

September 2019

In dieser Ausgabe ...

- [Gastbeitrag zu QBF](#)
- [Nächster Theorietag in Berlin](#)
- [Rückblick: Theorietag 77](#)
- [Rückblick: Drei Jahre Fachgruppenleitung](#)

Konferenzen im Jahre 2019/20

Konferenz	Frist'19	Event'20
ITCS	—	12.–14.01.
CSL	—	13.–16.01.
STACS	30.09.	10.–13.03.
ICDT	—	30.03.–02.04.
FoSSaCS	24.10.	24.–30.04.
PODS	15.12.	14.–19.06.
STOC	04.11.	22.–26.06.
CCC	—	28.–31.06.
LICS	06.01.20	08.–12.07.
ICALP	12.02.20	08.–12.07.
AiML	???	17.–21.08.

Die letzten Theorietage

TT	Wo	Wann
79	Bei Ihnen?	—
78	Berlin	10./11.10.19
77	Marburg	28.03.19
76	Halle	24.–25.09.18
75	Ulm	10.–11.04.18
74	Lübeck	23.–25.11.17
73	Hamburg	18./19.05.17
72	Hannover	17./18.11.16

Fachgruppenleitung (2016–2019)

E-Mail an die Fachgruppenleitung

- [Arne Meier](#) (Sprecher)
- [Till Tantau](#) (stv. Sprecher)
- [Jörg Rothe](#)
- [Thomas Schwentick](#)
- [Jacobo Torán](#)

Mitgliederzahl (GI): 303

[Kostenlos Mitglied in FG-KP werden](#)

Liebe Mitglieder der Fachgruppe Komplexität,

Sie halten den achten Newsletter der GI-Fachgruppe „Komplexität“ in den Händen. Der 77. Theorietag in Marburg ist auch gut verlaufen. Christian Komusiewicz und Frank Sommer berichten auf Seite 4.

Der 78. Theorietag findet an der TU Berlin unter Leitung von Rolf Niedermeier statt. Der Workshop wird zwei Halbtage dauern (10./11. Oktober). Auf diesem Workshop wird auch die Fachgruppenleitung für drei Jahre neu gewählt.

Die Deadline für die [STACS 2020](#) in Montpellier steht nun am Horizont.

Wie üblich gilt, wenn Sie eine spezielle Konferenz in der linken Spalte vermissen, dann melden Sie sich bei [mir](#), damit wir die Konferenz für die Zukunft aufnehmen können.

Außerdem möchte ich auf die Möglichkeit zu kurzen inhaltlichen Beiträgen hinweisen. Bei Interesse Ihrerseits melden Sie sich bitte direkt bei [mir](#). Wir planen mit Textvorschlägen von 1–2 Seiten Länge. Diese Ausgabe wartet mit einem Gastbeitrag von Johannes Fichte, Markus Hecher und Andreas Pfandler auf, die Einblicke in unsere Schranken für QBFs mit beschränkter Baumweite geben.

Wenn Sie in die Fachgruppe eintreten möchten, dann ist dies [kostenlos](#) als assoziiertes Mitglied möglich – auch ohne eine GI-Mitgliedschaft. Falls Sie bei der [GI](#) bisher keine Email hinterlegt haben, so geben Sie diese auf Ihrer Mitgliederseite an, damit der Newsletter auch Sie halbjährlich automatisch erreicht.

Der Newsletter ist natürlich auch weiterhin online von unserer [Webseite](#) zu beziehen.

Und nun wünsche ich Ihnen viel Spass beim Lesen.



Arne Meier, Sprecher der Fachgruppe KP

Die Fachgruppe Komplexität

Die Fachgruppe Komplexität ist ein Teil der Gesellschaft für Informatik. Diese Fachgruppe beschäftigt sich mit komplexitätstheoretischen Fragestellungen. Manche der Themen sind eng gekoppelt an bzw. werden gemeinsam bearbeitet mit anderen Fachgruppen, insbesondere sind dies die [FG Algorithmen](#) (Thema: Obere Schranken), [FG Automaten und formale Sprachen](#) (Thema: spezielle Berechnungsmodelle, Abschlusseigenschaften von Klassen) [FG Logik in der Informatik](#) (Thema: Komplexität logischer Entscheidungsprobleme, Komplexität des logischen Programmierens, subreursive Hierarchien).

Ein Workshop über Algorithmen und Komplexität, gemeinsam mit der [Fachgruppe Algorithmen](#), findet zweimal jährlich statt.

Gastbeitrag: Untere Schranken für quantifizierte Boole'sche Formeln mit beschränkter Baumweite

Johannes K. Fichte (TU Dresden, johannes.fichte@tu-dresden.de),

Markus Hecher (TU Wien & Universität Potsdam, hecher@dbai.tuwien.ac.at) und

Andreas Pfandler (TU Wien, andreas.pfandler@tuwien.ac.at)

Baumweite ist ein populäres Graph-Maß im Forschungsgebiet der parametrisierten Algorithmik und Komplexität [6, 10]. Dieses Maß wurde von Robertson und Seymour in einer umfangreichen Reihe von Artikeln speziell für harte kombinatorische Graphenprobleme entworfen [15] und ist über die Weite von Baumzerlegungen definiert. Unumstritten ist Baumweite wohl auch die meist-zitierte kombinatorische Invariante¹, die bei Beschränkung eine Vielzahl NP-harter Probleme in Polynomialzeit berechenbar macht [1, 4]. Baumweite lässt sich darüber hinaus auch auf Probleme in der Logik anwenden. Ein wichtiger solcher Formalismus sind quantifizierte Boole'sche Formeln (QBF) und das zugehörige Gültigkeitsproblem (QSAT), welches für eine gegebene QBF Q entscheidet, ob Q unter Einhaltung der Quantoren zu wahr evaluiert. QSAT ist auch bekannt als kanonisches Problem für die Polynomialzeit-Hierarchie in der deskriptiven Komplexität [11]. QSAT kann durch Beschränkung der Baumweite für eine bestimmte Graphrepräsentation (Gaifman-Graph) und der Quantorentiefe in Polynomialzeit gelöst werden [2, 3].

Ein wohl-bekanntes Metaresultat für Baumweite ist der Satz von Courcelle [5] und dessen Linearzeitfassung von Elberfeld, Jakoby und Tantau [8]. Der Satz sagt aus, dass, wenn ein Problem in der zweitstufigen Logik MSO ausgedrückt werden kann, dann kann das Problem in Linearzeit in der Eingabegröße gelöst werden. Obwohl der Satz eine umfangreiche Klassifikation hinsichtlich der Lösbarkeit erlaubt, ist seine praktische Anwendbarkeit stark eingeschränkt. Der Einfluss der Baumweite auf die Laufzeit ist erheblich und hängt von einem Turm von Exponenten² ab, dessen Höhe weit weg von der Optimalität sein kann. Demgegenüber stehen obere Schranken für QSAT, denn Chen [3] hat gezeigt, dass ℓ -QSAT in Zeit $\text{turm}(\ell, k) \cdot \text{poly}(n)$ bei Baumweite k , Quantorentiefe ℓ und Eingabegröße n gelöst werden kann. Für 2-QSAT (Quantorentiefe 2) gibt es auch untere Schranken unter der Annahme, dass die Exponentialzeit-Hypothese (ETH) gilt, die klassischerweise für solche untere Schranken herangezogen wird. Eine Folgerung der ETH ist, dass 1-QSAT (UN-/SAT) nicht in subexponentieller Zeit ($2^{o(n)}$) gelöst werden kann. Dieser Ansatz wurde verwendet, um präzise untere Schranken für eine Vielzahl von Problemen in der Künstlichen Intelligenz mittels Reduktionen von 2-QSAT zu zeigen [12, 13]. Damit liefern Reduktionen von 2-QSAT eine geschickte und präzise Alternative zum Satz von Courcelle.

Eine unmittelbare und natürliche Frage ist, ob sich die bekannten unteren Schranken und damit diese Anwendung von 2-QSAT auf ℓ -QSAT verallgemeinern lässt, zumal eine Vielzahl von Problemen auch oberhalb der zweiten Stufe der Polynomialzeit-Hierarchie liegen. Pan and Vardi [14] haben sich mit dieser Fragestellung bereits auseinandergesetzt und nahegelegt, dass die unteren Schranken für ℓ -QSAT ungerader Quantorentiefe ℓ gelten und die Resultate von Chen streng sind.

Soweit wir an die ETH glauben, gilt für ungerade Zahlen ℓ , dass die Laufzeit eines Algorithmus für ℓ -QSAT bei Baumweite k , nicht signifikant besser als $\text{turm}(\ell, k) \cdot \text{poly}(n)$ sein kann.

Untere Schranken für QBF. Wir haben uns mit unteren Schranken für QSAT mit QBFs beschränkter Baumweite auseinandergesetzt und erweitern in einem vor kurzem ausgearbeiteten Artikel untere Schranken von QSAT auf beliebige Quantorentiefe [9]. Damit liefern unsere Resultate ein vollständiges und bewiesenes Bild für QSAT und das Maß Baumweite.

Theorem 1 (Fichte et al., 2019). *Gegeben sei eine offene oder geschlossene QBF der Form $Q = Q_1V_1.Q_2V_2.Q_3V_3 \cdots Q_\ell V_\ell.F$ mit $\ell \geq 1$ und einer quantorenfreien Formel F in 3-CNF/DNF (falls $Q_\ell = \exists/\forall$). Unter der Annahme, dass die ETH gilt, kann Q der Baumweite k des Gaifman-Graphens nicht in Zeit $\text{turm}(\ell, o(k)) \cdot 2^{o(|\text{var}(F)|)}$ gelöst werden.*

Ferner gelten diese unteren Schranken von Satz 1 aufgrund der Konstruktion unserer Beweismethode bereits für das weniger allgemeine Maß Pfadweite, das nur Baumzerlegungen berücksichtigt, die gleichzeitig auch Pfadzerlegungen sind. Selbst für 2-QSAT und beschränkter Pfadweite war dieses Ergebnis zuvor noch nicht bekannt. Dabei ist zu beachten, dass sich dieser Schritt von Baumweite auf Pfadweite lediglich aufgrund der Konstruktion unserer Methode ergibt. In unserem besagten Artikel präsentieren wir eine neuartige, generelle Methode zum Beweisen von unteren Schranken für Probleme der Polynomialzeit-Hierarchie bei beschränkter Baumweite. Unserer Ansatz basiert auf einer Reduktion, die Baumweite exponentiell komprimiert. Die Reduktion ist auf eine beliebige QBF ohne Einschränkung der Quantorentiefe, vorausgesetzt die ETH gilt, anwendbar und damit auch auf Probleme der gesamten Polynomialzeit-Hierarchie. Die Komprimierung arbeitet konstruktiv von ℓ -QSAT auf $(\ell + 1)$ -QSAT und ist unabhängig von der ursprünglichen Eingabegröße – was sich erheblich von bestehenden Methoden unterscheidet [12, 14]. Tatsächlich funktioniert unser Ansatz auch unmittelbar für untere Schranken von Zählproblemen bei beschränkter Baumweite, insbesondere auch beim Zählen von Modellen, bei denen auf einzelne Variablen projiziert wird. Damit wird unser Ansatz mit QSAT zum kanonischen Problem zur exakten Klassifikation von Zählproblemen [7] und deren unteren Schranken.

Idee. Im Folgenden skizzieren wir kurz unsere Idee zur exponentiellen Komprimierung von Baumweite durch Beschreibung von ℓ -QSAT in einer QBF der Quantorentiefe $\ell + 1$. Wir codieren Basisprinzipien der dynamischen Programmierung auf einer Baumzerlegung \mathcal{T} des Gaifman-Graphens einer Boole'schen Formel F in eine neue Formel, dessen Baumzerlegung die Form \mathcal{T}' erhält. Zur exponentiellen Komprimierung der Beutel in \mathcal{T} müssen wir in \mathcal{T}' Kopien der ursprünglichen Variablen und Zeigervariablen auf ursprüngliche Beutelinhalte in \mathcal{T}

¹Google Scholar liefert uns 18,900 Resultate die Baumweite beinhalten (befragt am 31. August 2019).

²Die Funktion $\text{turm}(\ell, k)$ ist ein Turm von Exponenten der Höhe ℓ mit Basis 2 und k im Exponenten.

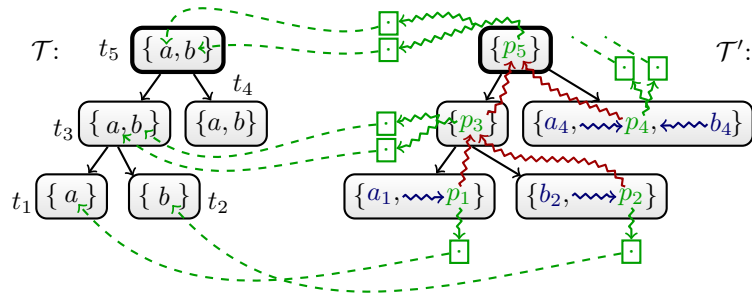


Abbildung 1. Vereinfachte Darstellung einer beispielhaften Baumzerlegung \mathcal{T} (links) aus einer CNF/DNF vor und \mathcal{T}' (rechts) nach der Reduktion. Die grünen Pfeile repräsentieren in \mathcal{T}' »Zeiger« auf Beutel in \mathcal{T} , welche die Auswertung genau eines Elementes eines ursprünglichen Beutels erlauben. Damit erhalten wir $\lceil \log(w) \rceil$ viele grüne Zeigervariablen p_i mit Weite w von \mathcal{T} . Die roten geschwungenen Pfeile »transportieren« diese Information in Richtung Wurzel der Baumzerlegung. Diese Pfeile stellen die Konsistenz der Wahrheitswerte nach der Reduktion mittels Propagation zwischen Zeigervariablen p_i und p_j aus verschiedenen Beuteln sicher. Der Wahrheitswert für beispielsweise die dargestellte Variable a wird nur in bestimmten Beuteln mittels a_1 und a_4 erraten und an die zugehörigen Zeigervariablen p_1 und p_4 propagiert, welches wir mit den geschwungenen blauen Pfeilen illustrieren.

anfertigen. Ziel der Kopien und Zeigervariablen ist es, asymptotisch die Größe der Beutel zu verkleinern. Entscheidend ist es dabei, die Anzahl der Kopien nicht zu stark zu erhöhen. Der Zusammenhang zwischen \mathcal{T} und \mathcal{T}' wird beispielhaft in Abbildung 1 aufgezeigt. Die erhöhte Quantorentiefe $\ell + 1$ erlaubt es dann, die Auswertung der Formel wie gehabt vorzunehmen und die zusätzlichen Quantoren ermöglichen das Durchlaufen der ursprünglichen Beutelinhalte über Zeigervariablen. Dabei ist unsere Konstruktion der exponentiellen Komprimierung derart, dass, wir mehrere Zeigervariablen pro Beutel in \mathcal{T}' verwenden. Ferner ergibt sich dadurch, dass, obwohl nur mehr konstant viele Elemente der ursprünglichen Beutelinhalte über diese Zeigervariablen »gemeinsam« analysieren werden können, trotzdem alle Klauseln beziehungsweise Terme der Formel F aufgrund der erhöhten Quantorentiefe überprüft werden.

Folgerungen. Satz 1 ist ein allgemeines Metaresultat und die verwendete Beweismethode ist nicht notwendigerweise an QSAT gebunden. Sie überträgt sich direkt auf Pfadweite und erlaubt QSAT auch als kanonisches Problem zum Beweisen von strengen unteren Schranken einer Vielzahl anderer Probleme beschränkter Baumweite zu nutzen [9]. Dazu zählen Entscheidungs- sowie Zählprobleme der monotonen und nicht-monotonen logischen Programmierung, Graphprobleme und verschiedenen Probleme aus der Wissensrepräsentation. Tatsächlich enthält unser Artikel auch eine Erweiterung, um für Probleme beschränkter Baumweite k untere Schranken zu zeigen, die über die Form $\text{turm}(\ell, k)$ für natürliche Zahlen ℓ hinaus gehen. Des Weiteren bestätigt Satz 1, dass QBFs tatsächlich für das Zeigen strenger oberer beziehungsweise auch unterer Schranken von Problemen beschränkter Baumweite geeignet sind.

Wir sind davon überzeugt, dass allerdings auch die generelle Technik, nämlich die Auswertung eines Problems beschränkter Baumweite anhand der Codierung von Basisprinzipien der dynamischen Programmierung auf Baumzerlegungen, allgemein für den Beweis strenger oberer beziehungsweise unterer Schranken von Problemen mit beschränkter Baumweite verwendet werden kann. Aktuell versuchen wir, die Methode für eine Reihe offener unterer Schranken einzusetzen.

Quellen

- [1] H. L. Bodlaender and A. M. Koster. Combinatorial optimization on graphs of bounded treewidth. *Comput. J.*, 2008.
- [2] G. Charwat and S. Woltran. Expansion-based QBF solving on tree decompositions. *Fundam. Inform.*, 2019.
- [3] H. Chen. Quantified constraint satisfaction and bounded treewidth. In *ECAI'04*, 2004.
- [4] M. Chimani, P. Mutzel, and B. Zey. Improved Steiner tree algorithms for bounded treewidth. *J. Discrete Algorithms*, 2012.
- [5] B. Courcelle. Graph rewriting: An algebraic and logic approach. In *Handbook of TCS*. 1990.
- [6] M. Cygan, F. V. Fomin, Ł. Kowalik, D. Lokshtanov, D. Marx, M. Pilipczuk, M. Pilipczuk, and S. Saurabh. *Parameterized Algorithms*. 2015.
- [7] A. Durand, M. Hermann, and P. G. Kolaitis. Subtractive reductions and complete problems for counting complexity classes. *Theor. Comput. Sci.*, 2005.
- [8] M. Elberfeld, A. Jakoby, and T. Tantau. Logspace versions of the theorems of Bodlaender and Courcelle. In *FOCS'10*. 2010.
- [9] J. K. Fichte, M. Hecher, and A. Pfandler. TE-ETH: Lower Bounds for QBFs of Bounded Treewidth. 2019. Unter Begutachtung befindliche Fassung zu finden unter: <https://tinyurl.com/y7wnvu6w>.
- [10] J. Flum and M. Grohe. *Parameterized Complexity Theory*. Theor. Comput. Sci. 2006.
- [11] M. Grohe. *Descriptive Complexity, Canonisation, and Definable Graph Structure Theory*. 2017.
- [12] M. Lampis and V. Mitsou. Treewidth with a quantifier alternation revisited. In *IPEC'17*. 2017.
- [13] M. Lampis, S. Mengel, and V. Mitsou. QBF as an Alternative to Courcelle's Theorem. In *SAT'18*. 2018.
- [14] G. Pan and M. Y. Vardi. Fixed-parameter hierarchies inside PSPACE. In *LICS*. 2006.
- [15] N. Robertson and P. Seymour. Graph minors. X. Obstructions to tree-decomposition. *J. Comb. Theory*, 1991.

Nächster Theorietag in Berlin

Der 78. Workshop über Algorithmen und Komplexität findet am 10. und 11. Oktober 2019 an der TU Berlin unter der Organisation von **Rolf Niedermeier** statt. **Holger Dell** wird einen eingeladenen Vortrag mit dem Titel „Algorithms for Small Structures in Large Networks.“ halten.

Donnerstag Abend wird es ein gemeinsames Abendessen geben.

Weitere Details können von der Webseite <http://fpt.akt.tu-berlin.de/theorietag-berlin/> entnommen werden.

Der Beginn des Theorietags ist Mittags am Donnerstag und das Ende wird am frühen Freitagnachmittag sein.

Impressum

GI Fachgruppe Komplexität

Fachgruppenleitung:

Arne Meier (Sprecher, ViSdPR),

Till Tantau (stv. Sprecher),

Jörg Rothe,

Thomas Schwentick,

Jacobo Torán.

Sekretariat +49 511 762 19692

Web <https://fg-kp.gi.de>

Mail fg-kp-leitung@gi.de

Rückblick: Theorietag 77 von der Uni Marburg

Der 77. Workshop über Algorithmen und Komplexität fand am 28. März an der Philipps-Universität Marburg statt. Das Programm umfasste 10 Vorträge, die thematisch eine große Bandbreite abdeckten: von Arbeiten zur Komplexität formalsprachlicher Probleme bis zur Approximierbarkeit geometrischer Optimierungsprobleme. Peter Rossmanith von der RWTH Aachen hielt einen eingeladenen Vortrag zu „What One Has to Know When Attacking P vs. NP“. Im Anschluss an das wissenschaftliche Programm besuchten die 25 Teilnehmer die mittelalterliche Marburger Oberstadt.

– *Christian Komusiewicz und Frank Sommer*

Vorausschau: STACS 2020

Die 37. STACS findet vom 10.–13. März 2020 in Montpellier statt und wird organisiert vom **LIRMM** (Université de Montpellier, CNRS). **Markus Bläser** und **Christophe Paul** sind die beiden PC-Vorsitzende. Als eingeladene Sprecher werden **Olivier Bournez** (Palaiseau), **Martin Grohe** (Aachen) und **Dana Randall** (Georgia) vortragen. Weitere Details auf der [Konferenzwebseite](#).

Vorausschau: Jahrestagung LOGINF

Die 25. Jahrestagung der **Fachgruppe „Logik in der Informatik“** findet im Senatssitzungssaal (Unihauptgebäude) der **Friedrich-Schiller-Universität Jena** am 21./22.10.19 statt. Organisator ist **Olaf Beyersdorff** und die eingeladenen Sprecher sind **Christoph Berkholz** (Berlin) sowie **Thomas Schwentick** (Dortmund). Weitere Details [online](#).

Rückblick: Drei Jahre Fachgruppenleitung

Die letzten drei Jahre waren für mich eine sehr interessante Zeit. Die Fachgruppenleitung und Diskussionen mit den Mitgliedern aus der Fachgruppenleitung hat mir viel Spass bereitet. Die Mitgliederzahl ist relativ stabil über der 300 geblieben.

Die Fortführung des Newsletters halte ich für einen wichtigen Beitrag, da durch ihn aktuelle Informationen zu Workshops und Tagungen gebündelt im halbjährigen Turnus verteilt werden. Ich möchte mich an dieser Stelle nochmal herzlich bei den Autoren der Gastbeiträge bedanken. Es gab Beiträge in Form von Konferenzrückblicken (STACS'17, ADT'17, CCA'18) und Forschungsthemen (Graphenisomorphie, dynamische Komplexität des Erreichbarkeitsproblems, Untere Schranken für QBF mit beschränkter Baumweite).

2017–2019 fanden Theorietage in Hamburg, Lübeck, Ulm, Halle und Marburg. Auch hier nochmals vielen Dank an die Organisatoren!

Ansonsten ist die Fachgruppenwebseite (<https://fg-kp.gi.de>) nun auch auf das neue Design umgestellt. Die Theorietage tauchen jetzt immer unter ‚Aktivitäten‘ in Form von Veranstaltungseinträgen auf. Der Newsletter ist unter ‚Publikationen‘ zu finden.

Für die kommende Wahlperiode (2019–2022) stelle ich mich wieder für die Position des Fachgruppensprechers zur Wahl. Die Wahl findet voraussichtlich auf dem nächsten Theorietag (78, an der TU Berlin, siehe oben) am 10. Oktober statt.

Wenn Sie jemanden zur Wahl nominieren möchten, senden Sie bitte bis zum 1. Oktober eine E-Mail an die Fachgruppenleitung mit Einverständniserklärung des Nominierten.