

Geometrische Verfahren als Brücke zwischen Text und Objekt

Hubert Mara und Bartosz Bogacz

Universität Heidelberg
IWR – Interdisziplinäres Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen
FCGL - Forensic Computational Geometry Laboratory
Im Neuenheimer Feld 368, 69120 Heidelberg, Deutschland
hubert.mara@iwr.uni-heidelberg.de

Keilschrifttafeln gehören zu den ältesten Textzeugen, die im Umfang mit den Texten in lateinischer und altgriechischer Sprache vergleichbar sind. Da diese Tafeln aus dem gesamten Alten Orient über beinahe viertausend Jahre in Verwendung waren [Sod94], lassen sich damit viele interessante Fragestellungen zur Entwicklung von Religion, Politik, Wissenschaft, Handel bis hin zu Klimaveränderungen [Kan13] beantworten. Die aus Ton geformten Tafeln, bei denen Zeichen [Bor10] als keilförmige Abdrücke mit einem eckigen Stylus eingedrückt wurden, erfordern neue informationstechnische Methoden zu der Dokumentation und Analyse als die in Archiven üblichen Flachwaren. Zusätzlich gibt es kaum Verfahren aus dem Bereich der *Optical Character Recognition* (OCR), die für Sprachen in Keilschrift zur Verfügung stehen [Spe81]. Der Arbeitsablauf in der Assyriologie von der Keilschrifttafel als dreidimensionales Objekt bis hin zur Darstellung als Text in einer modernen Sprache – üblicherweise Deutsch – ist in Abbildung 1 dargestellt. Dabei ist der manuelle Zeitaufwand als Kurve dargestellt. In der Zusammenarbeit mit der Heidelberger Assur-Forschungsstelle unter der Leitung von Prof. Stefan Maul konnte festgestellt werden, dass ein erheblicher Teil der Arbeit im Bereich der Identifikation und Extraktion von Zeichen liegt, der stark mit der Dokumentation als Zeichnung verknüpft ist.

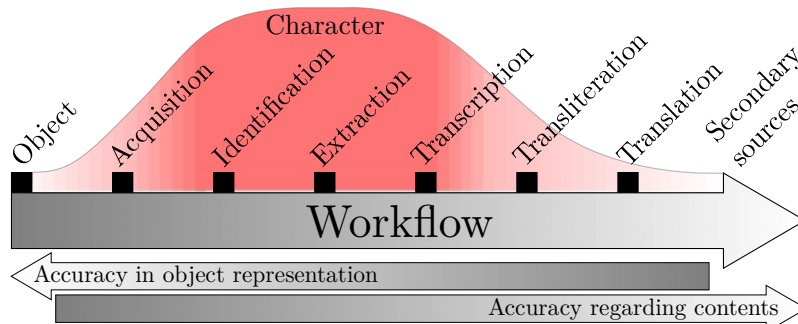


Abb. 1: Arbeitsschritte von der Keilschrifttafel als Objekte bis zur Übersetzung als Text in einer modernen Sprache.

Das Digitalisieren von Keilschrifttafeln inspiriert durch die Open Data Initiative, wurde bereits vor einigen Jahren von der *Cuneiform Database Library Initiative* (CDLI) des Max Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte und der *University of California at Los Angeles* begonnen und entsprechende Datenbanken entwickelt [GWL05]. Dabei werden üblicherweise Photos und Bilder von Flachbettscannern eingesetzt, die zwar günstig und rasch zu erstellen sind, jedoch bei beschädigten oder gekrümmten Tafeln viele Bereiche unscharf und/oder verschattet sind. Daher werden in Jena, Würzburg [CMFW14] und Heidelberg [MKJB10] moderne 3D-Messgeräte eingesetzt um möglichst exakte digitale Repliken anzufertigen, mit denen entsprechende Visualisierungen berechnet werden. Als Mittel- und Fernziel sind digitale Werkzeuge im Sinne der OCR in Entwicklung.

Da die Datengrundlage keine regelmäßigen Gitter i.e. Rasterbilder wie die in *Digital Humanities* üblichen 2D-Digitalisate sind, sind Methoden notwendig, die aus der Geometrie eines 3D-Modells die Schriftzeichen extrahiert. Dafür kommen Integral Invariante Filter zum Einsatz, die mit Hilfe eines Mehr-Skalen Ansatzes die einzelnen Elemente der Keilschriftzeichen in einer Vektordarstellung extrahieren [MK13]. Mit Hilfe von einer minimalen Anzahl von Orts- und Richtungsvektoren werden mit dem *GigaMesh Software Framework* parametrischen Kurven (i.e. Splines) bestimmt, die als zweidimensionale XML-Dateien im offenen *Scalable*

Vector Graphics (SVG) Format exportiert werden. In Abbildung 3 wird eine schematisches SVG zur Darstellung eines Keils, mit einer minimalen Menge von vier Punkten repräsentiert wird.

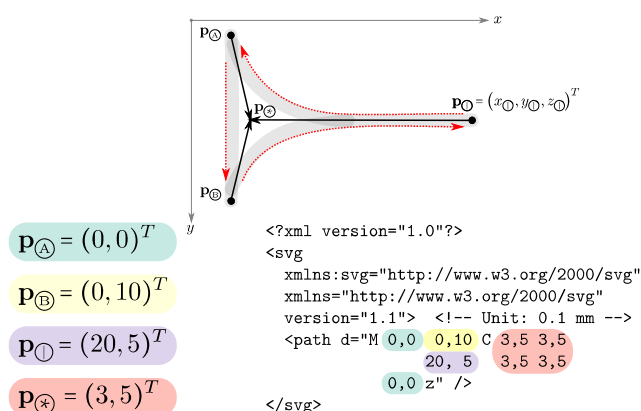


Abb. 2: Minimalbeispiel für einen Keil als XML/SVG-Datei.

Das selbe Format wird von proprietären Zeichenprogrammen und dem *Open Source* Pendant Inkscape verwendet, die beide in der Assyriologie und in der Grabungsdokumentation in der Archäologie zum Einsatz kommen. Damit ist automatisch sichergestellt, dass aus 3D-Modellen berechnete Zeichnungen kompatibel sind zu digitalen Handzeichnungen. Darüber hinaus bietet SVG – wie alle anderen – XML-Dateien die Möglichkeit zur automatischen und manuellen Annotation, wie es in den digitalen Textwissenschaften üblich ist. Abbildung 3 zeigt einen Vergleich zwischen einer digitalen Handzeichnung und einer berechneten Zeichnungen des zugehörigen 3D-Modells.

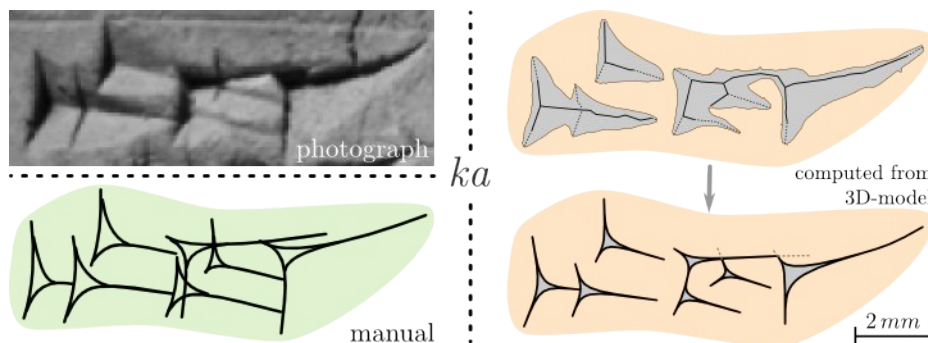


Abb 3: Das Zeichen „ka“ digital mit der Hand gezeichnet und aus einem 3D-Modell berechnet.

Die Vektordarstellung der Keilschriftzeichen sowie die komplexe zweidimensionale Anordnung von Keilabdrücken verhindert die Anwendung von gebräuchlichen OCR Methoden, die Zeichen in Rasterdarstellung [AGFV14] und aufeinander folgende Zeichen [RRF13] erwarten. Die Analyse von Keilschriftzeichen erfordert eine Transformation der SVG Daten in eine vereinfachte aber mathematisch handhabbare Repräsentation als mathematische Graphen mit Knoten und Kanten. Keilschriftzeichen identifizieren sich hauptsächlich durch die Lage und Position ihrer Keilabdrücke, eine Eigenschaft, die sich mit der Zerlegung des Graphen in Teilstrukturen, die den Keilabdrücken entsprechen, nutzen lässt. Der Teilabdruck als Teilstruktur in einem Graphen lässt sich einfach mit Richtungs- und Ortsvektoren beschreiben, die als Features genutzt werden, um Keilschriftzeichen auf Ähnlichkeit zu prüfen. Die vollständigen Graphen der Zeichen werden zudem genutzt, um Methoden aus dem Gebiet der Graphenähnlichkeit, wie den Graph-Kernen und dem spektralen Embedding [BR10] anzuwenden. Dies ist vor allem vorteilhaft bei komplexen bildhaften Zeichen, die sich nicht in Teilstrukturen von Features zerlegen lassen, aber trotzdem auf Ähnlichkeit verglichen werden müssen.

Abbildung 4 zeigt Keilschriftzeichen dargestellt als Graphen, die aus einer SVG Datei extrahiert wurden, und gegenseitig auf Ähnlichkeit verglichen werden. Die Aufgabe besteht darin Keilschriftzeichen, die einem Zeichen (L: 19) ähneln, aufzufinden. Das erste Zeichen von Links ist der gesuchte Prototyp, alle darauf folgende Zeichen

sind die gefundenen Zeichen. Die Zeichen mit grünem Hintergrund wurden korrekt identifiziert, die Unähnlichkeit zum Prototyp wird mit „k:“ unterhalb des Zeichens betitelt. Alle fünf Zeichen, die in dem analysierten Dokument vorhanden waren und dem gesuchten Prototyp ähnelten, wurden erfolgreich gefunden.

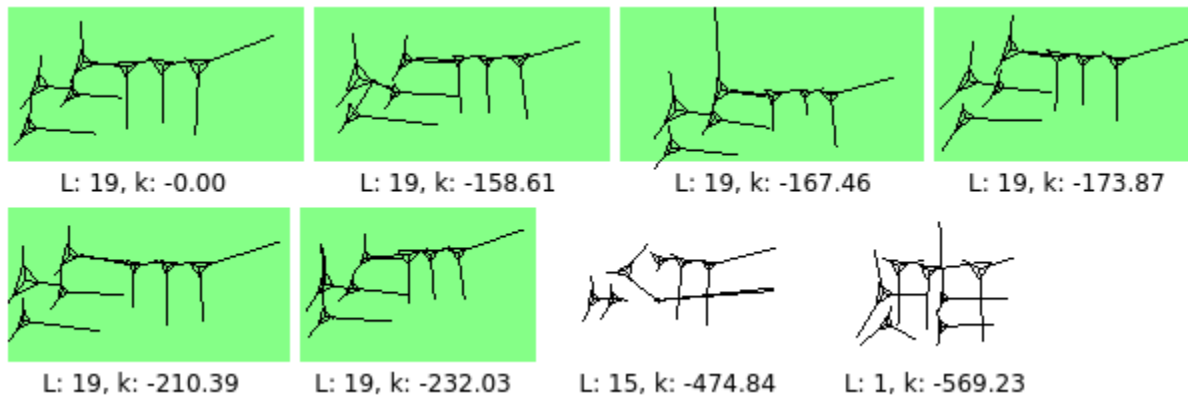


Abb. 4: Keilschriftzeichen in Graphenrepräsentation werden in einem SVG Dokument gesucht und auf Ähnlichkeit verglichen.

Zusammenfassend werden in diesem Beitrag Methoden aus der Geometrie und der Mustererkennung vorgestellt, die frei von lexikographischen / linguistischen Annahmen sind. Damit werden neue Zugänge zur Integration in OCR System für Handschriften geschaffen, die weit über die Anwendung an Keilschrift i.e. Handschrift in 3D hinaus gehen. Eine direkte Anwendung an mittelalterlichen Epitaphen hat bereits Aufnahme in entsprechende online Datenbanken gefunden [Krö12].

Literatur

- [AGFV14] Segmentation-free word spotting with exemplar SVMs, J. Almazán, A. Gordo, A. Fornés, E. Valveny, *Journal of Pattern Recognition*, pp. 3967-3978, Elsevier, 2014.
- [Bor10] R. Borger. Mesopotamisches Zeichenlexikon, volume 305 of *Alter Orient und Altes Testament – Veröffentlichungen zur Kultur und Geschichte des Alten Orients und des Alten Testaments (AOAT)*. Ugarit-Verlag, 2. edition, 2010.
- [BR10] Recent advances in graph-based pattern recognition with applications in document analysis, H. Bunke, K. Riesen, *Journal of Pattern Recognition*, pp. 1057-1067, Elsevier, 2010.
- [CMFW14] M. Cammarosano, G. G.W. Müller, D. Fisseler and F. Weichert. *Schriftmetrologie des Keils: Dreidimensionale Analyse von Keileindrücken und Handschriften*, *Die Welt des Orients*, [Ausgabe: 44.1](#), 2014.
- [GWL05] B. Groneberg, F. Weiersh#user, T. Linnemann, and D. Ullrich. *Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft, chapter Digitale Keilschriftbibliothek Lexikalischer Listen aus Assur*. Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH , Göttingen, Germany, 2005.
- [Kan13] D. Kaniewski, E. Van Campo, J. Guiot, S. Le Burel, T. Otto and C. Baeteman. Environmental Roots of the Late Bronze Age Crisis. *PLoS ONE* 8(8), 2013.
- [Krö12] S. Krömker, Kombinierte 3D-Datenaufbereitung von Schriftfeldern und Gelände des mittelalterlichen Jüdischen Friedhofs ‚Heiliger Sand‘, in: *Die SchUM-Gemeinden Speyer–Worms–Mainz. Auf dem Weg zum Welterbe. Band zur Internationalen Tagung der Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz, angenommen, Mainz, Deutschland, 2012*.
- [MK13] H. Mara and S. Krömker. Vectorization of 3D-Characters by Integral Invariant Filtering of High-Resolution Triangular Meshes. *Proc. of 12. Int. Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR/IAPR)*, pp. 62–66, Washington, DC, USA, 2013.
- [MKJB10] H. Mara, S. Krömker, S. Jakob and B. Breuckmann. GigaMesh and Gilgamesh - 3D Multiscale Integral Invariant Cuneiform Character Extraction. *Proc. VAST Int. Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage*, pp. 131-138, Palais du Louvre, Paris, France, 2010.
- [RRF13] Bag-of-Features HMMs for segmentation-free word spotting in handwritten documents, L. Rothacker, M. Rusinol, G.A. Fink, *Proc. of 12th International Conference on Document Analysis and Recognition*, pp. 1305-1309, Washington, DC, USA, 2013.
- [Sod94] W. von Soden. *The ancient Orient: an introduction to the study of the ancient Near East*. Wm. B. Eerdmans Publishing Co., 1994.
- [Spe81] G. Sperl. *Erkennen von Keilschriftzeichen mit Hilfe Elektronischer Rechenanlagen*. PhD thesis, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Innsbruck, Austria, 1981.