

# ENTWICKLUNG EINES EXPERTENSYSTEMS ZUR ZUORDNUNG VON ASSISTIERENDEN TECHNOLOGIEN FÜR KÖRPERBEHINDERTE JUGENDLICHE IM VIRTUAL OFFICE DES FAB

Kreutzer S<sup>1</sup>, Ammenwerth E<sup>2</sup>, Pilgram R

## **Kurzfassung**

*ESAT, ein Expertensystem zur Auswahl von Assistierenden Technologien für Menschen mit mehrfachen Beeinträchtigungen, wurde mit dem Open Source Toolkit d3web entwickelt. Anhand von Fähigkeiten körperbehinderter Menschen werden Vorschläge für geeignete Hilfsmittel (Assistierende Technologien) generiert. Als Ergebnis der Arbeit wird einerseits die Praxistauglichkeit der aus einer Vorarbeit entstammenden theoretischen Grundlagen überprüft und andererseits der oft unstrukturierte, mehrmonatige Auswahl- und Anpassungsprozess unterstützt.*

## **Abstract**

*ESAT, an expert system for the selection of assistive technologies for people with multiple disabilities, was developed with the Open Source Toolkit d3web. Using skills of physically disabled people, ESAT suggest appropriate tools (assistive technologies). The result of this work was the verification of the practicality of the theoretical basis, which was defined in a preliminary work and the support of the often unstructured and sometimes several months' long process of selection and adaptation.*

**Keywords** – *d3web, Expertensystem, Assistierende Technologien, Künstliche Intelligenz*

## **1. Einleitung**

Ein wichtiges Bedürfnis des Menschen ist es sich mitzuteilen. Körperbehinderten Menschen ist dies durch ihre oftmals multiplen Einschränkungen nicht möglich. Nicht selten sind nur mangelhafte Ausdrucksmöglichkeiten durch sprachliche Behinderung oder Einschränkung der Gestik gegeben. Moderne Kommunikationsmittel wie Computer und Internet sind daher häufig die einzige Möglichkeit für diese Menschen, sich aktiv ihrer Umwelt mitzuteilen.

---

<sup>1</sup> Virtual Office – FAB Pro.Work (Linz)

<sup>2</sup> UMIT – Private Universität für Gesundheitswissenschaften, Medizinische Informatik und Technik (Hall in Tirol)

## **1. 1. Das Virtual Office des FAB<sup>1</sup>**

Im Virtual Office des Vereins zur Förderung von Arbeit und Beschäftigung (FAB) werden Jugendliche mit mehrfachen Beeinträchtigungen im Umgang mit dem Computer geschult. Ziel der dreijährigen Ausbildung ist es, die Jugendlichen auf den ersten Arbeitsmarkt vorzubereiten. Die Jugendlichen erhalten eine fachliche Ausbildung im Bereich Office-Programme, Bild- Audio- und Videoverarbeitung sowie Umgang mit dem Internet. Zusätzlich werden allgemeinbildende Schwerpunkte wie Alltagsmathematik, Deutsch und Schriftverkehr gesetzt. Individuelle Förderungen im Bereich Selbst- und Sozialkompetenz, Teamfähigkeit und kognitive Leistung runden das Ausbildungsspektrum ab. Das Projekt wird vom Land OÖ unterstützt. Es stehen 24 Ausbildungsplätze für Jugendliche aus Oberösterreich sowie drei weitere Ausbildungsplätze für Jugendliche aus anderen Bundesländern zur Verfügung. Die Jugendlichen werden dabei von 10 hauptberuflichen MitarbeiterInnen und 8 nebenberuflichen TrainerInnen betreut.

## **1. 2. Problemstellung**

Die Benutzung des Computers ist für die KlientInnen des Virtual Office ohne Hilfsmittel meist nicht möglich. Die Auswahl aus einer Vielzahl an Assistierenden Technologien sowie die Anpassung dieser Hilfsmittel sind aufwändig, zeitraubend und bei längerem Ausbleiben von Erfolgen auch frustrierend [1].

Frydyada de Piotrowski [1] beschrieb die theoretischen Grundlagen für einen strukturierten Auswahl- und Anpassungsprozess von Assistierenden Technologien für körperbeeinträchtigte Jugendliche. Dabei erfasste er Fähigkeiten als Parameter und erstellte ein KlientInnen-Profil. Er beschrieb die Mindestanforderungen von Assistierenden Technologien an das KlientInnen-Profil und stellte Regeln und Heuristiken zur Auswahl von Assistierenden Technologien auf.

## **2. Ziele**

Die Arbeit von Frydyada de Piotrowski [1] bietet einen theoretischen Ansatz, um den Auswahl- und Anpassungsprozess zu strukturieren und zu beschleunigen. Dies ist jedoch nur mit der Unterstützung von Informationstechnologie praktikabel. Bis dato existiert keine Automationsunterstützung, weshalb es Ziel dieser Arbeit war, ein Expertensystem zu entwickeln, welches eine Zuordnung von Assistierenden Technologien, basierend auf Falldaten (also den Fähigkeiten der Klienten) und einer Wissensbasis (also den Regeln und Heuristiken), ermöglicht. Dadurch soll der Auswahl- und Anpassungsprozess unterstützt, sowie Zeit und Ressourcen eingespart werden. Ein schnelleres Erfolgserlebnis soll zu einer Reduzierung der Belastung von KlientInnen und zu einer geringeren Frustration aller am Prozess beteiligten Personen führen. Zudem können durch das Expertensystem ESAT erstmalig die theoretischen Grundlagen von Frydyada de Piotrowski [1] überprüft werden. Ein letztes Ziel von ESAT ist es für das Virtual Office wissenschaftlich fundierte und reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten.

## **3. Literatur und Theorie**

Ausschlaggebend für die Umsetzung des Expertensystems ESAT waren die Grundlagen in den Bereichen Behinderungen und Assistierende Technologien im Virtual Office, Künstliche Intelligenz

---

<sup>1</sup> Inhalte aus dem Curriculum des Virtual Office [3], einem Gespräch mit dem Leiter des Virtual Office, Harald Bjelik sowie den Webseiten des FAB und des Virtual Office  
[http://www.fab.at/Arbeit\\_Beschaefigung\\_Geschaeftsfelder\\_ProWork\\_1257.htm](http://www.fab.at/Arbeit_Beschaefigung_Geschaeftsfelder_ProWork_1257.htm)  
<http://www.vo-fab.at/>

und Expertensysteme. Eine Vielzahl von Einschränkungen, Krankheiten und Behinderungen, wie sie bei KlientInnen im Virtual Office vorkommen, werden von Mair [2], Tauber et al. [3] und Frydyada de Piotrowski [1] vorgestellt. Dabei handelt es sich vornehmlich um Erkrankungen aus dem spastischen Formenkreis, Muskeldystrophien und Skoliosen.

Assistierende Technologien sind Hilfsmittel, welche Menschen mit Einschränkungen die Interaktion mit dem Computer ermöglichen [4]. Sie sind nach Eingabetechnologien (Zeicheneingabe, Positionseingabe, Sensoren) und Ausgabetechnologien (optisch, akustisch, taktil) zu unterscheiden [1].

Abbildung 1 zeigt als Beispiel einen Mundjoystick der Firma LifeTool.



**Abbildung 1. Mundjoystick "Integramouse"**

Künstliche Intelligenz (KI) gilt als Teilgebiet der Informatik, welche versucht, menschliche Vorgehensweisen der Problemlösung am Computer nachzubilden, um auf diesem Wege neue oder effizientere Aufgabenlösungen zu erreichen [5]. Die Wissensverknüpfung in der klassischen KI erfolgt durch die Logik [5]. Zu unterscheiden sind die Wissensrepräsentation und die Wissensverarbeitung, wobei Entscheidungen zur Problemlösung aufgrund von Regeln und Beweisen getroffen werden [5]. Viele Probleme sind dabei sogenannte *Suchprobleme*, welche durch unterschiedliche *Suchstrategien* wie *Breitensuche* oder *Tiefensuche* gelöst werden [5].

Expertensysteme hingegen setzen die KI-Theorie für praktische Probleme um [6]. Sie verwenden permanentes Wissen (Wissensbasis) und temporäres Wissen (fallspezifische Daten) zur Lösung. Ihr Einsatzgebiet ist seit den 80er Jahren vorwiegend sowohl im Gesundheitswesen (Diagnosen) als auch in der Industrie (Produktionssteuerung) zu finden. Wird die Wissensbasis von einem Expertensystem abgekoppelt, so spricht man von einer Expertensystem-Shell [5].

#### **4. Methoden**

Assistierende Technologien haben Mindestanforderungen an Fähigkeiten der KlientInnen. Diese Fähigkeiten galt es zu erfassen und mit den Mindestanforderungen der Assistierenden Technologien zu vergleichen. Nach den von Frydyada de Piotrowski [1] definierten Regeln und Heuristiken sollte anschließend eine optimale Lösung vorgeschlagen werden. Daher war zunächst die Auswahl einer Expertensystem-Shell nach einem begründeten Auswahlverfahren zu treffen. Dabei entschied sich

der Autor für das von der Uni Würzburg entwickelte *d3web*, wobei mit dem semantischen Wiki *KnowWE* die Entwicklung der Wissensbasis durchgeführt wurde. Zum Aufbau der Wissensbasis kamen Profilparameter, eine Auswahl an Assistierenden Technologien inkl. deren Mindestanforderungen sowie Regeln und Heuristiken aus Frydyada de Piotrowskis Arbeit [1] zum Einsatz. Somit entstanden für den Prototyp 67 implementierte Profilparameter (das KlientInnen-Profil), 40 implementierte Assistierende Technologien inkl. deren Mindestanforderungen sowie 14 implementierte Heuristiken. *Tabelle 1* zeigt drei Profilparameter des KlientInnen-Profiles, *Tabelle 2* zeigt die Mindestanforderung eines Assistierenden Technologie-Objekts und *Abbildung 2* zeigt einen Teil der implementierten Heuristik H03.

**Tabelle 1: Profilparameter - Motorische Fähigkeiten des Kopfes**

<b>Kopf</b>		
head_movement	Kopf kann willkürlich bewegt werden	x: [true;false]
head_steadiness	Stetigkeit des Kopfes	x: [0;1;2] 0 = stark beeinträchtigt 1 = gering beeinträchtigt 2 = nicht beeinträchtigt
head_motoric	Kopfmotorik	x: [0;1] 0 = beeinträchtigt 1 = nicht beeinträchtigt

**Tabelle 2: Assistierende Technologie-Objekte "Tastaturvariationen"**

<b>Assistierende Technologie-Objekt</b>	<b>Mindestanforderung</b>
tastatur_negativkontrast	keyboard_usable = true AND (10 ≤ scotoma_size < 20 OR light_sensitivity = great_increased OR contrast_feel = 0)

### Heuristik H03

```

IF visual_field_loss = per
THEN visual_field_a1 = eval(pi*pow(tan(toRadians(central_visual_field/2))*monitor_distance,2));
  monitor08_q = eval(div(visual_field_a1,monitor08_a2));
  monitor10_q = eval(div(visual_field_a1,monitor10_a2));
  monitor12_q = eval(div(visual_field_a1,monitor12_a2));
  monitor15_q = eval(div(visual_field_a1,monitor15_a2));
  monitor17_q = eval(div(visual_field_a1,monitor17_a2));
  monitor19_q = eval(div(visual_field_a1,monitor19_a2));
  monitor22_q = eval(div(visual_field_a1,monitor22_a2));

```

**Abbildung 2: Heuristik H03 in ESAT (Berechnung des Quotienten aus Sehfläche und Bildschirmfläche)**

## 5. Test und Validierung

Der Test und die Validierung des Prototyps erfolgten in drei Phasen. In Phase 1 wurde ein Funktionstest mittels *Continuous Integration* (CI) durchgeführt. CI als eine Sammlung von Praktiken und Tools, welche den Entwicklungsprozess unterstützen, wurde am Lehrstuhl für Informatik VI der Uni Würzburg für *KnowWE* adaptiert. Dabei wurde ein CI-Tool entwickelt, welches die Idee von CI von allgemeinem Softwareengineering auf Knowledge-Engineering übernimmt [7]. Bei CI werden Funktionstests geschrieben, welche diskrete Eingabeparameter

simulieren und gegen vorbestimmte Ausgabeergebnisse prüfen [8]. In ESAT wurde für jede Regel und Heuristik mindestens ein Funktionstest implementiert. Bei einer Änderung der Wissensbasis wird automatisch ein neuer Build erzeugt und sämtliche Funktionstests automatisch ausgeführt. Vor allem bei kleineren Teams an Knowledge-Engineers, welche gemeinsam an einer Wissensbasis arbeiten, ist CI ein großer Vorteil. Dadurch lassen sich bei einer späteren Adaptierung oder Erweiterung der Wissensbasis Fehler frühzeitig erkennen. In Phase 2 erfolgte eine Verifikation der Heuristiken. Zwei retrospektive Testfälle sollten die Praktikabilität der Heuristiken überprüfen. Dabei wurde ESAT an einer Klientin getestet, welche an einer linksbetonten geringgradigen spastischen Tetraparese sowie an einem Strabismus mit Refraktionsfehler leidet. Neben einer Sehschwäche ist auch die Bedienung einer Tastatur erschwert. Sie verwendet daher 4 Hilfsmittel, welche vor allem die Sehschwäche ausgleichen sollen. Im zweiten retrospektiven Fall leidet der Klient an spastischer Tetraparese mit Athetose, was ihm den willkürlichen Gebrauch der oberen Extremitäten für die Interaktion mit dem Computer unmöglich macht. Er verwendet zwei Hilfsmittel darunter einen Kopfstab zur Bedienung der Tastatur. Die Fähigkeiten der beiden Klienten wurden erfasst und in das Formular von ESAT eingegeben. Anschließend wurden die Vorschläge von ESAT mit den von den Klienten tatsächlich verwendeten Hilfsmitteln verglichen. Phase 3 schlussendlich überprüfte das Handling und Zeitverhalten. Ein Mitarbeiter des Virtual Office führte die retrospektiven Tests durch und bewertete anschließend das Handling mit ESAT.

## 6. Ergebnisse

Die Ergebnisse der retrospektiven Tests sind für eine erste Entwicklung des Prototyps zufriedenstellend zu betrachten. Bei einem Testfall wurden beide Assistierenden Technologien übereinstimmend vorgeschlagen. Bei dem anderen Testfall wurden 3 Hilfsmittel übereinstimmend vorgeschlagen. Ein Hilfsmittel wurde vom System unnötigerweise vorgeschlagen und ein Hilfsmittel, welches tatsächlich in Verwendung ist, wurde nicht vorgeschlagen. Das Handling wurde von dem ausführenden Mitarbeiter<sup>1</sup> als gut bezeichnet und die Zeiten für Parametersuche und Eingabe der Daten in ESAT lagen bei 60 bzw. 45 Minuten.

## 7. Diskussion

Mit *d3web* und *KnowWE* wurde eine Open Source Expertensystem-Shell gewählt, welche die meisten vordefinierten Anforderungen erfüllt. Die Möglichkeit einer individuellen Architektur der Wissensbasis, Syntax highlighting und einfaches Handling empfand der Autor als überaus angenehm bei der Entwicklung. *Continuous Integration* zeigt Fehler in der Wissensbasis frühzeitig auf. Allerdings ist durch Verwendung der Aussagenlogik in *d3web*, gegenüber Shells welche Prädikatenlogik unterstützen, ein erhöhter Codierungsaufwand nötig.

Es konnte eine positive Bilanz im Bezug auf die Anwendbarkeit der Heuristiken gezogen werden. Dennoch wäre eine höhere Übereinstimmung der Ergebnisse möglich und auch wünschenswert. Dafür sind jedoch noch weitere retrospektive aber vor allem auch prospektive Tests notwendig. Einerseits könnten Parameter z.B. durch objektivere Messwerte besser präzisiert werden. Damit wäre der Schätzfehler (viele Parameter wurden vom Mitarbeiter des Virtual Office aufgrund fehlender Informationen geschätzt) geringer zu halten. Andererseits könnte eine Optimierung der Heuristiken aber auch eine Neubeurteilung der Fähigkeiten von KlientInnen zu noch optimaleren Ergebnissen führen.

---

<sup>1</sup> Johann Tausch ist Diplom-Behindertenpädagoge im Virtual Office und unterrichtet an der Schule für Sozialberufe / Behindertenbegleitung & Behindertenarbeit des Diakoniewerks in Gallneukirchen

Das Herausfinden der Parameterwerte in der von ESAT verlangten Form benötigt die meiste Zeit. Diese Parameterwerte sind im Virtual Office nicht durchgehend verfügbar, weshalb ein strukturierter Assessment-Prozess zur Ermittlung der Werte empfohlen wird.

## 8. Literatur

- [1] Frydyada de Piotrowski AM. Heuristik zur Anpassung der Ein- und Ausgabeschnittstellen für Menschen mit Einschränkungen [Diplomarbeit]. Paderborn: Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn; 2008.
- [2] Mair JS. Strategien für eine effektivere Internetsuche für Menschen mit Beeinträchtigungen [Diplomarbeit]. Hagenberg: Fakultät für Informatik, Kommunikation und Medien, Fachhochschule Oberösterreich; 2008.
- [3] Tauber M, Aistleitner P, Barwig C, Bjelik H, Doblhofer H, Gigl C, et al.. Curriculum Virtual Office; 2011. Internes Dokument.
- [4] Goll S, Lilienthal T, Zapp M, Gaensicke H, Clauss H. Telearbeit für behinderte Menschen. D.I.A.S. GmbH; 2002. Forschungsbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung.
- [5] Lämmel U, Cleve J. Künstliche Intelligenz. 3rd ed. Carl Hanser Fachbuchverlag; 2008.
- [6] Cawsey A. Künstliche Intelligenz im Klartext. Pearson Studium; 2003.
- [7] Baumeister J, Reutelshoefer J. Developing Knowledge Systems with Continuous Integration. In: i-KNOW 2011: 11th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies, short paper. Graz, Austria: ACM ICPS; 2011.
- [8] Baumeister J. Advanced Empirical Testing. Knowledge-Based Systems. 2011;24(1):83–94.

### **Corresponding Author**

Siegfried Kreutzer  
Virtual Office - FAB Pro.Work  
Muldenstraße 5, 4020 Linz  
Email: kre@kreutzer.at