

Selbsttätige Erkennungssysteme – eine spezielle Kategorie von Automatisierungssystemen mit intelligenten Merkmalen

- Stand: 04.01.2024 -

1. Problemstellung

Diesem Beitrag unterliegt die Absicht zu Grunde, aufzuzeigen, dass es inzwischen gelungen ist, bestimmte anspruchsvolle Aufgaben des Menschen kognitiver Art durch technische Lösungen zu implementieren. Im vorliegenden Fall handelt es sich um Aufgaben des maschinellen Erkennens von Sachverhalten. Solche folglich *maschinelle Erkennungssysteme* genannten Gebilde machen seit einiger Zeit Furore und haben eine erhebliche praktische Bedeutung erlangt.

Zu Aufgaben solcher Systeme zählen die Analyse von Störungen oder auch Situationen, die Klassifikation von Qualitäten, Zuständen, Objekten, sowie das Erkennung von Personen und Mustern. Später gelang es auch, Systeme zu entwickeln, die in der Lage sind, ggfs. weltweitverteilte Personen zu identifizieren. Technische Systeme dieser Art liefern den Menschen höherwertige Informationen und entlasteten diese somit von anspruchsvollen Tätigkeiten formal-geistiger Art. Da es sich hier um Leistungen kognitiver Art handelt, verfügen solche technischen Systeme über bestimmte Fähigkeiten der Künstlichen Intelligenz.

Wie bereits zu vermuten ist, unterscheiden sich selbsttätig agierende Erkennungssysteme sowohl hinsichtlich ihres Aufbaus als auch der Funktionalität wesentlich von den Systemen der klassischen Steuerungs- und Regelungstechnik. Wir werden hier bemüht sein, dem Leser nachfolgend einen Einblick in diese für ihn zumeist neue Welt der selbsterkennenden Systeme zu bieten und ihm die wichtigsten der dafür eingesetzten Lösungsprinzipien vorstellen.

2. Erkennungssysteme

2.1 Wesen der Systemkategorie

Wie zuvor angedeutet, stellt das selbsttätige Erkennen von Sachverhalten besondere Leistungsanforderungen. Deshalb ist es sicherlich sinnvoll, sich zunächst mit dem vertraut zu machen, was unter dem Begriff „*Erkennen*“ zu verstehen ist. Befragt man dazu einen Wissensspeicher wie Wikipedia, so ist zu erfahren, dass darunter zu verstehen ist „etwas oder jemanden so deutlich wahrzunehmen, dass man weiß, was oder wer es ist“ [1]. Es handelt sich somit um Leistungen geistiger Art mit dem Merkmal der Unbestimmtheit. Daraus lässt sich sofort schließen, dass hierfür besondere Lösungen erforderlich sind, um Aufgaben solcher Art mit technischen Mitteln zu lösen.

Die Erkennungsaufgaben können sich auf die Unterscheidung einer unterschiedlichen Anzahl von Objekten bzw. Personen beziehen. Im einfachsten Fall handelt es sich um die selbsttätige Erkennung von zwei möglichen Fällen. Dementsprechend handelt es sich hier um Aufgaben der *Binärererkennung*. Darüber hinaus kann es sich auch um

Fälle einer feinstufigeren Klassenzuweisung handeln, weshalb man dann von einer *Multiklassifikation* spricht. Weiterhin kann es scharfe Unterscheidungsgrenzen geben oder die Grenzen verlaufen fließend.

Bezüglich der Grundlagen der Objekt- bzw. Zeichenerkennung sei auf die Standardwerke [2], [3] verwiesen.

Wenden wir uns nun den bisher dazu entwickelten technischen Lösungen zu, so stößt man insbesondere auf zwei unterschiedliche Lösungsprinzipien, welche nachfolgend in ihren Wesenszügen behandelt werden sollen.

2.2 Merkmalsbasierte Erkennungssysteme

Eine wesentliche Entwicklungslinie von selbsttätigen Erkennungssystemen basiert auf der Benutzung von *Merkmalen*. Hierunter versteht man geeignet definierte prüfbare Variable, die für den jeweiligen Einsatzfall besonders relevant sind, also den jeweils zu erkennenden Gegenstand möglichst treffend beschreiben.

In manchen Fällen genügt die Prüfung von nur einem Merkmal. Ein Beispiel für eine solche Erkennungsaufgabe ist die Echtheitsprüfung von Banknoten. Die zu prüfenden Scheine werden einer Prüfeinrichtung vorgelegt, welche dann eine maschinelle Erkennung auf Grundlage eines in einem Chip verwahrten Codes vornimmt.

Im Allgemeinen werden jedoch mehrere Merkmale benötigt, um die unterschiedlichen Seiten eines Objekts zu erfassen. Ein diesbezügliches Beispiel ist die Gesichtserkennung von Personen, die mehrere Gesichtsmerkmale erforderlich macht. Die betreffende Entscheidungssituation besteht dann darin, aus den aktuell sensorisch erfassten Gesichtsmerkmalen eine Einschätzung vorzunehmen, die eine Aussage über diese Person ermöglicht. Ähnliche Aufgaben bestehen auch bei der Erkennung bzw. Klassifikation von *Objekten* beliebiger Art, der Zustandsüberwachung von Prozessen, Qualitätskontrolle oder auch der Situationsanalyse im Straßenverkehr etwa im Zusammenhang mit den Bemühungen, Lösungen für das autonome Fahren von Automobilen zu entwickeln.

Das Wirkprinzip dieser anforderungsreichen Systeme soll nun näher dargelegt werden. Dabei beziehen wir uns auf frühere Veröffentlichungen [4], [5].

Beim Entwurf solcher Merkmal-basierter Systeme sind zunächst die benötigten n Merkmale zu bestimmen, welche die Erkennungssituation am besten charakterisieren. Diese bilden die Merkmalsmenge M . Im nächsten Schritt werden dann alle ausgewählten Merkmale zu einem *Merkmalsvektor*

$$\mathbf{m} = [m_i] ; i=1(1)n$$

aggregiert. Dieser Vektor beschreibt in algorithmischer Form die aktuelle Erscheinung auf Grundlage der gewählten Merkmale.

Nun ist es an der Zeit, sich mit den zu unterscheidenden Klassen

$$[r_j] ; j=1(1)k$$

zu befassen. Erkennungssysteme, deren Funktion auf der Verwendung solcher Vektoren beruht, werden daher auch Repräsentanten-Klassifikatoren genannt. Dazu sind wiederum die zu unterscheidenden Klassen k festzulegen. Als Lösungsgebiet wurden geeignete geometrische Formen benutzt. Die (unscharfe) Bestimmung der Störung gelang dann dadurch, dass man die gewünschte Aussage bezüglich der Klassenzugehörigkeit aus der Lage des Merkmalvektors bezüglich eines geometrischen Gebildes bezieht.

Hierzu sind sog. Klassengebiete

$$r_i ; j=1(1)k$$

in ihrer geometrischen Form festzulegen. Eine Möglichkeit dafür ist die Benutzung des Typus *Hyperkubus*, also eines mehrdimensionalen Rechtecks als Merkmalbestimmtes Klassengebiet. Ein solches Klassengebiet wird in **Bild 1** zeigt, dessen Form auch manchmal *Epiped* genannt wird. Wie ersichtlich, wird hier das Klassengebiet in den Koordinaten durch die jeweiligen Ober- und Unterwerte beschrieben.

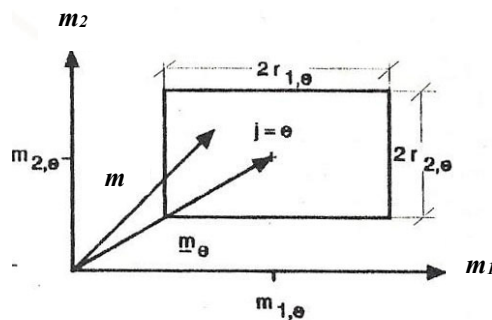


Bild 1 Struktur der Klassengebiete beim Hyperkubus-Klassifikator

Die Aufgabe der Erkennung besteht dann in der Sortierung der Merkmalsbeschriebenen Objekte in eine der k Klassen. Mathematisch betrachtet entspricht dies einer (unscharfen) Abbildung der Mengen

$$M \longrightarrow R_j.$$

Wie **Bild 1** zu entnehmen ist, kann der Vektor m innerhalb des Klassengebiets r_i auf verschiedene Stellen weisen. Dies sind Bereiche ungleich verteilter Häufigkeiten. Zeigt der aktuelle Merkmalsvektor etwa in Richtung des Schwerpunktes des Epipeds, so verweist dies darauf, dass dieser Merkmalssatz offenbar die betreffende Klasse sehr gut beschreibt. Ist der Vektor hingegen eher auf eine der Ecken gerichtet, so ist die Erkennung nur sehr vage.

Um solche wenig wirksamen Erkennungsfälle weitgehend auszuschließen, benutzt man auch andere, also effektivere Beschreibungen für geometrisch definierte *Klassengebiete*. Favorit ist hier insbesondere der *Ellipsenansatz* zur Abgrenzung der Klassengebiete.

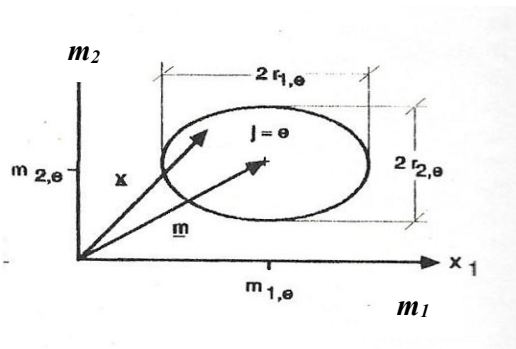


Bild 2 Struktur der Klassengebiete beim Ellipsen-Klassifikator

Für die geometrische Beschreibung der Klassengrenzen können hier die Ellipsengleichungen, die Ausdehnungen in den beiden Koordinaten (s. **Bild 2**) oder auch die beiden Mittelpunkte verwendet werden. Bei Gleichheit beider Schwerpunkte erhält man als Spezialfall Trennflächen in *Kreisform*. Eine weitere Möglichkeit der Definition von Trennflächen ist der Intervallansatz.

Es besteht sogar die Möglichkeit einer gestuften Qualitätszuordnung. Dazu müssten beispielsweise beim Ellipsen-Klassifikator (s. **Bild 2**) mehrere Klassengebiete unterschiedlicher Ausdehnung ineinandergeschoben werden. Jedes zwischen zwei benachbarten Ellipsen liegende Gebiet verkörpert dann eine der abgestuften Qualitätsklassen. Auf diese Weise könnten dann etwa Qualitätsstufen wie beispielsweise „schwach“, „mittel“ und „stark“ unterschieden werden. Diejenige Ellipse, in die dann der Merkmalsvektor weist, ist dann die aktuell zutreffende Qualitätsklasse.

Zur Verdeutlichung der Wirkungsweise merkmalsbasierter Erkennungssysteme betrachten wir hier als Beispiel den Anwendungsfall der Zugangsprüfung von Personen zu geschützten Räumen. Es handelt sich also offensichtlich um eine Aufgabe vom Charakter der Binärklassifikation bzw. Identifikation. Die automatische Erkennung soll hier auf der Auswertung von Merkmalen basieren, welche die sich der Kontrolle jeweils unterstellenden Persönlichkeit besonders kennzeichnen. Die Art der Persönlichkeitsmerkmale kann durchaus unterschiedlich sein. Zum einen können Merkmale herangezogen werden, welche das *Gesicht* betreffen. Dies können beispielsweise der Augenabstand, Augengröße und Farbe, Art und Größe der Nase bzw. Ohren u. a. m. sein. Zur Erfassung dieser *Gesichtsmerkmale* muss sich der Einlasssuchende einer am Zutrittsort angebrachten Kamera stellen, welche online Fotos aufnimmt.

Die alternative Lösung bietet die *Sprachauswertung*. Die Sprache von Personen besitzt ebenfalls individuellen Charakter. Das benutzte Verfahren besteht darin, dass man über das vorhandene Mikrophon Sprachproben aufnimmt, aus denen dann üblicherweise das Frequenzband bestimmt wird. Dieses dient dann hier als Merkmal, welches mit früher aufgenommenen und abgespeicherten Proben verglichen wird. Bei hinreichender Ähnlichkeit wird auch hier der betreffenden Person der Zutritt erlaubt.

Die Auswertung der online aufgenommenen Eingaben erfolgt automatisch, indem diese einem Vergleich mit einem zuvor erfassten und digital gespeicherten Referenzbild unterzogen werden. Wird eine hinreichende Ähnlichkeit festgestellt, so

erfolgt die Freigabe des bisher gesperrten Zugangs, indem beispielsweise eine Schranke gehoben oder ein Drehkreuz entsperrt wird.

Hierzu gehört eigentlich noch ein drittes, sogar häufig verwendetes Prinzip zur direkten Identifikation von Personen – die sog. *Touch-ID*. Das Haupteinsatzgebiet liegt hier beim Zugang zu Computern, der nur berechtigten Personen gestattet werden soll. Bekanntlich wird hier als persönlichkeitspezifisches Merkmal das Hautmuster des rechten oder linken Zeigefingers zur Auswertung herangezogen.

Allen diesen Möglichkeiten der direkten Persönlichkeitserkennung ist gemeinsam, dass zuvor in einem Trainingsprozess die betreffende Person eine hinreichende Anzahl von Merkmalsproben in das Erkennungssystem eingespeist haben muss, aus denen das automatische Identifikationssystem gleichsam eine Referenz bildet.

2.3 Lernfähige Erkennungssysteme

Anstelle eines vorab durchgeführten geschlossenen Entwurfs können auch Lernverfahren eingesetzt werden, welche im Verlauf ihrer Nutzung unter Nutzung eines Lernmoduls selbsttätig schrittweise ein funktionsfähiges System erzeugen. Die komfortabelste Lösung ist hierbei, wenn das gewünschte Erkennungssystem ohne wesentliche Entwurfs- und Programmierarbeit, nämlich durch Training generiert wird. Dies erfordert wiederum die zusätzliche Ausstattung mit einem selbsttätigen Lernsystem.

Der Autor hat sich bei seinen seinerzeitigen Forschungsarbeiten intensiv mit lernfähigen Systemen befasst [6] und in der Folge in den Jahren um 1983-84 sich intensiv mit der Entwicklung lernfähiger Repräsentantenklassifikatoren befasst. Eine Lösung für einen lernfähigen Merkmalsklassifikator aus neuer Zeit findet sich in [7], Kap. 5. Hierbei entschied er sich für die Verwendung des sog. *Selbstlernens*. In diesem Fall ist eine *Lernfolge (Trainingssatz)*

$$L\{(\mathbf{m}, k)_i\} = \{(\mathbf{m}, k)_1, \dots, (\mathbf{m}, k)_2, \dots\},$$

zu verwenden, die aus einer Folge von Lernelementen des Typs $(\mathbf{m}, k)_i$ besteht. Die Eingabe der Lernprobe ist Elementeweise vorzunehmen, Die Reihenfolge der Lernelemente $(\mathbf{m}, k)_i$ ist an sich beliebig, jedoch lassen sich erhebliche Zeiteinsparungen erzielen, wenn dafür solche benutzt werden, die möglichst nahe an den Klassengrenzen liegen, der Lernprozess also möglichst schnell konvergiert. Der Lernalgorithmus übernimmt dann die Verarbeitung dieser Lernfolge und erstellt dabei schrittweise das Erkennungssystem.

In der angegebenen Literaturstelle, der nähere Angaben zu entnehmen sind, werden sowohl Lösungen auf der Basis des Epiped- als auch des Ellipsenklassifikators angegeben.

2.4 Fuzzy-basierte Erkennungssysteme

Einen alternativen Zugang zum Entwurf selbsttätiger Erkennungssysteme bietet die *Fuzzy-Technologie*. Diese basiert auf dem Konzept einer unscharfen Logik bzw. unscharfen Mengen, deren Grundlagen von *L. A. Zadeh* geschaffen wurden [8].

Bei dieser Theorie werden ebenfalls Merkmale m verwendet, die allerdings unscharfen Charakter haben und einer Menge M angehören. Diese Elemente beschreiben den Grad ihrer Zugehörigkeit zu der jeweiligen Menge.

Die Beschreibung der unscharfen Merkmale kann auf verschiedene Weise vorgenommen werden. Eine Möglichkeit besteht in der Bezeichnung durch *sprachliche (linguistische)* Ausdrücke, etwa durch „klein“, „mittel“, „groß“ etc. und ermöglicht recht komfortable Eingaben.

Für die formale Behandlung benutzt man allerdings sog. *Zugehörigkeitsfunktionen* m_A , die über den Wertebereich $[0, 1]$ definiert sind. Diese besitzen eine einfache geometrische Form, unter denen dreieckförmige sowie glockenförmige Funktionen bevorzugt werden. Zur Erläuterung finden sich dazu in den **Bildern 3** und **4** Grafiken, welche die Verteilung unscharfer Merkmale sowohl bei Verwendung dreieckförmiger als auch glockenförmiger Zugehörigkeitsfunktionen als auch in linguistischer Form für ein Merkmal m_i veranschaulichen.

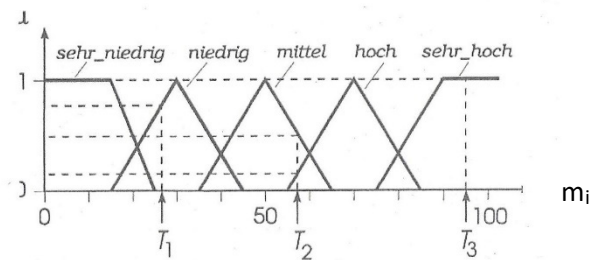


Bild 3 Verteilung unscharfer Merkmale bei Repräsentation durch dreieckförmige Zugehörigkeitsfunktionen [9]

In ähnlicher Weise veranschaulicht **Bild 4** die Beschreibung unscharfer Merkmale bei Verwendung glockenförmiger Zugehörigkeitsfunktionen

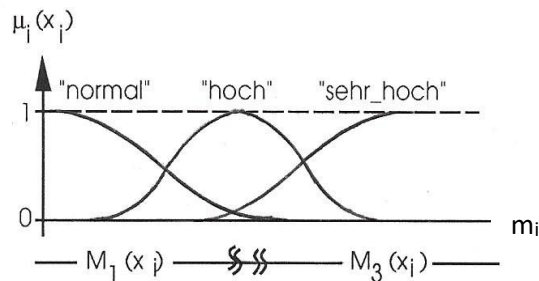


Bild 4 Verteilung unscharfer Merkmale bei Repräsentation durch glockenförmige Zugehörigkeitsfunktionen [9]

Die Operationen auf diesen Mengen werden – wie bei den scharfen Mengen auch – durch UND- (Schnittmenge), ODER- (Vereinigung) oder Negations-Operatoren (Komplementärmenge verknüpft [10], [11]).

Da es sich bei der Fuzzy Theorie um eine – wenn auch unscharfe – Logik handelt, muss nach der vorherigen Eingabe vager Merkmalsdaten entweder in linguistischer oder geometrischer Art nun eine Schlussfolgerung gezogen werden. Dies nennt man in der Fuzzy-Welt *Defuzzifizierung*. Das Ergebnis muss dann ein „scharfer“ Wert, welche die Zugehörigkeitsfunktion der jeweils zutreffenden Regel, am besten in Form einer Zahl, sein, welche dann die Nummer der erkannten Klasse betrifft.

Für die Defuzzifizierung sind verschiedenen Methoden verfügbar. Dafür sind die center-of-gravity-, height- und product-sum-gravity-method. von denen die erstgenannte am gebräuchlichsten ist. Die in **Bild 5** gezeigte Grafik soll dazu einen Eindruck von der center-gravity = Schwerpunkt- Methode vermitteln.

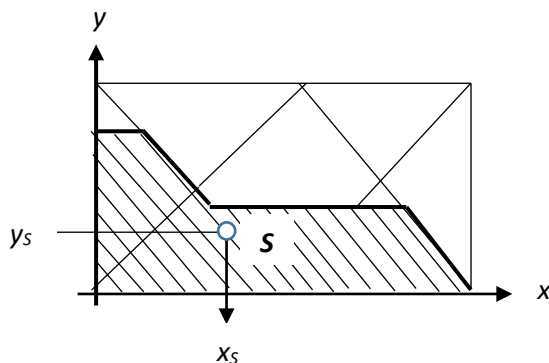


Bild 5 Max-Min-Inferenz

Nähere Angaben dazu sind der Spezialliteratur zu entnehmen [9], [10], [11].

Der Entwurf von automatischen Erkennungssystemen auf Basis der Fuzzy-Technologie erscheint insbesondere wegen der linguistischen Eingabemöglichkeit zunächst durchaus verlockend, verlangt jedoch eine gewisse Einarbeitung angesichts der völlig andersartigen Vorgehensweise. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass der Entwurf solcher Systeme dank der inzwischen verfügbaren leistungsfähigen Entwurfswerkzeuge wesentlich unterstützt werden kann.

3. Datenbasierte Erkennungssysteme

Neben den merkmalsbasierten Erkennungssystemen hat noch ein zweites Lösungsprinzip Bedeutung erlangt, welches im Zusammenhang mit der durchgängigen *Digitalisierung* und der Einführung des Internets entstand. Hier stand die Forderung im Vordergrund, Lösungen zu entwickeln, welche die Zugangssicherheit nach Möglichkeit in weltweitem Rahmen gewährleisten sollen. Dafür mussten neuartige Konzepte der automatisierten *Identifikation* entwickelt werden, welche hier ebenfalls vorgestellt werden sollen. Grundlage dafür bildete die zunehmend eingeführte. Präsentationen fast jeder Art erfolgten nun, statt wie bisher auf Basis analoger Größen nunmehr in Form von *Codes*. Dies begünstigte sowohl eine computergerechte Behandlung als auch eine weltweite Nutzung der vorhandenen Kommunikationsnetze, insbesondere des Internets.

Auf dieser Grundlage wurden Speziallösungen entwickelt, welche sogar eine Fernidentifikation ermöglichen. Die Funktionsweise der hier vorgestellten indirekten

Identifikation basiert auf eigenständigen Prinzipien, die hier nur grob dargelegt werden können. Hier sind weitgehend vereinheitlichte Lösungen in Gebrauch, wobei folgende Prozedur weit verbreitet ist: Besteht ein Kontaktbedürfnis zu einer im Internet vertretenen Institution, so wendet sich der Betreffende via PC, Smartphone oder anderem Endgerät durch Aufruf des Browsers und Eingabe der Internetadresse an den gesuchten Kommunikationspartner. Daraufhin wird er von diesem zur Identifikation aufgefordert. Für die dafür notwendigen Eingaben hat sich eine Formvorschrift eingeführt, die inzwischen weit verbreitet und dessen Grafik in **Bild 6** dargestellt ist.

The image shows a login form with the following elements:

- Title:** Anmelden
- Instruction:** Melde dich mit deinen Logindaten bei ... an
- E-Mail-Adresse:** A text input field containing "...@t-online.de".
- Password:** A text input field with masked characters (dots).
- Link:** Password vergessen
- Submit Button:** Jetzt anmelden

Bild 6 typisches Formular zur Eingabe von persönlichen Informationen zwecks beantragter Identifikation

Wie ersichtlich, wird die Eingabe zweier persönlicher Daten in Form der eigenen Internetadresse oder des eigenen Namens sowie eines Passworts verlangt. Diese Eingaben werden daraufhin vom angestrebten Kommunikationspartner überprüft, indem diese früher als gültig mitgeteilten Daten entsprechender Art gegenübergestellt werden. Je nach Ergebnis werden die Zusendungen daraufhin als richtig oder falsch eingestuft und damit die Identifikation anerkannt bzw. verworfen. Führen erneute Versuche der Dateneingabe zu dem gleichen Ergebnis, so besteht noch die Möglichkeit der Beantragung eines neuen Passworts. Diese indirekte Identitätsprüfung eröffnet dann die Zugangsberechtigung zur Abwicklung von Käufen und Verkäufen jeglicher Art, den Zugang von Personen zu nur begrenzt zugänglichen Räumen, den allgemein verdeckten Einblick in persönliche Gesundheitsdaten und v. a. m.

Außer der hier beschriebenen, dominierenden Form verwenden bestimmte potenzielle Kommunikationspartner auch andere Identifikationsvorschriften. So verlangt beispielsweise das Finanzwesen zur Identitätsprüfung die Eingabe der eigenen Konto-Nr. ergänzt durch einen Sicherheitscode. Bei Bestätigung der Identität eröffnet sich dann der Zugang zu allen angebotenen Finanztransaktionen.

In Extremfällen wird als Identitätsausweis sogar die Zusendung des QR-Codes verlangt.

Bei all den geschilderten Identifikationslösungen dürfen wir nicht vergessen, dass heutzutage jeder Kauf, sei es im Supermarkt, beim Discounter, im Baumarkt, in der Tankstelle ja selbst der Besuch eines Restaurants weitgehend bargeldlos abgerechnet wird. Zur Begleichung der

entstandener Kosten benutzt man heutzutage weitgehend die *BankCard*, *Visa Card* oder *mastercard* als Zahlungsmittel. Auch hier wird aus Sicherheitsgründen eine Identifikation des zur Zahlung Verpflichteten verlangt. In diesem Fall wird die Eingabe einer zuvor mit dem Finanzdienstleister vereinbarten *digitalen Kennung* gefordert. Im vorliegenden Fall ist dies die Eingabe einer *Geheimzahl* in ein handliches Lesegerät. Nach einer irgendwo stattgefundenen Überprüfung wird dann bei festgestellter Korrektheit eine Rechnung ausgestellt.

Die vorstehend beschriebenen recht formalen Methoden der Identitätsprüfung verfügen über eine Reihe von Vorzügen: sie sind Internet-tauglich, haben universellen Charakter und können von jedem mobilen Kommunikationsgerät aus ohne Entfernungsbeschränkung eingesetzt werden. Kein Wunder also, dass diese Methode für die meisten über das Internet abgewickelten Geschäfte inzwischen eine zentrale Bedeutung erlangt hat.

4. Fahrzeug-Assistenzsysteme

Zum Abschluss sei noch, quasi als Kuriosum, auf den Sonderfall automobiler *Einparksysteme* hingewiesen, welche wegen des selbsttätigen Erkennungsverhaltens eigentlich auch zu der hier betrachteten Systemkategorie gehören. Diese von verschiedenen Automobilhersteller für ihre Fahrzeuge der Oberklasse angebotenen Hilfen sollen Autofahrer von der lästigen Suche nach einem Parkplatz in den hochbelasteten Innenstadtbereichen entlasten.

Das hier gelöste Erkennungsproblem besteht darin, dass der Assistent bei Bedarf den Straßenrand während langsamer Vorbeifahrt solange abscaant, bis anhand der ausgewerteten Sensorsignale eine hinreichend große Lücke zum Einparken des eigenen Fahrzeuges gefunden hat. Wurde eine solcher erkannt, dann wird an ein anderes Teilsystem übergeben, welches dann die Ausführung des kollisionsfreien Einparkens bis zur Stillsetzung des Fahrzeuges übernimmt.

Solche höherwertigen Erkennungssysteme weisen Züge der Künstlichen Intelligenz auf. Assistenzsysteme anderer Art, die ebenfalls einen vergleichbaren Komfort bieten, sind auch zur Lösung weiterer Komfortaufgaben in den *autonomen Automobilen* anzutreffen. Diese übernehmen dort diffizile Aufgaben, wie das selbsttätige Erkennen, Analysieren und Bewältigen *komplizierter Verkehrssituationen*.

Zusammenfassung

Wie aus den vorstehenden Darlegungen hervorgeht, hat sich auf dem Gebiet der Automatisierungssysteme mit den Erkennungssystemen eine Unterdisziplin eigenständiger Art entwickelt, die sich von den klassischen Steuerungs- und Regelungssystemen wesentlich unterscheidet. Zu den herausragenden Merkmalen derartiger Systeme zählt die Lieferung von Ergebnissen unter Unsicherheiten. Dafür sind funktionelle Leistungen erforderlich, welche kognitiven Charakter besitzen. Damit sind solche Systeme in der Lage, Aufgaben höheren Anspruchsniveaus zu übernehmen, welche bisher ausschließlich dem Menschen vorbehalten waren. Erkennungssysteme sind daher in der Lage, eine gewisse Klasse formal-geistiger Leistungen mit technischen Mitteln zu erbringen und verfügen daher über gewisse Eigenschaften der Künstlichen Intelligenz. Damit werden weitere Anwendungsmöglichkeiten

technischer Systeme erschlossen, zu denen Klassifikation, Mustererkennung, Objekterkennung, Qualitätssicherung, Gesichtserkennung, Identitätskontrolle u. a. zählen.

Ein wesentliches Anliegen des Beitrags bestand darin, einen Einblick in die hier erforderlichen Lösungsprinzipien zu geben. Hier wurde vor allem auf merkmals-gestützte Lösungen näher eingegangen. Dieser Lösungszugang orientiert sich unmittelbar an der bestehenden Unschärfe zwischen den Merkmalsgebieten und der ermittelten Klassenzugehörigkeit.

Als weiterer Lösungszugang wurde auf die Einsatzmöglichkeit des eher exotischen Konzepts der Fuzzy-Technologie aufmerksam gemacht und auch dazu ein Einblick in die hier anzutreffende Funktionalität gegeben.

Anschließend wird auf Zugänge ganz anderer Art eingegangen, welche im Gefolge der fortschreitenden Digitalisierung entstanden sind. Diese finden vor allem bei der Identitätsprüfung Anwendung und gewährleisten auch ein hohes Maß an Fälschungssicherheit. Die Funktionsweise basiert hier auf der Eingabe vereinbarter Zugangsdaten und deren Prüfung beim Anwender durch ein anonymes System.

Mit den vorstehenden Darlegungen möchte der Autor mit der Behandlung der maschinellen Erkennungssysteme einen knappen Einblick in ein bisher weniger bekanntes Teilgebiet der Automatisierungstechnik geben, welches in der Praxis allerdings eine erhebliche Bedeutung erlangt hat.

Literaturverzeichnis

- [1] Wikipedia. see: <https://de.wikipedia.org/wiki/erkennen>
- [2] Meyer-Brötz, G.; J. Schürmann: Methoden der automatischen Zeichenerkennung. Akademie-Verlag, Berlin 1970
- [3] Steinhagen, H.-E.; S. Fuchs: Objekterkennung. Verlag Technik, Berlin 1976
- [4] Weller, W.: Computer aided decision making for manufacturing processes with flexible automation. 2nd Symp. On Systems Analysis and Simulation, Bd. 27, Akademie-Verlag Berlin 1985
- [5] Weller, W.: Einsatz von Methoden des maschinellen Erkennens und Lernens in der Qualitätssicherung. R. Oldenbourg Verlag, Automatisierungstechnik 40 (1992) H. 2, S. 63-69
- [6] Weller, W.: Lernende Steuerungen. VEB Verlag Technik, Berlin, 1985 u. Lizenzausgabe R. Oldenbourg Verlag München, Wien, 1985
- [7] Weller, W.: Einsatz von Methoden des maschinellen Erkennens und Lernens in der Qualitätssicherung, Automatisierungstechnik 40 (1992) H. 2, S. 63-69, Kap. 5
- [8] Zadeh, L. A.: Fuzzy sets and systems. In: Fox, J. (ed.) System Theory. Microwave Research Institute Symposia Series XV, Polytechnic Press, Brooklyn, pp 29- 37 (1965)
- [9] Bothe, H.-H.: Fuzzy Logic. Einführung in Theorie und Anwendungen. Springer Verlag Berlin Heidelberg 1993, ISBN 3-540-56166-8

[10] Tilli T.: Automatisierung mit Fuzzy-Logik. 1993 Franzis-Verlag GmbH, München. ISBN 3-7723-4412-7

[11] Kahlert, J., H. Frank: Fuzzy-Logik und Fuzzy-Control. Eine anwendungsorientierte Einführung mit Begleitsoftware. F. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH Braunschweig/Wiesbaden, 1993. ISBN 3-528-05304-6