

SS 2011

Effiziente Algorithmen und Datenstrukturen II

Ernst W. Mayr

Fakultät für Informatik
TU München

<http://www14.in.tum.de/lehre/2011SS/ea/>

Sommersemester 2011

Kapitel 0 Organisatorisches

- Vorlesungen:
 - 4SWS Di 08:30–10:00 (MI HS2), Do 08:30–10:00 (00.08.038)
Wahlpflichtvorlesung im Gebiet Algorithmen (Theoretische Informatik, Informatik III), Bioinformatik
Modulnr. IN2004
- Übung:
 - 2SWS Zentralübung: Do 14:30–16:00 (03.11.018)
 - Übungsleitung: Jeremias Weihmann
- Umfang:
 - 4V+2ZÜ, 8 ECTS-Punkte
- Sprechstunde:
 - nach Vereinbarung

- Übungsleitung:
 - Jeremias Weihmann, MI 03.09.041 (weihmann@in.tum.de)
Sprechstunde: Freitag, 14:00Uhr und nach Vereinbarung per Email
- Sekretariat:
 - Frau Lissner, MI 03.09.052 (lissner@in.tum.de)

- Übungsaufgaben und Klausur:
 - Ausgabe jeweils am Dienstag in der Vorlesung bzw. auf der Webseite der Vorlesung
 - Abgabe eine Woche später vor der Vorlesung
 - Besprechung in der Zentralübung
- Klausur:
 - schriftliche Klausur, Termin: 4. August 2011, 08:45–12:00Uhr, MI HS2
 - bei der Klausur sind *keine* Hilfsmittel außer einem handbeschriebenen DIN-A4-Blatt zugelassen
 - Leistungsnachweis: **40%** der erreichbaren Hausaufgabenpunkte, erfolgreiche Teilnahme an Klausur
 - vorauss. 12 Übungsblätter, das letzte am 19. Juli 2011, jedes 40 Punkte





- Vorkenntnisse:
 - Einführung in die Informatik 1/2
 - Diskrete Strukturen (DS, DWT)
 - Grundlagen: Algorithmen und Datenstrukturen (GAD)
 - Effiziente Algorithmen und Datenstrukturen
- Weiterführende Vorlesungen:
 - Randomisierte Algorithmen
 - Komplexitätstheorie
 - Internetalgorithmik
 - ...
- Webseite:





<http://www.mayr.in.tum.de/lehre/2011SS/ea/>

1. Geplante Themengebiete

- 1 Flüsse in Netzwerken
- 2 String und Pattern Matching
- 3 Textkompression
- 4 Scheduling
- 5 Lineare Optimierung
- 6 \mathcal{NP} -Vollständigkeit
- 7 Approximationsalgorithmen

2. Literatur

-  Alfred V. Aho, John E. Hopcroft, Jeffrey D. Ullman:
The design and analysis of computer algorithms,
Addison-Wesley Publishing Company: Reading (MA), 1974
-  Ravindra K. Ahuja, Thomas L. Magnanti, James B. Orlin:
Network flows — Theory, algorithms, and applications,
Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1993
-  Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ron L. Rivest, Clifford Stein:
Introduction to algorithms,
McGraw-Hill, 1990
-  Dan Gusfield:
Algorithms on Strings, Trees, and Sequences,
Cambridge University Press: Cambridge, 1999

-  **Volker Heun:**
Grundlegende Algorithmen: Einführung in den Entwurf und die Analyse effizienter Algorithmen,
2. Aufl., Vieweg: Braunschweig-Wiesbaden, 2003
-  **Donald E. Knuth:**
The art of computer programming. Vol. 1: Fundamental algorithms,
3. Auflage, Addison-Wesley Publishing Company: Reading (MA), 1997
-  **Christos H. Papadimitriou, Kenneth Steiglitz:**
Combinatorial optimization: Algorithms and complexity,
Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1982
-  **Steven S. Skiena:**
The algorithm design manual,
Springer-Verlag: Berlin-Heidelberg-New York, 1998



Robert E. Tarjan:

Data Structures and Network Algorithms,

CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics, SIAM,

Philadelphia, PA, 1983

Weitere Originalarbeiten und Texte werden im Verlauf der Vorlesung angegeben.

Kapitel VII Flüsse in Netzwerken

1. Grundlagen

2. Schnitte

3. Min-Cut-Max-Flow-Theorem

4. Ford-Fulkerson-Algorithmus



L.R. Ford, Jr., D.R. Fulkerson:

Maximal flow through a network.

Can. J. Math. **8** pp. 399–404, 1956

5. Konvergenzprobleme

6. Edmonds-Karp Heuristik

7. Blockierende Flüsse

7.1 Dinits' Algorithmus



Shimon Even:


The Dinic Algorithm.

Graph Algorithms, section 5.2, Computer Science Press: Rockville, MD, 1979

7.2 Der Malhotra-Pramodh Kumar-Maheshwari (MPM) Algorithmus

-  **Shimon Even:**
The MPM Algorithm.
Graph Algorithms, section 5.2, Computer Science Press: Rockville, MD, 1979

Weitere Literatur:

-  **Robert Endre Tarjan:**
A simple version of Karzanov's blocking flow algorithm.
Oper. Res. Lett. **2** pp. 265–268, 1984

8. Erweiterungen und Spezialfälle

8.1 Netzwerke mit unteren und oberen Schranken



Shimon Even:

Networks with upper and lower bounds.

Graph Algorithms, section 5.3, Computer Science Press: Rockville, MD, 1979

8.2 Minimaler Fluss

8.3 0-1-Netzwerke

-  **Shimon Even:**
Zero-one network flow.
Graph Algorithms, section 6.1, Computer Science Press: Rockville, MD, 1979

8.3.1 0-1-Netzwerke vom Typ 1

8.3.2 0-1-Netzwerke vom Typ 2

9. Push/Relabel-Algorithmus von Goldberg-Tarjan



Andrew V. Goldberg, Robert E. Tarjan:

A new approach to the maximum-flow problem.

J. ACM **35** pp. 921–924, ACM Press: New York, 1988

Push/Relabel-Algorithmus von Goldberg-Tarjan (Forts.):



Andrew V. Goldberg, Robert E. Tarjan:

A new approach to the maximum-flow problem.

J. ACM **35** pp. 924–929, ACM Press: New York, 1988

9.1 Die FIFO-push-relabel-Variante



Andrew V. Goldberg, Robert E. Tarjan:

A new approach to the maximum-flow problem.

J. ACM **35** pp. 929–931, ACM Press: New York, 1988



9.2 Weitere Varianten




Andrew V. Goldberg, Robert E. Tarjan:

A new approach to the maximum-flow problem.

J. ACM **35** pp. 931–940, ACM Press: New York, 1988

-  Daniel Dominic Sleator, Robert Endre Tarjan:
A data structure for dynamic trees.
J. Comput. Syst. Sci. **26** pp. 362–391, Academic Press: New York, 1983
-  Daniel Dominic Sleator, Robert Endre Tarjan:
Self-adjusting binary search trees.
J. ACM **32**(3) pp. 652–686, ACM Press: New York, 1985

10. Der Skalierungsansatz von Ahuja-Orlin

-  Ravindra K. Ahuja, James B. Orlin:
A fast and simple algorithm for the maximum flow problem.
Oper. Res. **37** pp. 748–759, Operations Research Society of America, 1989

11. Zusammenhang in Graphen

11.1 Knotenzusammenhang in ungerichteten Graphen

-  **Shimon Even:**
Vertex connectivity of graphs.
Graph Algorithms, pp. 121–126, Computer Science Press: Rockville, MD, 1979

Knotenzusammenhang in ungerichteten Graphen (Forts.):

-  **Shimon Even:**
Vertex connectivity of graphs.
Graph Algorithms, pp. 127–130, Computer Science Press: Rockville, MD, 1979

11.2 Knotenzusammenhang in Digraphen



Shimon Even:

Connectivity of digraphs and edge connectivity.

Graph Algorithms, p. 130, Computer Science Press: Rockville, MD, 1979

11.3 Kantenzusammenhang




Shimon Even:

Connectivity of digraphs and edge connectivity.

Graph Algorithms, pp. 130–132, Computer Science Press: Rockville, MD, 1979

11.4 Anwendungen

-  **Shimon Even:**
Connectivity of digraphs and edge connectivity.
Graph Algorithms, pp. 132–135, Computer Science Press: Rockville, MD, 1979

12. Ein einfacher Min-Cut-Algorithmus



M. Stoer, F. Wagner:

A Simple Min-Cut Algorithm.

J. ACM **44** pp. 585–591, ACM Press: New York, 1979

13. Max-Flow für alle Knotenpaare

Wir verweisen auch noch auf die folgende klassische Arbeit, die es für ungerichtete Graphen gestattet, den jeweils maximalen Fluss für alle Knotenpaare mit nur $|V| - 1$ Flussproblemen zu berechnen:



R.E. Gomory, T.C. Hu:

Multi-terminal Network Flows.

J. Soc. Indust. Appl. Math. **9**(4) pp. 551–570, 1961

Kapitel VIII Textsuche

1. Begriffe und Notation



Volker Heun:

Grundlegende Algorithmen — Einführung in den Entwurf und die Analyse effizienter Algorithmen.

p. 215–216, Vieweg Verlag: Braunschweig-Wiesbaden, 2003

2. Der Algorithmus von Knuth-Morris-Pratt



Volker Heun:

Grundlegende Algorithmen — Einführung in den Entwurf und die Analyse effizienter Algorithmen.

pp. 216–221, Vieweg Verlag: Braunschweig-Wiesbaden, 2003



Donald E. Knuth, James H. Morris, Vaughan R. Pratt:

Fast pattern matching in strings.

SIAM J. Comput. **6** pp. 323–350, Society for Industrial and Applied Mathematics: Philadelphia, PA, 1977

3. Der Algorithmus von Boyer und Moore



Volker Heun:

Grundlegende Algorithmen — Einführung in den Entwurf und die Analyse effizienter Algorithmen.

pp. 221–230, Vieweg Verlag: Braunschweig-Wiesbaden, 2003

Der Algorithmus von Boyer und Moore (Forts.):



Robert S. Boyer, J. Strother Moore:

A fast string searching algorithm.

Comm. ACM **20** pp. 762–772, ACM Press: New York, 1988



Zvi Galil:

On improving the worst case running time of the Boyer-Moore string matching algorithm.

Comm. ACM **22** pp. 505–508, ACM Press: New York, 1988

Einige weitere interessante Artikel:



Zvi Galil:

String Matching in Real Time.

J. ACM **28** pp. 134–149, ACM Press: New York, 1981



Zvi Galil, Joel Seiferas:

Time-Space-Optimal String Matching.

J. Comput. Syst. Sci. **26** pp. 280–294, Academic Press: New York-San Francisco-London-San Diego, 1983

4. Tries und Trees

4.1 Suffix-Tries



Volker Heun:

Grundlegende Algorithmen — Einführung in den Entwurf und die Analyse effizienter Algorithmen.

pp. 231–234, Vieweg Verlag: Braunschweig-Wiesbaden, 2003

4.2 Suffix-Bäume



Volker Heun:

Grundlegende Algorithmen — Einführung in den Entwurf und die Analyse effizienter Algorithmen.

pp. 234–237, Vieweg Verlag: Braunschweig-Wiesbaden, 2003



Volker Heun:

Grundlegende Algorithmen — Einführung in den Entwurf und die Analyse effizienter Algorithmen.

pp. 238–239, Vieweg Verlag: Braunschweig-Wiesbaden, 2003

Ergänzende Literatur:



E. Ukkonen:

On-line construction of suffix trees.

Algorithmica **14** pp. 249–260, Springer-Verlag: New York, 1995



Udi Manber, Gene Myers:

Suffix arrays: A new method for on-line string searches.

SIAM J. Comput. **22** pp. 935–948, Society for Industrial and Applied Mathematics: Philadelphia, PA, 1993

Kapitel IX Textkompression

1. Einfache untere Schranke



Volker Heun:

Grundlegende Algorithmen — Einführung in den Entwurf und die Analyse effizienter Algorithmen.

p. 239, Vieweg Verlag: Braunschweig-Wiesbaden, 2003

2. Huffman-Kodierung



Volker Heun:

Grundlegende Algorithmen — Einführung in den Entwurf und die Analyse effizienter Algorithmen.

pp. 240–244, Vieweg Verlag: Braunschweig-Wiesbaden, 2003

3. Lempel-Ziv-77



Volker Heun:

Grundlegende Algorithmen — Einführung in den Entwurf und die Analyse effizienter Algorithmen.

pp. 244–245, Vieweg Verlag: Braunschweig-Wiesbaden, 2003

4. Lempel-Ziv-78



Volker Heun:

Grundlegende Algorithmen — Einführung in den Entwurf und die Analyse effizienter Algorithmen.

pp. 245–246, Vieweg Verlag: Braunschweig-Wiesbaden, 2003

5. Lempel-Ziv-Welch



Volker Heun:

Grundlegende Algorithmen — Einführung in den Entwurf und die Analyse effizienter Algorithmen.

pp. 246–247, Vieweg Verlag: Braunschweig-Wiesbaden, 2003

6. Die Burrows-Wheeler-Transformation



Volker Heun:

Grundlegende Algorithmen — Einführung in den Entwurf und die Analyse effizienter Algorithmen.

pp. 247–249, Vieweg Verlag: Braunschweig-Wiesbaden, 2003



Michael Burrows, David J. Wheeler:

A block-sorting lossless data compression algorithm.

DEC SRC Research Report 124, May 1994

Kapitel X Scheduling

1. Grundbegriffe und Notation



Peter Brucker:

Scheduling Algorithms.

pp. 1–10, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2007



Joseph Y-T. Leung (Ed.):

Handbook of Scheduling. Algorithms, Models, and Performance Analysis.

pp. 1.6–1.9, Chapman&Hall/CRC, Boca Raton-London-New York, 2004

2. Single Machine Problems

2.1 Der Algorithmus von Lawler für $1|prec|f_{max}$



Peter Brucker:

Scheduling Algorithms.

pp. 62–63, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2007

2.2 Maximum Lateness, die Regeln von Jackson und Horn



Peter Brucker:

Scheduling Algorithms.

pp. 67–69, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2007

3. Parallel Machine Problems

3.1 Der Algorithmus von Hu für $P|p_j = p;intree|C_{max}$



Joseph Y-T. Leung (Ed.):

Handbook of Scheduling. Algorithms, Models, and Performance Analysis.

pp. 3_1–3_3, Chapman&Hall/CRC, Boca Raton-London-New York, 2004

3.2 Erweiterung des Algorithmus von Hu auf $P|p_j = p;intree|L_{max}$



Peter Brucker:

Scheduling Algorithms.

pp. 139–145, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2007


3.3 Der Coffman-Graham-Algorithmus für $P2|p_j = p; prec|C_{max}$




E.G. Coffman, Jr., R.L. Graham:

Optimal Scheduling for Two-Processor Systems.

Acta Informatica **1** pp. 200–213, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 1972

 Joseph Y-T. Leung (Ed.):
Handbook of Scheduling. Algorithms, Models, and Performance Analysis.
pp. 3_3–3_6, Chapman&Hall/CRC, Boca Raton-London-New York, 2004

3.4 Erweiterung des Coffman-Graham-Algorithmus auf $P2|p_j = p; prec|L_{max}$

 Peter Brucker:
Scheduling Algorithms.
pp. 145–154, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2007

4. List Scheduling

Zu den folgenden vier Unterabschnitten siehe



R.L. Graham:

Bounds on Multiprocessing Timing Anomalies.

SIAM J. Appl. Math. **17** pp. 416–429, Society for Industrial and Applied Mathematics: Philadelphia, PA, 1969



R.L. Graham:

Bounds for Certain Multiprocessing Anomalies.

Bell System Tech. J. **45** pp. 1563–1581, Bell Labs, 1966





4.1 Grundlagen und Definitionen



4.2 Anomalien

4.3 Schranke für die Approximationsgüte


4.4 Die Schranke ist scharf

4.5 Weitere Literatur zu List Scheduling und verwandten Themen




-  Joseph Y-T. Leung (Ed.):
Handbook of Scheduling. Algorithms, Models, and Performance Analysis.
pp. 15_32–15_34, Chapman&Hall/CRC, Boca Raton-London-New York, 2004
-  E.G. Coffman, Jr., Ravi Sethi:
A Generalized Bound on LPT Sequencing.
RAIRO Informatique **10** pp. 17–25, 1976
-  E.G. Coffman, Jr., M.R. Garey, D.S. Johnson:
An Application of Bin-Packing to Multiprocessor Scheduling.
SIAM J. Comput. **7** pp. 1–17, Society for Industrial and Applied Mathematics:
Philadelphia, PA, 1978
-  Susanne Albers:
Better Bounds for Online Scheduling.
SIAM J. Comput. **29** pp. 459–473, Society for Industrial and Applied
Mathematics: Philadelphia, PA, 1999

-  Susanne Albers:
On Randomized Online Scheduling.
Proceedings of the 34th Annual ACM Symposium on Theory of Computing, STOC
2002, pp. 134–143, ACM Press: New York, 2002
-  Joseph Y-T. Leung (Ed.):
Handbook of Scheduling. Algorithms, Models, and Performance Analysis.
pp. 10_1–10_12, Chapman&Hall/CRC, Boca Raton-London-New York, 2004




5. LP-Algorithmen für Scheduling

 Jon Kleinberg, Éva Tardos:
Algorithm Design.
pp. 637–643, Pearson Studium: Boston-San Francisco-New York, 2006

6. \mathcal{NP} -schwere Scheduling-Probleme

-  J.D. Ullman:
 \mathcal{NP} -Complete Scheduling Problems.
JCSS **10** pp. 383–393, 1975
-  P. Brucker, M.R. Garey, D.S. Johnson:
Scheduling Equal-Length Tasks under Treelike Precedence Constraints to Minimize Maximum Lateness.
Math. Oper. Res. **2** pp. 275–284, 1977
-  Joseph Y-T. Leung (Ed.):
Handbook of Scheduling. Algorithms, Models, and Performance Analysis.
pp. 14_33–14_37, Chapman&Hall/CRC, Boca Raton-London-New York, 2004

7. Zusammenfassung und Übersicht

-  T.C.E. Cheng, C.C.S. Sin:
A state-of-the-art review of parallel-machine scheduling research.
European J. Oper. Res. **47** pp. 271–292, 1990
-  Ethel Mokotoff:
Parallel machine scheduling problems: A survey.
Asia-Pacific J. Oper. Res. **18** pp. 193–242, 2001
-  R.L. Graham, E.L. Lawler, J.K. Lenstra, A.H.G. Rinnooy Kan:
Optimization and Approximation in Deterministic Sequencing and Scheduling: A Survey.
Annals Disc. Math. **5** pp. 287–326, 1979