

TippFixx – lokale und webbasierte Wortvorhersage

Christian Bühler, Helmut Heck, Dirk Clemens, Nils Hanekamp

Forschungsinstitut Technologie & Behinderung (FTB) der Evangelischen Stiftung Volmarstein

Zusammenfassung

Wortvorhersagesysteme vereinfachen langsam tippenden Menschen, durch Kombination unterschiedlicher Strategien, das Verfassen von Texten. Sie nehmen ihnen Tipparbeit ab und erleichtern ihnen den Zugang zu modernen Kommunikationskanälen. Typischerweise handelt es sich bei den Nutzern um Menschen mit gravierenden körperlichen Beeinträchtigungen; sie setzen die Vorhersagesysteme in Kombination mit alternativen Eingabegeräten ein. Web2.0-Technologien eröffnen heute jedoch auch die Möglichkeit, Anwendungen im Internet ohne installierte Software zu nutzen. Im vorliegenden Artikel werden neben dem installierbaren Vorhersagesystem TippFixx Umsetzungen als WebServices, als Browser-Add-Ons und als integrierte Ajax-Komponenten in Webseiten eingeführt.

1 Einleitung

Menschen mit körperlichen Einschränkungen der oberen Extremitäten haben oftmals das Problem, zum Schreiben von Texten die Standardeingabegeräte Tastatur und Maus nicht nutzen zu können. Deshalb kommen alternative Eingabegeräte, wie z.B. Kopfstab oder Saugblasschalter, zur Computerbedienung zum Einsatz. Auch Software, beispielsweise in Form von virtuellen Tastaturen oder Mäusen, wird als Hilfsmittel genutzt. Alternative Eingabegeräte haben allerdings zumeist die Eigenschaft, dass sie die Eingabe von Text nur stark verlangsamt ermöglichen. Während eine professionelle Schreibkraft über 300 Anschläge in der Minute erreicht, sind beim Einsatz von Scanning-Verfahren mit Hilfe einer virtuellen Tastatur oftmals kaum mehr als zehn Anschläge möglich. Durch den Einsatz von Software zur Wortvorhersage, die während des Tippens Vorschläge zur Wortvervollständigung bzw. für das nächste Wort macht, kann die Schreibgeschwindigkeit signifikant erhöht werden.

2 Wortvorhersagemethoden

Es existieren unterschiedliche Ansätze, Vorhersagen im Kontext zuvor getippter Textteile zu generieren. Bei der Wahl einer geeigneten Methode müssen die Vorhersagequalität und die Ersparnis an Anschlägen genauso berücksichtigt werden wie der benötigte Rechenaufwand und die damit verbundene Verzögerungszeit bis zur Anzeige neu generierter Vorhersagen.

Die Verwendung einer *Wörterliste* ist die einfachste Methode für eine Wortvorhersage. Beim Eintippen der Buchstaben werden alle Wörter aus der Wortliste herausgesucht, die mit den getippten Buchstaben beginnen. Unter den vielen Treffern werden dann die wahrscheinlichsten bzw. häufigsten Wörter herausgesucht; der Kontext bleibt ganz unberücksichtigt. Gerade in stark flektierenden Sprachen müssen dann viele Buchstaben eingetippt werden, bevor das gewünscht Wort vorgeschlagen wird. Somit ist die Ersparnis von Tastendrücken eher gering.

Statistische Verfahren (Clemens et al. 2002) arbeiten ebenfalls mit Wörterlisten, analysieren jedoch den Text vor dem aktuellen Wort. Zur Berechnung von Vorhersagen enthalten die Wörterlisten zusätzliche Informationen über die Häufigkeit eines Wortes in seinem Kontext. Statistische Verfahren sind auf viele Sprachen anwendbar, weil sie im Grunde nur Zeichenketten analysieren.

Syntaktische Verfahren (Baroni et al. 2002; Garay & Abascal 1997) basieren auf statistischen Verfahren, wobei zusätzlich der bisher geschriebene Satzanfang grammatikalisch untersucht wird, um Vorschläge auszuschließen bzw. die Wahrscheinlichkeiten neu zu bestimmen. Hierdurch steigt die Trefferquote der zur Anzeige gebrachten Vorschläge erheblich. Zur Umsetzung wird eine Datenbank benötigt, die neben statistischen auch linguistische Informationen über Wörter enthält. Zusätzlich kann die Anordnung von Wörtern in bestimmten Zusammenhängen berücksichtigt werden. Nachteilig sind die Größe der Datenbank und der Rechenaufwand zur syntaktischen Kontextanalyse.

Bei *semantischen Verfahren* werden den Wörtern des Kontexts Bedeutungen zugeordnet und in Kategorien eingeteilt. Die Vorschläge aus einem der vorgenannten Verfahren werden dann neu bewertet, indem Wörter aus den erkannten Kategorien aufgewertet werden. Die Effizienz des semantischen Ansatzes ist jedoch gemessen am Rechenaufwand gering.

Der Einsatz von *Heuristiken*, auch von Office-Programmen verwendet, erspart das Eintippen von zumeist zwangsläufig folgenden Buchstabenfolgen, beispielsweise durch automatisches Einfügen eines Leerzeichen nach einem Satzzeichen oder eines ‚u‘ nach einem ‚q‘.

Um individuellen Schreibstilen gerecht zu werden, wird das *Einlernen* von früheren Texten des Benutzers oder das *Mitlernen* während der Texteingabe genutzt. Die Wortdatenbank wird dabei dynamisch angepasst und kann so individuell optimierte Vorschläge generieren.

Die *Kürzelexpansion* (Willis et al. 2002) ist aus Office-Programmen bekannt. Das System gleicht während der Eingabe den geschriebenen Text mit einer zuvor definierten Kürzelliste ab und schlägt bei Übereinstimmung der Zeichenkombination die assoziierte Expansion, also einen *Textbaustein*, vor. Die Eingabe weniger Zeichen kann so das Tippen häufig verwendeter Floskeln oder ganzer Textpassagen ersetzen.

3 Beispielanwendung TippFixx

Das am FTB entwickelte Programm TippFixx (Download <http://tippfixx.ftb-net.de/>) analysiert den bereits geschriebenen Text und zeigt während des Schreibens Vorschläge zur Wortvervollständigung bzw. für die nächsten Wörter an (Abb. 1). Wird ein Vorschlag per Mausklick oder Tastatureingabe ausgewählt, wird dieser in den Text übernommen. Dies funktioniert in nahezu allen Windows-Anwendungsprogrammen (u.a. Word, Excel, OpenOffice), die die Eingabe von freien Texten ermöglichen.



Abbildung 1: Wortvorhersage mit TippFixx

Die Arbeitsweise von TippFixx beruht neben einer lernfähigen, und damit benutzeradaptiven Wortvorhersage auch auf Kürzelexansionen. Vielfältige Möglichkeiten zur Anzeige, wie eine frei definierbare farbliche Gestaltung, die Auswahlmöglichkeit aller Systemfonts, die Positionierung der Vorschläge mitlaufend am Caret, fest positioniert, an den Desktop oder an der aktiven Anwendung angedockt, gestatten eine individuelle Gestaltung der Anwendung. Zudem können die von der Applikation vorgeschlagenen Vorhersagen sowohl über reale Eingabegeräte (Maus oder Einzeltasten bzw. Tastenkombinationen der Tastatur) als auch über alternative Bedienelemente (z.B. Bildschirmtastatur in Kombination mit einem Taster) ausgewählt werden, um eine möglichst optimale Anpassung von TippFixx an die unterschiedlichen Bedürfnisse verschiedener Anwender zu gewährleisten.

3.1 Berechnung der Wörterbücher

Die Vorhersagequalität von TippFixx hängt neben der Optimierung der Vorhersagealgorithmen von der Güte und Größe des verwendeten Wörterbuchs ab. Bei den Wörterbüchern handelt es sich daher nicht nur um klassische Wörterlisten. Vielmehr werden die Häufigkeiten von Wortfolgen gezählt. Damit fließen implizit auch grammatikalische und semantische Zusammenhänge in die Wörterbücher ein.

Zur Erstellung der benötigten Wörterbücher werden große Textmenge in Token (Wörter und Sonderzeichen) eingeteilt und alle Vorkommen der Token sowie alle Kombinationen mit bis zu N Token gezählt. Naturgemäß haben Einzeltoken eine höhere Wahrscheinlichkeit als

Token-Kombinationen. Dieses wird beim Suchen durch die Berechnung von bedingten Wahrscheinlichkeiten aber wieder ausgeglichen. Im Wörterbuch werden die häufigsten Token und Tokenkombinationen, jeweils zusammen mit ihrer relativen Häufigkeit, archiviert. Dabei erfolgt die Archivierung der Token in einer komprimierten Form, um bei einer fest vorgegebenen Wörterbuchgröße möglichst viele Token abspeichern zu können. Da das Wörterbuch als binärer Suchbaum gespeichert wird, wird auch während der Eingabe von Text ein schneller Zugriff auf die Token gewährleistet und die Texterstellung nicht unterbrochen. Zu Testzwecken wurden 6 verschiedene Token-Modelle implementiert.

Mit dem beschriebenen Verfahren lassen sich auch Wörterbücher mit Schwerpunktthemen, z.B. einzelne Schulfächer, erstellen.

Aufgrund des statistischen Verfahrens können auch Wörterbücher für verschiedene Sprachen erstellt werden. Neben Deutsch gibt es in TippFixx Wörterbücher für Spanisch, Englisch, Polnisch, Türkisch, Französisch und Griechisch. Bei der Evaluation dieser generierten Wörterbücher stellte sich das Verfahren als sehr robust heraus. Die Schwankungen in der Vorhersagequalität waren einzig von der Menge und der Güte der analysierten Texte abhängig.

Zur Optimierung der Vorhersage wurden ca. 100.000 Simulationen durchgeführt. Zur Bildung der Wörterbücher wurden verschiedene Quellen (z.B. Roman, Computerzeitschrift, Briefsammlung, Bibel) verwendet. Die Wörterbücher selbst wurden in allen 6 Token-Modellen erzeugt und in verschiedenen Größen abgelegt. Dann sollten Texte vorhergesagt werden. Dazu wurde die Texteingabe durch einen Benutzer simuliert und die Anzahl seiner dafür nötigen Tastendrucke gezählt, wobei die Auswahl einer Vorhersage genauso wie das Drücken eines Kleinbuchstabens als ein Tastendruck gezählt wurde. Die Güte der Vorhersage ergab sich aus dem Verhältnis der Anzahlen der Tastendrucke ohne und mit Vorhersage. Zur Vorhersage standen Texte der oben genannten Bereiche an, und Kreuztests wurden auch durchgeführt. Bei den Simulationen gab es Variationen der Multi-Token-Anzahl, der Anzahl und der Auswahl der gezeigten Vorhersagen. Da Texte im Megabyte-Bereich vorhergesagt wurden, wurde ein Server-Client-Modell aufgesetzt, damit Mitarbeiter-PCs über Nacht die Simulationen durchrechnen konnten.

3.2 Berechnung der Vorhersagen

Bei der Berechnung der Vorhersagen wird der Text, ebenso wie bei der Berechnung der Wörterbücher, in Token aufgeteilt. Dann werden im Wörterbuch passende Textstellen herausgesucht und eine Vorschlagsliste berechnet. Die Erstellung der Vorhersageliste berücksichtigt auch, inwieweit die Vorhersagen eventuell voneinander abhängig sind.

3.3 Integration in Windows

Die Berechnung der Wörterbücher und der Vorhersagen wurde rein algorithmisch und betriebssystemunabhängig gelöst. Die Bedienoberfläche basiert jedoch auf Microsofts Klassenbibliothek MFC (Microsoft Foundation Classes), und für die Realisierung der Vorhersagefunktionalität von TippFixx werden intensiv Windows-Hooks genutzt. Vorhersagen für eine Anwendung können nur generiert werden, wenn die Benutzereingaben für diese Anwendung

mitprotokolliert werden. Hierbei sind verschiedene Dinge zu beachten. Ein Mausklick oder ein Druck auf die ALT- oder STRG-Taste reichen beispielsweise aus, damit das Programm seinen Kontext wechselt (z.B. eine Dialogbox öffnet). Solche Tastatur- und Mausereignisse müssen daher mitprotokolliert werden. Aus diesen Ereignissen muss dann die tatsächliche Eingabe erschlossen werden.

Nach der Auswahl einer Vorhersage muss sie der Zielanwendung als Tastatursimulation übermittelt werden, da keine direkte Schnittstelle zwischen den einzelnen Anwendungen und der Eingabe existiert. Hierbei ist darauf zu achten, dass auch Tastenkombinationen, wie z.B. bei der Eingabe von Großbuchstaben, korrekt simuliert werden.

3.4 Weiterentwicklung

Ursprünglich wurde TippFixx für Windows 98/ME entwickelt, war also für aktuelle Windows-Systeme aufgrund inkompatibler Zeichenkodierungen nicht zu verwenden. Deshalb wurde in einem ersten Schritt die Anpassung an Windows XP und die Zeichenkodierung UTF-8 vorgenommen. Im Zuge dieser Umstellung wurde auch die Funktionalität zur Berechnung der Wortvorhersage als Modul separiert. – Momentan steht die Version 2.0 kurz vor der Fertigstellung. Für diese Version ist der Hook (der Teil des Programms, welcher u.a. die Tastatureingaben der anderen Programme mitliest und Tastenkürzel abfängt) als Modul ausgelagert und komplett überarbeitet worden. Als Folge zeigt TippFixx ein wesentlich verbessertes Verhalten bei der Vorhersage. Neben Verbesserungen der Wortvorhersagequalität und der Lernfunktion stellen insbesondere das Halten des Kontexts, auch beim Wechsel zwischen verschiedenen Anwendungsprogrammen, sowie die volle Unterstützung von OpenOffice einen erheblichen Funktionsgewinn dar.

4 Weitere Vorhersageanwendungen

Grundlage für zwei weitere vom FTB entwickelte Anwendungen bildet ein Vorhersage-Server, der auf Clients wartet, die mit Hilfe der Protokollfamilie TCP/IP eine Verbindung aufbauen. Über ein einfaches zeilenorientiertes Protokoll werden Einstellungen und der Kontext an den Server übermittelt. Der Server antwortet auf die Kontextübermittlung mit Wortvorhersagen, die der Client nur noch auf die von ihm gewünschte Weise visualisieren muss.

4.1 Wortvorhersage in einem Browser-Textfenster

Die beschriebene Funktionsweise wird von dem Kontaktformular des Webportals der Agentur barrierefrei NRW (<http://www.ab-nrw.de/>, betrieben vom FTB) genutzt. Beim Ausfüllen des Formulars wird automatisch eine Wortvorhersage aktiviert, deren angezeigte Vorschläge sowohl mit einem Mausklick als auch mit einem Tastendruck in das Formular übernommen werden können. Umgesetzt wurde diese Funktionalität mit Hilfe von Ajax (Asynchronous JavaScript And XML), einer Web2.0-Technologie (Crane et al. 2006). Hierbei sendet ein in JavaScript geschriebenes Programm über den Webbrowser den eingetippten Text an ein in

der Programmiersprache PHP geschriebenes Programm, das in einem Apache Webserver läuft. Das Programm wiederum leitet den Text an den Wortvorhersage-Server weiter, welcher aus den bereits getippten Wörtern Wortvorhersagen generiert. Die generierten Vorhersagen werden an das PHP-Script zurückgegeben, von diesem aufbereitet und an die aufrufende JavaScript-Funktion im Webbrowser zurückgeliefert. JavaScript übernimmt zudem die Extraktion und Aufbereitung der Vorhersagen und stellt sie anschließend über eine Manipulation des DOM (Document Object Model) im Browser dar (Abb. 2). Mit Hilfe von verschiedenen Browser-Weichen ist es möglich, die Vorhersagen in den gängigen Browsern (Firefox, Opera und Internet Explorer) auf ähnliche Weise darzustellen (Bühler et al. 2008).

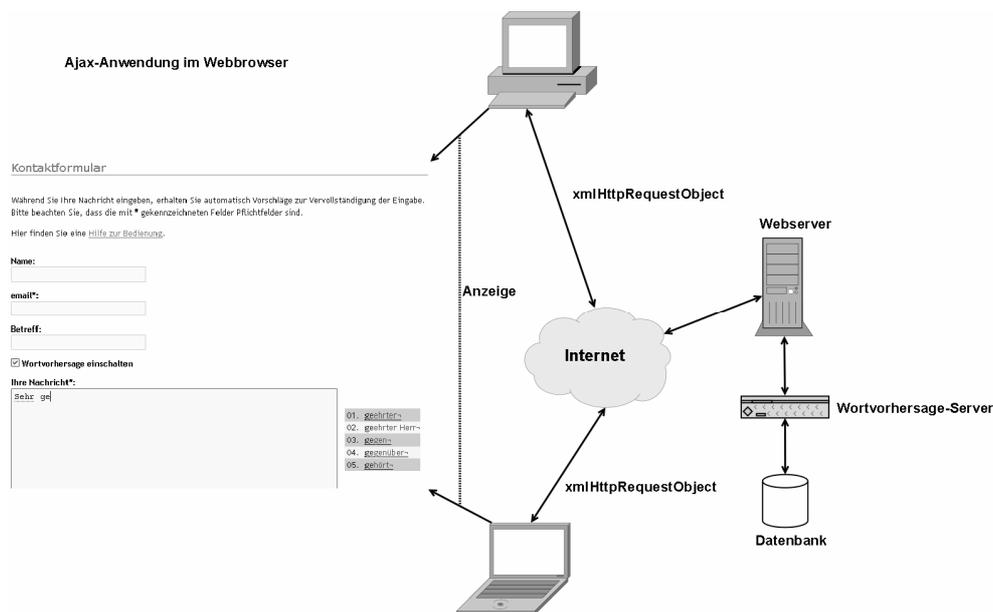


Abbildung 2: Abruf und Darstellung von Vorhersagen im Browser

Um die Wortvorhersage in die Ziel-Webseite, das genannte Webportal, einbinden zu können, war noch ein weiterer Schritt notwendig. Die Funktionalität aus einer zunächst erstellten experimentellen Test-Webseite musste extrahiert und auf das Content Management System Joomla angepasst und in dieses integriert werden.

Seit April 2008 läuft die Wortvorhersage nun mit kleineren Anpassungen durchgängig in dem Kontaktformular des Webportals (Abb. 3). Im Service-Bereich dieses Portals steht auch die neueste Version der vorab beschriebenen Software TippFixx zum kostenlosen Download zur Verfügung.

Kontaktformular

Während Sie Ihre Nachricht eingeben, erhalten Sie automatisch Vorschläge zur Vervollständigung der Eingabe. Bitte beachten Sie, dass die mit * gekennzeichneten Felder Pflichtfelder sind.

Hier finden Sie eine [Hilfe zur Bedienung](#).

Name:

email*:

Betreff:

Wortvorhersage einschalten

Ihre Nachricht*:

- 01. geehrter-
- 02. geehrter Herr-
- 03. gegen-
- 04. gegenüber-
- 05. gehört-

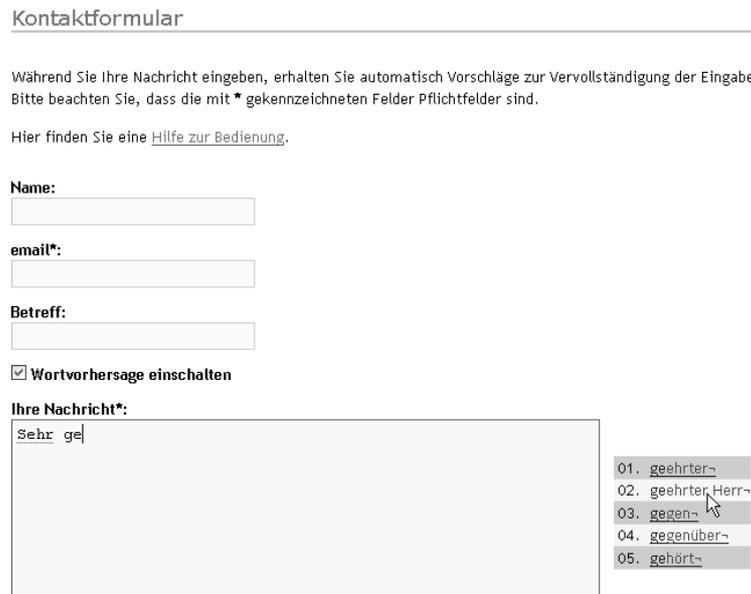


Abbildung 3: Wortvorhersage im Kontaktformular der agentur barrierefrei NRW

4.2 Wortvorhersage-Add-On Firefox-Predict

Die Umsetzung der im vorherigen Abschnitt beschriebenen Wortvorhersage unterliegt einer Einschränkung: Sie funktioniert nur, wenn die Wortvorhersage in die Webseite integriert ist. Auf der Suche nach flexibleren Möglichkeiten haben sich die Add-On-Fähigkeiten des Browsers Firefox als sehr hilfreich erwiesen.

4.2.1 Einsatz von Greasemonkey und Webservices

Die Wortvorhersage sollte als Erweiterung auch für andere Webseiten zur Verfügung gestellt werden können und sich immer dann einschalten, wenn in einem Textfeld geschrieben wird. Mit JavaScript ist es aus Sicherheitsgründen aber normalerweise nicht möglich, auf den Inhalt von fremden Webseiten oder auf einen fremden Server zuzugreifen. Somit kann auf herkömmliche Weise beim Browsen auf nicht-FTB-eigenen Seiten auch nicht auf den FTB-Wortvorhersage-Server zugegriffen werden.

Über den Umweg der Installation des Add-Ons Greasemonkey kann der Zugriff auf fremde Webseiten mit speziellen Greasemonkey-JavaScript-Funktionen doch erreicht werden. Sicherheit wird hierbei durch den Ablauf des Scripts in einem geschützten Bereich, der „Sandbox“, erreicht, der vor Manipulation gesichert ist. Innerhalb von Greasemonkey können Scripte geschrieben werden und bei Bedarf, selektiv für die gewünschten Webseiten, ausgeführt werden.

Für die Entwicklung der Portal-Wortvorhersage wird direkt auf den FTB-Server zugegriffen und ein serverseitiges PHP-Script aufgerufen. Bei der Verwendung von Greasemonkey gibt

es jedoch nur die Möglichkeit, auf fremde Webseiten zuzugreifen; der Zugriff auf fremde Server wird verwehrt. Um die Funktionalität dennoch zu erreichen, musste der Umweg über Webservices gegangen werden. Webservices stellen Informationen im XML-Format bereit, werden meist über das HTTP-Protokoll angesprochen und werden über einen URI (Uniform Resource Identifier) aufgerufen (Wenz 2006). Der eigens programmierte Wortvorhersage-Webservice stellt bei einer Anfrage die gewünschten Informationen im XML-Format zur Verfügung, welche dann von JavaScript verarbeitet und ausgewertet werden können. Dieser Webservice kann nicht nur von Browsern, sondern von jedem Client, der über TCP/IP kommunizieren kann, verwendet werden. Auf diese Weise stellt der Webservice die Basis für adaptierbare, individualisierbare Softwarelösungen bereit. Das mit Hilfe eines PHP-Scripts, welches die Funktionalität des Scripts mit einer minimalen Version von Greasemonkey in Ordnern zusammenstellt, generierte Add-On für den Firefox stellt somit nur ein Beispiel für weitere Anwendungen dar.

4.2.2 Funktionalität des Firefox-Predict Add-Ons

Das vom FTB entwickelte Firefox-Predict Add-On erkennt aktivierte Texteingabefelder in Webseiten und erscheint neben diesen im Moment ihrer Aktivierung. Die Wortvorschläge werden, wie bei dem Feedback-Formular des Webportals dynamisch generiert und unmittelbar angezeigt. Hieraus ergeben sich allerdings datenschutzrechtliche Bedenken. Jeder getippte Buchstabe muss mit seinem Kontext an den Wortvorhersage-Server gesendet werden, um eine Vorhersage zu generieren. Somit wäre es theoretisch möglich, Nutzerprofile zu erstellen bzw. das Verhalten von Nutzern zu analysieren. Aus diesem Grund bleibt das Firefox-Predict Add-On zunächst im Stadium einer Machbarkeitsstudie und soll der Öffentlichkeit noch nicht zugänglich gemacht werden.

Die Funktionalität des Firefox-Predict Add-Ons wurde auf verschiedenen häufig verwendeten Webseiten, insbesondere mit Mail- und Feedback-Funktion, erfolgreich getestet. Zu diesen Seiten zählen unter anderem die Webseiten der Freemailer GMX und Google Mail sowie ein Kontaktformular von Amazon (Abb. 4). Die Positionierung erfolgt entweder automatisch mitlaufend am Eingabe-Cursor oder fest neben dem Textfeld.



Abbildung 4: Wortvorhersage Add-On für den Firefox (Kontaktformular auf amazon.de)

Schwierigkeiten hat das Add-On bei in Tabellen eingebetteten Texteingabefeldern. Die Funktionalität ist vollständig gegeben; es wird allerdings an den Anfang der Tabelle positioniert. Hierdurch liegt die Vorhersage dann unter Umständen nicht mehr im angezeigten Bereich der Webseite.

5 Sonstige Anwendungen

Langsam tippende Menschen sind sicherlich die Hauptanwendergruppe von Wortvorhersagesystemen. Häufig werden diese Systeme aber auch in der Gestützten Kommunikation (Newell et al. 1992) angewendet. Sprachbehinderten Menschen wenden sie beispielsweise an, um sich schneller zu verständigen. Besonders die Möglichkeiten der Kürzelexansionen stellt für sie eine große Hilfe dar. Zudem können die beschriebenen Methoden beim Verfassen von fachlichen, z.B. medizinischen Texten, oder in speziellen Kontexten (Perlick et al. 2003) ein flüssigeres Schreiben ermöglichen. So können die angezeigten Vorschläge von richtig geschriebenen, aber selten verwendeten Begriffen übernommen werden, ohne eventuell die korrekte Schreibweise nachschauen zu müssen. In Web2.0-Anwendungen, beispielsweise im Rahmen des E-Government, kann mit Hilfe von vorgeschlagenen Eingaben das korrekte und schnellere Ausfüllen von Formularen erreicht werden.

Literaturverzeichnis

- Baroni, M., Matiasek, J., Trost, H. (2002). *Wordform- and classbased prediction of the components of German nominal compounds in an AAC system*. Proc. of COLING 2002
- Bühler, C., Heck, H., Clemens, D., Hahnekamp, N. (2008). *Web-Based Writing Support with Word Prediction*. 2. Intern. ASK-IT Konferenz in Nürnberg, 26.-27. Juni 2008; www.ask-it.org
- Clemens, D., Heck, H., Kühn, M., Perlick, O., Reins, F. (2002) *Individually Assisted Text Entry with Situational and Contextual Prediction*. In K. Miesenberger, J. Klaus, W. Zagler (Eds): *Computers Helping People with Special Needs*. 8th Intern. Conf. ICCHP, Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, S. 279–281
- Crane, D., Pacarello, E., James, D. (2006). *Ajax in Action*. München: Addison-Wesley
- Garay, N., Abascal, J. (1997). *Using statistical and syntactic information in word prediction for input speed enhancement*. Proc. of 2nd International Conference on Intelligent User Interfaces, Orlando, S. 241-244
- Newell, A. F. et. al. (1992). *Effect of the "PAL" Word Prediction System on the Quality and Quantity of Text Generation*, AAC Augmentative and Alternative Communication, vol. 8, S. 304-311
- Perlick, O., Clemens, D., Heck, H., Reins, F., Wallbruch, R.: *A Concept for Context-Sensitive Word Predictions in a Public Terminal Environment*. In: G.M. Craddock, L.P. McCormack, R.B. Reilly, H.T.P. Knops (Hrsg.): *Assistive Technology – Shaping the Future*. AAATE'03, Amsterdam Berlin Oxford Tokyo Washington/DC: IOS Press, S. 673–677
- Wenz, C. (2006). *JavaScript und Ajax*. , Bonn: Galileo Press, S. 349-456
- Willis, T., Pain, H., Trewin, S., Clark, S.: *Informing Flexible Abbreviation Expansion for Users with Motor Disabilities*. In Miesenberger K., Klaus J., Zagler W. (Hrsg.): *Computer Helping People with Special Needs*. 8th International Conference, ICCHP 2002, Proceedings, S. 251-260. Berlin-Heidelberg-New York: Springer

Kontaktinformationen

Forschungsinstitut Technologie und Behinderung (FTB)
der Evangelischen Stiftung Volmarstein
Grundschoötteler Straße 40
D- 58300 Wetter / Ruhr
Tel.: +49 (0) 2335-9681-0
Fax: +49 (0) 2335-9681-19
E-Mail: bit-nrw@ftb-net.de
Internet: <http://www.ftb-net.de>