

Dynamische interaktive Klassifikation graphometrischer Daten am Beispiel der Händigkeitsanalyse

Benjamin Herwig

Universität Kassel

Fachbereich 16, Elektrotechnik/Informatik
Fachgebiet Intelligente Eingebettete Systeme
Wilhelmshöher Allee 73
34121 Kassel
bherwig@uni-kassel.de

Abstract: Wissen über die Händigkeit von Vorschulkindern ist von großem Nutzen für den Schreiblernprozess der Kinder. Falsch trainierte Händigkeit hat vielerlei negative Auswirkungen, auch noch im Erwachsenenalter. Das hier skizzierte Promotionsvorhaben soll mittels interaktiver Schreib- und Zeichenaufgaben auf Grafik-Tabletts Objektivität und Reliabilität im Bereich der Händigkeitsanalyse steigern. Die Resultate der Aufgaben werden auf graphometrischer Grundlage mittels Methoden des Maschinellen Lernens analysiert, wobei die Aufgaben dynamisch in Echtzeit an die Eingaben des Kindes angepasst werden. Die Dynamik unterstützt die möglichst sichere Analyse der Händigkeit. Die Interaktivität erlaubt es, die den untersuchten Kindern präsentierten Testaufgaben möglichst attraktiv zu gestalten, um in Ermüdung begründete Fehler zu verringern. Zudem wird gezeigt, wie verschiedene Tablett-Technologien (Tablet-PCs etc.) trotz unterschiedlichen Sensor-Umfangs und unterschiedlicher Sensor-Art die selben Datenbestände anreichern können, um Analysen langfristig und mittels unterschiedlicher Geräte an verschiedenen Orten durchführen zu können. Außerdem erfolgt ein Ausblick auf weitere Anwendungen dynamischer, interaktiver Graphometrie.

1 Motivation

Mit Beginn der Schulzeit wird entschieden, welche Händigkeit ein Kind tatsächlich oder vermutlich besitzt. Kommt es zu einem Schreiblernprozess unter Nutzung der falschen Hand, so können sich daraus unterschiedliche negative Konsequenzen für das Kind, auch noch im Erwachsenenalter, ergeben (neben vielen weiteren: [Sat99]).

Falls die Händigkeit noch nicht hinreichend manifestiert ist, erfolgt die Händigkeitsanalyse durch Testaufgaben (z. B. Abzeichnen von Figuren des DTVP-2 Tests, vgl. [HPV93] und Abb. 1(a) – in der Regel liefert die dominante Hand bessere Ergebnisse), die auch elektronisch mittels Grafik-Tabletts durch Ergotherapeuten oder Kinderärzte durchführbar sind. Bisher werden im elektronischen Fall Testaufgaben auf Papier gedruckt und das Papier wird auf nicht-interaktiven Grafik-Tabletts (z. B. Wacom Intuos 3, siehe Abb. 1(b)) fixiert. Mit einem speziellen Stift wird dann auf dem Papier die vorgelegte Figur abgezeichnet; das Tablett registriert die Stiftkoordinaten, den Anpressdruck des Stifts und die Stiftnei-

gung. Gemäß gelabelter Trainingsdatensätze¹, die all diese Merkmale enthalten, wurde zuvor mit Methoden des Maschinellen Lernens (in der angegebenen Quelle mit Support Vector Machines) eine Entscheidungsgrenze gefunden, mittels derer darüber entschieden wird, ob ein neuer, zu klassifizierender Datenpunkt (z. B. die Zeichnung eines Kindes) dafür spricht, dass mit der dominanten oder mit der nicht-dominanten Hand geschrieben wurde. Entsprechend kann dann eine Aussage über die Händigkeit des Kindes getroffen werden bzw. eine entsprechende Aussage gestützt werden, vgl. [GMPS12].

Das untersuchte Kind oder der Therapeut² muss die Ausrichtung des Aufgabenblatts vor jedem Testvorgang kalibrieren, um den Versatz der Blattausrichtung zu bestimmen, damit absolute Koordinaten bzgl. der ausgedruckten Vorlage aufgezeichnet werden können.

Neben der damit verbundenen Umständlichkeit für Therapeut und Kind ergibt sich vor allem für das untersuchte Kind eine gewisse „Unattraktivität“ der Aufgaben, da diese statisch sind. Aus diesem Grund soll durch die Nutzung *interaktiver* Grafik-Tabletts, auf denen Testaufgaben direkt angezeigt werden können, einfachere Testdurchführung für Therapeuten und Kinder ermöglicht werden. Weiterhin entstünde voraussichtlich eine höhere Mitarbeit des Kindes dadurch, Testaufgaben *interaktiv* bzw. Spiel-ähnlich zu gestalten – so kann insbesondere bei großer Testanzahl (entweder, weil das Kind bzgl. des Tests wenig motiviert ist und viele Wiederholungen benötigt werden oder der Therapeut nach vielen Tests ermüdet) von einer Verlässlichkeitssteigerung der Diagnose ausgegangen werden.

Zusätzlich entstünde durch die Nutzung interaktiver Technologien die Möglichkeit, Datenpunkte, die sehr nah an einer Entscheidungsgrenze liegen, noch *während der Testdurchführung* durch eine Abänderung der Aufgabenstellung *in Echtzeit* weiter von der Entscheidungsgrenze zu entfernen, indem die Merkmale, die über die Lage des Datenpunktes im Merkmalsraum entscheiden, durch auf ein konkretes Merkmal angepasste Tests intensiver untersucht werden. Dadurch könnte vermutlich die Klassifikationsgüte erhöht werden.

Um Verlässlichkeitssteigerung und Klassifikationsgüte, aber auch Abstände usw. quantisieren zu können, müssen entsprechende Maße und ein experimenteller Aufbau definiert werden, damit eine Evaluation des skizzierten Ansatzes durchgeführt werden kann.

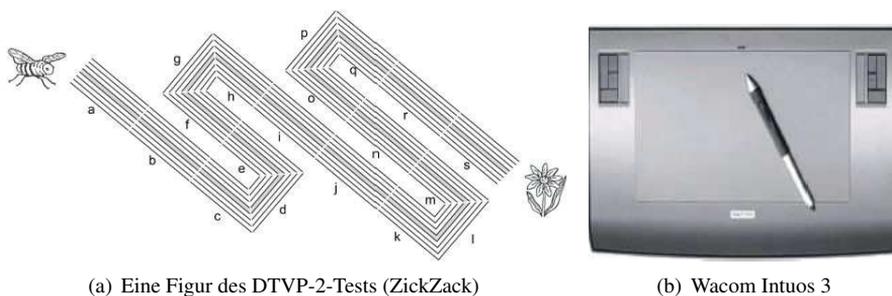


Abbildung 1: ZickZack-Figur des DTVP-2-Tests und Wacom Intuos 3 Grafik-Tablett

¹Die dadurch gewonnen wurden, dass Personen mit bekannter, manifestierter Händigkeit die gleichen Aufgaben bearbeitet haben.

²Oder: die Therapeutin.

2 Interaktive Grafik-Tabletts – Stand der Technik

Grafik-Tabletts verfügen über einen nach Hersteller und Modell unterschiedlichen Funktionsumfang. Einerseits gibt es solche, die ausschließlich Stiftkoordinaten aufzeichnen; andererseits auch solche, die neben den Koordinaten weitere Informationen aufzeichnen. Hierzu gehören beispielsweise Daten über die Neigung des Stiftes, über den Druck, mit dem der Stift angepresst wird und auch Daten über den *Griffdruck*, mit dem der Benutzer den Stift hält.

Das Grafik-Tablett Wacom Cintiq 12WX (Abb. 2(a)) bietet mit dem Stift-ähnlichen Grip Pen die Möglichkeit, die meisten der oben genannten Merkmale (außer Griffdruck, vgl. Abschnitt 2.2) aufzuzeichnen. Zusätzlich enthält es ein Display, welches als interaktive Zeichenfläche fungiert. In den Quellen wurde der nicht-interaktive „Vorgänger“ (Wacom Intuos 3) dieses Tabletts für Untersuchungen genutzt; daher ist für die Evaluation auch auf alten, vorhandenen Daten die Nutzung eines möglichst ähnlichen Gerätes sinnvoll.

Auf der Zeichenfläche³ können Aufgaben angezeigt werden, so dass es nicht mehr zu einem Versatz zwischen Tablett und aufgelegtem Papier kommt. Aufgrund unterschiedlicher Blickwinkel muss zwar weiterhin kalibriert werden, jedoch nur noch einmalig bei Testbeginn, sobald das Kind seine Sitzposition eingenommen hat, und nicht mehr beim Auflegen eines weiteren Aufgabenblatts. Außerdem entfällt der Arbeitsaufwand für das Ausdrucken, Auflegen und Fixieren des Aufgabenblatts.

Auf dem Tablett-Bildschirm kann auf Eingaben, d. h. Stiftbewegungen, reagiert werden. So können Spiel-ähnliche Testaufgaben gestaltet werden, um die Mitarbeit des untersuchten Kindes zu steigern. Außerdem können Aufgaben gestaltet werden, die es erlauben, gewisse Merkmale (wie Genauigkeit, Schreibgeschwindigkeit oder „Schwung“) abhängig von der unmittelbar vorhergehenden Eingabe intensiver zu untersuchen. Sollte bei einer zuletzt fixen Schreibgeschwindigkeit kein Unterschied zwischen den beiden Händen während einer Händigkeitsuntersuchung erkennbar sein, so könnte eine optische Anweisung auf dem Grafiktablett erscheinen, die das Kind auffordert, schneller zu zeichnen oder zu schreiben; sollten Untersuchungen oder weitere Recherchen eine Korrelation von Ungenauigkeit, Schreibgeschwindigkeit und Händigkeit ergeben, so wäre das eine von vielen denkbaren dynamischen Test-Anwendungen.

2.1 Weitere Grafik-Tabletts

In den letzten Jahren finden Tablet-PCs⁴ weite Verbreitung. Auch mit diesen ist Benutzerinteraktion möglich. Auch ist denkbar, mit diesen interaktive, dynamische Testaufgaben im Rahmen von Händigkeitsanalysen durchzuführen. Tablet-PCs können sowohl mit einem Stift ausgestattet als auch ohne Stift benutzbar sein.

Auch Mobiltelefone sind zunehmend mit einer sog. „Touch-Oberfläche“ ausgestattet, die direkte Dateneingabe mit den Händen ermöglicht. Zwar werden auch herkömmliche Mobiltelefone selbstverständlich mit den Händen bedient, durch Tasten können Fragestellun-

³Oder: *auf dem Tablett-Bildschirm*

⁴Der bekannteste Tablet-PC ist vermutlich das Apple iPad.

gen wie die nach der Genauigkeit einer Eingabe aber nur in extrem begrenztem Umfang durchgeführt werden – von einer attraktiven, Spiel-ähnlichen Interaktion und damit einer Mitarbeit-Verbesserung kann deshalb nicht gesprochen werden.

Der hohe Verbreitungsgrad von Tablet-PCs kann ausgenutzt werden, um die Diagnose-Sicherheit der Händigkeit weiter zu verbessern – unter therapeutischer Aufsicht können Untersuchungen an höherwertigen Grafik-Tabletts durchgeführt werden. Die Kinder können mit preiswerteren Geräten jedoch auch außerhalb einer ergotherapeutischen oder kinderärztlichen Praxis Aufgaben (ggf. unter Anleitung durch Eltern, Kindergärtner oder Grundschullehrer) bearbeiten. Die auf diesem Weg erhobenen Daten können unter Ausnutzung verschiedener Techniken des Maschinellen Lernens und des Data Mining aller Voraussicht nach mit den in der ergotherapeutischen oder kinderärztlichen Praxis erhobenen Daten zusammengeführt und zur genaueren Diagnose genutzt werden. Der bei Tablet-PCs in der Regel geringere Sensor-Umfang kann aller Voraussicht nach durch Korrelationsanalysen und die Bestimmung nicht-trivialer Abhängigkeiten teilweise kompensiert werden⁵; auch dem Fehlen auf Tablet-PCs nutzbarer Stifte als Eingabegerät kann auf diesem Weg begegnet werden.

2.2 Stifte zur Nutzung mit Grafik-Tabletts, Erweiterungen

Zur Benutzung mit Grafik-Tabletts existieren verschiedene Stifte – das Wacom Cintiq 12WX-Tabletts (Abb. 2(a)) wird mit einem „Grip Pen“ ausgeliefert (Abb. 2(b)); dieser kann die in Abschnitt 2 genannten Sensordaten mit Ausnahme des Griffdrucks aufzeichnen. Der Griffdruck kann mit einem zusätzlichen am Grip Pen verbauten Sensor gemessen werden, der vom BiSP⁶-Team Regensburg⁷ sowohl kabel- als auch funkgebunden entwickelt wurde, vgl. Abb. 2(c).

Der Biometric Smart Pen, welcher in [GS07] mit einem Grafik-Tablett verglichen wird, kann ebenfalls zur Händigkeitsanalyse, vor allem in Verbindung mit einem Grafik-Tablett, genutzt werden.



Abbildung 2: Verschiedene Eingabegeräte

⁵Denkbar ist beispielsweise ein Zusammenhang zwischen Griffdruck, Anpressdruck und Schreib- bzw. Zeichengeschwindigkeit.

⁶Biometric Smart Pen

⁷<http://www.bisp-regensburg.de>, Datum des letzten Downloads: 25. April 2012

2.3 Vorangegangene Arbeiten

Aufgebaut wird auf viele Vorarbeiten im Umfeld der Händigkeitsanalyse mit Grafik-Tablets wie [GMPS12], medizinischer Diagnose (neben vielen weiteren: [DGG⁺07]) und auf Erfahrungen aus dem Bereich der Unterschriftenverifikation, vgl. [Gru09].

3 Dynamische interaktive Graphometrie

Bei der Graphometrie handelt es sich um die quantitative Erfassung der Schrifteigenschaften. Zusätzlich ist jedoch auch die Art der Zeichnung (z. B. genaues oder ungenaues Nachzeichnen) Betrachtungsgegenstand der hier skizzierten Arbeit. Die Graphometrie ist unbedingt von der Graphologie, die sich mit dem Versuch, von der Handschrift eines Menschen Rückschlüsse auf seine Persönlichkeit zu ziehen, zu unterscheiden. Die Graphologie ist explizit *nicht* Bestandteil der hier skizzierten Arbeit! Vgl. hierzu u. a. [Tim67].

Durch Nutzung des Tablet-Bildschirms können bestimmte Merkmale (z. B. Stiftführgeschwindigkeit) überprüft werden, ohne dass zwingend ein Beobachter anwesend sein muss, um subjektive Einschätzungen vorzunehmen. Dieser Umstand bekommt weiteres Gewicht, wenn bedacht wird, dass subjektive Beobachtungen mit einer zum Teil großen Unsicherheit behaftet sein können und mittels bisheriger, statischer Testaufgaben nicht unmittelbar auf diese Problematik reagiert werden konnte.

3.1 Dynamische interaktive Händigkeitsanalyse

Es soll untersucht werden, ob graphometrisch erhobene Datenpunkte⁸ möglicherweise so nah an einer Entscheidungsgrenze liegen, dass die Klassifikation mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist. Diese ließe sich dadurch minimieren, dass der Abstand des Datenpunktes zur Entscheidungsgrenze maximiert wird, z. B. durch ein System, das feststellt, dass ein Merkmal der Daten in einer Richtung zu sicherer Klassifizierung (gemäß eines Schwellwertes) ausreichend ist, in der anderen Richtung jedoch nicht. Die Aufgabe kann in Echtzeit derart angepasst werden, dass unmittelbar das z. B. vertikale Merkmal (durch berühren von Arealen an oberer oder unterer Bildschirmmitte) durch optische Anweisung getestet wird und so mehr entsprechende Daten gesammelt und gleichzeitig (um unmittelbar während der Sitzung mit weiteren dynamischen Anpassungen reagieren zu können) ausgewertet werden können. Auf diese Weise kann ein neuer Datenpunkt während der Untersuchung gemäß der untersuchten Schreibmerkmale (z. B. Druck oder Geschwindigkeit) entlang einer Achse verschoben und so der Entscheidungsabstand maximiert werden. Abb. 3(b) zeigt diesen Sachverhalt, wobei die Raute einen neu hinzugekommenen Datenpunkt symbolisiert, der initial sehr nah an der Entscheidungsgrenze liegt; dieser wird anhand eines Schwellwertes jedoch als „unsicher“ erkannt und durch weitere Untersuchung (durch eine Aufgabenänderung) eines der beiden Merkmale achsenparallel verschoben.

⁸Zeitreihen wie Druck- und Koordinatenverläufe.

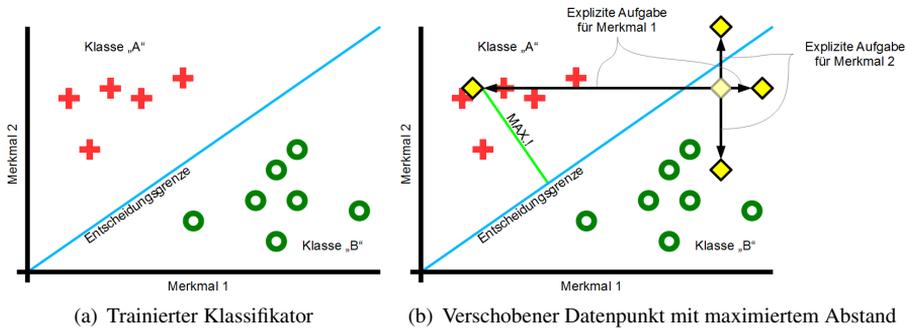


Abbildung 3: Datenaufzeichnung und Entscheidungsfindung

4 Ergebnisse, Herausforderungen, Ausblick

Ergebnis der skizzierten Arbeit wird unter anderem eine Software sein, die geeignet ist, objektive und verlässliche Aussagen über die Händigkeit von Kindern treffen zu können bzw. Experten beim Treffen einer entsprechenden Aussage zu unterstützen. Außerdem werden im graphometrischen Sinne nützliche Metriken und entsprechende Abstandsmaße vorliegen. Weiterhin werden Techniken des Maschinellen Lernens (neben Support Vector Machines) auf ihre Eignung zwecks entsprechender Diagnosen untersucht und ggf. nutzbringend erweitert.

Bis die postulierten Ergebnisse vorliegen, ergeben sich verschiedene Herausforderungen. Es werden, beispielsweise zum Finden einer Entscheidungsgrenze zur Händigkeitsklassifikation *Beispieldaten* benötigt. Die entsprechende Akquise wird aufwendig sein. Hierzu wird Kontakt zu Experten (Ergotherapeuten) und Kindergärten hergestellt werden. Am Fachbereich ist Erfahrung diesbzgl. vorhanden. Insbesondere im Hinblick auf den folgenden Ausblick stellt sich auch das Problem, Kontakte zu Neurologen und Psychiatern herzustellen, um einerseits von Expertenwissen profitieren zu können und um andererseits weitere Daten zu Trainings- und Testzwecken sammeln zu können.

Die dynamische interaktive Graphometrie eröffnet ein großes Feld weiterer denkbarer Anwendungen. Von diesen sollen einige als abschließender Ausblick kurz genannt werden:

Erkrankungen des Nervensystems oder Erkrankungen, die Auswirkungen auf das Nervensystem haben, haben eine Änderung der Graphomotorik zur Folge; z. B. bei Parkinson äußert sich das durch ein Kleinerwerden der Handschrift zum Satz-/Wortende hin [OGN⁺97]. Es stellt sich die Frage, ob das Kleinerwerden der Schrift durch fortlaufende Beobachtungen (Monitoring) mittels Grafik-Tablets frühzeitig erkennbar ist und damit Hinweise auf Änderungen im Krankheitsverlauf gegeben werden können. Augenmerk wird in diesem Zusammenhang besonders auch auf die Arbeiten von Mergl (neben sehr vielen weiteren: [MTSH00]) gerichtet, die sich unter anderem mit der Diagnose vieler Erkrankungen anhand der Manumotorik⁹ beschäftigen.

⁹Die Motorik der Hand – z. B. graphometrisch anhand des Schriftbildes und -drucks messbar.

Menschen weisen durch neurologischen Erkrankungen häufig ein stark verändertes Schriftbild auf. Sollten die Veränderungen irreversibel sein, so kann die Frage gestellt werden, wie groß die Abweichung der aktuellen Handschrift gegenüber der ursprünglichen Handschrift ist. Diese Abweichung kann durch dynamische, interaktive graphometrische Untersuchungen bestimmt werden. Sobald damit ein Fehlermodell bekannt ist, könnten graphometrische Messungen ggf. derart transformiert werden, dass Prä- und Post-Krankheits-Graphometriedaten in Einklang gebracht und für ein kontinuierliches Monitoring von Patienten genutzt werden. Diese Anwendung erhält Gewicht in einem Szenario, in dem ein Patient zusätzlich zur überwachten neurodegenerativen Erkrankung weitere Erkrankungen erleidet, die zusätzlich auf die Manumotorik wirken.

Weiterhin bietet das Wissen über den individuellen Fehler, den die Handschrift eines von einer die Manumotorik beeinflussenden Erkrankung betroffenen Menschen aufweist, möglicherweise die Chance, dem Menschen die Nutzung seiner ihm vertrauten schriftbildlichen Ausdrucksfähigkeit zurück zu geben.

Auch die Quantifizierung (der Ausprägung) des Dystonen Schreibkrampfs (Graphospasmus) ist eine denkbare und vielversprechende Anwendung dynamischer Graphometrie.

Literatur

- [DGG⁺07] M. Dose, C. Gruber, A. Grunz, C. Hook, J. Kempf, G. Scharfenberg und B. Sick. Towards an Automated Analysis of Neuroleptics' Impact on Human Hand Motor Skills. *IEEE Symposium on Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology (CIBCB 2007)*, Seiten 494–501, 2007.
- [GMPS12] T. Gruber, B. Meixner, J. Prosser und B. Sick. Handedness tests for preschool children: A novel approach based on graphics tablets and support vector machines. *Applied Soft Computing*, 12:1390–1398, 2012.
- [Gru09] C. Gruber. *Online-Unterschriftenverifikation basierend auf Methoden des Maschinellen Lernens*. WiKu-Verlag, 2009.
- [GS07] C. Gruber und B. Sick. A Comparison of Biometric Writing Systems for the Analysis of Human Fine Motor Skills. *IEEE Three-Rivers Workshop on Soft Computing in Industrial Applications (SMCia/07)*, Seiten 49–54, 2007.
- [HPV93] D. D. Hammil, N. A. Pearson und J. K. Voress. *Developmental Test of Visual Perception, Second Edition*. Verlag für Psychologie, Dr. C. J. Hogrefe, 1993.
- [MTSH00] R. Mergl, P. Tigges, A. Schröter und U. Hegerl. Digitalisierte Analyse der Handbewegungen im Kontext der Psychiatrie. *Fortschritte der Neurologie · Psychiatrie*, 68(9):387–397, 2000.
- [OGN⁺97] R. M. Oliveira, J. M. Gurd, P. Nixon, J. C. Marshall und R. E. Passingham. Micrographia in Parkinson's disease: the effect of providing external cues. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 63:429–433, 1997.
- [Sat99] J. B. Sattler. Linkshänder und umgeschulte Linkshänder in der Ergotherapie. *Praxis Ergotherapie*, 12(2):98–110, 1999.
- [Tim67] U. Timm. Graphometrie als psychologischer Test? *Psychologische Forschung*, 30:307–356, 1967.