

MATHEMATISCHES FORSCHUNGSINSTITUT OBERWOLFACH

T a g u n g s b e r i c h t 46/1973

Automatentheorie und Formale Sprachen

25.11. bis 1.12.1973

Die Tagung über Automatentheorie und formale Sprachen stand in diesem Jahr unter der Leitung von G.Hotz, H.Langmaack (beide Saarbrücken) und C.P.Schnorr (Frankfurt). Die Teilnehmerzahl war mit 49 gegenüber dem Vorjahr (38) trotz der noch immer beengten Platzverhältnisse in Oberwolfach und des zum erstenmal wirksamen Sonntagsfahrverbots beachtlich. Ein Grund ist darin zu sehen, daß in diesem Jahr nur eine Informatiktagung in Oberwolfach stattfand. Dies spiegelte sich auch in der weiten Streuung der Themen der insgesamt 31 Vorträge wider. Dennoch gab es einige Schwerpunkte.

Ein großer Teil der Vorträge stammte aus dem Gebiet der formalen Sprachen bzw. deren Anwendung in der Programmierung. Neben algebraischen wurden auch praxisorientierte Fragestellungen untersucht. Speziell wurden einige Eigenschaften und Entscheidbarkeitsprobleme von Lindenmayersystemen betrachtet.

Großen Raum nahmen auch Vorträge ein, die zur Komplexitätstheorie zu zählen sind, wobei sowohl automaten- als auch sprachentheoretische Fragen untersucht wurden.

Aus der Automatentheorie selbst wurden lineare Automaten, stochastische Automaten, vergeßliche zellulare Netze sowie eine Systematisierung der Theorie mit kategoriellen Methoden behandelt.

Zahlreiche Diskussionen und Fachgespräche außerhalb des offiziellen Tagungsprogramms ließen die Tagung zu einem Erfolg werden. Dazu beigetragen hat auch die gute Organisation des Forschungsinstituts.

Teilnehmer

Berstel, J. Paris	Lippe, W. Saarbrücken
Bibel, W. München	Mayer, O. Karlsruhe
Blikle, A. Warschau	Monien, B. Hamburg
Böhling, K.H. Bonn	Nielsen, M. Aarhus
Bos, U. Frankfurt	Nivat, M. Paris
Brauer, W. Hamburg	Oberschelp, W. Aachen
Brosowski, B. Göttingen	Ottmann, Th. Karlsruhe
Buchberger, B. Innsbruck	Patterson, M.S. Coventry
Coy, W. Darmstadt	Paul, W.G. Saarbrücken
Dieterich, E.-W. München	Perrot, J.-F. Paris
Dörfler, W. Wien	Riguet, J. Paris
Ecker, K. St. Augustin	Rozenberg, G. Utrecht
Ehrich, H.-D. Kiel	Salomaa, A. Aarhus
Ehrig, H. Berlin	Savage, J.E. Pasadena
Eichner, L. Freiburg	Schneider, H.J. Erlangen
Fischer, M.J. Cambridge/Mass.	Schnorr, C.P. Frankfurt
Fokkinga, M.M. Delft	Seeland, H.K. Stuttgart
Hotz, G. Saarbrücken	Siefkes, D. Heidelberg
Indermark, K. Bonn	Skyum, S. Aarhus
Jürgensen, H. Kiel	Stoß, H.-J. Konstanz
Kameda, T. Frankfurt	van der Walt, A. Saarbrücken
Karpinski, M. Poznan	Vollmar, R. Erlangen
Kaufholz, G. Saarbrücken	Walter, H. Darmstadt
Kandzia, P. Saarbrücken	Zumkeller, R. Dortmund
Langmaack, H. Saarbrücken	

## Vortragsskizzen

W. Bibel:

### Mechanische Beweisverfahren für die Prädikatenlogik

Die im Vortrag dargestellten Verfahren beruhen auf einem formalen System der Prädikatenlogik (PL) und versuchen eine Formel durch Angabe einer schnittfreien Herleitung als allgemeingültig nachzuweisen. Besonders wird von einem vollständigen, systematischen Algorithmus berichtet, der für ein Theorem der PL erster Stufe sogar die kürzeste Herleitung auf effiziente Weise findet. Im Zusammenhang damit werden die Theoreme der PL nach einem "Kompliziertheitsgrad" klassifiziert.

Ein weiteres Verfahren ist für Teile der PL zweiter Stufe, besonders für eine Anwendung auf die Zahlentheorie entwickelt worden.

Schließlich wird auf Ansätze eines Vergleichs mit den Verfahren, die das Resolution Prinzip verwenden, eingegangen.

A. Blikle:

### On net-theoretical approach in computer science

Two main branches of theoretical computer science are the theory of formal languages and the theory of programs. In both of these theories one has again two main classes of problems to deal with: proving properties of algorithms and proving properties of classes of objects (languages, functions, etc.) definable by these algorithms. This presentation suggests a uniform algebraic approach to both these theories and both these classes of problems. Main concept of this approach is a net, i.e. a system  $(U, \zeta, \circ, e)$ , where  $(U, \zeta)$  is a complete lattice and  $(U, \circ, e)$  is a monoid with some additional properties. Nets of particular interest for theoretical computer science are nets of formal languages, nets of formal

power series, nets of binary relations, and nets of so called bundles of computations. Main technical tool in this approach are equations and sets of equations in nets.

U. Bos:

Reelle Zufallsfolgen und Unabhängigkeit von Zufallsfolgen

- 1) Es wird ein neues Konzept von Zufallsfolgen auf  $\mathbb{R}$  eingeführt und seine Anwendung auf Brownsche Prozesse sowie seine Häufigkeitstheorie behandelt.
- 2) Es wird eine Definition für die Unabhängigkeit von Zufallsfolgen gegeben und ein Satz über unabhängige Zufallsfolgen bewiesen.

W. Coy:

Minimale, vollständige Testmengen

Es werden Algorithmen zur Entdeckung von Leitungsfehlern in kombinatorischen Netzen mit einem Ausgang beschrieben. Die so erzeugte minimale und vollständige Testmenge entdeckt nicht nur alle Einzelfehler, sondern auch alle Mehrfachfehler im Netz. Für einige Netztypen lassen sich die Algorithmen erheblich vereinfachen. Mit verschiedenen Parametern sind strikte Schranken der notwendigen Anzahl von Tests zur Erzeugung minimaler vollständiger Netze angebar.

E.-W. Dieterich:

Ein Automatenmodell zur syntaktischen Analyse anhand von Grobstruktur

An einer Beispielgrammatik wird der Begriff Grobstruktur erklärt als eine Menge von Zeichenmustern, welche für gewisse Teilgrammati-

ken charakteristisch sind. Solche Zeichenmuster heißen Indikatormuster (IM). Für eine CH-2-Grammatik mit gegebener Grobstruktur wird ein Automatenmodell erklärt, welches

- a) in einer Zeichenreihe ein IM erkennt,
- b) die von dem IM überdeckte Teilzeichenreihe  $t$  an einen Kellerautomaten (KA) übergibt. Dieser KA versucht  $t$  unter Berücksichtigung der einzelnen IM-Zeichen auf ein dem IM zugeordnetes Nonterminal zu reduzieren.

Diese Technik läßt sich vorteilhaft bei der Fehlerbehandlung und der syntaktischen Analyse strukturell komplexer CH-2-Sprachen einsetzen.

K. Ecker:

#### On transformations of Boolean functions

In this lecture sets of Boolean functions are considered. The main problem is to analyse the operation of substitution of those functions. For this purpose we define certain transformations of the set of all Boolean functions. Then a representation by means of Boolean matrices is constructed.

In addition, we give several results on clones of Boolean functions and the associated semigroups of matrices.

H.-D. Ehrich:

#### Formalisierung von Datenstrukturen und Retrievaloperationen

Ein mathematisches Modell für Datenstrukturen wird definiert und mit anderen Modellen und Darstellungsweisen in Beziehung gesetzt. Fragen der schematischen Darstellung von Datenstrukturen lassen sich in diesem Modell durch Partitionen, Faktorstrukturen und Homomorphismen beschreiben. Mit Hilfe dieses Modells werden dann grundlegende Gesetzmäßigkeiten von Retrievaloperationen untersucht. Dies führt zu einer systematischen Beschreibung von

Speicherzugriffssystemen für Multi-Attribut-Fragen.

H. Ehrig:

Systematisierung der Automatentheorie mit Kategoriellen Methoden

Ausgehend von deterministischen, nichtdeterministischen, relationalen stochastischen, linearen und topologischen Mealyautomaten wird das Konzept von Automaten in monoidalen Kategorien entwickelt, das eine einheitliche Beschreibung der oben genannten und vieler weiterer Automatentypen gestattet.

Neben einer gemeinsamen Reduktions-, Minimierungs- und Realisierungstheorie für deterministische, lineare und topologische Automaten gelingt es auch eine einheitliche Theorie von nichtdeterministischen, relationalen und stochastischen Automate zu entwickeln, die z.B. auch relational topologische Typen umfaßt. Dabei erhält man nicht nur die für determinist. bzw. nichtdet. Automaten bekannten Ergebnisse in einheitlicher Weise für viele weitere Typen gemeinsam, sondern diese Theorie liefert auch für viele Automatentypen neue Ergebnisse, wie etwa die Konstruktion von  $\mathcal{M}$ -minimalen und epimorph reduzierten Automaten, die Lösbarkeit des Reduktionsproblems und eine Behaviorcharakterisierung.

L. Eichner:

Über eine Verallgemeinerung eines Ergebnisses von Ecker, Hartmanis und Walter

(Sei  $a = (S, X, \delta)$  endlicher (Halb-)Automat; sei  $\bar{w}$  das durch  $w \in X^+$  erzeugte Element der Übergangshalbgruppe von  $a$ .) Zu Theorem L aus "Group Theoretic Characterization of Linear Permutation Automata (J.Hartmanis + H.Walter, J. Comp. Systems Sci. 7, 1973)" gibt es folgende Verallgemeinerung:

Ein endlicher Automat  $a$  ist isomorph zu einem Unterautomaten

eines p-linearen Automaten (p Primzahl)  $\iff$

Es gibt eine Menge  $S'$ , eine Permutationsgruppe  $T$  auf  $S'$  und eine Injektion  $\varphi: S \rightarrow S'$  mit folgenden Eigenschaften:

- 1)  $T$  ist abelsch;
- 2)  $T$  ist halbregulär;
- 3) jedes  $t \in T$  hat die Ordnung  $p$ ;
- 4)  $\bigvee_{x \in X} \bigwedge_{w \in X^+} \bigwedge_{t \in T} \varphi^{tw} = t \varphi^{\bar{x} |w|}$ .

Es sollen einige Bemerkungen über Beweis und Bedeutung des Satzes gemacht werden.

M.J. Fischer:

Simulation of Turing machines by logical circuits

Let  $B = \{0,1\}$  and let  $f: B^* \rightarrow B^*$  be computed by a Turing machine which runs in time  $T(n)$  for all inputs of length  $n$ . The restriction of  $f$  to length  $n$  inputs can be computed by a logical circuit of  $\wedge, \vee,$  and  $\neg$  gates whose size grows as  $O(T(n) \log T(n))$ . Our proof is via oblivious Turing machines, that is, Turing machines where the head positions at a step  $s$  are the same for all inputs of length  $n$ .

M.M. Fokkinga:

Inductive Assertion Patterns for recursive procedures

Hoare has formulated the proofrule 
$$\frac{P \wedge B \{S\} P}{P \{ \text{while } B \text{ do } S \} P \wedge B} \quad (a)$$
 (b),

according to which we may infer the validity of the input-output assertion (b) from the validity of the inductive assertion (a). The rule even characterizes the while-statement in a sense to make precise in the lecture.

In the lecture the possibility is investigated to set up such characterizing proof rules for recursive procedures. It will appear that the premiss of a rule in general consists of an



infinite set of inductive assertions and that a finite characterizing set of inductive assertions can be found if and only if the recursive procedure is "regular". We treat the problem only for monadic program schemas. Context-free grammars will be used to describe the evaluation of recursive procedures. By means of finite automata the correspondence of the regularity of recursive procedures to the finiteness of the characterizing set of inductive assertions will be shown.

K. Indermark:

Berechenbarkeit in Relationalstrukturen

Es wird gezeigt, daß gleichungsdefinierbare Teilmengen einer Algebra (algebraic sets) sowie rekursive Funktionen über einer algorithmischen Basis Spezialfälle eines übergeordneten Konzeptes sind, nämlich gleichungsdefinierbarer Relationen einer Relationalstruktur. Zu ihrer Definition wird ein Gleichungskalkül entwickelt, welcher Relationsvariable und elementare Mengenoperationen verwendet. Der Fixpunktsatz stetiger Abbildungen auf vollständigen Verbänden garantiert die Existenz einer minimalen Lösung für solche Gleichungssysteme und zeigt auch deren Konstruktion. Das Ziel dieses Ansatzes ist es, diejenigen Eigenschaften berechenbarer Objekte zu untersuchen, die sich aus allgemeinen Sätzen über Fixpunkte stetiger Abbildungen ableiten lassen. Auf diese Weise lassen sich Abschlusseigenschaften, Normalformsätze, sowie ein Hierarchiesatz zeigen. Darüberhinaus wird eine Reihe offener Probleme in diesem Zusammenhang gestellt.

H. Jürgensen:

Zur Interpretation einiger halbgruppentheoretischer Ergebnisse von Schwarz im Hinblick auf stochastische Automaten

Die Begriffe "Transitionsmonoid" und "syntaktisches Monoid"

lassen sich in natürlicher Weise für stochastische Automaten einführen. Es können Bedingungen angegeben werden, unter denen Gruppenfreiheit, Permutationsfreiheit und Zählerfreiheit äquivalente Eigenschaften sind.

T. Kameda:

Minimax-Cost Sequencing under Certain Precedence Constraints

The precedence graph represents precedence constraints of a process. In this paper we assign a real number as a cost to each node of a precedence graph and try to derive an execution sequence which minimizes the maximum cumulative cost encountered during the sequence of executions. We present an efficient algorithm for finding such a minimax-cost execution sequence for a class of precedence graphs called nested loops. As an application of the algorithm we consider the minimax storage requirement for a certain class of computation processes represented by marked graphs.

M. Karpinski:

Probabilistic and pseudo probabilistic dendrolanguages

The real extensions of probabilistic climbing and sinking languages are studied. The Equivalence Theorem for such extensions has been proved. Founding on this we solve the Weak Equivalence Problem raised by Magidor and Moran (1970) for probabilistic climbing and sinking automata.

G. Kaufholz:

Über die Vernetzungsstruktur von Maschinen

Es wird ein Automatenmodell definiert ( $k$ -beschränkte Maschine), das es erlaubt, Begriffe wie "Vernetzungsstruktur", "lokale Vernetzungsdichte" und "Vernetzungsgrad" in anschaulicher Weise zu beschreiben. U.a. können folgende Ergebnisse gezeigt werden ( $n$  = Anzahl der in der Maschine vorhandenen Bits):

- 1) Der Vernetzungsgrad  $k$  ist immer größer gleich  $\lceil \lg(n+1) \rceil$ .
- 2) Die Struktur von Maschinen mit minimalem Vernetzungsgrad ( $n = 2^k - 1$ ) ist bis auf Umbenennung der Bits eindeutig bestimmt. Sie kann als Aufteilung in Zentraleinheit und Speicher interpretiert werden.
- 3) Der Vernetzungsgrad wächst schwächer als linear mit der Rechengeschwindigkeit.
- 4) Sei  $B = \{0,1\}$ . Eine Funktion  $f: B^n \rightarrow B$  ist genau dann mit einem minimal vernetzten Automaten berechenbar, falls  $f \notin \{\text{NAND, NOR}\}$ .

W. Lippe:

Über einen Zusammenhang zwischen dem Prädikatenkalkül 1. Stufe und Programmen mit Prozeduren

Die formale Erreichbarkeit einer Prozedur ist für ALGOL-ähnliche Programmiersprachen unentscheidbar, selbst wenn man sich auf ALGOL 60-P beschränkt, wobei nur Identifikatoren als aktuelle Parameter erlaubt sind. Es wird jedoch vermutet, daß die formale Erreichbarkeit für monadische Programme entscheidbar ist. Diese Vermutung ist dem Satz von Löwenheim und Skolem analog, welcher besagt, daß der Prädikatenkalkül 1. Stufe mit nur monadischen Prädikaten entscheidbar ist. Die von Church bewiesene Unentscheidbarkeit des vollen Prädikatenkalküls 1. Stufe entspricht der Unentscheidbarkeit der Erreichbarkeit von Prozeduren in generellen ALGOL 60-P-Programmen. Ferner besteht die Vermutung, daß die formale Erreichbarkeit von Prozeduren für ALGOL 60-68-Programme

mit endlichen Arten entscheidbar ist. Die beiden Vermutungen können bisher noch nicht vollständig bewiesen werden, sie sind jedoch richtig für Programme mit der zusätzlichen Einschränkung:

- a) nur einparametrische Prozeduren
- b) Prozedurschachtelungstiefe 2

O. Mayer:

Some remarks on the analysis and synthesis problems for context-free expressions

Between context-free (cf) expressions (Gruska, Yntema, McWhirter, 1971) and tree automata there is a relation similar to the well-known relation between regular expressions and finite automata which is demonstrated in so-called analysis and synthesis theorems. This relation is established by interpreting of expressions as special normalized notations for cf derivation structures and using the following results of Doner, Thatcher and Wright:

- 1) The sets of derivation trees of cf grammars may be identified with the sets of trees recognized by tree automata.
- 2) A set of trees is recognized by some finite automata iff it is in the smallest family which contains the empty set, all sets consisting of one elementary tree (node or branche) and is closed under the operations union, substitution (of trees for endnodes) and a substitution closure. This provides a solution of the analysis and synthesis problems for recognizable sets.

Cf expressions now turn out to be only a special normalized notation for sets of cf derivations characterized as recognizable sets in a notation according to 2).

B. Monien:

Charakterisierung von Zeitkomplexitätsklassen durch Klassen primitiv-rekursiver Funktionen

Zu Grunde gelegt wird eine "random-access"-Maschine, deren endliche Programme aus Instruktionen der Form  $x_{x_i} \leftarrow x_j$ ,

$x_i \leftarrow x_{x_j}$ ,  $x_i \leftarrow C$ ,  $x_i \leftarrow x_j + 1$ , TRA  $m$  if  $x_j > 0$  besteht.

Wir definieren eine Klasse  $F$  primitiv-rekursiver Funktionen von  $\mathbb{N} \times \Sigma^{\mathbb{N}}$  in  $\mathbb{N}$ , die ausgehend von gewissen Anfangsfunktionen (darunter  $\lambda x[x+1]$ ) im wesentlichen durch simultane Rekursion der folgenden Gestalt definiert wird:

$$f_i(x+1, w) = g_i(f_{p_1(i)}(\max\{x' | x' < x \wedge f_{p_2(i)}(x'-1) = f_{p_2(i)}(x)\}, w), w)$$

$i = 1, \dots, r.$

Dabei seien  $g_1, \dots, g_r \in F$  und  $p_1, p_2, p_3$  Abbildungen von  $\{1, \dots, r\}$  in  $\{1, \dots, r\}$ . Die so definierten Funktionen  $f_1, \dots, f_r$  liegen in  $F$  dann und nur dann, wenn es ein  $h \in F$  gibt, so daß für alle  $i = 1, \dots, r$  gilt:

$$f_i(x, w) \leq h(x, w) \quad \forall x \in \mathbb{N}, \quad \forall w \in \Sigma^{\mathbb{N}}$$

Die Klasse aller Funktionen  $\varphi: \Sigma^{\mathbb{N}} \rightarrow \mathbb{N}$ , die in der Zeit  $T(n)$  auf einer "random-access"-Maschine berechenbar sind, erhält man dann als  $\{\varphi: \Sigma^{\mathbb{N}} \rightarrow \mathbb{N} | \exists f \in F \text{ mit } \varphi(w) = f(T(1(w)), w)\}$ .

M. Nielsen:

Some equivalence problems for deterministic, context-free Lindenmayer-systems

One of the problems of the longest open standing in the area of L-systems, is whether the equivalence problem for deterministic, context-free L-systems (DOL-systems) is decidable or not.

This and some related equivalence problems for DOL-systems are considered (the equivalence problems for the language and the sequence of generated words, Parikh-vectors and lengths). Some of these related problems are shown to be decidable, and from

this results are stated, from which it seems likely that the main problem mentioned above is also decidable.

M. Nivat:

Algebraic languages on free magmas

If  $\Sigma = \{f_i = p_i \mid i = 1, \dots, N\}$  is an algebraic grammar on a free monoid, we know that the N-vector of languages  $L = \langle L(\Sigma, f_1), \dots, L(\Sigma, f_N) \rangle$  is the smallest vector which satisfies the equation  $L = \lambda_L p$  where  $p$  is the N-vector  $p = \langle p_1, \dots, p_N \rangle$  and  $\lambda_L$  is the substitution resulting of replacing for all  $i$  each occurrence of  $f_i$  by  $L_i = L(\Sigma, f_i)$ . This is a theorem of Schützenberger (1963).

We prove a similar theorem for algebraic grammars on free magmas like

$\Sigma : \varphi_i(v_1, \dots, v_f(\varphi_i)) = p_i$  where  $p_i \in M(B \vee \Phi, \{v_1, \dots, v_f(\varphi_i)\})$  (i.e. an element of the free  $B \vee \Phi$ -magma generated by  $\{v_1, \dots, v_f(\varphi_i)\}$ ).

We also have in that case an N-vector of languages generated by  $\Sigma$ , considered as a macro-grammar (M. Fischer) let us call it  $L = \langle L(\Sigma, \varphi_1), \dots \rangle$ . The analogous of  $\lambda_L$ , substitution of  $\tau_i$  to  $\varphi_i$  for all  $i$  is defined recursively by

$$\begin{aligned} \lambda_{\tau} v &= v \quad \text{for all } v \in V \\ \lambda_{\tau} b(m_1, \dots, m_f(b)) &= b(\lambda_{\tau} m_1, \dots, \lambda_{\tau} m_f(b)) \\ \lambda_{\tau} \varphi_i(m_1, \dots, m_f(\varphi_i)) &= [\lambda_{\tau} m_1 / v_1, \dots, \lambda_{\tau} m_f(\varphi_i) / v_f(\varphi_i)] \tau_i \end{aligned}$$

And the same theorem holds, namely  $L$  is the smallest N-vector satisfying the equation  $L = \lambda_L p$ .

We use an argument of David Park. This result has some significance in connection with the semantics of program schemes (see M. Nivat, Sur l'interprétation des schémas de programme récursifs polyadiques in AHi del Convegno d'Informatica Teorica, Istituto di Alta Matematica, Roma, 1973).

M.S. Paterson:

Non-deterministic bounded-reversal acceptors

The main result proved is that a language is accepted in linear time by a non-deterministic bounded-reversal multi-tape acceptor if and only if it is expressible as a length-preserving homomorphism of the intersection of three linear languages.

The proof provides an opportunity to describe several techniques, some old, some new, for transforming non-deterministic acceptors and establishing correspondences with more algebraic representations.

Wayside lemma: For any  $k$ , there are linear languages  $L_1$ ,  $L_2$ , and a length-preserving homomorphism  $h$  such that:

$$\{w^k \mid w \in \Sigma^{\neq}\} = h(L_1 \wedge L_2)$$

J.-F. Perrot:

Syntaktische Monoide contextfreier Sprachen

Syntaktische Monoide sind für die Klasse der contextfreien Sprachen zwar nicht kennzeichnend, doch sind sie nicht ganz beliebig. Es existieren nämlich Monoide, die als syntaktische Monoide contextfreier Sprachen nicht realisierbar sind. Einige Ergebnisse, Beispiele und Gegenbeispiele werden gegeben.

J. Riguet:

Automata and biological systems

Three different kinds of molecules play a fundamental role in biology: DNA, RNA and proteins. Each DNA molecule is responsible for the synthesis of a protein molecule, i.e. one can consider the "biological machine" synt as a black box whose inputs are the different DNA molecules and the different ammonacids molecules

and whose outputs are the different proteins.

Our aim is to formulate nets of automata which can be considered as not too bad models of some real biological machines such as synt, the biological machine of DNA replication, the biological machines constructed by various membranes, the Golgi apparatus etc...

G. Rozenberg:

Some topics in parallel rewriting systems

In our talk we survey some of the recent results in the quite fashionable now topic of L-systems. We hope that this talk will explain some of the reasons behind the popularity of the subject and will encourage some new people to work in this field.

The following topics will be covered:

- 1) Global versus local properties of L-systems and L-languages.
- 2) Determinism versus nondeterminism - a natural approach.
- 3) Some inference results in the situation Data - Computation - Results.

A. Salomaa:

Some strange stochastic languages

Consider languages  $x^{n_k} n_2 \dots$  over one-letter alphabet  $x$ . There are such stochastic languages (i.e. languages accepted by a finite probabilistic automaton) that the size of the gaps  $n_{k+1} - n_k$  becomes arbitrarily large. Eg., there is a stochastic language such that  $n_{k+1} - n_k \leq M^{n_k}$ , for all sufficiently large values of  $k$ . There is also a stochastic language  $L$  such that  $x^L$  is not stochastic. Several nonclosure properties of the family of stochastic languages immediately follow from this result. Every one-letter stochastic language has a density and every real number in the interval  $0,1$  appears as the density of some stochastic one-letter language.

J.E. Savage:

Outline for an Applied Theory of Computation

How much storage and time are required to solve a given problem? How efficiently does a computing system operate? These are but two questions to which an applied theory of computation should provide answers.

In this lecture, a basis for such a theory will be presented. Topics that will be discussed are

- 1) Problems stated as functions
- 2) The complexity of functions measured with respect to straight-line algorithms and Turing machines
- 3) Computational inequalities which define storage-time tradeoff boundaries for general purpose computers
- 4) Efficiency of algorithms and machines

A brief discussion of the many open problems in this area will be included.

H.J. Schneider:

Rekognitionsprobleme bei mehrdimensionalen formalen Sprachen

Bei der Übertragung von Rekognitionsverfahren vom Fall der Zeichenketten auf mehrdimensionale Zeichenanordnungen ergeben sich eine Reihe von Schwierigkeiten, z.B.:

Wie erweitert man den Begriff Teilkette so, daß "Primphrasen" abgrenzbar sind?

Läßt sich der Begriff der LR(k)-Grammatik verallgemeinern?

Welche Auswirkungen hat die Tatsache, daß kein eindeutiges benachbartes Symbol existiert, auf die Beseitigung von Sackgassen?

C.P. Schnorr:

Lower bounds on the complexity of Boolean functions

We characterize lower bounds on the complexity of Boolean functions in term of reduction steps on the set of Boolean functions. This method can be used to prove some small lower bounds. We make an attempt to prove a good lower bound for the Boolean function associated to the "clique"-problem.

H.J. Stoß:

Berechnungen über Relationen-Strukturen

In der von Strassen entwickelten Theorie über Berechnungen in partiellen Algebren und deren Aufwand sind folgende Forderungen enthalten:

- Alle während der Rechnung einmal verfügbaren Daten sind weiterhin verfügbar
  - Pro Schritt kann nur ein neues Datum hinzugewonnen werden.
- Untersuchungen über Sortierprobleme (Floyd, Paul, Stoß) zeigen, daß diese Forderungen keineswegs natürlich sind. Es ist sinnvoll zuzulassen, daß
- während der Rechnung gewisse Daten gelöscht werden,
  - pro Schritt mehrere Daten hinzukommen.

Der zweite Punkt betrifft dabei in erster Linie die richtige Festlegung der Operationszeiten und wird relevant, wenn man das Bereitstellen von Argumenten bewirkt und nicht das Ausführen von Operationen. Diesen Forderungen genügt das im folgenden angedeutete Modell: Eine Rechnungsstruktur  $\mathcal{Y} = (M, \mathcal{Y})$  besteht aus einer Menge  $M$  und einer Menge  $\mathcal{Y}$  von Relationen  $(X, Y) \in M \times M$ . Eine Berechnung von  $Y$  aus  $X$  in  $\mathcal{Y}$  ist eine Folge  $(X_i)_0^n$  von Teilmengen von  $M$  mit  $X_0 = X$ ,  $X_n = Y$  und  $\bigwedge (X_i, X_{i+1}) \in \mathcal{Y}$ . Ordnet man jeder Relation  $(X, Y) \in \mathcal{Y}$  einen Aufwand  $\lambda(X, Y) \in \mathbb{R}^+$  zu, so lassen sich Länge und Tiefe von Berechnungen erklären. Unter schwachen Bedingungen an  $\mathcal{Y}$  lassen sich auch hier die wesentlichen Sätze der Strassen-schen Theorie wie Transitivitätssatz, Simulationssatz und insbesondere die Aussagen über  $L$ -Schranken herleiten.

R. Vollmar:

Über "vergeßliche" zellulare Netze

Zellulare Netze werden dergestalt modifiziert, daß Zustände in den einzelnen Automaten des zellularen Netzes, die während einer bestimmten (von einer Funktion  $\phi$  abhängigen) Zeitdauer nicht angenommen werden, in den entsprechenden Automaten nicht mehr erreichbar sind; die Automaten gehen in diesen Fällen in den Ruhezustand über.

Es wird gezeigt, wie sich verschiedene Arten von solchen "vergeßlichen" zellularen Netzen konstruieren lassen, unterschieden nach Funktionen  $\phi$ , Rastern, d.h. Schemata der Verknüpfungen der Automaten untereinander, und Zustandszahlen, die in einem gewissen Sinne dasselbe leisten wie die zugrunde gelegten zellularen Netze.

G. Kaufholz (Saarbrücken)