

Mit Simulation Geschäftsprozesse gestalten

– Lehren aus der Simulation einer Notaufnahme

Wolfgang Seyfert, Ansgar Kavermann

Prof. Dr. Wolfgang Seyfert, Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Caprivistr. 30a, 49076 Osnabrück (seyfert@wi.fh-osnabrueck.de)

Dipl. Kfm. Ansgar Kavermann, Rolf Holz Metallbau GmbH, Auf dem Platen 2, 49326 Melle (a.kavermann@rolfholzmetallbau.de)

1 Zusammenfassung

Die Autoren haben an der Fachhochschule Osnabrück in Zusammenarbeit mit dem Klinikum Osnabrück eine Methode zur Modellierung und Simulation (diskrete Ereignisse) von Prozessen in der Notaufnahme entwickelt. Die Ergebnisse dieses Projekts sind in Seyfert, Högemann, Kavermann, Petersen und Winkler (2005) veröffentlicht. Im vorliegenden Beitrag werden die Ergebnisse des Projekts aufgenommen, verallgemeinert und die im für die Notaufnahme entwickelten Modell liegenden Möglichkeiten für die Modellierung und Simulation von Geschäftsprozessen dargestellt.

Die Ziele der Modellentwicklung im Klinikum waren

- signifikante Verkürzung der Wartezeiten für die Patienten
- Ursachenanalyse für die Entstehung von Engpässen
- Vorschläge zur kostengünstigen Aufhebung der Engpässe

Wartezeiten sind aus Kundensicht eines der wichtigsten Qualitätskriterien für eine Notaufnahme. Man kann Wartezeiten immer reduzieren, indem man mehr Ressourcen zur Verfügung stellt. Gezielte Überkapazitäten verbieten sich aber bei den heutigen wirtschaftlichen Zwängen. Also muss ein transparenter Zusammenhang hergestellt werden zwischen erwartetem Patientenaufkommen, verschiedenen Ausstattungen mit personellen, räumlichen und Gerätesressourcen und daraus resultierenden Wartezeiten. Dann kann der tradeoff zwischen Kosten und Qualität durchgeführt werden. Da in der Notaufnahme viele verschiedene, zeitlich zufällig anfallende Prozesse ablaufen, die um dieselben Ressourcen konkurrieren und damit wechselseitig voneinander abhängig sind, ist Simulation das Mittel der Wahl zur Lösung des

Problems. Mit der Simulation konnten die notwendigen Anpassungen der Kapazität zielgerichtet erfolgen. Bereits mit der sorgfältigen Analyse der Prozesse im Team, die Voraussetzung für die Konstruktion des Prozessmodells war, konnten Verbesserungen erzielt werden. Wenn man Liegezeiten für Wartezeiten setzt, dann sind das Problem und die obigen Ziele auf die Gestaltung von Geschäftsprozessen und auf die Gestaltung von Workflows übertragbar.

Im Abschnitt 2 dieses Beitrags werden die Prozesse der Notaufnahme charakterisiert und eine daraus abgeleitete Prozessklassifizierung erarbeitet. In Abschnitt 3 wird die Modellierung des Inhalts der Prozesse in der Notaufnahme und deren allgemeine Relevanz illustriert¹. Abschnitt 4 geht auf die praktische Handhabung der Modelle ein. Abschnitt 5 fasst die wesentlichen Erkenntnisse des Beitrags zusammen.

2 Die Prozesse einer Notaufnahme als Prototyp von Geschäftsprozessen

„Ein Prozess besteht aus einer Reihe von Aktivitäten, die aus einem definierten Input einen definierten Output erzeugen.“ (Schmelzer und Sesselmann, 2004, S. 45). Diese Definition beschreibt standardisierte Produktionsprozesse. In den Prozessen einer Notaufnahme ist der Input (der Patient mit seinem Problem) nicht immer klar definiert. Es gibt große Unterschiede: Wenn sich ein Heimwerker mit dem Hammer auf den Daumen geschlagen hat, ist das Problem klar eingegrenzt, der Input ist definiert. Wenn ein Motorradfahrer mit einer bereits vom Notarzt diagnostizierten Kieferfraktur eingeliefert wird, ist in der Regel unklar, wie stark das mit dem Unfall verbundene Gehirntrauma ist. Wenn ein Patient mit dem sogenannten „unklaren Bauch“ eingeliefert wird, ist der Input sehr undefiniert.

Die Prozesskette in der Notaufnahme ist klar zweigeteilt. Zunächst wird möglichst schnell eine möglichst klare Diagnose erarbeitet, erforderlichenfalls neben der Durchführung lebenserhaltender Maßnahmen, danach wird der Behandlungsprozess eingeleitet. Letzterer muss nicht in der Notaufnahme stattfinden. Die Diagnoseprozesse sind sehr stark von den handelnden Personen in der Notaufnahme abhängig. Bei der Diagnose geht es darum, Muster zu erkennen und das Problem des Patienten richtig einzuordnen. (Wissenschaftliche) Ausbildung, Erfahrung und Intuition kennzeichnen den schnellen, treffsicheren Diagnostiker. Behandlungsprozesse können danach einigermaßen standardisiert ablaufen.

¹ Pidd (1998, S. 25 ff) unterscheidet bei Simulationsstudien zwischen process und content: „By process, is meant the manner in which a study is planned, conducted and completed. ... By content is meant knowledge related to the system being investigated and the simulation skills being employed to conduct the study.“ Ich werde vom Projektverlauf so weit wie möglich abstrahieren und Ihnen nur strukturelles Wissen vermitteln.

Eine derartige Abfolge von „Diagnose“ und „Behandlung“ gibt es überall. Die Serviceindustrie bietet explizit Diagnosen an, z.B. für Autos. Aber auch das sind Diagnoseprozesse: Vor der Reparatur einer Maschine wird geklärt, was der Schaden ist, im Beschwerdemanagement wird geklärt, was der unzufriedene Kunde will und auf welche Schwachstelle im Unternehmen er hinweist, in der Marktforschung wird geklärt, wie attraktiv das Leistungsangebot eines Unternehmens für Kunden ist, in der Planung wird geklärt, ob und wie Zielvorgaben erreicht werden können, bei der Akquisition eines Beratungsauftrages werden vor der Abgabe eines Angebots die Bedürfnisse und die Zahlungsbereitschaft des potenziellen Kunden geklärt. Diagnoseprozesse sind eine wesentliche Voraussetzung zielgerichteten Handelns.

Die meisten Klassifizierungen von (Geschäfts-) Prozessen (vgl. Schmelzer und Sesselmann, 2004, S. 55-61) sind selbst funktions- nicht prozessorientiert. Wir geben im Folgenden eine Klassifikation, die sich am Prozess selbst orientiert:

- Zielfindungsprozesse: Prozesse, die den Output unternehmerischen Handelns definieren
- Strukturierungsprozesse: Prozesse, die den Input von Geschäftsprozessen strukturieren
- Umsetzungs- / Durchsetzungsprozesse: Prozesse, die für die Umwandlung des definierten Inputs in den gewünschten Output sorgen.

Zielfindungsprozesse wurden im Projekt Notaufnahme nicht modelliert. Sie werden im gesamten Beitrag ausgeklammert. Sie sind bei Unternehmen weitgehend von den Besitzverhältnissen abhängig, bzw. sie laufen innerhalb von Strategieprozessen ab und sind damit schwer beobachtbar. Es besteht auch kein erkennbarer Bedarf für eine Simulation dieser Prozesse, zumindest für eine Diskrete Ereignis Simulation, wie wir sie behandeln.

Strukturierungsprozesse im Sinne der Diagnoseprozesse sind operative Routine. Eine explizite Abbildung der Strukturierungsprozesse wäre ein Expertensystem. Es gibt heute viele gut funktionierende Expertensysteme, allerdings nur sehr wenige, die den menschlichen Experten bei Strukturierungsprozessen überflüssig machen. Für einen Überblick über medizinisch gebräuchliche Expertensysteme vgl. z.B. http://www.deutsches-aerzteblatt.de/v4/pc/swliste/pc_oso016.asp. Dort ist für die Notaufnahme relevant nur Lexmed, ein Diagnosesystem für Blinddarmentzündungen aufgeführt. International gibt es mit PEPID (Portable Emergency and Primary Care Information Database) ein Diagnoseunterstützungssystem für die Notfallaufnahme (vgl. <http://www.pepid.com/default.asp?from=register>). Bei allen heute verfügbaren Expertensystemen werden Diagnoseprozesse zwar unterstützt, sie bleiben aber (noch) abhängig vom Fingerspitzengefühl des ausführenden menschlichen Experten. Dieser Sachverhalt trifft auch für Unternehmen zu: Strukturierungsprozesse, in denen menschliche Kommunikation

wesentlich ist, benötigen menschliche Experten, die den Prozess komplex – intuitiv durchführen. Strukturierungsprozesse auf der Sachebene (Maschinenbelegungsplanung, Fehlerdiagnosen bei Geräten) können heute weitgehend durch Systeme mit künstlicher Intelligenz erledigt werden. Aber selbst auf der Sachebene korreliert der praktische Wert dieser Systeme mit dem Expertenstatus des Anwenders (Beispiel: Der Hardware-Ratgeber in Windows 2000 ist für den völligen Laien praktisch wertlos). Falls Strukturierungsprozesse in Expertensystemen durchgeführt werden können, dann werden sie zu Umsetzungs- bzw. Durchsetzungsprozessen, da für das Expertensystem der vorher schlecht strukturierte Input hinreichend gut definiert ist. Es bleiben in der Realität aber immer Strukturprozesse, die komplex – intuitiv ausgeführt werden und die damit nicht explizit modelliert werden können.

Also müssen sie implizit modelliert werden. Diese Modellierung soll am Beispiel der Notaufnahme illustriert werden. Dort haben wir Prozesse beobachtet und mit ExpertInnen Prozessmodelle für ärztliche Disziplinen entwickelt (u.a. haben wir EPKen, ereignisgesteuerte Prozessketten entwickelt). Daraus wurden Kriterien zur Charakterisierung von Patienten beim Eintritt in die Notaufnahme und beim Verlassen der Notaufnahme entwickelt. Diese Kriterien mit beispielhaften Ausprägungen sind für Patienten der Allgemeinchirurgie in Abbildung 1 dargestellt.

	K1	K2	P2	K3	p3	K4	p4	K5	P5	K6	p6	K7	p7	P
AC	kein Notfall	0,99	mobil	0,8	Elektivfall	0,1								0,07920
AC					kein Elektivfall	0,9	Pat. bleibt AC	0,98	amb. Versorgung	0,3				0,20956
AC										sofortiger OP	0,5			0,34927
AC										stat. Aufnahme AC	0,2			0,13971
AC							Pat. wird stat. IM	0,01						0,00713
AC							Pat wird stat. Xy	0,01						0,00713
AC			liegend	0,2	k.U.	1	Pat. bleibt AC	0,98	amb. Versorgung	0,3				0,05821
AC										sofortiger OP	0,5			0,09702
AC										stat. Aufnahme AC	0,2			0,03881
AC							Pat. wird stat. IM	0,01						0,00198
AC							Pat. wird stat.xy	0,01						0,00198
AC	Notfall	0,01	liegend	1	k.U.	1	Pat. operabel	0,9	Aneurysma u.	Nierenarterie	0,7			0,00630
AC									Aneurysma o.	Nierenarterie	0,3			0,00270
AC							Pat. Nicht operabel	0,1						0,00100

Abbildung 1: Bildung von Patiententypen (vereinfacht, Wahrscheinlichkeiten nicht realistisch)

Jede Zeile der Abbildung 1 entspricht einem Patiententyp der Allgemein Chirurgie, einer von mehreren in einer großen Notaufnahme ständig tätigen ärztlichen Disziplinen. Die Diagnose- und Behandlungsprozesse der Notaufnahme sind grundsätzlich nach ärztlichen Disziplinen organisiert. Fachärzte haben die Leitung dieser Prozesse. Jeder reale Patient, der in die Notaufnahme gelangt, wird nach dem Erstkontakt (in der Regel von einer Verwaltungs- oder einer Pflegekraft) einer Disziplin zugeordnet, z.B. der Allgemein Chirurgie. Diese Charakterisierung funktioniert sehr schnell und zuverlässig. In den meisten Fällen bestätigt sich der Anfangsverdacht. Das Kriterium der Disziplin (K1) definiert neben dem behandelnden Arzt auch die Untersuchungspalette, die für den Patienten relevant ist. Das Kriterium zwei (K2) gliedert die Patienten in akute Notfälle deren Behandlung unter Zeitdruck und an Warteschlangen vorbei (hohe Priorität) erfolgt und in Patienten, deren Zustand deutlich weniger zeitkritisch ist. Kriterium drei unterscheidet zwischen Patienten, die gehend in die Notaufnahme kommen und sich während der Behandlung selbst bewegen können und solchen, die das nicht können, die für jede Bewegung auf (pflegerische) Unterstützung angewiesen sind. Kriterium vier unterscheidet bei den mobilen Patienten zwischen solchen, die lediglich für eine Einweisung auf die Station einbestellt sind (nach einer Überweisung von einem niedergelassenen Arzt) und solchen, die spontan die Notaufnahme aufsuchen. Der Elektivpatient ist hinreichend charakterisiert, für ihn wird lediglich - nach einem ärztlichen Gespräch - ein Aufnahmetermin mit einer Station vereinbart. Die Notaufnahme fungiert hier als Clearing-Stelle zwischen den niedergelassenen Ärzten und der Klinik.

Die nicht elektiven Patienten werden weiter nach ihren möglichen Zuständen beim Verlassen der Notaufnahme charakterisiert. Das Kriterium 5 beschreibt die Häufigkeit eines Disziplinwechsels, der in überhaupt nennenswerter Anzahl nur in den stationären Bereich einer anderen Disziplin erfolgt. Die meisten mobilen, nicht elektiven Patienten bleiben allgemein chirurgisch. Kriterium 6 unterscheidet nach einer Versorgung in der Notaufnahme, einer Weitergabe an den OP-Bereich und einer Einweisung in den stationären Bereich des Klinikums. Die Versorgung in der Notaufnahme wird individuell verschieden ausfallen, sie besteht aber immer aus einem abschließenden Gespräch mit dem Patienten in dem der weitere Behandlungsbedarf (im niedergelassenen Bereich) abgesprochen und falls Bedarf besteht mit dem Arztbrief an die externen Ärzte kommuniziert wird. Die anderen Ausprägungen des Kriteriums 6 führen dazu, dass der Patient die Notaufnahme verlässt, aber in der Klinik verbleibt. Das hat andere Übergabeaktivitäten zur Folge. Die Kriterien charakterisieren die Patienten relativ grob. Für die meisten Patiententypen bleibt die Notaufnahme eine black box, es werden lediglich Input-Output-Kriterien fixiert. Nur für den Notfallpatienten wird außer der pauschalen Zuordnung zur Allgemein Chirurgie noch das medizinische Problem charakterisiert.

Ziel der Typisierung war eine minimale, nicht eine an Krankheitsbildern realistische Ausdifferenzierung der Patienten². Die Patiententypen sind so gewählt, dass die Behandlungsverläufe für einzelne Patienten, die zu einem Patiententyp gehören, sehr ähnlich sind. In einer Notaufnahme steht ein bestimmtes Spektrum an Untersuchungsmöglichkeiten zur Verfügung. Ein Allgemeinchirurg wird immer eine Anamnese durchführen, Blut abnehmen und eine Laboruntersuchung veranlassen. Er kann eine Sonografie, eine Angiografie durchführen, ein EKG, eine Röntgenaufnahme, ein CT veranlassen oder um das Konsil von Kollegen bitten. Bis auf das Konsil (selbst wieder ein Strukturierungsprozess) handelt es sich dabei um Umsetzungsprozesse. Mit standardisierten Verfahren wird der Lösungsraum für das einen Patienten betreffende Strukturierungsproblem abgesucht. Spätestens wenn die Untersuchungsmöglichkeiten erschöpft sind, muss eine Entscheidung getroffen werden. In klaren Fällen, in denen meistens das volle Spektrum an Untersuchungen nicht ausgeschöpft wird, schließt sich an den Diagnoseprozess die ambulante Versorgung oder die Überleitung zur Operation an, in weniger klaren Fällen, in denen das Untersuchungsspektrum eher ausgeschöpft wurde, kommt der Patient zur weiteren Abklärung auf die Station. Damit geben die letzten Outputkriterien einen deutlichen Hinweis darauf, ob der Strukturierungsprozess geglückt ist. Da die Behandlungspfade für Patiententypen ähnlich sind, können für sie Behandlungsnetzpläne entwickelt werden. Die Knoten der Pläne sind die einzelnen Untersuchungsprozesse (Umsetzungsprozesse). In redundanter Form, die Redundanz ist der Verwendung im Simulationsmodell geschuldet, werden diese Netzpläne in Matrizen abgebildet.

² Schon bei der groben Typisierung ergaben sich für die Notaufnahme insgesamt über 80 Patiententypen.

Vorgänger	Vorbereitungen durchführen	allg. pfleger. Aktivitäten_1	Aufnahme Arzt	Aufnahme Verwaltung	allg. pfleger. Aktivitäten_2	EKG	Blutabnahme	Laboruntersuchung veranlassen	allg. pfleger. Aktivitäten_3	Laboruntersuchung abgeschl.	Laboregebnisse auswerten	allg. pfleger. Aktivitäten_4	Sono	CT	allg. pfleger. Aktivitäten_5	Ärztliche OP Vorbereitung	Pflegerische OP Vorbereitung	allg. pfleger. Aktivitäten_6	Röntgen
Nachfolger																			
Vorbereitungen durchführen																			
allg. pfleger. Aktivitäten_1	1																		
Aufnahme Arzt	1																		
Aufnahme Verwaltung	1																		
allg. pfleger. Aktivitäten_2	1	1																	
EKG	1																		
Blutabnahme	1																		
Laboruntersuchung veranlassen	1						1												
allg. pfleger. Aktivitäten_3	1	1			1														
Laboruntersuchung abgeschl.	1						1	1											
Laboregebnisse auswerten	1						1	1	1										
allg. pfleger. Aktivitäten_4	1	1			1				1										
Sono	1																		
CT	1																		
allg. pfleger. Aktivitäten_5	1	1			1				1				1						
Ärztliche OP Vorbereitung	1					1							1	1					
Pflegerische OP Vorbereitung	1					1							1	1					
allg. pfleger. Aktivitäten_6	1	1			1				1				1		1				
Röntgen	1					1							1	1		1	1		
Pat. in OP bringen	1					1							1	1		1	1		1

Abbildung 2: Ausschnitt (Anfang) der Behandlungsmatrix für den allgemeinmedizinischen Notfall.

Wenn in einer Zelle der Behandlungsmatrix eine eins steht, dann kann die Aktivität im Zeilenkopf erst durchgeführt werden, wenn die Aktivität im Spaltenkopf beendet ist. Im Beispiel ergibt sich aus Abbildung 2 folgender Anfang des Behandlungsverlaufs: Der Notfallpatient mit dem Aneurysma (das ist ein perforierendes Gefäß, das zu tödlich verlaufenden Blutungen führen kann) ist von der Leitzentrale angemeldet. Die Notfallaufnahme kann sich auf das Eintreffen des Patienten vorbereiten. Sobald der Patient eingetroffen ist, können pflegerische Aktivitäten ablaufen, es kann Blut abgenommen werden, es kann eine Sonographie oder ein CT aufgenommen werden, es kann ein EKG geschrieben werden, der Arzt bzw. das Verwaltungspersonal kann den Patienten aufnehmen. Die Reihenfolge dieser Vorgänge ist nicht festgelegt, sie sind nicht voneinander abhängig. Die allgemeinen pflegerischen Aktivitäten 2 können erst nach den Aktivitäten 1 ablaufen und die Laboruntersuchung kann erst nach der

Blutabnahme veranlasst werden. Ein EKG, eine Sonographie und ein CT müssen vor einer Operation gemacht sein. Mit dieser Auflösung in Netze von Routineprozessen ist ein Rahmen für die Strukturierungsprozesse erreicht. Inwiefern dieser Rahmen ausgeschöpft wird, hängt von der Ausbildung, der Erfahrung und der Intuition der Akteure in der Notaufnahme ab. Gute Diagnostiker kommen mit wenigen Untersuchungen zu denselben oder besseren Resultaten als andere.

Die Umrisse des Bildes aus der Notaufnahme lassen sich auf andere Bereiche übertragen: Für jede Strukturierungsaufgabe (Beispiele stehen auf Seite 3) gibt es in einer Organisation ein Arsenal von Analysemethoden und eventuell auch Hilfsmittel der künstlichen Intelligenz. Für deren sinnvollen Einsatz wird man – von einem gegebenen Kenntnis- und Kompetenzstand der Organisation ausgehend – zumindest teilweise sinnvolle Reihenfolgen angeben können. Die Typisierung des Inputs ist ebenfalls verbreitet: A,B,C-Kunden oder Teile; Projektklassen, Marktsegmente sind Beispiele für solche Typisierungen.

3 Der Inhalt des Simulationsmodells der Notaufnahme

In die in Abschnitt 2 erläuterten und allgemein modellierten Strukturierungsprozesse soll jetzt konkreter Prozessinhalt eingefügt werden. Die konkreten Prozesse hängen davon ab, wie effizient die Handlungsmöglichkeiten innerhalb des oben definierten Rahmens ausgenutzt werden. Die Effizienz hängt von Ausbildung, Erfahrung und Intuition der handelnden Personen ab. Das kann nicht aus einer reinen Strukturbetrachtung der möglichen Inputs und Outputs der Prozesse, der möglichen in den Strukturierungsprozessen einsetzbaren Umsetzungsprozesse und eventueller logischer Reihenfolgebedingungen zwischen letzteren, sozusagen vor den realen Prozessen, modelliert sondern muss beobachtet und dann im Modell abgebildet werden. Weil wir die kreativen Prozesse nicht synthetisch modellieren können, müssen wir ihre Manifestation beobachten. Die Beobachtungen müssen als Grundlage eines Simulationsmodells Aufschluss darüber geben, welche Untersuchungen / Behandlungen mit einem Patienten von wem, wo und mit welchem Zeitbedarf durchgeführt werden. Da die Beobachtungen dem Bau eines Simulationsmodells dienen, richten sie sich sinnvoller Weise an den Möglichkeiten zur und den Zielen der Simulation aus. Wir haben für diese Ausrichtung das Entity-Relationship-Datenmodell der Abbildung 3 entwickelt und verwendet.

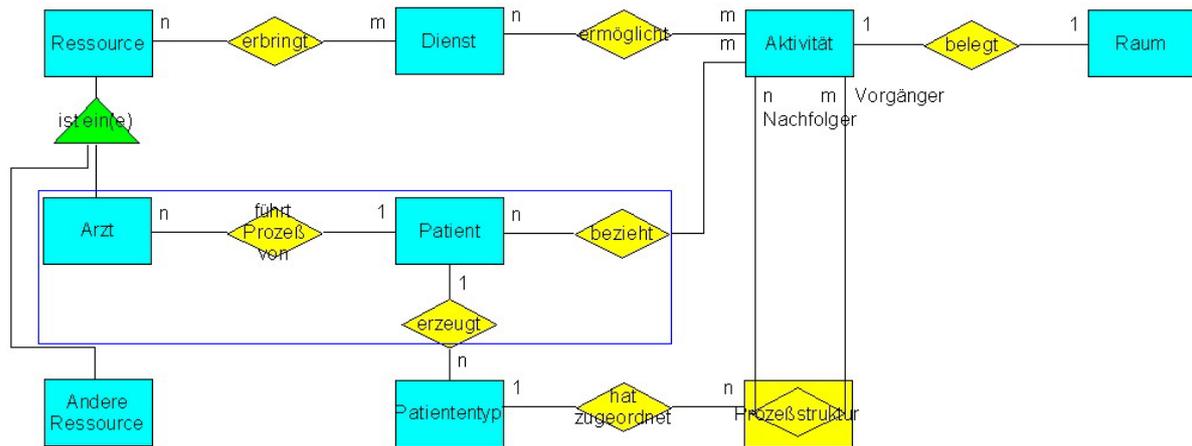


Abbildung 3: Das Datenmodell für die Simulation der Notaufnahme

In der Simulation werden die Prozessinstanzen „Patient“ erstens – die Existenz im System betreffend - durch eine Lieferliste und zweitens – die Menge und Abfolge der Untersuchungen betreffend - durch Stichprobenziehung aus Patiententypen mit zugeordneter Prozessstruktur erzeugt. Wie eben ausgeführt, muss die Zuordnung von Patiententyp und Prozessstruktur experimentell ermittelt werden. Zu jedem realen, beobachtbaren Patienten gibt es eine (immer häufiger elektronisch auswertbare) medizinische³ Patientendokumentation: Welche medizinischen Leistungen wurden für den Patienten erbracht und welche Befunde wurden ermittelt. Jeder beobachtete Patient kann eindeutig einem Patiententyp zugeordnet werden. Durch Aggregation der Untersuchungs- und Behandlungsaktivitäten einzelner Patienten in „ihren“ Patiententyp wird ermittelt, wie häufig Aktivitäten aus dem Rahmen der Behandlungsmatrizen für einen bestimmten Patiententyp ausgeführt werden.⁴ Die Zeiten der Aktivitäten sind der Patientendokumentation nicht zu entnehmen. Diese müssen direkt gemessen oder abgeschätzt werden. Das Ergebnis von Häufigkeitsermittlung und Zeiterfassung wird in Abbildung 3 als Prozessstruktur bezeichnet. Da eine Behandlungsmatrix mehreren Patiententypen zugeordnet werden kann, könnte theoretisch auch eine Prozessstruktur mehreren Patiententypen zugeordnet werden (so die Modellierung in Abbildung 3). Praktisch wird sich

³ Es wird auch pflegerisch dokumentiert. Dort erfolgt aber keine lückenlose Dokumentation der Aktivitäten.

⁴ Diese Analyse kann nach den handelnden Personen differenziert werden. Im Projekt Notaufnahme wurde nach Ärzten im Praktikum und erfahrenen Fachärzten differenziert. Es hat sich dabei schon im Zuge der Prozessanalyse gezeigt, dass der selbständige Einsatz von relativ unerfahrenen Ärzten gerade in der Notaufnahme ein Problem darstellt: Es werden viele Untersuchungen gemacht, es wird häufig auf die Beratung erfahrener Kollegen zurückgegriffen (Konsil) und es wird relativ teuer mediziert.

jedoch immer eine eins zu eins Zuordnung ergeben, da zu verschiedenen Patiententypen gehörende beobachtete Patienten nie die gleichen Häufigkeiten und Ausführungszeiten für die Aktivitäten der gesamten Behandlungsmatrix aufweisen werden. Die Häufigkeiten werden für einzelne Prozessinstanzen als Wahrscheinlichkeiten interpretiert und mit ihnen werden aus Patiententypen einzelne Prozessinstanzen initiiert. Beim Eintritt einer Patienteninstanz in das Simulationsmodell steht dann fest, welche Untersuchungen / Behandlungen (Teilmenge aus der Behandlungsmatrix zum Patiententyp) zu dieser Instanz simuliert werden.

In der von uns verwendeten, objektorientierten Simulationssoftware eM-Plant™⁵ wird dazu dem Objekt Patient eine Tabelle mit benutzerdefinierten Attributen mitgegeben, die unter anderem die reduzierte Behandlungsmatrix enthält. Alle Aktivitäten, deren Zeilensumme in der individuellen Behandlungsmatrix Null ist, können ausgeführt werden. Wenn eine Aktivität ausgeführt wurde, werden alle Felder in ihrer Spalte auf Null gesetzt. Dadurch werden sukzessive andere Aktivitäten ausführbar.

Aktivitäten benötigen Räume und Dienste. Räume sind Ressourcen, Dienste sind Fähigkeiten, die auf Patienten angewendet werden. Dienste werden von Ressourcen geleistet. Das Dienst-Ressourcen- oder Rollen-Ressourcen-Konzept ist heute in führenden Simulationssoftware üblich und ermöglicht eine sehr flexible Zuordnung von Ressourcen zu Aktivitäten. Eine Aktivität kann mehrere Dienste benötigen (z.B. einen ärztlichen, einen pflegerischen und einen Gerätedienst), ein Dienst kann für mehrere Aktivitäten relevant sein. Genauso besteht eine n:m - Beziehung zwischen Ressourcen und Diensten.

Einige Ressourcentypen des Modells wurden schon genannt: Ärzte, Pflegekräfte, Geräte und Räume. Dazu kommen noch Labore. Die Ärzte sind in der Abbildung 3 durch den (dreieckigen) Spezialisierungsoperator hervorgehoben. Sie sind im Modell eine herausgehobene Ressource (gegenüber den „Andere Ressource“), einerseits weil sie die Prozessverantwortung für einen Patienten tragen (ein Patient ist eindeutig einem prozessführenden Arzt zugeordnet, ein Arzt kann mehrere Patienten prozessführend betreuen) andererseits weil durch die Zuordnung eines Arztes zu einem Patienten, nach der Auswertung des „Erfahrungsattributes“ des Arztes (erfahren / unerfahren) unterschiedliche Prozessstrukturen für die Patienteninstanz relevant sind (die Behandlungsmatrizen können für erfahrene und unerfahrene Ärzte unterschiedlich sein). Mit der Verbindung zu einem Arzt, die sich bei mehreren im Simulationsmodell aktiven Ärzten durch die erste Verfügbarkeit für den Patienten ergibt, stehen im Simulationsmodell die Behandlungen / Untersuchungen für eine Patienteninstanz fest.

⁵ EM-Plant™ ist ein eingetragenes Warenzeichen der UGS Corporation, Plano

Die Dynamik des Simulationsmodells wird durch Prioritäten, durch Schichtpläne und durch die Definition von Ereignissen gesteuert. Nachdem Patienten ins System eingefügt wurden, werden sie entsprechend einer initial im Patiententyp liegenden und dynamisch im Verlauf veränderbaren Priorität und entsprechend der Verfügbarkeit von Diensten im System durch ihren individuellen Behandlungsprozess geführt. Die Dienste werden von den nach Schichtplan verfügbaren Ressourcen erbracht. Auf Einzelheiten der Übergabe von Patienten bei Schichtwechsel kann hier nicht eingegangen werden. Als Ereignis fungiert jede relevante Zustandsänderung des Systems: Eintritt einer Patienteninstanz, Aktivwerden einer Ressource, Ende der Verfügbarkeit einer Ressource, Beginn einer Aktivität, Ende einer Aktivität. Da die Patienten so schnell wie möglich durch das System geschleust werden sollen, werden mögliche Aktivitäten immer so schnell wie möglich ausgeführt. Dass eine Aktivität, die von den Reihenfolgebedingungen der reduzierten Behandlungsmatrix einer Patienteninstanz her möglich ist, nicht ausgeführt wird, kann dann nur daran liegen, dass ein benötigter Dienst nicht zur Verfügung steht. Jede Erhöhung der Verfügbarkeit von Diensten (Eintritt einer Ressource oder Beendigung einer Aktivität) löst deshalb eine Steuerungsroutine aus. Patienten bilden bei Engpässen Warteschlangen vor Diensten. Die neue Ressource wirkt entsprechend ihrem Dienstangebot auf die Warteschlangen vor Diensten ein. Bei Beendigung einer Aktivität werden für den Patienten, der gerade fertig geworden ist, die jetzt möglichen Aktivitäten überprüft und für diese wird ermittelt, ob es für die dafür erforderlichen Dienste Warteschlangen gibt. Jeder Patient der wartet, ist mit einem Warteobjekt (Wartemarke) in jeder Warteschlange vertreten, die vor einem Dienst definiert wird, den er für eine seiner nach Behandlungsmatrix möglichen Aktivitäten benötigt. Diese Warteschlangen werden entsprechend der Patientenpriorität und der Wartedauer abgearbeitet. Kommt eine Patient zum Zuge, dann wird er aus allen Warteschlangen gelöscht. Der Dienst / die Dienste auf die gewartet wurde, wird / werden in einer Aktivität für die Patienteninstanz eingesetzt. Die Beendigung der Aktivität löst eine neue Steuerung aus.

In den benutzerdefinierten Attributen der Patienten wird der Ablauf des simulierten Prozesses dokumentiert: Welche Aktivitäten wurden wann und von welchen Ressourcen ausgeführt?. Vor welchen Aktivitäten wurde wie lange auf welchen Dienst gewartet? Jede Patienteninstanz erhält so einen vollständigen Satz der sie betreffenden Prozessdaten. Teilprozesse, die sich von der Patienteninstanz ablösen, wie Laboruntersuchungen und Dokumentationsprozesse sind selbst statistiktragende Objekte und übergeben ihre Werte bei der Synchronisation mit dem Patientenobjekt an dasselbe. Aus dem vollständigen Satz an Basisdaten, die beim Passieren der Senke des Modells (Verlassen der Notaufnahme) vom Patientenobjekt auf ein Tabellenobjekt des Simulationslaufs übergeben werden, kann dann jede beliebige Statistik betreffend Durchlaufzeiten und Auslastungen / Überlastung von Ressourcengeneriert werden.

4 Praktische Handhabung des Modells

Die flexible Architektur des Modells erlaubt dessen flexible Verwendung. Dies betrifft erstens die Art der zu simulierenden Probleme und es betrifft zweitens die praktische Handhabung eines bestimmten Problems.

Die Prozesse der Notaufnahme können, wie in Abschnitt 3 gezeigt, mit jedem gewünschten Detaillierungsgrad analog zu einem Workflow modelliert werden. Ein Workflow Management System ist: „A system that completely defines, manages and executes “workflows” through the execution of software whose order of execution is driven by a computer representation of the workflow logic“ (Hollingworth, 1995, S. 6). Jedes Simulationsmodell ist ein Modell eines Workflow Management Systems in diesem allgemeinen Sinn. Unser Modell trennt jedoch klar zwischen dem Workflow und dem Workflow Management System. In unserem Modell trägt jede Patienteninstanz ihren Workflow als Tabellenattribut (reduzierte Behandlungsmatrix) mit sich. Das erlaubt eine einfache Modellierung des Simulationsmodells, weil die Prozesslogik, die im Workflow enthalten ist, nicht in das Modell eingebaut werden muss. Übliche Simulationsmodelle bilden Untersuchungssequenzen über wahrscheinlichkeitsbehaftete Verzweigungen ab, z.B. so:

- „Percentage Requiring First Test (lab, radiology, both)
- Percentage Requiring Second Test (dependent upon first test)
 - If first was lab – probability that the second Cat or X-ray
 - If first was X-ray, probability that the second X-ray or Cat
 - If first was Cat no second test“ (Samaha u.a. 2003, S. 1909).

Modelle dieser Art sind dediziert, mit ihnen können nur Prozesse simuliert werden, die so ähnlich sind wie eine Notaufnahme. In unserem Simulationsmodell wird die Prozesslogik außerhalb des Simulationsmodells definiert. Das Simulationsmodell arbeitet jede Prozesslogik ab, die sich mit den Werkzeugen der Behandlungsmatrix darstellen lässt. Mit der im Folgenden dargestellten Auswahl von Aktivitäten aus einer Behandlungsmatrix und der (logischen) Erweiterung der Behandlungsmatrix um Verzweigungen lässt sich praktisch jeder Prozess darstellen.

Aktivitäten selektieren		Zeiten		Verzweigungen, Gruppenschlüssel und Wahrscheinlichkeiten	
	Aktivität	Durchführen			
<input checked="" type="checkbox"/>	Angio	<input checked="" type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	allg. pfleger. Aktivitäten_5	<input checked="" type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	CT	<input checked="" type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	allg. pfleger. Aktivitäten_6	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Sono	<input checked="" type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	allg. pfleger. Aktivitäten_7	<input checked="" type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Röntgen	<input checked="" type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	EKG	<input checked="" type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	allg. pfleger. Aktivitäten_8	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Konsil IM Untersuchung	<input checked="" type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Konsil Sonst. Untersuchung	<input checked="" type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	allg. pfleger. Aktivitäten_9	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Ergebnisse auswerten Arzt_AC	<input checked="" type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	Ergebnisse auswerten Arzt_IM	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	Ergebnisse auswerten Arzt_Sonst	<input type="checkbox"/>			

Abbildung 4: Reduzierung der Behandlungsmatrix

Aus einer umfassenden Behandlungsmatrix (im konkreten Fall wurde sie als Vereinigungsmenge der Aktivitäten für alle mobilen und liegenden AC-Patienten inklusive Reihenfolge definiert) werden für einzelne Patiententypen die relevanten Teilprozesse ausgewählt. Dieser Auswahlvorgang wird durch Prozessexperten in einer ACCESS-Oberfläche vollzogen. Die nicht markierten Prozesse werden nicht in die reduzierte Behandlungsmatrix übernommen, die in das Simulationsmodell (in eM-Plant™) übergeben werden. Sie sind in den Aktivitäten zu dem Reiter „Verzweigungen, ...“ nicht mehr enthalten.

Aktivitäten selektieren		Zeiten		Verzweigungen, Gruppenschlüssel und Wahrscheinlichkeiten				
	Aktivität	Verzweigung	Wahr_Verzw	1Gruppenschlüssel	1Wahr	2Gr	2Wa	Einzelwa
<input type="checkbox"/>	Angio							0,1
<input type="checkbox"/>	allg. pfleger. Aktivitäten_5							1
<input type="checkbox"/>	CT							0,1
<input type="checkbox"/>	Sono							0,8
<input type="checkbox"/>	allg. pfleger. Aktivitäten_7							1
<input type="checkbox"/>	Röntgen							0,6
<input type="checkbox"/>	EKG							0,3
<input type="checkbox"/>	Konsil IM Untersuchung	1	0,2	1	0,5			1
<input type="checkbox"/>	Konsil Sonst. Untersuchung	1		2	0,5			1
<input type="checkbox"/>	Ergebnisse auswerten Arzt_AC							1
<input type="checkbox"/>	amb. Therapie Team							1
<input type="checkbox"/>	Ärztl. Entlassung							1
<input type="checkbox"/>	pfleger. Entlassung							1
<input type="checkbox"/>	Dokumentation Patient Arzt_AC							1
<input type="checkbox"/>	Dokumentation Patient Pfleger_AC							1

Abbildung 5: Ausführung der UND-, ODER- und ENTWEDER-ODER-Operatoren (Spalten komprimiert)

Die allg.pfleger.Aktivitäten 6 und 8 sind in Abbildung 5 aufgebildet. Zu jeder Aktivität können Einzelwahrscheinlichkeiten eingegeben werden. Wird eine 1 eingegeben, so entspricht das dem

UND-Operator für die Aktivität, die Aktivität wird auf jeden Fall ausgeführt. Wird ein Wert kleiner 1 eingegeben, so entspricht das dem ODER-Operator. Für den ENTWEDER-ODER-Operator gibt es die Verzweigung, dargestellt an den Konsilen IM und Sonstiges Konsil. Die Zahl „1“ in der zweiten Spalte „Verzweigung“ ist ein Zusammenfassungsschlüssel, die beiden Konsile bilden eine Verzweigung. Weitere Verzweigungen, die nicht untereinanderstehen müssen, würden einen anderen Zusammenfassungsschlüssel bekommen. Die Wahrscheinlichkeit in der dritten Spalte „Wahr_Verzw“ geben die Gesamtwahrscheinlichkeit für die Verzweigung an: Mit 20 % (empirischer) Wahrscheinlichkeit wird überhaupt ein Konsil durchgeführt. Die Zahlen „1“ und „2“ in der vierten Spalte sind in der Abbildung 4 Spezifikationsschlüssel. Es findet entweder ein Konsil IM oder ein sonstiges Konsil statt, beides mit der Wahrscheinlichkeit von 0,5. Dies ist der einfachste Fall einer Verzweigung. Man kann in der vierten Spalte auch einen Zusammenführungsschlüssel verwenden, wenn man mehrere Aktivitäten mit demselben Schlüsselwert kennzeichnet. Man kann dann die ENTWEDER-ODER-Logik in weiteren Spalten fortsetzen oder für eine Gruppe auf die UND-ODER-Logik umschalten, indem man die Einzelwahrscheinlichkeiten für einzelne Aktivitäten, die in einer Gruppe nicht unbedingt stattfinden, heruntersetzt. Das Modell kann also mit den Hilfsmitteln von MS-Office™⁶ alle Prozesse abbilden, die z.B. mit ereignisgesteuerten Prozessketten abgebildet werden können. Damit ist es allgemein einsetzbar.

Für ein konkretes Problem kann die Prozessstruktur mit beliebigen Hilfsmitteln analysiert werden. Wir haben gute Erfahrungen mit dem ARIS-Toolset™⁷ gemacht, es geht aber auch auf Metaplantafeln mit handgezeichnete Netzen. Die Prozessstruktur muss dann von einem Mitglied des Analyseteams, der sich in ca. 2 Tagen in die Office-Komponente unseres Modells einarbeiten muss, in die oben dargestellte Tabellenform gebracht werden. Dann ist das konkrete Problem der Struktur nach definiert

⁶ MS – Office ist ein eingetragenes Warenzeichen der Microsoft Corporation

⁷ ARIS ist ein eingetragenes Warenzeichen der IDS Professor AG, Saarbrücken

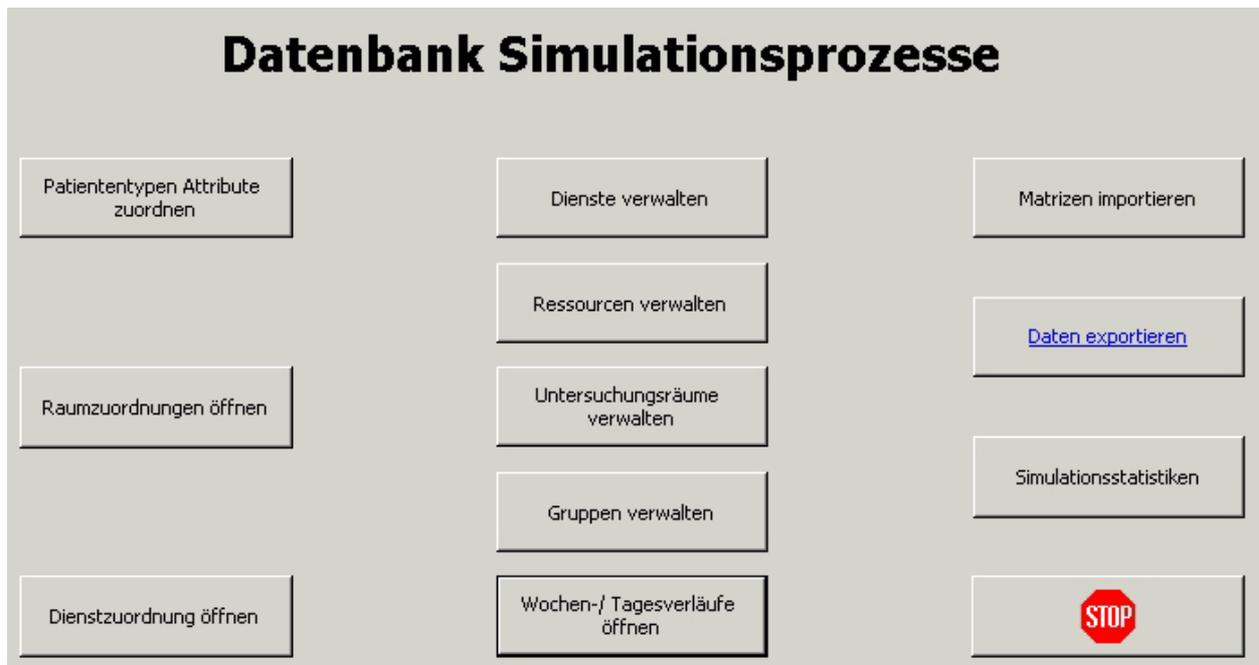


Abbildung 6: Die Steuerung des ACCESS - Datenbanktools

In der linken Spalte des Steuerungsbildschirms werden die Aktivitäten verwaltet. Die Eingabemasken aus Abbildung 4 und Abbildung 5 werden von hier aus angesteuert, Räume (Arbeitsplätze) und Dienste werden den Aktivitäten zugeordnet. In der mittleren Spalte werden Dienste, Ressourcen und Räume „etikettiert“. Im Simulationsmodell (in eM-Plant) haben die Dienste für alle möglichen Probleme die Schlüssel Dienst_AA bis Dienst_ZZ. Für konkrete Probleme können in ACCESS sprechende Etiketten definiert werden, mit denen die Dienste dann in Simulationsläufen des konkreten Problems bezeichnet werden (Dienst_AN erhält das Etikett „Phlebografie“). Die Zuordnungen in der linken Spalte können für ein konkretes Problem schon mit den Etiketten durchgeführt werden. In „Gruppen verwalten“ können verschiedenen Zuständen von Ressourcen verschiedene frei wählbare Piktogramme zugeordnet werden. „Wochen-/ und Tagesverläufe öffnen“ gestattet die (wenn es die Datenbasis erlaubt auch wahrscheinlichkeitsabhängige) Definition von Lieferlisten, mit denen das Eintreffen von Patienten gesteuert wird. Die rechte Spalte dient außer dem Anhalten der Datenbank zur Kommunikation mit anderen Systemen. „Matrizen importieren“ holt die Patiententypenmatrizen und die Behandlungsmatrizen aus EXCEL in ACCESS⁸. „Daten exportieren“ übergibt die Modellstruktur an eM-Plant und „Simulationsstatistiken“ übernimmt die Simulationsergebnisse aus eM-Plant. Die Elementardaten aus der Simulation werden in ACCESS problemspezifisch aufbereitet.

⁸ Die EXCEL-Tabellen werden zur Zeit durch VBA-Programme ersetzt.

Das Simulationsmodell in eM-Plant ist ein Workflow-Management-System für die aus ACCESS übernommenen Modell-Workflows. Die wesentliche Kontrolloberfläche ist in Abbildung 7 dargestellt. Diese animierte Oberfläche dient in erster Linie der Verifikation des Modells bei neuen zu simulierenden Problemen. Im gelben Bereich (rechts oben) sind die zur Zeit nicht aktiven Ressourcen mit ihrer Verfügbarkeit abgebildet. Die Piktogramme sind hier so gewählt, dass menschliche Ressourcen in Dienstkleidung verfügbar, in Freizeitkleidung außer Schicht sind. Im blauen Bereich (rechts unten) werden Räume (Arbeitsplätze) abgebildet, zu denen navigiert werden kann (in ein untergeordnetes Netz), um die Belegung zu kontrollieren. Der grüne Bereich (großer Bereich links) bildet hervorgehobene Räume (Arbeitsplätze) ab. Im Notaufnahmeprojekt waren dies die Untersuchungskabinen, die Schockräume (Reanimationskabinen) und das Labor. Da die Ressourcenanzahl frei wählbar ist und auch die Kabinen entsprechend der in ACCESS definierten Anzahl in eM-Plant in jedem Simulationslauf kreiert werden, ist dieser Bereich recht groß gehalten und im Beispiel nur wenig gefüllt.

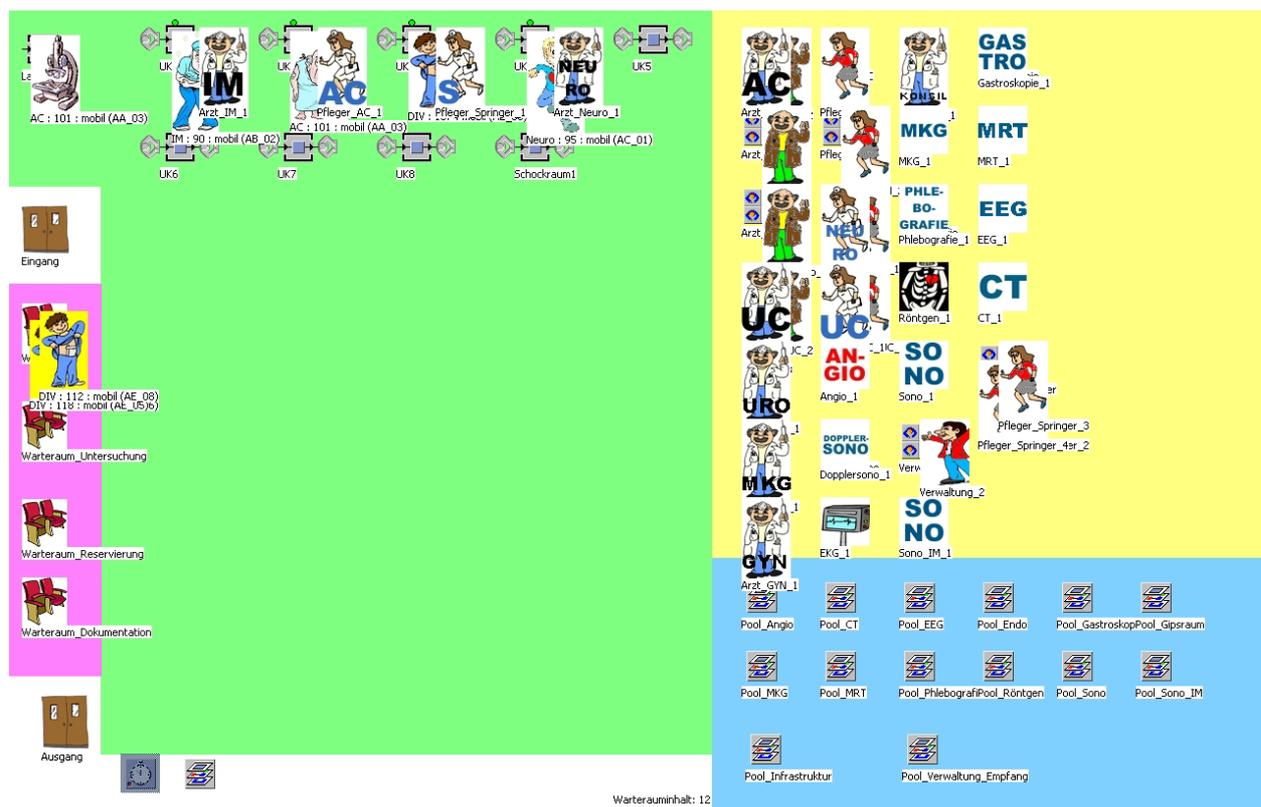


Abbildung 7: Kontrolloberfläche der Simulationsmaschine

Es fällt auf, dass das Modell ohne die Verwendung von Kanten konstruiert wurde. Die Verwendung von Kanten, die die Modellierung erheblich vereinfacht hätte, ist für unser Prozessmodell ungeeignet. Es gibt bei unserer Prozesslogik keine vordefinierten Übergänge von

einer Raumressource in die andere. Erstens ist die Reihenfolge der Aktivitäten nicht in einer räumlichen Anordnung (wie bei einem Fließband) abgebildet und zweitens sind die Untersuchungskabinen Universalräume, in denen viele Aktivitäten ablaufen können. Der erste Punkt bedeutet, dass, wenn man die für alle Patiententypen und für alle daraus ableitbaren Patienteninstanzen möglichen Pfade zwischen Räumen mittels Kanten abbilden wollte, man wiederum erstens einen Dschungel von Kanten erzeugen würde und zweitens eine aufwändige Flussteuerung installieren müsste, um die Instanzen auf den richtigen Kanten weiterzubewegen. Einfacher ist da die von uns gewählte Vorgehensweise der direkten Umlagerung in Raumressourcen (auch Warteräume) mit in SIMTALK™ (der Programmiersprache von eM-Plant) geschriebenen Methoden. Die Universalität der Untersuchungskabinen bewirkt, dass es häufig sinnvoll ist, eine Anschlussaktivität in derselben Untersuchungskabine durchzuführen. Es gibt aber keine Kanten von einem Objekt zu demselben Objekt. Man kann in dasselbe Objekt nur mit einer Methode direkt umlagern. Aus diesen Gründen lagern wir die Patienteninstanzen nach Auswertung der Prozesslogik direkt in die relevanten Räume um. Die Patienten springen dadurch in der Animation von Raum zu Raum. Dasselbe gilt aus ähnlichen Gründen für die Personalressourcen. Für die Modellverifikation durch Simulationsexperten reicht diese Oberfläche (mit erfahrbaren discrete events) aus. Bei Präsentationen in Leitungsgremien ist Vermittlungsarbeit zu leisten.

Die nicht räumliche, sondern Workflow – Orientierung⁹ hat zur Folge, dass sich die Wege zwischen Räumen / Orten sich erst während der Laufzeit des Modells ergeben: Es wird nach Verfügbarkeit der Dienste im Simulationsmodell „entschieden“, ob ein Patient z.B. von der Röntgenuntersuchung zum MRT geht, oder von einer Untersuchungskabine aus. Sofern sich die Wege den Aktivitäten eindeutig zuordnen lassen, stellt das kein Problem dar. Eine eindeutige Zuordnung von Wegen zu Aktivitäten kann unter dem Reiter „Zeiten“ der Abbildung 5 vollzogen werden. Eindeutige Zuordnung der Wege zu den Aktivitäten bedeutet aber, dass man die Metrik der französischen Eisenbahnen zugrundelegt - alle Strecken führen über Paris. In der Notaufnahme steht der zentrale Warteraum für Paris, in anderen Zusammenhängen die zentrale Poststelle oder das WLAN des Unternehmens. Wenn die Wege jedoch nicht nur von der Aktivität, sondern auch von dem Ort der Vorgängeraktivität abhängen, was typisch für logistisch

⁹ „Die auslösenden Ereignisse eines Workflow oder einer Aufgabe sind in deren Definition eingetragen. Wenn Sie die auslösenden Ereignisse aktivieren, aktiviert das System automatisch die zugehörige Ereignis-Verbraucher-Kopplung.“ (SAP, 2006) Bei uns ist das primäre auslösende Ereignis für eine Behandlung / Untersuchung deren Möglichkeit aufgrund der sich zu Null ergebenden Zeilensumme in der Behandlungsmatrix. Dienste, auch die von Räumen werden der Untersuchung entsprechend der Definition der Aktivität zugeordnet. Die räumliche Folge eines Prozesses ist also keine Determinante des Prozesses sondern in workflows ein Determinandum.

geprägte Prozesse ist, dann kann das Problem mit unserer Methode zwar behandelt werden, die Steuerungen werden aber deutlich aufwändiger und die Performance des Modells leidet. Für die klassischen logistischen Probleme sind auch aus diesem Grund die eingeführten VIMS (Visual interactive Modelling Systems) wie z.B. eM-Plant, ARENA oder Taylor II unserem räumlich abstrakten Ansatz klar überlegen. Für eine Notaufnahme ist die Abstraktion von Wegenetzen jedoch unerheblich, weil hier die Wege und damit die Wegzeiten in Relation zu den Warte-, Untersuchungs- und Behandlungszeiten kurz sind. Alle dokumentenorientierten Geschäftsprozesse, in denen Dokumente entweder auf kurzen Wegen oder über zentrale Verteilungen (Poststelle, WLAN) kommuniziert werden, sind von der räumlichen Einschränkung unseres Modells ebenfalls nicht betroffen. Diese Geschäftsprozesse sind es, auf die das Modell ausgerichtet ist.

5 Schlussfolgerungen

Das vorgestellte Modell trennt konsequent zwischen der (statischen) logischen Modellierung einzelner Prozesse und der dynamischen discrete event simulation einer Vielzahl solcher Prozesse im Zusammenhang, der durch gemeinsam beanspruchte Ressourcen hergestellt wird. Das statische Modell wird in ACCESS dokumentiert. Die Simulation läuft in eM-Plant. Die Simulation ist ein generisches Werkzeug, das sehr verschiedene Geschäftsprozesse simulieren kann. Das Simulationsmodell gibt elementare Statistiken an die ACCESS-Datenbank zurück, in denen jede Veränderung des Zustandes der Simulationsinstanzen und jede Tätigkeit der Ressourcen dokumentiert sind. Diese detaillierten Statistiken können flexibel problemspezifisch ausgewertet werden.

Das bedeutet, dass es in BPR-Projekten eine klare Arbeitsteilung zwischen den Experten des Business-Content und den Experten für Simulation geben kann. Man muss die Fachexperten nicht in die Bildung großer, komplexer Simulationsmodelle einbinden. Man kann den „Schuster bei seinem Leisten belassen“. In Input-Output-Beziehungen und in Netzen zu denken, das können Viele, insbesondere Mitarbeiter mit Projekterfahrung. Unsere Werkzeuge knüpfen an einfache Werkzeuge des Prozess- und Projektmanagement an. Der Simulationsexperte muss sicherstellen, dass die Formulierung des statischen Modells sachgerecht erfolgt ist und dass seine Methoden, die im statischen Modell abgebildete Sachlogik richtig abarbeiten. Er muss verifizieren. Validieren können wieder die Fachexperten. Getrennte Verantwortlichkeiten und klare Kommunikation führen zu guter Zusammenarbeit.

6 Literatur

Pidd, Michael: Computer Simulation in Management Science, 1998, Wiley, New York

Hollingworth, David: The Workflow Reference Model, 1995, The Workflow Management Coalition, Winchester und Hampshire, <http://www.wfmc.org/standards/docs.htm> online am 12.2.2006

Samaha, Simon; Armel, Wendy, S.; Starks, Darrell, W.: The use of Simulation to reduce the length of stay in an emergency department, in Proceedings of the 35th conference on Winter simulation: driving innovation, 2003, ACM Portal (<http://portal.acm.org/portal.cfm>)

SAP Online – Bibliothek, Dokumentation my SAP ERP / SAP ERP Central Components ... / Web Flow Engine / Einstellungen und Vorbereitungen. URL http://help.sap.com/saphelp_erp2005/helpdata/de/3d/6a9b3c874da309e10000000a114027/frameset.htm, online am 12.2.2006.

Schmelzer, Hermann J.; Sesselmann, Wolfgang: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis, 2004, Hanser, München und Wien.

Seyfert, Wolfgang; Högemann, Bernhard; Kavermann, Ansgar; Petersen, Peter-Lorenz; Winkler, Ralf: Per Simulation nah an die Realität – Prozessdesign und Prozesscontrolling für die Notaufnahme; Krankenhaus Umschau 05 / 2005, S. 430 - 433