Prozessmodellierung in der Medizin

apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Arnim Nethe
Medizinische Gerätetechnik, BTU Cottbus

Einleitung

Prozessmodelle werden verwendet, um Prozesse oder ganz allgemein Abläufe zu betrachten und beschreiben, um anschließend Vorhersagen über deren Verhalten machen zu können. Lassen sich solche Vorhersagen treffen, können dann die gewonnen Erkenntnisse in eine gezielte Ablaufsteuerung einfließen. Dieses Vorgehen wird im allgemeinen Simulation genannt und dient zur modellhaften Darstellung oder Nachbildung bestimmter Aspekte eines vorhandenen oder eines noch zu entwickelnden Systems. Sie erlaubt die Untersuchung von Systemen, an denen die probeweise Durchführung zu gefährlich, zu teuer oder sogar unmöglich ist. Grundlegend für jede Simulation ist die Verfügbarkeit eines entsprechenden Prozessmodells, die wesentlichen Prozesseigenschaften beschreibt. So lassen sich im Rückschluss gezielte Veränderungen am Ausgangsprozess selber durchführen.

Gibt es eine Reihe von Prozessen, die ineinander greifen, so werden diese normalerweise einzeln beschrieben und dann verkettet. Wird die Telemedizin als solch eine Kette angesehen, so haben wir hier drei einzelne Systeme vorliegen. Den Menschen mit der notwendigen Sensorik, um die biomedizinischen Daten zu erfassen, den Übertragungsweg mit der Übertragungstechnik und dann den Arzt mit der Auswertung der Daten. Die Schwierigkeit hierbei ist, dass diese einzelnen Prozesse ineinandergreifen, sogar miteinander verschränkt sein oder sich überlagern können. Damit bei der Beschreibung solch komplexer Prozesse keine systematischen Fehler unterlaufen, ist eine klar strukturierte Vorgehensweise bei der Erstellung des Prozessmodells zu beachten. Fachleute, die ihren Bereich kennen, sind oft versucht hier mit Fachwissen und Kompetenz wesentliche Schritte zu überspringen, dies gelingt oft, ist aber in interdisziplinären Bereichen nicht von Erfolg gekrönt, da die Randbedingungen der Fachdisziplinen verwischen.

Ansatz zur Prozessmodellbildung

Um den Vorgang der Prozessmodellbildung zu analysieren, wird der Unterschied zwischen einem allgemeinen und einem eingeschränkten Prozessmodell betrachtet. Ein eingeschränktes Prozessmodell ist ein Modell mit geringem Detaillierungsgrad, das nur innerhalb der Grenzen (Schranken) der Prozessparameter die für einen bestimmten Anwendungszweck wichtigen Eigenschaften hinreichend genau wiedergibt. Es beschreibt einen Prozess in seinem interessierenden Bereich so einfach wie möglich und so genau wie nötig.

Die vorrangige Aufgabenstellung für den Einsatz beider Varianten ist zum einen die Erlangung eines grundlegenden Verständnisses des statischen und dynamischen Verhaltens eines Systems, zum anderen die Vorausbestimmung seines Verhaltens unter definierten Bedingungen. Dies lässt eine Vorhersage zu, wie sich das System unter normalen Bedingungen verhält bzw. steuern lässt. Ferner sind Prognosen möglich, wie sich das System unter extremen oder fehlerhaften Bedingungen verhält. Das eingeschränkte Prozessmodell ist in der Auswertung schneller und besser handhabbar als das allgemeine Prozessmodell, dabei sind seine Ergebnisse im Rahmen der Prozessparameter genauso verlässlich wie bei dem aufwendiger zu erstellenden allgemeinen Prozessmodell. Davon abgeleitet ist ein eingeschränktes Prozessmodell ein Abbild der Natur unter Hervorhebung der für wesentlich erachteten Eigenschaften und dem Außerachtlassen der als nebensächlich angesehenen Aspekte. Es

ist ein Mittel zur Beschreibung der erfahrenen Realität. Allerdings stehen Prozessmodelle nicht selbstverständlich zur Verfügung, sondern müssen über einen Modellbildungsprozess erst erstellt werden.

Bei der abstrakten Prozessmodellbildung müssen zwei grundsätzlich verschiedene Verfahren betrachtet werden. Die deduktive Modellbildung ist dadurch gekennzeichnet, dass mit Hilfe der Grundgesetze der Naturwissenschaften eine mathematische Formulierung der Vorgänge abgeleitet wird, um von einer qualitativen Vorstellung eine quantitative Beschreibung zu finden. Bei der induktiven Modellbildung werden zunächst über eine Messung die zugänglichen Ein- und Ausgangsgrößen des Prozesses beobachtet. Mittels einer statistischen Analyse sind diese Beobachtungen mit einem vorgegebenen mathematischen Modell zu korrelieren, um einen Zusammenhang zwischen den wesentlichen Ein- und Ausgangsgrößen herzustellen und ein empirisches Modell zu erhalten. Dies bedeutet, dass ein induktives Prozessmodell durch die Identifikation der Prozessparameter und -größen (Parameteridentifikation) gebildet wird (Prozessidentifikation), es lässt aber keinerlei Aussagen über die Funktion (den Funktionalzusammenhang) des Prozesses zu. Diese Auswertung des beschriebenen funktionalen Zusammenhanges ist dann die Aufgabe einer Simulation, Ziel sind Erkenntnisse über geplant oder auch schon laufende Prozesse zu gewinnen.

Vom allgemeinen zum eingeschränkten Prozessmodell

Ein eingeschränktes Prozessmodell bedeutet, dass der Detaillierungsgrad so klein wie möglich gehalten werden sollte und das Prozessmodell absichtlich nur die für den bestimmten Anwendungszweck wichtigen Eigenschaften hinreichend genau wiedergibt, so dass der Modellierungszweck gerade erreicht wird. Dieses hat erhebliche Konsequenzen, weil sie die Prozessmodellbildung erleichtert und einer Strukturierung zugänglich macht. Es soll noch an dieser Stelle der Unterschied zwischen einem eingeschränkten Prozessmodell und einer Näherung im herkömmlichen Sinne behandelt werden. Eine mathematische Näherung geht von mehr oder weniger komplizierten funktionalen analytischen oder numerischen Zusammenhängen aus und stellt sie mittels einfacher, wiederum funktionaler Zusammenhänge z.B. Splines dar, d.h. rein mathematisches Wissen und reine Systematik bilden den Hintergrund dieser Vorgehensweise. Ein eingeschränktes Prozessmodell hingegen nimmt Rücksicht auf die Funktionalität der Parameter und baut somit auf dem physikalischen Hintergrund auf. Die Validierung ist der Schlussstein bei der Prozessmodellbildung. Sie führt bei Nichterfüllung der gestellten Kriterien zu einer der Vorstufen zurück. Bei Erfüllung kann man sagen, dass das Prozessmodell erstellt ist und nun dem Einsatz in der Simulation nichts mehr im Wege steht. Der Biokybernetiker Ludwig von Bertalanffy drückt dies verallgemeinert folgendermaßen aus: „Oversimplifications, progressively corrected in subsequent development are the most potent or indeed the only means toward conceptual mastery of nature".

Der Übergang von einem allgemeinen zu einem eingeschränkten Prozessmodell soll man Hand eines praktischen und ganz aktuellen Beispiels verdeutlicht werden: „In der Notaufnahme eines Krankenhauses im US-Bundesstaat Michigan, in die häufig Menschen mit starken Brustschmerzen eingeliefert wurden. Die Ärzte mussten sich jeweils entscheiden: Sollten sie dem Kranken ein gewöhnliches Bett zuteilen – oder ihn lieber in die Stadion für Patienten mit Herzinfarkt einweisen? Neunzig Prozent von ihnen kamen auf die Spezialstation – doch in Wahrheit wäre das nur für jene 25 Prozent der Patienten nötig gewesen, deren Schmerzen tatsächlich von einem Herzinfarkt verursacht wurden. Um die Rate der Fehlalarme zu senken, entwickelten Forscher am University of

Michigan Hospital eine Entscheidungshilfe: eine Checkliste [allgemeines Prozessmodell, d. Verf.] mit 50 verschiedenen Punkten. Die Ärzte in der Notaufnahme gingen Frage für Frage durch, tippten Zwischenergebnisse in einen Taschenrechner und errechneten die Wahrscheinlichkeit eines Herzinfarkts. Die Mühe lohnte sich: Ihre Trefferquote stieg beträchtlich. Allerdings wurde den Notärzten die Rechnerei schon bald lästig, und sie hörten auf, die 50-Punkte-Liste zu benutzen. Ihre Entscheidungen jedoch blieben verbessert – warum nur? Die Forscher fanden die Antwort: Der vorübergehende Gebrauch der 50-Punkte-Liste hatte das Denken der Ärzte verändert. Sie hatten einige Aspekte der Liste verinnerlicht – und somit eine durchaus hilfreiche Abkürzung im Denken genommen. Die Forscher in Michigan entwickelten daraufhin eine neue Entscheidungshilfe, diesmal jedoch eine ganz simple, mit nur wenigen Ja- und Nein- Antworten [eingeschränktes Prozessmodell, d. Verf.]. Das war die Lösung: Diese vereinfachte Entscheidungshilfe war nicht nur tauglich für den klinischen Alltag, sondern sie führte auch zu noch mehr korrekten Diagnosen als die ursprünglich 50-Punkte-Liste. Bewusster Verzicht auf Informationen kann eine Diagnose also präziser machen.“ (Aus DER SPIEGEL Nr.7/14.2.11 S.128).

Überprüfung von Prozessmodellen

Bei der Überprüfung von Prozessmodellen ist von der inneren bzw. äußeren Korrektheit zu betrachten. Verifikation ist der formale Nachweis der Korrektheit des Prozessmodells im Hinblick auf die in der Systemspezifikation vorgeschriebenen Eigenschaften. Sie weist die innere bzw. in sich geschlossene Gültigkeit des Modells nach. Die Validierung ergibt die Gültigkeit des Prozessmodells aufgrund der Übereinstimmung der Modelltestergebnisse mit den am realen System gewonnenen Testwerten. Somit sind zur Überprüfung zwei unabhängige Datenbasen notwendig. Während der Erstellung eines Prozessmodells ist für jede einzelne Phase eine Verifikation erforderlich. Nur dadurch lässt sich das benötigte Vertrauen in das Prozessmodell herstellen und Dritten gegenüber die Richtigkeit nachweisen. Zu Beginn ist bei der Konzeption des Prozessmodells, welche auf der Erfahrung von Experten beruht, für die dabei getroffenen Annahmen und Festlegungen eine kritische Überprüfung und Bewertung durchzuführen. Auch die erforderlichen Parameter müssen unter Berücksichtigung ihrer Verfügbarkeit und ihrer Qualität bewertet werden. Bei der Validierung von Prozessmodellen ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen Modellen von real existierenden Systemen und solchen, die projektiert sind oder sich noch im Aufbau befinden. Bei existierenden Systemen ist die Validierung anhand von experimentellen Daten möglich, d.h. durch den Vergleich von Simulationsergebnissen mit Werten, die durch Messungen am realen System vorgenommen wurden. Wichtig ist, bei diesen Untersuchungen den Bereich festzustellen, in dem das Prozessmodell seine Gültigkeit besitzt. Dies ist eine der schwierigsten Aufgaben, da das Prozessmodell vom Ansatz her Ergebnisse liefert, die von der Realität abweichen. Hierbei ist die bei der Konzepterstellung festgelegte Fehlertoleranz der Ergebnisse zu überprüfen.

Ausblick

Die systematische Erstellung von Prozessmodellen ist in technischen, produktionsorientierten Bereichen heutzutage Standard, in interdisziplinären Bereichen allerdings noch nicht weit verbreitet, da die Abgrenzung bzw. die Abstimmung an den Schnittstellen unscharf ist. Durch eine systematische Prozessmodellbildung können nicht nur die einzelnen Prozessschritte klarer beschrieben werden, sondern die Abstimmung an den Schnittstellen leichter durchgeführt werden. Gerade in der Medizin ist es der Faktor Mensch, welcher durch seine individuellen Bedürfnisse den Vorgang der Modellierung selbst zu einem Prozess macht, derjenige, der immer wieder hinterfragt werden muss.