Prozessmodell-basierte Präsentation von Produktionsfehler-Beschreibungen

Martin Schulze und Jürgen Ebert

Universität Koblenz-Landau, Institut für Software-Technik
{schulze,ebert}@uni-koblenz.de

Zusammenfassung Im Projekt CeraNet wurde ein System entwickelt, das *Informationen über Fehlerursachen und Fehlerphänomene* bei der Keramikproduktion im Web präsentiert. Zentrale Idee von CeraNet ist die Modellierung der Prozesse und die Verknüpfung der Fehlerbeschreibungen mit den Modellen, um einen Zugang zu den Fehlern auch über die Prozesse zu ermöglichen. In CeraNet wurde eine Redakteurssoftware erstellt, mit der Prozessmodelle, Fehlerbeschreibungen und Hintergrundwissen erfasst und für das Web aufbereitet werden können. Die Inhalte werden als XML-Dokument exportiert und mit einem XSL-Transformator in die HTML-Dateien der Webpräsenz umgewandelt. Dabei können allgemeine oder auf einen Betrieb *angepasste Präsentationen* erzeugt werden.

1 Produktionsfehler-Beschreibungen

Im Projekt CeraNet[1] [WWES01], [WDW$^+$02] wurde ein System entwickelt, mit dem Informationen über Fehlerursachen und Fehlerphänomene bei der kleinindustriellen Keramikproduktion erfasst, aufbereitet und im Web zusammenhängend und übersichtlich präsentiert werden können. Die zur Verfügung gestellten Informationen helfen einem Betriebsleiter, im Fehlerfall einfacher die Ursachen zu finden und zu beheben. Um die Suche zu vereinfachen, erlaubt der Ansatz von CeraNet, einem Betrieb speziell auf ihn angepasste Informationen zur Verfügung zu stellen.

1.1 Motivation

In kleinen und mittelständischen Produktionsbetrieben wird häufig die Ausschussrate stark durch die Fähigkeiten und Erfahrungen einzelner Personen beeinflusst. Dies gilt insbesondere für die Glas- und Keramikproduktion, weil dort die chemischen und physikalischen Vorgänge bis heute nicht vollständig verstanden sind und die Qualität der verwendeten Rohstoffe andauernd wechselt. Dieses fehlende formale Wissen wird durch die Erfahrung des Betriebsleiters bei der Fehlersuche und -behebung teilweise ersetzt. Häufig wird daher nicht systematisch, sondern eher nach Versuch und Irrtum vorgegangen, wodurch nicht

[1] CeraNet ist ein Gemeinschaftsprojekt des Instituts für Softwaretechnik, Universität Koblenz-Landau, und des Forschungsinstituts für Anorganische Werkstoffe — Glas/Keramik — GmbH, Höhr-Grenzhausen, und wurde von der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation unter der Projektnummer 398 gefördert.

immer mit größtmöglicher Qualität produziert wird. Die Dokumentation gefundener Problemlösungen unterbleibt häufig, so dass sich Fehler wiederholen. Bei einem Personalwechsel geht wertvolles Wissen unwiederbringlich verloren, und ein Erfahrungsaustausch zwischen verschiedenen Betrieben erfolgt kaum.

Zur Unterstützung solcher Betriebe bei der *Qualitätssicherung und -verbesserung* ist es deshalb notwendig, vorhandenes Wissen über Produktionsprozesse und die dabei möglichen Fehler möglichst systematisch zu erfassen, zu strukturieren und in einer übersichtlichen Form darzubieten. Dabei ist es hilfreich, einem Betrieb nur das für ihn relevante Wissen anzubieten und beispielsweise Fehlerursachen nicht darzustellen, die aufgrund der konkreten Gegebenheiten im Betrieb nicht in Frage kommen.

In diesem Papier wird das System CeraNet vorgestellt, das diese Unterstützung leistet. Der Ansatz von CeraNet, das ursprünglich für die Keramikindustrie entwickelt wurde, ist so *allgemein*, dass er ohne Änderungen auf andere Bereiche, wie beispielsweise die Produktion von Lebensmitteln oder Bekleidung, übertragen werden kann.

1.2 Ansatz

Die Grundidee von CeraNet besteht darin, dass zunächst *Referenzmodelle für die Produktionsprozesse* des betrachteten Industriezweiges aufgestellt werden. Dafür wird die visuelle Sprache des *Phasenmodells der Produktion* (PMP) [Pol94] verwendet. Dann werden alle *ergänzenden Informationen* über Fehlerphänomene, Fehlerursachen und Gegenmaßnahmen gesammelt und mit den Prozessmodellen verknüpft. Weiteres lehrbuchartiges *Hintergrundwissen* über die durchzuführenden Produktionsschritte und die dabei verwendeten Stoffe und Maschinen ergänzt diese Informationen und wird ebenfalls mit den Prozessmodellen verbunden. Hierdurch entsteht eine *vernetzte Informationsbasis*, aus der durch Veränderung und Anpassung des Prozessmodells eine konkretisierte Webpräsenz für einen einzelnen Betrieb gemacht werden kann.

1.3 Vergleich mit anderen Ansätzen

Üblicherweise erfolgt die Strukturierung von Fehlersammlungen in der Glas- und Keramikindustrie nur über die *Fehlerphänomene*, wie beispielsweise der Demo-Webzugang zu [CER01] oder die Kapitelstruktur von [JB80] belegen. In der Beschreibung der Fehler wird zwar auf den implizit zugrundegelegten Produktionsprozess verwiesen, ein Zugriff ist aber nur über die durch das Inhaltsverzeichnis repräsentierte Phänomen-Kategorien sowie über ein Stichwortverzeichnis möglich, das keinerlei Differenzierung aufgrund des Typs der referenzierten Information ermöglicht.

Eine Modellierung der Prozesse sowie deren Berücksichtigung bei der Erzeugung der präsentierten Information dagegen bietet weitergehende Möglichkeiten. Bei der Ursachensuche kann z.B. der *Suchraum verkleinert* werden, wenn über den konkreten Prozess im Betrieb bekannt ist, welche Ursachen prinzipiell nicht in Frage kommen oder leicht für den Einzelfall ausgeschlossen werden können. Durch *Anpassung* der Referenz-Prozessmodelle auf die Gegebenheiten eines Betriebes kann die Präsentation der Fehler und des Hintergrundwissens ebenfalls angepasst werden, so dass nicht relevante Informationen nicht mehr dargestellt oder nur auf Wunsch angezeigt werden. Über die Fehlerursachensuche im

Einzelfall hinaus unterstützt ein Prozessmodell auch die *Produktionsplanung*, indem beispielsweise zwischen alternativen Verfahren und Maschinen diejenigen ausgewählt werden, bei denen teure Fehler seltener oder ausgeschlossen sind. Auch bei der *Erfassung* aller möglichen Produktionsfehler unterstützt die Prozessmodellierung den Redakteur dadurch, dass er alle möglichen Ursachen systematisch erfassen kann.

Es muss betont werden, dass CeraNet kein Expertensystem wie beispielsweise Diagnostic Master/TESS [All94] für die Textilindustrie ist. CeraNet kann (noch) nicht aus formalisiertem Wissen Rückschlüsse ziehen und damit aufgrund von Phänomenen auf Ursachen schließen, sondern es unterstützt den Experten im Betrieb mit den geeigneten Informationen bei der Ursachensuche.

1.4 Überblick

Dieser Beitrag ist folgendermaßen aufgebaut: In Abschnitt 2 wird das Phasenmodell der Produktion als ein geeignetes Mittel zur Prozessmodellierung eingeführt und mit anderen Prozessbeschreibungssprachen verglichen. In Abschnitt 3 wird dargestellt, was Fehlerbeschreibungen sind und wie sie zusammen mit weiterem Hintergrundwissen konzeptuell mit den Prozessmodellen verknüpft werden. In Abschnitt 4 werden die in CeraNet entwickelten Werkzeuge vorgestellt, und zwar der Redakteursarbeitsplatz zur Erfassung der Inhalte und der Benutzerarbeitsplatz, der die Inhalte im Web zur Verfügung stellt. Schließlich zeigt Abschnitt 5 weitere Fortentwicklungsmöglichkeiten auf.

2 Prozessmodellierung mit dem Phasenmodell der Produktion

2.1 Prozessbeschreibungssprachen

Für die Modellierung von Produktionsprozessen wird eine Sprache benötigt, die den Fluss von Stoffen (*Produkten*) zwischen Produktionsschritten (*Prozessen*) beschreiben kann, die in Maschinen (*Aggregaten*) die Stoffe transformieren. Hierfür kommen die visuellen Sprachen des Datenfluss- und des Netzparadigmas [Win00] in Frage. Prominente Vertreter sind die Datenflussdiagramme nach DeMarco [DeM78] und Yourdon [You89] sowie die Aktivitätsdiagramme der UML [BRJ99], Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) [Sta99] und Petri-Netze [Bau96].

Da es in Verfahrens- und Prozessleittechnik recht verbreitet ist, wurde für CeraNet das *Phasenmodell der Produktion* (PMP) [Pol94] ausgewählt. Es wird recht häufig verwendet und ist deshalb potentiellen CeraNet-Nutzern leicht nahe zu bringen. Außerdem hat es keine für CeraNet überflüssigen Sprachkonstrukte.

2.2 Das Phasenmodell der Produktion

Das Phasenmodell[2] der Produktion wird häufig zur Modellierung von industriellen Produktionsprozessen verwendet, beispielsweise bei der Planung und Dokumentation von

[2] Die Bezeichnung Phasenmodell ist irreführend, da es nicht nur in Phasen zerfallende Prozesse beschreibt. Leider handelt es sich hier aber um einen feststehenden Begriff aus der Verfahrens- und Prozessleittechnik.

Produktionsanlagen oder als Mittel zur Produktverfolgung. Häufig wird im praktischen Einsatz festgestellt, dass schon die explizite Modellierung eines konkreten, bisher nicht dokumentierten Prozesses zu einer höheren Qualität führt, weil die Modellierung hilft, Verbesserungsmöglichkeiten zu erkennen.

Abb. 1 zeigt ein solches Phasenmodell. Kleine Rechtecke stehen für die *Prozesse*, die Produkte konsumieren, erzeugen oder transformieren. Kreise sind Symbole für die *Produkte*, die zwischen den Prozessen fließen. Dabei können unterschiedliche Klassen von Produkten wie beispielswseise Rohstoffe, Zwischen-, Hilfs- und Endprodukte unterschieden werden. Große Rechtecke, die ein oder mehrere Prozesse umschließen, stehen für die *Aggregate*, in denen die Prozesse ausgeführt werden. Der *Fluss* der Produkte wird durch Pfeile zwischen den Produkten und den Prozessen dargestellt.

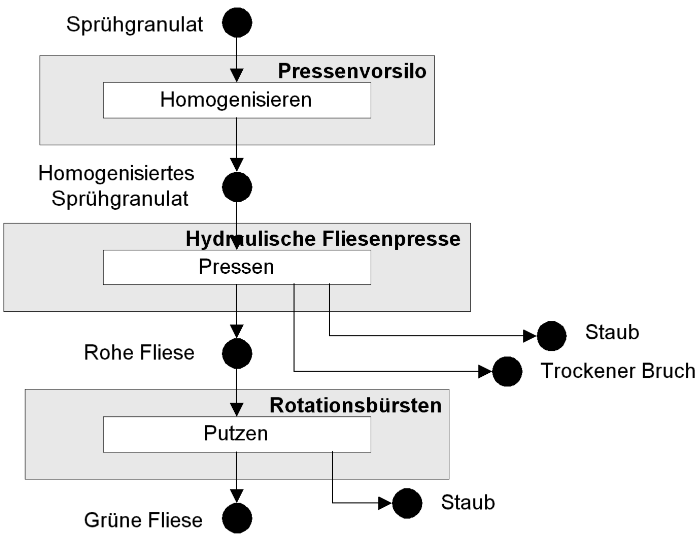

Abbildung 1. Beispiel für ein Phasenmodell der Produktion

Um die Phasenmodelle möglichst intuitiv verständlich zu halten, sollten die Bestandteile (*Elemente*) mit Bezeichnern versehen werden, die der Fachsprache der Nutzer entstammen. Zur schnelleren Orientierung trägt bei, dass üblicherweise die Diagramme so gezeichnet werden, dass Produkte von oben nach unten fließen und wichtige Produkte genau über und unter den Prozessen liegen, während Hilfsstoffe oder Abfälle an der Seite hinein- oder herausfließen. Zur Strukturierung großer Modelle kann ein Prozess durch ein weiteres Phasenmodelldiagramm *verfeinert* werden. Hierbei müssen die ein- und ausgehenden Flüsse ähnlich wie bei Datenflussdiagrammen [You89] balanciert sein. In Phasenmodellen werden üblicherweise drei Hierarchieebenen verwendet.

Die beschriebenen Konzepte von Phasenmodelldiagrammen finden sich in dem in Abb. 2 dargestellten Prozessmodell-Metaschema von CeraNet wieder. Die Phasenmodelle (`PMP`) enthalten (`contains`) Prozesse (`Process`), Produkte (`Product`), Aggregate (`Aggregate`) und Flüsse (`FlowConnection`). Prozesse werden in Aggregaten ausgeführt (`executes`). Flüsse beginnen (`startsAt`) und enden (`endsAt`) an Prozessen oder Produkten. Durch eine zusätzliche Konsistenzbedingunge wird gefordert, dass Flüsse jeweils zwischen einem Prozess und einem Produkt oder umgekehrt verlaufen. Prozesse werden durch Phasenmodelle verfeinert (`isRefinedBy`), wobei die Eingangs- und Ausgangsprodukte des verfeinerten Prozesses am Rand des verfeinernden Phasenmodells zu finden sein müssen (`correspondsTo`).

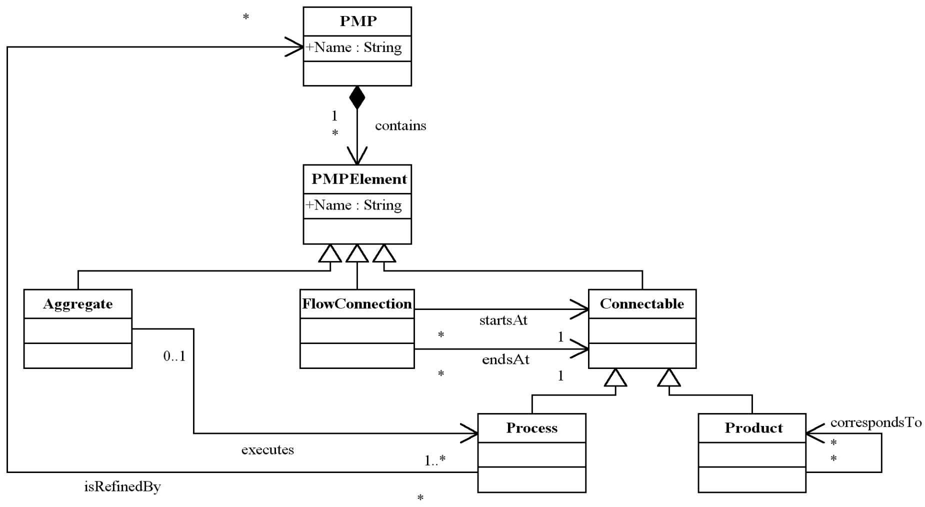

Abbildung 2. Metaschema für Prozessmodelle

3 Verknüpfung der Prozessmodelle mit weiteren Beschreibungen

3.1 Produktionsfehler-Beschreibungen

Zur Beschreibung von Fehlern muss ausgedrückt werden können, wie sich ein Fehler bemerkbar macht (*Phänomen*), wodurch er eintreten kann (*Ursache*) und was man zur Fehlerbeseitigung unternehmen kann (*Gegenmaßnahmen*). In CeraNet bestehen Fehlerbeschreibungen zum einen aus drei informalen Texten, die Phänomene, Ursachen und Gegenmaßnahmen natürlichsprachlich beschreiben. Zum anderen enthält eine Fehlerbeschreibung *Verweise* auf *Prozessmodell-Elemente*. Die Verweise geben an, wo im Produktionsprozess die Fehler verursacht werden und wo sie beobachtbar sind.

Verursacht werden Fehler in gleicher Größenordnung durch Produkte, Prozesse und Aggregate. Ein Beispiel für den ersten Fall sind minderwertige oder verunreinigte Rohstoffe. Die Verursachung durch Prozesse und Aggregate lässt sich nicht immer einfach trennen, wenn beispielsweise eine Fehleinstellung einer Maschine dazu führt, dass in ihr ein Prozess bei ungeeigneten Parametern ausgeführt wird.

Beobachten kann man Fehler meistens an Produkten und seltener an Prozessen. Fehler an Produkten zeigen sich meist an denjenigen Produkten, die die Vorstufe der Endprodukte bilden, oder an den Endprodukten selbst. Aber auch Abfallprodukte mit für die Umwelt unzulässigen Eigenschaften werden als Fehler eingestuft. Zeigt sich ein Fehler an einem Prozess, bedeutet dies, dass der Prozess nicht mehr innerhalb der gewünschten oder erlaubten Parameter abläuft.

Prüfverfahren dienen sowohl dazu, Fehler festzustellen (d.h. ein Phänomen zu identifizieren oder zu belegen), als auch Fehlerursachen nachzuweisen.

Abb. 3 zeigt das Metaschema für Fehlerbeschreibungen. Ein Fehler (`Fault`) besteht aus zwei Fakten (`Fact`). Ein Faktum steht für die Ursache (`hasCause`), das zweite für das Phänomen (`hasPhenomenon`). XML-Fragmente (`XMLFragment`) beschreiben Fakten (`describes`) und Gegenmaßnahmen (`describesCounterMeasure`). Prüfverfahren (`Analysis`) dienen zum Nachweis von Fakten (`isUsedToProve`). Bereiche in Phasenmodellen (`PMPSection`) sind eine Menge von PMP-Bestandteilen (`PMPElement`). Jedem Fehler wird ein Bereich zugeordnet, in dem er verursacht wird (`hasCauseIn`) und ein Bereich, in dem er zu beobachten ist (`isObservableAt`). Jeder Fehler gehört zu (`belongsTo`) einer Fehlerkategorie (`Category`). Das Schema ist so angelegt, dass CeraNet durch die Verfeinerung des Konzepts `Fault` um ein Diagnoseverfahren erweitert werden kann.

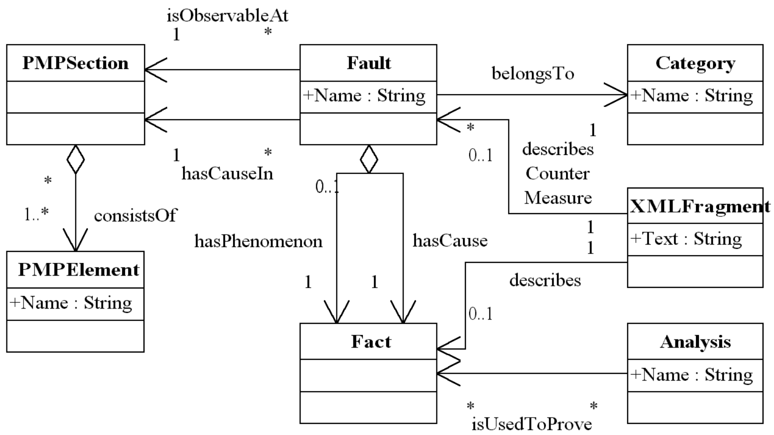

Abbildung 3. Metaschema für Fehlerbeschreibungen

3.2 Integration der Metaschemata

In CeraNet wurden noch weitere Metaschemata für *lehrbuchartige Beschreibungen* von Prozessen, Produkten und Aggregaten entwickelt. Diese allgemeinen Beschreibungen werden ebenfalls den Elementen im Prozessmodell zugeordnet. So entsteht eine Sammlung von Elementbeschreibungen, die in mehreren Modellen verwendet werden können. Auch innerhalb eines Modells kann häufig mehreren Elementen (z.B. der ungebrannten wie der gebrannten Fliese) dieselbe allgemeine Beschreibung zugeordnet werden.

Die *Integration der Metaschemata* erfolgt durch Verschmelzung der Konzepte mit gleichem Namen. Damit erhält man ein Gesamt-Metaschema, das als Grundlage für die Erfassung und Speicherung aller Modelle und Beschreibungen verwendet wird.

4 Werkzeuge

4.1 Redakteursarbeitsplatz

Im Projekt CeraNet wurde eine *Redakteurssoftware* zur Erfassung von Prozessmodellen, Fehlerbeschreibungen und Hintergrundwissen entwickelt. Als Basis zur Erzeugung dieser Software diente das MetaCASE-System JKogge [ESU97], [ESU99].

JKogge ist ein komponentenbasiertes System, mit dem Interaktionsoberflächen und insbesondere auch Werkzeuge für visuelle Sprachen erstellt werden können, die aufgrund der Verwendung der Programmiersprache Java plattformunabhängig sind. JKogge verwendet *Graphen* als Datenstrukturen, die mit der Java-Version der Graphenbibliothek GraLab [DW98] realisiert werden. Die Graphen dienen zum einen zur Steuerung der Komponenten. Beispielsweise wird der Aufbau aller Fenster und Dialoge sowie aller graphischen Symbole durch Graphen spezifiziert [Uhe01]. Zum anderen dienen die Graphen auch zur Speicherung der bearbeiteten Dokumente, bei CeraNet also der Prozessmodelle, Fehlerbeschreibungen und des Hintergrundwissens.

Ein Metaschema definiert eine Klasse von gerichteten, typisierten, attributierten und angeordneten Graphen, sog. TGraphen [EWD$^+$96]. Die Typen der Knoten werden durch die Klassen im Metaschema, die Typen der Kanten durch die Assoziationen definiert. Die Kantenrichtung entspricht der Richtung der Assoziationen, die erlaubten Inzidenzen ergeben sich aus den Assoziationen zwischen den Klassen im Metaschema. Die Attribute der Knoten und Kanten werden ebenfalls durch die Attributierung im Metaschema definiert. Durch das in den Abschnitten 2 und 3 entwickelte CeraNet-Metaschema sind also die CeraNet-Graphen genau festgelegt.

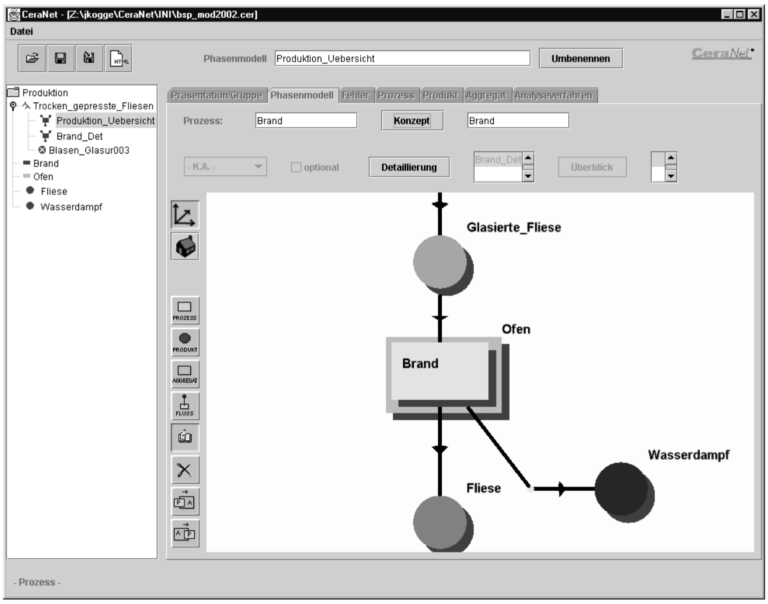

Abbildung 4. CeraNet-Redakteursarbeitsplatz

Abb. 4 zeigt die CeraNet-Redakteurssoftware. Man sieht, wie gerade ein Phasenmodell editiert wird. Bearbeitet man eine Fehlerbeschreibung, so kann man die vorhandenen Phasenmodellelemente aus *Auswahllisten* wählen, wenn man beispielsweise die Bereiche angeben möchte, in denen ein Fehler verursacht wird oder sichtbar ist.

Aufgrund der Komponentenstruktur der JKogge-Werkzeuge ist es relativ einfach, neue Komponenten für weitere Dokumententypen in die Software aufzunehmen. Um beispielsweise die bei der Fehlersuche verwendeten Prüfverfahren detaillierter beschreiben zu können, muss lediglich ein Metaschema aufgestellt und mit dem Gesamt-Metaschema verschmolzen sowie eine Komponente zur Bearbeitung einer entsprechenden Maske in das System aufgenommen werden.

4.2 Benutzerarbeitsplatz

Die CeraNet-Redakteurssoftware beinhaltet eine Komponente, welche die in den Graphen gespeicherten Informationen als ein *XML-Dokument* ausgibt. Dadurch, dass die Informationen als Graphen gespeichert werden, sind die XML-Dokumente immer in einem *konsistenten Zustand*. Die GraLab-Bibliothek löscht z.B. selbsttätig inzidente Kanten, wenn ein Knoten gelöscht wird. So kann nie eine „hängende“ Kante entstehen.

Das erzeugte XML-Dokument wird mit Hilfe eines *XSL-Transformators* [Kay00] in HTML-Dokumente transformiert, die gemeinsam eine Webpräsenz bilden, in der alle Inhalte präsentiert werden (siehe Abb. 5). Der XML-Zwischenschritt gewährleistet die *Trennung von Inhalten und Layout*. Durch die Verwendung einer Web-Präsenz als Mittel zur Präsentation der CeraNet-Inhalte benötigt ein Keramikbetrieb, der das System verwenden möchte, keine spezielle Hardware- oder Softwareausstattung, sondern kann es mit einem einfachen PC mit Internetzugang und -browser nutzen. (Natürlich ist auch die Produktion einer CD-ROM mit der entsprechenden Webpräsenz eine Alternative.)

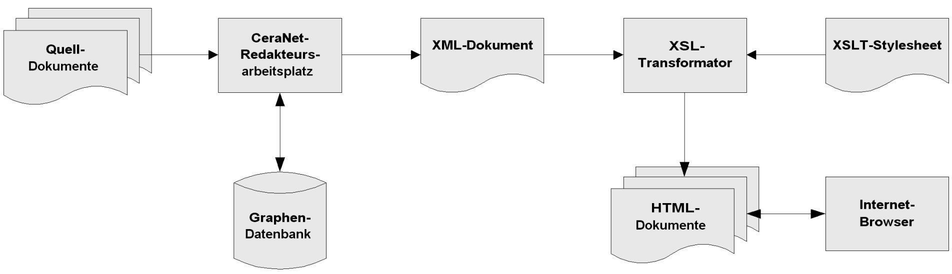

Abbildung 5. Datenfluss im CeraNet-System

Abb. 6 zeigt eine mit CeraNet erstellte Fehlerbeschreibung, wie sie dem Benutzer im *Browser* präsentiert wird. Das Fenster ist dreigeteilt. Im rechten Teil werden die *Inhalte* dargestellt. In der linken oberen Ecke befindet sich eine schematische Darstellung der in CeraNet vorhandenen *Dokumenttypen* und ihrer *Querbezüge*. Durch dieses Schema ist zu ersehen, wo innerhalb der Dokumentenstruktur ein Dokument angeordnet ist und welche Aspekte dieses Dokumentes (bei einer Fehlerbeschreibung z.B. die Ursachen oder die Beobachtungsstellen im Phasenmodell) gezeigt werden. Im unteren Bereich des linken Teils kann man Dokumente auswählen, wobei verschiedene *Sortierungen* möglich sind. Falls gerade ein Phasenmodelldokument betrachtet wird, erscheint das Diagramm ebenfalls im linken unteren Teil anklickbar, d.h. man kann mit der Maus Elemente auswählen und bekommt die zugehörigen Informationen dargestellt.

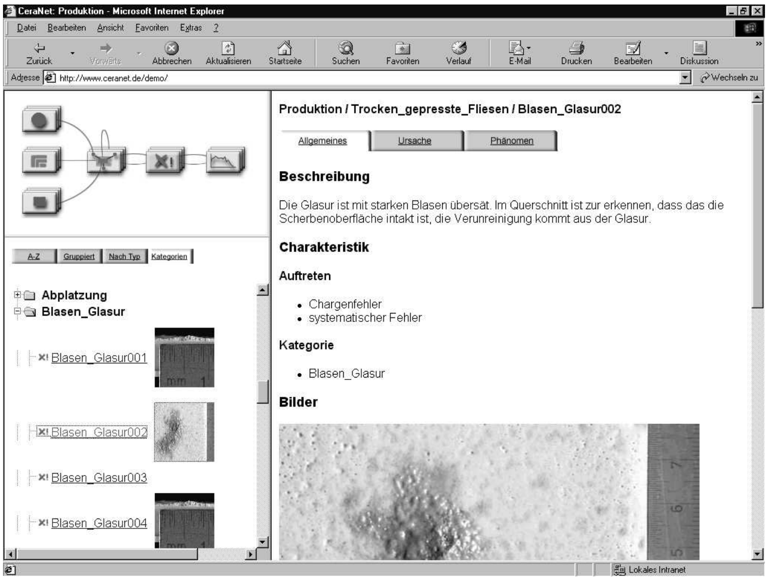

Abbildung 6. CeraNet-Fehlerbeschreibung im Browser

Ein Zugang zu einer Fehlerbeschreibung kann dadurch auf verschiedene Weisen erfolgen, beispielsweise dadurch, dass man zunächst das *Modell* seines Produktionsprozesses nimmt, und dann darin auswählt, wo der Fehler zu beobachten ist. Man bekommt nun eine Liste aller dort beobachtbaren Fehler und kann diese durchstöbern. Dabei werden schließlich die Prüfverfahren beschrieben, mit denen Fehler belegt oder ausgeschlossen werden können. Man kann aber Fehler auch anhand der *Phänomene* suchen. Dazu gibt es eine Sortierung im linken unteren Fensterteil, bei der die Fehler nach Kategorien geordnet sind und ein verkleinertes Bild zeigen (siehe Abb. 6). Aus der als Graph vorliegenden mit dem Prozessmodell verknüpften Gesamtinformation werden auf diese Weise viele verschiedene Informationszugänge für den Benutzer ermöglicht.

5 Ausblick

5.1 Einsatz der Software

Als erste Webpräsenz wurde mit CeraNet eine Präsenz mit Informationen über die *Produktion trocken gepresster Fliesen* und die dabei auftretenden Fehler erzeugt. Dazu wurde zunächst der Produktionsprozess durch ein Phasenmodell erfasst, das mit der CeraNet-Redakteurssoftware erstellt wurde. Die sieben wichtigsten Prozesse wurden weiter verfeinert. Maskenbasiert wurden mit der Software von Experten 46 Fehler erfasst, deren Ursachen in der Aufbereitung der Keramikmasse zu finden sind. Die Datenbasis wurde durch 122 weitere Dokumente mit Hintergrundwissen über die Phasenmodellelemente ergänzt. Schließlich wurde aus allen Dokumenten eine XML-Datei erzeugt und mit einem XSL-Transformator in über 1000 HTML-Dateien umgewandelt. Diese bilden eine zusammenhängende, geschlossene Webpräsenz, die unter `http://www.ceranet.de/demo` im Web verfügbar gemacht wurde. Dadurch wurde gezeigt, dass die Ideen von CeraNet tragfähig sind.

Bevor die Redakteurssoftware zur Verfügung stand, wurden im Projekt bereits Inhalte für CeraNet erfasst. Bei der Eingabe dieser Inhalte über die Masken wurde dann festgestellt, dass einige Informationen (beispielsweise die Verweise aus Fehlerbeschreibungen auf Phasenmodell-Bereiche) zunächst zu unpräzise erfasst worden waren. Es zeigte sich also, dass der CeraNet-Ansatz tatsächlich zu einer höheren Qualität der Inhalte führte. Allerdings müssen die Redakteure immer noch ein gewisses Maß an Disziplin mitbringen, um beispielsweise Formulierungen in verschiedenen Beschreibungen analog zu wählen oder Bilder ähnlicher Qualität in das System einzubringen.

Bei ersten Versionen des Benutzerarbeitsplatzes stellte sich heraus, dass die generierten Webseiten zu lang waren, und dass die Benutzer leicht die Orientierung in der Präsenz verloren. Deshalb wurde die in Abbildung 6 dargestellte Aufteilung auf Frames und die schematische Darstellung der Dokumententypen und ihrer Querbezüge in der linken oberen Ecke eingeführt. Diese Maßnahme führte zu einer beträchtlichen Verbesserung des Umgangs mit der Webpräsenz. Für den praktischen Einsatz von CeraNet müssen die Inhalte auf weitere Bereiche der Keramikproduktion ausgeweitet und weitere Fehlerbeschreibungen aufgenommen werden. Danach ist zur weiteren Evaluation der Einsatz in einem Keramikbetrieb geplant.

5.2 Anpassbarkeit an einen Betrieb

Durch die Weiterbearbeitung der Information am Redakteursarbeitsplatz kann aus der vorliegenden Referenzdarstellung eine *individualisierte Präsentation* für einzelne Betriebe erzeugt werden. Durch eine Veränderung des Prozessmodells werden bei der Generierung die entsprechenden Anpassungen durchgeführt. Z.B. kann man für einen Prozess im Referenzmodell zunächst mehrere *alternative Verfeinerungen* modellieren. Die Anpassung besteht dann darin, für einen Betrieb auszuwählen, welche auf den Betrieb tatsächlich zutrifft. Dies könnte z.B. beim Prozess „Brand“ eine unterschiedliche Verfeinerung sein, je nachdem, welcher Typ von Brennofen zum Einsatz kommt. In diesem Fall wird die Präsentation so generiert, dass nur die Fehler übernommen werden, deren Ursache oder Beobachtbarkeit nicht in den „weggeschnittenen“ verfeinernden Phasenmodellen liegen. Die Dokumente mit Hintergrundwissen über die nur dort benutzen Elemente werden ebenfalls nicht generiert.

Danksagung Für die gute Zusammenarbeit im CeraNet-Projekt danken wir unseren Kollegen beim FGK, Carsten Wehling, Ulrich Werr, Ralf Diedel, Lars Magerkohl und Stefan Link, und für zahlreiche ergiebige Diskussionen Torsten Gipp, Andreas Winter und Ingar Uhe vom IST.

Literatur

[All94] D. Allemang. Combining Case-Based Reasoning and Task-Specific Architectures. *IEEE Expert*, 9(5):24–34, 1994.

[Bau96] B. Baumgarten. *Petri-Netze, Grundlagen und Anwendungen*. Spektrum, Heidelberg, 2nd edition, 1996.

[BRJ99] G. Booch, J. Rumbaugh, and I. Jacobson. *The Unified Modeling Language User Guide*. Addison Wesley, Reading, 1999.

[CER01] CERAM Research Ltd. CERAM Knowledge Base. `http://www.ceram.co.uk/demo/ckb/ckb.html`, October 2001.

[DeM78] T. DeMarco. *Structured Analysis and System Specification*. Yourdon Inc., New York, 1978.

[DW98] P. Dahm and F. Widmann. Das Graphenlabor, Version 4.2. Fachbericht Informatik 11/98, Universität Koblenz-Landau, Institut für Informatik, Koblenz, 1998.

[ESU97] J. Ebert, R. Süttenbach, and I. Uhe. Meta-CASE in Practice: a Case for KOGGE. In A. Olivé and J. A. Pastor, editors, *Advanced Information Systems Engineering, 9th international Conference, CAiSE'97*, volume 1250 of *LNCS*, pages 203–216. Springer, Berlin, 1997.

[ESU99] J. Ebert, R. Süttenbach, and I. Uhe. JKogge: a Component-Based Approach for Tools in the Internet. In *Proceedings STJA '99*, Erfurt, September 1999.

[EWD+96] J. Ebert, A. Winter, P. Dahm, A. Franzke, and R. Süttenbach. Graph Based Modeling and Implementation with EER/GRAL. In B. Thalheim, editor, *Conceptual Modeling — ER'96*, volume 1157 of *LNCS*, pages 163–178. Springer, Berlin, 1996.

[JB80] H. Jebsen-Marwedel and R. Brückner. *Glastechnische Fabrikationsfehler*. Springer, Berlin, 1980.

[Kay00] M. Kay. *XSLT Programmer's Reference*. Wrox, Birmingham, 2000.

[Pol94] M. Polke. *Prozeßleittechnik*. Oldenbourg, München, 2nd edition, 1994.

[Sta99] J. Staud. *Geschäftsprozeßanalyse mit Ereignisgesteuerten Prozeßketten, Grundlage des Business Reengineering für SAP R/3 und andere Betriebswirtschaftliche Standardsoftware*. Springer, Berlin, 1999.

[Uhe01] I. Uhe. *Deklarative Spezifikation von Oberflächen für Tools für visuelle Sprachen*. Shaker, Koblenz, 2001.

[WDW+02] U. Werr, R. Diedel, C. Wehling, J. Ebert, and M. Schulze. CeraNet — Interactive Tool for Fault Diagnosis. Projektbericht 1/2002, Universität Koblenz-Landau, Institut für Softwaretechnik, Koblenz, 2002.

[Win00] A. Winter. *Referenz-Metaschemata für visuelle Modellierungssprachen*. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 2000.

[WWES01] U. Werr, C. Wehling, J. Ebert, and M. Schulze. Wissensmanagement — interaktive keramische Fehlerdatenbank FGK-IST-CeraNet. *Keramische Zeitschrift*, 53(9):802–806, September 2001.

[You89] E. Yourdon. *Modern Structured Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1989.