buch nicht erschienen

Meine Frau Sinaida

Meinen Sohn Bernhard

die sich - wie mein Sohn Jura - in den sechziger und siebziger Jahren mit großer Aufopferungsbereitschaft und Mühe an der Aufarbeitung des umfangreichen Materials zu diesem Thema beteiligten

Ungeachtet dessen, wie die endgültige Lösung aussehen wird, ist das Problem der Stürme ohne Zweifel nicht nur eines der wichtigsten, sondern auch eines der schwierigsten und reizvollsten aus den vielen ungelösten Rätseln der Meteorologie.

O.G. Setton

Eines der kompliziertesten Problemen, das vor einem Meteorologen steht, der sich bemüht das Geheimnis der Hurrikans zu lösen, ist die Frage warum eigentlich die Hurrikans entstehen. Dieses Geheimnis ist in etwa mit dem Geheimnis des Lebens zu vergleichen.

Tomas Helm

Mit der Frage, wie die tropischen Stürme entstehen, was sie sind und woher sie ihre kolossale Energie bekommen, beschäftigen sich die Gelehrten der ganzen Welt, doch bis heute ist es noch niemandem gelungen, eine entgültige Antwort darauf zu bekommen.

S.M. Tiron

Eines der wichtigsten Problemen der Theorie der allgemeinen Luftströmungen ist die Beantwortung der Frage, wie ein Teil der inneren Energie, die von der Wärme der Sonne stammt, letztendlich in kinetische Energie umgewandelt wird.

E.N. Lorenz

Die Frage der Umwandlung der potenziellen und inneren Energien in kinetische Energie ist eine der wichtigsten Fragen der modernen dynamischen Meteorologie, weil nämlich mit dieser Umwandlung die Zirkulation der Atmosphäre und die Entwicklung der Zyklone und Antizyklone verbunden ist.

W.A. Belinski

Inhaltsverzeichnis

DER TROPISCHE WIRBELSTURM

<u>TORNADO, TAIFUN, TIEF</u>	13
<u>Eigenschaften</u>	13
<u>Ist ein Wirbelsturm lebendig?</u>	14
<u>Analyse - Synthese</u>	19
<u>Was ist Wärme und Wärmeenergie?</u>	20
<u>Die Sonnenenergie und der Wirbelsturm</u>	22
<u>Die Energiequellen des Lebens</u>	24
<u>Die Sonne und das Verdunsten</u>	29
<u>Das Verdunsten eines Moleküls</u>	31
<u>ZUSTANDSDIAGRAMME</u>	36
<u>Wie verrichtet die Wärme der Umgebung ihre Arbeit?</u>	40
<u>Was ist ein tropischer Wirbelsturm?</u>	43
<u>Dimensionen</u>	45
<u>Kreislauf</u>	46
<u>Luftdruck</u>	46
<u>Geschwindigkeit</u>	47
<u>Kinetische Energie</u>	49
<u>Luftfeuchtigkeit</u>	50
<u>Temperatur</u>	51
<u>Die Archimedeskraft beim Verdunsten des Wassers</u>	51
<u>Potenzielle Energie</u>	52
<u>Wärmeenergie</u>	53
<u>Trägheitskräfte</u>	55
<u>Wendepunkt</u>	56
<u>Reibung</u>	57
<u>WIE UND WO WIRD EIN TROPISCHER WIRBELSTURM ANGETRIEBEN?</u>	59
<u>Die Energiequelle</u>	59
<u>Der Anlasser</u>	61
<u>Der zusätzliche Motor</u>	64
<u>Das Verdunsten und das Erwärmen zusammen</u>	69
<u>Alles kurzgefasst</u>	70
<u>WIE ENTSTEHT EIN TROPISCHER WIRBELSTURM?</u>	71
<u>Wie entsteht eine Thermik?</u>	71
<u>Wie wird aus der Thermik ein Gewitter?</u>	72

<u>Wie entsteht ein Wirbelsturm aus dem Gewitter ?</u>	74
<u>Wie wird die Zunahme eines Wirbelsturmes erklärt?</u>	76
<u>Wie stärkt die Natur ihren Wirbelsturm?</u>	78
<u>REISELUST EINES WIRBELSTURMES</u>	80
<u>Nahrung</u>	81
<u>"Negative" Masse</u>	82
<u>Der Wirbelsturm als Kreisel</u>	83
<u>Die führende Luftströmung</u>	85
<u>Fudsiwara - Effekt</u>	85
<u>DAS WIRBELKRAFTWERK</u>	
<u>Der Wirbelsturm im Kraftwerk</u>	88
<u>KONSTRUKTION</u>	90
<u>Konzentrator</u>	90
<u>Kamin</u>	91
<u>Turbogeneratorsatz</u>	94
<u>Sonnenenergiespeicher (Kollektor).</u>	95
<u>START, ARBEIT, STOPP DES WKW</u>	98
<u>Start</u>	98
<u>Arbeit</u>	98
<u>Stopp</u>	99
<u>ANHANG</u>	
<u>Das Verbot den Sturm zu nutzen</u>	117
<u>Gesetze der Menschen - Gesetze der Natur</u>	118
<u>Das Objektive und das Subjektive im Gesetz der Natur</u>	120
<u>Wasser statt Benzin im Motor</u>	122
<u>Elektrizität aus Wärme</u>	123
<u>Das Kind der Dampfmaschine in der Moderne</u>	125
<u>Die Entropie und ihr Appetit</u>	126
<u>BEMERKUNGEN</u>	127
<u>Welchen Nutzen kann das Wirbelkraftwerk bringen?</u>	127
<u>Der Wirbel im Kraftwerk</u>	127
<u>Stabile Arbeit in jeder Zeit</u>	128
<u>NATUR, MENSCH, ENTROPIE, FAZIT</u>	129

Der tropische Wirbelsturm

Tornado, Taifun, Tief

Eigenschaften

Auf unserem Planeten sind diese drei Wirbelstürme die wichtigsten in der Atmosphäre. Sie haben gemeinsame Eigenschaften, und dennoch stellen sie verschiedene Ereignisse der Natur dar. Ihre Entstehung ist nur unter bestimmten Bedingungen möglich. Bei einem Tief liegen die Grenzen dieser Bedingungen weit auseinander, und deswegen kommt es häufig vor. Der tropische Wirbelsturm dagegen kann nur am Äquator entstehen, bei einem begrenzten Minimum der Wassertemperatur und bei einem bestimmten Zustand der Atmosphäre. Deswegen gibt es ihn seltener. Ein Tornado braucht bei seiner Geburt einen besonderen Zustand der Atmosphäre und der Erdoberfläche, die nur in einigen Gegenden und Jahreszeiten stattfinden. Zu den auffälligsten Merkmalen der Wirbelstürme gehören ihre Dimensionen, obwohl sie keine äußeren scharfen Grenzen haben. Ein Tief kann im Durchmesser einige tausend Kilometer erreichen. Ein tropischer Wirbelsturm - nur einige hundert. Ein Tornado hat im Durchmesser oft nicht mehr als einen Kilometer. Die Höhe ergibt einen geringeren Unterschied. Diese drei Typen Wirbelstürme beherrschen die dichte Schicht der Atmosphäre, in der sich die Wolken bilden, und ihr sichtbarer Teil kann sich im Zentrum weit darüber hinaus erstrecken. Besonders hoch wird ein tropischer Wirbelsturm. Im Grunde aller Wirbelstürme der Atmosphäre liegt die spiralförmige Bewegung der Luft, die im unteren Bereich an der Erdoberfläche ihren Anfang hat und dann allmählich oder plötzlich im Zentrum ihre Richtung in die Höhe wendet. Alle vollziehen einen Kreis-

lauf, der einen Stoff- und Energiewechsel gewährleistet. Sie funktionieren wie mächtige Staubsauger, die die konvergierende Luft im Zentrum in die Höhe schleudern. Im unteren Bereich entsteht ein Luftdruckgefälle, dem eine starke Zentrifugalkraft und eine radiale Beschleunigungskraft entgegenstehen. Das Gleichgewicht dieser Kräfte steuert die Intensität des Wirbelsturmes (wenn man unter diesem Begriff irgendeine „Leistung“ pro Quadratmeter Erdoberfläche verstehen darf). Diese Intensität hat ein reziprokes Verhältnis zur Dimension. Die Umfangsgeschwindigkeit bzw. kinetische Energie im Innenbereich steigt vom Tief zum Taifun und zum Tornado an. Dieses Verhältnis findet auch beim Vergleichen der Verdunstung und des Temperatúrausgleiches statt. Auch der nur dem Menschen bekannte Schaden erhöht sich vom Tief zum Taifun und zum Tornado. Auf immer kleineren Flächen wird ein immer größerer Schaden angerichtet. Eine der wichtigsten Bedingungen für ein dauerhaftes Leben des Wirbelsturms ist seine Wanderung. Die Bewegung gewährleistet dem Wirbel sein Futter, den nötigen Stoff- und Energiewechsel. Das schwache Tief findet auf seiner großen Fläche genug davon und kann deswegen längere Zeit auf einer Stelle normal funktionieren. Der intensive tropische Wirbelsturm mit seiner geringeren Fläche hat es schon schwerer, sich längere Zeit auf einer Stelle, besonders auf dem Festland, zu halten. Der starke Tornado würde auf einer Stelle bald zugrunde gehen, ohne Bewegung ist er auf dem Lande nicht lebensfähig. Nur wenn er auf warmes Wasser trifft kann er "hängen" bleiben.

Ist ein Wirbelsturm lebendig?

Die große Macht eines tropischen Wirbelsturmes und der Schaden, den er häufig anrichtet, haben spürbare Auswirkungen auf die Gefühle des Menschen und hinterlassen bei denen, die ihn einmal überlebt haben, eine tiefe Spur im Gedächtnis. Man meint, der Wirbelsturm enthielte eine enorme Menge Energie. Nicht selten wird diese Menge Energie auch bewertet oder in Millionen Tonnen von Sprengstoff oder in der Stückzahl von Atombomben umgerechnet. *Große Stürme (je nach Gegend und Art "Hurricanes", "Tornados" oder "Taifune" genannt) erreichen oft eine Kraft von Atombom-*

benexplosionen. Diese Gewalten können nicht genutzt werden; sie stellen für Windkraftanlagen außerdem große Gefahren dar. (ISBN 3-7855-2381-5, 1996) Doch was der Mensch selbst sieht und spürt, wie auch der Schaden, den ein Wirbelsturm hinterlässt, hat in der Tat mit einer großen Menge Energie nichts zu tun. Eine Atombombe explodiert, verwüstet alles weit und breit und in kurzer Zeit ist alles wieder ruhig. Ein Wirbelsturm dagegen lebt und wandert, er kann viele Tage lang ununterbrochen funktionieren und dabei wie ein Riesenbösewicht alles vom Menschen Geschaffene zerstören und vernichten. Um diese enorme Arbeit auf seinem langen Weg zu leisten, müsste in ihm wirklich eine unendlich große Menge Energie gespeichert sein mit einer Kraft von vielen Atombomben, die nach und nach freigegeben wird. Doch diese Menge Energie, die für die große Gewalt und den enormen Schaden verantwortlich ist, wird im Wirbelsturm nicht gespeichert. Also ist es falsch, von einer Energiemenge zu reden und zwar aus folgendem Grund:

Die Natur ist die Mutter eines Wirbelsturmes, und bei der Geburt bekommt auch er von seiner Mutter, wie jedes Lebewesen, auf irgendeine Weise wirklich ein bestimmtes Maß an Energie geschenkt, das während des Wachstums ansteigt und praktisch unverändert bleibt. Diese Energiemenge wird beim Wirbelsturm hauptsächlich in kinetische Form der rotierenden Massen umgesetzt. Sie macht das grausame Geschöpf der Natur zum Wirbelsturm mit seinen bekannten Eigenschaften und Merkmalen, ermöglicht seine Existenz. Die zerstörerische Komponente des Sturmes übt diese, in ihm eingeschlossene Energie nicht aus, sie gewährleistet bloß sein Leben und macht ihn, samt der in ihm ebenfalls eingeschlossenen Stoffe zu dem, was er ist. Erst am Ende wird all die vorhandene Energie (wie auch die in ihm vorhandenen Stoffe), endlich frei und kehrt komplett in die Umgebung zurück. Dasselbe geschieht auch bei Pflanzen, Tieren, selbst beim Menschen, bei allen Kreaturen unserer Welt. Und gerade so, wie der Mensch, die Tiere, die Pflanzen u.a.m. ständig eine Energie- und Stoffzufuhr (eine Nahrung) brauchen, um die Energieverluste zu kompensieren, den Stoffwechsel zu gewährleisten, das heißt - am Leben zu bleiben und eventuell noch ihre Arbeit verrichten zu können, braucht auch der Wirbelsturm eine

ständige Energie- und Stoffzufuhr (eine Nahrung), um die Energieverluste zu kompensieren, den Stoffwechsel zu gewährleisten, das heißt - am Leben zu bleiben und auch seine Arbeit zu verrichten. Jedes erwachsene Tier, jede Pflanze und jedes andere Lebewesen, wie auch jeder Wirbelsturm, enthält sein Leben lang praktisch die gleiche Menge von Energie und Stoffe, aber nicht dieselben Energie und Stoffe. Sowohl die Energie, als auch die Stoffe werden durch den Stoffwechsel mit frischen aus der Umgebung, doch derselben Natur ein ganzes Leben lang ununterbrochen ausgetauscht. Was in einer Form bei den Tieren, Pflanzen, und auch beim Wirbelsturm ständig eingeführt wird, unterstützt ihr Leben, wird verarbeitet und wird dann in anderer Form als Unbrauchbares ständig wieder ausgeschieden. Bei jedem Lebewesen, so auch beim Wirbelsturm, spielt das Wasser eine dominierende Rolle. Ohne Wasser wäre die Existenz, wenigstens auf unserem Planeten und heutzutage, nicht möglich. Doch in Bezug auf das Wasser gibt es hier auch einen kleinen Unterschied. Während das Wasser bei den komplizierten Kreaturen der Natur, die einen relativ festen Körper haben, bei den Pflanzen und Tieren hauptsächlich die Rolle eines Förderers spielt, der das Transportieren ihrer Nahrung, die aus verschiedenen energiereichen Stoffen besteht, im Organismus gewährleistet, ist das Wasser im Wirbelsturm, in dem einfachen Geschöpf der Natur, dessen eigene energiereiche Nahrung. Und die Gemeinsamkeiten gehen weiter. Gerade so wie jedes Tier, jede Pflanze, jeder Mensch seine eigene Kraft, seinen eigenen Energiegehalt, seinen eigenen Charakter und seine eigenen äußeren Merkmale besitzt, die nur dieses einzelne Geschöpf charakterisieren, hat auch jeder Wirbelsturm seine eigene Kraft, seinen eigenen Energiegehalt, seinen eigenen Charakter und seine eigene Gestalt. Doch alle Eigenschaften ändern sich ständig, entsprechend der Intensität, der in ihnen verlaufenden Prozesse des Stoff- und Energiewechsels bzw. des Kreislaufs. Und allein diese Intensität bezeichnet den größten Unterschied zwischen dem Wirbelsturm und den anderen Kreaturen. Aber dieser Unterschied ist keineswegs prinzipiell. Auch in der Pflanzen- und Tierwelt gibt es genügend Unterschiede zwischen verschiedenen Arten. Bemerkenswert ist auch, je größer und stärker das Geschöpf ist, desto schwerer ist es sein Leben künstlich abubrechen. Eine gesunde

Maus kann schon von einer Katze leicht getötet werden. Ein gesunder Elefant kann praktisch nur noch vom Menschen getötet werden. Ein gesunder Wirbelsturm kann überhaupt nicht, auch nicht vom Menschen und dessen Kreativität, getötet werden. Zu groß und zu mächtig ist der Sturm, und eine Kanone gegen ihn ist noch nicht erfunden worden, obwohl es entsprechende Versuche gab. Ein Mensch steht vor dem Wirbelsturm gerade so wie eine Maus vor der Katze: hilflos. Nur die Flucht oder ein Versteck kann in beiden Fällen das bedrohte Leben retten. Auch die Entwicklung vor dem Eintreten in diese Welt kann bei allen Lebewesen nur unter bestimmten Bedingungen verlaufen. Von besonderer Bedeutung ist hier die Temperatur. Eine Pflanze aus dem Samen, ein Küken, ein Krokodil, eine Schildkröte aus dem Ei, ein Baby im Bauch der Mutter kann sich nur dann entwickeln, wenn die Temperatur der Umgebung ein bestimmtes Niveau nicht unterschreitet. Genauso kann sich ein tropischer Wirbelsturm nur dann entwickeln, wenn die Temperatur der Umgebung nicht unter 26°C liegt. Nach der Geburt können alle Geschöpfe der Natur, inklusive des Wirbelsturms, ihr Leben auch bei deutlich niedrigeren Temperaturen weiterführen. Noch mehr, ein Mäuschen braucht nur ganz wenig Futter, mit anderen Worten, die Energie- und Stoffzufuhr, die das Mäuschen ständig braucht, um am Leben zu bleiben, ist ganz gering. Ein Elefant braucht ungleich mehr Futter. Ein Wirbelsturm mit seiner enormen Größe und Kraft braucht außerordentlich viel "Futter" bzw. eine gewaltige, ununterbrochene Energie- und Stoffzufuhr, um am Leben zu bleiben. Woher jedoch stammt diese unvorstellbar große Menge energiereichen Futters, das der Wirbelsturm ständig „schluckt“, verarbeitet und nachher in veränderter Form ausscheidet, um zu funktionieren und dabei noch, um die gewaltigen Wassermengen auf das Land zu übertragen, um den schweren Schaden auf seinem langen Wege anzurichten? Außerdem wird heute allgemein angenommen, dass auch die Reibung zwischen den rotierenden Luftmassen und der Erdoberfläche zu einem enormen Energieverbrauch des Wirbels führt, dass die hochwertige kinetische Energie der rotierenden Massen dadurch ständig degradiert und, wie auch in einer alten Maschine, in unnütze Wärme umgewandelt wird. Wenn dem so ist, muss auch diese starke Energiequelle (um die mutmaßlichen, durch die Rei-

bung verursachten „Energieverluste“, zu kompensieren und sein Leben nicht zu gefährden) gefunden werden. Auf diese wichtigen Fragen gibt es bis heute keine Antwort.

Nach den Gesetzen der klassischen Thermodynamik und nach der heutigen Ansicht dürfte ein tropischer Wirbelsturm erst einmal gar nicht entstehen oder funktionieren. Doch er ist da und funktioniert tatsächlich. Und dies für lange Zeit und mit großer Gewalt und äußerst stabil. In vielen Ländern bekommen ihn die Menschen jedes Jahr auf erschreckende Weise zu spüren. Der Wirbelsturm ist mächtig, geheimnisvoll, furchtbar. Er hat ein echtes, stabiles Leben. In der Tat ist er, wie auch alle Lebewesen auf Erden, ein wunderbares Geschöpf der Natur, das einen unvorstellbar mächtigen Luft-, Wasser-, Energie- und Drehimpulsstrom, bzw. Stoff- und Energiewechsel in einem sehr schnellen und stabilen Kreislauf gewährleistet. Kein anderes Lebewesen kann in dieser Hinsicht mit ihm verglichen werden. Die laut Thermodynamik degradierte, wertlose, sogar tote Wärmeenergie der Umgebung (andere Energiequellen sind völlig ausgeschlossen, da der Sturm auch in der Nacht unverändert mächtig bleibt und die Sonne ihn direkt mit Energie nicht versorgt) wird in diesem Strom ständig und äußerst effektiv in verschiedene andere Formen, unter ihnen auch in die hochwertige kinetische Form der rotierenden Massen, in die potenzielle Form der gewaltigen Niederschläge, in die elektrische Form der vielen Blitzschläge u.a.m. umgewandelt, um dann wieder in Wärme zurückzukehren, in der Umgebung zerstreut zu werden und letztendlich entweder noch mal in diesen Kreislauf hineingezogen oder endgültig ins All ausgestrahlt zu werden. Dieser lokale, doch sehr effektive Kreislauf der Luft, des Wassers, der Energie und des Drehimpulses findet während des gesamten Lebens des Wirbelsturmes statt, ungeachtet der vielen und starken (aus der Sicht der Thermodynamik und durch sie entstandenen falschen Vorstellungen des Menschen) Energieverluste. Die große Frage ist, wie kann die vom Menschen als unbrauchbar und für tot gehaltene Wärmeenergie der Umgebung in der Wirklichkeit doch in unvorstellbar großen Strömungen wieder ins Leben gerufen werden? Woher stammt dieser gewaltige Energiestrom, der sich in kurzer Zeit in verschiedene Zweige und Formen umwandelt? Worin liegt

die Ursache dessen, dass diese Zweige, diese energiereichen Strömungen von Luft und Wasser eine äußerst hohe Stabilität besitzen? Welche Mechanismen unterstützen diese Strömungen, ermöglichen dem Wirbel ein langes Leben, weites Wandern und ein stabiles Dasein auch in solchen Gegenden, in denen er theoretisch überhaupt nicht entstehen kann? Eine richtige Antwort auf diese komplizierte Frage ist der Schlüssel zur Rehabilitation der vom Menschen im vorigen Jahrhundert zum Tode verurteilten Wärmeenergie der Umgebung und zum Benutzen dieses mächtigen natürlichen Geschöpfes der Natur in einem künstlichen Kraftwerk zum Wohle der Menschen und zum Wohle der Natur selbst. Ein gezähmter und eingespannter Wirbelsturm könnte, wie ein Pferd dies auch tut, eine nützliche Arbeit leisten und dabei die wunderbare Natur schonen.

Wie alle Lebewesen auf Erden bilden auch die Stürme, diese ältesten und primitivsten Geschöpfe der Natur, ihre eigene Art. Jeder konkrete Wirbel besitzt dabei, wie es auch in der Tier- und Pflanzenwelt der Fall ist, gleichzeitig eigene Eigenschaften, die nur diesem Sturm gehören und auch gemeinsame Eigenschaften der Art. Zu dieser Art gehören auf unserem Planeten der Tornado, der Taifun, das Tief, auf dem Jupiter der große rote Fleck und kleinere Wirbelstürme, die schwarzen Flecken auf der Sonne u.a.m. Der Mechanismus des Wirbels ist in der Natur universell. Auch Maxwell erreichte bei der Untersuchung in seiner elektrodynamischen Theorie erst dann Erfolg, als er sich die winzigen Wirbeln in der Elektronenwelt eines Leiters näher anschaute. Diese winzigen Wirbeln benutzt der Mensch unbewusst und ohne sie zu sehen schon lange Zeit. Es wird die Zeit kommen, wo er auch seine größeren Brüder, besonders den tropischen Wirbelsturm bzw. eine künstlich gezüchtete Gattung von ihm in einem Kraftwerk benutzen wird.

Analyse - Synthese

Im Vergleich zu den organischen Lebewesen hat der Wirbelsturm eine äußerst primitive Struktur, und in ihm verlaufen einfache physische Prozesse. Dennoch gibt es bei der Untersuchung dieser grausamen Naturerscheinungen große

Schwierigkeiten. Vieles von dem, das ihr Dasein betrifft, ist heutzutage noch unbekannt, und dies macht leider das Benutzen des außerordentlich leistungsfähigen Mechanismus´ des Sturmes zum Wohle des Menschen unmöglich. Der gezähmte und eingespannte Wirbelsturm, dessen Eigenschaften gut erforscht und bekannt sind, kann eine Menge Elektroenergie produzieren und nebenbei noch sauberes Wasser herstellen. Um diesem Ziel näher zu kommen, werden wir, wie es in der Forschung üblich ist, die komplizierten Dinge in Teile zerlegen, uns mit ihnen beschäftigen und dann wieder aus diesen Teilen das reelle Ganze zusammenstellen. Wir dürfen aber nie vergessen, dass ein Ganzes immer mehr ist, als die Summe seiner Bestandteile. Darin liegt der Sinn des Ganzen. Wir sind auch gezwungen, komplizierte Vorgänge zu vereinfachen, um sie analysieren zu können. Doch wir müssen dabei aufpassen, dass uns hier keine Fehler unterlaufen. Bei unserer Betrachtung werden wir die real in der Natur existierenden Vorgänge vorrangig und die subjektiven Vorstellungen und Behauptungen aus den vergangenen Zeiten weniger behandeln. Einige fundamentale Behauptungen, die auf der Basis der Dampfmaschine und der Lage der Wissenschaft des neunzehnten Jahrhunderts verkündet worden sind, werden wir beiseite lassen. Nur so können wir den bislang vor dem Menschen verborgenen wichtigen Prozessen der Natur auf die Spur kommen und sie auch verstehen.

Was ist Wärme und Wärmeenergie?

Die Wärme spielt eine große Rolle in der Natur und hat eine außerordentliche Bedeutung für den Menschen und für das Leben auf unserem Planeten überhaupt. Sie liegt im Grunde unzähliger Prozesse, und mit ihr beschäftigt sich auch die Thermodynamik, was schon ihr Name andeutet. Die Thermodynamik bzw. die Wärmelehre ist im neunzehnten Jahrhundert entstanden, und seitdem wurde sie schon immer zu den Hauptzweigen der gesamten Wissenschaft gezählt. Doch einige der wichtigsten Behauptungen dieser Lehre waren schon damals und sind auch heute noch umstritten. Für viele Wissenschaftler war es schon immer und ist es heute noch schwer, den 2.Hauptsatz der Thermodynamik anzunehmen.

Ein andauernder und erbitterter Streit darüber führte dazu, dass nicht nur wichtige Begriffe dieses Zweiges der Wissenschaft nicht eindeutig interpretiert wurden, sondern einige von ihnen bekamen sogar gegensätzliche Inhalte. Besonders betroffen ist der Hauptbegriff der Thermo-Dynamik, die Wärme. Im Interesse der Wissenschaft sollte dieser äußerst wichtige Begriff exakt definiert sein und einen klaren Inhalt haben. Doch das ist leider nicht der Fall. Heute noch kann man in der Fachliteratur lesen:

Die Wärme ist eine Energieform.

Gleichzeitig wird in anderen Büchern leidenschaftlich behauptet:

Die Wärme ist keine Energieform.

Es gibt auch eine dritte häufig benutzte Aussage:

Die Wärme ist eine besondere Energieform.

Viele Wissenschaftler sind überzeugt, dass in der Natur eine Form der Energie, die mit der sehr bekannten Wärme verbunden ist, wirklich existiert, und deswegen hat der Begriff Wärmeenergie einen wahren und wichtigen Inhalt, er wird angenommen und benutzt. Die anderen dagegen sind überzeugt, dass in der Natur keine Form der Energie mit der Wärme verbunden ist und wirklich existiert. Deswegen hat der Begriff Wärmeenergie keinen wahren Inhalt, er bedeutet gar nichts und wird kategorisch abgelehnt. Solch ein Durcheinander ist nicht annehmbar. Wenn von der Wärme geredet wird, muss klar verstanden werden, um was es geht. Die Wärme spielt auch in den Prozessen der Atmosphäre und besonders in den tropischen Wirbelstürmen, mit denen wir uns hier beschäftigen, eine Hauptrolle. Deswegen nehmen wir eindeutig an:

***Die Wärme ist eine reale Form der Energie und
Die Wärme und die Wärmeenergie sind Synonyme.***

Die Sonnenenergie und der Wirbelsturm

Es ist gut bekannt, dass jeder senkrecht zum Sonnenstrahl gerichtete Quadratmeter der Oberfläche unseres Planeten von der Sonne ständig 1,395 kW Energie bekommt. Es sind insgesamt beinahe $1,8 \cdot 10^{14}$ kW oder 1 80 000 000 000 000 kW, eine fast unvorstellbar große Menge Energie, die unsere Sonne in jeder Sekunde rund um die Uhr der Erde spendet, und dies geschieht ununterbrochen über Milliarden Jahre. Lediglich ein winziger Bruchteil dieser Energie, in elektrische oder andere hochwertige Formen umgewandelt, könnte jeden nur vorstellbar großen Bedarf an Energie des Menschen in allen gegenwärtigen und künftigen Zeiten decken. Dieser gewaltige, stabile Strom der Sonnenenergie wird auf der Erde nicht gespeichert, er wird von der Erdoberfläche ebenfalls ununterbrochen ins Weltall zurückgestrahlt (obwohl wir durch unsere eigenen, subjektiven Gefühle damit keineswegs einverstanden sind). Teilweise können diejenigen Sonnenstrahlen, die die Atmosphäre durchdringen, in andere Energieformen umgewandelt, wie auch in den Pflanzen, Tieren, Wirbeln, Luft- und Wasserströmungen usw. kurzfristig akkumuliert und aufgehoben werden, um dann wieder in Wärme überzugehen, in der Umgebung zerstreut und zuletzt auch ins All gestrahlt zu werden. Von der in der Umgebung zerstreuten, aus der heutigen Sicht minderwertigen Wärmeenergie kann wiederum vorübergehend ein kleiner Teil beim Verdunsten des Wassers von der Oberfläche unseres Planeten teilnehmen, um dann beim Aufsteigen der feuchten Luft in den höheren Schichten der Atmosphäre wieder befreit und als Wärme auch in den Kosmos ausgestrahlt zu werden. Dies gewährleistet den bekannten Kreislauf des Wassers auf unserem Planeten. Wichtig ist, dass generell diejenigen Sonnenstrahlen, die in den Prozessen der Bio-, Litho-, Hydro- und Atmosphäre teilnehmen und sich dabei kurzfristig auf der Erde aufhalten, das Gleichgewicht zwischen dem von der Sonne ankommenden und dem von der Erde ausstrahlenden Energieströmen nicht beeinflussen. Die beiden entgegen gerichteten Energieströme, der ankommende und der ausstrahlende, sind in jeder Zeit

gleich. Im Gegenfall würde sich die Erde mit der Zeit unvermeidlich erhitzen oder abkühlen. (Ganz genau gesagt ist der ausstrahlende Energiestrom sogar ein ganz wenig größer, da noch die innere Wärme der Erde und die vom Menschen aus den fossilen Brennstoffen und aus der Atomenergie produzierte sehr geringe Wärme, dazu kommt.) Diejenigen Prozesse, die einen kleinen Teil der Wärmeenergie durch Verdunsten des Wassers in einer latenten Form in die oberen Schichten der Atmosphäre übertragen, verlaufen in der Atmosphäre langsam. Ihre Intensität ist äußerst gering und nicht mit dem gewaltigen Strom der Sonnenenergie, der ständig die Erde erreicht und gleichzeitig von der Erde ins All reflektiert oder ausgestrahlt wird, zu vergleichen. Dennoch werden fast alle Geschehnisse auf der Erdoberfläche, die es mit dem Regen und anderen Niederschlägen zu tun haben, und die am Kreislauf des Wassers teilnehmen, durch diesen geringen Teil der gesamten Wärme, wie auch durch den äußerst langsamen Verdunstungsprozess, verursacht. Und lediglich wegen der außerordentlich großen Oberfläche unseres Planeten werden täglich unzählige von Milliarden Tonnen Wasser verdunstet, empor gehoben, in verschiedene Gegenden transportiert und als Niederschlag irgendwo wieder auf die Erdoberfläche gebracht. Aus unserer menschlichen Sicht scheint dieser winzige Teil der gesamten Energieströmung, der den Wasserkreislauf bildet, gewaltig zu sein, da wir die Ereignisse dieser Strömung ständig zu spüren bekommen. Besonders dann, wenn ein starker Wolkenbruch stattfindet, wenn wir uns ein modernes Wasserkraftwerk auf einem großen Fluss anschauen, wenn wir einen Wasserfall besuchen oder uns in einem von Niederschlägen überschwemmten Gebiet befinden. Verteilt auf die Erdoberfläche und die Zeit, ist diese Energieströmung im Kreislauf des Wassers jedoch äußerst gering, und benutzen kann der Mensch sie in Wassermühlen und Kraftwerken teilweise nur am Ende des Kreislaufes, nachdem ein Teil der Niederschläge in hoch liegenden Gebieten von einer großen Fläche in den Flüssen zusammengeführt wurde. In früheren Stadien des Kreislaufes, beim Verdunsten des Wassers, beim Emporsteigen der feuchten Luft, beim Kondensieren des Dampfes wie auch beim Niedergehen der Niederschläge kann diese Energie, wegen der Zerstreung in einem gigantischen Raum der Atmosphäre und wegen der

äußerst geringen Konzentration, vom Menschen nicht genutzt werden. Ganz anders ist es mit einem Wirbelsturm. Hier sind auf einer relativ kleinen Fläche die Luft-, Wasser- und Energieströmungen so gewaltig, der volle Kreislauf so schnell, das Verdunsten des Wassers so intensiv und zuletzt, die Umwandlung der geringwertigen Wärmeenergie in hochwertige Energieformen so stark, dass der Mechanismus eines Wirbelsturms völlig und mit Erfolg in einem vom Menschen gebauten Kraftwerk genutzt werden kann. (Leider wird dies heute noch nicht getan, da unser allgemein beliebter Fetisch, der 2. Hauptsatz der Thermodynamik, diese Umwandlung für den Menschen bereits in der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts, in der Zeit der Dampfmaschine, auf alle Zeiten verboten hat. Nicht die real existierende Natur mit ihren Regeln, sondern unser Glaube an die mutmaßlichen Regeln der real existierenden Natur, der auch falsch sein kann, liegt leider auch in der Moderne noch immer im Grunde unserer Aktivitäten.) Noch mehr: In der Natur erreichen alle Parameter eines Wirbelsturmes zufällige Werte, die weit von den optimalen Werten entfernt sein können. Selbst das Entstehen und das Funktionieren des Wirbels ist dem Zufall unterworfen. Bei scheinbar gleichen Bedingungen kann in der Natur in einem Fall ein Wirbelsturm entstehen, im anderen Fall - nicht (genauso, wie es auch mit der Empfängnis in der Tierwelt vorgeht), und dies zeugt auch davon, dass auf diese Weise im natürlichen Wirbelsturm zufällige Werte, Ergebnisse und Prozesse entstehen bzw. ablaufen. Bei einem im Kraftwerk künstlich erzeugten Wirbel besteht die Möglichkeit, alle wichtigsten Parameter zu optimieren, wie auch die Sonnenenergie, völlig in Wärme umgewandelt, zu konzentrieren. Dies wird zusätzliche Leistungen in kleineren Dimensionen wie auch ein sicheres, stabiles Funktionieren rund um die Uhr in jeder Zeit und bei jedem Wetter gewährleisten.

Die Energiequellen des Lebens

Das Leben eines Tieres wird mit der Energie, die es durch die Nahrung einnimmt, erhalten. Das Leben einer Pflanze wird mit Energie, die sie von der Sonne bekommt, erhalten. Das Leben eines Wirbelsturms wird mit Energie, die aus seiner

Umgebung stammt, erhalten. Die Natur hat für ihn keine andere Energiequelle vorgesehen, und diese einzige ist nichts anderes, als die in der Umgebung zerstreute, laut Thermodynamik in Kraftmaschinen nicht nutzbare Wärmeenergie. Wie in jedem einzelnen Fall diese verschiedenen Energien aufgenommen, umgewandelt, genutzt und nachher wieder abgestrahlt werden, ist nicht leicht zu verstehen. Die Natur hat dazu viele komplizierte Prozesse geschaffen, die für uns Menschen nur schwer zugänglich bzw. durchschaubar sind. Auf den ersten Blick scheint ein Erkennen nur bei der Pflanze klar und einfach zu sein: Der Sonnenstrahl fällt auf das grüne Blatt, das Licht wird absorbiert, und dadurch entstehen irgendwelche chemischen Reaktionen, bilden sich neue energiereiche chemischen Stoffe, die das Leben der Pflanze unterstützen. Doch klar ist hier nur, dass der Sonnenstrahl direkt auf das Blatt fallen muss, sonst müsste die Pflanze absterben. Alles weitere bleibt äußerst kompliziert und ist auch nicht leicht zu verstehen.

Noch undurchsichtiger, komplizierter und weniger zu verstehen ist, wie die Energie aus der Nahrung vom Organismus aufgefangen, verarbeitet und genutzt wird. Es gibt gar keinen Zweifel daran, dass diese Energie vorhanden ist, dass sie lediglich mit der Nahrung aufgenommen werden kann und dass sie nach der Verarbeitung und Umwandlung das Leben unterstützt wie auch die Bewegungen der Muskeln ermöglicht. Doch wie und in welchen Maßen dies im Organismus geschieht, bleibt ein Geheimnis. Behauptungen wie "Das Gehirn verbraucht den größten Teil der dem Organismus durch die Nahrung zugeführten Energie" und gleichzeitig "Das Gehirn funktioniert sehr sparsam, es verbraucht lediglich bis zu 2 Watt der mit der Nahrung zugeführten Energie" sprechen Bände. Was im Organismus wirklich mit der Energie geschieht, wie und ob sie von verschiedenen Organen genutzt wird, ist nicht eindeutig nachweisbar. So manches scheint einfach paradox. Beispielsweise haben durchgeführte Experimente und Berechnungen ergeben, dass eine Biene, nach den heutigen Vorstellungen, bei ihrem weiten Flug mehr Energie verbraucht, als sie mit der Nahrung aufnimmt. Völlig unklar ist auch, in welcher Form und wie die mit der Nahrung aufgenommene Energie in eine mechanische Form umgewan-

delt wird und einen Muskel in Bewegung setzt. Wenn wie auch bei einer Dampfmaschine Wärmeenergie dazu benutzt wird, wo müsste man dann den Kolben suchen, der den Muskel bewegt? Dabei fehlen auch die wichtigsten Elemente dieser Maschine, der Kessel und der Kühler. Es gibt viele Wissenschaftler, die versuchen sogar, den Wirkungsgrad eines Muskels festzustellen, so wie dies bei einer Dampfmaschine gemacht wird. Sollten andere Energieformen zugrunde liegen, wie werden sie dann im Muskel in mechanische Energie umgewandelt und genutzt?

Doch eine der schwierigsten und heutzutage noch immer ohne Antwort gebliebenen Fragen lautet: Wie wird ein Wirbelsturm mit Energie versorgt? Dass der Sturm mit Energie versorgt wird, davon ist man, wie auch bei allen Lebewesen, überzeugt. Zu groß ist der Schaden, den er ständig dem Menschen zufügt, um daran zu zweifeln. Aber wo sich diese riesige Energiequelle befindet, wo und wie der gewaltige Energiestrom in den Wirbel eingeführt wird und die enormen Luftmassen in ein stabiles Rotieren bringt, ist bis heute nicht bekannt. Gerade 150 Jahre sind es her, seitdem die Dampfmaschine triumphierte und ein Wunder der Wissenschaft und Technik war. Damals wurde das neue Gesetz entdeckt, das die Energieumwandlungen in dieser Maschine endlich richtig beschrieb. Es wurde als Zweites Grundgesetz oder später auch als Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik erkannt. Wenn die Anwendung dieses Gesetzes auf dem Bereich der Dampf- und ähnlicher Maschinen, wie ursprünglich gedacht, beschränkt geblieben wäre, wäre das in Ordnung gewesen. Doch es geschah Unzulässiges, und der damalige Stand der Wissenschaft konnte dies nicht verhindern. Dem gerade erst geborenen Kind der Dampfmaschine, dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik wurden alle Prozesse der Natur, die überall auf der Erde und auch im All stattfinden, unterworfen. Diese voluntaristische Extrapolation konnte nicht bewiesen werden, doch die meisten Wissenschaftler glaubten an sie und viele folgen ihr leider noch heute. Es entstand sogar die nachdrückliche Behauptung, der 2. Hauptsatz sei nicht nur von außerordentlicher Bedeutung für alle Prozesse der Welt, er sei das wichtigste von Menschen entdeckte Naturgesetz überhaupt. Um dies zu betonen, wird nicht selten behauptet, der

2.Hauptsatz sei der Leiter aller Prozesse der Natur, im Gegensatz zu dem 1. Hauptsatz der Thermodynamik, der lediglich eine untergeordnete Rolle, die Rolle eines Buchhalters spielt. Doch schon im neunzehnten Jahrhundert, gleich nach seiner Verkündung gab es Schwierigkeiten mit diesem Gesetz, besonders bezüglich der Prozesse, die im Weltall ablaufen. Nicht wenige Wissenschaftler bestritten deswegen schon damals den Zusammenhang zwischen dem Kosmos und der theoretischen Funktionsweise einer Dampfmaschine. Der Durchbruch kam erst in den letzten Jahrzehnten. Die Lasertechnik weigerte sich beharrlich dem 2.Hauptsatz der Thermodynamik zu unterstellen, die Synergetik entdeckte überzeugende Widersprüche zu diesem Gesetz. Viele Biologen haben bereits ihre Theorien wegen der unzähligen Widersprüche von ihm befreit. Bemerkenswert ist auch die Tatsache, dass der 2.Hauptsatz der Thermodynamik wie kein anderes Gesetz der Natur, eine zahllose Menge von inhaltlich verschiedenen Formulierungen zulässt. Ich habe gerade 300 von ihnen gesammelt und war gezwungen, damit aufzuhören. Erfreulich ist, dass in der letzten Zeit die wirklichen Grenzen des 2.Hauptsatzes allmählich definiert werden und er in sein ursprüngliches Gebiet, die Hochtemperatur Verbrennungsmotoren und Technik, zurückversetzt wird.

Einer besonderen Betrachtungsweise unterliegt leider noch immer alles, was auf unserer Erde vorgeht. Hier ist der Glaube an die Macht des 2.Hauptsatzes anachronistisch weiterhin stärker als die reale Natur und die Vernunft. Die meisten Prozesse, die auf der Erdoberfläche im Wasser und in der Luft stattfinden und mit der Wärme verbunden sind, aber bei niedrigen Temperaturen verlaufen, können im Rahmen des 2.Hauptsatzes überhaupt nicht verstanden und erklärt werden. Besonders große, nicht zu überwindende Schwierigkeiten entstehen bei der Betrachtung eines Wirbelsturmes. Nur ein Beispiel aus vielen: *Die Wärmekraftmaschinen der Atmosphäre unterscheiden sich prinzipiell nicht von den Wärmekraftmaschinen, die in der Physik und Technik bekannt sind.* (Herbert Riehl, *Tropische Meteorologie*, Moskau, 1962.) Und was wird bei dem Versuch, das Funktionieren dieses Sturmes im Rahmen der Theorie einer Dampfmaschine zu erklären, hier nur alles vorgeschlagen. Wenn der Wirbelsturm wirklich

wie eine Dampfmaschine funktioniert, dann müsste in ihm auch ein Kessel und ein Kühler gefunden werden. Schwierigkeiten gibt es hier keine. Der Kessel wird in der Höhe leicht gefunden, nämlich da, wo in der aufsteigenden feuchten Luft durch das adiabatische Ausdehnen und Abkühlen der Dampf kondensiert, die latente Verdunstungswärme befreit und die umliegende Luft dadurch erwärmt wird. Durch die hier vorhandene Funktion der Erwärmung ist die Analogie mit dem Kessel einer Dampfmaschine sichtbar, und dieses Modell ist ohne Schwierigkeiten angenommen worden. Auch der Kühler konnte leicht gefunden werden. Die befreite Verdunstungswärme wird weiter in der Umgebung zerstreut und ins All ausgestrahlt, genau so wie dies auch in den alten Dampfloks geschah. Das Modell einer Dampfmaschine als Antrieb des Wirbelsturms war damit perfekt. Doch wenn der Motor wirklich in dem oberen Teil des Wirbels bei geringer Luftdichte platziert wäre, wie und durch welche Fäden könnte er dann die gewaltigen und schweren Luftmassen weit unten, auf der Erdoberfläche in Schwung bringen und das Rotieren mit großer Geschwindigkeit längere Zeit unterstützen? Wo sollte hier der Kolben sein, der ein so mächtiges Ungeheuer in Gang setzt? Der starke Glaube an den 2.Hauptsatz führt den Menschen bei der Untersuchung dieser wichtigen Prozesse der Natur leider auf den falschen Weg. Aus diesem Grund kann bis heute der äußerst effektive Mechanismus eines Wirbels als absolut umweltfreundliche Energiequelle nicht genutzt werden. Wir müssen uns lediglich mit seinen Zerstörungen zufrieden geben.

Die vom 2.Hauptsatz der Thermodynamik beeinflussten falschen Vorstellungen sind hartnäckig. Ähnliche der Realität widersprechende Erklärungen hört man nicht selten über das Entstehen und Funktionieren eines Tornados. Augenzeugen bemerken oft, wie sich aus einer dunklen Gewitterwolke ein grauer, rüsselförmiger Schlauch herunter streckt, dessen Durchmesser und Länge ständig wachsen, bis er endlich die Erdoberfläche erreicht. In diesem Moment, so wird allgemein angenommen und behauptet, wird der Tornado für den Menschen gefährlich, er vernichtet alles, was sich auf seinem Wege befindet. Doch der für den Menschen gefährliche Tornado braucht sich nicht der Erdoberfläche annähern. Er ent-

steht auf dieser Fläche, er wird wie alle anderen Wirbelstürme auf der Erde, nicht in der Luft oder in einer Wolke geboren. Was ein Auge sieht, kann täuschen. Der Rüssel des Tornados wird ständig größer. Aber nicht, weil der Sturm sich der Erdoberfläche annähert, sondern weil der Sturm stärker wird. Nach der Geburt wächst seine Macht bei günstigen Bedingungen ununterbrochen, die Rotationsgeschwindigkeit steigt an, ebenso erhöht sich das radiale Luftdruckgefälle; entsprechend sinkt die Temperatur im Zentrum, die feuchte Luft kühlt ab, der Dampf kondensiert, und das graue Kondensat wird sichtbar, es entsteht ein Rüssel. In den oberen Schichten der Atmosphäre, wo der Luftdruck ohnehin schon niedrig war, kondensiert der Dampf zuerst. Der Rüssel ist fertig. In dem Maße, wie die Macht des Wirbels weiter ansteigt, sinkt, entsprechend des äußeren Luftdruckes entlang der Achse, die Temperatur. Die Kondensationszone bzw. der Rüssel streckt sich immer weiter herunter bis er endlich die Erde erreicht. Doch der reale, unsichtbare Sturm war nach seiner Geburt schon immer da. Was wirklich vorgeht kann man nicht sehen. Was man sieht ist Illusion.

Die Sonne und das Verdunsten

Jeden Tag begegnet uns ein wunderbarer Prozess der Natur, das Verdunsten. An das, was uns im täglichen Leben umgibt, sind wir gewöhnt, deswegen bemerken wir diesen einzigartigen Prozess kaum. Äußerst wichtig ist dabei, dass beim Verdunsten die zerstreute und zu Unrecht als geringwertige Energie bezeichnete Wärmeenergie der Umgebung wieder ins aktive Leben gerufen und genutzt wird. Beim Verdunsten sind keine hochwertigen Energieformen nötig. Auch die Sonnenenergie ist beim Verdunsten nicht direkt beteiligt. Bei Temperaturen, die unter dem Siedepunkt liegen, verdunsten alle Flüssigkeiten auch in der Nacht, auch auf der Venus, wo die Sonnenstrahlen schon gar nicht an die Oberfläche gelangen, auch auf den entfernten Planeten, die Flüssigkeit und Gas aufweisen und bei denen von Sonnenenergie kaum die Rede sein kann, aber auf der Oberfläche dennoch gewaltige Prozesse, ähnlich denen auf der Erde, stattfinden. Die Nähe unseres Planeten zur Sonne und die transparente Atmosphäre

erlauben der Sonnenenergie auf der Erdoberfläche einen enormen Einfluss auf alle Geschehnisse auszuüben. Das Wasser, der feste Boden und die Luft werden von der Sonne nicht gleichmäßig erwärmt, und das führt zu gewaltigen und schwachen globalen und lokalen Massen- und Energieströmungen. Die Sonne schafft es, die Temperatur auf der Erdoberfläche durchschnittlich auf einem Niveau zu halten, an das sich das Leben im Laufe der Evolution angepasst hat. Doch die Joules oder Quanten der Wärme haben keine Merkmale, sie sind alle gleich. Ein bestimmtes Niveau der Temperatur auf der Oberfläche unseres Planeten könnte auch durch andere Ursachen, zum Beispiel durch eine stärkere Radioaktivität des Erdinneren, stattfinden, und das Leben wie auch die Prozesse im Ozean, in der Atmosphäre, in der Erdkruste wären dann prinzipiell nicht ausgelöscht, sie hätten bloß andere Formen.

Alles, was auf der Erde vorgeht ist zufällig, und auch wir Menschen haben zufällig das Glück, diese wunderbare Welt in unserem kurzen Leben einen Augenblick zu genießen. Obwohl die Sonne auf viele Geschehnisse, die auf der Erde stattfinden, keinen direkten Einfluss hat, wird dennoch heutzutage rein subjektiv fast alles, was im Wasser, in der Luft und auf der Erdoberfläche vorgeht der Sonne zugeschrieben. Doch unsere Gefühle und Beobachtungen können täuschen. Wenn es dem Menschen im Winde kälter zu sein scheint, als hinter einer Mauer, die vom Wind schützt, heißt dies noch gar nicht, dass auch ein Thermometer dies messen würde. Das Reelle, das umgekehrt oder anders scheinen mag, wird einem durchaus nicht immer bewusst. Täuschungen und Fehleinschätzungen, die aus den vergangenen Jahrhunderten stammen, finden bei der Bewertung der Energieumwandlungen auf der Erde leider bis heute statt. Dies ist zu bedauern. Es werden nicht die natürlichen, unerschöpflichen und umweltfreundlichen Energiequellen in einfachen Kraftwerken genutzt, sondern man investiert in sehr teure und komplizierte Kraftwerke, die auf der Basis äußerst umweltschädlicher Energiequellen funktionieren. Dabei zerstört der Mensch die nicht nur ihm gehörende Natur, vernichtet unschätzbare organische Fossilien und verschmutzt mit Atomabfällen den Lebensraum.

Im Kreislauf des Wassers hat das Verdunsten auf unserem Planeten eine außerordentliche Bedeutung. Dieser für den Menschen kaum wahrnehmbare Vorgang ist für alles das, was auf der Erde ständig vorgeht und geschieht, nicht weniger wichtig als die Sonnenenergie. Beim Verdunstungsprozess wird die zerstreute Wärmeenergie in hochwertige Formen umgewandelt, die ihrerseits weiter in vielen anderen Prozessen der Atmosphäre aktiv sind. Man kann mit Recht sagen, in den wichtigsten und energiereichsten Prozessen der Atmosphäre, besonders in den tropischen Wirbelstürmen, wird ausschließlich diese als unbrauchbar geltende Energiequelle genutzt. Im Ganzen spielt die Sonnenenergie in den Prozessen der Atmosphäre lediglich eine parallele Rolle. Mit anderen Worten: Zwei unabhängige Energiequellen, nämlich die auf der Erde zerstreute Wärmeenergie der Umgebung und die auf der Erde ununterbrochen ankommende und wieder ausstrahlende Sonnenenergie werden in der Küche der Atmosphäre parallel genutzt und ergänzen einander. Dies ist prinzipiell und findet nicht nur in der Atmosphäre statt. Auf der Erde ist der Verdunstungsprozess hauptsächlich mit dem Wasser und mit der Luft verbunden. Bei unserer Betrachtung liegen diese zwei Sphären und der Verdunstungsprozess zwischen ihnen.

Das Verdunsten eines Moleküls

Es ist bekannt, alle Moleküle des Wassers und der Luft wie auch anderer Flüssigkeiten und Gase, befinden sich in einer molekularen Bewegung und stoßen ständig miteinander zusammen, ändern dabei ihre Richtungen und Geschwindigkeiten, tauschen ihre Impulse bzw. Energien aus. Alle besitzen im Durchschnitt eine bestimmte kinetische Energie, die von ihrer mittleren Geschwindigkeit abhängt und die Temperatur ihrer Umgebung definiert. Außer dieser gemeinsamen Eigenschaft gibt es zwischen den Flüssigkeiten und den Gasen auch einen gravierenden Unterschied. Wenn sich die Moleküle eines Gases ausschließlich voneinander abstoßen und sich dadurch unbegrenzt ausdehnen können, gibt es bei den Flüssigkeiten eine bestimmte Entfernung eines Moleküls vom anderen, bei der zwischen ihnen keine Kräfte wirken. Wenn sich diese Entfernung verringert, stoßen sich die beiden Mo-

leküle ab wie bei den Molekülen eines Gases. Wenn sich die Entfernung vergrößert, ziehen sie, im Unterschied zu den Gasen, einander an. Diese Kraft wird als Kohäsion oder Anziehungskraft bezeichnet. Sie definiert die relativ stabile und hohe Dichte der Flüssigkeiten. Die Anziehungskraft zwischen den Wassermolekülen ist enorm, und deswegen kann kein einziges Molekül, das die durchschnittliche Energie besitzt, das Wasser verlassen und in die Luft wechseln, das heißt verdunsten. Doch die reale Energie bzw. Geschwindigkeit jedes einzelnen Moleküls kann in jedem Augenblick von dem mittleren Wert auf das Mehrfache auf beide Seiten abweichen. Und das ist eine wunderbare Eigenschaft der Mikrowelt und ein wahres Geschenk des Himmels, auf dem viele Prozesse der Natur beruhen. Die Entstehung dieser Abweichungen, auch Fluktuationen genannt, ist kompliziert. Am einfachsten stellt man sich vor, dass sich mehrere Moleküle zufällig in einem Moment und von einer Seite aus verschiedenen Richtungen auf ein Molekül zu bewegen, mit ihm zusammenstoßen und damit alle den größten Teil ihrer Bewegungsimpulse (Energien) diesem einzelnen Molekül übergeben. Die ersten verlieren dabei einen Teil ihrer kinetischen Energie, sie werden langsam, "kühlen" ab, das Einzelne bekommt all diese kinetische Energie, es wird schnell oder "erhitzt". Mehrere solcher "schnellen", "erhitzten" Moleküle können auf diese Weise ihre bereits erhöhten Energien ebenfalls einem einzigen Molekül übergeben. Als Folge dieses ungleichen Energieaustausches zwischen den beweglichen Molekülen können zu jeder Zeit auf jeder Stelle einige von ihnen einen sehr hohen, die anderen einen sehr niedrigen Energiegehalt besitzen. Das heißt, in jeder Flüssigkeit bei gegebener stabiler Temperatur gibt es gleichzeitig sehr heiße und auch sehr kalte Moleküle. Dieser ungleiche Energieaustausch zwischen den Molekülen kann nur zufällig geschehen, doch da die Zahl der Moleküle, ihre Geschwindigkeit, wie auch die Zahl ihrer Zusammenstöße pro Sekunde unvorstellbar groß ist, kann sich die beschriebene Situation sehr oft wiederholen. Und dies geschieht wirklich, wodurch sich der äußerst unwahrscheinliche Zufall in eine Gesetzmäßigkeit umwandelt. Alle Niederschläge auf der Erde fallen dank die-

sem zufälligen und gleichzeitig notwendigen Prozess der Natur unter diese Gesetzmäßigkeit.

Was ist eigentlich Verdunsten? Schauen wir uns ein Molekül an, das gerade das Wasser verlässt und in die Luft wechselt bzw. verdunstet. Um die starke Anziehungskraft der Wassermoleküle zu überwinden, braucht dieses Molekül eine mehrfach größere als die mittlere Energie der verbleibenden. Und wie schon erwähnt, schenkt der Zufall dem Molekül diese Energie. Wenn ein Molekül zufällig an der Grenze zwischen Wasser und Luft ist, wenn seine Geschwindigkeit auch zufällig vom Wasser in die Luft gerichtet ist, wenn es wieder zufällig eine überdurchschnittlich erhöhte Geschwindigkeit, das heißt kinetische Energie bekommt, die ausreicht, um die Anziehungskraft der Wassermoleküle und die abstoßende Kraft der Luft zu überwinden, dann verlässt dieses Molekül das Wasser und wechselt in die Luft, es verdunstet. Weil nur so ein Molekül, das eine überdurchschnittlich große Energie Q_1 besitzt, das Wasser verlassen kann und mit dieser erhöhten Energie das Wasser auch verlässt, verliert das Wasser diese Menge Energie und kühlt ab. Sofort wird die auf so eine Weise aus dem Wasser entwichene kinetische Energie bzw. Wärme Q_1 , durch die gleiche Menge Wärme Q_{21} aus der Umgebung kompensiert, oder das an der Grenze mit der Luft abgekühlte Wasser wird durch die in der Umgebung vorhandene Wärmeenergie wieder erwärmt. Was geschieht in der Luft? Vorerst wollte das Wasser sein energiereiches Molekül nicht loslassen. Es musste die starke Anziehungskraft der im Wasser verbliebenen Moleküle überwinden und dabei eine Arbeit leisten, bei der ein großer Teil, Q_{11} seines Energieüberschusses verbraucht wurde. Die Luft hat ihre eigenen Moleküle und ihren eigenen Druck, sie will das verdunstete Molekül nicht aufnehmen und stößt es zurück. Laut Avogadro-Loschmidt-Gesetz ist das Molekül deswegen gezwungen, in der dichten Luft seinen eigenen, denselben (den auch alle anderen Moleküle der Luft besitzen) Platz selbständig zu finden und einzunehmen. Es muss die Luft mit Gewalt ausdehnen und dadurch wieder eine Arbeit leisten. Dazu wird der Rest, Q_{12} seiner überschüssigen kinetischen Energie Q_1 verbraucht und $Q_1 = Q_{11} + Q_{12}$. In dem neuen Milieu, in der Luft ist das angekommene fremde Wassermolekül durch die

von ihm verrichtete Arbeit fast ganz oder ganz ohne Energie geblieben, es ist kalt. Doch seine neue Heimat, die Luft ist großzügig, sie stößt das Molekül nicht mehr ab. Sofort wird dem hungrigen Fremdling geholfen. Ein Teil, Q_{22} der Wärmeenergie aus der Luft wird diesem kalten Wassermolekül gespendet, es wird erwärmt, und die Luft wird dabei entsprechend abgekühlt, doch nur vorübergehend. Das Wasser besitzt eine anomal hohe spezifische Wärmekapazität und im Vergleich mit der Luft hat es eine sehr große Dichte. Deswegen wird dieser Teil der Wärme Q_{22} , den die Luft im Wirbelsturm durch das Verdunsten verloren hat, sofort aus dem Energievorrat des Wassers kompensiert. Der Verdunstungsprozess ist also mit zwei Energieströmungen verbunden, $Q_V = Q_I + Q_{22}$. Im Großen und Ganzen hat der Übergang eines überhitzten Wassermoleküls in die Luft bzw. das Verdunsten sowohl das Wasser als auch die Luft abgekühlt.

In diesem Prozess wird auf natürliche Weise die überdurchschnittlich große Wärme Q_I von den kalten Molekülen auf die heißen Moleküle übertragen, oder die Wärme Q_I wird auf natürliche Weise vom niedrigen Niveau des Wassers auf das hohe Niveau der Luft übertragen, und dieser Abschnitt des Verdunstungsprozesses widerspricht deswegen dem 2.Hauptsatz der Thermodynamik. Sowohl das abgekühlte Wasser als auch die abgekühlte Luft werden durch die Wärmereserven der Umgebung wieder erwärmt. Dabei geht die Wärme $Q_2 = Q_{21} + Q_{22}$ auf natürliche Weise in beiden Phasen vom hohen Niveau (mit hoher Temperatur) auf das niedrige Niveau (mit niedriger Temperatur) über, und dieser Abschnitt des Verdunstungsprozesses entspricht deswegen dem 2.Hauptsatz der Thermodynamik. Hier ist zu beachten: $Q_{21} = Q_I$ und $Q_V = Q_2$. Obwohl diese Energieströmungen gleich sind, haben sie doch verschiedene Bedeutungen. Am Ende besitzt das verdunstete Wasser in der Luft eine bestimmte Menge latenter Energie, die beim Wasser anomal hoch ist, als Verdampfungs- oder Verdunstungsenergie bezeichnet wird und beim Kondensieren irgendwo wieder völlig als Wärmeenergie in die Umgebung zurückkehrt.

Diese beim Verdunsten verrichtete Arbeit ist groß. Lediglich bei einem Kubikmeter mit Wasserdampf gesättigter Luft verrichtet die im Wasser vorhandene Wärme bei einer stabilen

Temperatur von 25°C eine Ausdehnungsarbeit von ca. **4000 J**. In einem Wirbelsturm, in dem ununterbrochen viele Millionen Kubikmeter von Luft mit Wasserdampf gesättigt werden, ergibt dies schon eine unvorstellbar gewaltige Leistung. Und dieser mächtige Energiestrom entsteht allein durch die Ausdehnung der Luft beim Verdunsten des Meerwassers. Dabei ist dies nur ein Teil der gesamten Arbeit, die im Gebiet des Wirbelsturmes die zerstreute Wärme auf einer kleinen Fläche des Ozeans verrichtet. In einem Wirbelkraftwerk kann das Wasser durch direkte Sonnenstrahlen zusätzlich künstlich erwärmt werden, dabei steigt die Menge des verdunsteten Wassers bis zur Sättigung rapide an, und die Leistung des Kraftwerkes kann bei geringeren Dimensionen entsprechend größer sein.

Die dünne Grenze bzw. der Übergang zwischen Wasser und Luft stellt einen natürlichen Energiefilter dar. Der Filter sucht ständig diejenigen heißen Moleküle, die zufällig von den anderen Molekülen eine überdurchschnittlich große Energie-spende bekommen haben, aus dem Wasser heraus, bringt sie alle auf eine Seite in die Luft und erhöht so auf natürliche Weise drastisch das Potential der bislang minderwertigen Wärme. Diesen natürlichen Prozess hat der 2.Hauptsatz verboten. Die heißen, aus der Menge aussortierten und in der Luft zusammengebrachten Moleküle können weiter ihre hochwertige potenzielle Energie in andere hochwertige Formen umwandeln, die dann an vielen Prozessen der Atmosphäre teilnehmen und auch vom Menschen genutzt werden kann. Weiter kann die auf so eine natürliche Weise gespeicherte hochwertige Energie im vollen Einklang mit dem 2.Hauptsatz der Thermodynamik eine Arbeit verrichten und dabei wieder auf das niedrige Potenzial der minderwertigen Energie der Umgebung übergehen. Der reell funktionierende Filter bildet durch das Erhöhen des Potenzials der Wärme parallel zur Sonnenenergie den gewaltigen Energiestrom auf unserem Planeten. Ohne diese Konzentration der im Ozean zerstreuten Wärme mit Hilfe des stillen Verdunstungsprozesses wäre das Leben eines tropischen Wirbelsturmes wie auch das Leben auf dem festen Boden und selbst des Menschen unmöglich.

Zustandsdiagramme

Aus der Thermodynamik ist bekannt, dass das Produkt vom Druck p und von der Veränderung des Volumens dV der Gase eine Arbeit A darstellt, die entweder gegen den Druck geleistet werden kann, wenn das Volumen sich verringert, oder vom Druck erbracht wird, wenn das Volumen sich vergrößert. Diese Arbeit $dA = pdV$ ist in einem Zustandsdiagramm, wo eine Achse das Volumen und die andere Achse den Druck bezeichnet, leicht zu beobachten. Bei einem thermodynamischen Prozess mit einem unendlichen, geschlossenen Zyklus entspricht dann die Innenfläche des Diagramms dieser Arbeit. Betrachten wir die Arbeitsfähigkeit eines Wirbels auf dem Zustandsdiagramm bzw. Druck - Volumendiagramm (pV - Diagramm) und zwar bei vier verschiedenen Verhältnissen:

1. Ein imaginärer Wirbel ohne Energiezufuhr und ohne Energieverluste;
2. ein reeller Wirbelsturm, der ohne Wasser aktiv ist;
3. ein tropischer Wirbelsturm über dem Ozean;
4. ein Wirbel im künftigen Kraftwerk.

1. Ein hypothetischer Wirbel (Abb.1) funktioniert ohne Reibung und ohne Energieaustausch mit der Umgebung. Sein Beharrungsvermögen gewährleistet ihm einen geschlossenen Kreislauf. Beobachten wir mit Hilfe des pV - Diagramms, was mit einem herausgegriffenen Volumenelement in einer Runde bzw. in einem geschlossenen Zyklus, der den Kreislauf des Wirbels darstellt, geschieht.

Von **a** bis **b** konvergiert die Luft und dehnt sich adiabatisch aus. Von **b** bis **c** steigt die teilweise ausgedehnte Luft empor bis in die oberen Schichten der Atmosphäre und ihre adiabatische Ausdehnung wird ebenso fortgesetzt. Von **c** bis **d** divergiert die Luft in den oberen Schichten der Atmosphä-

re bei stabilem Druck. Der Kreislauf wird vollendet beim adiabatischen Senken der Luft von **d** bis **a**. Als Annäherung an diesen Wirbel könnte ein Rauchring dienen.

2. Ein realer Wirbel in der Atmosphäre funktioniert ohne Wasser. Die Luft konvergiert von **a** bis **b** (Abb.2), expandiert, kühlt dadurch ab und wird von der warmen Erdoberfläche teilweise wieder erwärmt. Daher verläuft diese Ausdehnung entsprechend einer Polytrope. Die Wärmeenergie, die dabei aus der Umgebung in die Luft übertragen wird, dehnt die Luft gegen ihren Druck aus, hebt die darüberliegenden schweren Luftschichten hoch und verrichtet so eine Arbeit. Ein Teil dieser Arbeit wird dabei ständig in hochwertige kinetische Energie der rotierenden Luft umgewandelt. Eine Menge verschiedener Gegenstände, Sand und Staub wird in die mit großer Geschwindigkeit rotierende Luft hineingezo-gen. Dadurch wird die Übertragung der Wärme vom warmen Boden in die Luft beschleunigt. Ohne einen Strom von Wärmeenergie am Boden kann dieser Wirbelsturm nicht funktionieren. Deswegen entsteht er lediglich, wenn das Wetter sonnig und heiß war und der Boden selbst, die Gebäude, der Sand, das Wasser u.a.m. gut erwärmt sind. Die Reibung mit dem Boden bremst den Sturm nicht. Durch die Reibung entsteht Wärme, die wieder ins Spiel geriet und wiederholt kinetische Energie produziert. Auch die Zerstörungen auf dem Boden bremsen den Sturm nicht ab. Dabei wird zusätzlich potenzielle Energie bzw. Lageenergie in Wärme umgewandelt und diese macht ihn stärker. Deswegen scheut dieser Sturm Dörfer und Städte nicht, er hat sie lieb. Auch die aus den oberen Schichten der Atmosphäre zuströmende kalte Luft gibt ihm zusätzliche Kraft.

Die hier beteiligte Wärme stammt hauptsächlich von der Sonne, doch nicht direkt von der Sonne, sondern aus der Sonnenenergie, die vorher beim Erwärmen der Umgebung kurzfristig gespeichert wurde. Ein winziger Teil dieser Wärme stammt auch aus dem Inneren der Erde, von den Heizungen, Verkehrsmitteln u.a.m., da die Joule der Energie keine Merkmale haben. Im Kreislauf des Sturmes wird von **b** bis **c** die kinetische Energie bei großer Geschwindigkeit mit dem

Luftstrom in die oberen Schichten der Atmosphäre getragen und in potenzielle Energie der Lage umgewandelt. Dabei dehnt sich die Luft adiabatisch aus, kühlt ab, und der enthaltene Wasserdampf kondensiert. Weiter divergiert die warme Luft von **c** bis **d** bei niedrigem, stabilen Druck und kleiner Geschwindigkeit. Ein Teil der Bodenwärme wird hier ins All ausgestrahlt. In der äußeren Peripherie sinkt die Luft von **d** bis **a** in einem breiten ringförmigen Bereich rund um den Wirbel herum und erreicht unten einen hohen Druck. Während des langsamen Sinkens wird der Rest ihrer überschüssigen Wärme ausgestrahlt. In diesem Wirbelsturm wird ständig frische warme Luft aus der Umgebung in den Kreislauf hineingezogen. Nachdem sie ihre Arbeit geleistet hat, wird sie als warme Luft mit demselben Strom in den oberen Schichten ausgestoßen, und so wird die Wärme vom Boden schnell hoch hinauf in die Atmosphäre übertragen. In der ruhigen Umgebung um den Wirbelsturm herum findet derselbe Prozess statt. Die kurzfristig durch die Erwärmung des Bodens gespeicherte und zerstreute Sonnenenergie wird genauso überall ins Weltall ausgestrahlt. Der Wirbel beschleunigt diesen Prozess lediglich auf einer kleinen Fläche und wandelt dabei vorübergehend diese Wärme in mächtige kreisende Winde um. Diesem Diagramm entspricht das Funktionieren eines Tornados oder eines Wirbelsturms in der Wüste. Ein nasser und warmer Boden wie auch das zufällig auf seiner Bahn vorhandene warme Wasser kann den Sturm verstärken.

3. Ein Tropischer Wirbelsturm im Ozean. Von **a** bis **b** (Abb.3) konvergiert die aus seiner Peripherie kommende trockene, verdichtete Luft mit ständig ansteigender Geschwindigkeit. Ihr Druck sinkt, und sie müsste dadurch abkühlen. Doch der starke Wind bildet große Wellen, zerstäubt das Wasser und gewährleistet einen guten Kontakt dieser Luft mit dem Wasser. Dies hat zwei wichtige Folgen. Einerseits wird die expandierende Luft auf der ganzen Strecke erwärmt, die Luft dehnt sich dadurch bei hohem Druck zusätzlich aus, hebt die schweren oberen Luftschichten hoch und verrichtet so eine Arbeit. Die Temperatur sowohl der Luft als auch des Wassers bleibt dabei gleich. Dies entspricht weitgehend dem vorigen Diagramm beim Tornado, obwohl es da noch keine

vollständig stabile Temperatur der divergierenden Luft gibt. Andererseits verdunstet hier zusätzlich eine Menge Wasser bis zur Sättigung der Luft mit Wasserdampf. Dabei wird die dichte Luft durch den Wasserdampf gegen den Luftdruck ausgedehnt, die schweren oberen Schichten werden ebenfalls hochgehoben, und der Dampf verrichtet so zusätzliche Arbeit. Das heißt, gleich in zwei voneinander unabhängigen Prozessen, sowohl beim Erwärmen der Luft als auch beim Verdunsten des Wassers, dehnt die Wärme des Wassers die Luft gegen ihren höchsten Druck aus und verrichtet eine zweifache Arbeit ein Teil von der sofort in kinetische Energie umgewandelt wird. Dies bringt einem Taifun mehr Macht im Vergleich zu einem Tornado, doch bei geringerer Intensität, da seine Dimensionen mehrfach größer sind.

Also herrscht in der gesamten Konvergenzzone auf der Strecke von **a** bis **b** eine Isotherme. Im zentralen Bereich nah an der Grenze des Auges steigt die schnell rotierende Luft von **b** bis **c** mit großer Geschwindigkeit in die Höhe, dehnt sich entsprechend einer Adiabate aus und kühlt ab. Der Wasserdampf kondensiert und wird als Niederschlag ausgestoßen. Von **c** bis **d** divergiert die trockene, warme Luft mit stabilem Druck, bis sie dann von **d** bis **a** entsprechend einer Polytrope auf einer weiten ringförmigen Fläche aus großer Höhe sehr langsam bis nach unten senkt und den Kreislauf schließt. Auf den letzten zwei Strecken, von **c** bis **a** strahlt die trockene warme Luft ihre überflüssige Wärme ins All aus, um dann trocken, verdichtet und abgekühlt an einem neuen Kreislauf teilzunehmen. Dieselbe Wärme, die um den Wirbelsturm herum vorhanden ist, wird ebenfalls ins All ausgestrahlt. Der tropische Wirbelsturm beschleunigt diesen Energietransport in die oberen Schichten der Atmosphäre, auf einer relativ kleinen Fläche, wie es auch beim oben betrachteten Wirbelsturm der Fall war. Auch die Wärme der Umgebung wird hier vorübergehend in gewaltige, kreisende Winde umgewandelt, doch unvergleichlich effektiver, da gleichzeitig zwei unabhängige Prozesse ablaufen: Sowohl die Erwärmung der expandierenden Luft als auch die Verdunstung des Wassers. Deswegen ist der gesamte Energiestrom in einem Taifun ungleich größer als im Tornado, obwohl die Stärke des Windes wegen der großen Fläche kleiner ist.

4. Ein künstlich erzeugter Wirbel in einem Kraftwerk (Wirbelkraftwerk, WKW, Abb.4) unterscheidet sich von einem tropischen Wirbelsturm dadurch, dass er in einem Gehäuse ungestört rotiert, relativ geringe Dimensionen besitzt und dass man alle Parameter und Prozesse optimieren kann. Dadurch wird seine Intensität erhöht. So kann beispielsweise auch die Temperatur des Wassers durch direkte Sonnenenergie in geschlossenen oder (und) offenen Kollektoren mit seichtem Meerwasser deutlich erhöht werden. Entsprechend wird sich dadurch auch die Verdunstung des Wassers erhöhen, die Erwärmung der Luft wird steigen und letztendlich wird die Leistung des Kraftwerkes größer sein. Das Zustandsdiagramm des WKW ähnelt dem Diagramm eines tropischen Wirbelsturms. Doch hier kann die eingeschlossene Fläche (die von der Wärme des Wassers verrichtete Arbeit) auf ein Mehrfaches ansteigen.

Wie verrichtet die Wärme der Umgebung ihre Arbeit?

An einem einfachen Versuch mit Zylinder und Kolben lässt sich demonstrieren wie bei einem einmaligen Kolbenhub die geringwertige Wärmeenergie in Arbeit, die den eingeschlossenen Flächen in den Zustandsdiagrammen entspricht, umgewandelt wird. Man sollte sich doch im Klaren sein, dass bei diesem Vorgang, im vollen Einklang mit dem 2.Hauptsatz der Thermodynamik, die minderwertige Wärme der Umgebung (obwohl sie Arbeit leistet) als Energiequelle in einem Motor nicht genutzt werden kann, da es unmöglich ist, den dazu erforderlichen Zyklus zu schließen. Dies wurde schon Anfang des neunzehnten Jahrhunderts bei der Erfindung der Dampfmaschine erkannt und diente auch als Grundlage zur Begründung des 2.Hauptsatzes der Thermodynamik. Glücklicherweise ist dieser Zyklus im Wirbel, wie die Zustandsdiagramme dies auch zeigen, durch andere natürliche Vorgänge geschlossen. Da aber die Umwandlung der Wärme in nützliche Arbeit im Zylinder und im unteren Bereich des Wirbels grundsätzlich identisch ist, hat das Betrachten des hypothetischen und einfachen Beispiels mit Zylinder und Kolben deswegen einen Sinn. Wie diese Arbeit weiter im Wirbel in hochwertige ki-

netische Energie umgewandelt wird und wie die Natur den erforderlichen Zyklus im Wirbelsturm geschlossen hat, ist aus einem einfachen Beispiel nicht ersichtlich.

Betrachten wir vorerst den einfacheren Prozess, an dem kein Wasser beteiligt ist und der beispielsweise in einer Windhose, einem Tornado oder im Wirbelsturm in der Wüste stattfindet. Nehmen wir dazu einen einfachen Zylinder und einen Kolben, der eine Fläche $S = 1\text{m}^2$ hat. (Abb.5). Geben wir in den Zylinder trockene Luft. Der Kolben besitzt ein Gewicht, das im Zylinder einen Druck erzeugt, dessen Wert, dem Druck im Innenbereich eines Wirbelsturmes gleich ist, so etwa $p = 900\text{ hPa}$. Diesen Druck erhöhen wir mit einigen kleineren Gewichten, bis der Druck im Inneren des Zylinders den Druck der Umgebung des Sturmes $p_0 = 1000\text{ hPa}$ erreicht hat. Durch das gesamte Gewicht sinkt der Kolben bis an den unteren Strich an der linken Seite des Zylinders. In dem Moment, in dem die Temperaturen inner- und außerhalb des Zylinders ausgeglichen sind, entfernen wir eines der Gewichte vom Kolben. Die Luft expandiert, durch den Druck hebt sich der Kolben ein wenig höher, und die Temperatur sinkt. Die vorhandene innere Energie der Luft verrichtet dabei eine Arbeit, die dem Produkt der Verschiebung und des gesamten Gewichts des Kolbens entspricht. Sofort strömt durch die Wand in den Zylinder Wärme aus der Umgebung, die leicht abgekühlte Luft wird erwärmt, bis die Temperaturen im Zylinder und in der Umgebung wieder ausgeglichen sind. Die zugeflossene Wärme verrichtet ebenfalls eine Arbeit und hebt den schweren Kolben noch höher. Diese Wärme wird mit der übrig gebliebenen inneren Energie addiert und bleibt weiter im Zylinder. Wiederholen wir dieses Experiment noch einmal, es geschieht dasselbe, doch mit einem kleinen Unterschied: Im zweiten Schritt verrichtet auch beim Ausdehnen (nicht nur beim Erwärmen wie im ersten Schritt!) diejenige Wärme Arbeit, die während des ersten Schrittes aus der Umgebung in den Zylinder übertragen wurde! Dieses Experiment können wir schrittweise wiederholen, bis alle kleinen Gewichte von dem Kolben entfernt sind (Abb.6), und bei jedem weiteren Schritt wird ein ständig ansteigender Teil der gesamten Arbeit von der aus der Umgebung in den vorigen Schritten zugeführten Wärme verrichtet. Oder: die Wärmee-

nergie der Umgebung verrichtet in diesem imaginären Experiment zusammen mit der inneren Energie der Luft eine Arbeit $A_1 = s_1 S(p_0 + p) / 2$. Und weil $S(p_0 + p) / 2 = K$ im Experiment gegeben ist und sich nicht verändert, kann man annehmen $A_1 = Ks_1$. Das Entfernen aller Gewichte vom Kolben verringert schrittweise den Luftdruck im Zylinder, und dies entspricht der Bewegung der Luft in Richtung Zentrum eines Wirbels. Auf der ganzen Strecke vom hohen Luftdruck an der Peripherie des Wirbelsturmes bis zum niedrigen Luftdruck in der Mitte findet derselbe Prozess statt. Dieser Prozess stellt die Energiequelle zum Antrieb eines Tornados oder eines Wirbelsturmes in der Wüste dar.

Führen wir der verdichteten Luft (Abb.5) weiter Wasser zu. Warten wir ab, bis die bislang trockene Luft mit Wasserdampf gesättigt ist und die Temperaturen ausgeglichen sind. Die dabei erforderliche Verdunstungswärme wird der im Zylinder eingeschlossenen Luft aus der Umgebung zugeführt. Laut Avogadro-Loschmidt-Gesetz besitzt jedes Molekül einer Mischung aus verschiedenen Gasen und verdunsteten Flüssigkeiten den gleichen Raum. Deswegen dehnen die verdunsteten Wassermoleküle die Luft aus, und der schwere Kolben zusammen mit den kleineren Gewichten wird hochgehoben bis an die in der Abb.7 angezeigte Zwischenstelle. Dabei wird beim Verdunsten von der in der Umgebung zerstreuten Wärme zusätzlich schon eine bestimmte Arbeit verrichtet. Führen wir ab diesem Moment das erste Experiment mit den kleinen Gewichten weiter, doch jetzt schon bei feuchter Luft. Nachdem wir das letzte Gewicht vom Kolben entfernt haben und die Temperaturen ausgeglichen sind, ist der Kolben auf den Wert s_2 hochgehoben und sowohl beim Verdunsten als auch beim Erwärmen ist zusammen eine Arbeit $A_2 = Ks_2$ verrichtet worden. Dabei gilt $A_2 > A_1$. Genau dasselbe findet auch in einem tropischen Wirbelsturm statt, in dem sich die Luft in der Konvergenzzone von p_0 bis p in einem endlosen Strom ebenfalls ausdehnt, bei stabiler Temperatur mit Wasserdampf genauso gesättigt wird und dabei der Luft auch ununterbrochen Wärme aus dem Wasser zugeführt wird. Diese minderwertige Wärmeenergie wandelt sich hier ständig in kinetische und andere hochwertige Energieformen um und gibt dem Wirbelsturm seine unermessliche Kraft.

In einem künstlichen Wirbel eines Kraftwerkes besteht die Möglichkeit, das Wasser vorher durch die Sonnenenergie zusätzlich zu erwärmen. Die Temperatur der konvergierenden Luft wird dabei (im Unterschied zum tropischen Wirbelsturm) nicht stabil bleiben. Wenn im Kraftwerk ein Gegenstrom zwischen Luft und Wasser eingerichtet worden ist, steigt die Temperatur der konvergierenden Luft bis zum Zentrum ständig an. Die Ausdehnung der Luft durch den zusätzlichen Wasserdampf und durch das zusätzliche Erwärmen erhöht sich in diesem Fall wesentlich, und es wird eine mehrfach größere Arbeit (entsprechend der Abb.8) $A_3 = Ks_3$ verrichtet, dabei gilt $A_3 > A_2 > A_1$.

Was ist ein tropischer Wirbelsturm?

Beobachtungen zeigen, dass der tropische Wirbelsturm ein Werk der Natur ist, in dem ein gewaltiger Kreislauf aus Luft, Wasser, Energie und Drehimpuls stattfindet. Er hat eine komplizierte ringförmige Struktur. Der Luftdruck, die Temperatur, die Geschwindigkeiten und andere Parametern sind entlang jeder Kreislinie relativ stabil, doch zweidimensional bzw. entlang des Radius und entlang der Höhe besitzen sie verschiedene Werte. Der Sturm ist nicht völlig sichtbar. Als Geschöpf der Natur ist er einer Qualle näher als einem Tier. Das Sichtbare beträgt einige Hunderte von Kilometern im Durchmesser. Das Unsichtbare ist mehrfach größer. Der Sturm hebt sich hoch über die aktive Atmosphäre hinaus, und das, was zu sehen ist, kann sich weit über 10 km in die Höhe strecken. Im Zentrum befindet sich eine relativ kleine, runde, von oben gut bemerkbare, trügerisch stille Zone, die fast windstill und wolkenlos ist und als Auge des Sturmes bezeichnet wird. Der Durchmesser des Auges erreicht an der Grenze mit dem Wasser einige zehn Kilometer.

An der äußeren Peripherie herrscht schönes, fast wolkenlos-warmes Wetter. Der Luftdruck ist normal. Es weht ein leichter Wind. In Richtung Zentrum steigt der Luftdruck vorerst allmählich an, erreicht ein Maximum und sinkt bis zum Auge gewaltig. Auf dieser Strecke entstehen verheerende Winde und mächtige Niederschläge, die an der relativ dünnen Grenze des Auges plötzlich und völlig verschwinden. Im Auge ist

es ruhig, sonnig und sehr warm. Der Luftdruck ist hier niedrig. Allein die Wellen verraten, dass diese Stille trügerisch ist. An der Grenze des Auges wenden sich die gewaltigen Luftströmungen scharf nach oben. Im Zwischenraum eines gigantischen, aus Trägheitskräften gebauten Rohrs im Rohr entsteht rund um das Auge ein mächtiger, rotierender, ringförmiger Aufwind, der sich in den höheren Schichten durch die starke Zentrifugalkraft langsam nach außen wendet. Mit der Höhe wird die kinetische Energie der Luftströmung allmählich in potenzielle Energie umgewandelt und der Wind schwächt ab. So kann ein Flugzeug fast ohne Risiko einen tropischen Wirbelsturm durchqueren. Ein Schiff macht das schon mit großer Gefahr. Nah an der Meeresoberfläche könnte das Flugzeug schon gar nicht durchkommen. Vom Zentrum entfernt erreicht die ringförmige, fast symmetrische Luftströmung ihre größte Höhe, die auch die Höhe des Wirbelsturmes definiert.

Der Wirbelsturm muss wandern, er hält sich selten längere Zeit auf einer Stelle auf. Von seinem Geburtsort am Äquator bis in die Polarbreiten legt er nicht selten Tausende von Kilometern zurück. Um am Leben zu bleiben und aktiv zu sein, braucht er ständig Nahrung: frisches Wasser, frische Wärme und frische Luft mit einem Drehimpulszusatz. Dies ist eine der Ursachen seiner "Reiselust". Der Sturm sucht sich seine Nahrung in der breiten Umgebung und nimmt sie von vorne ein. Die beste Nahrung lockt an, und sie bestimmt einigermaßen auch seine Bahn. Was er nicht mehr braucht, wird hinten ausgeschieden: nämlich, trockene, warme Luft und leicht abgekühltes Meerwasser. Wenn man das, was ein Tropischer Wirbelsturm hinterlässt auch sehen könnte, dann würde er von hoch oben wie ein Komet mit einem kompakten Kopf und einer weit ausgedehnten, langen Schleppe aussehen, der dazu mit einem runden Auge am Kopf versehen ist. Wenn man auch den gesamten Wirbelsturm sehen könnte, dann wäre auch sein Kopf mehrfach größer. Beim Wandern deformiert sich seine ringförmige Struktur, er wird asymmetrisch. Als primitives Geschöpf der Natur hat der Sturm doch ein relativ langes Leben. Er kann mehrere Wochen lang aktiv sein. In Bezug auf ein Kraftwerk haben hauptsächlich seine Eigenschaften in den unteren Schichten eine Bedeutung, und

es genügt, einen einfacheren, stationären und symmetrischen Wirbel zu betrachten. Zu den wichtigsten Energieformen und Eigenschaften auf der Kontaktfläche mit dem Wasser und in den höheren Schichten, die das Funktionieren eines solchen Wirbelsturms gewährleisten, gehört folgendes:

Die Dimensionen

Der Kreislauf des Wirbelsturms

Der Luftdruck entlang des Radius´

Die Geschwindigkeit der Luft transversal zum Radius, entlang des Radius, vertikal

Die kinetische Energie entsprechend den drei Geschwindigkeitsrichtungen

Die Feuchte der Luft entlang des Radius´

Die Temperatur der Luft entlang des Radius´

Die Archimedeskraft beim Verdunsten des Wassers

Die potenzielle Energie

Die Wärmeenergie

Die Trägheitskräfte

Der Wendepunkt

Die Reibung zwischen der Luft und dem Wasser an der Kontaktfläche

Dimensionen

Je stärker der Wirbelsturm ist, desto kleiner ist sein äußerer Durchmesser, desto kleiner ist sein Auge und desto höher streckt er sich empor. Die stärksten Wirbelstürme, die Tornados sind klein, erreichen einen Durchmesser bis zu 1,5 km. Die schwächsten Wirbelstürme, die Tiefs haben einen Durchmesser von 1000 km und mehr. Die Tropischen Wirbelstürme liegen dazwischen, und gerade diese sind für ein Kraftwerk interessant. Solange die Macht des Wirbels sich nicht ändert, bleiben auch seine Dimensionen stabil. Der Durchmesser des Auges wächst in jedem Wirbel mit der Höhe, bis er in den oberen Schichten den äußeren Bereich des Wirbels erreicht. An der Grenze des Auges haben die Bahnen des Aufwindes im vertikalen Schnitt durch die Achse eine Form, die einem Trichter ähnelt und nach oben horizontal stark ausgedehnt ist. Wegen der starken Wolkenbildung sind

diese Bahnen lediglich in den unteren Kilometern der gesamten Höhe des Wirbelsturmes gut sichtbar.

Kreislauf

Wie oben schon bemerkt, besitzt der Kreislauf des Wirbelsturms eine horizontal sehr ausgedehnte Torusform. Im Grenzbereich mit dem Wasser konvergiert die Luft spiralförmig von der äußeren Peripherie in Richtung Zentrum (Abb.9). Hier wird die Wärme des Wassers in verschiedene hochwertige Energieformen umgewandelt, von denen die kinetische Energie die wichtigste ist. An der Grenze des Auges steigt die energiereiche Luft mit großer Geschwindigkeit empor, expandiert in den höheren Schichten, kühlt ab und befreit sich durch Kondensation vom Wasserdampf. Die Bahnen der Luft ähneln einem Trichter, sie entfernen sich mit der Höhe immer weiter von der Drehachse, bis sie am maximalen Höhepunkt das Maximum bei ***b*** erreichen. In diesem sehr großen ringförmigen Bereich kühlt die Luft ab und sinkt gleichzeitig langsam nach unten. Die trockene und abgekühlte Luft wird erneut in einen Kreis hineingezogen.

Luftdruck

Der Luftdruck hat im tropischen Wirbelsturm eine besondere Bedeutung. Er verringert sich im Wirbelsturm mit der Höhe spürbar langsamer als in der Umgebung. Relativ stabil bleibt der Druck auf allen Ebenen entlang der Kreise um das Zentrum. Doch entlang des Radius hat der Luftdruck auf allen Ebenen verschiedene Werte. Besonders wichtig ist die Veränderung des Drucks in Richtung Zentrum entlang des Radius auf der Erdoberfläche. Hier bildet er vier nacheinander folgende hoch - tief - hoch - tief ringförmige Zonen, (Abb.10 und 11).

In der Umgebung herrscht normaler Druck. Ab der äußeren unsichtbaren Grenze von ***a*** bis ***b*** steigt der Druck allmählich an. Bei ***b*** liegt ein ringförmiges Hoch, das erste Maximum, das wir als statisches Maximum bezeichnen. In dieser Zone herrscht rund um den Wirbelsturm sehr warmes, sonni-

ges Wetter. Von b bis c fällt der Luftdruck allmählich. Bei c erreicht er das erste Minimum, das wir als dynamisches Minimum bezeichnen. In dieser Zone erreicht der verheerende Wind seine höchste Geschwindigkeit. Von c bis d herrschen gewaltige Trägheitskräfte, die den Druck plötzlich erhöhen, bis er bei d das innere und zweite Maximum erreicht, das wir als dynamisches Maximum bezeichnen. Weiter von d bis e fällt der Luftdruck dynamisch ebenso plötzlich und erreicht bei e im Auge das zweite Minimum, das wir als statisches Minimum bezeichnen. In den höheren Schichten verringert sich das dynamische Maximum bei d rasch bis es bald völlig verschwindet. Das statische Maximum bei b bleibt bis in die oberen Schichten des Wirbels erhalten, denn dieses Maximum definiert seine Höhe.

Geschwindigkeit

Im ausgewachsenen Wirbelsturm bewegt sich die Luft dreidimensional in einer komplizierten Weise, bei der das Rotieren des gesamten Wirbels um die vertikale Achse am wichtigsten ist. Diese Bewegung bildet auch die äußere Gestalt des Wirbelsturms. Der vertikalradiale Schnitt zeigt eine geschlossene Luftströmung, die zwei vertikale und zwei horizontale Strecken enthält. Diese bilden den torusförmigen Kreislauf des Wirbels (Abb.9). Unten, an der Grenze zwischen Luft und Wasser ist die Bewegung einer flachen Spirale ähnlich. Laut Drehimpulserhaltungssatz, steigt die Geschwindigkeit der konvergierenden Luft hier bis zu der ringförmigen Grenze am dynamischen Maximum d bzw. bis zum Auge drastisch an. Dabei bleibt die transversale Komponente v_t der Geschwindigkeit ständig größer als ihre radiale Komponente v_r (Abb.12). Der hohe dynamische Luftdruck an diesem Maximum macht die weitere Bewegung der Luft in Richtung Zentrum unmöglich, und sie ist gezwungen, ihre radiale Komponente v_r in eine vertikale Komponente v_h umzuwandeln, ohne dass die Geschwindigkeit selbst dabei verringert wird. Sowohl die Richtung als auch der Zahlenwert der transversalen Komponente der Geschwindigkeit bleibt dabei unverändert. Weiter bewegt sich die gesamte rotierende Luft mit größer Geschwindigkeit empor, und auf dieser Strecke ähnelt

ihre Bewegung einer komplizierten dreidimensionalen Spirale, die sich in den höheren Schichten allmählich trichterförmig ausdehnt, bis sie endlich das statische Maximum bei **b** erreicht hat (entsprechend wächst auch das Auge in den höheren Schichten). Auf dieser für den Mechanismus des Wirbels wichtigen Strecke dehnt sich die feuchte Luft rasch adiabatisch aus, kühlt ab, der Dampf kondensiert, das Wasser wird als Niederschlag aus der Luft entfernt und die Luft selbst wird durch die Kondensationswärme ständig erwärmt. Dies führt dazu, dass sich das Abkühlen mit der Höhe verlangsamt und die Niederschläge bilden sich in großer Höhe. Wegen den gleichzeitig parallel ununterbrochen verlaufenden Prozessen der adiabatischen Ausdehnung und der Erwärmung durch die Kondensationswärme des Dampfes, bekommt die ohnehin schon große Geschwindigkeit der Luft beim emporsteigen auf dieser ganzen Strecke einen ständigen und großen Zuwachs.

Dies führt dazu, dass die enormen Luftmassen buchstäblich in einem gewaltigen ringförmigen Strom ständig weit über die normale Atmosphäre hoch in die Höhe hinauf geschleudert werden, ohne dabei einen bemerkbaren Druck auf die Erdoberfläche auszuüben. Lediglich eine relativ kleine Fläche rings um das Auge am dynamischen Maximum **d** steht unter hohem Luftdruck. Und dieses Maximum stellt eine außergewöhnliche ringförmige Kanone dar, die ständig gewaltige Luftmassen in die Höhe schleudert. Ein Flugzeug, das sich horizontal in der Luft bewegt hat ein Gewicht und übt dadurch unter sich bis auf die Erdoberfläche einen entsprechenden Druck aus. Ein Flugzeug, das in der Luft ohne Triebwerk einer Parabel folgt, hat kein Gewicht und übt deswegen unter sich bis auf die Erdoberfläche keinen Druck aus. Dasselbe geschieht bei den an der Grenze des Auges emporsteigenden gewaltigen Luftströmungen. Sie üben auf die unteren Schichten der konvergierenden Luft nur einen geringen Druck aus, und das unterstützt das Konvergieren der Luft im unteren Bereich und ist für das Leben des Wirbelsturms von größter Bedeutung. Erst weit oben und vom Zentrum entfernt, im ringförmigen Bereich des statischen Maximums, wo die kinetische Energie des Aufwindes in potenzielle Energie der

Lage umgewandelt wird, steigt der Luftdruck an und erreicht an der Erdoberfläche einen hohen Wert.

Kinetische Energie

Die kinetische Energie ist in der Atmosphäre überall da vorhanden, wo es Wind, Blitze oder Niederschläge gibt. Sie entsteht immer als Resultat der Umwandlungen verschiedener potenziellen Energien, deren Ursprung die Wärme ist, die wiederum sowohl aus der Umgebung, als auch direkt von den Sonnenstrahlen stammt. Als Energie der Bewegung einiger Massen wird die kinetische Energie in der Atmosphäre von der Geschwindigkeit und von der Dichte der Luft definiert. In Bezug auf ein Kraftwerk interessiert uns hauptsächlich das Konvergieren der Luft in den unteren Schichten des Wirbels. Hier ist im tropischen Wirbelsturm die Temperatur der Luft und die Temperatur des Wassers gleich und relativ stabil. Deswegen hängt die Dichte der Luft hauptsächlich vom Luftdruck ab. Zwar sinkt dieser Druck in Richtung Zentrum allmählich, doch verringert er sich kaum, maximal bis zu 15% im Vergleich mit dem normalen Druck p_o der Atmosphäre. Deswegen kann in der ersten Annäherung ein Zuwachs der kinetischen Energie E_k der rotierenden Luft in Richtung Zentrum angenommen werden, der ihrer Geschwindigkeit entspricht (Abb.12).

Am Auge ist der Wind, entsprechend auch die kinetische Energie, am stärksten. Hier ist die radiale Komponente v_r der Geschwindigkeit gezwungen, mit demselben Skalar bzw. Zahlenwert von horizontal nach vertikal zu wechseln. Mit der Höhe wird die kinetische Energie der starken Winde in potenzielle Energie umgewandelt. Entsprechend verringert sich auch die Geschwindigkeit der Luft, bis sie an der äußeren Grenze des Sturmes in schwache divergierende und anschließend auch langsam sinkende Luftströme übergeht.

Die kinetische Energie spielt im Wirbelsturm eine Hauptrolle. Sie verursacht einen großen Teil des Schadens, den der Sturm anrichtet. Diese hochwertige, im Wirbel äußerst konzentrierte

Energieform ist die einzige, die in einem starken Kraftwerk leicht genutzt werden kann, ohne die Umwelt zu belasten.

Luftfeuchtigkeit

In der Umgebung hat die Luft eine bestimmte relative Feuchte (Abb.13). Gleich ab der Peripherie **a** verringert sich vorerst ihre Feuchtigkeit in Richtung Zentrum wegen der trockenen Luft, die im Bereich des statischen Maximums **b**, im ringförmigen Hoch aus den oberen Schichten des Wirbels stammt und am Kreislauf des Wirbels teilnimmt. Da die konvergierende trockene Luft bei steigender Geschwindigkeit weiter intensiv mit dem Wasser in Kontakt kommt, erhöht sich ihre Feuchtigkeit rasch bis zur Sättigung. Weiter bis zum dynamischen Maximum **d** bleibt die Feuchte stabil. Im Auge ist sie gering, da auch hier die trockene Luft aus den oberen Schichten des Wirbels stammt. Im Bereich des dynamischen Maximums **d**, in einem relativ schmalen ringförmigen Aufwind, steigt die rotierende Luft mit großer Geschwindigkeit in die Höhe, der Wasserdampf kondensiert, geht als Niederschlag nach unten, und die Luft trocknet ab. Ihre absolute Feuchte wird gering. Bis zum Vollenden des Zyklus' strahlt die trockene Luft ihre überschüssige Wärme in die Umgebung und ins All aus, sinkt im sehr großen ringförmigen Bereich des statischen Maximums bei **b** allmählich bis nach unten ab und wird erneut in einen Kreislauf gezogen.

Im Leben des tropischen Wirbelsturmes spielt die Luftfeuchtigkeit die Hauptrolle. Das Wasser ist seine Nahrung, es spendet ihm die Energie und bildet auch seine sichtbare Gestalt. Auch an den von ihm verursachten Schäden, hauptsächlich bei den Überschwemmungen, ist die Luftfeuchtigkeit stark beteiligt.

Temperatur

Die starken Winde im unteren Bereich des Sturmes haben einen guten Kontakt zum Wasser. Dieser Kontakt gewährleistet neben der Sättigung der Luft mit Wasserdampf auch einen ununterbrochenen vollständigen Temperatúrausgleich

zwischen den beiden Phasen. Die spezifische Wärmekapazität des Wassers im Vergleich zur Luft ist anomal hoch. Aufgrund der großen Menge des Meerwassers, mit dem der Wirbel direkt verbunden ist, haben Luft und Wasser nicht nur die gleichen, sondern auch eine stabile Temperatur. Diese entspricht der Temperatur des Wassers (Abb.14). Lediglich im ringförmigen Bereich des statischen Maximums bei b und im Auge ist die Temperatur der Luft infolge der sinkenden trockenen Luft aus den oberen Schichten des Wirbels erhöht. In beiden Zonen herrscht sehr warmes und trügerisch stilles Wetter. Nur die Wellen im Meer verraten die im Außenbereich oder im Auge vorhandene Gefahr. In der Höhe ist die Temperatur im Wirbelsturm auf allen Ebenen spürbar höher als in der normalen Atmosphäre. Deswegen verschiebt sich auch die Kondensation des Wasserdampfes weit nach oben.

Die Archimedeskraft beim Verdunsten des Wassers

Da das Gewicht des Wassermoleküls geringer ist als das mittlere Molekulgewicht der Luftgase, ist die feuchte Luft bei gleichen Bedingungen leichter als die trockene. So enthält die feuchte Luft in den unteren Schichten der Atmosphäre eine potenzielle Energie, die durch eine Art Archimedes - Auftriebskraft im Aufwind sowohl in der Thermik als auch im Gewitter und im Wirbelsturm in Arbeit umgewandelt wird und dadurch den Aufwind bildet oder verstärkt. Wenn wir uns eine Luftsäule mit einer Fläche von $1m^2$, die sich über die gesamte Atmosphäre hinauf streckt und mit Wasserdampf gesättigt ist, vorstellen könnten, dann wäre bei $30^{\circ}C$ warme Luft diese Säule auf rund **200 kg** leichter als dieselbe Säule bei dieser Temperatur mit trockener Luft. Die Fläche der mit Wasserdampf gesättigten Luft ist im Wirbelsturm viele Millionen Quadratmeter groß, und das führt schon zu einer gewaltigen Gravitationsenergie und letztendlich zu einer entsprechenden Auftriebskraft. Diese potenzielle Energie der Schwerkraft (wie auch alle anderen Energieformen im Wirbelsturm) entsteht direkt beim Verdunsten des Wassers, sie wirkt im unteren Bereich solange die trockene Luft mit Wasserdampf gesättigt wird. In den oberen Schichten kondensiert der Wasserdampf, die absolute Feuchtigkeit sinkt, und diese

Energie verringert sich in der realen Atmosphäre allmählich. Doch in demselben Maße wird die latente Kondensationswärme befreit, diese geht in die stets trockenere Luft über, verlangsamt ihr durch das Expandieren verursachte adiabatische (es entsteht eine feuchte Adiabate) Abkühlen, und die am Boden entstandene Auftriebskraft wird dadurch auch weiterhin unterstützt.

Da das Wassermolekül zufällig leichter ist, als die Moleküle der Luft, findet diese durch das Verdunsten des Wassers erzeugte Energie der Schwerkraft, wie auch die dadurch entstandene Auftriebskraft auf unserem Planeten statt. Auf anderen Planeten, bei umgekehrtem Verhältnis zwischen den Molekulargewichten der Flüssigkeiten und der Gase, muss es diese Form der Verdunstungsenergie nicht unbedingt geben.

Unabhängig von dem Wasserdampf kann sich eine potenzielle Energie der Schwerkraft auch dann entwickeln, wenn in die Wirbel kältere Luft hineingezogen wird und diese sich beim Rotieren und Ausdehnen durch den warmen Boden, warme Gegenstände, heißen Sand oder warmes Wasser erwärmt. Davon profitieren besonders die Tornados, die Wirbelstürme in der Wüste oder in den kalten Polargebieten.

Potenzielle Energie

Ein für den Kreislauf wichtiger Bestandteil der potenziellen Energie wird im Wirbel von der kinetischen Energie der Luftmassen erzeugt. Durch die große Geschwindigkeit wird die im Aufwind divergierende Luft an der Grenze des trichterförmigen Auges weit hinauf über die normale Atmosphäre geschleudert. Die potenzielle Energie der Archimedeskraft und die Kondensationswärme tragen dazu ebenfalls bei. Dabei geht die gewaltige kinetische Energie allmählich in eine potenzielle Form der Lage über. In der Höhe und weit vom Zentrum entfernt ist die Geschwindigkeit der divergierenden Luft schon ganz gering. Die gesamte ringförmige Luftsäule ist in diesem größten Bereich des Sturmes so hoch und streckt sich soweit über die normale Atmosphäre hinauf, dass nicht nur die höchste Stelle des Wirbelsturmes als ein unsichtbarer ringförmiger Berg aus Luft gebildet wird, sondern auch im

unteren Bereich rund um den Wirbel ein hoher Luftdruck entsteht, nämlich das statische, ringförmige Maximum bei **b**. Von diesem ringförmigen Berg, der den Krater eines großen unsichtbaren Luftvulkans darstellt, gleitet die divergierende, trockene und warme Luft ununterbrochen langsam, wie die Lava außen hinunter, kühlt dabei ab und sinkt gleichzeitig abkühlend langsam nach unten, um weiter am Kreislauf teilzunehmen. Lediglich ein kleiner Teil dieser Luft aus den oberen Schichten des Wirbelsturmes, wo die Geschwindigkeit der divergierenden Luft im Aufwind schon ganz gering ist, kehrt in den inneren Bereich des Trichters und sinkt im Auge ebenfalls langsam bis nach unten. Dort wird sie allmählich mit demselben Strom von innen in den Wirbel hineingezogen. Diese Luft bildet das schöne, warme Wetter im Auge. Dabei ist die gesamte Masse der im Auge sinkenden Luft gering, und der Luftdruck bleibt hier niedrig. Ein Teil der in den oberen Schichten divergierenden trockenen und warmen Luft verlässt den Kreislauf, scheidet aus und verbleibt weiter in einer unsichtbaren Schleppe, die der Wirbelsturm auf seiner Bahn hinterlässt. Von dieser hohen Schleppe gleitet die trockene, relativ warme Luft allmählich auf beide Seiten in die Atmosphäre hinunter.

Wärmeenergie

Das Wasser in den Ozeanen besitzt in jeder Zeit und an allen Stellen Wärme. Mal wird sie als zerstreute Wärme, mal als tote oder minderwertige Energie bezeichnet, die laut Thermodynamik auf dem Meeresspiegel bei überall gleicher Temperatur nicht konzentriert werden bzw. nicht in hochwertige Energieformen umgewandelt werden kann, und deswegen sei es auch nicht möglich, sie in einem Kraftwerk zu nutzen. Der 2.Hauptsatz der Thermodynamik warnt schon 150 Jahren mit seinen zahllosen Formulierungen: "Hände weg von dieser Wärme als Energiequelle!" (Siehe Anhang) Unabhängig davon, jedoch erlaubt es die Natur schon seit einer Ewigkeit, diese tote Energie manchmal auf einer kleinen Fläche des Ozeans wenigstens zum Antrieb der gewaltigen Luftströmungen im tropischen Wirbelsturm zu nutzen. Diese Wärmeenergie liegt im Grunde aller Energieformen, die im Wirbelsturm

stattfinden. Sie verursacht das Verdunsten des Wassers, das Erwärmen und das Beschleunigen der Luftströmungen im unteren Bereich. Sie produziert hier hochwertige kinetische Energie wie auch verschiedene potenzielle Energien. Alles, was im Kreislauf des Sturmes vorgeht, stammt von der Wärme des Meerwassers. Den vom Menschen und seiner Thermodynamik so beliebten Treibstoff gibt es da nicht. Auch die Sonne beteiligt sich am Funktionieren des tropischen Wirbelsturms nicht direkt. In der Nacht ist der Sturm gerade so stark wie bei Tageslicht. Außerdem können die Sonnenstrahlen die dicke Wolkendecke des Wirbelsturmes, die seine Antriebsmotoren bedeckt, nicht durchdringen.

Um den Sturm herum strahlt die Wärme des Meerwassers in den Weiten der Ozeane ununterbrochen in den Kosmos aus und wird ebenso ununterbrochen und völlig von der Sonne ersetzt (dasselbe geschieht auch auf der kleinen Fläche, auf der sich der Wirbelsturm gerade austobt!). Dennoch bleibt diese Wärme überall minderwertig. Es gab nicht wenig Versuche, um die Wärme des Meeres mit Mitteln, die von der Thermodynamik nicht verboten sind und dem 2.Hauptsatz nicht widersprechen, wenigstens in einem geringen Maße zu aktivieren und in Kraftwerken zu nutzen. Diese Versuche basierten auf dem Temperaturunterschied zwischen den oberen warmen und tieferen kalten Schichten des Meerwassers im warmen Süden oder zwischen dem warmen Wasser unter dem Eis und der kalten Luft über dem Eis in den Polargebieten. Doch die quasistatisch langsamen und zugleich auch verschwenderischen Prozesse der Thermodynamik, die hier genutzt wurden, führten direkt zum Misserfolg. Im Wirbelsturm nutzt die Natur einen komplizierten dynamischen Mechanismus, der die zerstreute Wärme mit höchster Effektivität auf einer kleinen Fläche über dem Wasser kurzfristig in verschiedene hochwertige Energieformen umwandelt, um sie dann in den höheren Schichten der Atmosphäre wieder in Wärme zurückkehren zu lassen. Die klassische Thermodynamik hat diesen Mechanismus nicht vorgesehen, und seine Existenz wird deswegen leider bis heute von den orthodoxen Gelehrten für gesetzwidrig erklärt.

Trägheitskräfte

Beim Aufbau des Wirbelsturmes hat die Natur, im Unterschied zu den meisten biologischen Lebewesen, keine relativ festen Stoffe und relativ stabilen Formen benutzt. Die kleine sichtbare und große unsichtbare Gestalt des Wirbelsturmes wie auch alle dynamischen Prozesse und alles, was im Wirbelsturm vorgeht, wird von verschiedenen Nahwirkungskräften und Trägheitskräften bestimmt. Besonders betroffen ist der untere Teil des Wirbelsturms, in dem die Luft konvergiert, beschleunigt, die Wärmeenergie des Wassers in kinetische Energie der gewaltigen rotierenden Winde umgewandelt wird und wo weitere lebenswichtige Prozesse und Abläufe stattfinden.

Entlang des Radius' wirken ständig drei starke Kräfte, die im Gleichgewicht sind: die Zentrifugalkraft, F_z , die radiale Komponente der Beschleunigungskraft, F_a und die Kraft des Luftdruckgradienten bzw. des Luftdruckgefälles, F_p . Bis an die Grenze des Auges bei d (Abb.10) ist $F_z < F_p$, deswegen wirkt F_a nach außen in Richtung F_z und $F_z + F_a = F_p$. Dies gilt bis an die Grenze des Auges. Die Geschwindigkeit v_t der konvergierenden Luft steigt auf der ganzen Strecke. Besonders schnell nimmt sie nah an der Grenze des Auges zu. Dementsprechend verstärkt sich die Zentrifugalkraft F_z . Im Gegensatz zu der Zentrifugalkraft, die in Richtung Zentrum unbegrenzt, mit der Potenz 3 ansteigt, ist der Wert des Druckgradienten begrenzt. Er kann nicht grenzenlos erhöht werden. Deswegen ist in diesem Moment $F_z + F_a > F_p$, doch die Ungleichung ist nicht gültig, da es hier keine anderen Kräfte mehr gibt. Als Folge wird die radiale Komponente der Luftgeschwindigkeit v_r drastisch gebremst, die Werte des Druckgradienten und der von ihm verursachten Kraft F_p , sinken schnell, erreichen die Null und steigen rasch in der Gegenrichtung wieder an. Dementsprechend sinkt gleichzeitig die radiale Komponente der Beschleunigungskraft F_a , sie erreicht die Null und steigt ebenfalls in der Gegenrichtung wieder an. Mit anderen Worten, an der Grenze des Auges entsteht eine positive Rückkopplung, die eine scharfe Wende verursacht. Die radiale Bewegung der Luft mit der Ge-

schwindigkeitskomponente v_r wird plötzlich gestoppt, der Vektor der radialen Beschleunigung wendet sich genauso schnell in die Gegenrichtung, ihr Wert erhöht sich schlagartig und die dadurch entstandene große Trägheitskraft widersteht von diesem Moment an der angestiegenen Zentrifugalkraft. In diesem Augenblick gilt: $F_z = F_a$. Diese zwei am dynamischen Maximum d plötzlich entgegen gerichteten starken Trägheitskräfte F_z und F_a pressen die rotierende Luft in einem relativ dünnen hohen Zylinder stark zusammen, der Luftdruck zwischen den beiden Kräften erreicht das dynamische Maximum d . Das ist der Wendepunkt der vom Luftdruckgefälle verursachten radialen Beschleunigung und, der daher entstandenen radialen Komponente der Geschwindigkeit.

Wendepunkt

Die kinetische Energie, die von der radialen Komponente der gesamten Geschwindigkeit abhängt, geht nicht verloren. Sie wird am dynamischen Maximum d für einen Augenblick in potenzielle Form hohen Luftdrucks umgewandelt. Dieser Prozess verläuft sehr schnell, daher adiabatisch, ohne Energieverluste. Der plötzlich entstandene hohe Luftdruck erzeugt erneut dieselbe Geschwindigkeit und richtet sie nach oben, wo es keinen dynamischen Widerstand gibt. Bis an die Grenze des Auges bewegen sich die Luftmassen an der Erdoberfläche in der waagerechten Ebene bzw. in einer zweidimensionalen Spirale in Richtung Zentrum. Vom Wendepunkt an werden sie von dem hohen Luftdruck gezwungen, sich in einer dreidimensionalen Spirale vorerst ausschließlich in die Höhe zu bewegen, um in den höheren Schichten allmählich in die waagerechte Richtung überzugehen und divergierend auseinander zu fliehen (Abb.9). Mit andere Worten: Die an der Grenze des Auges rasch ansteigende Zentrifugalkraft macht es für die Luftmassen unmöglich, weiter in die Mitte einzudringen. Hier ist im unteren Bereich eine zylinderförmige, dynamische Wand gebildet, die auf die Luftmassen wie eine feste Panzerwand wirkt und nicht durchdrungen werden kann. Diese Wand erzeugt einen hohen und trichterförmigen Kamin, in dessen Innenbereich ruhiges und sonniges Wetter

herrscht und der das Auge begrenzt. Rätselhaft scheint, wie in der aktiven Zone c die verheerenden Winde plötzlich in einer relativ dünnen Luftschicht in die völlige Ruhe im Auge übergehen können. Das machen viele kleine Wirbel möglich, die hier entstanden sind, sich an der inneren Wand des Kamins angeordnet haben und sich trichterförmig in die Höhe wie auch weit auseinander strecken. Es ähnelt einem komplizierten Rollenlager (das, würde es aus hartem Material bestehen, nicht funktionieren könnte). Der ruhende innere trichterförmige Ring stellt die Peripherie des Auges dar. Der in gleicher Form rotierende äußere Ring stimmt mit der inneren Wand des Kamins überein. Die kleinen vertikalen und nach außen gekrümmten Wirbeln können dann als Rollen des Lagers betrachtet werden. Der äußere Ring kann deswegen mit großer Geschwindigkeit fast ohne Reibung rotieren, und es entstehen nur geringe „Energieverluste“

Reibung

In der Fachliteratur wird der Reibung zwischen der konvergierenden Luft und der Meeresoberfläche oder dem festen Boden eine große Rolle zugeschrieben. Aus dem alltäglichen Leben ist die Reibung gut bekannt. Wenn feste Stoffe, Flüssigkeiten oder Gase im Kontakt sind und sich gegeneinander bewegen, dann wird durch die Reibung zwischen ihnen Energie in Wärme umgewandelt. Dasselbe wird auch auf die Kontaktfläche des Wirbels übertragen. Unsere irdische Erfahrung besagt, dass die Reibung immer zu Energieverlusten führt. Deswegen wird in den vom Menschen gebauten Maschinen alles Mögliche getan, um die Reibung zu verringern. Beseitigen kann man sie nicht. Es wird behauptet, dass genau dasselbe auch im Wirbelsturm stattfindet, obwohl in diesem Geschöpf der Natur so manches mit unserer subjektiven Erfahrung nicht übereinstimmt. Allgemein wird angenommen, dass die Reibung zwischen der Luft und der Meeresoberfläche oder zwischen der Luft und dem festen Boden die rotierenden Luftströmungen abbremst, ihre kinetische Energie in Wärme umwandelt und dadurch den Wirbelsturm selbst abschwächt. Wenn dem so wäre, wenn die Reibung wirklich den Wirbelsturm schwächen würde, dann gäbe es gar keine Wirbelstür-

me. Auf der anderen Seite, wenn es überhaupt keine Reibung an der Kontaktfläche gäbe, dann gäbe es ebenfalls keine Wirbelstürme. Natürlich ist eine Reibung zwischen Luft und Wasser oder zwischen Luft und Boden vorhanden. Und natürlich wird dabei ein Teil der kinetischen Energie der Luft durch die Reibung in Wärme umgewandelt. Doch diese Reibung bremst den Wirbelsturm nicht ab, wie paradox dies auch klingen mag. Im Gegenteil, sie treibt ihn an.

Die Wärme, die durch die Reibung im Sturm produziert wird, unterscheidet sich von der Wärme, die aus dem Meerwasser stammt oder in der Luft schon vorhanden war, keinesfalls. Sobald ein Teil der kinetischen Energie durch die Reibung zurück in Wärme umgewandelt ist, nimmt diese Wärme sofort durch das Verdunsten und Erwärmen am Ausdehnen der konvergierenden Luft teil, beschleunigt die Luft und produziert dabei wieder dieselbe kinetische Energie, als wäre sie gar nicht in Wärme durch Reibung umgewandelt worden. Die Wirkung der Reibung auf den Wirbelsturm ist also in dieser Hinsicht gleich null. Dennoch sind hier zwei kleine Besonderheiten zu beachten. Zum Ersten, die durch die Reibung verschwundene und durch die neue Wärme wieder entstandene kinetische Energie liegen zeitlich und räumlich nur wenig auseinander. Dass man dies als negative Auswirkung auf den Wirbelsturm ansehen kann, ist zweifelhaft. Die genaue Betrachtung zeigt, dass durch diese Eigenschaft lediglich ein kleiner Teil der kinetischen Energie wirklich nicht umkehrbar als Wärme verloren geht und dadurch die Bahn der konvergierenden Luft etwas verlängert wird (dieser Prozess, den die Reibung verursacht, ist völlig identisch mit dem, was durch die Reibung im Schaufelapparat einer mehrstufigen Dampf- oder Gasturbine vorgeht). Zum Zweiten, durch die Reibung verschwindet ständig ein Teil des Drehimpulses der rotierenden Luft. Und das ist das Einzige, was man beim besten Willen der Reibung als negative Wirkung auf den Wirbelsturm zuschreiben könnte, wenn der Wirbelsturm nicht denselben Drehimpuls ebenso ständig regenerieren würde und auch durch die zuströmende Luft als eine Zutat zu seinem Futter aus der Umgebung bekäme. Die Reibung übt keine negative Wirkung auf den Wirbelsturm aus, doch die positive Wirkung der Reibung ist enorm. Wenn die Reibung plötzlich ver-

schwinden könnte, dann gäbe es nur einen geringen Kontakt zwischen Luft und Oberfläche, die Luft bekäme dabei nur wenig Wasser und Wärme und der Wirbelsturm müsste verhungern, er bliebe ohne Kraft. Der dynamische Prozess würde sich bald in einen statischen oder quasistatischen Prozess umwandeln. Dieser besäße bei voller Übereinstimmung mit den Forderungen der Thermodynamik, nur wenig Macht und hätte deswegen lediglich einen ganz geringen Einfluss auf die Geschehnisse in der Atmosphäre. Im Gegenteil, eine starke Reibung gewährleistet einen guten Kontakt mit dem Wasser oder mit dem Wasser und Boden, dadurch auch eine gute Wasser- und Wärmezufuhr in die konvergierende Luft und alles, was danach folgt. Die Reibung mit der Erdoberfläche stärkt den Wirbelsturm. Sie spielt die Rolle der Zähne, die sein Futter zerkauen und ist so der Garant seiner vollwertigen, gesunden Nahrung. Der Sturm kann ohne Reibung nicht leben.

Auch in der Technik gibt es ein Paar Fällen, wo die Reibung nützlich ist, zum Beispiel in der Kupplung eines Fahrzeuges, bei den Bremsen oder zwischen dem Reifen und der Bahn, doch das sind Ausnahmen von der Regel, da man hier bemüht ist den Energieverlust durch die Reibung so hoch wie möglich zu halten, um besondere Ziele zu erreichen.

Wie und wo wird ein tropischer Wirbelsturm angetrieben?

Die Energiequelle

Der Antrieb des Wirbelsturmes liegt im Kontaktbereich zwischen der Luft und dem Wasser (beim Tornado - auch dem warmen Boden). Nur in dieser relativ dünnen Schicht steckt der Motor des Sturmes. Alle anderen Bereiche spielen zwar wichtige Rollen, doch sind sie keine Energiespender, sie sind Energieverschwender, ergänzen lediglich den Kreislauf des Sturmes (schließen den thermodynamischen Zyklus) und

machen sein Leben möglich. Genau gesagt hat der tropische Wirbelsturm nicht einen, sondern zwei verschiedene voneinander unabhängige Motoren, und das gibt ihm seine fast unbegrenzte Macht. Einer von ihnen spielt die Rolle des Anlagers, bringt die gewaltigen Luftmassen in Schwung, gebärt so den Wirbelsturm und lässt dabei den zweiten Motor an. Doch im Unterschied zum Verbrennungsmotor wird hier der Starter nach dem Anlassen nicht abgestellt. Er wird mehrfach verstärkt, und beide treiben den Wirbelsturm weiter an.

Wie aus der Wärmelehre bekannt ist, wird die Arbeit, die ein Gas verrichtet, vom Produkt seines Volumens und seines Druckes definiert. Bei gegebenem Druck kann das Volumen des verdichteten Gases lediglich dann vergrößert werden, wenn äußere Arbeit geleistet wird. Entsprechend dieser Arbeit erhöht sich auch die innere Energie des Gases. Diese Energie wiederum kann genutzt werden, wenn das Gas dieselbe Arbeit ergeben soll. Beim Verdunstungsprozess vergrößert jedes in die Luft eingedrungene Wassermolekül bei gegebenem Luftdruck und Temperatur das Volumen der Luft auf einen bestimmten Wert, den auch jedes Molekül der Luft besitzt. Dabei verrichtet jedes von diesen verdunsteten Molekülen bei der Ausdehnung der Luft eine bestimmte Arbeit, und die Energie der Luft wird entsprechend erhöht (Abb7). Hier ist einer der zwei Motoren verborgen, der den Wirbelsturm gleichzeitig aufbaut und anlässt, wie auch weiter unterstützt. Mit anderen Worten: Beim Verdunsten des Wassers wird ein Teil der in ihm schlummernden, geringwertigen Wärmeenergie genutzt, um reelle Arbeit zu verrichten. Damit wird die am Boden mit der höchsten Dichte und dem höchsten Druck liegende Luft ausgedehnt. Die gesamte, auf das Wasser gestützte schwere Luftsäule wird hochgehoben und ihre potenzielle Energie wird erhöht. Dieser natürliche Vorgang ist universell. Er findet nicht nur im Wirbelsturm statt. Überall auf unserem wie auch auf anderen Planeten, wo Flüssigkeit verdunstet, wird die Wärme in andere, hochwertige Energieformen umgewandelt und wieder ins Leben gerufen. In vielen Prozessen der Atmosphäre, in Winden und Strömungen, die nicht mit Rotation verbunden sind, spielt dieser Prozess als Energiequelle eine bedeutende Rolle. So, wenn die Temperaturen der Luft über dem Land und über dem

Meer gleich sind, gäbe es ohne die Verdunstung keine Luftbewegungen bzw. Winde. Doch weil auf der Erde flüssiges Wasser vorhanden ist und die über dem Wasser befindliche feuchte Luft leichter als die trockene Luft ist, entsteht durch die Gravitationsenergie eine Auftriebskraft, die Luft steigt empor, und es wird ein Aufwind erzeugt. Dieser generiert horizontale Luftströmungen und Winde, produziert auch Niederschläge u.a.m. Bei verschiedenen Temperaturen des Wassers im Meer und des festen Bodens, was auf der Erde meistens der Fall ist, entstehen die Winde hauptsächlich durch diese Temperaturdifferenz. Dennoch behält die Verdunstungswärme beim Produzieren der Winde auch hier ihren wesentlichen Anteil.

Der Anlasser

Aus der Thermodynamik wie auch aus der eigenen Lebenserfahrung jedes Menschen ist bekannt, dass beim Erwärmen fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe ihre Temperatur ansteigt. Dies kann der Mensch fühlen oder mit Hilfe eines Thermometers bestätigen. Dabei wird unter dem Wert der Temperatur gewöhnlich auch das Maß der zugeflossenen oder abgegebenen Wärme verstanden, da beide, sowohl die Temperatur als auch die Wärme, mit einer stabilen Konstante, die als spezifische Wärmekapazität c bezeichnet wird, verbunden sind und der Zahlenwert der Wärme gar nicht gemessen werden kann. Selbst der Name Thermometer besagt, dass dieses Gerät nicht die Temperatur (irgendein Potenzial), sondern die Wärme (irgendeine Menge) misst, was der Wirklichkeit nicht entspricht. Dieses Gerät sollte deswegen nicht Thermometer, sondern Temperaturmeter heißen. Doch im alltäglichen Leben ist dies ohne Bedeutung, und man braucht nichts zu ändern, da jeder bekannte Stoff eine bestimmte spezifische Wärmekapazität c , die lediglich von der Natur des Stoffes abhängt und stabil bleibt, besitzt. Deswegen gibt die gemessene Temperatur in den meisten Fällen auch eine echte Vorstellung von der Wärmemenge. Aber bei den Prozessen, die in den Gasen stattfinden und langsam verlaufen, daher als statische oder quasistatische Prozesse bezeichnet werden, treten schon einige Unregelmäßigkeiten auf. Die

Wärmekapazität c ist bei den Gasen dual, sie hat zwei Gesichter, und dies hängt davon ab, ob der Prozess bei stabilem Druck (c_p) oder bei stabilem Volumen (c_v) abläuft. Eine Eigenschaft der Gase, mit der es Fachleute oder Studierende zu tun haben und der kaum eine Aufmerksamkeit geschenkt wird. Alles scheint hier in Ordnung zu sein, weil die Thermodynamik hauptsächlich einfache quasistatische Prozesse betrachtet und man an diese Dualität einfach gewöhnt ist. (In diesem Sinne ist selbst der Name Thermodynamik falsch, sie sollte eher Thermostatik heißen). Diese Besonderheit der Gase, dieses Abweichen des eindeutigen, proportionalen Verhältnisses von Temperatur und Wärmemenge bei den Gasen ist in Bezug auf die Energieumwandlung im Wirbelsturm (bei dynamischen Prozessen, die weniger zur Thermodynamik gehören) schon von außerordentlicher Bedeutung.

Betrachten wir noch einmal das Beispiel mit dem Zylinder und dem Kolben. Befestigen wir vorerst den Kolben im Zylinder, so dass er sich nicht bewegen kann. Führen wir jetzt (Abb.5) der eingeschlossenen Luft von außen Wärme Q_v zu und zwar bei einer Temperatur T , die die Temperatur der Umgebung bemerkbar überschreitet, doch unter 100°C bleibt. Dabei erwärmt sich die Luft im Zylinder bis zu dieser Temperatur T , und der Druck wird entsprechend erhöht. Die Zustandsänderung verläuft hier entsprechend einer Isochore, weil das Volumen der verdichteten Luft nicht verändert wird. Wichtig ist dabei, dass die Menge der zugeführten Wärme und die gemessene Temperatur der Luft im Zylinder auch hier, wie bei den festen und flüssigen Stoffen, proportional sind und durch die spezifische Wärmekapazität c_v verbunden werden, $dQ_v = mc_v dT$.

Befreien wir weiter den Kolben und wiederholen wir das Experiment. Während der Wärmezufuhr hebt sich der schwere Kolben mit den Gewichten diesmal allmählich hoch, und sobald die Temperatur der eingeschlossenen Luft den Wert T erreicht hat, stoppt der Kolben auf einer bestimmten Höhe s_I (Abb.6). Dabei verrichtet die der Luft zugeführte Wärme Q_p eine Arbeit A , die dem Druck p_o , der Fläche des Kolbens $S = \mathbf{Im}^2$ und seiner Verschiebung s_I entspricht, $A = Sp_o s_I$. Wenn wir die zugeführten Mengen von Wärmeenergie in beiden Fällen irgendwie gemessen hätten, hätten wir feststel-

len können, dass im zweiten Fall der Luft mehr Wärmeenergie zugeführt wurde als im ersten, $Q_p > Q_v$. Daher ist auch die spezifische Wärmekapazität größer geworden, $c_p > c_v$, obwohl auch hier bei jedem Gas beide einen bestimmten Zahlenwert haben und stabil bleiben. Die spezifische Wärmekapazität ist bei stabilem Druck deswegen höher, weil in diesem Fall der schwere Kolben eine höhere Lage eingenommen hat und der entstandene Wärmeüberschuss in Arbeit umgewandelt worden ist.

Wiederholen wir dasselbe Experiment noch einmal bei gleichen Bedingungen, doch zu der trockenen Luft im Zylinder fügen wir zusätzlich Wasser hinzu (T bleibt unverändert und liegt unter dem Siedepunkt des Wassers). Beim Verdunsten vergrößert sich auf der Erdoberfläche das Volumen des Dampfes ca. auf das 1700-fache. Das Wasser verdunstet bis zum Sättigen der Luft mit Wasserdampf. Der Kolben verschiebt sich auf das Volumen des Dampfes, und der Dampf verrichtet dabei eine zusätzliche Arbeit. Die gesamte Arbeit, die durch die Erwärmung der Luft und zusätzlich durch das Verdunsten des Wassers verrichtet worden ist, steigt in diesem Fall deutlich an, ähnlich der Abb.8. Das Verblüffende ist hier, dass auch die spezifische Wärmekapazität c ansteigt, dass sie ihre Stabilität als Konstante endgültig verliert und von der Temperatur sehr stark abhängig wird. $c > c_p > c_v$ und c ist nicht mehr konstant. Im alltäglichen Leben ist diese Besonderheit ohne Bedeutung, doch ein Wirbelsturm könnte ohne sie nicht funktionieren. Sehr wichtig ist dies auch für einen künstlich erzeugten Wirbel im Kraftwerk, und diese Eigenschaft stellt die Energiequelle vieler Prozesse der Atmosphäre dar. Hier ist auch der gesuchte Anlasser des tropischen Wirbelsturms verborgen. Wichtig ist dabei: je wärmer das Wasser ist, desto mehr Wärme aus dem Wasser wird in Arbeit der Luftausdehnung umgewandelt und desto stärker verläuft der entsprechende Prozess in der Atmosphäre. Bei geringer Temperatur kommt es zur Thermik. Bei höheren Temperaturen kann sich ein Gewitter bilden. Schon bei Temperaturen über 26°C kann ein Wirbelsturm entstehen.

Der zusätzliche Motor

Aus der Mechanik ist bekannt, dass jeder aus einem rotierenden Körper herausgegriffene Massepunkt eine Zentrifugalkraft P_z erzeugt, die von dem Wert der Masse m , der linearen Geschwindigkeit v oder Winkelgeschwindigkeit ω und vom Radius r seiner Kreisbahn abhängt,

$$P_z = mv^2 / r \text{ oder } P_z = m\omega^2 r. \quad (1)$$

Dieselbe Kraft würde auch auf eine Schnur wirken, wenn dieser rotierende Massepunkt aus dem Körper entfernt und durch eine Schnur mit der Achse verbunden wäre.

Aus der Mechanik ist auch bekannt, dass jeder rotierende Massepunkt einen bestimmten Drehimpuls besitzt, der laut Drehimpulserhaltungssatz unabhängig von dem Radius seiner kreisförmigen Bahn erhalten bleibt. Diese Eigenschaft eines rotierenden Massepunktes sieht so aus:

$$vr = konst \text{ oder } \omega r^2 = konst. \quad (2)$$

Außerdem ist bekannt, dass die kinetische Energie jedes rotierenden Massepunktes von dem Wert der Masse und ihrer Geschwindigkeit abhängt,

$$E_k = mv^2 / 2 \text{ oder } E_k = m\omega^2 r^2 / 2. \quad (3)$$

Wenn man bei diesem imaginären Experiment mit Hilfe irgendeiner Kraft, die jederzeit der Zentrifugalkraft gleich ist, die straff angezogene Schnur verkürzt und den rotierenden Massepunkt so gegen seine Zentrifugalkraft mit Gewalt näher zur Achse zieht (der Radius r wird verringert), dann wird durch diese äußere Kraft eine Arbeit verrichtet, und entsprechend erhöhen sich dadurch auch die kinetische Energie E_k der Masse m , ihre Geschwindigkeit v bzw. ω und ihre Zentrifugalkraft P_z . Der rotierende Massepunkt m nähert sich dabei spiralförmig der Achse an.

Die Rolle eines rotierenden Massepunktes, der mit der Drehachse verbunden ist, kann auch ein einzelnes Molekül spielen, doch in diesem Fall ist es auch in einem hypothetischen Experiment schwer sich eine Schnur als Verbindungselement

zwischen dem Molekül und der Drehachse vorzustellen. Die im rotierenden Raum frei schwebenden Moleküle sind dennoch mit der Drehachse verbunden. Bei rotierenden Gasen spielt das entstehende Luftdruckgefälle die Rolle solcher Schnüre. Dabei verringert sich der Druck in Richtung Zentrum. Mit anderen Worten, bei den rotierenden Gasen (wie auch bei Flüssigkeiten) hängen die Zentrifugalkraft P_z eines Moleküls und der Druck p vom Radius r ab. Doch hier gibt es zwei verschiedene Arten des Rotierens. Zum Ersten, wenn das Gas in einem rotierenden Behälter eingeschlossen ist und außer der Rotation und der molekularen Bewegung keine andere Bewegung mehr stattfindet. Dann ist die Winkelgeschwindigkeit aller Moleküle im Durchschnitt gleich, und der Druck sinkt in Richtung Zentrum langsam. Die Temperatur und die innere Energie des Gases können dabei überall im Behälter als die gleichen angenommen werden. Zum Zweiten, wenn sich das rotierende Gas durch eine äußere Kraft zusätzlich entlang des Radius in Richtung Zentrum bewegt (wie auch beim Verkürzen der Schnur), dann verwandeln sich die Bahnen dieser Bewegung in eine Spirale, dabei erhöht sich laut Drehimpulserhaltungssatz selbst die Winkelgeschwindigkeit des Gases, und als Folge sinkt die Zentrifugalkraft nicht, sondern sie steigt rapide an. Ebenso wächst das Druckgefälle, erhöht sich die kinetische Energie und sinkt die Temperatur des Gases. Genau diesen Fall nutzt die Natur im unteren Bereich des Wirbelsturmes bei der konvergierenden Luft. Dies folgt auch aus einfachen Überlegungen.

$$\text{Aus (2) } \omega r^2 = \textit{konst} = D \text{ oder } \omega = D/r^2 \text{ und (1) } P_z = m\omega^2 r \\ \text{folgt, } P_z = mD^2 / r^3. \quad (4)$$

$$\text{Aus (2) } \omega = D/r^2 \text{ und (3) } E_k = m\omega^2 r^2 / 2 \\ \text{folgt, } E_k = mD^2 / 2r^2. \quad (5)$$

Von außerordentlicher Bedeutung ist hier der enorme Anstieg der kinetischen Energie der Luftströmung. In einem typischen tropischen Wirbelsturm mit einem äußeren Durchmesser von **500** km und einem Auge im Durchmesser von **50** km wird im idealen Fall bei stabilem Drehimpuls an der Grenze des Auges die kinetische Energie um das **100**-fache, die Zentrifugalkraft um das **1000**-fache erhöht. Das heißt, bei stabiler Tem-

peratur der konvergierenden Luft muss ihre gesamte Energie nah am Auge mindestens **100** Mal größer werden, als sie am Eingang war. Und darin liegt die Ursache der großen Macht des Tornados, Taifuns oder Tiefs. Da die Wirbelstürme in der Natur real existieren, haben sie auch eine reale Quelle, die sie ununterbrochen mit dieser kinetischen Energie und anderen hochwertigen Energieformen versorgt. Beim tropischen Wirbelsturm wird die Wärme des Wassers in kinetische Energie umgewandelt. Dazu hat die Natur einen originellen Mechanismus geschaffen. Dieser ermöglicht es, die überall zerstreute Wärme der Umgebung (die wie der 2.Hauptsatz dies fordert, keinen Wert mehr hat und nicht genutzt werden kann!) zu konzentrieren, ihr Potenzial zu erhöhen und in gewaltige Luftströmungen effektiv umzuwandeln. Nämlich diese konzentrierte Energie führt bei der Schifffahrt und auf dem festen Land zu Katastrophen. Derselbe Mechanismus kann auch mit hoher Effektivität in einem künstlich errichteten Wirbelkraftwerk genutzt werden, um dabei die Wärme der Umgebung unbegrenzt in Elektrizität umzuwandeln. Bei dem betrachteten Verhältnis $r_1 / r_2 = 10$ würde lediglich **1%** der produzierten kinetischen Energie der zuströmenden Luft gespendet, um sie mit dem erforderlichen Drehimpuls zu versorgen. Die restlichen **99%**, können in elektrische Energie umgewandelt werden.

Um zu beobachten, wie die Wärme des Wassers in kinetische Energie der Luft umgewandelt wird, schauen wir uns die konvergierende Luft im Wirbel genau an. Im äußeren Bereich des Sturmes, am statischen Maximum **b** (Abb.9), wo das ringförmige Hoch herrscht, besitzt die langsam sinkende trockene und abgekühlte Luft ihren Drehimpuls, der im gesamten Kreislauf der Luft eines gesunden Wirbelsturms stabil bleibt. In den unteren Schichten wird diese Luft in den Wirbel hineingezogen und bewegt sich weiter spiralförmig in Richtung Zentrum. Schauen wir uns sorgfältig die konvergierende Luft auf der ganzen Strecke bis zum Auge an.

Wie schon betrachtet findet laut Drehimpulserhaltungssatz zwischen der linearen Geschwindigkeit der Luft und dem jeweiligen Radius ein umgekehrtes Verhältnis statt. Diese Geschwindigkeit der konvergierenden Luft steigt deswegen stetig an. Dabei werden große Wellen erzeugt, das Wasser

wird in Tropfen zerschlagen und hoch in die Luft geschleudert. Augenzeugen berichteten, dass es hier überhaupt keine Grenze zwischen Luft und Wasser gibt. Dadurch entsteht auf der ganzen ringförmigen Fläche ein sehr guter Kontakt zwischen Wasser und Luft. Dies führt wiederum einerseits zum vollen Temperatenausgleich zwischen der Luft und dem Wasser und andererseits zum effektiven Verdunsten und Sättigen der Luft mit Wasserdampf bei stabiler Temperatur des Wassers. Beides ist von außerordentlicher Bedeutung. Betrachten wir die einzelnen Energieströmungen und was alles in diesem wichtigen Bereich des Sturmes stattfindet.

Die Moleküle der Luft bewegen sich frei und stoßen sich voneinander ab. Im unteren Bereich des Wirbels rotieren sie mit großer Geschwindigkeit gemeinsam um das Auge. Durch das Rotieren verursachen die einzelnen frei schwebenden Moleküle in ihrer Gesamtheit eine starke Zentrifugalkraft. Diese verursacht ein steiles Luftdruckgefälle, der Druck sinkt von außen nach innen. Deswegen wird auf die einzelne Moleküle von der äußeren Seite mehr Druck ausgeübt als von der inneren Seite. Die Folge ist, dass die Bahnen der Luftmoleküle gekrümmt werden. Jedes einzelne Molekül wie auch die gesamte rotierende Luft ist dadurch gezwungen, gegen die starke Zentrifugalkraft spiralförmig in Richtung Zentrum zu fließen und verrichtet (wie auch im hypothetischen Beispiel mit der Schnur) so ständig eine Arbeit und kühlt ab. Diese Arbeit wird dank dem Drehimpulserhaltungssatz auf der ganzen Strecke sofort und ständig zum Beschleunigen der Luft verbraucht und entsprechend in kinetische Energie umgewandelt. Genauso wie beim Verkürzen der Schnur bei der rotierenden Masse. Das heißt, das schnelle Ansteigen der kinetischen Energie der rotierenden Luft führt zu ihrer Abkühlung, weil dazu die innere Wärmeenergie verbraucht wird. Doch der gute Kontakt zwischen Luft und Wasser gewährleistet eine sofortige, volle und ständige Kompensation dieses Wärmeverlustes durch die Wärme Q_3 aus dem Wasser, und die Luft kühlt dabei nicht ab. Die Temperaturen der Luft und des Wassers bleiben nicht nur gleich, sondern bleiben wegen der anomal großen spezifischen Wärmekapazität und der enormen Menge von Wasser auch stabil. Dieser auf diese Weise ununterbrochen aus dem Wasser der Luft zugeführte mächt-

ge Wärmestrom hält nicht nur die Temperatur der Luft stabil, er beteiligt sich durchgehend auch bei der Bildung kinetischer Energie. Das heißt wiederum, in diesem komplizierten Verfahren wird ständig hochwertige kinetische Energie produziert und ebenso ständig geringwertige Wärme des Wassers dazu verwendet. Doch nicht der gesamte Wärmestrom Q_3 , sondern lediglich ein Teil dieses Stromes, Q_{31} , verrichtet gegen die Zentrifugalkraft die Ausdehnungsarbeit, die sofort und ständig in die hochwertige kinetische Energie umgewandelt wird. Der andere Teil, Q_{32} , dieser Energie erwärmt den Luftstrom und erhält die Temperatur der expandierenden Luft stabil. Dabei ist:

$$Q_3 = Q_{31} + Q_{32}.$$

Obwohl bei dem betrachteten Prozess ein gewaltiger Strom von Wärme auf der ganzen Fläche von der Peripherie bis zum Auge ununterbrochen vom Wasser in ein und dieselbe rotierende Luft übertragen wird, erhöht sich ihre Temperatur nicht, die Luft wird dadurch nicht erwärmt. Dies klingt paradox, ist es aber nicht, da diese der Luft zuströmende Energie nicht in derselben Form als Wärme gespeichert wird, was man aus der alltäglichen Erfahrung vermuten möchte, sondern sie wird mit demselben Strom hier geradeso ständig in kinetische Energie umgewandelt. Aber solche Umwandlung ist hier unbegrenzt und hat auf die Temperatur deswegen gar keinen Einfluss. Dadurch ist auch der Wärmestrom vom Wasser in die Luft unbegrenzt. Es gibt einfach gegen den ununterbrochenen Zufluss von Wärme aus dem Wasser in die Luft keine Sättigung oder keinen Widerstand, wie man dies erfahrungsgemäß erwarten würde. Dies ist ein wunderbares Geschenk der Natur und eine äußerst wichtige Eigenschaft, die es dem Wirbelsturm ermöglicht den 2.Hauptsatz zu umgehen und gewaltige Mengen von geringwertiger Wärme aus der Umgebung in der konvergierenden Luft unbegrenzt in kinetischer und anderen hochwertigen Energieformen zu konzentrieren. Mindestens die kinetische Energie könnte vom Menschen relativ leicht in Wirbelkraftwerken genutzt werden. Im geschilderten Verfahren ist der Sinn der spezifischen Wärmekapazität schon völlig verschwunden, sie erreicht hier schon einen unbegrenzt großen Wert.

Das Verdunsten und das Erwärmen zusammen

Vergleichen wir mal unter dem genannten Gesichtspunkt den Prozess, der im Zylinder mit dem Kolben (Abb.7) verläuft, mit dem, was in der konvergierenden Luft eines Wirbelsturms vorgeht. Im Zylinder dehnt sich die Luft durch das Verdunsten und durch das Verringern des Luftdruckes entsprechend des Kolbenhubes langsam aus. Dabei verrichtet sie eine Arbeit und müsste abkühlen. Doch solange wir die kleinen Gewichte nacheinander entfernen und der Kolben sich nach oben bewegt, wird der eingeschlossenen Luft aus der Umgebung Wärme zugeführt. Wenn der Kolben sich sehr langsam bewegt, der Prozess quasistatisch verläuft, kann man annehmen, dass hier ein Isothermen-Prozeß stattfindet. Daher bleibt die Temperatur der Luft im Zylinder stabil und sie ist der Temperatur der Umgebung gleich. Genau dasselbe geschieht auch mit der Luft im unteren Bereich des Wirbelsturms. Die konvergierende Luft bewegt sich von der Peripherie des Wirbels bis zum Auge. Sie dehnt sich aus, verrichtet dabei Arbeit und müsste abkühlen. Doch durch den guten Kontakt mit dem Wasser und der ständig zufließenden Wärme, bleibt ihre Temperatur stabil. Also, der Prozess verläuft hier auch isotherm. Das Ausdehnen der konvergierenden Luft verringert den Druck genauso, wie es auch beim Entfernen der Gewichte im Zylinder mit dem Kolben geschah. Auch der Isothermen-Prozeß ist in beiden Fällen der gleiche. Mehr noch, ebenso ist hier der konvergierende Luftstrom in eine Art Zylinder mit Kolben eingeschlossen. Ansonsten könnte es in der horizontalen Richtung der offenen Atmosphäre kein Ausdehnen geben. Aber die Natur hat ihren Zylinder und Kolben nicht primitiv aus Metall gebaut, wie es der Mensch tut, sondern erstaunlich originell, aus Trägheitskräften der Luft. Bei Übereinstimmung dieser beiden Prozesse im Rahmen der Thermodynamik liegt darin gleichzeitig auch der prinzipielle Unterschied zwischen ihnen. Die in der Thermodynamik beschriebenen Prozesse verlaufen statisch, ohne Beteiligung irgendwelcher Trägheitskräfte. Viele Prozesse der Natur, insbesondere die Prozesse der Wirbelstürme, verlaufen dynamisch, bei aktiver Beteiligung der Trägheitskräfte. Nicht alle Forderungen der Thermodynamik sind deswegen auf die

Prozesse der Natur übertragbar. Bei den betrachteten zwei thermodynamisch absolut identischen Prozessen verläuft der eine im Zylinder aus Gusseisen bei einer begrenzten Menge von Luft entsprechend eines nicht geschlossenen Zyklus´ und äußerst langsam. Und derselbe Prozess verläuft im Wirbelsturm in einem unbegrenzten Luftstrom dynamisch, bei einem geschlossenen Zyklus und mit höchster Intensität. In beiden Fällen wird das Potenzial der minderwertigen Wärmeenergie der Umgebung erhöht. Doch die Umwandlung dieser Wärme in hochwertige Arbeit im Zylinder aus Metall ist zeitlich und quantitativ begrenzt, sie verläuft einmal in einer begrenzten Menge Luft und hat ein Ende wie auch bei einer aufgezogenen Feder, die abläuft und dann still steht. Derselbe Prozess, die Umwandlung der minderwertigen Wärmeenergie der Umgebung in hochwertige Arbeit im Wirbelsturm, ist zeitlich und quantitativ unbegrenzt. Er verläuft in einem Strom und hat kein Ende, wie auch bei einer Wassermühle am Fluss, die funktioniert, solange das Wasser läuft. Auch der im neunzehnten Jahrhundert verkündete 2.Hauptsatz der Thermodynamik herrscht mit Recht in dem vom Menschen erzeugten Zylinder und Kolben der verschiedenen Wärmekraftmaschinen. Gleichzeitig hat er in unzähligen, von der Natur in der Atmosphäre, im Ozean, auf dem festen Boden usw. erzeugten mächtigen und schwachen dynamischen und statischen, anorganischen und biologischen Kraftmaschinen keine Macht.

Alles kurzgefasst

Ein tropischer Wirbelsturm wird im unteren Bereich durch gewaltsames Ausdehnen der verdichteten Luft und der dadurch verrichteten Arbeit, angetrieben. Zwei verschiedene Ursachen sorgen für die Ausdehnung: das Verdunsten des Meerwassers und die Zentrifugalkraft der rotierenden Luft. In beiden Fällen verbraucht die Luft ihre innere Wärmeenergie, und diese wird bei stabiler Temperatur ununterbrochen durch die Wärme des Wassers aus der Umgebung kompensiert.

Wie entsteht ein tropischer Wirbelsturm?

Es ist immer leichter, eine Existenz selbst zu untersuchen als den Prozess, der zu dieser Existenz führte. Die Struktur, den Aufbau einer Pflanze, eines Tieres, eines Sonnensystems, einer Galaxis usw. wie auch eines Taifuns kann man irgendwie untersuchen und verstehen. Doch der Prozess ihrer Entstehung kann vom Menschen leider nicht untersucht werden. Alles, was die Natur geschaffen hat, zeigt sie offen und gern. Doch wie sie es geschaffen hat oder noch immer schafft, bleibt tief verborgen. Hier können lediglich einige Vermutungen helfen, wie es bei dem Entstehen des Lebens, bei der Geburt eines Sonnensystems, bei der Polemik über den Urknall u.a.m. auch der Fall ist. Probieren auch wir uns vorzustellen wie ein tropischer Wirbelsturm entstehen kann.

Wie entsteht eine Thermik?

Die durch Gravitation entstandene potenzielle Energie der Luft bewirkt das Entstehen einer Thermik. Betrachten wir nochmals ausführlich diese wichtige potentielle Energieform in Bezug auf die Atmosphäre über dem Ozean. Bei Stille ist die Luft über dieser großen Fläche labil. Dies ist im Verdunsten des Wassers begründet. Das Gewicht eines Wassermoleküls beträgt 18 Wasserstoffeinheiten. Ein Luftmolekül (im Durchschnitt aller Gase, die die Luft enthält) hat ein Gewicht von 29 dieser Einheiten.

Da die feuchte Luft bei gleichen Temperatur und Druck leichter ist als die trockene Luft, würde ein mit feuchter Luft gefüllter Luftballon emporsteigen. Die über dem Meer liegende Luft wird mit Wasserdampf befeuchtet, sie wird dadurch leichter, und eine Archimedes - Auftriebskraft könnte sie emporheben. Doch die Fläche des Meeres ist groß und keine Stelle unterscheidet sich von der anderen. Alle Stellen weisen die gleichen Eigenschaften auf, und dadurch entsteht ein labiler Zustand, der jedoch nicht lange andauern kann. Irgendwo gibt es zufällig eine Fluktuation. Die leichtere, feuchte Luft steigt ein wenig höher. Sofort entsteht ein

Durchbruch, es entsteht eine positive Rückkopplung. Das Aufsteigen der feuchten Luft ist an dieser Stelle nicht mehr aufzuhalten. Eine Thermik ist geboren, und die Ursache liegt nur in der Wärme des Wassers, die am Verdunsten teilnahm.

Die Sonnenenergie beteiligt sich hier nicht direkt, da das Wasser auch in der Nacht verdunstet. (Auf dem festen Land würde sich die Sonne daran direkt beteiligen). An die Stelle der empor gestiegenen feuchten Luft fließt von allen Richtungen rund um die Thermik aus den höheren Schichten trockener und schwerere Luft herbei. Dies wiederum bringt die feuchte Luft in der nahen Umgebung in ähnliche Bewegung, und auch dort entstehen solche vertikale Bewegungen in beiden Richtungen (Abb.16). Auf der ganzen Meeresoberfläche bilden sich schwache lokale Winde, die von allen Seiten in Richtung Mitte der Thermik fließen, sie konvergieren. In den oberen Schichten jeder Thermik kondensiert der Wasserdampf, es bilden sich einzelne helle Quellwolken, und je wärmer das Wasser ist, desto größer werden auch diese Wolken. Das ganze Meer wird von oben gesehen gleichmäßig mit einzelnen hellen Wolken bedeckt. Diese Wolken können auch vom schwachen Wind aufs feste Land übertragen werden. Ähnliches kann überall auf der Erde stattfinden.

Wie wird aus der Thermik ein Gewitter?

Bei hoher Wassertemperatur können durch das starke Verdunsten auf der großen Meeresfläche Unregelmäßigkeiten eintreten (auf dem festen Lande zusätzlich durch das ungleichmäßige Erwärmen durch die Sonne). Es kann passieren, dass in der Umgebung in einer Thermik der Aufwind zufällig stärker wird. Dann entsteht erneut ein labiler Zustand, wieder wird eine positive Rückkopplung eingeleitet, und ähnlich einem jungen Kuckuck, der die anderen Jungvögel aus dem Nest stößt, um alles Futter zu bekommen, vernichtet auch die stark gewordene Thermik all ihre Schwestern um sich herum und nimmt dadurch an Stärke drastisch zu. Die Geschwindigkeit der konvergierenden Luft wird größer. Entsprechend wachsen die Wellen, erhöht sich der Kontakt der Luft mit dem Wasser. Durch den verstärkten Wärmeaustausch mit der Luft intensivieren sich die Verdunstung und die Erwärmung

der Luft. Dadurch wird auch die Stärke des Aufwindes größer, die Wolke über der Thermik nimmt rasant an Größe zu, die Sonnenstrahlen kommen nicht mehr durch, und die Wolke wird dunkel. Die Thermik wandert mit dem leitenden Luftstrom. Dadurch entsteht eine Asymmetrie, in der vorderen Seite ist das Wasser oder der Boden wärmer und das Verdunsten wie auch Erwärmen der Luft wird intensiver. Die Wolke deformiert dabei entlang der Bahn, und sie bekommt eine Ambossform. Das rasche Abkühlen der feuchten Luft führt zur Kondensation, doch der starke Aufwind bremst die Niederschläge, sie schweben in der Luft. Die Wassertropfen wachsen, es bildet sich Eis, bis der Aufwind das kondensierte Wasser oder das Eis nicht mehr in der Luft erhalten kann. Irgendwo geschieht ein Durchbruch. Eine positive Rückkopplung tritt ein, es fallen starke Niederschläge und ein Gewitter ist geboren. Dabei ist äußerst wichtig: je wärmer das Wasser und der feuchte Boden sind, desto mehr wird verdunstet und desto stärker erwärmt sich die Luft, desto stärker wird auch das Gewitter. Deswegen häufen sich die Gewitter im Sommer und im Süden.

Sehen wir uns eine Thermik über dem Meer genau an. Im unteren Bereich an der Meeresoberfläche fließt die Luft von allen Richtungen in die Mitte der Thermik. Auf dieser Strecke nimmt die Luft auch das Wasser auf. Im zentralen Gebiet der Thermik begegnen sich die Winde und können nicht mehr weiter. Sie prallen von allen Seiten aufeinander zusammen. Der Luftdruck steigt hier dadurch plötzlich an und verursacht eine scharfe Wende der Luftströmung. Die Konvergierung geht in einen Aufwind über. Die Wende verläuft schnell, adiabatisch und hat deswegen auf die Geschwindigkeit bzw. die kinetische Energie des Windes keine Auswirkung. Die Energie bleibt dabei erhalten. Lediglich die Richtung ist weiterhin verändert. Die emporsteigende feuchte Luft dehnt sich hauptsächlich nach oben aus, da in der Umgebung auf jeder Ebene beinahe derselbe Luftdruck herrscht, und ein waagerechtes Ausdehnen bislang erschwert ist. Obwohl die sichtbare Gewitterwolke sich schon hoch hinauf strecken kann und in der Größe gewaltig zunimmt, ändert sich bis zu einem Moment nicht viel. Die starken Niederschläge erreichen die Oberfläche im Bereich des Aufwindes, obgleich sie

in diesem Bereich nicht gleichmäßig verteilt sind und lokale Gegenströme zu dem Aufwind bilden. Der Aufwind wird durch die kräftigen Niederschläge abgebremst. Am Boden entstehen starke lokale Winde in unbestimmten Richtungen. In den meisten Fällen und besonders in den höheren Breiten bei kühlerem Wasser ist dieser Zustand in beiden Hemisphären die Endstufe der Entwicklung. Das Gewitter tobt sich aus und stirbt irgendwo ab. Aber wenn die Temperatur des Meerwassers 26°C (bei einigen Beobachtungen 27°C) überschreitet, was besonders in den äquatorialen Gebieten vorkommt, kann sich die Situation schlagartig ändern.

Wie entsteht ein Wirbelsturm aus dem Gewitter ?

Mit der Erhöhung der Temperatur des Meerwassers steigt die Menge des verdunsteten Wassers rapide an. So enthält ein Kubikmeter mit Wasser gesättigter Luft bei 0°C - 4,9g; bei 10°C - 9,4g; bei 20°C - 17g; bei 30°C - 30,4g und bei 40°C schon 51,1g Wasserdampf. Das entspricht bei normalem Luftdruck ungefähr dem Volumen: 8,3 Liter ; 16 Liter; 28,9 Liter; 51,7 Liter und 86,9 Liter Wasserdampf pro Kubikmeter Luft. Auf dieses Volumen wird entsprechend die Luft beim Verdunsten mit Gewalt ausgedehnt bzw. dasselbe Volumen trockener Luft wird aus jedem einzelnen Kubikmeter Luft mit Gewalt, gegen ihren Druck verdrängt. Dabei verrichtet die Wärme des Meerwassers durch das Verdunsten und in der Luft entstehenden Wasserdampf entsprechend der Temperatur eine große Arbeit $dA_D = pdV_D$. Dazu kommt noch, dass das wärmere Wasser auch die Luft stärker erwärmt, diese sich dadurch auch gegen den Druck stärker ausdehnt und dabei seinerseits auch mehr Ausdehnungsarbeit $dA_W = pdV_W$ verrichtet. Als Folge wird die Luft entsprechend durch beides stark ausgedehnt. In beiden Fällen wird eine Ausdehnungsarbeit $dA = dA_D + dA_W$ verrichtet, die mit dem Ansteigen der Temperatur des Wassers rapide zunimmt. Das Verdunsten und das Erwärmen über dem warmen Wasser macht die Luft leichter, sie besitzt eine größere Gravitationsenergie, daher auch eine stärkere Auftriebskraft im Aufwind und deswegen steigt die Geschwindigkeit des gesamten vertikalen Luftstromes schnell an. Dadurch wiederum wird einer-

seits wegen der erhöhten Temperatur der Luft die Kondensationszone über die Atmosphäre hoch hinauf geschoben. Andererseits gewährleistet dies einen guten Kontakt der konvergierenden Luft mit dem warmen Meerwasser, da hohe Wellen entstehen und das Wasser in die Luft geschleudert wird. Deswegen kann eine Sättigung der Luft mit Wasserdampf und eine Erwärmung der Luft bis zum Temperatenausgleich mit dem Wasser vollständiger verlaufen. Dies steigert wiederum die Ausdehnung der feuchten Luft usw. Eine positive Rückkopplung ist wieder eingetreten, und diese treibt das Geschehnis ab diesem Moment nur vorwärts, lässt es nicht mehr rückgängig machen. Die hohe Feuchtigkeit und Wärme bzw. die große Ausdehnung, der hoch empor steigenden Luftmassen überschreitet bei 26°C Wassertemperatur auf unserem Planeten einen kritischen Wert, der vom Gewitter zum Wirbelsturm führen kann.

Probieren wir diesen Vorgang zu betrachten. Weil der Kondensationsbereich im Aufwind hoch hinauf über die normale Atmosphäre verschoben wird und es auf dieser Ebene in der Umgebung in der horizontalen Richtung keinen gleichen Gegenluftdruck mehr gibt, kippt der Aufwind irgendwann schlagartig nach außen um. Entsprechend verschiebt sich auch der Kondensationsbereich ringförmig nach außen. Weiter dehnt sich die emporsteigende sehr feuchte Luft über der Atmosphäre nicht nur vertikal, sondern auch horizontal trichterförmig aus. Der Dampf kondensiert ferner im Außenbereich des Aufwindes, die enormen Niederschläge gehen entfernt vom Aufwind herunter. Und zwar in dem Moment, wo die Niederschläge in der Luftausdehnung die äußere Grenze des Aufwindes erreichen, findet die labile Situation statt und wird die positive Rückkopplung eingesetzt, die das Umkippen verursacht. Einerseits bremsen die Niederschläge den Aufwind ab diesem Moment nicht mehr und kühlen ihn auch nicht mehr ab. Seine Geschwindigkeit steigt deswegen an. Entsprechend erhöht sich die Geschwindigkeit der konvergierenden Luft, ihre Erwärmung, auch die Verdunstung. Andererseits verursachen die Niederschläge außerhalb des Aufwindes eine starke, ringförmige, sinkende Luftströmung, und es bildet sich dadurch im vertikalen Schnitt rund um das Zentrum ein stabiler torusförmiger Wirbel, der einem Rauch-

ring ähnelt. Bislang hatte das Gewitter keinen eigenen Kreislauf. Die von unten aus der weiten Umgebung zugeströmte feuchte Luft stieg empor, befreite sich vom Wasser, wurde trocken und floss in den oberen Schichten der Atmosphäre wieder weit auseinander. Von jetzt an, da die Niederschläge außerhalb des Aufwindes niedergehen, ist das Gewitter bis zu einem Sturm verstärkt worden und dieser Sturm hat schon seinen, wenn auch noch kleinen, aber doch schon eigenen Kreislauf bekommen, in dem ein Teil der in ihm beteiligten Stoffe, Energie und Drehimpuls schon zirkulieren kann. Nicht jedes Gewitter kann sich bis zu einem Wirbelsturm entwickeln, wie auch nicht jede Thermik sich bis zu einem Gewitter entwickelt. Doch mit der Bildung des eigenen Kreislaufes ist der Wirbelsturm geboren, und dies kann in unserer Atmosphäre lediglich dann passieren, wenn die Temperatur des Wassers den kritischen Wert von 26°C überschreitet. Aber der Sturm ist noch ein Kind, er ist noch klein, seine Kräfte sind schwach. Er ist zwar schon ein Wirbel, doch, um sich bis zu einem Wirbelsturm zu entwickeln, braucht er noch Geduld. Bislang rotiert die Luft lediglich im Torus um seine ringförmige, horizontale Achse. Es fehlt bei ihm noch das wichtigste Merkmal aller erwachsenen tropischen Wirbelstürme - die Rotation um seine vertikale Achse. Aber das ist nur eine Sache der Zeit. Wichtig ist, der Sturm lebt und er wächst größer, solange er seine Nahrung bekommt, die es in seinem Geburtsort im Überfluss gibt. Einmal geboren kann der Sturm nicht mehr in ein normales Gewitter zurückfallen, er muss sich bis zu einem tropischen Wirbelsturm entwickeln. Über kaltem Wasser könnte er nicht wachsen. Doch wenn er schon erwachsen ist, dann kann die Temperatur des Wassers auch sinken, ohne dem Sturm zu schaden.

Wie wird die Zunahme eines Wirbelsturmes erklärt?

Es müssen auf einige wichtige Fragen Antworten gefunden werden: Wie lernt der neugeborene Wirbelsturm seine Pirouetten drehen und erreicht die starke Rotation? Wann kann der Wirbelsturm als ausgereift bezeichnet werden? Wann wird der Wirbelsturm imstande sein, in andere Gegenden zu wandern, was jeder Sturm auch gerne tut? Darüber gibt es ver-

schiedene Vermutungen. Die meisten von ihnen haben im Grunde die bekannte Coriolis - Kraft, die auf der Erdoberfläche im Meer, in den Flüssen und in der Atmosphäre eine bedeutende Rolle spielt. Es ist beispielsweise bekannt, dass die Flüsse, die entlang der geographischen Länge fließen durch diese Kraft hauptsächlich nur eines ihrer Ufer zerstören. Als Beweis dafür, dass nämlich die Coriolis - Kraft auch bei der Entstehung des Wirbelsturmes die Hauptrolle spielt, wird die Tatsache genutzt, dass ein tropischer Wirbelsturm gewöhnlich erst zwischen den 5. und 30. Breitengraden der beiden Hemisphären getroffen wird. In diesem Gebiet nah am Äquator ist die Temperatur des Wassers im Ozean hoch. Die Coriolis - Kraft ist zwar noch gering, aber doch schon zu bemerken. Erst in den hohen Breiten steigt diese Kraft stark an und erreicht in den Polargebieten ihren höchsten Wert. Auf dem Äquator selbst, wo das Wasser noch wärmer ist und die Situation zum Entstehen eines Wirbelsturmes noch günstiger zu sein scheint, kann man dennoch als Regel keinen Wirbelsturm treffen (es ist mindestens ein Bericht darüber bekannt). Dabei ist auch die Coriolis - Kraft hier gleich Null. Und diese Tatsache soll die entscheidende Rolle der Coriolis - Kraft bei der Entstehung des Wirbelsturmes beweisen, nämlich, dass wegen ihres Fehlens direkt auf dem Äquator kein Wirbelsturm entstehen kann. Nicht selten wird behauptet, dass die Coriolis - Kraft den Wirbelsturm sogar antreibt. Dabei wird verschwiegen, woher die dazu erforderliche Energie stammt. Der Coriolis - Kraft wird eine stark übertriebene Rolle zugeschrieben. Diese Kraft spielt in der Tat sowohl bei der Entstehung wie auch im Leben des Wirbelsturmes eine wichtige Rolle. Doch sie treibt den Sturm nicht an und dient nicht als Energiequelle, sie ist lediglich eine Beigabe zu seiner Nahrung, die notwendig ist und sein Leben unterstützt.

Nicht selten werden stabile Luftströmungen für die Entstehung des Tropischen Wirbelsturmes verantwortlich gemacht. Doch wie eine noch so starke lineare Luftströmung in gewaltiges Rotieren umgewandelt werden kann und dieses auch weiter in anderen klimatischen Zonen ständig unterstützt wird, darüber wird nichts gesagt. Es ist eine Tatsache, dass der Wirbelsturm enorme Mengen von Wasser hoch in die Luft hebt und weit entfernt in andere Gegenden transportiert.

Das fordert von ihm eine große Leistung. Deswegen braucht die Rotation eine ständige Unterstützung, um den Sturm am Leben zu erhalten. Außer der Coriolis - Kraft und den Luftströmungen, die die Entstehung des Wirbelsturms mitbegründen, gibt es aus der heutigen Sicht in der Atmosphäre und im Ozean nichts mehr, das ein Entstehen und ein Funktionieren des Sturmes irgendwie erklären könnte. Über die Rolle der Verdunstung wird entweder gar nicht oder nur nebenbei geredet. Wenn dem Wasserdampf Aufmerksamkeit geschenkt wird, dann nur der Wärme, die in den oberen Schichten beim Kondensieren des Dampfes freigesetzt wird. Doch wie diese Wärme im Wirbelsturm genutzt werden könnte, um seine Macht zu unterstützen, bleibt ein Rätsel. (Man gibt sich auch wenig Mühe um festzustellen, dass diese Wärme im Wirbelsturm zwar unvermeidbar, doch nicht nützlich, sondern hinderlich ist, den Kreislauf zu schließen erschwert.)

Wie stärkt die Natur ihren Wirbelsturm?

Betrachten wir in Bezug auf die Coriolis - Kraft noch einmal aufmerksam eine im Bereich des Äquators funktionierende Thermik, die sich bereits zu einem Gewitter entwickelt hat. Die Coriolis - Kraft ist nah am Äquator ganz gering und hat deswegen auf die Thermik nur eine geringe Auswirkung, die darin besteht, dass die von allen Seiten im unteren Bereich in Richtung Zentrum zuströmende Luft das Zentrum nicht von überall erreichen kann (Abb.17, die Bahnen der Winde sind hier mit Pfeilen bezeichnet). So fließt die vom Osten und Westen zuströmende Luft entlang einer Geraden, die durch das Zentrum der Thermik führt. Beide Winde prallen auf der Mitte zusammen. Doch bei denselben Luftströmungen vom Norden und vom Süden werden die Bahnen durch die Coriolis - Beschleunigung gekrümmt. Mit anderen Worten: Die Strömungen biegen in diesem Fall in der nördlichen Hemisphäre nach rechts, in der südlichen Hemisphäre nach links ab und können deswegen das Zentrum der Thermik nicht erreichen.

Durch das Abbiegen der vom Äquator und vom Pol zuströmenden Winde spendet die Umgebung dem Aufwind ständig einen kleinen Drehimpuls. Er wird mit der frischen konver-

gierenden Luft in den Wirbel hinein getragen und ebenso in den oberen Schichten der Atmosphäre mit der verbrauchten warmen und trockenen Luft ausgeschieden. Dieser winzige Drehimpuls verursacht ein langsames Rotieren des Aufwindes um die vertikale Achse. Die dadurch entstandene Rotationsgeschwindigkeit hängt lediglich von dem Wert der Coriolis - Beschleunigung, daher von der Breite auf der Erdoberfläche ab und findet in allen Gewittern statt. Am Äquator ist sie gleich Null und ihr Wert steigt bis zu den beiden Polen trigonometrisch an. Dabei hat das Rotieren auf jeder geographischen Breite seinen bestimmten Wert und kann, solange der Kreislauf nicht geschlossen ist, unter keinen Bedingungen verstärkt werden (obwohl die plötzliche Wendung des Luftstromes von der horizontalen in die vertikale Richtung zur Labilität führt und auch zur Rotation führen kann, wie es auch beim Auslaufen des Wassers aus einem Behälter mit einem Loch am Boden nicht selten passiert). Doch die Situation ändert sich schlagartig bei der Bildung des torusförmigen Wirbels, der dem Übergang des Gewitters in einen Wirbelsturm entspricht.

Ein Teil des mit der Luftströmung zufließenden Drehimpulses geriet von jetzt an mit der Luft selbst ununterbrochen in den ständig wachsenden Kreislauf des Wirbels und wird dort gespeichert. Dies reicht aus, um die Rotationsgeschwindigkeit um die vertikale Achse rasch zu beschleunigen. Dabei geriet der Wirbelsturm in Schwung, er wird im Durchmesser größer, auch höher und stärker, er wird erwachsen. In dem Maße, wie die Rotationsgeschwindigkeit zunimmt, steigt auch die Geschwindigkeit der rotierenden Luft drastisch an, das Verdunsten des Wassers und das Erwärmen der Luft durch das Wasser nehmen auf einer größeren Fläche zu. Der Sturm wird höher, es bildet sich das Auge und der Wirbelsturm erreicht seine Größe und seine Macht. Bis zum Ende dieser Entwicklung steigt die Bedeutung des Kreislaufes an. Im Kreislauf zirkulieren letztendlich ein mächtiger Luftstrom und ein starker Drehimpuls, die in der vertikalen Schnittfläche durch die Drehachse zwei gegenseitige, beinahe symmetrische und geschlossene Bahnen bilden. Der Drehimpuls verringert sich zwar mit der Zeit durch die Reibung zwischen der Luft und der Erdoberfläche. Doch dieser kleine Verlust

wird einerseits teilweise auf der Stelle regeneriert, andererseits durch den ständigen Zufluss aus der Umgebung, mit neuer Frischluft aus der nördlichen und südlichen Richtung, ununterbrochen kompensiert. Obwohl der Drehimpulserhaltungssatz wegen der Reibung hier nicht völlig anwendbar ist bleibt der Drehimpuls im Wirbelsturm durch das Kompensieren der Verluste dennoch lange Zeit stabil, und man kann deswegen beim tropischen Wirbelsturm, auch von einem Erhalten des Drehimpulses oder sogar vom Drehimpulserhaltungssatz sprechen.

Reiselust eines Wirbelsturmes

Ein Wirbelsturm muss wandern und dazu gibt es mehrere Gründe. Einer liegt darin, dass der Sturm ständig frisches Futter braucht: trockene Luft, warmes Wasser und eine "Drehimpuls - Zutat". Auch die verbrauchte Wärme und das verbrauchte Wasser muss er loswerden. Beides ist während einer Reise leichter zu schaffen. Prinzipiell könnte er sich im Ozean auch längere Zeit an einer Stelle aufhalten. Die in seinem Kreislauf zirkulierende über dem Wasser mit Dampf gesättigte Luft trocknet er durch die Kondensation in den oberen Schichten selber aus. Dazu bräuchte er sich nicht weiterbewegen. Auch ein Teil der zirkulierenden Luft wird in einer stationären Lage ständig ausgetauscht, da von unten aus der Umgebung teilweise frische Luft zuströmt und in den oberen Schichten derselbe Strom von verbrauchter Luft abfließt. Die zuströmende frische Luft bringt auch die erforderliche Zutat von Drehimpuls in den Wirbelsturm, unabhängig davon, ob er auf einer Stelle tobt oder wandert. Das beim Verdunsten und Erwärmen der konvergierenden Luft entstehende leicht abgekühlte Wasser wird im stationären Wirbelsturm auch durch warmes Wasser ersetzt, da das kühle Wasser sowohl wegen der niedrigeren Temperatur als auch durch das Hinzukommen von Meersalz schwerer wird und deswegen in die Tiefe des Meeres taucht. Dazu trägt auch die Veränderung des Meeresspiegels im Bereich des Wirbelsturmes durch die stark konvergierenden Winde bei. Für das abgekühlte Wasser fließt an der Oberfläche von allen Seiten warmes Wasser herbei. Doch diese Prozesse verlaufen langsam, und der Durchmesser des

Wirbelsturmes ist groß. Die Nahrung eines stationären Wirbelsturmes wird mit der Zeit knapp, er schwächt sich ab und muss deswegen wandern. Aber woher weiß der Wirbelsturm, wohin er wandern soll? Es gibt mehrere Ursachen, die ihm das klar machen.

Nahrung

Generell gilt: Wenn der Sturm sich einmal auf den Weg gemacht hat, kann er nicht mehr anhalten, er muss immer wandern. Eine Ursache dafür ist die Nahrung. In der Regel lockt besseres Futter alle Lebewesen an. Der tropische Wirbelsturm ist hier keine Ausnahme. Der Wirbelsturm hinterlässt auf seiner Bahn im Meer leicht abgekühltes Wasser. Deswegen bekommt die vordere Hälfte des Sturmes stets frisches Futter bzw. warmes Wasser. Die hintere Hälfte muss mit schlechterem Futter, d.h. mit kühlerem Wasser auskommen. Als Folge verlaufen alle Prozesse (das Verdunsten, das Erwärmen der Luft usw.) in der vorderen Hälfte intensiver als in der hinteren. Die Auftriebskraft, entsprechend auch die Geschwindigkeit der Luft, werden dadurch auf der vorderen Seite erhöht. Die Zentrifugalkraft steigt einseitig an und der Wirbelsturm ist gezwungen, sich nach vorn zu bewegen (Abb.18).

Es kann passieren, dass der tropische Wirbelsturm auf seiner Reise eine Stelle mit wärmerem Wasser streift. Sofort intensivieren sich dort die Verdunstung des Wassers und die Erwärmung der konvergierenden Luft. Dies zwingt den Wirbelsturm, seine Bahn zu ändern, um sich zu der wärmeren Stelle zu bewegen. Solche Temperaturanomalien können durch warme oder kalte Strömungen im Ozean entstehen. Sie können durch Wirbel im Wasser entstehen. Es können auch durch die Sonne gut erwärmte, nicht tiefe Gewässer entlang des Ufers sein. Deshalb bevorzugt der tropische Wirbelsturm Inseln oder Ufer für seinen Weg. Er kann auch das feste Land auswählen, wenn die Oberfläche gut erwärmt und genug warmes Wasser zu finden ist oder er selbst für den eigenen Bedarf vom Meer das Wasser aufs Land übertragen kann. Der Sturm braucht vollwertige Nahrung: Warmes Wasser, trockene Luft und eine Drehimpuls - Zutat. Wenn die Luft selbst, kalt oder sehr kalt, unter 0°C ist, kann er auch mit kühlerem

Wasser auskommen. Die Hauptsache ist, das Wasser muss wärmer als die Luft sein. Obwohl die Verdunstung in diesem Fall verringert wird, kann dieser verlorene Teil der Energiezufuhr doch teilweise durch das stärkere Erwärmen und Ausdehnen der kalten Luft kompensiert werden. Deswegen kann ein tropischer Wirbelsturm bis in die hohen Breiten wandern, sich auch dort "wohl fühlen" und seine Macht erhalten.

"Negative" Masse

Auf alles, was Masse besitzt und sich auf unserer rotierenden Erde befindet, wirkt eine Zentrifugalkraft, die von dem Wert der Masse und von der geographischen Breite abhängt und senkrecht zur Drehachse nach außen gerichtet ist. Jeder Gegenstand wird bekanntlich von der Erde angezogen, und der Vektor dieser Kraft ist nicht senkrecht zur Drehachse, sondern senkrecht zur Erdoberfläche gerichtet. Das Gewicht setzt sich aus der geometrischen Summe der Zentrifugalkraft und der Anziehungs- bzw. Gravitationskraft der Erde zusammen. Da die Zentrifugalkraft im Vergleich zur Gravitationskraft gering ist, bemerken wir sie ohne spezielle Waage gar nicht. Doch unsere Atmosphäre ist sehr groß und hat eine unvorstellbar große Masse. Sie bewegt sich frei über der Oberfläche. Hier hat die Zentrifugalkraft schon eine spürbare Wirkung. Durch diese Kraft verschiebt sich die gesamte Luft auf beiden Hemisphären von den Polen zum Äquator. Das Gewicht der Atmosphäre widersteht dieser Verschiebung, und es herrscht ein Gleichgewicht. Als Folge ist die Atmosphäre am Äquator doch deutlich höher als an den Polen.

Wenn wir uns eine sehr hohe Luftsäule, die sich über die gesamte Atmosphäre hinauf streckt, vorstellen, in der die Luft mit Wasserdampf gesättigt und gut erwärmt wäre, also leichter ist als in der Umgebung, dann hätte diese Säule bei gleichem Luftdruck eine geringere Masse als andere ähnliche Säulen mit trockener und kälterer Luft in der Umgebung. Dadurch wäre auch ihre Zentrifugalkraft geringer. Der Luftdruck, der auf diese Säule wirkt, ist wegen der Zentrifugalkraft von der Seite der Pole schwächer als von der Seite des Äquators. Nur auf dem Äquator und direkt auf den Polen ist diese Luftdruckdifferenz gleich Null. Durch diese Differenz

des Drucks entsteht überall auf der Erde, außer am Äquator und den beiden Polen, eine Kraft, die die leichte Luftsäule in Richtung Pol verschiebt. Und diese Kraft erreicht ein Maximum in den mittleren Breiten. Mit anderen Worten, entlang der geographischen Länge entsteht durch die Zentrifugalkraft eine Art Archimedes - Auftriebskraft, die die leichtere warme und feuchte Luft wie einen Schwimmkörper im Wasser in Richtung Pol treiben lässt. Im zentralen Bereich des Wirbelsturms herrscht ein niedriger Luftdruck, und er besitzt feuchte, warme, daher auch leichte Luft. Der Sturm ist deswegen, ungeachtet seiner Größe und Höhe, leichter als die Luft in der Umgebung mit denselben vorstellbaren Dimensionen. Dadurch befindet sich der Wirbelsturm in der Atmosphäre in derselben Lage, wie auch die imaginäre, leichte Luftsäule. Die Zentrifugalkraft der Erde verursacht eine Kraft, die den Wirbelsturm in Richtung Pol verschiebt. Um die Berechnungen zu vereinfachen, kann mathematisch angenommen werden, dass der Wirbelsturm eine "negative" Masse besitzt, die, bei gleichen Flächen, vom Unterschied zwischen der Masse der Luft in seiner Umgebung und der Masse des Niederdruckgebietes des Sturmes, definiert wird. Die Zentrifugalkraft, die von der positiven Masse entsteht, verschiebt wie bekannt die Luft in Richtung Äquator. Dieselbe Kraft, die von der "negativen" Masse erzeugt wird, macht dies dann entsprechend in der Gegenrichtung, also vom Äquator zum Pol.

Der Wirbelsturm als Kreisel

Der rotierende tropische Wirbelsturm ist ein gigantisches Schwungrad. Deswegen besitzt er auch ein sehr starkes Kreiselmoment. Da unser Planet selber um seine eigene Achse rotiert, beteiligt sich dieses Moment auch beim Wandern des Wirbelsturmes. Seine Beteiligung hängt von mehreren Ursachen ab. Zu ihnen gehören: die Masse der rotierenden Luft; der Durchmesser des Wirbelsturmes; seine mittlere Rotationsgeschwindigkeit; die Breite seiner Lage auf der Erdoberfläche; die Rotationsgeschwindigkeit der Erde. Das Kreiselmoment versucht die Drehachse des rotierenden Wirbelsturms, wie auch bei einem Kreisel oder Kreiselkompass, im

Weltraum zu fixieren. Doch die Erde rotiert und verhindert dieses Fixieren mit Gewalt. Deswegen entsteht eine Kraft, die die rotierende Luft in der nördlichen Hemisphäre ebenfalls in der nördlichen Hälfte des Sturmes verdichtet und gleichzeitig in der südlichen Hälfte ausdehnt. Zusätzlich werden die linearen Geschwindigkeiten des Wirbelsturms und der Erde in der nördlichen Hälfte subtrahiert und in der südlichen Hälfte des Wirbelsturmes addiert. Auch dies führt zur Verringerung der durch die Erdrotation verursachten Zentrifugalkraft und zur Verdichtung der Luft in der nördlichen Hälfte und umgekehrt zur Vergrößerung dieser Zentrifugalkraft und zur Ausdehnung der Luft in der südlichen Hälfte des Wirbels. Als Folge dieser beiden und gemeinsamen Wirkungen gleiten die oberen Schichten des Wirbels in Richtung Norden herunter, verschiebt sich das Zentrum des Wirbels nach Norden, intensiviert sich der Verdunstungsprozess und alles, was nach ihm folgt, erhöht sich die Geschwindigkeit und die Zentrifugalkraft der im Wirbel rotierenden Luft in der nördlichen Hälfte. Alles zusammen verschiebt den Wirbelsturm vom Äquator nach Norden (bei umgekehrter Rotationsrichtung des Wirbels in der südlichen Hemisphäre - nach Süden). Das Kreiselmoment hat den höchsten Wert auf dem Äquator und verschwindet in den Polargebieten.

Dieses Moment macht die Lage eines Wirbelsturmes auf dem Äquator labil. Wenn ein Wirbelsturm direkt auf dem Äquator entsteht, kann er sich dort nicht aufhalten. Wenn die Rotation mit dem Uhrzeiger übereinstimmt, muss er in Richtung Südpol rutschen. Wenn umgekehrt, dann rutscht er in Richtung Nordpol. Wenn ein Wirbelsturm nah am Äquator entsteht und zufällig in die falsche Richtung rotiert, dann ist er durch das Kreiselmoment gezwungen, den Äquator zu überqueren und in die richtige Hemisphäre zu wechseln. Deswegen wandert ein Wirbelsturm nie mit der falschen Rotationsrichtung auf der Erde. Deshalb wird ein tropischer Wirbelsturm direkt auf dem Äquator sehr selten beobachtet. In den Meisten Fällen rutscht ein auf dem Äquator entstehender Wirbelsturm noch bevor er seine vollständige Kraft erreicht und als tropischer Wirbelsturm erkannt werden kann, vom Äquator in die richtige Hemisphäre. Erst ab dem 5. Breitengrad ist er auf beiden Hemisphären als Wirbelsturm zu treffen. Daher wird oft be-

hauptet, dass ein tropischer Wirbelsturm nur ab dieser Breite entstehen kann. Doch diese Behauptung ist falsch. Richtig ist, dass sich ein Wirbelsturm nicht lange auf dem Äquator aufhalten kann. Entsprechend dem Wert des Kreismomentes ist auch die Kraft, die den tropischen Wirbelsturm vom Äquator nach Norden oder nach Süden schiebt, auf dem Äquator selbst am höchsten und sie verringert sich trigonometrisch in Richtung Norden oder Süden bis sie an den Polen völlig verschwindet.

Die führende Luftströmung

Eine wichtige Rolle bei der Bestimmung der Marschroute eines tropischen Wirbelsturms spielen die globalen und lokalen Luftströmungen der Erde. Diese Strömungen würden den Wirbelsturm gern mit sich tragen, so wie das Wasser im Fluss ein Stück Holz transportiert. Doch das Kreismoment und die Archimedeskraft mischen sich ein und verursachen Abweichungen der tatsächlichen Bahn des Wirbelsturmes von der führenden Luftströmung. Das Zusammenwirken aller Kräfte führt dazu, dass der gerade entstandene Wirbelsturm, nach dem Verlassen des Äquators vorerst hauptsächlich von den globalen Luftströmungen getragen wird und sich in Richtung Westen - Nordwesten bzw. Südwesten bewegt. Weiter wendet sich seine Bahn allmählich in Richtung Nordpol oder Südpol.

Fudsiwara - Effekt

Kann die Mutter Natur auch Zwillinge, also mehrere Wirbelstürme zugleich gebären? Das kann sie. Genau wie dies andere Lebewesen auf der Erde tun.

Betrachten wir uns noch einmal die Thermik und das durch sie gebildete Wolkennetz über dem Meer. Es ist keinesfalls auszuschließen, dass die gleichen Umstände, die zur Gewitterbildung führen, gleichzeitig auf mehreren Stellen des Ozeans eintreten. Einige Gewitter können sich bis zum Wirbelsturm entwickeln, wenn die erforderlichen Bedingungen vorhanden sind. So können in einem Gebiet gleichzeitig zwei

oder mehr Wirbelstürme entstehen, und dies ist auch zu beobachten. Besonders interessant sind Zwillinge, die nicht weit voneinander entstehen. In diesem Fall, der als Effekt Fudsiwara (Fujiwara, Fudschiwara, Japan) bekannt ist, wachsen die Wirbelstürme zusammen wie Siamesische Zwillinge und können ihr Leben lang nicht mehr getrennt werden. Kein "Skalpell" kann hier helfen.

Wenn zwei Wirbelstürme gleichzeitig in unmittelbarer Nähe entstehen, dann erreicht die relative Geschwindigkeit zwischen ihnen den doppelten Wert, Abb.19. Dadurch entsteht von beiden Seiten eine Bernoulli - Kraft B die diese Stürme zusammen zieht. Da die Geschwindigkeiten an der Kontaktfläche entgegen gerichtet sind, stoßen die Winde hier bald zusammen und bremsen einander ab. Dies führt zum Verringern der nach innen entgegen gerichteten Zentrifugalkräfte Z_i . Dabei bleiben die nach außen und voneinander gerichteten Zentrifugalkräfte Z_a unverändert groß. So entstehen zwei Kräfte $Z = Z_a - Z_i$, die die beiden Wirbeln auseinander reißen möchten. Doch diesem widerstehen die beiden, nach innen gerichteten Bernoulli - Kräfte. Deswegen halten, die zwei konträr nach innen gerichteten Bernoulli - Kräfte auf einer Seite und die zwei nach außen, voneinander gerichteten Zentrifugalkräfte auf der anderen Seite, die beiden Wirbel auf einer stabilen Distanz fest zusammen, und $B = Z$ bleibt stets unverändert. Die Wirbel können weder verschmelzen noch auseinander gehen. Jedes Annähern schwächt die Anziehungskraft, jedes Entfernen stärkt die Anziehungskraft und die Stürme bleiben bis zum Tode des einen oder der beiden untrennbar.

Solche Siamesischen Zwillingstürme haben noch eine bemerkenswerte Besonderheit. Jeder Wirbelsturm dreht sich nicht nur um seine vertikale Achse in der gleichen Richtung, sondern beide drehen sich auch als Ganzes um ihre gemeinsame Achse in derselben Richtung (wie die zwei äußeren Pfeile auf der Abb.19 dies zeigen). Dies beruht auf der gemeinsamen Kontaktfläche der sich voneinander entfernenden Winde der zwei Wirbel, die beide durch das Zusammenstoßen und Abbremsen geringere Zentrifugalkräfte Z_i erzeugen. Doch die beiden zur Kontaktfläche zuströmenden Winde wurden bislang nicht abgebremst. Sie haben ihre normale Geschwindig-

keit, daher auch ihre normalen Zentrifugalkräfte Z_a erhalten und $Z_a > Z_i$. Dadurch entsteht ein zusätzliches Drehmoment, das das Rotieren der Wirbelstürme um ihre dritte, gemeinsame Achse in derselben Richtung verursacht. Mit diesem dreifachen Walzen wandern die beiden in den Weiten des Ozeans unter Beachtung aller, von der Natur für einen Wirbelsturm festgelegten Regeln.

*Nur unsere Ignoranz zwingt uns
Bodenschätze zu verbrennen
K. E. Ziolkowski*

Das Wirbelkraftwerk

Der Wirbelsturm im Kraftwerk

Ein tropischer Wirbelsturm besitzt zwei Eigenschaften, die dem Menschen nicht selten zu schaffen machen. Einerseits produziert er aus dem salzigen Meerwasser eine Menge von sauberem Wasser, das bekanntlich für alles Leben auf dem festen Boden wichtig ist, doch nicht selten auch zu großen Überschwemmungen führen und das Leben vernichten kann. Andererseits verrichtet der Wirbelsturm enorme Arbeit, indem er auf dem Boden erheblichen Schaden anrichten kann und auch gewaltige Mengen von Wasser in weit entfernte Gegenden transportiert. Die beiden im Wirbelsturm unerwünschten Fähigkeiten, sowohl das Produzieren von reinem Wasser als auch das Verrichten von Arbeit, könnte der Mensch ganz einfach in einem künstlich erzeugten, gezähmten und eingespannten Wirbel für seinen Bedarf nutzen. Prinzipielle Schwierigkeiten gibt es hier keine. Man sollte lediglich die im Wirbelsturm verlaufenden Prozesse richtig verstehen, optimiert nachahmen und in einem Kraftwerk nutzen.

Mutter Natur hat diesem zugleich primitiven wie auch mächtigen Geschöpf einige wunderbare Eigenschaften geschenkt: Zum Ersten: die Fähigkeit, die geringwertige, tote Wärmeenergie der Umgebung durch den Verdunstungsprozess wieder ins Leben zu rufen, ihr Potenzial zu vergrößern, sie auf ein hohes Niveau zu bringen und aktiv werden zu lassen. Zum Zweiten: die Fähigkeit, die geringwertige, tote Wärmeenergie der Umgebung im rotierenden Wirbel in kinetische Energie umzuwandeln. Zum Dritten: die Fähigkeit das Meerwasser

auf einer relativ kleinen Fläche in großen Mengen zu entsalzen. Aus allen hochwertigen Energieformen, die ein tropischer Wirbelsturm aus der Wärme des Meerwassers produziert, ist die kinetische Energie der Luftströmungen für ein Kraftwerk am wichtigsten. Einerseits wird ein großer Teil dieser Wärme in kinetische Form umgewandelt und es entsteht ein gewaltiger Luftstrom, der seinerseits mit bekannten Mitteln, in einem Turbogeneratorsatz relativ leicht in elektrische Form umgewandelt werden kann. Andererseits verläuft die Umwandlung der Wärme in kinetische Energie im unteren Bereich des Wirbels, und es kann deswegen beim Aufbau des Kraftwerkes keine Schwierigkeiten geben. Auch das im Kraftwerk als Nebenprodukt anfallende saubere Wasser kann von Bedeutung sein.

Das Kraftwerk braucht viel Sonnenenergie. Deswegen ist es besonders gut für heiße, wüstenähnliche Gegenden oder echte Wüsten geeignet, die nicht sehr weit vom Meeresufer entfernt sind. Solche Gegenden gibt es auf der Erde mehr als genug. In jedem Fall wird die Auswahl einer zum Bau geeigneten Fläche weniger problematisch sein als beispielsweise die Suche nach einer geeigneten Stelle für ein Wasserkraftwerk am Fluss. Auch das Einmischen in die Natur samt aller negativen Folgen, wie die Bau- und Gestehungskosten sind weit aus geringer. Außerdem sind Wüsten auch heute noch schwach besiedelt, und können problemlos erschlossen werden. Andererseits wird der Überschuss von billiger Energie und das als Nebenprodukt entstehende, kostenlose Trinkwasser gute Voraussetzungen für neue Siedlungen schaffen. Energie und Trinkwasser können mit bekannten Mitteln in andere Gegenden transportiert werden und dadurch große Umweltprobleme lösen. Nicht zu unterschätzen ist auch, dass das Wirbelkraftwerk selbst absolut umweltfreundlich ist. Es fordert keine zugelieferten Stoffe und produziert keine Abfälle. Alles was es braucht ist natürlicher Herkunft, wird nicht irreversibel verändert, befindet sich auf der Stelle in fast unbegrenzten Mengen. Als positiv kann auch sein stabiles, unabhängig von der Tages- und Jahreszeit Funktionieren bezeichnet werden. Es genügt, wenn für jede Gegend ein bestimmter Vorrat warmen Wassers vorhanden ist, um bei je-

dem Wetter, in der Nacht und nicht sonnigen Tagen das Kraftwerk normal zu nutzen.

Diese letzte positive Eigenschaft hat auch ein Kernkraftwerk oder ein Wärmekraftwerk, in dem fossile Brennstoffe verbrannt werden, doch ihre Auswirkung auf die Natur und die Kosten der Energie sind mit dem Wirbelkraftwerk nicht zu vergleichen.

Konstruktion

Das Wirbelkraftwerk hat eine einfache Struktur. Es besteht aus 4 Baugruppen. Drei von ihnen: ein Energiekonzentratohr, ein Kamin und ein Turbogeneratorsatz (Abb.20) bilden das Kraftwerk. Die vierte Gruppe, der Sonnenenergiespeicher bzw. Kollektor (Abb.23a und 23b) hat eine selbständige Bedeutung und dient als zusätzlicher Leistungsverstärker des Kraftwerkes. Die robuste, einfache und sichere Konstruktion kann ebenfalls nicht mit einem herkömmlichen Wärmekraftwerk oder Kernkraftwerk verglichen werden. In dieser Hinsicht ist das Wirbelkraftwerk eher einem Wasserkraftwerk ähnlich, doch bei niedrigeren Baukosten und geringerem Eingriff in die Natur.

Konzentrator

Im Kern des Kraftwerkes finden die wichtigsten Energieumwandlungen und die Konzentration der Energie statt. Er hat die Form eines einfachen, waagrecht auf der Erdoberfläche befindlichen, scheibenförmigen Gebäudes mit Boden, Dach und Zwischenraum. Im Zwischenraum wird der konvergierende und abkühlende Luftstrom ständig bis zur Temperatur des Wassers erwärmt und gleichzeitig mit Wasserdampf gesättigt. Beim Verdunsten und Rotieren der Luft, konzentriert sich die Wärmeenergie des Wassers natürlicherweise auf ein hohes Niveau. Sie wird dadurch in hochwertige Energieformen mit hohem Potenzial umgewandelt, deren wichtigste die kinetische Energie der Luft für das Kraftwerk ist. Deswegen bezeichnen wir diese Baugruppe als Konzentrator. Der Durchmesser $2r_1$ des Konzentrators (Abb.20 und 24) hängt

von der erforderlichen Leistung ab. Er kann von einigen zehn Metern (bei der Leistung von einigen zehn Megawatt) bis zu einigen hundert Metern (bei einer Leistung ebenfalls von mehreren hundert Megawatt) enthalten. Das Dach hat am Eingang eine Höhe h_1 . Die Leistung P verhält sich zur Höhe h_1 und zur Fläche πr_1^2 proportional.

Um den erforderlichen Drehimpuls zu erzeugen, sind an der Peripherie einfache Leitelemente angebracht, die die zuströmende Luft spiralförmig ins Innere leiten. Dazu können entweder ein großer oder mehrere kleinere spiralförmige Einläufe oder eine größere Anzahl von Leitschaufeln benutzt werden. Die Rotationsrichtung der zuströmenden Luft ist im künstlich erzeugten Wirbel ohne Bedeutung. Das trifft auch auf die Coriolis - Beschleunigung zu.

Das Dach ruht auf Bauelementen, die im Zentrum mit dem Turbogeneratorsatz und an der Peripherie mit den Leitelementen verbunden sind, wenn das Zentrum mit der Peripherie ohne zusätzliche innere Stützen überdacht werden kann. Bei sehr großen Kraftwerken könnten noch Stützen für den Zwischenraum hinzukommen. Außer durch das Gewicht des Daches werden die tragenden Elemente noch durch zwei starke Kräfte belastet, die zum Zentrum hin ansteigen. Eine Kraft entsteht durch die Luftdruckdifferenz von außen und von innen. Die zweite, die Bernoulli - Kraft, entsteht durch die Rotationsgeschwindigkeit der Luft im Innenraum.

Die Stützen dürfen den Luftstrom nicht beeinträchtigen. Deswegen müssen sie im Querschnitt eine aerodynamische Form und eine glatte Oberfläche besitzen. Glatt müssen auch die Kontaktflächen des Bodens und des Daches sein. Die Stützen können auch genutzt werden, um in großen Kraftwerken das warme Wasser durch Düsen der Luftströmung zuzuführen.

Kamin

Am Zentrum geht das scheibenförmige Dach in den Kamin über. Der Kamin misst an der Erdoberfläche im Durchmesser

$2r_2$ von einigen Metern bis zu einigen zehn Metern. Sein Durchmesser wächst mit der Höhe h_2 in einer bestimmten Beziehung, die die Ausdehnung der Luft und den freien Übergang des Luftstromes in die Umgebung, berücksichtigt. Der verbrauchte warme, feuchte Luftstrom muss im Kamin ohne großen Widerstand ununterbrochen in die Atmosphäre abgeleitet werden. Die im Kamin dafür verantwortliche gesamte Auftriebskraft enthält folgende Bestandteile: einen durch die Zentrifugalkraft im Konzentrator verursachten niedrigen Luftdruck, die Archimedes - Auftriebskraft des Wasserdampfes in der feuchten Luft, die Archimedes - Auftriebskraft der warmen feuchten Luft, die Trägheit des feuchten Luftstromes. Beim Kondensieren des Wasserdampfes verringert sich die Archimedes - Auftriebskraft des Wasserdampfes allmählich, doch die dabei freigesetzte Kondensationswärme verlangsamt das Abkühlen der Luft und unterstützt diese Kraft auch weiter ununterbrochen.

In der Umgebung ist der Druck der Atmosphäre am Boden hoch, und er verringert sich mit der Höhe rapide, Kurve *1* in der Abb.21. Im Kamin (wie es auch im Auge des tropischen Wirbelsturmes oder im Tornado der Fall ist) ist alles umgekehrt. Schon am Boden ist der Druck niedrig und verringert sich mit der Höhe langsam, Kurve *2*. In einer Höhe h_2 kreuzen sich die beiden Kurven. Von hier an würde der Druck im Kamin höher sein, als in der Umgebung. Durch den erhöhten Luftdruck kann die aufsteigende, verbrauchte und gut erwärmte Luft ab h_2 ohne Widerstand von außen, wie von einem Vulkan rundum in die Umgebung auseinander strömen, und um mehr kinetische Energie in elektrische Energie umwandeln zu können, sollte der Kamin h_2 nicht überschreiten.

Der Punkt, in dem sich die Kurven treffen, bezeichnet die optimale Höhe des Kamins ohne Berücksichtigung der Geschwindigkeit des Aufwindes. Diese Geschwindigkeit macht eine Verringerung der Höhe des Kamins möglich. Das heißt, dass bei niedrigerem Kamin ein größerer Teil der kinetischen Energie des Luftstromes nicht genutzt werden kann, und dies geht zu Lasten der Leistung des Kraftwerkes. Mit anderen Worten, der niedrigere Kamin muss durch dynamische Kräfte (wie es im tropischen Wirbelsturm oder im Tornado überhaupt der Fall ist) ergänzt werden, um die verbrauchte

feuchte warme Luft ohne Widerstand in die Atmosphäre zu übertragen.

Durch das zusätzliche Erwärmen des Meerwassers werden die Forderungen zu der Höhe des Kamins nicht so streng sein. Bei jedem Kraftwerk muss deshalb eine optimale Höhe des Kamins bestimmt werden. Und wenn auch das saubere Wasser bzw. das Kondensat genutzt werden soll, dann treten bezüglich der Höhe wie auch der Konstruktion des Kamins zusätzliche Anforderungen auf.

Der natürliche Wirbelsturm kann als Vorbild dienen, um zu zeigen, dass auch im Wirbelkraftwerk die gesamte Archimedes - Auftriebskraft genügt, um in dem Konzentrator die mächtigen Massen- und Energieströmungen ständig zu unterstützen. Der natürliche Wirbelsturm braucht die von ihm selbst produzierte kinetische Energie, um einen dynamischen Kamin zu errichten. Der künstliche Wirbel kann auf der Strecke des niedrigen Luftdruckes bis h_2 doch ganz gut mit einem aus festem Material gebauten Kamin auskommen. Die kinetische Energie der im Konzentrator rotierenden Luft kann in diesem Fall höchstmöglich in elektrische Energie umgewandelt werden, ohne das Absaugen der verbrauchten Luft zu gefährden. Zudem steigern die hohe Temperatur und der hohe Wassergehalt der erwärmten feuchten Luft die Archimedes - Auftriebskraft im Kamin, verstärken zusätzlich das Absaugen im Wirbelkraftwerk und steigern die Leistung.

Auf die Bauteile des Kamins wirken folgende Kräfte: entlang der Achse - sein eigenes Gewicht; senkrecht zur Achse - die Luftdruckdifferenz von außen nach innen und die Zentrifugalkraft der rotierenden Luft in der Gegenrichtung; der Wind der Atmosphäre von außen.

Das beim Emporsteigen der feuchten Luft entstehende Kondensat muss in jedem Fall gesammelt und aus dem Kamin entfernt werden. Im Kamin darf kein Regen, der den Aufwind bremst und den Innenraum belastet, niedergehen. Dazu muss der Kamin Vorrichtungen haben, die das reine Wasser auf der ganzen Höhe sammeln. Dies ist relativ einfach zu machen. Wegen des starken Rotierens der Luft im Kamin wird das schwere Regenwasser wie in einer Zentrifuge an die innere Wandfläche geschleudert. Dort kann es einfach gesammelt

und herunter geleitet werden. Wenn das in der Höhe gesammelte Wasser irgendwo genutzt werden soll, kann der dabei entstehende Wasserdruck den Transport zum Benutzer auf weitere Strecken erleichtern. Dieser nebenbei im Kraftwerk produzierte Wasserstrom kann beträchtlich sein. In einem starken Kraftwerk, mit einem Konzentrator im Durchmesser $2r_1 = 300m$, einem Zwischenraum $h_1 = 5m$ und bis zu $75^\circ C$ erwärmtem Meerwasser werden fast $100\ 000\ m^3$ Wasser pro Tag und Nacht verdunstet und dabei eine elektrische Leistung von vielen Megawatt erzeugt. Von diesem sauberen Wasser kann lediglich ein Teil, abhängig von der Höhe h_2 des Kamins, gesammelt und genutzt werden. Der andere Teil wird sich in einer Wolke, die ständig über dem Kraftwerk "hängen" bleibt, sammeln und als Regen zum Boden zurückkehren oder sich in der trockenen Luft der Umgebung auflösen.

Turbogeneratorsatz

Bei der Konstruktion des Turbogeneratorsatzes ist mit keinen Schwierigkeiten zu rechnen. Für den höchsten Wirkungsgrad und für die Bau- und Stromkosten empfiehlt sich ein komplexer Turbogeneratorsatz, der axial im Zentrum des Konzentrators montiert ist. In diesem Fall muss eine radial - axiale Turbine benutzt werden, ähnlich den meist bekannten Wasserturbinen, aber mit umgekehrter Durchlaufrichtung des Energieträgers (Abb.22). Bei groß dimensionierten Kraftwerken und hohen Luftgeschwindigkeiten kann eine mehrstufige Turbine erforderlich sein.

Das Leitrad lenkt den konvergierenden Luftstrom bzw. die radiale Komponente seiner Geschwindigkeit v_r von der radialen in die vertikale Richtung v_h um und spielt im Wirbelkraftwerk dieselbe Rolle, die auch das dynamische Maximum d am Auge des natürlichen Wirbelsturms spielt. Dabei ist der Skalar der Geschwindigkeit in beiden Fällen derselbe, $v_r = v_h$. Die tangentielle Komponente der Geschwindigkeit des Luftstromes v_t , daher auch der größte Teil seiner kinetischen Energie E_k , wird hier unverändert in das Schaufelrad der Turbine geleitet. Das Schaufelrad wandelt die kinetische Energie der Luft über den Elektrogenerator in Elektrizität um.

Von der Turbine gerät der abgeschwächte warme, feuchte Luftstrom direkt in den Kamin. Dieser Bautyp ist besonders bei großen Kraftwerken von Vorteil, wenn sich das Dach des Konzentrators einige Meter über dem Boden befindet. Die langen Schaufeln des Leitrades strecken sich spiralförmig vom Boden bis an das Dach hinauf, werden nach oben immer breiter und leiten die zuströmende Luft von der Höhe h_1 an das Schaufelrad. Dabei gilt $\operatorname{tg}\alpha = b/l = v_r/v_t$, wo l die Länge der Leitschaufel und b ihre obere Breite ist. Bei einem Kraftwerk mit hoher Leistung, großer Luftgeschwindigkeit und weitem Durchmesser können auch mehrere Schaufel- und Leiträder nötig sein.

Sonnenenergiespeicher (Kollektor).

Im Unterschied zum natürlichen Wirbelsturm, bei dem die Temperatur des Wassers überall relativ stabil ist, muss beim künstlichen Wirbel das zusätzlich erwärmte Wasser in jedem Fall im Gegenstrom der Luft zugeführt werden. Nur so ist die höchstmögliche Ausnutzung der Wärme des Wassers möglich.

Der Gegenstrom zwischen der rotierenden Luft und dem Wasser ist relativ leicht zu erreichen, wenn das Wasser der Luft im Zentrum zugeführt wird. Solange das Wasser nicht verdunstet ist, hat es eine hohe Dichte im Vergleich zur Luft, und bei der großen Rotationsgeschwindigkeit der konvergierenden Luft wird es durch seine Zentrifugalkraft nach außen geschleudert. Transversal stimmen die Geschwindigkeitsrichtungen der Luft und des Wassers überein. Radial sind sie dank der hohen Zentrifugalkraft des Wassers einander entgegen gerichtet. Die Luft konvergiert spiralförmig, das Wasser divergiert spiralförmig in der gleichen Rotationsrichtung. Nämlich nur entlang des Radius' entsteht der Gegenstrom der Luft und des Wassers, und das ist für die vollständige Nutzung der gespeicherten Sonnenenergie im Kraftwerk von großer Bedeutung.

Im Gegenstrom trifft die frische Luft am Eingang mit dem abgekühlten, verbrauchten Wasser zusammen. Sie wird noch etwas befeuchtet und erwärmt. Bei ihrer weiteren spiralför-

migen Bewegung in Richtung Zentrum begegnet ihr immer wärmeres, frischeres Wasser, die Luft erwärmt sich immer mehr, ebenso intensiviert sich die Verdunstung bis zur Sättigung, steigt die Ausdehnung und die dadurch verrichtete Arbeit, entsprechend nimmt auch die kinetische Energie ununterbrochen zu. Gleichzeitig bewegt sich das Wasser allmählich von der Mitte zur Peripherie, kühlt dabei ab, wird mit Salz angereichert, und das verbrauchte Wasser muss dann, nach Verlassen des Konzentrators, auf einer entfernten Stelle wieder ins Meer zurückgeführt werden.

Bei kleineren Kraftwerken genügt es das Wasser lediglich im Zentrum einzuführen. In einer bestimmten Zeit erreicht das Wasser dann durch den Gegenstrom die Peripherie und kann als verbrauchtes Wasser den Konzentrator verlassen. Bei sehr starken, großen Kraftwerken ist es nötig, das Wasser mehrstufig in den Konzentrator einzuführen. Dabei kommt das wärmste Wasser direkt am Turbogeneratorsatz in die Luft. Das kältere Wasser wird vom Zentrum weiter entfernt in bestimmten Kreisen eingeführt, bis endlich das kälteste Wasser im äußeren Bereich des Konzentrators der frischen Luft zugegeben wird. Diese stufenweise Zufuhr des frischen Wassers gewährleistet ein optimales Funktionieren des Gegenstroms bei geringerer Erwärmung des Wassers in den Vorstufen in großen Kraftwerken. In jedem Fall müssen am Boden und (oder) an den Stützen einfache Vorrichtungen angebracht werden, durch die der Luftstrom das Wasser ständig versprühen kann. Es muss ein effektiver, ununterbrochener Kontakt der konvergierenden Luft mit dem divergierenden Wasser im gesamten Innenraum des Konzentrators stattfinden. Das, was ein tropischer Wirbelsturm durch die großen Wellen und den starken Wind, bei beträchtlichem Energieaufwand schafft (es fließen parasitäre Energieströme, die den konvergierenden Luftstrom belasten und dem $\cos \varphi$ einer Elektroanlage mit Spulen ähnlich sind), kann im künstlichen Wirbel mit technischen Mitteln bei geringerem Energieverbrauch gemacht werden. Der ständige Kontakt des Wassers mit der Luft im Gegenstrom gewährleistet eine höchstmögliche Sättigung der Luft mit Wasserdampf wie auch eine höchstmögliche Erwärmung der feuchten Luft und durch beides auch eine höchstmögliche Leistung des Kraftwerkes.

Auf den Abbildungen 23a und 23b ist beispielsweise schematisch ein mehrstufiger Sonnenenergiespeicher dargestellt, der in einem starken Kraftwerk benutzt werden kann (heute gibt es eine gute Auswahl von effektiven Sonnenenergiespeichern). Die Zahl der Stufen entspricht der Zahl der ringförmigen Zonen des Konzentrators, denen das warme Wasser zugeführt wird. Aus dem letzten Behälter n wird das Wasser mit der höchsten Temperatur nah an der Turbine in den Luftstrom geleitet. Das immer kältere Wasser aus den vorherigen Behältern gerät dann in den Luftstrom entsprechend immer weiter von der Mitte entfernt, bis dann das kälteste Wasser direkt aus dem Meer nicht weit von der äußeren Grenze des Konzentrators den Luftstrom erreicht. An der Peripherie des Konzentrators wird das verbrauchte, abgekühlte und mit Salz angereicherte Wasser abgeführt. Diese Einrichtung gewährleistet einen guten radialen Gegenstrom zwischen Wasser und Luft im Konzentration und eine vollständige Nutzung der im Kollektor von der Sonne gespeicherten Wärme.

Der Verbrauch des warmen Wassers wird von der Leistung des Kraftwerkes definiert und enthält das verdunstete und das zum Erwärmen der Luft nötige Wasser. In jedem Fall muss ein Überschuss dabei sein, der ausreicht, um Salzablagerungen im Innenbereich des Konzentrators zu vermeiden. Außerdem muss die Menge des Wassers im Kollektor ausreichen, um ein stabiles Funktionieren des Kraftwerkes auch in der Nacht und auch in einigen trüben Tagen zu gewährleisten.

In dem Fall, wenn das Kraftwerk in einer Entfernung vom Meeresufer platziert wird, kann das Meerwasser in dem entsprechend ausgerüsteten Zuleitungsrohr von der Sonne erwärmt werden. Dafür ist kein spezieller Kollektor der Sonnenenergie nötig.

Start, Arbeit, Stopp des WKW

Start

Das Wirbelkraftwerk kann relativ einfach angelassen werden. Es genügt, im Konzentrator warmes Wasser in die Luft zu sprühen. Die angefeuchtete und erwärmte Luft gelangt schnell zwischen den Schaufeln der stehenden Turbine in den Kamin und steigt empor. An ihre Stelle kommt langsam frische Luft aus der Umgebung, die an der Peripherie zwischen den Schaufeln (durch die spiralförmige Zuleitung) fließt und dadurch bereits einen kleinen Drehimpuls bekommt. Der entstandene Auftrieb beschleunigt den Zustrom der frischen Luft und erhöht den Drehimpuls. Dies wiederum steigert die Verdunstung, die Erwärmung und als Folge auch den Auftrieb usw. Zwischen dem Auftrieb und der Geschwindigkeit der konvergierenden Luft entsteht eine positive Rückkopplung, die den Wirbel im Konzentrator rasch zu seiner normalen Leistung bringt. Gleichzeitig läuft auch die Turbine an und der Generator wird ans Netz geschaltet.

Arbeit

Wie in jedem Kraftwerk ist auch hier die Geschwindigkeitsregelung der Turbine von großer Bedeutung. Zur Verfügung steht die Zufuhr des Wassers oder das Bremsen der Luftströmung. Das zuströmende warme Wasser kann ganz leicht als Mittel zum Steuern der Leistung genutzt werden, wenn der Luft wärmeres oder kühleres Wasser wie auch Wasser in unterschiedlichen Mengen zugeführt wird. Das Bremsen der Luftströmung kann mit den bekannten technischen Mitteln am Eingang in den Konzentrator vor oder nach der Turbine wie auch im Kamin stattfinden. Wegen der gewaltigen Trägheit können kombinierte Eingriffe auf beide Strömungen und moderne Isodromregler bzw. computergesteuerte Regler nötig sein.

Stopp

Dieselben Einwirkungen auf beide Strömungen kann man nutzen, um das Kraftwerk zu stoppen. In diesem Fall sollten die eine, die andere oder gleichzeitig beide Strömungen völlig gesperrt werden. Bei Stromausfall muss dies rasch geschehen, um den Turbogeneratorsatz nicht zu beschädigen. Dabei kann ein beträchtlicher Luftstoß, wie auch Wasserschlag eintreten. Die Konstruktion muss diese berücksichtigen.

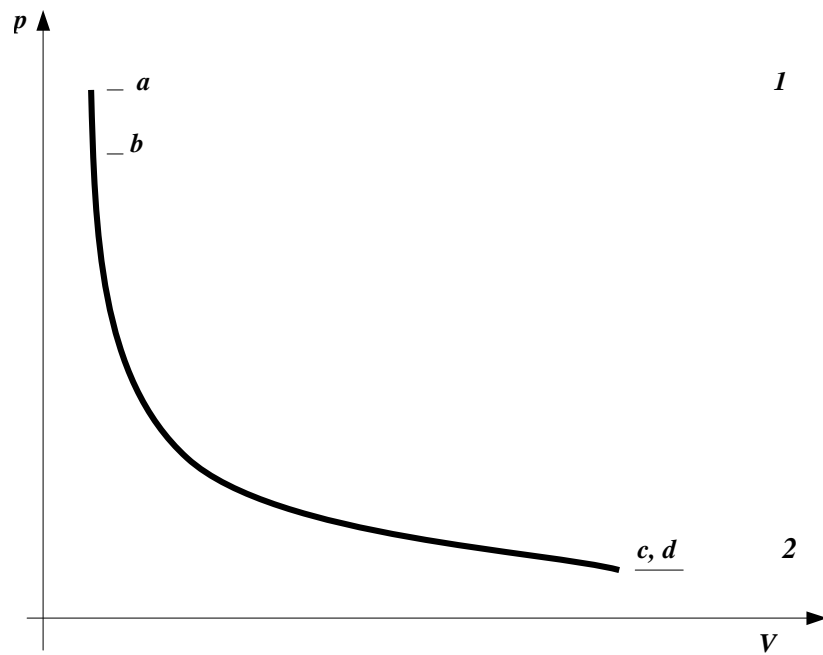


Abb. 1

- a - b* Konvergierung, Ausdehnung, Adiabate;
- b - c* Aufstieg, Ausdehnung, Adiabate;
- c - d* Divergierung, Isobare;
- d - a* Senkung, Verdichtung, Adiabate

1- Erdoberfläche, 2- eine Isobare in der Höhe

Geleistete Arbeit, Innenfläche, $A = 0$

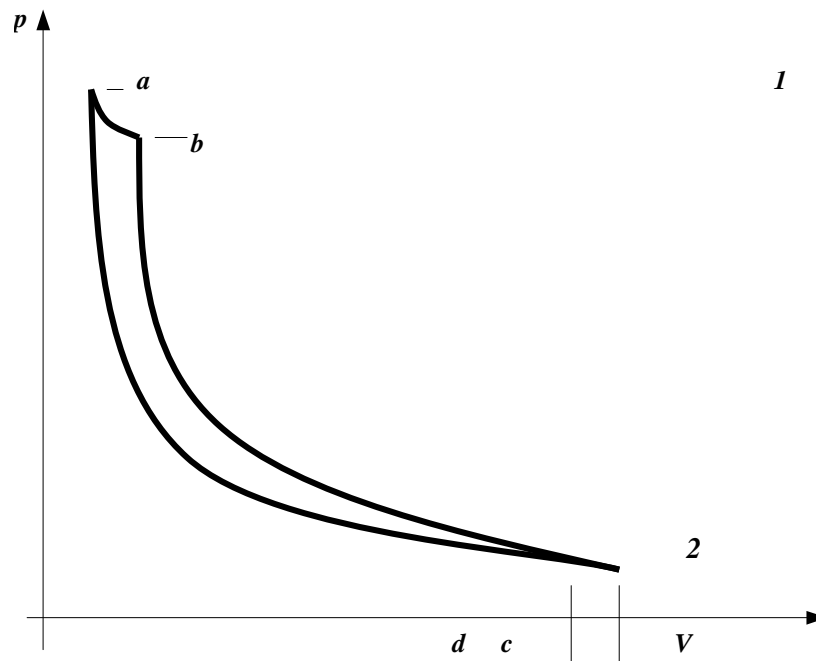


Abb. 2

- a - b* Konvergierung, Ausdehnung, Polytrope;
- b - c* Aufstieg, Ausdehnung, Adiabate;
- c - d* Divergierung, Abkühlung, Isobare;
- d - a* Senkung, Abkühlung, Polytrope

1- Erdoberfläche, 2- eine Isobare in der Höhe

Geleistete Arbeit, Innenfläche, $A > 0$

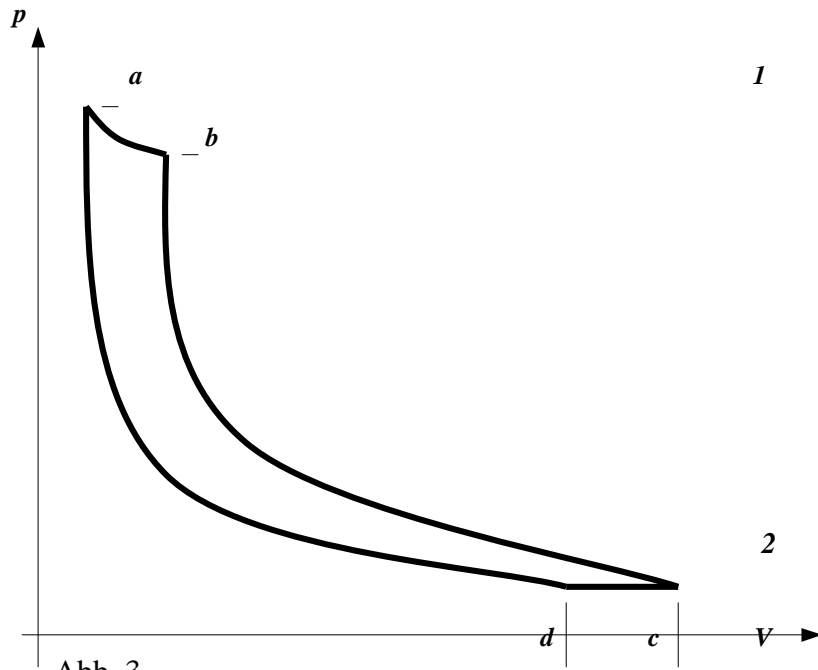


Abb. 3

- a - b* Konvergierung, Ausdehnung, Isotherme;
- b - c* Aufstieg, Ausdehnung, feuchte Adiabate;
- c - d* Divergierung, Abkühlung, Isobare;
- d - a* Senkung, Verdichtung, Abkühlung, Polytrope

1- Erdoberfläche, 2- eine Isobare in der Höhe

Geleistete Arbeit, Innenfläche, $A \gg 0$

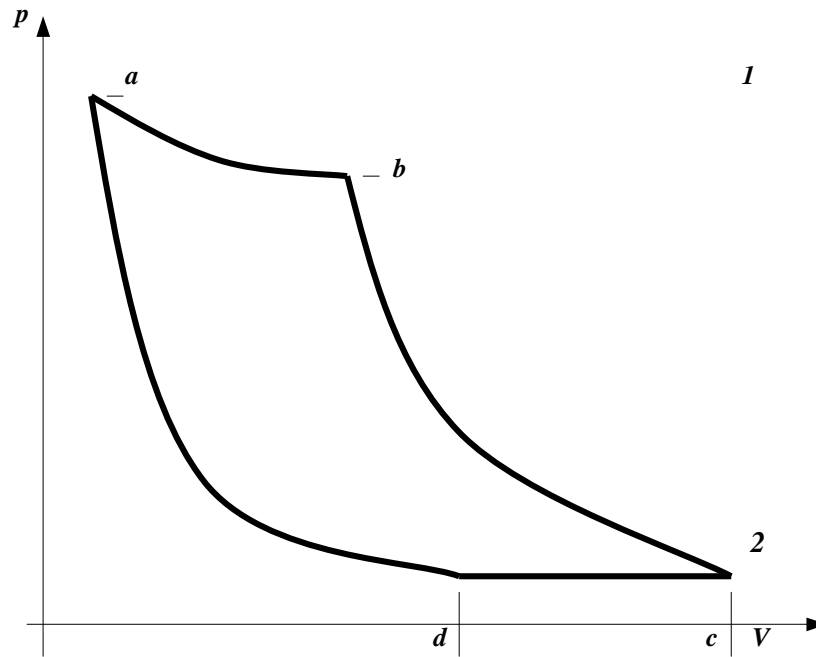


Abb. 4

- a - b* Konvergierung, Ausdehnung, Erwärmung*;
- b - c* Aufstieg, Ausdehnung, feuchte Adiabate;
- c - d* Divergierung, Abkühlung, Isobare;
- d - a* Senkung, Verdichtung, Abkühlung, Polytrope

1- Erdoberfläche, 2- eine Isobare in der Höhe

Geleistete Arbeit, Innenfläche, $A \gg \gg 0$

(Im Wirbelsturm findet von **a bis **b** eine Isotherme statt. Im Kraftwerk, in dem das Wasser im Gegenstrom der expandierenden Luft zugeführt wird, steigt die Temperatur auf dieser Strecke an).*

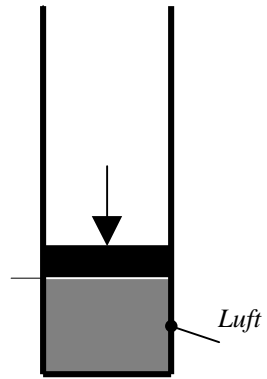


Abb.5

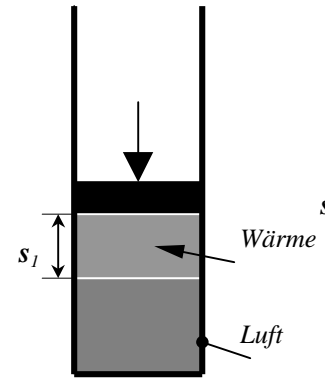


Abb.6

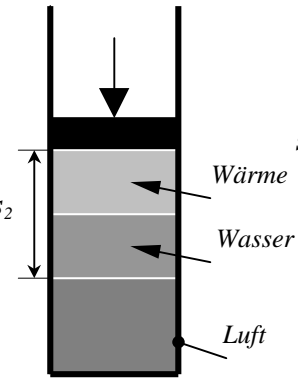


Abb.7

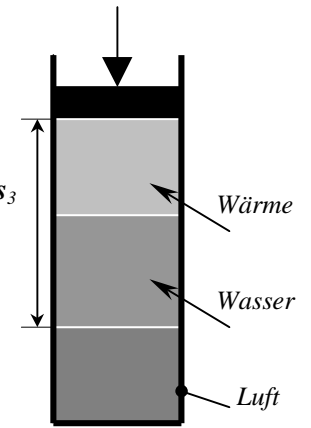


Abb.8

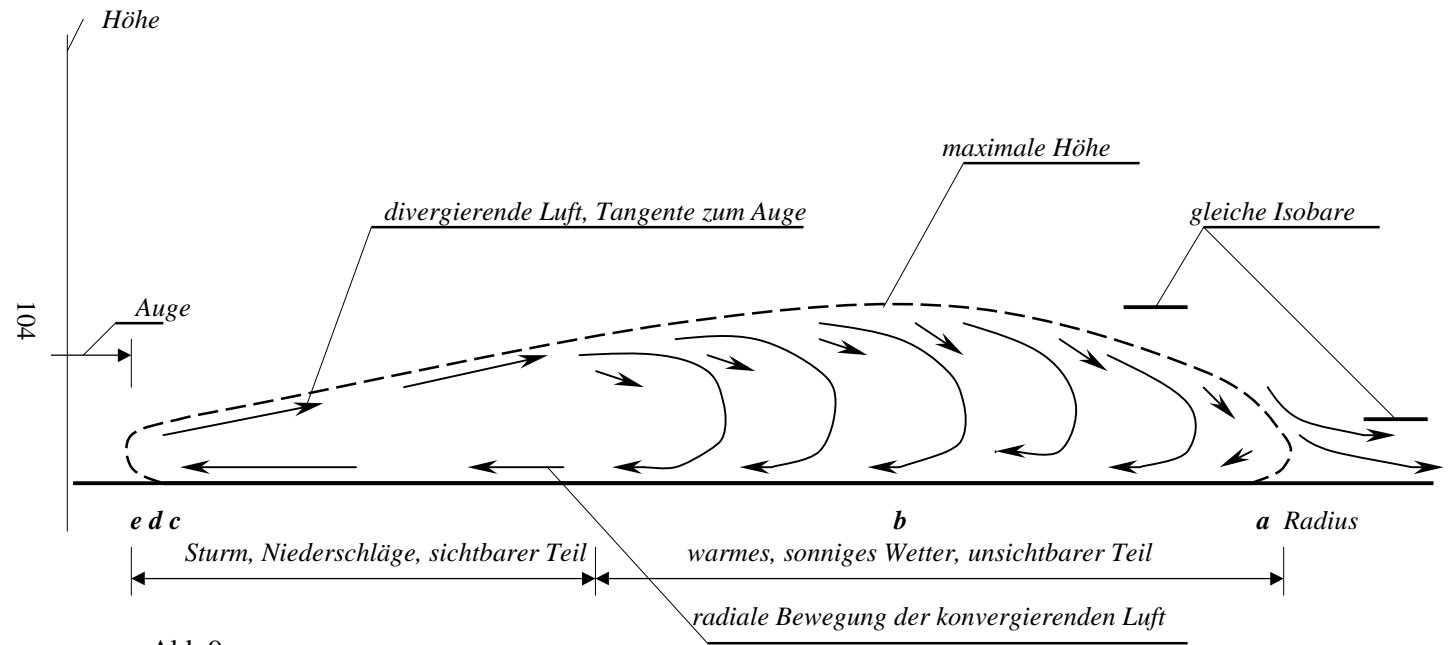


Abb.9

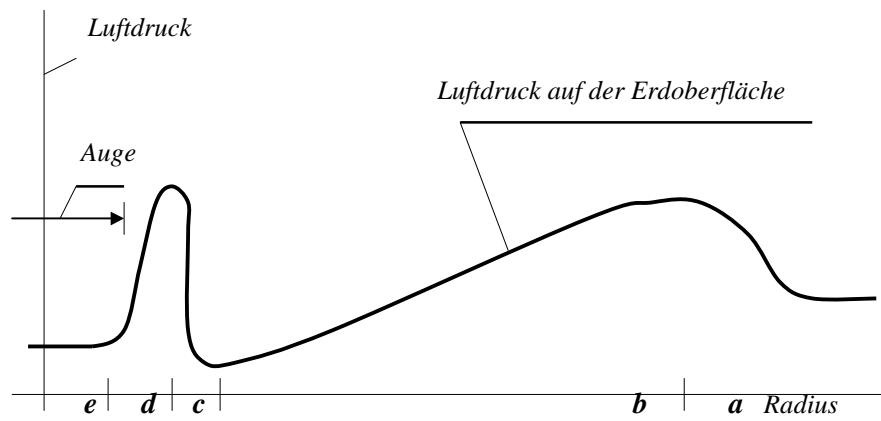


Abb.10

a - Luftdruck in der Umgebung; *b* - statisches Maximum
c - Dynamisches Minimum; *d* - Dynamisches Maximum;
e - Statisches Minimum

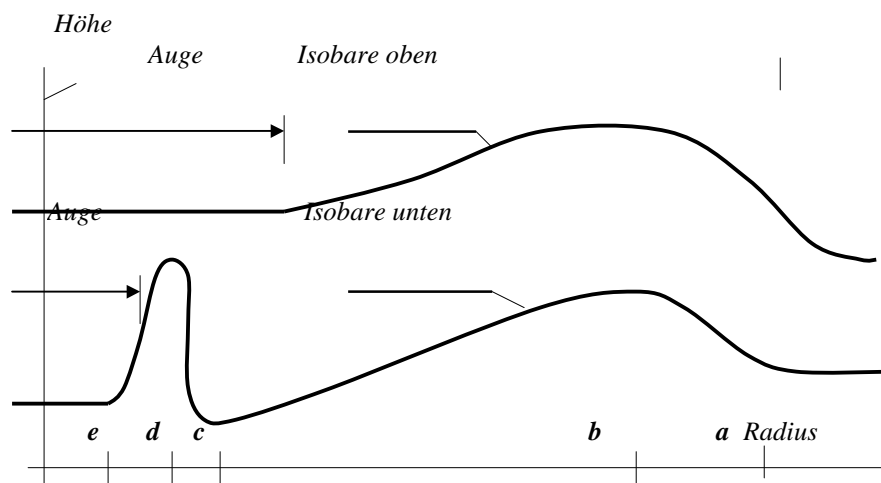


Abb.11

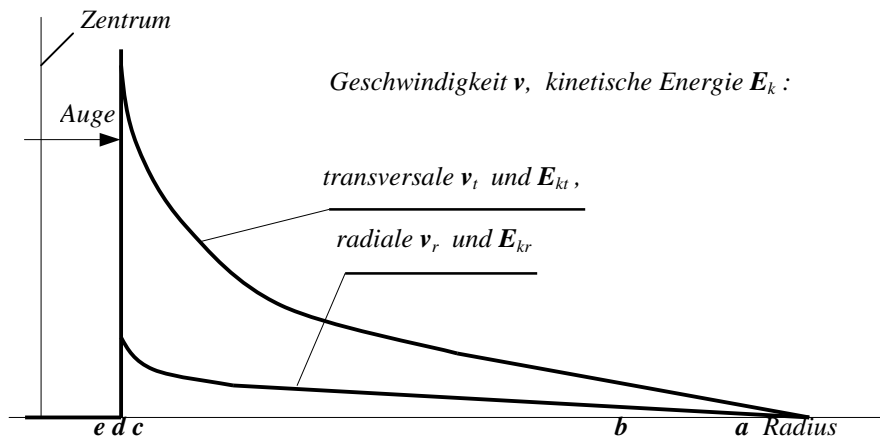


Abb.12

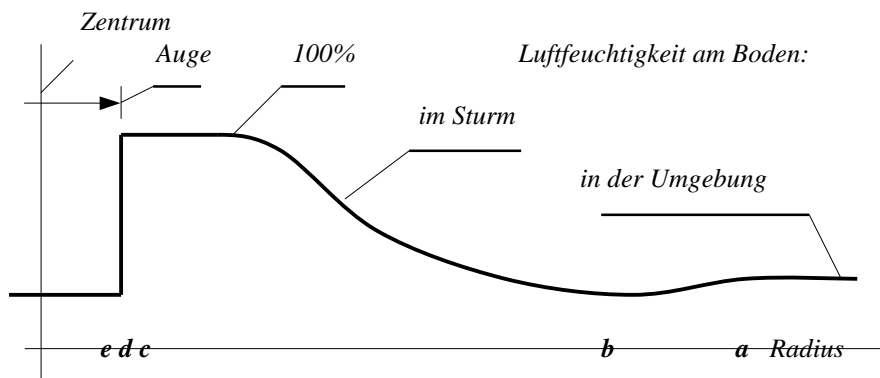


Abb.13

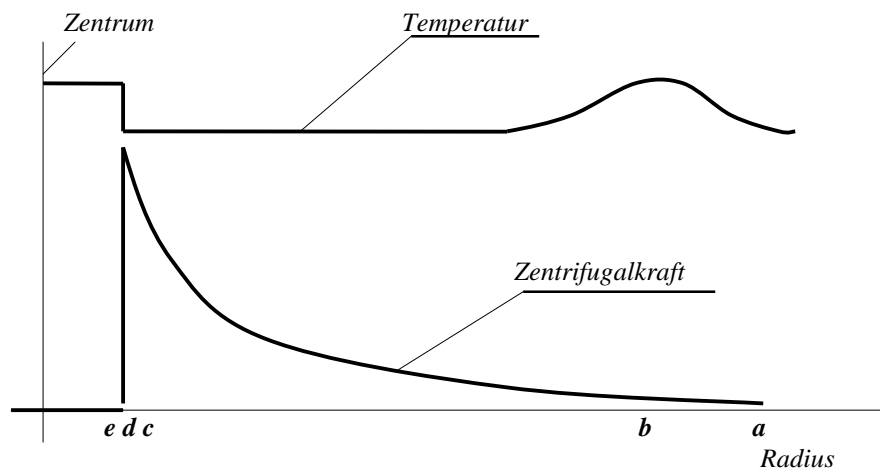


Abb.14

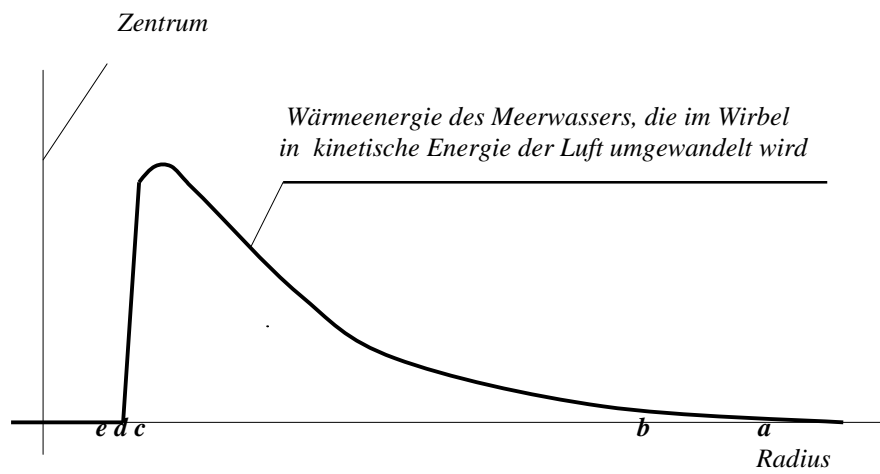


Abb.15

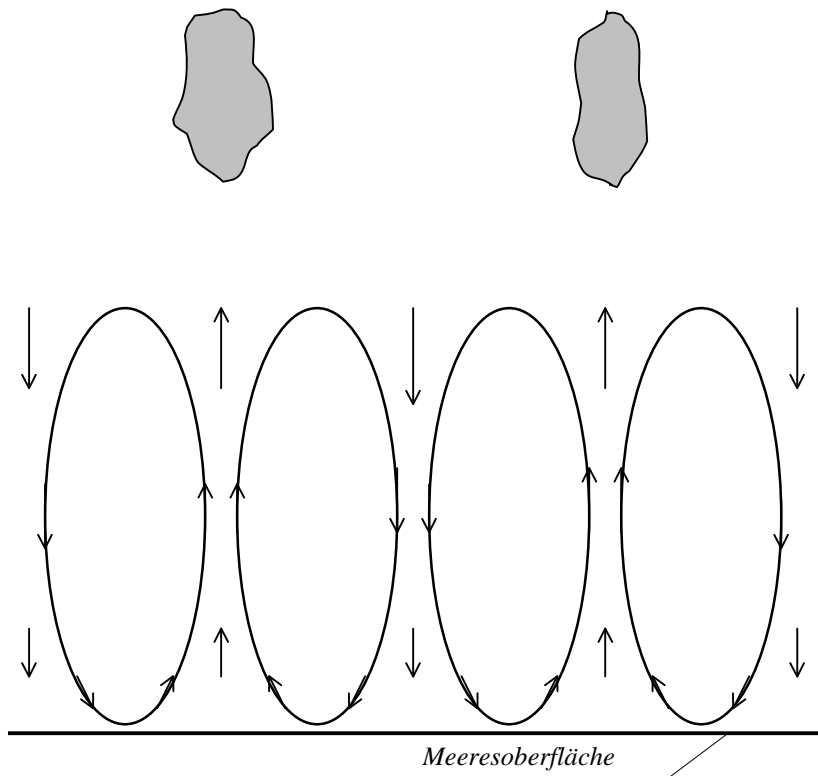


Abb.16

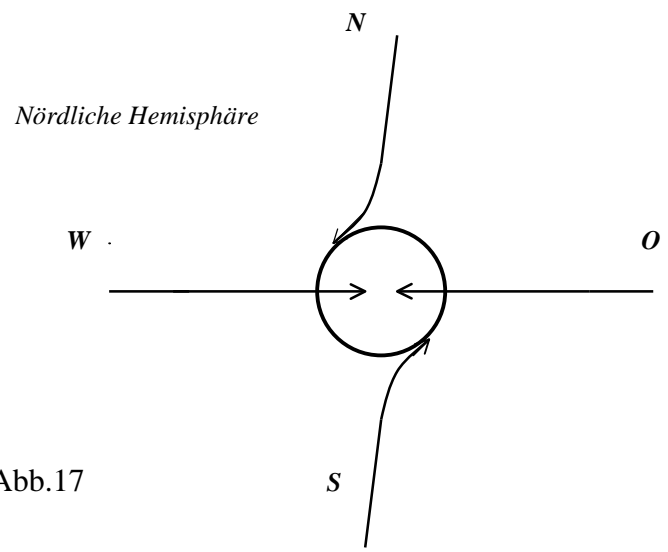


Abb.17

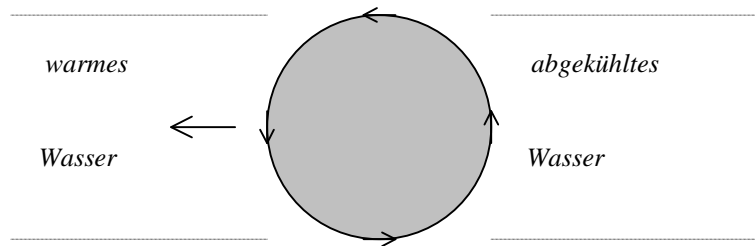


Abb.18

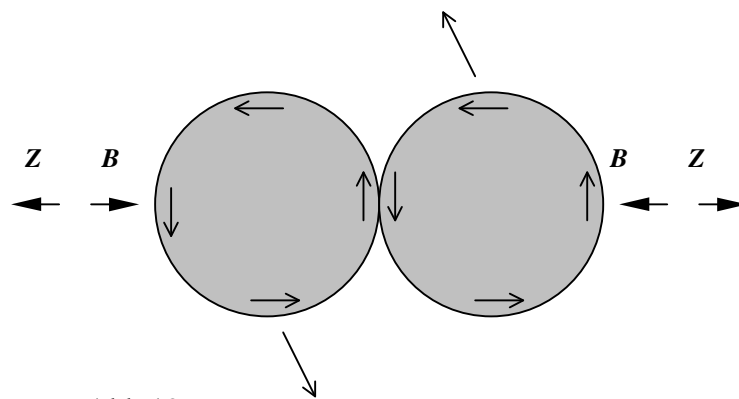


Abb.19

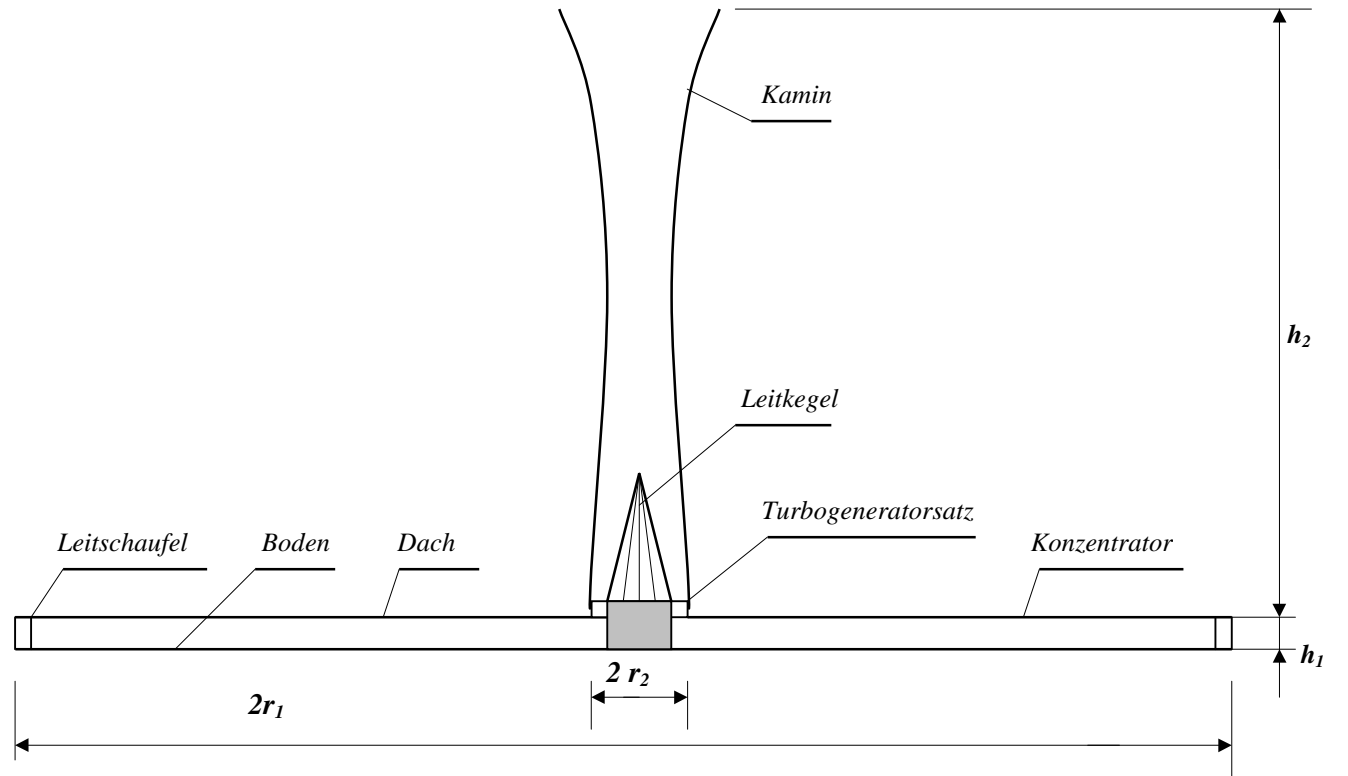


Abb.20

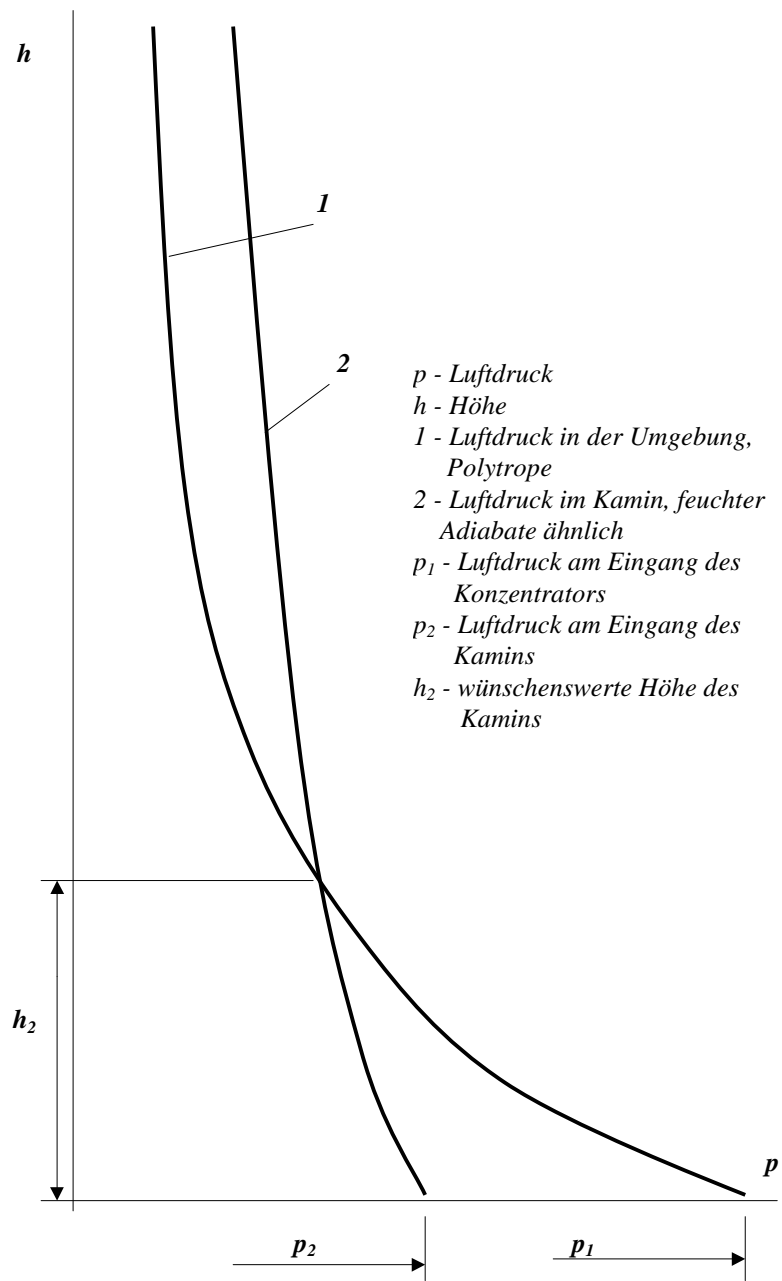


Abb.21

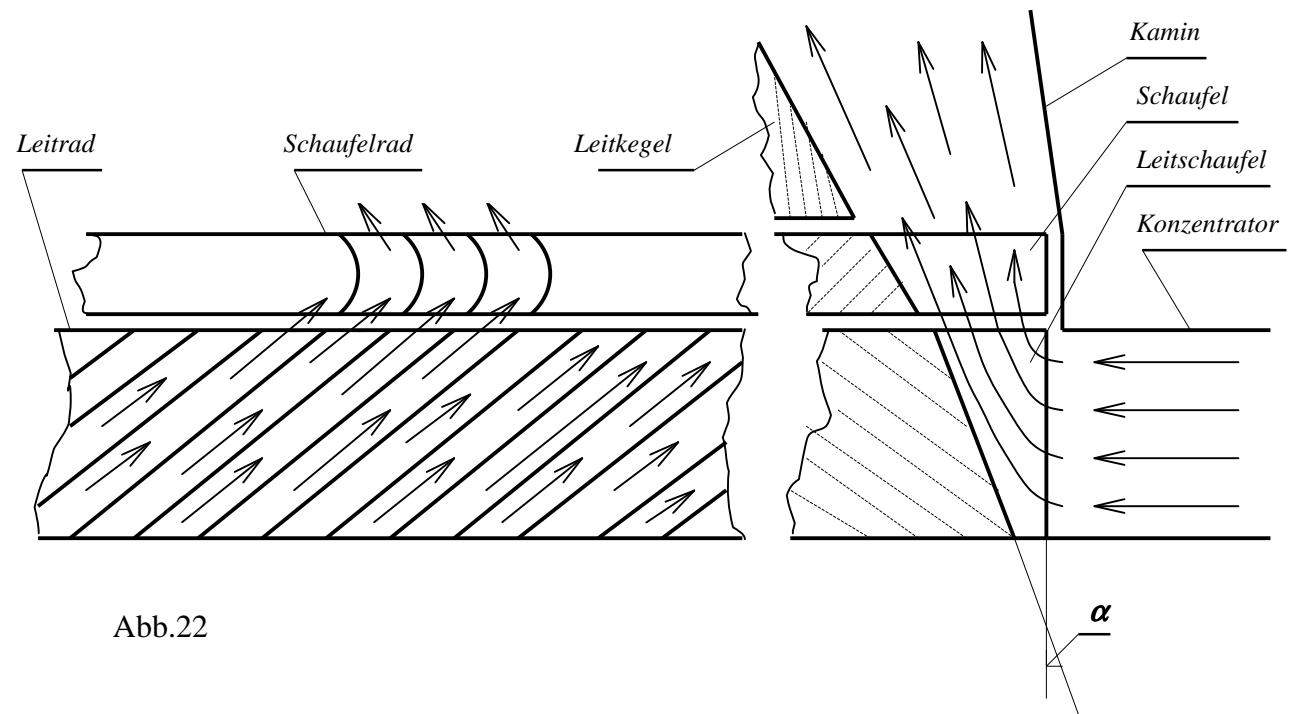


Abb.22

Sonnenenergiespeicher

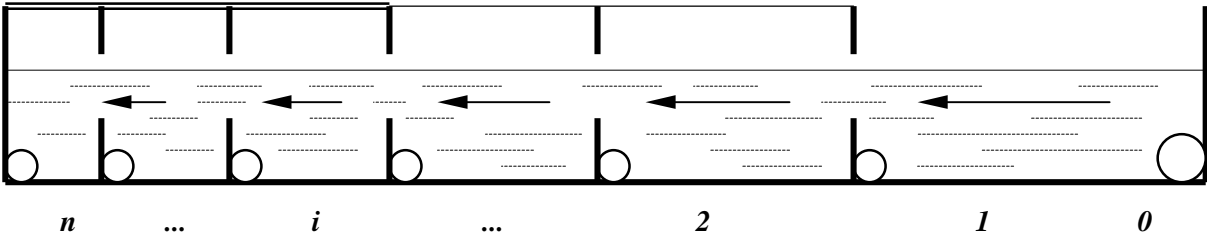
Doppelverglast

Einfachverglast

Ohne Glas

A_n ... A_i ... A_2 A_1

113



A - Fläche des jeweiligen Speichers; ← Wasserstrom

Abb.23a

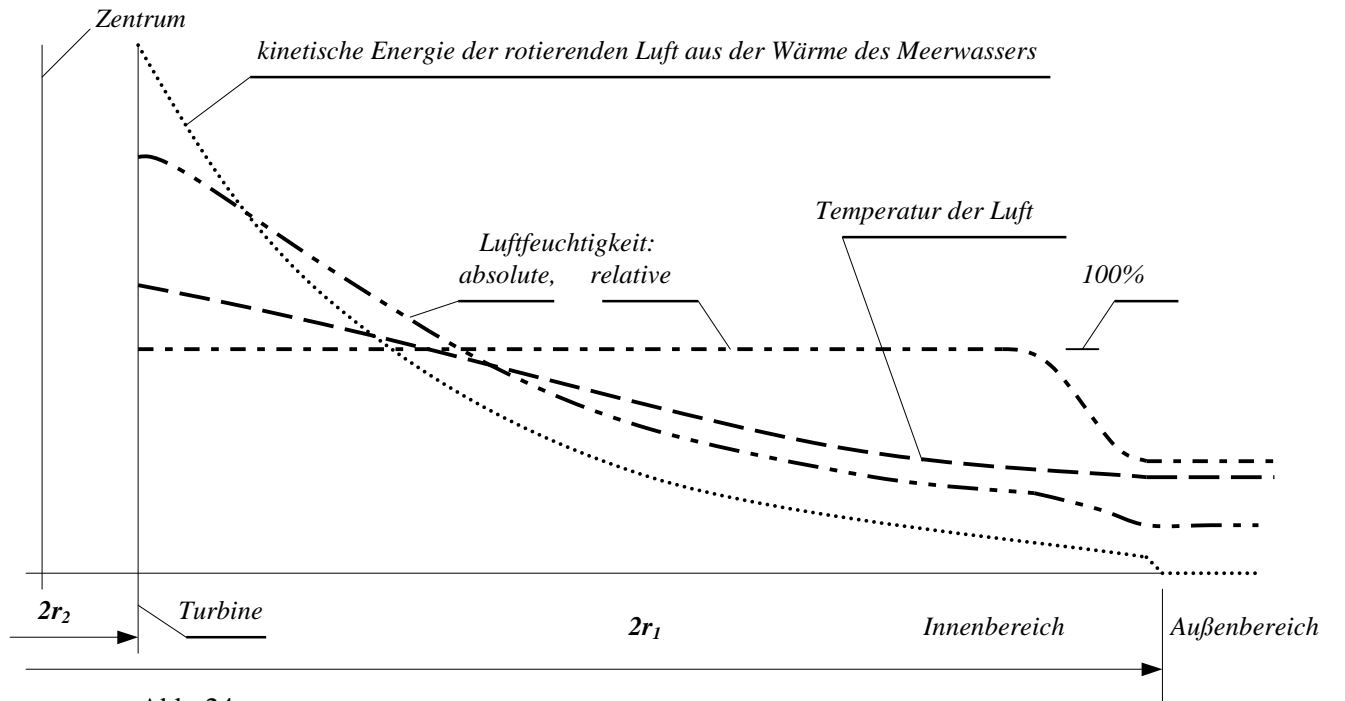


Abb. 24

Die Wissenschaft ist keine Glaubenslehre. Sie ist dem Menschen nicht von irgendwelcher Gottheit enthüllt. Die Wissenschaft ist ein Produkt des menschlichen Verstandes und als solches ist sie für die Diskussionen und eventuelle Veränderungen geöffnet.

Leon Brilluen

Anhang

Das Verbot, den Sturm zu nutzen

Die Natur hat den tropischen Wirbelsturm geschaffen, und sie zeigt vielen Menschen unmittelbar, was der zugleich furchtbare und geheimnisvolle Sturm anrichten kann und wie mächtig er ist. Es ist nicht leicht alles, was in der Natur existiert, vorgeht und doch verborgen ist, zu untersuchen, zu verstehen und zu nutzen. Dennoch ist es in historisch kurzer Zeit gelungen, unzählige Mengen von äußerst komplizierten Regeln und Vorgänge der Natur zu verstehen und sie auch in verschiedenen Kraftmaschinen, Geräten, Verkehrsmitteln, Computern, künstlichen kosmischen Objekten u.v.a.m. anzuwenden.

Fast alles, was der Mensch heute erzeugt und nutzt, konnte er der Natur nicht nachahmen. Er war gezwungen, auf komplizierten Wegen und mit großer Geduld, Geschick, Wissen und Arbeit alles selber zu erfinden und zu entdecken. Selten ergab sich die Möglichkeit, eine Schöpfung der Natur vom Menschen für seine Zwecke direkt und ganz einfach zu kopieren, wie dies beim tropischen Wirbelsturm der Fall ist. Und wenigstens der Mechanismus des Sturmes würde wohl schon längst in mächtigen Kraftwerken genutzt werden, wenn im neunzehnten Jahrhundert, wo die Dampfmaschine noch an der Spitze der Wissenschaft und Technik stand, nicht darüber auf alle Zeiten das totale Verbot per Gesetz verhängt worden wäre.

Gesetze der Menschen - Gesetze der Natur

Die Natur kennt keine Gesetze. Sie ist einfach da. Die Menschen haben ihre Gesetze und sind gewohnt, sie einzuhalten. Aber was ist eigentlich ein Gesetz? Ist es etwas Subjektives, was ein Parlament annehmen, verändern oder außer Kraft setzen kann und was in der Gesellschaft jeder Einzelne beachten muss? Oder ist es etwas Objektives, was nach unserer Vorstellung in der Natur immer stattfindet, wir Menschen glauben es verstanden zu haben, und kein Parlament kann es verändern oder außer Kraft setzen? Leider ist es beides. In den vergangenen Zeiten geschah etwas Unzulässiges: Zwei äußerst wichtige, aber verschiedene Begriffe, eine in der Natur beobachtete und vom Menschen irgendwie erkannte Regelmäßigkeit und eine vom Menschen selbst geschriebene Regel, nach der sich jeder zu richten hat, wurden mit ein und demselben Wort Gesetz bezeichnet. Das führte dazu, dass die zwei grundsätzlich verschiedenen Gesichter des Gesetzes vom Menschen nicht selten als ein Gesicht betrachtet wurde, mit unerwünschten Folgen für den Menschen selbst und für die irdische Natur. Die Geschichte der Wissenschaft kann dies vielfach bestätigen. Dazu ein Paar Beispiele.

In dem Buch "Klima - Umwelt - Mensch" (Günther Flemming, 1990, S.15) heißt es: *Die Strahlung gehorcht den allgemeinen Gesetzen der Physik.* Hier darf nicht ausgeschlossen werden, dass die Strahlung wie auch ein Mensch mal ungehorsam sein könnte. Welch ein Durcheinander könnte es dann in der Welt geben!? Auch die Sonnenstrahlung könnte mal streiken und die Erde ignorieren! Die Grenze zwischen objektiv und subjektiv wird bei den grundsätzlich verschiedenen Gesetzen auf diese Weise nicht selten verschwommen. In einem anderen Buch unserer Zeit "Chaos und Ordnung. Die komplexe Struktur des Lebendigen" (Friedrich Cramer, 1989, S.31) findet man ähnliches: *Energieübergänge gehorchen dem Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, der im vorigen (jetzt schon vorvorigem, D.D.) Jahrhundert am Beispiel der Dampfmaschine entdeckt wurde.* Gehorchen diese dem Zweiten Hauptsatz auch in der Welt des im Titel erwähnten Lebendigen?, im tropischen Wirbelsturm?, im Tornado?, im

Vulkan u.a.m.? Oder sind die *Energieübergänge* in diesen Gebieten doch ungehorsam, unterstellen sich dem Zweiten Hauptsatz nicht und nur deswegen, weil mit diesem, vom Menschen noch in der Wiege der Wissenschaft niedergeschriebenen Gesetz etwas nicht in Ordnung ist? Es ist doch wahr, dass ein tropischer Wirbelsturm, obwohl er nur tropisch geboren werden kann, nach seiner Geburt schon vom Äquator in Richtung Polen wandert, mehrere Wochen lang eine unvorstellbar große Macht ausübt und dabei nicht ein einziges Gramm Spirit verbraucht, obwohl in ihm gewaltige *Energieübergänge* stattfinden! Von einem Gehorsam im Sinne des 2.Hauptsatzes kann bei den Energieübergängen wenigstens in Bezug auf den Wirbelsturm gar keine Rede sein. Dazu eine kleine Bemerkung. R. Carnap schreibt in seinem Buch *Philosophische Grundlagen der Physik* (Moskau, "Progress", 1971): *Eine Million von positiven Ergebnissen reichen nicht aus, um ein Gesetz zu verifizieren. Doch es genügt nur einen Widerspruch zu haben, um das Gesetz zu widerlegen.*

Wenn im zwanzigsten Jahrhundert das Parlament eines jungen afrikanischen Landes per Gesetz verbietet, die Kugelform der Erde anzuerkennen, kann dies als Kuriosität betrachtet werden, die auf das alltägliche Leben der Menschen wie auch auf die Natur keinen Einfluss hat. Aber wenn im neunzehnten Jahrhundert, in den Zeiten, wo Wissenschaft und Technik noch in den Kinderschuhen steckten, eine für die Dampfmaschine wichtige Eigenschaft bemerkt wurde, die sofort in den Rang eines außerordentlich wichtigen Gesetzes verkündet wurde und dazu noch auf alle Prozesse der Natur und auf alle Zeiten verbreitet wurde, dies konnte nicht ohne Folgen für die Menschen wie auch für die Natur selbst bleiben. Dieses Gesetz, das 2.Grundgesetz oder wie man in Deutschland heute lieber sagt, der 2.Hauptsatz der Thermodynamik, machte es für den Menschen unmöglich, die auffälligen Demonstrationen der Natur, viele einfache und komplizierte Prozesse, die auch im Wirbelsturm verlaufen, zu verstehen und auch zu nutzen. Die Voraussetzungen dazu waren schon damals gegeben, und nichts außer dem formellen Verbot hätte den Menschen daran hindern können, den Mechanismus eines Wirbelsturmes, bzw. die enorme Macht des Sturmes für seine

Zwecke, zum Wohle des Menschen und zum Wohle der Natur zu nutzen.

Das Objektive und das Subjektive im Gesetz der Natur

Der Glaube (verstehen kann man das Gesetz der Entropie nicht, man muss daran Glauben. Wie kann man schon Hunderte verschiedener Formulierungen dieses Gesetzes, die alle Bereiche der Wissenschaft und Technik umfassen, im Kopf behalten und sie auch alle verstehen? Wie kann man sich schon die geisterhafte, in der Natur nicht existierende Entropie vorstellen? Der König ist ohne Kleider, und viele sagen dies auch offen, doch viele behaupten auch immer noch, der König wäre gut gekleidet!), dass alle Prozesse der Natur dem 2.Hauptsatzes der Thermodynamik, dem Kind der Dampfmaschine, das mittlerweile schon 150 Jahre hinter sich hat!, unterworfen sind, ist auch heute noch ungeheuerlich stark. Auch ein großer Teil der modernen Fachliteratur ist von diesem Glauben nicht frei. Ein erst 10 Jahre altes, an sich recht gutes Buch "Die kosmische Uhr. Hat das Universum einen Sinn?" (Hubert Reeves, 1989, S.60-63) als Beispiel:

Auf dem Meer ist ein Schiff zum Halten gekommen. Die Tanks sind leer. Es ist Sommer. Der Ozean ist warm. Er verfügt über reichlich "Thermische Energie". Sie würde reichen, um das Schiff Millionen von Jahren fahren zu lassen. Aber der Kapitän kann damit nichts anfangen. Für ihn hat diese Energie keinen Wert. Es ist ihm unmöglich, die thermische Energie des Ozeans (gespeichert in den ungeordneten Bewegungen der Wassermoleküle) in mechanische Energie (die Bewegung seines Schiffes) umzuwandeln. Warum? Weil die Meeres-temperatur im wesentlichen einheitlich ist. Um das Schiff vorwärtszutreiben, müssen erst Temperaturunterschiede, thermische Ungleichgewichte geschaffen werden.

Und wie das? Mit Benzin. Die Explosion der Tröpfchen im Motor schafft ein heißes Umfeld, heißer als der Ozean. Durch das Auf und Ab der Kolben im Zylinder, der Pleuelstangen und Schiffsschrauben wird der Temperaturunterschied in Bewegung umgesetzt. Das Schiff nimmt wieder Fahrt auf.

*Doch es gibt nicht unendlich viel Benzin auf der Erde. Eben-
sowenig unerschöpflich sind die Atombrennstoffe. Die Sonne
und die Sterne sind nicht unsterblich. Wenn die Wärmequel-
len versiegen, kommt alle Bewegung zum Stillstand, selbst
wenn es im Universum Energie in Hülle und Fülle gibt. Der
Wärmetod ist die Folge, wenn sich die Temperaturunter-
schiede und die Qualität der Energie verringert. Man möchte
gern glauben, dies wurde vor 150 Jahren geschrieben, in den
Zeiten, wo die junge Lehre der Dampfmaschine noch direkt
zum Wärmetod des Universums führte, aber nein, man
schreibt es heute und das für die Heranwachsenden! Weiter
im Text:*

*Von unserem Kapitän ohne Benzin haben wir gelernt, dass es
nicht reicht, über Energie zu verfügen, um Bewegung zu er-
zeugen. Nicht alle Energien haben gleiche Qualitäten. Die
Entropie ist ein Maßstab für den Wert einer Energie, für de-
ren "Verwendbarkeit". Je höher die Entropie ist, desto weni-
ger nutzbar ist die Energie. Im Ozean ist die Entropie maxi-
mal: Die Energie der Wassermasse bringt unserem Schiffs-
führer keinen Nutzen. Dem Schiffsführer wohl, das heißt
doch aber noch gar nicht, dass diese Energie auch dem Wir-
belsturm keinen Nutzen bringt und dass der Mensch diese
Energie in anderen Einrichtungen, die sich vom Schiff unter-
scheiden, auch nicht nutzen kann oder darf! Außerdem, was
und wie haben wir denn von unserem Kapitän ohne Benzin
gelernt? Wenn keine Argumente da sind, dann werden sie
durch leere Phrasen ersetzt. Und noch mehr: *Dagegen ist das
Benzin eine Energiequelle mit geringer Entropie.* Geradeso
wie ein Meer Wasser enthält kann man sich statt Wasser eine
andere Flüssigkeit, beispielsweise das Benzin vorstellen. Ein
Schiff mit leeren Tanks in einem solchen imaginären Meer
aus Benzin, das so wenig Entropie enthält, wäre in derselben
Lage, wie auch das Schiff mit leeren Tanks auf dem Wasser
mit viel Entropie. Mit anderen Worten, obwohl das Benzin
schon eine gute *Energiequelle mit geringer Entropie* ist,
könnte sich das Schiff mit leeren Tanks in dem, prinzipiell
nicht unmöglichen Meer aus Benzin statt Wasser, auch nicht
bewegen. Doch in einer speziellen Einrichtung, im vom Men-
schen gebauten Verbrennungsmotor, könnte dieses energie-
reiche Benzin mit seiner geringen Entropie aus dem imaginä-*

ren Meer schon ganz gut benutzt werden, um Arbeit zu leisten. Gerade so, wie auch in einer speziellen Einrichtung, im vom Menschen gebauten Wirbelkraftwerk das energiereiche Wasser mit seiner enormen Entropie aus dem realen Meer benutzt werden könnte, um Arbeit zu leisten! Es gibt hier einfach keinen Unterschied, und die vom Menschen für spezielle mathematische Zwecke erdachte und in der Realität fiktive Entropie, spielt hier überhaupt keine Rolle. Daher ist auch das Verbot, die Energie des Meerwassers zu nutzen, sinnlos. Die Nützlichkeit des Energieträgers für die Energiegewinnung hängt hauptsächlich davon ab, wie man diese Energie umwandelt und dann nutzt. Zwei Beispiele dazu:

Wasser statt Benzin im Motor

Als junger Diplomingenieur und Mitarbeiter des Lehrstuhls für Verbrennungsmotoren in der Technischen Universität in Tomsk baute ich 1955 einen kleinen Motor, der lediglich Wasser verbrauchte. Ein Glas Wasser, ca. 200 Gramm reichte aus, um den Motor rund um die Uhr arbeiten zu lassen. Dabei wurde ein Zahnradmechanismus in Gang gesetzt, kleine Gewichte wurden hochgehoben und fielen von selbst wieder herunter. Zusätzlich klingelte ständig eine Glocke. Sehr dünne und starke, speziell ausgewählte Fäden waren auf eine rotierende Trommel gespannt. Diese wurden auf einer Stelle mittels kleiner Dochte mit Wasser leicht befeuchtet. Sie verkürzten sich dabei wie ein Muskel, hoben ständig ein Gewicht hoch und verrichteten auf diese Weise Arbeit. Das Gewicht setzte die Trommel in Gang. Sie drehte sich dadurch (wie auch die Trommel bei einem laufenden Eichhörnchen, jedoch langsam) ununterbrochen um ihre Achse. Die dünnen Fäden trockneten schnell ab und erhielten bis zum nächsten Arbeitszyklus ihre vorherige Länge.

Während meines Vortrages in der Technischen Universität fragte ein älterer Physiker, der an das was er sah und hörte nicht glauben wollte (übrigens wie auch viele andere Anwesende!), skeptisch: *Das heißt, wenn meine Frau meine Hose wäscht, dann leistet die Hose eine Arbeit? Wenn man einen Faden arbeiten lassen will, muss man ihn in ein speziell dazu errichtetes Gerät und nicht in die Hose einbauen! Ein*

menschliches Haar auf dem Kopf leistet keine Arbeit. Dasselbe menschliche Haar in einen Hygrometer eingebaut, bewegt einen Zeiger und zieht eine Feder auf, dabei leistet es schon eine Arbeit! Auch ein Muskel kann Arbeit verrichten, doch aus dem Körper entfernt ist er nur ein Stück Fleisch, mehr nicht. Und gerade so, wenn man die Wärme des Meerwassers als Energie nutzen will, muss man nicht von einem Schiff auf der See mit leeren Tanks reden, sondern von einem speziell dazu errichteten Kraftwerk muss die Rede sein!

Das Gesetz der Entropie verbietet dem Menschen, die totgesagte Wärme der Umgebung zu nutzen, und die meisten Zuhörer verließen damals den Saal mit der festen Überzeugung: ***Was nicht sein darf, kann auch nicht sein, wenn es auch noch so laut klingelt! Laut Gesetz kann ein Motor nicht mit kaltem Wasser angetrieben werden,*** und das war das überzeugendste Argument!

Elektrizität aus Wärme

2. Das leichte Gas Wasserstoff kann man als Brennstoff verwenden.

a) Dabei kann ein Thermoelement erhitzt und dadurch Elektroenergie produziert werden. Diese Umwandlung der Wärme in Elektrizität wird manchmal von Wanderern genutzt, um Radiogeräte zu speisen. Auch in verschiedenen Thermometern wird sie verwendet. Der Wirkungsgrad ist bei dieser Energiegewinnung unter 0,1%, und es gibt praktisch keine Möglichkeit ihn zu steigern. Mindestens 99,9% der vorhandenen Energie kann nicht in Elektrizität umgewandelt werden, muss unvermeidlich durch den Schornstein in die Luft abgeleitet werden und geht in Bezug auf die Elektroenergie für den Menschen verloren.

b) Man kann den Wasserstoff auch in einem Verbrennungsmotor oder Dampfkessel verbrennen, auf diese Weise einen Elektrogenerator antreiben und Elektroenergie produzieren. Durch diese Umwandlung der Wärme (die aus verschiedenen Brennstoffen oder Kernenergie stammt) in Elektrizität wird auf unserer Erde heute die meiste Elektroenergie produziert. Der Wirkungsgrad bei der Umwandlung der Wärme in Elek-

trizität ist hier schon spürbar höher. In diesem Bereich wurde der 2.Hauptsatz geboren, hier hat er Kraft und begrenzt diese Umwandlung der Wärmeenergie in mechanische oder elektrische Formen. Das hier herrschende Gesetz der Entropie macht in der Tat eine Umwandlung der Wärme über 60% unmöglich. 40% der vorhandenen Energie ist wegen der chaotischen Bewegung der Moleküle des heißen Energieträgers (Dampf, brennendes Benzin, Gas u.a.m.) auch bei idealen Bedingungen verdammt, durch den Schornstein in die Luft abgeleitet zu werden und kann prinzipiell nicht in Elektroenergie oder andere hochwertige Energieformen umgewandelt werden. Die in der Praxis unvermeidlichen, den Prozess begleitenden Verluste machen diese Umwandlung noch verschwenderischer. So wird in einem großen Wärme- Atomkraftwerk nur bis zu 40%, in einem Verbrennungsmotor nur bis zu 20 - 35%, in einer Dampflok nur bis zu 6 - 10% der Wärmeenergie des Brennstoffes nützlich verbraucht.

c) Man kann aber den Wasserstoff auch in einer Brennstoffzelle verbrennen und seine Energie in Elektroenergie umwandeln. Diese Form der Energieumwandlung verspricht besonders große Vorteile bei den Kraftfahrzeugen, und mehrere Firmen arbeiten heute intensiv an diesem Thema. Auch in einigen kosmischen Objekten wurde diese Energiequelle genutzt. Bei dieser Umwandlung der Energie des Brennstoffes in Elektrizität gibt es überhaupt keine prinzipielle Begrenzung. Der Wirkungsgrad kann bei idealen Bedingungen sagenhafte 100% erreichen. Wie auch überall in der vom Menschen geschaffenen Technik entstehen hier lediglich unvermeidbare kleinere, den Prozess begleitende Verluste, die den Wirkungsgrad in der Praxis heute bis zu 80% verkleinern. Doch diese Verluste hängen lediglich von der Vollkommenheit solcher Energieumwandler ab, sie sind nicht von prinzipieller Natur, und der 2.Hauptsatz hat deswegen gar keine Möglichkeit, sich hier einzumischen!

Also kann der Wasserstoff (wie auch andere Gase und organische Brennstoffe) als Energiequelle für die Bedürfnisse des Menschen:

a) in einem Thermoelement nur bis zu 0,1%,

b) in einem Kraftwerk bis zu 40%,

c) in einer Brennstoffzelle schon bis zu 80% zur Elektrizitätsgewinnung genutzt werden! Wo ist denn eigentlich die Begrenzung der Umwandlung von Wärmeenergie in andere Energieformen, die der 2.Hauptsatz der Thermodynamik in allen Prozessen kategorisch fordert? Nicht vom Gesetz der Entropie hängt die Umwandlung der Wärme in elektrische oder andere Formen ab, sondern ausschließlich davon, welchen Weg der Mensch bei dieser Umwandlung ausgewählt hat! Und nur wenn eine Dampfmaschine, ein Verbrennungsmotor oder eine ähnliche Hochtemperaturkraftmaschine ausgewählt wird, hat der 2.Hauptsatz der Thermodynamik wirklich Kraft!

Das Kind der Dampfmaschine in der Moderne

Die überlieferten, einfachen Vorstellungen von der unnütze Wärmeenergie der Umgebung, inklusive des Meerwassers, haben eine lange Geschichte. In Hunderten von Jahren wurden viele Generationen mit ihnen erzogen, und dies trägt auch heute immer noch seine Früchte, obwohl die Wissenschaft seit der Zeit der Dampfmaschine sich gewaltig weiterentwickelt hat. Hubert Reeves schreibt weiter: *Die Dampfmaschinen haben bei der Industrialisierung unserer Gesellschaft im vergangenen (im neunzehnten, D.D.) Jahrhundert eine große Rolle gespielt. Wie und bis zu welchem Punkt kann man die Leistung dieser Maschinen verbessern? Aus den Überlegungen und Untersuchungen zu dieser Frage sind die Hauptsätze der Thermodynamik (Wärmelehre) sowie die Begriffe Energie und Entropie hervorgegangen.* Das stimmt alles völlig. Doch was hat dies schon mit der Energie des Meerwassers zu tun, wenn die Rede von der Leistung einer Dampfmaschine ging, die mittels Energie der Steinkohle erzeugt wurde und nämlich für diese Hochtemperaturenergiequelle auch die sympathische Entropie erdacht wurde? Da sollte sie auch bleiben, und das wäre auch gut so! Aber nein: *Der zweite (Hauptsatz, D.D.) ist noch frustrierender, als der erste: Man kann die Energie, über die man verfügt, nicht vollständig zu*

seinen Gunsten nutzen. Zwangsläufig geht immer ein Teil davon verloren. (In der Natur geht überhaupt nichts verloren, und das ist eine unbestreitbare Tatsache. Die Natur ist so, wie sie ist. Verlieren kann nur der Mensch!) Alle Ereignisse in der realen Welt - die Fahrt mit einem Schiff, das Leben eines Tieres, ein Orkan im Pazifik - bringen eine Entwertung von Energie mit sich. Global kann die Entropie nur Wachsen.

Welche Energie entwertet ein Segelschiff? Könnte vielleicht irgendwer eine Antwort darauf finden? Wird ein Orkan auch mit Benzin getankt, dessen *geringe Entropie* da wie auch im Auto per Gesetz erhöht werden muss? Welche Energie entwertet denn der *Orkan im Pazifik* sonst, wenn man fragen darf? Ist es nicht umgekehrt? Wird im Orkan nicht die vom Gesetz der Entropie zum Tode verurteilte, minderwertige Energie der Umgebung auf seinem langen Wege in unvorstellbar großem Maße und langer Zeit hindurch drastisch aufgewertet, um erst dann (und nur nachfolgend!) wirklich wieder entwerter zu werden? Dieselbe Frage könnte man auch in Bezug auf das *Leben eines Tieres* stellen, doch dazu ist das Tier zu kompliziert. Ein Segelschiff und ein Orkan sind einfacher aufgebaut, um zu verstehen, dass ihr Funktionieren mit dem Gesetz der Dampfmaschine wenig zu tun hat.

Die Entropie und ihr Appetit

So ist es eben mit dem Zweiten Grundgesetz und seinem Doppeltgänger, dem Zweiten Hauptsatz der Wärmelehre. Wir haben sie einst in den Zeiten, wo wir von den Prozessen der Natur noch ganz primitive Vorstellungen hatten, aus der Flasche herausgelassen, machtgerig gemacht, und seitdem wollen sie ständig mehr: *Der zweite Hauptsatz führt uns zur Vorstellung vom Wärmetod der Erde. Wenn jedes Ereignis unausweichlich die globale Entropie vergrößert, indem es zuvor verfügbare Energie entwertet, könnte man versucht sein, in jedem Ereignis einen Schritt auf einen Zustand hin zu sehen, in dem jede Bewegung unmöglich wird, weil nutzbare Energie fehlt.* Diese Worte gehören zumindest in die vergangenen Jahrhunderte und schon gar nicht in das neue Jahrtausend. Solche Äußerungen heute, sie machen traurig. Man müsste schweigen, wenn es nicht so schlimm wäre. Was un-

sere Erde (alleine!, ohne uns) in Millionen von Jahren geschaffen und aufbewahrt hat, verbrennen wir (jetzt schon Wir!) täglich. Wir denken nicht an unsere Kinder und sägen am Ast, auf dem alle sitzen. *Der zweite Hauptsatz führt uns zur Vorstellung vom Wärmetod der Erde* ist zu leicht gesagt. Die verführerische, geisterhafte Entropie führt uns wirklich in den Wärmetod und zwar mit ansteigendem Tempo! Wir müssen uns besinnen. Noch ist Zeit.

Alles ist vergänglich, ob mit oder ohne Entropie, und auch das kurze Leben geht weiter. Doch wir vernichten rücksichtslos die wunderbare Natur und verschmähen dabei so manchen ihrer Vorschläge, die uns wirklich helfen könnten. Dies ist nicht zu rechtfertigen und tut weh.

Bemerkungen

Welchen Nutzen kann das Wirbelkraftwerk bringen?

Bei Bedarf kann die hier betrachtete Anlage auch getrennt, als Kraftwerk oder als Entsalzungsanlage, gebaut und genutzt werden. Doch da die kinetische Energie der Luftströmung nur im Kraftwerk fast völlig in Elektrizität umgewandelt und abgeführt wird und deswegen nicht wieder sofort in Wärme übergeht, die in der Luft bleibt und das Kondensieren erschwert, kann die Kondensation des Wasserdampfes im Kraftwerk unkomplizierter und früher und vor allem bei geringerer Wärmeabfuhr eintreten. Wenn aber allein die Energie benötigt wird, kann der Kamin niedrig sein.

Der Wirbel im Kraftwerk

Das Wirbelkraftwerk vereinigt Eigenschaften der zwei natürlichen Wirbelstürme in sich: des tropischen Wirbelsturmes und des Tornados. Wie beim Tornado wird die zuströmende Luft beim Einführen in die Konvergenzzone und ihrer Ausdehnung erwärmt. Wie im tropischen Wirbelsturm arbeitet auch hier zusätzlich der äußerst effektive Verdunstungspro-

zess. Außerdem spendet der Tornado dem Kraftwerk seine gewaltige Intensität auf einer kleinen Fläche. Dabei wird die Stärke des Wirbels im Kraftwerk vergleichbar weit übertroffen, da einerseits das Wasser von der Sonne gut erwärmt wird. Andererseits können die Konstruktion wie auch die wichtigsten Parameter optimiert und dadurch die unvermeidbaren parasitären Energieströmungen (eine Art "Kosinus ϕ ", das auch in Geräten mit elektrischen Spulen stattfindet) verringert werden. Die Steigerung der Intensität, daher auch der Leistung bei gegebenen Dimensionen, hat keine prinzipiellen Begrenzungen. Eine Leistung von mehreren Megawatt Energie in einem Konzentrator mit hundert Meter im Durchmesser ist leicht erreichbar.

Stabile Arbeit in jeder Zeit

Im Unterschied zum tropischen Wirbelsturm, der nur bei trockener Luft funktionsfähig ist, kann das Wirbelkraftwerk auch bei einer Luftfeuchtigkeit in der Umgebung von 100% fast mit derselben Kraft funktionieren. Das zusätzlich erwärmte Wasser erwärmt ebenfalls zusätzlich die zuströmende feuchte Luft. Dadurch sinkt die relative Feuchtigkeit stark, und die warme Luft kann noch eine Menge Wasserdampf aufnehmen. Deswegen verringert sich die Leistung des Kraftwerkes bei feuchter Luft nur wenig. Also, wenn das Meerwasser von 25°C auf 75°C erwärmt ist und die Luftfeuchtigkeit in der Umgebung während eines Nebels oder Regens fast 100% beträgt, würde sich die Leistung des Kraftwerkes lediglich um 10% verringern. Auch die Produktion von reinem Wasser wird im Wirbelkraftwerk größer sein, als im tropischen Wirbelsturm bei vergleichbaren Flächen. So würde, bei den im Beispiel ausgewählten Temperaturen von 25°C und 75°C, die zehnfache Menge Wassers pro Zeiteinheit verdunsten, das natürlich nicht alles als Kondensat auffangen und benutzt werden kann.

Bei einem großen Gewinn fast kostenlosen Trinkwassers, das neben der Elektroenergie produziert wird, wird entsprechend des 2.Hauptsatzes der Thermodynamik ein Teil des Wassers unvermeidlich verloren gehen. Doch verlieren wird dabei alleine der Mensch, nicht die Natur, da er nicht das gesamte

reine Wasser sammeln und nutzen kann, wie er dies gerne möchte, die Natur es aber auf ihre Weise nutzen wird! Mit anderen Worten, für den Menschen wird ein Teil des Wassers und ein Teil der Energie verloren gehen. Für die Natur wird kein Wasser und keine Energie verloren gehen! In den Sachen des Menschen spielt die Entropie eine Rolle. In den Sachen der Natur spielt die Entropie keine Rolle! In Bezug auf das Wasser wird beim Menschen im Kraftwerk geradeso wie auch in der Natur (der Regen!) seine Qualität ohne Aufwand auf natürliche Weise aufgewertet, weil es aus dem salzigen Meerwasser (ohne Brennstoff zu verbrauchen - im Gegensatz zur heutigen Praxis!) produziert wird, was jedoch heute als verboten gilt!

Natur, Mensch, Entropie, Fazit

Ein künstliches Objekt, das von der Erde ins All geschickt wird, verbraucht viel Sprit. Ein natürliches Objekt, das aus dem All auf die Erde geschickt wird verbraucht keinen Sprit. Obwohl hier in beiden Fällen alles absolut gleich ist (beide Objekte wurden beschleunigt und bewegen sich im All!), gibt es dennoch einen gravierenden Unterschied: die Bewegung des natürlichen Objektes im All ist ohne die Beteiligung des 2.Hauptsatzes der Thermodynamik zustande gekommen; die Bewegung des künstlichen Objektes im All konnte ohne die Beteiligung des zweiten Hauptsatzes überhaupt nicht zustande kommen!

Die Natur hat für ihre Dinge einen einfachen Lauf bestimmt, der keine Entropie benötigt. Alles ist da, weil es da sein muss. Alles ist so, weil es so sein muss. Alles verläuft so, wie es verlaufen muss. Und niemand weiß warum. Die Natur kennt keine Auswahl, die dem Menschen bekannt ist. Auch der Mensch ist da, weil er da sein musste. Niemand hat ihn ausgewählt. Er ist einfach da. Wozu und warum bleiben auch ohne Antwort. Und jetzt will der Mensch den Sachen der Natur auf die Spur kommen. Doch da er selbst ein Produkt

der Natur ist kann er dies nur mühselig tun. Es fehlen die Kräfte, die Räume und die Zeit, die der Natur zur Verfügung stehen, wie auch das Wissen der natürlichen Vorgänge, die der Mensch nie vollständig erkennen wird. Trotzdem ist es ihm gelungen auf der kleinen Erde einiges zu vollbringen. Aber dies nur unter der Leitung der Entropie: irrational, verschwenderisch, widernatürlich. Nach unserem Willen verbessern wir das Leben der wenigen, doch ohne unseren Willen verschlechtern wir das Leben aller und das auf immer.

Der 2.Hauptsatz, das von uns verkündete Gesetz aller Gesetze, hält die Tätigkeiten des Menschen in Grenzen und nur des Menschen, nicht der Natur. Die Natur kennt keinen Unterschied zwischen Nutzen und Schaden, zwischen Gewinn und Verlust, zwischen gut und schlecht. Alles ist für die Natur gleich wichtig und nichts geht verloren. Verlieren kann allein der Mensch nach seinen erlernten Kriterien und Vorstellungen. Und er tut dies auch mit Erfolg überall auf der Erde.

In allen Tätigkeiten des Menschen ist der Gewinn klein, die Verluste sind enorm. Der Erfolg ist gering, der Schaden ist unübersehbar. Die geschaffene Ordnung ist begrenzt und vorübergehend, die entstandene Unordnung ist grenzenlos und auf Dauer. Selbst die Gesundheit wird im Kleinen und kurzfristig scheinbar verbessert, doch tatsächlich wird sie im Großen und auf immer unumkehrbar verschlechtert. Durch unsere Aktivitäten wird die von uns gesteuerte Entropie lokal und kurzfristig verringert, doch global steigt sie nach unserem Maße unkontrolliert und auf Dauer gewaltig an. Wahrhaftig triumphiert der 2.Hauptsatz in allen Sachen des Menschen, und schon gar nicht in den Sachen der Natur!

Auch da, wo wir etwas Besseres tun können: bei der Energiegewinnung, bei der Produktion unserer Nahrungsmitteln, bei der Begrenzung der spontanen Vermehrung der Menschen, die unvermeidlich fatale Folgen haben wird u.a.m. tun wir das nicht: Unser Götze, der 2.Hauptsatz der Thermodynamik, fordert seine Opfer, und wir sind stets bereit, sie auch zu vollbringen. Bei den Bemühungen, den Wohlstand der spontan ansteigenden Bevölkerung unseres kleinen Planeten zu erhöhen, vernichten wir mit immer größerem Tempo fruchtbare Bodenflächen, verseuchen Gewässer und Böden, ver-

schmutzen die Luft, rotten unikale Urwälder, Tierarten, Bodenschätze aus, verbrennen unschätzbare, einzigartige fossile organischen Stoffe und stecken dabei wie der Straus aus der Sage den Kopf in den Sand.

Man kann den Ausstoß in die Atmosphäre von Kohlendioxid und anderer chemischer Stoffe begrenzen oder verbieten mit der Hoffnung die dünne, schützende Ozonschicht vielleicht zu bewahren. Man kann das Verfüttern des selbstgebastelten, widernatürlichen, hoffnungsvoll in großem Maße angewendeten Tiermehls verbieten, um eventuell das Verbreiten der selbstgeschaffenen, gefährlichen Krankheit abzubremesen. Man kann den Tabak, den Alkohol, die Drogen verbieten, um das freiwillige Ruinieren der Gesundheit zu verringern. Man kann die Geburt der Menschen per Gesetz regulieren, um die explosionsartige Vermehrung in den Griff zu bekommen. Man kann sich bemühen, um die Luft, das Wasser und den Boden weniger zu verseuchen und zu verschmutzen. Man kann noch so vollkommene Katalysatoren erfinden oder sichere Öltanker bauen, um die Umwelt nicht zu gefährden. Man kann die einbetonierten Flüsse befreien und ihnen wieder ihre natürliche Wege schenken, ihren freien Lauf gewähren, um die katastrophalen Überschwemmungen zu verringern. Man kann noch vieles mehr tun, um den vom Menschen leichtsinnig verursachten Schaden auf der Erde zu begrenzen. Doch beseitigen kann man ihn nicht. Der eingeleitete Prozess ist irreversibel. Die sympathische Entropie ist gnadenlos, sie fordert Opfer und findet sie auch ohne Widerstand. Unser Denkvermögen ist einseitig entwickelt, es reicht nicht aus, um einen Ausweg zu finden.

Wenigstens im Energiebereich könnte man etwas tun. Man sollte die offensichtlichen Demonstrationen der Natur in den Wirbelstürmen, diese ihrer einfachen und überzeugenden Vorschläge, die uns fast gar nichts kosten, uns aber reichlich mit Elektrizität und Trinkwasser versorgen würden ohne Vorurteile und erdachte Verbote nutzen und die wunderbare Umwelt dadurch ein bisschen schonen. Die billige Energie und das kostenlose Trinkwasser würden nicht nur die Zerstörung der Natur abbremesen, sondern so manches wieder gut-

machen, zum Beispiel das Bewässern von Wüsten oder ausgetrockneter Böden.

Wie bekannt ist, muss alles Neue in der Wissenschaft drei Stufen der Entwicklung passieren (von Max Planck sollte diese Aussage stammen): Vorerst wird geurteilt: *Das ist unmöglich*. Dann wird überlegt: *Hier ist etwas dran*. Nachher wird behauptet: *Es gab keinen Zweifel daran*.

Die vom Menschen (nicht von der Natur!) zum Tode verurteilte Wärme der Umgebung als Energiequelle des realen Wirbelsturmes kann leider immer noch die erste Stufe der Entwicklung nicht überwinden. Wenn jedoch entsprechend der zweiten Stufe eine wohlhabende Gesellschaft unbürokratisch das kleine Risiko eingehen könnte, um die überzeugende Demonstration des Wirbelsturmes im Modell zu überprüfen, dann würde in diesem Bereich bald die dritte Stufe der Entwicklung eingeleitet sein, und das umweltfreundliche Wirbelkraftwerk wäre nicht mehr zu stoppen! Der Wirbelsturm dreht sich in der Natur. Er wird sich auch im Kraftwerk drehen, bloß wann!? *Wir haben doch genug Öl*, das wenigstens sollte heute kein Hindernis mehr sein.

Erich von Däniken schließt das erste Kapitel seines Buches : *Neue Erinnerungen an die Zukunft. Habe ich mich geirrt?* (Genehmigte Lizenz Ausgabe für Weltbild Verlag GmbH, Augsburg 2001) mit den Worten:

Statt eines Schlusswortes zu diesem Komplex zitiere ich Wilhelm Jensen (1837-1911) mit einem sinnigen Vers:

Wer etwas allen vorgedacht,
wird jahrelang erst ausgelacht.
Begreift man die Entdeckung endlich,
so nennt sie jeder selbstverständlich.

Der Wirbelsturm wurde nicht einmal vorgedacht, er funktioniert tatsächlich. Das Wirbelkraftwerk braucht nicht einmal entdeckt zu werden, man kann es nachahmen. Doch bis zum Selbstverständlich wird die Bürokratie noch viel Zeit brauchen.

