

Sesquinar 2023

einmalig und frei von Leistungspunkten

erkennen.
beweisen.
anwenden.



Veranstaltet von Studierenden

zusammen mit

Paul Schwahn

Friederike Stoll

Michael Eisermann

eiserm.de/lehre/2023/Tensoren



Habe Mut, dich deines eigenen
Verstandes zu bedienen!

Much to learn, you still have.
This is just the beginning.

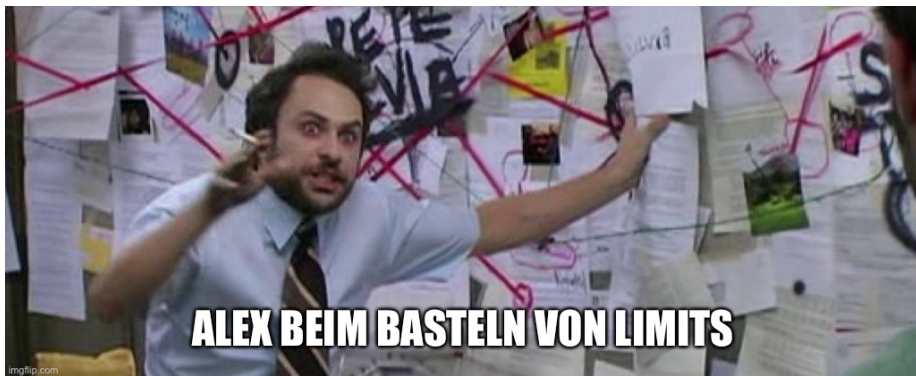


CATS 2023 Burg Liebenzell: Vorgeschichte



Die Vorgeschichte: Wir kommen gerade vom Seminar der Studierenden zur Kategorientheorie, 26.-29.01.2023 auf der Burg Liebenzell. Es entstand auf Vorschlag von Studierenden der Topologie-Vorlesung im SoSe 2022 und war sensationell gut – dank der engagierten Teilnehmer:innen!

Am Abschlussabend haben wir die Fortsetzung beschlossen...
Darum geht es hier: das Sesquinar im September 2023.



$$\begin{array}{ccc}
 & \lim & \\
 & \rightarrow_I & \\
 \mathcal{C} & \begin{array}{c} \curvearrowright \\ \perp \\ \Delta_I \\ \perp \\ \curvearrowleft \end{array} & \mathcal{C}^I \\
 & \lim & \\
 & \leftarrow_I &
 \end{array}$$



Die lehrreichen Vorträge wurden auch als Memes protokolliert. Genau so hat es sich zugetragen, oder zumindest so ähnlich.

Wie gelingt ein sensationell gutes Seminar?

Lässt sich die Legende wiederholen? Versuchen wir es!

Grundsatzfrage: Wie gelingt ein sensationell gutes Seminar?

- 1 engagierte Studierende
- 2 schöne Mathematik
- 3 tolle Umgebung

Wir gehen nicht von einem fixen Thema aus, sondern vom Ziel:

Wir wollen für uns alle wieder ein sensationell gutes Seminar!

Wir nennen es Sesquinar – wie Seminar, nur dreimal so gut.

Absolut einmalig und garantiert frei von Leistungspunkten.

Full Disclosure: Wir werden nicht dafür bezahlt, wir engagieren uns freiwillig, aus Begeisterung für schöne Mathematik und das gemeinsame Projekt. Genau dasselbe erwarten wir von Ihnen als Teilnehmer:in.

Wir unterstützen Sie gerne, doch Sie sorgen für den Erfolg.

Unser Angebot: Wir bereiten einen geeigneten Rahmen, in dem Sie Ihre Begeisterung für Mathematik weiter entwickeln und Ihr Engagement für das gemeinsame Lernen und Lehren voll entfalten.

Wir stiften Punkt (3): **tolle Umgebung**

- Mitte/Ende September: wieder auf der Burg Liebenzell?
Wir müssen eventuellen Klausurterminen ausweichen etc.
Gedacht ist Donnerstag Mittag bis Sonntag Mittag.
- Im SoSe: Aufteilung und Vorbereitung der Vorträge
Vorgesehen sind zehn Vorträge zu je 60 bis 70 Minuten.
Wir freuen uns auf gute, lehrreiche Präsentationen!
- Anfang/Mitte SoSe: Finalisierung der Teilnehmerliste
Größenordnung 15 bis 20 Teilnehmer:innen,
verbindliche Zusagen, evtl. mit Warteliste

Die Planung wird iterativ konkretisiert.

Unser Vorschlag zu Punkt (2): **schöne Mathematik**

😊 diesmal „Lineare Algebra 3: Tensoren“

Featuring: Wie schnell können wir Matrizen multiplizieren?

Bewährter Grundsatz: „Think deeply about simple things.“

😊 wertvolle Grundlage für relevante Anwendungen

Sie wissen schon: Mathematik ist wunderschön und nützlich!

Wir investieren in solide Grundlagen, das zahlt sich aus.

😊 Niederschwellig doch beliebig aufbaufähig, von Linearer Algebra und Geometrie über Numerik und High Performance Computing bis hin zu Quantencomputing und Artificial Intelligence

Anwendung ist schön und gut und willkommen, doch wir wollen auch gerade die abholen, die es etwas abstrakter mögen: P vs NP, Geometrie, Darstellungstheorie, Varietäten von Tensoren... Dafür zeigt das Buch von Landsberg eine schöne Route (Kapitel 1&2, siehe unten).

The international journal of science / 6 October 2022

nature

MATRIX
GAMESDeep reinforcement
learning opens route
to faster algorithms for
matrix multiplication

Protecting Peru
Can technology help
Indigenous groups
preserve the Amazon?

Invisible touch
How marine clouds are
affected by aerosols
emitted from shipping

Preferential practice
US universities favour
prestige in faculty
hiring and retention

© 2022 The Author(s)
https://doi.org/10.1038/s41586-022-01572-4

Article

Discovering faster matrix multiplication algorithms with reinforcement learning

https://doi.org/10.1038/s41586-022-01572-4

Received: 2 October 2021

Accepted: 2 August 2022

Published online: 5 October 2022

Open access

Check for updates

Alhussein Fawzi^{1,2}, Martej Balog³, Aja Huang³, Thomas Hubert^{1,4},
Bernardino Romera Paredes⁵, Muhammedamin Barakat⁶, Alexander Novikov⁷,
Francisco R. Ruiz⁷, Julian Schrittwieser⁸, Grzegorz Swierczak⁹, David Silver¹, Denis Hassabis¹
& Pushmeet Kohli¹

Improving the efficiency of algorithms for fundamental computations can have a widespread impact, as it can affect the overall speed of a large amount of computations. Matrix multiplication is one such primitive task, occurring in many systems—from neural networks to scientific computing routines. The automatic discovery of algorithms using machine learning offers the prospect of reaching beyond human intuition and outperforming the current best human-designed algorithms. However, automating the algorithm discovery procedure is intricate, as the space of possible algorithms is enormous. Here we report a deep reinforcement learning approach based on AlphaZero¹⁰ for discovering efficient and provably correct algorithms for the multiplication of arbitrary matrices. Our agent, AlphaTensor, is trained to play a single-player game where the objective is finding tensor decompositions within a finite factor space. AlphaTensor discovered algorithms that outperform the state-of-the-art complexity for many matrix sizes. Particularly relevant is the case of 4×4 matrices in a finite field, where AlphaTensor's algorithm improves on Strassen's two-level algorithm for the first time, to our knowledge, since its discovery 50 years ago¹¹. We further showcase the flexibility of AlphaTensor through different use-cases: algorithms with state-of-the-art complexity for structured matrix multiplication and improved practical efficiency by optimizing matrix multiplication for runtime on specific hardware. Our results highlight AlphaTensor's ability to accelerate the process of algorithmic discovery on a range of problems, and to optimize for different criteria.

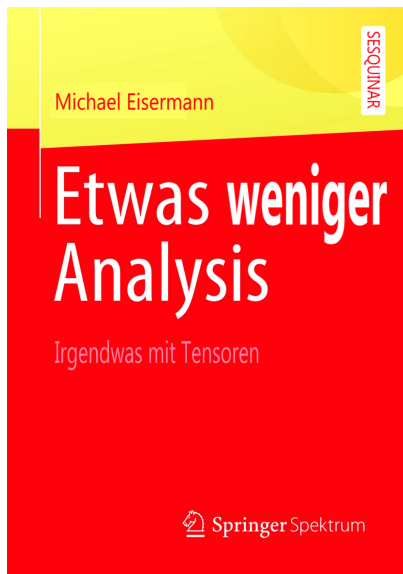
We focus on the fundamental task of matrix multiplication, and use deep reinforcement learning (DRL) to search for provably correct and efficient matrix multiplication algorithms. This algorithm discovery process is particularly amenable to automation because a rich space of matrix multiplication algorithms can be formalized as low-rank decompositions of a specific three-dimensional (3D) tensor¹², called the matrix multiplication tensor¹³. This space of algorithms contains the standard matrix multiplication algorithm and recursive algorithms such as Strassen's, as well as the (unknown) asymptotically optimal algorithm. Although an important body of work aims at characterizing the complexity of the asymptotically optimal algorithm¹⁴, this does not yield practical algorithms¹⁵. We focus here on practical matrix multiplication algorithms, which correspond to explicit low-rank decompositions of the matrix multiplication tensor. In contrast to two-dimensional matrices, for which efficient polynomial time algorithms computing the rank have existed for over two centuries¹⁶, finding low-rank decompositions of 3D tensors (and beyond) is NP-hard¹⁷ and is also hard in practice.

In fact, the search space is so large that even the optimal algorithm for multiplying two 3×3 matrices is still unknown. Nevertheless, in a long and arduous research effort, matrix multiplication algorithms have

been discovered by attacking this tensor decomposition problem using human search^{18,19}, continuous optimization^{20–22} and combinatorial search²³. These approaches often rely on human-designed heuristics, which are probably suboptimal. We instead use DRL to learn to recognize and generalize over patterns in tensors, and use the learned agent to predict efficient decompositions.

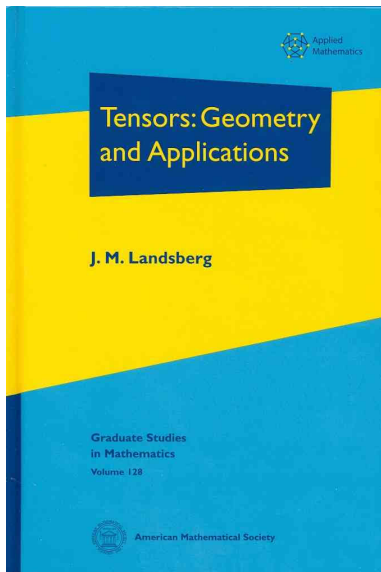
We formulate the matrix multiplication algorithm discovery procedure (that is, the tensor decomposition problem) as a single-player game, called TensorGame. At each step of TensorGame, the player selects how to combine different entries of the matrices to multiply. A score is assigned based on the number of selected operations required to reach the correct multiplication result. This is a challenging game with an enormous action space (more than 10^9 actions for most interesting cases that is much larger than that of traditional board games such as chess and Go (hundreds of actions)). To solve TensorGame and find efficient matrix multiplication algorithms, we develop a DRL agent, AlphaTensor. AlphaTensor is built on AlphaZero¹⁰, where a neural network is trained to guide a planning procedure searching for efficient matrix multiplication algorithms. Our framework uses a single agent to decompose matrix multiplication tensors of various sizes, yielding

DeepMind, London, UK. *These authors contributed equally: Alhussein Fawzi, Martej Balog, Aja Huang, Thomas Hubert and Bernardino Romera Paredes. ✉e-mail: afawzi@deepmind.com



(leider noch nicht erhältlich)

... gibt es nicht, aber eine gute Näherung.



<https://www.math.tamu.edu/~jml/Tbookintro.pdf>

Entscheidend ist Punkt (1): **engagierte Studierende**

- Wie können Sie teilnehmen? Auf Einladung!
- Erfahrene Studierende betreuen neue Vortragende!
- Kein Schnellballsystem, sondern Multilineares Marketing!

Die Veranstaltung kostet Geld, nämlich das unseres Lehrepreises. Wir investieren es in Sie, und dafür erwarten wir Ihr Commitment. Die Plätze sind begrenzt, überlegen Sie es sich gut: ganz oder gar nicht.

Fragen Sie eine:n der früheren Teilnehmer:innen, ob sie/er für Sie bürgt und Sie betreuen kann. Das klingt verrückt, knüpft aber genau die Kooperation unter Studierenden, auf die es seit jeher ankommt.

Sie bekommen hier alles außer Leistungspunkte: Freuen Sie sich auf gemeinsames Lernen, schöne Mathematik und tolle Umgebung.

Ihre Beiträge sind willkommen!

Das Sesquinar ist eine Chance, ein Angebot, keine Pflicht.
Ich vertraue auf das Wunder der Selbstorganisation.
Es ist Ihr Seminar, Ihr Studium, Ihre Mathematik.

Das Buch von Landsberg bietet Inspiration und einen roten Faden.
Daraus wählen Sie das für Sie Schönste und Spannendste.
Diskutieren Sie miteinander, schon zur Vorbereitung!

Vielleicht möchten Sie in eine bestimmte der möglichen Richtungen
gehen? Sprechen Sie sich ab und gestalten Sie Ihr Seminar!
Wir bieten den Rahmen, Sie nutzen die Gelegenheit.

Vielleicht sind Sie bereits fortgeschritten in einer Anwendung X und
möchten uns über „Tensoren in X “ erleuchten? Sie sind willkommen!
Wir alle freuen uns auf ehrliche und begeisternde Vorträge.

Nett hier.

Aber waren Sie schon mal auf einem Sesquinar?

Wir können alles. Außer gewöhnlich.