

## Der Zugang von Frauen zum Mathematikstudium an deutschen Universitäten

- um 1800 Entstehung des Berufs des Mathematiklehrers (für Männer) an Höheren Schulen, Abschluss: Staatsexamen (oder Promotion). Höhere Schulen (für Jungen) waren damals: (Humanistisches) Gymnasium, Realgymnasium, Oberrealschule. Dort gibt es wissenschaftlich fundierten Mathematikunterricht.
- Um 1900 Für Mädchen gibt es an den Höheren Mädchenschulen keinen mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht.
- 1893/94 Einzelne Ausländerinnen studieren erstmals in Göttingen Mathematik, sie haben den sog. Hörerinnen-Status, d.h. sie müssen für jede besuchte Lehrveranstaltung den jeweiligen Dozenten um Teilnahmeerlaubnis fragen.
- 1894 Preußen: „Ordnung der Wissenschaftlichen Prüfung der Lehrerinnen ( Oberlehrerinnenprüfung)“. Bereits vorher: Angehende Lehrerinnen (für Volksschulen, mittlere oder höhere Mädchenschulen) studierten in der Seminarklasse des Oberlyzeums. Jetzt dürfen Lehrerinnen mit mehrjähriger Berufspraxis an der Universität studieren, Abschluss: Oberlehrerinnenprüfung (nicht Staatsexamen); sie können damit Oberlehrerin oder Direktorin an einer höheren Mädchenschule werden.

- 1900 Immatrikulation von Frauen an badischen Universitäten generell erlaubt.
- 1903 Immatrikulation von Frauen an bayrischen Universitäten generell erlaubt.
- 1908 Immatrikulation von Frauen an preußischen Universitäten generell erlaubt.  
Preußen führt (als erstes Land in Deutschland) den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht an Mädchenschulen ein.  
Es werden – wie für Jungen – auch für Mädchen die Schultypen Gymnasium, Realgymnasium, Oberrealschule eingeführt. Ein Abschluss dort ermöglicht den Zugang zur Universität. Auch Frauen mit bestandener Lehrerinnenprüfung in der Seminarklasse werden zum Universitätsstudium zugelassen („vierter Weg“).
- 1909 Immatrikulation von Frauen an mecklenburgischen Universitäten, und damit in ganz Deutschland, generell erlaubt.

## Emmy Noether (1882 – 1935)

geb. 23.3.1882 in Erlangen

Vater: Max Noether (1844 – 1921), Mathematikprofessor in Erlangen (ab 1888 ordentlicher Professor)

Mutter: Ida Noether, geb. Kaufmann

drei jüngere Brüder; einer von ihnen, Fritz, wird ebenfalls Mathematikprofessor

Mathematikstudium in Erlangen und Göttingen

1907 Promotion in Erlangen

wissenschaftliche Arbeit zunächst in Erlangen,  
ab 1915 in Göttingen

1919 Habilitation

1922 Verleihung des Titels „außerordentlicher Professor“

Erfolgreiche Forschungs- und Lehrtätigkeit; Entwicklung der Konzepte der modernen Algebra.

1933 Emigration in die USA, Tätigkeit am Bryn Mawr College

1935 Tod

Emmy Noether war die erste Frau, die in Mathematik habilitierte.

Sie ist die Begründerin der modernen Algebra, wie wir sie heute kennen.

## Emmy Noethers mathematische Ausbildung

1889 – 97 Besuch der Höheren Töchterschule Erlangen

1900 nach privater Vorbereitung: Staatsprüfung für Lehrerinnen der französischen und englischen Sprache an bayerischen Mädchenschulen

1900 – 03 Gasthörerin an der Uni Erlangen  
(als eine von zwei Frauen unter 1000 Studierenden),  
Fächer: Mathematik, Romanistik, Geschichte.  
Nebenbei private Vorbereitung aufs Abitur

1903 Abitur als Externe am Realgymnasium Nürnberg

1903 – 04 Studium der Mathematik in Göttingen bei Hilbert, Klein, Minkowski, Blumenthal, Schwarzschild

Rückkehr nach Erlangen wegen Erkrankung

ab 1904 Studium der Mathematik in Erlangen

1907 Abschluss des Studiums mit der Promotion

Dissertation: „Über die Bildung des Formensystems der ternären biquadratischen Form“ (Invariantentheorie)

Betreuer: Paul Gordan (1837 – 1912)

Emmy Noether sagt später über ihre Dissertation:  
„Formelgestrüpp“, „Rechnerei“, „Mist“

## Emmy Noethers berufliche Laufbahn

1907 – 1915 private wissenschaftliche Arbeit in Erlangen, keine Anstellung.

Unterstützung ihres Vaters und der Professoren Erhard Schmidt (1876 – 1959) und Ernst Fischer (1875 – 1954) bei der Lehrtätigkeit.

Auf Anregung Fischers Beschäftigung mit der abstrakten Algebra.

1909 Mitglied der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (DMV); als erste Frau Vortragende auf einer DMV-Tagung.

1915 Wechsel nach Göttingen auf Einladung von Klein und Hilbert, um über Invariantentheorie in Verbindung mit der Relativitätstheorie zu arbeiten.

Unbezahlte Forschungs- und Lehrtätigkeit.

1915 Antrag auf Habilitation (auf Anregung von Klein und Hilbert); heftige Kontroversen, das Ministerium verbietet die Eröffnung des Verfahrens aus rechtlichen Gründen.

1919 Neue Gesetze der Weimarer Republik erlauben Frauen die Habilitation. Emmy Noether wird habilitiert; kann daraufhin erste Vorlesung unter ihrem eigenen Namen halten (Analytische Geometrie).

1921 wichtige Publikation „Idealtheorie in Ringbereichen“

1922 Titel „außerordentlicher Professor“

1923 erster vergüteter Lehrauftrag. Vorher hatte sie kein eigenes Einkommen, lebte von der Unterstützung ihrer Familie, und geriet mit dem Tod des Vaters 1921 in finanzielle Schwierigkeiten.

## Ehrungen Emmy Noethers

1932 Verleihung des Ackermann-Teubner-Gedächtnispreises an Emmy Noether und Emil Artin (1898 – 1962).

1932 Emmy Noether hält einen Hauptvortrag auf dem Internationalen Mathematikerkongress in Zürich. Damit ist sie die erste Frau, die einen solchen Vortrag halten darf.

## Diskriminierungen Emmy Noethers

### **als Frau:**

- Sie erhielt niemals eine besoldete Professur. Ihr jüngerer Bruder Fritz dagegen wurde bereits 1921 ordentlicher Professor; auch viele von Noethers Schülern erhielten in den zwanziger oder dreißiger Jahren Professuren.
- Sie wurde nicht zum Mitglied der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften gewählt.
- Sie wurde nicht offizielles Redaktionsmitglied der *Mathematischen Annalen*, obwohl sie Tätigkeiten einer Redakteurin ausübte.

### **als Jüdin:**

- Am 25. April 1933 wird Emmy Noether aus rassistischen Gründen beurlaubt, Grundlage ist das „Gesetz zur Wiederherstellung des Berufsbeamtentums“.
- Am 2. September 1933 wird ihr die Lehrbefugnis entzogen.

## **Emmy Noether in der Emigration**

1933 erhält Noether Einladungen als Gastprofessorin nach Oxford und ans Bryn Mawr Frauencollege (USA). Sie entscheidet sich für Bryn Mawr. Dort ist sie vor allem mit der Ausbildung von Studentinnen auf Grundstudiumsniveau beschäftigt.

ab 1934 hält sie nebenher Vorlesungen am Institute for Advanced Study in Princeton, wo u.a. auch Albert Einstein (1879 – 1955) und Hermann Weyl (1885 – 1955) arbeiten.

Auch in den USA erhält Emmy Noether keine Festanstellung.

## Emmy Noethers Werk

Emmy Noether gilt als die bedeutendste Mathematikerin aller Zeiten und als eine wichtigsten Personen in der Mathematik des 20. Jahrhunderts.

### **Zitate zur Bedeutung Emmy Noethers:**

- „mother of modern algebra“ (Irving Kaplansky)
- „abstract algebra ... starts with Emmy Noether's 1921 paper *"Ideal theory in Rings"*“ (Saunders MacLane)

### **Emmy Noethers Arbeitsgebiete:**

- Invariantentheorie (1907 – 1919)
- kommutative Algebra (1920 – 1929)
- nichtkommutative Algebra und Darstellungstheorie (1927 – 1933)
- Anwendungen nichtkommutativer Algebra auf kommutative Algebra (1932 – 1935)

Emmy Noether publizierte 44 Arbeiten. Sie führte 18 Personen zur Promotion, darunter zwei Frauen.

Noethers Ideen und Methoden wurden u.a. populär durch B.L. van der Waerdens Buch *Moderne Algebra* (1930/31).



## Die Algebra zur Zeit Emmy Noethers

Vorherrschende Forschungsgebiete der Mathematik im 19. Jahrhundert waren Analysis und Geometrie.

Die Algebra war wenig abstrakt, sondern vielmehr konkret, über den reellen bzw. komplexen Zahlen.

Bekannte Vertreter: Carl F. Gauß, Evariste Galois, Camille Jordan, Leopold Kronecker.

Emmy Noethers Zugang zur Algebra dagegen war abstrakt, axiomatisch, begrifflich. Vorläufer waren:

- Arthur Cayley (1821 –1895), Georg Frobenius (1849 – 1917): Gruppentheorie
- Richard Dedekind (1831 – 1916): Verbandstheorie
- Heinrich Weber (1842 – 1913), Ernst Steinitz (1871 – 1928): Körpertheorie
- Leonard Dickson (1874 –1954), Joseph Wedderburn (1882 – 1948): hyperkomplexe Systeme

## Emmy Noethers Beitrag zur Invariantentheorie

Gauß, Disquisitiones arithmeticae 1801:

Invarianten binärer quadratischer Formen

$$f(x,y)=ax^2+bxy+cy^2$$

wie z.B. die Diskriminante  $-4ac+b^2$ .

Cayley, Sylvester ~1850: Theorie der Invarianten für Formen vom Grad  $m$  in  $n$  Variablen. Ziel: Berechnung aller Invarianten für gegebene  $m, n$ .

Emmy Noethers Dissertation 1907: Berechnung aller 331 Invarianten für ternäre biquadratische Formen (d.h.  $m=4, n=3$ ).

Hilbert 1888: neuer Ansatz, die Invarianten als Polynome aufzufassen, und im Polynomring zu argumentieren.

Emmy Noether lernte Hilberts Ansatz durch E. Fischer in Erlangen kennen.

Verwendung in der theoretischen Physik findet *Noethers Theorem* von 1915:

Physik: Symmetriesätze ↔ Erhaltungssätze

Mathematik: Gruppenoperation ↔ Invarianten

# Emmy Noethers Beitrag zur kommutativen Algebra

Wichtigste Arbeiten:

1921 Idealtheorie in Ringbereichen

1927 Abstrakter Aufbau der Idealtheorie in algebraischen Zahl- und Funktionenkörpern

Ursprünge:

- Algebraische Geometrie: Polynomringe, Nullstellengebilde von Polynomen
- Algebraische Zahlentheorie: Unterringe algebraischer Zahlkörper

Emmy Noether abstrahierte hiervon und gab in der Arbeit von 1921 erstmals eine völlig allgemeine Definition der Begriffe *Ring*, *Ideal*, *Primideal*, *irreduzibles Ideal*, ...

Außerdem formulierte und studierte sie in dieser Arbeit die *aufsteigende Kettenbedingung* für Ideale. Ringe, die diese Bedingung erfüllen, heißen heute *noethersche Ringe*.

In der Arbeit von 1927 finden sich u.a. die heute zum Standard gehörenden Homomorphie- und Isomorphiesätze für Ringe.

# Emmy Noethers Beitrag zur Nichtkommutativen Algebra und Darstellungstheorie

**Hyperkomplexe Systeme:** (heute: assoziative Algebren)

Verallgemeinerungen der komplexen Zahlen; nicht notwendigerweise kommutative Ringe, die  $\mathbf{R}$  umfassen.

1848 Hamilton: Quaternionen  $\mathbf{H}$ , nichtkommutativer Körper, 4-dimensional über  $\mathbf{R}$

1907 Wedderburn: Klassifikationssatz für endlichdimensionale hyperkomplexe Systeme über beliebigen Körpern

## **Darstellungstheorie von Gruppen:**

Burnside, Frobenius ~1890:

lineare Darstellung der Gruppe  $G$  = Homomorphismus von  $G$  in einen Matrizenring = „Beschreibung durch Matrizen“

## **Zusammenhang zwischen beiden Gebieten:**

Noether 1929: „Hyperkomplexe Größen und Darstellungstheorie“:

lineare Darstellung  $\leftrightarrow$  Modul über der Gruppenalgebra

Da die Gruppenalgebra ein hyperkomplexes System ist, kann man die zugehörige Theorie verwenden, wenn man Darstellungen studiert.