

Große Sprachmodelle entwickeln und anwenden

Whitepaper

Löser, A., Tresp, V. et al.
AG Technologische Wegbereiter
und Data Science



Kurzfassung

Gegenwärtig entstehen viele der fortgeschrittensten generativen Modelle, auch sogenannte große Sprachmodelle, in den USA und China, die jedoch oft nicht offen zugänglich sind. Eine Ausrichtung an europäischen Werten und Vorgaben ist zudem damit nicht gesichert. Deutsche Unternehmen sind daher abhängig von der Qualität der Trainingsdaten und von den Modellen dieser Anbieter, wenn sie diese in Anspruch nehmen.

Angesichts des zunehmenden Einflusses sowie der rasanten technologischen Entwicklung dieser KI-Modelle besteht ein Bedarf, Abhängigkeiten Europas hinsichtlich Technologie und Daten zu begegnen und Alternativen zu schaffen, um die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit in Deutschland und Europa zur Sicherung der Digitalen Souveränität voranzutreiben. Dies unterstreicht die Forderung sowie die Bedeutung eines, umfangreichen, offenen wie kommerziell nutzbaren und nach europäischen Werten und Regeln kuratierten Trainingsdatensatzes in deutscher Sprache, der die Entwicklung verschiedener Sprachmodelle in Forschung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft fördern und den Transfer in die Anwendung erleichtern kann.

Anwendungsperspektiven: Potenziale und Herausforderungen

Große Sprachmodelle bieten ein enormes Potenzial für deutsche und europäische Unternehmen, indem sie ältere Natural Language Processing (NLP)-Technologien ersetzen und klassische NLP-Aufgaben optimieren können. So ermöglichen multi-modale Modelle neue Anwendungen wie die Suche nach Produktbeschreibungen allein durch die bloße Eingabe von Bildern. Ein bedeutender Mehrwert dieser Modelle liegt vor allem aber in ihrer Wiederverwendbarkeit, da sie an branchen- und unternehmensspezifische Anforderungen und Daten angepasst werden können, ohne ein eigenes großes, vortrainiertes KI-Modell neu trainieren zu müssen. Die Nutzung solcher Modelle kann dabei auch in Bereichen erfolgen, in denen bisher wenig eigene Daten verfügbar waren bzw. sind. Dies ermöglicht auch Anwendungsfälle in Unternehmen, die nur begrenzte oder keinerlei Ressourcen für maschinelles Lernen und Data Science haben.

Viele dieser Anwendungsfälle, vor allem in geschäftsunterstützenden Bereichen und im Service, ermöglichen Unternehmen spürbare Effizienzsteigerungen, da große Sprachmodelle den Informationszugang verbessern und repetitive Prozesse automatisieren können. Die vertrauliche Datenverarbeitung ist jedoch für derartige Anwendungsfälle entscheidend, um den Datenschutz und den Schutz sensibler (Geschäfts-)Daten bei der Verarbeitung und Datenteilung mit Dritten zu gewährleisten. Lösungswege sind notwendig, um diesen Herausforderungen zu begegnen; ebenfalls Rechts- und Planungssicherheit für Akteure, insbesondere in Bezug auf urheber-, lizenz- und datenschutzrechtliche Bestimmungen hinsichtlich der Daten(-grundlage).

Übersicht Anwendungs- und Aufgabenbereiche großer Sprachmodelle

- **Anwendungsbereiche:**
IT-Branche, Sales, Marketing, Verlagswesen, Dienstleistungssektor, Wissensmanagement, Gesundheitswesen sowie viele weitere.
- **Aufgabenstellungen:**
Überprüfung von Informationen, Rechercheunterstützung, Textanalyse, Extraktion von Wissen aus Dokumenten, Abgleich und Verarbeitung von Dokumenten, Information Retrieval, Textgenerierung, automatische Übersetzung, Dialogsysteme, Chatbots, Generierung von Programmcode und vielem mehr.
- **Multi-modale Modelle können verschiedene Aufgaben erfüllen:**
Generierung von Bildern und Videos aus Texteingaben, Erstellung von 3D-Formen aus 2D-Zeichnungen, Bauteilerstellung, Steuerung von Robotern, Suche zwischen Modalitäten, Generierung von Bildunterschriften und -beschreibungen sowie den Abgleich zwischen Modalitäten zur Verbesserung von Modellfähigkeiten.

Die vielfältigen Anwendungen von Sprachmodellen verdeutlichen das Potenzial und die Herausforderungen dieser KI-Technologie, die exemplarisch an den beiden Anwendungsfeldern Geschäftsanwendungen und Anwendungen im Gesundheitswesen aufgezeigt werden: damit zwei Anwendungsfelder, in denen unter anderem auch sensible Daten Teil

der Verarbeitungsprozesse sein können, zum einen sensible Geschäftsdaten und internes Wissen und zum anderen datenschutzrechtlich besonders sensible medizinische Patientendaten.

Geschäftsanwendungen: Zwei wesentliche Schlüsselbereiche für zukünftige KI-basierte Anwendungen in Unternehmen bilden digitale Assistenten und Dokumentenverarbeitung. Bei der Gestaltung benutzerfreundlicher Geschäftsanwendungen spielen digitale Assistenten eine entscheidende Rolle: Sie verbessern die Benutzererfahrung durch Navigations- und Suchhilfen sowie das Beantworten von Wissensfragen in natürlicher Sprache. Im Gegensatz zu einfachen Chatbots können digitale Assistenten über Anwendungsgrenzen hinweg arbeiten, den Kontext berücksichtigen und sich durch Personalisierung immer weiter auf die Nutzenden einstellen. Bei der Dokumentenverarbeitung bieten Sprachtechnologien und Informationsextraktion die Möglichkeit, repetitive Aufgaben zu erleichtern und zu automatisieren und damit komplexe Geschäftsdokumente effizient zu analysieren und zu verknüpfen, indem relevante Informationen im Dokument erkannt, extrahiert und mit Geschäftsdaten angereichert bzw. verknüpft werden – egal ob Rechnungen, Zahlungsverläufe oder Bestellungen.

Gesundheitswesen: Große Sprachmodelle eröffnen auch im Gesundheitswesen zukunftsweisende Möglichkeiten, insbesondere in der Outcome-Vorhersage und Entscheidungsunterstützung. Entscheidend sind hierbei präzise, robuste und erklärbare Resultate. Bei der Outcome-Vorhersage unterstützen Sprachmodelle ärztliches Personal bei der Differenzialdiagnose, indem sie anhand von textuellen Daten, Vitaldaten und Laborwerten mögliche Diagnosen vorschlagen und auf Anomalien hinweisen. Die Kombination von Sprachmodellen mit medizinischem Expertenwissen (sogenannte [hybride KI](#)) und anderen Datenquellen verbessert zudem die Vorhersagekraft und Robustheit.

Für die Entscheidungsunterstützung dienen vortrainierte Sprachmodelle als Grundlage für Frage-Antwort-Systeme und Chatbots im medizinischen Bereich. Die Herausforderung liegt jedoch in der Nachvollziehbarkeit der Vorhersagen, insbesondere in klinischen Situationen, wo schnelle Verifikationen erforderlich sind.

Auch im Gesundheitsbereich zeigt sich, dass sich Anwendungen von Sprachmodellen aufgrund der Verfügbarkeit entsprechender Datensätze bisher hauptsächlich auf englischsprachige medizinische und klinische Texte konzentrieren: darunter Publikationen aus der [PubMed-Datenbank](#) oder klinische Patientenbriefe und -daten aus der [MIMIC-Datenbank](#) (Medical Information Mart for Intensive Care). Dies unterstreicht die Notwendigkeit, für die deutsche Sprache eigene domänenspezifische Sprachmodelle zu entwickeln, da diese vortrainiert auf medizinischen Texten im Vergleich zu domänenunabhängigen Modellen bessere Ergebnisse erzielen.

Ebenen Digitaler Souveränität bei großen Sprachmodellen

Unbenommen steht fest: Große Sprachmodelle bilden den Kern vielfältiger Anwendungen. Gleichzeitig müssen diese KI-Modelle im Sinne europäischer Wertvorstellungen und der Rechtssicherheit für Forschende, Entwickelnde und Anwendende (weiter-)entwickelt und in Deutschland und Europa in die Anwendung gebracht werden. Mit solchen Modellen

wird sichergestellt, dass in sensiblen Bereichen wie dem Gesundheitswesen, Katastrophenmanagement und wichtigen Kernbranchen auf derartige KI-Modelle zugegriffen werden kann, ohne wirtschaftliche oder technologische Abhängigkeiten zu schaffen. Dies stärkt die Digitale Souveränität, also die Fähigkeit, die digitale Transformation entsprechend europäischen Werten für einen fairen Wettbewerb zu gestalten und somit Bedingungen für die souveräne Realisierung des ökonomischen und gesellschaftlichen Potenzials großer Sprachmodelle nach europäischen Standards zu schaffen. Neben den technologie- und daten-bezogenen Ebenen Digitaler Souveränität spielen weitere relevante Ebenen im Kontext von großen Sprachmodellen eine zentrale Rolle:

- **Europäisches Werte- und Rechtssystem:** Im europäischen Kontext werfen Sprachmodelle sowohl rechtliche als auch ethische Fragen auf, darunter auf Datenschutz, Urheberrecht und Verbreitung von Falschinformationen. Der AI Act der Europäischen Union zielt darauf ab, einen rechtlichen Rahmen für KI bereitzustellen und die Einhaltung europäischer Werte bei großen Sprachmodellen sicherzustellen. Unternehmen benötigen klare Richtlinien für die Nutzung generativer KI-Modelle, einschließlich transparenter Informationen über Trainingsdaten und die Einhaltung europäischer Gesetze. Daher liegt es nahe, deutschsprachige und europäische Sprachmodelle zu entwickeln, um ethische Standards bei der Auswahl von Trainingsdaten zu gewährleisten, Bias zu vermeiden und die Privatsphäre zu schützen.
- **Daten – die Grundvoraussetzung:** Der Zugang zu umfangreichen und qualitativ hochwertigen Datensätzen ist entscheidend für die Entwicklung leistungsfähiger Sprachmodelle. Auch, wenn bereits Entwicklungen maßgeschneiderter Modelle mit begrenzten Daten für spezifische Anforderungen möglich sind. Transparenz und Rechtssicherheit sind bei den Trainingsdatensätzen jedoch oft bis jetzt nicht gewährleistet, was Herausforderungen für Forschende und Unternehmen beim Einsatz wie der Implementierung von Sprachmodellen in Deutschland und in Europa schafft. Besonders problematisch ist der vergleichsweise geringe Anteil deutschsprachiger Daten in aktuellen multi-lingualen Modellen, was zu Ungenauigkeiten führen kann.
- **Grafikprozessoren:** Diese sind aufgrund ihrer Verwendung als KI-Beschleuniger von entscheidender Bedeutung. Grafikprozessoren werden vor allem für die Berechnung von KI-Modellen eingesetzt, insbesondere für Transformer-Architekturen des maschinellen Lernens. Parallel dazu wird an der Entwicklung von Chips gearbeitet, die für Transformer optimiert sind, sowie an Chiptechnologien, die auch auf kleinen Geräten große KI-Algorithmen bewältigen können. Der Wettbewerb um die Entwicklung fortschrittlicher Sprach- und multimodaler Modelle führt zu einer verstärkten Nachfrage von Grafikprozessoren.
- **Recheninfrastruktur:** Der Rechenaufwand, die Modellparameter und Datenmengen für große KI-Modelle sind in den letzten Jahren stark gestiegen, ein Trend, der sich in Zukunft durch multi-modale Modelle noch verstärken dürfte. Initiativen in Europa und in Deutschland zielen darauf ab, die Digitale Souveränität im Bereich der Recheninfrastruktur durch Hochleistungsrechner zu stärken.

Der Betrieb kommerzieller Rechenzentren ist bedeutend, um Sprachmodelle kontinuierlich im kommerziellen Betrieb zu nutzen und damit Alternativen zu außereuropäischen Angeboten zu schaffen: So betreibt Deutschland aktuell 36 der weltweit 500 leistungsstärksten Computer, davon drei im Gauss Centre for Supercomputing.

- **Cloud-basierte und lokal ausführbare Modelle:** Der Zugang zu KI-Modellen berührt die Digitale Souveränität auf drei Ebenen: Training eines eigenen Modells, Nutzung von APIs großer KI-Unternehmen und Anpassung von Open-Source-Modellen. Der erste Ansatz erfordert beträchtliches Know-how und Ressourcen. Die zweite Option birgt das Risiko, dass KI-Forschung von wenigen großen Modellen dominiert wird. Europäische Start-ups wie Aleph Alpha könnten hierbei Alternativen bieten. Schließlich können lokal ausführbare Modelle auf Basis von Open Source Abhängigkeiten verringern und spezielle Anforderungen erfüllen.
- **Talente:** Der erfolgreiche Aufbau von Sprachmodellen verlangt neben Daten, Rechenleistung und geeigneten Algorithmen, auch eine gut vernetzte und koordinierte KI-Community mit entsprechendem Know-how. Zwei Schlüssel-Communities sind relevant: eine technische mit Fokus auf natürlicher Sprachverarbeitung und maschinellem Lernen sowie eine aus Unternehmen, Beratungsfirmen und Hochschulen, die auf die Anpassung von großen Sprachmodellen fokussiert ist. Die Entwicklung von Sprachmodellen erfordert spezialisierte Talente mit Master- oder Promotionsabschluss in Natürlicher Sprachverarbeitung, Data Engineering oder maschinellem Lernen sowie komplexe Fähigkeiten, einschließlich Domänen- und Kundenverständnis, Übersetzungsleistungen von Domänen hin zu Aufgaben bzw. Verfahren des maschinellen Lernens sowie eine Abschätzung der Machbarkeit und Kosten. Zwar ist der Talentenpool in Deutschland und Europa vergleichsweise groß, dennoch verlassen viele Top-Talente Deutschland für führende KI-Standorte, sodass der Fachkräftemangel eine Herausforderung unter anderem für KI-Start-ups bleibt.

Fazit und Gestaltungsoptionen

Angesichts des enormen Potenzials großer Sprachmodelle ist es wichtig, sich Klarheit darüber zu verschaffen, was Digitale Souveränität gerade bei dieser zentralen Technologie ausmacht und welche Ebenen und Komponenten in diesem Gesamtkontext zur Sicherung der Digitalen Souveränität beitragen.

Tabelle 1: Ebene Digitaler Souveränität (DS) bei großen Sprachmodellen – Zusammenfassung

Ebenen Digitaler Souveränität (DS)	Erläuterungen
Europäisches Werte- und Rechtssystem	<ul style="list-style-type: none"> • Der AI Act kann ein Instrument werden, um europäische Werte bei großen Sprachmodellen durchzusetzen. (+) • Aktuell werden bei vielen bekannten Modellen Kriterien nicht eingehalten (bzw. es bleiben Unsicherheiten). (-)
Daten	<ul style="list-style-type: none"> • Mehrere größere, deutschsprachige Textkorpora bereits vorhanden. (+) • Umfangreicher (10 bis 15 Terabyte), breit verfügbarer und im Sinne europäischer Werte und Regularien kuratierter, deutschsprachiger Textdatensatz fehlt. (-) • Ein vergleichsweise kleiner Anteil deutscher Textmengen an bestehenden, bekannten Modellen kann die Qualität von Modellausgaben in deutscher Sprache beeinträchtigen. (-) • Urheber- und lizenzrechtliche Herausforderungen bei Erstellung umfangreicher, breit nutzbarer Korpora für Modelltraining. (-)
(Grafik-) Prozessoren	<ul style="list-style-type: none"> • Die EU hält nur 10 Prozent Marktanteil am Chip-Markt. (-) • Abhängigkeit der Chip-Hersteller von komplexen Produktionsmaschinen, für die europäische Produzenten marktführend sind. (+) • Mittels Chips Act und Förderung der Ansiedlung von Produktionsstätten wird Abhängigkeiten generell entgegengewirkt. (+) • Es bleibt bei einer allgemeinen Abhängigkeit, gerade auch bei den besten und leistungsfähigsten GPUs (siehe NVIDIA). (-)
Recheninfrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • GU EuroHPC sowie GSC-Initiativen tragen zur DS bei, vor allem, aber nicht nur, in der Forschung. (+) • Vereinzelt private Initiativen tragen zu DS bei. (+) • 25 Prozent der Unternehmen wollen in eigene Ressourcen investieren oder ausbauen. (+) • Aber: Mitwachsen der Infrastruktur mit Anforderungen nötig sowie mehr europäische kommerzielle Lösungen. (-) • Aber: 74 Prozent der Unternehmen sind von externen Ressourcen abhängig und damit oft auch von außereuropäischen Cloud-Anbietern. (-)
Modelle	<ul style="list-style-type: none"> • Open Source mit lokalen Sprachmodellen (local LLM) kann zu DS beitragen. (+) • Europäische Start-ups sind eine Chance für mehr DS. (+) • Aber die meisten Modelle entstehen in USA und China. Große, neue und aufwendig zu trainierende Modelle werden weiterhin von großen Tech-Firmen und Einrichtungen entwickelt werden. (-)
Talente	<ul style="list-style-type: none"> • Im Vergleich mit anderen Ländern besteht in Deutschland eine gute allgemeine Situation. (+) • 35 Prozent von Stellen bei KI-Start-ups werden nicht besetzt. (-) • Abwanderung von Top-Talenten. (-) • Talente an der Schnittstelle von Verarbeitung natürlicher Sprache und maschinellem Lernen nicht ausreichend vorhanden. (-)

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Um die Entwicklung großer Sprachmodelle im Sinne der Digitalen Souveränität in Deutschland und Europa voranzutreiben und zu fördern, sind verschiedene Maßnahmen anzugehen:

- Umfangreiche und kuratierte Trainingsdatensätze – im Sinne deutscher und europäischer Werte – als Open Source verfügbar machen, um die Entwicklung von KI-Modellen zu unterstützen und die kollaborative Zusammenarbeit im KI-Ökosystem zu fördern.
- Ausreichende Verfügbarkeit von KI-Beschleunigern gewährleisten und den Ausbau der Recheninfrastruktur in Deutschland und Europa anforderungsadäquat vorantreiben.
- Entwicklung von Sprachmodellen im Einklang mit europäischen Werten, sowohl offen als auch proprietär, um eine verlässliche Grundlage zu bieten.
- Förderung von Community-Building und -Entwicklung, um das Ineinandergreifen von Datensammlung, Recheninfrastruktur und KI-Know-how effektiv zu bündeln und zu vernetzen.
- Förderung und Aufbau von Talenten durch Praktika, Forschungsprojekte und Kooperationsprojekte in Forschung und Industrie.

Hinweis: Das Whitepaper „Große Sprachmodelle entwickeln und anwenden“ knüpft an das Whitepaper „[Große Sprachmodelle: Grundlagen, Potenziale und Herausforderungen für die Forschung](#)“ (erschienen Mai 2023) an, dessen Fokus auf dem Forschungsbereich basiert, während das vorliegende Whitepaper die Anwendungsperspektive in den Blick nimmt.

Impressum

Herausgeber: Lernende Systeme – Die Plattform für Künstliche Intelligenz | Geschäftsstelle | c/o acatech | Karolinenplatz 4 | D-80333 München | kontakt@plattform-lernende-systeme.de | www.plattform-lernende-systeme.de | Folgen Sie uns auf X: @LernendeSysteme | LinkedIn: de.linkedin.com/company/plattform-lernende-systeme | Mastodon: social.bund.de/@LernendeSysteme | Stand: Dezember 2023 | Bildnachweis: nuttapong punna/iStock/Titel

Diese Kurzfassung entstand auf Grundlage des Whitepapers [Große Sprachmodelle entwickeln und anwenden. Ansätze für ein souveränes Vorgehen](#), München, 2023. Es wurde erstellt von Mitgliedern der Arbeitsgruppe AG Technologische Wegbereiter und Data Science. https://doi.org/10.48669/pls_2023-6

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

 **acatech**
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN