

KI – Plateau oder Ruhe vor dem Sturm

11.10.2024

Stuttgart



steve.haupt@andrena.de



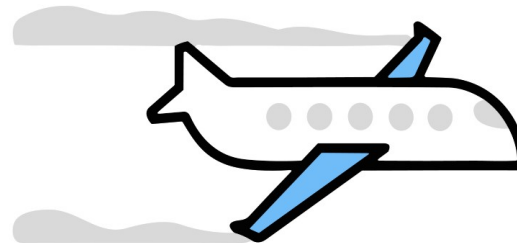
www.linkedin.com/in/stevehaupt



THE FASTEST THINGS ON EARTH



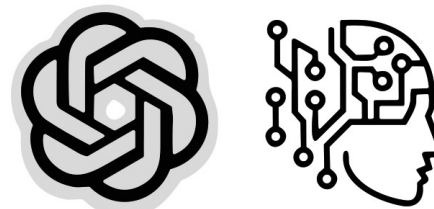
CHEETAH



AIRPLANE



SPEED OF LIGHT

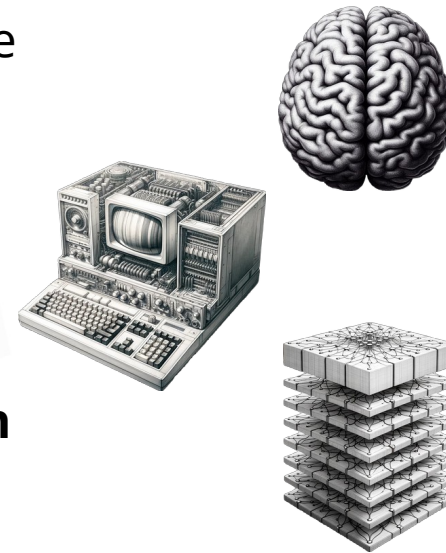


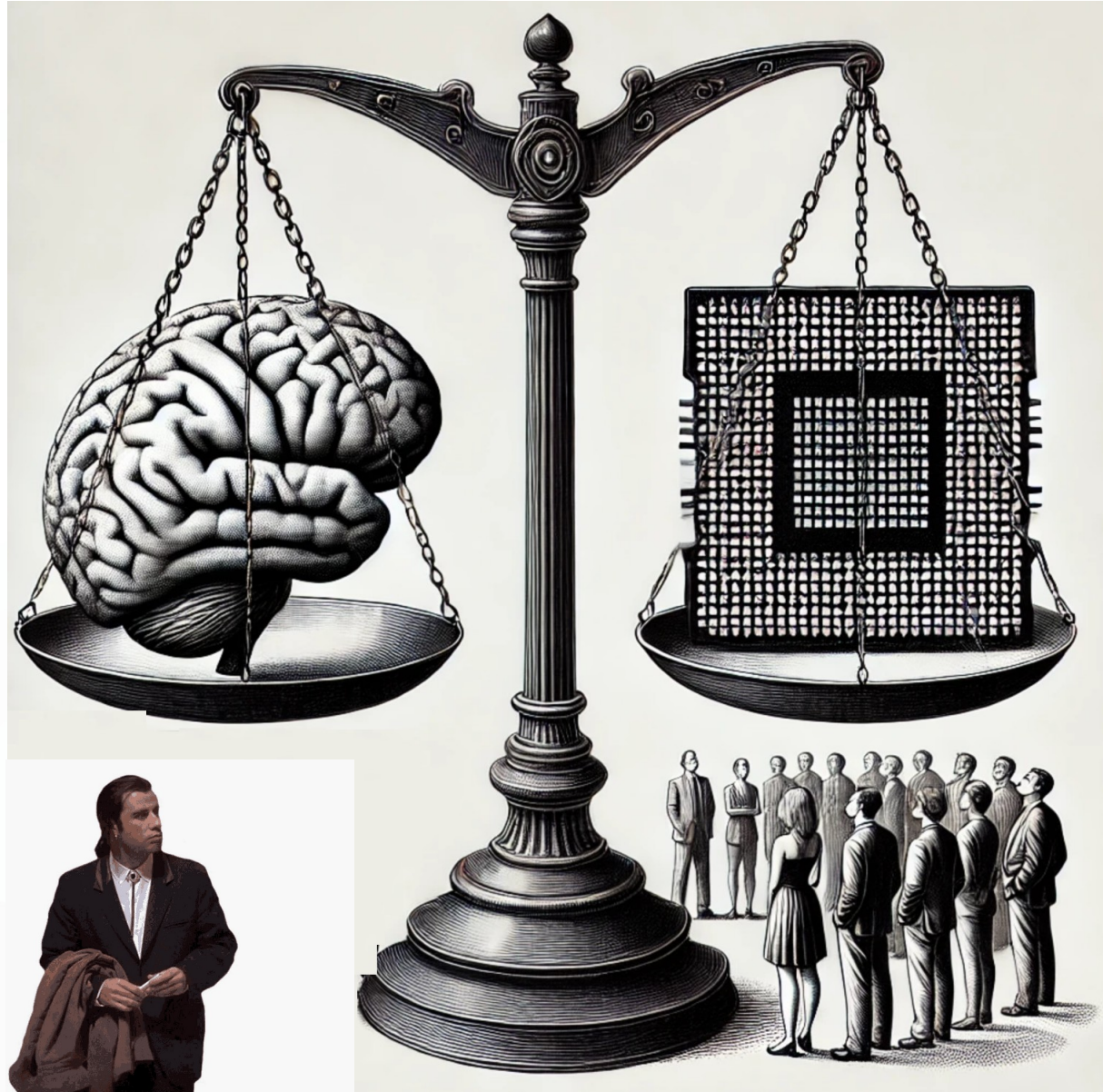
PEOPLE BECOMING
EXPERTS IN AI

intelligence is useful



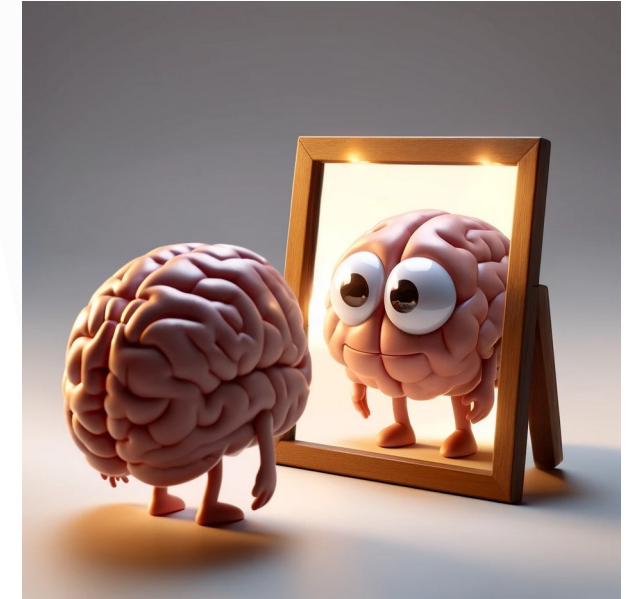
- Das **Gehirn** ist das **intelligenteste** uns bekannte Objekt und eine stark beschränkte **biologische Maschine**
- **Computer** können alles **simulieren**
- Irgendwann können wir das menschliche **Gehirn simulieren**





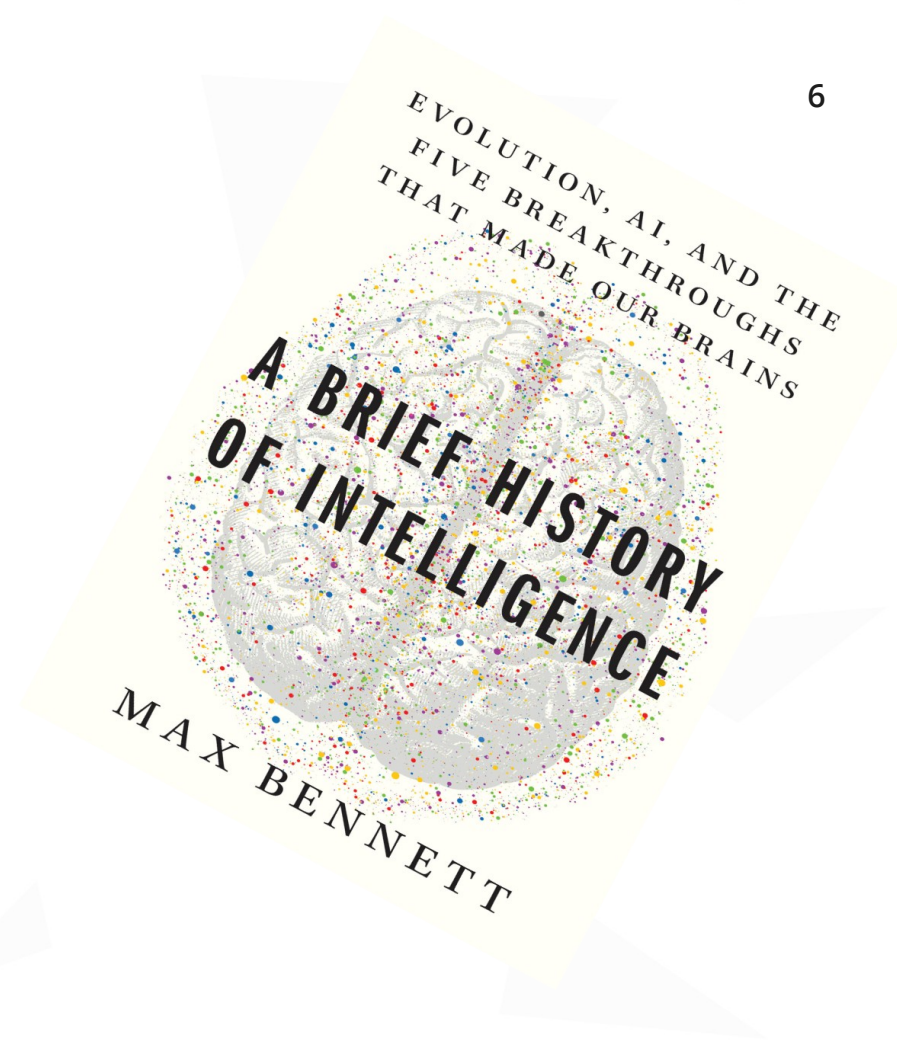
Unser Gehirn

- Was macht den Mensch besonders?
→ *Allgemein leistungsfähigste Gehirn*
- Kann die Evolution ein noch leistungsfähigeres Gehirn hervorbringen?
- Können wir der Evolution die Arbeit abnehmen?
- Was ist das Ziel deines Gehirns?
→ *Überleben → Zukunft vorhersagen*
- Was brauchen wir um die Zukunft vorhersagen zu können?
→ *Gute Modelle*
 - Was ist lernen? → *Modelle aktualisieren*
 - Was ist Intelligenz? → *die Fähigkeit neue Modelle zu erstellen / zu generalisieren*
 - Was ist Verständnis? → *Beziehung herstellen zw Beobachtung und Modell*



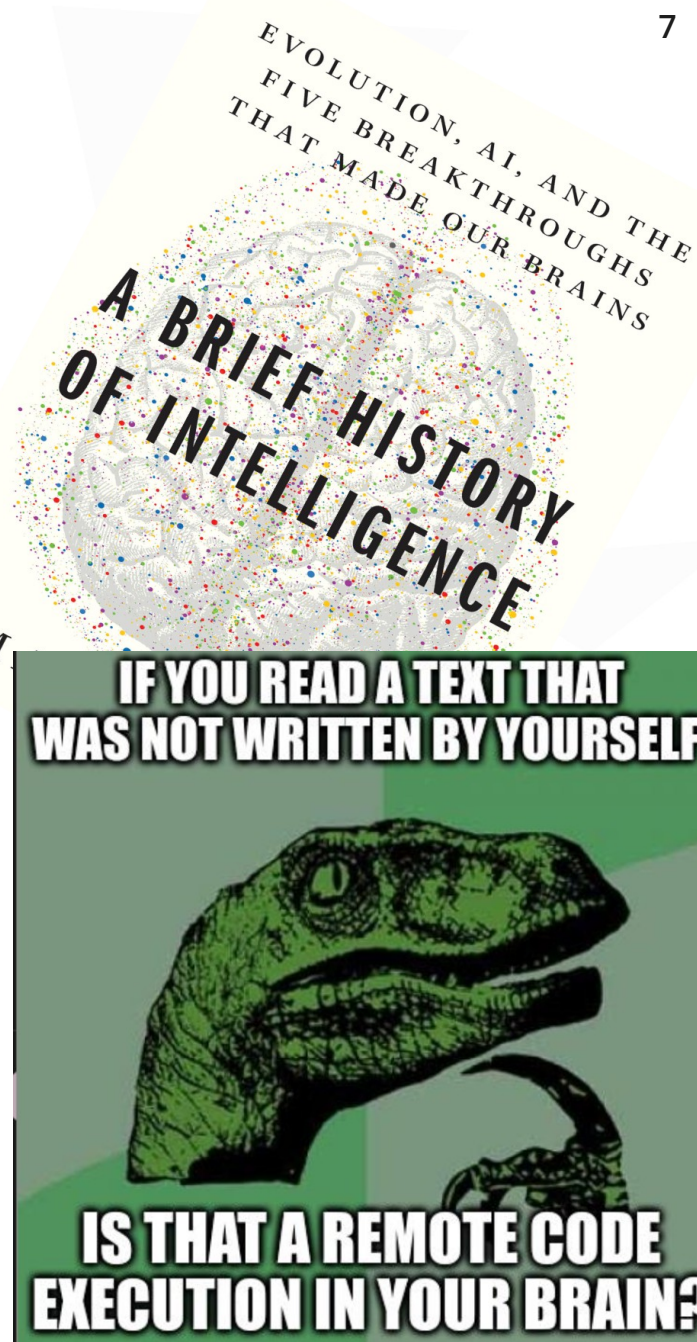
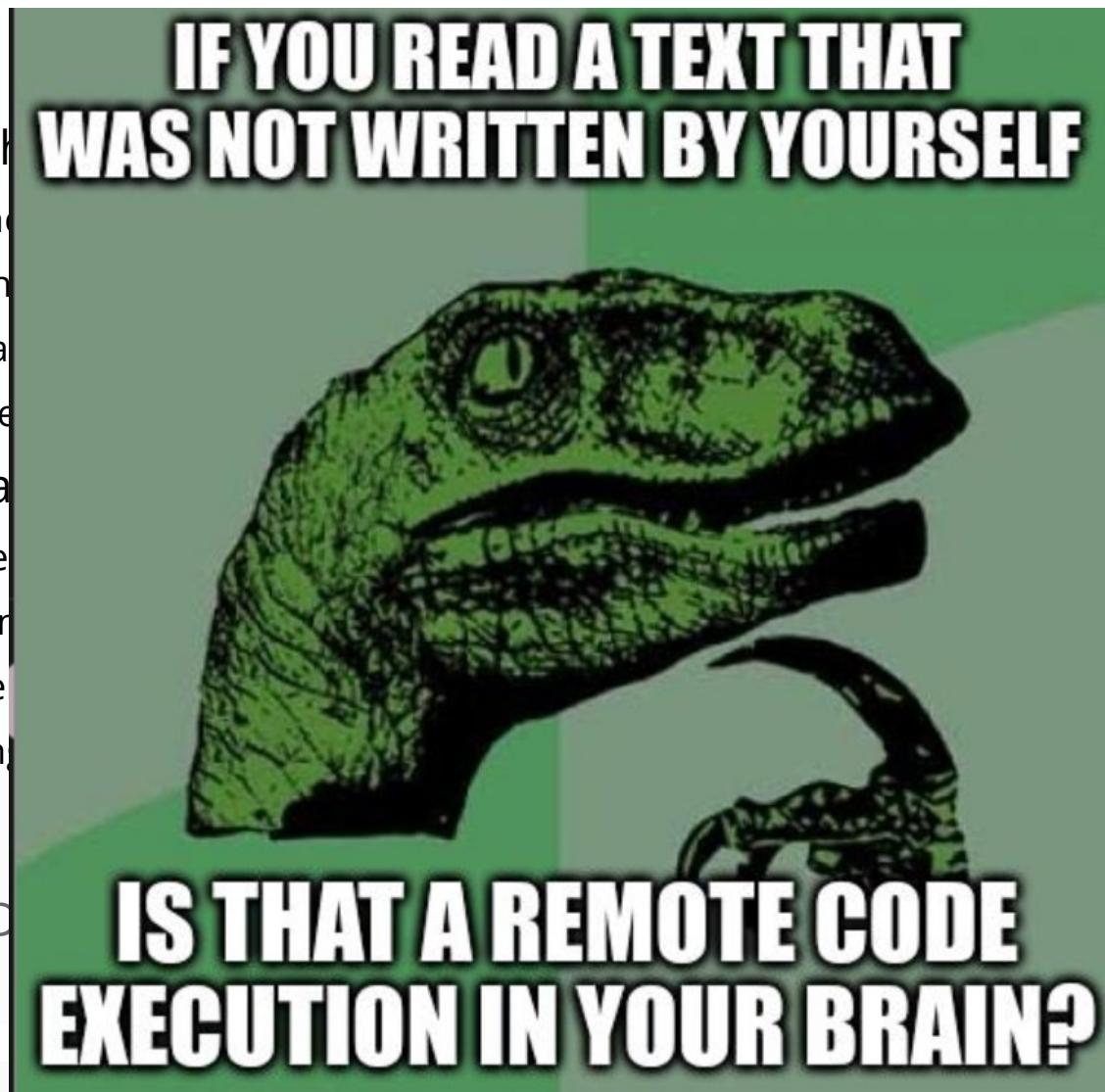
Evolution of Intelligence

- Vor **13,7 Mrd.** Jahren: Urknall
- Vor **4,5 Mrd.** Jahren: Die Erde entsteht
- Vor **3,5 Mrd.** Jahren: Leben entsteht
 - Netze aus Nervenzellen, wahrnehmen/reagieren → einfaches Verhalten
- Vor **600 Mio.** Jahren: Das erste Gehirn entsteht
 - Würmer mit 300 Neuronen, können aktiv steuern, aber nichts neu lernen
- Vor **500 Mio.** Jahren: Lernen durch Ausprobieren
 - Neues Verhalten basierend auf Erfahrungen
 - Gehirn kann programmiert werden
 - + an Umgebung anpassen / - man kann nur lernen was man selbst erfährt
- Vor **200 Mio.** Jahren: Simulieren
 - Erste Säugetiere mit Neo-Cortex, ein Bereich im Gehirn um Dinge zu simulieren
 - Lernen durch Gedankenspiele



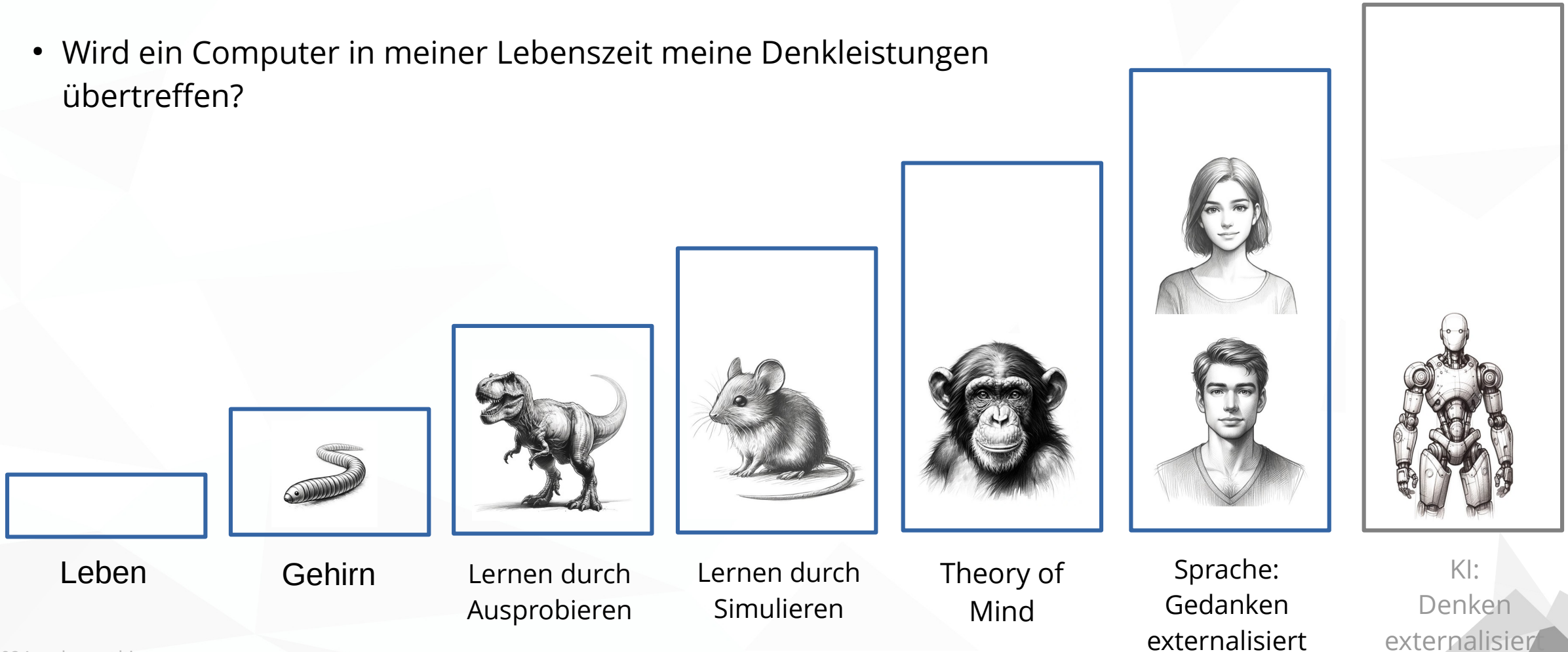
Evolution of Intelligence

- Vor **15 Mio.** Jahren
 - Mentale Zustände
 - Weg von der Ich
 - Lernen von Erfah
 - Man kann nur le
- Vor **0,1 Mio.** Jahren
 - Gedanken auß
 - Wenn wir exterr
 - Man kann lerne
 - Wissen kann an
- Vor **2 Jahren:** D



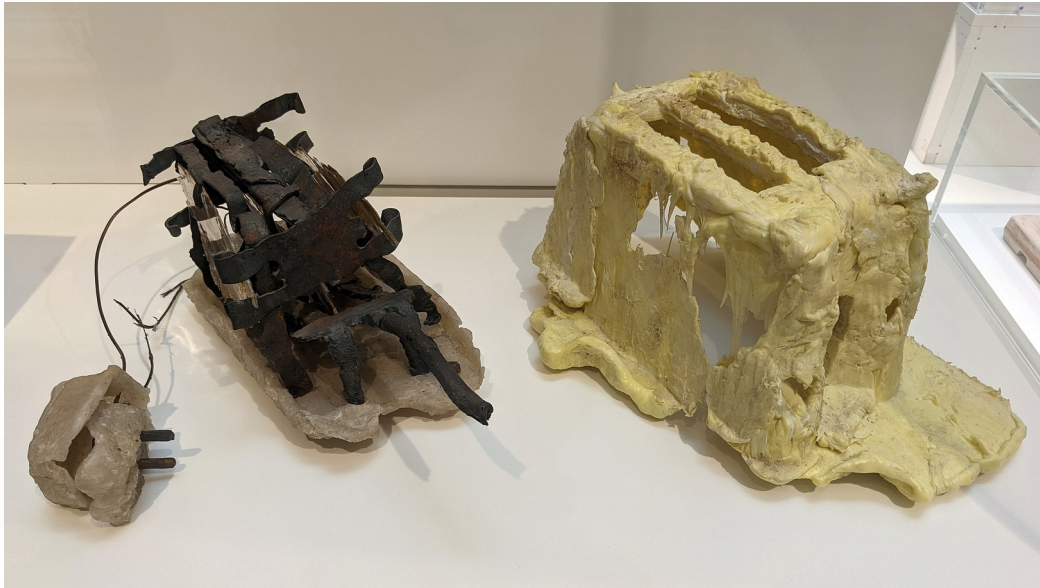
KI ein Mega-Giga-Projekt

- Wird ein Computer in meiner Lebenszeit meine Denkleistungen übertreffen?

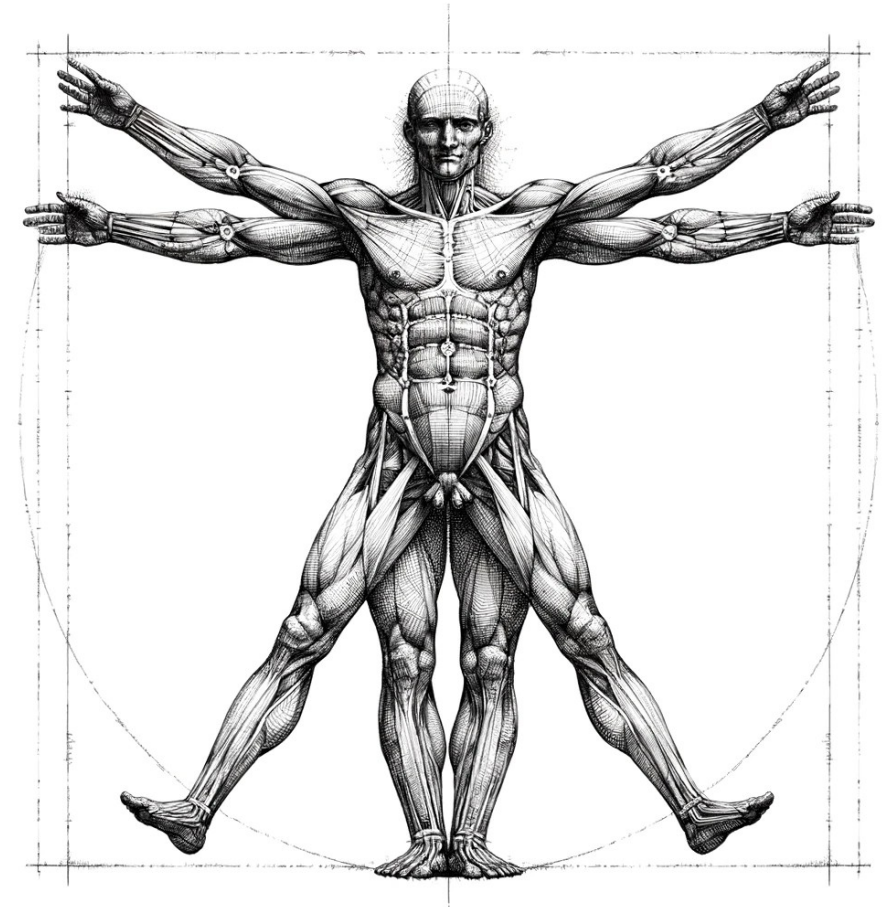


Evolution of Intelligence

- Was können wir alleine leisten?

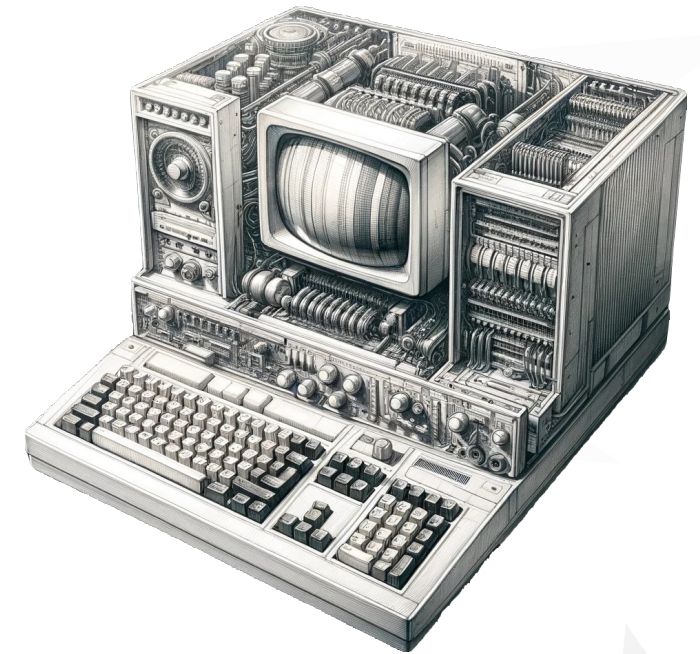


→ *Thomas Thwaites Toaster*



Evolution of Intelligence

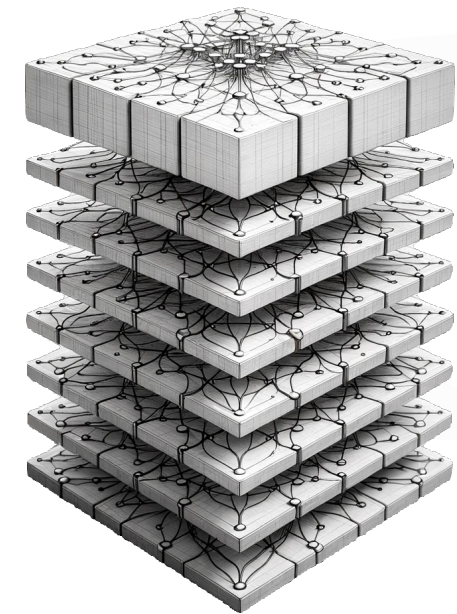
- Wir stehen auf einem Berg des Wissens
- Wir arbeiten in riesigen Gruppen zusammenn
- Wir denken nicht von Natur aus wissenschaftlich, aber wir können es lernen



Rechenmaschinen

Evolution of Intelligence

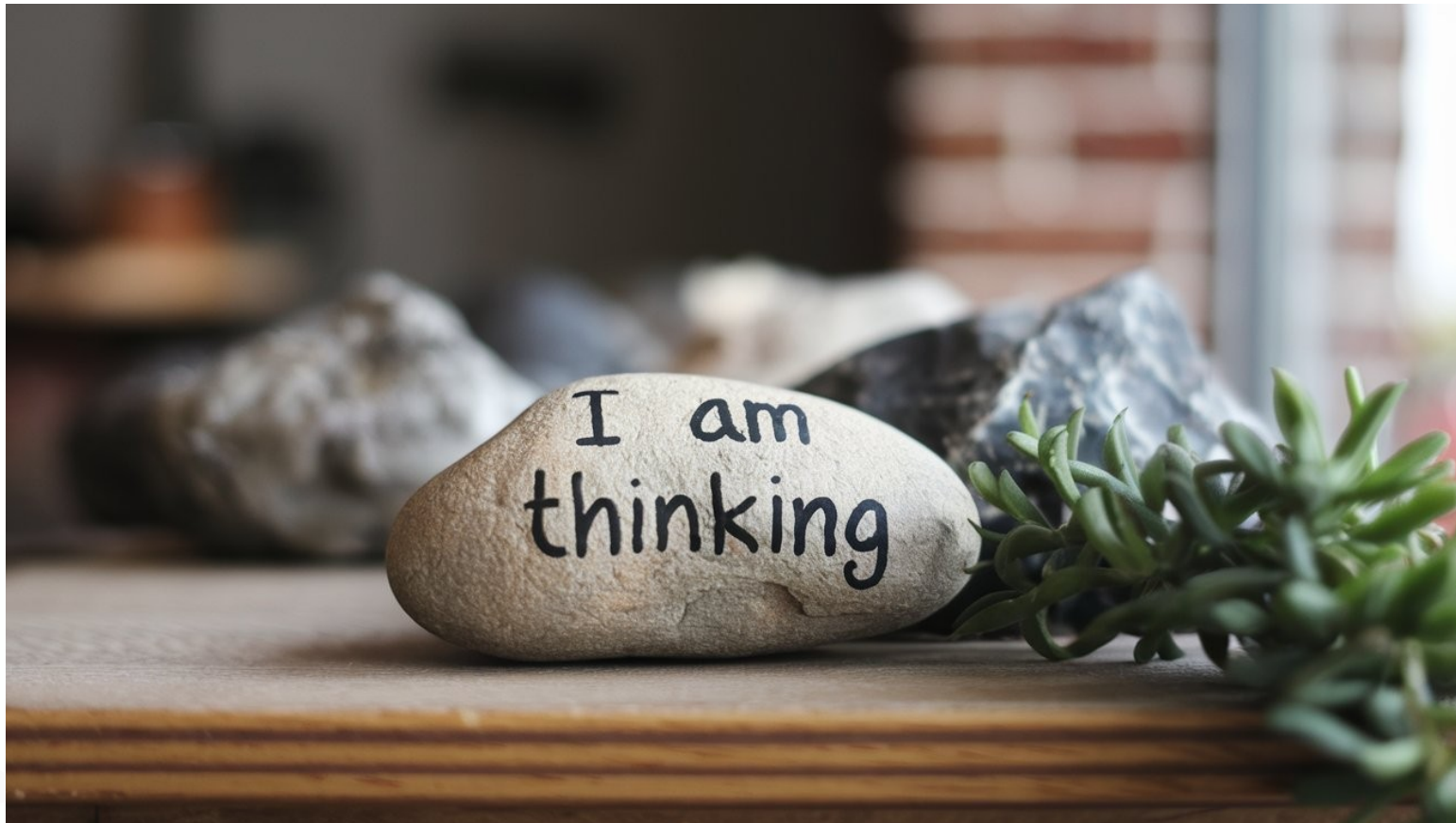
- Wir stehen auf einem Berg des Wissens
- Wir arbeiten in riesigen Gruppen zusammenn
- Wir denken nicht von Natur aus wissenschaftlich, aber wir können es lernen



Denkmaschinen

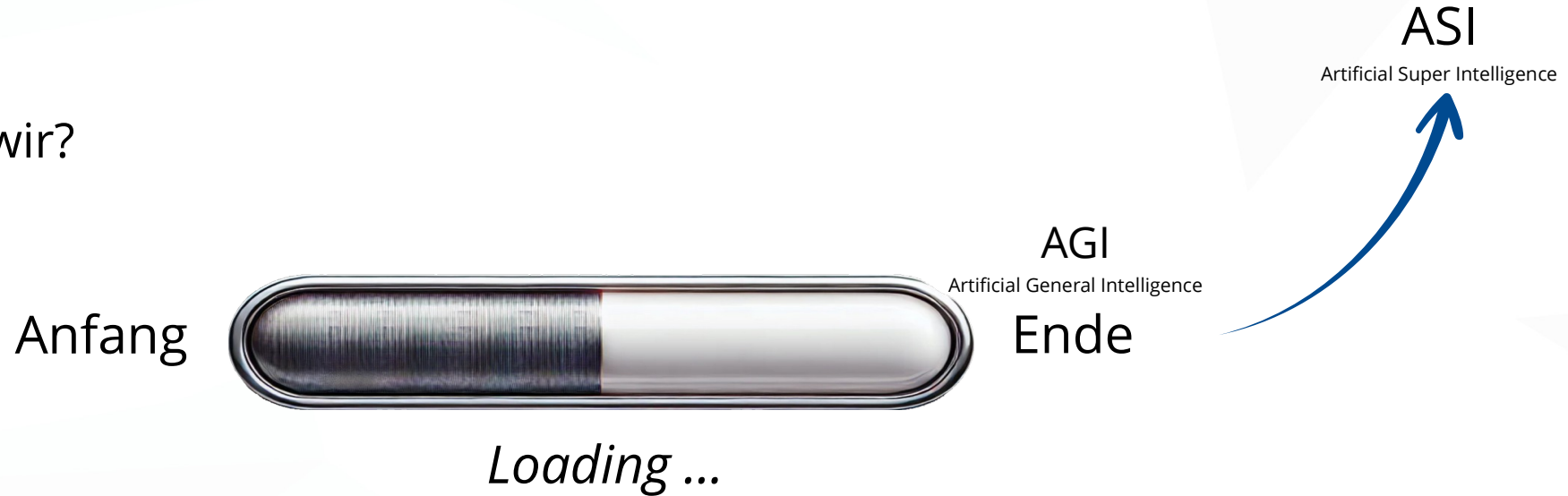
KI - Ein künstliches Gehirn

Douglas Hofstadter: *"Brain is a hunk of matter that obeys physical law and the computer can simulate anything..."*



KI - Ein künstliches Gehirn

Wo stehen wir?



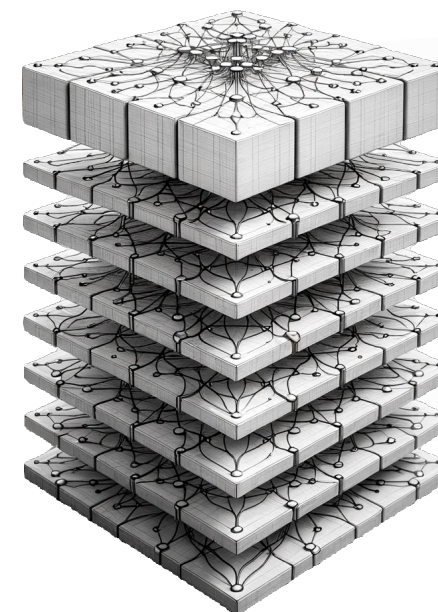
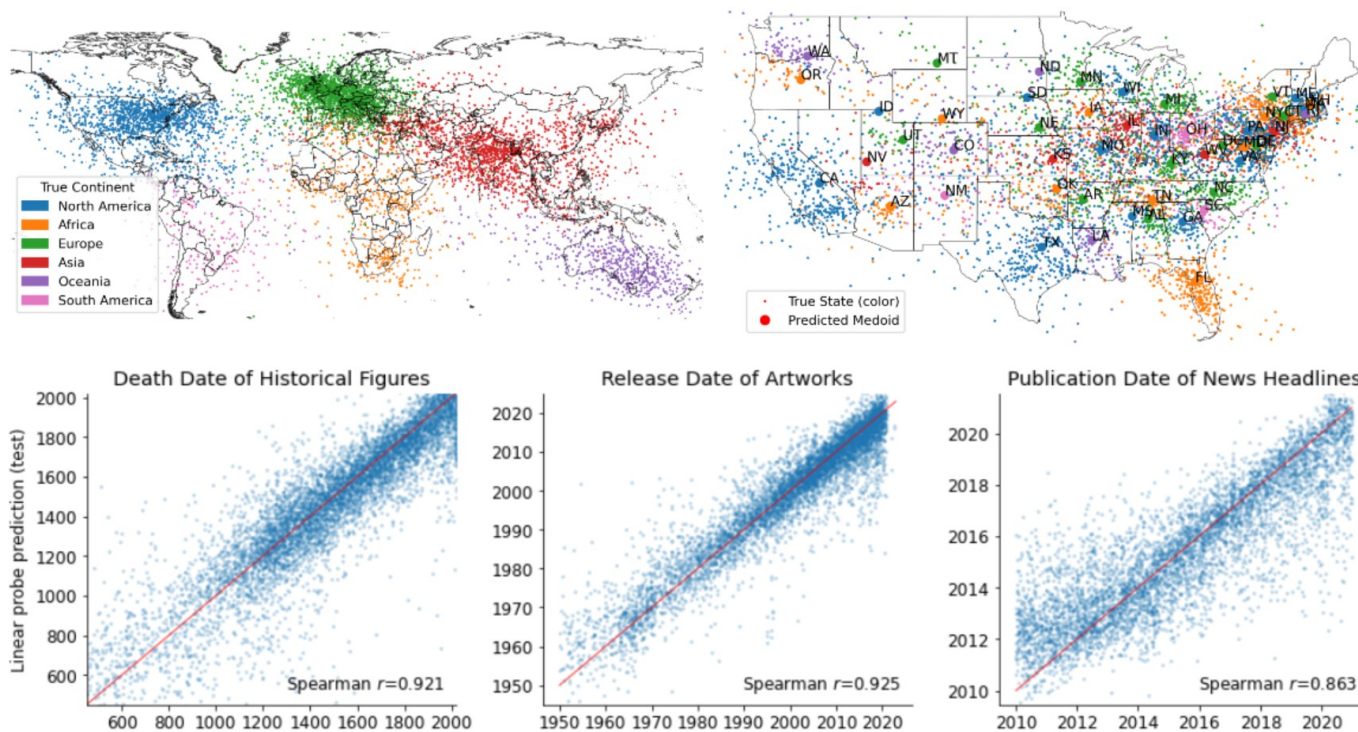
Warum wissen wir nicht das **Wo** und **Wann**?

- Gehirn ist nicht ganz verstanden
- KI Systeme sind nicht ganz verstanden

KI-Engines (LLMs)

Large Language Models (LLMs) ...

- konstruieren ein Weltmodell ([1])



KI-Engines (LLMs)

Large Language Models (LLMs) ...

- konstruieren ein Weltmodell ([1] [2])

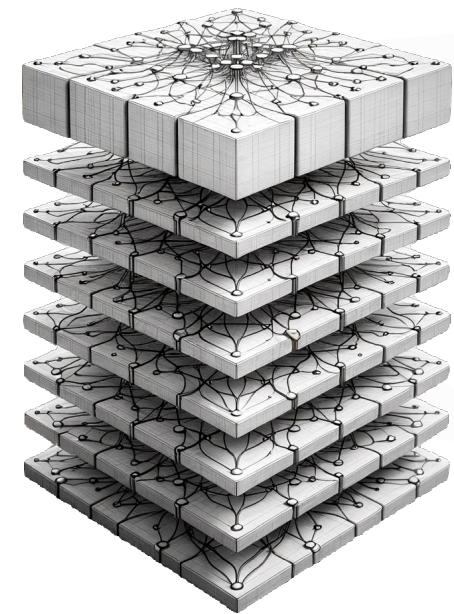
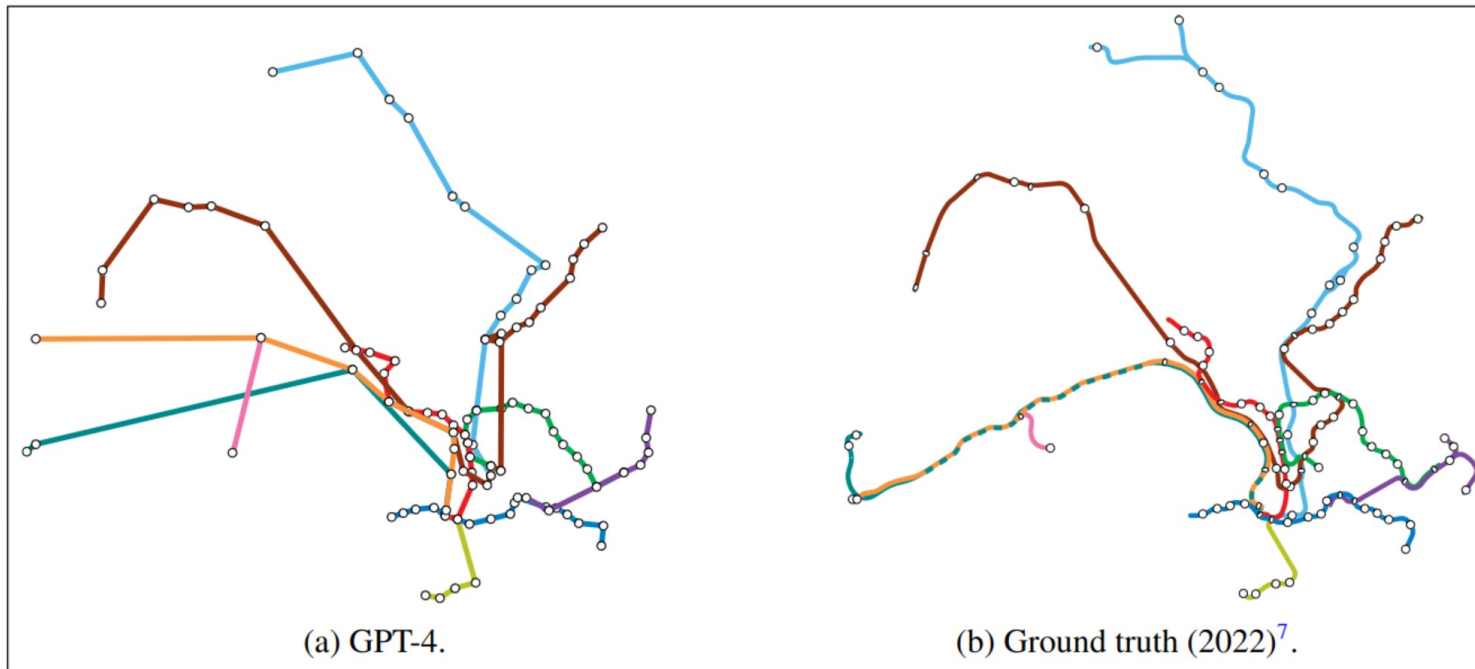
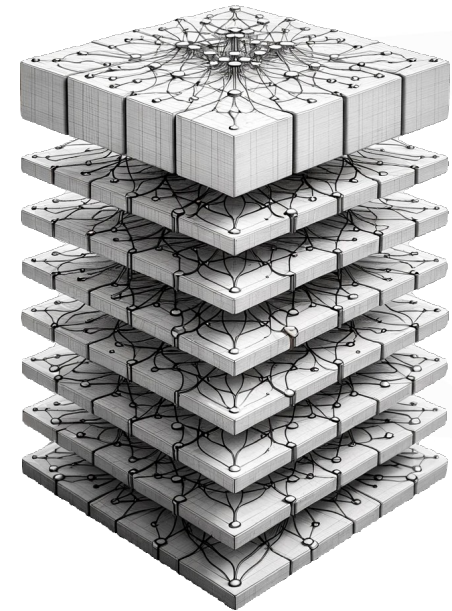


Figure 9: **Hong Kong Mass Transit Railway (MTR) Network Map.**

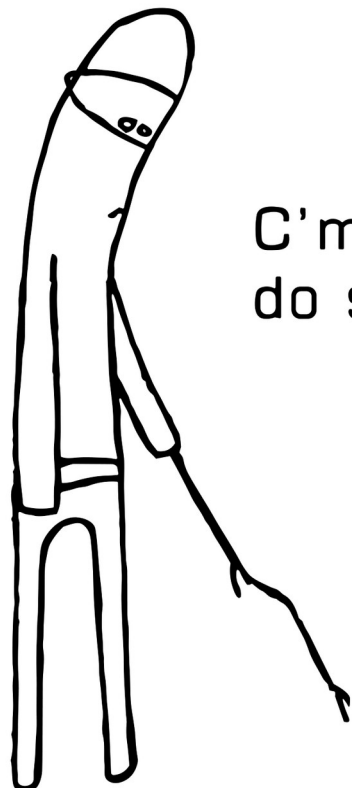
KI-Engines (LLMs)

Large Language Models (LLMs) ...

- konstruieren ein Weltmodell ([1] [2])
- treffen alleine Entscheidungen
- Sprechen unsere Sprache ([1])



LLMs erklärt



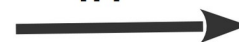
C'mon,
do something...



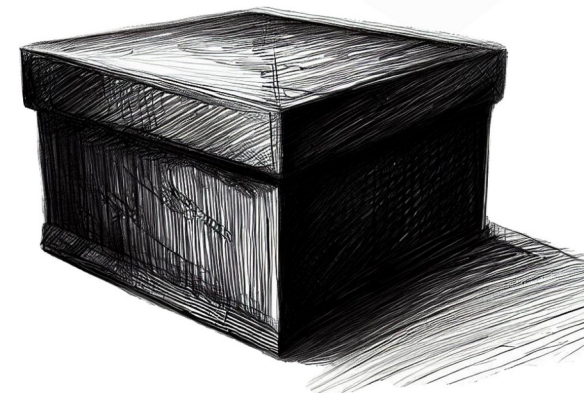
ChatGPT



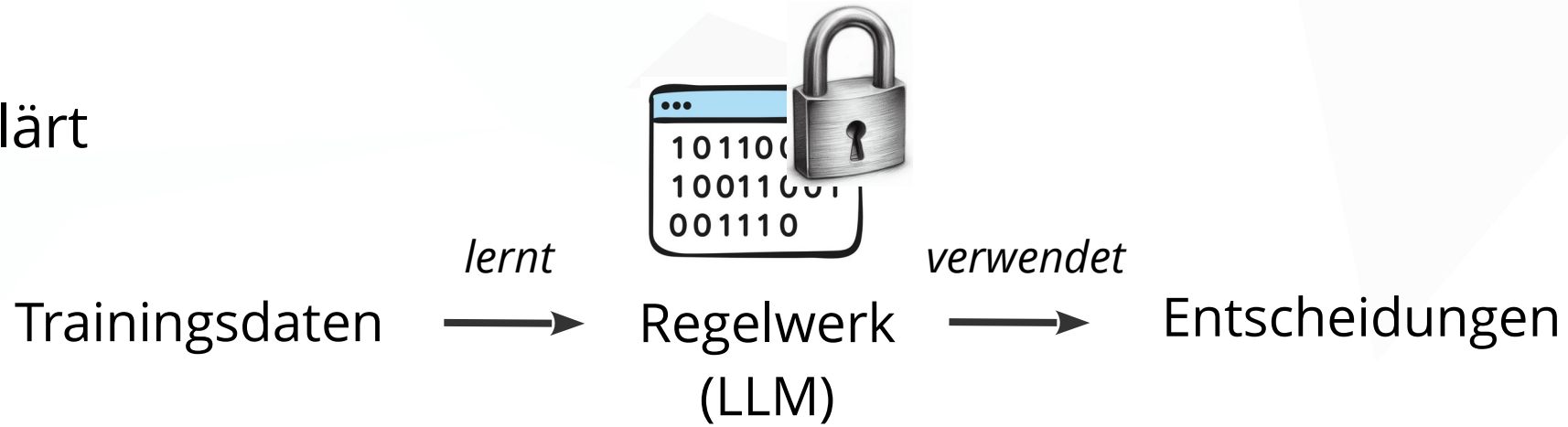
in



out



LLMs erklärt



Training

Inferenz



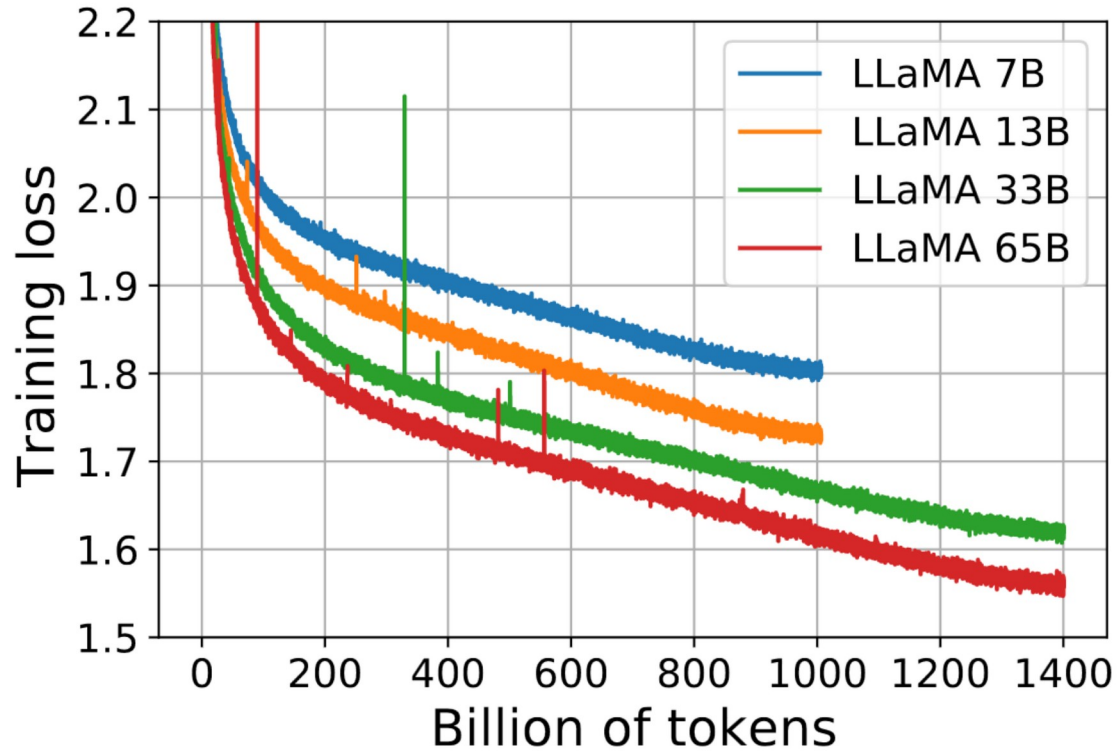
Ziel: next word prediction

Vorgehen: Kompression durch Abstraktion

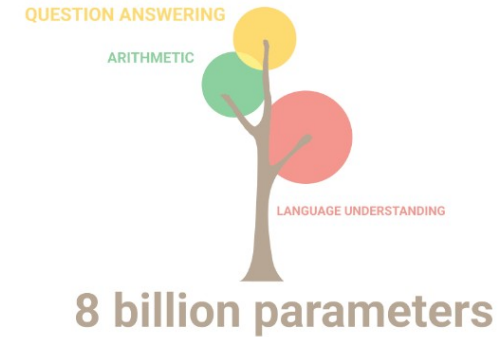
„prediction operationalizes understanding“

LLMs erklärt

Training



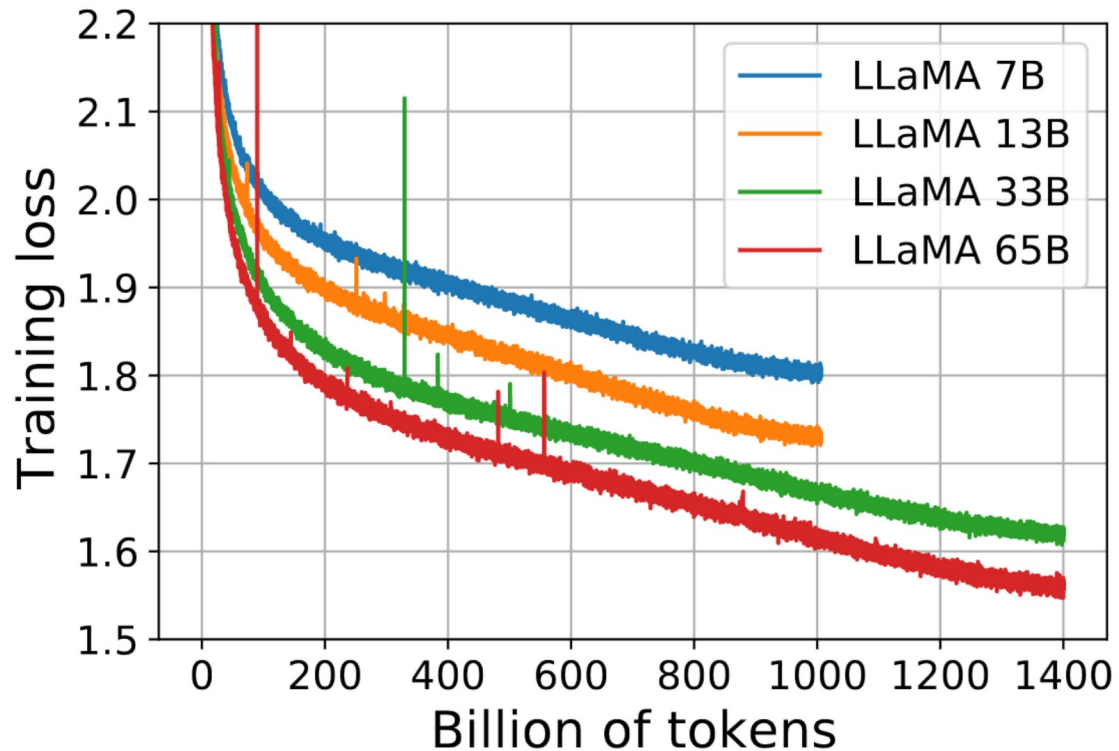
Inferenz



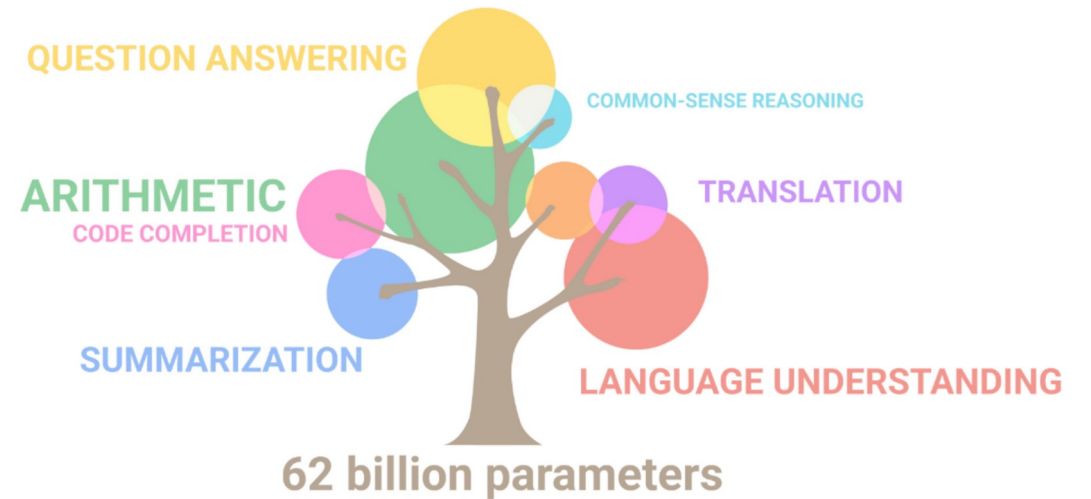
„prediction operationalizes understanding“

LLMs erklärt

Training



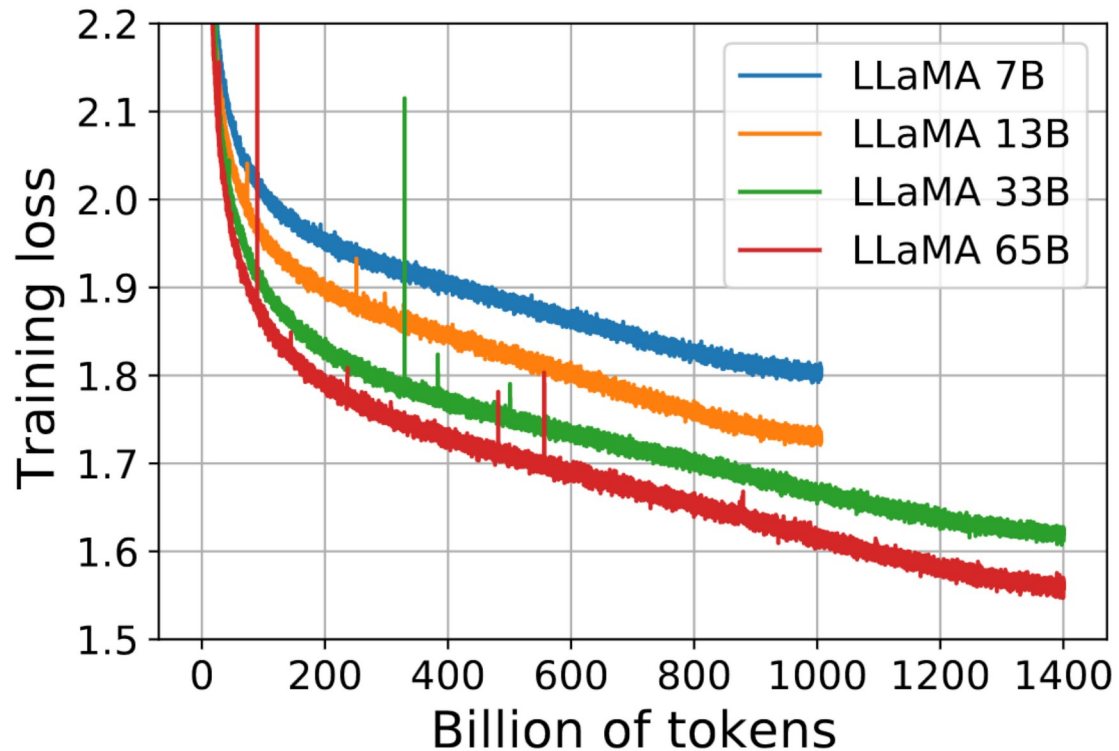
Inferenz



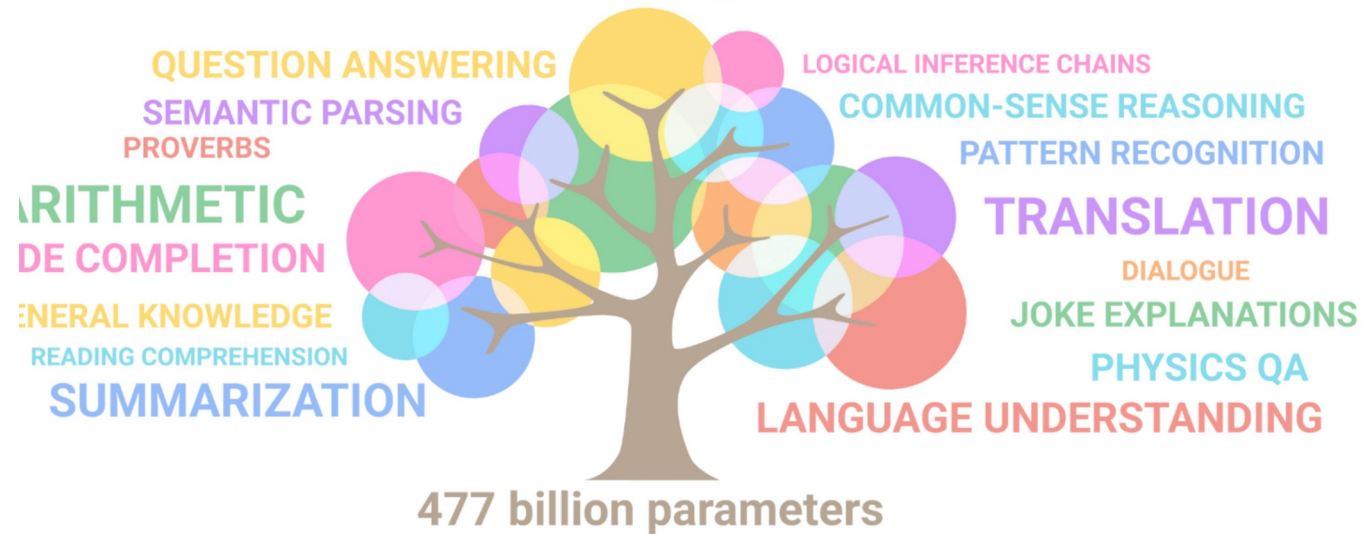
„prediction operationalizes understanding“

LLMs erklärt

Training

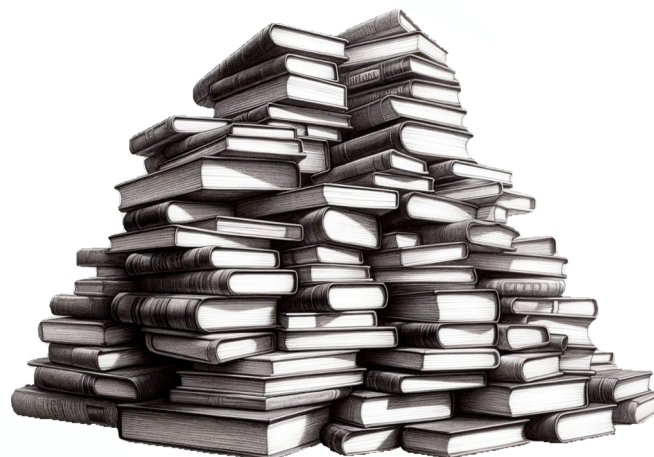
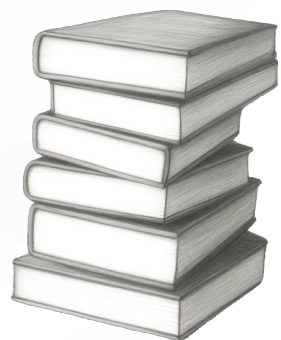


Inferenz



„prediction operationalizes understanding“

LLM State of the Art



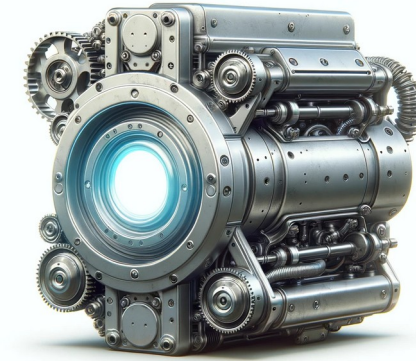
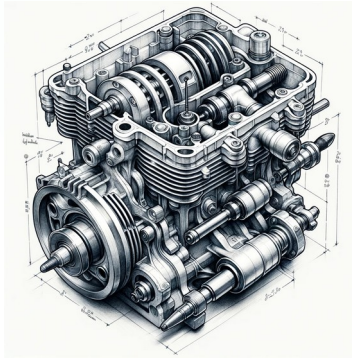
10 Billionen Wörter = 50 TB



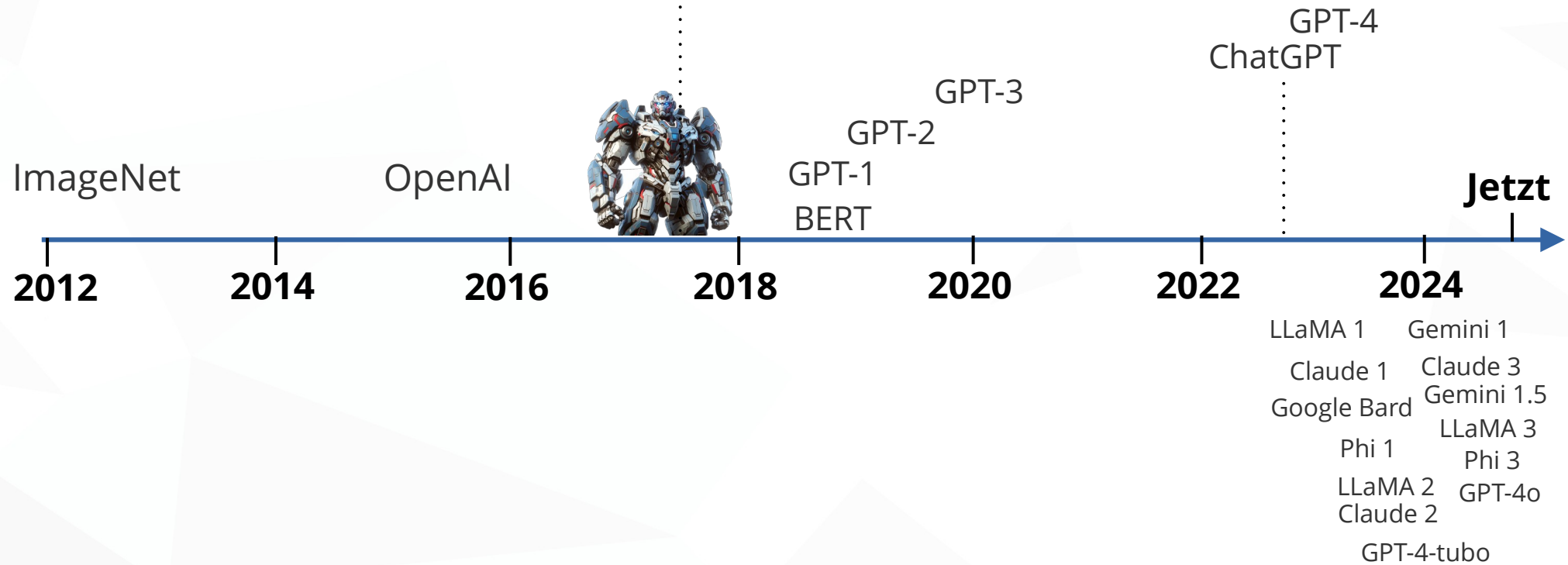
1760 Mrd Parameter
(8x220 - Mixture of Experts)

(≈ 6.41 TB)

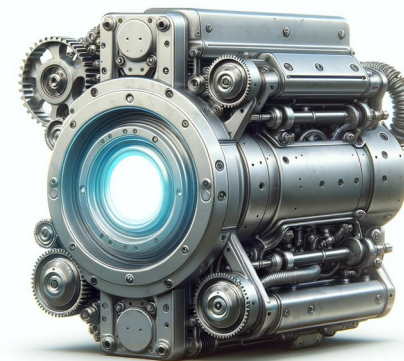
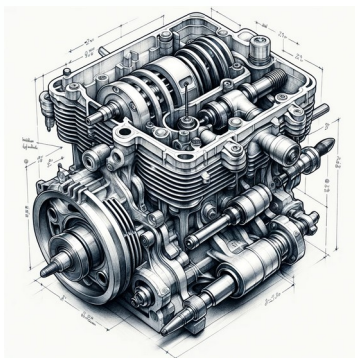
LLM Timeline



„Attention is all you need“
Transformer



LLM Timeline



„Attention is all you need“
Transformer

ImageNet

OpenAI

ChatGPT

Jetzt

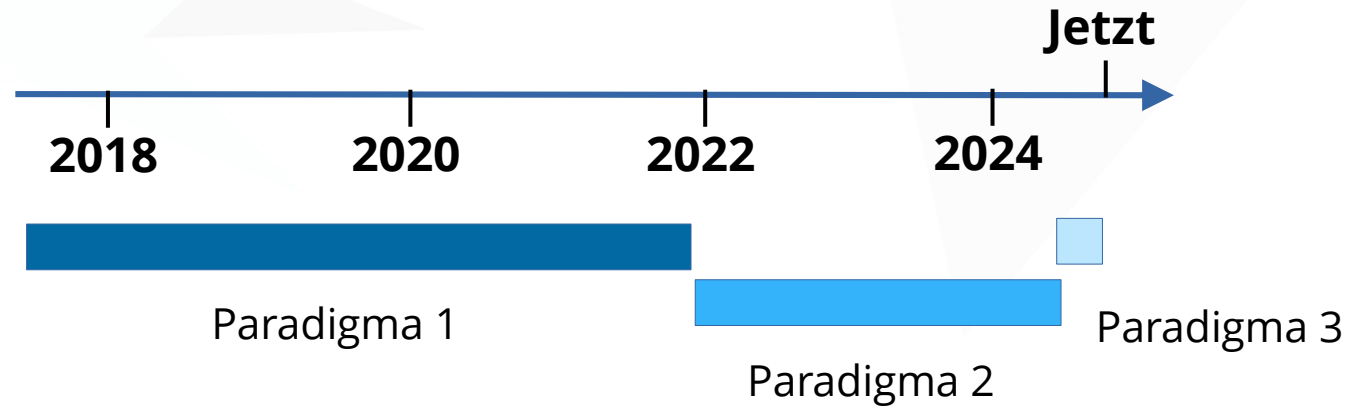


Paradigma 1

Paradigma 2

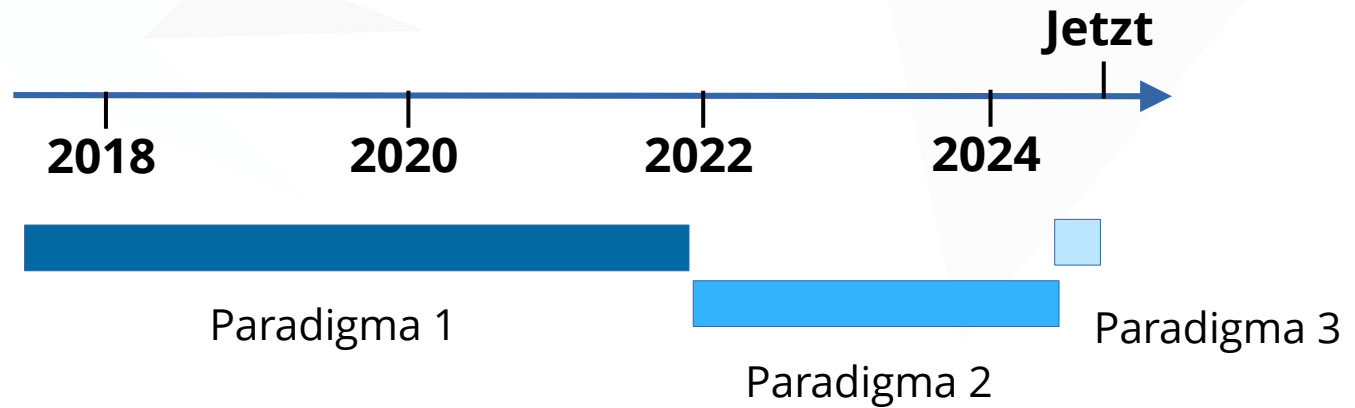
Paradigma 3

LLM Timeline



- Paradigma 1:
 - next word prediction
 - optimiert auf **wahrscheinlichsten Output**
- Paradigma 2:
 - Reinforcement Learning by Human Feedback (RLHF)
 - optimiert auf **bevorzugten Output**

LLM Timeline

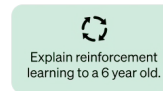


- Paradigma 1:
 - next word prediction
 - optimiert auf **wahrscheinlichsten Output**
- Paradigma 2:
 - Reinforcement Learning by Human Feedback (RLHF)
 - optimiert auf **bevorzugten Output**

Step 1

Collect demonstration data and train a supervised policy.

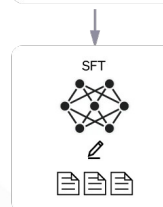
A prompt is sample from our prompt dataset.



A labeler demonstrates the desired output behavior.



This data is used to fine-tune GPT-3.5 with supervised learning.



Step 2

Collect comparison data and train a reward model.

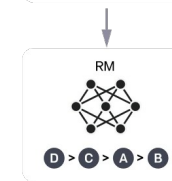
A prompt and several model outputs are sampled.



A labeler ranks the outputs from best to worst.



This data is used to train our reward model.



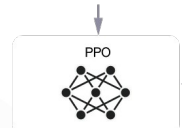
Step 3

Optimize a policy against the reward model using the PPO reinforcement learning algorithm.

A new prompt is sampled from the dataset.



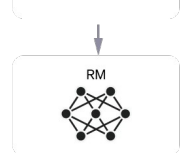
The PPO model is initialized from the supervised policy.



The policy generates an output.



The reward model calculates a reward for the output.

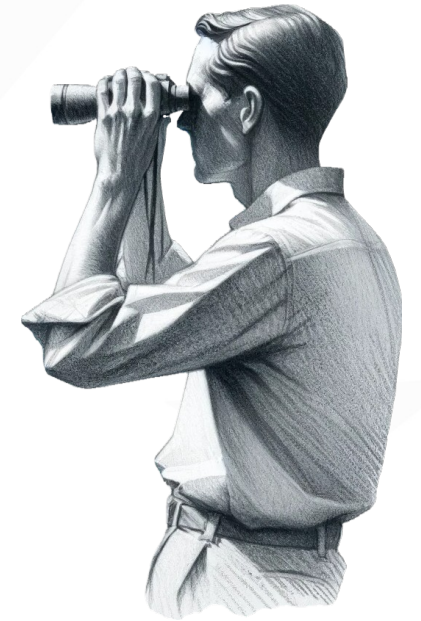


The reward is used to update the policy using PPO.




LLM vs Gehirn – Beobachtungen

- LLMs sind die ersten KI-Systeme, die universell funktionieren
- Ihre Fähigkeiten waren überraschend
- machen (für uns) einfachste Fehler



ST **You**
give me a fruit name with 5 letters that contains the letter x


 **ChatGPT**
A fruit name with 5 letters containing the letter 'x' is "mango".


LLM vs Gehirn – Beobachtungen


- LLMs sind die ersten KI-Systeme, die universell funktionieren
- Ihre Fähigkeiten waren überraschend
- machen (für uns) einfachste Fehler




A → B


 Who is Tom Cruise's mother?


 Tom Cruise's mother is Mary Lee Pfeiffer [...]



B → A

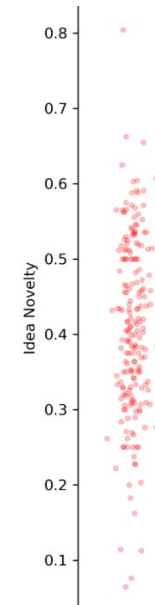
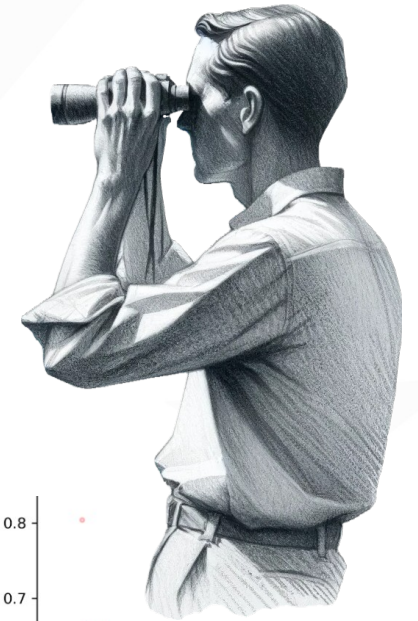
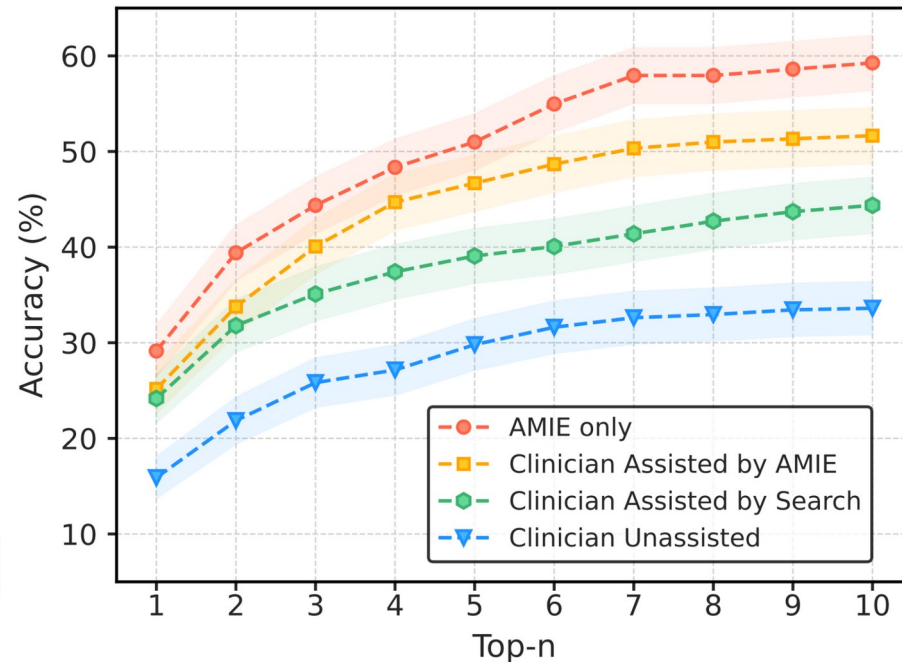
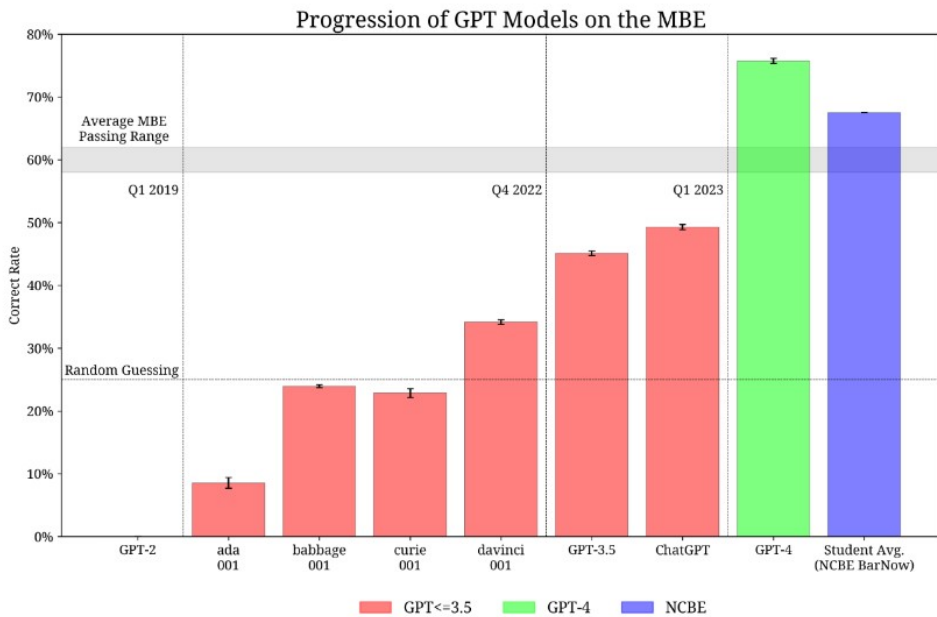
 Who is Mary Lee Pfeiffer's son?

 As of [...] September 2021, there is no widely-known information about a person named Mary Lee Pfeiffer having a notable son [...]



LLM vs Gehirn – Beobachtungen

- LLMs sind die ersten KI-Systeme, die universell funktionieren
- Ihre Fähigkeiten waren überraschend
- machen (für uns) einfachste Fehler
- sind uns in manchen Bereichen weit überlegen



35 of 40

Figure 1. Progression of Recent GPT Models on the Multistate Bar Exam (MBE)

Source: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4389233

Source: https://blog.research.google/2024/01/amie-research-ai-system-for-diagnostic_12.html

Source: <https://mackinstitute.wharton.upenn.edu/wp-content/uploads/2023/08/LLM-Ideas-Working-Paper.pdf>

LLM vs Gehirn – Beobachtungen

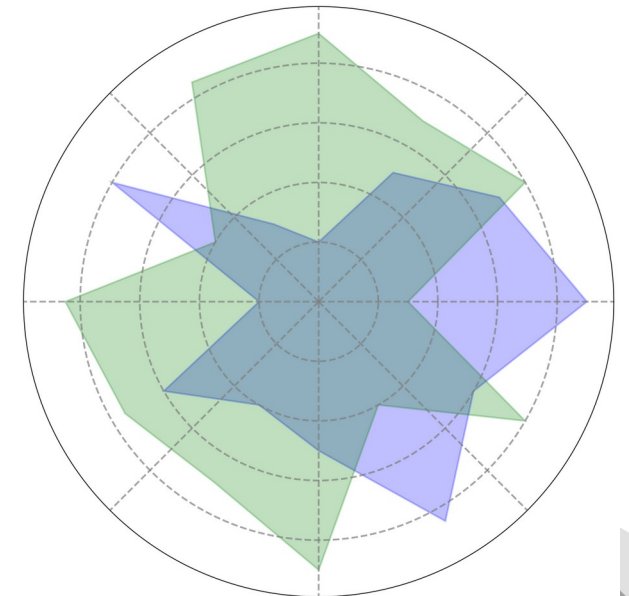
- LLMs sind die ersten KI-Systeme, die universell funktionieren
- Ihre Fähigkeiten waren überraschend
- machen (für uns) einfachste Fehler
- sind uns in manchen Bereichen weit überlegen
- gut bei Wissensfragen
- (noch) **schlecht** im „*langsamen Denken*“
- brauchen viel mehr Beispiele um etwas zu lernen



LLM vs Gehirn – Beobachtungen

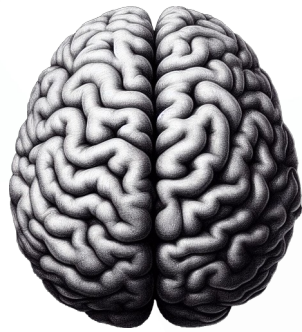
- LLMs sind die ersten KI-Systeme, die universell funktionieren
- Ihre Fähigkeiten waren überraschend
- machen (für uns) einfachste Fehler
- sind uns in manchen Bereichen weit überlegen
- gut bei Wissensfragen
- (noch) **schlecht** im „*langsamen Denken*“
- brauchen viel mehr Beispiele um etwas zu lernen

→ Fähigkeiten von LLMs und Gehirn überlappen sich

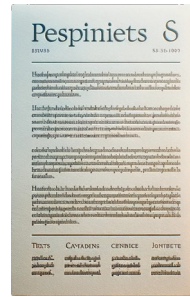


LLM vs. Gehirn

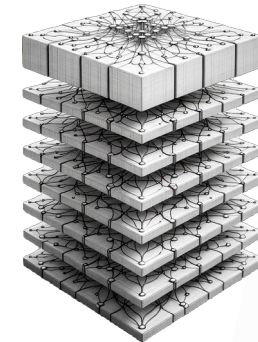
LLMs lernen unsere Konzepte / Modelle nur indirekt über Text



language of thought



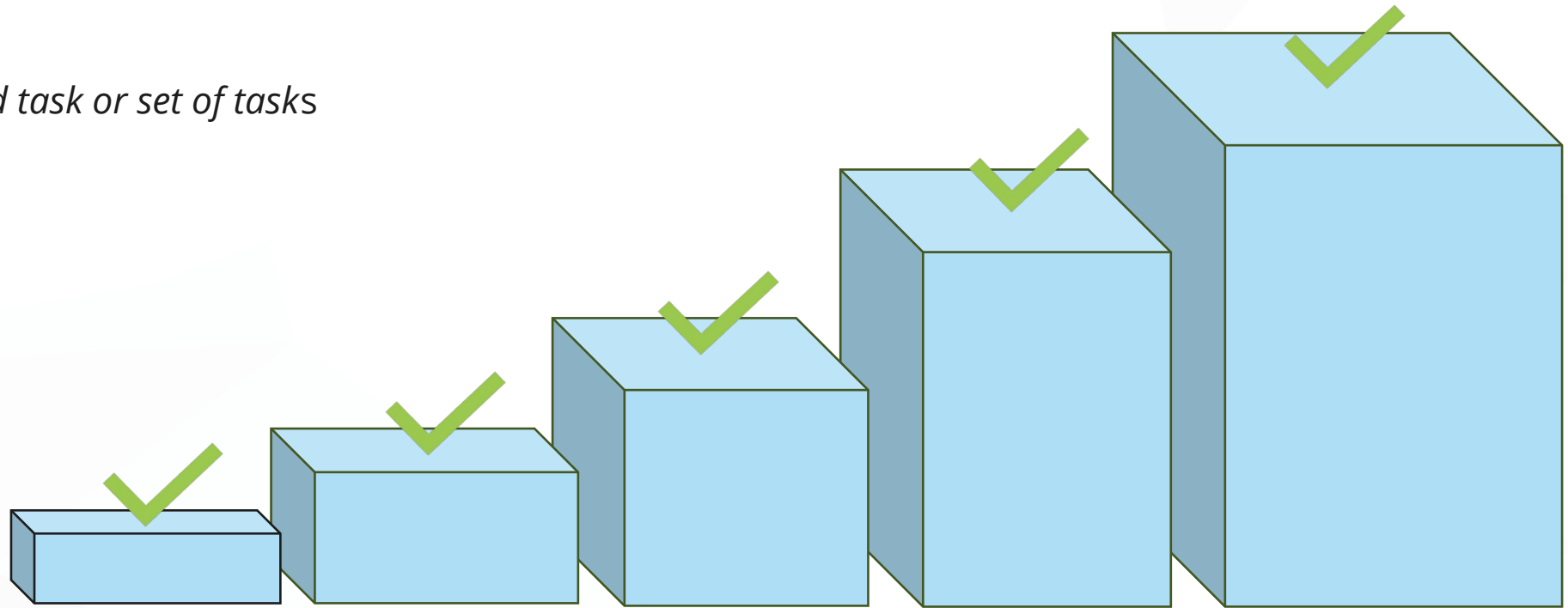
text



LLM

LLM – Fähigkeiten

Narrow AI
clearly scoped task or set of tasks



Level 0:
No AI

Level 1:
Emerging

Level 2:
Competent

Level 3:
Expert

Level 4:
Virtuoso

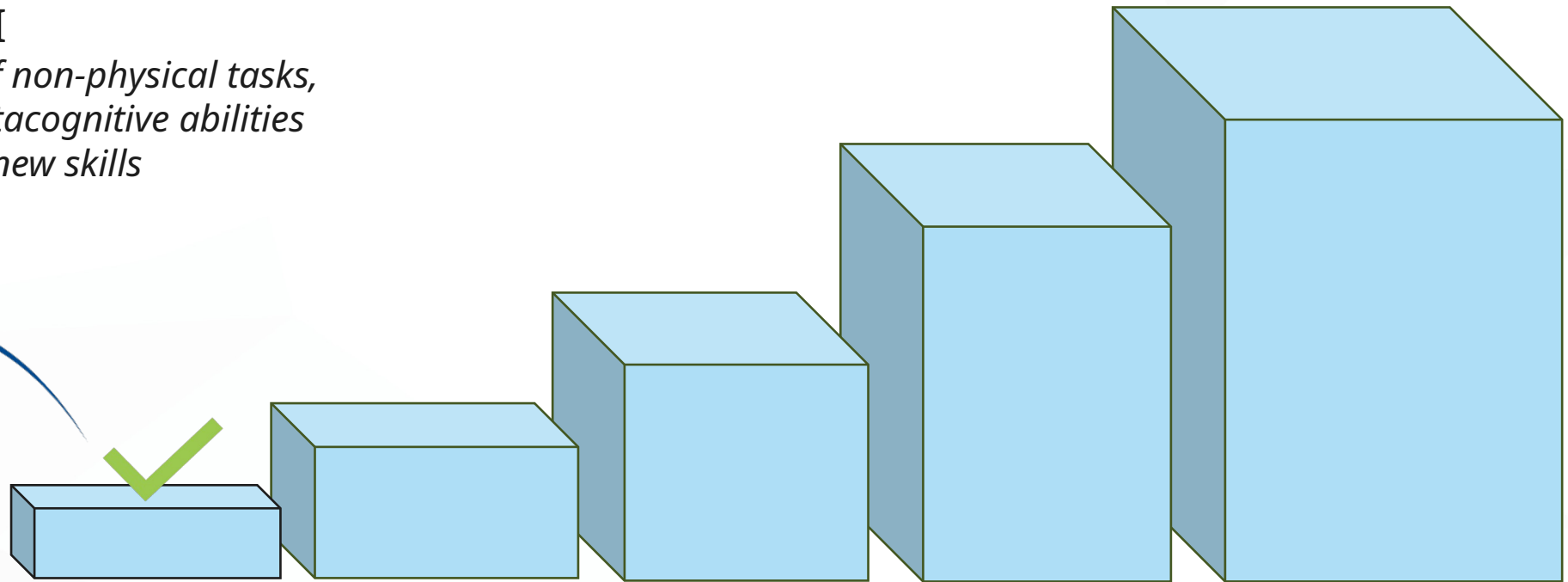
Level 5:
Superhuman

LLM – Fähigkeiten

General AI
*wide range of non-physical tasks,
including metacognitive abilities
like learning new skills*



*virtueller
Praktikant*



Level 0:
No AI

Level 1:
Emerging

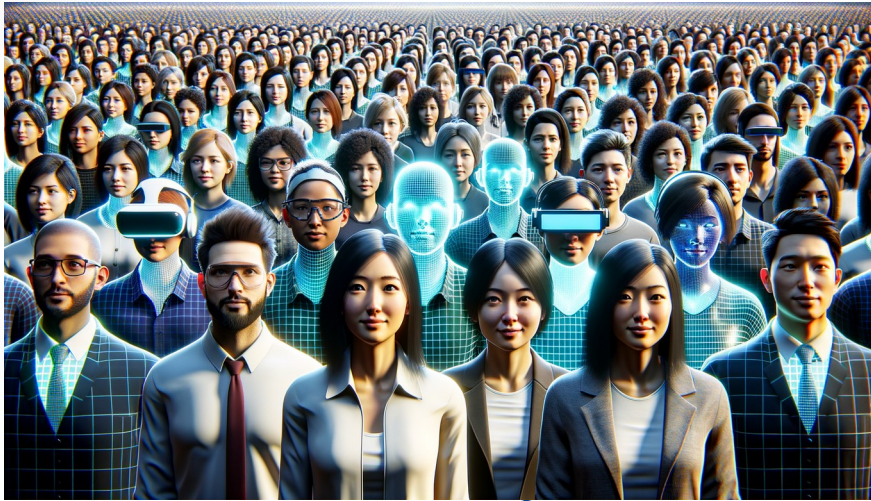
Level 2:
Competent

Level 3:
Expert

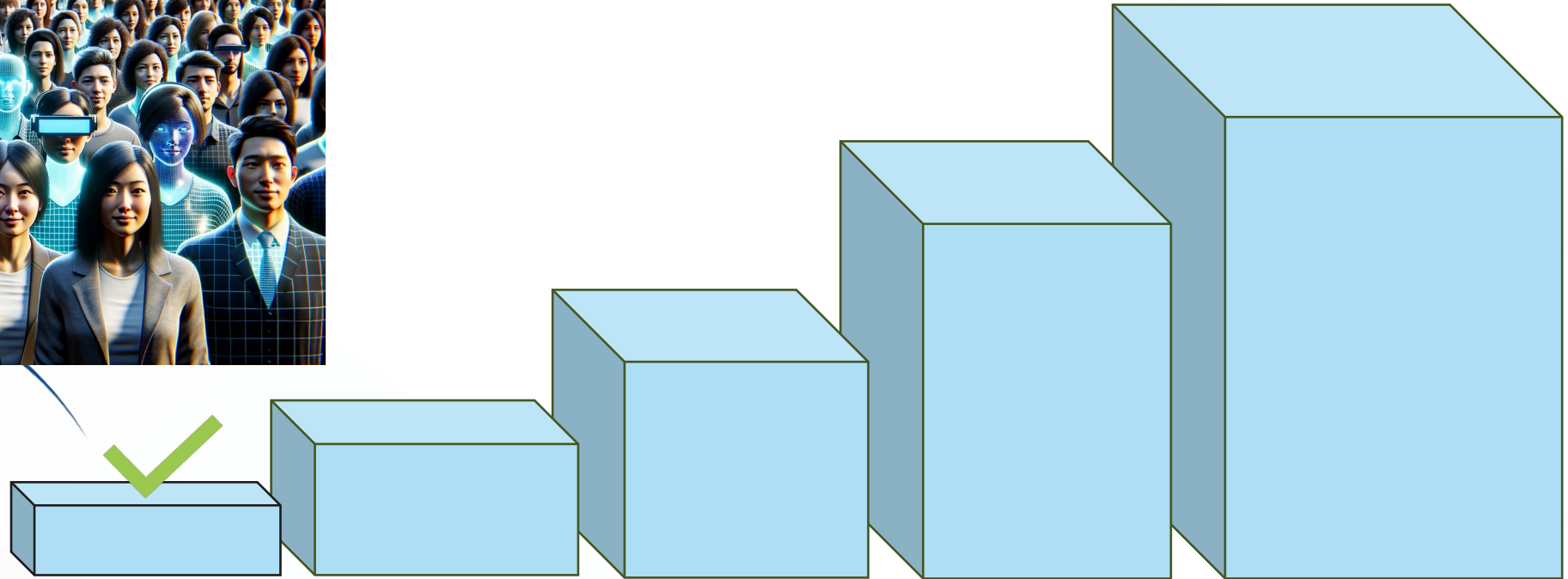
Level 4:
Virtuoso

Level 5:
Superhuman

LLM – Fähigkeiten



*virtueller
Praktikant*



Level 0:
No AI

Level 1:
Emerging

Level 2:
Competent

Level 3:
Expert

Level 4:
Virtuoso

Level 5:
Superhuman

LLM – Fähigkeiten

- Wie können wir Fähigkeiten quantifizieren?

Benchmarks:

- COPA (Choice of Possible Alternatives) ✓ 2020
- SWAG (Situations With Adversarial Generations) ✓ 2021
- WINOGrade (common sense reasoning) ✓ 2022
- MMLU (Schul-, Uni-, Zulassungsprüfungen) ✓ 2023
- BigBenchHard (Tasks that computer are bad at)
- GAIA (A Benchmark for General AI Assistants)
- GPQA (Google Proof Q&A)

LLM – Fähigkeiten

- Wie können wir Fähigkeiten quantifizieren?

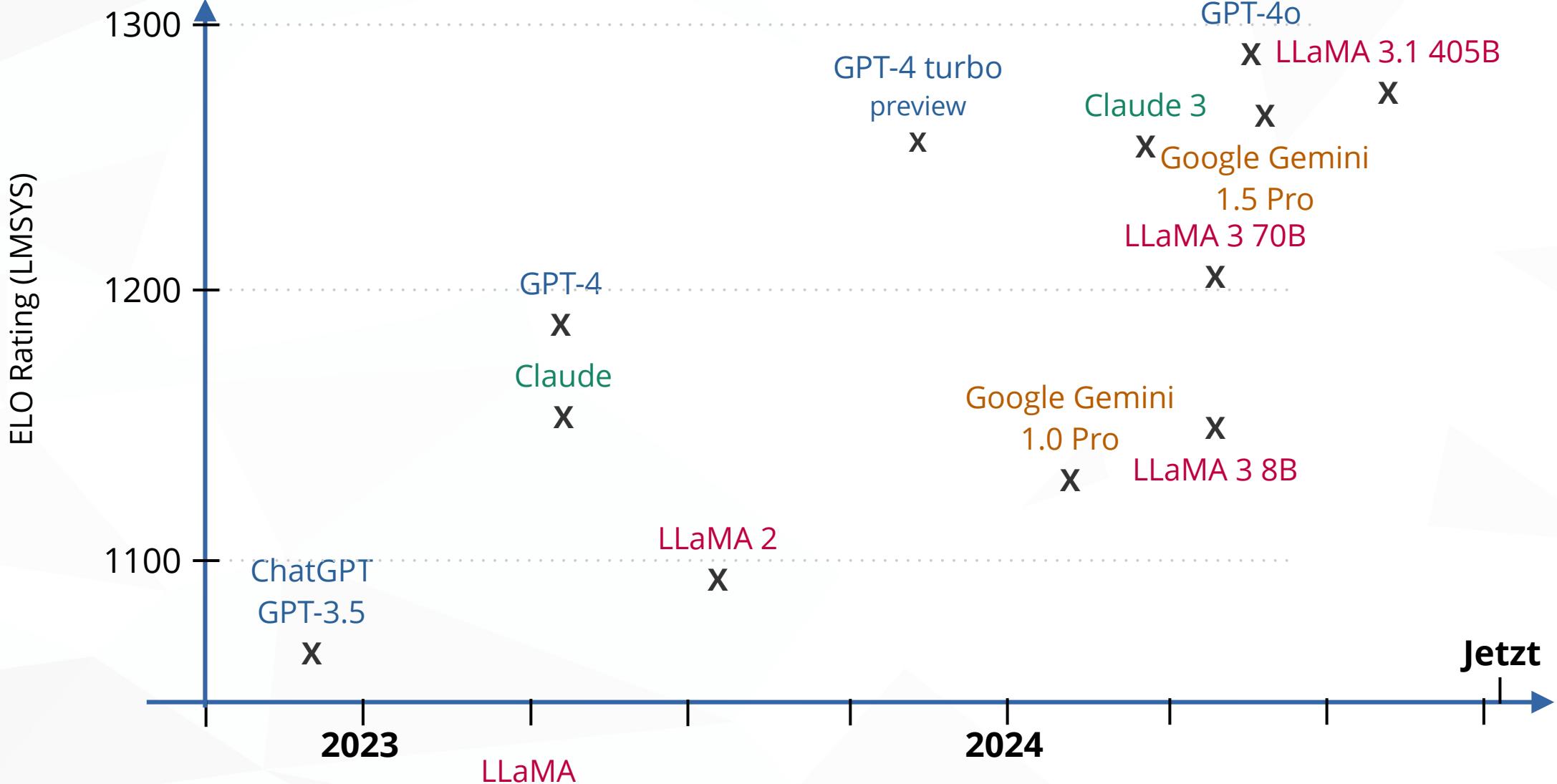
The image shows a side-by-side comparison of two LLM responses to a math problem. The problem is: 'Ich hatte 12 Autos. Ich habe 3 davon gefahren. Wie viele Autos habe ich jetzt?' (I had 12 cars. I drove 3 of them. How many cars do I have now?).

Model A: 'Du hast immer noch 12 Autos. Das Fahren der Autos ändert nichts an der Anzahl der Autos, die du besitzt.' (You still have 12 cars. Driving cars does not change the number of cars you own.)

Model B: 'Wenn Sie anfangs 12 Autos hatten und 3 davon gefahren sind, dann haben Sie jetzt noch 9 Autos übrig. Die Berechnung lautet: Ursprüngliche Anzahl Autos: 12, Abzüglich der gefahrenen Autos: -3, Verbleibende Anzahl Autos: $12 - 3 = 9$. Daher haben Sie nach dem Fahren von 3 Autos noch 9 Autos übrig.'

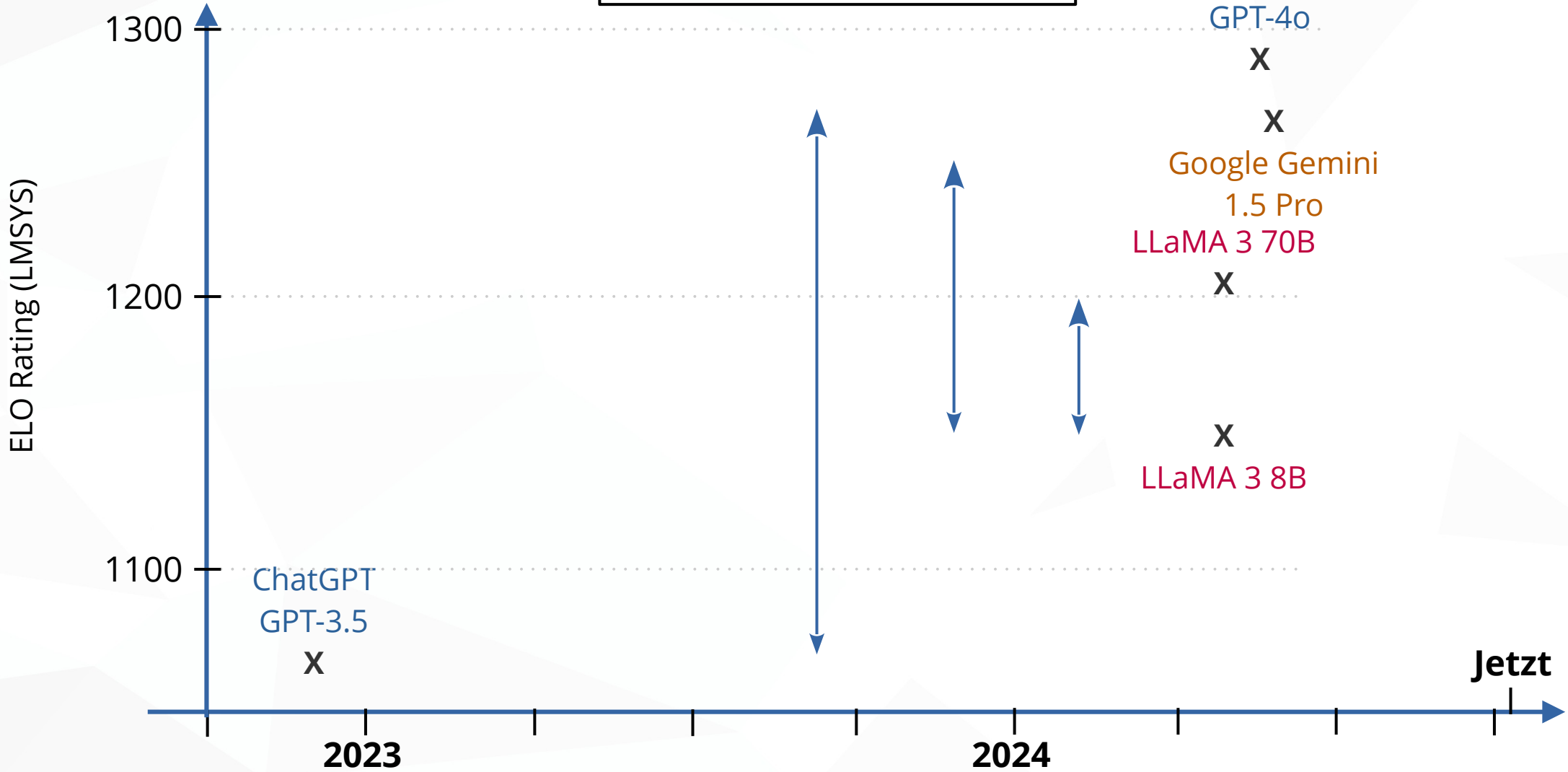
At the bottom, there are three buttons: 'A is better' (with a right arrow), 'B is better' (with a left arrow), and 'Tie' (with a tie symbol).

LLM – Fähigkeiten



LLM – Fähigkeiten

Δ 50 Punkte: 43% vs 57%
Δ 100 Punkte: 36% vs 64%
Δ 200 Punkte: 24% vs 76%



LLM – Fähigkeiten

ARC-Prize

EXAMPLES

Ex.1 Input (7x7) → Ex.1 Output (7x7)

Ex.2 Input (7x7) → Ex.2 Output (7x7)

TEST

Input (7x7) → Output (7x7)

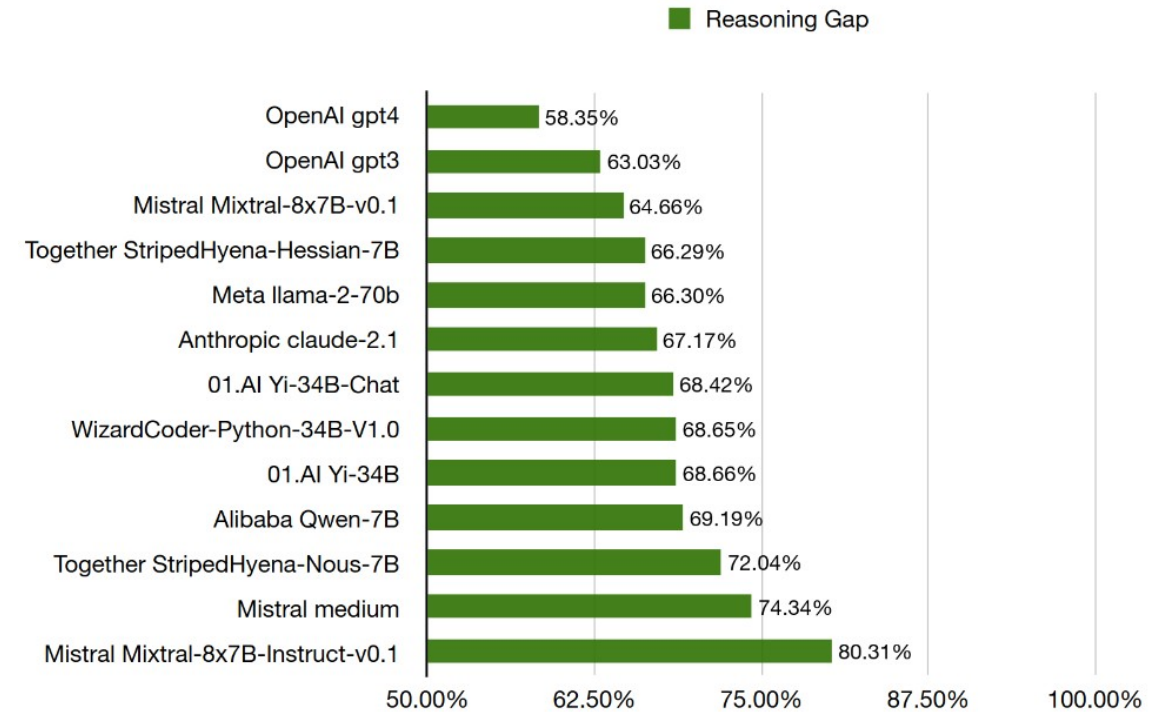
1. Configure your output grid:
Copy from input Reset

2. Click to select a color:

Quelle: <https://arcprize.org/>

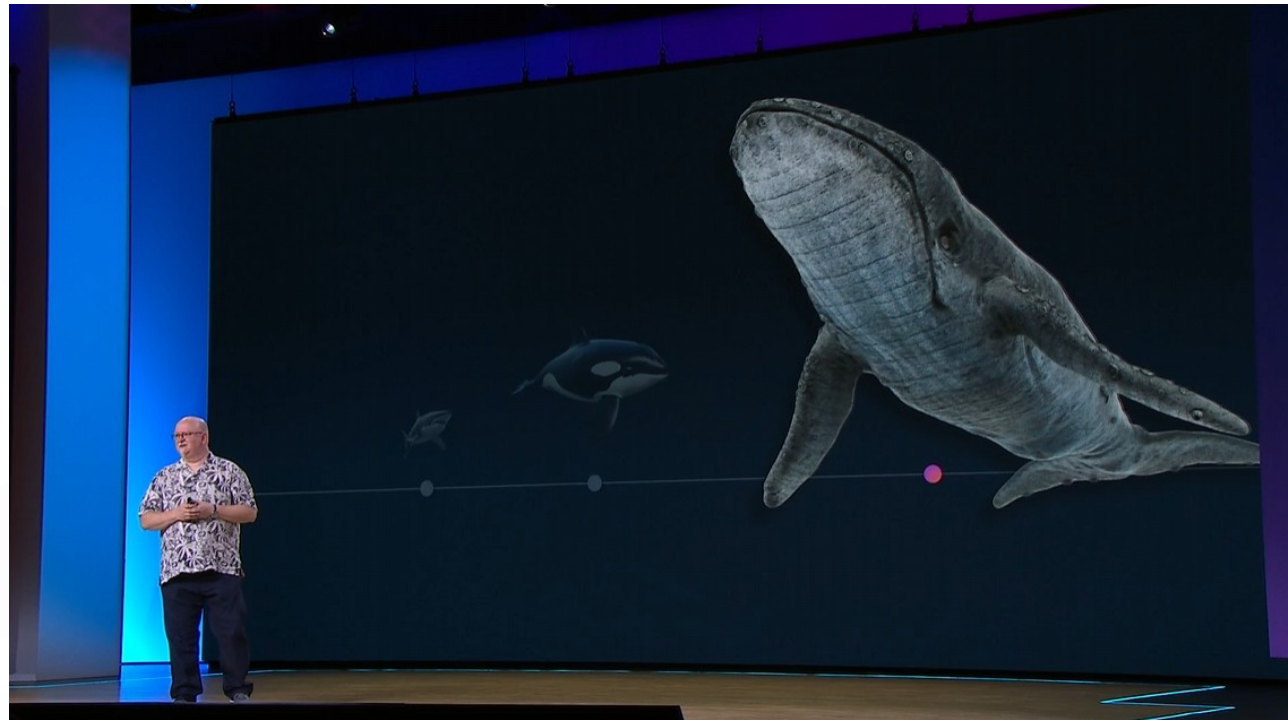
Getting 50% (SoTA) on ARC-AGI with GPT-4o [[quelle](#)]

Reasoning Gap



Quelle: <https://arxiv.org/pdf/2402.19450c>

LLMs - Der Blick nach vorne



Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=2bnayWpTpW8&t=7548s>



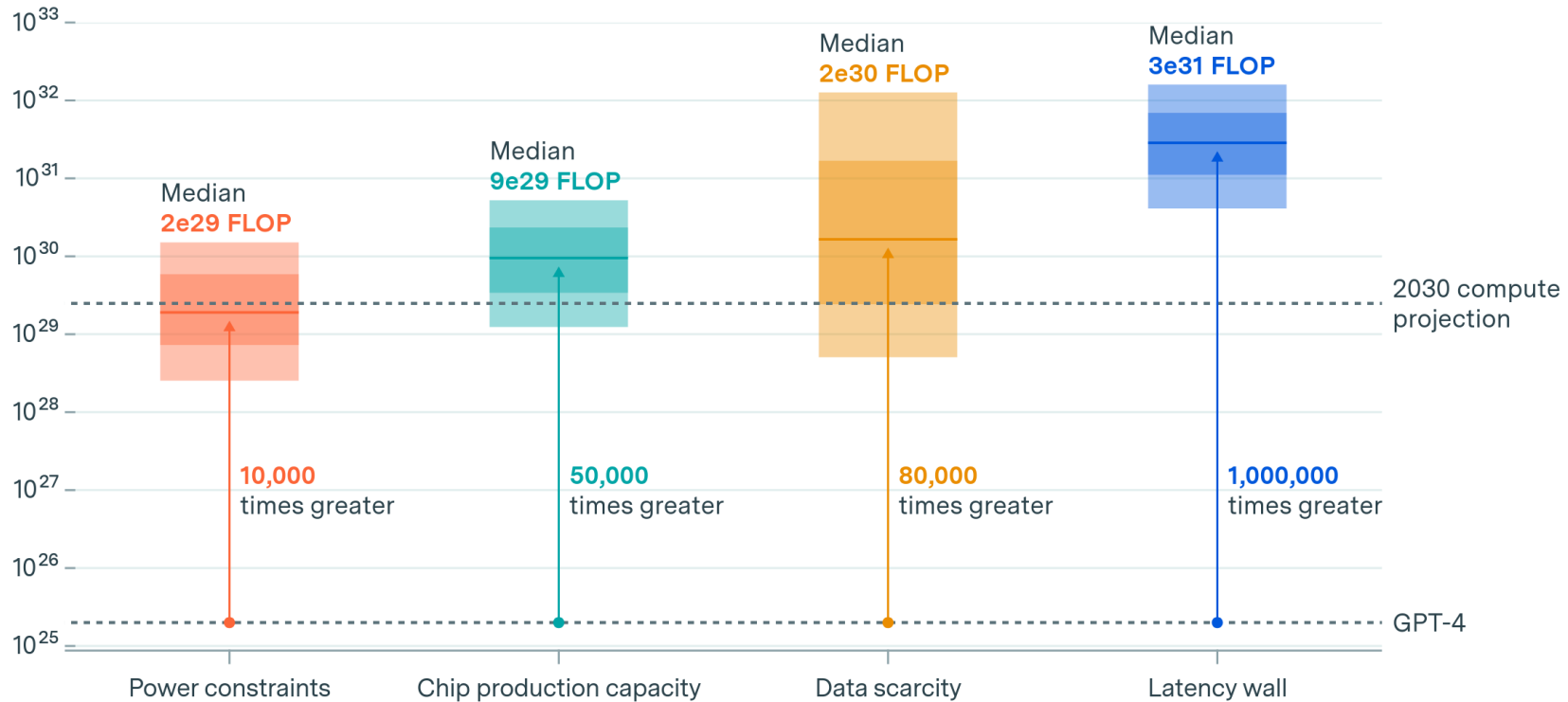
100 Milliarden US-Dollar Rechenzentrum bis 2030

LLMs - Der Blick nach vorne



Constraints to scaling training runs by 2030

Training compute (FLOP)



Quelle: <https://epochai.org/blog/can-ai-scaling-continue-through-2030>

LLMs - Der Blick nach vorne

Neue LLM-Architektur?

JEPA: Joint Embedding and Predictive Architecture

- Yann LeCuns Projekt [1]
- Predicting embeddings
- Effizienter Lernen & höhere Performance

Mamba [2]:

- Advanced State-Space Model (aufgeborte RNNs)
- Hardware optimization
- Fast inference & linear scaling

StripedHyena [3]:

- Advanced State-Space Model (aufgeborte RNNs)
- mixture of recurrent blocks and multihead attention blocks
- Fast inference & linear scaling

xLSTM [4]:

- Kombinieren von sLSTM und mLSTM Zellen
- Überwindet Nachteile von LSTM (Parallelisierung)
- höhere Performance & lineare Skalierung

KAN [5]:

- Kolmogorov–Arnold Networks
- Ersetzt fixe Aktivierungsfunktionen durch lernbare
- Höhere Performance & leichter interpretierbar

LFS [6]:

- Liquid Foundation Models



Neue Ansätze müssen noch zeigen, dass sie skaliert besser sind als Transformer

LLMs - Der Blick nach vorne

- Daten
- Modellgröße
- System 2 Denken (Reasoning)

LLMs - Der Blick nach vorne

- Daten

- 1) Qualität erhöhen
- 2) Synthetische Daten
- 3) Verifikation
- 4) Self-Play

- Modellgröße

- System 2 Denken (Reasoning)

- Einkauf von Daten, z.B. Verträge mit Verlagshäusern
- Aufwändige Daten-Aufbereitungs-Pipelines

To ensure Llama 3 is trained on data of the highest quality, we developed a series of data-filtering pipelines. These pipelines include using heuristic filters, NSFW filters, semantic deduplication approaches, and text classifiers to predict data quality. We found that previous generations of Llama are surprisingly good at identifying high-quality data, hence we used Llama 2 to generate the training data for the text-quality classifiers that are powering Llama 3.

Quelle: <https://ai.meta.com/blog/meta-llama-3/>

LLMs - Der Blick nach vorne

- Daten

- 1) Qualität erhöhen
- 2) Synthetische Daten
- 3) Verifikation
- 4) Self-Play

- Modellgröße

- System 2 Denken (Reasoning)

- Uns gehen die Daten aus (*Blog*)

- Es funktioniert: *Textbooks Are All You Need*
→ Phi-1, Phi-2, Phi-3

- Warum?

- LLMs abstrahieren, abstrahierte Fähigkeiten auf andere Bereiche übertragen
- Schwelle mit GPT-4 überwunden
- Limit unbekannt

LLMs - Der Blick nach vorne

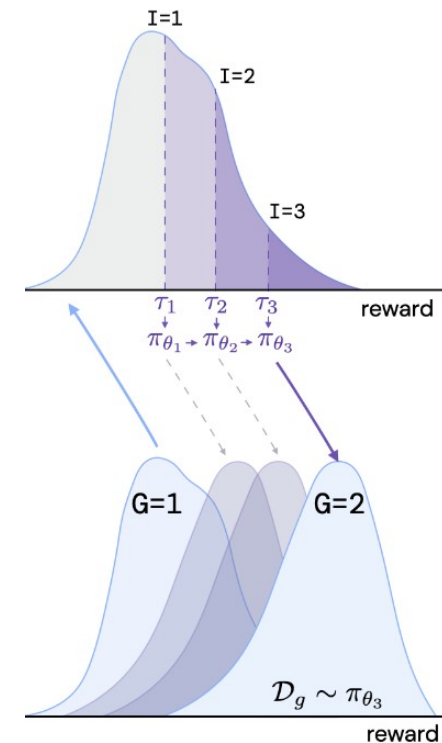
- Daten

- 1) Qualität erhöhen
- 2) Synthetische Daten
- 3) Verifikation
- 4) Self-Play

- Modellgröße

- System 2 Denken (Reasoning)

In manchen Domänen kann man Qualität messen (mit externen Systemen validieren)

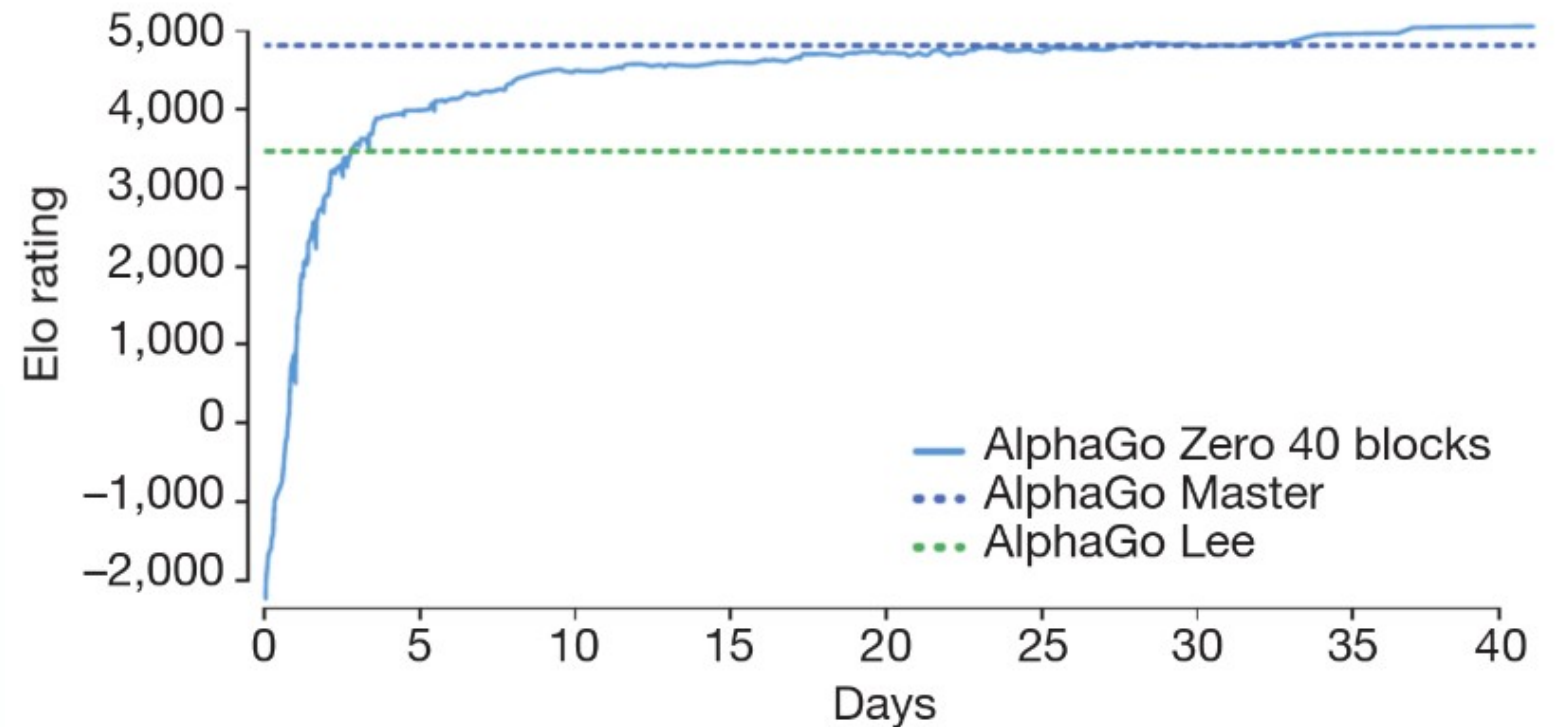


Quelle: <https://arxiv.org/pdf/2308.08998v2.pdf>

LLMs - Der Blick nach vorne

- Daten
 - 1) Qualität erhöhen
 - 2) Synthetische Daten
 - 3) Verifikation
 - 4) Self-Play
- Modellgröße
- System 2 Denken (Reasoning)

Self-Play: Feedback in der realen Welt

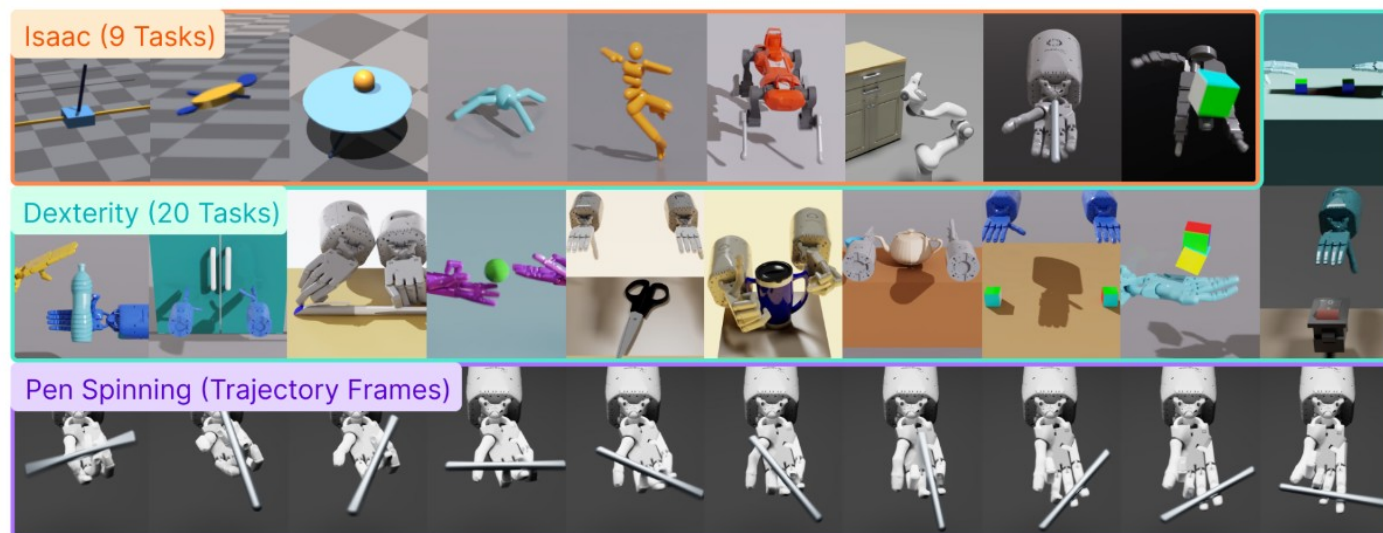


Quelle: <https://deepmind.google/discover/blog/alphago-zero-starting-from-scratch/>

LLMs - Der Blick nach vorne

- Daten
 - 1) Qualität erhöhen
 - 2) Synthetische Daten
 - 3) Verifikation
 - 4) Self-Play
- Modellgröße
- System 2 Denken (Reasoning)

Self-Play: Feedback in der realen Welt



Quelle: <https://arxiv.org/pdf/2310.12931>

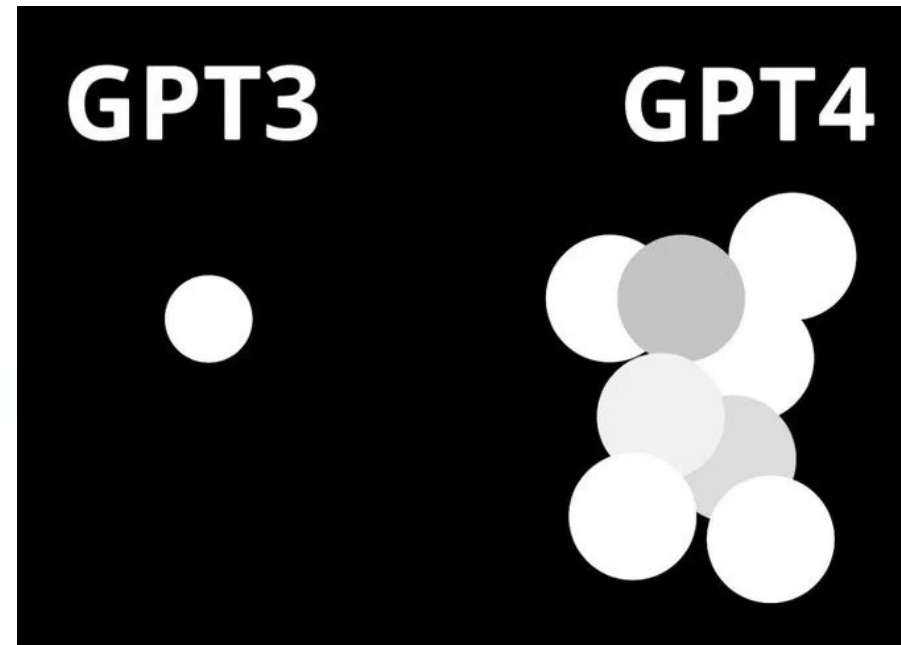
LLMs - Der Blick nach vorne

- Daten
- Modellgröße
- System 2 Denken (Reasoning)

LLMs - Der Blick nach vorne

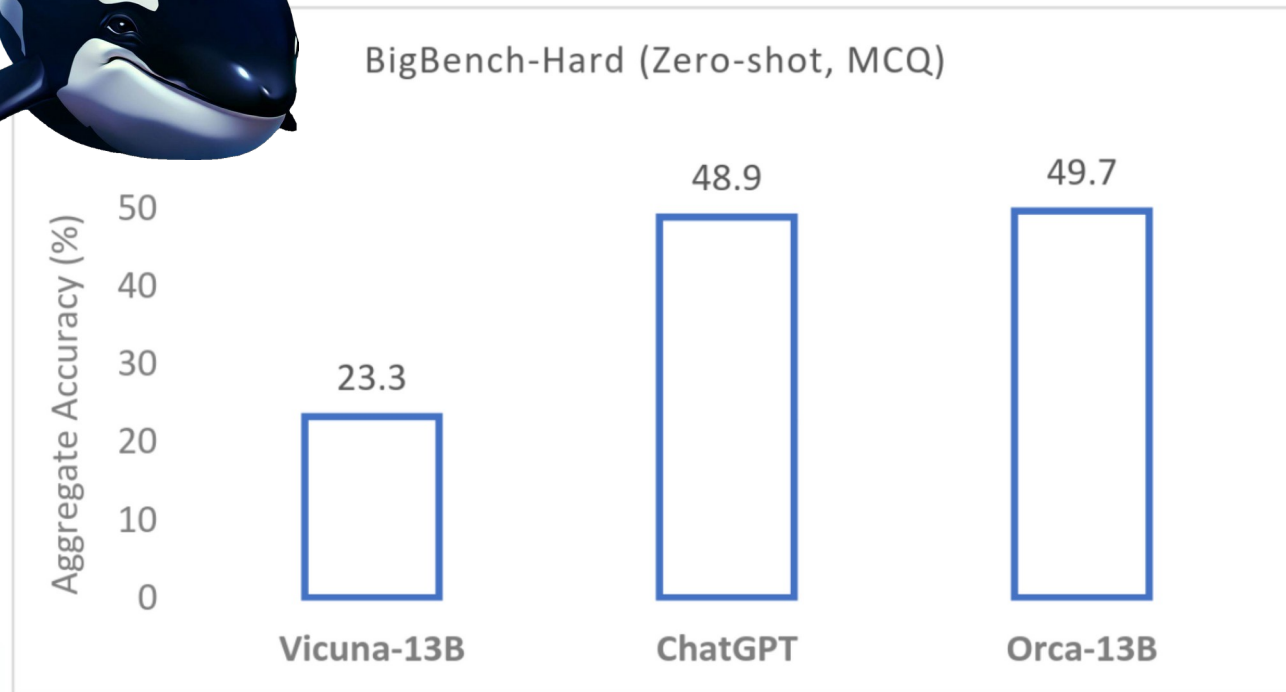
- Daten
- Modellgröße
 - 1) Mixture of Experts (MoE)
 - 2) Destillierung
 - 3) Quantisierung
 - 4) 1-Bit LLM
- System 2 Denken (Reasoning)

- Vor- und Nachteile siehe [Blog](#)
- Beispiele: gpt-4, Mistral 8x7B, Snowflake Actic 480B (128×3.66B), 17B aktiv
- Scaling Laws of MoE siehe [Paper](#)



LLMs - Der Blick nach vorne

- Daten
- Modellgröße
 - 1) Mixture of Experts (MoE)
 - 2) Destillierung
 - 3) Quantisierung
 - 4) 1-Bit LLM
- System 2 Denken (Reasoning)



Quelle: <https://arxiv.org/pdf/2306.02707.pdf>

LLMs - Der Blick nach vorne

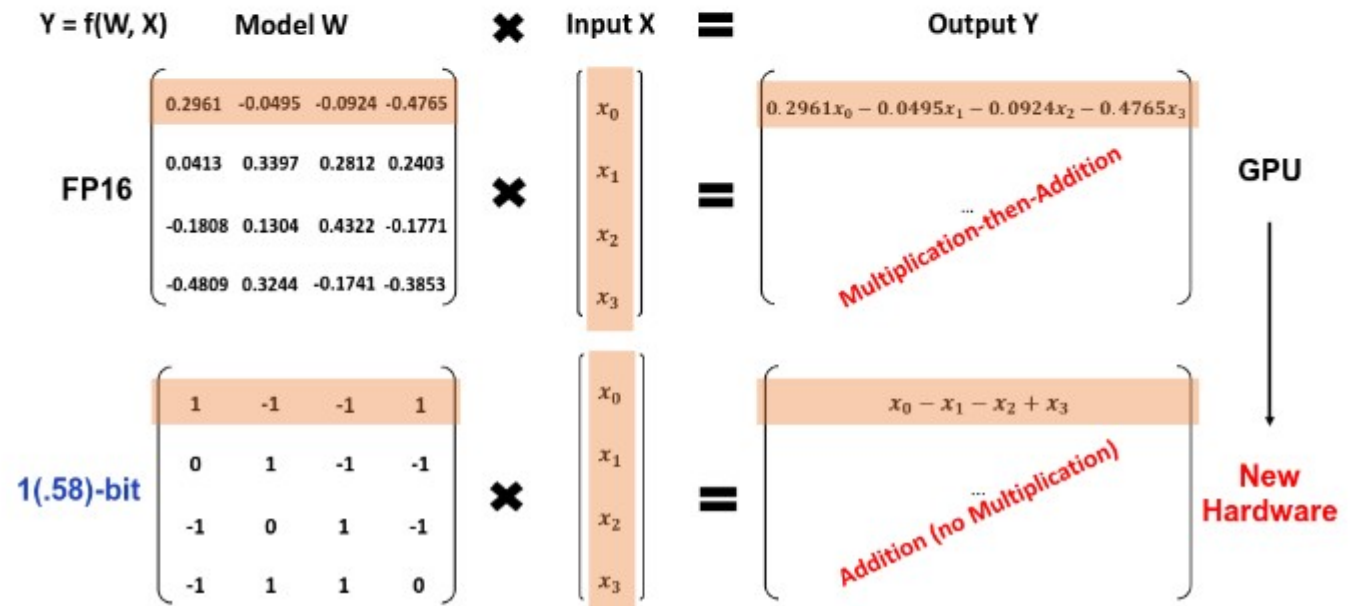
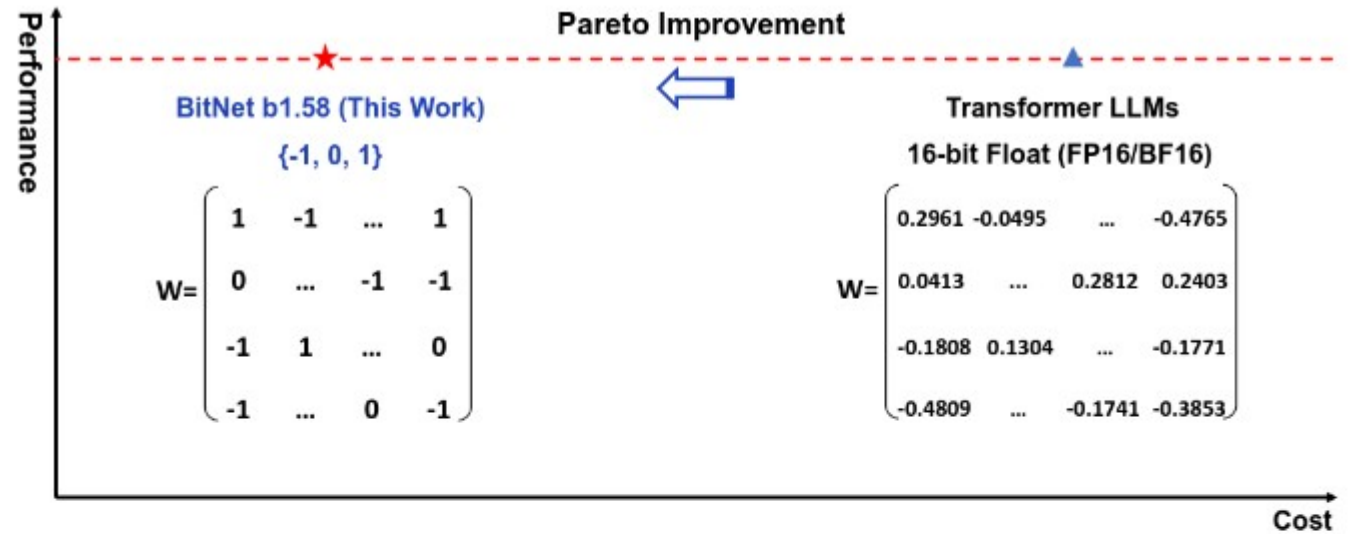
- Daten
- Modellgröße
 - 1) Mixture of Experts (MoE)
 - 2) Destillierung
 - 3) Quantisierung
 - 4) 1-Bit LLM
- System 2 Denken (Reasoning)

Type of Number	Number Range	Value	Precision	Storage (bits)
32-bit Float	$\pm 1.18 \times 10^{-38}$ to $\pm 3.4 \times 10^{38}$	-0.84375	~7-8 decimal digits (varies)	32
8-bit Integer	-128 to 127 (signed)	-108	256 distinct values	8
4-bit Integer	-8 to 7 (signed)	-7	16 distinct values	4
3-bit Integer	-4 to 3 (signed)	-3	8 distinct values	3

Heutige Quantisierungs-Methoden sind smart, d.h. reduzieren die Gewichte so, dass maximale Performance erhalten bleibt.

LLMs - Der Blick nach vorne

- Daten
- Modellgröße
 - 1) Mixture of Experts (MoE)
 - 2) Destillierung
 - 3) Quantisierung
 - 4) 1-Bit LLM
- System 2 Denken (Reasoning)



Quelle: <https://arxiv.org/pdf/2402.17764>

LLMs - Der Blick nach vorne

- Daten
- Modellgröße
- System 2 Denken (Reasoning)
 - 1) In Context Learning
 - 2) CoT und Derivate
 - 3) Let's Think Dot by Dot
 - 4) Let's Verify Step by Step
 - 5) o1 / Q* / Strawberry

Schnelles Denken, Langsames Denken



Faustregel:

$$\frac{\text{compute}}{\text{token}} \uparrow \propto \text{quality} \uparrow$$

Rechenaufwand von Training auf Inferenz verlagern

LLMs - Der Blick nach vorne

A::B Prompting Challenge [1]:

- Daten
- Modellgröße
- System 2 Denken (Reasoning)
 - 1) In Context Learning
 - 2) CoT und Derivate
 - 3) Let's Think Dot by Dot
 - 4) Let's Verify Step by Step
 - 5) o1 / Q* / Strawberry



Taelin ✓

@VictorTaelin

A simple puzzle GPTs will NEVER solve:

As a good programmer, I like isolating issues in the simplest form. So, whenever you find yourself trying to explain why GPTs will never reach AGI - just show them this prompt. It is a braindead question that most children should be able to read, learn and solve in a minute; yet, all existing AIs fail miserably. Try it!

It is also a great proof that GPTs have 0 reasoning capabilities outside of their training set, and that they'll will never develop new science. After all, if the average 15yo destroys you in any given intellectual task, I won't put much faith in you solving cancer.

LLMs - Der Blick nach vorne

- Daten
- Modellgröße
- System 2 Denken (Reasoning)
 - 1) In Context Learning
 - 2) CoT und Derivate
 - 3) Let's Think Dot by Dot
 - 4) Let's Verify Step by Step
 - 5) o1 / Q* / Strawberry

A::B Prompting Challenge [1]:

A::B is a system with 4 tokens: `A#`, `#A`, `B#` and `#B`.

An A::B program is a sequence of tokens. Example:

```
B# A# #B #A B#
```

To *compute* a program, we must rewrite neighbor tokens, using the rules:

```
A# #A ... becomes ... nothing
A# #B ... becomes ... #B A#
B# #A ... becomes ... #A B#
B# #B ... becomes ... nothing
```

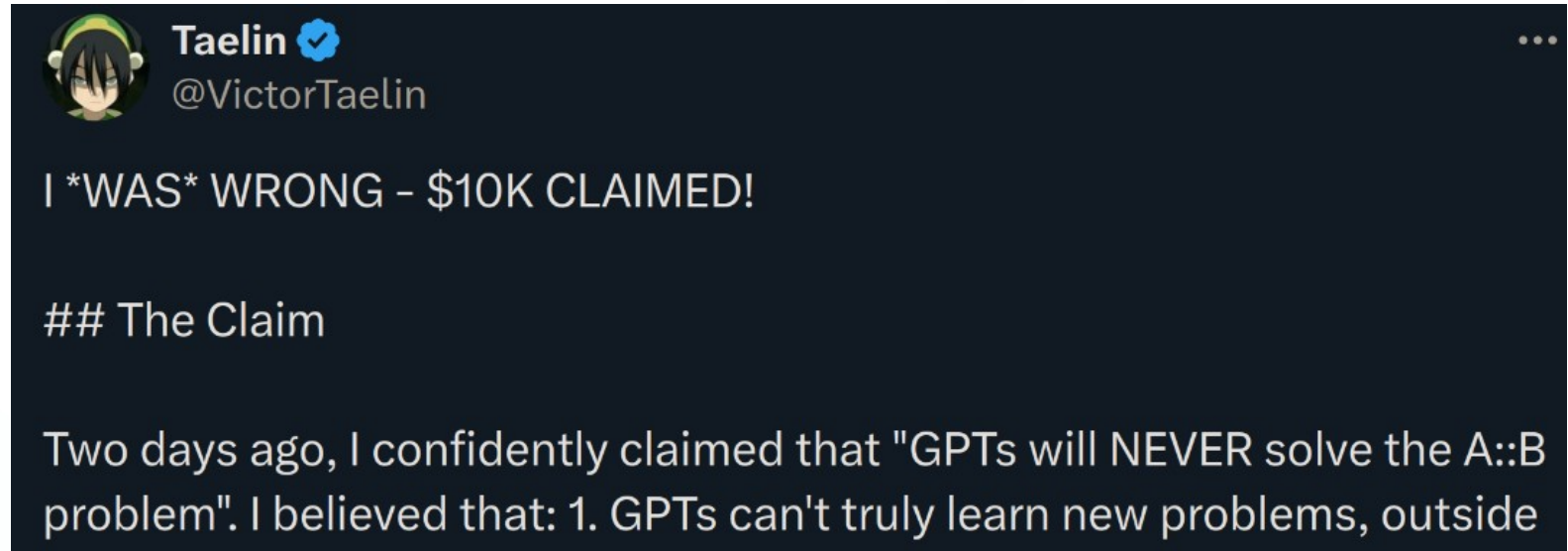
In other words, whenever two neighbor tokens have their '#' facing each-other, they must be rewritten according to the corresponding rule. For example, the first example shown here is computed as:

```
B# A# #B #A B# =
B# #B A# #A B# =
A# #A B# =
B#
```

LLMs - Der Blick nach vorne

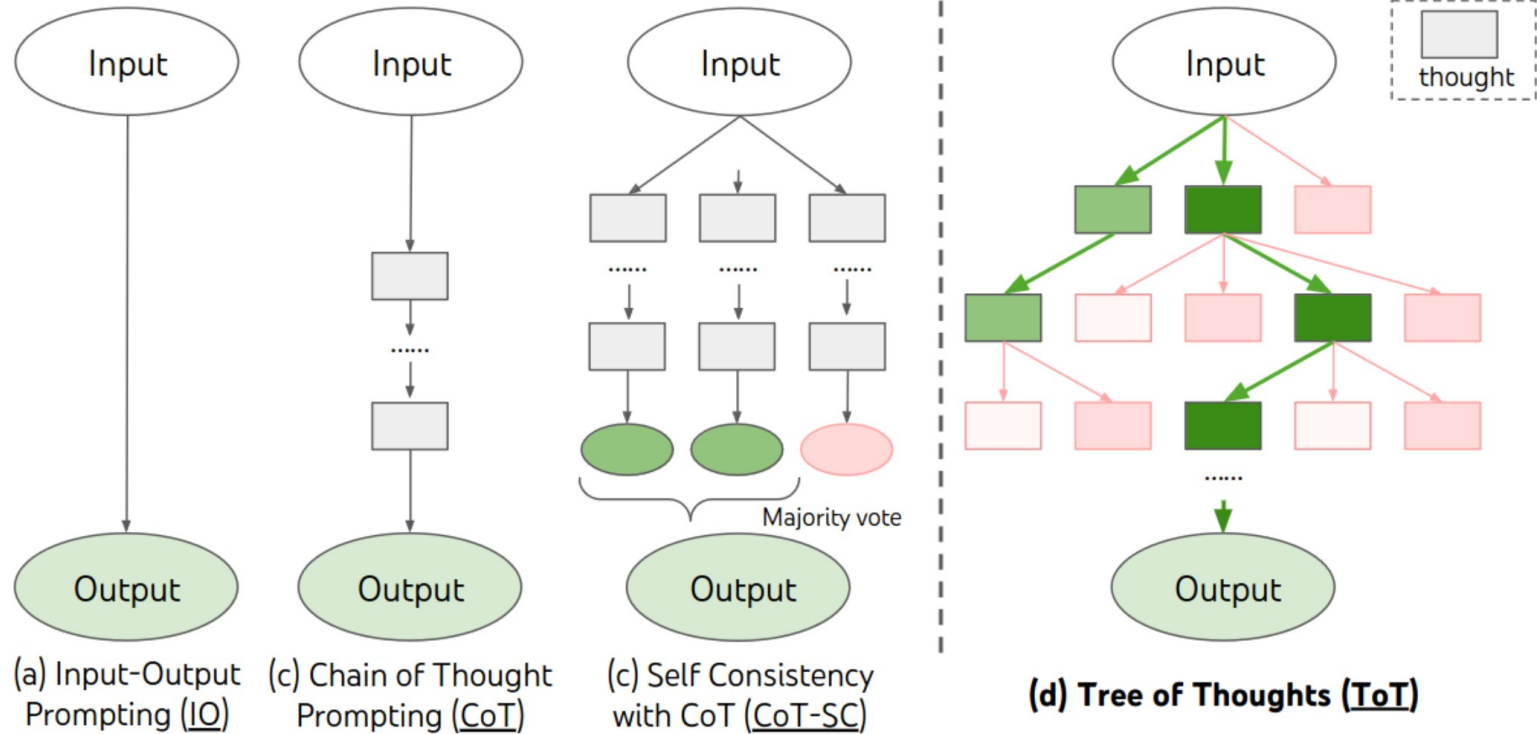
A::B Prompting Challenge [1]:

- Daten
- Modellgröße
- System 2 Denken (Reasoning)
 - 1) In Context Learning
 - 2) CoT und Derivate
 - 3) Let's Think Dot by Dot
 - 4) Let's Verify Step by Step
 - 5) o1 / Q* / Strawberry



LLMs - Der Blick nach vorne

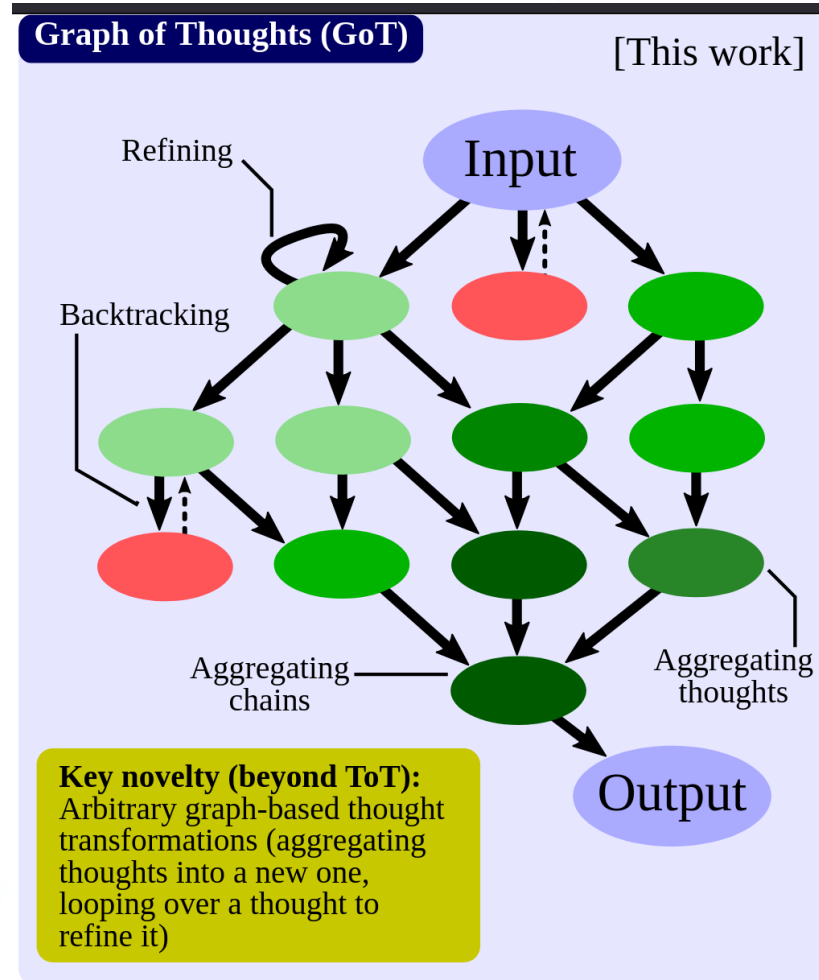
- Daten
- Modellgröße
- System 2 Denken (Reasoning)
 - 1) In Context Learning
 - 2) CoT und Derivate
 - 3) Let's Think Dot by Dot
 - 4) Let's Verify Step by Step
 - 5) o1 / Q* / Strawberry



Quelle: <https://arxiv.org/pdf/2305.10601.pdf>

LLMs - Der Blick nach vorne

- Daten
- Modellgröße
- System 2 Denken (Reasoning)
 - 1) In Context Learning
 - 2) CoT und Derivate
 - 3) Let's Think Dot by Dot
 - 4) Let's Verify Step by Step
 - 5) o1 / Q* / Strawberry



Quelle: <https://arxiv.org/pdf/2308.09687v2.pdf>

LLMs - Der Blick nach vorne

- Daten
- Modellgröße
- System 2 Denken (Reasoning)
 - 1) In Context Learning
 - 2) CoT und Derivate
 - 3) Let's Think Dot by Dot
 - 4) Let's Verify Step by Step
 - 5) o1 / Q* / Strawberry

$$\frac{\text{compute}}{\text{token}} \uparrow \propto \text{quality} \uparrow$$

Prompt: "How many of the first 6 digits of e are >5?"

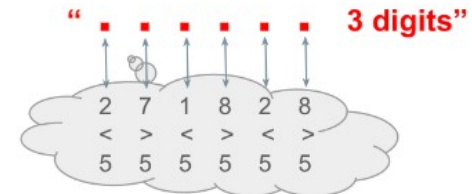
Chain of thought



LM Continuations

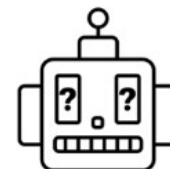
"2<5, 7>5, 1<5, 8>5, 2<5, 8>5,
that's 3 digits"

Filler tokens



Hidden computation using '.' token representations

Immediate answer



"7 digits are greater than 5"

Quelle: <https://arxiv.org/pdf/2404.15758>

LLMs - Der Blick nach vorne

Paper von Mai 2023

- Daten
- Modellgröße
- System 2 Denken (Reasoning)
 - 1) In Context Learning
 - 2) CoT und Derivate
 - 3) Let's Think Dot by Dot
 - 4) Let's Verify Step by Step
 - 5) o1 / Q* / Strawberry

Let

$$x^8 + 3x^4 - 4 = p_1(x)p_2(x) \cdots p_k(x),$$

where each non-constant polynomial $p_i(x)$ is monic with integer coefficients, and cannot be factored further over the integers. Compute $p_1(1) + p_2(1) + \cdots + p_k(1)$.

I notice that the given polynomial has even degree and only even powers of x , so I can try to make a substitution to simplify it.

Let $y = x^4$, then the polynomial becomes $y^2 + 3y - 4$, which is a quadratic equation.

I can factor this quadratic equation as $(y + 4)(y - 1)$, so the original polynomial is $(x^4 + 4)(x^4 - 1)$.

Now I need to factor each of these factors further, if possible, over the integers.

For the first factor, $x^4 + 4$, I recall the Sophie Germain identity, which says that $a^4 + 4b^4 = (a^2 + 2b^2 + 2ab)(a^2 + 2b^2 - 2ab)$.

Applying this identity with $a = x$ and $b = 1$, I get $x^4 + 4 = (x^2 + 2x + 2)(x^2 - 2x + 2)$.

For the second factor, $x^4 - 1$, I can use the difference of squares formula, which says that $a^2 - b^2 = (a + b)(a - b)$.

Applying this formula with $a = x^2$ and $b = 1$, I get $x^4 - 1 = (x^2 + 1)(x^2 - 1)$.

Then I can apply the difference of squares formula again with $a = x$ and $b = 1$, to get $x^2 - 1 = (x + 1)(x - 1)$.

So the original polynomial is $(x^4 + 4)(x^4 - 1) = (x^2 + 2x + 2)(x^2 - 2x + 2)(x^2 + 1)(x + 1)(x - 1)$.

These are all the irreducible factors over the integers, so $p_1(x) = x^2 + 2x + 2$, $p_2(x) = x^2 - 2x + 2$, $p_3(x) = x^2 + 1$, $p_4(x) = x + 1$, and $p_5(x) = x - 1$.

To find the sum of their values at $x = 1$, I just need to plug in $x = 1$ into each factor and add them up.

I get $p_1(1) = 1^2 + 2 \cdot 1 + 2 = 5$, $p_2(1) = 1^2 - 2 \cdot 1 + 2 = 1$, $p_3(1) = 1^2 + 1 = 2$, $p_4(1) = 1 + 1 = 2$, and $p_5(1) = 1 - 1 = 0$.

So the final answer is $5 + 1 + 2 + 2 + 0 = 10$.

Answer: 10

Let

$$x^8 + 3x^4 - 4 = p_1(x)p_2(x) \cdots p_k(x),$$

where each non-constant polynomial $p_i(x)$ is monic with integer coefficients, and cannot be factored further over the integers. Compute $p_1(1) + p_2(1) + \cdots + p_k(1)$.

This problem is about factoring a polynomial over the integers, which can be a tricky task.

One possible strategy is to look for rational roots of the polynomial, using the rational root theorem.

However, that would involve checking a lot of possible factors of -4 , and there is no guarantee that the polynomial has any rational roots at all.

Another possible strategy is to use some algebraic tricks to simplify the polynomial or reduce its degree.

I notice that the polynomial has only even powers of x , so I can try to substitute $y = x^2$ and see what happens.

Then the polynomial becomes $y^4 + 3y^2 - 4$, which is a quadratic equation in y^2 .

I can try to factor this quadratic equation by looking for two numbers that multiply to -4 and add to 3 .

Those numbers are 4 and -1 , so I can write $y^4 + 3y^2 - 4 = (y^2 + 4)(y^2 - 1)$.

Now I can substitute back $x^2 = y$ and get $x^8 + 3x^4 - 4 = (x^4 + 4)(x^4 - 1)$.

This looks promising, because I have reduced the degree of the factors from 8 to 4 .

I can try to factor each of these factors further, using the difference of squares formula.

I get $x^4 + 3x^4 - 4 = (x^2 + 2)(x^2 - 2)(x^2 + 1)(x^2 - 1)$.

I can apply the difference of squares formula again to the last factor and get $x^8 + 3x^4 - 4 = (x^2 + 2)(x^2 - 2)(x^2 + 1)(x + 1)(x - 1)$.

Now I have factored the polynomial completely into monic linear and quadratic factors with integer coefficients.

These are the $p_i(x)$'s that the problem is asking for.

To find the sum of their values at $x = 1$, I just need to plug in $x = 1$ into each factor and add them up.

I get $p_1(1) + p_2(1) + \cdots + p_k(1) = (1^2 + 2)(1^2 - 2)(1^2 + 1)(1 + 1)(1 - 1)$.

Simplifying, I get $p_1(1) + p_2(1) + \cdots + p_k(1) = (3)(-1)(2)(2)(0)$.

Multiplying, I get $p_1(1) + p_2(1) + \cdots + p_k(1) = 0$.

Answer: 0

Quelle: <https://arxiv.org/pdf/2305.20050.pdf>

LLMs - Der Blick nach vorne

- Daten
- Modellgröße
- System 2 Denken (Reasoning)
 - 1) In Context Learning
 - 2) CoT und Derivate
 - 3) Let's Think Dot by Dot
 - 4) Let's Verify Step by Step
 - 5) o1 / Q* / Strawberry

- *News Artikel*
- *Spekulationen*
- *Artikel zu Strawberry*

Background:

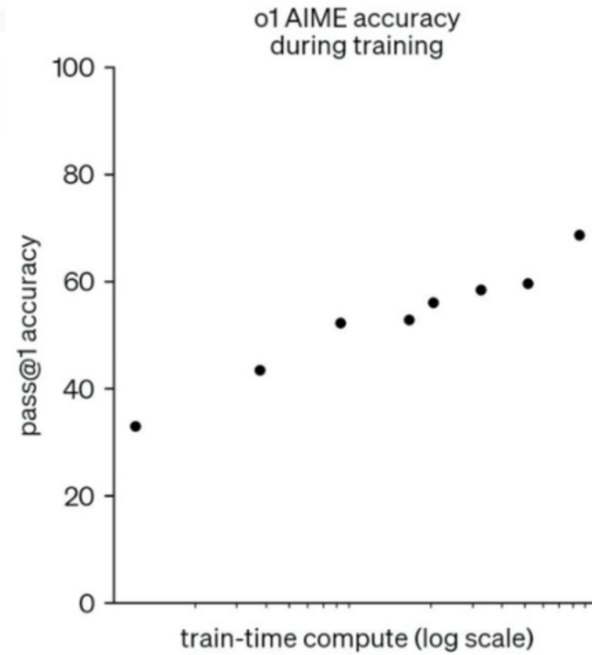


Quelle: <https://twitter.com/polynoamial/status/1676971503261454340>

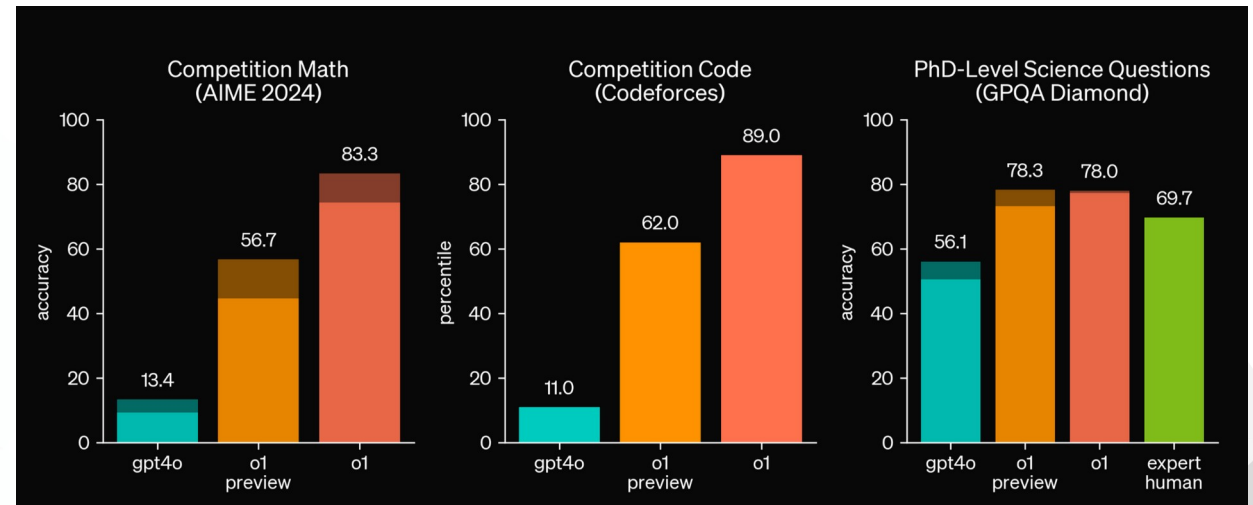
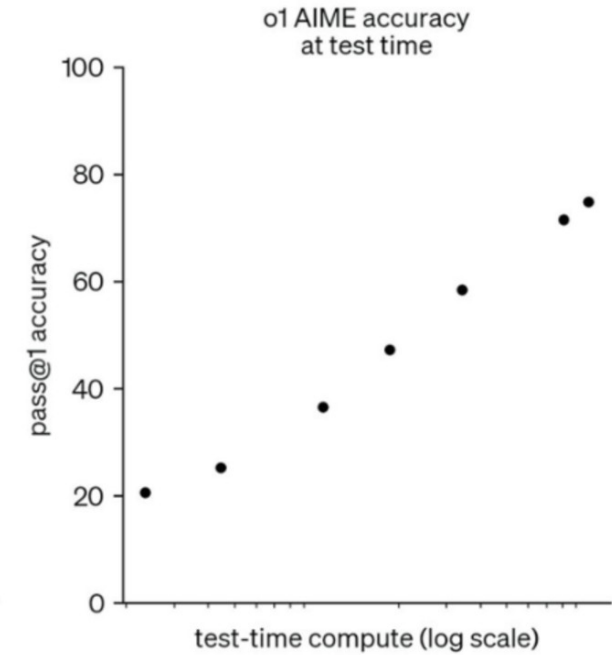
LLMs - Der Blick nach vorne

- Daten
- Modellgröße
- System 2 Denken (Reasoning)
 - 1) In Context Learning
 - 2) CoT und Derivate
 - 3) Let's Think Dot by Dot
 - 4) Let's Verify Step by Step
 - 5) o1 / Q* / Strawberry

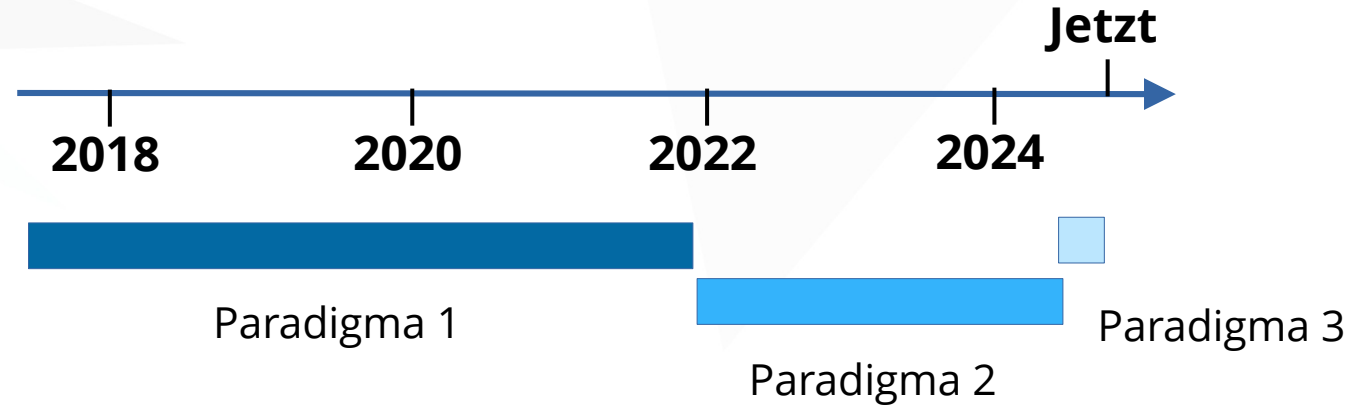
Training



Inferenz



LLMs - Der Blick nach vorne



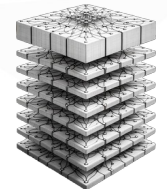
- Paradigma 1:
 - next word prediction
 - optimiert auf **wahrscheinlichsten Output**
- Paradigma 2:
 - Reinforcement Learning by Human Feedback (RLHF)
 - optimiert auf **bevorzugten Output**
- Paradigma 3:
 - Large Reasoning Models (LRM)
 - optimiert auf **korrekten Output**



language of thought

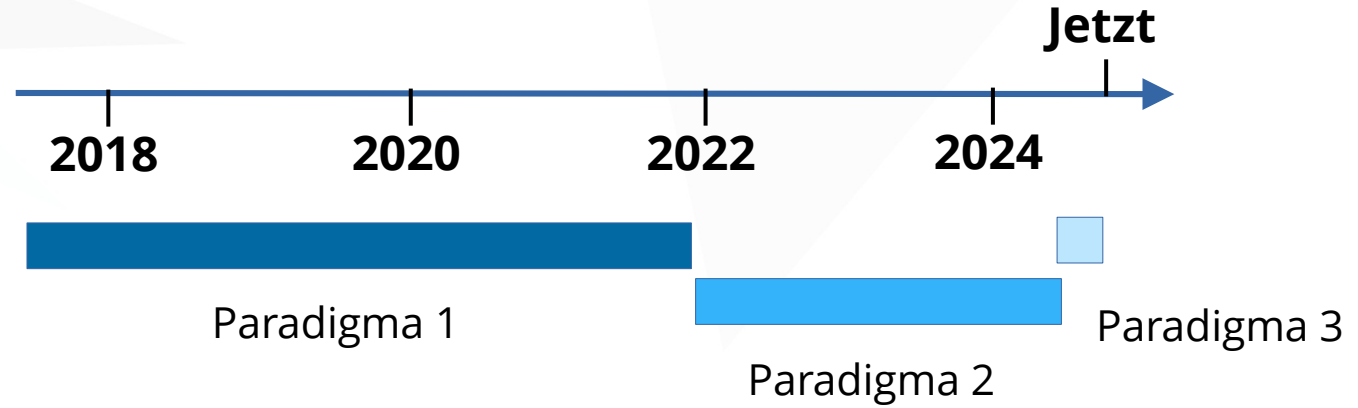


text

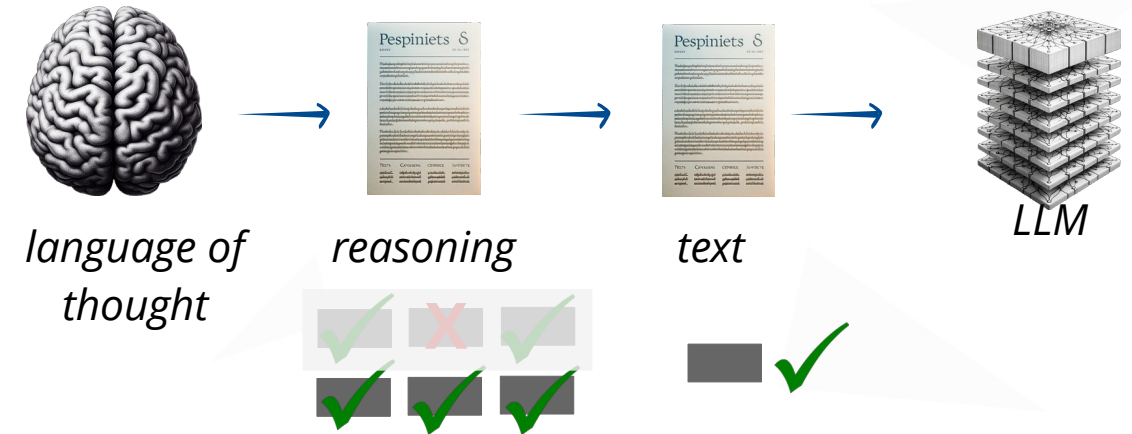


LLM

LLMs - Der Blick nach vorne



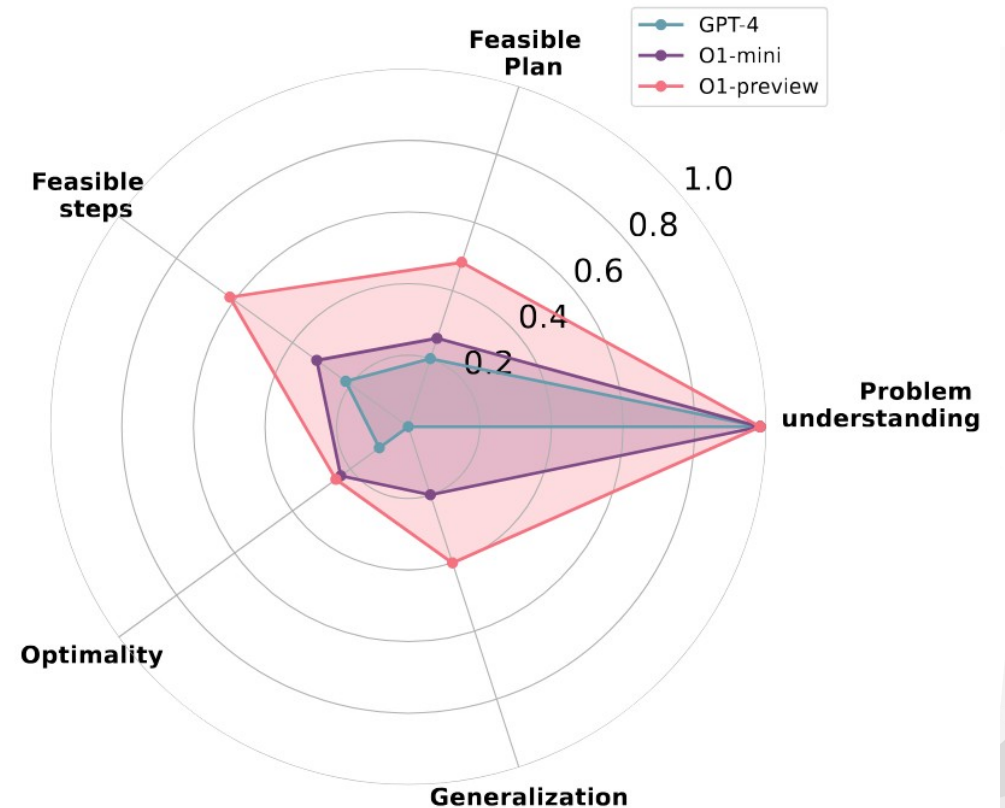
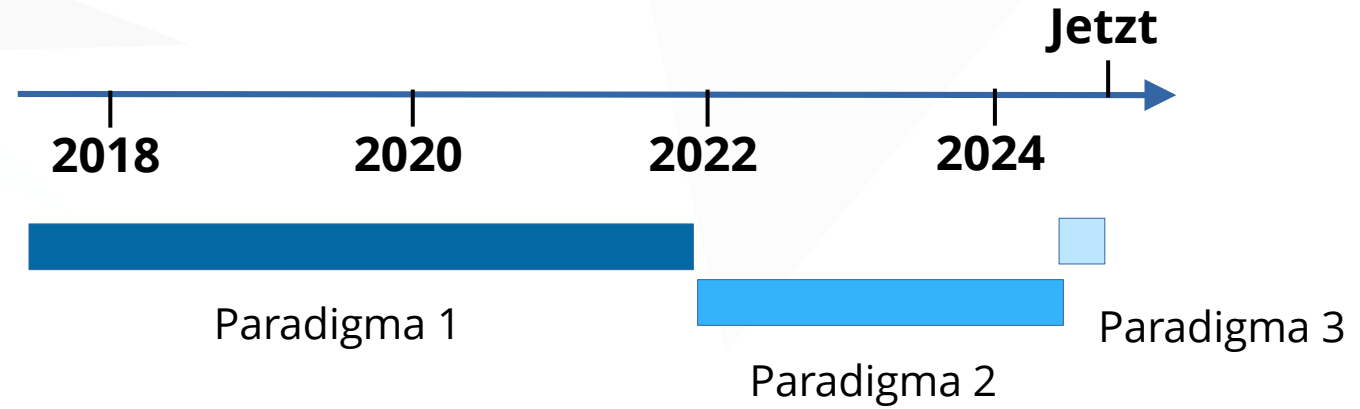
- Paradigma 1:
 - next word prediction
 - optimiert auf **wahrscheinlichsten Output**
- Paradigma 2:
 - Reinforcement Learning by Human Feedback (RLHF)
 - optimiert auf **bevorzugten Output**
- Paradigma 3:
 - Large Reasoning Models (LRM)
 - optimiert auf **korrekten Output**



- 1) Verifiziere Output
- 2) Generiere viele Chain-of-Thoughts
- 3) Verifiziere CoT
- 4) Finetune mit korrekten CoT und Output

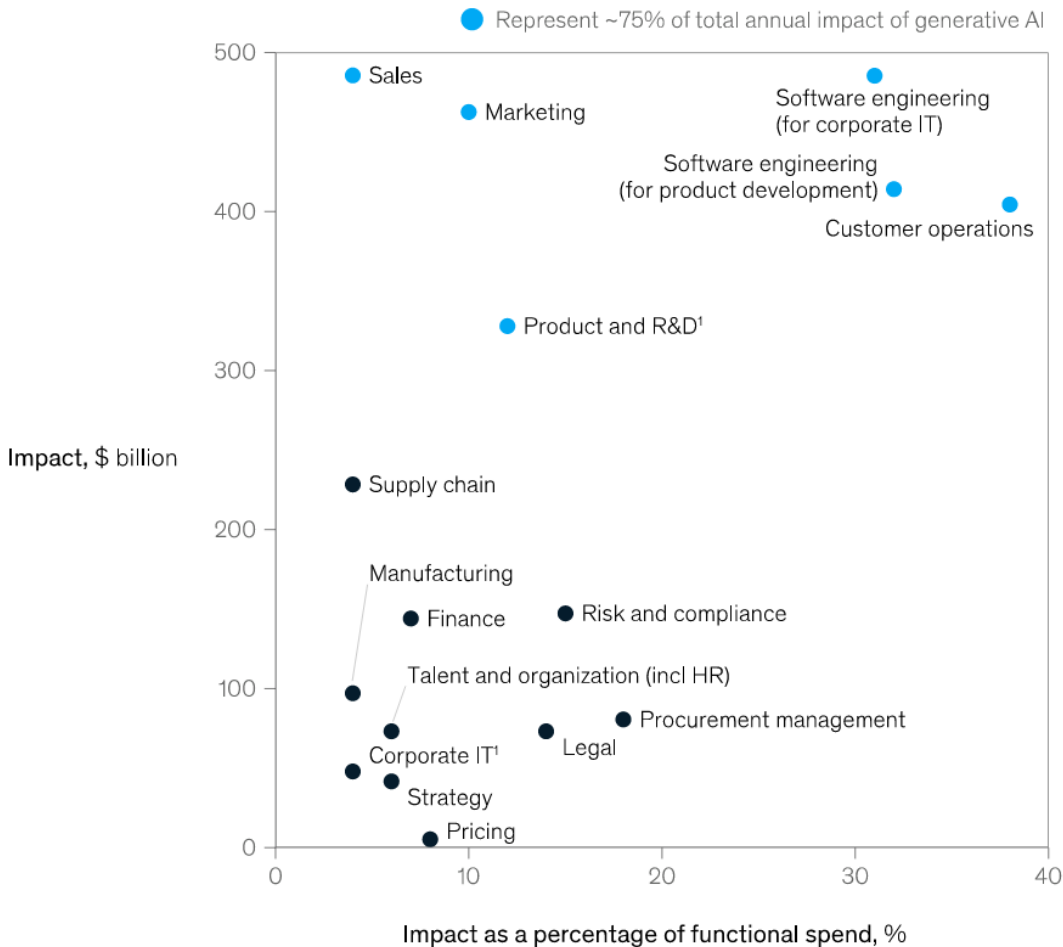
LLMs - Der Blick nach vorne

- Paradigma 1:
 - next word prediction
 - optimiert auf **wahrscheinlichsten Output**
- Paradigma 2:
 - Reinforcement Learning by Human Feedback (RLHF)
 - optimiert auf **bevorzugten Output**
- Paradigma 3:
 - Large Reasoning Models (LRM)
 - optimiert auf **korrekten Output**



Quelle: <https://www.arxiv.org/pdf/2409.19924>

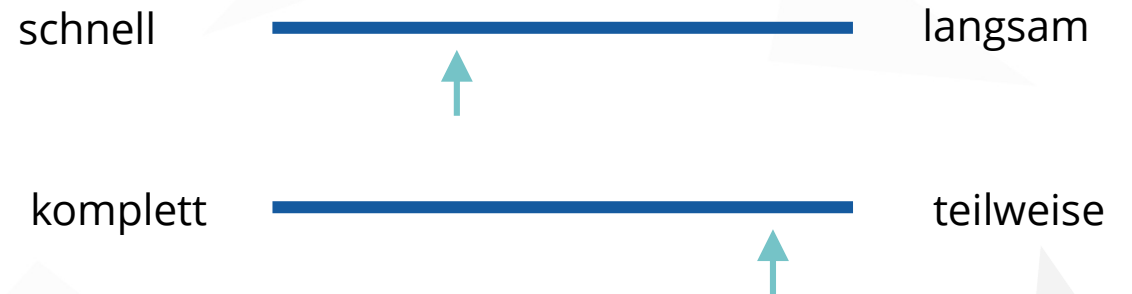
KI & Softwareentwicklung



Software Entwicklung:

- Ergebnis ist gut evaluierbar
- reine Textarbeit
- hoher Bedarf
- Softwareentwicklung ist teuer

„SE befindet sich auf dem Pfad der Automatisierung“



Note: Impact is averaged.

¹Excluding software engineering.

Source: Comparative Industry Service (CIS), IHS Markit; Oxford Economics; McKinsey Corporate and Business Functions database; McKinsey Manufacturing and Supply Chain 360; McKinsey Sales Navigator; Ignite, a McKinsey database; McKinsey analysis

Source: <https://www.mckinsey.com/>

Was kann KI heute in der SE leisten?

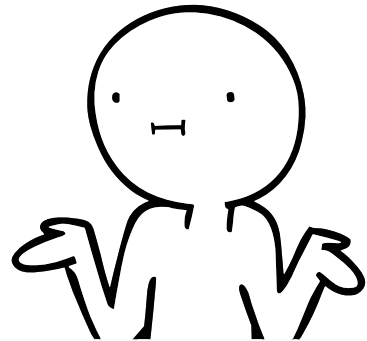
- **Enterprise** Umfeld:
 - KI Suchmaschinen
 - Chatbots
 - Coding Assistenten
- **Beta** Status:
 - experimentelle IDEs (cursor)
 - Agenten (octomind, devin, ...)
 - Anforderungsmangement (zenai)
 - ...

KI als
Tool

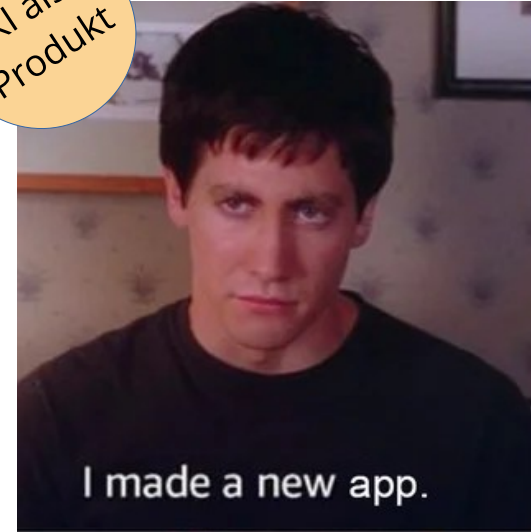


Was kann KI heute in der SE leisten?

- KI ändert auch die Software Architektur, neu KI-Anwendungen entstehen
 - Neue Qualitäten
 - Entscheidungsweg wird nicht programmatisch vorgegeben
 - Nichtdeterministisches Verhalten
 - Wie damit umgehen?
 - Statistische Benchmarks
 - Use Case spezifische Metriken



KI als
Produkt

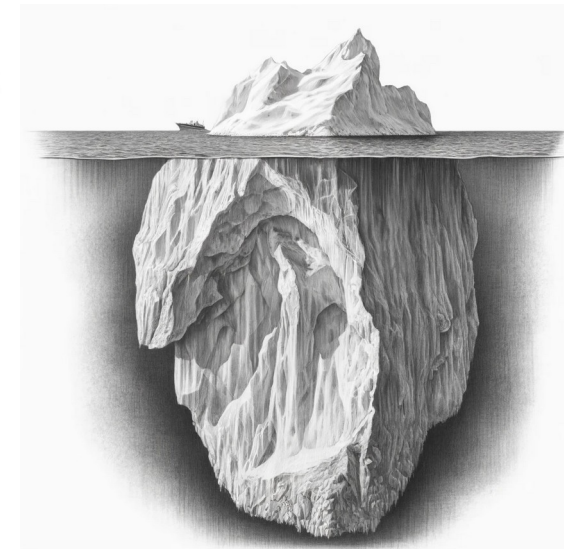


Was ist Softwareentwicklung?

- Das Berufsbild der Softwareentwicklung ist über viele Branchen hinweg sehr inhomogen, was Qualitätsstandards und Ausbildung betrifft



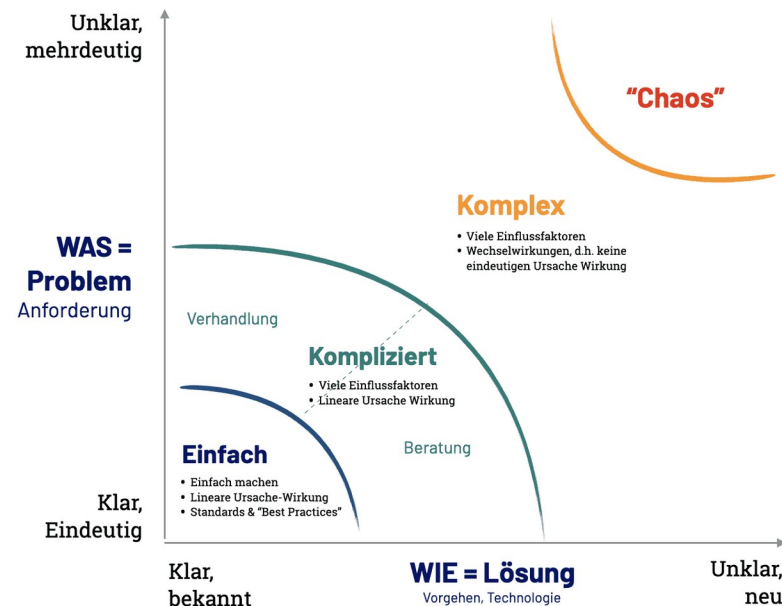
- Ein Großteil der Arbeit geschieht implizit und ist schwer greifbar



Was ist Softwareentwicklung?

*Das ist meine Perspektive, und im Folgenden beziehe ich mich immer darauf, wenn ich von Softwareentwicklung oder ASE spreche

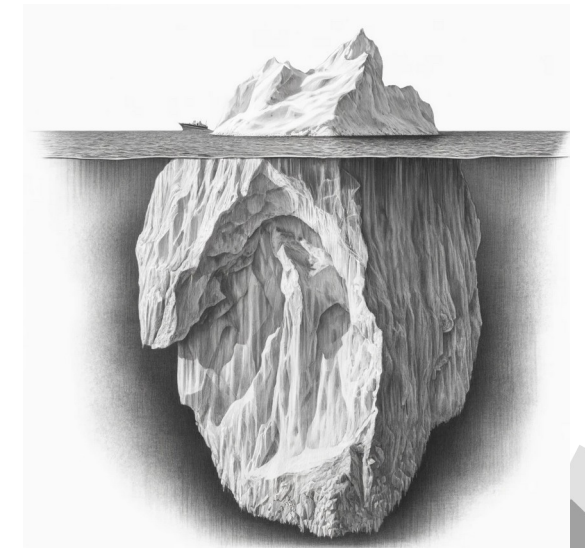
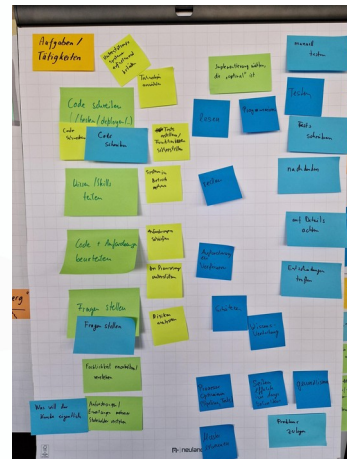
- Agile Software Entwicklung (ASE) ist ein **Handwerk**
 - das über einen längeren **Zeitraum** erlernt werden muss
 - Zentraler Grundstein ist **Qualität**
- Entwickler sind Problemlöser, die mit komplexen mentalen Modellen jonglieren
- Immer im komplexen Umfeld (Stacey Matrix)



Was ist Softwareentwicklung?

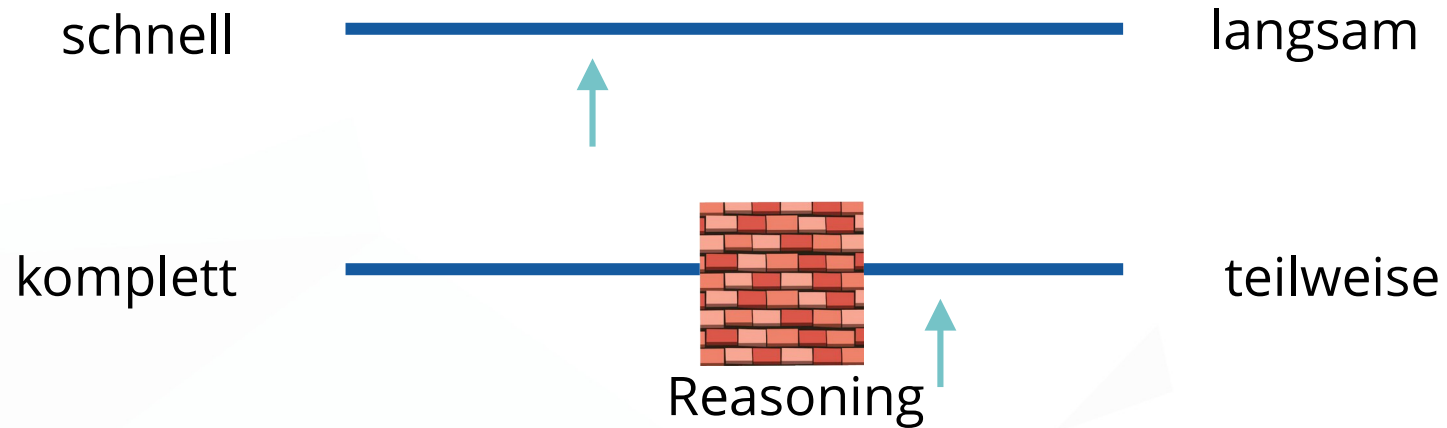
*Das ist meine Perspektive, und im Folgenden beziehe ich mich immer darauf, wenn ich von Softwareentwicklung oder ASE spreche

- Agile Software Entwicklung (ASE) ist ein **Handwerk**
 - das über einen längeren **Zeitraum** erlernt werden muss
 - Zentraler Grundstein ist **Qualität**
- Entwickler sind Problemlöser, die mit komplexen mentalen Modellen jonglieren
- Immer im komplexen Umfeld (Stacey Matrix)
- Der größte Mehrwert entsteht **nicht** beim Schreiben von Code
 - Frage: Wie viel Prozent eurer Arbeitszeit schreibt ihr Code?
 - Frage: Was macht einen erfahrenen Entwickler aus?



Bedeutung für die SE

„SE befindet sich auf dem Pfad der Automatisierung“

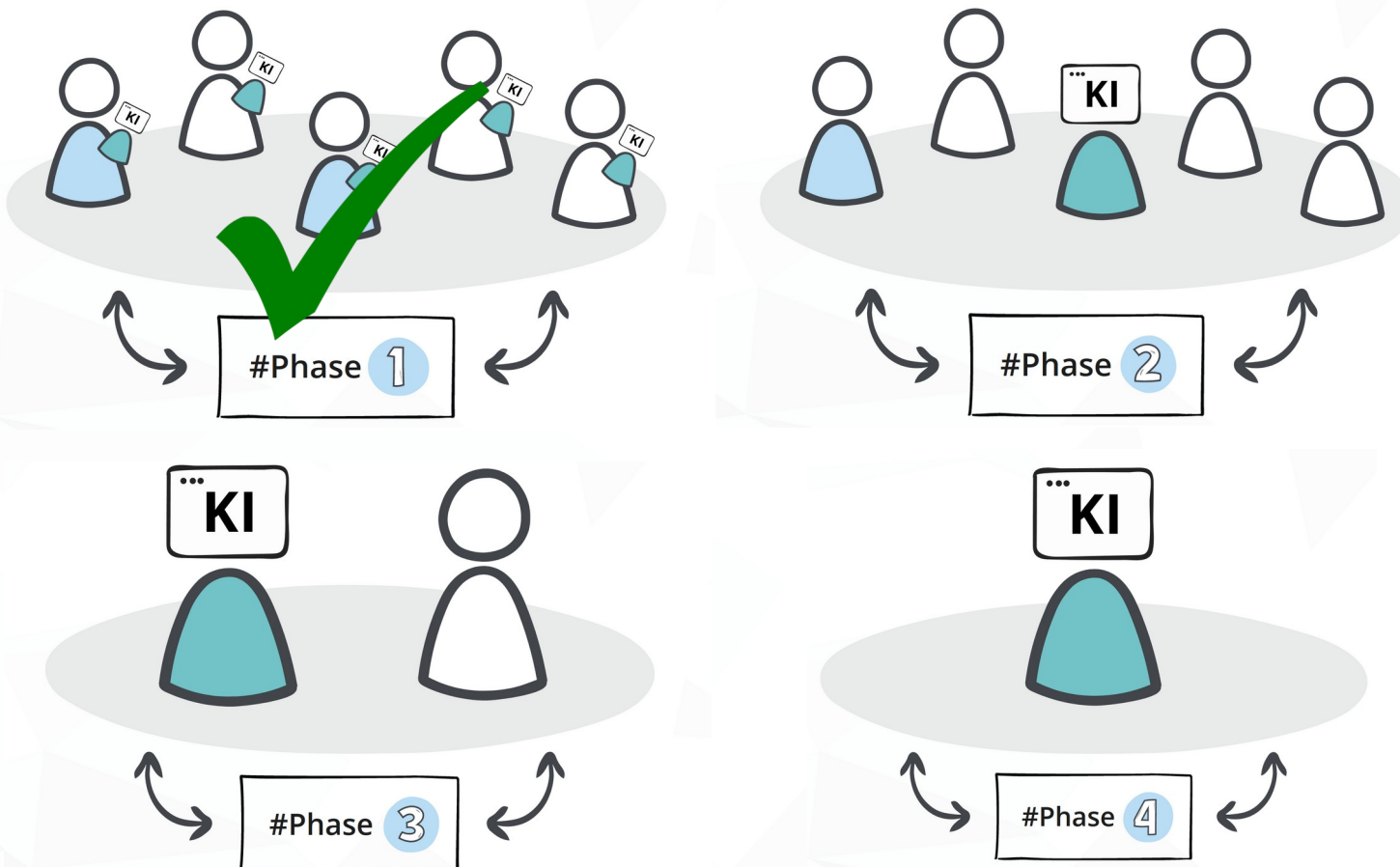


„Sooner than later, 80% of the code is going to be written by Copilot. And that doesn't mean the developer is going to be replaced.“ - Thomas Dohmke ¹

- welche 20% bleiben und werden größer?
- welche neuen Tasks kommen hinzu?

Bedeutung für die SE

„SE befindet sich auf dem Pfad der Automatisierung“



Job-Title and Skills



Entwickler



Tester



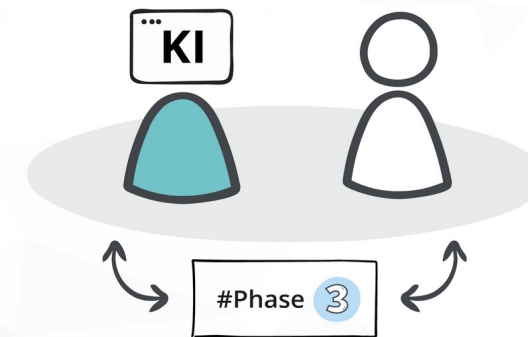
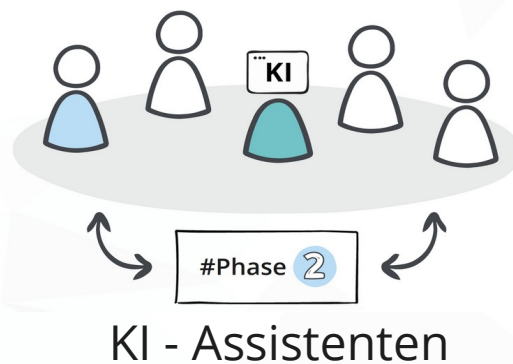
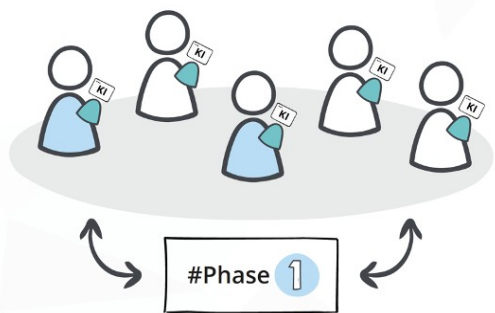
Business Analyst



UI / UX Designer

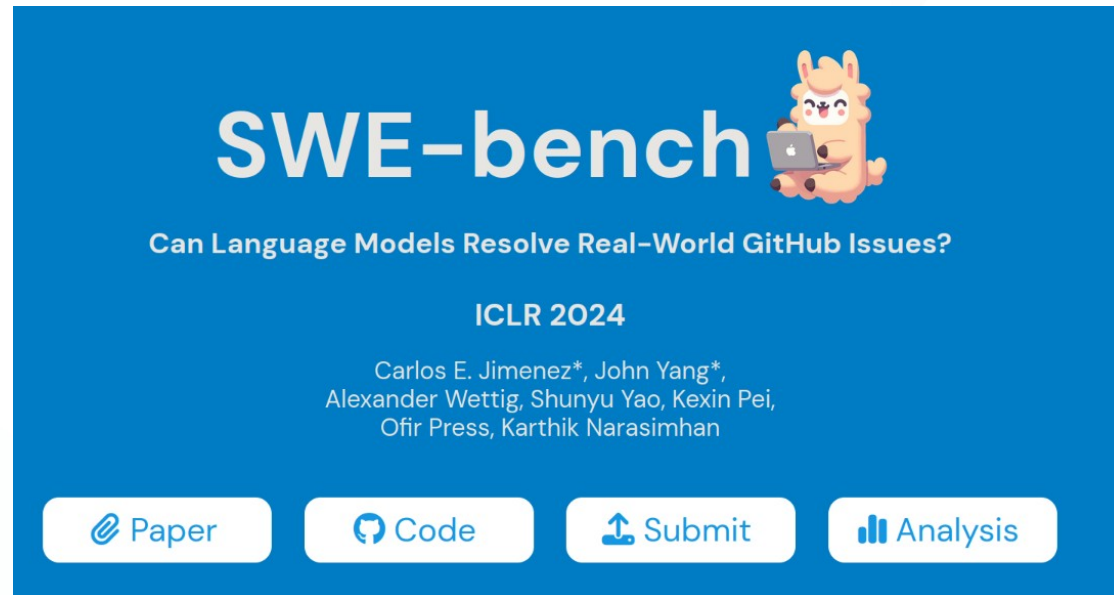



Product-Developer



LLM – SE Fähigkeiten

- Wie können wir Software-Engineering-Fähigkeiten quantifizieren?



SWE-bench 

Can Language Models Resolve Real-World GitHub Issues?

ICLR 2024

Carlos E. Jimenez*, John Yang*,
Alexander Wettig, Shunyu Yao, Kexin Pei,
Ofir Press, Karthik Narasimhan

[Paper](#) [Code](#) [Submit](#) [Analysis](#)

Quelle: <https://www.swebench.com/>

Prognosen

- LLMs werden deutlich fähiger werden
 - Hängt entscheidend an der Fähigkeit des „Langsamen Denkens“
 - Stehen am Anfang der dritten Iteration
- Wir werden im SWE Benchmark große Fortschritte sehen
 - Wie lange wird es dauern bis 90% erreicht werden?
- Software Entwickler wird es auch dann noch geben, wenn der SWE Benchmark zu 100% gelöst wurde



Prognosen

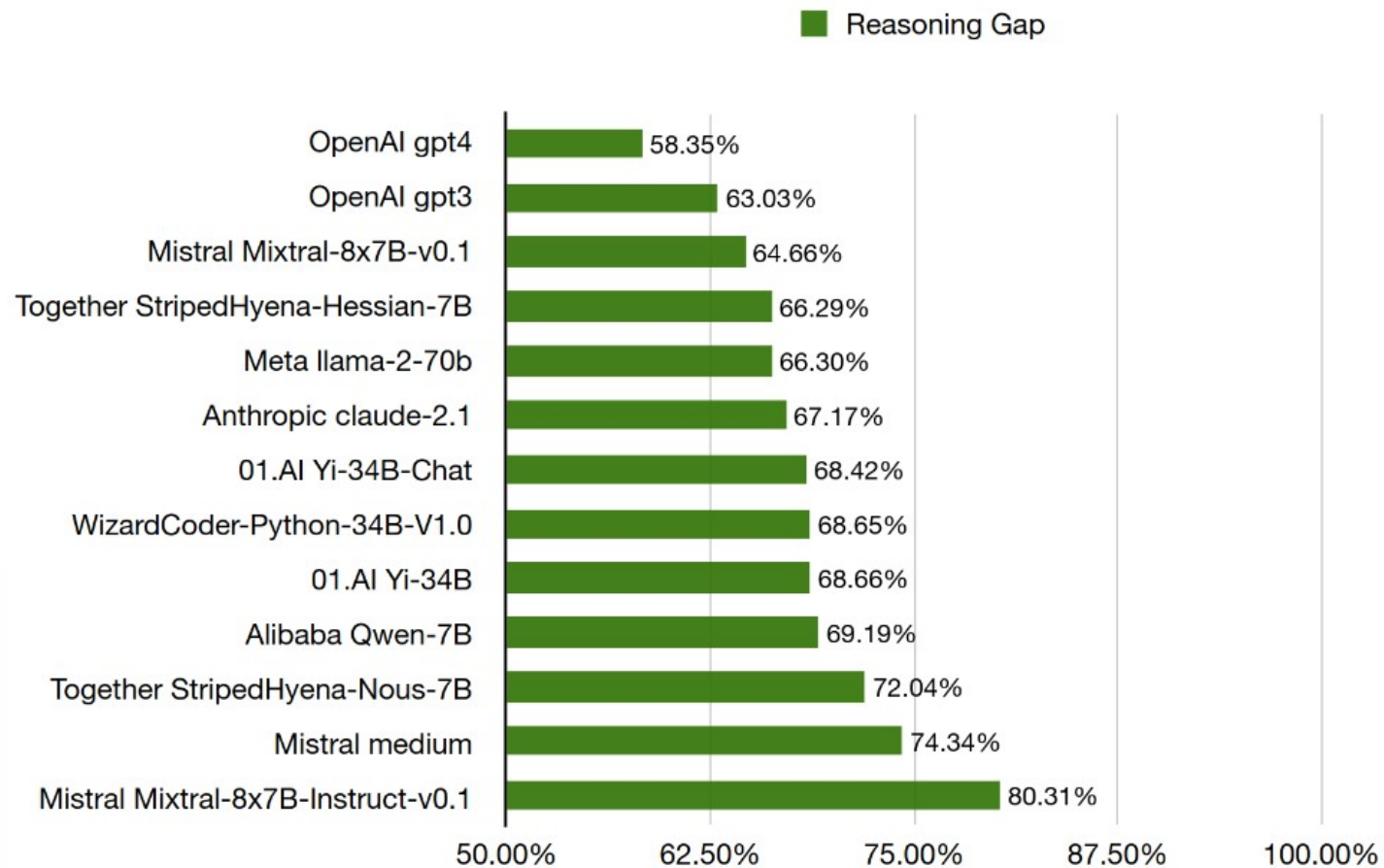
- Wird ein Computer in meiner Lebenszeit alle meine Denkleistungen übertreffen?
 - AGI macht Softwareentwickler überflüssig!
 - Aber eben auch die Mehrheit aller anderen Jobs



*„Softwareentwickler werden automatisiert und verlieren ihre Jobs,
aber nicht früher als andere Wissensberufe.“*

Signale & Quellen

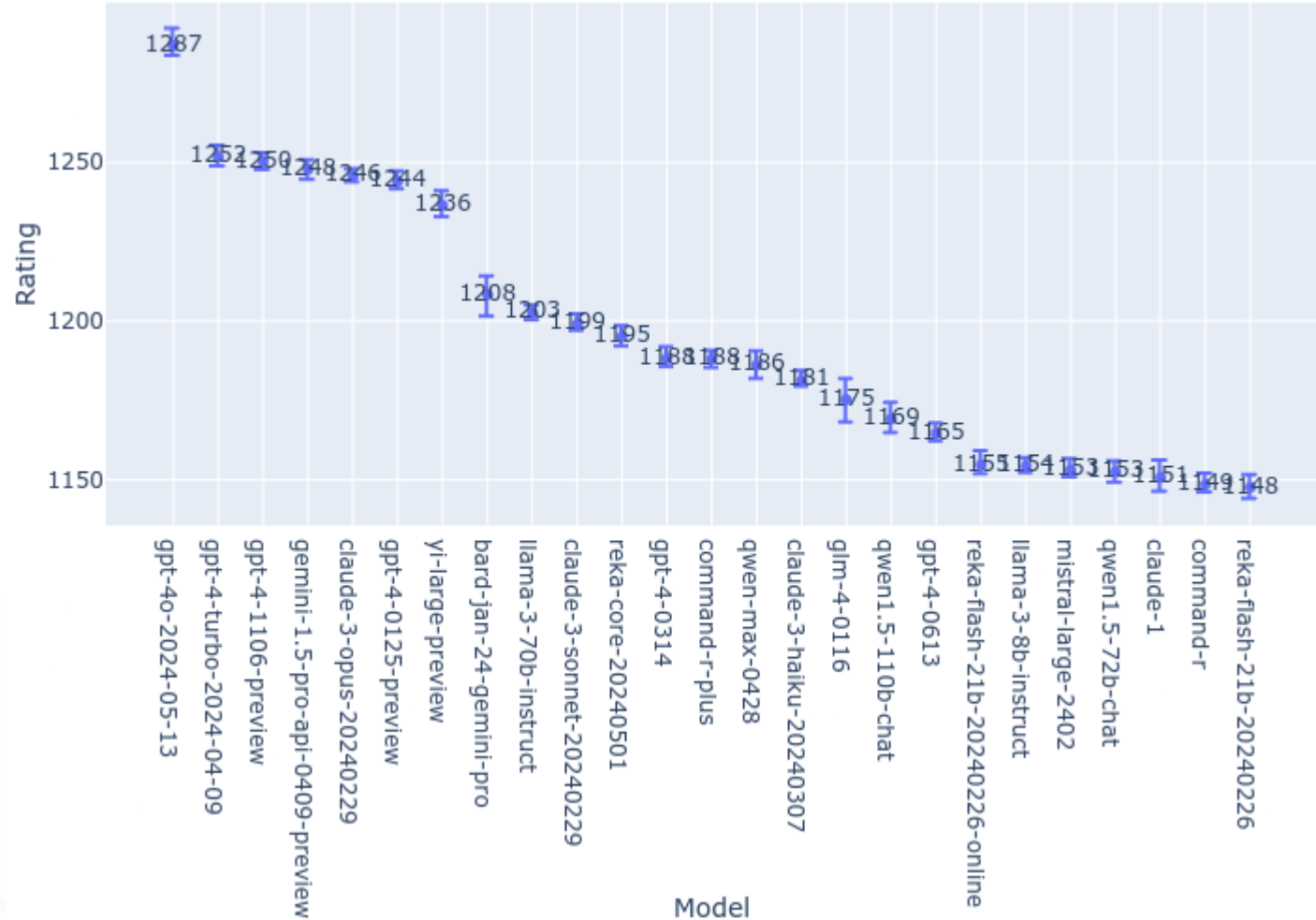
- Reasoning Gap wird kleiner



Quelle: <https://arxiv.org/pdf/2402.19450>

Signale & Quellen

- Reasoning Gap wird kleiner
- Chatbot Arena* Elo-Rating
 - Δ 50 Punkte: 43% vs 57%
 - Δ 100 Punkte: 36% vs 64%



Signale & Quellen

- Reasoning Gap wird kleiner
- *Chatbot Arena* Elo-Rating
- Private Benchmarks

Signale & Quellen

YouTube

- *AI Explained*
- *Machine Learning Street Talk*
- *bycloud*

Podcast

- *Latent Space*
- *Last Week in AI*
- *Your Undivided Attention*

Newsletter

- *AI News*
- *AlphaSignal*
- *semianalysis*

Blogs

- *Interconnects*
- *eugeneyan*
- *Don't Worry About the Vase*

Zusammenfassung I

Was ist KI?

- Der Versuch, das menschliche Denken zu externalisieren
- Ein gewaltiger Entwicklungssprung in der Evolution

Was sind LLMs?

- Die ersten allgemeinen KI-Systeme, die bereits Mehrwert schaffen
- Konstruieren ein Weltmodell
- Treffen alleine Entscheidungen
- Sprechen unsere Sprache
- Sind noch schlecht im Langsamen Denken

Zusammenfassung II

Was liegt vor uns?

- Wahrscheinlich eine deutliche Verbesserung von LLMs (Suchbaum über logische Schritte)
- Limit von LLMs ist unbekannt
- Schrittweise Automatisierung in der Softwareentwicklung
 - Vom Kleinen zum Großen
 - Neue Software Architektur entsteht (Best Practises, Frameworks bilden sich)
- Ja wir werden automatisiert, aber nicht früher als andere Wissensberufe
- Und bis dahin gilt:

“It is **not** the **AI** that will replace you, it is the **people** who use AI effectively”

Zusammenfassung II

Was ist Software Entwicklung?

- Entwickler sind Problemlöser, die mit komplexen mentalen Modellen jonglieren
- Ein Großteil der Arbeit geschieht implizit und ist schwer greifbar
- Komplex (Stacey Matrix)

Was kann KI heute in der SE leisten?

- KI-Suchmaschinen
- Coding Assistenten
- Chatbots als Orakel

Zusammenfassung IV

Was kannst du tun?

- Erfahrung sammeln = realistischen Blick bekommen
- Dein mentales Modell häufig aktualisieren (nicht an Glaubenssätzen festhalten)
- Auf Signale achten
- Freue dich, dass du nicht nur die spannendste Zeit der Menschheitsgeschichte erlebst, sondern auch zu der Berufsgruppe gehörst, die diese Systeme versteht und gestalten kann



Skeptiker



Besorgter Enthusiast

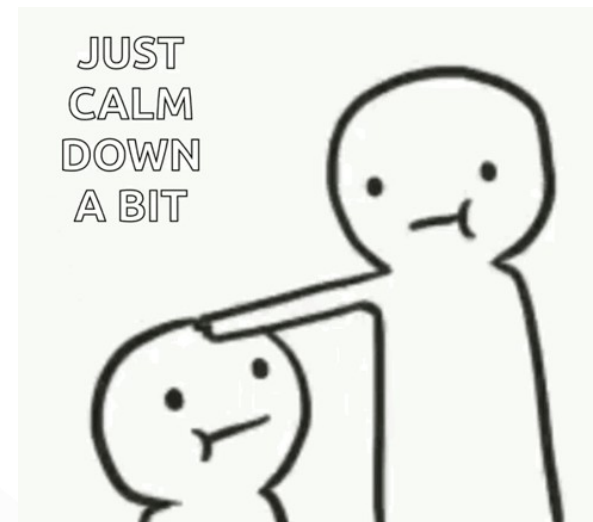
Zusammenfassung IV

Was kannst du tun?

- Erfahrung sammeln = realistischen Blick bekommen
- Dein mentales Modell häufig aktualisieren (nicht an Glaubenssätzen festhalten)
- Auf Signale achten
- Freue dich, dass du nicht nur die spannendste Zeit der Menschheitsgeschichte erlebst, sondern auch zu der Berufsgruppe gehörst, die diese Systeme versteht und gestalten kann



Skeptiker



Besorgter Enthusiast

Kontakt



steve.haupt@andrena.de



www.linkedin.com/in/stevehaupt



www.youtube.com/@developers-club

Feedback

