

Das Wissen

David Hilbert und die Macht der Beweise

Von Aeneas Rooch

Sendung vom: Montag, 15. April 2024, 08.30 Uhr
(Erstsendung: Dienstag, 24. März 2020, 08:30 Uhr)

Redaktion: Gabor Paal

Regie: Felicitas Ott

Produktion: SWR 2020

David Hilbert wollte das Gebäude der Mathematik ganz neu aufbauen. Aus wenigen grundlegenden Axiomen sollten sich alle mathematischen Wahrheiten beweisen lassen. Doch daraus wurde nichts.

SWR Kultur können Sie auch im **Webradio** unter www.SWRKultur.de und auf Mobilgeräten in der **SWR Kultur App** hören – oder als **Podcast** nachhören:
<https://www.swr.de/~podcast/swr2/programm/swr2-wissen-podcast-102.xml>

Bitte beachten Sie:

Das Manuskript ist ausschließlich zum persönlichen, privaten Gebrauch bestimmt. Jede weitere Vervielfältigung und Verbreitung bedarf der ausdrücklichen Genehmigung des Urhebers bzw. des SWR.

Die SWR Kultur App für Android und iOS

Hören Sie das Programm von SWR Kultur, wann und wo Sie wollen. Jederzeit live oder zeitversetzt, online oder offline. Alle Sendung stehen mindestens sieben Tage lang zum Nachhören bereit. Nutzen Sie die neuen Funktionen der SWR Kultur App: abonnieren, offline hören, stöbern, meistgehört, Themenbereiche, Empfehlungen, Entdeckungen ...
Kostenlos herunterladen: www.swr2.de/app

MANUSKRIPT

O-Ton 01 a („Hilbert Radioansprache Anfang“ – David Hilbert):

Das Instrument, welches die Vermittlung bewirkt zwischen Theorie und Praxis, zwischen Denken und Beobachten, ist die Mathematik.

(SWR2 Archivradio, <https://www.swr.de/swr2/wissen/archivradio/david-hilbert-mathematik-beweis-radioansprache-1930,broadcastcontrib-swr-26394.html>; Schallplatte, 1931; Gema M 45, Bestell Nr. SP-V-1)

Sprecherin:

So beginnt die wohl berühmteste Radioansprache eines Mathematikers. Die Aufnahme ist von 1930. Es ist David Hilbert, der Star aus Göttingen – mit seinem erkennbaren Königsberger Akzent.

O-Ton 01 b („Hilbert Radioansprache Anfang“ – David Hilbert):

Schon Galilei sagt: Die Natur kann nur der verstehen, der ihre Sprache und die Zeichen kennengelernt hat, in der sie zu uns redet.

(Quelle: s.o.)

Sprecherin:

Mit Mathematik haben Menschen Pyramiden und Kathedralen gebaut, sie haben Zinsen berechnet und die Bewegungen der Sterne vorhergesagt. Anfang des 20. Jahrhunderts jedoch gerät die mächtige Mathematik in eine Krise. In ihrem Fundament sind Risse aufgetaucht – logische Schwachstellen.

Der Mathematiker aus Göttingen hat jedoch eine Vision, wie die Mathematik gerettet werden könnte.

Titel-Sprecher:

„David Hilbert und die Macht der Beweise“. Von Aeneas Rooch.

----- 23 PROBLEME IN PARIS -----

Musik: (Belle Époque, Aufbruchsstimmung, Zukunftseuphorie, Stimmung: „Stolzer Blick auf technische Errungenschaften im Jahr 1900.“)

Atmo: Besuchermassen

Atmo: Elektrische Geräte um 1900

Sprecherin:

Es ist der Sommer des Jahres 1900. Die Welt ist in Bewegung: Der Jugendstil erobert Kunst und Architektur, Sigmund Freud veröffentlicht sein Buch über die Traumdeutung, und fast 50 Millionen Menschen kommen nach Paris, um sich auf der Weltausstellung die neusten technischen Errungenschaften anzusehen. Sie staunen

über elektronische Geräte und prächtige Bauwerke, über Rolltreppen und Métro, über Druckverfahren, Film, Motoren, Haarpflegeprodukte.

Atmo: und Musik an geeigneter Stelle ausblenden

Atmo: „Menschen nehmen im Hörsaal Platz“ (soll im Kontrast zu Atmo „Weltausstellung“ trocken, langweilig, unbedeutend wirken), unter dem Text ausblenden

Sprecherin:

Im Schatten dieser gigantischen, lauten und bunten Weltausstellung findet noch eine Veranstaltung in Paris statt, fast unbemerkt: der zweite internationale Mathematikerkongress. David Hilbert, Professor aus Göttingen und ein angesehener Mathematiker, soll hier einen Grundsatzvortrag halten.

O-Ton 02 („KT Vortrag 1 Richtung weisen“ – Katrin Tent):

Normalerweise, wenn man zu so einem Kongress eingeladen wird, erzählt man, was man selber alles Tolles gemacht hat...

Sprecherin:

...sagt Katrin Tent, Professorin für Mathematik an der Universität Münster...

O-Ton 03 („KT Vortrag 1 Richtung weisen“ – Katrin Tent):

Aber Hilbert hat wohl schon ganz frühzeitig beschlossen, dass er lieber die Richtung weisen möchte und hat sehr lange dran gearbeitet an diesem Vortrag, die wichtigen Probleme zu isolieren.

Musik aus:

Sprecherin:

Hilbert präsentiert eine Liste. Eine Liste mit 23 mathematischen Problemen, von denen er findet, dass sie im kommenden Jahrhundert gelöst werden müssten. Er sagt:

Zitator HILBERT:

Diese Überzeugung von der Lösbarkeit eines jeden mathematischen Problems ist uns ein kräftiger Ansporn während der Arbeit; wir hören in uns den steten Zuruf: Da ist das Problem, suche die Lösung! Du kannst sie durch reines Denken finden!

(Mathematische Probleme, 1900 auf dem internationalen Mathematiker-Kongreß zu Paris. In: Nachrichten von der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Mathematisch-Physikalische Klasse, Commissionsverlag der Dieterich'schen Universitätsbuchhandlung Lüder Horstmann, Göttingen 1900, S. 262)

Sprecherin:

Hilbert genießt ein hohes Renommee. Deshalb werden seine 23 Probleme weltberühmt, sagt Hilbert-Biograph Dr. Georg von Wallwitz

O-Ton 04 („GVW 23 Probleme“ – Georg von Wallwitz):

Mit diesen Aufgaben hat er einen irrsinnigen Knall ausgelöst in der Mathematiker-Zunft, es wurde dann eine große Ehre, eine große Auszeichnung, wenn man eines dieser Probleme gelöst hat. Das Resultat war, dass die ganzen Mathematiker in aller Welt sich daran gemacht haben in diese Richtung zu laufen, die Hilbert mit diesen 23 Problemen vorgegeben hat, und das hat dazu geführt, dass Hilberts Vorlieben, die sich in diesem Problem natürlich gespiegelt haben, die Richtung für die Mathematik im 20. Jahrhundert vorgezeichnet haben.

Sprecherin:

Hilberts Liste enthält berühmte, seit Jahrhunderten ungelöste Probleme (wie die „Riemannsche Vermutung“ über die Nullstellen einer wichtigen Funktion), sie wirft aber auch moderne Fragen auf, die das Wesen der Mathematik betreffen, etwa: Kann man mathematisch beweisen, dass die Mathematik, so wie sie aufgebaut ist, wirklich verlässlich ist und keine Widersprüche produziert? Diese Frage ist hoch aktuell und dringend. Das gesamte Fach steht auf dem Spiel. Hilbert gilt heute als einer der bedeutendsten Mathematiker der Neuzeit.

----- FRÜHES LEBEN -----

Sprecherin:

David Hilbert kommt am 23. Januar 1862 im preußischen Königsberg auf die Welt. Sein Vater ist Jurist, seine Mutter stammt aus einer Kaufmannsfamilie. Mit 18 Jahren studiert er in seiner Heimatstadt Königsberg Mathematik und freundet sich mit einem Kommilitonen und einem Professor an: Hermann Minkowski und Adolf Hurwitz. Beide sind talentierte Mathematiker, Minkowski wird später in der Mathematik und Physik gar Weltruhm erlangen. Von ihm stammt der Gedanke, Raum und Zeit als vierdimensionale Raumzeit zu beschreiben – was Einstein in seiner Allgemeinen Relativitätstheorie aufgriff.

Hilbert ist jung, begabt und hat brillante Gesprächspartner.

----- FUNDAMENT DER MATHEMATIK -----

Musik: (logische Gedankenwelt, unheilvoll, Stimmung: „Tief im logischen Gebäude der Mathematik gibt es ein Problem!“), kurz freistehen lassen

Sprecherin:

Ende des 19. Jahrhunderts erkennen Mathematiker im Fundament der Mathematik Schwachstellen. Plötzlich sind sie mit grundlegenden Fragen konfrontiert, die das gesamte Fach in Frage stellen, schildert die Mathematikprofessorin Katrin Tent:

O-Ton 05 („KT Probleme 1 erfolgreich“ – Katrin Tent):

In welchem Gerüst machen wir überhaupt Mathematik? Wie arbeiten wir so sauber, dass wir nicht in zehn Jahren merken, dass das alles zusammenbricht?

Sprecherin:

Dass die gesamte Mathematik zusammenbricht...das ist keine absurde Angst, sondern eine reale Gefahr. In den Jahrtausenden zuvor waren Mathematiker bei ihren logischen Schlussfolgerungen hin und wieder unpräzise vorgegangen. Zum Beispiel hatten sie bei manchen Berechnungen und Argumentationen keine streng-formalen Beweise vorgelegt, sondern eher intuitive Begründungen gegeben.

O-Ton 06: („KT Unsaubere Intuition“ – Katrin Tent):

Das war nicht unbedingt falsch oder faul, ich meine, da sind wichtige Sätze auch vorher schon bewiesen worden, aber es gab immer mal so Stellen, wo das mehr so intuitiv war: Ach ja, das lassen wir beliebig klein werden, und dann ist es irgendwann weg. Das kann man halt nicht so sauber nachvollziehen.

Sprecherin:

Diese Anschaulichkeit hatte dramatische Folgen. In der mächtigen, unbeirraren Mathematik tauchten plötzlich logische Widersprüche auf! An scheinbar ganz simplen Stellen gerieten Mathematiker in Zwickmühlen, etwa bei der Frage, was eine „Menge“ ist: Egal, wie sie es drehten und wendeten, beim einfachsten Rechnen mit „Mengen“ entstanden plötzlich Fehler, die sich nicht ausmerzen ließen. Nahm man zum Beispiel eine Menge, die sich selbst enthält – wie eine Liste mit Nachschlagewerken, auf der die Liste selbst aufgeführt ist –, konnten darüber mathematische Aussagen entstehen, die wahr waren und gleichzeitig falsch.

Es war eine Katastrophe!

Wenn überall und jederzeit aus dem Nichts so ein krasser Widerspruch entstehen kann wie bei den Mengen, was sind die Ergebnisse der Mathematik dann noch wert? Die Resultate über Zahlen und Rechenmethoden, über Kurven, Flächen und Räume?

O-Ton 07: („KT Widersprüche“ – Katrin Tent):

Und das war ein großer Schock für die ganze mathematische Community, weil die plötzlich gemerkt haben: Oh, wenn man die Grundlagen nicht sauber legt, dann weiß man gar nicht, was da für Effekte möglicherweise passieren, wenn da einmal einer scharf drauf schaut und den Widerspruch bemerkt, den vorher keiner gesehen hat.

O-Ton 08: („GVW Axiomatische Methode 2“ - Georg von Wallwitz):

Die Mathematik vor Hilbert war in einem Zustand, wo man Vieles gemacht hat, ohne sich über die Grundlagen und über die Zusammenhänge wirklich Rechenschaft abzulegen.

Sprecherin:

Diesen unpräzisen Zustand in der Mathematik, der zu Widersprüchen führt, will Hilbert ändern, tief im Wesen des Fachs, erklärt Hilbert-Biograph Georg von Wallwitz.

O-Ton 09 („GVW Axiomatische Methode 2“ – Georg von Wallwitz):

Herr Hilbert hat die Mathematik gezwungen: Legt euch Rechenschaft ab, seid ehrlich, schaut der Wahrheit ins Auge. Ist das wirklich so fundiert, was ihr hier alles

rechnet? Bloß weil es irgendwie aufgeht und irgendwie passt, heißt es noch nicht, dass ihr hier wirklich die Wahrheit erschlossen habt.

Sprecherin:

Hilbert hat eine Vision. Er stellt sich eine Mathematik vor, in der sich jede Frage ohne Zweifel und ohne Widersprüche beantworten lässt. Man müsste die Mathematik dazu kernsanieren und im Inneren radikal logisch neu aufbauen.

Sein Bauplan sieht so aus: Es soll eine Handvoll präziser Grundannahmen geben, sogenannte „Axiome“. Aus denen sollen alle mathematischen Erkenntnisse mit klaren Regeln logisch und nachvollziehbar abgeleitet werden können.

O-Ton 10 („KT Axiome“ – Katrin Tent):

Axiome sind erst mal die Grundlagen, die grundlegenden Aussagen, auf die sich alle einigen können, wo alle sagen können: Okay da brauchen wir keine Begründung, das ist einfach so. Also ein Beispiel dafür ist zum Beispiel die Aussage: Die leere Menge existiert. Also solche grundlegenden Aussagen, für die man auch keine weitere Begründung braucht, das nimmt man als Axiome, und dann muss man, das war Hilberts Plan, eben auch noch festlegen oder feststellen: Wie darf ich aus den Axiomen korrekte Schlüsse ziehen. Und das wollte Hilbert eben, dass das ganz ordentlich und nachvollziehbar passiert.

O-Ton 11 („GVW Axiomatische Methode 1“ – Georg von Wallwitz):

Diese Methode in die Mathematik einzuführen, das war ein großes Ding, weil damit die Mathematik auf ein neues Niveau gehoben wurde in dem Sinne, dass die Zusammenhänge in der Mathematik auf ein einheitliches logisches Fundament reduziert werden konnten mit dieser Methode.

----- HOTSPOT GÖTTINGEN -----

Sprecherin:

Kurz vor seinem Auftritt in Paris – bei dem er seine berühmten 23 ungelösten Probleme präsentiert – erhält David Hilbert eine Professur an der Universität Göttingen, im Alter von 33 Jahren. Der bedeutende Mathematiker und Wissenschaftsmanager Felix Klein hat dafür gesorgt. Auf Hilbert folgen immer mehr junge talentierte Wissenschaftler, und Göttingen wird zu einem Hotspot für moderne Mathematik und Physik, berichtet der Mathematikhistoriker Prof. David Rowe.

Atmo: als Kulisse unter O-Tönen, erst später ausblenden:

Atmo: Hörsaal um 1920

Atmo: Tafelanschrieb mit Kreide

O-Ton 12 („DR Göttingen 2 Umbruchsstimmung“ – David Rowe):

Es war auch eine sehr bunte Atmosphäre, diese bestimmte Community war wirklich Multikulti, es gab sehr viele junge Juden da, es gab viele Ausländer, es gab einige Frauen. Tolle Mathematiker. Und diese Leute haben nicht nur miteinander

kommuniziert, die haben viele Lehrveranstaltungen gemeinsam gemacht, die haben da eine Umbruchsstimmung in Göttingen geschafft.

Atmo: (ggf. zusätzlich) als Kulisse unter O-Tönen, erst später ausblenden:

Atmo: Diskussion (diffus, nicht zu verstehen)

O-Ton 13 („DR Göttingen 1 Kritische Masse“ – David Rowe):

Wenn Mathematiker viel miteinander reden und zusammenarbeiten oder konkurrieren, dann entsteht etwas Neues. Und Göttingen ist der erste Ort, wo diese Art von Austausch stattgefunden hatte.

Sprecherin:

Im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts ist der Dreh- und Angelpunkt der mathematischen Forschung, der Anziehungspunkt für Innovationen und Talente in Europa, nicht etwa Berlin mit seinen bedeutenden, ehrwürdigen Professoren, es ist Göttingen mit seinen jungen, kreativen Wissenschaftlern, die sich gegenseitig inspirierten. Und mittendrin ist David Hilbert.

----- EINSTEIN -----

Musik: (modern, Forschung, Fortschritt, unvorstellbar, Stimmung: „Eine unfassbare, beeindruckende Theorie entsteht, die unser Weltverständnis auf den Kopf stellt.“)

Sprecherin:

Hilbert ist nicht nur visionärer Ideengeber. Er ist selbst ein talentierter, hartnäckiger Forscher, der an den spannenden Fragen seiner Zeit arbeitet und bedeutende Ergebnisse erzielt. Biograph Georg von Wallwitz nennt ein Beispiel:

O-Ton 14 („GVW Relativitätstheorie 1 Beitrag“ - Georg von Wallwitz):

Er hat mit Einstein zusammen die Allgemeine Relativitätstheorie formuliert, die allgemeine Relativitätstheorie ist Einsteins Theorie und das ist sein Gedanken-Kind, und das hätte Hilbert auch nie bezweifelt. Aber bei der Formulierung hat Hilbert doch erheblich geholfen, und am Ende hat er wohl auch als erster die entscheidenden Feldgleichungen aufgeschrieben und damit, wenn man so will, auch einen nicht unerheblichen Teil zur Entwicklung der Physik beigetragen.

Musik: aus (oder, je nach Kürzung und Klang, während des folgenden Sprechertextes oder O-Tons)

Sprecherin:

Es kommt zwar kurzzeitig zu Unstimmigkeiten, wer nun Urheber der Relativitätstheorie ist, aber Hilbert und Einstein vertragen sich wieder, auch weil sie sich persönlich gut verstehen.

O-Ton 15 („GVW Relativitätstheorie 3 Krieg“ – Georg von Wallwitz):

Diese allgemeine Relativitätstheorie wurde im Jahr 1915 entwickelt oder formuliert, und 1915 war das zweite Jahr des Ersten Weltkrieges, da sah auch irgendwie alles noch so aus, als sei das ein unproblematischer Krieg und es gab sehr wenige Pazifisten. Und der Einstein und der Hilbert, die gehörten eben zu diesen wenigen Leuten, die damals schon gesagt haben: Dieser Krieg ist eine Katastrophe und der ist völlig überflüssig und man soll den aufhören, also die waren echte Kriegsgegner in einer Zeit wo das wirklich noch sehr originell war.

----- FAMILIE -----

Sprecherin:

David Hilbert ist verheiratet und hat einen Sohn, Franz. Franz ist schlecht in der Schule. David Hilbert, Navigator der modernen Mathematik, versucht, seinem Sohn zu helfen, sagt Georg von Wallwitz:

O-Ton 16 („GVW Sohn 2 Nachhilfe“ – Georg von Wallwitz):

Indem er zum Beispiel seine Assistenten gebeten hat dem Sohn, dem Franz Hilbert, Nachhilfe zu geben in Mathematik. Und das war natürlich eine grauenvolle Idee, weil diese Assistenten das waren fantastische Mathematiker, die gehörten zu den besten mathematischen Köpfen des 20. Jahrhunderts, und die hat man jetzt als Nachhilfelehrer auf diesen armen Sohn, der nun eine Rechenschwäche hatte, losgelassen, und das konnte natürlich nicht gut funktionieren.

Sprecherin:

Als junger Mann erleidet Franz Wahnanfälle und kommt in die Psychiatrie. David Hilbert bricht den Kontakt ab. Trotz der belastenden Spannungen rund um den Sohn unterstützt Käthe Hilbert ihren Mann, wo sie nur kann. Sie empfängt Kollegen und Schüler, schirmt ihren Mann vor Stress und Trubel ab und schreibt in bester Handschrift seine Briefe und Manuskripte ins Reine, sagt Historiker David Rowe:

O-Ton 17 („DR Käthe Hilbert“ – David Rowe):

Käthe Hilbert stand hinter ihrem Mann hundertprozentig. Man kann die Bedeutung von Käthe Hilbert gar nicht überschätzen eigentlich für diesen Erfolg von ihrem Mann. David Hilbert hätte nie diesen Erfolg erreicht, vor allem mit seinen Studenten, ohne Käthe Hilbert zur Seite gehabt zu haben.

----- EMMY NOETHER -----

Sprecherin:

Im Laufe der Zeit werden Hilbert angesehene Positionen angeboten – unter anderem in Berlin und Heidelberg –, doch er bleibt in Göttingen. Hier tauscht er sich mit kreativen, jungen Wissenschaftlern aus, kann mit der Unterstützung seiner Frau an moderner Mathematik arbeiten und kämpft für talentierten Nachwuchs – und auch für die Gleichstellung von Frauen, ohne Rücksicht auf den Zeitgeist. So setzt er sich beispielsweise dafür ein, die junge Mathematikerin Emmy Noether zu habilitieren, erzählt Biograph Georg von Wallwitz:

Musik: (wissenschaftlich, positiv, Stimmung: „So war der Alltag beim eigenbrötlerischen, strengen, aber auch unkonventionellen Mathe-Gigant.“)

O-Ton 18 („GVW Noether Badeanstalt 1“ – Georg von Wallwitz):

Die ist absolut brilliant, die gehört zu den besten Köpfen, die ihm je untergekommen sind, und dann hat er, da er der Wahrheit verpflichtet ist, gesagt: Na ja, die muss bei uns Professorin werden. Und das war im Ausgang des Ersten Weltkrieges, und dann haben die Kollegen gesagt: Nein, das kann man nicht machen, dass man eine Frau zur Professorin macht. Erstens mal ist das mit den Frauen sowieso suspekt. Und zweitens würde das die Gefühle der heimkehrenden Soldaten verletzen, wenn dann eben auf der Professur, die sie sich vielleicht selber ausgemalt haben, dann eine Frau sitzt. Hilbert fand das aber unglaublich albern und er hat gesagt: Nein, die ist die beste. Dann ist er wohl auch etwas ausfällig geworden in der entscheidenden Fakultätssitzung und hat den Kollegen gesagt: Meine Herren, dies ist eine Fakultät und keine Badeanstalt. Er hat gesagt: In einer Badeanstalt, okay da ist Geschlechtertrennung nachvollziehbar, das verstehe ich, aber in einer Fakultät macht Geschlechtertrennung keinen Sinn.

Musik aus:

Sprecherin:

Sicher belegt ist der Ausruf mit der Badeanstalt nicht, in der Fakultätssitzung ist es aber auf jeden Fall heiß hergegangen, das zeigen Briefe.

Hilbert ist wissenschaftliche Qualität wichtiger als der Zusammenhalt und die althergebrachte männliche Struktur in der Fakultät, und er greift seine Kollegen scharf an. Doch mit seinem Versuch, die begabte Mathematikerin Emmy Noether zu habilitieren, scheitert er. Das Ministerium ist dagegen. Er greift zu einer Notlösung:

Musik: (wieder an: wissenschaftlich, positiv, Stimmung: „So war der Alltag beim eigenbrötlerischen, strengen, aber auch unkonventionellen Mathe-Gigant.“)

Sprecherin:

Er ermöglicht Emmy Noether, unter seinem eigenen Namen Lehrveranstaltungen zu halten. Im Vorlesungsverzeichnis des Wintersemesters 1916/17 steht: „Mathematisch-physikalisches Seminar, Invariantentheorie: Prof. Hilbert mit Unterstützung von Frl. Dr. Nöther“.

O-Ton 19 („GVW Noether Badeanstalt 2“ – Georg von Wallwitz):

Und dann hat halt Emmy Noether diese Vorlesungen gehalten, de facto hat sie dann auf diese Weise ihren Platz in Göttingen gefunden.

----- QUANTENMECHANIK -----

Sprecherin:

David Hilbert interessiert sich auch für Physik. Er ist unzufrieden damit, wie Physiker bei ihrer Forschung mathematische Objekte und Methoden benutzen, und sagt angeblich:

Zitator HILBERT:

Die Physik ist für die Physiker eigentlich viel zu schwer.

(Constance Reid: Hilbert, Springer Verlag 1996, S. 127)

Sprecherin:

So arbeitet er an partiellen Differentialgleichungen, an Funktionenräumen, an neuen, aufregenden Fragen an der Schnittstelle von Mathematik und Physik.

O-Ton 20 („GVW Hotspot Göttingen 2 Quantenmechanik“ – Georg von Wallwitz):

Und so entwickelte sich eine sehr mathematische Physik, die dann die Quantenmechanik später genannt wurde und in der es um die kleinsten Teile und was die Welt im Inneren zusammenhält geht. Das ist ein Effekt gewesen, der in gewisser Weise zufällig war, andererseits aber auch mit diesem axiomatischen Denken zu tun hatte. In der Quantenmechanik herrscht eine Denkweise vor, wo man sich überlegt: Ja, was sind die obersten Prinzipien? Wie kann ich das mathematisch sinnvoll darstellen, auch wenn ich es nicht unbedingt so beobachten kann?

Sprecherin:

Ein klarer, logischer Aufbau aus wenigen Grundlagen, aus wenigen „Axiomen“ heraus – das ist Hilberts Vision nicht nur für die Mathematik, sondern auch für die neue Physik. In der bunten Forscher-Gemeinschaft in Göttingen dreht sich nach dem Ersten Weltkrieg das Verhältnis um: Nun steht die elegante mathematische Theorie im Mittelpunkt – die Formulierung physikalischer Grundlagen mit abstrakten Formeln und Prinzipien –, und physikalische Experimente, die die mathematisch formulierte Theorie untermauern und bestätigen, werden zum Anhängsel.

----- HILBERTPROGRAMM -----

Sprecherin:

An seiner Vision einer streng formalen, aufgeräumten Mathematik arbeitet Hilbert schon früh. Um 1900 beginnt er mit der Geometrie. Hier wirft er jegliche bildliche Vorstellung heraus, schildert der Mainzer Mathemathikhistoriker David Rowe:

O-Ton 21 („DR Punkt Gerade Ebene“ – David Rowe):

Das ist überraschend insofern als Geometrie immer etwas, von ihrer Geschichte her, immer etwas Bildhaftes gehabt hatte. Von Euklid hat man dann Grundbegriffe wie Punkt, Gerade und Ebene und so weiter. Und Hilbert machte sehr deutlich: Das sind nur leere Worte sozusagen.

Sprecherin:

Er schreibt stattdessen abstrakte Eigenschaften auf, die einen Punkt, eine Gerade, eine Ebene und so weiter ausmachen sollen, und arbeitet bei allen weiteren Konstruktionen und Überlegungen nur noch mit diesen abstrakten Eigenschaften, und nicht mehr mit der bildlichen Vorstellung von Punkten, Geraden und Ebenen. Diese abstrakte, penible Vorgehensweise wird zum Fundament der modernen Mathematik. Verboten sind seither bildliche Beschreibungen wie „Ein Punkt ist das, was keine Teile hat“. Verboten sind anschauliche Begründungen, etwa „Der Term wird immer kleiner und verschwindet“. Verboten sind auch vermeintliche Selbstverständlichkeiten ohne eine wasserdichte Herleitung. Es zählen nur noch klare Grundlagen und gesicherte logische Schlussfolgerungen nach präzisen Regeln, erläutert die Mathematikerin Katrin Tent.

O-Ton 22 („KT Programmieren“ – Katrin Tent):

Ich glaube, jeder, der schon mal ein bisschen programmiert hat, weiß, dass Programmieren nur funktioniert, wenn genau klar ist, was die Objekte sind, über die was gesagt wird, was die Schritte in dem Programm sind, die durchgeführt werden sollen, sodass auch klar ist, was das Ergebnis, was am Ende rauskommt, was das überhaupt aussagt. Hilbert hatte interessanterweise auch schon solche algorithmischen Fragen im Sinn.

Sprecherin:

Hilbert sieht die Mathematik im Zentrum aller Naturwissenschaften. Genau das erläuterte er 1930 in seiner berühmten Radioansprache:

O-Ton 01 c („Hilbert Radioansprache Mathematischer Kern“ – David Hilbert):

In der Tat: Wir beherrschen nicht eher eine naturwissenschaftliche Theorie, als bis wir ihren mathematischen Kern herausgeschält und völlig enthüllt haben. Ohne Mathematik ist die heutige Astronomie und Physik unmöglich; diese Wissenschaften lösen sich in ihren theoretischen Teilen geradezu in Mathematik auf.

(Quelle s.o.)

Sprecherin:

Hilbert glaubt, Erkenntnis hat keine Grenzen, und wettet gegen Wissenschaftler, die anderer Meinung sind. Der Mediziner Emil du Bois-Reymond etwa ist, wie viele, skeptisch, dass Wissenschaft wirklich die Welt erklären kann, und bringt es mit seinem Spruch auf den Punkt: „Ignoramus et ignorabimus“. Auf deutsch: Wir wissen es nicht und werden es nicht wissen. Mit dieser Einstellung will sich David Hilbert nicht abfinden.

O-Ton 23 („Hilbert Radioansprache Ignorabimus“ – David Hilbert):

Wir dürfen nicht denen glauben, die heute mit philosophischer Miene und überlegenem Tone den Kulturuntergang prophezeien und sich in dem Ignorabimus gefallen. Für uns gibt es kein Ignorabimus, und meiner Meinung nach auch für die Naturwissenschaft überhaupt nicht. Statt des törichten Ignorabimus heiße im Gegenteil unsere Losung: Wir müssen wissen. Wir werden wissen.

(Quelle s.o.)

Musik: (Konzentration, Konstruktion, Sicherheit, Stimmung: „Ich baue ein solides Gedankengerüst und bedenke jede Eventualität, es gibt keinen Zweifel.“)

Sprecherin:

Hilbert möchte ein formales Gerüst bauen, in dem sich alle mathematischen Wahrheiten zweifelsfrei beweisen lassen. Und er möchte Gewissheit, dass es funktioniert: Er möchte einen mathematischen Beweis dafür, dass im strengen formalen Gerüst wirklich keine Widersprüche auftreten, schildert Katrin Tent.

O-Ton 24 („KT Hilbert Programm 2 Ziel“ – Katrin Tent):

Hilbert hatte sich vorgestellt, dass man einfach ein Axiomen-System findet, irgendwann, das war seine Hoffnung, aus dem dann alle korrekten Sätze der Mathematik einfach sozusagen beinahe maschinell abgeleitet werden können. Das würde natürlich heißen, dass die Mathematiker im Grunde genommen überflüssig werden, weil man einfach einen Computer anschmeißt, der dann alles generiert, was an Folgerungen, an Wahrheiten in der Mathematik existiert.

Sprecherin:

Doch Hilberts Traum platzt: Der junge österreichische Logiker Kurt Gödel zeigt 1931 in einer aufsehenerregenden Arbeit, dass es nicht geht.

Über Kurt Gödel und die Grenzen der Erkenntnis gibt es im SWR2-Wissen-Podcast auch eine eigene Episode. Gödel beweist ohne Zweifel: In der Mathematik gibt es immer Aussagen, die man weder beweisen noch widerlegen kann. So ist ihre Natur.

O-Ton 25 („KT Hilbert Programm 1 kreativ“ – Katrin Tent):

Hilbert ist nicht gescheitert. Das Wichtigste war, erst mal diese Frage überhaupt zu stellen. Und für die Mathematiker ist es natürlich sehr schön, dass es letztlich nicht geht, weil das sagt: Mathematik muss immer kreativ bleiben.

----- NATIONALSOZIALISMUS -----

Sprecherin:

Kurz nachdem Hilberts Traum von einer widerspruchsfreien Mathematik geplatzt ist, ergreifen die Nationalsozialisten die Macht in Deutschland. Viele von Hilberts Kolleginnen und Kollegen sind Juden und „Andersdenkende“, die nun das Land verlassen müssen. Göttingen, das Zentrum des mathematisch-physikalischen Fortschritts der 1920er-Jahre, ist ein halbes Jahr nach Hitlers Machtergreifung praktisch tot, berichtet Georg von Wallwitz:

O-Ton 26 („GVW Nazis Institut“ – Georg von Wallwitz):

Von Hilbert ist die Anekdote überliefert, dass er mal bei einem Abendessen... Mitte der 30er-Jahren saß er neben dem Wissenschaftsminister, und der hat anscheinend recht launig gefragt: Na ja, und wie gehts denn dem Mathematischen Institut in Göttingen? Und dann habe der Hilbert wohl in ostpreußischem Dialekt geantwortet:

Das Mathematische Institut, das gibt es doch gar nicht mehr. Er hat das sehr genau gesehen, dass es im Grunde keine nennenswerte Mathematik mehr gibt, und das muss ihm natürlich unendlich wehgetan haben. Er hat sich dann in sich zurückgezogen, das war so eine Art innere Emigration.

Musik: (dezent, einsam, resigniert, Stimmung: „Mein Lebenswerk ist zerstört, ich schaue weg.“)

O-Ton 27 („GVW Nazis Zeitung“ – Georg von Wallwitz):

Bis in die Mitte der dreißiger Jahre haben ihn eine Reihe von Schülern immer wieder besucht, das ging durchaus noch, und die berichten von Hilbert, wie er sich in sich zurückgezogen hat, wie er keine Zeitung mehr liest, wie die Welt im Wesentlichen zu ignorieren versucht, die um ihn herum definitiv in eine falsche Richtung abgleitet.

Sprecherin:

David Hilbert, einer der bedeutendsten Mathematiker der Neuzeit, stirbt 1943 – auf dem Höhepunkt des Zweiten Weltkriegs so gut wie unbemerkt. Zu seiner Beerdigung erscheinen nur eine Handvoll Menschen.

Musik aus:

Sprecherin:

David Hilberts enormes wissenschaftliches Vermächtnis besteht jedoch bis heute. Die Mathematik baut auf klaren Grundlagen und sauberen Schlussfolgerungen auf. Auf Hilberts Vision. Und sie ist dank Hilbert und seinen Schülern und Kollegen um viele Resultate reicher.

Abspann über Jingle Das Wissen:

„David Hilbert und die Macht der Beweise“. Von Aeneas Roach. Sprecherin: Marit Beyer. Regie: Felicitas Ott. Redaktion: Gábor Paál. Eine Produktion von 2020.

Sprecher:

Die Radioansprache von David Hilbert aus dem Jahr 1930 gibt es in voller Länge im ARD-Podcast „Archivradio – Geschichte im Original“.

* * * * *