Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 4 (1949)
Heft: 5

Artikel: Vom Wert extremer Versuchsbedingungen
Autor: Braunbek, W.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-653951

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

zember sind photographierte Projektionszeichnungen, gewonnen auf dem angebauten Projektionstisch (Bild 9). Auf einem weißen Papier erscheint hier die Sonnenscheibe mit 25 Zentimeter Durchmesser und zeigt sämtliche Flecken und Randfackelherde (weiße Adern) in bester Präzision, so daß diese Gebilde unter einer schwarzen Tuchhülle direkt nachgezeichnet werden können. Sie ist im Bild 9 weggelassen. Das Nachführungsuhrwerk des Refraktors zum Ausgleich der Erdrotation sorgt für fixierte Lage des Bildes in einem auf dem Blatt vorgedruckten in 360 Grade eingeteilten Kreis von 25 Zentimeter Durchmesser. Am 24. Dezember ging die Gruppe durch den Zentralmeridian (Sonnenmitte) und hatte dabei eine wahre Gesamtlänge von 240 000 Kilometer. Die Erde mit 12 700 Kilometer Durchmesser erscheint dagegen recht unbedeutend (siehe schwarzer Kreisfleck „Erde" auf Bild 1). Bild 6 zeigt die Sonne bei ihrem Aufgang über Monte Tamaro (Locarno) am 25. Dezember, MEZ 9.30 Uhr.

Die angenäherten Temperaturen der verschiedenen auf der Sonnenscheibe sichtbaren Erscheinungen sind etwa: Sonnenoberfläche 5700° C, Flecken 4700° C, Fackeln 7000° C. Diese Temperaturunterschiede sind es, die bei uns während der Beobachtung im weißen (integrierten) Licht die Helligkeitskontraste liefern, so daß die verschiedenen Gebilde für das Auge sichtbar werden.

Die hier beschriebenen Sonnenfleckenbeobachtungen wurden von der Eidgenössischen Sternwarte in Zürich zusammen mit den Sternwarten in Arosa, Athen, Istanbul, Kanzelhöhe (Österreich), Locarno, Madrid, Skalnaté-Pleso (Tschechoslowakei), Tsinan (China) und Uccle (Belgien) durchgeführt. Dadurch entsteht ein Material, das die vollständige Entwicklung der Sonnenfleckentätigkeit enthält, und von der Eidgenössischen Sternwarte als der internationalen Zentralstelle für Sonnenforschung bearbeitet und mit Unterstützung durch die Internationale Astronomische Union publiziert wird.

K. Rapp, Locarno-Monti

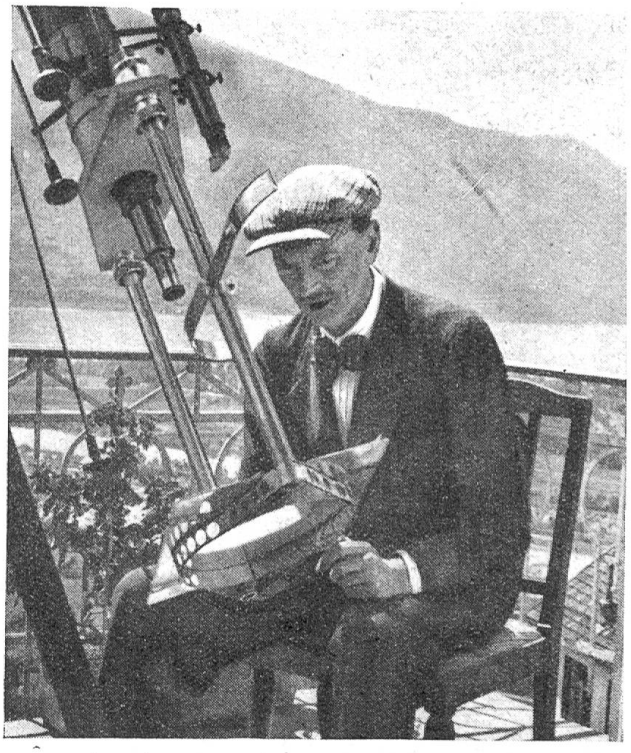


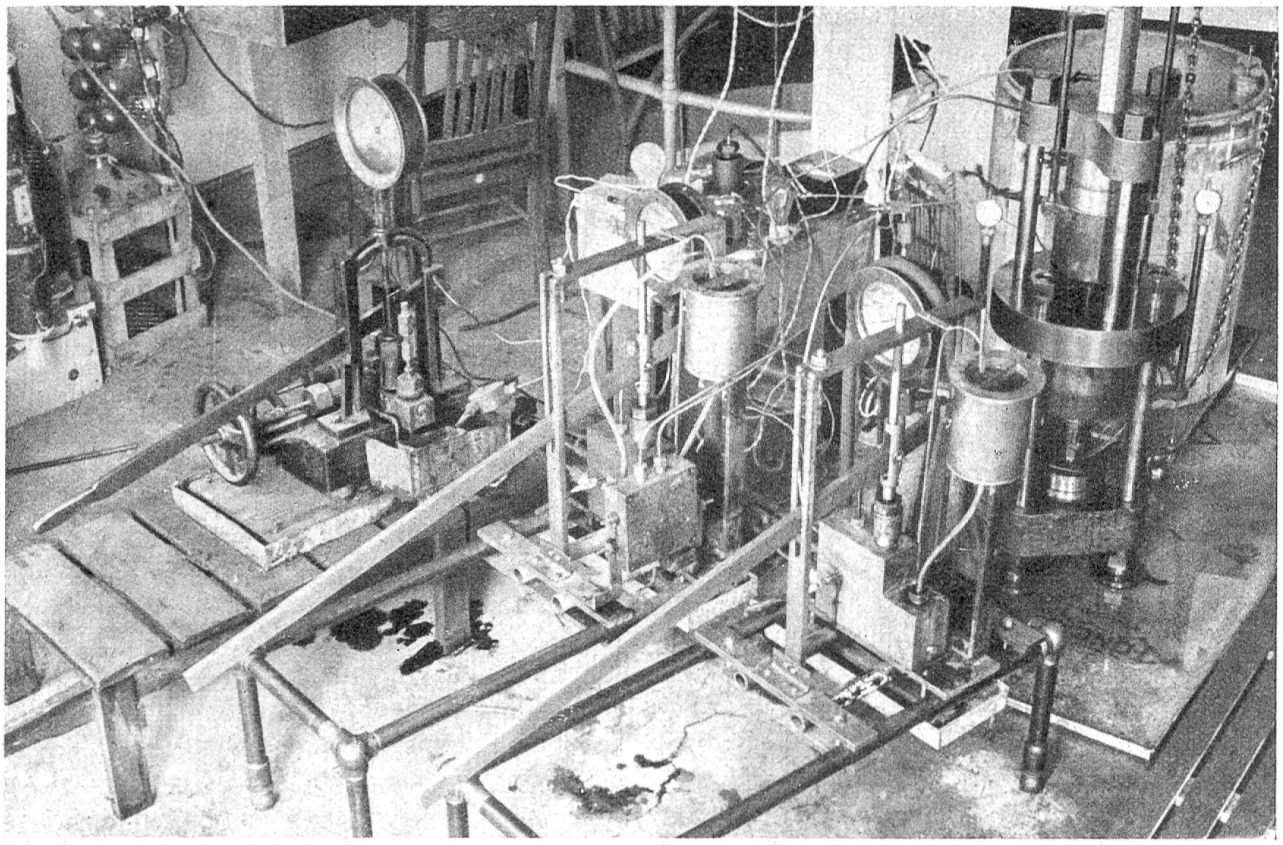
Bild 9: *Projektionstisch mit Beobachter. In der Praxis wird unter einem schwarzen Tuch gearbeitet. Auf einem weißen Blatt Papier sieht man die Sonne mit 25 cm Durchmesser und auf ihr alle Flecken und Randfackeln in großer Präzision. Die Gebilde werden täglich nachgezeichnet nach Lage und Form. Solche Zeichnungen bilden die Unterlage für die Sonnenstatistik der Eidgenössischen Sternwarte, die gleichzeitig internationale Zentralstelle für Sonnenforschung ist*

Vom Wert extremer Versuchsbedingungen

Einst bestand die Physik in der Beobachtung dessen, was die Natur mehr oder weniger von selbst darbietet. Dann begann der Mensch bewußt die Bedingungen der Beobachtung zu verändern; er begnügte sich nicht mehr mit dem, was ihm die Natur erzählte; er stellte Fragen. Das Experiment wurde mehr und mehr Grundlage einer systematischen Forschung.

Zaghaft und mit recht primitiven Hilfsmitteln begann die neue Entwicklung. Vor hundert Jahren konnte man noch mit Geräten, die man aus Blech, Pappe und Siegellack bastelte, neue Entdeckungen machen. Heute verblüfft ein modernes physikalisches Laboratorium durch seine Ausstattung und seine Apparate, die oft mehr an eine Fabrikhalle als an eine stille Forschungsstätte erinnern.

Zwei Entwicklungslinien bestimmen das immer raschere Tempo des wissenschaftlichen Fortschritts in der Physik und ihren Nachbargebieten: Einmal ist es das Bestreben, die Beobachtungsmethoden immer mehr zu verfeinern. Das Auge wird durch die Lupe, dann durch das Mikroskop, heute durch das Elektronenmikroskop wirksamer gemacht. So sinkt die Auflösungsgrenze von ein zehntel auf ein hundertstel, ein zweitausendstel, schließlich nahezu auf ein millionstel Millimeter. Riesenmoleküle sind bereits zu sehen, und nur eine Größenordnung trennt uns noch vom Sichtbarwerden normaler Atome. Gleichzeitig erfolgt eine erstaunliche Steigerung der Meßempfindlichkeit elektrischer Geräte. Winzigste Ladungen, winzigste Ströme, winzigste Spannungen gelangen in den Bereich messender Beobachtung. Instrumente zum Nachweis von Strahlung aller Art werden entwickelt, die so empfindlich sind, daß heute die Wirkung *eines* Alpha-Teilchens, *eines* Elektrons, *eines* Lichtquants nachweisbar ist, wodurch die atomaren Probleme auf direktem Wege erforschbar geworden sind und überhaupt erst die Möglichkeit zum Aufbau einer eigentlichen Atomphysik geschaffen wurde. Es ist schwierig, sich eine richtige Vorstellung davon zu machen, welche ungeheure Mannigfaltigkeit von Erscheinungen — man kann ruhig sagen, es ist das meiste von dem, was wir heute wissen — durch die Steigerung der Instrument-Empfindlichkeit auf allen Gebieten überhaupt erst



Ansicht der Versuchsanlage, mit der ein Druck von 100 000 Kilogramm je Quadratzentimeter erreicht wurde

in das menschliche Beobachtungsfeld gerückt wurde. — Trotzdem ist die immer weitergehende Erhöhung der Meßempfindlichkeit nicht die alleinige Quelle des Fortschritts. Daneben tritt als vielleicht noch wichtigerer Faktor eine zweite Tendenz: das Bestreben, immer selbständiger, in immer extremerer Form die Bedingungen abzuändern und willkürlich festzusetzen, unter denen beobachtet wird. Die Natur wird nicht mehr in ihrem „natürlichen" Ablauf untersucht; es werden ihr Bedingungen auferlegt, die normalerweise nicht vorliegen. Das gerade ist der Sinn des systematischen Experiments, durch das heutzutage — vielfach ganz überraschend — neue Erscheinungen in den Gesichtskreis des Forschers traten. Ganze Wissenszweige sind überhaupt erst erschlossen worden durch extreme Versuchsbedingungen, durch denkbar weites Abgehen vom „Normalzustand".

Ein „permanentes" Gas nach dem andern erlag dem Angriff des verbesserten Experiments, im Jahre 1877 der Sauerstoff durch Pictet — wenig später wurde durch Linde's berühmtes Verfahren die Herstellung flüssiger Luft industriell möglich — im Jahre 1898 der Wasserstoff durch Dewar und zehn Jahre später das flüchtigste aller Gase, das Helium durch Kamerlingh-Onnes. Damit war gleichzeitig das Tiefst-Temperaturgebiet erschlossen, denn beim Siedepunkt des Sauerstoffs (—183° C) liegt man noch 90 Grad über dem absoluten Nullpunkt (—273° C), beim Wasserstoff nur noch 20, beim flüssigen Helium aber nur noch 4 Grad darüber! Eine große Zahl wichtiger Erscheinungen ist erst dadurch erforschbar geworden.

Otto von Guericke hat sich bei seinem berühmten Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln nicht träumen lassen, welche Bedeutung der luftleere Raum, das Vakuum einmal erlangen würde. Dabei genügt es für diesen Versuch noch völlig, wenn etwa 90 Prozent der Luft aus dem Innenraum der aneinandergefügten Halbkugeln entfernt sind, das heißt wenn der Druck von seinem Normalwert von 760 auf 70 bis 80 Millimeter erniedrigt wird. Wesentlich stärkeres Auspumpen war schon notwendig, um die vielfältigen Erscheinungen der elektrischen Entladungen in verdünnten Gasen zu studieren. Zehn, ein, ein zehntel Millimeter sind die Druckstufen, die hier eine Rolle spielen. Dann folgte die große Entdeckung der Kathodenstrahlen, der rasch geradlinig fliegenden Elektronen. Sie entstehen in klar erkennbarer Form nur, wenn der Druck des Gasrestes in der ausgepumpten Röhre bei ein hundertstel Millimeter oder darunter liegt, und sie bilden sich völlig ungestört nur bei viel niedrigeren Drucken aus. Hier entspringt der Wettlauf zwischen der Verbesserung der zahllosen Apparate, die auf störungsfrei bewegten Elektronen beruhen, und der Verbesserung der Vakuumpumpen. Um die Jahrhundertwende war man froh, in die Gegend von eintausendstel Millimeter zu kommen. Heute erreichen wir dank der modernen Diffusionspumpen mühelos ein millionstel Millimeter und bei ganz besonderer Sorgfalt auch noch weniger. Nur noch der milliardste Teil der ursprünglich vorhandenen Luft ist in einem solchen Vakuum vorhanden. Das sind zwar immer noch dreißig Milliarden Moleküle in jedem Kubikzentimeter, aber ein Elektron, das in gewöhnlicher Luft durchschnittlich etwa alle viertausendstel Millimeter einen Zusammenstoß mit einem Luftmolekühl erleidet — kann es da wundernehmen, daß es unter solchen Bedingungen keinen geradlinigen Strahl bilden kann? — hat bei eintausendstel Millimeter Druck bereits eine „freie Weglänge" von rund zwanzig Zentimeter. Bei einem millionstel Millimeter Druck fliegt

es mehrere hundert Meter, bis es einmal einen Zusammenstoß mit einem Molekül erfährt. Diese extremen Bedingungen höchsten Vakuums sind also erforderlich, um das Elektron von allen Störungen durch Zusammenstöße zu schützen, um es frei sich bewegen zu lassen. Und der Erfolg? Röntgenröhre und Radioröhre, Kathodenoszillograph und Zyklotron, um nur einige bekannte Dinge zu nennen, beruhen auf der Möglichkeit, Elektronen oder andere rasch bewegte Elementarteilchen vor der Störung ihrer Bahn durch Zusammenstöße zu bewahren. Wir besäßen heute weder Rundfunk noch Fernsehen, weder Tonfilm noch Atomzertrümmerung ohne den Erfolg der Vakuumpumpen-Technik, diese extremen Bedingungen zu schaffen. —

Wenn wir jetzt zwei Gebiete betrachtet haben, bei denen ein Vordringen nach unten — zu möglichst tiefen Temperaturen, zu möglichst niedrigen Drucken — das Ziel des Physikers ist, so lockt umgekehrt auch der Weg nach oben aus den „normalen" Verhältnissen heraus. Das Vordringen nach unten ist grundsätzlich begrenzt; es stellt sich immer als eine zunehmende Annäherung an einen Nullwert — an den absoluten Nullpunkt der Temperatur, an das absolute Vakuum — dar. Nach oben hemmt keine grundsätzliche Grenze, dafür aber außerordentlich einschneidende praktische Schwierigkeiten. Wir wissen zwar, daß im Innern der Sterne Drucke von Millionen von Atmosphären, Temperaturen von Millionen von Graden herrschen. Wir haben aber kaum Aussicht, solche extremen Verhältnisse hier auf der Oberfläche unserer Erde nachzubilden. Im Innern der Sterne kommen die riesigen Drucke zustande durch die infolge ihrer Gravitations-Anziehung nach innen strebenden enormen Massen. Im irdischen Laboratorium muß aber die Festigkeit einer Gefäßwand den Druck aufnehmen, und diese ist, selbst beim besten Stahl, begrenzt. Es gibt zwar Kunstgriffe wie das Ineinanderschachteln mehrerer „vorgespannter" Behälter, um diese Grenze etwas hinauszuschieben. Bridgman konnte so für längere Versuchsdauer bis etwa 50 000, neuestens sogar über 100 000 Atmosphären hinaus vordringen. Bei diesem enormen Druck lastet auf jedem Quadratmillimeter eine Tonne! Die Eigenschaften der Stoffe sind weitgehend verändert. Ein Metall wie Lithium läßt sich auf etwa die Hälfte seines Volumens zusammenpressen und auch sonst treten die eigenartigsten Erscheinungen auf.

Auch das Vordringen zu sehr hohen Temperaturen ist schwierig. Bei 10 000 Grad C zum Beispiel gibt es im experimentell zugänglichen Druckbereich keine festen und flüssigen Körper mehr. Die widerstandsfähigsten Stoffe sind gasförmig. Das Studium der extrem hohen Temperaturen muß sich also auf den gasförmigen Zustand der Materie beschränken. Hier konnten tatsächlich, zum Beispiel mittels der „Vakuum-Funken" kurzzeitig, und in der Säule des sogenannten Hochstrombogens auch dauernd, Temperaturen von weit über 10 000 Grad C erreicht werden, welche die Untersuchung sehr interessanter Erscheinungen wie der thermischen Anregung und der Dissoziation von Gas-Molekülen ermöglichen. Die Forschung im Höchstdruck- und Höchsttemperatur-Gebiet ist voll im Gange und wird sicher noch viele wertvolle Ergebnisse liefern.

Während diese Fortschritte sich mehr in der Stille vollziehen, hallt die Welt wieder von einer anderen Extrem-Leistung: der Erzeugung äußerst hoher elektrischer Spannungen. Es ist noch gar nicht so lange her, da waren Spannungen von ein bis zwei Millionen Volt in den Prüffeldern der Elektro-Industrie das Höchste, was man sich auf diesem Gebiet leisten konnte. Den Anstoß zu einem neuen, gewaltigen Aufschwung gab nicht die Technik, sondern die reine Physik, die Kernphysik, die sogenannte „Atomzertrümmerung" mit ihrer Notwendigkeit, äußerst energiereiche Elementarteilchen zur Verfügung zu haben. In wenigen Jahren wurden Geräte geschaffen, die fünf, ja zehn Millionen Volt zu erreichen gestatteten. Aber das eigentliche Wunder brachte auch hier wieder ein Kunstgriff: die Erfindung des Zyklotrons im Jahre 1932 durch Lawrence, das den Elementarteilchen durch vielfaches Durchlaufen einer mäßig hohen Spannung eine Endenergie verleiht, als ob sie eine ganz extrem hohe Spannung durchlaufen hätten. Die höchsten Energiewerte der Teilchen des Zyklotrons und verwandter Apparate liegen heute bei vierhundert Millionen Volt. Es ist ziemlich sicher, daß sie in wenigen Jahren mehrere Milliarden Volt erreicht haben werden. Kein Isoliermaterial der Welt könnte solchen Spannungen widerstehen, wenn sie als Spannung wirksam wären. So aber haben wir die Teilchen mit ihrer enormen Energie, ohne die Spannung erzeugt haben zu müssen: so haben wir Geschosse von ungeheurer Wirksamkeit beim Angriff auf den Atomkern. Diese Art von extremen Versuchsbedingungen ist heute die Grundlage für die Zerlegung und Umwandlung der Atomkerne, nicht nur etwa in praktischer Richtung zur Atombombe oder zur technischen Nutzbarmachung der Kernenergie, sondern — weniger beachtet, aber ebenso wichtig — auch zur Erforschung der tiefsten Zusammenhänge der Elementarteilchen.

Noch manches Beispiel könnte den wenigen hier herausgegriffenen hinzugefügt werden. Die Zeit, da der Mensch von der Natur mit Recht sagen konnte: „Und was sie deinem Geist nicht offenbaren mag, das zwingst du ihr nicht ab mit Hebeln und mit Schrauben" ist vorüber. Das ungeheure physikalische Wissen, das uns die letzten fünf Jahrzehnte gebracht haben, haben wir der Natur abgerungen und abgezwungen, nicht wörtlich mit Hebeln und mit Schrauben, aber mit Gasverflüssigern und Vakuumpumpen, mit Hochfrequenzgeneratoren und Elektromagneten, mit Entladungsröhren und mit Zyklotronen. Immer waren es Bedingungen, die uns die Natur nicht von selbst dargeboten hat, und die eben darum zu einer früher kaum vorstellbaren Erweiterung unseres Gesichtskreises geführt haben. *Prof. Dr. W. Braunbek, Tübingen*

Metallisches Technetium

Im Journal of The American Chemical Society, 70, 442, beschreibt *St. Friesen* die Herstellung von metallischem Technetium aus Technetiumsalzen. Mit Schwefelwasserstoff fällte er zunächst Technetiumsulfide mit verschiedenen Oxydationsstufen. Diese wurden mit Wasserstoff bei 1000° bis 1100° C zu metallischem Technetium reduziert. Das erhaltene Metall ist silberglänzend und löst sich weder in Salzsäure noch in ammoniakalischem Wasserstoffperoxyd. Damit steht es im Gegensatz zu Rhenium, dem es sonst in chemischer Beziehung ähnelt. Die Auffindung des Technetiums war bereits vor längerer Zeit von I. und W. *Noddak* gemeldet worden, die es röntgenoptisch entdeckt zu haben vermeinten und die ebenfalls als erste das Rhenium durch Röntgenstrahlenanalyse nachgewiesen hatten. Ihr Nachweis des Elementes 43, das sie damals Masurium nannten, konnte jedoch später nicht bestätigt werden. Das Element 43 wurde dann erstmalig im Rahmen der amerikanischen Atomenergie-Forschungsarbeiten dargestellt und erhielt die neue Bezeichnung Technetium. *E. K.*