Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 59 (1981)

Heft: 1

Artikel: Mustererkennung und ihre Anwendungen

Autor: Schürmann, Jürgen

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-874169

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: 10.01.2026

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

Mustererkennung und ihre Anwendungen

Jürgen SCHÜRMANN, Ulm[1]

681.327.12::028

Zusammenfassung. *Nachdem der Autor kurz auf die zum Teil neuen Automatisierungsmöglichkeiten dank integrierten Schaltungen und Datenverarbeitung eingegangen ist, die neuerdings auch Lösungen für Erkennungsaufgaben in sich bergen, befasst er sich mit der Problematik der Schrifterkennung. Dabei erläutert er Fragen der Einzelzeichen- und Zeichenfolgenerkennung sowie solche der Texterfassung. Das angewendete Prinzip der Mustererkennung kann auch zur Spracherkennung und Bildauswertung beigezogen werden, was ebenfalls erörtert wird. Schliesslich wird die Zellbildanalyse als Beispiel erwähnt, wie sie für die Krebsuntersuchung im Rahmen eines Projektes angewendet wird.*

La reconnaissance d'échantillons et ses applications

Résumé. *Après avoir abordé les possibilités d'automatisation en partie nouvelles offertes par les circuits intégrés et le traitement de l'information, l'auteur se préoccupe des problèmes liés aux systèmes de reconnaissance de l'écriture. Il traite les questions de la reconnaissance des signes isolés et d'une suite de ces derniers, ainsi que celles qui touchent la lecture de textes. Le principe de la reconnaissance d'échantillons, auquel il est fait appel, peut aussi être utilisé pour l'interprétation de messages parlés ou d'images, sujets également abordés dans cet article. Pour terminer, un dernier exemple, celui de l'analyse de documents cytologiques, telle qu'elle est utilisée dans le cadre d'un projet de recherche pour l'examen des cellules cancéreuses, est exposé.*

Riconoscimento di campioni e le sue applicazioni

Riassunto. *L'autore parla dapprima delle possibilità di automazione, in parte nuove, rese possibili dai circuiti integrati e dall'elaborazione dei dati, che fra l'altro potrebbero offrire anche soluzioni per questioni inerenti ai sistemi di riconoscimento. In seguito tratta i problemi legati al riconoscimento di scritture e spiega questioni in relazione al riconoscimento di segni singoli e di una serie di questi e al rilevamento di un testo. Il principio del riconoscimento di campioni utilizzato può servire anche per il riconoscimento del linguaggio e per la valutazione di immagini. Accenna, per terminare, all'analisi citologica come viene utilizzata nell'ambito di un progetto di ricerca per l'esame di cellule cancerose.*

1 Einleitung

Die Entwicklung auf dem Gebiet der Halbleitertechnik und speziell der integrierten Schaltkreise in den vergangenen Jahren hat wegen der sich dadurch bietenden Möglichkeiten in der Automatisierung in der Öffentlichkeit zum Teil heftige Diskussionen ausgelöst. Es wird sogar von einer neuen technischen Revolution gesprochen, die unter anderem auch Besorgnis um veränderte Arbeitsinhalte und Arbeitsplätze ausgelöst hat.

Dabei ist die Idee der Automatisierung gar nicht neu. Mathematische Modelle, die es gestatten, durch umfangreiche Analyseverfahren auch selbständig Entscheidungen zu treffen, sind schon länger bekannt. Bisher war allerdings zu ihrer Realisierung ein wirtschaftlich nicht vertretbarer Aufwand notwendig. Hier sind entscheidende Veränderungen eingetreten, die auch auf dem Gebiet der Mustererkennung deutlich werden. Dieses Arbeitsgebiet bedient sich der Mittel der modernen Informationsverarbeitung und ihrer Komponenten, um technische Lösungen für Erkennungsaufgaben zu entwickeln, die bislang dem Menschen und seinen Sinnen vorbehalten waren. Der hohe Integrationsgrad logischer Schaltkreise führt zu einer wirtschaftlichen Lösung dieser sehr komplexen Aufgabenstellung.

2 Schrifterkennungssysteme

Unter den Mustern, mit denen sich die Mustererkennung befasst, haben Bilder und Sprache schon lange eine dominierende Rolle gespielt. Unter den Bildern waren es speziell jene, mit denen der zivilisierte Mensch von Kind auf so vertraut ist, dass er sie gar nicht mehr als Bilder, sondern als etwas durchaus Besonderes ansieht: Schriften und Texte.

Die Erkennung von Schriftzeichen ist wohl der älteste Anwendungsbereich der Mustererkennung mit einer mittlerweile jahrzehntealten Geschichte. Texte und Daten, die man zunächst der automatischen Verarbeitung zugänglich machen wollte, bestehen aus einzelnen Schriftzeichen, Buchstaben und Ziffern. Die Bemühungen konzentrierten sich überwiegend auf das Erkennen des Einzelzeichens, weil darin das naheliegendste und deswegen auch das Hauptproblem gesehen wurde. Nachdem diese Aufgabe technisch einigermassen gelöst war, wurde immer deutlicher, dass die üblichen Textdokumente eigentlich nicht nur einfach aus ihren Textelementen — den Buchstaben, Ziffern und Sonderzeichen — bestehen, sondern dass diese gewissermassen nur die Hälfte der Information tragen. Der eigentliche Inhalt des Textdokumentes wird durch die Textelemente auf der einen und ihre Anordnung auf der anderen Seite dargestellt.

Der menschliche Leser nimmt immer beides wahr. Er realisiert das, was im Bild als kontextbenutzende Erkennung bezeichnet wird. Eine Vielzahl unreflektiert ablaufender Querkontrollen sichert das Gelesene ab. Es ist klar, dass eine Lesemaschine, der nur das aus dem Zusammenhang gerissene Einzelzeichen präsentiert wird, Schwierigkeiten hat, mit dem Menschen zu konkurrieren. Das ist sicher eine der Erklärungen, weswegen die Technik des automatischen Lesens — die OCR-Technik — noch nicht den erwarteten Siegeszug in der Textdatenerfassung angetreten hat.

3 Einzelzeichen

Trotzdem hat sich die Technik des automatischen Lesens auch im Bereich der Einzelzeichenerkennung zu einem zwar spezialisierten, aber in bestimmten Anwendungen bedeutsamen Bestandteil der automatischen Datenverarbeitung entwickelt. Die Entwicklung begann mit der Verwendung speziell entworfener Schriftarten, die es erlaubten, die Erkennung auf das unmittelbar einsehbare Schlüssel-Schlüsselloch-Prinzip zurückzuführen *(Fig. 1)*. Die zahlreichen Modifikationen, die dieses Prinzip zuliess, führten zu ebenso zahlreichen, teilweise

[1] Vortrag, gehalten anlässlich des 16. Technischen Pressekolloquiums von AEG-Telefunken am 2./3. Oktober 1980 in Gelsenkirchen

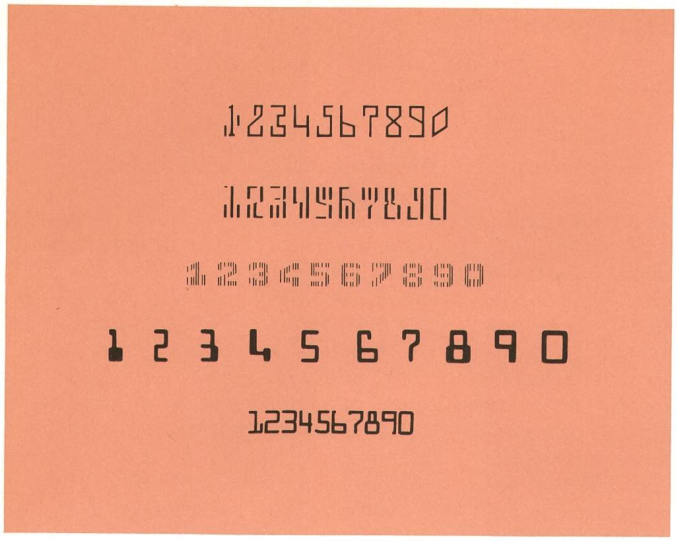

Fig. 1
Schriftarten, die speziell für das automatische Lesen entworfen wurden

ganz verschiedenen Lösungsansätzen, die alle darauf angewiesen waren, dass die Schrift so schön sauber schwarz auf weiss gedruckt war, wie die Erfinder sich das vorgestellt hatten — sonst war das Versagen unvermeidbar.

Die Bedingungen des praktischen Einsatzes aber forderten Unempfindlichkeit gegenüber den normalen Variationen im Erscheinungsbild der Schrift. Eine besondere Rolle spielen in diesem Zusammenhang die Schnelldrucker, die in bestimmten Belegkreisläufen als Beschriftungsinstrument dominieren, mit ihrer im allgemeinen mässigen Schriftqualität. Eine Reihe von Rasterbildern, die alle das von den Bankbelegen her bekannte Zeichen «Ziffer Acht» der Schriftart OCR-A darstellen, zeigt *Figur 2.* In der Anhäufung sind die Übereinstimmungen trotz aller Verstümmelungen noch erkennbar. Das Einzelbild jedoch, das in genau dieser Form dem automatischen Erkennungssystem vorgelegt wird, ist schliesslich auch für den Menschen kaum noch richtig erkennbar.

In dieser Situation musste das Schlüssel-Schlüsselloch-Prinzip aufgegeben werden. Statt dessen werden heute Schrifterkennungssysteme nach einem in der gesamten Mustererkennung immer wiederkehrenden Prinzip konzipiert *(Fig. 3).* Man fasst das Zeichenbild — in seiner gerasterten Form — als Ganzes auf, das durch eine grössere Anzahl von Messdaten beschreibbar ist. Bei der Einzelzeichenerkennung sind diese Messdaten unmittelbar die Schwärzungsmessungen in den Bildelementen des Rasterbildes. Praktisch in einem einzigen Schritt wird diese Menge von Messdaten in eine Schätzgrösse umgerechnet, die auf die mutmassliche Bedeutung des vorgelegten Bildes hinweist. Damit dies in einer bestimmten Situation funktioniert, in der bestimmte Bilder und ihre Variationen verabredete Bedeutungen haben, muss der Funktionsbaustein, der die Schätzung aus den Messdaten berechnet, problembezogen optimiert werden, was durch automatische Adaption an Lernstichproben erfolgt. Dabei werden die Schriften so hingenommen, wie sie schon lange vereinbart sind. Die Zeit der speziell für das optische Lesen entworfenen Schriften ist vorbei.

Mit der Aufgabe, eine Folge von Einzelzeichen aus der Codezeile speziell entworfener Belege möglichst zuverlässig zu erkennen, entwickelte sich ein eigener Zweig der optischen Zeichenerkennungstechnik. Erkennungssysteme, die nach der im Forschungsinstitut Ulm entwickelten Konzeption aufgebaut sind und mit dem dort entstandenen Adaptionssystem dimensioniert wurden, befinden sich in zahlreichen Beleglese- und -sortiermaschinen sowie in Handlesegeräten im Einsatz. Die Anwendung, in der diese Systeme eingesetzt werden, ist ausserordentlich spezialisiert: reglementierte Anordnung der Zeichen, begrenzter Zeichenvorrat, nur bestimmte Schriftarten. Diese Bedingungen erlaubten, die Aufgabenlösung in einer so geschlossenen Weise anzupacken, wie sie in Figur 3 skizziert ist.

4 Zeichenfolgen

Die ganz normalen Textdokumente des Alltags weisen eine Variantenvielfalt hinsichtlich Textaufbau, Schriftart und -grösse auf, die der menschliche Leser kaum bewusst wahrnimmt, mit der aber kein Belegleser fertig werden kann. Automatische Erkennungssysteme für Aufgaben dieser Art müssen daher weitaus komplexer organisiert sein als das Einzelzeichenerkennungssystem des Beleglesers. Allerdings kehrt dieselbe Grundaufgabe der Mustererkennung — die Erzeugung von Schätzungen aus Merkmalsdatensätzen — in den verschiedenen Ebenen eines hierarchisch gegliederten Systems immer wieder. Systeme dieser Art werden nach einigermassen einfachen Prinzipien organisiert, die auch in

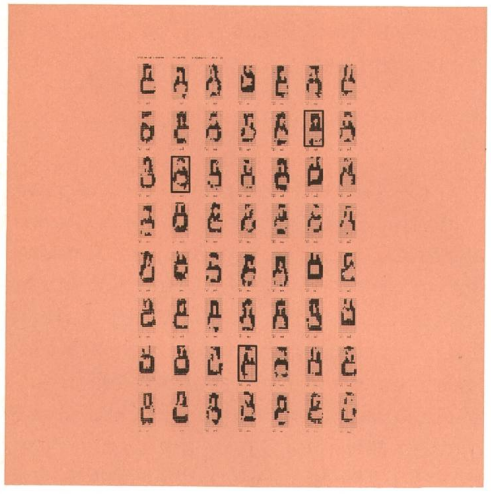

Fig. 2
Rasterbilder von Schnelldruckerschrift OCR-A «Acht»

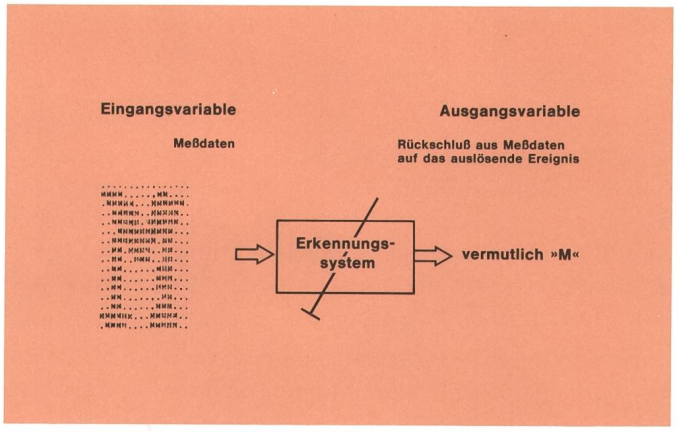

Fig. 3
Einzelzeichenerkennung

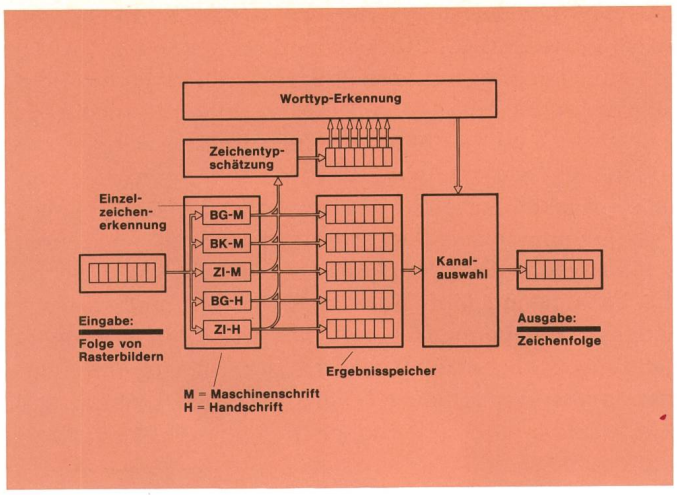

Fig. 4
Mehrkanal-Erkennungssystem

ganz anderen Zusammenhängen wiederkehren. Der gesamte Ablauf wird in überschaubare Schritte gegliedert, und der Erkennungsprozess durchläuft von unten nach oben die verschiedenen Ebenen einer Hierarchie von Erkennungssystemen. In jeder Ebene wird das Problem der in hierarchischen Systemen gefährlichen Wirkung von Falschentscheidungen auf niedriger Hierarchiestufe durch Alternativentechnik beseitigt. In jeder Hierarchiestufe dürfen nur die offensichtlich sinnlosen Alternativen sofort verworfen werden. Übrigbleibende Zweifelsfälle werden an die nächsthöhere Instanz weitergegeben. Der Überflutung mit unentschiedenen Vorgängen wird dadurch vorgebeugt, dass nur in wirklichen Zweifelsfällen Alternativen gebildet werden dürfen. Die Erkennungssysteme kontrollieren sich dazu selbst mit geeigneten Glaubwürdigkeitsmassen. Durch statistische Auswertung des Glaubwürdigkeitsmasses kann erreicht werden, dass die mittlere Anzahl von Alternativen ein Minimum annimmt, während die Wahrscheinlichkeit, dass die Menge der Alternativen das Richtige enthält, auf einen vorgegebenen Wert fixiert wird.

Ein Beispiel für eine Erkennungsaufgabe, deren Lösung sich an der skizzierten Organisation orientiert, ist das automatische Anschriftenlesen. Auch das ist eine sehr spezialisierte Aufgabe; die Spezialisierung liegt hier jedoch schon nicht mehr in der Ebene der Einzelzeichen, sondern eher in ihrer Anordnung. Das System muss alles lesen können, was auf üblichen Briefen und Postkarten vorkommt: alle normalen Schreibmaschinen-, Buchdruck- und Schnelldruckerschriften, dazu Handblockschrift, beides in einem weiten Spielraum der Schriftgrösse. Das sind sicher Hunderte von Schriftarten.

Die eigentliche Aufgabe der Schriftzeichenerkennung wird hier von einem «Spezialistenteam» wahrgenommen. In *Figur 4* ist das die Anordnung von fünf parallel arbeitenden Einzelzeichenerkennungssystemen, von denen je eines zuständig ist für Grossbuchstaben, Kleinbuchstaben und Ziffern in irgendeiner Form von Maschinenschrift und je eines für Grossbuchstaben und Ziffern in Handblockschrift. Jedes von ihnen «betrachtet» das vorgelegte Rasterbild gewissermassen unter seinem speziellen Blickwinkel und bildet sich sein Urteil. Es ist klar, dass nicht alle gleichzeitig recht haben können, und so lässt sich zum Beispiel mit den Vermutungen des Zieffernklassifikators auf den ersten Blick wenig anfangen, wenn das vorgelegte Rasterbild einen Buchstaben darstellt. Die Ergebnisse aller Einzelkanäle werden zunächst in einem Ergebnisspeicher geordnet abgelegt.

In der nächsthöheren Hierarchieebene ist der Zeichentypklassifikator angesiedelt. Er fasst die Ergebnisse der Einzelkanäle zusammen und produziert auf der Basis dieser Merkmale eine Schätzung darüber, welcher der fünf Kanäle zuständig ist.

Wegen der bekannten Konfliktfälle zwischen ununterscheidbaren Gross- und Kleinbuchstaben und Kollisionen zwischen Buchstaben und Ziffern ist eine zuverlässige Entscheidung auf Einzelzeichenebene häufig gar nicht möglich. Deswegen gibt es darüber eine weitere Hierarchieebene, das Worttyp-Erkennungssystem. Es fasst die Zeichentypschätzungen wortweise zusammen, schliesst daraus auf einen der zulässigen Worttypen und veranlasst, dass die Ausgabezeichenfolge in der richtigen Weise aus den Ergebnissen der Einzelkanäle zusammengesetzt wird. Je nach Anwendung setzt sich die hierarchische Schichtung weiter nach oben fort, indem Wörter zu Sätzen und Sätze zu Botschaften verbunden werden.

Das Prinzip der Alternativenbildung wird auch auf die von den Einzelkanälen produzierten Ergebnisse angewandt. Je nach Glaubwürdigkeit werden bis zu drei geordnete Alternativen — erste, zweite und dritte Wahl — weitergegeben. Daraus lassen sich alternative Zeichenfolgen bilden, von denen natürlich nur eine richtig sein kann. Die Aufgabe, diese zu finden, wird durch die normalerweise vorhandene Redundanz der Texte erleichtert, da die nicht zutreffenden Alternativen im allgemeinen sinnlose Texte ergeben. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die sinnlosen Alternativen auszublenden. Die eine ist die Verwendung von Wörterbüchern. Diese Technik setzt AEG-Telefunken beim Anschriftenlesen ein und aktiviert so gewissermassen das geographische Wissen eines erfahrenen Postbeamten. Die andere Möglichkeit ist die Verwendung von statistischen Informationen über Zeichenfolgehäufigkeiten, die als eine Approximation an die Wörterbuchtechnik aufzufassen ist. Die in umgangssprachlichen deutschen Texten häufigsten Buchstabentripel in der Rangfolge ihrer Häufigkeit zeigt *Figur 5*. Sucht man aus den alternativen Zeichenfolgen unter Benutzung dieser Trigramm-Wahrscheinlichkeiten die wahrscheinlichste heraus, so wird

Rang	Trigramm	Häufigkeit/%
1	ein	1,22
2	ich	1,11
3	nde	0,89
4	die	0,87
5	und	0,87
6	der	0,86
7	die	0,75
8	end	0,75
9	gen	0,71
10	sch	0,66
11	cht	0,61
12	den	0,57
13	ine	0,53
14	uge	0,52
15	nun	0,48
16	ung	0,48
17	das	0,47
18	hen	0,47
19	ind	0,46
20	enw	0,45

Fig. 5
Häufigkeit von Trigrammen in der Umgangssprache

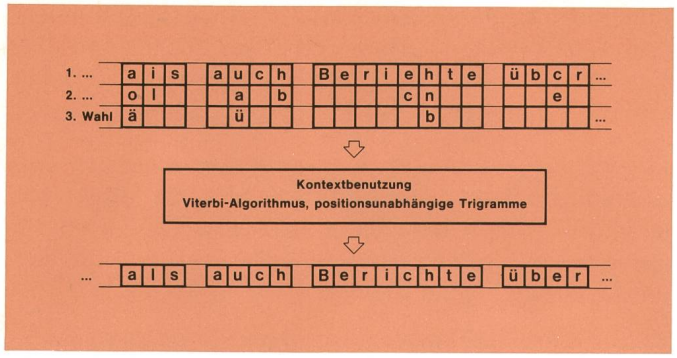

Fig. 6
Auflösung von Einzelzeichenalternativen

im Regelfall — wie in *Figur 6* dargestellt — die zutreffende akzeptiert, und die unzutreffenden werden verworfen.

5 Texterfassung

Gegenwärtig zeichnen sich durch die Einführung neuer Kommunikationstechnologien und mit dem Vordringen der Textverarbeitung weitreichende Veränderungen in der Bürotechnik ab. Auch die Mustererkennung wird dabei eine Rolle spielen. Schrifterkennungssysteme öffnen dabei für Papierdokumente, die sich wohl auf längere Sicht nicht vollständig durch die elektronischen Medien verdrängen lassen werden, den unmittelbaren Zugang zur automatischen Text- und Datenverarbeitung. Bei der Variantenvielfalt üblicher Textdokumente werden diese Erkennungssysteme eine angemessene Leistungsfähigkeit haben müssen. Viel mehr als das heute der Fall ist, werden die zweidimensionalen Beziehungen in der Anordnung der Schriftzeichen in die Texterkennung und -interpretation einbezogen werden müssen. Es müssen darüber hinaus Vorkehren getroffen werden, das heute äusserst wichtige Nebenprodukt der manuellen Tastatureingabe — die Plausibilitätskontrolle der eingetasteten Daten — durch programmierte Prüfungen zu ersetzen.

Die Mustererkennung in der Form von Schrifterkennung wird in der Bürotechnik möglicherweise auch noch an einer anderen Stelle Bedeutung erlangen. In dem Masse, in dem sich das Datensichtgerät zum graphischen Display wandelt — das natürlich wie bisher auch Textdaten darstellen kann —, eröffnen sich die Möglichkeiten zur Manipulation der bereits im Datenverarbeitungssystem befindlichen Daten durch unmittelbare Griffeleingabe. Diese Technik kommt der menschlichen Gewohnheit, mit Bleistift und Papier umzugehen, weitaus näher als das Bedienen von Tastaturen. Dabei lassen sich Markierungen und Symboleingaben direkt aus dem Schreibvorgang erkennen. Die Direkteingabe handschriftlicher Buchstaben und Ziffern stellt kein grundsätzliches Problem dar.

6 Spracherkennung

Ein anderer Zweig der Mustererkennung, der gegenwärtig grössere Bedeutung zu erlangen beginnt, ist der der Spracherkennung. Nach jahrelangem Experimentieren in den Labors ist jetzt das Experimentierfeld in die Anwendungsbereiche, also die Werkhallen und Büros, verlegt worden. Im Augenblick dominieren die Einzelworterkennungssysteme, die eine segmentierte Sprechweise voraussetzen. Überwiegend erreichen sie ihre Erkennungsleistung mit verhältnismässig einfachen Algorithmen durch Adaption auf den einzelnen Sprecher. Es gibt aber auch Systeme für die sprecherunabhängige Erkennung, wie sie beispielsweise bei einem telefonischen Auskunftssystem unerlässlich sind. Die notwendige Erkennungsleistung wird gegenwärtig noch über die drastische Einschränkung des Vokabulars erreicht. Die Entwicklung läuft aber in Richtung sprecherunabhängiger Erkennungssysteme und vor allen Dingen in Richtung Spracherkennungssysteme mit besserer Segmentierleistung. Dadurch wird die unbequeme und durchsatzmindernde Sprechweise mit isolierten Einzelworten entfallen.

Es gibt ehrgeizige Projekte zur Entwicklung sprachverstehender Systeme, mit denen eine Art umgangssprachliche Kommunikation zwischen Mensch und EDV-System angestrebt wird. Es ist klar, dass hier in ganz entscheidendem Masse auf die Kontextbenutzung, das heisst auf den massgebenden Text des betreffenden Wortes, zurückgegriffen werden muss. Ohne ein Verständnis der Zusammenhänge ist eine Erkennung auf dieser Ebene gar nicht möglich. Jedoch werden auch unter Inanspruchnahme des Hilfsmittels «Kontext» wohl nur die weniger anspruchsvollen Pläne erfüllt werden können.

7 Bildauswertung

Ein nahezu unermesslich weites Feld von Mustererkennungsaufgaben wird durch das Schlagwort «Bildverarbeitung und -auswertung» angesprochen. Die Welt ist voll von Bildern, und nahezu überall, wo der Mensch irgendwelche Aufgaben löst, stützt er sich ganz wesentlich auf seinen Gesichtssinn. Das Bild, das er betrachtet, spielt eine entscheidende Rolle.

Automatische bildverarbeitende Systeme gibt es seit vielen Jahren. Die Entwicklung begann mit Auswertesystemen für die Bildreihen der Hochenergiephysik. Schon lange existieren Auswertesysteme für militärische und zivile Luftbilder, die von Flugzeugen oder Satelliten aus aufgenommen werden. Ohne die Unterstützung durch Bildverarbeitungssysteme wäre eine sinnvolle Verwertung des aus diesen Quellen sprudelnden Datenflusses gar nicht möglich. An vielen Stellen wird auch mit der Auswertung von Bildern aus dem biologischen und medizinischen Bereich experimentiert. Bestimmte Auswerteaufgaben werden bereits routinemässig durch automatische Systeme durchgeführt. Ein potentieller Anwendungsbereich der automatischen Bildauswertung ist der Einsatz in der industriellen Fertigung mit den Aufgabengebieten Handhabung, Messen und Prüfen sowie Prozesslenkung. Die Dinge sind hier augenblicklich sehr in Bewegung, und zahlreiche Unternehmen und Institutionen arbeiten an experimentellen Systemen.

8 Zellbildanalyse

Beispielhaft soll ein Vorhaben beleuchtet werden, das im Ulmer Forschungsinstitut gemeinsam mit dem Institut der Physikalischen Elektronik der Universität Stuttgart und der Fachabteilung «Mustererkennung» des Unternehmens bearbeitet wird. Auch an diesem Beispiel ist

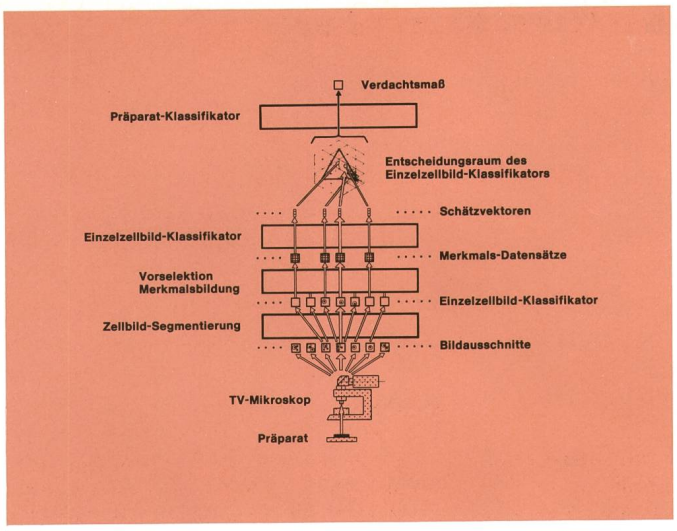

Fig. 7
Prinzipbild des Zellbildanalysators

die gegliederte Organisation eines Mustererkennungssystems sichtbar. Es handelt sich um die automatische Auswertung von Abstrichpräparaten, die bei Krebsvorsorgeuntersuchungen in so grossen Mengen anfallen, dass sie anders kaum mehr bewältigt werden können.

In der bisherigen Organisation arbeiten zytologische Assistentinnen und der zytologische Facharzt zusammen. Die Zytoassistentin analysiert die Präparate unter dem Mikroskop und legt in der Regel etwa 10 % aller analysierten Präparate dem Zytologen zur Diagnose vor. Unter diesen sollten sich alle tatsächlichen Verdachtsfälle befinden, die übrigen jedoch sicher ohne Befund sein. Der automatische Zellbildanalysator wird bei diesem Arbeitsablauf die Zytoassistentin unterstützen. Das Konzept der automatischen Verarbeitung lehnt sich an das Vorbild der manuell-visuellen Verarbeitung an *(Fig. 7)*. Das Abstrichpräparat wird nach derselben Färbemethode aufbereitet, wie sie heute eingeführt ist. Es enthält Zehntausende von Einzelzellen, von denen nur ein Teil überhaupt für die Untersuchung relevant ist.

Mit Hilfe eines Fernsehmikroskops mit rechnergesteuertem Objektträgertisch wird das Präparat systematisch abgetastet. Dabei entsteht eine Folge von Bildausschnitten, von denen jeder im allgemeinen mehrere Einzelzellbilder enthält. Sie werden durch Bildverarbeitungsprozeduren aus dem Rasterbild herausgeschnitten. So entsteht aus jedem Präparat eine Folge von einigen tausend Rasterbildern, die jeweils eine Zelle und ihren Kern darstellen. In der Software verankerte Prüfbedingungen schliessen die Zellbilder von der weiteren Verarbeitung aus, die sicher nicht interessieren, wie etwa Blutzellen. Aus den anderen Einzelzellbildern werden Datensätze mit Merkmalen erzeugt, die den Zellkern und seine Morphologie beschreiben.

Das Erkennungssystem ist bei diesem System in zwei Hierarchieebenen organisiert. In der unteren arbeitet der Einzelbildklassifikator, der für jedes Einzelzellbild eine mehrdimensionale Schätzung hinsichtlich zytologischer Kriterien produziert. Auf diese Weise entsteht aus dem Präparat eine Folge von Schätzvektoren, die zusammen den diagnostischen Zustand des Präparates beschreiben. Diese Menge von Schätzvektoren bildet im Entscheidungsraum des Einzelzellbildklassifikators eine das gerade betrachtete Präparat charakterisierende Verteilung. Sie wird in der zweiten Hierarchieebene des Systems vom Präparatklassifikator beurteilt. Dazu wird ein Merkmalsdatensatz, der diese Verteilung quantitativ beschreibt, in eine Schätzung über den Grad der Verdächtigkeit umgerechnet. Die für verdächtig gehaltenen Präparate werden, wie dies schon bisher geschehen ist, dem Zytologen vorgelegt. Die übrigen dürfen keine wirklichen Verdachtsfälle mehr enthalten.

Das Projekt befindet sich gegenwärtig noch im Vorstadium der Entwicklung. Validierungstests und umfangreiche Feldversuche werden in den nächsten Jahren zeigen, wie weit die gesteckten Ziele erreichbar sind.

Die Mustererkennung ist ein Arbeitsgebiet, das sich mit den zunehmenden Möglichkeiten zur technischen Realisierung komplizierter werdender Bildverarbeitung und Erkennungsalgorithmen lebhaft entwickeln und neue Anwendungsbereiche erschliessen wird. Der gerade hier naheliegende Vergleich mit der Erkennungsleistung biologischer Systeme und besonders der des Menschen wird aber wohl auf nicht absehbare Zeit eine offene Herausforderung bleiben.

Adresse des Autors: Jürgen Schürmann, c/o AEG-Telefunken, Abt. Zeichen- und Signalerkennung im Forschungsinstitut Ulm, D-7900 Ulm.

Die nächste Nummer bringt unter anderem
Vous pourrez lire dans le prochain numéro

2/81

R. Burkhard	Die neuen Linienwähler LW 700 (Schluss) Les nouveaux sélecteurs de lignes LW 700 (fin)
P. Diener	Kabelfehlerstatistik Statistique des défauts de câbles
F. Nüsseler	Verfügbarkeit von Mietleitungen
K.-L. Schenkel, S. Maslowski	Neue Trends in der Übertragung von Daten, Sprache und Bild