Automatische Lokalisationserkennung in der Endoskopie des Gastrointestinaltrakts – eine Machbarkeitsstudie

Alexander Horsch[1] und Hans-Dieter Allescher[2]

Technische Universität München
Klinikum rechts der Isar, Ismaninger Str. 22, 81675 München
[1]Institut für Medizinische Statistik und Epidemiologie
Email: alexander.horsch@imse.med.tu-muenchen.de
[2]II. Medizinische Klinik und Poliklinik
Email: hans.allescher@lrz.tu-muenchen.de

Zusammenfassung. Die automatische Bestimmung der Lokalisation des Endoskops ist für Computergestützte Diagnostik im Bereich der Endoskopie des Gastrointestinaltrakts von großer Bedeutung, da viele diagnostische Fragestellungen von der Lokalisation abhängen. In einer Machbarkeitsstudie mit 239 Bildern des Gastrointestinaltrakts konnten anhand von 8 Merkmalen 8 Lokalisationen mit einer Gesamtkorrektheit von ρ=0,65 und einer kreuzvalidierten Gesamtgenauigkeit von κ=0,59 erkannt werden. Für die Lokalisationen Ösophagus, Cardia, Inversion, Pylorus und Duodenum descendens wurden mit 63-84% überdurchschnittlich gute bedingte Korrektheiten erzielt. Sehr schlecht ließen sich dagegen die Lokalisationen Corpus, Antrum und Bulbus duodeni abgrenzen (ρ=27-38%). Ein erster Test zur Farbnormierung lässt Verbesserungspotentiale erwarten. Insgesamt scheint eine automatische Lokalisationserkennung bei Einsatz von Farbnormierung mit hoher Trefferrate möglich.

1 Einleitung

Im Hinblick auf die Entwicklung von Verfahren der Computergestützten Diagnostik (CAD) zur Senkung von Intra- und Interobservervariabilität in der Videoendoskopie des Gastrointestinaltrakts ist die automatische Bestimmung der Lokalisation von grundlegender Bedeutung, da diese die Auswahl möglicher Befunde bestimmt [1]. So ist z. B. die Erkennung pathologischer Veränderungen, wie etwa Varizen, Ulcera oder Tumore, nur lokalisationsabhängig möglich. In der normalen Untersuchung erfolgt diese Lokalisationsdiagnostik außer anhand von charakteristischen Bildinformationen aus dem Bewegtbild auch aufgrund der Einfuhrlänge des Gerätes als Zusatzinformation.

In einer Machbarkeitsstudie [2] mit Standbildern von 8 Lokalisationen (7 anatomische Lokalisationen und zusätzlich die Inversionsstellung des Endoskops im Magen als Pseudolokalisation) sollte geklärt werden, ob eine automatische Lokalisationserkennung prinzipiell unabhängig von der Kenntnis der Eindringtiefe des Endoskopschlauchs möglich erscheint. Des weiteren sollte der Einfluss einer Farbnormierung untersucht werden, da verschiedene Endoskope unterschiedliche Farbcharakteristika aufweisen.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden mit 5 Endoskopen vom Typ Olympus GIF-130 (Olympus Optical Co. Europe, Hamburg) durchgeführt. Insgesamt wurden 239 Einzelbilder (13 Ösophagus, 52 Cardia, 32 Inversionen, 24 Corpus, 15 Antrum, 30 Pylorus, 18 Bulbus duodeni, 38 Duodenum descendens) mit einer Auflösung von 384 x 384 Pixeln und einer Farbtiefe von 24 Bit digitalisiert. Die Digitalisierung erfolgte mit einer Framegrabberkarte FAST FPS-60 (FAST Multimedia AG, München).

Für die Analysen wurden drei Farbmerkmale, zwei Regionenmerkmale, zwei Strukturmerkmale und ein Linienmerkmal aus den Bildern extrahiert: Mittlerer Rot- und Grünanteil

$$C_{red} = \bar{r} = \frac{1}{N}\sum r(x, y), \quad C_{green} = \bar{g} = \frac{1}{N}\sum g(x, y) \tag{1}$$

(mit der Gesamtzahl N von Bildpunkten, und den Rot- und Grünwerten r und g im intensitätsnormierten Nrgb-Farbraum [3]); Ausprägung einer deutlich begrenzten dunklen Region; Ausprägung eines rötlichen dunklen Flecks; Kantenanteil; mittlere Kantenkrümmung; Vorliegen von Tubusfarben und Tubuskanten (dichotome Merkmale).

Für die Farbnormierung wurde auf Basis von Normfarbstreifen eine lineare Farbanpassung an die Farbcharakteristik eines der Endoskope (Referenzendoskop) vorgenommen.

Zur Klassifikation wurden 3-Schicht-Perzeptrons und Classification And Regression Trees (CART) eingesetzt.

3 Ergebnisse

In 5 Testläufen mit je 24 Klassifikationen nach dem leave-10-out-Verfahren ergab sich für die Perzeptronklassifikation eine Gesamtkorrektheit von ρ=0,653 und einer Gesamtgenauigkeit von κ=0,591 (Tab. 1). Für die Lokalisationen Ösophagus (Oe), Cardia (Ca), Inversion (In), Pylorus (Py) und Duodenum descendens (Dd) wurden mit 63-84% überdurchschnittlich gute bedingte Korrektheiten erzielt. Sehr schlecht ließen sich dagegen die Lokalisationen Corpus (Co), Antrum (An) und Bulbus duodeni (Bd) korrekt erkennen. Hier lagen die bedingten Korrektheiten bei 27-38%.

Mit CART wurde ein Entscheidungsbaum mit 17 Terminalknoten und 16 Splits in 5 Ebenen konstruiert. Die 10-fach Kreuzvalidierung im Rahmen der CART-Analyse mit S-PLUS erbrachte die geringe Korrektheit von ρ=0,51. Dieses Ergebnis besitzt aufgrund der großen Anzahl von Klassen und der wenigen Bilder pro Klasse nur eingeschränkte Aussagekraft. Hier wäre die Validierung anhand eines leave-1-out-Verfahrens zweckmäßig gewesen. Da die Software dies jedoch standardmäßig nicht unterstützt und außerdem mit der Kreuzvalidierung der Perzeptrons bereits Schätzungen zur Prognosegüte eines Klassifikators vorlagen, wurde darauf verzichtet.

Tabelle 1: Gemittelte Kontingenztafel sowie bedingte Korrektheiten und Genauigkeiten der Lokalisationserkennung mit Perzeptronklassifikatoren

		Zugewiesene Lokalisation										
		Oe	**Ca**	**In**	**Co**	**An**	**Py**	**Bd**	**Dd**	**Σ**	ρ	κ
Korrekte Lokalisation	**Oe**	**21**	8	0	1	0	0	0	0	30	0,70	0,66
	Ca	5	**41**	0	2	0	3	1	0	52	0,79	0,73
	In	0	1	**27**	4	0	0	0	0	32	0,84	0,82
	Co	1	2	3	**9**	0	0	2	7	24	0,38	0,31
	An	0	5	0	0	**4**	3	3	0	15	0,27	0,22
	Py	2	3	0	1	2	**19**	2	1	30	0,63	0,58
	Bd	0	5	0	1	2	3	**5**	2	18	0,28	0,22
	Dd	0	2	1	3	0	1	1	**30**	38	0,79	0,75
	Σ	29	67	31	21	8	29	14	40	239	0,653	0,591

Der Einfluss der Farbnormierung auf die Klassifikationsgüte wurde an 29 Bildern getestet. Die Klassifikation erfolgte durch einem *k*-NN-Klassifikator mit k=3. Getestet wurde mittels eines leave-1-out-Verfahrens. Es ergab sich eine Verbesserung der Gesamtkorrektheit von 24% auf 38%, wobei Bulbus duodeni und Duodenum descendens zu einer Klasse zusammengefasst und Inversionen nicht berücksichtigt wurden. Die Verbesserung ist im wesentlichen auf eine verbesserte Abgrenzung des Duodenums vom Magen zurückzuführen.

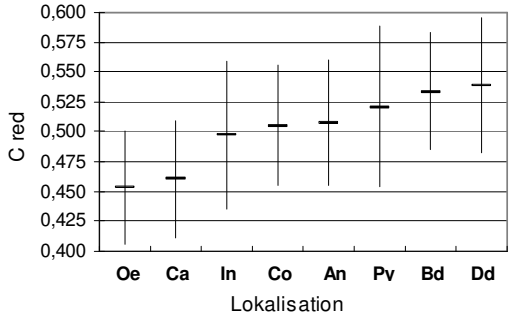

Abb. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen des mittleren intensitätsnormierten Rotanteils

Exemplarisch für ein Einzelmerkmal sind in Abb. 1 die statistischen Kennwerte für C_{red} aus Gleichung (1) aufgetragen.

4 Diskussion

Die Machbarkeitsstudie erbrachte bei der Klassifikation mit Perzeptrons für die Lokalisationen Ösophagus, Cardia, Inversion, Pylorus und Duodenum descendens sehr gute kreuzvalidierte Genauigkeiten mit κ-Werten zwischen 0,58 (Pylorus) und 0,82 (Inversion). Die Gesamtgenauigkeit liegt mit einem κ-Wert von 0,59 im Bereich eines guten Klassifikators. Die Lokalisation Corpus (κ=0,31) erwies sich als schwierig abzugrenzen. Zu den ebenfalls schlecht erkannten Lokalisationen Antrum und Bulbus duodeni (beide mit einem κ-Wert von 0,22) lagen deutlich weniger Bilder vor (nur 15 bzw. 18), so dass dieses Resultat nicht überrascht.

Insgesamt lassen die Ergebnisse der Studie erwarten, dass eine automatische Lokalisationserkennung bei Einsatz von Farbnormierung mit hoher Trefferrate möglich ist.

5 Danksagung

Die Autoren danken den Entwicklern der Bildverarbeitungsverfahren, Dietrich Büsching und Karin Eberle, sowie dem ärztlichen Kollegen Thomas Rösch für die fruchtbare Zusammenarbeit. Die Studie wurde vom DFN-Verein, Berlin, unterstützt.

6 Literatur

1. Silverstein FE, Tytgat GNJ: Praxis der gastroenterologischen Endoskopie. Stuttgart, New York: Thieme, 2. Aufl., 1999
2. Horsch A: Computergestützte Diagnostik für Hautkrebsfrüherkennung, Ösophagustumorstaging und Gastroskopie. Habilitationsschrift, Med. Fakultät der TU München, April 1998
3. Gonzalez RC, Woods RE: Digital Image Processing. Reading, MA, et al.: Addison-Wesley, 1992