Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 80 (1989)

Heft: 3

Artikel: Künstliche Intelligenz und Expertensysteme

Autor: Daiser, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-903629

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Künstliche Intelligenz und Expertensysteme

W. Daiser

KI- und Expertensysteme, zwei Begriffe, die nicht aus den Schlagzeilen verschwinden. Was ist der Inhalt dieser Begriffe, wo und weshalb werden KI- und Expertensysteme heute sinnvoll eingesetzt, und welche Anforderungen sind an die Entwicklungswerkzeuge zu stellen? Der Autor versucht, mit seinem einleitenden Übersichtsartikel diese Fragen in leicht verständlicher Sprache zu beantworten.

Les systèmes experts et l'intelligence artificielle sont deux notions qui ne disparaissent pas des manchettes. Quel est leur contenu, où et pour quelle raison les systèmes d'intelligence artificielle et XPS sont-ils utilisés actuellement et quelles exigences faut-il imposer aux outils de développement? L'auteur essaie avec son article d'introduction générale de répondre à ces questions dans un langage facile à comprendre.

Adresse des Autors
Dr. *Wolfgang Daiser*, Leiter der Gruppe Expertensysteme, Colonia Versicherung AG, Colonia-Allee 10-20, D-5000 Köln 80.

Die einen glauben, dass mit *Künstlicher Intelligenz* ein Gegenstand aus Dr. Mabuses Hexenküche gemeint ist, andere wiederum vermuten hinter der Abkürzung *KI* die Reaktion *K*ein *I*nteresse eines potentiellen Anwenders, der seinerseits darin einen Marketing-Gag der EDV-Industrie oder ein akademisches Luftschloss sieht. Wieder andere bezeichnen die KI als Jahrhundertwissenschaft, die uns in wenigen Jahren das computerisierte Schlaraffenland in Büros und Fabriken bescheren wird. Was versteckt sich nun tatsächlich hinter Begriffen wie Künstliche Intelligenz und Expertensysteme? Was können wir damit anfangen?

Definition und Ziele der Künstlichen Intelligenz

Die Künstliche Intelligenz (KI) kann man als ein Gebiet eng zusammenhängender Ansätze begreifen, die gemeinsame Zielsetzungen verfolgen. Somit lässt sich die KI am besten über die folgenden ihr zugrunde liegenden Ziele definieren:

- *Erforschung der menschlichen Intelligenz:* Dabei geht es um die Frage, ob die dem menschlichen Denken, Wahrnehmen usw. zugrunde liegenden informationsverarbeitenden Prozesse im Prinzip so aufgebaut sind wie die in den entsprechenden KI-Systemen. (Dies kann allerdings nur bis zu einem gewissen Grade gelten. Niemand wird ernsthaft behaupten wollen, das menschliche Gedächtnis wäre beispielsweise identisch mit RAM-Chips.)
- *Erhöhung der Nutzungsmöglichkeiten von Computern:* Dabei geht es um den praktischen Gewinn und um die Verwendbarkeit solcher KI-Systeme und -Ansätze.

Die Ziele dürfen nicht als Entweder-Oder-Möglichkeiten, sondern müssen als Punkte auf einer kontinuierlichen Skala angesehen werden; welches Ziel schwerpunktmässig verfolgt wird, hängt vom Anspruch des einzelnen Ansatzes ab.

KI-Geographie

Die folgende KI-Geographie (Fig. 1) soll nicht nur die Struktur dieses Wissensgebietes transparenter machen, sondern auch einen Hinweis auf die Grösse und Komplexität der KI geben.

KI-Anwendungsgebiete und Einsatzfelder

KI-Anwendungsgebiete unterscheiden sich durch die Problemstellungen, die es zu lösen gilt. Sie unterscheiden sich jedoch nicht zwangsläufig in den verwendeten grundlegenden Methoden und Vorgehensweisen, wenngleich die Gebiete auch hier Schwerpunkte oder Verfahren gebildet haben. Zu den Anwendungsgebieten gehören (hier ohne weitere Definition, da vielfach schon woanders ausführlich behandelt):

- *Spielprogramme:* Die Beherrschung von Spielen, zu denen Intelligenz notwendig ist (z.B. Schach spielende Systeme);
- *Natürlichsprachliche Systeme:* Systeme zum Erzeugen und Verstehen von schriftlicher und gesprochener Sprache;
- *Roboter:* Handhabungsautomaten, die genügend flexibel auf ein Spektrum von Situationen reagieren können;
- *Computersehen (auch Bildverstehen oder Maschinensehen genannt):* Inhaltliches Verstehen von optischen Eindrücken (der Übergang von einer Fläche mit Grau- oder Farbwerten zu Be-

griffen wie z.B. Haus, vor, hinter usw.);

Expertensysteme: Darüber wird im folgenden etwas ausführlicher gesprochen.

Die KI-Anwendungsgebiete müssen getrennt werden von den KI-Einsatzfeldern wie z.B. Gebiete der Medizin, des Computerbaus, der Versicherungsberatung, der Materialwirtschaft usw.

KI-Kerngebiete

Charakteristisch für KI und KI-Systeme ist, dass sie wissensbasiert sind, wobei neben bereichsunabhängigem Wissen (z.B. Grammatik) insbesondere das Wissen des jeweiligen Einsatzfeldes (z.B. Medizin) eine grosse Rolle spielt. Dabei ist das Wissen in einer *expliziten* Form in den Systemen dargestellt – im Gegensatz zu konventionellen Programmen, die auch auf Wissen basieren, aber es in sich in einer *impliziten* Form (etwa in Formeln, Ablaufstrukturen) (ver-)bergen. Somit steht *Wissen* in einem gewissen Sinne im Zentrum der KI, und es haben alle Systeme eine mehr oder weniger intensive Beziehung zu den drei KI-Kerngebieten (Fig. 1). Jeweils eine grundlegende Problematik soll zu deren Charakterisierung kurz skizziert werden.

Verwendung von Wissen: Im Prinzip können mit einem Computer alle möglichen Züge eines Schachspieles ausprobiert und dann der beste ausgeführt werden. Eine kurze Überschlagsrechnung zeigt aber, dass selbst ein optimal schneller Computer Laufzeiten der Grössenordnung 10^{130} Jahre benötigen würde. Das bedeutet, dass das Problem im Prinzip zwar lösbar ist – es gibt ein entsprechendes Programm –, aber in der Realität doch nicht.

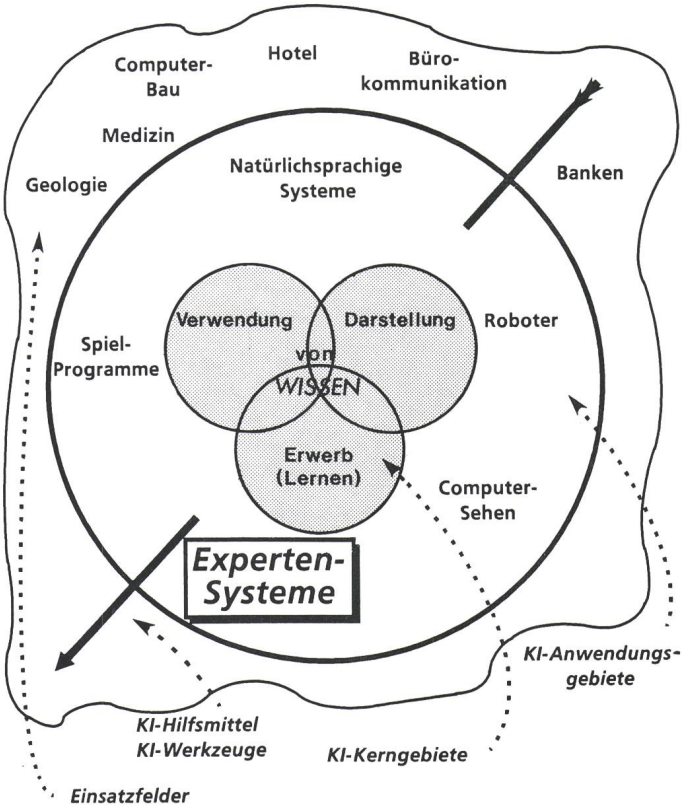
Dieser auch als Explosion der Möglichkeiten bezeichneten Problematik begegnet man mit einer informierten Steuerung, die nur diejenigen Züge untersucht, die halbwegs erfolgversprechend sind. Insbesondere werden Heuristiken eingesetzt, eine Art von Faustregeln, die in der Regel nützlich sind, aber den Erfolg nicht garantieren. Sucht man beispielsweise in einer fremden Stadt nach dem Bahnhof, so ist es sinnvoll, erst einmal in der Innenstadt zu suchen; es gibt aber auch einige wenige Städte, in denen der Bahnhof sich nicht im Zentrum befindet.

Darstellung von Wissen: Wie obiges Beispiel der Verwendung von Wissen gezeigt hat, bedeutet intelligentes Verhalten wohl auch, mit wenig Aufwand möglichst viel zu erreichen. Wichtig dabei ist, dass alles Notwendige arbeitsgerecht zur Verfügung steht.

In Bezug auf Wissen und Problemstellungen heisst dies, dass die Darstellungsform (nicht der Inhalt) die Verwendung erleichtern oder erschweren kann. Der Versuch, eine Multiplikation einmal mit arabischen Zahlen (z.B. 27×34) und darauf mit römischen Zahlen (XXVII×XXXIV) auszuführen, wird Sie überzeugen! Um es noch einmal deutlich zu machen: Bei dem KI-Kerngebiet Darstellung von Wissen geht es nicht um Wissensinhalte (hier: die Zahlen 27 und 34), sondern um deren Darstellung (z.B. arabisch oder römisch), die eine Verwendung (z.B. Multiplikation) erleichert oder erschwert.

Erwerb von Wissen (Lernen): Im kleinen hat man mit lernenden Systemen Erfolge erzielt. Im Vergleich zu den beiden anderen Kerngebieten zeigt sich aber in diesem Gebiet das Fehlen einer grundlegenden Struktur noch deutlicher, was globalere Ansätze und damit eine Beschreibung derzeit recht schwierig macht. Allerdings hat dieses Kerngebiet aufgrund der Wissensbasiertheit der Systeme zentrale Bedeutung für eine breitere Nutzung von KI-Systemen: Irgendwie muss man das Wissen ja effizient in die KI-Systeme hineinbekommen. Deswegen wird auch hier intensiv geforscht.

Figur 1
KI-Geographie



Expertensysteme (XPS)

Einleitung

Im folgenden sollen kurz die Aufgabe, der Einsatz und die Entwicklung von Expertensystemen untersucht werden, wobei das dort Erwähnte zum Teil auch für die anderen KI-Anwendungsgebiete gilt.

Expertensysteme (XPS) werden im Moment auf verschiedenartigste Weisen in den Medien als KI-Beispiele behandelt. Mit ein Grund für diese Publizität ist die Tatsache, dass XPS als erste industriell verwertbare KI-Produkte gelten können. Sicher hat es

[1] Für Entwickler und auch Benutzer ermöglicht eine explizite Form eine grössere Transparenz und Nachvollziehbarkeit der einzelnen (im System) verwendeten Wissensanteile bzw. Schlussfolgerungen. Notwendig ist dies nicht nur aufgrund der Komplexität von Aufgabenstellungen, sondern insbesondere auch wegen des Fehlens eines Modells des jeweiligen Einsatzfeldes. Dies wird später noch im Abschnitt «Hilfsmittel und Werkzeuge» eingehender behandelt werden.

schon bisher Einflüsse der KI auf Industrie, EDV usw. gegeben; sie wurden aber bislang nicht explizit mit einem KI-Etikett versehen, also als aus der KI-kommend bezeichnet.

Die besondere Aufmerksamkeit, welche den XPS zuteil wird, resultiert auch daraus, dass von allen KI-Anwendungsgebieten, bei diesen eine industrielle Nutzung zur Zeit am augenfälligsten möglich erscheint. Auch erregen XPS Interesse auf Grund ihrer zum Teil recht grossen Leistungsfähigkeit.

Definition

Ein Expertensystem (XPS) ist ein wissensbasiertes Computersystem, welches auf einem speziellen (engen) Wissensgebiet die Kompetenz von menschlichen Experten besitzt oder besitzen sollte. Es soll in der Lage sein, in Kooperation mit dem Benutzer Anfragen zu präzisieren und in vollständige Problemstellungen umzuformulieren, verständliche Antworten zu generieren und Hilfestellung bei der Anwendung der Lösung zu leisten. Hierbei kann es auch wesentlich sein, dass die Verlässlichkeit der angebotenen Lösung überprüfbar ist (Erklärungsfähigkeit). Von den heute existierenden XPS werden oft nicht alle der oben gestellten Anforderungen erfüllt, was aber aufgrund der Charakteristika des jeweiligen Einsatzfeldes vielfach auch nicht notwendig ist.

In der industriellen Praxis lösen XPS Aufgaben oder helfen bei der Lösung von Aufgaben, die ansonsten nur von hochqualifizierten Spezialisten durchgeführt werden können. Das dafür notwendige Wissen erhält das XPS in der Regel vom menschlichen Experten sukzessive übertragen, wobei diese aufwendige Tätigkeit (Wissensakquisition) meist von einem *Knowledge-Engineer* unterstützt wird.

Nach den im wesentlichen durch wissenschaftliche Forschungsarbeit geprägten 70er Jahren haben nun in den 80ern die XPS den Weg aus den Universitätslabors herausgefunden. USA, Japan, England und die Europäische Gemeinschaft haben grössere Forschungsprogramme für die Kooperation von Forschung und Industrie initiiert, die zur Entwicklung und breiten industriellen Anwendung von XPS in naher Zukunft führen sollen.

Im Januar 1988 zeigte eine Studie für den deutschsprachigen Raum 32 XPS auf, die in der betrieblichen Praxis laufen, allerdings eine Zahl, die irreführend sein kann, da vermutlich eine Vielzahl von XPS-Prototypen auf der Schwelle zum betrieblichen Einsatz unberücksichtig blieben, und wahrscheinlich einige Unternehmen Stillschweigen über ihre Aktivitäten bewahren, da diese als strategisch relevant erkannt sind.

Warum werden XPS eingesetzt?

Zu den wesentlichen Motivationen für einen XPS-Einsatz gehören:

Verfügbarkeit des Wissens: Menschliche Experten sind rar; mithin ist ihr Wissen dort, wo es benötigt wird, vielfach nicht oder nicht im gewünschten zeitlichen und räumlichen Umfange verfügbar. Hier kann ein XPS hilfreich sein: Durch die Kopierbarkeit der Programme und Wissensbasen und den Fernzugriff ist das Expertenwissen an mehreren Verwendungsorten gleichzeitig verfügbar. Auch wird dem Unternehmen durch XPS das Wissen des Experten in einem gewissen Sinne konserviert.

Qualität des Wissens: Menschliche Experten können sich in der Einschätzung eines bestimmten Falles unterscheiden, mithin zu unterschiedlichen Lösungen kommen. Die unternehmensweite Verwendung einer mit den Experten abgestimmten Wissensbasis kann zu einem Normungseffekt und einer gleichbleibenden Qualität der Arbeit führen.

Vermittelbarkeit des Wissens: Die Erklärungskomponente versetzt ein XPS in die Lage, sein Wissen und seine Schlussfolgerungen verständlich zu machen. Dies ist auch von Interesse im Zusammenhang mit einer Aus- und Weiterbildung von (zukünftigen) Fachleuten des Fachgebietes durch eine Schulung am XPS.

Beispielsweise lässt eine steigende Komplexität von Gütern, Dienstleistungen usw. (man denke z.B. an Automobile) diese immer erklärungsbedürftiger werden, wobei hier die Form einer statischen papiernen Anleitung für die Beschreibung komplexer dynamischer, miteinander in Wechselwirkung stehender Systeme unzureichend ist. Einhergehend mit einer wachsenden Verbreitung und auch Änderungshäufigkeit dieser Produkte, lassen diese Elemente die Lücke zwischen Entwicklung und Produktion einerseits sowie Vertrieb und Anwendung andererseits immer grösser werden. XPS können im Sinne der drei oben genannten Faktoren dienlich sein und die menschlichen Experten entlasten.

Auch haben viele Konzepte heutiger EDV eine Verkürzung von Durchlauf- und Reaktionszeiten zum Ziel (z.B. CIM). Da hier der menschliche Entscheider zum Engpass zu werden droht, wird eine kunden- und situationsspezifische Vorverarbeitung und Vorentscheidung von menschlichen Entscheidungsprozessen wichtig werden. Hier bieten sich XPS - als eine Art Weiterentwicklung der Entscheidungstabellentechnik - als den Menschen unterstützende Systeme an. Eine sukzessive Übernahme von Entscheidungen unter menschlicher Kontrolle ist für bestimmte Bereiche denkbar.

Wo werden XPS eingesetzt?

Von zentraler Wichtigkeit für den Erfolg eines XPS ist derzeit weniger die tatsächliche XPS-Erstellung, sondern eine richtige Wahl des Einsatzfeldes und die richtige Aufgabenstellung für das XPS. Daher werden im folgenden einige Eigenschaften von Einsatzfeldern und Fachgebieten aufgeführt, die wesentlich für den Erfolg eines mit den heutigen Mitteln routinemässig erstellten XPS sind und somit auch zum Teil Ausschusskriterien darstellen. Sie lauten:

- Das Einsatzfeld lässt sich gut abgrenzen und ist überschaubar.
- Für die Problemlösung ist keinerlei Allgemeinwissen erforderlich: Derzeitige XPS-Ansätze gehen davon aus, dass alle Schlussfolgerungen nur mit dem eng umgrenzten Expertenwissen möglich sind und keinerlei common sense knowledge erfordern. Dies stellt vielfach eine bedeutende Beschränkung des Einsatzfeldes für XPS dar.
- Für die Aufgabenstellung fehlen (effiziente) Algorithmen (sonst liesse sich diese in der Regel anders, d.h. klassisch lösen).
- Es existiert ausreichend (heuristisches) Wissen über das Vorgehen bei den Problemlösungen, etwa bei menschlichen Experten. Denn XPS sollen vorhandenes Wissen nachbilden und anwenden und nicht - wie manchmal irrtümlich angenommen wird - fehlendes menschliches Expertenwissen ersetzen.
- Menschliche Experten sind verfügbar.
- Die menschlichen Experten sind kooperativ.

Zu den *klassischen*, zu Beginn meist technischen und medizinischen Einsatzfeldern von XPS gehören:

- Interpretation physikalischer Daten, z.B. Messdaten oder Sprachäusserungen,
- Diagnose, insbesondere Fehlerzustände und -ursachen in technischen und biologischen Systemen, z.B. medizinische Diagnose, Fehlersuche in Computersystemen,
- Beratung, z.B. Versicherungsberatung, Beratung zur Vermögensanlage,
- Planen von Aktionen, z.B. Planung der Erstellung von EDV-Systemen anhand von eingehenden Kundenaufträgen im Hinblick auf vorhandenes oder schon bestelltes Material,
- Design und Konstruktion, z.B. Konfiguration von EDV-Systemen.

In zunehmendem Masse werden XPS über die technischen Disziplinen hinaus im betriebswirtschaftlichen Bereich eingesetzt. Im Moment möchte ich allerdings vor Vorstellungen warnen, dass derzeitige XPS für alle möglichen Anwendungen problemlos und ohne weiteren Aufwand einsetzbar sind. Auch wird ein XPS in absehbarer Zeit nicht annähernd an die menschliche Universalität heranreichen. XPS sind heute in der Regel keine Konkurrenz für den menschlichen Experten, sondern eine Verstärkung oder sogar Multiplikation seiner Fähigkeiten; mithin haben XPS Werkzeugcharakter.

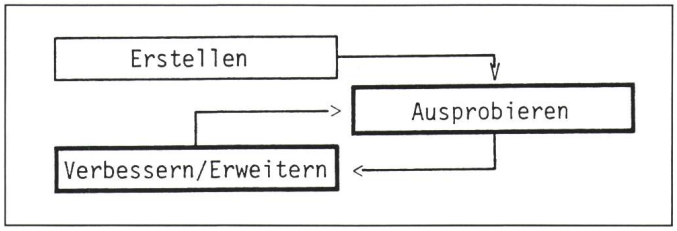
Die letzten Bemerkungen möchte ich anhand eines Vergleiches illustrieren: In seinen (wenigen) Disziplinen, Multiplikation, Division usw. ist mein Taschenrechner mir gleichwertig, ja sogar überlegen, er entlastet mich von Detailarbeit; in allen anderen Aufgabenstellungen allerdings ist er komplett unfähig. Ähnlich ist auch die Beziehung zwischen Mensch und XPS zu sehen.

Hilfsmittel und Werkzeuge

Aufgrund der komplexen Aufgabenstellung ist leicht vorstellbar, dass die KI-Entwicklungs- und -Forschungstätigkeit geeignete Werkzeuge und Vorgehensweisen benötigt. Gerade zum Verständnis dieses Aspektes, nämlich der Erstellung von XPS und der dafür notwendigen Hilfsmittel, lohnt ein kurzer Vergleich mit der konventionellen EDV.

Klassische Entwicklungsformen sind gekennzeichnet durch eine Trennung von Bedarfsanalyse und -spezifikation einerseits, Codierung und Test andererseits, wobei die Vorgehensweise im Prinzip linearer Natur ist. Das ist für die konventionelle EDV vor allem deswegen möglich, weil es dort meist gute Modelle des Einsatzfeldes gibt – etwa das Modell einer Buchhaltung –, die nach einer (gedanklichen) Präzisierung ausprogrammiert werden.

Figur 2
Aufbau einer Wissensbasis, ein iterativer Prozess



XPS hingegen werden in der Regel gerade dort eingesetzt, wo Modelle der Einsatzfelder fehlen. Dies ist auch typisch für den menschlichen Experten, der meist kein übergreifendes und operationalisierbares Modell für seine Tätigkeit angeben kann; vielfach setzt sich sein Expertenwissen aus einer Vielzahl von Erfahrungen zusammen, die er bei der Behandlung von Einzelfällen gewonnen hat. Das zeigt sich auch daran, dass der menschliche Experte meist nicht allgemein sagen kann, warum er etwas tut, sondern nur auf den Einzelfall bezogen seine Schlussfolgerungen erläutern und begründen kann.

Beim Aufbau einer Wissensbasis kann man also meist nicht auf ein Modell im menschlichen Experten zurückgreifen, sondern muss das Wissen zusammen mit dem menschlichen Experten an Hand von Einzelfällen sukzessive ableiten. Dies führt zwangsläufig zu einer Entwicklungsform, die aus der zyklischen Abfolge der Schritte *Verbessern der Wissensbasis* und *Ausprobieren* besteht, also ein ständiges Hin- und Herspringen zwischen Wissensbasiseditor und Programmablauf beinhaltet (Fig. 2).

Gerade diese Entwicklungsform, die ihre Begründung in den Charakteristika des Einsatzfeldes und nicht in irgendwelchen datenverarbeitungstechnischen Aspekten findet, muss eine XPS-Entwicklungsumgebung unterstützen und darf sie nicht etwa durch langwierige Übersetzungs- und Bindeläufe hemmen – wie in der konventionellen EDV üblich und möglich –, falls z.B. eine einzelne Zeile der Wissensbasis geändert werden muss. Darüber hinaus müssen Werkzeuge verfügbar sein, die die so entwickelten Systeme – trotz der hohen Komplexität der Aufgabenstellung – handhabbar und insbesondere transparent halten, wobei einer guten Mensch-Maschine-Schnittstelle besondere Bedeutung zukommt.

Inzwischen sind Werkzeuge zur XPS-Erstellung nicht nur auf speziellen Systemen (wie z.B. Lisp-Maschinen), sondern auch auf PCs und Mainframes verfügbar, allerdings mit unterschiedlicher Leistungsfähigkeit und verschiedenen Charakteristika. Welches Werkzeug, welche Hardware passt, hängt massgeblich vom individuellen Projekt und dessen Randbedingungen ab.

In den letzten Jahren ist deutlich ein wachsender Bedarf von XPS-Modulen, die in konventionellen Systemen integriert sind, zu erkennen, eine Entwicklung, die auch deutlich zeigt, dass wissensbasierte Systeme nicht als Ersatz, sondern als Ergänzung der konventionellen EDV zu sehen sind.

Schluss

Hinter KI im allgemeinen und XPS im speziellen verbirgt sich also kein Werbe-Gag, auch wenn dieses Etikett manchmal ungerechtfertigterweise zur Aufwertung von Produkten verwendet wird. Dass dieser Bereich kein Luftschloss, d.h. ohne reale und sinnvolle Anwendungen ist, verdeutlichen die vielfältigen Aktivitäten für industrielle Anwendungen, und zwar von Anwendern und nicht nur von KI-Produzenten. Dies und die zuvor am Beispiel von XPS aufgezeigten qualitativen Aspekte zeigen deutlich, dass KI ein zunehmend selbstverständlicher werdendes industrielles Handwerkszeug ist.