**Zeitschrift:** Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

**Herausgeber:** Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

**Band:** 144 (1964)

**Vereinsnachrichten:** Sektion für Logik und Philosophie der Wissenschaften

**Autor:** [s.n.]

**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:** 05.07.2025

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

## 14. Sektion für Logik und Philosophie der Wissenschaften

Sitzung der Schweizerischen Gesellschaft für Logik und Philosophie der Wissenschaften

Samstag, 10. Oktober 1964

*Präsidentin:* Frl. Dr. M. Aebi (Freiburg)
*Sekretär:* H. Iklé (Stäfa)

Symposium:

*Die Rechen- und Denkmaschinen und die Struktur der rationalen Erkenntnis*

**1.** M. Aebi (Freiburg) – *Das Problem der rationalen Erkenntnis.*

Als die zentralen Probleme der Philosophie seit Platon – und bis heute – kann man das Problem der Natur des Abstrakten und das der Natur der rationalen Erkenntnis bezeichnen. Beide Probleme tauchen schon bei Parmenides auf (6. Jahrhundert v. Chr.), und seine Aussprüche werden auch den heutigen Mathematiker noch merkwürdig ansprechen. Parmenides sagt[1]: «Es soll dich nicht vielerfahrene Gewohnheit auf diesen Weg zwingen, walten zu lassen das blicklose Auge und das brausende Gehör und die Zunge; nein, mit dem Denken bring zur Entscheidung die streitreiche Prüfung.» Das Wahre – was durch rationale Erkenntnis erkannt wird, das «Ist», nach Parmenides – ist «unerschütterlich». «Es war nie und wird nie sein, weil es im Jetzt zusammen vorhanden ist als Ganzes, Eines.» – Das sind bereits die «vérités éternelles» von Leibniz! – Es entsteht und vergeht nicht, sagt Parmenides, sondern es ist «entweder ganz und gar» oder überhaupt nicht. Es ist unveränderlich; «die machtvolle Notwendigkeit» hält es in Banden. Es ist auch «nicht ohne Abschluss», sondern ein Ganzes, «ganz unversehrt». Parmenides stellt es sich als «wohlgerundete Kugel» vor, d. h. als etwas Abgeschlossenes.

Die Griechen erfanden die Wissenschaft, die Deduktion, den Beweis und begründeten die Philosophie; bei Euklid, einem Enkelschüler Platons, haben wir das erste axiomatische System der Welt; das Vorbild sämtlicher exakter Wissenschaften bis zum heutigen Tag. Nach seinem Muster begründete Archimedes die Statik, Galilei, der sich selbst einen Schüler

[1] H. Diels, Fragmente der Vorsokratiker, 7. Aufl. 1954, Bd. I; Parmenides, Fragm. 7; 8, S. 234 ff.

des Platon, des Euklid und des Archimedes nennt, die moderne Physik, d.h. die Dynamik. Er ist der Vater der modernen exakten Wissenschaften.

Die exakten Wissenschaften wurden nie ohne die sie begleitenden methodischen Überlegungen betrieben und insbesondere nicht begründet; sie waren nie von diesen abtrennbar; die Mathematik entstand also nie ohne «Metamathematik».

Euklid ergänzte in seinen «Elementen» axiomatisierte Teilsysteme der Mathematik, die von den Mathematikern der Platonischen Schule verfasst worden waren, und fasste sie zu einer Einheit zusammen. So hatten nach Proklos[2] bereits Hippokrates, Leon, Theudios «Elemente» verfasst, die beiden letzteren Mathematiker der Platonischen Schule. Den Inhalt einzelner Bücher seiner «Elemente» übernahm Euklid von Eudoxos und Theätet, Mitgliedern der Platonischen Akademie. Die Methode, mit der diese platonischen Mathematiker zur Ausarbeitung axiomatisierter Teilsysteme der Mathematik gelangten, war die hypothetisch-deduktive, die Platon «die Methode der Geometer» nennt[3], das *ἐξ ὑποθέσεως σκοπεῖσθαι:* das von einer Voraussetzung aus Untersuchen. Nach Proklos[4] ist Platon selbst der Erfinder dieser Methode.

Aristoteles, der Schüler Platons, legt Gewicht auf die Tatsache, dass dem «absteigenden Weg», der Deduktion der Phänomene aus Prinzipien, immer ein «aufsteigender Weg» entspricht, die Induktion, das Aufsuchen möglicher Prinzipien von den Phänomenen bzw. den abzuleitenden Strukturen aus[5]. Nach Rolfes bezieht sich das Wort «Analytik» für die Lehre vom Schluss in der Aristotelischen Logik darauf, dass in der Schlusslehre *die Prämissen aufgesucht werden,* aus denen bestimmte Schlussätze deduzierbar sind. Wir haben also auch in der Logik einen induktiven, aufsteigenden Weg. In der modernen Logik ist das ganz ins Auge springend, da wir heute die verschiedensten Ansätze haben, von denen aus bestimmte Arten von Deduktion möglich werden.

Es werden also in der klassischen Erkenntnistheorie *ein analytischer Weg* – vom Abzuleitenden zurück zu den Prinzipien – und *ein synthetischer* – von den Prinzipien zu dem aus ihnen Abzuleitenden – unterschieden. Dies liegt zum Beispiel vor im berühmten *Metodo risolutivo e compositivo* Galileis; der erste aufsteigend von den Phänomenen aus zu den hypothetisch angesetzten Prinzipien, der zweite absteigend von diesen Prinzipien aus zu den abzuleitenden Phänomenen, worauf ich die Verifikation oder Falsifikation des Abgeleiteten anhand des Experiments vornehme. Das Ganze nennt Galilei das *Argomento ex supposizione,* die genaue Übersetzung von *ἐξ ὑποθέσεως σκοπεῖσθαι.*

[2] Kommentar zum 1. Buch der «Elemente» des Euklid. Vgl. B. Van der Waerden, Erwachende Wissenschaft, Basel 1956, S. 148 ff.; S. 247, 282 f., 304, 309, 321 ff., 330.

[3] Menon, 86e St.

[4] Komm. zum 1. Buch der «Elemente» des Euklid, zu prop. 1; Diogenes Laert. III, 24; Hankel, Zur Gesch. der Mathematik im Altertum und Mittelalter, Leipzig 1894, S. 137.

[5] 2. Anal. I, 2, 72a; 1. Anal. II, 23, 68b; Top. E 12, 105a 16.

Newton sagt in seiner *Optik*[6]: «*Wie in der Mathematik*, so sollte auch in der Naturforschung bei Erforschung schwieriger Dinge *die analytische Methode der synthetischen voraufgehen*...» Condillac[7] spricht von «Décomposition des phénomènes» und «Composition des idées». Bouligand und Fréchet haben in verschiedenen Schriften[8] auf die Doppelheit der Methoden in der Mathematik – durch die ja bei den Griechen die Mathematik *entstanden ist* – hingewiesen.

Leibniz fasst Mathematik und Logik zusammen in seiner *Mathesis universalis* oder allgemeinen Kombinatorik. Diese Disziplin ist nicht etwa beschränkt auf das bloss Quantitative, sondern erstreckt sich *auf das Kombinierbare überhaupt.* Als Beispiel einer nicht auf das Quantitative bebeschränkten mathematischen Disziplin nennt er die Topologie. Das Quantitative ist unter diesem Gesichtspunkt *nur eine Art* des Kombinierbaren.

In dieser ganzen klassischen Theorie der Forschung wird die Vernunft, das Vermögen der rationalen Erkenntnis, *als analytisch-kombinatorisches Vermögen* vorausgesetzt. Als solches ist es immer *sekundär:* es geht aus *von einem Ansatz*, einem Gegebenen oder Vorausgesetzten. «Gegeben sei...» heisst es in den Demonstrationen des Euklid. Und dann wird vom Gegebenen oder Vorausgesetzten aus *geschlossen.* Kant nennt die so verstandene Vernunft, die Vernunft des Aristoteles und der abendländischen Tradition, die «formale Vernunft».

Kant glaubt nun dieser «formalen Vernunft» ein *völlig anderes* Vermögen rationaler Erkenntnis entgegensetzen zu können: seine sogenannte «reine Vernunft». Die rationale Erkenntnis nennt er «Erkenntnis a priori», d.h. «von der Erfahrung unabhängige» Erkenntnis (vor der Erfahrung «vorhergehende» Erkenntnis) – von prior, früher[9]. Sie steht im Gegensatz zur Erkenntnis *a posteriori* – von posterior, später –, der Erkenntnis *aus* Erfahrung oder empirischen Erkenntnis. Die empirische Erkenntnis hat immer nur zufälligen, faktischen Charakter; die Erkenntnis a priori den Charakter der Allgemeinheit und Notwendigkeit. «Immer dann, wenn...» sagt diese Erkenntnis – so könnte man interpretieren – (das ist ihr Charakter der Allgemeinheit), oder «gesetzt *durch ein Vorausgesetztes*» (das ist ihr Charakter der Notwendigkeit).

Kant unternimmt nun die *Kritik* dieser reinen Vernunft, d.h. er will feststellen, was sie erkennen könne. Er definiert sie, d.h. die Erkenntnis, die ihr zu Gebote steht, als «frei von *jeder* Erfahrung»[10], d.h. sie ist «a priori», «vor» aller Erfahrung in einem absoluten Sinn. Diese Erkenntnis hat einen *primären* Charakter, d.h. sie setzt nichts voraus, *woraus* sie

[6] 1704. Übersetzt von W. Abendroth. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Leipzig 1898, S. 146.

[7] Traité élémentaire de chimie, Paris 1789, Disc. prél. p. V; XXXI.

[8] Vgl. G. Bouligand und J. Desgranges, Le Déclin des Absolus mathématico-logiques, Paris 1949, S. 154 ff.; M. Fréchet, Les Mathématiques et le Concret. Paris 1955.

[9] Vgl. zum folgenden M. Aebi, Kants Begründung der «deutschen Philosophie», Basel 1947; S. 11 ff.

[10] Kritik der reinen Vernunft, Einl. I.: «*schlechterdings* von aller Erfahrung unabhängig.» Vgl. ebenda A 130: «vor aller Erfahrung *vorhergehen*...»

entspringen würde[11]; sie geht nicht von einem Gegebenen oder von einem ersten Ansatz aus. – Der ganze deutsche Apriorismus, die Tradition von Kant über Fichte, Schelling, Hegel und die Erneuerungen dieser Systeme bis auf den heutigen Tag nimmt eine solche «absolute», von jeder Erfahrung und von jedem Ansatz eines Gegebenen *unabhängige*[12] Erkenntnis an.

Kants «Transzendentalphilosophie» glaubt jede Erfahrung *überschreiten* zu können – transscendere heisst überschreiten –, indem sie zu den «Bedingungen der Möglichkeit jeder Erfahrung» zurückgeht. Diese Bedingungen findet er in den Funktionen des Subjekts, dem allein ein Objekt und dem allein Erfahrung gegeben sein kann. Kants «transzendentale Methode» besteht in dem Zurückgreifen auf die Funktionen dieses Subjekts.

Kants Transzendentalphilosophie war in gewissem Sinn eine Imitation der scholastischen Ontologie oder Transzendentalphilosophie. Die Ontologie – Lehre «vom Seienden als solchen» (griechisch «On») – zählte solche Bestimmungen auf, die jedem Seienden als solchem zukommen, wie die Bestimmung «Etwas» (aliquid) oder «Eines» (unum) zu sein. Diese Bestimmungen «überschreiten» (transscendunt) durch ihre Allgemeinheit den Bereich der Aristotelischen Kategorien, z.B. des Begriffs der Substanz, Qualität, Quantität usw.

Nach Kant ist die «reine Vernunft» im engeren Sinn der sogenannte «reine Verstand», d.h. die Funktion des Subjekts[13], das als Subjekt jeder möglichen Erfahrung «die Bedingung der Möglichkeit» jeder Erfahrung ist. Kant glaubt ableiten zu können, dass dieses Ich allem von ihm aufgefassten Mannigfaltigen der Erfahrung eine gewisse *begriffliche Form* mitteilt[14], wie andererseits die Funktion der *Anschauung* des Subjekts dem von ihm aufgefassten Mannigfaltigen die «Form» von Raum und Zeit vermitteln soll[15]. Die Produktion von Raum und Zeit durch die Funktion der «reinen Anschauung» hat Kant nirgends abgeleitet; die

[11] Genau genommen ist, nach den Ableitungen Kants, diese Erkenntnis – die sog. synthetische Erkenntnis a priori – auch von etwas abhängig, nämlich von der Funktion des Ich, die nach Kant die «Gesetzlichkeit» des Mannigfaltigen der Erfahrung bewirkt. Sie wäre also – falls sie existierte – eigentlich ebenfalls sekundär und damit ebenfalls analytisch, d.h. sie ergäbe sich aus einem Vorausgesetzten: den Wirkungen der Funktion des Ich. Aber die «Ableitungen» Kants beruhen auf Begriffsverwechslungen.

[12] Aber nicht unabhängig vom Ich (absoluten Ich, dem «Absoluten», dem «absoluten Geist» usw.), das die ganze Erfahrung «setzt».

[13] Krit. d. r. Vft., 2. Aufl. (= B), S. 133, Anm. 1: «... Dieses Vermögen» (die transzendentale Einheit der Apperzeption = die Einheit des Subjekts) «ist der Verstand selbst.»

[14] Krit. d. r. Vft., Transz. Logik, 1. Abt.: transz. Analytik, 1. Buch: Analytik der Begriffe; B §§ 15–27 (transzendentale Deduktion der reinen Verstandesbegriffe); §§ 9–14 (metaphysische Deduktion der reinen Verstandesbegriffe oder Leitfaden der Entdeckung aller reinen Verstandesbegriffe).

[15] Krit. d. r. Vft., Transz. Ästhetik, §§ 2–6: «Metaphysische» und «transzendentale Erörterung» der Begriffe von Raum und Zeit.

Produktion der begrifflichen Form jedes möglichen Gegenstandes der Erfahrung durch das Ich als solches glaubt er abgeleitet zu haben, so dass jeder mögliche Gegenstand der Erfahrung die Form der 12 Kantischen Kategorien an sich haben sollte, woraus sich angeblich die Gesetze ableiten liessen, denen jeder dieser möglichen Gegenstände – nämlich jeder durch ein Ich aufgefasste Gegenstand – unterstehe[16]. Aus diesen zwei Annahmen ergab sich nach Kant die Möglichkeit einer Prinzipienlehre von Mathematik und Physik, die sich *unabhängig von jeder Erfahrung* – also «a priori» in einem absoluten Sinn –, aber gültig *für jede mögliche Erfahrung* feststellen liesse, nämlich gültig für jedes mögliche Objekt, das ein Ich auffassen kann. So glaubte Kant eine «Metaphysik der Natur»[17] begründen zu können – wozu eine Mathematik gehört, die von jedem möglichen Gegenstand der Erfahrung notwendig gelten muss –, eine Metaphysik, die ein für allemal vollendbar und für immer gültig, nämlich für jede mögliche Erfahrung gültig sein sollte.

Für die exakten Wissenschaften selbst bleibt dann nur *der deduktive Weg* übrig, da ihre Prinzipien ein für allemal gefunden – nämlich aus dem Ich abgeleitet sind.

Kant wollte also die exakten Wissenschaften seiner Zeit *verwandeln*, indem er an die Stelle der Hypothesen Newtons und der Postulate Euklids ein «von jeder Erfahrung unabhängiges» Fundament setzte[18], das aus der blossen Analyse der Funktionen des Ich ableitbar wäre und *für jede mögliche Erfahrung* gelten sollte. Damit hätte sich ein *für immer abgeschlossenes* Fundament der Mathematik und der Naturwissenschaft ergeben, so dass der Vernunft hier, wie Kant sagt, «nichts zu fragen übrig»[19] blieb.

Merkwürdigerweise ergaben sich in der so entworfenen Metaphysik gerade die Grundsätze der *Newtonschen Physik*, während die Euklidische Geometrie als die Geometrie *jeder möglichen Erfahrung* abgeleitet sein sollte, d.h. als Disziplin, die von vornherein, und zwar in lauter *notwendigen* Sätzen, *die Metrik der realen Welt* lieferte.

Es ergab sich so *ein illegitim verengtes Bild* der Erfahrung und des objektiven Wissens, da die Gesetze dieser Erfahrung ein für allemal bekannt – und durch die 12 Kantischen Kategorien sowie durch die Euklidische Geometrie definiert – sein sollten.

Die Nachfolger Kants versuchten, aus einem «absoluten Wissen», das sich aus dem «Sich-selbst-Setzen» des absoluten Ich bzw. dem «Zu-sich-

[16] Krit. d. r. Vft., Transz. Logik, 1. Abt.: transz. Analytik, 2. Buch: Analytik der Grundsätze. B 170 ff.; 197 ff. Vgl. Kant, Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft.

[17] Vgl. Kants Begründung..., S. 19 ff. Krit. d. r. Vft., Vorr. z. 1. Aufl., zweitletzter Absatz. Metaphysische Anfangsgründe der Naturwiss. Vorr. 6. Absatz. Krit. d. r. Vft., Vorr. z. 2. Aufl., S. XXIII; Einl. B 27; B 109. Metaph. Anfangsgrd. d. Nat., Vorr. sechstletzter Absatz, Schluss. Zur Math.: Krit. d. r. Vft., B 196; B 147; B 199.

[18] Metaph. Anfangsgrde. d. Nat., Vorr., 11. Absatz, Schluss.

[19] Prolegomena. Auflösung der allg. Frage der Prol.: Wie ist Metaphysik als Wiss. möglich? 3. Absatz. Ausg. Cassirer, S. 121.

selbst-Kommen» des absoluten Geistes ergab, nicht nur die Gesetze der Natur, sondern die Welt überhaupt nach Form und Materie abzuleiten.

Diese Systeme wurden jedoch nie anders begründet als durch Begriffsverwechslungen[20], woraus sich ihre undurchsichtige, verworrene Sprache ergibt. Kant hat, wie gesagt, seine «reine Anschauung» nirgends abgeleitet; er hat auf sie nur aus unhaltbaren Voraussetzungen *geschlossen*. Das «reine Denken», die Produktion von Kategorien oder reinen Verstandesbegriffen durch die Funktion des Ich hingegen glaubt Kant abgeleitet zu haben[21]. Die Ableitung beruht jedoch ausschliesslich auf Begriffsverwechslungen. Alle Grundbegriffe Kants sind zwei- oder mehrdeutig, und Kants Schlussfolgerungen beruhen auf der Verwechslung dieser verschiedenen Bedeutungen miteinander. Es ist keine Rede davon, dass Kant eine Produktion bestimmter Begriffe – der Kategorien – durch das Ich abgeleitet habe.

Kants Darlegungen sind – wegen der beständigen Begriffsverwechslungen – von fast nicht zu durchdringender Verworrenheit, und diese Verworrenheit war die Conditio sine qua non von Kants Ruhm. Hätte man nämlich diese Texte durchdrungen, so hätte man die Ungültigkeit der Deduktionen eingesehen. Die positive Bedingung von Kants Ruhm hingegen war die Macht, die er dem Ich zuschrieb, das nach ihm «der Gesetzgeber der Natur» war, der der Natur «das Gesetz vorschreibt»[22]. Der sozusagen nationale Enthusiasmus, den Kant in Deutschland hervorrief, war durch affektive Motive bestimmt, einer Befriedigung des Machttriebs, die sich aus dieser Theorie von der Allmacht des Ich ergab. Die Nachfolger Kants – so Hegel – setzten das Ich, als «absoluten Geist», an die Stelle Gottes, und durch sein Entstehen entstand angeblich das Weltall. Diese Systeme – verworren in ihrer Argumentierung und in ihrer Sprache und leichtfertig in ihrer Methode – waren Machtträume des Ich von nicht mehr zu übertreffendem Ausmass.

Die exakten Wissenschaften setzten jedoch gar nie ein solches absolutes, ein für allemal feststehendes Fundament voraus, wie Kant dies den Wissenschaften verschaffen wollte. Ihre Methode war die hypothetisch-deduktive, die kein absolutes, für immer abgeschlossenes Fundament liefert. Die exakten Wissenschaften bleiben vielmehr dem Fortschritt der Erfahrung gegenüber offen; ihre Prinzipienlehre ist nicht abgeschlossen. Die Bedingung der Annahme dieser Prinzipien ist nur die, dass sie die Phänomene, bzw. die Strukturen, von denen die Rede ist, abzuleiten oder zu berechnen gestatten, und dies in Mathematik und Logik, wie in Natur- und Geisteswissenschaften.

[20] Einzelnachweise vgl. Kants Begründung..., S. 293 ff., 317 ff., 335 ff., Einleitg. S. 25 * ff., 33 * ff. M. Aebi, Methodologische Betrachtungen zum Thema «Mensch und Natur» in: Sitzungsber. d. 12. Internat. Philosophiekongresses in Venedig, Florenz, Sansoni, 2. Bd. 1. Thema: Mensch und Natur, S. 19 ff.

[21] In der «transzendentalen» und «metaphys. Deduktion der Kategorien» in der Krit. d. r. Vft.

[22] Krit. d. r. Vft. A (1. Aufl.) 126, 127; B § 26.

Die Kantische «reine Vernunft» hat also nie existiert, und sie wird durch die Wissenschaften auch nicht vorausgesetzt. Die Wissenschaften setzen die «formale Vernunft» des Aristoteles und der westeuropäischen, vorkantischen Tradition voraus.

Es ist nun höchst merkwürdig, dass die deutsche Universitätsphilosophie seit zirka 1800 – und mit ihr die Philosophie in allen Ländern der Welt, die von ihr abhängig ist – bis heute als Hauptunterrichtsgegenstände lauter Dinge gehabt hat und noch hat, die gar nie existierten – wie die Kantische «reine Vernunft» oder den Hegelschen «absoluten Geist». Es muss hier noch ein eigentliches Zusammenkrachen erfolgen sowie die entsprechende Sanierung der Situation – an der wir hier gerade arbeiten.

Die Staatstheorie des Marxismus beruht noch auf dem Hegelschen System, bzw. der Methode dieses Systems, der Hegelschen Dialektik und beansprucht, *ein absolutes*, für alle zukünftige Erfahrung, also auch für jede zukünftige *Geschichte* gültiges Wissen darzustellen, ein Wissen also, das durch die Erfahrung nicht korrigierbar ist und einer Verifikation oder Falsifikation nicht fähig und nicht bedürftig ist. Daher die Starrheit und theoretische Unbeeinflussbarkeit dieser Theorie[22a]. Jeder «Revisionismus» gegenüber dieser Theorie gilt ja in den kommunistisch regierten Staaten als todeswürdiges Verbrechen.

Unter den schädlichen Nachwirkungen dieses deutschen Apriorismus ist eine illegitime aprioristische *Verengung des Begriffs der Wissenschaft*, der Erfahrung, der objektiven Erkenntnis und des Objekts zu vermerken, durch die sich unter anderem die Existenzialisten desorientieren lassen. So hängt die ganze Jasperssche Lehre vom notwendigen «Scheitern» der Philosophie[23] von Jaspers' unkritischem Glauben an Kant ab. Der theoretische Nihilismus der existenzialistischen Schulen in allen Fragen, die die Ethik betreffen, ist eine Konsequenz jener illegitimen Verengung, die von den Existenzialisten unkritisch übernommen wird[24]. Aber auch die Grundlagenforschung der Mathematik scheint durch diese aprioristische Tradition schädlich beeinflusst zu sein. Nach dem deutschen Apriorismus genügt für Mathematik und exakte Wissenschaften nämlich *der Weg der Deduktion*, da die Axiome einer geheimnisvollen «reinen Anschauung» oder einer «reinen Vernunft» geschenkt werden und ich von ihnen aus nur deduktiv vorzugehen brauche.

*Das Thema der Aufsuchung der Axiome* ist verlorengegangen; der «aufsteigende Weg», von den abzuleitenden Strukturen zu den Prinzipien, die ihre Ableitung gestatten, wird nicht mehr gesehen.

[22a] Vgl. dazu M. Aebi, Methodolog. Betrachtungen... (12. Internat. Philosophiekongress, Venedig).

[23] K. Jaspers, Philosophie. 3 Bde.

[24] Vgl. die Einstellung Kierkegaards gegenüber Hegel, dessen Philosophie er für «objektives Wissen» hält, was sie niemals war. Abschliessende unwissenschaftliche Nachschrift zu den «Philosophischen Brocken». Ges. W. hgg. Gottsched und Schrempf, Jena 1909–1922. Bd. 6, S. 205, 321, 314, 347, 354.

Es ergeben sich dann abstruse Theorien über die Natur der mathematischen Grundbegriffe. Man weiss nicht, woher diese stammen, d.h. *welches das Material ist*, aus dem sie aufgebaut sind. Die ganze Grundlagenforschung der Mathematik scheint sich auf eine «Beweistheorie», d.h. die Theorie der Ableitung, der Deduktion, zu reduzieren. Man spricht von «Platonismus» in der Mathematik, und der Philosoph stellt voll Verwunderung fest, dass dieser Terminus *zweideutig* zu sein scheint, aus welcher Zweideutigkeit sich die grössten Verwirrungen ergeben. «Platonismus» scheint einerseits die These zu bezeichnen, dass die vom Mathematiker aufgefundenen Sachverhalte vom Mathematiker unabhängig bestehen und von ihm *entdeckt* werden. Diese These würde besser als «Objektivismus» bezeichnet. Andererseits scheint der Terminus die These zu bezeichnen, dass die mathematischen Sachverhalte aus irgendeinem nebulosen Jenseits stammen, dass sie einen Irrealitätscharakter, ein «ideales Sein» haben, von dem niemand weiss, was es ist.

Ein Nominalist wie Goodman[25] bemerkt zu dieser Lage: «A clear story cannot be told in an unintelligible language» und schliesst – da er offenbar selbst «objektive Existenz» mit «idealem Sein» *identifiziert* –, dass Dinge wie «Klassen» oder «Gehalte» (content), d.h. dass das Abstrakte keine objektive Existenz haben könne; es bestehe also bloss in «Namen» (Nominalismus). Offenbar fehlt hier *die These des Aristotelismus* (Kombinierbarkeit, Abzählbarkeit, Anzahlhaftigkeit, räumliche Konfiguration bestimmter Art als *konstatierbare Strukturen des Realen*).

Es fehlt in dieser Grundlagenforschung der Weg der Induktion und damit der Aufstieg vom empirisch Gegebenen zu den Ansätzen der Mathematik, *mit denen man doch rechnet*, und die man als Instrument empirischer Wissenschaften und Techniken gebraucht. Eine philosophisch katastrophale Lage, die ich hiemit ganz offiziell den Grundlagenforschern der Mathematik unterbreiten möchte.

Ich sehe in dieser Lage – die sich offenbar von Deutschland aus entwickelt hat – eine Konsequenz des deutschen Apriorismus.

Es ist also nicht klar, *woher das Material stammt*, mit dem die Mathematiker bei ihren axiomatischen Ansätzen operieren, und welchen Charakter, verglichen mit empirisch gegebenen Strukturen, wie Messbarkeit, Abzählbarkeit, Anzahlhaftigkeit usw., dieses Material hat. Es müsste klargestellt werden, welche Art von Erweiterungen oder Verschärfungen – Extrapolationen –, verglichen mit den empirisch vorliegenden, konstatierbaren Strukturen, vorgenommen werden, um die Ansätze der Mathematiker zu definieren. Interessant wäre ja, festzustellen, nicht inwiefern die Ansätze der Mathematiker über das empirisch Gegebene *hinausgehen*, sondern inwiefern diese Ansätze sich auf das empirisch Gegebene *beziehen*[26].

[25] A World of Individuals, in The Problem of Universals. A Symposium. University of Notre-Dame Press, 1956, S. 29.

[26] Vgl. Maurice Fréchet, Les Mathématiques et le Concret, Presses univ. de France, 1955. F. Gonseth, La Géométrie et le problème de l'Espace. Neuveville et Paris. Vol. I–VI, 1948–1955.

Das Interessante an den Rechenmaschinen ist nun dies, *dass sie zwar mit den Zahlen und den Operationen der Mathematiker operieren*, aber dass sie sich keineswegs in einem Jenseits befinden. In ihnen kommen Zähne von Zahnrädern vor, bzw. verschiebbare Massstäbe, geschlossene oder offene Stromkreise, Stromimpulse, geschlossene oder unterbrochene Kontakte.

Es ist nun von höchstem erkenntnistheoretischem Interesse, zu untersuchen, *durch welche Mittel* die Rechenmaschinen mathematische und logische Sachverhalte darstellen; durch was sie z.B. Zahlen darstellen; durch Einsatz welcher Mittel sie mathematische und logische Operationen ausführen.

Der Philosoph hofft also, aus dem Faktum der Existenz und des Funktionierens von Rechen- und Denkmaschinen eine Menge lernen zu können. Welches ist *die sachliche Natur* logischer und mathematischer Erkenntnisse? Von was hangen die herausspringenden Resultate ab, d.h. durch was sind sie gesetzt (und damit allgemeingültig und notwendig)? In welcher Weise können die Probleme formuliert und angesetzt werden? Welches ist also das Minimum von *Sachvoraussetzungen*, die ich machen muss, um logische und mathematische Sachverhalte darstellen und berechnen zu können? *Calculare* heisst ursprünglich: mit Steinen spielen (calculus, der Stein). Über was für Rechensteine verfügen wir heute? *In was besteht die Struktur der rationalen Erkenntnis?* Das ist die Frage, die wir heute hier stellen.

**2.** Peter Läuchli (Zürich) – *Technische Grundlagen der Rechenmaschinen.*

Anhand eines einfachen Beispiels sollen einige wesentliche Züge herausgearbeitet werden:

Berechnung der durchschnittlichen Regenmenge pro Tag über die 30 Tage eines Monats, also Bildung eines arithmetischen Mittels. Für die «Handrechnung» würde ein Arbeitsblatt vorbereitet, auf welchem Messwerte, Summe und Resultat einzutragen wären. Durchführung der Addition und Division durch 30 auf einer Tischrechenmaschine.

Der Prozess soll nun automatisiert werden, und wir stellen uns die Aufgabe, eine Maschine zu konzipieren, welche imstande ist, derartige Rechengänge automatisch durchzuführen, welche also im vorliegenden Falle die Messwerte entgegennimmt und den Mittelwert als Resultat herausgibt. Dazu braucht die Maschine folgende «Organe»:

ein *Rechenwerk*, welches Addition und Division (allgemein: die Grundoperationen) ausführt;

anstelle des Papierblattes einen *Speicher*, der in jeder Zelle eine mehrstellige Zahl aufnehmen kann;

*Ein-* und *Ausgabemedien* für die Verbindung mit dem Benützer, z.B. Tastatur und Druckwerk.

Dem Ganzen übergeordnet muss nun noch eine *Steuerung* vorhanden sein, welche für die richtige zeitliche Folge der einzelnen Abläufe sorgt. Wenn es sich um einen universellen Automaten handeln soll, muss diese Steuerung von einem *Programm* abhängig gemacht werden können, welches für jedes Problem individuell zusammengestellt wird. Das Programm wiederum besteht aus Befehlen, von denen jeder einen elementaren Schritt, wie z. B. Rechenoperation, Transfer zum Speicher usw. auslöst. Damit dasselbe Programm jederzeit wieder verwendet werden kann (Mittelbildung am Ende jedes Monats!) muss es in einer Form festgehalten sein, derart, dass es vom Automaten mechanisch gelesen werden kann.

Eine praktisch realisierbare Möglichkeit hierzu bietet z. B. der gelochte Papierstreifen: Die einzelnen Befehle werden in einem geeigneten 0-1-Code (an jeder Stelle: Loch oder kein Loch) verschlüsselt auf den Streifen gebracht. Ein mechanischer Abtaster liest dann die Befehle und führt sie sofort aus. Mit dieser Anordnung können allerdings nur sehr primitive, nämlich sogenannte «gestreckte» Programme verarbeitet werden. (Beispiel: Mittelung nur über zwei Messwerte.)

Wenn dagegen wie im ursprünglichen Beispiel eine grosse Anzahl von Malen dieselbe Folge von Befehlen durchgespielt werden soll, dann lässt sich der Automat nur sinnvoll einsetzen, wenn dieser Befehlszyklus trotzdem nur einmal gelocht werden muss. Dies lässt sich nun offenbar so realisieren, dass man einen zweiten Streifenabtaster einbaut und den zweiten Lochstreifen zu einem endlosen Band zusammenfügt. Es braucht dann Sprungbefehle, welche die Steuerung veranlassen, nach den auf dem ersten Streifen gelochten Vorbereitungsarbeiten auf den zweiten Abtaster hinüberzuwechseln und nach Ausführung des zyklischen Teils des Programmes wieder zurück auf den ersten Streifen zu springen, wo der Abschluss der Rechnung festgehalten ist. Die Ausführung des Rücksprungbefehles muss ferner von gewissen Bedingungen abhängig gemacht werden können, da er ja z. B. in unserem Falle erst beim dreissigsten Durchlauf zur Wirkung kommen darf.

Im folgenden wird stichwortartig noch auf einzelne Tatsachen hingewiesen.

Zur *Geschichte:* Charles Babbage, Mathematikprofessor in Cambridge, England, besass erstaunlicherweise schon in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts die vollständige Konzeption des Rechenautomaten. Seine Ideen eilten der Technik um 100 Jahre voraus und konnten leider damals nicht richtig verwirklicht werden.

Lochkartenmaschinen, vor allem für Sortier- und Tabellierzwecke um die Jahrhundertwende (H. Hollerith, USA).

Erste Rechenautomaten im heutigen Sinne gleichzeitig durch H. Aiken in den USA und K. Zuse in Deutschland um 1945 verwirklicht. Relaistechnik, Programm auf Lochstreifen (s. obiges Beispiel). Operationszeiten $\sim$ Sekunden.

Bald darauf ENIAC, der erste elektronische Automat, ein Monstrum mit 18000 Elektronenröhren. Operationszeiten $\sim$ Millisekunden.

Die heutigen Maschinen sind dank der Transistorentechnik sehr kompakt und nochmals schneller geworden:

Operationszeiten $\sim$ Mikrosekunden. Grosses Gewicht wird auf leistungsfähigen Ein- und Ausgang gelegt. Auch die Anforderungen an den Speicher hinsichtlich Kapazität und Zugriffszeit sind gestiegen: Besassen die ersten Automaten vor 20 Jahren noch mechanische Speicher von weniger als 100 Zellen, so gehören zu einem heutigen grösseren Automaten Magnetkernspeicher mit einigen 10000 Zellen, welche ohne Zeitverlust sofort erreichbar sind.

Das Prinzip, wonach intern nur mit zwei verschiedenen Werten gearbeitet wird, hat sich vor allem aus Gründen der Betriebssicherheit und der Übersichtlichkeit durchwegs erhalten. Die kompliziertesten Rechen- und Steuerschaltungen sind aus Elementen aufgebaut, welche aufgrund der an ihren Eingängen vorhandenen 0-1-Werte einen 0-1-Wert als Resultat liefern. Es hat sich dabei als zweckmässig herausgestellt, für die Beschreibung derartiger Funktionen den Formalismus der Aussagenlogik heranzuziehen.

Ein sehr wesentlicher Zug der heutigen Konzeption des Rechenautomaten liegt schliesslich darin, dass nach einer in erster Linie von J. v. Neumann stammenden Idee das Programm im Speicher aufbewahrt wird, wodurch erst beliebig komplizierte Programmstrukturen mit Sprüngen, ineinander geschachtelten Zyklen und Verzweigungen ermöglicht werden. Das Programm kann dann sogar so angelegt werden, dass es sich selbst aufbaut und verändert.

Abschliessend einige Bemerkungen allgemeinerer Art. Wenn der Vortragende schon zu Beginn gewisse Bedenken gegen den Ausdruck «Denkmaschine» angemeldet hat, so sind diese Bedenken vor allem als Ressentiments gegenüber häufig anzutreffendem Missbrauch von Wörtern wie «Elektronengehirn» und dgl. zu verstehen. In erster Linie hat man sich Klarheit darüber zu schaffen, von welcher Klasse von Maschinen man überhaupt spricht: Auf der gegenwärtigen Entwicklungsstufe ist der digitale Rechenautomat doch wohl als «endlicher Automat» anzusehen, d.h. alles, was er produziert, ist in völlig deterministischer Weise durch Anfangszustand (des Speichers) und Eingabedaten bestimmt. Ob man dann bei einer seriösen Betrachtung wirklich dem Automaten so etwas wie Denkfähigkeit zuschreiben will, ist nur eine Frage der entsprechenden Definitionen. Nur darf man nicht in den Fehler verfallen, Leistungen des Menschen, der die Maschine programmiert, in diese hineinzuprojizieren.

**3.** P. Kirschenmann (Freiburg) – *Rationale Erkenntnis, Logik und Automaten.*

Der Ausgangspunkt für die folgende Erörterung ist die Frage: Was haben die drei Begriffe Erkenntnis, Logik und Automat miteinander zu tun? Den Grund abzuschreiten, auf dem diese Begriffe miteinander in Verbindung treten können, wäre deshalb das Vorhaben. Etwas einge-

schränkt jedoch ist die Absicht die, Material zu liefern, das die Basis abgeben könnte, von der aus aufbauend obige Frage zu beantworten wäre. Zur eigentlichen Konfrontation des erkenntnistheoretischen Problems mit der Tatsache der Automaten und ihren besonderen Eigenschaften und Fähigkeiten wird es nicht kommen. Vor allem soll darauf hingewiesen werden, dass heute nicht zu sehen ist, wie man ohne eine sehr starke Beschränkung der erkenntnistheoretischen Problematik auf Automaten oder ohne eine Art Ausdeutung, die eine grosse Distanz überbrücken muss und deshalb leicht willkürlich und wenig schlüssig geraten kann, auf Erkenntnis zu sprechen kommen könnte.

### *A. Erkenntnis*

1. Erkennen als Relation zwischen Subjekt und Objekt der Erkenntnis ist verschieden je nachdem, was als Subjekt und Objekt vorliegt: In der engsten und eigentlichen Fassung der Erkenntnisbeziehung handelt es sich um ein einzelnes Subjekt (Mensch, Bewusstsein, Ich) und ein mehr oder weniger begrenztes Objekt – man spricht davon, dass das Subjekt das Objekt ergreift oder erfasst, allgemeiner von Wirklichkeitsbegegnung –, in der weiteren Fassung nimmt man eine Menschengruppe oder die Menschheit als Subjekt, die Natur, die Welt als ganze, die Wirklichkeit als Objekt.

2. Am Erkennen als Prozess kann man unterscheiden: das Bewusstsein von etwas Problematischem, Fragwürdigem, den Akt der Erkenntnis und dessen Resultat, etwa das Wissen um und über den Gegenstand.

3. Das Erkenntnisproblem im weiten Sinne lässt sich auftrennen in das Problem des Psychischen und Physiologischen, das mehr mit dem Erkenntnisakt zusammenhängt, weiterhin das des Logischen, das eine besondere Nähe zum Resultat hat, und in das engere Erkenntnisproblem, das von der Relation selbst handelt.

4. Eine Charakterisierungsmöglichkeit der Erkenntnis ergibt sich aus einer Einteilung ihrer Bedingungen oder eher Quellen im Subjekt: Irrationale Erkenntnis ist danach solche aus Intuition, Gefühl, Verinnerlichung oder Liebe, rationale Erkenntnis dagegen eine solche aus dem Verstand und der Vernunft.

5. Man könnte des weiteren geneigt sein, die rationale Erkenntnis der wissenschaftlichen Erkenntnis gleichzusetzen und sie dadurch festzulegen, doch ist der Begriff dessen, was wissenschaftlich zu nennen sei, seit jeher ein Gegenstand der Auseinandersetzung gewesen, selbst also nicht genügend klar.

6. Befriedigender, zum Teil weil weniger auf eine strikte Trennung aus, ist eine Unterscheidung, die berücksichtigt, dass in allem, sobald es Gegenstand der Erkenntnis wird, sowohl Rationales als auch Irrationales gefunden wird. Das Rationale ist dabei das Erkennbare und Begreifbare – und das Begreifen setzt eine logische Struktur im Gegenstande voraus, wo der Begriff des Logischen im allgemeinen und nicht auf formale Logik

beschränkten Sinne zu verstehen ist –, das Irrationale dann einerseits das Alogische oder aber andrerseits das Unerkennbare. Die Schwierigkeit ist hier wie erwähnt eben die, dass die Grenze zwischen Erkennbarem und Unerkennbarem nicht genau angebbar ist, vor allem weil sie historisch bedingt ist.

7. Will man genauere Aussagen über das Erkennen selbst machen, so gerät man alsbald in ein Dilemma: Eine «petitio principii» ist das eine Übel, ein «regressus ad infinitum» das andere, in das man fallen kann. Dies soll noch etwas erläutert werden: Beispielsweise stellt die Tatsache von Irrtümern die Frage nach der Gültigkeit oder Wahrheit von Erkenntnis, insbesondere nach einem Kriterium dafür. Man kann jetzt entweder die Wahrheit prinzipiell definieren oder aber wiederum nach der Erkenntnis dieses Wahrheitskriteriums fragen.

8. Von etwas ausgehen muss man in jedem Falle und so Verkürzungen, Beschränkungen, ja Verfehlungen des eigentlichen Problems der Erkenntnis in Kauf nehmen.

9. Fasst man das Erkennen im oben angeführten weiteren Sinne, so wird man im allgemeinen eine Formulierung der Erkenntnisresultate voraussetzen. Wissen muss formuliert werden. Wissenschaft ist sehr weitgehend eine soziale Erscheinung. Nimmt man dies nun zur Grundlage der Untersuchung der Erkenntnis, so sieht man die Verfehlung des allgemeinen Problems sofort: Das formulierte Wissen muss jeweils auch wieder in einem ähnlichen Erkenntnisakt erreicht werden wie das ursprüngliche Erkenntnisobjekt. Ausserdem ergibt sich aus dem früher Gesagten dann, dass in jeder formulierten Erkenntnis sowohl Rationales als auch Irrationales enthalten ist, worauf auch die Existenz von Interpretationen und der Metawissenschaften hinweisen.

10. Nebenbei bemerkt, liegt es nahe, von der formalen Logik ausgehend die Untersuchung des Erkenntnisproblems auf die von Sätzen und deren Wahrheit einzuengen. Die Möglichkeit von Antinomien und Widersprüchen in logischen Systemen und unter anderem auch Gödels Satz über die Unentscheidbarkeit von bestimmten Aussagen, gebieten hier Vorsicht.

11. Sieht man die Erkenntnis geschichtet, berücksichtigt man also, dass jedes Erkennen und alle Erkenntnisse, insbesondere die formulierten Resultate, etwa Theorien, wieder zum Objekt des Erkennens werden können, so beschränkt man sich günstigerweise auf die Untersuchung von bestimmten Schichten, auf das Erkennen innerhalb der exakten Wissenschaften beispielsweise. Dann verkürzt man die Erkenntnistheorie zur Methodologie. Eine Schwierigkeit zeigt sich auch hier: Im Betrieb der Wissenschaften tritt diese Schichtung gar nicht klar zutage. So gehört zur Methode der Naturwissenschaften immer auch schon ein Teil Methodologie. Jedoch für das folgende soll diese Verkürzung vorgenommen, die Erkenntnistheorie auf eine Reflexion über das Vorgehen, auch auf die Art der Resultate der exakten Wissenschaften beschränkt werden. In

bezug auf die Frage nach der rationalen Erkenntnis ist zu sagen: Wenigstens in den Erkenntnissen der exakten Wissenschaften findet man beispielhaft Bestandteile rationalen Erkennens.

### *B. Logik*

12. Was ist das Erkenntnisobjekt der Logik als Wissenschaft: Sind es geistige Prozesse oder objektive Zusammenhänge, oder ist es ein ideales logisches Sein? Allgemein befasst sich die Logik mit logischen Formen und logischen Strukturen, wobei zu bemerken ist, dass diese stets Formen und Strukturen von etwas sind. Von diesen notwendigerweise stets vorhandenen Trägern der logischen Strukturen sieht man aber in der Logik ab, soweit es die Praxis der Logik erlaubt. Im speziellen handelt die formale Logik von logischen Sätzen, von konditionalen Sätzen also der Form «Wenn..., dann...»

13. Die logischen Sätze sind aus Zeichen gebildet, selbst also Zeichenreihen. Die Frage nach dem Wesen dieser Zeichen und Sätze stellt sich in der Logik selbst nicht, wie auch nicht die nach der Anwendung derselben etwa in anderen Wissenschaften. Dazu müsste die Logik durch eine allgemeine Semiotik und eine allgemeine Methodologie ergänzt werden.

14. Da die Resultate der Logik selbst wieder logische Sätze, Objekt und Resultat des logischen Erkennens also gleichsam von derselben Natur sind, mag man in der logischen Erkenntnis nur Trivialitäten sehen. Man spricht ja auch vom Tautologiecharakter der logischen Sätze. Jedoch zeigt gerade dies, dass das Begreifbare an den Erkenntnisgegenständen das Logische ist, weshalb man auch die Erkenntnisart der Logik und Mathematik als eine optimale erachtet.

### *C. Automaten*

15. Automaten kann man von ihrer Verwendung her gesehen als Werkzeuge charakterisieren. Sie sind im allgemeinen Glieder in einer grösseren Funktionskette.

16. Grob kann man die Automaten einteilen in solche, die an materieller Produktion mitwirken, und in solche, die Daten oder Information verarbeiten. Unter den letzteren findet man sensorische und anzeigende, kontrollierende, regelnde und stabilisierende, modellierende und simulierende, zeichenerkennende, übersetzende, spielende. Die grösste Bedeutung haben heute die Rechenautomaten, die man auch universale Automaten nennt, da sie bei entsprechender Programmierung eigentlich auch alle oben aufgeführten Tätigkeiten verrichten können.

17. Die im vorliegenden Zusammenhang auftauchende Frage, ob es auch erkennende Automaten gibt, lässt sich in dieser allgemeinen Fassung heute sicher nicht beantworten. Sie ist so komplex wie die üblicherweise diskutierte Frage, ob eine Maschine denkt, hängt wie diese zusammen mit den Fragen, ob eine Maschine als Subjekt aufgefasst werden kann und

ob sie Bewusstsein hat, und steht ihr natürlich besonders nahe bezüglich der Erkenntnis des Logischen. Es gibt extreme Gewaltantworten wie: Nur menschliches Denken und Erkennen ist Denken und Erkennen, oder andrerseits solche, die sich aus nur behaviouristischen Betrachtungen ergeben. Fruchtbarer ist die Untersuchung von bestimmten, genauer abgegrenzten Prozessen und Aktivitäten wie die der Zeichenerkennung, der Problemlösung oder der Anpassung an die Umwelt.

18. Die Beziehung zwischen Automat und Erkennen hat zwei Aspekte: Einmal kann der Automat als Werkzeug im Erkenntnisprozess eingesetzt werden. Dies bedeutet, was seine Anwendung in den exakten Wissenschaften betrifft, dass er zu Berechnungen und zur Lösung von Problemen verwendet wird. Zum anderen kann der Automat als Hypothese oder als Formulierung des Erkenntnisresultats fungieren, so bei der Modellierung physikalischer, physiologischer oder psychischer Zusammenhänge, Prozesse und Systeme. Spricht man hier davon, dass der Automat ein Endergebnis eines Problems repräsentiert, so wird man, unter dem ersten Aspekt gesehen, von ihm sagen, dass er Ergebnisse, im allgemeinen Teilergebnisse, liefert.

19. Die Modellierung hat als eine Art Theoriebildung mehrere Stufen: die Modellierung des Verhaltens, die der Funktionen und die der Elemente. Begreiflicherweise gibt es Mischungen dieser Stufen.

20. Die folgenden Betrachtungen beschränken sich im grossen und ganzen auf die Rechenmaschinen. Bei ihnen unterscheidet man zwei Funktionsprinzipien (diese Unterscheidung hängt natürlich davon ab, welche Seite der Funktion der Elemente man betrachtet): Das Analogprinzip und das Digitalprinzip. Ein System funktioniert analog, wenn die Daten durch physikalische Grössen dargestellt werden, die in Grenzen kontinuierlich veränderlich sind und als solche verarbeitet werden. Ein einfaches Beispiel dafür ist der Rechenschieber, bei dem Logarithmen von Zahlen Abständen entsprechen. Dagegen werden Zahlen, Befehle und andere Begriffe in digitalen Systemen ziffernmässig dargestellt («digit» bedeutet Ziffer). Das Rechenbrett oder der Abakus ist ein bekanntes Beispiel dafür. Die Art der wesentlichen Fehler ist für die beiden Funktionsprinzipien verschieden: In analog arbeitenden Maschinen rühren die Fehler von Messungenauigkeiten, vom Verhältnis der Intensität der Signale zu der des störenden Rauschens her; in Digitalmaschinen spielen die Abrundungsfehler bei längeren Rechnungen die entscheidende Rolle.

21. Weitere Bemerkungen:

Die elektronische Ausführung von Rechenmaschinen bringt nichts grundsätzlich Neues gegenüber der mechanischen. Sie erlaubt nur kleinere Ausmasse und schnelleres Rechnen.
Alles, was nach dem Analogprinzip gemacht werden kann, kann prinzipiell auch nach dem Digitalverfahren durchgeführt werden, und dies meist genauer. Ferner besitzen Digitalmaschinen den Vorteil eines grossen

Speichers, und wegen ihrer Programmiermöglichkeit sind sie viel universeller.
Die Exaktheit des Digitalverfahrens beruht auf der Fähigkeit der Elemente, bei einem Signal oder Impuls sprunghaft ihren Zustand zu ändern. Aus diesen Gründen ist eine Beschränkung der weiteren Überlegungen auf Maschinen des Digitalprinzips gerechtfertigt, vor allem auch wegen der Nähe dieses Verfahrens zur Logik, die ja im Grunde ebenfalls diskret ist.

### *D. Logik und Automaten*

22. Drei Arten der Verbindung zwischen Logik und Automaten sollen herausgestellt werden: die Logik als Hilfsmittel, der Automat als rein begriffliches Hilfsmittel, der Automat als praktisches Hilfsmittel.

23. Selbstverständlich ist, dass Logik und Mathematik bei der Konstruktion der Automaten benützt werden, bei der Auswahl der Elemente, besonders bei deren Verknüpfung zu Einheiten und der Verbindung der Einheiten untereinander, bei der Abfassung der Maschinensprachen und allgemeinerer übergeordneter Sprachen. Speziell werden sie aber zur exakten Beschreibung der Automaten selbst gebraucht. Auf diesem Wege ist die Automatentheorie schon zu einem ziemlich selbständigen Zweig der Mathematik oder der Mengenlehre geworden.

24. Begriffe und Aussagen, die mit Maschinen zusammenhängen, findet man in der Logik bzw. der Mathematik selbst. Geschichtlich war dies so: Schon seit jeher waren Logik und Mathematik insbesondere aus auf allgemeine Lösungsmethoden, die auf eine ganze Klasse von Aufgaben anwendbar sind. Sie waren auf der Suche nach Algorithmen, sogar nach einem Universalalgorithmus. «Allgemein» bedeutet hier, dass die Methode bis in die letzten Einzelheiten festgelegt, demnach also, dass die Vorschrift in einem endlichen Text abgefasst sei. Um nun Aussagen über Algorithmen selbst machen zu können, etwa um ihre Grenzen abzustecken, muss man diesen Begriff präzisieren. Eine dieser Präzisierungen benützt den Begriff der Maschine, genauer der Turingmaschine. Dann lassen sich metamathematische Sätze wie etwa das Theorem von Church auf folgende Weise formulieren: Es ist unmöglich, eine Maschine zu bauen, die für eine beliebige vorgelegte Aussage auf die Frage, ob diese Aussage rein logisch gültig sei, entweder ja oder nein zur Antwort gibt. «Unmöglich» bedeutet hier «logisch unmöglich», was heisst, dass, wenn man die gemachten Voraussetzungen, die hier nicht angegeben wurden, nicht einhält, sich vielleicht doch gleichsam mit Glück und Erfindungsgeist praktisch eine Maschine für diesen Zweck bauen lässt. Dass hier der Begriff der Maschine eigentlich nur zur anschaulichen Verzierung dient, zeigt der Nachweis der Gleichwertigkeit dieses so präzisierten Algorithmus mit auf andere Weise präzisierten Algorithmen. Für die Praxis folgt aber auf alle Fälle, dass die Durchführung einer Methode, die derart algorithmisch bis ins einzelne festgelegt ist, einem Automaten überlassen werden kann. Hinzuzufügen ist jedoch, dass man nur für sehr wenige

Probleme einen Algorithmus gefunden hat, darüber hinaus für viele Fragen bewiesen hat, dass es zu ihrer Beantwortung keinen Algorithmus geben kann. Der oben angeführte Satz ist ein Beispiel dafür.

25. Die praktische Anwendung von Automaten in der Logik, etwa zur Durchführung von Deduktionen, hat die Entlastung des Logikers als erstes Ziel; die Gewinnung von neuen Erkenntnissen ist wenigstens zur Zeit sekundär. Sowieso hat man hier, gemessen an der Verwendung von Automaten auf anderen Gebieten, nur sehr wenig Erfahrung und Erfolg gehabt. Die Voraussetzungen für ein solches Unterfangen sind einmal die Eindeutigkeit der benützten Terme, des Alphabets, dann eine genaue Festlegung des Verfahrens, beispielsweise mit Hilfe eines Algorithmus. Die Realisierung selbst hat als Grundlagen: die Nachbildung der logischen Verknüpfungen in der Maschine, wozu der Binärcharakter der Digitalelemente zur Darstellung beispielsweise der Wahrheit und Falschheit von Aussagen ausgenützt wird. Für die Praxis der Rechenmaschinen, nicht so sehr speziell für deren Anwendung in der Logik, ist noch wichtig, dass es Elemente gibt, die über den weiteren Verlauf der Operationen durch eine bestimmte Programmwahl entscheiden. Was den Aussagenkalkül betrifft, so beschränkt man sich wie in der Logik meist auf drei Verknüpfungen, auf «und», «oder» und die Negation. Zur Nachbildung logischer Verknüpfungen mit Hilfe maschineller Elemente gibt es sehr viele Möglichkeiten. Im Grunde handelt es sich dabei um eine mechanische, elektrische oder elektronische Interpretation der logischen Zeichen und Zeichenverbindungen, wie ja auch «und», «oder» und die Negation als Interpretationen, nämlich als sprachliche Interpretationen der logischen Zeichen &, v, – aufgefasst werden müssen. Als Beispiel soll eine mechanisch-elektrische Interpretation angegeben werden, die leicht verständlich ist, aber in der Praxis nicht verwendet wird: In Abb. 1, 2 und 3 sind B stromliefernde Batterien, $x_1$ und $x_2$ mechanische Schalter, y ist jeweils eine Glühbirne, M ein elektrischer Magnet. $x_1$, $x_2$, y und M (zusammen mit dem von ihm betätigten Schalter rechts von ihm) haben je zwei ausgezeichnete Zustände: ein Schalter ist offen oder geschlossen, eine Lampe brennt oder brennt nicht. Diese ausgezeichneten Zustände können als Wahrheit oder Falschheit von logischen Aussagen interpretiert werden, und als solche Aussagen werden natürlich dann $x_1$, $x_2$ und y angesehen. Abb. 1 ist somit die Darstellung einer primitiven Konjunktion, Abb. 2 die einer Disjunktion und Figur 3 die einer Negation.

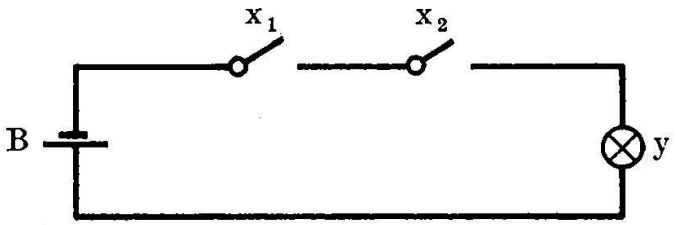


Abb. 1
Konjunktion $y = x_1 \& x_2$

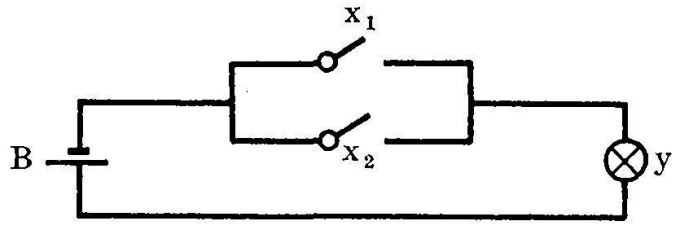


Abb. 2
Disjunktion $y = x_1 \vee x_2$

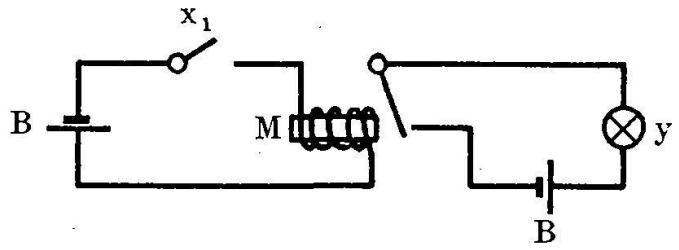


Abb. 3
Negation $y = \overline{x}_1$

Die eigentliche Arbeit wird wie in der Logik durch die Bildung von disjunktiven Normalformen vereinheitlichend vorbereitet. Unter einer disjunktiven Normalform versteht man einen Ausdruck der Form

$$y = a \vee b \vee c \vee \ldots \vee z,$$

wobei a, b, c,... Konjunktionen aus atomaren Aussagen bzw. deren Negationen sind, also beispielsweise

$$a = x_1 \,\&\, x_2 \,\&\, \overline{x}_3 \,\&\, x_4 \,\&\, \ldots \,\&\, \overline{x}_m.$$

Wesentlich sind in der Maschine Umformungen, die zu einer Einsparung von Schaltelementen führen. Nun lassen sich bekanntlich Zahlen in Dualform, d.h. binär unter Benützung nur zweier Ziffern, etwa von 0 und 1, darstellen – die Binärdarstellung von 6 ist dann zum Beispiel 110. Damit kann man weiterhin Rechenoperationen als logische Funktionen ausdrükken: Für die Dualstellen der Summe zweier Zahlen mit den Dualstellen $a_i$ bzw. $b_i$, wenn $c_i$ der Übertrag ist, der bei der Summation der $i$-ten Dualstellen sich ergibt, gilt dann:

$$s_i = (a_i \,\&\, \overline{b}_i \,\&\, \overline{c}_{i-1}) \vee (\overline{a}_i \,\&\, b_i \,\&\, \overline{c}_{i-1}) \vee (\overline{a}_i \,\&\, \overline{b}_i \,\&\, c_{i-1}) \vee (a_i \,\&\, b_i \,\&\, c_{i-1}).$$

Man sieht so die Möglichkeit ein, wie man über die Bildung von Normalformen eine solche Operation in der Maschine nachahmen, also rechnen kann.

26. Es gibt verschiedene Auffassungen oder Schulen der formalen Logik und entsprechend auch der Mathematik, die sich unterscheiden nach der Art der Begriffe und Urteile, die zugelassen werden, und nach der Art der Voraussetzungen und der Forderungen, denen Deduktionen

zu genügen haben. Eine Gruppe dieser Schulen wird unter dem Namen «Intuitionismus» zusammengefasst. Beispielsweise ist für sie der Satz vom ausgeschlossenen Dritten keine Beweisgrundlage, oder sie verbieten die Benützung des Begriffs des Unendlichen oder verlangen die Vermeidung von Schlüssen mit Hilfe der vollständigen Induktion. Allgemein kann man sagen, dass sie konstruktive Beweise verlangen, und effektiv konstruktive, also intuitionistische Logik kann unter anderem mit den Begriffen des Automaten und der Maschine und damit zusammenhängenden Begriffen formuliert und studiert werden. Die Logik der Rechenmaschinen liegt also auf der Linie der Konstruktivisten innerhalb der formalen Logik. Sätze einer Logik dieser Art sind dann gleichzeitig logische Aussagen über bestimmte Automaten.

27. Es gibt einen Hauptunterschied zwischen dem Geschäft der Logik und der Funktion von Automaten: die Zeit tritt in der Logik nicht explizit auf. Doch die Notwendigkeit, in Maschinen und in Theorien über sie die Zeit zu berücksichtigen, ist kein reiner Nachteil. Circuli vitiosi, die etwa mit dem Abgehen von der Konstruktivität oder der Benützung von imprädikativen Ausdrücken zusammenhängen, werden auf diese Weise vermieden.

28. Für die Praxis der Wissenschaft nützt die Definitheit, die durch ein effektives, ein algorithmisches Verfahren garantiert wird, meist nicht viel. Einmal gibt es, wie gesagt, Algorithmen nur für wenige Problemgruppen, weiter gleichen diese algorithmischen Lösungen meist Gewaltmethoden. Oftmals schliessen sie zum Beispiel eine Durchmusterung aller möglichen Fälle ein. Dies würde praktisch zu lange dauern. Effektives Verfahren bedeutet wohl endliches Verfahren, aber diese Endlichkeit kann sehr gross sein. Deshalb ist man auf der Suche nach heuristischen Verfahren, solchen also, die Lösungen bieten, welche meistens gut genug sind. Die Grundlage dafür ist, dass innerhalb eines Rechen-, Deduktions- oder Suchprozesses plausible Annahmen für den nächsten Schritt gemacht werden, die natürlich fehlgehen können. Mit Versuchen in dieser Richtung hat man schon einige, wenn auch nicht blendende Erfolge erzielt. Dies zeigt wiederum, wie wichtig bei Rechenmaschinen die Optimalisierung oder Minimalisierung der Programme ist.

29. Während die Logik im wesentlichen kombinatorisch ist, spielt bei den Rechenmaschinen auch das Analytische eine grosse Rolle. Die genaue Betrachtung der Funktionsweise der Elemente und der zu Komplexen verbundenen Elemente, vor allem aber und damit im Zusammenhang die Untersuchung von Fehlermöglichkeiten und der Auswirkungen dieser Fehler, führt notwendig auch auf analytische Überlegungen.

30. Zur heutigen Lage bei den Automaten kann man bemerken, dass diese sich noch in embryonalem Zustande befinden. Man steht erst am Anfang ihrer Entwicklung. Andrerseits gleichen die Rechenmaschinen auch deshalb Kleinkindern, die immer wieder von vorne anfangen müssen zu lernen, weil der Inhalt ihrer Speicher immer wieder gelöscht wird.

31. Trennt man die Logik auf in deduktive und induktive Logik, so ist zu sagen, dass das eigentliche Arbeitsfeld der Automaten heute – und vielleicht für immer – das der deduktiven Logik ist. Auf dem Gebiet der induktiven Logik, etwa dem der Hypothesenbildung, sind die Automaten, wenn man von den grundsätzlichen Schwierigkeiten dieser Disziplin einmal absieht, ziemlich schwach. Die dem menschlichen Gehirn so eigentümliche Fähigkeit, Korrelationen aufzufinden, fehlt ihnen weitgehend.

32. Bezüglich der Realisierung, ja Materialisierung geistiger, speziell logischer Denkoperationen kann man mit einigem Recht die Meinung vertreten, dass die Automaten im ganzen gesehen ausser einem Ansporn zum neuen Durchdenken der damit verbundenen Fragen und einem Ensemble neuer, exakter gefasster Begriffe wie «Automat» und «Information», deren Fruchtbarkeit aber nicht unterschätzt werden soll, nichts wesentlich Neues bringen. Dass Denkprozesse durch materiell Physiologisches wenigstens teilweise bedingt sind, ist immer schon gesehen worden. Nur wenn man Prozess und Resultat völlig auseinanderreisst, Denken und Gegenstand des Denkens vollständig voneinander trennt, wird man als Folge davon die Schwierigkeit haben, Reales und Ideales in anderem als sehr spekulativem Zusammenhang zu sehen, sie als konkret Gegebenes bzw. als allgemeine und abstrahierte Struktur zu verstehen. Weiterhin ist die Logik selbst ja stets an die Benützung von Zeichen gebunden, die immer einen physikalischen Zeichenträger haben. Die Tätigkeit des Logikers mit Papier und Bleistift lässt sich durchaus mit der Aktion eines Automaten vergleichen.

**4.** E. Specker (Zürich) – *Die Rechen- und Denkmaschinen und die Grundlagenforschung der Mathematik.* – Kein Manuskript eingegangen.

**5.** Jean-Blaise Grize (Neuchâtel) – *Brèves réflexions sur le thème du Symposium.*

Je vais me limiter à souligner quelques aspects de chacun des trois thèmes de cette rencontre qui sont:

1. La structure de la connaissance rationnelle
2. Les machines à calculer
3. Les machines à penser

### *1. Structure de la connaissance rationnelle*

Je commencerai par une remarque banale, mais peut-être fondamentale: c'est qu'il n'y a de connaissance d'aucune sorte qui n'ait besoin d'un langage pour s'exprimer. Or, les langages que l'humanité a inventés sont

multiples et il est légitime de se demander si l'un d'eux pourrait être nécessaire et suffisant à caractériser cette sorte de connaissance particulière qu'est la connaissance rationnelle. Nombreux sont les penseurs qui ont cru pouvoir répondre affirmativement à cette question et qui ont vu dans la logique et la mathématique ce langage caractéristique. Ce dernier, bien entendu, ne saurait s'appliquer à n'importe quoi, mais à des données préalablement élaborées selon certaines règles et méthodes précises.

M. Kirschenmann puis M. Specker nous ont montré ce qu'était au juste ce langage et, plus particulièrement, quels étaient les rapports qu'il soutenait avec la logique et les mathématiques, en tant que sciences constituées. Il résulte de leurs exposés que, de toute évidence, la logico-mathématique a quelque chose à voir avec toute connaissance rationnelle. En même temps néanmoins, il me semble douteux qu'elle suffise à élaborer tout le savoir rationnel. Et je voudrais, pour illustrer mon sentiment, prendre deux très brefs exemples.

1. Considérons, tout d'abord, la science de l'histoire. La connaissance historique est certainement un savoir rationnel. Ses faits sont élaborés avec le plus grand soin: disons, pour faire image, qu'ils le sont de façon scientifique. L'interprétation de ces faits est, sans aucun doute, très largement déductive. On peut même fournir quelques exemples où des raisonnements de nature purement logique et mathématique ont permis d'établir des conséquences du plus grand intérêt historique. Telle, par exemple, l'analyse mathématique de Mgr Bruno de Solages, reprise par Louis Frey sur des bases purement formelles, et qui a permis de montrer que les Evangiles de Matthieu et de Luc dérivaient de celui de Marc et d'une source inconnue X[1]. Mais il s'agit là d'exceptions et, en général, il apparaît toujours un moment où l'historien digne de ce nom intervient en tant que tel, ne serait-ce que par le choix des faits et le poids qu'il leur accorde. L'historien dépasse alors ce qui peut être strictement exprimé dans le langage logico-mathématique sans qu'on puisse cependant l'accuser d'être, pour autant, un penseur irrationnel.

2. Mon deuxième exemple sera celui de la métaphysique. Et l'œuvre de Descartes fournit un cas privilégié puisque Spinoza a précisément cru pouvoir en démontrer les principes «selon la méthode géométrique». Or il est clair que la clé de voûte du cartésianisme, le «je pense, je suis», bien que rationnel et même essentiellement rationnel, échappe tout justement à la formalisation logico-mathématique.

En conclusion de ce premier point, je voudrais donc soumettre à la discussion que, si la logique et les mathématiques constituent bien un langage universel en un sens, ce n'est pas en celui de la *mathesis universalis* à laquelle rêvait Leibniz. Nécessaire à tout savoir rationnel, il ne suffit pas à beaucoup d'entre eux.

[1] Mgr Bruno de Solages, «Mathématiques et Evangiles», *Bulletin de Littérature Ecclésiastique*, 1960, n° 4. Louis Frey, «Application de la métrique des ordres à la critique textuelle des Evangiles», *Annales*, 1963, n° 2.

### 2. *Les machines à calculer*

M. Läuchli nous a révélé leurs fondements et leurs principes. Il est apparu qu'elles étaient essentiellement capables de quatre sortes de comportements.

1. Combiner des signes selon des règles données.
2. Trouver, en les construisant, des preuves pour certaines expressions bien formées.
3. Apprendre certaines choses.
4. Réagir à des données en vue de certaines fins.

Notons tout de suite que, ce qui paraît à première vue le plus spectaculaire (les points 3 et 4) correspond à des activités qui, chez l'homme, sont très loin d'être toujours rationnelles. Tant s'en faut! En revanche, les deux autres points méritent de retenir l'attention. D'une part, en effet, les machines procèdent ici conformément aux méthodes caractéristiques de la logique et des mathématiques. D'autre part, la présence en elles de boucles ou de cycles, c'est-à-dire d'une démarche non linéaire, semble les rapprocher considérablement des procédés concrets de la pensée. Il me paraît extrêmement éclairant, pour comprendre les mécanismes de la connaissance, de savoir qu'une fois une information $I$ transformée en une information $I'$, l'information $I$ n'est pas perdue pour autant. Il s'ensuit que, finalement, les données, les ordres et les résultats n'ont rien d'essentiellement distincts les uns des autres. Et cela permet de saisir comment une machine peut, tout comme nous le faisons, modifier son propre état, évoluer et s'adapter.

En conclusion de ce second thème, je voudrais rendre grâce aux machines de ce qu'elles étaient deux conséquences épistémologiques fondamentales:

1. Encore qu'il n'existe pas d'algorithme général, capable de résoudre n'importe quel problème mathématique, néanmoins il n'est pas déraisonnable, un problème étant donné, d'espérer le résoudre ou de s'assurer qu'il n'a pas de solution. Et c'est là *l'aspect progressif* de la connaissance rationnelle.

2. Puisque un résultat peut toujours être pris comme une donnée, on ne peut pas, de façon absolue, distinguer le concret de l'abstrait, ce qui est donné de ce qui est déduit. Et c'est *l'aspect dialectique* de la connaissance rationnelle.

### 3. *Les machines à penser*

C'est avec réconfort que j'ai constaté que les orateurs précédents étaient fort sceptiques à leur sujet, car je dois avouer que l'expression me rend perplexe. Et c'est certainement faute d'être capable de préciser ce que c'est que «penser». Il ne s'agit nullement ici de jouer au psychologue, mais simplement de serrer d'un peu plus près un terme qui, à tort ou à raison, figure dans le titre même de notre Symposium. Or, il me

semble que penser rationnellement, c'est au moins être capable de faire trois choses.

1. De combiner des *data* pour donner à leurs conséquences une certaine forme de nécessité.
2. De sélectionner des faits de départ et de choisir des conséquences «intéressantes».
3. De fournir une explication au domaine envisagé.

Peut-on, sur cette base, parler valablement de «machines à penser» ? Il faut reconnaître qu'elles sont capables – et souvent bien mieux que nous – de combiner des données pour en tirer des conséquences nécessaires. Et, si on se limite à cela, il faudrait dire qu'elles pensent.

Mais déjà, et malgré les règles heuristiques dont elles peuvent disposer et qu'elles sont même éventuellement capables de se procurer, elles paraissent relativement peu aptes à reconnaître l'intéressant du banal. Dira-t-on que cette faculté est loin d'être également répartie chez chacun et que c'est peut-être à ce signe qu'on reconnaît le véritable créateur du simple savant ? Il n'empêche qu'en ce sens l'homme le plus simple «pense» mieux et davantage que la plus «intelligente» des machines actuelles.

Et il reste enfin ce qui est, peut-être, le plus précieux dans la connaissance rationnelle: son pouvoir explicatif. Il n'est, malheureusement, pas très facile de dire brièvement ce qu'est une explication (et longuement non plus!). Ce qui est certain, c'est que, malgré l'étymologie du mot français, le simple développement de l'implicite, la seule analyse en éléments, ne suffisent pas à constituer une explication. La littérature est abondante des grands penseurs – ne serait-ce que Pascal – qui insiste sur la différence capitale qu'il y a entre contraindre et convaincre, entre démontrer et expliquer. Et chacun a fait l'expérience de démonstrations irréfutables qui contraignent l'esprit et ne l'éclairent nullement.

Je ne voudrais évidemment pas suggérer par-là que le pouvoir explicatif reposerait sur quelque faculté mystérieuse d'intuition, de prise de conscience ou de je ne sais quoi d'autre. Je voudrais simplement dire qu'en plus de l'analyse, il y a des mises en relations indispensables et que, de leur choix, dépend le caractère explicatif ou non d'un discours.

En conclusion, je suggérerais volontiers qu'il y a des degrés dans la pensée rationnelle, que ceux-ci sont fonction d'une certaine complexité de rapports et que les machines dites «à penser» sont encore assez loin d'égaler les facultés d'un cerveau humain, même moyen.

M. Aebi (Freiburg) – *Schlussbemerkungen.*

Die Philosophie als Grundlagenforschung der menschlichen Orientierung, speziell der Wissenschaften, interessiert sich nicht für den Erkenntnis*vorgang* (dieser ist das Objekt der Erkenntnispsychologie, einer Spe-

zialwissenschaft), sondern für *den objektiven Gehalt* der Erkenntnis, d.h. für das Erkennbare und Erkannte. Sie fragt nach dem *Rechtsgrund der Gültigkeit* der Erkenntnis, und dieser liegt immer im Konstatierten (empirische Erkenntnis) oder Vorausgesetzten (rationale Erkenntnis).

Wie Herr Kirschenmann ausführte, kümmern sich Logik und Mathematik nicht *um die Träger* der Strukturen, von denen sie sprechen. Ein und dieselbe Struktur kann in verschiedenen Trägern repräsentiert sein (Aristotelismus als Lösung des Abstraktionsproblems), so die Anzahlhaftigkeit in einem Zählrahmen, in Zahnrädern, in Skalen, in elektronischen Elementen. Es wurde bemerkt, dass das Prinzip der Rechenmaschinen in mechanischen wie in elektronischen Maschinen das gleiche ist (Indifferenz der Träger der mathematischen bzw. logischen Strukturen). Herr Kirschenmann zeigte Vorrichtungen zu Abläufen, die logische Strukturen – das «und», «oder», «nicht» – darstellen.

Die Historie ist eine deskriptive Wissenschaft; ihr Ziel ist die Feststellung von Fakten – nach Ranke die Feststellung, «wie es eigentlich gewesen ist» (Historia von ἵστωρ griech. e. Sache kundig). Die Geschichte bedient sich in ihren Erschliessungen rationaler Erkenntnis, ist aber selbst, ihren Feststellungen nach, nicht rationale Erkenntnis, sondern empirische. Die rationale Erkenntnis ist, von den Prinzipien aus gesehen, Kombination, vom Abgeleiteten aus gesehen, Interpretation. Wir haben in ihr immer ein «Zusammenfallen» dessen, was abgeleitet ist, mit dem zu Interpretierenden, eine «concinnitas» («Zusammenklang»), die auf den Erkennenden auch einen bestimmten ästhetischen Eindruck macht und ihn daher befriedigt. Die Möglichkeit rationaler Erkenntnis, d.h. der Interpretation (oder Kombination) der Daten ist nicht auf ein bestimmtes Sachgebiet beschränkt, sondern erstreckt sich auf alles Kombinierbare. Der Satz Pascals «Le cœur a des raisons que la raison ne connaît pas» ist deshalb falsch, d.h. er bezieht sich bloss auf die historische Situation Pascals; auf den beschränkten Umfang der damals entwickelten rationalen Erkenntnis. «La raison» ist hier also zu eng aufgefasst: der Terminus bezieht sich auf die zu Pascals Zeiten allein entwickelten rationalen Wissenschaften. So bestand etwa damals keine Tiefenpsychologie.

Die rationale Erkenntnis ist der empirischen entgegenzusetzen. Sie selbst knüpft immer an empirisch gegebene (konstatierbare) oder an vorausgesetzte Erkenntnis an (die Hypothesen Platons). Die mathematischen und logischen Sachverhalte lassen sich deshalb immer in hypothetischen Sätzen formulieren; darin liegt ihre Allgemeinheit und Notwendigkeit. Es gibt keine «reine» Vernunft, sondern nur eine kombinatorisch-analytische. Auch die rationale Erkenntnis ist Sacherkenntnis, wie die empirische. Sie hat dieser gegenüber einen sekundären Charakter; sie ist «Erkenntnis aus...» oder «Erkenntnis auf Grund von...». Dementsprechend muss man der Rechenmaschine immer *Daten eingeben, auf Grund deren* sie kombiniert.