

ZUR ENTWICKLUNG DES WAHRSCHEINLICHKEITSBEGRIFFS - DAS  
ANWENDUNGSPROBLEM IN DER WAHRSCHEINLICHKEITSTHEORIE AUS  
DIDAKTISCHER SICHT

ZUSAMMENFASSUNG

Die Wahrscheinlichkeitstheorie spielt in den Diskussionen über das mathematische Curriculum gerade im Hinblick auf eine immer stärker geforderte Anwendungsorientierung des Mathematikunterrichts eine zunehmend wichtige Rolle. In diesem Bestreben, den Mathematikunterricht insgesamt realitätsbezogener und praxisrelevanter zu gestalten, um so besser dem Anliegen nach Allgemeinbildung gerecht zu werden, wird der Stochastik teilweise eine führende Funktion zugewiesen. An ihr wird es sich erweisen müssen, so wird vielfach gesagt, ob diese Intentionen in bezug auf die Veränderungen des Mathematikunterrichts in realistischer Weise durchführbar sind.

In der Tat läßt sich nun die Wahrscheinlichkeitstheorie gewissermaßen als ein "Vorbild" einer anwendungsorientierten Theorie auffassen: Das Verhältnis von theoretischem Wissen zu empirischen Fakten erhält im wahrscheinlichkeitstheoretischen Anwendungsbezug eine komplizierte neuartige Struktur. Wahrscheinlichkeitstheoretische Anwendungen können nicht einfach nur unter pragmatischen Gesichtspunkten vorgenommen werden, sie erfordern die Berücksichtigung der Theorie selbst. "It is a characteristic feature of probability theory that all its applied statements are again made up to a probabilistic error, which is of course numerically specified in every particular case. In the past this has been the occasion of longwinded discussions." (Freudenthal, 1968a, S. 352) In den Anwendungen der Wahrscheinlichkeits-

theorie zeigen sich in Form von "Zirkularitäten" grundlegende theoretische Schwierigkeiten.

Der Entwicklung und Ausdifferenzierung dieses Anwendungsproblems der Wahrscheinlichkeitstheorie wendet sich die vorliegende Arbeit zentral zu, um so die besonderen Aspekte der Entfaltung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs samt seiner vielfältigen inhaltlichen Interpretationen und verschiedenartigen komplizierten Anwendungen im Hinblick auf didaktische Fragestellungen besser verstehen zu können.

In dem einführenden I. Kapitel wird die Bedeutung des Anwendungsproblems für die Analyse der Wahrscheinlichkeitstheorie kurz dargelegt. Eine erste effektive Möglichkeit zum Vergleich der Vielfalt unterschiedlicher Interpretationen des Wahrscheinlichkeitsbegriffs stellt das Verhältnis der Theorie zu ihren Anwendungen dar, der sich permanent entwickelnde und umfassender werdende Anwendungsbezug wird zu einem Beurteilungskriterium für das Verständnis der Wahrscheinlichkeitstheorie insgesamt.

Die Dynamik der wahrscheinlichkeitstheoretischen Anwendungen wird im II. Kapitel anhand dreier historischer Fallstudien analysiert. Diese drei Etappen, welche in dieser Arbeit eingehend untersucht werden, betreffen erstens Bernoullis Werk und die ersten Arbeiten zum (schwachen) Gesetz der großen Zahlen (Kapitel II.1.), zweitens das Aufkommen der Fehlertheorie und die damit eng verbundene Entwicklung der Normalverteilung als einer zentralen wahrscheinlichkeitstheoretischen Gesetzmäßigkeit (Kapitel II.2.) und drittens die ersten Anwendungen der Wahrscheinlichkeitstheorie in der Physik, wie sie in den Arbeiten Boltzmanns zur kinetischen Gastheorie und statistischen Mechanik zum Ausdruck kommen (Kapitel II.3.).

Das Kapitel II.1. beinhaltet den Übergang von einem stärker kombinatorisch ausgerichteten Wahrscheinlichkeitsbegriff,

der vor allem auf dem Modell des idealen Glücksspiels basiert, zur Einbeziehung vielfältiger realer Zufallerscheinungen. Diese Erweiterungen der Anwendungen der Wahrscheinlichkeitstheorie werden vor allem durch Bernoullis Theorem ermöglicht. In der komplizierten theoretischen Struktur dieses Theorems, welche in moderner Form meist so dargestellt wird:

$$\begin{array}{cccc} \wedge & \wedge & \vee & \wedge \\ \epsilon > 0 & \eta > 0 & n_0 & n \geq n_0 \end{array} \quad P(|h_n - p| < \epsilon) > 1 - \eta,$$

werden erstmals explizit die beiden folgenden Probleme thematisiert: Zum einen wird ein Zirkel bei der Begründung der Wahrscheinlichkeit sichtbar. Der Wahrscheinlichkeitsbegriff kann "inhaltlich" nicht definiert werden, ohne daß die Wahrscheinlichkeit in anderer Weise immer schon "vorausgesetzt" werden muß; dies erinnert an die Zirkularitäten in den vielen späteren expliziteren Definitionsversuchen des Wahrscheinlichkeitsbegriffs. Darüber hinaus ist zum anderen auch für den Anwendungsbezug dieses Begriffs ansatzweise ein "Zirkel" zu erkennen. Die Anwendung der Wahrscheinlichkeitstheorie ist durch eine statistische Beziehung reguliert, d.h. sie unterliegt selbst einer Wahrscheinlichkeitstheoretischen Behandlung und wird nicht in einer "direkten" Weise unmittelbar vorgenommen.

De Moivres Grenztheorem präzisiert den Strukturzusammenhang des Bernoullischen Theorems, indem die  $e$ -Funktion zur besseren Abschätzung der Binomialkoeffizienten herangezogen wird; so erlangt diese Aussage zudem eine größere praktische Bedeutsamkeit. Das "Leitmotiv der Entwicklung der Wahrscheinlichkeitstheorie" (Loève) hat sich in diesem ersten Theorem dieser noch jungen Theorie herausgebildet.

Werden zunächst primär isolierte einzelne Zufallereignisse betrachtet, so vollzieht sich gerade mit den schwierigen Aufgaben der Fehlertheorie ein Übergang zur Bearbeitung von Systemen von Zufallsgrößen. In den Anwendungen der Wahrscheinlichkeitstheorie auf Beobachtungsfehler, wie sie im Kapitel II.2. untersucht werden, wird ein umfangreiches

Repertoire neuartiger Methoden herausgearbeitet, und es wird die Bedeutung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs insgesamt weiterentwickelt.

So führt die Suche nach Gesetzmäßigkeiten, welchen die Beobachtungsfehler unterliegen, zur Entwicklung des fundamentalen Begriffs der Wahrscheinlichkeitsverteilung. Dieser Verteilungsbegriff gestattet erst die wahrscheinlichkeitstheoretische Charakterisierung des Fehlersystems als ein Ganzes und ermöglicht es, den "wahrscheinlichsten" Fehler zu ermitteln, und somit aus wahrscheinlichkeitstheoretischer Perspektive die Durchführung von Meßprozessen zu verbessern. Die von Gauß vorgenommene Aufstellung eines universellen Fehlergesetzes in Form der Normalverteilung und die sich hieran anschließenden Versuche einer möglichst allgemeinen, von zu starken Voraussetzungen unabhängigen Herleitung dieser Gesetzmäßigkeit führten im Verlaufe der weiteren Untersuchungen immer mehr zu einer relativ einfachen und grundlegenden Kennzeichnung des Systems der Zufallsgrößen. Vor allem im Zusammenhang mit der sog. Hypothese der Elementarfehler stellt sich heraus, daß das "Normalverhalten" des Systems der Zufallsvariablen im wesentlichen davon abhängt, daß die Anzahl betrachteter Zufallsvariablen groß ist, sie voneinander unabhängig sind und in einem genauer zu spezifizierenden Sinne "gleichmäßig" verteilt sind. Auf diese Weise bildet sich während der Arbeiten zur Theorie der Beobachtungsfehler das Systemkonzept als ein spezielles Modell für das wahrscheinlichkeitstheoretische Gegenstandsverständnis heraus, dabei dient der Begriff der Wahrscheinlichkeitsverteilung zur angemessenen Untersuchung zufälliger Systeme. Die in den Anwendungen auf die Fehlertheorie weit vorangetriebenen Überlegungen zu den Gegenstandsvorstellungen der Wahrscheinlichkeit erlangten eine so allgemeine Kennzeichnung, daß sie relativ mühelos auf andere, etwa den sozialen Bereich, übertragen werden können.

Auf der Grundlage der bisher entwickelten Konzepte und Verfahren wird es möglich, die Wahrscheinlichkeitstheorie in

effektiver Weise auf Probleme der Physik anzuwenden. Als ein wichtiges Beispiel werden hierzu im Kapitel II.3. die Anfänge in der Entstehung der kinetischen Gastheorie betrachtet. Vor allem an den Arbeiten Boltzmanns lassen sich die Bedeutung der Wahrscheinlichkeit und die Veränderungen, welche dieses Konzept durchmacht, in exemplarischer Weise studieren. Gerade der 2. Hauptsatz der Thermodynamik mit den vielfältigen Bemühungen, ihn auf der Grundlage der Atomistik herzuleiten, stellt ein äußerst interessantes und kontrovers diskutiertes Problem dar, an dem sich die Fragen zum Status der Wahrscheinlichkeit zuspitzen. War Boltzmann beispielsweise zu Beginn seiner Studien zum 2. Hauptsatz überzeugt, eine rein mechanische Herleitung dieses Theorems leisten zu können, so konstatiert er nach langen Jahren der Auseinandersetzung mit heftigen Einwänden, daß letztlich in jeden Beweis dieses Satzes notwendig die Wahrscheinlichkeitstheorie einbezogen werden müsse. Von einer "äußerlichen" Hilfsmethode wandelt sich die Auffassung zum Wahrscheinlichkeitsbegriff in diesen Arbeiten zu einem grundlegenden theoretischen Erkenntnismittel.

Was insbesondere für den epistemologischen Status der Wahrscheinlichkeit von großer Wichtigkeit ist, wird in der Diskussion um das Verhältnis von Zufälligkeit und Determinismus deutlich. Es stellt sich am Ende der Überlegungen zur Herleitung des 2. Hauptsatzes heraus, daß klassische Mechanik und Wahrscheinlichkeitstheorie letztlich beide in gleichberechtigter Weise notwendig zur Erklärung dieses Sachverhaltes sind; sie können nicht aufeinander reduziert werden. Die spezifischen Probleme des 2. Hauptsatzes erfordern gleichermaßen mechanische und wahrscheinlichkeitstheoretische Konzepte in sich wechselseitig stützender Erklärung.

Der am Beispiel des 2. Hauptsatzes herausgearbeitete neuartige Typ einer "stochastischen Gesetzmäßigkeit", welche es ermöglicht, eine "mechanische" Bewegung mit Hilfe wahr-

scheinlichkeitstheoretischer Methoden angemessen zu charakterisieren, stellt eine relativ allgemeine Form von Gesetzmäßigkeit dar; und von dieser Warte her wird es erst möglich, elementare Gesetzmäßigkeiten der klassischen Mechanik zu erklären. Hieran wird exemplarisch klar, daß nicht die Wahrscheinlichkeitstheorie auf mechanischen Überlegungen reduziert werden kann, also die Wahrscheinlichkeitstheorie durch die Mechanik erklärt werden könnte, sondern daß umgekehrt die allgemeinere Wahrscheinlichkeitstheorie im Sinne ihrer Verwendung in der kinetischen Gastheorie die Mechanik erläutert.

Es ist das Verdienst Boltzmanns, durch seine physikalischen Arbeiten und auch durch seine wissenschaftstheoretischen Überlegungen letztlich diesen wichtigen Übergang im Verständnis der Wahrscheinlichkeit in Gang gesetzt zu haben.

Als wichtige Konsequenz der Analyse dieser drei historischen Etappen läßt sich kurz folgendes festhalten: In der ersten Etappe wird erstmals explizit die Besonderheit des Wahrscheinlichkeitstheoretischen Anwendungsproblems sichtbar. In den sich erweiternden Anwendungen wird während der zweiten Etappe in der Verfolgung dieses Anwendungsproblems dann mehr und mehr eine spezifisch Wahrscheinlichkeitstheoretische Charakterisierung des Untersuchungsgegenstandes in Form des Systemkonzepts herausgearbeitet. Damit verbunden ist ein Bestreben, dem Anwendungsproblem mit relativ universellen Methoden und Konzepten (Verteilungsbegriff, Zufallssystem) zu begegnen. Die dritte Etappe macht demgegenüber auf die Bereichsspezifität des Anwendungsproblems aufmerksam: Nicht das Systemkonzept selbst kann als Gegenstand der Wahrscheinlichkeitstheorie interpretiert werden, es dient ausschließlich der Beschreibung des Gegenstandes. Wie es sich beispielhaft an der diskutierten Beziehung von gegenständlich-mechanischen zu Wahrscheinlichkeitstheoretisch-zufälligen Aspekten und Problemen bei der Interpretation des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik zeigt, geht es um das Verhältnis von Systemdarstellung zu Gegenstand, d.h. um das Verhältnis von relativ allgemeiner Wahrscheinlichkeitstheoretischer

Beschreibung zu den individuell konkreten Besonderheiten des Gegenstandes.

Im III. Kapitel wird auf der Grundlage der durchgeführten Fallstudien das Anwendungsproblem der Wahrscheinlichkeitstheorie und seine Entwicklung in systematischer Weise untersucht. Bis zu einem gewissen Grade läßt sich die Entwicklung zunächst im Rahmen des Konzepts der Theorienentwicklung nach Sneed (1971) in Ansätzen skizzieren. Vor allem wird hierbei deutlich, daß auch der Wahrscheinlichkeitsbegriff als ein theoretischer Begriff aufzufassen ist, und daß somit gemäß dem "Problem der theoretischen Terme" nur durch eine dynamische Entwicklungsperspektive die hiermit verbundenen grundlegenden Schwierigkeiten in Angriff genommen werden können. Darüber hinaus zeigte die historische Analyse jedoch, daß in der Wahrscheinlichkeitstheorie zusätzlich ein "Problem des Anwendungsbezugs" hinzukommt; auch die Anwendungen werden durch eine theoretische Beziehung reguliert.

Bei der Frage nach den Unterschieden in den Anwendungen der Wahrscheinlichkeitstheorie im Vergleich zu den klassischen deterministischen Theorien stellt sich heraus, daß weder in epistemologischer, noch in ontologischer Hinsicht Abweichungen zu suchen sind. Weder eine Kennzeichnung der Wahrscheinlichkeitstheorie als "Theorie der Massenerscheinungen" wird der Besonderheit dieser Theorie gerecht, da sich letztlich jede Theorie, will sie verallgemeinerbare Aussagen machen, nie auf einzelne Dinge, sondern immer auf "Massenphänomene" bezieht; noch ist es angemessen, einen alternativen Gegensatz von Zufall und Kausalität aufzubauen, wie die Fallstudie zu Boltzmann gezeigt hat. Dies hat zur Folge, daß die Wahrscheinlichkeitstheorie als eine allgemeinere Theorie die einfachen klassischen deterministischen Theorien in erkenntnistheoretischer Hinsicht umfaßt und erklärt. Ein Unterschied zwischen diesen Theorien wird erst bemerkbar, wenn man vom Problem der Beschreibung ausgeht. So nimmt die Wahrschein-

lichkeitstheorie das Bezogensein auf Massenerscheinungen und auf Systeme mit in ihre theoretische Deskription der Realität auf, während deterministische Gesetzmäßigkeiten immer nur den idealen allgemeinen Einzelfall beschreiben. Eine spezifische Problematik der Wahrscheinlichkeitstheorie liegt nun darin, daß diese Theorie einerseits gewissermaßen zu einer relativ allgemeinen Theorie der Anwendungen anderer Theorien wird, andererseits jedoch jede konkrete Anwendung nicht in einer universalistischen Weise vollzogen werden kann, sondern dabei immer auch die jeweiligen lokalen Bedingungen und gegenständlichen Besonderheiten berücksichtigt werden müssen. Dieses schwierige Verhältnis von relativ allgemeinen, universellen, wahrscheinlichkeitstheoretischen Verfahren zu den besonderen inhaltlichen Aspekten des Gegenstandes kann ganz allgemein im Hinblick auf die Anwendung von theoretischem Wissen verstanden werden.

Anhand einer Konfrontation mit verschiedenen erkenntnistheoretischen Positionen wird abschließend versucht, die Bedeutung des Anwendungsproblems der Wahrscheinlichkeitstheorie zu präzisieren und in wichtigen Aspekten zu belegen. Ein Vergleich mit der Entwicklung der Mechanik zeigt nochmals, daß letztlich die Wahrscheinlichkeitstheorie eine "allgemeinere" Theorie darstellt und nicht auf die Mechanik reduziert werden kann, sondern diese in gewisser Hinsicht erst erklärt. Desweiteren belegen Diskussionen um den Systembegriff, daß das System nicht einfach als ein wahrscheinlichkeitstheoretischer Gegenstand aufgefaßt werden kann, sondern daß die Relevanz der Systemtheorie für die Wahrscheinlichkeitstheorie darin besteht, wichtige und fundamentale Probleme des Element-System-Verhältnisses festzuhalten. Und die notwendige Berücksichtigung spezifischer gegenständlicher Anwendungen wird beispielhaft aus Überlegungen deutlich, die nach dem Erkenntnisgehalt statistischer Untersuchungen fragen; Veränderungen in den Merkmalen verschiedener Populationen sind meist nicht einfach Ausdruck zufälliger Schwankungen, sondern oft auch Hinweise auf inhaltliche Dimensionen des Untersuchungsobjekts.



Im IV. Kapitel werden aus der historischen und systematischen Diskussion Konsequenzen für den Stochastikunterricht (der Sekundarstufe I) gezogen. Grundlegende Orientierung für die didaktischen Überlegungen ist die Erkenntnis, daß der herausragenden Bedeutung des Anwendungsproblems der Wahrscheinlichkeitstheorie wegen, die Wahrscheinlichkeit insgesamt über den Anwendungsbezug entwickelt werden sollte. Ausgehend von dieser Perspektive werden zunächst einige zentrale didaktische Probleme der Stochastik diskutiert.

So gewinnt z.B. das Verhältnis von Begründung und Anwendung mathematischer Begriffe im Hinblick auf die Wahrscheinlichkeit besondere Aspekte; die Schwierigkeiten, welche mit der Unmöglichkeit verbunden sind, für den Unterricht eine universelle und über alle Schuljahre hinweg einzige Definition von Wahrscheinlichkeit zu geben, führen dazu, den Wahrscheinlichkeitsbegriff sorgfältig bezogen auf den jeweils angestrebten Anwendungskontext einzuführen und entsprechend der Erweiterung des Anwendungsbereichs den Begriff selbst weiterzuentwickeln. Das Verhältnis von Begründung und Anwendung erzwingt eine dynamische Entwicklungsperspektive in bezug auf den Wahrscheinlichkeitsbegriff.

Für ein angemessenes Verständnis von Wahrscheinlichkeit ist es ausdrücklicher als in anderen Stoffbereichen notwendig, sich mit metatheoretischen Fragestellungen im Unterricht auseinanderzusetzen. So ist es vor allem wichtig, keinen falschen Gegensatz zwischen Zufall und Kausalität aufzubauen, sondern immer wieder den wechselseitigen Zusammenhang von zufälligen und kausalen Aspekten zu betonen. Bei jeder Anwendungssituation sollten über die wahrscheinlichkeitstheoretischen Fragen hinaus die konkret gegenständlichen Erkenntnisse ausführlich besprochen werden.

Eine Analyse des Begriffsfeldes der Wahrscheinlichkeit weist auf die Eigenarten bei der Einführung und Entwicklung dieses Begriffs im Mathematikunterricht. Neben einer in

seiner Struktur letztlich maßtheoretisch-axiomatischen Kennzeichnung der Wahrscheinlichkeit umfaßt das Begriffsfeld zusätzlich den Begriff der stochastischen Unabhängigkeit. Beide stellen zusammen den Grundrahmen für eine anwendungsorientierte Begriffsentwicklung dar. Sie sind in ihrem Wechselverhältnis der relativ allgemeinen axiomatischen Definition von Wahrscheinlichkeit und Unabhängigkeit zu den verschiedenen inhaltlichen Interpretationen Ausdruck der Schwierigkeit des wahrscheinlichkeitstheoretischen Anwendungsproblems. Die Notwendigkeit dieses Verhältnis gründlich in verschiedenen beispielhaften Anwendungen zu analysieren hat für den Unterricht die wichtige Konsequenz, sorgfältig ausgewählte Beispielaufgaben in ihren vielfältigen und unterschiedlichen Aspekten detailliert zu besprechen, anstatt einfach nur Techniken in einseitiger Hinsicht zu erproben oder schematische Anwendungsrezepte zu verwenden.

Um mit der Komplexität des wahrscheinlichkeitstheoretischen Begriffsfeldes in Anbetracht der Divergenz stochastischer Anwendungen adäquat umgehen zu können, wird im Unterricht auf den Begriff des stochastischen Modells zurückgegriffen. Die Diskussion dieses Begriffs ist eng mit dem Konzept des sogenannten "stochastischen Denkens" verknüpft. Dabei zeigt sich, daß vor allem das Verhältnis von Modell zu jeweiligem Anwendungsgegenstand eine zentrale Funktion für die Begriffsentwicklung hat. Sowohl eine rein kombinatorische Modellauffassung als auch ein ausschließlich simulativer Gebrauch von Zufallsgeneratoren vermag nicht die je konkreten gegenständlichen Aspekte der Anwendungssituation aufzunehmen.

Auf der Grundlage der Auseinandersetzung mit diesen didaktischen Problemen wird ein Kursus "Wahrscheinlichkeitsrechnung in der Sekundarstufe I" konkret untersucht. Im Anschluß an die kurze Vorstellung des Kurses und kritischen Anmerkungen hierzu wird dann eine konstruktive Ergänzung vorgeschlagen, in der versucht wird, wichtige Aspekte einer anwendungsorientierten Entwicklung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs im Sinne der gemachten Überlegungen darzustellen.

## LITERATUR

- Adams, W.J. The Life and Times of the Central Limit Theorem, Kaedmon, New York, 1974
- Adrain, R. Research Concerning the Probabilities of Errors which happen in making Observations, in: The Analyst or Mathematical Museam, vol. I, 1808, S. 93-109
- Archibald, R.C. A rare Pamphlet of Moivre and some of his Discoveries, in: Isis, vol. VIII, part 4, 1926, S. 671-683
- Arnauld, A. Die Logik oder die Kunst des Denkens, 1662, wiederabgedruckt: Darmstadt, 1972
- Barth, F./Bergold, H./  
Haller, R. Stochastik 1, Ehrenwirt, 1978
- Bayes, Th. An essay towards solving a problem in the doctrine of chances, 1763, wiederabgedruckt in: Pearson, E.S./Kendall, M. (ed.), 1970, S. 131-153
- Bellach, J./Franken, P./  
Warmuth, E./Warmuth, W. Maß, Integral und bedingter Erwartungswert, Vieweg, Braunschweig, 1978
- Bernhardt, H. Beziehungen zwischen Wahrscheinlichkeitsrechnung und Physik in der zweiten Hälfte des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts, Dissertation, Leipzig, 1966
- Bernoulli, D. The most probable choice between several discrepant observations and the formation therefrom of the most likely induction, 1777, wiederabgedruckt (auf Englisch) in: Pearson, E.S./Kendall, M. (ed.), 1970, S. 157-172
- Bernoulli, J. Ars conjectandi, Basel, 1713, wiederabgedruckt in Bernoulli, 1975, S. 107-286, auf Deutsch erschienen: Wahrscheinlichkeitsrechnung, Ostwald's Klassiker Nr. 107 u. 108, Leipzig, 1899
- Bernoulli, J. Die Werke von Jakob Bernoulli, Bd. 3, Birkhäuser, Basel, 1975
- Bessel, F.W. Untersuchungen über die Wahrscheinlichkeit der Beobachtungsfehler, in: Astronomische Nachrichten, vol. 15, No. 358/359, 1838, S. 369-404
- Bigalke, H-G. (Hrsg.) Einführung in die Mathematik, Ausgabe H, Klassen 7-9, Diesterweg, Frankfurt/Main, 1974 f.
- Bigalke, H-G. (Hrsg.) Einführung in die Mathematik, Ausgabe H, Klassen 7-9. Lehrerbände, Frankfurt/Main, Diesterweg, 1975f.

- Bigalke, H-G./  
Hasemann, K. Zur Didaktik der Mathematik in den Klassen  
5 und 6, Bd. 2, Diesterweg; Frankfurt/Main, 1978
- Bognár, K./Nemetz, T. On the teaching of probability at secondary level,  
in: Educational Studies in Mathematics, 8, 1977,  
S. 399-404
- Böhme, G. Über die Zeitmodi, Vandenhoek u. Ruprecht,  
Göttingen, 1966
- Boltzmann, L. Über die mechanische Bedeutung des zweiten  
Hauptsatzes der Wärmetheorie, 1866, in:  
Wiss. Abhandlungen, Bd. I, S. 9-33
- Boltzmann, L. Studien über das Gleichgewicht der lebendigen  
Kraft zwischen bewegten materiellen Punkten, 1868,  
in: Wiss. Abhandlungen, Bd. I, S. 49-96
- Boltzmann, L. Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht  
unter Gasmolekülen, 1872, in: Wiss. Abhandlungen,  
Bd. I, S. 316-402
- Boltzmann, L. Bemerkungen über einige Probleme der mechanischen  
Wärmetheorie, 1877a, in: Wiss. Abhandlungen,  
Bd. II, S. 112-148
- Boltzmann, L. Über die Beziehung zwischen dem zweiten Hauptsatze  
der mechanischen Wärmetheorie und der Wahrschein-  
lichkeitsrechnung respektive den Sätzen über das  
Wärmegleichgewicht, 1877b, in: Wiss. Abhandlungen,  
Bd. II, S. 164-223
- Boltzmann, L. On certain Questions of the Theory of Gases,  
1895, in: Wiss. Abhandlungen, Bd. III, S. 535-544
- Boltzmann, L. Erwiderng an Culverwell, 1895a, in: Wiss.  
Abhandlungen, Bd. III, S. 545
- Boltzmann, L. Entgegnung auf die wärmetheoretischen Betrach-  
tungen des Hrn. E. Zermelo, 1896, in: Wiss.  
Abhandlungen, Bd. III, S. 567-578
- Boltzmann, L. Zu Hrn. Zermelos Abhandlung "Über die mechanische  
Erklärung irreversibler Vorgänge", 1897, in:  
Wiss. Abhandlungen, Bd. III, S. 579-586
- Boltzmann, L. Populäre Schriften, Barth, Leipzig, 1905
- Boltzmann, L. Wissenschaftliche Abhandlungen, Bde. I,II,III,  
(Hrsg.) Fritz Hasenöhril, Chelsea, New York, 1968
- Borel, E. Elements of the Theory of Probability,  
Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1965
- Born, M. Natural Philosophie of Cause and Chance,  
Dover Publications, New York, 1964

- Brillouin, L. Science and Information Theory, Academic Press, New York, 1971
- Broda, E. Ludwig Boltzmann, Mensch - Physiker - Philosoph, Franz Deuticke, Wien, 1955
- Broda, E. Philosophical Biography of Ludwig Boltzmann, in: Cohen/Thirring, 1973, S. 17-51
- Brush, St.G. Science and Culture in the Nineteenth Century, Thermodynamics and History, in: The Graduate Journal, Austin Texas, Jg. 7, 1967, S. 477-565
- Brush, St.G. Kinetische Theorie Bd. I. Die Natur der Gase und der Wärme, Vieweg, Braunschweig, 1970
- Brush, St.G. Kinetische Theorie Bd. II, Irreversible Prozesse, Vieweg, Braunschweig, 1970
- Brush, St.G. The Kind of Motion we call Heat, vol. 1 und 2, North Holland, Amsterdam, 1976
- Burbury, S.H. Boltzmann's Minimum Function, in: Nature, 51, (November 22), 1894, S. 78
- Chincin, A.J. Die Methode der willkürlichen Funktionen und der Kampf gegen den Idealismus in der Wahrscheinlichkeitsrechnung, in: Sowjetwissenschaft-Naturwissenschaftliche Abteilung, 7. Jg., 1954, S. 261-273
- Chincin, A.J. Die Häufigkeitstheorie R.v.Mises' und die modernen Ideen der Wahrscheinlichkeitstheorie, (geschrieben in den Jahren 1939-1944 mit Anmerkungen von B.V. Gnedenko), in: Voprosy filosofii, 1, (15), 1961, S. 92-102 und 2, (15), 1961, S. 77-89 (russisch)
- Chincin, A.J. Mathematische Grundlagen der statistischen Mechanik, Bibliographisches Institut, Mannheim, 1964
- Chung, K.L. Elementary Probability Theory with Stochastic Processes, Springer, New York, 1974
- Clausius, R. Über verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie, in: Pogg. Ann. 125, 1865, S. 353-400
- Cohen, E.G.D./Thirring, W. (ed.) The Boltzmann Equation. Theory and Applications, Springer-Verlag, Wien, 1973
- Cournot, A.-A. Exposition de la théorie des chances et des probabilités, Hachette, Paris, 1843

- Cournot, A.-A Die Grundlehren der Wahrscheinlichkeitsrechnung leichtfasslich dargestellt für Philosophen, Staatsmänner, Juristen, Kameralisten und Gebildete überhaupt, Leibrock, Braunschweig, 1849
- Cramer, H. Half a Century with Probability Theory: Some Personal Recollections, in: The Annals of Probability, vol. 4, No. 4, 1976, S. 509-546
- Crofton, M.W. On the Proof of the Law of Errors of Observations, in: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, vol. 160, 1869, S. 175-187
- Culverwell, E.P. Dr. Watson's Proof of Boltzmann's Theorem on Permanence of Distributions, in: Nature 50, (October 25), 1894, S. 617
- Czuber, E. Die Entwicklung der Wahrscheinlichkeitstheorie und ihrer Anwendungen, in: Jahresbericht der deutschen Mathematikervereinigung, Bd.6, 1897
- Czuber E. Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung auf Fehlerausgleichung, Statistik und Lebensversicherung, Teubner, Leipzig und Berlin, 1902
- Darbon, A. Le Concept du Hasard dans la Philosophie de Cournot, Paris, 1911
- David, F.N. Games, Gods and Gambling, Griffin, London, 1962
- De Moivre, A. The Doctrine of Chances or a Method of Calculating the Probability of Events in Play, 1756, reprinted, Chelsea, New York, 1967
- Dieudonné, J. Abrégé d'histoire des mathématiques 1700-1900, Bd. I und II, Hermann, Paris, 1978
- Dieudonné, J. L'Analyse mathématique au dix-huitième siècle, in: Dieudonné, Jean, Bd. I, 1978, S. 19-53
- Dinges, H. Zum Unterricht der Wahrscheinlichkeitsrechnung, in: Mathematisch physikalische Semesterberichte, Bd. XXIII, Heft 1, 1976, S. 83-109
- Dinges, H. Zum Umgang mit Aussagen in der Stochastik (Bemerkungen zum stochastischen Denken), Mskript, Frankfurt/Main, 1977
- Dinges, H. Schwierigkeiten mit der Bayes'schen Regel, in: Mathematisch-Physikalische Semesterberichte, Bd. XXV, Heft 1, 1978, S. 113-156
- Dinges, H. Report on Stochastics at Highschools in the Federal Republik of Germany, Frankfurt/Main, 1979

- Dugas, R. La Théorie physique au sens de Boltzmann et ses prolongements modernes, Griffon, Neuchâtel, 1959
- Ehrenfest, P.u.T. Begriffliche Grundlagen der statistischen Auffassung in der Mechanik, in: Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften, Bd. IV, Art. 32, Leipzig-Berlin, 1911
- Einstein, A. Die von der molekularen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen, in: Annalen der Physik, 17, 1905, S. 549-560
- Einstein, A. Philosoph - Scientist, ed. P.A. Schilpp, The Library of Living Philosophers, London, 1970
- Einstein, A. Aus meinen späten Jahren, Stuttgart, 1979
- Eisenhart, Ch. The meaning of "least" in least squares, in: Journal of the Academy of Sciences, vol. 54, Washington, 1964, S. 24-33
- Eisenhart, Ch. Carl Friedrich Gauß, in: International Encyclopedia of the Social Sciences, vol. 5/6, Macmillan, New York, 1968, 74-81
- Elkana, Y. Boltzmann's Scientific Research Program and its Alternatives, in: Elkana, Y. (ed.): The Interaction between Science and Philosophy, Humanities Press, Atlantic Highlands, N.J., 1974, S. 243-279
- Engel, A. Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik, Bd. 1, Klett, Stuttgart, 1973
- Engel, A./Varga, T./Walser, W. Zufall oder Strategie? Spiele zur Kombinatorik und Wahrscheinlichkeitsrechnung auf der Primarstufe, Klett, Stuttgart, 1974
- Fachleitertagung für Mathematik (6.), 1978, Kassel Schriften des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V., Heft 24, 1978
- Feller, W. Über den zentralen Grenzwertsatz der Wahrscheinlichkeitsrechnung, in: Math. Z., 40, S. 521-559, und 42, S. 488-575, 1935/37
- Feller, W. The fundamental Limit Theorems in Probability, in: Bulletin of the American Mathematical Society, vol. 51, 1945, S. 800-832
- Feller, W. An Introduction to Probability Theory and its Applications, vol. I, Wiley, New York, 1968
- Feuerpfeil, J./Heigl, F./Volpert, H. Stochastik, Grundkurs, Bayerischer Schulbuch-Verlag, München, 1975

- Fine, T.L. Theories of Probability. An Examination of Foundations, Academic Press, New York, 1973
- Finetti, B. de Theory of Probability, vol. I, Wiley, London, 1974
- Finetti, B. de The true subjective Probability Problem, in: Staël von Holstein, C.-A. (ed.): The concept of probability in psychological experiments, Reidel, Dordrecht, 1974a, S. 1-14
- Fischbein, E. Enseignement mathématique et développement intellectuel, in: Educational Studies in Mathematics, 2, 1969, S. 290-306
- Freudenthal, H. Models in Applied Probability, in: Kazemier, B.H./Vuysje, D., (Hrsg.): The Concept and the Role of the Model in Mathematics and natural and social sciences, Reidel, Dordrecht, 1961, S. 78-88
- Freudenthal, H. Wahrscheinlichkeit und Statistik, Oldenbourg, München, 1968
- Freudenthal, H. The implicit philosophy of mathematics today, in: Klibansky, R. (Hrsg.): Contemporary Philosophy, I, Logic and Foundations of Mathematics, Firenze, 1968a, S. 342-368
- Freudenthal, H. The 'empirical law of large numbers' or 'the stability of frequencies', in: Educational Studies in Mathematics, 4, 1971/72, S. 484-490
- Freudenthal, H. Mathematik als pädagogische Aufgabe, Bd. 2, Klett, Stuttgart, 1973
- Freudenthal, H. Der Wahrscheinlichkeitsbegriff als angewandte Mathematik, in: Les applications nouvelles des mathématiques et de l'enseignement secondaire, Bericht des 3. C.I.E.M. - Seminars in Echternach, 1973, Luxemburg, 1975, S. 15-27
- Freudenthal, H./Steiner, H.-G. Aus der Geschichte der Wahrscheinlichkeitstheorie und der mathematischen Statistik, in: H. Behnke et al. (ed.): Grundzüge der Mathematik, vol. IV, Göttingen, 1966, S. 149-195
- Garber, E. Aspects of the introduction of probability into physics, in: Centaurus, 17, 1973, S. 11-39
- Gauß, C.F. Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis arbutentium, Hamburg: Perthes und Bessler, 1809, teilweise auf Deutsch wiederabgedruckt in: Gauß, 1964, S. 92-117
- Gauß, C.F. Werke, vol. 4, Göttingen, 1873



- Gauß, C.F.                    Abhandlungen zur Methode der kleinsten Quadrate, Physika-Verlag, Würzburg, 1964
- Geiringer, H.                Probability: Objective Theory, in: Dictionary of the History of Ideas, Wiener, Philip P. (ed.), Charles Scribners sons, New York, 1973, S. 605-623
- Gibbs, J.W.                 Elementare Grundlagen der statistischen Mechanik, Barth, Leipzig, 1905
- Gillies, D.A.                An objective theory of probability, Methuen, London, 1973
- Glaisher, J.W.L.            On the Law of Facility of Errors of Observations, and on the Method of Least Squares, in: Memoirs of the Royal Astronomical Society, vol. XXXIX, 1872, S. 75-124
- Glaymann, M./  
Varga, T                    Zwischen Unmöglich und Sicher, Herder, Freiburg, 1975
- Gnedenko, B.W./  
Chincin, A.J.                Elementare Einführung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung, Berlin (DDR), 1973
- Goldstine, H.H.             A History of Numerical Analysis from the 16th through the 19th Century, Springer, New York, 1977
- Good, I.J.                    Probability and the weighing of evidence, Griffin, London, 1950
- Grattan-Guinness, I.        The development of the foundations of mathematical analysis from Euler to Riemann, Cambridge (Mass.), 1970
- Graunt, J.                    Natural and Political Observations mentioned in a following Index and made upon the bills of mortality, London, 1662
- Hacking, I.                    Logic of statistical inference, Cambridge University Press, Cambridge, 1965
- Hacking, I.                    The Emergence of Probability, Cambridge University Press, Cambridge, 1975
- Hagen, G.H.L.                Grundzüge der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Berlin, Dümmler, 1837
- Heigl, F./  
Feuerpfeil, J.                Stochastik, Leistungskurs, Bayerischer Schulbuch-Verlag, München, 1976
- Heinrich, H.                 Über Gauss' Beiträge zur Numerischen Mathematik, in: Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften der DDR, Abt. Mathematik-Naturwissenschaften-Technik, Jg. 1978, Nr. 3N, Berlin, 1978, S. 108-122

- Heisenberg, W. Der Teil und das Ganze, München, 1973
- Heitele, D. Didaktische Ansätze zum Stochastikunterricht in Grundschule und Förderstufe, Dissertation, Dortmund, 1976
- Heitele, D. Fragmente zu einer Geschichte der Wahrscheinlichkeitsdidaktik (insbesondere des Primarberichts), in: Didaktik der Mathematik, Heft 4, 1977, S. 296-306
- Hengst, M. Zur "Existenz" der Wahrscheinlichkeit, in: Der Mathematikunterricht, 17, 1971, S. 60-84
- Heyde, C.C./ Seneta, E. I.J. Bienaymé, Statistical Theory anticipated, Springer, New York, 1977
- Hiebert, E.N. The conception of Thermodynamics in the Scientific Thought of Mach and Planck, Ernst-Mach-Institut, Freiburg/Br., 1968
- Hiebert, E.N. The Energetics Controversy and the New Thermodynamics, in: Roller, Duane H.D. (ed.): Perspectives in the History of Science and Technology, University of Oklahoma Press, Oklahoma, 1971, S. 67-98
- Hobbes, Th. Human Nature, Bd. IV, 1650, Reprint, Scientia Aalen, 1962
- Hund, F. Geschichte der physikalischen Begriffe, Bibliographisches Institut, Mannheim, 1972
- Huygens, Ch. Ratiociniis in aleae ludo (Van Rekeningh in Spelen van Geluck), in: Exercitium Mathematicorum, ed. F. van Schouten, Amsterdam, 1657
- Huygens, Ch. Oeuvres complètes, Bd. 14, La Haye, 1920
- Infeld, L. Albert Einstein. Sein Werk und sein Einfluß auf unsere Welt, Schönbrunn-Verlag, Wien, 1953
- Jahner, H. Methodik des mathematischen Unterrichts, Quelle u. Meyer, Heidelberg, 1978
- Jahnke, H.N. Zum Verhältnis von Wissensentwicklung und Begründung in der Mathematik - Beweisen als didaktisches Problem, Dissertation, Bielefeld, 1979
- Jahnke, H.N./ Otte, M. Der Zusammenhang von Verallgemeinerung und Gegenstandsbezug beim Beweisen - am Beispiel der Geometrie diskutiert, in: Dörfler, W./ Fischer, R. (Hrsg.): Beweisen im Mathematikunterricht. Schriftenreihe Didaktik der Mathematik, Univers. für Bildungswissenschaften in Klagenfurt, Bd. 2, Wien, 1979

- Juschkewitsch, A.P. Die Entwicklung des Funktionsbegriffs, in: Ist. mat. issled, 1966, S. 123-150, auf deutsch übersetzt von Karin Reich, München, 1972
- Juschkewitsch, A.P. The concept of function up to the middle of the 19th century, in: Archive for the History of Exact Sciences, vol. 16, No. 1, 1976, S. 37-85
- Kac, M. Probability and related topics in physical sciences, Interscience Publishers, London, 1959
- Kac, M. Statistical Independence in Probability, Analysis and Number Theory, Wiley, Rahway, N.J. 1959a
- Kac, M. The Emergence of Statistical Thought in Exact Sciences; in: Neyman, Jerzy (ed.): The Heritage of Copernicus: Theories "Pleasing to the Mind", MIT Press, Cambridge (Mass.), London, 1974, S. 433-44
- Keitel, Ch./  
Otte, M. Das Lehrbuchproblem als Gegenstand der Lehrerausbildung, EPAS-Drucksache Nr. 1, IDM, Bielefeld, 1977
- Kendall, M.G. On the reconciliation of theories of probability, in: Biometrika, Jg. 36, 1949, S. 101-116
- Kendall, M.G./  
Plackett, R.L. (ed.): Studies in the History of Statistics and Probability, vol. II, Griffin, London, 1977
- Klein, M.J. Paul Ehrenfest. The making of a theoretical Physicist, North-Holland, Amsterdam, 1972
- Klein, M.J. The Development of Boltzmann's Statistical Ideas, in: Cohen/Thirring, 1973, S. 53-106
- Knott, C.G. Life and Scientific Work of Peter Guthrie Tait, Cambridge, 1911
- Kolmogoroff, A.N. Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Springer, Berlin, 1933
- Kolmogoroff, A.N. Die Rolle der russischen Wissenschaft in der Entwicklung der Wahrscheinlichkeitstheorie, in: Učenyje Zapiski, Jg. 91, Moskau, 1947, S. 53-64 (russisch)
- Krönig, A. Grundzüge einer Theorie der Gase, in: Annalen der Physik und Chemie, Jg. 99, Leipzig, 1856, S. 315-322
- Krüger, L. Reduction versus Elimination of Theories, in: Erkenntnis, 10, 1976, S. 295-309
- Kuhn, Th.S. Die Erhaltung der Energie als Beispiel gleichzeitiger Entdeckung, in: Kuhn, Th.S.: Die Entstehung des Neuen, Studien zur Struktur der Wissenschaftsgeschichte. Hrsg. Lorenz Krüger, Frankfurt, 1977, S. 125-168

- Lagrange, J.L. Mémoire sur l'utilité de la méthode de prendre le milieu entre les résultats de plusieurs observations; dans lequel on examine les avantages de cette méthode par le calcul des probabilités et où l'on résoud différents problèmes relatifs à cette matière, in: *Miscellanea Taurinensia*, vol. 5, 1770-1774, wiederabgedruckt in: *Oeuvres de Lagrange*, vol. 2, Paris, 1868, S. 173-234
- Laplace, P.S. de Mémoire sur la probabilité des causes par les événements (Problème III: Déterminer le milieu que l'on doit prendre entre trois observations donnés d'un même phénomène), 1774, wiederabgedruckt in: *Laplace 1878-1912*, vol. 8, S. 27-65
- Laplace, P.S. de Mémoire sur les Approximations des Formules qui sont Fonctions de très grands Nombres et sur leur Application aux Probabilités 1809/10, wiederabgedruckt in: *Laplace, 1878-1912*, vol. 12, S. 301-353
- Laplace, P.S. de Mémoire sur les Intégrales définies et leur Application aux Probabilités, et spécialement a la Recherche du Milieu qu'il faut choisir entre les Résultats des Observations, 1810/11, wiederabgedruckt in: *Laplace, 1878-1912*, vol. 12, S. 357-412
- Laplace, P.S. de Théorie Analytique des Probabilités, Paris, 1820
- Laplace, P.S. de Mémoire sur les Probabilités, 1781, wiederabgedruckt in: *Laplace, 1878-1912*, vol. 9, S. 383-485
- Laplace, P.S. de Oeuvres complètes de Laplace, 14 volumes Paris, 1878-1912
- Laplace, P.S. de Philosophischer Versuch über die Wahrscheinlichkeiten, Leipzig, 1886
- Legendre, A.M. On least squares, in: Smith, D.E. (ed.): *A source book in mathematics*, Dover, New York, 1959, S. 576-579
- Lenné, H. Analyse der Mathematikdidaktik in Deutschland, Klett, Stuttgart, 1975
- Lindenau, V./Schindler/M. Wahrscheinlichkeitsrechnung in der Primarstufe und Sekundarstufe I, Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn, 1977
- Loève, M. Probability Theory I, Springer, New York, 1977
- Loève, M. Calcul des probabilités, in: Dieudonné, Jean: *Abbrégé d'histoire des mathématiques 1700-1900*, Bd. II, 1978, S. 277-313

- Loschmidt, J. Zur Größe der Luftmoleküle, in: Wien Ber., 52, 1865, S. 395-403
- Loschmidt, J. Der zweite Satz der mechanischen Wärmetheorie, in: Wien Ber., 59, 1869, S. 395-418
- Loschmidt, J. Über den Zustand des Wärmegleichgewichtes eines Systems von Körpern mit Rücksicht auf die Schwerkraft, I bis IV, in: Wien, Ber. 73, 1876, S. 128-142 und S. 366-372; 75, 1877, S. 287-298; 76, 1877, S. 209-225
- Maistrov, L.E. Probability Theory. A historical sketch, Academic Press, New York, 1974
- Maxwell, J.C. Illustrations of the Dynamical Theory of Gases, 1860, in: The Scientific Papers of James Clerk Maxwell, ed. W.D.Niven, Dover Publications, New York, 1965, S. 377-409 (volume I)
- Maxwell, J.C. On the Dynamical Theory of Gases, 1866, in: The Scientific Papers of James Clerk Maxwell, ed. W.D. Niven, Dover Publications, New York, 1965, S. 26-78 (volume II)
- Merriman, M. A List of Writings Relating to the Method of Least Squares with Historical and Critical Notes, in: Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences, vol. 4, 1877, S. 151-231
- Mises, R. von Mathematical Theory of Probability and Statistics, Academic Press, New York, 1964
- Mises, R. von Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit, Springer, Wien, 1972
- Montmort, P.R. de Essay d'analyse sur les jeux de hazards, Paris, 1713
- Münster, A. Prinzipien der statistischen Mechanik, in: S. Flüge (Hrsg.): Handbuch der Physik, Springer, Berlin, 1959, S. 176-412
- Nagel, E. Principles of the theory of probability, International Encyclopedia of Unified Science, vol.I, No. 6, University of Chicago Press, Chicago, 1939
- Neyman, J./  
Le Cam, L. (ed.) Bernoulli-Bays-Laplace, Anniversary Volume, Springer, New York, 1965
- Normenbuch Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Mathematik, Neuwied, 1975
- Ore, O. Pascal and the invention of probability theory, in: The American Mathematical Monthly, 67, 1960, S. 409-419

- Pannekoek, A. A History of Astronomy, Allen and Unwin, London, 1961
- Pearson, E.S./ Kendall, M.G. (ed.) Studies in the History of Statistics and Probability, vol. I, Griffin, London, 1970
- Pearson, K. Historical Note on the Origin of the Normal Curve of Errors, in: Biometika, vol. XVI, 1924, S. 402-404
- Pearson, K. James Bernoulli's Theorem, in: Biometika, XVII, 1925, S. 201-210
- Pfanzagl, J. Allgemeine Methodenlehre der Statistik II, de Gruyter, Berlin, 1974
- Plackett, R.L. The discovery of the method of least squares, in: Biometika, vol. 59, 1972, S. 239-251, auch abgedruckt in: Kendall, M./ Plackett, R.L. (ed.), 1977, S. 279-291
- Poincaré, H. Über das Dreikörperproblem und die Gleichungen der Dynamik, 1890, auszugsweise in: Brush, S.G., Bd. II, 1970, S. 248-257
- Poincaré, H. Mechanische Weltauffassung und Erfahrung, 1893, in: Brush, S.G., Bd. II, 1970, S. 258-263
- Pollak, H.O. Applications of Mathematics, in: Begle, E. (Hrsg.): Mathematics Education, Chicago, 1970, S. 311-334
- Popper, K.R. Logik der Forschung, Tübingen, 1976
- Prigogine, I./ Stengers, I. La nouvelle Alliance. Les métamorphoses de la science, Gallimard, 1979
- Rényi, A. Briefe über die Wahrscheinlichkeit, Birkhäuser, Basel, 1969
- Richter, H. Wahrscheinlichkeitstheorie, Springer, Berlin, 1966
- Sačkov, J.W. Die Struktur der Materie und die Wahrscheinlichkeit, in: Struktur und Formen der Materie. Dialektischer Materialismus und moderne Naturwissenschaft, VEB Verlag der Wissenschaften, Berlin (DDR), 1969, S. 48-68
- Sačkov, J.V. Wahrscheinlichkeit und Struktur, Akademie Verlag, Berlin (DDR), 1978
- Sadovsky, V.N. Probleme einer allgemeinen Systemtheorie als einer Metatheorie, in: Ratio, 16, 1974, S. 29-45
- Schmidt, G. Statistik- und Wahrscheinlichkeits-Rechnung, Einführung, in: Schriftenreihe des Instituts für Lehrerfort- und -weiterbildung Mainz (IFL), Heft 18, Mainz, 1976, S. 6-7

- Schmidt, G. Didaktisch - methodische Überlegungen zum Grundkurs Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung, in: Schriftenreihe des Instituts für Lehrerfort- und -weiterbildung Mainz (IFL), Heft 18, Mainz, 1976a, S. 9-12
- Schneider, I. Der Mathematiker Abraham de Moivre (1667-1754), in: Archive for the History of Exact Sciences, vol. 5, 1968/69, S. 177-317
- Schneider, I. Die Entwicklung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs, in der Mathematik von Pascal bis Laplace, Habilitationsschrift, München, 1972
- Schupp, H. Einführung in stochastisches Denken anhand des Galton-Brettes, in: Beiträge zum Mathematikunterricht, Schroedel, Dortmund, 1976, S. 202-205
- Schupp, H. Lernschwierigkeiten in einem Stochastik-Curriculum, in: Schriftenreihe des IDM, 18, Bielefeld, 1978, S. 74-87
- Seal, H.L. The historical development of the use of generating functions in probability theory, 1949, in: Kendall/Plackett, 1977, S. 67-86
- Seal, H.L. The historical development of Gauss linear model, in: Pearson, E.S./Kendall, M. (ed.), 1970, S. 207-230
- Sheynin, O.B. On the early history of the law of large numbers, in: Pearson, E.S./Kendall, M.G. (ed.), 1970, S. 231-239
- Sheynin, O.B. Mathematical treatment of astronomical observations, in: Archive for the History of Exact Sciences, vol. 11, 1973, S. 97-126
- Sheynin, O.B. P.S. Laplace's Work on Probability, in: Archive for the History of Exact Sciences, vol. 16, No. 2, 1976, S. 137-187
- Sheynin, O.B. Daniel Bernoulli on the normal law, in: Kendall, M./Plackett, R.L. (ed.), 1977, S. 101-104
- Sheynin, O.B. Laplace's Theory of Errors, in: Archive for the History of Exact Sciences, vol. 17, 1977a, S. 1-61
- Simpson, Th. A Letter to the Right Honourable George Earl of Macclesfield, President of the Royal Society, on the Advantage of taking the Mean of a Number of Observations in Practical Astronomy, in: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, vol. 49, Part I, 1755, S. 82-93

- Simpson, Th. An Attempt to Shew the Advantage Arising by Taking the Mean of a Number of Observations in Practical Astronomy, in seinen: Miscellaneous Tracts on Some Curious and Very Interesting Subjects in Mechanics, Physical-Astronomy, and Speculative Mathematics, London, 1757, S. 64-75
- Smoluchowski, M. von Zur kinetischen Theorie der Brownschen Molekularbewegung und der Suspensionen, in: Annalen der Physik, 21, 1906, S. 756-780
- Sneed, J.D. The logical structure of mathematical physics, Reidel, Dordrecht, 1971
- Sommerfeld, A. Ludwig Boltzmann zum Gedächtnis. Zur hundertsten Wiederkehr seines Geburtstages, in: Österreichische Chemiker-Zeitung, Jg. 47, Heft 3/4, 1944, S. 25-28
- Sprott, D.A. Gauss's contributions to statistics, in: Historia mathematica, vol. 5, no. 2, 1978, S. 183-203
- Stegmüller, W. Theorienstrukturen und Theoriendynamik, Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und analytischen Philosophie, Bd. II, 2. Halbband, Springer, Berlin, 1973
- Stegmüller, W. Jenseits von Popper und Carnap: Die logischen Grundlagen des statistischen Schließens, Springer, Berlin, 1973a
- Sträßer, R. Stochastik in der neugestalteten gymnasialen Oberstufe, in: Schriftenreihe des IDM, 8, Bielefeld, 1977, S. 312-343
- Struik, D. Soziologische Aspekte des Ursprunges der mathematischen Wahrscheinlichkeitstheorie, Mskrpt., Bielefeld, 1977
- Thompson, C.J. Mathematical statistical mechanics. The Macmillan Company, New York, 1972
- Todhunter, I. A History of the mathematical Theory of Probability from the Time of Pascal to that of Laplace, 1865, Neudruck, Chelsea, New York, 1965
- Treder, H.-J. Friedrich Engels' Kritik an der absoluten Gültigkeit des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik, in: Spektrum 2, 2. Jg., Febr. 1971, S. 26-28
- Varga, T. Logic and Probability in the lower grades, in: Educational Studies in Mathematics, 4, 1972, S. 346-357
- Verdenal, R. A.-A. Cournot. Die Philosophie zwischen Mathematik und Geschichte, in: Châtelet, F. (Hrsg.): Geschichte der Philosophie, Bd. VI, 1975, S. 15-33



- Verley, J.-L. Les fonctions analytiques, in: Dieudonné, Jean, Bd.I, 1978, S. 129-163
- Walker, H.M. Studies in the History of Statistical Method. The Williams and Wilkins Co., Baltimore, 1929
- Walter, F.-R. Der gezinkte Würfel, in: MNU, 28. Jg., Heft 5, 1975, S. 271-279
- Walter, F.-R. Elementare Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie, in: Bigalke/Hasemann, 1978, S. 268-305
- Walter, F.-R. Wider Münze und Würfel, 1978a, in: Fachleitertagung für Mathematik, 1978, S. 129-131
- Waltershausen, W.S. von Gauß zum Gedächtnis, Wiesbaden, 1965
- Weber, J.D. Historical aspects of the Bayesian controversy, Uni. of Arisona. Tuscon, 1973
- Weizsächer, C.F. von Der zweite Hauptsatz und der Unterschied von Vergangenheit und Zukunft, in: Annalen der Physik, 36, 1939, S. 275-283
- Westergaard, H. Contributions to the History of Statistics, London, 1932
- Whittaker, E.T./Robinson, G. The Calculus of Observations, a treatise on numerical mathematics, Blackie and Son, London, 1924
- Wiener, N. Kybernetik, Rowohlt, Hamburg, 1969
- Witt, J. de Waerdye van lyf - renten naer proportie van los - renten, s'Gravenhage, 1671, wiederabgedruckt in: Die Werke von Jakob Bernoulli, Birkhäuser, Basel, 1975, S. 327-350
- Wussing, H. Carl Friedrich Gauss, Teubner, Leipzig, 1974
- Young, Th. Remarks on the probabilities of error in physical observations, and on the density of the earth, considered, especially with regard to the reduction of experiments on the pendulum. In a letter to Capt. Henry Kater, in: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, vol. 109, Part I, 1819, S. 70-95
- Zermelo, E. Über einen Satz der Dynamik und die mechanische Wärmelehre, 1896, in: Brush, S.G., Bd. II, 1970, S. 264-275
- Zermelo, E. Über mechanische Erklärungen irreversibler Vorgänge. Eine Antwort auf Hrn. Boltzmanns "Entgegnung", 1897, in: Brush, S.G., Bd. II, 1970, S. 290-300
- Zessin, H. Vorarbeiten zur Entwicklung der klassischen statistischen Mechanik und deren Bedeutung für die neuere Wahrscheinlichkeitstheorie, Mskrpt., Bielefeld, 1977