

Ein Beitrag zur physikalischen Erklärung des Wümschelrutenproblems.

Von Ed. Haschek, Wien, und Karl F. Herzfeld, München.

Seit längerer Zeit wogt der Kampf der Meinungen über das Phänomen der Wümschelrute hin und her. Neben begeisterten Anhängern melden sich immer wieder entschiedene Gegner zum Wort, ohne daß es zu einer eindeutigen Entscheidung der Frage käme. Im verflochtenen Kriege nun kam die Wümschelrute zu intensiver Verwendung und es hat sich neben manchem Versagen eine stattliche Reihe von Tatsachen zugunsten der Wümschelrute ergeben, so daß es uns angezeigt erschien, die Methoden der physikalischen Forschung auf dieses Problem anzuwenden und zu fragen, welche objektive, physikalisch definierbare Erscheinung etwa die Beeinflussung des Rutengängers zur Folge haben könnte. Ein günstiger Umstand kam uns dabei insofern zustatten, als wir in Herrn Bergrat Dr. Waagen, Chefgeologen der Geologischen Reichsanstalt in Wien, einen geübten und sehr empfindlichen Rutengänger fanden, der sich uns in uneigennützigster Weise zu den oft mühsamen und langwierigen Versuchen, die für ihn auch mit beträchtlichem körperlichen Unbehagen verknüpft waren, zur Verfügung stellte. Es ist dies um so mehr zu begrüßen, als Herr Bergrat Waagen als Geologe seiner Fähigkeit und deren Erfolge wissenschaftliche Kritik anzulegen gewöhnt ist, aber doch wieder physikalisch genügend Laie ist, um durch die Versuchsanordnung unbeeinflusst zu bleiben. Wir sind ihm für seine Mitwirkung zu größtem Danke verpflichtet.

Zunächst seien einige Worte über die *Empfindungen des Rutengängers* selbst gestattet. Dr. Waagen gibt an, daß er beim Passieren eines wirksamen Objektes hauptsächlich in den Unterarmen eine nicht näher beschreibbare Empfindung hat, die er als nervöse Reizung oder Spannung bezeichnet. Sie tritt besonders deutlich ein, wenn er bei unter etwa 90° abgebeugten Unterarmen die Rute mit festem Druck hält und dabei die Armmuskulatur spannt, weniger deutlich unter den gleichen Umständen ohne Rute. Die Aufmerksamkeit muß dabei „auf die Rute“ gerichtet sein; tatsächlich ergaben auch gelegentlich angestellte Versuche eine deutliche Abnahme der Empfänglichkeit, wenn irgendwelche Maßnahmen an den Armen die Konzentration der Aufmerksamkeit störten, also etwa Anlegen von Handschuhen, Umhüllen der Arme mit leitenden oder isolierenden Materialien, Zubinden der Ärmel u. dgl. Weiters gab Herr Bergrat Waagen an, daß nervöse Überreiztheit als Folge körperlicher Zustände, im Gefolge von föhnigem Wetter u. dgl. die Empfindlichkeit bis zu Null herabzusetzen vermag, während eine leichte Anregung des Nervensystems, etwa nach mäßigem Alkoholgenuß, sie steigert. Die Rute selbst dürfte durch

die mehr oder weniger unbewußt variierenden Kontraktionen und Entspannungen der Muskel in Bewegung gesetzt werden und spielt keine andere Rolle als irgendein Zeiger an einem Instrument, der sonst nicht wahrnehmbare Bewegungen sichtbar zu machen hat. Es ist daher auch Material, Größe und Form der Rute ziemlich irrelevant, es wählt nur jeder Rutengänger nach Geschmack und Bequemlichkeit irgendeine Rutenform als „beste“ aus.

Bergrat Waagen benutzt eine sogenannte Spiralarute. Sie ist eine Drahtspirale, etwa 50 cm lang und 1,5 cm im Durchmesser, aus ungefähr 1 mm starkem Draht, so wie sie in größeren technischen Rheostaten verwendet werden. Sie wird so gehalten, daß sie U-Form hat (Fig. 1). Andere Rutengänger verwenden einen Stahldraht von etwa 4 mm Durchmesser, der in eine Schlinge gebogen ist (Fig. 2).

Es sei noch erwähnt, daß Dr. Waagen — wie übrigens auch zahlreiche andere Rutengänger — je nach der wirkenden Substanz „spezifische Ausschläge“ bekommt. Er identifiziert auf diese Weise das Material der wirkenden Substanz nach Drehungssinn und Größe des Ausschlags.

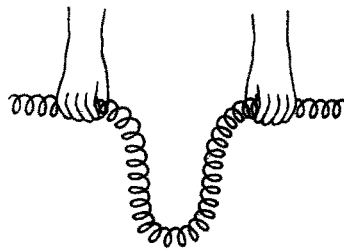


Fig. 1.

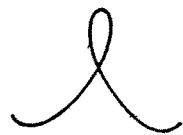


Fig. 2.

Unsere Untersuchungen beziehen sich nur auf die physikalische Seite der Frage, also darauf, welche äußeren Umstände für die Wirkung verantwortlich sind, nicht auf die physiologische, *wieso* sie auf den Rutengänger wirken. Wir betrachten den letzteren als ein anzeigendes Instrument, um dessen Mechanismus wir uns nicht weiter kümmern.

Wir haben uns auf *Zimmerversuche* beschränkt, da sich nur bei diesen die äußeren Umstände beherrschen lassen, doch sind solche für den Rutengänger viel anstrengender und daher die Bedingungen für das Gelingen ungünstiger. Der Versuchsraum (im Parterre des Wiener physikalischen Instituts) wurde zuerst mit der Rute auf wirksame Massen abgesehen¹⁾. Im störungsfreien Teil wurden die weiteren Versuche angestellt. Hierbei wurde die größte Aufmerksamkeit darauf gerichtet, unbewußte Beeinflussungen des Rutengängers durch andere Personen, die von dem anzustellenden Experiment Kenntnis hatten,

¹⁾ Hierbei wies Dr. Waagen zwei Stellen nach, den Ventilatormotor und die Schieber im darunter liegenden Keller, deren Lage uns damals vollkommen unbekannt war und erst nachträglich festgestellt wurde.

auszuschalten²⁾). Solche Beeinflussungen spielen bekanntlich bei andern ähnlichen Versuchen häufig eine ausschlaggebende Rolle. Doch zeigte sich bald, daß eine derartige Beeinflussung durch andere Personen nicht eintrat³⁾, so daß bei einzelnen späteren Versuchen die in der vorigen Anmerkung beschriebenen Vorsichtsmaßregeln nicht in aller Strenge durchgeführt wurden.

Die zu untersuchenden Gegenstände (Wassermengen von einigen Litern, Metallstücke von etwa 100 cm² oder mehr waren wirksam) waren unter Papier oder in geeigneten Pappschachteln verborgen. Über Störungen bei den Versuchen siehe S. 1032.

Die nächste Frage war natürlich, welche Wirkungen etwa zur Erklärung der Erscheinung herangezogen werden könnten.

Jedenfalls wollen wir uns auf physikalisch wohldefinierte Vorgänge beschränken. Wir müssen weiter von der Erklärung verlangen, daß sie nicht nur auf unsere eigenen Wahrnehmungen, sondern auch auf die Mehrzahl der sonst im Gelände beobachteten Erscheinungen anwendbar ist. Dazu gehört vor allem, daß die praktischen Rutenangaben Abhängigkeit von der Menge und von der Entfernung der wirkenden Substanz zeigen, daß sie bei großen Massen bis zu beträchtlicher Tiefe reichen (bei Wasser angeblich bis zu 250 m), daß aber die Vertikale insofern eine ausgezeichnete Rolle spielt, als die Rute vorzugsweise in der Senkrechten über dem Wirkenden sich bewegt.

Wir untersuchten zuerst die Möglichkeit, daß irgendwelche *gasförmigen Produkte* von der wirkenden Substanz abgegeben wurden, analog wie etwa bei den sogenannten „Metallstrahlen“, die bekanntlich auf Wasserstoffsperoxydbildung beruhen. Doch blieb Wasser, das wir in einen Glaskolben eingeschmolzen hatten, unverändert und dauernd durch diesen hindurch wirksam, so daß diese Erklärung auszuschließen ist.

Auch Temperaturdifferenzen sind nicht als Ursache anzusehen, da sich kein Unterschied zwischen warmem und kaltem Wasser ergab. Unbewußter Einfluß der Umgebung (Feuchtigkeit) oder elastische Wellen, die etwa durch den

²⁾ Herr Dr. Waagen verließ mit dem einen von uns den Versuchsraum vor der Vorbereitung der Experimente und betrat ihn erst wieder auf ein Signal, nach dessen Abgabe der Vorbereitende das Zimmer verließ. Der Rutengänger wußte also ebenso wie sein Begleiter weder, was aufgestellt war, noch konnte er denjenigen von uns, der den Versuch aufgestellt hatte und allein kannte, während des Versuchs sehen oder hören, bis letzterer nach der Prüfung durch die Rute wieder eintrat.

³⁾ Einer der stärksten Beweise hierfür liegt darin, daß die im folgenden auseinandergesetzte Erklärung erst im Laufe der Versuche entstand, während wir mit ganz andern Vermutungen an die Frage herangegangen waren; die letzteren wurden durch die Versuche widerlegt, die sich erst nachträglich als Bestätigung der später entwickelten Theorie darstellten.

Rutengänger im Gelände ausgelöst und durch die wirkende Substanz reflektiert wurden, sind bei den Zimmerversuchen ausgeschlossen.

Die Annahme einer *Strahlung* irgendwelcher Art als direkte Ursache endlich wird durch die im folgenden beschriebenen Versuche unmöglich.

Hingeleitet durch eine gelegentliche Bemerkung Dr. Waagens, daß elektrische Leitungen auf die Rute wirken, untersuchten wir nun, ob in der Nähe *elektrischer Ströme* Reaktion auftritt. Der Erfolg war positiv, es wirkte Gleich- und Wechselstrom der Straßenleitung (110 V, 0,2 A.) in gleicher Weise, als aber die Drähte verdreht wurden (induktionsfreie Wicklung), blieb der Effekt aus.

Um zu entscheiden, ob das *magnetische* oder das elektrische Feld wirksam ist, legten wir zwei lineare Magnetstäbe einmal gleichgerichtet, so daß die Pole sich verstärkten, das andere Mal mit den ungleichnamigen Polen aneinander. In beiden Fällen (die Stäbe waren natürlich beidemale verdeckt) zeigte sich die Wirkung identisch und nicht anders als bei gewöhnlichem Eisen. In einem zweiten Versuch erzeugten wir das Feld durch ein Solenoid. Die Wirkung, die bei Stromdurchgang auftrat, verschwand sofort, als das Solenoid in eine geerdete Hülle aus Drahtnetz eingeschlossen wurde, die das elektrische Feld abschirmte und nur das magnetische übrig ließ.

So war auch das magnetische Feld als unwirksam erkannt, und es blieb noch die Untersuchung *elektrostatischer Felder*.

Wir ließen Herrn Dr. Waagen einen Hartgummistab mit der Rute prüfen. Die Wirkung trat sehr kräftig auf, als der Stab durch Reiben elektrisiert wurde. Einfaches Durchziehen des Stabes durch eine Bunsenflamme schwächte die Wirkung beträchtlich, erst kräftiges Abflammen hob sie ganz auf.

Da nun aber ein Feld, das von elektrostatischer Aufladung im Innern der Erde befindlicher Massen herrührt, sicher abgeschirmt wird, wurden wir zu folgender Auffassung geführt: Der Erdboden ist stets von elektrischen Strömen, den *Erdströmen*, durchflossen, über deren Ursache und Gesetze unsere Kenntnisse allerdings recht mangelhaft sind. Nun werden sich die Stromlinien in den besseren, im Erdboden etwa enthaltenen Leitern drängen, während die schlechteren Leiter sie in geringerer Dichte enthalten werden. Diese Ungleichförmigkeit im Verlauf der Stromlinien, die ihren Grund in der Ungleichförmigkeit des Widerstandes des Erdbodens hat, wird sich nun auch im Spannungsabfall, d. h. im Verlauf des elektrischen Feldes äußern.

Denken wir uns zunächst den Erdboden ganz homogen und von einem gleichmäßigen Strom durchflossen, dann ist, da der Widerstand überall gleich ist, auch der Spannungsabfall überall gleich, die Flächen gleicher Spannung (Niveau- oder Potentialflächen) stehen senkrecht in

gleichen Abständen auf dem Erdboden, die elektrischen Kraftlinien laufen ihm parallel mit überall konstanter Dichte. Legen wir nun eine Inhomogenität in den Boden, so wird an dieser Stelle der Widerstand geändert, ist die Leitfähigkeit größer (Erze, Wasser), so ist der Spannungsabfall kleiner, die Niveauflächen gehen auseinander. Ist die Leitfähigkeit kleiner als in der Umgebung (Höhle), so wird der Spannungsverbrauch größer, die Kraftlinien und Niveauflächen drängen sich stärker zusammen. Nur in *einem* Fall wird das elektrische Feld nicht beeinflusst, wenn nämlich die Inhomogenität (Erzader, Wasserleitung) zufällig parallel dem Erdstrom läuft, denn dann steigt die Stromdichte dort soweit an, daß der Spannungsabfall außen und innen gleich groß ist. Nur wo Stromlinien die Inhomogenität *kreuzen*, äußert sich das im elektrischen Feld⁴⁾.

Verschiebungen Δx der Potentialflächen in mm.

Horizontalentfernung von der Zylinder- achse x in Metern	0	1	2	5	10	15
Höhe über dem Erd- boden in Metern						
0	0	19,8	38,4	80,0	100,0	94,5
1	0	16,4	32,0	68,5	90,5	87,0
2	0	13,8	27,0	59,0	82,0	81,0

Die Tabelle zeigt den theoretischen Einfluß eines unendlich lang gedachten Zylinders aus Metall von 1 m Radius in einer Tiefe von 10 m auf die Niveauflächen, die sonst in gleichen Abständen, etwa in der horizontalen Entfernung $x=1, 2, 3, \dots$ m von seiner Achse, vertikale Ebenen wären. Die (horizontale) Zylinderachse verläuft senkrecht zum Strom. Die Figur 3 stellt das schematisch dar.

Der Effekt ist dem Querschnitt des Zylinders proportional, ebenso bei einer Kugel ihrem Volumen, und hängt auch von der Leitfähigkeit ab.

Wir müssen nun annehmen, daß der Rutengänger auf diese *Abweichungen vom gleichmäßigen Feld* irgendwie anspricht. Wie der Einfluß geschieht, und auf welche Organe des Körpers, kann von uns natürlich in keiner Weise entschieden werden, nur sei nochmals auf die Angabe Dr. Waagens hingewiesen, daß er die nervöse Spannung vorzugsweise in der gespannten Muskulatur der Unterarme verspürt. Jedenfalls sind die nachweisbaren Effekte sehr klein, die Emp-

⁴⁾ Wird in den Erdboden von der Leitfähigkeit λ_0 ein unendlich langer Zylinder von der Leitfähigkeit λ_1 eingesenkt (Radius a , Zylinderachse in der y -Richtung, Strom in der x -Richtung, z Höhe über der Zylinderachse), so nimmt das Potential, das früher den Wert

$E_0 x$ hatte, den Betrag an $E_0 x \left(1 - 2 \frac{\lambda_1 - \lambda_0}{\lambda_1 + \lambda_0} \cdot \frac{a^2}{x^2 + z^2}\right)$, d. h.

die Niveauflächen werden um $\Delta x = 2 \frac{\lambda_1 - \lambda_0}{\lambda_1 + \lambda_0} \cdot \frac{a^2 x}{x^2 + z^2}$ verschoben.

findlichkeit des Rutengängers ist sehr groß (wodurch die Beschränkung dieser Fähigkeit auf einzelne Personen erklärlich wird). Die Aussicht, an Stelle des Rutengängers mit all seinen physiologischen Unvollkommenheiten irgendein Instrument zu setzen, scheint uns derzeit sehr gering, da wir kein genügend empfindliches Instrument haben, das auf diese geringen Feldänderungen ansprechen würde.

Wir müssen nun vergleichen, ob die aus obigen Entwicklungen abzuleitenden Schlüsse mit der Erfahrung stimmen. Aus ihnen folgt jedenfalls, daß Massen verschiedener Leitfähigkeit das elektrische Feld beeinflussen, desto stärker, je größer sie sind, die Wirkung hängt von der Tiefe ab, die Vertikalrichtung ist (s. Figur) ausgezeichnet. Ob die „spezifischen Ausschläge“ etwa mit der verschiedenen Leitfähigkeit zusammenhängen, sei dahingestellt.

Es zeigt sich, daß sich die landläufigen Reaktionen der Rute in allen Fällen ungezwungen und ohne Hilfsannahmen aus der entwickelten Anschauung ergeben; es ist z. B. ohne weiteres klar, daß der *gleichmäßige Grundwasserspiegel ohne Wirkung* auf die Rute bleibt, daß aber alle Stel-

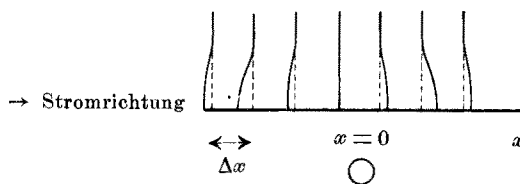


Fig. 3.

len anderer Wasserführung⁵⁾ darin sich durch die Rute finden lassen, sei es, daß irgendwie eine Verdickung oder Verschwächung in der wasserführenden Schicht vorhanden ist, sei es, daß die veränderte Wasserführung durch eine Änderung der Korngröße der Schotterschichte hervorgerufen ist. Auch der Befund erklärt sich ohne weiteres, daß der Rutengänger bei Wasserleitungen oder linearen Erzadern häufig nur gewisse Stücke mit der Rute nachzuweisen imstande ist, also scheinbar Unterbrechungen findet, wo keine sind: es verläuft eben dann der Erdstrom an dieser Stelle genau parallel der Leitung oder der Erzader. Auch noch in einem anderen Falle kann die Rute versagen: ist zufällig die Leitfähigkeit der Hauptmasse der Erdkruste an der fraglichen Stelle gleich jener des Einschusses, so bleibt dieser ohne Wirkung auf die Rute. Ebenso wie hier Möglichkeiten aufgewiesen sind, daß die Rute trotz des Vorhandenseins einer wirkenden Substanz versagt, lassen sich natürlich auch solche konstruieren, in denen sie fälschlich das Vorhandensein von Materialien anzeigen muß, wo sie tatsächlich fehlen. Es genügt eben die

⁵⁾ Die von den Rutengängern als „Strömungen“ gedeutet wurden.

Diagnose mit der Rute allein nicht, sie muß vielmehr durch Bohrungen erst verifiziert werden.

Schließlich wäre noch zu besprechen, wieso in vorliegender Untersuchung überhaupt Resultate mit Massen erzielt werden konnten, die bestimmt von keinem Erdstrom durchflossen waren. Im ersten Augenblick scheint ja allerdings unsere Anschauung nur für die Verhältnisse im Freien Geltung zu haben, für *Zimmerversuche* aber gänzlich zu versagen. Doch auch hier ist sie mutatis mutandis anwendbar: Nicht der Erdstrom oder seine Änderungen sind es ja, was der Rutengänger direkt merkt, sondern die *Deformationen im elektrischen Felde*, in dem er sich befindet. Und solche Deformationen erleidet das elektrische Feld durch alle darin befindlichen isolierten Körper. Daran eben scheitern häufig die Zimmerversuche, daß die Deformationen des elektrischen Feldes, die durch die im Zimmer dargebotenen Massen hervorgebracht werden, unmerkbar sind, während sie bei ausgedehnten Lagern im Erdboden durch die Beeinflussung des Erdstromes noch ganz gut beträchtliche Werte erreichen können. Der Nachweis für diese Auffassung der Zimmerversuche läßt sich auf zweierlei Weise führen. Wir brachten verschiedene unter Pappe ohne weiteres wirksame Metallmassen in eine größere Schachtel, die mit einem zur Erde geleiteten Drahtnetz ausgekleidet war, also in einen sogenannten *Faradayschen Käfig*, der das elektrische Feld vollständig abschirmt: Jede Rutenreaktion verschwand sofort. Metallmassen, Kupfer und Eisen, die einfach am Boden lagen, und die kräftige Rutenreaktion hervorriefen, wurden sofort unwirksam, wenn sie leitend mit der Erde durch Anlegen eines an die Wasserleitung angeschlossenen Drahtes verbunden wurden. Andererseits zeigte sich frisch abgeflammtes Paraffin als unwirksam, ergab aber sofort einen kräftigen Ausschlag, wenn es durch Reiben (am Bart) elektrisch gemacht wurde, so daß seine Kraftlinien das Feld in der Umgebung modifizierten.

Es ist nun klar, daß danach eine jede wie immer hervorgebrachte Veränderung im elektrischen Felde ihre Wirkung ausüben muß. Es zeigen auch tatsächlich alle von uns gelegentlich, meist längst vor der Bildung der hier entwickelten Anschauung gemachten Beobachtungen mit *ionisierten Gasen* den erwarteten Effekt. So wirkt eine Gasflamme kräftig auf den Rutengänger ein, ebenso bei einem Versuch die Luft, die durch Wasser perlend elektrisch wird, ebenso auch ein radioaktiv versenkter Exsikkator, der mit „induzierter Aktivität“ beladen die Luft ionisierte, am stärksten aber bis zu kräftigem Unbehagen eine mit Radiumemanation beladene Luft. Wir erzeugten sie durch Durchblasen von Luft durch ein mit Radiumemanation gesättigtes Wasser. Während in den anderen eben angeführten Fällen die Wirkung mit dem Abstellen der Ionisationsquelle sofort verschwand, blieb sie hier infolge der An-

lagerung der Emanation an die Haut bestehen, verschwand aber durch Abwaschen der Hände mit Wasser, das die adsorbierte Emanation weglöste. Auch im freien Gelände wirken alle Anhäufungen von Ionen aus irgendwelchen Ursachen in der hier beschriebenen Weise auf den Rutengänger ein: So erklärt sich der Einfluß von Nebel, von föhnigem Wetter, von gewittriger Wetterlage u. dgl. Ebenso dürfte auch die Beobachtung von Dr. *Ambrom* über die Koexistenz von radioaktiven Beobachtungselementen und Rutenausschlägen über Verwerfungsspalten zu erklären sein.

Über das Feld, das vom Erdstrom herrührt, lagert sich nun im Freien *das Feld*, das von *gewöhnlicher elektrostatischer Aufladung* herrührt. Dieses ist viel stärker als das erstere und würde, wenn es auf die Feldstärke allein ankäme, alles überdecken. Aber es ist (wenigstens im kleinen) gleichmäßig. Die Wirkung von Bodenerhebungen, Häusern usw., die ja das Feld auch deformieren, werden offenbar psychologisch ausgestaltet, da der Rutengänger diese Objekte sieht.

Auch dem Einwand, daß der elektrische Einfluß der Wolken überwältigend stark sein müßte, glauben wir mit dem Hinweis begegnen zu können, daß das luftelektrische Potentialgefälle sich mit dem Orte gewöhnlich wohl langsam ändert, so daß die Änderungsgeschwindigkeit beim Passieren im Gelände über einer wirksamen Substanz trotz der Kleinheit der Absolutwerte überwiegt. Andererseits nimmt bei unruhigem elektrischem Wetter (Föhn, Gewitterneigung) die Rutenfähigkeit wesentlich ab. Auch die gelegentliche Angabe Dr. *Waagens*, daß beim Arbeiten im Freien sich häufig „unspezifische“ Wirkungen ergeben, die beim wiederholten Überschreiten der gleichen Geländestelle nicht mehr oder anders auftreten, könnte mit luftelektrischen Wirkungen erklärt werden.

Bei der Beurteilung der Resultate eines Versuches sind noch die *Störungen* zu beachten. Diese sind zweierlei Art. Die übergroße Empfindlichkeit des Rutengängers reagiert auf die geringsten Mengen Reibungselektrizität; man muß daher diese auf das sorgsamste vermeiden bzw. stets Leerversuche vorangehen lassen. Bei solchen zeigt sich oft die zum Verdecken benutzte Papierhülle (Schachtel) als wirksam. Man muß daher beim Abheben eines Schachteldeckels usw. größte Vorsicht walten lassen, auf deren Nichtbeachtung wohl viele Fehlversuche zurückzuführen sind. Zweitens aber darf man nicht vergessen, daß kein Apparat, sondern ein Mensch als anzeigendes Instrument dient, der durch jede subjektive Beeinflussung gestört wird. Einerseits sind nur Versuche brauchbar, bei denen der Rutengänger nicht weiß, welches Objekt auf ihn wirkt, andererseits kann bei ungünstiger Stimmung des Rutengängers alles mißlingen.

Wir haben nach Schluß unserer Untersuchungen, veranlaßt durch Bemerkungen von geschätz-

ter Seite, Versuche unternommen, in welchen die Zahl der Fehlangaben geprüft werden sollte. Diese haben teilweise ein schlechtes Resultat ergeben.

Wir erklären dies erstens durch die oben erwähnten unkontrollierbaren äußeren Einflüsse der Reibung (die bei den früheren Versuchen durch die Leerversuche leichter auszuschalten waren), hauptsächlich aber durch die Stimmung des Rutengängers, der erklärte, geradezu unter „Prüfungangst“ zu leiden und schon die Nacht vorher infolge der Erwartung schlecht geschlafen zu haben, während er bei den früheren Versuchen eben nicht das Gefühl der „Prüfung“, sondern das eines „Versuchs“ gehabt habe.

Eine Versuchsreihe mit besserem Resultat gibt die folgende Tabelle. Es wurden numerierte Schachteln etwa in der Größe 20 × 20 cm mit dem Boden nach oben aufgestellt. Einige von ihnen enthielten kleine Eisengegenstände (+ in der Tabelle), andere waren leer (0). Während der Versuche mit der Rute war niemand anwesend, der wußte, welche Schachteln leer waren.

Füllung . . . + 0 0 + + 0 0 0 + + 0 0 + 0 0 + 0
Rutenreaktion . 0 0 + + 0 0 + + 0 + 0 0 + 0 0 + 0

d. h. 6 Fehler gegen 11 Treffer. Eine andere Reihe mit einem andern, weniger empfindlichen Rutengänger ausgeführt, bei der aber die Bedingungen günstiger waren (größere Eisengegenstände, stets die gleiche Hülle) ergab:

Füllung + 0 + 0 + + 0
Reaktion + 0 + + 0 + 0

d. h. 2 Fehler gegen 5 Treffer.

Dagegen kamen auch Reihen vor, bei denen nur soviel Treffer eintraten, als dem bloßen Zufall entspricht, und dieses Resultat haben auch andere öfters erhalten. Wir erklären es mit den oben angeführten Gründen.

Wir sind uns wohl bewußt, daß noch viel mehr Versuche⁶⁾ unter möglichster Vermeidung aller Fehlerquellen nötig wären, um als vollkommen zwingende Beweise gelten zu können. Wir selbst sind aber durch das, was wir gesehen haben, hauptsächlich aber dadurch, daß wir zu einer Erklärung gedrängt wurden, die von unseren ursprünglichen Annahmen abwich, von der *Objektivität der Erscheinung überzeugt*. Leider mußten wir aus äußeren Gründen die Versuche abbrechen und uns mit den geschilderten Resultaten begnügen.

Auch unsere Erklärung kann nicht mehr als ein erster Versuch einer physikalischen Theorie der Wünschelrute sein. Es gibt sicher noch eine große Anzahl von Schwierigkeiten, die zu überwinden sein werden. Es darf aber nicht vergessen werden, daß bei allen derartigen Phänomenen, die nur einigen besonders befähigten Personen zugänglich und von ihrem momentanen Zustand abhängig sind, das Experimentieren sehr erschwert

⁶⁾ Die Zahl der angestellten Versuche ist etwa von der Größenordnung 200.

ist. Das bedingt eine Fülle von Angaben, die vielleicht einer strengen Prüfung nicht standhalten, deren Erklärung aus der Theorie aber gefordert werden könnte.

Erst wenn das Beobachtungsmaterial ganz geklärt ist, wird man endgültig über die Brauchbarkeit der Theorie urteilen können.

Die Versuche wurden (mit Unterbrechungen) seit November 1919 im zweiten physikalischen Institut der Universität Wien angestellt.

Lupenvergrößerung, Fernrohrvergrößerung und Vergrößerung.

Von H. Erfle, Jena.

In der Deutschen optischen Wochenschrift 1921, 7. Jahrg., S. 345—349 habe ich die Zusammenhänge zwischen den dreierlei im Titel genannten Vergrößerungen behandelt. Im folgenden soll über diese Arbeit mit Hinzufügung einiger erläuternder Zeichnungen ausführlich berichtet werden, da mancher Leser dieser Zeitschrift, der irgendeine optische Vorrichtung — beispielsweise eine Fernrohrlupe von Zeiß oder ein Sehrohr zur optischen Übertragung des Auges nach einem mehr in der Nähe des Dingpunktes befindlichen Orte — benutzt, in die Lage kommen wird, sich zu fragen, was man eigentlich unter Vergrößerung verstehen soll. Das Kennzeichnende der an und für sich sehr einfachen Betrachtungen ist, daß man sich nicht auf die Lupenvergrößerung beschränkt, sondern daß man vielmehr noch zwei Vergrößerungen hinzufügt: die Fernrohrvergrößerung und die Vergrößerung.

Man versteht bei der üblichen Festsetzung¹⁾ unter Lupenvergrößerung das Verhältnis $\frac{1}{\text{tg } w'/\text{tg } w^*}$

Wir wollen die *Lupenvergrößerung* mit N_L bezeichnen, also:

$$N_L = \text{tg } w'/\text{tg } w^* \dots \dots \dots (1)$$

setzen. Dabei ist w^* der Gesichtswinkel, unter dem der achsensenkrechte Gegenstand y (seine lineare Größe y sei von der Achse aus gemessen) erscheinen würde bei der Betrachtung aus der Entfernung l , also:

$$\text{tg } w^* = \frac{y}{l} \dots \dots \dots (2)$$

Ob durch die optische Vorrichtung ein deutliches Bild entsteht oder nicht, ist uns im folgenden gleichgültig; für uns kommt nur der Projektionsvorgang in Betracht. w' ist der am Ort des bildseitigen Hauptstrahlenkreuzungspunktes gemessene Winkel, unter dem das Bild y' erscheint. y' ohne

¹⁾ Man vergleiche dazu das Büchlein von M. von Rohr, „Die optischen Instrumente (Lupe, Mikroskop, Fernrohr, photographisches Objektiv und ihnen verwandte Instrumente)“, 3. Aufl., 1918 (88. Bd. der Teubnerschen Sammlung. Aus Natur und Geisteswelt), S. 36 und 41—43.