

## Ein Ansatz zur Behandlung nicht erfüllter Erwartungen bei der Konfiguration von Bilddeutungsverfahren

D. Krechel<sup>1</sup>, C. Pape<sup>1</sup>, F. Hess<sup>1</sup>, A. v. Wangenheim<sup>2</sup>

### Zusammenfassung

Cyclops ist ein an der Universität Kaiserslautern entwickeltes System zur wissensbasierten Bilddeutung. Als Anwendungsdomänen dienen die Analyse von MR Kopfaufnahmen und kontrastmittelangereicherten MR-Mammographien. Das Cyclops-System kann, auf in einer Wissensbasis modelliertes Wissen über Bildauswertungsverfahren und mögliche Bildinhalte basierend, eine sinnvolle Zusammensetzung von Auswerteverfahren und deren Parametersetzungen liefern. Diese Komposition von Bearbeitungsschritten nutzt Techniken aus den Bereichen der Konfiguration und Erwartungsauswertung. Im Anschluß an die Konfiguration überwacht das System die Durchführung des Bildauswertungsprozesses. Die Steuerung des Ablaufs basiert zusätzlich auf während der Ausführung gewonnen Informationen über Bildinhalte. Trotz der wissensbasierten Konfiguration kann es hierbei zu Situationen kommen, in denen der Bilddeutungsprozeß nicht zu brauchbaren Ergebnissen führt. Solche Situationen werden in Cyclops durch ein Erwartungsauswertungsmodul erkannt. Im folgenden wird ein Ansatz zur automatischen Behandlung solcher Situationen vorgestellt.

### Einleitung

Immer komplexere Anforderungen werden an moderne Bilderkennungssysteme gestellt. Dies zeigt sich unter anderem im medizinischen Bereich, in dem Bilder unterschiedlichen Typs und Ver-rauschungsgrades und mit unterschiedlichen Inhalten ausgewertet werden müssen. Charakteristisch für den Prozeß der Erkennung eines medizinischen Bildes ist, daß er aus einer Zusammensetzung von unterschiedlichen Verfahren besteht. Es existieren moderne Bilddeutungspakete wie zum Beispiel Khoros oder Vista, diese bieten eine große Auswahl von Verfahren zur Verarbeitung von Bildern. Komplexe Bildeutungsaufgaben erfordern jedoch die Kombination vieler Bildverarbeitungsverfahren die meistens durch den Experten durchgeführt werden. Cyclops [1] erlaubt die Einbindung externer Verfahren und bietet ein flexibles Modell zur Auswahl, Parametrierung und Koordination der für die Deutung eines bestimmten Bildes benötigten Bildverarbeitungsrouinen.

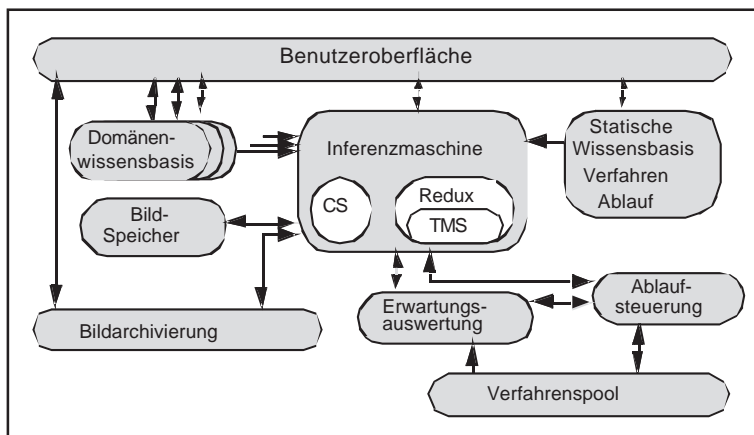
### Cyclops

Das Cyclops System besitzt die folgenden Komponenten, die in Abbildung 1 mit ihren gegenseitigen Schnittstellen dargestellt sind:

---

<sup>1</sup> Arbeitsgruppe Expertensysteme, Universität Kaiserslautern

<sup>2</sup> Department of Computer Sciences, Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil,  
Email: {krechel,pape,hess}@informatik.uni-kl.de; awangenh@inf.ufsc.br



**Abb. 1:** Struktur des Cyclops Systems.

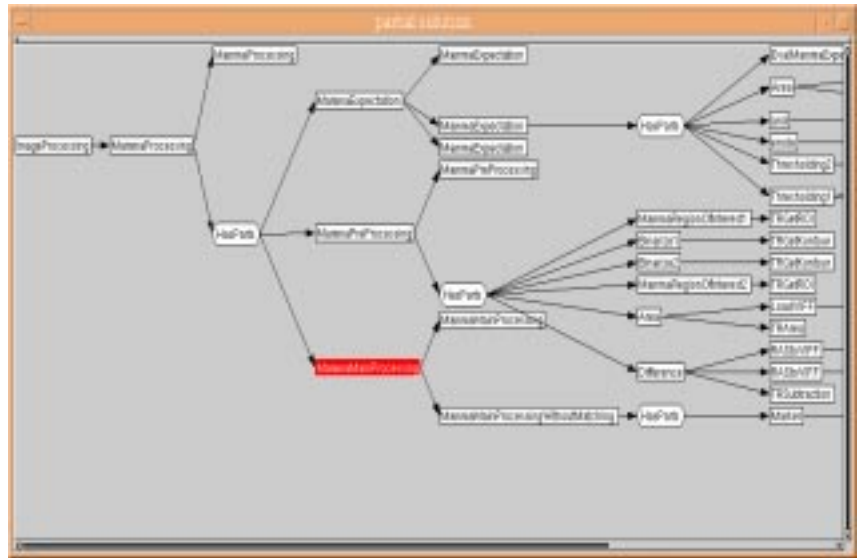
- *Konfigurationssystem:* Eine Inferenzmaschine, die aus einem Ziele/Operatoren-Konfigurator und einem Entscheidungsverwaltungs- und Revisionssystem (REDUX-TMS) besteht,
- *Bilddeutungswissensbasis* (Statische Wissensbasis), zur Modellierung von Bilddeutungsverfahren und -vorgehensweisen (Bilddeutungsexpertenwissen), die die Bilddeutungsoperatoren und die gegenseitigen Abhängigkeiten (Constraints) zwischen diesen modelliert,
- *Ablaufkontrollsystem* zur Steuerung der Bilddeutungsverfahren,
- *Verfahrenspool* mit elementaren Bildverarbeitungsoperatoren,
- *Domänenwissensbasis* mit spezifischem Wissen über Bildinhalte, zur wissensbasierten Steuerung des Auswertungsprozesses,
- *Erwartungsauswertung/Validierungsmodul* zur Überprüfung der Bilddeutungsergebnisse,
- *Dynamischer Bildspeicher* zur Zwischenergebnisverwaltung und Bildarchivierungssystem für Bilder und zusätzliche Bilddaten,
- *Bildarchivierungssystem* (Dicom Datenbank) und
- *Benutzeroberfläche*.

### Beispiel

Mit Hilfe des Cyclops Systems wurde die Analyse dynamischer MR Mammographien modelliert. Abbildung 2 zeigt eine vereinfachte Ansicht der Konfiguration des Prozesses. Das abstrakte Ziel Bildverarbeitung wird zum Mammaprozess spezialisiert. Dieser besteht aus drei Teilzielen. Dem MammaPreprocessing, dem MammaMainProcessing und dem MammaExpectation. Die Konfiguration folgt dem Prinzip der begriffshierarchieorientierten Kontrolle.

### Behandlung nicht erfüllter Erwartungen

Beim Bilddeutungsprozeß in Cyclops kann es Situationen geben, in der die Ausführung der Bildverarbeitungskette zu keinem brauchbaren Ergebnis führt. Eine solche Situation soll als nicht erfüllte Erwartung bezeichnet werden. Diese kann erst nach der wirklichen Ausführung der Bildverarbeitungskette erkannt werden.



**Abb. 2:** Konfiguration einer MR-Mammographie Auswertung.

Trotzdem ist aus Sicht des Konfigurationssystems die Zusammensetzung der Verfahren nicht falsch, denn es wurde eine dynamische Instanziierung des statischen Bilddeutungswissens gefunden, in der alle Constraints erfüllt sind. Will man noch brauchbare Ergebnisse erhalten, so bleibt einem nichts anderes übrig, als den Prozeß abzuändern und die Verfahren erneut auf die Quelldaten anzuwenden. Bei einer nicht erfüllten Erwartung muß ähnlich wie bei einem Konfigurationskonflikt ein Operator zurückgezogen werden und die Konfigurationsaufgabe erneut vervollständigt werden.

In [2] werden drei unterschiedliche Arten der Konfigurationskonfliktbehandlung vorgestellt:

- Chronologisches Backtracking
- Abhängigkeitsgesteuertes Backtracking
- Wissensbasiertes Backtracking

In Cyclops wurde ein wissenbasierter Ansatz gewählt, welcher die explizite Modellierung von Expertenwissen zur Behandlung der nicht erfüllten Erwartungen ermöglicht. Dabei kann die Behandlung der nicht erfüllten Erwartungen in vier Teilaufgaben unterteilt werden:

- *Identifizierung* der Ziele an denen die Konfiguration abgeändert werden soll.
- *Rückzug* der Operatoren der identifizierten Ziele und der (Datenfluß bedingt) abhängigen Operatoren
- Erneute *Bearbeitung* der zurückgezogenen Operatoren und Ausführung der Verfahren
- *Buchführung* über die Abänderungen der Konfiguration für den Fall, daß die gewählten Änderungen wieder nicht zum gewünschten Ergebnis führen.

In Cyclops haben wir uns bei den zulässigen Änderungen auf drei beschränkt. Erstens ist die Änderung der während der Konfiguration festgelegten Parameter möglich. Zweitens die Wahl einer anderen Implementierung des gleichen abstrakten Verfahrens. Drittens die Wahl einer anderen Zerlegung eines abstrakten Verfahrens.

In Abbildung 3 ist der Datenfluß des Teilziels MammaMainProcessing dargestellt. Dieser Datenfluß wird vom Ablaufkontrollsystem erstellt.



**Abb. 3:** Datenfluß MammaMainProcessing.

Eine Schwierigkeit bei der Analyse von Kontrastmittelserien sind Bewegungsartefakte. Diese werden im Mammalyzer II [3] durch einen abstrakten Operator Matcher kompensiert. Eine nicht erfüllte Erwartung in diesem Beispiel wäre eine nicht zufriedenstellende Bearbeitung dieser Artefakte. Diese kann sehr leicht an der Differenz zwischen Nativbild und gemachtem Kontrastmittelbild erkannt werden. Es stehen uns zwei Implementierungen für das Matching zur Verfügung. Eine sehr schnelle [5] und eine langsamere welche auf neuronalen Netzen beruht [4]. Im Falle nicht zufriedenstellender Kompensation der Bewegung kann die schnelle Implementierung durch den SOM-Matcher ersetzt werden. Falls Dieser ebenfalls fehlschlägt kann das neuronale Netz noch ein paar zusätzliche Epochen trainiert werden, bis zufriedenstellende Ergebnisse erreicht werden.

Mit dem in [6] entwickelten Ansatz ist es möglich, dieses dem Experten bekannte Wissen zu formulieren. Damit ist das System in der Lage, selbständig auf Schwächen im modellierten Prozeß zu reagieren.

## Ausblick

Durch die Entwicklung eines wissensbasierten Mechanismus zur Behandlung nicht erfüllter Erwartungen wurde das Cyclops-System deutlich verbessert. Es ist nun möglich, neben medizinischen Bildverarbeitungsanwendungen, Wissen zu formulieren, welches es dem System erlaubt, auf nicht erfüllte Erwartungen flexibel zu reagieren. Es ist geplant Anwendungen zu modellieren, welche bisher aufgrund von nicht erfüllten Erwartungen instabile Ergebnisse lieferten.

## Literatur

1. von Wangenheim, A.: Cyclops: Ein Konfigurationsansatz zur Integration hybrider Systeme am Beispiel der Bildauswertung. Dissertation, FB Informatik Universität Kaiserslautern 1996.
2. Günter, A.: Verfahren zur Auflösung von Konfigurationskonflikten. KI 1, 1993.
3. Krechel, D.; Comes, R.; Hess, F.; v. Wangenheim, A.; Blasinger, K.: Mammalyzer II: A decision support system for early detection of breast cancer. Bildv. für die Medizin Aachen 1998.
4. Huwer, S.; Rahmel, J.; v. Wangenheim, A.: Data-Driven Registration for Local Deformation. Pattern Recognition Letters. North Holland 1995.
5. Hess, F.; Krechel, D.; Nakashima, L.; v. Wangenheim, A.: Monte-Carlo based Reduction of Motion in Contrast Agent enhanced MR-Mammographies. Submitted to GMDS 98.
6. Pape, C.: Behandlung nicht erfüllter Erwartung in der Konfiguration von wissensbasierten Bildauswertungsprozessen. Diplomarbeit, FB Inf. Uni. Kaiserslautern 1998.