

Von der Revolution der Automatisierungstechnik zur Neuerfindung der Hirnforschung

Robotik im Überblick

Vor 60 Jahren wurde an einer Produktionslinie von General Motors der weltweit erste moderne Industrieroboter *Unimate* in Betrieb genommen.

Was heute als revolutionärer Schritt in der Automatisierungstechnik gilt, begründete gleichzeitig die moderne Robotik als Industriezweig und eigenständige Wissenschaft, die sich seitdem in eine Vielzahl von Spezialisierungsrichtungen aufgliedert hat, vom Staubsaugerroboter zu Hause bis hin zum Wartungsroboter auf der internationalen Raumstation ISS. Sie ist damit zu einem der wichtigsten Technologielieferanten für das autonome Fahren geworden, gilt als Schlüssel zur Sicherung der Produktion am Standort Deutschland im Rahmen von „Industrie 4.0“ und eröffnet neue Perspektiven für Künstliche Intelligenz (KI) und Hirnforschung. Grundlegende Kenntnisse im Bereich der Robotik werden daher immer wichtiger – sowohl in der Forschung als auch in der Industrie. Der vorliegende Artikel liefert eine kompakte Einführung in das Thema und diskutiert aktuelle wie künftige Entwicklungen im Lichte neuer Technologien wie Cloud-Computing und KI.

Entstehungsgeschichte und begriffliche Einordnung

Schon vor der Robotik wurden Produktionsabläufe in Fertigungsbetrieben automatisiert. Bestes Beispiel hierfür ist die Textilindustrie, für die bereits im 18. Jahrhundert der erste vollautomatische Webstuhl entwickelt wurde. Solche Maschinen sind jedoch eigens für eine bestimmte Aufgabe konstruiert und ausschließlich auf diese beschränkt. Die entscheidende Innovation des *Unimate*-Roboters war, dass er ähnlich wie ein Computer frei programmierbar war und daher flexibel für beliebige Aufgaben eingesetzt werden konnte. Daran orientiert sich auch dessen

mechanischer Aufbau, der nicht ohne Grund einem menschlichen Arm ähnelt. Im Wesentlichen folgen auch heute noch alle modernen Industrieroboter diesem Entwurfsprinzip.

Mit der Anwendung des Konzepts der Programmierung auf mechanische Systeme macht die Robotik Fortschritte in der Rechentechnik. Sie ist für Aufgabenstellungen zugänglich, die die Interaktion mit der Umwelt erfordern. Es ist daher kein Zufall, dass die Entwicklung der Robotik eng mit der Begründung der KI im Jahr 1956 und dem raschen Aufstieg von Informatik und Rechnertechnik verbunden ist. Da das Hauptziel der KI gerade darin besteht, die kognitiven Leistungen von Menschen und Tieren algorithmisch nachzubilden, ist die Robotik heute ihr potentiell prominentestes und weitestgehendes, zugleich aber auch komplexestes Anwendungsfeld.

Grundlagen der modernen Robotik

Die Robotik ist schon in ihren Anfängen ein interdisziplinäres Fachgebiet mit wesentlichen Beiträgen aus Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik. Der wohl gängigste Robotertyp sind „Arme“ mit sechs Freiheitsgraden, die aufgrund ihrer Vielseitigkeit vor allem in der Industrie breiten Einsatz finden. Ebenfalls verbreitet sind mobile Roboter, beispielsweise für den Materialtransport, für den Einsatz als Serviceroboter im öffentlichen Raum oder als Staubsaugerroboter im privaten Haushalt. Diese Systeme sind ausge-reift und millionenfach erprobt. Die Forschung hat sich daher im Laufe der Zeit zunehmend in Richtung Software und neuer Konstruktionsprinzipien verlagert. Besonders in der Anfangszeit der Robotik spielte die Entwicklung von Algorithmen für Regelung, Kinematik und Bahnplanung eine zentrale Rolle. Speziell bei Industrierobotern sind hohe Genauigkeit und zuverlässiger Betrieb heute selbst-

verständlich. Üblicherweise erfolgt die Regelung allein über eine Sollposition. Dies birgt in der Praxis hohes Gefahrenpotenzial, weswegen Roboterarme in der Fertigung bis heute üblicherweise in abgeschlossenen Zellen arbeiten. Eine neuere Entwicklung sind Roboter mit Kraftsensoren, die für die sichere Mensch-Roboter-Kooperation konzipiert sind. Die Regelung erfolgt hier nicht allein über eine Sollposition, sondern über die ausgeübte Kraft, so dass eine gefahrlose direkte Interaktion zwischen Mensch und Roboter möglich wird. Nach mehr als dreißig Jahren Forschung kommt diese Technologie mittlerweile immer häufiger in der Industrie zum Einsatz.

Gegenstand der aktuellen Forschung im Bereich der Roboterentwicklung sind neben der Erschließung weiterer Anwendungsfelder wie etwa Medizin oder Landwirtschaft neue Konstruktionsprinzipien wie humanoide Roboter, Roboter aus weichen Materialien oder sogar molekulare Roboter. Besonders vielversprechend sind biomimetische Roboter, deren Mechanik das muskuloskeletale System von Wirbeltieren nachbildet (s. Abb. 1). Das ermöglicht nicht nur sichere Zusammenarbeit mit Menschen und kostengünstige Produktion, sondern vor allem eine effizientere Umsetzung von Fertigkeiten wie etwa Laufen oder Greifen. Es wird weiterhin auch an Robotern für Einsätze in der Luft (z. B. Paketdrohnen), im Wasser (z. B. für Inspektionsaufgaben) oder ganzen Roboterschwärmen geforscht.

Perzeption – Kognition – Aktion

Mit der Programmierung von Aktionssequenzen lassen sich nur exakt definierte, repetitive Aufgaben umsetzen. Soll ein Roboter flexibel auf seine Umwelt reagieren und seine Handlungen situativ anpassen, sind Algorithmen und Modelle für die Wahrnehmung der Umgebung (Perzep-

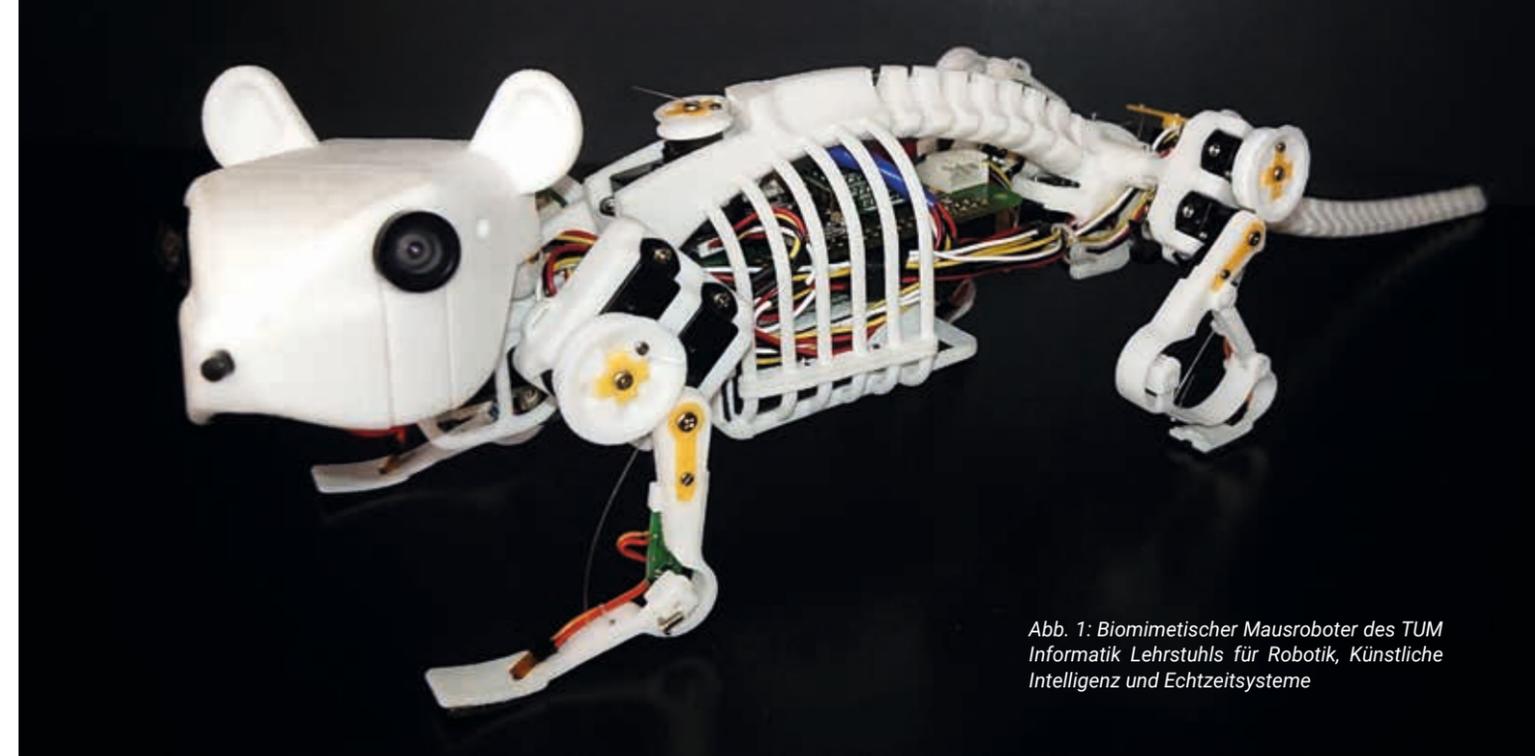


Abb. 1: Biomimetischer Mausroboter des TUM Informatik Lehrstuhls für Robotik, Künstliche Intelligenz und Echtzeitsysteme

tion), die Generierung von Handlungsstrategien (Kognition) und die Umsetzung dieser Strategien (Aktion) erforderlich. Diese drei Prozesse laufen iterativ in einer geschlossenen Regelschleife und setzen den Roboter in direkten Austausch mit seiner Umgebung.

Die Entwicklung kognitiver Architekturen für die Robotik ist eng verbunden mit der Entwicklung der KI. Wichtige Forschungsbereiche sind Planungsalgorithmen, maschinelles Sehen, Sensordatenfusion

und die autonome Erstellung von Umgebungskarten für die Lokalisierung (Simultaneous Localization and Mapping, SLAM). Für die Interaktion mit dem Menschen wird nicht nur an Dialogsystemen geforscht, sondern auch an grundlegenden Prinzipien für eine natürliche und effiziente Kommunikation. Trotz erheblicher Fortschritte bleibt der Einsatz von Robotern außerhalb kontrollierter Umgebungen in Laboren oder in der Industrie eine große Herausforderung,

wie beispielsweise Berichte über Unfälle mit (teil-)autonomen Fahrzeugen immer wieder zeigen.

Mit Neurorobotik ins Zeitalter von KI und Cloud

Die stetig steigende Rechenleistung hat in den letzten Jahren unter dem Schlagwort „Deep Learning“ zu deutlichen Fortschritten in der KI geführt. Nahezu alle modernen Systeme basieren heute auf tiefen neuronalen Netzen, die auf großen Datenmengen trainiert werden. Auch in der Robotik wurde diese Technik schon erfolgreich angewendet, etwa zum Greifen von Objekten. Dennoch ist der praktische Nutzen bislang begrenzt, da sich Aufgaben in der Robotik anders als etwa in der Bilderkennung nicht einfach durch statische Datensätze beschreiben lassen. Während es im Internet Millionen von Beispielen von Katzen oder Autos gibt, sind die Sensordaten, die etwa an einer Fertigungsline beim Fügen von Werkstücken anfallen, stark abhängig vom Typ des Roboters, Position und Art der Sensoren sowie der konkreten Zielaufgabe. Für das Training einer bestimmten Fertigkeit müssen also immer wieder neu individuelle Daten generiert werden. Das ist nicht nur zeit- sondern auch kostenintensiv. Ein vielversprechender Ansatz für die Entwicklung neuer KI-Modelle an der Schnittstelle von Robotik, KI und Neuro-

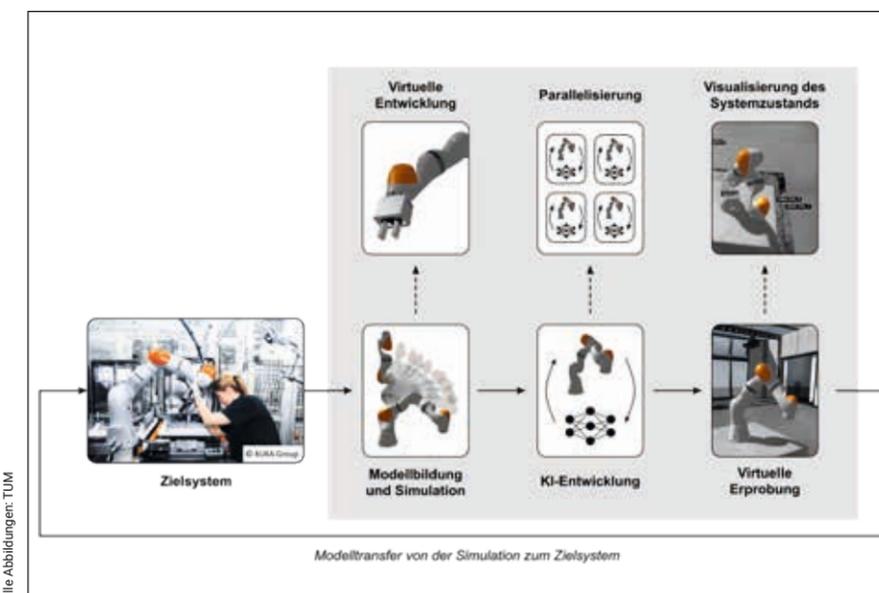


Abb. 2: Virtuelle Entwicklung von KI-Modellen mit digitalen Zwillingen

wissenschaft ist die Neurorobotik, deren Ziel es ist, das Studium von Gehirnmodellen in einen Körper eingebettet und im geschlossenen Regelkreis von Perzeption – Kognition – Aktion zu ermöglichen. Dies erlaubt es einerseits Neurowissenschaftlern, Simulationen des Gehirns unter realitätsnahen Bedingungen in Interaktion mit der Umgebung zu untersuchen und andererseits Robotikern, Erkenntnisse aus der Hirnforschung direkt auf Fragestellungen der Robotik anzuwenden. Der Aufbau solcher Experimente mit physischen Robotern erfordert viel Fachwissen, ist teuer und mit einer Vielzahl von Einschränkungen verbunden. Aus diesem Grund wird im europäischen Flaggschiff-Projekt Human Brain Project (HBP), die Neurorobotik Plattform (NRP) entwickelt, eine integrierte Entwicklungsumgebung für Experimente in der Neurorobotik. Die Simulation läuft auf Höchstleistungsrechnern in der Cloud, die durchgeführten Experimente sind komplett virtuell. Unterstützt wird insbesondere auch die Simulation von tiefen neuronalen Netzen und Industrierobotern zur Untersuchung von Fragestellungen aus der KI. Mittels virtueller Robotik in der Cloud lässt sich die Entwicklung von KI-Modellen und

anderen Systemen für die Robotik erheblich beschleunigen (s. Abb. 2). Sobald das reale System als virtuelles RobotermodeLL verfügbar ist, können KI-Systeme direkt in der Simulation trainiert werden. Durch das Training in mehreren parallel ablaufenden Simulationsinstanzen sind erhebliche Geschwindigkeitssteigerungen möglich, Grenzen werden allein durch die verfügbare Rechenleistung gesetzt. Neben der Entwicklung kann auch der eigentliche Betrieb des Roboters direkt aus der Cloud heraus erfolgen. Für zeitkritische Aufgaben sind hierfür zwingend latenzarme Verbindungen erforderlich, wie sie beispielsweise die 5G-Technik ermöglicht.

Ausblick

Die Virtualisierung eröffnet neue Perspektiven für die Robotik und ermöglicht erstmals den Zugang zu den neuesten Entwicklungen im Bereich der Rechentechnik. Die KI-Simulation muss dabei nicht auf einzelne Roboter oder Fertigungszeilen beschränkt sein, sondern kann künftig ganze Fabriken umfassen. Die Programmierung und Steuerung aller Systeme erfolgt dann nicht mehr manuell, sondern kann mit Hilfe von KI direkt aus dem Produktentwurf abgeleitet werden. In gleicher

Weise profitiert die Hirnforschung, deren wissenschaftliche Methodik durch die Neurorobotik vollständig in virtuellen Experimenten abgebildet werden kann (s. Abb. 3). Die dabei neu gewonnenen Erkenntnisse über das Gehirn haben großes Potenzial, dann wieder in die Robotik zurück transferiert werden zu können. Eine ganz ähnliche Entwicklung hat bereits in den 1950er Jahren begonnen, als Neurowissenschaftler die Grundlagen für die heutigen tiefen neuronalen Netze entwickelten. Künftig ist dank erheblich gesteigener Rechenleistung ein viel rascherer Austausch zu erwarten. Schon jetzt gibt es eine Vielzahl von Prototypen sogenannter neuromorpher Prozessoren, die grundlegende Wirkprinzipien des Gehirns nachbilden und dabei um Größenordnungen effizienter arbeiten können als klassische Neumann-Prozessoren. Die Robotik wird eines der Haupteinsatzgebiete für diese Technik sein und ihre Entwicklung daher maßgeblich mitbestimmen.

*Prof. Dr.-Ing. habil. Alois Christian Knoll
Lehrstuhl für Robotik, Künstliche Intelligenz und Echtzeitsysteme
Fakultät für Informatik
Technische Universität München*

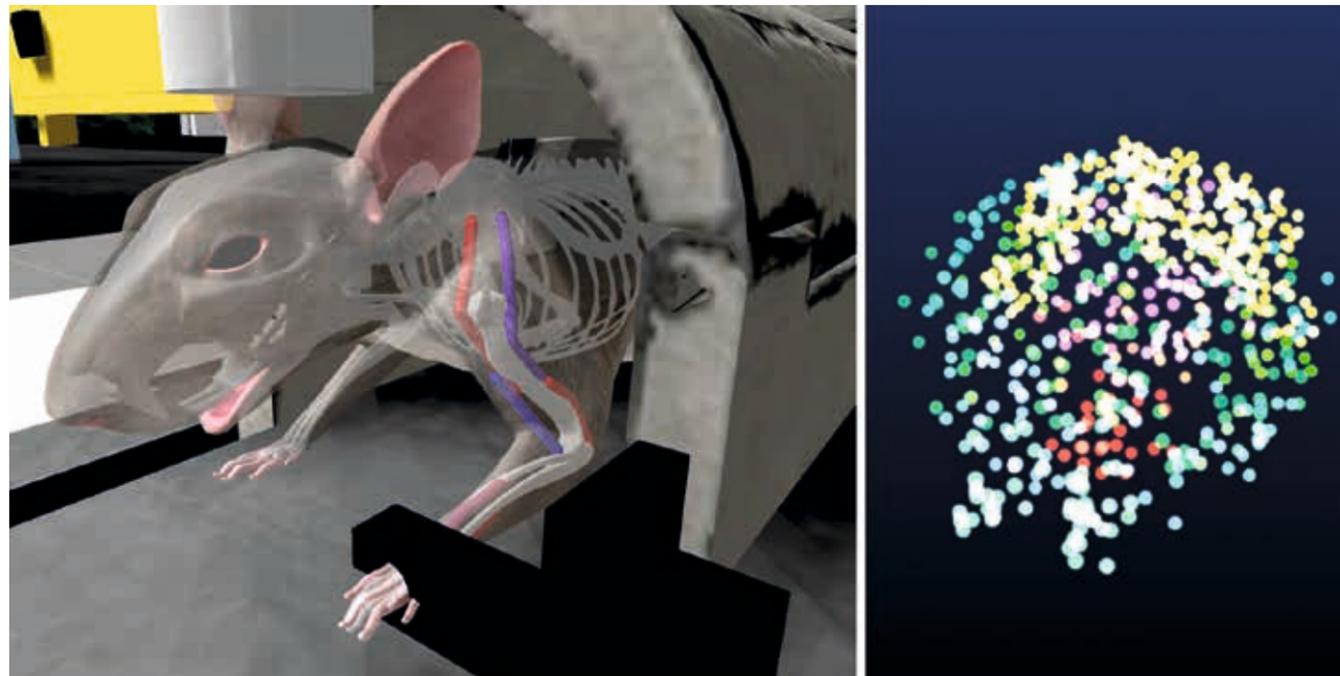


Abb. 3: Virtualisierte Hirnforschung mit der Neurorobotik Plattform: Tierkörpermodell, Sensormodell und Hirnmodell interagieren in einer geschlossenen Schleife

Wo stoßen maschinelle Prozesse an ihre Grenzen?

Künstliche Intelligenz und Sprachverarbeitung spielen in der Robotik eine immer wichtigere Rolle und bieten heute ungeahnte Möglichkeiten. Automatisierte Prozesse vereinfachen viele Abläufe in Wirtschaft und Industrie. Gilt das auch für die maschinelle Übersetzung?

Texte auf Knopfdruck automatisch in eine andere Sprache zu übertragen – nicht erst seit Isaac Asimov ein Traum der Menschheit. Inzwischen ist die maschinelle Übersetzung keine Science-Fiction mehr. Doch was viele nicht wissen: Ohne menschliches Korrektiv können damit erhebliche Risiken verbunden sein.

Sicherheit und Mehrwert dank menschlicher Intelligenz

Maschinelle Übersetzungen sind heute durch riesige digitale Datenbestände und neuronale Netzwerke deutlich besser als noch vor Jahren. Doch der Teufel steckt wie so oft im Detail. Auch wenn sich maschinell produzierte Texte auf den ersten Blick bisweilen gut lesen, verbergen sich in vielen Fällen gravierende Fehler darin.

Bei komplexen Fachtexten können jedoch selbst kleinste Ungenauigkeiten und Fehler drastische Folgen haben, daher sind die wenigsten maschinellen Übersetzungen in der Realität unverändert nutzbar. Hier sind Profis gefragt, um schwerwiegende Konsequenzen wie Personen-, Sach- oder auch Imageschäden zu vermeiden. Vor allem bei frei im Netz verfügbaren Tools für die automatische Übersetzung können auch Datenschutzaspekte und Manipulationsmöglichkeiten Gefahren darstellen.

Als Werkzeug erfahrener Übersetzer finden automatisierte Prozesse hingegen seit Jahren Verwendung, damit der weltweit steigende Bedarf an Sprachdienstleistungen überhaupt bewältigt werden kann. Diese Sprachexperten bieten heute im Zusammenspiel mit künstlicher Intelligenz einen kompletten Service an, darunter oft auch das sogenannte Post-Editing, also die kompetente Nachbearbeitung von maschinellen Übersetzungen. Sie sind zudem fachkundige Berater für effiziente Übersetzungsprozesse in Unternehmen. Auch Dolmetscher, die anders als die mit schrift-



lichen Texten arbeitenden Übersetzer das gesprochene Wort übertragen, nutzen bei ihrer Arbeit moderne Technologien.

Qualifizierte Übersetzer und Dolmetscher mit Fachwissen finden

Der Bundesverband der Dolmetscher und Übersetzer (BDÜ) erleichtert Ihnen die Suche nach kompetenten Sprachexperten, denn in den größten deutschen Berufsverband der Branche wird nur aufgenommen, wer eine einschlägige fachliche Qualifikation nachweisen kann, etwa ein Übersetzer- bzw. Dolmetscherstudium oder eine staatliche Prüfung. Damit unterscheiden sie sich wesentlich von unqualifizierten Anbietern auf dem Markt.

In der kostenlos nutzbaren Onlinedatenbank des BDÜ finden Sie allein in Bayern rund 1.500 professionelle Dolmetscher und Übersetzer für mehr als 40 Sprachen und zahlreiche Fachgebiete. Bundesweit sind es sogar mehr als 7.500 BDÜ-Mitglieder mit über 80 Sprachen, von denen viele auf Technik spezialisiert sind. Mit ihrer Expertise sorgen diese Sprachprofis auch im Zeitalter der Automatisierung für vertrauenswürdige Übersetzungen hoher Qualität, die Ihnen langfristigen Mehrwert bieten.

Dipl.-Übers. Manuela Wilpert

5 TIPPS ZUR VERGABE VON ÜBERSETZUNGEN

- ▶ **EXPERTENWISSEN**
Achten Sie darauf, dass Ihr Übersetzer auf das jeweilige Fachgebiet spezialisiert ist.
- ▶ **ANGEBOTSANFORDERUNG**
Geben Sie Ihrem Übersetzer vorab Einblick in den Text, damit ein verlässliches Angebot möglich wird.
- ▶ **BEI MEHREREN ANGEBOTEN**
Noch wichtiger als der Preis ist das Fachwissen des Übersetzers, damit Sie Texte hoher Qualität erhalten.
- ▶ **FRÜHZEITIGE BEAUFTRAGUNG**
Eilaufträge sind in der Regel deutlich teurer.
- ▶ **KOSTENEFFIZIENZ**
Geben Sie möglichst nur Endfassungen von Texten in Auftrag, damit die Übersetzung günstig und effizient für Sie erfolgen kann.

Dolmetscher- und Übersetzerdatenbank für Bayern: by-suche.bdue.de

Bundesverband der Dolmetscher und Übersetzer e. V. (BDÜ)
Landesverband Bayern: by.bdue.de