Jahresbericht 1996 - 1997
des Lehrstuhls
„Komplexitätstheorie und VLSI-Design“
in der Abteilung Informatik der
Universität Trier
(Prof. Dr. sc. nat. Ch. Meinel)

Fachbereich IV – Informatik
Universität Trier
D-54286 Trier

Inhaltsverzeichnis

Vorwort **3**

1 Personelle Zusammensetzung und Ausstattung des Lehrstuhls **4**

2 Lehre **7**

2.1 Lehrveranstaltungen 7

2.2 Vorlesungsskripten 10

2.3 Abgeschlossene Dissertationen 11

3 Forschung **11**

3.1 Kurzbeschreibung der bearbeiteten Forschungsthemen 11

3.1.1 BDD-basierte Datenstrukturen für Boolesche Funktionen 12

3.1.2 Komplexität von Berechnungen 12

3.1.3 Elektronisches Publizieren 13

3.2 Drittmittelprojekte am Lehrstuhl 14

3.3 Veröffentlichungen mit Abstracts 15

3.3.1 Veröffentlichungen in Zeitschriften 15

3.3.2 Veröffentlichungen in Tagungsbänden 20

3.3.3 Veröffentlichungen im “Electronic Colloquium on Computational Complexity — ECCC” 29

3.3.4 Vorabveröffentlichungen in der Reihe “Forschungsberichte Mathematik/Informatik” der Universität Trier 31

3.3.5 Vorabveröffentlichungen außerhalb der Universität Trier 36

3.4 Vorträge 39

3.4.1 Vorträge außerhalb der Universität Trier 39

3.4.2 Vorträge im Informatik-Oberseminar bzw. im Forschungsseminar 44

3.4.3 Gäste und Gastvorträge 47

3.5 Gutachtertätigkeiten etc. 48

3.6 Messeaktivitäten 50

4 Lehrstuhlübergreifende Aktivitäten **51**

4.1 Zentrum für wissenschaftliches Elektronisches Publizieren der Universität Trier - WEP 51

4.2 Veranstaltung von Dagstuhl-Seminaren 52

4.3 Mitarbeit im Technologiebeirat der Landesregierung von Rheinland-Pfalz 53

4.4 Homepage für die GI–Fachgruppe 0.1.4 „Komplexität” 53

4.5 “Electronic Colloquium on Computational Complexity – ECCC” 53

4.6 Veranstaltungen von Schulen und Workshops 54

4.6.1 ADiMMO’96 54

4.6.2 Workshop on Applications of Semi-Definite Programming 54

4.6.3 Herbstschule 1996: Was ist ein guter Algorithmus? 54

4.6.4 ADiMMO’97 54

4.6.5 Forschungsworkshop Mathematische Optimierung 54

4.6.6 33. Workshop über Komplexitätstheorie, Datenstrukturen und Effiziente Algorithmen 55

4.6.7 Herbstschule 1997: Was ist ein guter Algorithmus? 55

Vorwort

Der vorliegende Bericht gibt Auskunft über unsere Aktivitäten in den Jahren 1996 und 1997 im Bereich der Forschung und Lehre am Lehrstuhl für Theoretische Informatik an der Universität Trier. Weitere Details finden Sie auf unserer Homepage

http://www.informatik.uni-trier.de/TI/

Der Bericht gibt keine Auskunft über unsere Aktivitäten im Vorfeld und Umfeld des neugegründeten, von mir geleiteten und von der Fraunhofer-Management Gesellschaft betreuten *Institut für Telematik e.V.* Nähere Informationen hierzu können der Homepage

http://www.ti.fhg.de/

und dem bald erscheinenden Jahresbericht des Instituts für Telematik entnommen werden.

Wir hoffen auf Ihr Interesse an unserer Arbeit und würden uns über Anstöße zu möglichen Kooperationsprojekten in Forschung und Lehre sehr freuen.

Christoph Meinel Trier, 10.03.1998

1 Personelle Zusammensetzung und Ausstattung des Lehrstuhls

- **Professor**
  Prof. Dr. sc. rer. nat. Christoph Meinel
- **Wissenschaftliche Assistenten und Mitarbeiter**
  Dr. rer. nat. Martin Mundhenk (beurlaubt 01.02.1996 - 31.12.1996)
  Dipl. WiMath. Jochen Bern
  Dr. rer. nat. Carsten Damm
  Dr. Ing. (F) Stefan Krischer (bis 14.04.1997)
  Dr. rer. nat. Krzysztof Lorys (01.04.1996 - 31.12.1996)
- **Wissenschaftliche Angestellte in Drittmittelprojekten**
  RNDr. Anna Slobodová CSc. (bis 30.04.1996)
  Dr. rer. nat. Stasys Jukna
- **Lehrbeauftragte**
  Dr. Ulrich Hertrampf (bis 31.03.1996)
- **Wissenschaftliche Praktikanten**
  Dipl. Inform. Harald Sack (seit 01.04.1997)
- **Sekretärin**
  Ingeborg Weitzel
- **Stipendiaten**
  Dipl. Inform. Klaus Schwettmann (ab 15.02.1997)
  Dipl. Inform. Christian Stangier (ab 01.09.1996)
  Dipl. Inform. Thorsten Theobald (bis 30.09.1997)
  (Stipendiaten des Graduiertenkollegs „Mathematische Optimierung“).
- **Praktikanten**
  Mariana Podesta, Universidad de Mendoza, Argentinien
  (01.09.1996 - 31.10.1996)
  Mohamed Abou-Elhoda, Universität Cairo, Ägypten
  (01.07.1997 - 19.09.1997)
  Katica Dimitrova, Universität St. Cyril, Skopje, Mazedonien
  (18.08.1997 - 12.10.1997)
  Die Aufenthalte wurde vom Deutschen Akademischen Austauschdienst, Deutsches Komitee der IAESTE, finanziert.

- **Studienaufenthalte**
  Dr. Dana Pardubská, Comenius Universität Bratislava, Slowakei
  (15.09.1996 - 15.12.1996)
  Der Aufenthalt wurde vom Deutschen Akademischen Austauschdienst finanziert.

- **Wissenschaftliche Hilfskräfte 1996**
  Jürgen Ballmann (01.04.1996 - 30.06.1996)
  Jürgen Bernd (01.02.1996 - 31.07.1996)
  Holger Brocks (bis 29.02.1996, 01.05.1996 - 31.07.1996)
  Frank Burch (01.05.1996 - 31.07.1996)
  Jens Doppelhamer (bis 29.02.1996, ab 01.04.1996)
  Johannes Lehnert (01.02.1996 - 31.12.1996)
  Wolfgang Licht (bis 29.02.1996, 01.05.1996 - 31.07.1996, ab 01.11.1996)
  Dirk Lieser (01.02.1996 - 30.06.1996)
  Joachim Marder (01.01.1996 - 31.12.1996)
  Oliver Möller (01.05.1996 - 31.07.1996)
  Michael Schommer (01.05.1996 - 31.07.1996, ab 01.11.1996)

- **Wissenschaftliche Hilfskräfte 1997**
  Doppelhamer, Jens (01.01.1997 -31.12.1997)
  Fritzen, Oliver (ab 01.11.1997)
  Gerstenmayer, Thomas (ab 01.11.1997)
  Johann, Georg (01.05.1997 - 31.07.1997)
  Lehnert, Johannes (01.01.1997 - 31.12.1997)
  Leiß, Knut (ab 01.11.1997)
  Licht, Wolfgang (bis 28.02.1997, ab 01.11.1997)
  Marder, Joachim (bis 28.02.1997, 01.05.1997 - 31.07.1997)
  Schiltz, Stefan (01.05.1997 - 31.07.1997)
  Schommer, Michael (bis 28.02.1997)
  Umanskij, Gennadi (ab 01.05.1997)
  Willems, Peter (01.05.1997 - 31.12.1997)

- **Rechnerausstattung**
  Im Jahr 1996 ergaben sich keine wesentlichen Änderungen in der Rechnerausstattung, insbesondere da in diesem Jahr keine WAP-Mittel zur Verfügung standen. Neben den erforderlichen Reparaturen wurden genau zwei Rechner angeschafft, ein SPARCstation 2 Klon und ein Pentium 200. Zur Verfügung stehen damit rund 20 fest installierte Rechner, überwiegend SUNs (und von diesen wiederum der Großteil SLCs und ELCs), zwei X Terminals und zwei Laptops.

Kurz- und mittelfristig sind die folgenden Änderungen abzusehen:

- Voraussichtlich bereits in 1997 werden die Festplatten des Fileservers erweitert und/oder ausgetauscht werden müssen.
- Neu zu beschaffende Rechner werden in der Regel PCs sein, die dann unter Linux installiert werden. Linux hat sich zu einem stabilen Betriebssystem entwickelt und der Einsatz anderer Unix-Maschinen ist betriebswirtschaftlich — insbesondere wegen des Unterschieds in den Hardware-Kosten — nur noch bei dedizierten Servern zu rechtfertigen.
- Die vorhandenen SUNs werden weiter unter SunOS 4.x betrieben; Ein Upgrade dieser Maschinen auf Solaris 2.x ist meist nicht sinnvoll (SLCs, ELCs). Mit den Abteilungsservern stehen für die Mitarbeiter der Professur auch Solaris-Maschinen zur Verfügung.

Auch im Jahr 1997 standen keinerlei WAP-Mittel zur Verfügung, des weiteren sanken die für Rechneranschaffungen zur Verfügung stehenden Mittel im normalen Haushalt. Außer Reparaturen und Verbrauchsmaterial konnte genau ein PC sowie Microsoft-Software angeschafft werden, beides i. W. in Vorbereitung darauf, das Sekretariat auf die Windows-Welt umzustellen. Außerdem konnte zum Jahresende (!) die bereits 1996 angekündigte Beschaffung von Ersatzfestplatten ausgelöst werden. Die Beschaffung neuer Tonerkartuschen für den SPARCprinter II mußte auf 1998 verschoben werden; Der Drucker ist daher bis auf weiteres stillgelegt.

Von den beiden zentralen Servern zeigt der Fileserver (Aurelia) Anzeichen von Überlastung und der Mailserver (Penthesilea) eine steigende Ausfallrate. Es ist daher beabsichtigt, einen Linux-PC zum Fileserver zu machen und Aurelia wiederum zum neuen Mailserver.

Auch bei den Arbeitsplatzrechnern sind Ausfälle, i. d. R. durch unbrauchbar werdende SLC- bzw. ELC-Bildschirme, zu verzeichnen, die bisher noch durch Hardwarereserven und Inkaufnahme mangelhafter Arbeitsplätze aufgefangen werden konnten. Nichtsdestoweniger ist es dringend notwendig, Ersatz für den größten Teil der Arbeitsplatzrechner zu beschaffen.

2 Lehre

2.1 Lehrveranstaltungen

Lehrangebot im Wintersemester 1995/96

Binäre Entscheidungsgraphen (2 SWS)
Vorlesung: Christoph Meinel
Übung: Stefan Krischer

Diskrete Strukturen und Logik (2 SWS)
Vorlesung: Christoph Meinel
Übung: Jan Roßmann/Carsten Damm

Berechenbarkeit und Komplexität (2 SWS)
Vorlesung und Übung: Ulrich Hertrampf

Automatentheorie/Formale Sprachen (2 SWS)
Vorlesung und Übung: Ulrich Hertrampf

Strukturelle Komplexitätstheorie (2 SWS)
Vorlesung und Übung: Martin Mundhenk

Seminar Kryptographie (2 SWS)
Carsten Damm

Seminar Kommunikationskomplexität (2 SWS)
Carsten Damm

Forschungsseminar Theoretische Informatik (2 SWS)
Christoph Meinel

Seminar am Lehrstuhl Meinel (2 SWS)
Christoph Meinel

Informatik-Kolloquium
D. Baum, Ch. Meinel, H. Seidl, B. Walter

Oberseminar Informatik
D. Baum, Ch. Meinel, H. Seidl, B. Walter

Lehrangebot im Sommersemester 1996

Algorithmen und Datenstrukturen (Informatik II) (4 SWS)
Vorlesung: Christoph Meinel
Übung: Stefan Krischer

Diskrete Strukturen und Logik II (2 SWS)
Vorlesung: Christoph Meinel
Übung: Carsten Damm

Kombinatorik endlicher Mengen (2 SWS)
Vorlesung und Übung: Stasys Jukna

Parallel Algorithms (2 SWS)
Vorlesung und Übung: Krzysztof Lorys

Probabilistische Algorithmen (2 SWS)
Vorlesung und Übung: Carsten Damm

Forschungsseminar Theoretische Informatik (2 SWS)
Christoph Meinel

Seminar am Lehrstuhl Meinel (2 SWS)
Christoph Meinel

Informatik-Kolloquium
D. Baum, Ch. Meinel, H. Seidl, B. Walter

Oberseminar Informatik
D. Baum, Ch. Meinel, H. Seidl, B. Walter

Lehrangebot im Wintersemester 1996/97

CAD-Logiksynthese und -optimierung (4 SWS)
Vorlesung: Christoph Meinel
Übung: Stefan Krischer

Diskrete Strukturen und Logik (2 SWS)
Vorlesung: Christoph Meinel
Übung: Carsten Damm und Martin Mundhenk

Informations- und Codierungstheorie (4 SWS)
Vorlesung und Übung: Carsten Damm

Forschungsseminar Theoretische Informatik (2 SWS)
Christoph Meinel

Seminar am Lehrstuhl Meinel (2 SWS)
Christoph Meinel

Informatik-Kolloquium
D. Baum, Ch. Meinel, H. Seidl, B. Walter

Oberseminar Informatik
D. Baum, Ch. Meinel, H. Seidl, B. Walter

Lehrangebot im Sommersemester 1997

Binäre Entscheidungsdiagramme (4 SWS)
Vorlesung: Christoph Meinel
Übung: Harald Sack

Diskrete Strukturen und Logik II (2 SWS)
Vorlesung: Christoph Meinel
Übung: Carsten Damm

Berechenbarkeit und Komplexität (2 SWS)
Vorlesung und Übung: Carsten Damm

Komplexität Boolescher Funktionen (2 SWS)
Vorlesung und Übung: Stasys Jukna

Algorithmische Graphentheorie (2 SWS)
Vorlesung und Übung: Martin Mundhenk

Seminar Electronic Money (2 SWS)
Carsten Damm

Forschungsseminar Theoretische Informatik (2 SWS)
Christoph Meinel

Seminar am Lehrstuhl Meinel (2 SWS)
Christoph Meinel

Rechnerpraktikum VLSI-Design (4 SWS)
Christoph Meinel, Jochen Bern

Informatik-Kolloquium
D. Baum, Ch. Meinel, H. Seidl, B. Walter

Oberseminar Informatik
D. Baum, Ch. Meinel, H. Seidl, B. Walter

Lehrangebot im Wintersemester 1997/98

Komplexitätstheorie (4 SWS)
Vorlesung: Christoph Meinel
Übung: Harald Sack

Diskrete Strukturen und Logik I (2 SWS)
Vorlesung: Christoph Meinel
Übung: Lothar Breuer

Kryptographie (2 SWS)
Vorlesung und Übung: Carsten Damm

Berechenbarkeit und Komplexität (2 SWS)
Vorlesung: Carsten Damm
Übung: Martin Mundhenk

Probabilistische Methoden in der Informatik (2 SWS)
Vorlesung und Übung: Stasys Jukna

Automatentheorie und Formale Sprachen (2 SWS)
Vorlesung und Übung: Martin Mundhenk

Forschungsseminar Theoretische Informatik (2 SWS)
Christoph Meinel

Seminar am Lehrstuhl Meinel (2 SWS)
Christoph Meinel

Rechnerpraktikum VLSI-Design (4 SWS)
Christoph Meinel, Jochen Bern

Informatik-Kolloquium
D. Baum, Ch. Meinel, H. Seidl, P. Sturm, B. Walter

Oberseminar Informatik
D. Baum, Ch. Meinel, H. Seidl, P. Sturm, B. Walter

2.2 Vorlesungsskripten

Folgende Vorlesungskripte

- Ch. Meinel: *Binäre Entscheidungsgraphen*, Sommersemester 1997
- Ch. Meinel: *Diskrete Strukturen und Logik*, Winter- und Sommersemester 1995/96

sind unter

http://www.informatik.uni-trier.de/~meinel/Skripten.html

neu abrufbar. Bereits verfügbar und dort ebenfalls zu finden sind die Skripten:

- Ch. Meinel: *Berechenbarkeit und Komplexität*, Sommersemester 1995
- Ch. Meinel: *Schaltkreiskomplexität*, Sommersemester 1995

- Ch. Meinel: *CAD-Logikminimierung*, Wintersemester 1994/95
- Ch. Meinel: *Automatentheorie und Formale Sprachen*, Wintersemester 1993/94
- Ch. Meinel: *Informatik I: Einführung in die Informatik*, Wintersemester 1994/94

2.3 Abgeschlossene Dissertationen

Thorsten Theobald:
“Transformation Techniques for Decision Diagrams in Computer-Aided Design”
(Verteidigung: 19.12.1997)

3 Forschung

3.1 Kurzbeschreibung der bearbeiteten Forschungsthemen

Die Forschungsarbeiten am Lehrstuhl für Komplexitätstheorie und VLSI-Design konzentrierten sich im genannten Zeitraum auf die folgenden drei Schwerpunkte:

- *BDD-basierte Datenstrukturen für Boolesche Funktionen*
- *Komplexität von Berechnungen*
- *Elektronisches Publizieren*

Die erzielten Forschungsergebnisse wurden auf ausgewiesenen internationalen Tagungen vorgestellt und in einschlägigen wissenschaftlichen Journalen veröffentlicht bzw. zur Veröffentlichung eingereicht. Sie sind darüber hinaus in Form von Forschungsberichten und Softwaretools über World Wide Web

http://www.informatik.uni-trier/~meinel/ bzw.

http://www.informatik.uni-trier/TI/

abrufbar.

3.1.1 BDD-basierte Datenstrukturen für Boolesche Funktionen

Im Forschungsschwerpunkt *BDD-basierte Datenstrukturen für Boolesche Funktionen* wurden Datenstrukturen für die Repräsentation und Bearbeitung von Booleschen (also 0-1-wertigen) Funktionen entworfen und analysiert. Der vielgestaltige praktische Einsatz solcher Datenstrukturen z.B. in CAD-Systemen zum Schaltkreisentwurf oder in Tools zur formalen Verifikation von Kommunikationsprotokollen, sequentiellen Systemen oder elektronischen Schaltkreisen machte Bemühungen zur Optimierung und Kompaktifizierung solcher Strukturen zu einem sehr lohnenden Forschungsziel.

Im einzelnen wurde eine Reihe von Ergebnissen zu folgenden Problemstellungen erzielt:

1. Entwicklung und Bewertung von BDD-basierten Datenstrukturen auf ihre Eignung zur effizienten Lösung der im Gebiet der Logiksynthese und -optimierung auftretenden Problemstellungen. Es wurden heuristische Verfahren zur Arbeit mit freien Entscheidungsprogrammen entwickelt und ein probabilistisches Verfahren zum Äquivalenztest für Parity OBDDs bewertet.
2. Entwicklung neuer globaler und lokaler Reordering-Strategien zur Miminierung von OBDDs.
3. Entwicklung von Transformationskonzepten im Kontext der Booleschen Manipulation mit dem Ziel, die BDD-Darstellungsgröße einzelner Funktionen zu minimieren. Insbesondere wurden typbasierte Transformationen, lokale XOR-Transformationen und lokale Zustandsumkodierungen vorgeschlagen und in einer Reihe von Experimenten bewertet.
4. Untersuchung des Einflusses der Zustandscodierung sequentieller Systeme auf deren OBDD-Größe. Optimierung der OBDD-basierten Darstellungen sequentieller Systeme vermittels der Zustandskodierung.
5. Einführung eines komplexitätstheoretischen Reduktionsbegriffs der für die Untersuchung der Berechnungskraft von OBDDs polynomialer Größe relevant ist.

3.1.2 Komplexität von Berechnungen

Im Forschungsschwerpunkt *Komplexität von Berechnungen* ging es um zentrale Fragestellungen aus einem Kernbereich der Forschung in der theoretischen Informatik, nämlich um die Charakterisierung des Ressourcenbedarfs – insbesondere des Ressourcenmindestbedarfs – für konkrete Berechnungen.

Im einzelnen waren die in diesem Forschungsschwerpunkt angesiedelten Arbeiten vornehmlich der Untersuchung folgender Fragestellungen gewidmet:

1. Untersuchung der *Schaltkreiskomplexität*. Hier wurden Ressourcenbedarfsgrenzen (sogenannte untere und obere Schranken) für die Berechnung konkreter Probleme durch Schaltkreise und verwandte Berechnungsmodelle untersucht. Von besonderer Bedeutung war hierbei der Zusammenhang zwischen dem Bedarf an Berechnungsressourcen derartiger Modelle und dem Kommunikationsbedarf.
2. Die Charakterisierung der *Kommunikationskomplexität* bei der verteilten Berechnung konkreter Probleme. Hier konnten wichtige Aufschlüsse über den Ressourcenmindestbedarf für konkrete Berechnungen gewonnen werden.
3. Die Untersuchung der *Komplexität von Beweissystemen*. Hier ging es um Fragestellungen, die im Zusammenhang mit der Verfügbarkeit zunehmend „intelligenter" Rechnersysteme immer mehr an Bedeutung gewinnen. Zusammenhänge zwischen Strukturen von Problemen und Berechnungen spielten hier eine große Rolle.

3.1.3 Elektronisches Publizieren

Der Forschungsschwerpunkt *Elektronisches Publizieren* zeichnet sich durch eine starke Ausrichtung auf praktische Anwendungen hin aus. Das erworbene Know-How wurde und wird insbesondere in den folgenden drei Projekten umgesetzt:

1. Herausgabe des *Electronic Colloquium on Computational Complexity - ECCC*. Das Electronic Colloquium on Computational Complexity vereint die Vorzüge von *Preprint-Servern* (insbesondere schneller Durchsatz) und *elektronischen Zeitschriften* (insbesondere redaktionelle Auswahl nach qualitativen Gesichtspunkten), hier speziell für den Forschungsbereich der Computational Complexity.
   `http://www.eccc.uni-trier.de/eccc/`
2. Entwicklung des *STACS Electronic Submission Service*. Nach STACS'97 (Lübeck) und STACS'98 (Paris) wird auch die in Trier stattfindende STACS'99 den in Trier beheimateten Electronic Submission Service benutzen, der die Einreichungen per Email entgegennimmt und den Organisatoren zur Verfügung stellt. Auch hier ist der Anwendungsbereich der entwickelten Software keineswegs auf das gewählte Anwendungsbeispiel (STACS) beschränkt.
   `http://stacs.uni-trier.de/`
3. Herausgabe der Webseiten der *GI-Fachgruppe 0.1.4*. Die in Trier beheimateten Webseiten der Fachgruppe bestehen im Wesentlichen aus einer Sammlung aktueller Ankündigungen — Calls for Papers, Konferenzprogramme, Stellenanzeigen,

Links etc. — aus dem Bereich der Komplexitätstheorie.
`http://www.informatik.uni-trier.de/GI/FG-014/`

Zum Abschluß sei noch verwiesen auf die Aktivitäten im Bereich des fächerübergreifenden Zentrums für wissenschaftliches Elektronisches Publizieren (WEP), das an unserer Professur beheimatet ist.

`http://www.wep.uni-trier.de/`

In Zusammenarbeit mit dem neugegründeten Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik e.V. – Bereich Trier der Fraunhofer-Management-Gesellschaft (seit 1. Januar 1998 selbständig als Institut für Telematik e.V.) wurde u.a. die online-Repräsentanz für eine Tageszeitung konzipiert und realisiert.

3.2 Drittmittelprojekte am Lehrstuhl

Mitträger des Graduiertenkollegs „Mathematische Optimierung” an der Universität Trier

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft
Förderzeitraum: seit 01.04.1995

„Branching Programme als Datenstruktur für den Schaltkreisentwurf”

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft
Förderzeitraum: 1992 - 1996
Gemeinsames Projekt mit Prof. Dr. Bernd Becker (Universität Frankfurt/Main, jetzt Universität Freiburg i.B.)

„Entwicklung und Anwendung der Fusionsmethode für die Ableitung unterer Schranken in der Berechnungskomplexität”

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft
Förderzeitraum: 1995 - 1999

„Entwurf und Analyse von BDD-basierten Datenstrukturen zur Repräsentation und automatischen Bearbeitung sequentieller Schaltkreise und Systeme”

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft
Förderzeitraum: 1996 - 1999

„Instanzenkomplexität und nicht-uniforme Komplexitätsklassen”

Förderer: Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD)
Förderzeitraum: 1995/1996
Gemeinsames Projekt mit Dr. Elvira Mayordomo, Universität Zaragoza und Dr. Montserrat Hermo, Universität San Sebastian

„Efficient Data Structures for Computer-Aided Design”

Förderer: Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD)
Förderzeitraum: 1996
Gemeinsames Projekt mit Prof. Dr. Gary Hachtel und Prof. Dr. Fabio Somenzi, University of Colorado

„Betriebsumgebung für das Electronic Colloquium on Computational Complexity (ECCC)”

Förderer: Forschungsfonds 1997
Förderzeitraum: 1997

3.3 Veröffentlichungen mit Abstracts

3.3.1 Veröffentlichungen in Zeitschriften

Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsschwerpunkts *BDD-basierte Datenstrukturen für Boolesche Funktionen*:

Ch. Meinel, J. Bern, A. Slobodová:
“Global Rebuilding of OBDDs Avoiding Memory Requirement Maxima.”
in: IEEE Transactions on CAD Vol. 15 Nr. 1 (1996), pp. 131–134.

Abstract: It is well-known that the size of an ordered binary decision diagram (OBDD) may depend crucially on the order in which the variables occur. In the paper, we describe an implementation of an output-efficient algorithm that transforms an OBDD P representing a Boolean function f with respect to one variable ordering π into an OBDD Q that represents f with respect to another variable ordering σ. The algorithm runs in average time $O(|P||Q|)$ and requires $O(|P|+|Q|)$ space. The importance of the algorithm gets demonstrated by means of experimental results on basically two different applications. In one of them, the algorithm is used merely once. Such transformations are needed to test equivalence or to perform synthesis on OBDD's in which variables appear in different orders. The

other application shows a way how to decrease the size of intermediate OBDD representations of a given circuit in the course of its symbolic simulation. Here, the algorithm is used dynamically, whenever the size of the manipulated OBDD's becomes too large.

Ch. Meinel, J. Bern, A. Slobodová:
"Some Heuristics for Generating Tree-like FBDD Types."
in: IEEE Transactions on CAD Vol. 15 Nr. 1 (1996), pp. 127–130.
Abstract: Reduced ordered binary decision diagrams (OBDD's) are nowadays the state-of-the-art representation scheme for Boolean functions in Boolean manipulation. Recent results have shown that it is possible to use the more general concept of free binary decision diagrams (FBDD's) without giving up most of the useful computational properties of OBDD's, but possibly reducing the space requirements considerably. The amount of space reduction depends essentially on the shape of so-called FBDD-types the Boolean manipulation in terms of FBDD's is based on. In this note, we start to propose some heuristics for deriving tree-like FBDD-types from given circuit descriptions. The experimental results we obtained clearly demonstrate that the FBDD-approach is not only of theoretical interest, but also of practical usefulness even in the case of using merely such simple-structured tree-based FBDD-types as produced by the investigated heuristics.

Ch. Meinel, J. Gergov:
"Mod-2-OBDDs - a Data Structure that Generalizes EXOR-Sum-of-Products and Ordered Binary Decision Diagrams."
in: Formal Methods in Systems Design Nr. 8 (1996), pp. 273–282.
Abstract: We present a data structure for Boolean manipulation – the Mod-2-OBDDs – that considerably extends ESOPs (EXOR-sum-of-products) as well as OBDDs (ordered binary decision diagrams). There are Boolean functions of practical interest which have exponential size optimal ESOPs (even multi-level EXOR-expressions) and/or OBDDs that can be represented by (low degree) polynomial size Mod-2-OBDDs. We show that Boolean manipulation tasks such as apply operation, quantification, and composition can be performed with Mod-2-OBDDs at least as efficient as with OBDDs. In fact, since the size of a minimal Mod-2-OBDD-representation of a Boolean function is, in general, smaller (sometimes even exponentially smaller) than the size of an optimal OBDD-representation, the increase in efficiency is considerable. Moreover, EXOR-operations as well as complementations can be performed in constant time $O(1)$. However, the price of constant time EXOR-apply operations is the canonicity of the Mod-2-OBDD-representation. In

order to allow in spite of this fact efficient analysis of Mod-2-OBDDs we present a fast probabilistic equivalence test with one-sided error probability for Mod-2-OBDDs (and, hence, for ESOPs) which performs only linear many arithmetic operations.

Ch. Meinel, A. Slobodová:
“A Reducibility Concept for Problems Defined in Terms of Ordered Binary Decision Diagrams.”
in: Mathematical Systems Theory 30 (1997), pp. 495-518.
Abstract: Reducibility concepts are fundamental in complexity theory. Usually, they are defined as follows: A problem Π is reducible to a problem Σ if Π can be computed using a program or device for Σ as a subroutine. However, this approach has its limitations if restricted computational models are considered. In the case of ordered binary decision diagrams (OBDDs), it allows merely to use the almost unmodified original program for the subroutine. Here, we propose a new reducibility concept for OBDDs: We say that Π is reducible to Σ if an OBDD for Π can be constructed by applying a sequence of elementary operations to an OBDD for Σ. In contrast to previous reducibility notions, the newly introduced reduction is able to reflect the real needs of a reducibility concept in the context of OBDD-based complexity classes: it allows to reduce those problems to each other which are computable with the same amount of OBDD-resources, and it gives a tool to carrying over lower and upper bounds.

Ch. Meinel, A. Slobodová:
“A Unifying Theoretical Background for Some BDD-Based Data Structures.”
in: Formal Methods in System Design 11 (1997), pp. 223-237.
Abstract: In the paper, we propose a general concept (denoted by TBDD) for Boolean function manipulation that is based on cube transformations. The basic idea is to manipulate a Boolean function by converting it by means of a cube transformation into a function that can be efficiently represented and manipulated in terms of ordered binary decision diagrams (OBDDs). We show that the new concept unifies several BDD-based data structures considerably, and simplifies their manipulation to work with the simple and well-understood data structure of OBDDs. This is especially important for practical applications. Further, to give an example of how TBDDs open new ways in the search for efficient data structures for Boolean functions, we discuss the data structure of typed k-FBDDs.

Ch. Meinel, T. Theobald:
"Geordnete binäre Entscheidungsgraphen und ihre Bedeutung im rechnergestützten Entwurf hochintegrierter Schaltkreise."
in: Informatik-Spektrum Bd. 20 Nr. 5 (1997), Springer-Verlag, pp. 268-275.
Abstract: Viele Probleme im rechnergestützten Entwurf hochintegrierter Schaltungen (CAD für VLSI) lassen sich auf die Aufgabe zurückführen, Objekte über endlichen Bereichen zu manipulieren. Die Effizienz dieser Operationen hängt dabei maßgeblich von den gewählten Datenstrukturen ab. In den letzten Jahren haben sich geordnete binäre Entscheidungsgraphen in diesem Zusammenhang als sehr effiziente Datenstruktur erwiesen. Wir geben einen Überblick über die Entwicklungen in diesem vielschichtigen Verbindungsgebiet zwischen Grundlagenforschung und praxisrelevanter angewandter Forschung mit seinem unmittelbaren Einfluß auf die Leistungssteigerung moderner CAD-Entwurfs- und Verifikationswerkzeuge.

Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsschwerpunkts *Komplexität von Berechnungen*:

V. Arvind, J. Köbler, M. Mundhenk:
"Monotonous and Randomized Reductions to Sparse Sets."
in: RAIRO Theoretical Informatics and Applications 30 (2) (1996), pp. 155–179.
Abstract: An oracle machine is called *monotonous*, if after a negative answer the machine does not ask further queries to the oracle. For example, one-query truth-table, conjunctive, and Hausdorff reducibilities are monotonous. We study the consequences of the existence of sparse hard sets for different complexity classes under monotonous and randomized reductions. We prove trade-offs between the randomized time complexity of NP sets that reduce to a set B via such reductions and the density of B as well as the number of queries made by the monotonous reduction. As a consequence, bounded Turing hard sets for NP are not co-RP reducible to a sparse set unless RP = NP. We also prove similar results under the apparently weaker assumption that some solution of the promise problem (1SAT, SAT) reduces via the mentioned reductions to a sparse set.

V. Arvind, J. Köbler, M. Mundhenk:
"Upper bounds for the Complexity of Sparse and Tally Descriptions."
in: Mathematical Systems Theory 29 (1996), pp. 63-94.
Abstract: We investigate the complexity of computing small descriptions for sets in various reduction classes to sparse sets. For example, we show that if a set A and its complement conjunctively reduce to some sparse set, then they also are conjunctively reducible to a $\mathrm{P}(A \oplus \mathrm{SAT})$-printable tally set. As a consequence, the class

IC[log, poly] of sets with low instance complexity is contained in the EL_1^{Σ}-level of the extended low hierarchy. By refining our techniques, we also show that all word-decreasing self-reducible sets in IC[log, poly] are in $\mathrm{NP} \cap \mathrm{coNP}$ and therefore low for NP. We derive similar results for sets in $R_d^p(\mathrm{SPARSE})$ and $R_{hd}^p(R_c^p(\mathrm{SPARSE}))$, as well as in some nondeterministic reduction classes to sparse sets.

C. Damm, M. Holzer:
"Inductive Counting for Width Restricted Branching Programs."
in: Information and Computation 130 (1996), pp. 91-99.

Abstract: As an application of the inductive counting technique to a circuit-like model, we prove that complementation of nondeterministic branching programs can be done without increasing the width too much. A consequence of this result is that the class of languages recognized by a generalization of nonuniform finite automata [Barrington (1989) and Bédard *et al.* (1993)] to non-constant space is closed under complement.

J. Goldsmith, M. Levy, M. Mundhenk:
"Limited Nondeterminism."
in: SIGACT News 27 (2) 1996, pp. 20-29.

Abstract: Nondeterminism is a powerful tool, and has been applied in many different settings. What is the power of nondeterminism in bounded-resource computation? Can nondeterminism decrease the time complexity of some problems? If so, how much nondeterminism is needed to make the difference? This survey has the goal to provide an introduction to some of the work in a potentially rich, but still largely unmined, area of research.

Ch. Meinel, S. Waack:
"Lower Bounds on the Majority Communication Complexity of Various Graph Accessibility Problems."
in: Mathematical Systems Theory 29 (1996), pp. 649-659.

Abstract: We investigate the probabilistic communication complexity (more exactly, the majority communication complexity) of the graph accessibility problem (GAP) and its counting versions MOD_k-GAP, $k \geq 2$. Due to arguments concerning matrix variation ranks and certain projection reductions, we prove that, for any partition of the input variables, GAP and MOD_m-GAP have majority communication complexity $\Omega(n)$, where n denotes the number of nodes of the graph under consideration.

C. Damm, M. Holzer, P. Rossmanith:
“Expressing Uniformity via Oracles.”
in: Theory of Computing Systems 30 (1997), pp. 355-366.
Abstract: We study the circumstances under which different uniformity notions for Boolean circuits of logarithmic depth lead to the same complexity class. Our investigations are based on a characterization of uniformity in terms of oracle access to tally sets that is proved in the present paper: $\mathcal{A}$-uniform circuits of logarithmic depth are of the same computational power as DLOGTIME-uniform circuits of logarithmic depth with oracle access to tally sets in $\mathcal{A}$. This characterization does not only apply to classes $\mathcal{A}$ such as logarithmic space or polynomial time, but to all in some sense “well-behaved” classes and especially to all standard complexity classes. We present many applications for this characterization, among them upward separations, depth–uniformity trade-offs, and inclusion-completeness results for tally languages.

3.3.2 Veröffentlichungen in Tagungsbänden

Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsschwerpunkts *BDD-basierte Datenstrukturen für Boolesche Funktionen*:

Ch. Meinel, T. Theobald:
“Local Encoding Transformations for Optimizing OBDD-Representations of Finite State Machines.”
in: Proc. of Formal Methods in Computer-Aided Design – FMCAD (1996), Springer Verlag, Lecture Notes in Computer Science Vol. 1166, pp. 404-418.
Abstract: Ordered binary decision diagrams are the state-of-the-art representation of switching functions. In order to keep the sizes of the OBDDs tractable, heuristics and dynamic reordering algorithms are applied to optimize the underlying variable order. When finite state machines are represented by OBDDs, the state encoding can be used as an additional optimization parameter. In this paper, we analyze local encoding transformations which can be applied dynamically. First, we investigate the potential of re-encoding techniques. We then propose the use of the XOR-transformation and show why this transformation is most suitable among the set of all encoding transformations. Preliminary experimental results illustrate that the proposed method in fact yields a reduction of the OBDD-sizes.

Ch. Meinel, H. Sack:
"Case Study: Manipulating $\oplus$-OBDDs by Means of Signatures."
in: Proc. of the 3rd International Workshop on Applications of the Reed-Muller Expansion in Circuit Design - Reed-Muller'97, Oxford, UK, pp. 175-185.
Abstract: We present a case study concerning manipulation of $\oplus$-OBDDs based on a probabilistic equivalence test. Efficient Boolean function manipulation requires efficient algorithms for Boolean synthesis as well as testing the equivalence of two Boolean functions. Due to the fact that $\oplus$-OBDDs do not provide a canonical representation, the equivalence test becomes an extensive operation. A recently introduced deterministic equivalence test performs only in high polynomial degree execution time and therefore is not qualified for practical purposes. Hence, we tried to work with a probabilistic equivalence test (with one-sided error probability) based on Boolean signatures. Due to our experimental results, we can conclude that the application of the probabilistic equivalence test is well suited for working in the field of Computer Aided Design.

Ch. Meinel, A. Slobodová:
"A Reducibility Concept for Problems Defined in Terms of Ordered Binary Decision Diagrams."
in: Proc. of the 14th Ann. Symp. on Theoretical Aspects of Computer Science - STACS'97, Lecture Notes in Computer Science Vol. 1200, Springer Verlag, pp. 213-222.
Abstract: siehe Abschnitt 3.3.1

Ch. Meinel, T. Theobald:
"On the Influence of the State Encoding on OBDD-Representations of Finite State Machines."
in: Proc. of Mathematical Foundations of Computer Science - MFCS'97, Bratislava (Slowakei), Lecture Notes in Computer Science Vol. 1295, Springer-Verlag, pp. 408-417.
Abstract: Ordered binary decision diagrams are an important data structure for the representation of Boolean functions. Typically, the underlying variable ordering is used as an optimization parameter. When finite state machines are represented by OBDDs, the state encoding can be used as an additional optimization parameter. In this paper, we analyze the influence of the state encoding on the OBDD-representations of counter-type finite state machines. In particular, we prove lower bounds, derive exact sizes for important encodings and construct a worst-case encoding which leads to exponential-size OBDDs.

Ch. Meinel, A. Slobodová:
"Speeding up Variable Ordering in OBDDs."
in: Proc. of the IEEE/ACM International Workshop on Logic Synthesis - IWLS'97, Granlibakken Resort, Lake Tahoe (USA)
und Proc. of International Conference on Computer Design - ICCD'97, Austin (Texas, USA), pp. 338-343.
Abstract: The use of Ordered Binary Decision Diagrams (OBDDs) as a representation of Boolean functions brought essential progress in many different applications. The optimization of the OBDD-size by the choice of the variable ordering is known to be NP-hard. The known heuristics for finding an initial ordering and for reordering still have insufficient performance. Rudell's sifting is one of the most successful reordering algorithms that is application independent and can be used dynamically. In this paper, we propose a method based on some communication complexity considerations that improves the time performance of sifting. The main idea is to restrict the reordering to a readily computable OBDD-measure. Experimental comparison of the proposed block-restricted sifting with the original algorithm shows a speedup by factor two without any loss in the final size.

Ch. Meinel, F. Somenzi, T. Theobald:
"Linear Sifting of Decision Diagrams."
in: Proc. of the 34th IEEE/ACM Design Automation Conference - DAC'97, Anaheim, USA, pp. 202-207.
Abstract: We propose a new algorithm called *linear sifting* for the optimization of decision diagrams that combines the efficiency of sifting and the power of linear transformations. We show that the new algorithm is applicable to large examples and that, in many cases, it leads to substantially more compact diagrams when compared to simple variable reordering. We show in which sense linear transformations complement variable reordering, and discuss applications of the new technique to synthesis and verification.

Ch. Meinel, T. Theobald:
„Geordnete binäre Entscheidungsgraphen und ihre Bedeutung im rechnergestützten Entwurf hochintegrierter Schaltkreise."
in: Proc. Informatik'97: Informatik als Innovationsmotor, Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, Aachen, pp. 307-316.
Abstract: siehe Abschnitt 3.3.1

Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsschwerpunkts *Komplexität von Berechnungen*:

C. Damm, S. Jukna, J. Sgall:
“Some Bounds on Multiparty Communication Complexity of Pointer Jumping.”,
in: Proc. of the 13th Ann. Symp. on Theoretical Aspects of Computer Science – STACS'96, Lecture Notes in Computer Science Vol. 1046, Springer Verlag, pp. 643-654.

Abstract: We introduce the model of *conservative one-way* multiparty complexity and prove lower and upper bounds on the complexity of *pointer jumping*. The pointer jumping function takes as its input a directed layered graph with a starting node and k layers of n nodes, and a single edge from each node to one node from the next layer. The output is the node reached by following k edges from the starting node. In a conservative protocol, the ith player can see only the node reached by following the first $i-1$ edges and the edges on the jth layer for each $j > i$. This is a restriction of the general model where the ith player sees edges of all layers except for the ith one. In a one-way protocol, each player communicates only once in a prescribed order: first Player 1 writes a message on the blackboard, then Player 2, etc., until the last player gives the answer. The cost is the total number of bits written on the blackboard. Our main results are the following bounds on k-party conservative one-way communication complexity of pointer jumping with k layers:
(1) A lower bound of order $\Omega(n/k^2)$ for any $k = O(n^{1/3-\varepsilon})$.
(2) Matching upper and lower bounds of $\Theta(n \log k - 1n)$ for $k \leq \log^* n$.

P. Kanarek, M. Kutyłowski, K. Lorys, M. Czumaj:
“Fast Generation of Random Permutations via Network Simulation.”,
in: Proc. of the 4th Annual European Symposium on Algorithms – ESA'96, Lecture Notes in Computer Science Vol. 1136, Springer-Verlag, pp. 246-260.

Abstract: We consider the classical problem of generating random permutations with uniform distribution. That is, we require that for an arbitrary permutation π of n elements, with probability $1/n!$ the machine halts with the ith output cell containing $\pi(i)$, for $1 \leq i \leq n$. We study this problem on two models of parallel computations: the CREW PRAM and the EREW PRAM. The main result of the paper is an algorithm for generating random permutations that runs in $O(log\, log\, n)$ time and uses $O(n^{1+O(1)})$ processors on the CREW PRAM. This is the first $o(log\, n)$-time CREW PRAM algorithm for this problem. On the EREW PRAM, we present a simple algorithm that generates a random permutation in time $O(log\, n)$ using n processors and $O(n)$ space. This algorithm matches the

running time and the number of processors used by the best previously known algorithms for the CREW PRAM, and performs better as far as the memory usage is considered. The common and novel feature of both our algorithms is to first design a suitable random network generating a permutation and then to simulate this network on the PRAM model in a fast way.

M. Kutyłowski, K. Lorys:
“Limitations of the QRQW and EREW PRAM Models.”,
in: Proc. of the 16th Conference on Software Technology and Theoretical Computer Science – FST&TCS'96, Lecture Notes in Computer Science Vol. 1180, Springer-Verlag, pp. 310-321.

Abstract: We consider parallel random access machines (PRAMs) with restricted access to the shared memory resulting from handling congestion of memory requests. We study the (SIMD) QRQW PRAM model where multiple requests are queued and serviced one at a time. We also consider exclusive read exclusive write (EREW) PRAM and its modification obtained by adding a single bus. For the QRQW PRAMs, we investigate the case when the machine can measure the duration of a single step. Even for such a (powerful) QRQW PRAM, PARITY of n bits requires logarithmic time while OR of n bits can be computed deterministically in constant time. On randomized QRQW PRAMs, PARITY of n bits is still difficult. We prove a lower time bound linear in the square root of log(n)/log log(n) for algorithms that succeed with probability greater than 0.5. These bounds show that implementing concurrent writes may degrade the runtime of a CRCW PRAMs algorithm. The simple 2-compaction problem is known to be hard for EREW PRAMs. The same time bound (linear in the square root of log n) for this problem has been proved for both deterministic and randomized EREW PRAMs. We show that this is not a coincidence since the time complexity of this problem is the same for deterministic and randomized cases. The technique which we apply is quite general and may be used to obtain similar results for any problem where the number of input configurations is small. We also prove that improving the known time bound for 2-compaction on EREW PRAMs requires novel and more sophisticated techniques.

M. Kutyłowski, K. Lorys, B. Oesterdiekhoff:
"Periodic Merging Networks.",
in: Proc. of the 7th International Symposium on Algorithms and Computation – ISAAC'96, Lecture Notes in Computer Science Vol. 1178, Springer-Verlag, pp. 336-345.

Abstract: We consider the problem of merging two sorted sequences on constant degree networks using comparators only. The classical solution to the problem are the networks based on Batcher's Odd-Even Merge and Bitonic Merge running in $\log(2n)$ time. Due to the obvious $\log n$ lower bound for the runtime, this is time-optimal. We present new merging networks that have a novel property of being periodic: For some (small) constant k, each processing unit of the network performs the same operations at steps t and $t + k$ (as long as $t + k$ does not exceed the runtime). The only operations executed are compare-exchange operations, just like in the case of the Batcher's networks. The architecture of the networks is very simple, easy to be laid out. The runtimes achieved are $c \cdot \log n$, for a small constant c.

Ch. Meinel, S. Waack:
"The 'Log Rank' Conjecture for Modular Communication Complexity.",
in: Proc. Ann. Symp. on Theoretical Aspects of Computer Science – STACS'96, Lecture Notes in Computer Science Vol. 1046, Springer Verlag, pp. 619-630.

Abstract: The "log rank" conjecture consists of the question how exact the deterministic communication complexity of a problem can be determined in terms of algebraic invariants of the communication matrix of this problem. In the following, we answer this question in the context of modular communication complexity. We show that the modular communication complexity can be exactly characterized in terms of the logarithm of a certain rigidity function of the communication matrix. Thus, we are able to exactly determine the modular communication complexity of several problems, such as, e.g., set disjointness, comparability, and undirected graph connectivity. From the bounds obtained for the modular communication complexity, we can conclude exponential lower bounds on the size of depth two circuits having arbitrary symmetric gates at the bottom level and a MOD_m-gate at the top.

J. Goldsmith, M. Littman, M. Mundhenk:
“The Complexity of Plan Existence and Evaluation in Probabilistic Domains.”
in: Proc. of the 13th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence 1997, pp. 182-189.

Abstract: We examine the computational complexity of testing and finding small plans in probabilistic planning domains with both flat and propositional representations. We show that problems of interest are complete for a variety of complexity classes: PL, P, NP, coNP, PP, NP(PP), coNP(PP), and PSPACE. In the process of proving that certain planning problems are complete for NP(PP), we introduce a new basic NP(PP)-complete problem, EMAJSAT, which generalizes the standard Boolean satisfiability problem to computations involving probabilistic quantities. We expect that EMAJSAT will become an important tool in proving that other problems in artificial intelligence are complete for NP(PP), and that the development of good heuristics for EMAJSAT could be important to the creation of efficient algorithms for a wide variety of problems.

S. Jukna:
“Finite Limits and Monotone Computations: The Lower Bounds Criterion.”
in: Proc. of 12th Annual IEEE Conference on Computational Complexity 1997, pp. 302-313.

Abstract: Our main result is a combinatorial lower bounds *criterion* for monotone circuits over the reals. We allow any *unbounded* fanin non-decreasing *real-valued* functions as gates. The only requirement is their “locality”. Unbounded fanin AND and OR gates, as well as any threshold gate $T^m_s(x_1, \ldots, x_m)$ with small enough threshold value $\min\{s, m-s+1\}$, are simplest examples of local gates. The proof is relatively simple and direct, and combines the bottlenecks counting approach of Haken with the idea of finite limits due to Sipser. Apparently, this is the first combinatorial lower bounds criterion for monotone computations. It is symmetric and yields (in a uniform and easy way) exponential lower bounds.

S. Jukna, A. A. Razborov, P. Savicky, I. Wegener:
“On P versus $NP \cap co-NP$ for Decision Trees and Read-Once Branching Programs.”
in: Proc. of 22nd Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science - MFCS’97, Lecture Notes in Computer Science Vol. 1295, Springer-Verlag, pp. 319-326.

Abstract: It is known that if a Boolean function f in n variables has a DNF and a CNF of size $\leq N$, then f has a (deterministic) decision tree of size $\exp\left(O(\log n \log^2 N)\right)$, too. We show that this simulation *cannot* be made polynomial: We give explicit Boolean functions f that require deterministic trees of size $\exp\left(\Omega(\log^2 N)\right)$ where N is the total number of monomials in minimal DNFs for f and $\neg f$. Moreover,

we show new examples of explicit Boolean functions that require deterministic read-once branching programs of exponential size whereas both the functions and their negations have small nondeterministic read-once branching programs. One example results from the Bruen-Blokhuis bound on the size of nontrivial blocking sets in projective planes: it is remarkably simple and combinatorially clear. Other examples have the additional property that f is in AC^0.

M. Mundhenk:
"NP-hard Sets Have Many Hard Instances."
in: Proc. of Mathematical Foundations of Computer Sciences - MFCS'97, Lecture Notes in Computer Science Vol. 1295, Springer-Verlag, pp. 428-437.

Abstract: The notion of *instance complexity* was introduced by Ko, Orponen, Schöning, and Watanabe (1994) as a measure of the complexity of individual instances of a decision problem. Comparing instance complexity to Kolmogorov complexity, they stated the "instance complexity conjecture" that every set not in P has p-hard instances. While this conjecture is still unsettled, Buhrman and Orponen (1994) showed that E-complete sets have exponentially dense hard instances, and Fortnow and Kummer (1995) proved that NP-hard sets have p-hard instances unless P=NP. They left open whether the p-hard instances of NP-hard sets must be dense. In this work, we introduce a slightly weaker notion of hard instances and obtain a superpolynomial lower bound on the density of hard instances in the case of NP-hard sets. We additionally show that NP-hard sets cannot consist of hard instances only, unless P=NP. Kummer (1995) proved that the class of recursive sets cannot be characterized by a respective version of the instance complexity conjecture, i.e., there exist nonrecursive sets without hard instances. We give a complete characterization of the class of recursive sets comparing the instance complexity to a relativized Kolmogorov complexity of strings. A set A is shown to be recursive iff $ic(x : A) \leq C^{K_0 \oplus A}(x)$ for almost all x. This translates to a characterization of P.

M. Mundhenk, J. Goldsmith, E. Allender:
"The Complexity of Policy Evaluation for Finite-Horizon Partially-Observable Markov Decision Processes."
in: Proc. of Mathematical Foundations of Computer Sciences - MFCS'97, Lecture Notes in Computer Science Vol. 1295, Springer-Verlag, pp. 129-138.

Abstract: A partially-observable Markov decision process (POMDP) is a generalization of a Markov decision process that allows for incomplete information regarding the state of the system. We consider several flavors of finite-horizon POMDPs. Our results concern the complexity of the policy evaluation and policy existence problems, which are characterized in terms of completeness for complexity classes.

We prove a new upper bound for the policy evaluation problem for POMDPs, showing that it is complete for Probabilistic Logspace. From this, we prove policy existence problems for several variants of unobservable, succinctly represented MDPs to be complete for NP(PP), a class for which not many natural problems are known to be complete.

Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsschwerpunkts *Elektronisches Publizieren*:

J. Bern, C. Damm, Ch. Meinel:
"The Electronic Colloquium on Computational Complexity: A Digital Library in Use." in: Proc. 1st European Conference on Research and Advanced Technology for Digital Libraries - ECDL'97, Pisa, Lecture Notes in Computer Science Vol. 1324, Springer-Verlag, pp. 405-421.

Abstract: The Electronic Colloquium on Computational Complexity (ECCC) is a digital library that specifically addresses the current problem of scientific publishing, more precisely, the problem of presenting suitably filtered work to other researchers, for the field of computational complexity. Developing the detailed concepts in discussions with a *scientific board* of researchers in this field, ECCC now fills the gap between author controlled electronic publication (*preprint servers*, very fast but lacking content filtering) and conventional journal or conference proceedings publication (currently taking months, if not over a year, from submission to publication). Additionally, like a real colloquium, ECCC supports ongoing discussion through the publication of comments to already published material. Further, authors have the possibility to present improved versions of their publications while maintaining bibliographic consistency by version control. In this paper, we will first describe the situation ECCC is meant to remedy (Sections 1 and 2) and then detail the setup with respect to organization (3.1), basic functionality (3.2 through 3.4), cooperation with other services (3.5) and plans for the future (3.6).

3.3.3 Veröffentlichungen im “Electronic Colloquium on Computational Complexity — ECCC”

Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsschwerpunkts *BDD-basierte Datenstrukturen für Boolesche Funktionen*:

Nr. TR96-010
Ch. Meinel, A. Slobodová:
“An Adequate Reducibility Concept for Problems Defined in Terms of Ordered Binary Decision Diagrams.”
Abstract: Reducibility concepts are fundamental in complexity theory. Usually, they are defined as follows: A problem Π is reducible to a problem Σ if Π can be computed using a program or device for Σ as a subroutine. However, in the case of such restricted models as ordered binary decision diagrams (OBDDs), this approach is very limited in its power and leads necessarily to concepts which are quite meaningless for complexity theoretic considerations. In the following, we propose a new reducibility concept for OBDDs. We say that Π is reducible to Σ if an OBDD for Π can be constructed by applying a sequence of computationally elementary operations to an OBDD for Σ instead of using the unmodified OBDD for Σ as a subroutine. Hence, Π is reducible to Σ means that it is somewhat clear how to obtain a program for Π from a program for Σ without insisting on an almost unmodified use of the original program. Although well-motivated, defining reducibility in terms of sequences of elementary operations has the disadvantage that it is very difficult to handle dynamically changing structures. The main purpose of this paper is to establish an algorithmically based static description of this dynamical reducibility notion which makes adequate complexity theoretic investigations possible.

Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsschwerpunkts *Komplexität von Berechnungen*:

Nr. TR96-017
Ch. Meinel, S. Waack:
“The ‘Log Rank’ Conjecture for Modular Communication Complexity.”
Abstract: siehe Abschnitt 3.3.2

Nr. TR96-026
S. Jukna:
“Finite Limits and Monotone Computations.”

Abstract: We consider two general models of monotone computations: circuits with *unbounded* fan-in AND and OR gates and circuits with arbitrary non-decreasing *real* functions of large fan-in as gates. Our main result is a general and easily applicable combinatorial lower bounds criterion for the size of such circuits. The proof, as well as the criterion itself, is relatively simple and direct, and combines the bottlenecks counting method of Haken with the idea of finite limits due to Sipser. When applied to explicit functions in NP, the criterion yields in a uniform and easy way exponential lower bounds for them. For the so-called “drawing polynomials” function, the bound is exponential in $\Omega(n^{1/4})$ and almost matches the upper bound.

Nr. TR96-037
S. Jukna, A. A. Razborov:
“Neither Reading Few Bits Twice nor Reading Illegally Helps Much.”

Abstract: We first consider so-called $(1,+s)$-*branching programs* in which along every consistent path at most s variables are tested more than once. We prove that any such program computing a characteristic function of a linear code C has size at least $2^{\Omega(\min\{d_1,\ d_2/s\})}$, where d_1 and d_2 are the minimal distances of C and its dual $C^{\perp}$. We apply this criterion to explicit linear codes and obtain a superpolynomial lower bound for $s = o(n/\log n)$. Then we introduce a natural generalization of read-k-times and $(1,+s)$-branching programs that we call *semantic branching programs*. These programs correspond to *corrupting* Turing machines which, unlike eraser machines, are allowed to read input bits even *illegally*, i.e., in excess of their quota on multiple readings, but in that case they receive an unpredictably corrupted value. We generalize the abovementioned bound to the semantic case, and also prove exponential lower bounds for semantic read-once nondeterministic branching programs.

Nr. TR97-007
S. Jukna:
“Exponential Lower Bounds for Semantic Resolution.”

Abstract: In a semantic resolution proof we operate with clauses only but allow *arbitrary* rules of inference:

$$\frac{C_1\ C_2\ \cdots\ C_l}{C}$$

Their consistency is the only requirement: if $C(a) = 0$ then $C_i(a) = 0$ for at least one i. The number l of hypotheses is the *fanin* of the rule. We prove the following combinatorial lower bound on the length of such proofs:

Let F be a k-partite hypergraph, with at most b points in each part such that no point belongs to more than d edges and any two edges share at most λ points. If $|F| \geq k(d+1)/2$, then no CNF containing such a hypergraph among its clauses can have a fanin-l semantic derivation of length smaller than $\exp\left(\Omega\left(\frac{k^2}{b(l+\lambda)}\right)\right)$. When applied to the generalized pigeon hole principle PHP_n^m and to blocking principles for finite geometries, this directly yields exponential lower bounds on the length of their semantic resolution proofs, including the $\exp\left(\Omega(n^2/(lm))\right)$ lower bound for fanin-l proof of PHP_n^m.

Nr. TR97-023
S. Jukna, A. A. Razborov, P. Savicky, I. Wegener:
"On P versus NP∩co-NP for Decision Trees and Read-Once Branching Programs."
Abstract: siehe Abschnitt 3.3.2

3.3.4 Vorabveröffentlichungen in der Reihe "Forschungsberichte Mathematik/Informatik" der Universität Trier

Nr. 97-19
Ch. Meinel, C. Damm, M. Mundhenk (Hrsg.):
„33. Workshop über Komplexitätstheorie, Datenstrukturen und effiziente Algorithmen."

Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsschwerpunkts *BDD-basierte Datenstrukturen für Boolesche Funktionen*:

Nr. 96-02
Ch. Meinel, A. Slobodová:
"An Adequate Reducibility Concept for Problems Defined in Terms of Ordered Binary Decision Diagrams."
Abstract: siehe Abschnitt 3.3.3

Nr. 96-04
T. Theobald, Ch. Meinel:
"State Encodings and OBDD-Sizes."
Abstract: Ordered binary decision diagrams (OBDDs) have proven to be a useful tool in the automatic verification of finite state machines. The link between OBDDs and finite state machines is established by the transition relation whose characteristic function is a Boolean function. In contrast to combinational verification, the OBDD-size does not only depend on the variable ordering but also on the state encoding of the finite state machine. In the following, we consider counters, an important class of finite state machines. For this class, we establish a connection between the state encoding and the OBDD-size. We derive exact OBDD-sizes for important encodings, present lower bounds and construct worst-case encodings that lead to exponential-size OBDDs.

Nr. 96-23
Ch. Meinel, T. Theobald:
"Local Encoding Transformations for Optimizing OBDD-Representations of Finite State Machines."
Abstract: siehe Abschnitt 3.3.2

Nr. 96-40
Ch. Meinel, A. Slobodová:
"Speeding up Variable Reordering of OBDDs."
Abstract: Ordered binary decision diagrams (OBDDs) are the state-of-the-art data structure for switching functions in the area of circuit design and optimization. The main resource for optimizing the OBDD-size is to choose an appropriate variable ordering. Since the problem of finding an optimal variable ordering is NP-complete, there is a strong need for good heuristics. Here, we propose the method of block-restricted sifting which considerably improves the time performance of the original sifting heuristic proposed by Rudell.

Nr. 96-42
Ch. Meinel, F. Somenzi, T. Theobald:
"Linear Sifting of Decision Diagrams."
Abstract: siehe Abschnitt 3.3.2

Nr. 97-14
Ch. Meinel, F. Somenzi, Th. Theobald:
“Function Decomposition and Synthesis Using Linear Sifting.”
Abstract: In order to simplify a synthesis task for particularly hard functions, it is sometimes inevitable to decompose the function in a preprocessing step. We propose a new algorithm for automatically decomposing a target function by extracting a linear filter within the synthesis process. The algorithm is an application of the Linear Sifting algorithm which has been proposed in [6]. Using this method, we were able to synthesize functions with standard tools which fail otherwise.

Nr. 97-15
Ch. Meinel, H. Sack:
“Case Study: Manipulating $\oplus$-OBDDs by Means of Signatures.”
Abstract: siehe Abschnitt 3.3.2

Nr. 97-27
Ch. Meinel, A. Slobodová, P. Willems:
“Block-Restricted Reordering - Extended Experiments.”
Abstract: Ordered Binary Decision Diagrams (OBDDs) are so far the most efficient representation scheme for manipulation of Boolean functions in computer-aided design and verification of digital systems. The conciseness of an OBDD-representation depends on the choice of the variable ordering, and the minimization problem that can be formulated as the problem of finding an ordering that minimizes the OBDD size is known to be NP-hard. Hence, considerable efforts are done to develop efficient ordering heuristics that find an acceptable solution. One of the best heuristics is the Sifting algorithm. The main drawback of Sifting is that it often is too time consuming.

An acceleration effect can be achieved by a method proposed by Meinel and Slobodová in their previous work: Based on structural properties that reflect a communication flow, OBDDs are cut into smaller parts that can be minimized separately. This idea applied to Sifting yields a method called Block-Restricted Sifting. Motivated by the first encouraging experimental results with this method, we work on its further development. The new ideas are evaluated in a series of experiments and reported here for a sample of benchmark circuits.

Nr. 97-28
Ch. Meinel, C. Stangier:
“OBDD-based Verification of Communication Protocols - Methods for the Verification of Data Link Protocols.”
Abstract: The demand for formal verification of communication protocols is increasing since the use of distributed systems is still rapidly growing. Ordered binary decision diagrams (OBDDs) are widely and successfully used in the area of digital circuit verification. This suggests an application of OBDD techniques to the verification of protocols, but the formal modelling of a complete protocol is too complex for a verification with OBDDs using current techniques. Therefore, the model has to be restricted. The model we are using is only as restricted as necessary and preserves as much of the protocol's properties as possible. Since there is no further knowledge about protocol verification using OBDD techniques, we decided to use two common data link protocols to gain experience. The experimental results are leading to an approach to the problem of finding well suited orders of input variables needed for an efficient OBDD representation. Furthermore, we introduce a technique for avoiding time consuming computations by using additional hardware. As a result, we have obtained general knowledge on OBDD-based communication protocol verification that will be applied to more complex protocols.

Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsschwerpunkts *Komplexität von Berechnungen*:

Nr. 96-07
U. Hertrampf:
“On the Acceptance Power of Groups and Semigroups.”
Abstract: We investigate the power of polynomial time machines whose acceptance mechanism is defined by a word problem over some finite semigroup, monoid, or group. For the case of non-solvable groups or monoids (semigroups, resp.) containing non-solvable groups, it follows from [HLSVW93] that the according complexity class is PSPACE. For solvable monoids, it was shown that the according class is always a subclass of MOD-PH. We obtain the following results for finite groups: Commutative groups with k elements exactly characterize co-MOD$_k$-operator to P. Our results for finite monoids are the following: The classes characterized by commutative finite monoids are the eventually periodic counting classes (see Section 2 for definitions). If we restrict our attention to aperiodic commutative finite monoids,

we obtain exactly the classes of bounded counting type [He94a, He95b], and if we consider idempotent commutative finite monoids, we obtain the classes of the Boolean Hierarchy over NP. Finally, our results for finite semigroups are: The class characterized by commutative finite monoids. Thus, the aperiodic and idempotent commutative cases have similar solutions as for monoids.

Nr. 96-26
A. Czumaj, P. Kanarek, M. Kutyłowski, K. Lorys:
"Fast Generation of Random Permutations via Network Simulation."
Abstract: siehe Abschnitt 3.3.2

Nr. 97-21
C. Damm:
"A Note on Spectral Lower Bound Arguments for Decision Trees."
Abstract: Let $\mathsf{DT}(f)$ and $\overline{\mathsf{depth}}(f)$ be the minimal size and the minimal average depth of decision trees that compute a given Boolean function $f : \{0,1\}^n \to \{+1,-1\}$. Based on geometric arguments, we give a very simple proof for the following lower bounds due to Brandman, Orlitsky, and Hennessy (1990):

$$\mathsf{DT}(f) \geq \sum_{S \subseteq [n]} 2^{|S|} \cdot \hat{f}(S)^2, \quad \overline{\mathsf{depth}}(f) \geq \sum_{S \subseteq [n]} |S| \cdot \hat{f}(S)^2,$$

where the $\hat{f}(S)$ are the Fourier coefficients of f.

Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsschwerpunkts *Elektronisches Publizieren*:

Nr. 97-16
J. Bern, C. Damm, Ch. Meinel:
"The Electronic Colloquium on Computational Complexity (ECCC): A Digital Library in Use."
Abstract: siehe Abschnitt 3.3.2

3.3.5 Vorabveröffentlichungen außerhalb der Universität Trier

Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsschwerpunkts *BDD-basierte Datenstrukturen für Boolesche Funktionen*:

Preprint 96-04, Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik e.V., ITWM-Trier
Ch. Meinel, A. Slobodová:
"Speeding up Variable Reordering of OBDDs."
Abstract: siehe Abschnitt 3.3.4

Preprint 96-03, Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik e.V., ITWM-Trier
Ch. Meinel, T. Theobald:
„OBDD's im CAD-Prozeß – Geordnete binäre Entscheidungsgraphen: Ihre Bedeutung im rechnergestützten Entwurf hochintegrierter Schaltkreise."
Abstract: siehe Abschnitt 3.3.1

Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsschwerpunkts *Komplexität von Berechnungen*:

TR 270-96, University of Kentucky, Computer Science Dpt.
M. Mundhenk:
"Some Notes on Sets With Hard Instances."
Abstract: The notion of instance complexity was introduced by Ko, Orponen, Schöning, and Watanabe as a measure of the complexity of individual instances of a decision problem. They characterized P as the class of sets with polynomial-time instance complexity bounded by a constant. We give stronger characterizations of P replacing the constant by unbounded functions. Ko et al. conjectured that every set not in P has p-hard instances. The new characterizations of P are going in the direction of that conjecture. Later on, Fortnow and Kummer proved the conjecture for decidable NP-hard and tally sets, by exhibiting a polynomial number of p-hard instances in those sets. We show that their proof is not optimal in the sense that every NP-hard set has superpolynomially many p-hard instances, unless P=NP.

TR 268-96, University of Kentucky, Computer Science Dpt.
J. Goldsmith, C. Lusena, M. Mundhenk:
"The Complexity of Deterministically Observable Finite-Horizon Markov Decision Processes."

Abstract: Markov Decision Processes (MDPs) model controlled stochastic systems. Like Markov chains, an MDP consists of states and probabilistic transitions; unlike Markov chains, there is assumed to be an outside controller who chooses an action (with its associated transition matrix) at each step of the process, according to some strategy or *policy*. In addition, each state and action pair has an associated reward. The goal of the controller is to maximize the expected reward. MDPs are used in applications as diverse as wildlife management and robot navigation control. Optimization and approximation strategies for these models constitute a major body of literature in mathematics, operations research, and engineering. We consider the complexity of the following decision problem: For a given MDP and type of policy, is there a policy for that MDP with positive expected reward? The complexity of this problem depends on at least half a dozen factors, including the information available to the controller, the feedback mechanism, and the succinctness of the representation of the system relative to the number of states. We show variations of the decision problem to be complete for NL, PL, P, NP, PP, NP^{PP}, PSPACE, EXP, NEXP and EXPSPACE. Optimization versions of several NP-complete problems are shown not to be ε-approximable.

TR CS-1997-07, Duke University, Computer Science Department
M. Littman, J. Goldsmith, M. Mundhenk:
"The Complexity of Plan Existence and Evaluation in Probabilistic Domains."
Abstract: siehe Abschnitt 3.3.2

TR 273-97, University of Kentucky, Computer Science Department
M. Mundhenk, J. Goldsmith, E. Allender, C. Lusena:
"Encyclopaedia of Complexity Results for Finite-Horizon Markov Decision Process Problems."

Abstract: The computational complexity of finite horizon policy evaluation and policy existence problems is studied for several policy types and representations of partially-observable Markov decision processes. In almost all cases, the problems are shown to be complete for their complexity classes; classes range from nondeterministic logarithmic space and probabilistic logarithmic space (highly parallelizable classes) to exponential space. In many cases, this work *shows* that problems that already

were widely believed to be hard to compute are probably intractable (complete for NP, NP(PP), or PSPACE), or provably intractable (EXPTIME-complete or worse). The major contributions of the paper are to pinpoint the complexity of these problems; to isolate the factors that make these problems computationally complex; to show that even problems such as median-policy or average-policy evaluation may be intractable; and the introduction of natural NP(PP)-complete problems.

Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsschwerpunkts *Elektronisches Publizieren*:

Preprint 96-02, Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik e.V., ITWM-Trier
A. Becker, L. Grünwoldt, Ch. Meinel:
„TeleMedizin - Neue Informations- und Kommunikationstechnologien im Gesundheitswesen.”
Abstract: Telemedicine means that new technologies enter step by step the different fields of public health. At first, there will be introduced computerized information systems which deal with the use, administration, and communication of medical datasets. As a consequence, the medical staff is faced with fundamental changes in their daily work to save costs and time. Finally, their work will be easier and the quality of patient care will be higher. This article provides a brief interdisciplinary overview of the features of modern telemedicine.

Preprint 97-01, Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik e.V., ITWM-Trier
Ch. Meinel:
„Wie das Internet funktioniert.”
Abstract: Der Beitrag erläutert die Funktionsweise des Internet und beschreibt einem interessierten, technisch nicht notwendigerweise versierten Leser die wesentlichen Bestandteile der Internet-Technologie.

Preprint 97-02, Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik e.V., ITWM-Trier
S. Müller, T. Engel, Ch. Meinel:
„Internet - Neues Medium für kommerzielle Aktivitäten.”
Abstract: Das Internet entwickelt sich zunehmend zu einem Medium für kommerzielle Aktivitäten. In diesem Preprint wird dieser Prozeß untersucht. Dabei werden drei Kernbereiche dargestellt: Bankdienstleistungen, electronic commerce und elektronisches Bezahlen.

Preprint 97-03, Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik e.V., ITWM-Trier

L. Grünwoldt, Ch. Meinel:

„DICOM - Praktische Aspekte der Bildverarbeitung.”

Abstract: Das Preprint bezieht sich auf die Prozeßabläufe zur Verarbeitung von Digitalbildern im DICOM-Format, die zur Darstellung auf Computer-Bildschirmen zum Zwecke der medizinischen Befundung notwendig sind. Diese Verarbeitungsschritte sind durch den Standard vorgegeben und müssen durch Visualisierungsschritte nachvollzogen werden.

3.4 Vorträge

3.4.1 Vorträge außerhalb der Universität Trier

Carsten Damm:

„Multiparty-Kommunikation und untere Schranken”,
Kolloquium des Instituts für numerische und angewandte Mathematik,
Universität Göttingen (Januar 1996).

“Some Bounds on Multiparty Communication Complexity of Pointer Jumping”,
13th Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science, Grenoble, Frankreich (Februar 1996).

“Some Bounds on Multiparty Communication Complexity of Pointer Jumping”,
COLORET-Meeting Barcelona, Spanien (März 1996).

„Untere Schranken für Entscheidungsbäume durch Spektralargumente”,
32. Workshop über Komplexitätstheorie, Datenstrukturen und Effiziente Algorithmen, Stuttgart (Juni 1997).

Stasys Jukna:

“Lower Bounds Criterion for Real Monotone Circuits”,
Dagstuhl Seminar “Complexity of Boolean Functions”, IBFI Schloß Dagstuhl, Wadern (März 1997).

Krzysztof Lorys:
“Fast Generation of Random Permutations via Network Simulation”,
Barcelona (September 1996).

“Limitations of the QRQW and EREW PRAM Models”,
16th Conference on Software Technology and Theoretical Computer Science - FST&TCS’96, Hyderabad, Indien (Dezember 1996).

Christoph Meinel:
„BDD-basierte Datenstrukturen für den Schaltkreisentwurf”,
Universität Aachen (Januar 1996).

„Vorstellung der Arbeiten der BDD-Projektgruppe”,
ZFE Siemens, München (Januar 1996).

“The ‘Log Rank’ Conjecture for Modular Communication Complexity”,
13th Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science, Grenoble, Frankreich (Februar 1996).

„Zustandscodierungen und OBDD-Größen”,
28. Workshop „Komplexitätstheorie, Datenstrukturen und effiziente Algorithmen”, Köln (Februar 1996).
(zusammen mit T. Theobald)

“An Adequate Reducibility Concept for Problems Defined in Terms of Ordered Binary Decision Diagrams”,
Zaragoza, Spanien (März 1996).

“TBDDs - OBDD-Manipulations Beyond Current Limits”,
Workshop on Complexity Theory, Barcelona, Spanien (März 1996).
(zusammen mit A. Slobodová)

“BDD-based Data Structures for Boolean Functions”,
COLORET-Meeting Barcelona, Spanien (März 1996).

“Transformed Binary Decision Diagrams and Their Importance”,
University of Colorado, Boulder, USA (Mai 1996).

„OBDDs und ihre Bedeutung”,
Universität Kaiserslautern (Juni 1996).

„Konzeption einer Web-Site für den Technologiebeirat”,
Technologiebeirat der Landesregierung Rheinland-Pfalz, Mainz (Oktober 1996).

“Optimizing OBDD-Representations of Finite State Machines by Encoding Transformations”,
Kolloquium University of California, Berkeley, USA (November 1996).

“Optimizing OBDD-Representations of Finite State Machines by Encoding Transformations”,
Fujitsu Research Labs, San José, USA (November 1996).

“Local Encoding Transformations for Optimizing OBDD-Representations of Finite State Machines”,
FMCAD’96, Palo Alto, USA (November 1996).

“On the Modular Communication Complexity”,
Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach (November 1996).

“Optimizing OBDD-Representations of Finite State Machines by Encoding Transformations”,
IBFI Schloß Dagstuhl, Wadern (November 1996).

„Effiziente Manipulation Boolescher Funktionen”,
Kolloquium Humboldt-Universität Berlin (Dezember 1996).

“Efficient Manipulation of Boolean Functions”,
Workshop „Theoretische Informatik” (CCCL’96), Stuttgart (Dezember 1996).

„Elektronisches Publizieren - Möglichkeiten und Herausforderungen”,
GI-Beirat der Universitätsprofessoren, IBFI Schloß Dagstuhl, Wadern (Januar 1997).

„Effiziente Datenstrukturen für Boolesche Funktionen”,
Kolloquium des Instituts für numerische und angewandte Mathematik, Universität Göttingen (Januar 1997).

“A New Reducibility Concept for Restricted Complexity Classes”,
Dagstuhl Seminar “Complexity of Boolean Functions”, IBFI Schloß Dagstuhl, Wadern (März 1997).

„Ein Reduktionskonzept für OBDDs”,
ADiMMO Workshop 1997, Berlin (April 1997).

„Elektronisches Publizieren - Möglichkeiten und Herausforderungen”,
Akademie der Wissenschaften, Mainz (April 1997).

„Telemedizin - Stand und Perspektiven”,
78. Deutscher Radiologenkongreß, Wiesbaden (Mai 1997).

„Effiziente Datenstrukturen für Boolesche Funktionen”,
Informatik-Kolloquium, Technische Universität München (Juni 1997).

„Elektronisches Publizieren - Möglichkeiten und Herausforderungen”,
Informatik-Kolloquium des Instituts für numerische und angewandte Mathematik, Universität Göttingen (Juni 1997).

“Block-restricted Sifting”,
OBDD-Workshop Trier - Turin (Juli 1997).

“Efficient OBDD-Based Boolean Manipulation in CAD Beyond Current Limits”,
Kolloquiumsvortrag, Politecnico di Torino, Turin, Italien (Juli 1997).

“Data Structures for CAD”,
Clark University, Worchester, USA (August 1997).

“On the Influence of the State Encoding on OBDD-Representations of Finite State Machines”,
MFCS’97, Bratislava, Slowakei (August 1997).
(zusammen mit T. Theobald)

“Electronic Colloquium on Computational Complexity (ECCC). A Digital Library in Use”,
ECDL’97, Pisa, Italien (September 1997).
(zusammen mit J. Bern und C. Damm)

„Geordnete binäre Entscheidungsgraphen und ihre Bedeutung im rechnergestützten Entwurf hochintegrierter Schaltkreise”,
GI Jahreskongreß, Aachen (September 1997).
(zusammen mit T. Theobald)

“Case Study: Manipulating $\oplus$-OBDDs by Means of Signatures”,
3rd International Workshop on Applications of the Reed-Muller Expansion in Circuit Design (Reed-Muller’97), Oxford, UK (September 1997).
(zusammen mit H. Sack)

“Speeding up Variable Ordering of OBDDs”,
ICCD’97, Austin, Texas, USA (Oktober 1997).
(zusammen mit A. Slobodová)

„BDD-basierte Datenstrukturen für den Schaltkreisentwurf”,
Kolloquium, TU Chemnitz (November 1997).

Martin Mundhenk:
“Monotonic Oracle Machines”,
Midwest Theory Day, Washington University, St. Louis, USA (Mai 1996).

“The Complexity of Partially-Observable Finite-Horizon Markov Decision Processes”,
Midwest Theory Day, University of Illinois, Chicago, USA (Dezember 1996).

„Die Komplexität partiell sichtbarer Markov'scher Entscheidungsprobleme mit endlicher Laufzeit”
GI-Forschungsseminar „Beweisverifikation und Approximationsalgorithmen”,
IBFI Schloß Dagstuhl, Wadern (April 1997).

“Finite Limits and Monotone Computations: the Lower Bounds Criterion”
(Präsentation einer Arbeit von S. Jukna),
12th IEEE Conference on Computational Complexity, Ulm (Juni 1997).

“NP-hard Sets Have Many Hard Instances”,
22nd International Symposium Mathematical Foundations of Computer Sciences, Bratislava, Slowakei (August 1997).

Harald Sack:
“Case Study: Manipulation of $\oplus$-OBDDs by Means of Signatures”,
Vigoni-Projekt-Seminar, Politecnico di Torino, Turin, Italien (Juli 1997).
(zusammen mit C. Stangier)

“Case Study: Manipulating $\oplus$-OBDDs by Means of Signatures”,
3rd International Workshop on Applications of the Reed-Muller Expansion in Circuit Design - Reed-Muller'97, Oxford, UK (September 1997).
(zusammen mit Ch. Meinel)

“Case Study: Manipulating $\oplus$-OBDDs by Means of Signatures”,
33. Workshop über Komplexitätstheorie, Datenstrukturen und effiziente Algorithmen, GI Fachtagung Informatik'97, Aachen (September 1997).

Thorsten Theobald:
„Zustandscodierungen und OBDD-Größen”,
28. Workshop „Komplexitätstheorie, Datenstrukturen und effiziente Algorithmen”, Köln (Februar 1996).
(zusammen mit Ch. Meinel)

“State Encodings and OBDDs: Analysis and Optimization Techniques”,
Doktorandenseminar Computer-Aided Design der University of Colorado, Boulder, USA (Mai 1996).

“Local Encoding Transformations for Optimizing OBDD-Representations of Finite State Machines”,
International Conference on Formal Methods in Computer-Aided Design, Palo Alto, USA (November 1996).

“Local Re-Encodings and Linear Sifting”,
Seminar Computer-Aided Design and Test, IBFI Schloß Dagstuhl, Wadern (Januar 1997).

„Optimierung binärer Entscheidungsgraphen: Der lineare Sifting-Algorithmus”,
ADiMMO'97, Berlin (April 1997).

“Linear Sifting of Decision Diagrams”,
Design Automation Conference, Anaheim, USA (Juni 1997).

“Linear Sifting of Decision Diagrams”,
Vigoni-Projekt-Seminar, Politecnico di Torino, Turin, Italien (Juli 1997).
(zusammen mit H. Sack)

„Geordnete binäre Entscheidungsgraphen und ihre Bedeutung im rechnergestützten Entwurf hochintegrierter Schaltkreise”,
Informatik'97: Informatik als Innovationsmotor, Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, Aachen (September 1997).

3.4.2 Vorträge im Informatik-Oberseminar bzw. im Forschungsseminar

23.01.96	Martin Mundhenk: „Aussagenlogische Beweissysteme und ihre Komplexität”
23.01.96	Anna Slobodová: “Dynamic Reordering on Variable Aggregation” (nach Panda/Somenzi)
30.01.96	Jan Roßmann: “Privacy and Communication Complexity” (eine Arbeit von Kushileviz)
13.02.96	Thorsten Theobald: “High Density Reachability Analysis” (nach Ravi/Somenzi)
20.02.96	Thorsten Theobald: „Optimierung von OBDDs durch Codierungstransformationen”
05.03.96	Ulrich Hertrampf: „Über many-one lokal-selbstreduzierbare Mengen”

30.04.96	Stefan Krischer: “Exploiting Cofactoring for Efficient FSM Symbolic Traversal Based on the Transition Relation” (nach Cabodi/Camurati)
14.05.96	Stasys Jukna: “Finite Limits and Monotone Computations over the Reals”
21.05.96	Krzysztof Lorys: “On Periodic Networks of Comparators”
02.07.96	Thorsten Theobald: “Synthesis by Spectral Translation” (nach Hansen/Sekine)
17.09.96	Stasys Jukna: “Resolution and Branching Programs”
24.09.96	Christian Stangier: „Speicherverwaltung bei der BDD-Synthese”
08.10.96	Dana Pardubska: “On Isomorphism Problems for Branching Programs and Boolean Formulas”
22.10.96	Jens Doppelhamer: „Das Softwarepaket VIS”
29.10.96	Thorsten Theobald: „Iterative Optimierung”
19.11.96	Christian Stangier: “Symbolic Model Checking”
03.12.96	Dana Pardubska: “Parallel Communicating Grammar Systems”
10.12.96	Krzysztof Lorys: “Limitations of the QRQW and EREW PRAM Models”
07.01.97	Thorsten Theobald: „Bericht über laufende Untersuchungen: BDDs in Circuit Decomposition and Technology Mapping”
04.02.97	Martin Mundhenk: „Komplexität Markovscher Entscheidungsprozesse”
11.02.97	Stasys Jukna: “Searching with Read-once Branching Programs”
04.03.97	Christoph Meinel: „Bericht über STACS und über laufende Projekte am ITWM”
04.03.97	Jochen Bern: “Trust Center”
20.03.97	Harald Sack: “$\oplus$-OBDDs”
20.03.97	K. Schwettmann: „Approximative Reduktionen zwischen harten Optimierungsproblemen”
08.04.97	Stasys Jukna: “P vs. NP $\cap$ co-NP for Decision Trees and Read-once Branching Programs”
15.04.97	Carsten Damm: „Rangmethoden für Fixed Polarity ESoP's und andere Modelle”
22.04.97	Christian Stangier: „Protokolle und Protokollverifikation”

06.05.97	Peter Willems: „Experimentelle Untersuchungen zu Bounded Sifting”
13.05.97	Martin Mundhenk: „Probabilistical Checkable Proofs und Nichtapproximierbarkeit. Teil I”
13.05.97	Thorsten Theobald: „Transformationstechniken für Entscheidungsdiagramme”
27.05.97	Martin Mundhenk: „Probabilistical Checkable Proofs und Nichtapproximierbarkeit. Teil II”
03.06.97	Thorsten Theobald: “Linear Sifting”
01.07.97	Martin Mundhenk: “Resource Bounded Kolmogorov-Complexity Revisited” (nach Buhrmann/Fortnow)
08.07.97	Carsten Damm: „Über untere Schranken für Entscheidungsbäume durch Spektralargumente”
22.07.97	Harald Sack: “A Graph Based Synthesis Algorithm for AND/XOR Networks” (nach Yibin/Kaushik (DAC’97))
17.09.97	Harald Sack: “Case Study: Manipulation of $\oplus$-OBDDs by Means of Signatures”
07.10.97	Arno Wagner: „Modellprüfung bei kontinuierlicher Zeit”
07.10.97	Christian Stangier: „Bericht über laufende Untersuchungen”
21.10.97	Harald Sack: „Bericht über Reed-Muller’97”
11.11.97	Martin Mundhenk: „Instanzen-Komplexität” (MFCS’97)
11.11.97	Harald Sack: “Case Study: Manipulation of $\oplus$-OBDDs by Means of Signatures”
18.11.97	Anna Slobodová: “(Hu, York, Dill) Verification with Implicitly Cojoined BDDs (DAC’94)”
25.11.97	Jochen Bern: “The Electronic Colloquium on Computational Complexity (ECCC): A Digital Library in Use”

3.4.3 Gäste und Gastvorträge

Stephan Gehring, Institute for Computer Systems, ETH-Zentrum, Zürich (06.02.1996)
„Hardware- und Softwarewerkzeuge in Digitaltechnikunterricht und Forschung”

Prof. Dr. V. Arvind, Institute of Mathematical Sciences, Madras, Indien (12.03.1996)
“Decision vs. Search for Graph Automorphism and Group Intersection”

Prof. Dr. Gerhard Weikum, Universität des Saarlandes, Saarbrücken (21.05.1996)
„Automatisches Tuning von Datenbanksystemen”

Prof. Dr. Fabio Somenzi, University of Colorado at Boulder, USA (25.06.1996)
“Verification of Multipliers with Modular Arithmetic and Decision Diagrams”

Prof. Dr. Fabio Somenzi, University of Colorado at Boulder, USA (27.06.1996)
“Comparing Competing Approaches for Decision Diagram Manipulation”

Dipl.-Inform. Jordan Gergov, MPI für Informatik, Saarbrücken (01.10.96)
“Approximation Algorithms for Dynamic Storage Allocation”

Dr. Stanislav Žák, Institute for Computer Science, Prag (22.10.1996)
“A Hierarchy for $(1, +k)$*-Branching Programs (the Idea of the Proof)”*

Prof. Dr. Claus-Peter Schnorr, J. W. Goethe Universität, Frankfurt a.M. (10.12.1996)
„Digitale Unterschriften, Identifikation und Zerlegung großer Zahlen”

Prof. Dr. Eric Allender, Department of Computer Science, Rutgers University, USA, (28.04.1997)
“Circuit Complexity Before the Dawn of the New Millennium”

Prof. Dr. Eric Allender, Department of Computer Science, Rutgers University, USA, (29.04.1997)
“UL/poly = NL/poly - Making Nondeterminism Unambiguous”

Prof. Dr. Stephan Waack, Universität Göttingen (23.06.1997)
„Parity-OBDDs - eine Datenstruktur für die formale Schaltkreisverifikation”

Dr. Gianpiero Cabodi und Dr. Stefano Quer, Politecnico di Torino, Turin (29.09.1997)
“Reachability Analysis and Formal Verification of Finite State Machines”

Prof. Dr. Stanislav Žák, Institute of Computer Science, Academy of Sciences, Prag (03.11.1997)
“Mini-Tutorial: Branching Programs - Lower Bounds and Lower Bounds Methods”

Prof. Dr. Stanislav Žák, Institute of Computer Science, Academy of Sciences, Prag (04.11.1997)
“A Subexponential Lower Bound for Branching Programs Restricted with Regard to Some Semantic Aspects”

Prof. Dr. Farid Ablayev, Kazan University, Rußland (18.11.1997)
“Randomization and Nondeterminism are Incomparable for Ordered Read-Once Branching Programs (OBDDs)”

Prof. Dr. Stephan Waack, Universität Göttingen (09.12.1997)
„Über einige Probleme der Kommunikationskomplexität und der Theorie der Parity-OBDDs”

Prof. Dr. Bernd Becker, Universität Freiburg i.B. (19.12.1997)
„Datenstrukturen im Hardware-Entwurf: Decision Diagrams - im Jahre 2000!?”

3.5 Gutachtertätigkeiten etc.

Carsten Damm:

Gutachten und Reviews für
- Computational Complexity'98
- IEEE Transactions on Computers
- Information and Computation
- Reed-Muller'97
- SIAM Journal on Computing
- Zentralblatt für Mathematik und ihre Grenzgebiete

Stasys Jukna:

Gutachten und Reviews für
- Computational Complexity
- International Conference on Fundamentals of Computation Theory - FCT'97
- Reed-Muller'97
- Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science - STACS'98
- Theoretical Computer Science

Stefan Krischer:

Gutachten für
- Design Automation Conference - DAC
- Zentralblatt für Mathematik und ihre Grenzgebiete

Christoph Meinel:

Gutachten und Reviews für
- Design Automation Conference - DAC'96/DAC'97
- Formal Methods in CAD
- IEEE Transaction on Computers
- IEEE Transaction CAD
- Information and Computation
- Information Processing Letters
- International Conference on Fundamentals of Computation Theory - FCT'96/FCT'97
- International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science - MFCS'96/MFCS'97
- International Conference on Computer-Aided Design - ICCAD'96/ICCAD'97
- Mathematical Systems Theory
- Structure in Complexity Theory
- Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science - STACS'96/STACS'97
- Theoretical Computer Science - TCS'96/TCS'97
- 5 Dissertationen
- 1 Habilitation
- 9 Berufungsverfahren

Martin Mundhenk:

Gutachten und Reviews für
- Acta Informatica
- Conference on Computational Complexity'97
- Reed-Muller'97
- Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science - STACS'97

Harald Sack:

Gutachten für
- Design and Automation Conference - DAC'98
- International Conference on Computer-Aided Design - ICCAD'97
- Reed-Muller'97

Klaus Schwettmann:

Gutachten für
- International Conference on Computer-Aided Design - ICCAD'97
- Reed-Muller'97

Christian Stangier:

Gutachten für
- Design and Automation Conference - DAC'98
- International Conference on Computer-Aided Design - ICCAD'97
- Reed-Muller'97

Thorsten Theobald:

Gutachten für
- Design and Automation Conference - DAC'97
- Information Processing Letters
- International Conference on Computer Design - ICCD'97
- Journal of Cryptology

3.6 Messeaktivitäten

Auf der CeBIT'96 erfolgte unsere Teilnahme am Gemeinschaftsstand Rheinland-Pfalz mit einer Ausstellung zum Thema **„Optimierung von OBDDs“**. Die praktische Relevanz dieser Arbeiten hat sich inzwischen z. B. durch die Bereitschaft von ZFE Siemens, für 1996 diese Arbeiten mit DM 200.000,00 zu fördern, nachdrücklich bestätigt.

Bei der Bearbeitung Boolescher Funktionen, wie sie bei der computergestützten Konstruktion und Verifikation von Schaltkreisen, Steuerungen, Software und anderen Dingen auftreten, werden zur Zeit die sogenannten *OBDDs* als Datenstruktur benutzt. Wir haben Algorithmen entwickelt, mit denen diese OBDDs optimiert werden können — hinsichtlich Zeit- und/oder Speicheraufwand — und diese implementiert. Als Beispiel sei hier das sog. *Global Rebuilding* genannt.

4 Lehrstuhlübergreifende Aktivitäten

4.1 Zentrum für wissenschaftliches Elektronisches Publizieren der Universität Trier - WEP

Der schnelle und einfache Zugang zu aktueller und qualitativ hochwertiger Fachinformation ist heute besonders wichtig für alle wissenschaftlichen Disziplinen. Die traditionellen Medien zur Verbreitung wissenschaftlicher Information, wie Zeitschriften, Tagungen und Tagungsbände, werden in zunehmenden Maße durch elektronische Medien wie Internet und World Wide Web (WWW) ergänzt. Die elektronischen Medien bieten dabei Zugang zu möglichst aktueller Information, wohingegen z.B. der Prozeß, den ein wissenschaftlicher Artikel durchläuft, bis er in einer Zeitschrift veröffentlicht wird, mehrere Monate dauern kann.

Das *Zentrum für Wissenschaftliches Elektronisches Publizieren - WEP* ist eine fachübergreifende Einrichtung der Universität Trier, ins Leben gerufen durch Vertreter der Fachbereiche IV und II, und soll als Informationsbasis und Koordinationszentrum für alle Aktivitäten auf dem Gebiet des wissenschaftlichen elektronischen Publizierens dienen.

Unter anderem stehen dabei die Erprobung und die Evaluation neuer Möglichkeiten wissenschaftlicher Kommunikation durch Rechnernetze und weltweit verfügbare Informationssysteme im Vordergrund. Darüberhinaus stellen die Förderung des interdisziplinären Erfahrungsaustausches sowie die Initiierung von Projekten auf dem Gebiet des wissenschaftlichen elektronischen Publizierens einen weiteren Aufgabenschwerpunkt dar.

Das WEP soll dabei interessierte Stellen in Wirtschaft und Gesellschaft beraten und dadurch die Zusammenarbeit mit außeruniversitären Kooperationspartnern fördern.

Direktor:	Prof. Dr. sc. Ch. Meinel, FB IV - Informatik	Tel: 2827
stellv. Direktor:	Prof. Dr. R. Köhler, FB II - LDV	Tel: 2271
Geschäftsführer:	Dipl. Inform. H. Sack, FB IV - Informatik	Tel: 2093

Weitere Informationen unter `http://www.wep.uni-trier.de/`.

4.2 Veranstaltung von Dagstuhl-Seminaren

Dagstuhl-Seminar *“Computer Aided Design and Test”* (27.01. - 31.01.1997)

The fourth workshop **Decision Diagrams - Concepts and Applications** in the series *Computer Aided Design and Test* at the IBFI Schloß Dagstuhl was organized by Bernd Becker (Univ. Freiburg), Randy Bryant (Carnegie Mellon Univ.), Masahiro Fujita (Fujitsu Labs, San José), and Christoph Meinel (Univ. Trier). It was attended by 39 scientists.

Binary Decision Diagrams (BDDs) have found widespread use in computer-aided design for digital circuits. They form the heart of many tools for formal verification and are also commonly used in logic synthesis, circuit testing and in the verification of communication protocols.

The organizers took the opportunity to bring together researchers from different areas in computer science, electrical engineering and industry. The common aim of all researchers is to deepen the knowledge of the - widely accepted - BDD data structures, to improve existing techniques, and to explore new fields of application.

Twenty-eight lectures were presented at the workshop covering the following theoretical and practical topics:

- Formal verification of combinational and sequential circuits
- Minimization of BDDs
- Lower bounds techniques
- New BDD-concepts
- Improvements of BDD-algorithms
- Applications using BDD-based data structures

In addition, there was an open discussion on the future directions of BDD research whose aim was to exchange the most recent problems, needs and challenges in industries and universities.

WWW-Adresse: http://www.informatik.uni-trier.de/Design_and_Test_97/

4.3 Mitarbeit im Technologiebeirat der Landesregierung von Rheinland-Pfalz

Prof. Dr. Christoph Meinel ist Mitglied im Technologiebeirat des Landes Rheinland-Pfalz. Der Technologiebeirat (TBR) hat die Aufgabe, die Landesregierung Rheinland-Pfalz in Fragen der technologischen Entwicklung zu beraten und kurz-, mittel- und langfristig wirksame Maßnahmen zur Sicherung von Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung aufzuzeigen. Die Mitglieder sind herausragende Persönlichkeiten aus Wissenschaft und Industrie.

WWW-Adresse: http://www.ti-trier.fhg.de/TBR-site/tbrhome.html

4.4 Homepage für die GI–Fachgruppe 0.1.4 „Komplexität"

Es werden regelmäßig von Christoph Meinel, dem Sprecher der GI-Fachgruppe 0.1.4 „Komplexität", und Jochen Bern aktualisierte WWW–Seiten mit Informationen zu Konferenzen, Theorietagen, Graduiertenkollegs, Sommerschulen, Stellenangeboten etc. veröffentlicht.

WWW–Adresse: http://www.informatik.uni-trier.de/GI/FG-014/

4.5 "Electronic Colloquium on Computational Complexity – ECCC"

Seit Ende 1994 wird am Lehrstuhl „Komplexitätstheorie und VLSI–Design" das „Electronic Colloquium on Computational Complexity – ECCC" herausgegeben.

Das ECCC ist ein neues Forum zum schnellen und weltweiten Austausch von neuen Ideen, Techniken und Forschungsergebnissen in der Komplexitätstheorie. Das Ziel dieses Kolloquiums ist die Nutzung elektronischer Medien zur wissenschaftlichen Kommunikation und Diskussion in der Forschergemeinde der Komplexitätstheorie.

WWW–Adresse: http://www.eccc.uni-trier.de/eccc/

4.6 Veranstaltungen von Schulen und Workshops

4.6.1 ADiMMO'96

1. Berlin-Trierer Workshop zur Algorithmischen Diskreten Mathematik und Mathematischen Optimierung - ADiMMO'96, Trier (01.04. - 02.04.1996)

WWW-Adresse: http://mathopt.uni-trier.de/adimmo.html

4.6.2 Workshop on Applications of Semi-Definite Programming

Workshop on Applications of Semi-Definite Programming, Trier (30.09.1996)

WWW-Adresse: http://mathopt.uni-trier.de/workshopsemi96.html

4.6.3 Herbstschule 1996: Was ist ein guter Algorithmus?

Was ist ein guter Algorithmus?, Trier (09.10. - 11.10.1996)

WWW-Adresse: http://mathopt.uni-trier.de/herbstschule96.html

4.6.4 ADiMMO'97

2. Berlin-Trierer Workshop zur Algorithmischen Diskreten Mathematik und Mathematischen Optimierung - ADiMMO'97, Berlin (01.04 - 04.04.1997)

WWW-Adresse: http://www.inf.fu-berlin.de/inst/theo/gk.html

4.6.5 Forschungsworkshop Mathematische Optimierung

Forschungsworkshop Mathematische Optimierung, Trier (22.05. - 23.05.1997)

WWW-Adresse: http://www.informatik.uni-trier.de/~schwettm/fowo97/

4.6.6 33. Workshop über Komplexitätstheorie, Datenstrukturen und Effiziente Algorithmen

33. Workshop über Komplexitätstheorie, Datenstrukturen und Effiziente Algorithmen („Theorietag”), Aachen (23.09.1997)

WWW-Adresse: http://www.informatik.uni-trier.de/GI/TheorieTag/

4.6.7 Herbstschule 1997: Was ist ein guter Algorithmus?

Was ist ein guter Algorithmus?, Trier (09.10. - 11.10.1997)

WWW-Adresse: http://www.informatik.uni-trier.de/Herbstschule97/