



GPT-4 als Werkzeug zur Baumartenwahl im Klimawandel:
Situationsanalyse zu Funktionalität und
inhaltliche Tauglichkeit

BACHELORARBEIT

MICHAEL MATT

26.09.2023

Agenda



Einleitung



Material



Methodik



Ergebnisse



Fazit und
Ausblick



Einleitung

Aufkommen von KI-Modellen

- ▶ Erscheinen von ChatGPT am 22.11.2022
- ▶ Simuliert Konversationen basierend auf künstlicher Intelligenz
- ▶ Seitdem große Menge an Large Language Models auf dem Markt
- ▶ Bedeutende Beispiele: Llama (Meta); PaLM (Google)
- ▶ OpenAI (Microsoft) mit GPT-4 derzeit führend



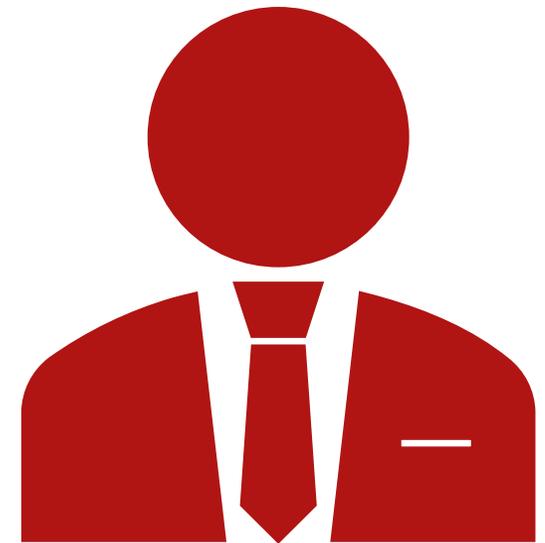
Benchmarks von GPT-4 im Vergleich mit anderen KI-Modellen (OpenAI, 2023)

Benchmark	GPT-4 Evaluated few-shot	GPT-3.5 Evaluated few-shot
MMLU Multiple-choice questions in 57 subjects (professional & academic)	86.4% 5-shot	70.0% 5-shot
HellaSwag Commonsense reasoning around everyday events	95.3% 10-shot	85.5% 10-shot
AI2 Reasoning Challenge (ARC) Grade-school multiple choice science questions. Challenge-set.	96.3% 25-shot	85.2% 25-shot
WinoGrande Commonsense reasoning around pronoun resolution	87.5% 5-shot	81.6% 5-shot
HumanEval Python coding tasks	67.0% 0-shot	48.1% 0-shot
DROP (f1 score) Reading comprehension & arithmetic.	80.9 3-shot	64.1 3-shot

Benchmark	LM SOTA Best external LM evaluated few-shot	SOTA Best external model (includes benchmark-specific training)
MMLU Multiple-choice questions in 57 subjects (professional & academic)	70.7% 5-shot U-PaLM	75.2% 5-shot Flan-PaLM
HellaSwag Commonsense reasoning around everyday events	84.2% LLAMA (validation set)	85.6% ALUM
AI2 Reasoning Challenge (ARC) Grade-school multiple choice science questions. Challenge-set.	84.2% 8-shot PaLM	85.6% ST-MOE
WinoGrande Commonsense reasoning around pronoun resolution	84.2% 5-shot PALM	85.6% 5-shot PALM
HumanEval Python coding tasks	26.2% 0-shot PaLM	65.8% CodeT + GPT-3.5
DROP (f1 score) Reading comprehension & arithmetic.	70.8 1-shot PaLM	88.4 QDGAT

Potenzielle Auswirkungen von KI-Modellen

- ▶ Großes Potenzial Berufe und Arbeitsmarkt zu beeinflussen
- ▶ 15 % auszuführender Aufgaben in den USA könnten mit KI-Unterstützung deutlich schneller ausgeführt werden
- ▶ Besonders betroffene Berufsgruppen sind u. A.:
Telemarketing, Lehrkräfte, Rechtsberater, Investoren
- ▶ Forstbranche nach aktuellen Studien weniger betroffen



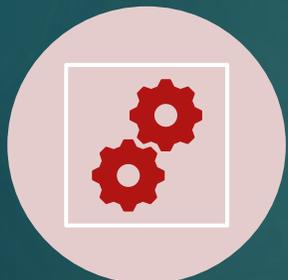
Ziele



Ermitteln der Tauglichkeit des KI-Modells ChatGPT (GPT-4) für Beschäftigte in der Forstwirtschaft



Konkrete Fragestellung bezüglich Baumartenempfehlungen im Klimawandel



Anwendung im Realszenario im Vordergrund, anstelle von Optimierung der Antworten



Vergleich mit glaubwürdigen Quellen zur Evaluation der gegebenen Antworten

Problemstellung

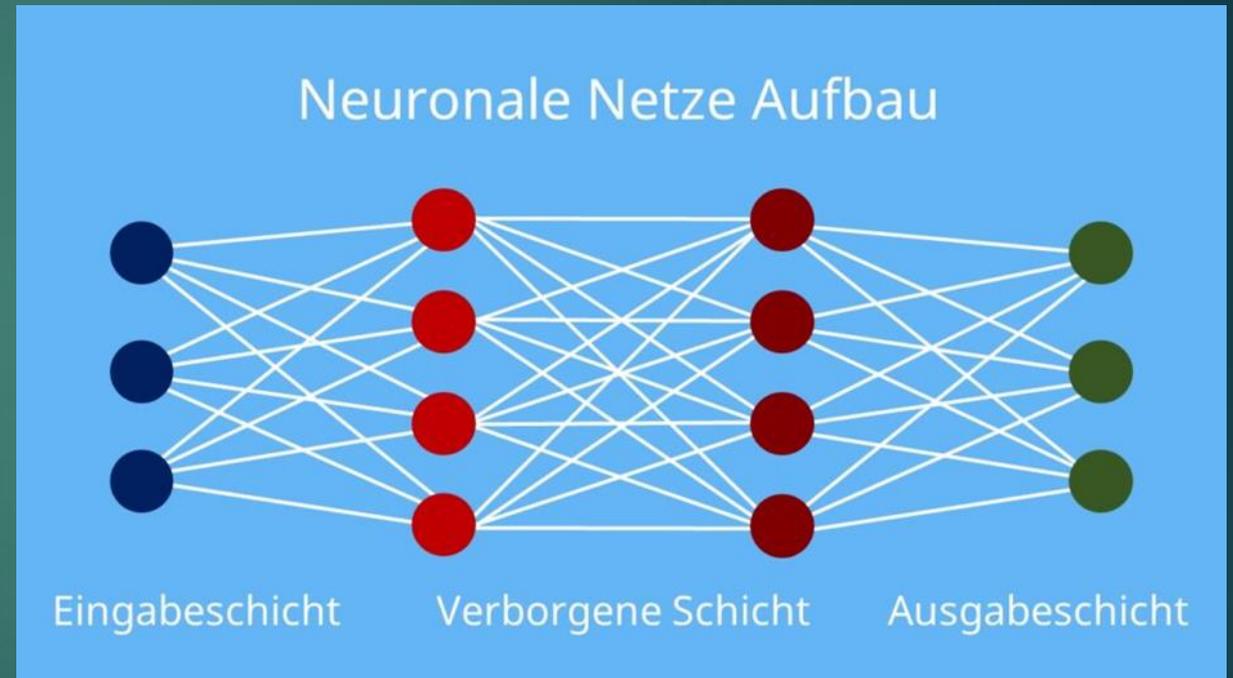
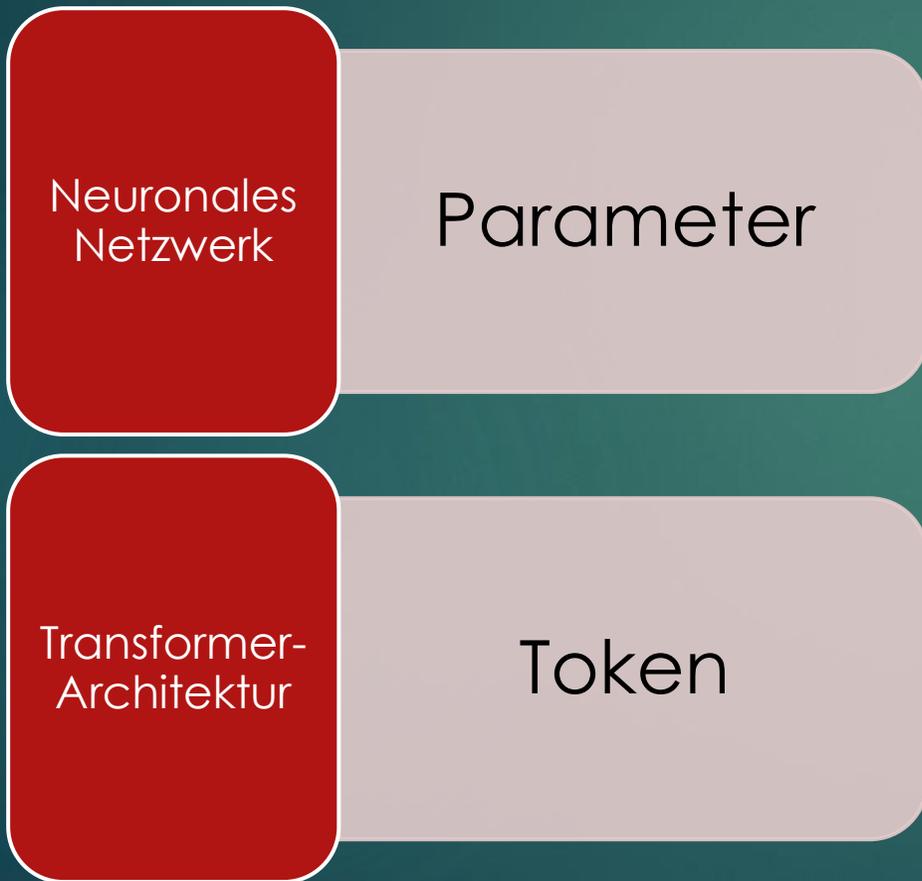
- ▶ KI-Modelle können Wahrheitsgehalt ihrer Antworten nicht überprüfen
- ▶ Keine Angabe von Quellen auf denen die Antworten basieren
- ▶ KI-Modelle „halluzinieren“
- ▶ Reproduzierbarkeit des Versuchs fraglich
- ▶ Weiterentwicklung der Modelle





Material

Funktionsweise von Large Language Models



Training von GPT-4

- ▶ Wissensvermittlung über Einspeisung eines Datensatzes
 - ▶ Textdaten wie z.B Bücher, Artikel, Blogs etc.
- ▶ Trainingsprozesse zur Verbesserung des Antwortverhaltens
 - ▶ (Reinforcement Learning from Human Feedback, Proximal Policy Optimization)
- ▶ Moderation der Ausgaben
- ▶ (Fine-Tuning)

Methodik

Secant
Lines

Tangent
Line

$$f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$
$$f(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{(x+h)^2 - x^2}{h}$$
$$= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{x^2 + 2xh + h^2 - x^2}{h}$$
$$= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{2xh + h^2}{h}$$
$$= \lim_{h \rightarrow 0} h(2x + h)$$
$$= 2x$$

$f'(a) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(a+h) - f(a)}{h}$

$f'(a) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(a) - f(a-h)}{h}$

Versuchsanlage

- ▶ 3 fiktive Standorte werden abgefragt
- ▶ 4 heimische Baumarten, 4 fremdländische
- ▶ Ergänzt um Parameter Wirtschaftlichkeit und Naturschutz
- ▶ Zusatzfrage mit Kalk im Boden
- ▶ Klimaszenario RCP 4.5 festgelegt
- ▶ Einheitlich gestalteter Prompt

Prompt engineering





„Stelle dir vor du bist Forstwirtschaftsexperte und sollst für einen deutschen Waldbesitzer Vorschläge zum Anbau einer Baumart auf seinem Waldgrundstück machen. Insbesondere möchte der Waldbesitzer eine risikoarme Baumart hinsichtlich des Klimawandels. Gehe von einem moderaten Klimaszenario aus (RCP 4.5). Die Bodeneigenschaften des Grundstücks sind wie folgt: [Bodenart, Wasserverfügbarkeit, Nährstoffverfügbarkeit, Durchwurzelbarkeit]. Nenne zunächst zwei in Deutschland heimische Baumarten und begründe deine Antwort.“

3 Standorte

Sand

- Trocken
- Gut durchlüftet
- Oligotroph
- Gut durchwurzelbar

Lehm

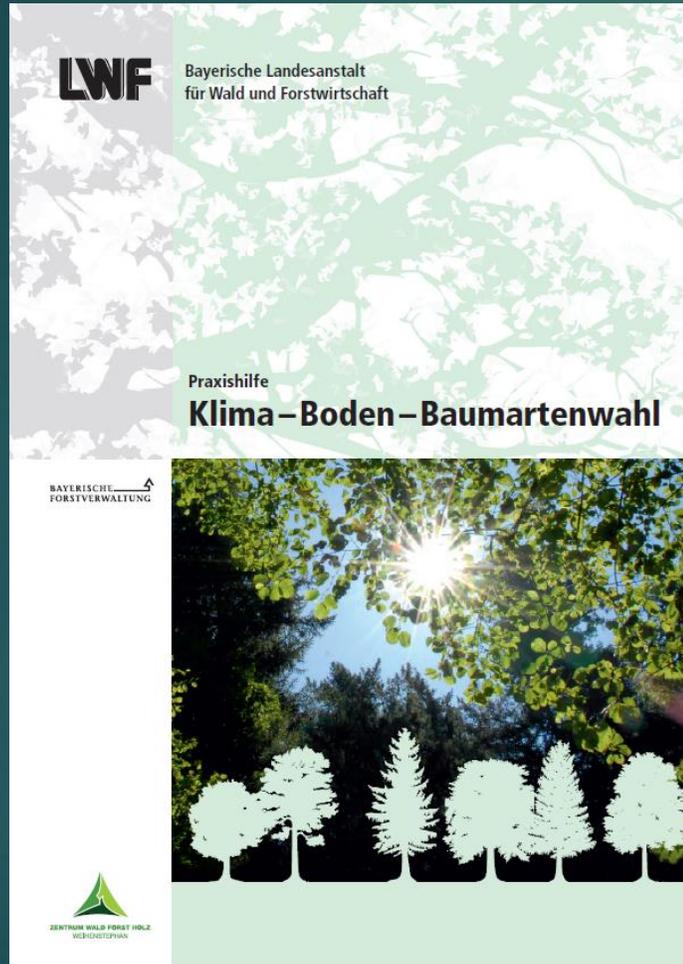
- Frisch
- Moderat durchlüftet
- Eutroph

Sonderstellung als „optimaler Standort“ bietet besonders viele geeignete Baumarten.

Ton

- Periodische Staunässe
- Schlecht durchlüftet
- Mesotroph
- Schlecht durchwurzelbar

Vergleichsquelle 1:
Praxishilfe Klima-Boden-Baumartenwahl
LWF Bayern



Vergleichsquelle 2:
Artensteckbriefe 2.0
FVA BW



Evaluation

- ▶ Einschätzung der Baumarteneignung für den Standort anhand der Vergleichsquellen
- ▶ Evaluieren der Übereinstimmung mit den von GPT-4 gegebenen Informationen
- ▶ Zuweisen von Ziffern 1 bis 4
 - ▶ 1 = Einschätzung stimmt überein
 - ▶ 2 = Größtenteils Übereinstimmung
 - ▶ 3 = Teilweise Übereinstimmung
 - ▶ 4 = Kaum Übereinstimmung
- ▶ Ähnlicher Charakter wie geeignet (g), möglich (m), weniger geeignet (w), ungeeignet (u)

Ergebnisse

Frage nach Arteigenschaften

- Tabelle zu Arteigenschaften innerhalb der Praxishilfe des LWF
- 1 = sehr niedrig ...
5 = sehr hoch
- GPT-4 wurde aufgefordert diese zu reproduzieren
- Durchschnittliche Differenz wurde ermittelt

Baumart	Standorts-Eigenschaften			Art-Eigenschaften					Gefährdungen			
	Kältetoleranz	Trockenheitstoleranz	Nährstoffmangeltoleranz	Schatttoleranz	Höhenwuchs	Stabilität	Lebensdauer	Verjüngungspotenz	Spätfrostresistenz	Windwurf-/Schneebruchresistenz	Waldbrandresistenz	Widerstand geg. biot. Schaderreger
Buche	4	3	3	5	5	4	4	4	2	4	5	3
Winterlinde	2	3	3	5	4	4	5	3	4	4	5	3
Weißtanne	4	2	4	5	5	5	4	4	1	5	2	2

Ökologische Potenz mitteleuropäischer Baumarten
(OTTO 1994, verändert)

Auswertung Arteigenschaften

Baumart	Durchschnittliche Differenz
Buche	0,67
Winterlinde	1,00
Weißtanne	0,75
Traubeneiche	0,83
Stieleiche	0,75
Bergahorn	0,83
Spitzahorn	0,75
Europ. Lärche	1,00
Sommerlinde	0,83
Waldkiefer	1,08
Zirbelkiefer	1,00
Bergkiefer	0,83
Vogelbeere	1,17
Fichte	0,92
Bergulme	1,08
Esche	1,00
Hainbuche	0,58

Baumart	Durchschnittliche Differenz
Aspe	0,92
Sandbirke	1,17
Elsbeere	1,08
Speierling	1,50
Mehlbeere	1,25
Feldahorn	1,00
Grauerle	1,25
Roterle	1,08
Moorbirke	0,92
Wildkirsche	1,50
Flatterulme	1,83
Eibe	0,75
Wildapfel	0,58
Wildbirne	0,92
Walnuss	1,00
Silberweide	0,83
Mittelwert	0,99

Eigene Darstellung

Beispielerggebnis

- 1. Die Waldkiefer (*Pinus sylvestris*):** Die Waldkiefer ist eine in Deutschland heimische Baumart, die gut auf sandigen, trockenen und nährstoffarmen Böden gedeiht. Sie hat eine gute Trockenresistenz und kann sich daher gut an veränderte Niederschlagsverhältnisse anpassen. Sie ist zudem in der Lage, auch bei höheren Temperaturen gut zu wachsen. Im Hinblick auf den Klimawandel kann die Kiefer daher als risikoarme Baumart eingestuft werden. Darüber hinaus ist sie recht robust gegenüber Schädlingen und Krankheiten. **(Evaluation: 2)**
- 2. Die Trauben-Eiche (*Quercus petraea*):** Eichenarten sind für ihre Widerstandsfähigkeit bekannt und können gut auf sandigen Böden gedeihen. Die Trauben-Eiche hat eine tiefe Wurzelstruktur, die es ihr ermöglicht, auch in Trockenperioden an Wasser zu gelangen. Sie hat eine hohe Toleranz gegenüber unterschiedlichen Boden- und Klimaverhältnissen und kann sich gut an wärmere und trockenere Bedingungen anpassen, die im Rahmen eines moderaten Klimaszenarios (RCP 4.5) zu erwarten sind.[...]
(Evaluation: 1)

Auswertung Sandstandort

Parameter	Baumart	Ergebnis
Heimisch	Kiefer	2
	Traubeneiche	1
	Stieleiche	1
	Robinie	1
Fremdländisch 1	Douglasie	3
	Küstentanne	2
Fremdländisch 2	Japanische Lärche	4
	Chinesische Hemlocktanne	
Wirtschaftlich	Douglasie	3
	Hybrid-Pappel	
Naturschutz	Stieleiche	1
	Wildkirsche	3
Kalk	Feldahorn	1
	Flatter-Ulme	3
	Walnussbaum	
	Linde	2
Mittelwert		2,08

Eigene Darstellung

Auswertung Lehmstandort

Parameter	Baumart	Ergebnis
Heimisch	Stieleiche	1
	Hainbuche	1
	Rotbuche	2
	Flatter-Ulme	1
Fremdländisch 1	Douglasie	1
	Küstentanne	1
Fremdländisch 2	Manna-Esche	
	Nordmann-Tanne	2
Wirtschaftlich	Douglasie	1
	Stieleiche	1
Naturschutz	Stieleiche	1
	Weißtanne	2
Kalk	Flatter-Ulme	2
	Feldahorn	1
	Traubeneiche	2
	Zerreiche	3
Mittelwert		1,47

Eigene Darstellung

Auswertung Tonstandort

Parameter	Baumart	Ergebnis
Heimisch	Schwarz-Erle	1
	Flatter-Ulme	1
	Silberweide	
	Hainbuche	1
Fremdländisch 1	Douglasie	3
	Roteiche	1
Fremdländisch 2	Sumpfyzypresse	
	Schwarz-Pappel	
Wirtschaftlich	Douglasie	3
	Fichte	4
Naturschutz	Stieleiche	1
	Schwarz-Pappel	
Kalk	Traubeneiche	3
	Flaumeiche	3
Mittelwert		2,10

Eigene Darstellung

Gesamtauswertung

- ▶ Passende Empfehlung (1 oder 2) in **71,1 %** der Fälle
- ▶ Fragen ohne Zusatzparameter erreichen **100%** geeignete Empfehlungen
- ▶ Mehr Parameter in der Frage verschlechtern das Ergebnis
- ▶ Eichen sehr häufig vertreten
- ▶ Douglasie in jeder Instanz bei fremdländischer und wirtschaftlicher Baumart vorzufinden





Potenzielle Anwendung

- ▶ Ergebnisse insgesamt positiv zu bewerten
- ▶ Immer noch Expertenwissen benötigt, um Ausgaben zu verifizieren
 - ▶ Wofür dann GPT-4 überhaupt als Experte (z. B. Förster) ?
- ▶ Als Laie ähnliche Problematik
- ▶ Anwendung lediglich als Ideensammlung



Fazit und Ausblick



Fazit

- ▶ Trotz guten Ergebnissen bleibt Anwendung fraglich
- ▶ Zum jetzigen Zeitpunkt als Hilfestellung denkbar
- ▶ Großes Potenzial von KI-Modellen auch in der Forstbranche

Ausblick

- ▶ Enormes Potenzial für speziell entwickeltes KI-Modell trainiert auf Daten und Aufgaben aus der Forstwirtschaft
- ▶ Große Stärke liegt in der Datenverarbeitung nicht nur reiner Wissensvermittlung
- ▶ Kurzfristig: Update zu benutzerdefinierten Instruktionen
- ▶ Einfluss auf Bildungsinstitutionen (auch HFR)



Quellen

- ▶ Avila, A. L. de, Häring, B., Rheinbay, B., Brüchert, F., Hirsch, M., & Albrecht, A. (2021). *Artensteckbriefe 2.0: Alternative Baumarten im Klimawandel: eine Stoffsammlung* (Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), Hrsg.). Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. https://www.fva-bw.de/fileadmin/publikationen/sonstiges/2021_fva_artensteckbriefe.pdf, Download am 10.06.2023.
- ▶ Bozkurt, A., & Sharma, R. C. (2023). Generative AI and Prompt Engineering: The Art of Whispering to Let the Genie Out of the Algorithmic World. *Asian Journal of Distance Education*. <http://www.asianjde.com/ojs/index.php/AsianJDE/article/view/749>, Download am 05.09.2023.
- ▶ Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D. M., Wu, J., Winter, C., ... Amodei, D. (2020). *Language Models are Few-Shot Learners* (arXiv:2005.14165). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.14165>, Download am 30.08.2023.
- ▶ Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., & Rock, D. (2023). *GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models* (arXiv:2303.10130). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.10130>, Download am 18.08.2023.

- 
- ▶ Hariri, W. (2023). *Unlocking the Potential of ChatGPT: A Comprehensive Exploration of its Applications, Advantages, Limitations, and Future Directions in Natural Language Processing* (arXiv:2304.02017). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2304.02017> Download am 08.08.2023.
 - ▶ Kunz, J., Mellert, K.-H., Forster, M., Falk, W., Šeho, M., Reger, B., & Klemmt, H.-J. (2020). *Praxishilfe Klima – Boden – Baumartenwahl, Band II* (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Hrsg.). <https://www.lwf.bayern.de/service/publikationen/sonstiges/253310/index.php> Download am 15.04.23.
 - ▶ Forster, M., Falk, W., & Reger, B. (2019). *Praxishilfe Klima – Boden – Baumartenwahl*. <https://www.lwf.bayern.de/service/publikationen/sonstiges/225476/index.php>, Download am 15.04.2023.
 - ▶ Frąckiewicz, M. (2023, März 15). ChatGPT and Its Role in Improving Sustainable Forest Management and Conservation. *TS2 SPACE*. <https://ts2.space/en/chatgpt-and-its-role-in-improving-sustainable-forest-management-and-conservation/>, abgerufen am 18.08.2023
 - ▶ Felten, E. W., Raj, M., & Seamans, R. (2023). *How will Language Modelers like ChatGPT Affect Occupations and Industries?* (SSRN Scholarly Paper 4375268). <https://doi.org/10.2139/ssrn.4375268>, Download am 28.08.2023.

- ▶ OpenAI. (2022, November 30). *Introducing ChatGPT*. <https://openai.com/blog/chatgpt>, abgerufen am 19.08.2023
- ▶ OpenAI. (2023a, März 14). *GPT-4 Research*. <https://openai.com/research/gpt-4>, abgerufen am 08.08.2023
- ▶ OpenAI. (2023b, Juli 20). *Custom instructions for ChatGPT*. <https://openai.com/blog/custom-instructions-for-chatgpt>, abgerufen am 23.08.2023.
- ▶ Ouyang, L., Wu, J., Jiang, X., Almeida, D., Wainwright, C. L., Mishkin, P., Zhang, C., Agarwal, S., Slama, K., Ray, A., Schulman, J., Hilton, J., Kelton, F., Miller, L., Simens, M., Askell, A., Welinder, P., Christiano, P., Leike, J., & Lowe, R. (2022). *Training language models to follow instructions with human feedback*.
- ▶ Reynolds, L., & McDonell, K. (2021). *Prompt Programming for Large Language Models: Beyond the Few-Shot Paradigm* (arXiv:2102.07350). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2102.07350>, Download am 14.08.2023.
- ▶ Studyflix. (2023). *Neuronale Netze • Was ist ein neuronales Netz?* Studyflix. <https://studyflix.de/informatik/neuronale-netze-4297>, abgerufen am 11.08.2023.
- ▶ Thompson, A. D. (2023, März). GPT-4. *GPT-4*. <https://lifearchitect.ai/gpt-4/>, abgerufen am 24.08.2023